Пол Беделл

СЕКРЕТЫ ПРОФЕССИОНАЛОВ

СЕТИ

Беспроводные технологии

- Компоненты беспроводных систем
- Радиочастоты и технологии
- CDMA, GSM, 3G
- Персональная мобильная связь
- Wi-Fi и WiMAX
- Домашние сети

Mc Graw Hill
NT PRESS
КОМПЬЮТЕР·HOUSE
iBOOX.RU

Пол Беделл

Сети
Беспроводные технологии

Секреты профессионалов

Paul Bedell

Wireless Crash Course

The McGraw-Hill Companies

Пол Беделл

Сети
Беспроводные технологии

Секреты профессионалов

NT Press
Москва

УДК 004.7
ББК 32.973.26-018.2
Б38

Подписано в печать 24.07.08. формат 70x90 1/16.
Усл. печ. л. 32,76. Тираж 2 000 экз. Заказ № 3465.

Беделл, П.
Б38 Сети. Беспроводные технологии / П. Беделл; пер. с англ. Р.М. Евтеев. — М.: НТ Пресс, 2008. — 441, [7] с.: ил.

ISBN 978-5-477-00574-2

Вы держите в руках лучший путеводитель по миру беспроводных технологий. Здесь изложены основы построения беспроводных сетей, освещены все аспекты управления беспроводной системой с описанием особенностей технологий 3G, Bluetooth, Wi-Fi, WiMAX, GPRS, SMS, а также множество новых приложений и услуг, которые сопутствуют развитию беспроводных сетей.

Это практическое пособие позволит Вам легко и быстро освоить фундаментальные понятия беспроводных технологий. В книге содержится большое количество примеров, иллюстраций и диаграмм.

УДК 004.7
ББК 32.973.26-018.2

Copyright © 2005 by The McGraw-Hill Companies. All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without the prior written permission of the publisher.

Russian language edition published by NT Press. Copyright © 2008. All rights reserved.

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельца авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно остается, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможный ущерб любого вида, связанный с применением содержащихся здесь сведений.

Все торговые знаки, упомянутые в настоящем издании, зарегистрированы. Случайное неправильное использование или пропуск торгового знака или названия его законного владельца не должно рассматриваться как нарушение прав собственности.

ISBN 978-0-07-145280-9 (англ.)
ISBN 978-5-477-00574-2 (рус.)

Copyright © 2005 by The McGraw-Hill Companies
© Перевод на русский язык, издание на русском языке, оформление, НТ Пресс, 2008

Оглавление

Введение ... 18
Глава 1 • История создания сотовой связи и ее развитие ... 20
1.1. Назначение сотовой связи: понятие соты ... 20
1.2. Построение сотовой системы ... 20
1.3. AMPS: Американский сотовый стандарт ... 21
1.4. Технические характеристики AMPS ... 23
1.5. Структура сотовой связи: MSA и RSA ... 24
1.6. Назначение поставщиков услуг «А» и «В» ... 26
1.7. Подписание лицензии на предоставление услуг сотовой связи ... 27
Тестовые вопросы ... 27
Да или Нет ... 27
Выберите правильный ответ ... 28
Глава 2 • Основы построения беспроводных сетей и управление ими ... 29
2.1. Повторное использование частот и планирование ... 29
2.2. Расстояние повторного использования ... 30
2.3. Переключение вызова ... 32
2.4. Использование карт при построении беспроводных сетей ... 33
2.5. Сетка шестиугольников ... 34
2.6. Основные компоненты беспроводных систем ... 35
2.6.1. Мобильный телефон ... 35
2.6.2. Базовая станция ... 37
2.6.3. Обратная сеть ... 37
2.6.4. Мобильный центр коммутации (Mobile Switching controller (MSC)) ... 38
2.6.5. Взаимосвязь с коммутируемой телефонной сетью общего пользования и Интернет ... 38
2.7. Плотность абонентов ... 38
Тестовые вопросы ... 39
Да или Нет ... 39
Выберите правильный ответ ... 39

Глава 3 • Сотовая базовая станция ... 40
3.1. Краткое описание ... 40
3.2. Критерии и методы установки базовых станций ... 41
3.3. Выбор места установки базовой станции ... 43
3.4. Установка базовой станции ... 46
3.5. Контейнеры для базовой станции ... 50
3.6. Соты на колесах ... 53
3.7. Усилители ... 54
3.8. Микросоты ... 56
3.9. Пикосоты и наносоты ... 57
Тестовые вопросы ... 58
Да или Нет ... 58
Выберите правильный ответ ... 59
Глава 4 • Радиочастоты и технологии ... 60
4.1. Введение ... 60
4.2. Затухание и искажение сигнала ... 61
4.2.1. Распространение волн в атмосфере ... 61
4.2.2. Поглощение ... 62
4.2.3. Ослабление сигнала из-за дальности ... 63
4.2.4. Затухание Релея ... 63
4.3. Частотные диапазоны ... 64
4.4. Обслуживание в зданиях ... 65
4.5. Частотное координирование ... 66
4.6. Интерференция ... 67
4.6.1. Внутриканальная помеха ... 68
4.6.2. Межканальная интерференция ... 69
4.6.3. Интермодуляционная интерференция ... 70
4.7. Разделение радиочастоты на каналы ... 70
4.7.1. Парные каналы ... 70
4.7.2. Промежутки между каналами ... 71
4.7.3. Контрольные каналы ... 73
4.8. Bluetooth ... 73
4.9. Беспроводная технология Ultra-Wideband (UWB) ... 76
4.9.1. Использование UWB ... 77
4.10. Программно-управляемая радиосвязь (SDR) ... 80
4.11. «Умное» радио ... 83

Тестовые вопросы ... 86
Да или Нет ... 86
Выберите правильный ответ ... 87
Глава 5 • Антенны, мощность и разделение на секторы ... 88
5.1. Введение ... 88
5.2. Всенаправленные антенны и коэффициент усиления ... 88
5.3. Коллинеарные антенные решетки ... 90
5.4. Направленные антенны ... 91
5.5. Антенны, направленные вниз ... 93
5.6. Критерии, используемые для выбора антенны для базовой станции ... 95
5.7. Мощность радиоизлучения ... 96
5.7.1. Эффективная излучаемая мощность (ERP) ... 97
5.7.2. Коэффициент отношения мощности сигнала к помехе (CI) ... 97
5.7.3. Допустимый уровень мощности ... 98
5.8. Разбиение на секторы ... 99
5.8.1. Дирекционный угол ... 101
5.8.2. Установка вышек с направленными антеннами ... 101
5.8.3. Коэффициент обратного излучения ... 103
5.9. Интеллектуальные антенные системы ... 103
5.9.1. Системы интеллектуальных антенн с переключением луча ... 105
5.9.2. Системы интеллектуальных адаптивных антенных решеток ... 106
5.9.3. Особенности интеллектуальных антенных систем ... 107
5.10. Газоплазменные антенны ... 108
Тестовые вопросы ... 108
Да или Нет ... 108
Выберите правильный ответ ... 109
Глава 6 • Цифровые беспроводные технологии (TDMA/IS-136, CDMA, GSM) ... 110
6.1. Цифровые беспроводные системы против аналоговых ... 111
6.2. Голосовые кодеки (вокодеры) ... 112
6.3. Технология множественного доступа с разделением по времени (TDMA) ... 114
6.3.1. История ... 114
6.3.2. Установка и управление TDMA ... 114
6.4. Множественный доступ с кодовым разделением каналов (CDMA) ... 115
6.4.1. Широкополосная технология ... 115

6.4.2. Основы CDMA ... 120
6.4.3. CDMAOne и CDMA 2000 ... 121
6.4.4. Архитектура CDMA ... 122
6.4.5. Преимущества технологии CDMA ... 125
6.5. Глобальная система мобильных коммуникаций (Global System for Mobile Communication – GSM) ... 126
6.5.1. Архитектура GSM и подситемы ... 127
6.5.2. Системы, дополняющие GSM ... 131
6.6. Сравнение GSM и CDMA ... 131
Тестовые вопросы ... 132
Да или Нет ... 132
Выберите правильный ответ ... 132
Глава 7 • 3G: третье поколение беспроводных технологий ... 134
7.1. Системы 3G и IMT 2000 ... 135
7.2. Универсальная Мобильная Телекоммуникационная Система (Universal Mobile Telecommunications System – UMTS) ... 137
7.2.1. Архитектура сети UMTS ... 140
7.2.2. Ядро системы UMTS ... 141
7.2.3. UMTS радио доступ ... 142
7.2.4. Мобильные терминалы UMTS ... 142
7.2.5. История развертывания системы третьего поколения UMTS ... 144
7.3. CDMA2000 ... 145
7.4. Широкополосный множественный доступ с кодовым разделением каналов (Wideband Code-Division Multiple Access – WCDMA) ... 147
7.5. Установка систем третьего поколения в США ... 148
7.6. Производители оборудования ... 150
7.7. Программное обеспечение 3G ... 151
7.8. Высокоскоростной входящий пакетный доступ ... 153
7.8.1. Преимущества HSPDA ... 153
7.9. Беспроводные технологии четвертого поколения: 4G ... 155
7.10. Заключение ... 157
Тестовые вопросы ... 157
Да или Нет ... 157
Выберите правильный ответ ... 158
Глава 8 • Персональные сервисы телекоммуникации ... 159
8.1. Введение ... 159
8.2. Типы систем персональной мобильной связи ... 160

8.2.1. Узкополосные PCS ... 160
8.2.2. Широкополосные PCS ... 161
8.3. Рынок услуг связи ... 161
8.3.1. Городские торговые зоны ... 162
8.3.2. Базовые торговые зоны (BTA) ... 162
8.4. Механизм лицензирования и аукционы спектров ... 164
8.5. Построение рынка подвижной мобильной связи и его эволюция ... 165
8.6. Ограничение в лицензиях на рынках мобильной связи ... 167
8.7. Распространение радиочастот и плотность установки ячеек ... 168
8.8. Выбор цифровой технологии для построения сотовой сети ... 170
8.9. Перераспределение микроволнового диапазона ... 171
Тестовые вопросы ... 173
Да или Нет ... 173
Выберите правильный ответ ... 173
Глава 9 • Вышки ... 175
9.1. Введение ... 175
9.2. Подбор места для установки ... 175
9.3. Монопольные вышки ... 176
9.3.1. Невидимые вышки ... 178
9.4. Автономные вышки ... 180
9.4.1. Варианты установки автономных вышек ... 182
9.5. Укрепленные вышки ... 183
9.6. Структурные варианты установки автономных и укрепленных вышек ... 184
9.6.1. Конструкция из сплошных элементов ... 184
9.6.2. Трубчатые конструкции ... 185
9.6.3. Уголковые конструкции ... 185
9.7. Загрузка вышки ... 186
9.8. Инструкции Федеральной Администрации Авиации (FAA) ... 186
9.8.1. Форма 7460 ... 186
9.8.2. Подсвечивание и раскрашивание вышек ... 187
9.9. Совместное использование вышек операторами ... 188
9.10. Обслуживание вышек ... 188
9.10.1. Погодные условия, коррозия и загрузка вышки ... 189
9.10.2. Профилактическое обслуживание ... 190
Тестовые вопросы ... 190

Да или Нет ... 190
Выберите правильный ответ ... 190
Глава 10 • Оборудование базовой станции и поток радиосигналов ... 192
10.1. Всенаправленные антенны и пространственная разность ... 192
10.2. Конфигурации оборудования базовых станций ... 193
10.2.1. Приемопередатчики ... 193
10.2.2. Входящий радиосигнал (прямой канал) ... 194
10.2.3. Исходящий сигнал ... 197
Тестовые вопросы ... 199
Да или Нет ... 199
Выберите правильный ответ ... 199
Глава 11 • Управление емкостью сети, модели распространения радиоволн и тестирование сети ... 200
11.1. Секционирование соты ... 200
11.2. Перекрытие ... 201
11.3. Переназначение вызова ... 202
11.4. Инструменты моделирования распространения радиоволн ... 203
11.4.1. Модель распространения радиоволн Хаты-Окумуры (Hata-Okumura) ... 204
11.4.2. Модель распространения радиоволн Cost-231 Walfisch/Ikegami ... 204
11.5. Тестирование ... 205
Тестовые вопросы ... 205
Да или Нет ... 205
Выберите правильный ответ ... 206
Глава 12 • Мобильный центр коммутации, центр управления сетью и наземные проводные соединения ... 207
12.1. Введение ... 207
12.2. Контроллер базовой станции (The Base Station Controller – BSC) ... 207
12.3. Функции мобильного центра коммутации ... 209
12.4. Дополнительные процессы центра коммутаций и сетевая периферия ... 211
12.5. Центр управления сетью (Network Operations Center – NOC) ... 213
12.6. Обратная сеть: от базовой станции к центру коммутации мобильной связи ... 215
12.7. Пакетная передача данных в фиксированных сетях ... 216
12.8. Передача информации ... 217
12.9. Сетевые конфигурации ... 218

12.9.1. Топология Звезда ... 219
12.9.2. Кольцевая конфигурация ... 219
12.9.3. Последовательное подключение ... 222
Тестовые вопросы ... 223
Да или Нет ... 223
Выберите правильный ответ ... 224
Глава 13 • Микроволновые радиосистемы (радиорелейные) ... 225
13.1. Введение ... 225
13.2. Проектирование и разработка микроволновых систем ... 225
13.2.1. Сетевая документация ... 226
13.2.2. Проектирование сети ... 226
13.2.3. Выбор элементов ... 227
13.2.4. Проверка путей ... 228
13.2.5. Управление частотами ... 230
13.2.6. Частоты и системы защиты ... 232
13.2.7. Управление емкостью микроволновой системы ... 234
13.2.8. Надежность микроволновой системы: индекс преломления ... 234
13.3. Нелицензируемые микроволновые системы ... 234
13.3.1. Основы ... 235
13.3.2. Спецификации ... 236
13.4. Коаксиальные кабели и волноводы ... 237
13.5. Микроволновые радио антенны ... 238
13.5.1. Параболические отражатели ... 238
13.5.2. Рупорные отражатели ... 240
13.6. Инструменты программного моделирования микроволновых радиосистем ... 240
Тестовые вопросы ... 241
Да или Нет ... 241
Выберите правильный ответ ... 241
Глава 14 • Объединение с коммутируемой телефонной сетью общего пользования и Интернет ... 243
14.1. Введение ... 243
14.2. Структура PSTN ... 244
14.2.1. Локальный доступ и транспортные области ... 245
14.3. Элементы объединений ... 246
14.3.1. Электрические цепи ... 247
14.3.2. Магистрали и диапазоны ... 247
14.3.3. Телефонные номера (для перепродажи) ... 248

14.4. Работа объединений ... 248
14.5. Типы объединений ... 249
14.5.1. Объединение типа 2A ... 250
14.5.2. Объединение типа 2T ... 250
14.5.3. Объединение типа 1 ... 251
14.5.4. Объединение типа 2B ... 255
14.5.5. Специализированное объединение с каналом передачи информации ... 255
14.5.6. Внутрирыночные объединения операторов сотовой связи ... 256
14.5.7. Точечные цепи ... 257
14.6. Структура стоимости и элементы тарификации ... 259
14.7. Стоимость минуты разговора ... 259
14.7.1. Структура стоимости ... 260
14.8. Специальная тарификация ... 262
14.9. Соглашения при объединении ... 262
14.9.1. Тарифы ... 263
14.9.2. Контракты ... 264
14.10. Уменьшение стоимости вызовов ... 264
14.11. Соединение с Интернет ... 265
14.12. Мобильность беспроводного локального номера (WLNP) ... 266
14.13. Взаимная компенсация ... 267
14.14. Расширенные сервисы 911 (E-911) и технология локации ... 268
14.14.1. Технологии локации ... 270
Тестовые вопросы ... 273
Да или Нет ... 273
Выберите правильный ответ ... 273
Глава 15 • Роуминг и работа в сетях нескольких операторов сотовой связи ... 275
15.1. Введение ... 275
15.2. Ранние дни роуминга ... 276
15.2.1. Соглашения по роумингу ... 277
15.3. Современные системы роуминга ... 278
15.3.1. Роуминг и цифровое взаимодействие ... 278
15.3.2. Обзор системы SS7 ... 279
15.3.3. Сигнальные точки передачи (STP) ... 281
15.3.4. Регистр домашних пользователей (HLR) ... 282
15.3.5. Регистр посетителей (VLR) ... 283
15.3.6. Сети роуминга SS7 третьих сторон ... 284

15.4. Сигнальный стандарт ANSI-41 ... 286
15.5.1. Автоматическая коммутация вызовов (ACD) ... 288
15.5.1. Процесс автоматической коммутации вызовов ... 289
15.5.2. Объединения SS7 (ACD) между сотовыми операторами и третьими сетями SS7 ... 290
15.5.3. Объединения SS7 (ACD) между различными (конкурирующими) операторами сотовой связи ... 292
15.5.4. SS7 объединения оператора сотовой связи ... 293
15.6. Межсистемная передача вызова (IHO) ... 295
15.7. Международный роуминг ... 296
15.8. Беспроводные интеллектуальные сети (WIN) ... 296
15.8.1. Статус стандартов WIN ... 297
15.8.2. Функции WIN ... 297
15.8.3. Приложения WIN ... 298
Тестовые вопросы ... 300
Да или Нет ... 300
Выберите правильный ответ ... 300
Глава 16 • Беспроводные технологии передачи данных ... 301
16.1. Парадигмы использования ... 302
16.2.Качество сигнала ... 304
16.3. Служба коротких текстовых сообщений (SMS) ... 304
16.3.1. Введение ... 304
16.3.2. Сетевые элементы и архитектура ... 306
16.3.3. Элементы услуг ... 308
16.3.4. Услуги абонентов ... 309
16.3.5. Приложения SMS ... 310
16.3.6. Преимущества SMS ... 312
16.4. Сотовая цифровая пакетная информация (CDPD) ... 313
16.5.Сотометрия (Cellemetry) ... 315
16.5.1. Введение ... 315
16.5.2. Описание системы ... 317
16.5.3. Режимы работы ... 318
16.5.4. Приложения ... 319
16.6. Пакетная передача данных по радиоканалу (GPRS) ... 321
16.6.1. Архитектура GPRS ... 322
16.6.2. Коммуникации для передачи данных GPRS ... 324
16.6.3. GPRS терминалы ... 327
16.6.4. Сетевые атрибуты GPRS ... 329

16.6.5. Ограничения GPRS ... 331
16.6.6. Приложения, поддерживаемые GPRS ... 332
16.6.7. Преимущества GPRS ... 335
16.7. EDGE: Enhanced Data Rates for Global Evolution ... 336
16.7.1. GPRS и EDGE: технические различия ... 337
16.7.2. Технология EDGE ... 338
16.7.3. Воздействие EDGE на сети GSM/GPRS ... 340
16.7.4. Преимущества EDGE ... 342
16.7.5. Скептицизм о EDGE ... 342
16.8. Мобильный стандарт IP (Mobile IP) ... 346
16.9. Протокол беспроводных приложений (WAP) ... 348
16.9.1. Субпротоколы WAP ... 349
Тестовые вопросы ... 349
Да или Нет ... 349
Выберите правильный ответ ... 350
Глава 17 • Новое поколение сотовых телефонов ... 351
17.1. Введение ... 351
17.2. Сотовые телефоны типа «все в одном» ... 351
17.2.1. Ультрасовременные мобильные новшества, будущее сотовых телефонов ... 352
17.2.2. Революция среди сотовых телефонов с камерой ... 356
17.3. Рингтоны ... 357
17.4. Вирусы для сотовых телефонов ... 358
17.5. Действительно ли это все необходимо? ... 358
Тестовые вопросы ... 359
Да или Нет ... 359
Выберите правильный ответ ... 359
Глава 18 • Деловой мир и беспроводные приложения ... 360
18.1. CTIA ... 360
18.2. Культурное воздействие и горячие кнопки ... 360
18.3. Беспроводной взрыв: самый быстрый рост популярности технологии в истории ... 363
18.4. Основные двигатели индустрии ... 366
18.5. Широкое распространение беспроводных технологий ... 367
18.6. Замена наземных линий связи ... 368
18.7. Снижение стоимости междугородних разговоров и разговоров при нахождении в роуминге ... 369

18.8. Слияния, приобретения и правило трех ... 369
18.9. Стоимость подключения и средний доход от абонента ... 371
18.10. Стоимость минуты разговора ... 371
18.11. Скорость оттока абонентов (Churn) ... 372
18.12. Агенты и торговые посредники ... 373
18.13. Предоплата ... 374
18.14. Собственники беспроводного рынка связи ... 375
18.15. Беспроводные приложения ... 376
18.15.1. Электронная почта и доступ в Интернет ... 377
18.15.2. Доступ в интранет ... 377
18.15.3. Унифицированные сообщения ... 378
18.15.4. Услуги с дополнительной стоимостью ... 378
18.15.5. Потоковое видео ... 379
18.15.6. Услуги на основе локации, телематика ... 381
18.15.7. Приложения для бизнеса ... 381
18.15.8. Реклама ... 382
Тестовые вопросы ... 382
Да или Нет ... 382
Выберите правильный ответ ... 383
Глава 19 • ESMR и Nextel ... 384
19.1. Введение в SMR ... 384
19.2. Переход к улучшенному специализированному мобильному радио (ESMR) корпорации Nextel ... 384
19.3. Технология iDEN ... 385
19.4. Sprint покупает Nextel ... 388
Тестовые вопросы ... 388
Да или Нет ... 388
Выберите правильный ответ ... 389
Глава 20 • Wi-Fi (802.11 Wireless Fidelity) ... 390
20.1. Введение ... 390
20.2. Действие Wi-Fi и хот спотов ... 391
20.2.1. Режимы работы ... 393
20.2.2. Ассоциации, сотовая архитектура и роуминг ... 395
20.3. Стандарты и технические спецификации ... 396
20.3.1. Безопасность Wi-Fi ... 398
20.3.2. Вспомогательные стандарты Wi-Fi ... 399

20.4. Интеграция Wi-Fi в другие беспроводные технологии и макросотовые сети ... 400
20.5. Навязчивая реклама ... 402
20.6. Преимущества Wi-Fi и выгоды беспроводных технологий ... 404
Тестовые вопросы ... 406
Да или Нет ... 406
Выберите правильный ответ ... 407
Глава 21 • 802.16 WiMAX ... 408
21.1. WiMAX: Wireless MAN ... 408
21.2. Сетевая архитектура WiMAX ... 410
21.3. Стандарты и развитие WiMAX ... 410
21.3.1. 802.16a ... 412
21.3.2. 802.16e ... 413
21.4. Варианты применения WiMAX ... 415
21.4.1. Внутренняя беспроводная сеть оператора связи ... 415
21.4.2. Широкополосный доступ по запросу ... 415
21.4.3. Заполнение промежутков в кабельных системах и покрытии DSL ... 416
21.4.4. Регионы, не обслуживаемые широкополосными сервисами ... 417
21.4.5. Расширенный беспроводной доступ ... 417
21.5. Лицензирование ... 418
21.6. Продолжение с предостережением ... 418
Тестовые вопросы ... 420
Да или Нет ... 420
Выберите правильный ответ ... 420
Глава 22 • Домашние сети ... 421
22.1. Введение ... 421
22.2. Основы построения домашних сетей ... 421
22.1.1. Компьютеры ... 422
22.2.2. Сетевые карты, концентраторы и коммутаторы ... 422
22.3. Почему домашние сети? ... 423
22.3.1. Приложения для домашних сетей ... 424
22.4. Архитектура домашней сети ... 425
22.5. Работа домашней сети ... 427
22.6. Варианты технологий для построения домашней сети ... 428
22.6.1. Ethernet (IEEE 802.3): 10/100 Мбит/с ... 428
22.6.2. Беспроводная локальная сеть (Wi-FI): от 11 до 54 Мбит/с ... 428

22.6.3. Ультраширокополосные беспроводные сети ... 428
22.6.4. Телефонная линия (HomePNA™ 2.0): 10 Мбит/с ... 429
22.6.5. Сеть на основе линий электропередач: 10–14 Мбит/с ... 429
22.6.6. USB (Universal Serial Bus) ... 429
22.7. Выбор необходимой сетевой технологии ... 430
Тестовые вопросы ... 431
Да или Нет ... 431
Выберите правильный ответ ... 431
Ответы на тестовые вопросы ... 432
Предметный указатель ... 4328

Введение

С тех пор, как я закончил писать свою предыдущую книгу «Беспроводные технологии передачи информации: краткий курс» в 2000 году, изменилось очень многое. В отношении развития Интернета за последние четыре года ни одна из технологий не претерпела таких огромных изменений, как технология беспроводной передачи данных. Этот факт подчеркивает то, что на данную тему опубликовано много трудов. В январе 2005 года Life Magazine разместил в Chicago Tribune статью, посвященную телефонам, оснащенным фотокамерой. Chicago Tribune размещал на своих страницах три статьи, посвященные различным аспектам беспроводной передачи информации, с 2003 по 2004 год. В Business Week была напечатана статья, посвященная технологии Wi-Fi, в 2004 году. Newsweek Magazine опубликовал статью с названием «Way Cool Cell Phone» в июне 2004 года. Из этого видно, что беспроводные технологии имеют довольно широкую известность.

Нет необходимости рассматривать во введении изменения, внесенные во второе издание, они все отображены в самой книге и в содержании. Даже более, чем в прошлом издании, я постарался как можно проще представить материал, сделав его более доступным для читателя.

Как и в первом издании, я постарался обратить внимание на реально имеющие применение образцы индустрии беспроводных технологий. Как и в предыдущей, в этой книге отсутствуют тяжелые для понимания теоретические объяснения. Нет ничего сложного в теории беспроводной передачи данных, если вы являетесь разработчиком или инженером, работающим в этой области. Но эта книга предназначена для другой аудитории. Читатели этой книги должны иметь базовые знания в области телекоммуникаций (хотя это и не является необходимостью) и желание понять, как работает хотя бы сотовый телефон. Я узнал, что некоторые из читателей первого издания этой книги работают в финансовой области, и они хотели знать, как работает беспроводная связь. Другие читатели просто хотели ознакомиться с этой технологией.

Как и в первом издании, я описываю краткие характеристики беспроводной технологии, не углубляясь в дальнейшее изучение. Для этого существует множество других технических изданий. Эта книга может служить предпосылкой для того, чтобы читатель выбрал одну из беспроводных технологий

для более подробного изучения. При чтении этой книги вы узнаете основы функционирования беспроводных технологий.

Так что же нового появилось в этом издании? Как и в первой книге, я приложил все усилия, чтобы разместить информацию логически правильно, переходя от более простого к более сложному. Вы найдете удаленное подобие аналоговой технологии, она будет описана во вступительной главе. Вы увидите, что я разделил существующие беспроводные технологии на две категории: 850 МГц (традиционная частота для сотовой связи) и 1900 МГц (PCS – система персональной подвижной связи). Пожалуйста, запомните, что термин «сотовый» всегда относится к беспроводной передаче информации, так как отражает геометрическое построение сети: для построения сети используются шестиугольники, похожие на пчелиные соты. В новой книге я перерисовал заново более 90 процентов рисунков и схем, используя более позднюю версию Microsoft Visio, что позволило добиться гораздо большей их наглядности. Еще одним отличием этого издания является гораздо большее количество иллюстраций. Рисунок может заменить тысячу слов. Я добавил много материала к существующим главам первого издания, например раздел, посвященный распространению радиоволн, в главе «Беспроводные цифровые технологии». Эта глава была полностью переписана заново. Глава о беспроводной передаче цифровой информации была написана с самого начала. Это новая глава полностью посвящена технологиям третьего поколения. Многие главы были полностью взяты из первого издания, а несколько новых были добавлены. Это главы, посвященные Wi-Fi, WiMAX, построению домашней сети, а также новому поколению сотовых телефонов. Это основные изменения.

Следует отметить, что в других книгах существует более полное описание рассмотренных технологий. Я же постарался дать в этой книге как можно больше информации о самых различных технологиях беспроводной передачи информации. Сегодня любой интернет-запрос, содержащий словосочетание «беспроводная связь», выдаст сотни ссылок.

Летом 2005 года открылась Web-страница www.wirelesscrashcourse.com. Я периодически на данной странице размещаю обновления и исправления ошибок, обнаруженных в книге. Во втором издании, как и в первом, и это отличает данную книгу от остальных, отражены все стороны развития беспроводных технологий. В любой другой книге вы не найдете столь обширного их описания. И я надеюсь, что, прочитав эту книгу, вы станете достаточно хорошо разбираться в беспроводных технологиях. Если у вас в процессе чтения возникнут вопросы, то обращайтесь на мой электронный адрес bedell14@sbcglobal.net.

Поль Беделл.

1 История создания сотовой связи и ее развитие

В этой главе будут рассмотрены основные моменты истории сотовой связи.

1.1. Назначение сотовой связи: понятие соты

Можно рассматривать сотовые системы с двух позиций.

Позиция *Федеральной Комиссии по связи* (Federal Communications Commission – FCC) гласит, что сотовая система – это наземная мобильная система высокой емкости, в которой спектр радиочастоты разделяется на определенное количество дискретных каналов, которые объединены в группы, покрывающие *сотовую географическую зону обслуживания* (Cellular Geographical Service Area – CGSA). Дискретные каналы допускается использовать в различных сотах в зоне обслуживания, этот процесс известен как многократное использование частот. *Непрофессиональное определение:* «Это система, которая использует радиопередачи чаще, чем физические линии связи, для предоставления телефонного сервиса, сравнимого со стационарной телефонией».

Определение сотовой связи может быть следующим: вместо использования нескольких радиоканалов, которыми могут пользоваться все пользователи (например, радиоканалы городских служб), сотовая связь использует радиоканалы одновременно в нескольких географических зонах, однако клиенты не будут принимать звонки, предназначенные для других пользователей. Это основное преимущество сотовой радиосвязи.

Построение системы сотовой связи похоже на *коммутируемую телефонную сеть общего пользования* (Public Switched Telephone Network – PSTN) с коммутацией каналов, или наземную сеть. Она имеет абонентов, систему передатчиков и коммутаторы. Все, что отличает сотовую связь от стационарной,– это система радиоконтроля беспроводных сетей. Запуск в 1983 году сотовой телефонной связи стал большим прорывом в области систем коммуникации.

1.2. Построение сотовой системы

Когда в лаборатории компании Bell была разработана оригинальная система сотовой связи, известная как *Усовершенствованный Сервис Мобильной Связи* (Advanced Mobile Phone Service – AMPS), основной целью разработок ста-

ло улучшение эффективности использования радиочастот и расширение пропускной способности сети. В то время, пока происходила разработка сотовой связи, некоторые технологии, начиная с 1970-х, уже использовались, что позволило ускорить развитие сотовой индустрии. Новые технологии позволяли создавать оборудование относительно небольших размеров, и при его изготовлении не требовалось больших средств. Благодаря развитию компьютерных технологий значительно улучшалась элементная база, что было немаловажно для уменьшения размеров мобильных телефонов. Функционально для построения сотовой сети необходимо обязательное наличие следующих ее атрибутов:

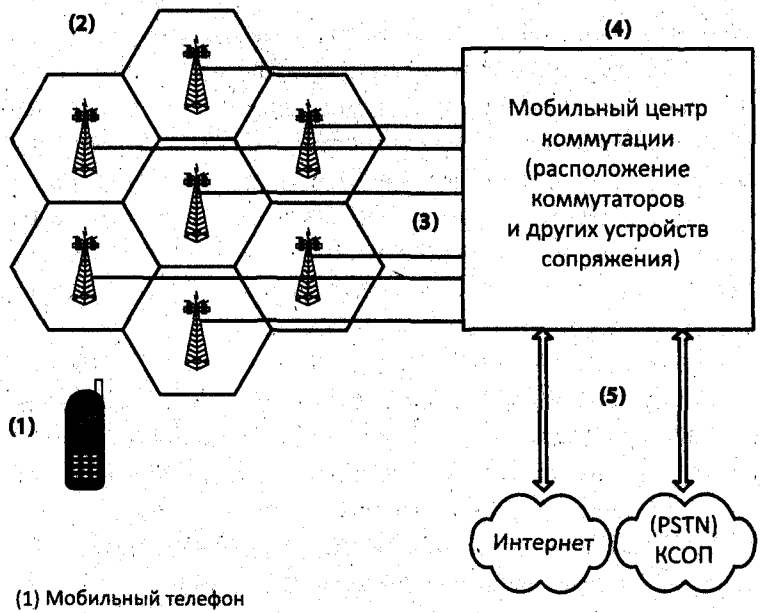
- быстрая перестройка частоты в радиотелефоне, позволяющая ему работать в диапазоне частот, разрешенном комиссией FCC (что в последствии позволяет ему переключаться с одной станции на другую без потери вызова);
- способность переключения вызова – возможность поддержки звонка в процессе движения через зону покрытия сети;
- размещение смежных базовых станций в сотах таким образом, чтобы мобильный телефон мог всегда работать с удовлетворительным уровнем сигнала;
- полностью интегрированная, прозрачная система управления связью для управления всеми операциями в сети.

Вот основные компоненты сотовой (беспроводной) телефонной системы: мобильный телефон, сотовая базовая станция, центр коммутации подвижной связи (Mobile Switching Center – MSC), фиксированная сеть (система передачи), соединение с телефонной сетью общего пользования. Начиная с 2000 года элементы сети беспроводной передачи данных были внесены в стандарт построения архитектуры беспроводных сетей, поэтому пользователи смогли получать, кроме всего прочего, доступ в Интернет (см. рис. 1.1).

1.3. AMPS: американский сотовый стандарт

Для того чтобы использовать диапазон более эффективно, инженеры лаборатории Bell решили использовать ограниченную полосу радиочастот для мобильного сервиса, расположив большее количество низкомощных радиопередатчиков или базовых станций на территории города так, чтобы пользователи сети могли принимать звонки, перемещаясь с одного места в другое.

Эта новая технология позволяет получать одновременный доступ к услугам сети большему числу пользователей. Когда возникает необходимость в большей пропускной способности сети, в данном регионе устанавливается еще одна базовая станция. Разработанная таким образом технология беспроводной связи работает точно так же и в наши дни.



(1) Мобильный телефон
(2) Сотовая базовая станция
(3) Сеть обратного взаимодействия (наземные проводные коммуникации)
(4) Мобильный центр коммутации
(5) Соединение с другими сетями, такими как Интернет и коммутируемые сети общего пользования

Рис. 1.1 • Пять основных компонентов беспроводной сети

AMPS – это американский стандарт аналоговой сотовой связи. В 1970 году произошли важные события:

- FCC разрешил использование новых радиочастот для наземной мобильной связи. Эти частоты были зарезервированы в УВЧ (ультравысокочастотном) диапазоне для передачи телевизионного сигнала (800 МГц), но никогда не использовались;
- лаборатория Bell предложила построить первую сотовую телефонную сеть высокой емкости. Эта система дублировала стандарт AMPS. Для построения тестовой сети был выбран город Чикаго.

В начале развития сотовой индустрии FCC предполагал распространять 666 каналов на одну компанию. Bell получили права на все частоты, предназначенные для сотовой связи, что сделало их национальными монополистами в этой области. Они не ожидали, что рост пользователей мобильной сотовой связи будет настолько высоким. В 2000 году пользователей сотовой связи ожидалось только 1 миллион человек, однако к 2005 году их количество выросло до 175 миллионов в США, в то же время количество пользователей во всем мире превысило уже два миллиарда человек.

Однако под сильным давлением со стороны других радиокомпаний FCC решили, что на рынке должны присутствовать несколько компаний, обеспечивающих подобные услуги, поэтому на одного поставщика было выделено 333 канала. Теперь рынок разделился на поставщиков услуг A- и B-диапазона (см. раздел 1.6.). Количество каналов позже было пересмотрено и увеличено до 832, таким образом, на одну компанию пришлось по 416 каналов. Это было вызвано тем, что сотовая индустрия по договоренности с FCC была вынуждена оставлять часть каналов в резерве, что вызвало проблемы в пропускной способности. Более детально разделение частот на каналы будет рассмотрено в главе 4.

В 1977 году в FCC решили создать схему предоставления нового сервиса, также комиссия решила разрешить построение двух систем сотовой связи. Одна система располагалась в Чикаго, лицензию на ее построение имела компания Bell, а вторая – размещалась в Балтиморе и Вашингтоне и была лицензирована компанией American Radio Telephone Service (RCC).

Как только все вопросы в FCC были решены, первая коммерческая сотовая сеть начала свою работу в Чикаго. Это произошло 13 октября 1983 года. Самый первый сотовый телефонный звонок был сделан из Чикаго потомку Александра Грехема Белла в Западную Германию. Вторая система сотовой связи была активизирована в короткое время в Балтиморе и Вашингтоне в декабре 1983 года. Это была самая быстроразвивающаяся технология в истории, вовлекающая десятки тысяч клиентов ежедневно.

1.4. Технические характеристики AMPS

AMPS будет описана в этом разделе в *прошедшем времени*, так как это аналоговая система, время которой уже прошло. Аналоговые системы не могли обеспечить той емкости и пропускной способности, которая необходима для беспроводной сети на сегодняшний день. AMPS использовала FM-диапазон радиочастот, который был разделен на каналы по 30 кГц. Каждый канал мог быть использован только для передачи разговора в одном направлении либо для передачи данных. Доступ с частотным разделением каналов (Frequency-division multiple access – FDMA) был аналогом сотового стандарта (AMPS). Для любого разговора требовалось два канала по 30 кГц: один канал для исходящего сигнала (от мобильного телефона к базовой станции), а второй – для входящего (от станции к телефону). FDMA осуществляет процесс разделения большого диапазона частот на более мелкие, дискретные блоки спектра. Эти маленькие блоки затем разделялись на ты-

сячи каналов, готовых к использованию. Эти каналы (частоты) могли быть **использованы** многократно. 50-мегагерцовый диапазон, разрешенный FCC **для использования** сотовой связью в США, был разделен на каналы, и каждый из них использовался либо для исходящего, либо для входящего сигнала при телефонном разговоре.

Сотовая связь – это дуплексная система связи, в которой для каждого разговора нужны два отдельных канала: один для передачи, другой – для приема сигнала.

Частоты стандарта AMPS, разрешенные FCC в США, следующие:

- передача с телефона (прием базовой станцией): 824 – 849 МГц;
- передача с базовой станции (прием телефоном): 869 – 894 МГц.

Обратите внимание, что эти частоты (850 МГц) используются компаниями и в наши дни. Однако, учитывая развитие промышленности, теперь они используются для цифровых беспроводных систем передачи данных, а не аналоговых, как AMPS. На рис. 1.2 изображен список распределения частот в стандарте AMPS.

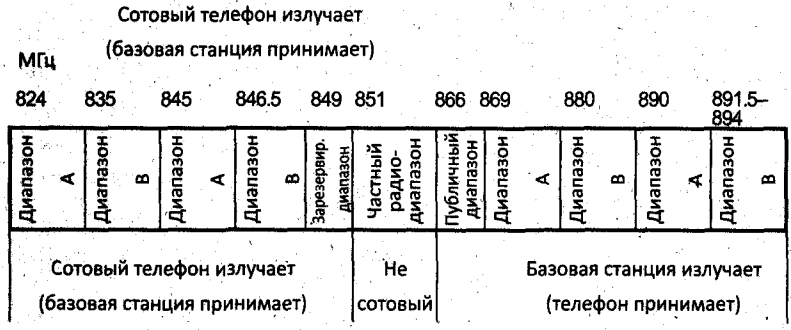


Рис. 1.2 • Распределение частот в стандарте AMPS

1.5. Структура сотовой связи: MSA и RSA

Основной концепцией территориально-статистических единиц (metropolitan statistical area (MSA)) агломераций является объединение города с населением численностью не менее 50 тыс. человек и его пригородов, имеющих высокую степень экономических и социальных связей с центром.

Каждый такой район должен содержать населенный пункт с населением не менее 50000 чел. или определенную Бюро переписи населения

определило городскую зону, общая численность населения которой не менее 100000 человек, как MSA. MSA включает в себя один и более округов, имеющих закрытую экономику и социальную зависимость от центрального региона. Удаленные регионы должны иметь определенный уровень связей с центральным, а также иметь определенные отличия от больших городов, такие как плотность населения, общее количество населения и уровень его роста.

Комиссия FCC разделила Соединенные Штаты на 734 региона обслуживания сотовой связи. Структура рынков служб персональной связи (PCS) различна и будет позже обсуждена в главе 8. В Соединенных Штатах выделено 306 регионов, которые можно соотнести к MSA, они привязаны к большим городам, в пределах их границ. Более мелкие регионы, относящиеся к сельской местности, называются RSA. Всего таких регионов 428. Их нумерация начинается с самого северо-западного штата и заканчивается самым юго-восточным. Например, город Декальб, находящийся в штате Иллинойс, относится к RSA1, так как находится на севере региона, и город Кентукки тоже относится к RSA1, так как находится на западе штата Кентукки.

Комиссия FCC сначала определила границы MSA, а затем, пятью годами позже, определила границы RSA. Такой приоритет зависит от количества населения региона, так как в регионе с большим населением рынок услуг сотовой связи будет более востребован. Границы MSA и RSA пролегают вдоль границ штатов, так было определено правительством. Большинство сотовых регионов захватывают более чем один штат. На рис. 1.3 приведена иллюстрация, на которой вы увидите распределение MSA и RSA в Соединенных Штатах.

MSA охватывают примерно 75% населения Соединенных Штатов и около 20% площади, в то время как RSA имеют только 25% населения и 80% площади. В 1983 году FCC определила, что поставщики услуг сотовой связи должны обслуживать 75% потребителей или 75% территории рынка услуг. Это правило позволило более эффективно распределить рынок услуг.

Например, в районах MSA строительство систем связи ведется таким образом, чтобы обеспечить доступ как можно большему количеству пользователей сети услугами связи с максимальной скоростью. В RSA, наоборот, операторы сотовой связи строят свои системы в ключевых точках для того, чтобы обеспечить возможность доступа к услугам в кратчайшее время. К примеру, в штатах Вайоминг и Аризона беспроводные системы связи устанавливаются вдоль шоссе, исключая незаселенные районы.

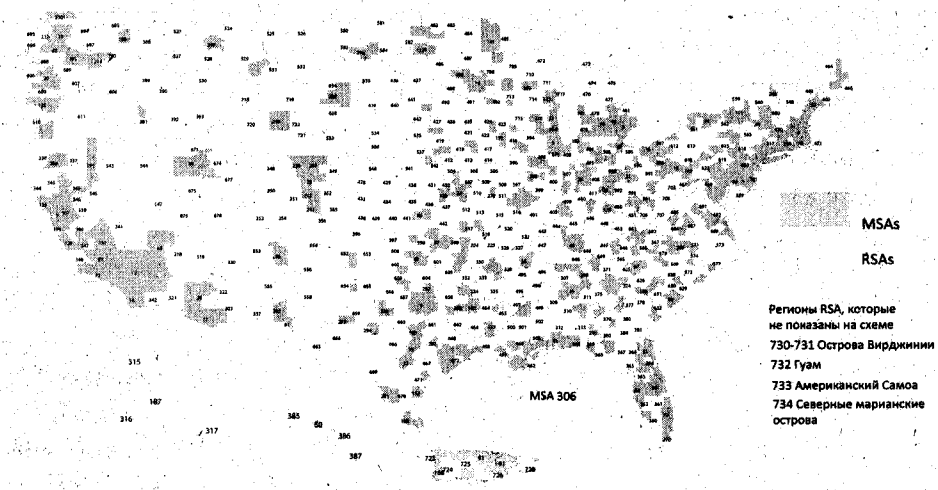


Рис. 1.3 • Структура рынка сотовой связи в США: MSA- и RSA-регионы. Не путать с системой мобильной связи. Рисунок предоставлен www.fcc.gov

1.6. Назначение поставщиков услуг «А» и «В»

В 1981 году комиссия FCC выдала итоговый порядок предоставления услуг сотовой связи, в котором были упомянуты два поставщика данных услуг. Основываясь на этом требовании комиссии, сотовая индустрия стала обеспечиваться услугами только двух компаний. Как только FCC в 1995 году опубликовала лицензии PCS, количество конкурентов возросло. На протяжении 1982 года 60 самых крупных городов были обеспечены связью. Комиссия решила лицензировать сотовую связь сначала в 306 крупных регионах, относящихся к MSA, а затем и в 428 более мелких, RSA. FCC определила, что по крайней мере одна из лицензий должна принадлежать проводной (стационарной) телефонной компании. Это так называемая лицензия проводной связи, операторы которой относятся к группе «В». «В» символизирует компанию Bell и ассоциируется со стационарным телефонным сервисом. Вторая лицензия сотовой связи извесна как А-операторы – «А» символизирует «альтернативную» связь, основанную на беспроводной передаче данных и не имеющую отношения к проводным телефонным компаниям. FCC установила регулирование структуры сотовой связи по следующим причинам: это гарантирует развитие индустрии телекоммуникаций, а также на рынке будут присутствовать несколько типов коммуникационной инфраструктуры.

Различие между наземными телефонными компаниями, известными как поставщики услуг группы «В», и беспроводными, группы «А», в настоящее время стало огромным. В наши дни любая компания может иметь как «А», так и «В» лицензию в любом регионе, MSA или RSA. Беспроводные лицензии уже распроданы различным компаниям, которые подчиняются Федеральной комиссии связи. Во многих случаях большие части рынка бывают перепроданы несколько раз между конкурирующими компаниями.

1.7. Подписание лицензии на предоставление услуг сотовой связи

FCC первоначально решила провести сравнение компаний, конкурирующих за лицензии в группах «А» и «В». Сравнение значит, что FCC проверяла компании на наличие перспективы их роста, планов развития. В начале 1983 г. было зарегистрировано 567 заявок для 30 регионов. В FCC быстро поняли, что такие сравнения отнимут слишком много времени, а процесс лицензирования требовал быстрого решения. В то время он занимал от 10 до 18 месяцев и одна лицензия стоила более 1 миллиона долларов. Таким образом в октябре 1983 г. FCC отредактировала свои правила и определила, что поставщиков услуг «А» и «В» в топовых 30 регионах будет определять лотерея. Победители лотереи должны были представить комиссии юридические, экономические и технические данные, прежде чем начать строить сотовую систему связи. Цель этого обзора состояла в том, чтобы быть уверенными, что лица, имеющие патент, смогут построить именно ту сеть, которую нужно. К 1990 г. в каждом из регионов США была построена сотовая сеть.

Важно запомнить, что слова «сотовый рынок», «сотовая система» и «MSA/RSA» – синонимы, поэтому могут быть взаимозаменяемыми.

Когда одна компания имеет рынки, прилегающие друг к другу, то такое объединение называется рыночным кластером.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- MSA – это регион, население которого составляет 1000000 жителей либо меньше.
- Границы регионов MSA и RSA пролегают вдоль границ штатов, как изображено на рисунке.

- Различие между локальными телефонными компаниями и компаниями, предоставляющими услуги беспроводной связи, в последние годы становится незаметным и маловажным.
- Символ «A» в обозначении компаний этой группы имеет значение слова «access» (доступ).
- Регионы RSA расположены в районах крупных городов в пределах их границ.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Комиссия FCC создала сотовую индустрию двойной, разделив ее на две группы «A» и «B». В начале развития сотовой индустрии в FCC надеялись, что к группе «B» будут относиться локальные телефонные компании, потому что:

a) это было нужно компании AT&T;
b) компании группы «A» настаивали, чтобы локальные телефонные компании были их основными соперниками в области предоставления услуг связи;
c) такая структура рынка подразумевала наличие различных типов телекоммуникаций на рынке;
d) такая структура рынка уже присутствовала в Японии, и в FCC решили последовать их примеру;
e) комиссии FCC такая структура была рекомендована компанией Motorola.

Регионы MSA включают примерно 75% населения и ___ площади Соединенных Штатов?

a) 50%;
b) 25%;
c) 20%;
d) 75%;
e) 10%.

2 Основы построения беспроводных сетей и управление ими

2.1. Повторное использование частот и планирование

Термин «сотовый» можно соотнести как с компаниями, предоставляющими услуги мобильной связи, так и с самой сетью (которая начала свое существование с сети AMPS), так же как и с операторами персональной связи. Это слово обозначает понятие и принцип построения такой сети. Более подробно данное понятие будет рассмотрено в разделе 2.5. А пока мы будем использовать слова «сотовый» и «беспроводной» как синонимы.

Сотовые технологии обеспечивают мобильную связь между абонентами с использованием двунаправленного радиоканала между телефоном пользователя и беспроводной сетью. Понятие «двунаправленный радиоканал» довольно простое. Оно предполагает повторное использование индивидуальных радиочастот (или радиоканалов) в зоне обслуживания с минимальным взаимовлиянием для того, чтобы обеспечить максимальное число одновременных разговоров. Это понятие является основным в сотовых системах и более известно как повторное использование частот. Повторное использование частот является основным фактором, отличающим сотовые сети от всех предыдущих систем связи.

Основным отличием предшествующих мобильных систем связи было неэффективное использование радиочастоты. Повторное использование частоты в пределах данного географического района позволяет обеспечить намного большее количество одновременных разговоров, чем простое разделение частотного спектра.

Основные проекты повторного использования частоты предполагают объединение семи сотовых ячеек в группу. Количество таких групп в MSA или RSA зависит от размеров зоны обслуживания. Данное средство делает доступными все 416 каналов (частот, предназначенных для разговоров) в зоне покрытия сотовой связи. Ячейки с большим трафиком будут иметь больше радиоканалов, предназначенных для того, чтобы соответствовать запросам пользователей (это более известно как плотность пользователей). Посмотрите на рис. 2.1, на котором изображен план размещения групп из семи ячеек.

Планирование частотного разделения определяется инженерами, работающими с беспроводным оборудованием, в диапазоне частот, разрешенном Комиссией по связи (FCC) для использования операторами сотовой связи. При построении новой базовой станции нужно брать в расчет уже существующие станции и план разделения частот.

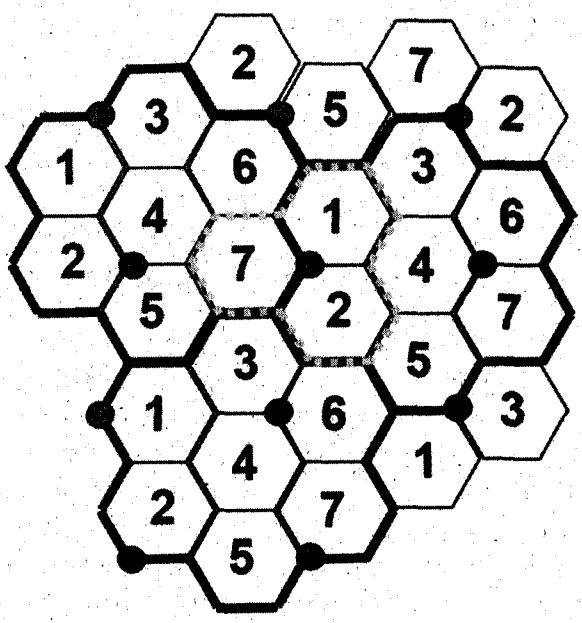


Рис. 2.1 • Семиэлементный кластер разделения частот: ячейки с одинаковыми частотами расположены симметрично на всей протяженности сети

Основной трудностью в разработке беспроводной сети является то, что нужно нарастить емкость системы с помощью добавления базовых станций и радиоканалов (в уже существующих ячейках) так, чтобы между станциями в системе не возникало эффекта интерференции (интерференция будет рассмотрена позже). При этом нужно сохранить систему в виде шестиугольника (см. раздел 2.5).

2.2. Расстояние повторного использования

Расстояние повторного использования частоты – это расстояние на местности между двумя базовыми станциями, которое необходимо для того, чтобы избежать интерференции частот в соседних каналах. Это расстояние высчитывается с помощью сложных математических формул, которые получены путем изучения электромагнитных колебаний и проведения тестов. Расстояние повторного использования является критическим при

разработке сотовой системы связи. Полная зона покрытия базовой станции определяется данным значением, наряду с мощностью передатчика, работающего с семью частотами. Посмотрите на рис. 2.2, на котором изображена схема построения в соответствии с расстоянием повторного использования частоты.

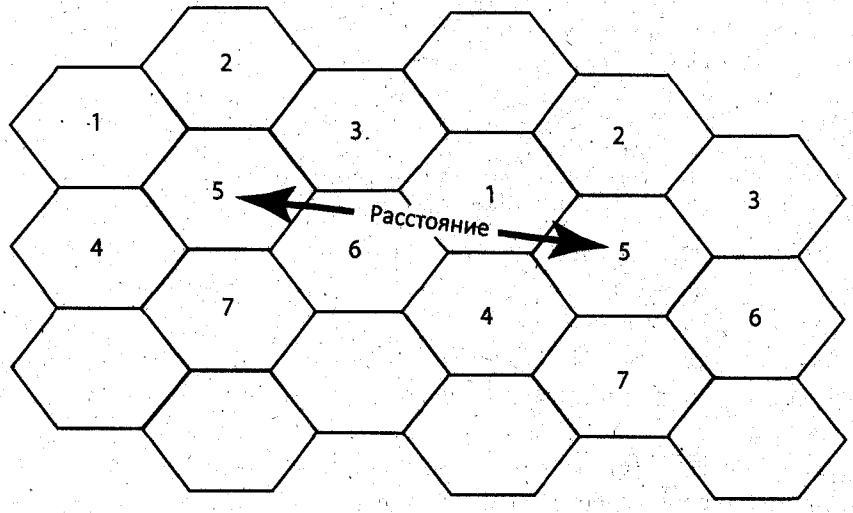


Рис. 2.2 • Размер зоны покрытия базовой станции и мощность сигнала определяют расстояние повторного использования в беспроводных системах связи. Обратите внимание на шестиугольную конструкцию сетки (см. раздел 2.5)

Понятие быстрой перестройки частоты неразрывно связано с понятием расстояния повторного использования.

Быстрая перестройка частоты означает способность мобильных телефонов работать на любой заданной частоте в заданном спектре. Спектр в данном случае обозначает, как будут происходить переключения в соответствии с разрешениями Комиссии по связи и для работы в каком диапазоне частот предназначен сам мобильный телефон. Телефон имеет возможность изменять свою рабочую частоту непосредственно по команде самой беспроводной системы связи.

Другими словами, скорость переключения частот определяет способность мобильного телефона быстро и незаметно для пользователя переходить с одной частоты (канала) на другую. Быстрая перестройка частоты позволяет повторно использовать большую часть относительно небольшой части спектра, которая выделена FCC для операторов сотовой связи. Данное свойство определяет и другую ключевую концепцию сотовой связи – переключение вызова.

Расстояние повторного использования применяется как в случаях цифровой беспроводной передачи данных, так и при аналоговой связи.

2.3. Переключение вызова

Благодаря возможности изменения рабочей частоты мобильного телефона при движении между сотами возможна работа сотовой сети. Этот термин более известен как переключение вызова.

Переключение вызова – это процесс, при котором телефонный разговор можно без разрыва передать с одной базовой станции на другую (с помощью переключения каналов при поддержании связи между телефоном и базовой станцией) с помощью центра коммутации *мобильной связи* (MCS).

Совместно с повторным использованием частоты и быстрым переключением частот в мобильном телефоне, переключение вызова является одним из самых важных элементов в развитии беспроводных технологий. Переключение вызова тесно связано с повторным использованием частот. Без переключения вызова повторное использование частот было бы невозможно осуществить, и наоборот.

Для осуществления связи требуется обеспечить пользователя сигналом нужной мощности. Беспроводной коммутатор (MCS) определяет уровень сигнала всех телефонных звонков. Когда система наблюдает ослабление уровня сигнала, она ищет базовую станцию в соседней соте, которая может обслужить пользователя лучше, с более высоким уровнем сигнала. Когда переключение становится необходимым, коммутатор уже знает, какая базовая станция является лучшим для этого кандидатом. Затем происходит переключение на соседнюю базовую станцию.

Зона покрытия базовой станции перекрывается со всеми соседними сотами. Такое перекрытие и позволяет производить переключения вызова на соседние базовые станции. В случае отсутствия перекрытия звонки разрывались бы при переключении вызова. Процесс переключения вызова управляется микропроцессором, поэтому он происходит незаметно для пользователя. Часть работы по переключению вызова выполняет сам мобильный телефон (то есть синхронизацию частот, управление и запоминание). Переключение вызова объясняет, почему все мобильные телефоны должны иметь возможность быстрого переключения частот или возможность переключаться с одного канала на другой. Переключение вызова в некоторых странах более известно как передача вызова, особенно часто этот термин употребляется в Европе. На рис. 2.3 изображен процесс переключения вызова.

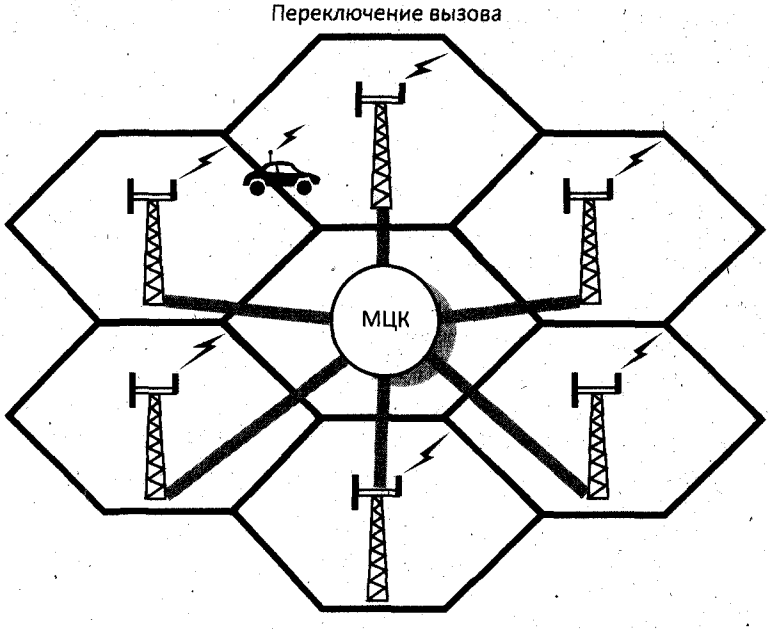


Рис. 2.3 • Вызовы в беспроводных системах связи передаются от одной ячейки к другой для их поддержания

2.4. Использование карт при построении беспроводных сетей

При разработке беспроводных систем связи используются карты Геологической службы США. Это делается по требованию Комиссии по связи.

Все базовые станции имеют свои географические координаты (широту и долготу). Инженеры, разрабатывающие беспроводные системы, должны ориентироваться в картах независимо от их масштаба. Они должны изучить, как определить возвышенности на местности и все условные обозначения. Например, они должны знать, как определить горные хребты, горы, леса, водные пространства, а также места расположения аэропортов.

Наиболее широко используются карты с масштабом 1:500000, где 1 дюйм равен примерно 8 милям на местности. Кроме того, используются специальные карты с более мелким масштабом для детального изучения топографии местности с населенными пунктами и дорогами. Масштаб таких карт 1:24000, где 1 дюйм равен 0,4 мили. Эти карты используются для того, чтобы выявить особенности местности, где впоследствии будет располагаться базовая станция. Карты Геологической службы можно получить через Ранда Макнолли

(Rand McNally), правительство США, Международную картографическую службу, а также в других компаниях.

2.5. Сетка шестиугольников

Для того чтобы облегчить создание беспроводной сети с повторным использованием частот, ячейки сети условно принимают за шестиугольники. Шестиугольник является доминирующей фигурой при построении беспроводной сети. Шестиугольники обычно делают из пластика, что помогает инженерам визуально представить беспроводную систему в процессе ее разработки, независимо от территории, на которой разрабатывается сеть. Эти шестиугольники накладываются на карту Геологической службы для того, чтобы визуально представить беспроводную систему. Шестиугольники используются потому, что они наилучшим образом заменяют накладывающиеся друг на друга круговые зоны покрытия базовых станций (рис. 2.4).

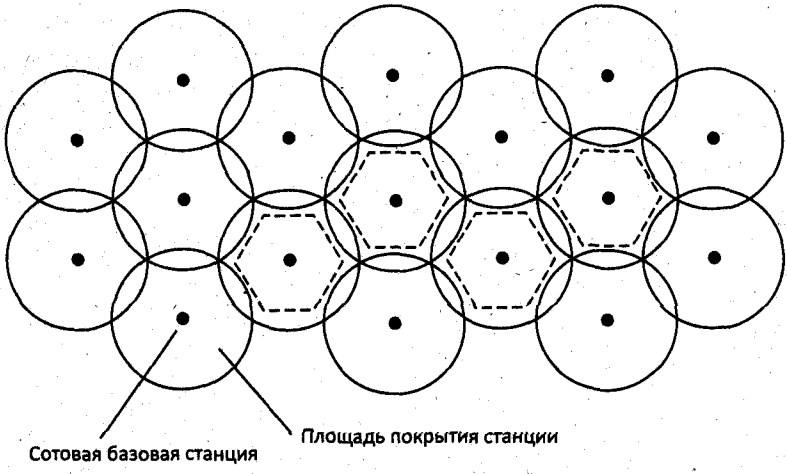


Рис. 2.4 • Сетка из шестиугольников идеальна для построения схемы покрытия беспроводной системы связи, так как она географически и функционально повторяет покрытие между соседними базовыми станциями

Сетка может состоять из шестиугольников различных размеров, зависящих от количества обслуживаемых абонентов. Городские районы, такие как Чикаго или Лос-Анджелес, должны иметь маленькие шестиугольники, потому что в густонаселенных районах должно быть много базовых станций, так как такие районы имеют высокую плотность населения.

Базовые станции в сельской местности обслуживают большую площадь, чем в городских районах, потому что население в них меньше и оно более рассеяно. Поэтому размер каждого шестиугольника в сельской местности бу-

дет больше, что отражает меньшую плотность абонентов. Переключение вызова не сможет произойти, если не будет перекрывания сигналов между двумя соседними базовыми станциями. Основным достоинством использования сетки шестиугольников является то, что она позволяет сконструировать беспроводную сеть, спроектировать ее покрытие и сделать планы повторного использования частоты.

В процессе разработки шестиугольники могут быть выложены на бумаге или любой другой плоской поверхности вместе с точками привязки. Это зависит от желания инженеров-разработчиков или от конфигурации беспроводной системы. Положение шестиугольников может меняться при необходимости внести изменения в конфигурацию сотовой системы. Сетка из шестиугольников позволяет компаниям, предоставляющим услуги связи, разрабатывать системы с учетом затуханий сигнала и интерференции, что облегчает долговременное планирование частот. Недостатком использования сетки шестиугольников является то, что довольно сложно в таких условиях производить наращивание количества базовых станций. Но она помогает при разработке сот, в режиме переключения вызовов, для определения следующей ячейки, на которую будет переведен абонент. Также сетка шестиугольников может быть использована для планирования трафика в беспроводной сети (см. рис. 2.4).

Термин «сотовый» используется потому, что эта сетка напоминает пчелиные соты. Читатель должен понимать, что «сотовый» именно в этом смысле относится только к коммерческим системам связи первых поколений. Но на практике, в наши дни, «сотовым» называют коммерческий сервис, предоставляемый операторами мобильной связи.

2.6. Основные компоненты беспроводных систем

В данном разделе представлены основные пять компонентов, обязательные для любой беспроводной системы. Это мобильный телефон, базовая станция, коммутируемая телефонная сеть общего пользования, мобильный центр коммутации и элементы взаимосвязи с сетью общего пользования и Интернетом.

2.6.1. МОБИЛЬНЫЙ ТЕЛЕФОН

В настоящее время используется огромное количество различных мобильных телефонов. Функциональность каждого может удовлетворить самых требовательных пользователей. Все телефоны можно разделить на две категории:

- *портативные телефоны* – это тип телефонной трубки, которую пользователь может носить с собой где угодно. Они являются наиболее популярными. Они небольшие по размерам и небольшой массы, и поэтому

многие носят их с собой на ремне, что позволяет легко до них дозвониться, а им, в свою очередь, совершать вызовы. Начиная с середины 90-х годов производители беспроводных телефонов достигли больших успехов в области создания мобильных телефонов, сделав их небольшими по размерам и по массе. Многие пользователи считают достаточно удобным то, что телефон всегда с ними и они могут совершать звонки в любое время и в любом месте. В главе 17 мобильные телефоны будут рассмотрены более детально в плане их устройства;

- *стационарные мобильные телефоны* – их нельзя просто носить с собой, так как они размещены, как правило, в автомобилях. Эти телефоны не рассчитаны на массового потребителя. Они появились задолго до современных портативных мобильных телефонов. Такие телефоны все еще производятся в качестве дополнительных устройств в некоторых моделях автомобилей. Такие телефоны являются частью автомобиля, и единственное, что может сделать пользователь с его помощью,– это совершить телефонный звонок.

В середине 90-х годов операторы мобильной связи перешли на использование цифровых беспроводных технологий и телефонов, в наши дни цифровые мобильные телефоны вытеснили на рынке аналоговые модели. Сегодня все продаваемые беспроводные телефоны – цифровые.

Это значит, что хотя трафик (разговор, данные и/или видео) все еще передается с помощью радиоволн, которые использовали аналоговые телефоны, но он передается с помощью модулированной радиоволны в оцифрованном виде, то есть в виде единиц и нулей.

Цифровые телефоны, в свою очередь, делятся на несколько подвидов. Первые – это *многорежимные* цифровые телефоны. Такие телефоны могут работать более чем в одном стандарте связи, например, используя множественный доступ с кодовым разделением каналов (Code Division Multiple Access – CDMA) или глобальную систему мобильной связи (Global System for Mobile Communication – GSM). Благодаря исследованиям компании Motorola, а также других разработчиков и производителей мобильных телефонов появились аппараты, которые могут работать в трех и более стандартах. Например, существуют телефоны, работающие как в режиме CDMAOne, так и в режимах CDMA 1X (см. главу 7), GSM, IS-136, и даже в режиме Wi-Fi. Такие телефоны появятся в продаже уже к концу 2005 года. Сотовые телефоны, которые могут работать в трех режимах, более известны как трехрежимные. Работающие в четырех – соответственно четырехрежимные.

Наряду с мультирежимными цифровыми телефонами на рынке представлены и двухдиапазонные, или *мультидиапазонные* телефонные аппараты.

Мультидиапазонные телефоны могут работать в двух и более диапазонах частот, например сотовые телефоны, которые могут работать на частоте 850 МГц (США) и 1900 МГц. На рис. 2.5 представлен типичный современный сотовый телефон.

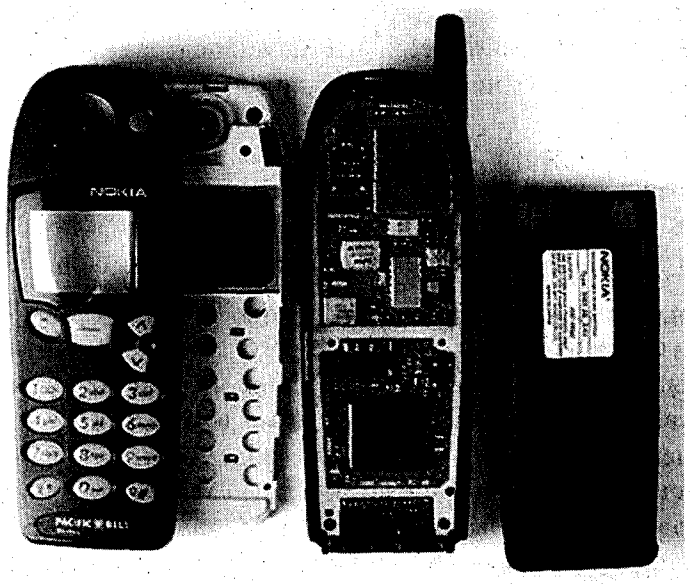


Рис. 2.5 • Типичный сотовый телефон

В настоящее время цифровые сотовые телефоны могут быть мультирежимными и мультидиапазонными одновременно.

2.6.2. БАЗОВАЯ СТАНЦИЯ

Сотовая базовая станция – это место, где расположены радиопередатчик, дополнительное оборудование и антенны, которые обслуживают пользователей сотовой связи. Базовые станции могут быть установлены где угодно. Это возможно благодаря производителям оборудования, которые выпускают его все меньших размеров.

2.6.3. ОБРАТНАЯ СЕТЬ

Обратная сеть, также известная как фиксированная сеть – это сеть передающих систем, которые соединяют базовые станции всех сот с главным контроллером (base station controller (BSC)). Эти соединения позволяют эффективно осуществлять взаимодействие абонента с внешним миром и наоборот.

2.6.4. МОБИЛЬНЫЙ ЦЕНТР КОММУТАЦИИ (MOBILE SWITCHING CONTROLLER (MSC))

Мобильный центр коммутации является мозгом беспроводной системы связи. Он осуществляет коммутацию вызовов абонентов посредством передачи пакетов данных из одной части сети в другую. Этот процесс называется *маршрутизация вызова*. Центр коммутации также предоставляет дополнительную информацию, необходимую для поддержки сервисов пользователей, включающих в себя регистрацию пользователя в сети, установление подлинности (аутентификация) и обновление информации о местонахождении пользователя.

Центр коммутации контролирует все активные мобильные телефоны и все вызовы, происходящие в системе, и осуществляет их коммутацию. В большинстве случаев в настоящее время базовая станция соединена с контроллером, который в свою очередь соединен с центром коммутации.

2.6.5. ВЗАИМОСВЯЗЬ С КОММУТИРУЕМОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТЬЮ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ И ИНТЕРНЕТ

Для осуществления вызовов с мобильных телефонов на стационарные обязательно наличие связи между беспроводной сетью и коммутируемой телефонной сетью общего пользования. Эта связь в виде DS-n или OC-n цепей (передающих систем), TCP/IP соединениий или ATM (DS-n – линии для цифровых сигналов с различной пропускной способностью. OC-n – оптические линии связи). Сегодня существует подсеть, которая управляет этими соединениями и более известна как *публичный узел передачи данных* (Public Data Service Node – PDSN). Этот узел осуществляет передачу информации между беспроводной сетью и Интернетом, а также между другими сетями.

2.7. Плотность абонентов

Количество возможных абонентов в сети (плотность населения района) характеризуется условной величиной POP counts. Один потенциальный абонент соответствует единице POP count.

При разработке сотовой системы компании-провайдеры всегда ориентируются на значение POP counts. На рынке беспроводной связи территория для обслуживания покупается и продается на основании этой цифры.

Компании, предоставляющие услуги сотовой связи, всегда стараются занять такой регион, в котором плотность населения выше. Чем большее количество абонентов они будут обслуживать, тем больше средств получат на расширение своей сферы деятельности.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- ◉ Сетка из шестиугольников не позволяет компаниям при разработке систем связи учитывать интерференцию сигнала и способствовать планированию частотного диапазона.
- ◉ Скорость переключения частот тесно связана с расстоянием повторного использования.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Какой принцип и технические особенности являются основой для построения сотовой системы?

a) Технология TDMA.
b) Функциональные возможности дуплексной передачи данных.
c) Повторное использование частоты.
d) Ни один из перечисленных.

Количество ячеек для повторного использования частоты должно составлять___.

a) 3.
b) 10.
c) 7.
d) 416.
e) 21.

Каким термином определяется дистанция, на которой возможно устанавливать базовые станции с одинаковой рабочей частотой, для того чтобы избежать эффекта интерференции радиоволн?

a) Теория Герца.
b) Переключение вызова.
c) Расстояние повторного использования.
d) Шестиугольник.

Как называется процесс передачи вызова в беспроводных сетях с одной базовой станции на другую?

a) Автодозвон.
b) Разделение ячеек.
c) Переключение вызова.
d) Ни один из перечисленных вариантов.

3 Сотовая базовая станция

3.1. Краткое описание

Сотовая базовая станция – специальный набор оборудования, обслуживающий определенную область в заданном диапазоне частот. Рядом находятся смежные сотовые станции, работающие на других частотах для того, чтобы избежать эффекта интерференции. Сотовая базовая станция также известна как базовая приемо-передающая станция (Base Transceiver Station – BTS). Базовая станция служит коммуникатором между мобильным телефоном и беспроводной системой связи. Это первое или последнее звено в каждом телефонном звонке. Сотовая базовая станция может одновременно обслуживать большое количество телефонных разговоров и служит начальной точкой доступа к беспроводной сети. На каждой базовой станции установлено большое количество приемо-передающих устройств, называемых трансмиттерами, которые обеспечивают абонентов беспроводными услугами связи, такими как телефонный разговор, доступ в Интернет, пересылка мультимедийной информации (фото или музыка). Каждый мобильный телефон тоже является трансмиттером. Радиоволны, излучаемые базовой станцией, покрывают определенную площадь, которая может быть округом, городом, и даже просто зданием. Эта площадь называется сотой. Отсюда и пошло название «сотовый». Термины «сота», «участок соты», «сотовая базовая станция» и «базовая станция» являются синонимами и взаимозаменяемы.

Размер соты не распространяется на отдельный регион. Сота может быть разных размеров, начиная с нескольких сотен метров (микросота) в густонаселенных районах, заканчивая 20-30 километрами в сельской местности. Размер соты зависит от вида ландшафта, необходимой емкости сети и географического положения (городская или сельская местность). Как правило, в городских районах размер ячейки достаточно мал, в сельской местности он намного больше. Это зависит от плотности абонентов (населения), а в целом – от трафика беспроводной сети. Посмотрите на рис. 3.1, на котором изображено изменение размеров соты в зависимости от ее месторасположения (городской или сельской местности).

Так же как резко увеличивалась популярность сотовой связи в 1990-х, так же быстро уменьшался географический размер соты и увеличивалась возможность поддержки большего числа пользователей. Например, в Чикаго в 1998 году размер ячеек составлял порядка двух миль. В центре города этот

размер составлял полмили или еще меньше. Когда в Чикаго была построена первая беспроводная система, средний размер соты был 5–10 миль. Эта величина постоянно уменьшается, так как растет трафик, увеличивается количество абонентов. Поэтому сотовым компаниям приходится наращивать пропускную способность сети.

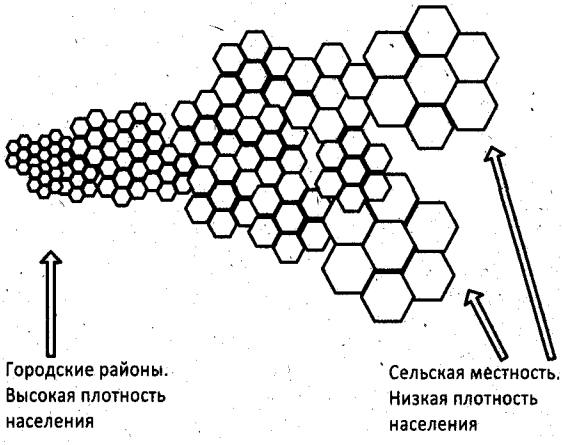


Рис. 3.1 • Размер ячейки в зависимости от расположения базовой станции (городской или сельский регион)

3.2. Критерии и методы установки базовых станций

Базовые станции могут быть расположены в различных местах. Вот некоторые примеры.

Наземные сооружения – оператор сотовой связи покупает или арендует участок земли, строит фундамент и устанавливает на нем базовую станцию и оборудование.

Установка на крышах зданий – оператор арендует участок крыши уже построенного здания. Он устанавливает антенну и оборудование базовой станции непосредственно на самом здании. Это может быть крыша офисного здания, церкви, жилого дома или даже небоскреба.

Установка на водных резервуарах – оператор арендует участок водонапорной башни, устанавливает на нем антенну и протягивает от нее коаксиальный кабель к оборудованию базовой станции, которое находится на земной поверхности.

Совмещенные соты – оператор устанавливает оборудование и антенну базовой станции на вышке, арендованной у другого оператора. Он устанавливает собственную антенну и протягивает коаксиальный кабель к собственному

оборудованию. Совмещенные базовые станции могут располагаться на высоковольтных линиях электропередач, как это показано на рис. 3.2.

Скрытые соты – эти ячейки скрыты от постороннего наблюдателя. Они скрыты внутри других элементов, например таких, как автозаправочная станция, эмблема гостиницы и др. Эти вышки делают таким образом, чтобы они сливались с общим видом. Более подробно про скрытые соты будет рассказано в главе 9. На рис. 3.3 изображен кактус, который на самом деле является сотовой базовой станцией.

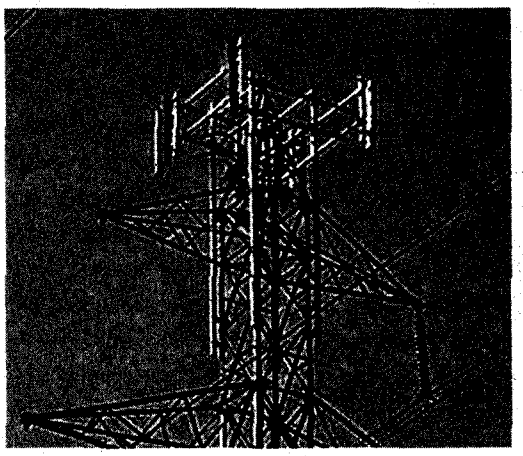


Рис. 3.2 • Базовая станция, размещенная на линиях электропередач

Посмотрите на рис. 3.4 и 3.5, на которых вы увидите, как базовые станции *сливаются с окружающей средой, не нарушая общего вида.* Подобные фотографии также есть и в главе 9.

Основным критерием для установки базовой станции является плотность абонентов или необходимость в увеличении пропускной способности сети. Первоначально предпочтение было отдано мобильным абонентам (например тем, у которых мобильный телефон был установлен в автомобиле), поэтому базовые станции устанавливались вдоль основных дорог и автострад. Информация о транспортном трафике, необходимая для размещения базовых станций, была получена Рэндом Макналли (Rand McNally), который изучил дорожные карты и обращался за информацией в департамент путей сообщения. Эта информация была использована для определения оптимального места установки новых базовых станций. В начале 1990 года были изменены акценты при установке базовых станций, внимание было уделено и пешеходам, поэтому станции стали устанавливать на площадях, стадионах, больших магазинах, центрах городов и т.д.

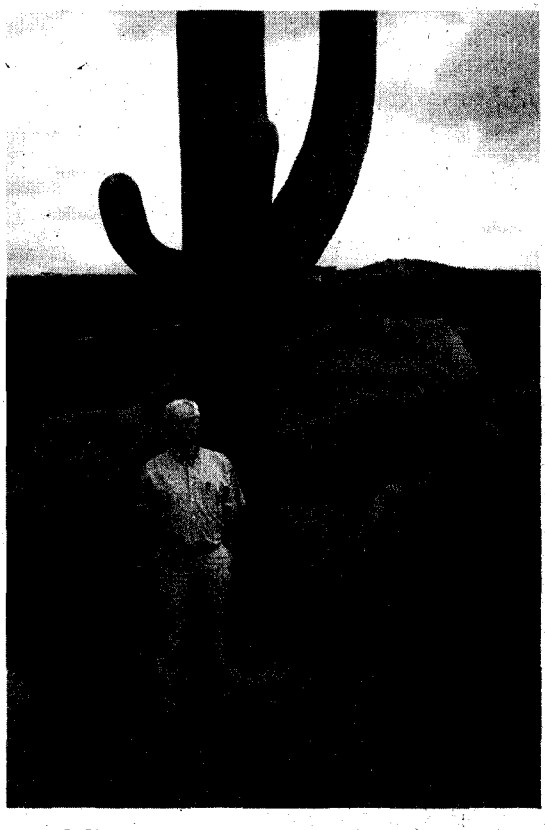


Рис. 3.3 • Базовая станция, выполненная в виде кактуса (фото предоставлено Shepard Communications)

Благодаря увеличению количества базовых станций сотовые телефоны и другие беспроводные услуги связи приобрели огромную популярность. Повсюду выбор места для установки базовой станции основывается на плотности пользователей, мощности потока транспорта на основных дорогах и автомагистралях, количестве уже установленных базовых станций и существующем плане повторного использования частот.

Основной задачей для инженеров, работающих в области беспроводных технологий, в условиях высокого роста беспроводных сетей является избежание эффекта интерференции.

3.3. Выбор места установки базовой станции

Для того чтобы установить базовую станцию, нужно проверить несколько важных параметров. Первый и главный: какую площадь должна обслуживать

базовая станция? Где существует недостаточная пропускная способность сети и необходимость установки новой станции очевидна? Насколько высота ландшафта превышает уровень моря? Может ли быть территория подвержена наводнениям? Идеальными для установки ячейки являются городские деловые районы и парки. Компании обычно избегают устанавливать базовые станции в жилых районах по эстетическим причинам. В центре городских районов, например в деловой части большого города, антенны базовых станций часто устанавливаются на уровне улицы для того, чтобы обеспечить связью разговоры пешеходов, доля которых составляет основную часть сотового трафика. Сегодня основной упор делается на построение скрытых базовых станций в удобных для этого местах.

Рис. 3.4 • Базовая станция, размещенная на пустом участке земли

География определенных районов иногда не позволяет разместить сотовую базовую станцию в любом удобном месте. Например, в горных регионах на западе США некоторые ячейки устанавливаются прямо на вершинах гор для того, чтобы увеличить радиус их действия. Такие места могут быть доступны

только при помощи вертолета, а также они могут быть засыпаны снегом в течение нескольких месяцев. Для того чтобы добраться до некоторых таких станций, обслуживающему персоналу приходится использовать внедорожники, потом снегоходы, а затем подниматься на вершину пешком. Эти ячейки могут питаться солнечной энергией или большими запасами пропана, которые пополняются каждый раз перед приходом зимы. Расходуя это топливо, станция может проработать безостановочно вплоть до весны. В районах, описанных ранее, некоторые ячейки защищены сваями, удерживающими снег, для того чтобы персонал смог беспрепятственно до них добраться.

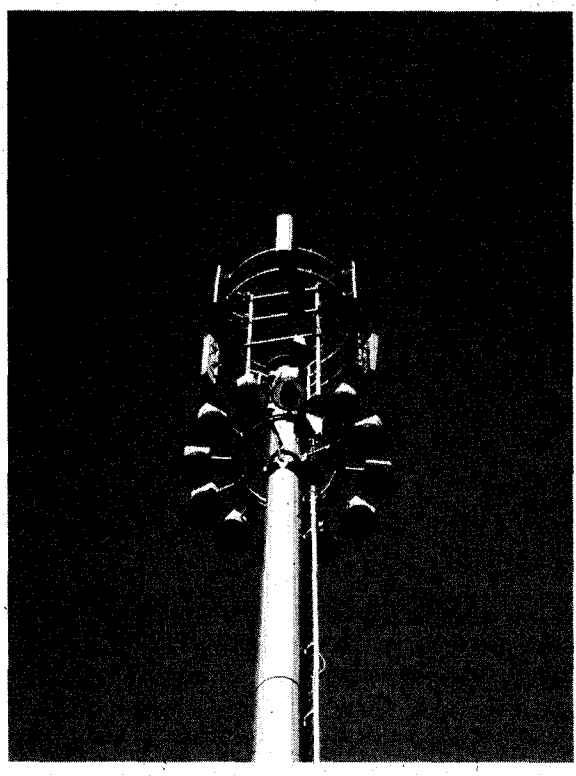


Рис. 3.5 • Пример совмещенного использования: на одной вышке расположены и антенны, и лампы освещения

В середине 80-х годов Американские Мобильные Технологии использовали миниатюрные дирижабли для того, чтобы имитировать характеристики сигнала (а следовательно, и площадь покрытия) потенциальных базовых станций. Дирижабли были порядка 5 метров в ширину и 15 метров в длину. Они поднимались на примерную высоту базовой станции (около 100 метров). Внутри дирижабля располагалась антенна, соединенная коаксиальным кабе-

лем с усилителем, находящимся на земле. Используя дирижабль в качестве вышки для базовой станции, инженеры определяли, какое место будет идеальным для построения реальной базовой станции. Дирижабль был наилучшей по стоимости альтернативой подъемному крану, стоимость аренды которого могла достигать до 10 000 долларов за день.

3.4. Установка базовой станции

В наши дни месторасположение новой базовой станции в существующей системе может быть определено на основании обсуждения между отделом маркетинга и инженерами, работающими в области изучения радиочастот.

При построении новой базовой станции нужно брать в расчет близость уже существующих ячеек и план повторного использования частоты.

Инженеры используют кольцевую схему поиска для нового места, в котором будет размещена базовая станция. Запомните, что таким местом может быть крыша здания, уже построенная башня или вышка, или земля. Выбранное кольцо описывает площадь, обозначенную на карте геологической службы США. Далее на карте определяют три области, среди которых выделяют оптимальную для построения новой базовой станции. Специалисты стараются выбрать новое место как можно ближе к центру круга. Если их результат не удовлетворяет, то переходят ко второму и третьему, пока не получат наилучший результат. На рис. 3.6 показан пример поиска расположения базовой станции с помощью трехкольцевой схемы.

Построенная в конечном счете базовая станция должна подчиняться плану повторного использования частоты и выдерживать расстояние повторного использования, чтобы не затронуть соседние ячейки.

В настоящее время сотовые базовые станции могут располагаться в любом месте: на фермах, на шпилях церквей, на наводных вышках, в отелях, жилых зданиях и даже на осветительных вышках стадионов. Сейчас базовые станции размещают даже на переходах мостов, на автострадах с интенсивным движением. В таком случае они окрашиваются под цвет самого моста. Некоторые компании устанавливают антенны даже на зерновых элеваторах. Упоминая соту как участок сети, мы в любом случае имеем в виду место, в котором расположена сама антенна. Независимо от того, где расположена антенна, коаксиальный кабель будет протянут к тому месту, где находится оборудование базовой станции.

Рис. 3.6 • Место для установки новой базовой станции определяется с помощью трехкольцевого метода

Местные муниципалитеты становятся гораздо более строгими при попытке установки новой базовой станции, особенно в городских районах. Такие попытки становятся все более сложными из-за общественных организаций, которые утверждают, что станции портят городской вид. В таких случаях сотовые компании с середины 90-х годов начали делать скрытые базовые станции (см. главу 9). Многие сотовые операторы, прежде чем установить базовую станцию, должны послать запрос в общественную организацию и получить от нее одобрение. Такие организации придают особое значение преимуществам сотовой связи и вырабатывают компромиссные решения в вопросах выбора зон для размещения базовых станций. Некоторые запросы заставляют компании идти на такие уступки, как окраска вышки в определенный цвет, ограничение максимальной высоты установки антенны или совместное использование вышки с другой компанией. Иногда компании бывают вынуждены построить новые места для парковки или разбить парк для того, чтобы выполнить обязательства, данные местной организации.

Проблемой организаций, препятствующих построению базовых станций, является то, что все люди хотят, чтобы сотовые компании обеспечивали как можно большую площадь покрытия. Они должны быть уверены, что смогут сделать звонок в любое время и в любом месте. Но иногда они же встают на пути провайдеров и препятствуют новой постройке.

Сейчас многие компании устанавливают базовые станции на водонапорных башнях. Такая ситуация является выигрышной для обеих сторон: сотовая компания экономит средства на постройку дорогой вышки, а муниципальные организации получают ежемесячную плату от сотовой компании за использование площадей. Плата может быть различной, начиная от 500 долларов и заканчивая 3000, в зависимости от расположения башни и решения местного руководства. На рис. 3.7 изображена базовая станция, расположенная на крыше водонапорной башни.

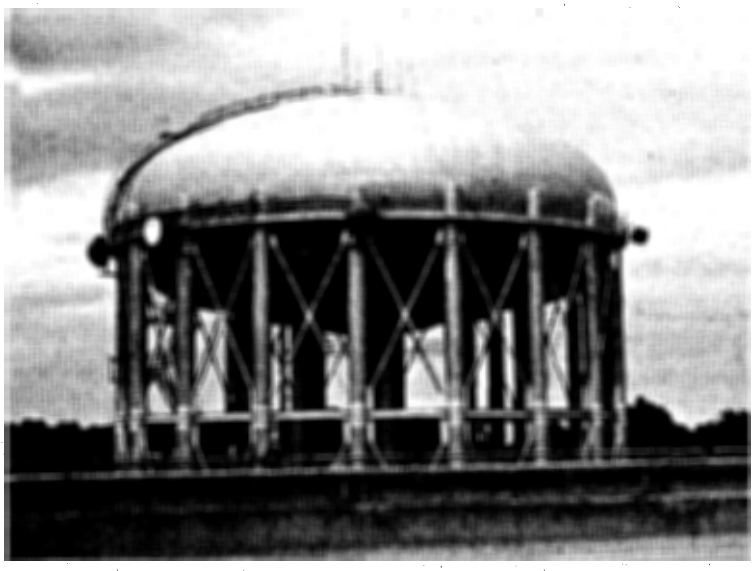


Рис. 3.7 • Сотовая базовая станция, расположенная на водонапорной башне: антенны установлены в средней части вышки (фото предоставлено kramerfirm.com)

Иногда сотовым компаниям приходится прилагать много усилий для установки базовых станций на водонапорных башнях. Одна община на окраине Чикаго позволила сотовой компании установить базовую станцию на водонапорной башне. Однако компания должна была перекрасить башню (которая была в ужасном состоянии) и подписать ее именем местности, где башня находится. Дополнительно компании можно было написать свое название и нанести логотип в качестве свободной рекламы. Это классическая ситуация, в которой в выигрыше остаются обе стороны. Часто таким образом устанавливаются совмещенные антенны. В одном из западных пригородов Чикаго есть водонапорная башня, на которой установлены антенны четырех сотовых компаний. Иногда антенны, установленные на водонапорых башнях, имеют воротник. *Воротник* – это нейлоновое или стекловолоконное покрытие вокруг антенны, сделанное с целью скрыть ее от постороннего наблюдателя.

В городских районах сотовые компании устанавливают базовые станции на крышах многоэтажных зданий. Крыши являются идеальным местом для новой базовой станции, поскольку это позволяет избежать постройки вышки, и таким образом, остаются сэкономленные средства. Собственники здания тоже выигрывают в этой ситуации, так как получают доход с места, которое раньше не использовалось. По такому же сценарию происходит установка антенн на крышах школ. Так как обычно школы ограничены в финансах, то они всегда ищут новый источник дохода. Многие школы рады предоставить часть своей крыши для установки антенн, а взамен получают ежемесячные платежи.

Ежемесячная плата за установку базовой станции на крыше здания колеблется от 500 до 3000 долларов, но средняя стоимость такой аренды составляет 1000 долларов. Подобно аренде водонапорных башен стоимость аренды крыши зависит от высоты здания.

Развертывание базовых станций различными компаниями на небольшой территории уже стало тенденцией. Такие участки не более одной мили в диаметре, они минимизируют негативное воздействие на внешний вид местности. Посмотрите на рис. 3.8, на котором изображен один из таких кластеров.

В некоторых случаях базовые станции, установленные на месности, называются антенными фермами. *Антенная ферма* – это участок местности, специально отведенный для построения на его территории антенн различных типов беспроводной связи. Здесь могут размещаться антенны операторов, работающих в диапазоне 850 МГц, 1900 МГц, пейджинговых компаний и даже антенны местного отделения полиции и пожарной службы.

Рис. 3.8 • Кластер сотовой сети (фото предоставлено P's UK GSM and UMTS Pages)

Сотовые площадки обычно называются по признаку близлежащего объекта, например города, шоссе или горы. Иногда их называют так же, как и компанию, предоставляющую услуги связи. Во многих больших городах станции просто нумеруют, так как это самый легкий путь идентификации. Выдумывание имени для базовой станции является делом самой компании.

Рыночная стоимость установки базовой станции составляет около 350 тыс. долларов. Это зависит от компании производителя, типа и

количества устанавливаемого оборудования. Эта сумма включает в себя покупку или аренду земли, стоимость самой вышки, контейнера для оборудования, всего станционного оборудования, антенн и коаксиального кабеля. Приблизительно в 1995 году стоимость всего этого оборудования составляла 1 млн долларов.

Стоимость базовой станции зависит от нескольких факторов:

- уменьшение размера соты приводит к увеличению количества оборудования, покупаемого сотовыми компаниями, особенно новыми. Изготовители оборудования получают экономию за счет роста количества заказов, и сэкономленные средства они возвращают заказчикам;
- переход на цифровые системы означает, что нужно производить замены на всех базовых станциях. Цифровые станции менее дорогие, чем их аналоговые предшественники: меньше двигающихся элементов, больше интегрированных электронных цепей, и оборудование состоит из меньшего количества частей.

Приблизительное время установки новой базовой станции составляет от 6 месяцев до одного года. Этот срок отражает период времени от получения лицензии до полной готовности соты.

3.5. Контейнеры для базовой станции

Старые сотовые базовые станции и некоторые другие системы подвижной мобильной связи имеют возле подножия вышки небольшую будку. В них содержится все основное оборудование, которое позволяет управлять базовой станцией, закрепленное на 19- или 23-дюймовых стойках. Контейнеры также известны как аббревиатура CEV (controlled environmental vault – помещение аппаратуры контроля). На рис. 3.9 приведено фото типичного контейнера для оборудования базовой станции.

Более новые, цифровые базовые станции представляют собой контейнеры, содержащие все необходимое оборудование для полноценного функционирования. Размер этих контейнеров составляет около 4–5 футов в длину, 5 футов в высоту и 2 фута в глубину. Во многих случаях контейнеры устанавливаются сотовыми компаниями вместо других более дорогостоящих укрытий для базовых станций. Основное предназначение контейнеров – оградить оборудование базовой станции от неблагоприятных факторов окружающей среды, таких как холод и влага. Легкий доступ к оборудованию при производственной необходимости является основным критерием выбора таких контейнеров. На рис. 3.10 и 3.11 показаны фотографии цифровых сотовых базовых станций.

В связи с огромной популярностью беспроводных сервисов, сопровождающейся увеличением количества базовых станций, местные общины стали проявлять озабоченность внешним видом контейнеров. Они хотят, чтобы внешний вид контейнера сливался с окружающей средой. Контейнеры, имеющие эстетически приятный внешний вид, не привлекают к себе внимание, поэтому производители, ответственные за производство контейнеров, разрабатывают свои продукты, рассматривая также и эстетическую сторону данного вопроса. Такие замаскированные привлекательные антенны и вышки очень популярны, поэтому сотовым компаниям проще выбирать места для постройки новых базовых станций. Новые укрытия делают из кирпичной или каменной кладки.

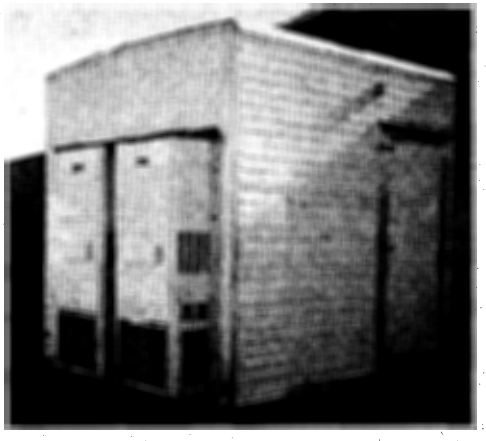


Рис. 3.9 • Алюминиевый контейнер (фото предоставлено Nortel Networks)

Кирпичное укрытие для оборудования базовой станции выглядит гораздо привлекательнее, чем стальное или сделанное из стекловолокна. Иногда сотовые компании раскрашивают такие здания либо высаживают вокруг них кустарник. Это эффективный и недорогой метод, используемый многими сотовыми операторами.

Одним из методов для сокрытия базовых станций является уменьшение их размера. В настоящее время на одной вышке могут быть расположены антенны нескольких сотовых операторов, а оборудование базовых станций находится в одном здании у подножия вышки. С разнообразными конструкциями, цветами и высотами защитных укрытий основание вышки может напоминать трущобы. Модульные укрытия могут решить эту проблему. Они представляют одно сооружение, в котором несколько операторов сотовой связи могут разместить свое оборудование. Каждый из операторов имеет свое определенное место, отделенное от других перегородками.

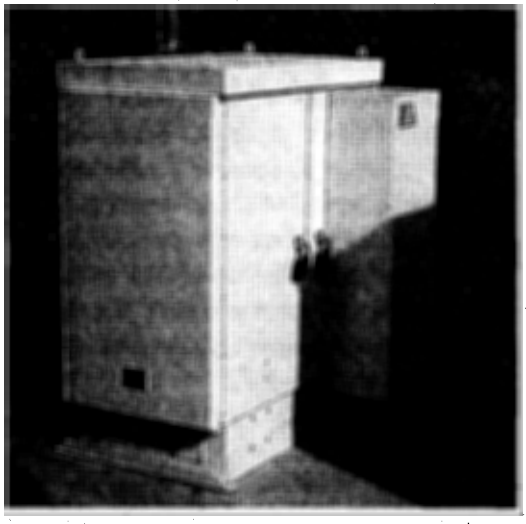


Рис. 3.10 • Типичная современная цифровая базовая станция

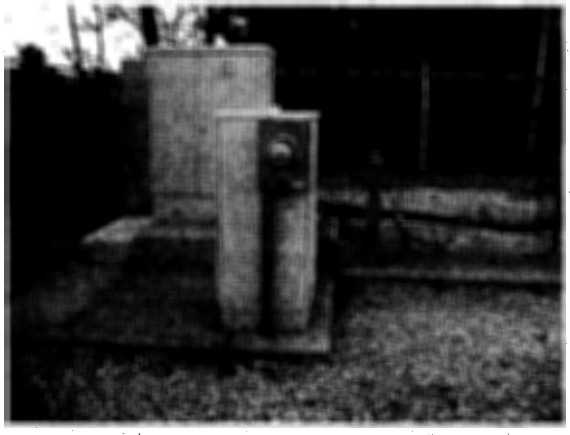


Рис. 3.11 • Типичная современная цифровая базовая станция

Некоторые производители выпускают пуленепробиваемые укрытия, так как в некоторых регионах их могут использовать в качестве мишеней. Некоторые производители делают контейнеры в виде огромных каменных глыб или монументов, чтобы они наилучшим образом сливались с ландшафтом местности. Ранее в этой главе, на рис. 3.3 была показана базовая станция, скрытая от постороннего наблюдателя под видом кактуса.

Безопасность является еще одним фактором при установке контейнера. Сохранение базовой станции в безопасности является одной из самых важных задач при разработке контейнера. Таким образом многие контейнеры окружены 8–10 футовым забором, на вершине которого натянута колючая

проволока или армированная лента. Двери контейнера изготавливают из прочной стали, а замки – со многими стальными стержнями. Некоторые компании используют системы сигнализации, датчики движения для того, чтобы предотвратить проникновение нарушителей.

3.6. Соты на колесах

Соты на колесах (cells on wheels – COW)– это специализированные базовые станции, разработанные и построенные для решения специальных задач. Наращивание требуется для того, чтобы удовлетворять потребности операторов мобильной связи. Такие станции обычно размещаются на больших грузовых автомобилях или прицепах-трейлерах. Все оборудование, которое есть в обычной базовой станции, присутствует и в этом случае. Это полнофункциональная базовая станция, в том числе с возможностями перенаправления вызова. COW оборудуются передвижными антеннами (или мини-вышками), которые заменяют обычные станции; антенны обычно телескопические или сделаны из мини-решетки и поднимаются непосредственно с самого прицепа.

В наши дни в мире телекоммуникаций оперативность и мобильность являются одними из критичных факторов. Например, если вышка падает или существующая базовая станция по каким-либо причинам становится нефункциональной, то COW становится ей на замену. В других случаях передвижные станции устанавливаются, когда необходимо увеличить на некоторое время емкость беспроводной системы в заданном регионе. Это делается в следующих случаях:

- политические заседания;
- турниры по гольфу;
- продолжительные события;
- профессиональные спортивные выступления или чемпионаты.

Во всех вышеперечисленных случаях можно установить более чем одну передвижную сотовую базовую станцию.

Перемещение больших сот возможно только с помощью нескольких трейлеров. Некоторые уникальные передвижные станции можно доставить до места установки только с помощью вертолетов или самолета С-130. Все оборудование уже настроено и всего два человека за четыре часа смогут привести станцию в состояние готовности. Мобильные базовые станции хорошо изолированы и освещены, что позволяет управлять ими при любых погодных условиях, в своей либо другой стране. Мобильный центр коммутации, предназначенный для экстренных случаев, также может быть размещен на передвижной платформе. На рис. 3.12 показаны некоторые из передвижных базовых станций.

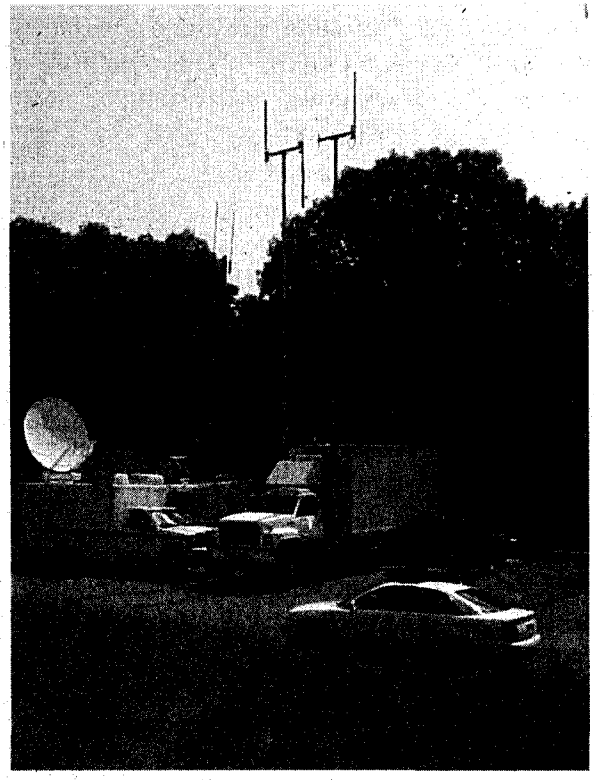


Рис. 3.12 • Соты на колесах (фото предоставлено Operation Gadget.com))

3.7. Усилители

Усилители, иногда называемые *повторителями* – это специальные радиоустройства (приемники и передатчики), которые используются для усиления радиосигнала в случаях, когда сама антенна не может обеспечить необходимую дальность. Тип местности, в которой часто используют усилители,– это туннели, парки и мертвые зоны (известные, как *участки тени*), а также географические площади между сотами. Примером необходимости использования усилителей является низина, находящаяся между двух горных хребтов в сельской местности. Усилители не увеличивают емкость сети, они только увеличивают покрытие сети. Благодаря новым технологиям усилители занимают мало места и могут быть размещены практически где угодно. Строить новые здания не нужно, основными компонентами являются только передатчик и антенна. Усилители используют радиоканалы донорской ячейки для увеличения радиуса действия в определенном направлении, которое не может быть

обеспечено связью самой сотой. Направленная антенна (приемная) используется усилителем для приема излучения с базовой станции только определенного набора каналов. Передающие усилители могут усиливать радиосигналы любой частоты из разрешенных комиссией по связи (850 МГц или 1900 МГц). Сигналы, поступающие с телефонов абонентов, также проходят через усилители, благодаря чему возможны разговоры, передачи вызовов и управление. Направленные антенны используются для обеспечения связи в местах, где присутствуют мертвые зоны. Примерами мертвых зон могут послужить небольшие города, находящиеся между двух холмов, тоннели и даже оживленные автомагистрали. При необходимости компании могут установить более чем одну направленную антенну для того, чтобы обеспечить усиление сигнала по нескольким направлениям.

Мощность усиленного сигнала может быть высокой или низкой, в зависимости от типа используемого усилителя. Для доставки сигнала до усилителя сейчас используется оптоволокно. Донорская базовая станция может быть смонтирована в центральной области, называемой хабом. С этого места оптический кабель передает сигналы на усилители. Усилители можно устанавливать, не беспокоясь по поводу возникновения интерференции, так как сигнал передается по оптическому кабелю, лишенному таких недостатков. Кабель может быть закопан под улицей или тратуаром либо натянут на тросе по воздуху между столбами. На рис. 3.13 изображен процесс усиления сигнала с донорской станции.

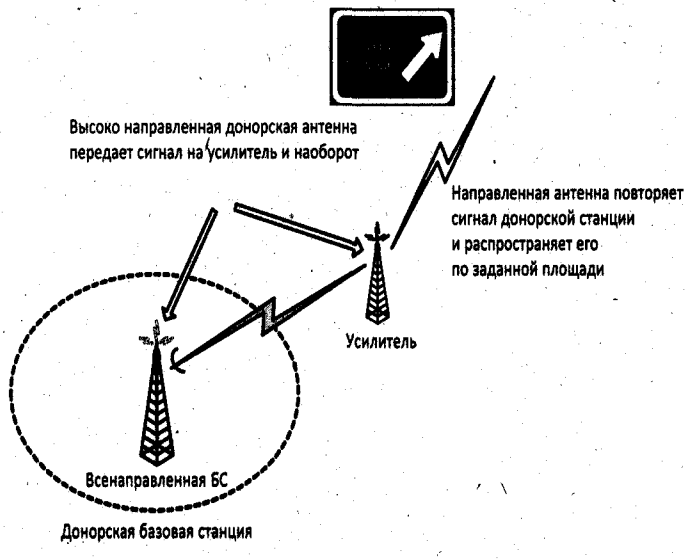


Рис. 3.13 • Пример передачи сигнала через усилитель

3.8. Микросоты

Сеть *микросот* – это инфраструктура базовых станций, расположенных на улице – на крышах зданий, вышках, водных поверхностях.

Тенденция уменьшения сотовых телефонов, наблюдаемая в беспроводной индустрии, предполагает и уменьшение оборудования. Это происходит по нескольким причинам:

- переход на полностью цифровую связь начался в середине 90-х годов. Цифровые базовые станции меньше, чем аналоговые, так как основаны на микроэлектронных компонентах;
- феномен NIMBY, который ускорил разработку малоразмерного, маскируемого оборудования;
- тенденция к размещению большого количества антенн различных компаний на одной вышке;
- микросоты менее дорогие, чем новые базовые станции, но в то же время они сходны с ними по характеристикам.

Технология микросот способствует развитию новых технологий, которые обеспечивают большую функциональность, большую дальность действия и расширенную емкость сети. Вначале микросоты применялись как средство закрытия пробелов в покрытии и как усилительные элементы, современная же технология микросот позволяет оператору мобильной связи развернуть базовую станцию в течение малого промежутка времени, при этом не затрачивая больших средств и с минимальным воздействием на окружающую среду. Микросотовые базовые станции могут обеспечить такую же емкость сети и такой же радиус действия, что и обычные базовые станции. Сотовые компании могут быстро ввести в действие микросоты, установив их в том месте, где это необходимо, для того чтобы обеспечить необходимое покрытие или пропускную способность сети, не затрачивая на это больших средств.

Основным отличием между микросотами и обычными базовыми станциями является их размер и вес. Обычные базовые станции занимают много места и имеют большую массу. Они нуждаются в защите от погодных условий, системе кондиционирования и системе экологической безопасности. Их трудно замаскировать, особенно в жилых зонах, где жители, как правило, не приветствуют их установку.

Новое поколение микросотовых базовых станций изготавливается в износоустойчивых металлических коробах, которые обычно имеют объем около шести кубических футов и весят менее ста фунтов. *Микросотовые базовые станции* разработаны для работы при температуре от –40 до 70 °С. Им, как правило, не нужна дополнительная система охлаждения, либо наоборот –

отопление, как обычным базовым станциям. Благодаря своим небольшим размерам, микросоты могут быть установлены, не привлекая внимания, в любом месте, где это необходимо, например на стене здания, в тоннеле или даже на мосту. Малые размеры микросот идеальны для их установки в жилых районах пригородов, где существуют строгие ограничения на установку базовых станций. Вне жилых районов микросоты могут быть установлены для улучшения или расширения области действия беспроводной сети в офисных зданиях, торговых центрах, стадионах, аэропортах и других местах, где абоненты могут воспользоваться мобильным телефоном. Так как для построения микросоты не нужно строить отдельную вышку, то время на установку такой базовой станции сокращается с нескольких дней до нескольких часов. Для микросот часто используют направленные внешние антенны. Для построения сети внутри здания можно использовать всенаправленные антенны, направленные антенны или неплотный коаксиальный кабель.

Неплотный коаксиальный кабель – это кабель, имеющий вырезы в изоляции на одинаковом расстоянии; таким образом, радиоволны могут с него излучаться и обеспечивать беспроводную связь. Самым известным производителем такого кабеля является Radiax. Неплотный коаксиальный кабель является очень дорогим по сравнению с антеннами. На рис. 3.14 показан такой кабель.

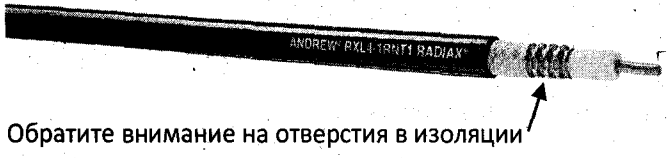


Рис. 3.14 • Неплотный коаксиальный кабель производства Radiax (фото предоставлено Andrew Corp.)

Сотовые компании всегда выбирают тип оборудования из нескольких вариантов. Определяющим фактором является стоимость. Стоимость установки микросоты составляет в среднем одну пятую от стоимости установки обычной базовой станции.

3.9. Пикосоты и наносоты

Пикосоты – это самые маленькие из ячеек в беспроводных системах, которые обеспечивают беспроводную связь в пределах офиса. Термин «пикосота» более часто употребляется по отношению к беспроводным сетям третьего поколения (3G), особенно GSM. Пикосоты практически всегда устанавливаются в помещениях.

Наносоты – это миниатюрные портативные радиопередающие устройства, которые обеспечивают сотовую связь путем увеличения емкости или радиуса действия сети. Их установка является быстрой и легкой. Наносоты нуждаются только в источнике питания и в контроллере базовой станции, которым является обычный ноутбук. Наносоты в настоящее время наиболее выгодны в финансовом отношении. Конструкция наносот сочетает в себе малые размеры и низкое энергопотребление, что позволяет размещать их практически где угодно. Как и пикосоты, наносоты могут быть установлены на стене, машине, коробке или на улице в защищенном от непогоды корпусе. Количество абонентов наносоты может быть любым, но в типовой установке одновременно вести беседу могут до семи пар абонентов. Для увеличения емкости или радиуса действия сети наносоты можно объединить вместе обычным сетевым кабелем – витой парой. Одного компьютера хватит для четырех наносот.

Дальность действия наносот и пикосот определяется типом антенны, наземными преградами и материалом, из которого сделано здание.

Основным отличием между макросотами, микросотами, пикосотами и наносотами является их радиус действия. Он зависит от мощности излучаемого сигнала и типа используемой антенны. Обычно радиус их действия составляет:

базовые станции макросот обеспечивают покрытие площади радиусом более 1000 м^2;

микросоты обслуживают площадь, примерно равную площади одного стадиона – от 100 до 1000 м^2;

пикосоты обслуживают площадь менее 100 м^2.

Некоторые ученые, работающие в промышленности, предполагают, что в будущем наносоты будут расположены повсюду на расстояниях до нескольких сотен футов, обеспечивая связь в любом месте и в любое время. Они предполагают, что уже в скором времени мы сможем увидеть наносоты на столбах освещения, светофорах и других местах.

Стоимость установки микросоты составляет от 60 000 до 10 0000 долларов. Средняя стоимость установки обычной базовой станции колеблется от 125 000 до 350 000 долларов. Стоимость установки усилителя составляет от 15 000 до 50 000 долларов.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

◉ Пикосоты часто используются для построения беспроводной системы связи внутри помещений.

- Передача сигнала через усилитель может осуществляться и без присутствия донорской станции.
- Администрация школ в США приветствует установку базовых станций на крышах школьных заведений.
- Антенны базовых станций могут быть установлены только на специально построенных для этого вышках.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Микросоты:

a) имеют функциональность обычной базовой станции, но меньший радиус действия;
b) иногда могут использоваться для покрытия большой площади;
c) используются для обслуживания малых площадей: магазинов, зданий, залов;
d) имеют дальность действия 15 км и выше;
e) только a и c;
f) все перечисленные варианты.

Схема, которую используют специалисты для того, чтобы найти место для новой базовой станции, называется:

a) шестиугольник;
b) кольцевая;
c) кольцо поиска;
d) трехкольцевая.

Нейлон или стекловолокно, которое скрывает антенну от наблюдателя, называется:

a) шестиугольник;
b) воротник;
c) кольца поиска;
d) флексометр;
e) ни один из перечисленных вариантов.

4 Радиочастоты и технологии

4.1. Введение

Распространение радиоволн – это электромагнитное явление, открытое Генрихом Герцем в конце XVIII столетия, основанное на перемещении энергии в виде волн через внешнюю среду. Этой средой может быть воздух, вода, кабель или оптическое волокно. В воздухе радиосигналы распространяются наиболее быстро, со скоростью света 299792,5 километра в секунду. Единственное существенное функциональное различие между сотовыми системами и наземными телефонными линиями – это радиосвязь, которая соединяет абонента и беспроводную сеть посредством сотовой базовой станции. Радиочастоты отличаются по своей энергии и способности передачи информации.

Во многом распространение радиоволн схоже с распространением света, поэтому при технических разработках это часто берется в расчет.

Различные радиочастоты имеют различные физические свойства. Другими словами, низкие частоты при распространении ведут себя по-другому, чем высокие. Вот почему одни частоты используются для передачи информации, а другие нет. Радиосигналы могут отражаться от атмосферы (рефракция), огибать преграды (дифракция) и возвращаться назад после встречи с преградой (отражение). Примером рефракции может послужить прохождение света через призму. Примером дифракции – ветер, который огибает движущийся автомобиль. Отраженный радиосигнал – эквивалент отражения светового луча от зеркала.

Распространение радиочастот означает, насколько радиосигнал хорошо излучается или распространяется в свободном пространстве. В беспроводной индустрии это определяет, насколько хорошо радиочастота распорострaняется на площади, где необходмо обеспечить радиочастотное покрытие.

Всенаправленное распространение радиоволн похоже на распространение кругов на воде, в которую бросили камень. Волны, порожденные броском камня, распространяются по всем направлениям с одинаковой скоростью. Размер волн и скорость их распространения зависит от размера брошенного камня. Примерно также распространяется сигнал от базовой станции.

Актуальный радиус действия базовой станции зависит от трех факторов: высоты вышки, на которой расположена антенна, типа самой антенны и мощности излучаемого сигнала. Эти три фактора, взятые вместе, позволяют сравнить распространение радиоволн с распространением волн от камня, брошенного в воду (кроме этого, сила, с которой камень был брошен в воду, определяет размер волны и скорость ее распространения). Нужно иметь в виду, что высота антенны должна соответствовать высоте здания, водонапорной башни или любого другого строения.

4.2. Затухание и искажение сигнала

Данный раздел показывает, как происходит ослабление радиочастотного сигнала и как операторы сотовой связи могут его компенсировать. Это явление присуще любым беспроводным системам, является постоянным и имеет одну основу.

4.2.1. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЛН В АТМОСФЕРЕ

Распространение волн в атмосфере (атмосферном волноводе) определяется как отражение сигнала базовой станции в области на границе двух воздушных потоков, называемой атмосферным волноводом. Размер атмосферного волновода неразрывно связан с длиной волны и может быть образован воздушными потоками холодного и теплого воздуха. Причиной атмосферного распространения сигнала базовой станции является атмосферное явление, называемое температурной инверсией. Это часто встречающееся явление природы, которое нужно учитывать при расчете площади покрытия базовой станции. Атмосферное отражение непостоянно, следовательно, влияет на беспроводную систему связи непредсказуемым образом. Это явление влияет как на микроволновую радиосвязь, так и на передачу сигнала с базовых станций, особенно на прием сигнала в системах беспроводной фиксированной связи (смотрите главу 12). Это потенциальная угроза беспроводной микроволновой связи, так как множество вызовов с мобильных телефонов будут просто пропущены.

Если температура воздуха вблизи земной поверхности около 0 °C, а в пределах 90 метров есть слой воздуха, температура которого выше или ниже чем 30 градусов, то произойдет процесс атмосферного отражения. Атмосферное отражение похоже на воздушный коридор между двумя потоками воздуха. Сигнал базовой станции попадает в него и передается на расстояние, соответствующее протяженности этого атмосферного явления (это может быть несколько сотен и даже тысяч миль). Такое перемещение сигнала может повлечь некоторые проблемы, так как вместо того, чтобы быть поглощенным наземными объектами, сигнал, захваченный воздушными потоками, может вызвать явление интерференции с сигналами удаленных базовых станций. Атмосферное отражение сигнала всегда нежелательно, но все же его никак не избежать.

При установке наклоненных вниз антенн на базовых станциях можно избежать явления атмосферного отражения. В главе 5 будет обсуждаться такой тип антенн.

Наиболее часто явление атмосферного отражения встречается в районе Великих озер. Например, сигналы, передаваемые базовой станцией, находящейся в Мичигане, часто принимаются в Иллинойсе и Висконсине, и наоборот – сигналы станции, находящейся в Иллинойсе, принимаются в районе Мичигана.

Существуют и другие атмосферные явления, влияющие на распространение сигнала базовой станции. Все, что происходит с сигналом, должно быть исследовано и надежно компенсировано инженерами, которые разрабатывают сотовую сеть. Однако эти явления не всегда могут быть предугаданы и предупреждены, так как они имеют непостоянный характер и время их появления предсказать заранее невозможно.

Далее представлены три основных типа ослабления сигнала, отличающихся от атмосферного отражения: поглощение, ослабление из-за дальности и разветвленное ослабление, более широко известное как затухание Релея. Эти виды ослабления радиосигнала воздействуют на сигналы любой базовой станции и уменьшают зону покрытия, в то время как атмосферное отражение происходит только вблизи крупных водоемов.

4.2.2. ПОГЛОЩЕНИЕ

Поглощение объясняет, как радиосигнал поглощается наземными объектами. Когда радиоволна встречается с каким-нибудь материалом, она может быть им поглощена. Поглощение может быть вызвано встречей волны с деревом, зданием или земной поверхностью. Чем большее поглощение сигнала происходит, тем меньшую географическую площадь может покрыть базовая станция.

Органические материалы имеют тенденцию к большему поглощению радиоволн, чем неорганические. Наибольшую поглощающую способность имеют сосновые иглы, так как их длина составляет примерно ¼ длины волны сигнала, излучаемого с базовой станции. Фазирование радиосигналов в диапазоне 800 МГц означает, что волны будут поглощаться сосновыми иголками, равными по длине ¼ длины волны. Фазирование объясняет, как в зависимости от длины волны радиосигнала они складываются друг с другом или наоборот – уменьшают. Этот процесс будет рассмотрен в разделе 4.2.4.

Поглощение можно уменьшить следующими способами:

- использованием антенн с большим коэффициентом усиления;
- использованием более мощных передатчиков для того, чтобы обслуживать ту же самую территорию;
- уменьшением расстояния между базовыми станциями.

Эти понятия будут рассмотрены более подробно в главе 5.

4.2.3. ОСЛАБЛЕНИЕ СИГНАЛА ИЗ-ЗА ДАЛЬНОСТИ

Потери сигнала в пространстве, также известные как *потери в тракте передачи*, объясняют затухание радиосигнала при увеличении расстояния. Радиосигнал, проходя через воздух, постепенно утрачивает свою мощность.

Чем больше частота радиосигнала, тем выше его ослабление. Это значит, что сигнал высокой частоты (излученный с базовой станции) будет ослабляться быстрее, чем сигнал меньшей частоты. На практике так и происходит: сигнал с базовой станции, работающей на частоте 1900 МГц, слабеет гораздо быстрее, чем с базовой станции, работающей на частоте 850 МГц. Это явление приходится учитывать сотовым компаниям: те, кто работает на частоте 1900 МГц, ставят гораздо большее количество базовых станций, чем те, кто работает на частоте 850 МГц.

Уровень мощности сигнала базовой станции (а также коэффициент усиления антены) определяют, на какой дальности уровень сигнала понизится настолько, что будет невозможно совершить звонок.

4.2.4. ЗАТУХАНИЕ РЕЛЕЯ

Затухание Релея означает, что излученный базовой станцией сигнал многократно отражается от физических объектов, создавая множество сигналов между базовой станцией и мобильным телефоном. Такое ослабление может происходить и на обратном пути, когда сигнал излучается телефоном.

В любом случае будет присутствовать прямой сигнал с телефона до базовой станции, который является самым мощным. Кроме него, будут и отраженные или перенаправленные сигналы.

Один сигнал всегда будет принят антенной (телефонной или базовой станции), так как является самым сильным, остальные ослабленные, разветвленные, отраженные сигналы будут пропущены. Непрямые сигналы будут отражаться от всех объектов между антенной телефона и антенной базовой станции. Непрямые, отраженные сигналы будут приняты антенной в другой фазе, чем прямой. Отраженный сигнал соединится с прямым, усилив его или ослабив. Это зависит от того, в какой фазе находятся эти два сигнала. Если фаза совпадает, то произойдет *усиление*, если нет – *ослабление*. На рис. 4.1 показаны два сигнала, находящиеся в противофазе (фазы отличаются друг от друга на 180°).

Разветвленные сигналы могут отразиться от водной поверхности, машин, зданий или от любых других предметов, находящихся на пути сигнала к антенне. На рис. 4.2 показано затухание Релея.

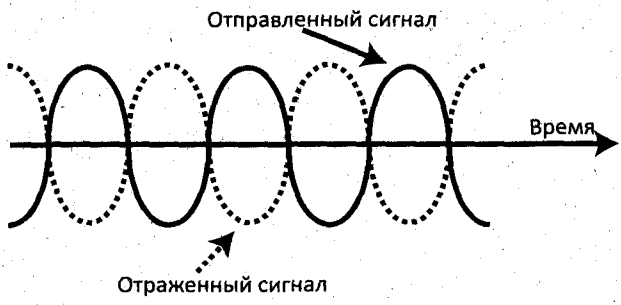


Рис. 4.1 • Два сигнала, различные по фазе на 180°. Точками показан сигнал, отличающийся на 180° от основного сигнала

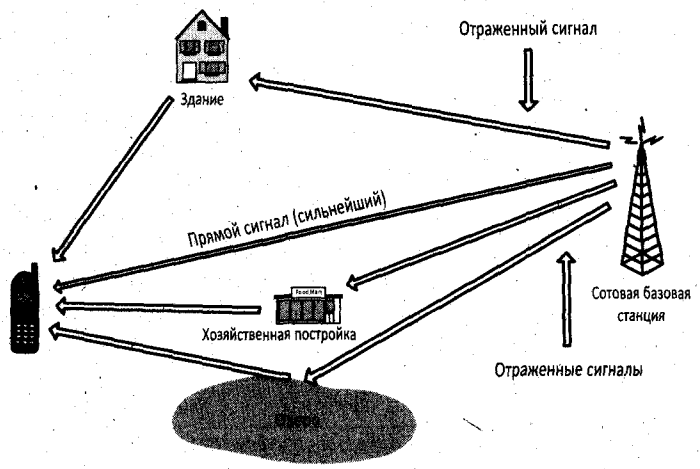


Рис. 4.2 • Затухание Релея

4.3. Частотные диапазоны

Спектр радиочастот был разрешен для использования в сотовой индустрии в конце 70-х годов. Первоначально эти частоты предназначались для дециметрового телевизионного сигнала. Диапазон частот 850 МГц не использовался многие годы, однако телевизионные компании не хотели отдавать его комиссии FCC. Индустрия телевидения не использовала этот спектр, но и не хотела предоставлять его для других нужд. В конечном счете FCC выиграла этот спор.

Следующие утверждения объясняют природу распространения радиоволн 850 МГц и то, почему используются радиосигналы диапазона 800 МГц:

- они имеют очень короткую длину волны (около 30 сантиметров);
- они распространяются в зоне прямой видимости. Они не замирают и не поглощаются ионосферой, как коротковолновые радиосигналы;

- сигнал диапазона 850 МГц легко отражается от зданий, машин и т.д.;
- сигнал диапазона 850 МГц легко поглощается листвой (деревьями и кустарниками). Это может быть с одной стороны хорошо, а с другой – плохо для покрытия базовой станции. Это хорошо, так как позволяет использовать частоты повторно. Это плохо, так как возникают проблемы в основных точках зоны покрытия базовой станции (шоссе, жилые районы), находящихся в лесистой местности.

Все эти факторы в сумме делают спектр 800 МГц идеальным для радиопередач в диапазоне 850 МГц.

Частотный диапазон 1900 МГц (или 1,9 ГГц) был разрешен для использования в сотовых сетях в 1991 году. Как и диапазон 850 МГц, он хорошо подходит для использования в системах персональной мобильной связи. Частота 1900 МГц, разрешенная для использования комиссией по связи, является частью микроволнового диапазона, используемого в транспортной сфере. Действующим микроволновым операторам комиссия FCC предложила найти замену этому диапазону (это будет рассмотрено позднее, в главе 8). Диапазон 1900 МГц хорошо подходит для широкополосных сервисов. Однако очень короткая длина волны может вызвать проблему при прохождении через стены зданий. Этому явлению не подвержены более низкие частоты, например 850 МГц.

4.4. Обслуживание в зданиях

В 80–90-х годах все операторы мобильной связи увеличивали площадь покрытия, устанавливая тысячи базовых станций. Одновременно увеличивалось и количество абонентов, на 45–60% ежегодно. При установке новых базовых станций основное внимание уделялось созданию макросот. Однако в больших офисных зданиях сервис беспроводной связи был недоступен. Конечно же, сотовые компании хотели бы сделать так, чтобы все без исключения пользователи смогли сделать звонок вне зависимости от того, где они в данный момент находятся, включая и высотные здания. Однако до 2001 года все предпочтение отдавалось построению макросот.

Но развитие индустрии беспроводных технологий, которое шло быстрыми темпами в конце 90-х годов, привело к тому, что сотовые компании обратили внимание на предоставление услуг связи в зданиях, жилых районах и старых районах городов. Во многих больших зданиях (таких, как торговые центры, отели, стадионы и аэропорты) операторы сотовой связи начали устанавливать новые базовые станции или микросоты. Упор все больше делался на создание точек доступа (хот спотов) беспроводного стандарта связи

802.11 – Wireless Fidelity (Wi-Fi), который является эффективной двухрежимной системой, позволяющей передавать как речевую информацию, так и данные (подробнее об этом в главе 20).

Но существовали определенные препятствия для построения беспроводной системы связи внутри зданий. Некоторые из них имеют металлическое покрытие на окнах, отражающее тепло солнечного света. Такие здания имеют вид, как будто их окна сделаны из золотого или зеленого зеркала. Но не только инфракрасные лучи задерживаются такими зеркалами, очень часто и радиоволны также отражаются от их поверхности. Причиной этого является металлическое покрытие стекол, отражающих сигнал базовых станций. Именно поэтому сигналу трудно пробиться внутрь здания. В таких случаях операторы сотовой связи устанавливают в зданиях усилители или микросоты для того, чтобы компенсировать потерю сигнала от базовых станций. Это означает, что нужно установить базовую станцию в здании (на крыше или в любом арендованном месте внутри здания) и протянуть неплотный коаксиальный кабель через все здание. На рис. 3.14 приведено фото неплотного коаксиального кабеля. На рис. 4.3 показано, как неплотный коаксиальный кабель используется для обеспечения связи в многоэтажном здании.

4.5. Частотное координирование

Частотное координирование означает логическое назначение частот для базовых станций с тем, чтобы избежать интерференции сигнала как между собственными базовыми станциями одного сотового оператора, так и между станциями других операторов. Существует два вида частотного координирования: внутреннее и внешнее.

Внутреннее координирование означает планирование частотного диапазона базовых станций таким образом, чтобы соседние соты одной сети не мешали работе друг друга. Оно выполняется для установки базовых станций с одной частотой на значительном расстоянии друг от друга, для того чтобы выполнялся план повторного использования частоты при концепции построения сети в виде шестиугольников. Внутреннее частотное координирование предназначено для уменьшения эффекта интерференции и оптимизации управления системой.

Внешнее частотное координирование предназначено для управления частотами базовых станций в пределах границы одной системы таким образом, чтобы не возникало конфликтных ситуаций с другими операторами сотовой связи. При этом приходится производить частотное координирование

с соседними сотами в пределах границы в 70 миль (112 километров) в соответствии с правилами, установленными Комиссией по связи. Комиссия по связи установила, что «все явления резонанса между двумя различными беспроводными системами связи должны быть сведены к минимуму». Существует два подхода осуществления частотного координирования. Первое: инженеры одного оператора должны связаться с инженерами другого оператора и совместными действиями разрешить возникающие проблемы. Второе: для решения задачи могут быть наняты сторонние инженеры. Этот путь нежелателен, так как является дорогостоящим и результаты могут не всегда соответствовать желаемым.

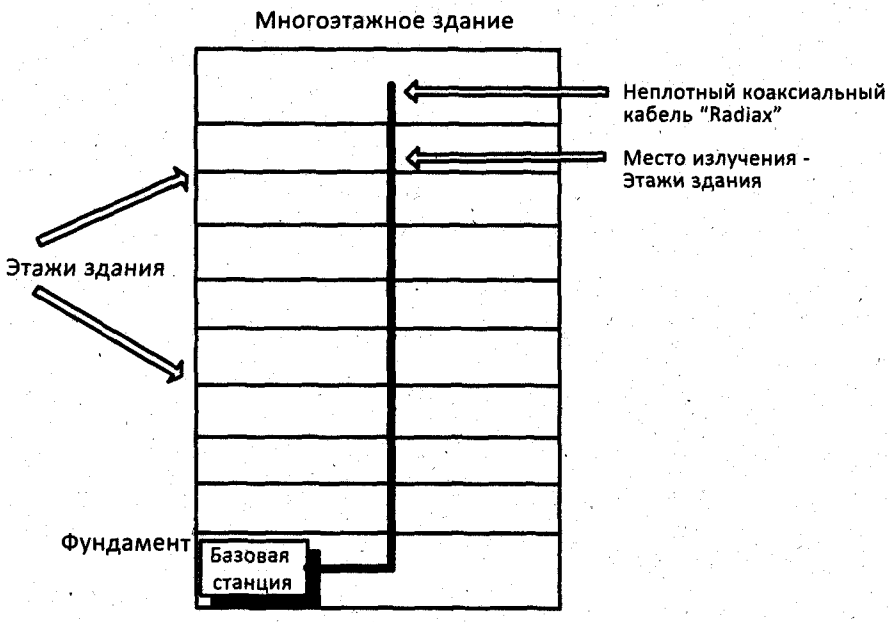


Рис. 4.3 • *Построение сотовой сети внутри здания с использованием «Radiax»*

4.6. Интерференция

Интерференция – это неблагоприятное взаимодействие двух или более радиосигналов, при котором происходит либо частичное, либо полное затухание обоих сигналов. Интерференция часто происходит между двумя сигналами, частоты которых либо практически одинаковы, либо идентичны.

Передаваемые сигналы с телефона и с базовой станции обычно разделены по времени для того, чтобы избежать эффекта интерференции. Это разде-

ление необходимо для того, чтобы правильно использовать данные частоты. Однако в беспроводных системах интерференция частот все же существует, во многих случаях – это побочный продукт повторного использования частоты.

Более высокие частоты могут иметь меньшее различие между передаваемым и принимаемым сигналом, для того чтобы уменьшить либо избежать интерференции.

4.6.1. ВНУТРИКАНАЛЬНАЯ ПОМЕХА

Внутриканальная помеха происходит, когда сигнал с двух отдельных передатчиков (базовых станций) достигает одного приемника (мобильного телефона).

Этот тип интерференции обычно происходит, когда каналы присвоены двум базовым станциям, находящимся на небольшом расстоянии друг от друга, и их сигналы достаточно сильны для того, чтобы наложиться друг на друга, что и вызывает интерференцию.

Интерференция совмещения каналов – это побочное явление основы сотовой связи, повторного использования частоты. Основным принципом построения беспроводной системы связи является повторное использование частот, разрешенных комиссией по связи, снова и снова. Важно то, что базовые станции с одинаковыми частотами располагаются на большом расстоянии друг от друга, для того чтобы избежать интерференции между одинаковыми частотами/каналами. Поэтому между такими базовыми станциями должны стоять другие, работающие на других частотах, которые будут обеспечивать некоторую защиту от этого эффекта. Такое расположение делается для того, чтобы базовые станции, работающие на одних частотах, находились на большом расстоянии друг от друга, при этом уровень мощности излучаемого сигнала должен соответствовать этому расстоянию. Если мощность сигналов с одной из базовых станций превышает допустимый, то такой сигнал может достигнуть базовой станции, работающей на такой же частоте, и вызвать интерференцию. На рис. 4.4 показан пример интерференции совмещения каналов.

Таким образом, при построении беспроводной системы связи должны учитываться следующие факторы для уменьшения внутриканальной помехи:

- уровень мощности сигналов в сотах, использующих одинаковые каналы (самый важный фактор);
- расстояние между базовыми станциями;
- тип антенн, используемых на ячейках с одинаковыми частотами.

Чем большее количество базовых станций присутствует в беспроводной системе, тем сложнее избегать эффекта интерференции. Интерференция совмещения каналов может проявить себя в виде прерывающейся речи, статического шума, изменяющегося тона голоса либо пропущенного вызова.

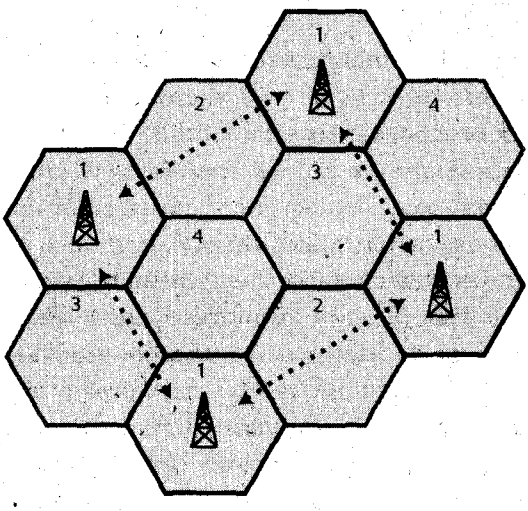


Рис. 4.4 • Внутриканальная помеха

Интерференция совмещения каналов не должна распространяться на соседние либо любые другие беспроводные системы связи. Для того чтобы избежать ее, рядом друг с другом должны устанавливаться только базовые станции, работающие на разных частотах. Управление интерференцией совмещения каналов – это еще один фактор, ограничивающий наращивание емкости беспроводной системы связи.

Для того чтобы избежать интерференции совмещения каналов, операторами сотовой связи используются следующие методы:

- использование направленных вниз антенн там, где это необходимо;
- использование антенн с небольшим коэффициентом усиления;
- уменьшение мощности сигнала, излучаемого базовой станцией;
- уменьшение высоты вышек.

Эти методы будут рассмотрены более подробно в главе 5.

4.6.2. МЕЖКАНАЛЬНАЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ

Межканальная интерференция подразумевает неспособность мобильного телефона выделить нужный ему сигнал (частоту) среди двух и более смежных каналов (например, канал 361 соты A и канал 362 соты D, причем соты находятся в одном кластере из 7 ячеек). Межканальная интерференция происходит наиболее часто среди сильно загруженных базовых станций. Тщательная разработка системы может минимизировать межканальную интерференцию, предотвращая одновременное использование смежных каналов в соседних ячейках.

4.6.3. ИНТЕРМОДУЛЯЦИОННАЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ

Другим типом интерференции, которая может навредить беспроводной системе, является *интермодуляционная интерференция* (она часто называется «imod» теми, кто работает в индустрии беспроводных технологий). Интермодуляционная интерференция может возникнуть в случае, если базовая станция находится рядом с другим передатчиком. Это эффект совмещения нескольких радиосигналов, при котором получается новый сигнал, отличный от сигналов, его породивших. В другом случае такой вид интерференции может возникнуть из-за непосредственной близости двух радиотелефонов. Если абонент находится вблизи базовой станции, то частотный диапазон, излучаемый ее антенной, может привести к перегрузке приемного устройства в мобильном телефоне, что в результате приведет к разрыву связи. Единственным выходом из этой ситуации является установка операторами сотовой связи базовых станций рядом друг с другом так, чтобы мощность сигнала, приходящего на мобильный телефон с разных станций, была одинакова. Сейчас это уже не является проблемой, так как практически все операторы устанавливают базовые станции совместно. Новые технические методы без труда преодолевают интермодуляционную интерференцию.

4.7. Разделение радиочастоты на каналы

В этом разделе описывается, как спектр радиочастот разрезается на части для того, чтобы обеспечить вызовы с беспроводных телефонных аппаратов, и как осуществляется управление беспроводной телефонной сетью. Все операторы беспроводной телефонной связи используют выделенный им комиссией по связи диапазон частот маленькими дискретными порциями. Правилам разделения спектра подчиняются все операторы сотовой связи. Каждая из беспроводных технологий связи (AMPS, GSM, CDMA) имеет свой собственный стандартный метод разделения каналов.

4.7.1. ПАРНЫЕ КАНАЛЫ

Независимо от того, какая технология связи используется, все беспроводные сеансы связи нуждаются в хотя бы одной паре каналов. Так как мобильный сервис основан на дуплексном режиме работы (одновременная передача данных в двух направлениях), то для каждого разговора необходимо два канала. В зависимости от того, какая используется технология, эти каналы могут как использовать одну частоту, так и не использовать. Когда каналы используют разные частоты – это называется частотным разделением. Когда каналы используют одну частоту – временное разделение. Два канала не будут исполь-

зоваться только в случае односторонней передачи информации, например в случае передачи SMS (short message service – сервис коротких сообщений), или в случае передачи мультимедийной информации. Потоковая передача мультимедийной информации использует только один канал для передачи музыки, видеоклипов, другой информации непосредственно на мобильный телефон (см. главу 16).

Канал, по которому передается информация с базовой станции на мобильный телефон, называется *нисходящим*, или *прямым*. Канал, по которому информация передается с телефона к базовой станции, называется *восходящим*, или *обратным* каналом (см. рис. 4.5).

Пара каналов, состоящая из нисходящего и входящего канала,– это все, что нужно, чтобы сделать беспроводной телефонный звонок.

В конце 70-х годов комиссией FCC в сотовой связи было разрешено использовать 832 пары каналов (посредством MSA и RSA). Так как беспроводная индустрия была разделена на два рынка, то каждому оператору связи досталось по 416 пар каналов. Четыреста шестнадцать каналов использовались на передачу информации с телефона на базовую станцию, и столько же на обратную передачу. Операторам сотовой связи пришлось делить свои 416 пар каналов на группы по семь, для того, чтобы обеспечить повторное использование частоты в кластере. Базовые станции принимают и передают сигналы на частоте 850 МГц (традиционный сотовый спектр), разделенной на 45 МГц для того, чтобы избежать эффекта интерференции между нисходящим и входящим каналом.

4.7.2. ПРОМЕЖУТКИ МЕЖДУ КАНАЛАМИ

Промежутки между каналами подразумевают участок спектра между всеми каналами в диапазоне частот, разрешенном к использованию оператору сотовой связи комиссией FCC. Они присутствуют между каждой парой нисходящего и входящего канала.

Усовершенствованная система мобильной телефонной связи (Advanced Mobile Phone System – AMPS) – самая старшая система беспроводной связи в США. Так как это самый старый стандарт, то в нем и началось разделение каналов промежутками, что было продолжено в последующих цифровых системах беспроводной связи, которые были разработаны и выпущены для массового использования в середине 90-х годов.

В AMPS промежуток между каналами составлял 30 кГц. Каждый нисходящий и входящий канал занимал 30 кГц диапазона. Это значит, что каждый телефонный звонок в системе AMPS занимал всего 60 кГц спектра, разрешенного для использования FCC: 30 кГц на нисходящий и 30 кГц на входящий

канал. Каждая пара используемых частот имела специальный номер канала, определенный FCC как стандарт. Этот номер относился строго к определенной паре каналов и к их частотам.

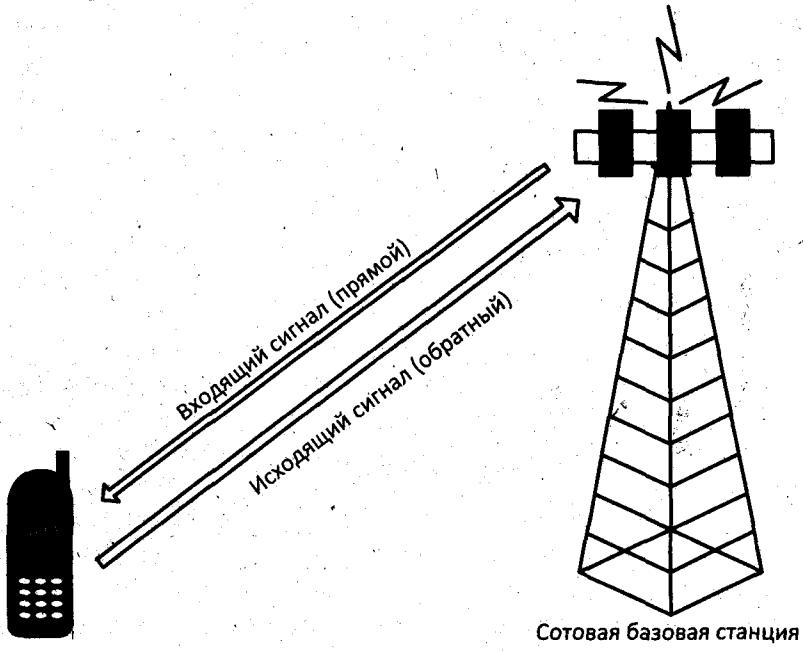


Рис. 4.5 • Парные каналы

В глобальной системе мобильной связи (Global System for Mobile Communications – GSM) спектр разделяется на диапазоны 200 кГц, где каждый нисходящий, либо входящий канал занимает 25 кГц.

Множественный доступ с разделением каналов (Code Division Multiple Access – CDMA) по определению уникален в разделении каналов. В буквальном смысле промежутки между каналами в системе CDMA составляют 1,25 МГц, так как все вызовы распространяются по всему спектру частот, в котором работает данный оператор. Вот почему CDMA более известна как технология расширения спектра (Так же ее еще называют технологией шумоподобных каналов).

Термины «повторное использование частоты» и «повторное использование канала» являются синонимами в системах беспроводной связи, так как все частоты в разрешенном FCC спектре разделены на определенное количество каналов.

В настоящее время применяются как различные виды повторного использования, так и различные частотные планы. 24-канальное разделение

используется так же часто, как и 4-канальное и 12-канальное в одиночных ячейках. Однако 7-канальное все же используется гораздо чаще, чем все остальные.

4.7.3. КОНТРОЛЬНЫЕ КАНАЛЫ

Контрольные каналы – это сигнальные каналы, предназначенные для администрирования беспроводной системы путем передачи данных между мобильными телефонами, сотовыми базовыми станциями, контроллерами базовых станций и мобильным центром коммутации. Они используются для управления следующими действиями:

- осуществление вызова как с мобильного телефона, так и на него, а также отслеживание местонахождения телефона для осуществления вызова;
- сбор информации о вызовах для осуществления операции по составлению счетов;
- сбор информации о трафике, проходящем через базовую станцию;
- автономная мобильная регистрация, включая регистрирование телефонов в системе (как в домашней сети, так и в роуминге);
- инициализация или помощь в передаче вызова.

Каждый канал в беспроводной системе связи имеет по крайней мере один закрепленный за ним контрольный канал. В базовых станциях, разбитых на секторы, каждый сектор имеет свой собственный набор каналов.

Все мобильные телефоны при включении настраиваются на тот контрольный канал в своем диапазоне частот, который является самым мощным. Эта частота – одна из набора частот, помеченая как контрольный канал, которые оператор сотовой связи предусмотрел при разработке беспроводной системы, она запрограммирована в телефоне. Каждый сотовый телефон автоматически настраивается на контрольный канал в своем диапазоне с определенными интервалами времени, установленными оператором. Величина этого интервала может быть различной: от 2 минут до 60.

Когда абонент нажимает клавишу вызова на мобильном телефоне, происходит автоматический поиск сильнейшего контрольного канала в разрешенном диапазоне.

Сотовая связь на основе CDMA использует так называемый канал тональной сигнализации, который функционирует так же, как и контрольный.

4.8. Bluetooth

Беспроводная технология Bluetooth, определяемая технология для малогабаритных устройств, с малой потребляемой мощностью, малого радиуса действия,

предназначена для беспроводной передачи данных между ноутбуками, мобильными телефонами и другими портативными устройствами, включая домашние приборы. Она характеризуется небольшими размерами устройств, низкой стоимостью и небольшим радиусом действия. Bluetooth позволяет осуществлять беспроводное соединение электронных устройств в нелицензируемом диапазоне 2,4 ГГц. При этом пользователи могут осуществлять соединения компьютерных, мобильных и других устройств быстро и легко, без применения соединительных кабелей, возможно и автоматическое соединение между устройствами. Так как Bluetooth может быть использован в различных устройствах, то он может стать потенциальной заменой множественным кабельным соединеням посредством обычной радиосвязи.

Bluetooth – это технология больших возможностей. Она разработана для того, чтобы объединить широкий спектр различных устройств, осуществлять между ними обмен данными. В подтверждение этому во многие устройства стали устанавливать Bluetooth, например в ноутбуки и карманные компьютеры. В настоящее время Bluetooth используется даже в телефонных гарнитурах для передачи речи с мобильного телефона на наушники и с микрофона в телефон. Если вы приглядитесь, то увидите на многих беспроводных гарнитурах надпись Bluetooth, сделанную мелким шрифтом.

Bluetooth названа в честь Гарольда Блэтанда (Harold Blatand) по прозвищу Синий Зуб (Bluetooth) – датского викинга X века, который объединил и контролировал большую часть Скандинавии. Это название обозначает, что в данной технологии заложен огромный потенциал, способный объединить телекоммуникационную и компьютерную индустрии. В начале для данной технологии использовали кодовое имя Ericsson, но для коммерческого использования было решено придумать новое название.

Основные характеристики Bluetooth следующие:

- Bluetooth работает на частоте 2,4 ГГц, которая не нуждается в лицензировании для беспроводных коммуникаций (диапазон частот 2,4 ГГц – нелицензируемый спектр);
- в настоящее время радиус действия Bluetooth колеблется от 10 до 100 м;
- при использовании Bluetooth нет необходимости в прямой видимости между устройствами, как это требовалось при использовании инфракрасной связи;
- Bluetooth поддерживает беспроводное соединение обоих видов: как точка – точка, между двумя устройствами напрямую, без каких-либо проводов, так и точка – много точек, образуя локальные беспроводные сети;
- для Bluetooth необходим только маломощный передатчик, встроенный в устройство. Такие передатчики используются и производятся по всему миру, так как их рабочая частота не имеет ограничений для использова-

ния. Номинальная мощность, подводимая к антенне 0 Дб, является разрешенной FCC для использования в промышленных, научных и медицинских нуждах. Мощность передатчика Bluetooth не превышает 100 мВт, что позволяет его использовать по всему миру. Диапазон частот, используемый в Bluetooth, начинается с 2,4 ГГц и заканчивается 2,48 ГГц, что позволяет создавать до 79 каналов с шагом в 1 МГц (см. главу 6).

Номинальная дальность действия Bluetooth составляет от 10 см до 10 м, но может быть увеличена и до расстояния, превышающего 100 м, путем увеличения мощности передатчика. Максимальное количество изменений частоты может достигать 1600 в секунду.

Кроме передачи данных через Bluetooth можно передавать до трех голосовых каналов. Каждое устройство имеет свой индивидуальный 48-битный адрес, разработанный как стандарт IEEE 802. Соединение может быть установлено как между двумя устройствами, так и между несколькими. Скорость передачи данных может быть 1 мегабит в секунду в первом поколении и 2 мегабита в секунду во втором поколении данных устройств. Переключение частот позволяет устройствам работать даже в условиях сильной электромагнитной интерференции. Также в Bluetooth встроены средства шифрования и идентификации.

Перед созданием соединения все устройства Bluetooth находятся в режиме ожидания. В этом режиме они прослушивают диапазон каждые 1,28 секунд. Всякий раз они прослушивают все 32 частоты, предназначенные для каждого устройства. Количество частот различается в зависимости от географического региона, но 32 разрешены в большинстве стран (включая Японию, Испанию, Францию).

Bluetooth был спроектирован компанией Ericsson в 1994 году, когда они начали искать замену стандартным проводным интерфейсам между мобильным телефонамоми и аксессуарами. Ericsson уже имели опыт в построении беспроводных систем связи малого радиуса действия, так как были пионерами в разработке Европейских Цифровых Расширенных Беспроводных Телекоммуникаций (European Digital Enhanced Cordless Telecommunications – DECT), которые использовались для производства большинства домашних радиотелефонов. Дальнейшим развитии этого стандарта является Bluetooth.

В феврале 1998 года образовалась группа компаний исследования Bluetooth (Bluetooth Special Group – SIG), основанная IBM, Intel, Nokia, Toshiba и Ericsson. Основной их целью была совместная работа по разработке технологии и одновременно по продвижению этой технологии на рынок. Спустя шесть месяцев эти компании-основательницы пригласили к сотруд-

ничеству и другие корпорации для широкого распространения технологии Bluetooth. Развитие Bluetooth стало настоящим бумом на рынке беспроводных технологий.

В декабре 1999 года в группу вступили еще несколько крупных компаний: Microsoft, Agere Systems (впоследствии Lucent), 3COM и Motorola. Большое количество компаний, участвующих в разработке Bluetooth, позволило обеспечить производство всем необходимым: программным обеспечением и техническими ресурсами. На сегодняшний день имеет место конкуренция между беспроводными технологиями малого радиуса действия, одной из которых является Bluetooth. Технологии Wi-Fi, Bluetooth и Ultra-Wideband (UWB) соревнуются между собой за первое место в мире беспроводных технологий будущего.

4.9. Беспроводная технология Ultra-Wideband (UWB)

UWB, или цифровая импульсная беспроводная технология – это технология, использующаяся для передачи больших объемов цифровой информации в широком спектре частот (теоретически на всем спектре) на короткие дистанции с малым энергопотреблением. UWB-радио может не только передавать большие объемы информации на расстояние до 70 метров с низким энергопотреблением (менее 0,5 мВт), но и может передавать сигналы через двери и другие препятствия, которые имеют тенденцию задерживать и отражать сигналы с менее широким диапазоном и большей мощностью.

Технология UMB реализует передачу цифровых импульсов, точно синхронизированных в широком спектре. UWB также известен как несинусоидальная коммуникационная технология, поскольку не нуждается в несущей частоте для передачи информации. Приемники и передатчики UWB должны быть синхронизированы для передачи и приема импульсов с точностью до триллиона в секунду. Это значит, что каждый новый импульс формируется за время, не превышающее 1 наносекунды. На любой заданной частоте сигналы UWB имеют мощность меньше, чем обычный шум, поэтому теоретически никакой интерференции возникать не должно. Компании, производящие устройства, реализующие данную технологию, используют чипы IBM для передачи 1,25 миллионов бит в секунду, но все же заявляют, что допустимая скорость составляет миллиард бит в секунду.

Технология UWB начала использоваться с 80-х годов, но в основном в области радиолокации, потому что широкополосная природа сигнала требовала высокой синхронизации. Развитие высокоскоростных технологий коммутации позволило UWB привлечь к себе внимание низкой стоимостью. Технология UWB использует более 25% всего используемого диапазона частот выше 1,5 ГГц.

Термин ультраширокополосный (Ultrawideband) не отражает спецификацию данной технологии, но помогает отличить ее от остальных беспроводных технологий. Термин UWB также может быть определен как беспроводная технология связи, которая позволяет передавать данные со скоростью между 40 и 60 Мбит в секунду. В конечном счете скорость планируется повысить до 1 Гбит в секунду.

Устройства, основанные на технологии UMB, искользуют низкомощные короткие электрические импульсы протяженностью в несколько пикосекунд (1/1000 наносекунды) и могут работать во всех частотных диапазонах одновременно.

Различия между UWB и другими узкополосными или широкополосными системами следующие:

- диапазон, используемый UWB, намного шире, чем у любой другой коммуникационной технологии;
- UWB обычно независима от несущей. Традиционные широкополосные и узкополосные системы радиосвязи нуждаются в несущей радиочастоте для переноса сигнала в разрешенном диапазоне частот. В отличии от этого UWB использует передачу коротких импульсов с малыми длительностями фронтов, в результате чего волна может занимать диапазон в несколько гигагерц.

4.9.1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ UWB

Многие ожидают момента, когда произойдет объединение беспроводных технологий малого радиуса действия и проводного Интернета, для быстрого перехода к новому поколению сотовых систем, позволяющих получать доступ к данным, голосовым записям, аудио- и видеоинформации. Ниже представлены четыре основные тенденции для развития беспроводных технологий малого радиуса действия и UWB:

- растущий спрос для беспроводной передачи данных на портативных устройствах с более широким диапазоном, но меньшей стоимостью и энергопотреблением;
- перегруженный спектр, который разбит на сегменты и лицензирован, традиционными технологиями;
- растущий спрос на высокоскоростной спроводной доступ к Интернету в деловых, домашних и других условиях;
- уменьшение стоимости полупроводниковых элементов одновременно с уменьшением их энергопотребления. Последнее делает возможным использование технологий, которые были недоступны 10 лет назад.

Для понимания возможностей и преимуществ UWB производится сравнение прстранственной емкости среди IEEE 802.11 b/a, Bluetooth и UWB, где пространственная емкость определяется как бит в секунду на квадратный метр.

Для повышения производительности Bluetooth и IEEE 802 ведутся работы по увеличению скорости и пропускной способности, но никогда эти стандарты не смогут достичь потенциальной скорости UWB. Причиной этого является то, что все беспроводные системы связи подчиняются теореме емкости каналов, гласящей, что емкость используемого канала связи увеличивается линейно с шириной используемого диапазона. Системы UBW используют диапазон в два и более гигагерца, имея огромное преимущество перед другими беспроводными технологиями.

Архитектура приемопередатчиков является определющей в устройствах беспроводной связи. Приведенное ниже сравнение Bluetooth и UWB приемопередатчиков показывает неоспоримое преимущество последнего.

Bluetooth использует кодирование со сдвигом частот (Frequency Shift Keying – FSK), передавая информацию то на более высокой частоте, то на более низкой. UWB действует примерно по такому же принципу, но с большей скоростью передачи данных и с более низким энергопотреблением. В процессе передачи информации Bluetooth работает на скорости 1 МБ/с и потребляет 1 мкВт энергии для обеспечения связи в радиусе до 10 м. Передатчик UWB, использующий 2,5 ГГц спектра, потребляет менее 10 мкВт, обеспечивая такую же пропускную способность и радиус действия (пропускная способность означает количество переданных данных за единицу времени). Это существенно отражается на продолжительности автономной работы от батарей в портативных устройствах. Большая мощность сигнала UWB может увеличить либо дальность, либо пропускную способность.

Технология UWB имеет множество преимуществ:

- высокая пропускная способность;
- эффективна в средах с высоким многолучевым замиранием;
- на небольших дистанциях имеет высокую пропускную способность;
- передает большие объемы информации, потребляя малое количество электроэнергии;
- имеет высокую точность позиционирования объектов и людей, поэтому широко используется в радиолокации;
- способна передавать сигналы через двери и другие препятствия, задерживающие сигналы других систем ограниченного диапазона;
- может непосредственно модулировать видеоимпульсы;
- может быть реализована в цифровом виде;
- не имеет проблем с эффектом интерференции;
- имеет низкую стоимость и простые передатчики;
- гибкая в отношении пропускной способности и дальности действия.

UWB можно использовать для осуществления связи в следующих случаях:

- создание виртуальной частной домашней сети;
- передача данных между настольными компьютерами и ноутбуками;
- передача данных между принтерами, сканерами, устройствами хранения данных и т.п.;
- использование в мобильных устройствах;
- в мобильных телефонах для музыки, видео, игр и др.;
- в карманных устройствах;
- в беспроводных DVD-плеерах, беспроводном телевидении и телевидении HDTV;
- в видеокамерах;
- для создания беспроводной структуры «умного» дома;
- для создания центра управления охраны, отопления, освещения.

UWB-технология широко используется в радиолокации. Поэтому ее можно применить для:

- создания детекторов движения и дальномеров;
- отображения на экране радара объектов, находящихся за стенами;
- радиолокационных изображений в медицине;
- защиты военных и коммерческих объектов;
- осуществления антитеррористических операций;
- спасательных работ(например, для обнаружения людей под завалами).

14 февраля 2002 года FCC установила правила, разрешающие использование UWB в коммерческих целях. FCC не сделала никаких основных изменений в технических параметрах UWB, так как не имела опыта работы с такими устройствами. FCC заявила, что намеревается провести исследование воздействия устройств UWB на различные радиосервисы. В ответ на ходатайства FCC внесла корректировки в правила пользования системой, позволяющей сканировать помещения для пожарных в критических ситуациях. Многие операторы беспроводной связи были против введения в широкую практику UWB-технологии, обосновывая это тем, что всеволновое излучение будет взаимодействовать с используемым ими диапазоном волн, вызывая интерференцию. Сторонники технологии UWB, напротив, выдвигали аргументы, которые доказывали, что при работе этой системы используются настолько низкомощные передатчики, работающие в широком диапазоне, что они просто не смогут вызвать интерференции с другими радиосистемами.

UWB-приемники могут быть неумышленно забиты частотами, используемыми в других беспроводных сервисах. Также возможно возникновение интерференции между излучением UWB и глобальной системой позиционирования (Global Positioning System – GPS). Существуют серьезные опасения,

что такая система может повлиять на работу телевидения, систем управления полетами в аэропортах и операторов сотовой связи.

UWB может заменить не только Wi-Fi, но и другие технологии, использующие широкий спектр частот, такие как CDMA, GPRS (General Packet Radio Service – сервис пакетной передачи данных), GSM, EDGE и широкополосный CDMA (W-CDMA).

В офисных зданиях UWB может заменить стандарт 802.11b, так как обладает большей проникающей способностью. Стены, комнаты и даже люди могут вызывать интерференцию при использовании 802.11b, в то время как UWB не имеет таких недостатков.

Основываясь на темпах исследований в области UWB, можно сделать вывод, что в первой половине 2005 года этот стандарт будет ратифицирован, а к концу года в продаже появятся первые устройства.

В соответствии с исследованиями, с ростом ВВП на 4 процента ежегодный рост производства устройств UWB к 2007 году достигнет 63 миллионов штук. Этот прогноз основан на таких факторах, как глобальный экономический подъем и преимущества UWB перед другими подобными устройствами.

4.10. Программно-управляемая радиосвязь (SDR)

Программно-управляемая радиосвязь, иногда сокращенно называемая программное радио, определяет беспроводную связь, в которой для управления передатчиком и приемником используется компьютер. Для того чтобы выбрать нужный тип модуляции сигнала, на компьютере должно быть установлено соответствующее программное обеспечение, управляющее приемником и передатчиком.

Технология телекоммуникаций быстро переходит на полностью цифровые системы, более функциональные и современные, что ведет к развитию программного обеспечения для управления радиоизлучением. *Программно управляемое радио* – это радио, модуляция каналов которого полностью выполняется программным обеспечением. Сгенерированные компьютером цифровые сигналы преобразуются в аналоговые с помощью цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), а затем передаются на излучатель. Приемник снова преобразует принятый аналоговый сигнал в цифровой с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Затем приемник извлекает, конвертирует и демодулирует принятый сигнал с помощью программного обеспечения, выполняемого центральным процессором.

Программно управляемое радио – это комбинация технических средств, включающая всеволновые антенны и преобразователи радиочастоты, широ-

кополосные ЦАП и АЦП, функции обработки потоков, встроенные в процессоры. Результат работы программного радио зависит от уровня развития программируемых аппаратных средств ЭВМ, причем чем больше возможностей по программированию данного средства, тем шире диапазон использования. Однако это идеальное определение программного радио, которое, возможно, никогда не будет соответствовать действительности, так как должен существовать баланс между совместимостью стандартов, технологиями и рыночной стоимостью товаров.

Типичный SDR-приемник, который можно использовать в мобильном дуплексном радио или в сотовом телефоне, содержит следующие основные элементы (звездочками помечены элементы компьютера, параметры которых определяются программным обеспечением):

- микрофон;
- аудиоусилитель;
- аналого-цифровой преобразователь, конвертирующий звук в Американский стандартный код для обмена информацией (ASCII)* (кодировщик/декодировщик видов), который часто используется для кодировки текстовых файлов на компьютере. В ASCII-файле каждый символ, число или специальный символ представлен в виде семибитного двоичного числа (строка, состоящая только из 1 и 0). При этом возможно использование только 128 символов;
- модулятор, связанный с компанией, предоставляющей услуги связи*;
- группа усилителей, увеличивающих мощность сигнала до уровня, необходимого для установки связи;
- передающая антенна.

Типичный SDR-приемник предназначен для преобразования звука посредством следующих шагов (звездочками помечены элементы, представляющие компьютерные электронные цепи, чьи параметры предопределяются программным обеспечением):

- приемная антенна;
- супергетеродинная система, которая предназначена для усиления принятого сигнала и преобразования его в постоянную частоту (термин супергетеродинный означает метод разработки и создания беспроводной связи или радиопередающего оборудования, некоторых радиоприемников; иногда радиоприемники, использующие эту технологию, называют «супергетеродинными»);
- демодулятор, который выделяет ASCII-информацию из радиочастотной несущей*;
- ЦАП, формирующий звук из ASCII-данных;

- аудиоусилитель;
- громкоговоритель, наушники или гарнитура.

Многие вещи внесли вклад в развитие программно управляемого радио. Первое: оборудование беспроводных технологий каждые 10 лет нуждается в замене на более новое. Существование программного радио уменьшило бы эту проблему. Кроме этого, предназначенные для программирования интегрированные процессоры сильно упали в цене начиная с 90-х годов, так как удешевилось их производство. Производительность персональных компьютеров каждые 12 месяцев увеличивается, по крайней мере, вдвое при остающейся неизменной стоимости. Немаловажно и то, что беспроводные технологии различных типов используются по всему миру. Архитектура радиосетей развилась от простых (точка – точка) и относительно беспорядочных частных сетей (таких, как гражданские диапазоны для радиопереговоров и технология «push-to-talk» в военных радиосистемах). Объем данных, передаваемых по каналам связи, продолжает увеличиваться путем мультиплексирования и увеличения диапазона.

Мультидиапазонное и мультирежимное военное радио и коммерческие беспроводные системы, одновременно передающие мультимедийные сервисы, являются последним словом в сетевом развитии.

Объединенные функциональность, элементная база и правила разработки радиосистем присутствуют в каждом новом поколении сетевой радиотехнологии. Будущие мультирежимные сети будут нуждаться в терминалах и базовых станциях, объединяющих в себе:

- различные частотные диапазоны;
- доступ к данным по различным каналам;
- выбор скорости подключения;
- балансировку;
- коррекцию ошибок;
- функциональность приложений.

Программно управляемое радио появилось для того, чтобы увеличить качество сервиса и скорость доступа. В то же самое время архитектура программно управляемого радио упрощает аппаратные средства и обеспечивает новые методы управления при быстро меняющихся стандартах. Поэтому программно управляемое радио нужно тем, кто ориентируется на будущие беспроводные точки доступа, сетевые беспроводные концентраторы, которые могут быть легко перепрограммированы при изменении стандартов.

Основным преимуществом программно управляемого радио является его универсальность. Обычные беспроводные системы используют протоколы, которые отличаются один от другого в различных сетях. Даже если

предоставляется один и тот же тип сервиса, беспроводные технологии в разных странах отличаются друг от друга. Одно программируемое радиоустройство может работать в разных режимах в любой точке земного шара. Изменив тип сервиса, режим работы и протокол модуляции сигнала, просто выбрав параметры в компьютерной программе и убедившись, что батарея заряжена, можно работать в любой сети. Программное радио имеет возможность работы с различными устройствами, и нужно только измененить программу для того, чтобы подстроиться под вновь появившиеся сервисы. Программное радио уменьшает риск выбрать стандарт, который изменится в ближайшее время.

Обычное радио, типичное мобильное устройство может работать более чем в одной сети. Это происходит, когда абонент перемещается между различными сетями. Программно управляемое радио может работать также и в GSM, AMPS-сетях, а в будущем сможет работать и через спутниковый канал. Это большой плюс для развития программно управляемого радио.

Большое разнообразие сетевой инфраструктуры и высокий потенциал гибкости является основным фактором для выбора программного радио. Как результат, разработчиком и основным пользователем данной системы в США являются военные, которые проявляют большую заинтересованность в этой области. Верится, что будущие радиосервисы будут поддерживать доступ посредством мобильных телефонов и других устройств. Все, кому нужна хотя бы половина из названных сервисов, должны воспользоваться программным радио.

Основной задачей разработчиков программного радио является реализация в одном радиоприемнике функций как мобильного телефона, так и беспроводного факса, беспроводной системы приема и отправки электронной почты, пейджинга, устройства для видеоконференций, беспроводной точки доступа для выхода в Интернет, устройства GPS и других полезных свойств, доступных в любой точке земного шара.

4.11. «Умное» радио

«Умное» радио – это устройство, которое может определить окружающую среду и адаптироваться под ее параметры. В связи со способностью адаптироваться к окружению данный вид радио создает новое поле действия, так как позволяет определять канал, являющийся лучшим для передачи информации в данный момент времени. Функционально данное радио может просканировать существующий диапазон частот, чтобы найти в своем радиусе действия беспроводное устройство. Это позволяет пользователям осуществлять

беспроводное соединение с другими пользователями при приемлемых условиях. *«Умное»* радио сочетает в себе различные радиотехнологии и включает бесконечную комбинацию характеристик любой компьютерной системы.

Техническим предшественником «умного» радио является программно управляемое радио. Программно управляемое радио является эволюционной сетевой технологией, достигнутой с помощью простых аппаратных средств, управляемых компьютерными программами. Это продукт, в котором возможны все виды соединения: беспроводное и кабельное, он комбинирует различные устройства, которые можно использовать для оптимального выбора соединения в данной ситуации. Автоматический выбор наилучшего способа соединения и динамичное переключение условий гарантируют устойчивую связь. Для того чтобы понять концепцию *«умного»* радио, полезно рассмотреть его в сравнении с остальными технологиями.

У традиционного радио технические характеристики определены при производстве и не могут быть изменены без соответствующего вмешательства в данную систему.

Программно управляемое радио более гибкое и быстрое. Программное обеспечение осуществляет обработку сигнала, а устройство может быть перепрограммировано для того, чтобы стать, например, аналоговым сотовым телефоном, цифровым телефоном или даже пультом управления для дистанционного открытия двери гаража. Программируемое радио может работать на различных частотах и использовать любую программу с одним только ограничением – физической реализацией.

«Умное» радио превосходит вышеперечисленные системы. Оно объединяет технологию программируемого радио и, кроме этого, может самостоятельно обучаться, подстраиваться под окружающую среду. В реальном времени такое радио самостоятельно решает, что ему сделать: изменить протокол передачи данных или частоту. Это достигается за счет использования различных алгоритмов, которые моделируют различные параметры радиосигнала.

«Умное» радио обучается все время. В зависимости от условий оно выбирает нужную частоту так, чтобы не возникало интерференции с другими пользователями, при этом используется наилучшая свободная частота.

Технология «умного» радио является важным инструментом для изучения волнового спектра. Развитие этой технологии связанно с тем, что потребности в радиочастотном спектре превышают возможности предоставления частот.

В FCC решили, что ограничение спектра частот имеет большее влияние на эффективность, чем ограниченная пропускная способность сети. Они определили несколько возможных путей улучшения доступа к спектру через

улучшение использования времени, частоты, мощности, диапазона и географического размещения:

- во-первых, целевая группа FCC нашла, что увеличение возможности доступа может снизить дефицит спектра. Улучшенный доступ позволит более интенсивно использовать спектр радиочастот, если при лицензировании будут учитываться возможности технологий;
- во-вторых, целевая группа также нашла, что корректные методы устранения эффекта интерференции могут привести к увеличению использования спектра. Это произойдет потому, что интерференция является камнем преткновения при любой политике управления спектром. С все более и более интенсивным использованием спектра, увеличением плотности использования, мобильности, изменчивости передатчиков задача по развитию беспроводных технологии становится все сложнее. Пользователям нужна все более надежная работа устройств. В то же время становится все сложнее проектировать новые технологии в связи с увеличивающейся загруженностью спектра;
- в-третьих, целевая группа заявила, что используемый спектр должен быть разделен по частотам, географическому месту и времени. Но существующая политика не сможет измениться под такие требования.

Технологии «умного» радио имеют потенциал для улучшенного использования спектра; когда улучшаются условия доступа, увеличивается и качество обслуживания. Другим способом, с помощью которого можно увеличить доступ к спектру, является обеспечение дополнительной гибкости. Например, целевая группа рекомендует правила, разработанные FCC, которые можно использовать в переполненных районах, таких как густонаселенные города, при этом оборудование может работать с более высокой мощностью без возникновения интерференции. Дополнительный потенциал позволяет работать устройствам на временно неиспользуемых частотах (результат изменчивости загруженности спектра в течение суток), а также на географически неиспользуемых площадях (результат географического разделения существующих пользователей спектра). Эти заявления подтверждаются давними наблюдениями за использованием спектра.

Для того чтобы избавиться от дефицита спектра, нужно улучшить его использование. «Умное» радио может функционировать, не вызывая интерференции, вторично используя спектр, при этом, возможно, используя незадействованные частоты, описанные выше, или может работать на мощности, при которой эффект интерференции не возникнет вообще.

Целевая группа выделяет то, что некоторые пользователи задействуют выделенный диапазон только временно. Этот пример показывает непостоян-

ство его использования. «Умное» радио может использоваться совместно с такими пользователями. Получается так, что один оператор работает только тогда, когда спектр не используется вторым оператором.

«Умное» радио может определять то время, когда диапазон, в котором оно работает, требуется другому пользователю. При этом оно самостоятельно уменьшает мощность своего излучения до необходимого минимума.

Такая совместная работа двух различных устройств называется гибридизацией.

Операторы беспроводной связи обеспокоены тем, что лицензированный ими диапазон может использоваться другими компаниями. Компании BellSouth и Cingular заявили комиссии FCC, что использование лицензированного спектра сторонними пользователями нарушает права владельца патента. «Лицензирование нужно для контроля использования спектра. Однако сторонние устройства могут вызвать интерференцию, которая негативно отразится на качестве, емкости и площади покрытия. В конечном счете, лицензированные компании будут вынуждены увеличивать мощность излучения как мобильных телефонов, так и базовых станций для того, чтобы уменьшить потери». Это верный аргумент, но его можно смягчить созданием нового стандарта, рассчитанного и на «умное» радио.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- Радиопередача с базовой станции на мобильный телефон известна как прямой или обратный канал.
- Термины «повторное использование частоты» и «повторное использование канала» являются синонимами.
- Программно управляемое радио подстраивается под окружающую среду, обеспечивая тем самым выбор наилучшего канала для уверенной передачи сигнала.
- Установка направленных антенн на базовых станциях позволяет избежать эффекта атмосферного отражения сигнала.
- Существует четыре основных типа ослабления сигнала: поглощение, ослабление из-за дальности, релеевское затухание и межканальное выравнивание.
- Неорганические материалы имеют большую способность к поглощения радиоволн, чем органические.
- Атмосферное поглощение связано с атмосферным явлением, называемым температурной инверсией.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Три основных параметра, определяющих актуальную зону покрытия базовой станции, это:

a) уровень мощности сигнала, излучаемого базовой станцией;
b) высота установки антенны на вышке базовой станции;
c) тип используемой вышки;
d) тип используемой антенны;
e) количество построек вокруг антенны;
f) a, c и e;
g) a, b и d.

Высокая частота сигнала увеличивает:

a) поглощение;
b) ослабление сигнала из-за дальности;
c) отражение;
d) межканальную интерференцию;
e) ни один из перечисленных вариантов.

Межканальная интерференция означает:

a) интерференцию между мобильными телефонами;
b) неспособность мобильного телефона выбрать нужный канал (например, канал 331 и 332);
c) интерференция между двумя базовыми станциями, работающими на одной частоте;
d) все перечисленные варианты;
e) только a и b.

Многократное отражение сигнала, излученного базовой станцией, а затем прием этого сигнала мобильным телефоном в различных фазах называется:

a) горизонтальное ослабление;
b) исходящее ослабление;
c) затухание Релея;
d) ослабление из-за дальности;
e) атмосферное отражение;
f) ни один из перечисленных вариантов.

Радиосигнал в безвоздушном пространстве распространяется:

a) со скоростью звука;
b) с двойной скоростью звука;
c) с половинной скоростью света;
d) со скоростью света;
e) ни один из перечисленных вариантов.

5 Антенны, мощность и разделение на секторы

5.1. Введение

Антенны имеют двойную функцию. Для передачи нужно сгенерировать радиосигнал нужной частоты и мощности и излучить его в зону покрытия. Антенна преобразует переменный электрический ток в радиоволны, которые распространяются в атмосфере. Для приема же антенна должна преобразовать принятую радиоволну в переменный электрический ток, который распознается оборудованием. *Антенны* – это каналы, через которые энергия радиоволны излучается в эфир и возвращается обратно. Радиоантенны передают электромагнитную энергию из одной среды в другую (коаксиальный кабель, волновод или провод).

В беспроводной индустрии используются два основных типа антенн: направленные и всенаправленные. Для построения беспроводной системы связи можно использовать любой тип антенн. Одним из крупнейших производителей антенн и оборудования базовых станций является Andrew Corporation, расположенная в Парк Орланд штата Иллинойс.

Слово «децибел» используется для сравнения уровней мощности двух сигналов между собой и сокращенно пишется дБ. Характеристики антенн измеряются в децибелах. Например, мощность 9 дБ часто используют для всенаправленных антенн в сельских местностях. Антенны базовых станций имеют длину от 0,62 до 4,5 метров и весят от 4,5 до 22,5 килограммов.

5.2. Всенаправленные антенны и коэффициент усиления

Всенаправленные антенны – это антенны, которые излучают сигнал равномерно во всех направлениях. Всенаправленные антенны по внешнему виду напоминают стержень. Как уже обсуждалось в главе 4, излучение с такой антенны распространяется равномерно во все стороны, как круги на воде от брошенного камня. На рис. 5.1 изображена всенаправленная антенна.

Термин «коэффициент усиления» определяет диаграмму направленности антены. Это логарифмическая величина. Она представляет собой ширину горизонтального среза диаграммы направленности и показывает, как сигнал сжат по вертикали и распространяется по горизонтали.

Рис. 5.1 • Всенаправленная антенна, сигнал от которой распространяется на 360º (фото предоставлено Andrew Corporation)

Зона покрытия базовой станции похожа на шар, сжатый одновременно сверху и снизу. В зависимости от степени сжатия он становится меньше по высоте и больше по диаметру. Это сжатие представляет собой усиление в горизонтальной плоскости. Для всенаправленных антенн самым простым способом достигнуть сжатия является установка нескольких излучающих элементов друг на друга. Тогда суммарная мощность излучения такой антены равна сумме мощностей излучений каждой составляющей при условии, что питание подводится к ним в фазе. Когда диаграммы направленности всех антен суммируются в фазе, их сигналы дополняют друг друга, таким образом достигается необходимый уровень усиления сигнала. Чем большее количество антенн находится друг на друге, тем большее получается усиление сигнала (пока они излучают синфазный сигнал). Основываясь на данной аналогии с шаром, мы получаем усиление сигнала, так как шар становится более плоским, но одновременно увеличивается его горизонтальная окружность. При увеличении усиления сжатие становится более сильным. Чем больше уровень излучения антенны в децибелах, тем выше ее способность к усилению.

Коэфициент усиления – это мера, показывающая, насколько сжимается вертикальная радиоволна, которая впоследствии распространяется в горизонтальной плоскости. Вертикальное сжатие является следствием того, что антенна установлена вертикально. Дальность распространения радиоволн в горизонтальной плоскости определяет величину зоны покрытия базовой станции.

Когда мы говорили про установку антенн друг на друга, то подразумевали, что это специально разработанные антенны. Такой тип антенн называется

коллинеарной антенной решеткой и будет рассмотрен в следующем разделе. На рис. 5.2 показан принцип усиления сигнала антеннами.

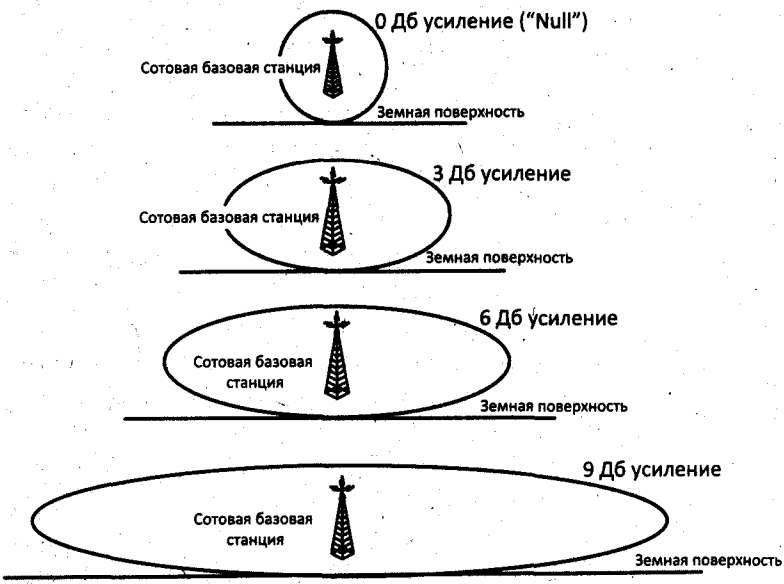


Рис. 5.2 • Принцип усиления сигнала антенной

5.3. Коллинеарные антенные решетки

Тип антенн, рассмотренный в конце предыдущего раздела, называется коллинеарной антенной решеткой и является преобладающим среди направленных и всенаправленных антенн в индустрии беспроводных технологий. Как уже было отмечено ранее, для того чтобы сделать коллинеарную антенну, нужно установить несколько антенн друг на друга внутри обтекателя. *Обтекатель* – это стекловолоконный корпус, внутри которого расположены элементы антенны. Он представляет собой видимую часть антены. Каждый элемент антенны установлен внутри обтекателя и представляет собой усилитель сигнала, увеличивающий его на 3 дБ.

Каждые 3 дБ усиления сигнала увеличивают длину антенны вдвое. Это свойство является следствием того, что усиление является логарифмической величиной. Если антенна с усилением в 3 дБ имеет длину 3 фута (0,93 м), то антенна с усилением 6 дБ будет иметь длину 6 футов(1,86 м). Антенна с усилением 9 дБ будет длиной 12 футов (3,72 м), а 12 дБ – соответственно 24 фута (7,44 м). В начале развития беспроводной индустрии (80–90 год) коэффициент усиления антенны увеличивали только таким способом. Но с развитием технологий создания и проектирования антенн выяснили что, при увеличении коэфициента усиления электрическая длина (виртуальная), в отличии от физической, увеличивается.

Элементы коллинеарной антенной решетки должны быть длиннее для антенн, предназначенных для работы на низких частотах, и короче для работы на высоких частотах. Эта зависимость является следствием того, что на более низких частотах излучается более длинная волна, а для излучения на высоких частотах длина волны меньше. Эти различия непосредственно связанны со свойствами радиофизики. Таким образом, антенны для низких частот должны быть физически длиннее, чем антенны для высоких частот при одинаковом коэффициенте усиления. Если оператор сотовой связи использует антенны с коэффициентом усиления 9 дБ, которые работают на частотах 850 и 1900 МГц, то антенны с частотой 850 МГц будут длиннее, так как будут использовать большую длину волны для излучения.

В настоящее время антенны с коэффициентом усиления 0 и 3 дБ используются в густонаселенных районах. Эти антенны устанавливаются на стенах зданий, на небольших высотах, чтобы обеспечить покрытие небольшой площади и развернуть микросотовую сеть.

5.4. Направленные антенны

Направленные антенны – это антенны, которые созданы для того, чтобы излучать радиоволны только в одном направлении, используя различную ширину луча в горизонтальной плоскости. Направленные антенны более эффективны, чем всенаправленные, так как используют рефлектор, который направляет или фокусирует радиосигнал в соответствии с диаграммой направленности (ДНА). Они имеют большее усиление, чем всенаправленные антенны. Наиболее широко используемая ширина ДНА в США составляет 120°, с её помощью можно создать базовую станцию, разделенную на три сектора. Однако используются и другие углы, такие как 90 и 60°.

Используя аналогию со светом, всенаправленную антенну можно представить, как лампу без абажура. Свет от нее распространяется во все стороны, на 360º. Направленные же антенны похожи по своему действию на фонарь: здесь так же используется лампа, но отражающее зеркало направляет лучи света в одно направление и не дает им распространяться вокруг. Больший или широкий отражающий элемент дает соответственно больший по ширине луч. На основе этого же принципа работают и направленные антенны. Размер и форма отражающего элемента определяют параметры луча.

Операторами беспроводной связи используются различные типы направленных антенн: логопериодические, директорные (волновой канал), фазированные решетки и наиболее популярные – панельные. Панельные антенны по внешнему виду напоминают белую коробку. Наряду с их стандартным использованием для построения секторов, направленные антенны

используются для покрытия особой области, например расположенной на границе с зоной покрытия соседнего оператора. В основном направленные антенны используются для построения сотовых ячеек, разбитых на секторы, как об этом будет рассказано в разделе 5.8. На рис. 5.3 и 5.4 показаны панельные направленные антенны, наиболее широко используемые в беспроводной индустрии на сегодняшний день.

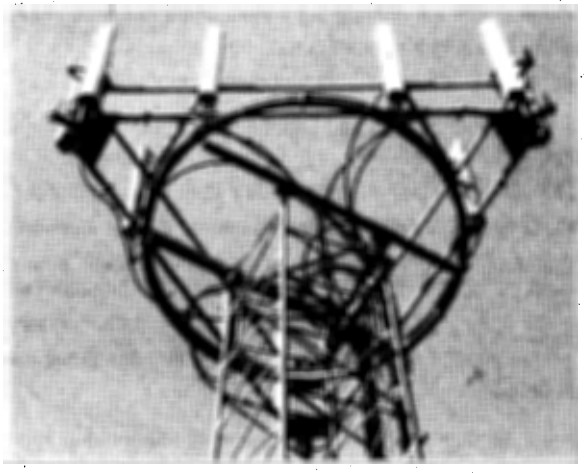


Рис. 5.3 • Панельная направленная антенна на вышке (фото предоставлено Mike P's UK GSM and UMTS Pages)

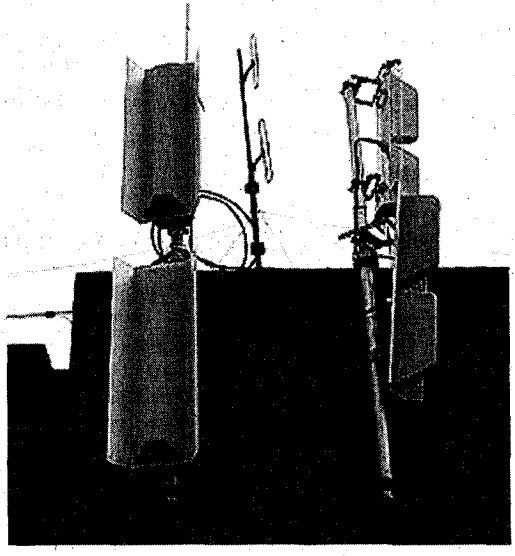


Рис. 5.4 • Панельные направленные антенны (фото предоставлено Andrew Corporation)

Направленную антенну можно сделать, поместив позади всенаправленной антенны рефлектор. Отражатель деформирует и сжимает горизонтальный луч с боков, увеличивая дальность распространения вперед. Величина усиления сигнала зависит от размера и формы рефлектора, а также расстояния от антенны до рефлектора.

Например, всенаправленная антенна с коэффициентом усиления 10 дБ может быть переделана в направленную с помощью V-образного рефлектора, при этом сектор распространения составит 60°, а усиление 17 дБ. Этот пример показывает, как направленная антенна может быть переделана в антенну с большим коэффициентом усиления, обслуживающую определенную территорию. В нашем примере прирост усиления составил 7 дБ.

5.5. Антенны, направленные вниз

Возле высоких вышек с антеннами сотовых станций с большим коэффициентом усиления могут образовываться теневые зоны. Для компенсации теневых зон производителями беспроводного оборудования были выпущены специальные антенны, направленные вниз.

Антенны, направленные вниз – это антенны, излучение которых механическим либо электрическим способом направляется на несколько градусов к земной поверхности. Направленные вниз антенны охватывают меньшее расстояние по горизонтали, но в то же время обеспечивают покрытие сигналом области, недоступной для обычных антенн.

Всенаправленные антенны могут быть направлены вниз только электрическим способом, что достигается при производстве антенны регулированием фазировки сигнала, подающегося на коллинеарные элементы антенной решетки. *Электрическое направление вниз* – это процесс, который осуществляется при производстве антенны, подобно тому, как антеннам присваивается коэффициент усиления при разработке. Электрически направленные вниз антенны создаются с предустановленным углом наклона к земной поверхности.

Направленные антенны могут быть направлены вниз как механическим, так и электрическим способом. *Механическое направление* вниз подразумевает непосредственное направление антенны к земной поверхности. Хотя механическое направление вниз является наиболее дешевым способом, оно искажает ДНА, что может повлечь за собой интерференцию со смежными секторами. На рис. 5.5 изображена антенна, механически направленная вниз.

Обычным местом для установки антенны, направленной вниз, является либо очень высокая вышка, либо холм, либо вышка, расположенная около большой водной поверхности. Низконаправленные антенны также исполь-

зуются для того, чтобы избежать эффекта далекого поля (far-field effect), который возникает, когда радиоизлучение ячейки А достигает зоны действия ячейки В и таким образом нарушает действие ячейки В или всей системы. Ячейка А может передавать информацию в зону действия ячейки В, теоретически оставляя последнюю в бездействии. Такой эффект не только неэффективен, но и может привести к неоправданным затратам оборудования и частотных ресурсов в поле работы ячейки В, а также некоторых других базовых станций. Установка низконаправленной антенны на ячейке А устранит незапланированное излучение с базовой станции А, заставив его оставаться в нужном радиусе действия.

Рис. 5.5 • Антенна, механически направленная вниз

Эффект далекого поля может возникнуть по любой из следующих причин:

- повышенная мощность излучения на базовой станции;
- неиспользование на базовой станции антенн, направленных вниз;
- вышка базовой станции слишком высока либо передающая антенна установлена слишком высоко;
- коэффициент усиления антенны превышает необходимый уровень для обслуживания заданного района.

Антенны, направленные вниз, могут сократить зону покрытия базовой станции при постоянном уровне мощности излучаемого сигнала. Они обеспечивают более компактную зону покрытия для абонентов. Антенны могут

быть использованы для предупреждения выхода радиосигнала в зону соседней сети или для того, чтобы избежать эффекта атмосферного отражения сигнала вблизи больших водных поверхностей. На рис. 5.6 изображена схема работы низконаправленной антенны.

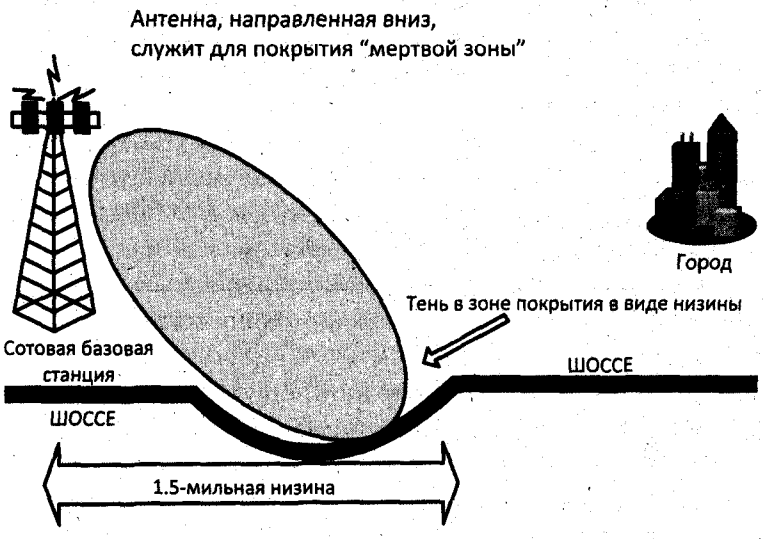


Рис. 5.6 • Пример работы низконаправленной антенны

5.6. Критерии, используемые для выбора антенны для базовой станции

Антенны базовых станций гораздо более сложные и больше различаются по своему строению, чем антенны, используемые в сотовых телефонах. Причиной этого является то, что антенны базовых станций имеют гораздо больший коэффициент усиления, варьирующийся от 6 до 12 дБ для всенаправленных антенн и от 4 до 18 дБ для направленных антенн. В некоторых случаях используются всенаправленные антенны с коэффициентом усиления 0 дБ для построения микросотовой сети.

Тип антенны для базовой станции выбирается в зависимости от различных факторов:

- размера площади, которую должна обслуживать базовая станция;
- конфигурации соседних сотовых сетей;
- нужна ли всенаправленная антенна или направленная;
- для направленных антенн – тип ДНА;
- в каком диапазоне спектра должна работать антенна.

В беспроводной индустрии операторы используют как только приемные, только передающие, так и приемо-передающие антенны. Большинство антенн, используемых сегодня, может как передавать, так и принимать сигналы. Это облегчает установку, так как сразу же устанавливается дуплексный режим работы станции. Дуплексный режим – это режим, в котором антенна одновременно передает и принимает сигналы. Он будет рассмотрен позже, в главе 10.

В большинстве сотовых телефонов используется коллинеарная антенная решетка с коэффициентом усиления 0 дБ. Эти антенны не обеспечивают усиление сигнала и фактически ничего не делают, пока не развернуты. В последние несколько лет в конструкции антенн были внесены изменения, но они не внесли каких-либо улучшений. Это сделано для того, чтобы дать пользователям чувство полного контроля над мобильным телефоном. Как и в случае с эффектом плацебо существование внешней антенны не оказывает никакого влияния, реальная антенна – это медная или стальная проволка, завернутая в спираль по периметру корпуса.

Качество антенн, используемых в беспроводной индустрии, изменяется точно так же, как и все другие компоненты. Некоторые антенны могут противостоять внешним воздействиям, некоторые нет. Одни могут протечь, а другие просто развалиться. Ультрафиолетовое излучение тоже негативно влияет на антенны.

Качество антенн измеряется несколькими способами. Первый: вычисляется, как много разнородных металлов используется в антенне. Это важно учитывать, так как чем их больше, тем более данная антенна подвержена коррозии, что впоследствии повлечет за собой интермодуляционную интерференцию или смешение сигналов. Например, два сигнала могут быть излучены, а четыре могут вернуться обратно. В конечном счете все это приводит к ослаблению качества сигнала. Металлические коннекторы, которые соединяют кабель и антенну, могут оказаться нестойкими к влажности, что вызовет ржавчину, если они хорошо не защищены.

5.7. Мощность радиоизлучения

Мощность радиоизлучения измеряется, как и вся энергия, в ваттах, переданная (и усиленная) передатчиком базовой станции (и усилителем) на передающую антенну. Усилители базовых станций используют определенный уровень мощности сигнала, передаваемый на антенну, который несколько выше, чем излучаемый антенной. Это происходит из-за потери мощности при передаче сигнала по коаксиальному кабелю. Такие потери сигнала учитываются инженерами при построении беспроводных систем связи.

5.7.1. ЭФФЕКТИВНАЯ ИЗЛУЧАЕМАЯ МОЩНОСТЬ (ERP)

Эффективная излучаемая мощность определяется как мощность сигнала, переданная антенной (телефона или базовой станции) за единицу времени. Эффективная излучаемая мощность измеряется в ваттах, а также означает суммарную мощность сигнала, излученного базовой станцией.

Важно запомнить, что при усилении сигнала на каждые 3 дБ мощность сигнала увеличивается вдвое.

Следующий пример поясняет, как ERP измеряется для базовой станции. При измерении мощности важно учитывать потери при передаче сигнала по коаксиальному кабелю. Данный пример описывает реальные измерения мощности базовой станции на крыше одного из зданий в Чикаго.

Рассмотрим следующий сценарий: оператор сотовой связи использует 8-ваттный усилитель мощности, антенну с коэффициентом усиления 15 дБ и кабель, в котором сигнал ослабляется на 3 дБ. Таким образом, сигнал достигает антенны с уровнем 12 дБ. Число 8 является постоянной величиной, так как это мощность, принятая и переданная усилителем антенне (через кабель и саму антенну). В нашем случае, используя 8-ваттный усилитель, мы начнем с уровня сигнала 0 дБ. Три децибела увеличения дадут увеличение мощности до 16 Вт (8-ваттный усилитель при увеличении уровня сигнала на 3 дБ должен увеличивать мощность вдвое). Шесть децибел полного коэффициента усиления требуют мощность ERP в 32 Вт. Каждый раз, когда мы увеличиваем уровень сигнала на 3 дБ, излучаемая мощность удваивается. Остальная информация выходит за пределы данной книги, но вы сможете ее найти в книгах Клинта Смита (Clint Smith) по беспроводным технологиям (Wireless Telecom FAQs or Wireless Network Performance Handbook).

5.7.2. КОЭФФИЦИЕНТ ОТНОШЕНИЯ МОЩНОСТИ СИГНАЛА К ПОМЕХЕ (CI)

Коэффициент отношения сигнал\шум (сигнал\помеха) описывает, как сота или мобильный телефон будет распознавать полезный сигнал на фоне шума (помехи). Помехи могут возникать как от других мобильных телефонов, так и от других базовых станций. Это отношение имеет немаловажное значение при построении беспроводных сетей и измеряется в децибелах. Каждая беспроводная технология имеет свой допустимый уровень отношения сигнала к шуму. Это отношение высчитывается и поддерживается на нужном уровне для того, чтобы избежать межканальной интерференции. Заданное отношение для различных беспроводных систем связи следующее:

- AMPS: 17 дБ;
- IS-136: 19 дБ;

- GSM: 13 дБ;
- iDen: 20 дБ;
- CDMA: не имеет такого параметра, так как эта система работает на уровне шума (она будет описана в главе 6).

Между разными базовыми станциями (и мобильными телефонами) должно быть определенное различие в уровне сигнала. Повторное использование частот – это средство, позволяющее выдерживать заданный коэффициент CI.

Чем большее количество базовых станций работает в беспроводной системе, тем больше она становится зависимой не от шума, а от интерференции. Система тем больше подвержена межканальной интерференции, чем она больше по своим размерам. Другими словами, проще совершить звонок в той системе, которая меньше по своим размерам.

5.7.3. ДОПУСТИМЫЙ УРОВЕНЬ МОЩНОСТИ

В беспроводной индустрии каждому оператору сотовой связи разрешено устанавливать базовые станции с эффективной излучаемой мощностью не более 500 Вт ERP. Диапазон от 100 до 500 Вт ERP разрешен в сельской местности. В густонаселенных регионах MSA для базовых станций микросот ERP варьируется от 20 до 100 Вт для покрытия области от 2 до 30 миль. Уровень мощности передатчиков базовых станций зависит от плана повторного использования частоты в любом регионе рынка. Как и зона покрытия, уровень мощности отражает реальную или потенциальную плотность абонентов на данной территории. В идеале максимальный уровень мощности должен быть не выше, чем необходимо для обеспечения уверенного приема сигнала в зоне обслуживания станции, поэтому уровень зависит от ландшафта обслуживаемой территории и коэффициента усиления антенны. Разброс в беспроводных сетях может быть от 0,1 до 500 Вт ERP.

Уровень мощности мобильного телефона может и будет понижен базовой станцией в том случае, если он излучает сигнал, превышающий необходимый уровень для поддержания разговора. Это предотвращает перегрузку оборудования базовой станции, а также интерференцию между абонентами беспроводной сети. Примером этого может послужить случай, когда телефон находится в непосредственной близости от базовой станции. Контроллер базовой станции, или сама базовая станция, пересылает по контрольному каналу сообщение мобильному телефону о том, что нужно понизить уровень мощности излучаемого сигнала.

Мобильные телефоны имеют классификацию по допустимому уровню излучаемой мощности, разрешенной Комиссией по связи. Этот уровень варьируется от 0,006 до 4 Вт. Мобильные телефоны, установленные в автомобилях, имеют более высокий уровень, так как питаются от автомобильного

аккумулятора. В табл. 5.1 приведены допустимые уровни мощности в ваттах для различных типов мобильных телефонов.

Таблица 5.1 • Разбиение мобильных телефонов на классы по мощности

Уровень мощности	Класс 1	Класс 2	Класс 3
0	4,000	1,600	0,600
1	1,600	1,600	0,600
2	0,600	0,600	0,600
3	0,250	0,250	0,250
4	0,100	0,100	0,100
5	0,040	0,040	0,040
6	0,016	0,016	0,016
7	0,006	0,006	0,006

5.8. Разбиение на секторы

В период с 1983 по 1993 годы в беспроводных системах было добавлено множество ячеек, использующих одинаковые каналы. Это произошло потому, что нужно было увеличивать емкость сети, постоянно наращивая и дробя соты. Дробление сот является дорогостоящим занятием. Поэтому было решено перейти от конфигурации со всенаправленными антеннами к базовым станциям, использующим направленные антенны (секторные базовые станции), которые обеспечивают большую емкость сети.

Разбитые на секторы базовые станции разбивают всенаправленные ячейки на секторы, используя при этом направленные антенны на таких же основах (например, вышки или крыши зданий). Функционально, каждый сектор представляет собой отдельную ячейку, дальность действия которой выше, чем у всенаправленной антенны. Направленные антенны обладают более высоким усилением, чем всенаправленные. Все направленные антенны, представляющие по отдельности сектор, в сумме являются базовой станцией. При построении секторной базовой станции вышка базовой станции строится в виде равностороннего треугольника. Каждая грань треугольника называется «поверхность», и на ней устанавливается от трех до четырех направленных антенн. Направленные антенны с каждой стороны треугольника имеют различные частоты/каналы.

Разбиение на секторы облегчает разработку и управление беспроводными системами следующим образом:

- минимизируется или исключается межканальная интерференция;
- оптимизируется план повторного использования частоты. Это происходит благодаря другому свойству, называемому коэффициентом обратного излучения антенны, который будет более подробно рассмотрен в следующем разделе;

- обеспечивается как минимум втрое большая емкость сети, чем при использовании всенаправленных антенн. Большинство операторов сотовой связи в США используют базовые станции, разделенные на три сектора, а в некоторых случаях – и на четыре. Тип используемой направленной антенны зависит от количества секторов, обслуживаемых базовой станцией;
- в случае базовой станции, разбитой на три сектора, используются антенны с шириной диаграммы направленности 120°. Графически такая система представляет собой окружность (соответствующую всенаправленной базовой станции), разбитую на три равных сектора;
- в случаях, когда используется базовая станция с четырьмя секторами, луч каждой антенны имеет ширину 90°;
- в случаях, когда используется базовая станция с шестью секторами, луч каждой антенны имеет ширину 60°.

Очевидно, что суммарно все базовые станции, разбитые на секторы, обслуживают зону, составляющую 360°. Количество секторов зависит от ширины луча используемых направленных антенн.

Каждый сектор имеет собственный набор радиоканалов. Кроме того, каждый сектор имеет собственный набор контрольных каналов и может переадресовывать звонки на соседние секторы, установленные на этой же самой вышке. На рис. 5.7 изображена концепция разбиения на секторы. На рис. 5.8 изображена зона покрытия базовой станции, разбитой на секторы.

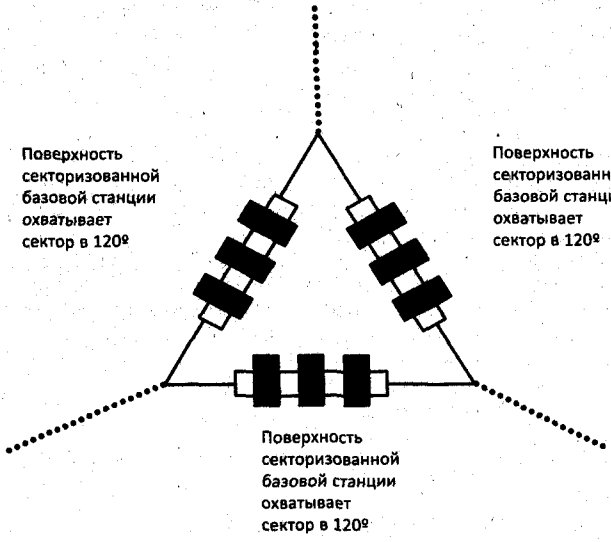


Рис. 5.7 • Принцип разбиения базовой станции на секторы (при использовании антенн с шириной луча 120º). Такое разбиение используется при построении большинства базовых станций

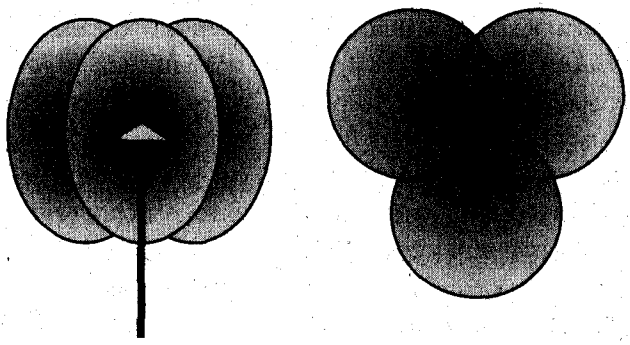


Рис. 5.8 • Образец антенны, разбитой на секторы, и результирующая зона обслуживания

5.8.1. ДИРЕКЦИОННЫЙ УГОЛ

При построении секторной базовых станций операторы сотовой связи ориентируются на *дирекционный угол* , часто называемый азимутом системы.

Дирекционный угол – это положение передней поверхности секторной соты относительно севера, измеряется в градусах. Дирекционный угол позволяет ориентировать все базовые станции для того, чтобы избежать интерференции между секторами, использующими одинаковые каналы.

Другими словами, оператор сотовой связи в городе X должен устанавливать платформы антенн так же, как установили другие, соседние операторы. Допускаются лишь некоторые исключения в случаях, когда необходимо связать сигналы на некоторых направлениях, например на скоростных шоссе.

5.8.2. УСТАНОВКА ВЫШЕК С НАПРАВЛЕННЫМИ АНТЕННАМИ

Установка вышек с направленными антеннами полностью отличается от установки всенаправленных антенн.

Направленные антенны используются на секторных базовых станциях. Такие станции более распространены, чем станции со всенаправленными антеннами, и их легче узнать. Секторные ячейки имеют треугольную платформу, которая крепится на башни, крыши, водонапорные башни и др. На каждый сектор, как правило, устанавливается три или четыре антенны, объединенные в антенную решетку. Типичная базовая станция содержит либо 9, либо 12 антенн по 3 и 8 футов (от 1 до 2,5 метра) в высоту и 12 дюймов (30 сантиметров) в ширину.

Как и всенаправленные антенны, направленные используют пространственные промежутки. На платформе устанавливаются две приемные антенны, установленные на конце по одной, расстояние между ними служит для того,

чтобы разделить приемные каналы. Из трех антенн, установленных на базовой станции, две являются приемными (RX 0 и RX 1), а третья, находящаяся посередине,– передающая. Передающая антенна излучает исходящий сигнал (от базовой станции к мобильному телефону). Как и во всенаправленных ячейках, разделенные приемные антенны принимают входящий сигнал с мобильного телефона. Базовые станции с четырьмя антеннами в секторе используют четвертую антенну для дополнительной передачи частот, отличных от традиционного спектра. Такие антенны обычно устанавливаются операторами сотовой связи, работающими в диапазоне 850 МГц. Пространственные промежутки будут подробнее рассмотрены в главе 10. Вернемся к рис. 5.3, на котором показана установка секционных базовых станций.

Расстояние между разделенными приемными антеннами составляет примерно 20 длин используемой волны.

Например, оператор использует частоту 1900 МГц, длина волны которой около 15 сантиметров. Поэтому расстояние между антеннами будет составлять около трех метров.

Длина платформ на вышках базовых станций различна по размерам и зависит от высоты вышки. Однако каждая платформа на любой базовой станции должна иметь одинаковую длину всех трех сторон. Например, три поверхности платформ должны быть равносторонними, но на различных базовых станциях они могут отличаться по размерам.

Иногда вы можете увидеть на базовых станциях только две антенны, в этом случае одна из них используется для приема обоих сигналов RX 0 и RX 1. Вторая используется для передачи сигнала.

В отличие от всенаправленных антенн, каждый сектор базовой станции может быть проанализирован и разработан отдельно для планирования использования частот. Это относится и к назначению радиоканалов, разделению трафика, передаче служебной информации.

Деление на секторы позоляет определить местонахождение абонента.

В некоторых случаях в одном или нескольких секторах устанавливаются направленные антенны с различными коэффициентами усиления для обеспечения более уверенного покрытия в определенных географических районах. Так делают для того, чтобы установить зоны действия базовых станций в тех местах, где могут возникнуть неблагоприятные взаимные влияния между соседними базовыми станциями. Для того чтобы избежать таких ситуаций,

операторы сотовой связи устанавливают направленные антенны с повышенным коэффициентом усиления только в каком-нибудь одном секторе.

5.8.3. КОЭФФИЦИЕНТ ОБРАТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

При установке направленных антенн в ячейках, разбитых на секторы, инженеры должны учитывать коэффициент обратного излучения для того, чтобы просчитать уровень сигнала, приходящего на антенну с обратной стороны. Обратный сигнал может вызвать межканальную интерференцию из-за возникающих задних лепестков диаграммы направленности антенн. Задние лепестки присутствуют при излучении с любой направленной антенны.

Обратный сигнал высчитывается как отношение уровня прямого сигнала к уровню сигнала, излученного с обратной стороны антенны. Антенны с высоким отношением прямого и обратного сигналов используются инженерами и менеджерами для уменьшения межканальной интерференции в секторных базовых станциях.

Отношение прямого сигнала к обратному всегда указывается производителями для каждой направленной антенны наряду с электрическими, частотными характеристиками и характеристиками усиления.

5.9. Интеллектуальные антенные системы

В конце 90-х годов произошло ограничение роста в производстве антенн в области качества, емкости и зоны покрытия беспроводных систем, обусловленное фундаментальными изменениями в технологии изготовления. Разделение на секторы было первым шагом в увеличении эффективности использования спектра в беспроводных системах связи. Следующим шагом стало создание управляемых антенн, более широко известных как «интеллектуальные антенны».

Хотя направленные антенны и секторы улучшают использование радиоканалов, они не избавлены от основного недостатка радиовещательных антенн – межканальной интерференции. За счет того что стандартные антенны не могут отслеживать местоположение абонента, они должны излучать сигнал большей мощности. Это может повлечь за собой интерференцию между своими сигналами или сигналами соседних сот. Секторные (направленные) антенны обеспечивают большее усиление по азимуту по сравнению со всенаправленными антеннами. Выше это описывалось как коэффициент усиления элементов антенны, но его не надо путать с системами интеллектуальных антенн.

Сложность борьбы с межканальной интерференцией является фактором, ограничивающим увеличение емкости беспроводной сети. Для уменьшения эффекта межканальной интерференции системы интеллектуальных антенн фокусируются на определенном абоненте, в то время как на остальных

абонентов приходится ограниченная часть сигнала. Преимуществом интеллектуальной системы антенн является возможность управления фокусировкой сигнала, что позволяет управлять емкостью сети, включая повторное использование частот, в определенном направлении.

Когда нужно увеличить емкость сети, системы интеллектуальных антенн могут обеспечить большую площадь покрытия для каждой ячейки, более высокую защиту от интерференции. В общем, каждая интеллектуальная антенна может обеспечить отдельный лепесток (луч) для каждого пользователя и уменьшение интерференции или шума от основного лепестка.

Интеллектуальные антенны созданы для того, чтобы помочь операторам сотовой связи справиться с различными уровнями трафика и при необходимости повысить уровень эффективности использования сети. Эти системы также позволяют изменять мощность излучения для изменения дальности действия антенны, что обеспечивает нужным уровнем сигнала заданную территорию без установки дополнительных вышек и антенн. Операторы сотовой связи могут изменять площадь обслуживания согласно требованиям трафика. Операторы могут изменять интенсивность излучения в течение суток или в определенные дни недели, когда это необходимо.

Обычно установленные на базовых станциях интеллектуальные антенны объединяются в антенные решетки с цифровой обработкой сигнала, что позволяет регулировать прием и передачу сигналов. Другими словами, этот тип системы может автоматически изменять направление излучения в ту сторону, где это необходимо.

Следующий пример может показать принцип действия интеллектуальной антенны. Представьте, что вы сидите в комнате в кресле, а кто-то разговаривает с вами и одновременно ходит по комнате. Вы можете определить с закрытыми глазами, в какой точке комнаты в данный момент находится ваш собеседник. Это очень похоже на действие интеллектуальной антенны: они находят пользователя, отслеживают его перемещение и обеспечивают его оптимальным уровнем радиосигнала, пока он находится в зоне действия данной станции.

Термины, которые часто ассоциируются с интеллектуальными антеннами,– это фазовые массивы (антенные решетки), множественный доступ с пространственным разделением (spatial division multiple access (SDMA)), пространственная обработка, цифровое формирование диаграммы направленности, адаптивная антенная система.

Системы интеллектуальных антенн подразделяются на две категории: системы с переключением луча и адаптивные антенные решетки. Каждая из категорий имеет свой подход к работе главного лепестка по отдельному направлению (абоненту) и способам борьбы с интерференцией или шумами.

5.9.1. СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АНТЕНН С ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ ЛУЧА

Системы интеллектуальных антенн с переключением луча используют определенное число предопределенных режимов. Эти системы антенн определяют уровень сигнала, выбирают из заранее определенного набора луч и переключаются от одного луча на другой при передвижении мобильного телефона в зоне данного сектора. Системы с переключением луча передают данные пользователям только по заданным направлениям, ориентируясь на сигнал, пришедший с мобильного телефона. *Переключающиеся лучи* – это система, которая является новой ступенью в развитии секторизации сот: переключающиеся лучи обеспечивают еще большее разделение макросот на микросоты, обеспечивая большую дальность действия и емкость сети. Каждая микросота имеет определенное число лучей, мощность которых максимальна в их центре и минимальна в любом другом месте. Для создания таких систем используются антенные элементы с большим коэффициентом усиления по азимуту. Такая система выбирает одно из нескольких направлений, в котором луч будет иметь максимальную мощность. Система переключает лучи в различных направлениях при помощи изменения фазы сигнала. Когда пользователь находится в определенном секторе, система переключения лучей наводит луч в этот сектор, за счет чего обеспечивается высочайший уровень сигнала. При совершении абонентом вызова система выделяет максимальный сигнал в заданный сектор.

Конструкция переключающихся лучей является самой простой среди конструкций интеллектуальных антенн. Основная идея состоит в том, чтобы переключить сигнал в нужном направлении для обеспечения наилучшего сигнала. На рис. 5.9 изображена схема зоны покрытия сектора с переключающимся лучом.

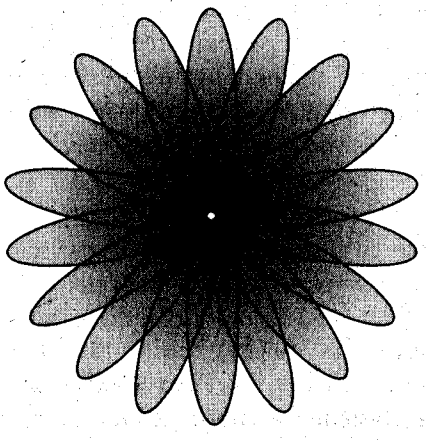


Рис. 5.9 • Зоны покрытия базовой станции с переключающимся лучом

5.9.2. СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АДАПТИВНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

Системы интеллектуальных адаптивных антенных решеток представляют наиболее передовую технологию на сегодняшний день. Используя различные алгоритмы для обработки сигналов, адаптивная система имеет преимущества в способности эффективно использовать различные типы сигналов, динамически сводя к минимуму интерференцию и увеличивая возможности приема сигнала. Системы адаптивных антенн осуществляют взаимодействие пользовательского мобильного телефона и базовой станции, фактически увеличивая пространственную емкость системы.

Приспосабливаясь к окружающей среде, адаптивные антенные решетки могут динамически изменять вид сигнала, что оптимизирует производительность беспроводной системы связи.

Адаптивные антенные решетки используют сложные алгоритмы обработки сигналов для того, чтобы выделить полезный сигнал среди отраженных сигналов и помех, равно как и направление приема сигнала. Системы с адаптивными антенными решетками обладают лучшими характеристиками приема сигналов и большей избирательностью при передаче. Они постоянно обновляют информацию о полезном сигнале и помехе, что позволяет корректировать стратегию передачи.

Технология адаптивных антенных решеток извесна как SDMA. SDMA использует новые методы обработки сигнала, что позволяет определять местонахождение, отслеживать неподвижные или мобильные терминалы, динамически управлять передачей, избегая интерференции. Технология адаптивных антенных решеток позволяет эффективно подавлять помехи, что дает возможность повысить эффетивность повторного использования частот. В сущности, SDMA может передавать сигнал только в том направлении, где находится пользователь. При применении сложных алгоритмов и производительного оборудования пространственная обработка имеет неоспоримые преимущества, что позволяет вывести подавление помех на новый уровень. При пространственной обработке динамически создаются различные секторы для каждого пользователя, при этом в реальном времени происходит переназначение рабочих частот.

Для обработки принятого сигнала используется массив антенных элементов (обычно 4 или 12, где каждый элемент управляется отдельно). Элементы антенны могут быть объеденены в массив линейно, вкруговую либо в виде плоской поверхности, которая наиболее часто устанавливается на базовых станциях (хотя может быть использована в мобильных телефонах и ноутбуках).

На рис. 5.10 показан пример действия адаптивного массива антенн, каким образом сигнал доходит до абонента (при этом уменьшена интерференция путем точного выбора направления).

5.9.3. ОСОБЕННОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ

Различие между двумя основными категориями интеллектуальных антенн заключается в стратегии передачи сигнала: системы антенн с переключением луча используют конечное число предопределенных секторов. При передвижении пользователя в пределах макросектора беспроводные телефонные разговоры переключаются с одного микросектора в другой. И наоборот, адаптивные антенные решетки используют неограниченный набор комбинаций частот, между которыми они переключаются в реальном времени, управляя лепестком при движении пользователя в пределах сектора.

Обе системы могут увеличивать мощность излучения в направлении абонента. Однако только адаптивные системы обеспечивают оптимальную мощность при одновременной идентификации пользователя, отслеживании и сведении к минимуму интерференции. Системы с переключением луча имеют огромный набор технических характеристик, отличающихся от адаптивных. При небольших модификациях интеллектуальные антенные системы можно использовать в любой беспроводной системе для передачи по всем основным протоколам и стандартам.

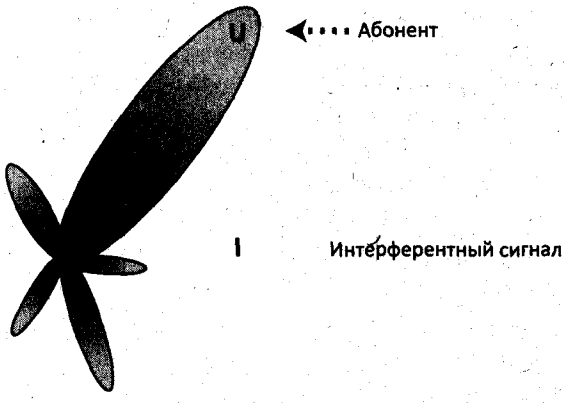


Рис. 5.10 • Зона покрытия адаптивного массива антенн (обратите внимание на величину основного лепестка)

Решение с переключением луча является лучшим для обеспечения минимальной межканальной интерференции, однако результаты при различении полезного сигнала на фоне помехи у него хуже. Технология адаптивных антенных решеток позволяет более эффективно бороться с помехами, так как имеет неограниченное количество комбинаций для приема и передачи сигнала; ее тонкий луч позволяет сделать интерференцию между двумя рядом стоящими абонентами меньше, чем при использовании системы с переключением луча.

Простые антенны работают для выполнения простых задач. Однако интеллектуальные антенны нужны для работы с огромным количеством абонентов, так как решают задачи по уменьшению интерференции и увеличению передачи информации и емкости сети. Их интеллектуальность заключается в цифровой обработке сигнала.

Хотя интеллектуальные антенны и очень выгодны для построения беспроводной сети, все же они имеют свои недостатки. Основной из них – это высокая требовательность к вычислительным ресурсам. Но самым большим недостатком является их огромная стоимость. Стоимость обычной антенны для базовой станции составляет порядка 500 долларов (стоимость всех антенн для станции). На фоне этого стоимость интеллектуальной антенны кажется огромной: 4500 долларов за каждую. Эта высокая стоимость и ограничивает широкое использование интеллектуальных антенн в беспроводных системах связи. Однако как только цена опустится ниже определенного уровня, операторы сотовой связи начнут осуществлять переход на системы с такими антеннами.

5.10. Газоплазменные антенны

В мае 2004 года компания Markland Technologies анонсировала свою новую разработку газоплазменной технологии, которую можно было использовать для защищенной передачи данных в стандарте Wi-Fi, для военных и бизнес-технологий. Эта технология позволяет регулировать ширину спектра, ширину луча, а также его направление.

Компания надеялась, что создала лучшую систему защиты для сетей Wi-Fi, на таких антеннах могут работать несколько операторов одновременно. Технология газоплазменных антенн позволяет организовать высоко направленную и электронно управляемую передачу данных. Это обусловлено там, что переход из рабочего в нерабочее состояние и наоборот происходит за время меньше одной микросекунды. Такая антенна может быть быстро перестроена с одного направления на другое или может просканировать диапазон с высокой скоростью. Но кроме высокой скорости переключения направления работы она может быстро переключаться между диапазонами, что не могут себе позволить обычные Wi-Fi антенны. Советую вам проследить, как будет развиваться эта технология в дальнейшем.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- ◉ Обтекатель из белого или серого стекловолокна защищает антенну от внешних воздействий.

- Коэффициент усиления антенны – логарифмическая величина.
- При увеличении мощности антенны вдвое происходит увеличение коэффициента усиления антенны на 10 дБ.
- Антенны с переключением луча используют неограниченное число комбинаций для переключения, что позволяет ориентировать сигнал на отдельного пользователя.
- Направленные антенны имеют больший коэффициент усиления по сравнению со всенаправленными.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Коэффициент усиления антенны определяется как сжатие излучаемого сигнала в:

a) горизонтальной плоскости;
b) двунаправленно;
c) направленно;
d) в вертикальной плоскости.

Какой величиной измеряется мощность радиосигнала?

a) герц;
b) электромагнитная индукция;
c) децибел;
d) разбиение на каналы;
e) ни один из перечисленных вариантов.

6 Цифровые беспроводные технологии (TDMA/IS-136, CDMA, GSM)

Вплоть до 1992 года операторы сотовой связи, работающие в диапазоне 850 МГц, использовали аналоговые технологии организации работы сети. Приемо-передающие устройства базовых станций были тоже аналоговыми. Аналоговыми были и мобильные телефоны, которые передавали сигнал базовой станции по обычному радиоканалу FM-диапазона.

Так как спрос на коммерческую мобильную связь значительно возрос по сравнению с 1983 годом, операторы мобильной связи выяснили, что принципы построения радиосетей и проводных сетей не могут быть использованы в их области. Это стало очевидным, когда десятки тысяч людей в 1990-х годах подключились к беспроводным сервисам. К средине 1990-х для операторов, работающих в диапазоне 850 МГц, проблема увеличения емкости сети стала критической.

Операторы сотовой связи нашли, что лучший путь повысить емкость сети – это использовать *метод множественного доступа с частотным разделением* (FDMA – frequency division multiple access). Метод множественного доступа определяет, как радиоспектр разделяется на дискретные каналы и как каналы распределяются между пользователями. Технология множественного доступа позволяет большому количеству пользователей резделять набор радиоканалов так, что каждый пользователь может получить доступ к любому каналу.

Неослабевающий рост числа абонентов беспроводной сети должен быть предупрежден ростом емкости сети. Самым дорогостоящим способом является секционирование сот (уменьшение зоны действия каждой старой базовой станции и установка дополнительных базовых станций в образовавшихся пустых районах). Однако в густонаселенных районах крупных городах бывает сложно найти место для установки новой базовой станции. Поэтому операторам сотовой связи, работающим в диапазоне 850 МГц, нужно было новое решение, позволяющее повысить емкость сети без установки дополнительных базовых станций. Выходом из сложившейся ситуации стал переход на цифровые технологии, которые позволяли использовать существующий спектр более эффективно. В марте 1988 года Telecom Industry Association (TIA) создала подкомиссию для разработки нового цифрового сотового стандарта. В 1992 году операторы сотовой связи начали установку системы IS-54, использующую *множественный дос-*

туп с временным разделением (TDMA – time division multiple access) для увеличения емкости своих сетей.

В настоящее время используются три основные технологии: IS-136 (TDMA), GSM (Global System for Mobile Comunications) и CDMA (Code Division Multiple Access). IS-136 – это быстро отмирающая технология. Остальные цифровые технологии еще широко используются, однако им на смену приходят так называемые технологии третьего поколения (смотрите главу 7). На рис. 6.1 показано, как функционируют цифровые беспроводные технологии и как они используют радиоспектр. Обратите внимание, что на рисунке приведена иллюстрация и для аналоговой технологии FDMA.

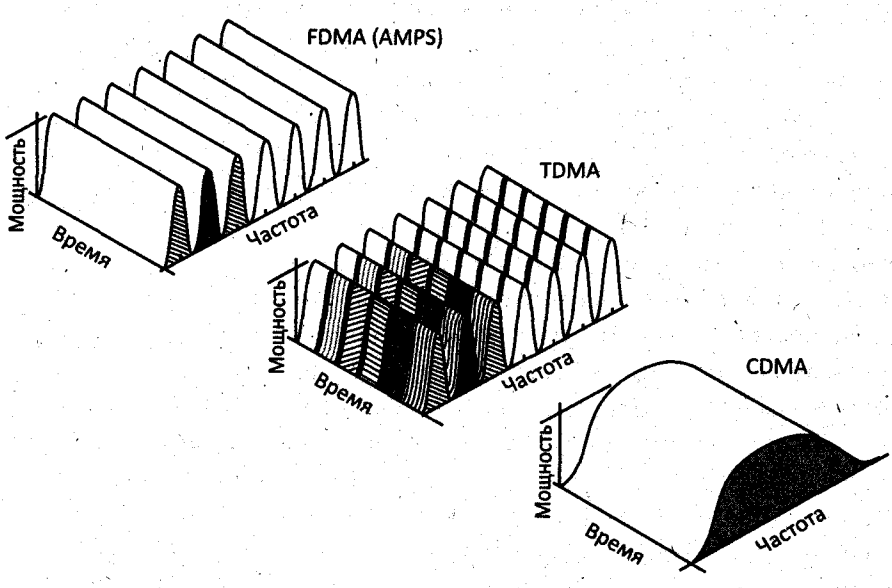


Рис. 6.1 • *Методы множественного доступа в беспроводных технологиях.*
FDMA: абоненты используют разные частоты в различные промежутки времени.
TDMA: абоненты используют разные частоты в различные промежутки времени.
CDMA: абоненты имеют собственные каналы, определяемые специальными кодами, используя частотные диапазоны шириной 1,25 МГц

6.1. Цифровые беспроводные системы против аналоговых

Цифровые беспроводные технологии имеют ряд неоспоримых преимуществ, которые аналоговые технологии просто не могут реализовать по своей природе:

- цифровые технологии, используя тот же спектр, что и аналоговые, делают это более полно. Основной целью перехода на цифровые технологии изначально являлось более полное использование спектра. Цифровые беспроводные технологии, по сравнению с аналоговыми системами (AMPS), позволяют использовать существенно большее количество радиоканалов;
- цифровые базовые станции стоят гораздо дешевле аналоговых. Это происходит потому, что цифровые базовые станции используют оборудование, имеющее гораздо меньшие, по сравнению с аналоговыми, размеры, что, в конечном счете, и сказывается на стоимости;
- цифровые системы создают сигнал, который гораздо «чище», чем в аналоговых системах. Собственно говоря некоторые операторы сотовой связи даже передают в эфир белый шум, так как некоторые пользователи не могут разговаривать, когда в трубке полная тишина. Так происходит потому, что абоненты привыкли к шуму или небольшому шипению в трубке аппарата при вызове;
- цифровые беспроводные системы обеспечивают больший уровень безопасности, их трудно, даже почти невозможно взломать;
- цифровые системы имеют защиту от клонирования;
- оборудование в цифровых технологиях имеет меньшие размеры по сравнению с аналоговыми, следовательно, мобильные телефоны стали более компактными и легкими;
- некоторые цифровые системы (GSM, CDMA) имеют функцию передачи вызова, что обеспечивает бесперебойную связь при передвижении абонента из зоны обслуживания одной базовой станции к другой;
- из-за природы передачи сигнала в беспроводных технологиях, вместо использования децибел для измерения уровня помехи операторы используют частоту появления ошибочных битов (bit error rate – BER) и частоту появления искаженных (ошибочных) кадров (frame error rate – FER).

6.2. Голосовые кодеки (вокодеры)

Все разговоры от начала и до конца представляют собой аналоговую информацию, так как это единственный путь, по которому человеческое ухо и мозг могут воспринять информацию.

Развертывание цифровых беспроводных систем было бы невозможно без создания таких устройств, как вокодеры. Вокодер – это устройство, кодирующее и раскодирующее звуки голоса (vocoder – voice coder/decoder).

Человеческую речь довольно легко можно воспроизвести. Вокодеры – это программы и электронные устройства, встроенные в мобильный телефон и приемопередатчики базовых станций для того, чтобы оцифровывать человеческую речь. Вокодеры позволяют существовать беспроводным цифровым системам связи, давая возможность использовать радиоспектр полностью. Способ, с помощью которого голос дискретизируется и передается по каналу в беспроводных системах, определяется вокодером.

Вокодеры просто передают человеческую речь, оцифровывая ее и формируя пакеты. Цифровые пакеты передаются с мобильного телефона на базовую станцию на частоте, определенной оператором. Информация пересылается в виде пакетов (отдельных цифровых сообщений, которые в сумме несут информацию). Пакет – это единица информации, передаваемая между отправителем и адресатом в Интернете или любой другой сети. Вокодеры, установленные на базовой станции, декодируют импульсы и пересылают их по наземным сетям в мобильный центр коммутации.

В системах GSM полноразрядные вокодеры позволяют вести восемь одновременных бесед в канале шириной 250 кГц, где на каждый канал приходится около 25 кГц.

TDMA/IS-136 работают по такому же принципу, но на одном канале можно вести одновременно только три беседы.

Система CDMA уникальна в распределении разговоров по каналам (несущим) и это больше относится к характеристикам вокодера.

Полуразрядные вокодеры могут оцифровывать человеческую речь с половинным использованием того спектра, который предоставлен полноразрядным вокодерам. С помощью полуразрядных вокодеров возможно использование спектра в два раза интенсивнее. Это теоретически может повысить емкость сети вдвое, что предполагает широкое использование полуразрядных вокодеров для расширения системы. В GSM полуразрядные вокодеры используются для ведения 16 одновременных разговоров на одном канале. В системах TDMA полуразрядный вокодер позволяет вести шесть одновременных бесед. Это служит причиной того, что многие операторы сотовой связи сегодня используют полуразрядные вокодеры в своих беспроводных системах связи.

Полуразрядные вокодеры могут давать большую частоту появления искаженных бит, однако в сравнении с концом 1990-х годов произошло качественное их улучшение, что позволило многим операторам использовать их в системе для наиболее полного использования спектра. Для использования полуразрядного вокодера необходимо реализовать поддержку как в базовой станции, так и в телефоне.

6.3. Технология множественного доступа с разделением по времени (TDMA)

6.3.1. ИСТОРИЯ

TDMA – это название технологии, которая используется в некоторых беспроводных сетях, таких как IS-136 и GSM. Эта технология была одобрена ассоциацией TIA в 1992 году, и в 1993-м начала использоваться в коммерческих целях. Она использовалась как в диапазоне 850 МГц, так и в 1900 МГц.

TDMA стала первой цифровой технологией, которая начала использоваться в беспроводных сетях. IS-54 – это ранняя версия стандарта, использующего TDMA, определившего направление перехода от аналоговых к цифровым системам. Стандарт связи IS-54 также более известен, как D-AMPS (digital AMPS), он относился к TDMA, так как в нем уже использовалось цифровое радио. Основное назначение этого стандарта – постепенный переход от аналогового стандарта AMPS к цифровому.

Оборудование стандарта TDMA/IS-54 должно было сосуществовать с оборудованием AMPS, так как в то время это был основной стандарт. Основной проблемой при внедрении TDMA стала интерференция между цифровыми и аналоговыми радиоканалами. В дополнение к этому низкое качество вокодеров, используемых в то время, приводило к негативной реакции пользователей, требующих высококачественную связь. В ранних системах наблюдались обрывы разговоров, статические шумы, изменения тембра голоса и т.п.

Однако усовершенствования, сделанные в 90-х годах, привели к возникновению двухрежимных TDMA/AMPS передач данных. На сегодняшний день качество вокодеров благодаря развитию технологий стало намного лучше.

Развитие стандарта TDMA, в частности IS-136, привело к переходу на полностью цифровые системы связи, что позволило наладить такие услуги, как определитель номера, а также передача коротких текстовых сообщений SMS.

6.3.2. УСТАНОВКА И УПРАВЛЕНИЕ TDMA

Технология TDMA использует разделенное по времени мультиплексирование, что позволяет использовать один канал несколькими пользователями. Система TDMA использует по два канала в различные промежутки времени для каждого разговора. В TDMA IS-136 спектр разделен на участки 30 кГц. Для входящей и исходящей связи используются различные каналы.

Каждый канал по 30 кГц разделен на 6 временных участков, где два участка используются для исходящего вызова, а два – для входящего. Это значит, что TDMA (IS-136) использует дуплексное разделение частоты. Таким образом, три абонента могут использовать один канал одновременно.

AT&T Wireless – компания, широко использующая технологию TDMA/IS-136, является дочерней компанией Cingular Wireless. AT&T Wireless имеет долгую историю, связанную с технологией TDMA, начавшуюся с покупки оборудования у McCaw Cellular Communications в начале 90-х годов. Сеть McCaw широко использовала технологии TDMA (IS-54 и IS-136). Для экономии AT&T решили использовать уже существующее оборудование. В конце концов они пожалели об этом, так как технология IS-136 имеет ограниченные возможности для совмещения с CDMA и GSM.

Технология TDMA постепенно вытесняется CDMA и GSM, так как последние, будучи полностью цифровыми, обладают существенными преимуществами:

- CDMA и GSM являются менее дорогостоящими технологиями, так как при использовании одинакового спектра могут обеспечить большую зону покрытия и емкость сети по сравнению с TDMA;
- все основные операторы сотовой связи, за исключением AT&T, используют либо CDMA, либо GSM;
- в течение последних нескольких лет было выпущено множество статей о перспективах развития технологий CDMA и GSM. Ни в одной из них не упоминалось о TDMA/IS-136. Причиной этому служит множество технических ограничений в старой технологии.

6.4. Множественный доступ с кодовым разделением каналов (CDMA)

6.4.1. ШИРОКОПОЛОСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Цифровая широкополосная технология (DSS – digital spread spectrum) начала свое развитие со времен Второй мировой войны. Она развивалась в нескольких направлениях, основные из которых залючались в использовании скачкообразной перестройки частоты (перескок частоты) и последовательности для непосредственной коммутации несущей. Скачкообразная перестройка частоты – ранняя версия широкополосной технологии, эта технология была изобретена актрисой Хеди Ламарр (Hedy Lamarr) во время Второй мировой войны для того, чтобы помочь американским торпедам более точно находить цель. Ламарр и ее музыкальный аранжировщик изобрели концепцию прыгающих частот. Ламарр не стала получать патент на свое изобретение и не получила за это никаких денег. Существовавшая во времена войны электроника была очень примитивной. Аранжировщик Ламарр использовал механическую систему переключения, похожую на клавиши пианино, таким образом осуществлялось переключение на другую частоту до того, как противник мог

ее зафиксировать. Эта концепция была взята в расчет инженерами в 1957 году для создания основы военной защищенной связи. Эта технология нашла свое первое применение на кораблях, посланных для блокады Кубы в 1962 году, через три года после изобретения.

В 1985 году FCC разрешила использовать три частотных диапазона для широкополосной связи, которая имела большую защиту от интерференции и шумов по сравнению с традиционными технологиями. Единственное ограничение при производстве: продукция должна соответствовать требованиям комиссии FCC. Правила FCC были изменены в 1985 году, с учетом развития цифровых технологий, что позволило ускорить развитие широкополосных технологий. Эти технологии предлагали существенное улучшение использования не только сотовых технологий, но и многих других нелицензируемых микроволновых систем (*смотрите главу 15*).

6.4.1.1 Сравнение широкополосного радио и обычного радио. Обычные радиосигналы передаются в узком диапазоне, где сконцентрирована вся их мощность. Из-за того что обычное радио использует довольно узкую часть спектра, комиссия FCC одобрила его развитие. Но результатом узкополосного радио стало возникновение интерференции, что часто приводило к тому, что такое радио становилось неработоспособным.

Существует как минимум две проблемы с традиционным радио, которые возникают при некоторых обстоятельствах. Первая: узкий сигнал способен вызвать интерференцию. Это происходит, когда начинает излучаться сигнал, частота которого близка к частоте первого сигнала. В результате происходит эффект межканальной интерференции. В основном интерференция возникает из-за любительских радио, а также может происходить при ведении военных действий. Вторая: постоянная частота сигнала довольно легко перехватывается и может быть прослушана, поэтому обычное радио не удовлетворяет требованиям безопасности.

Для того чтобы минимизировать проблемы, которые могут возникнуть из-за уязвимости обычного радио, частота передаваемого сигнала должна периодически изменяться в пределах широкого диапазона спектра. Это изменение должно выполняться в соответствии со сложной математической функцией. Для перехвата сигнала приемник должен перестраивать частоту в точном соответствии с этой функцией. Приемник должен знать начальное значения частоты и время, когда начнется передача сигнала. На этой основе построены все существующие на сегодняшний день широкополосные системы.

Широкополосные сигналы, распространяющиеся в широком диапазоне частот и принимающиеся приемником на частотах передачи, являются настолько незаметными для другой аппаратуры, что их как будто вообще нет. Для того чтобы сделать их более шумоподобными, производители сделали

так, что чем больше информации передается, тем больший диапазон используется. Широкополосные передатчики используют такой же уровень мощности, что и обычные. Но из-за того, что ширина сигнала очень высока, их мощность намного ниже, чем у традиционных передатчиков. Такая характеристика дает широкополосным сигналам большие преимущества, так как обычные сигналы занимают узкую полосу частот, которая может вызвать интерференцию. Широкополосная технология хороша тем, что сигналы не могут быть перехвачены военным противником, они вряд ли будут взаимодействовать с другими такими же сигналами делового или гражданского назначения, даже если будут работать на одной и той же частоте. Так же, как их сложно перехватить или заглушить, их сложно и смоделировать или использовать. Перехват сигнала – это возможность пользователя, не имеющего отношения к сети, прослушать передаваемый по беспроводным сетям трафик. «Спуфинг» (имитация) – это действие, при котором в эфир посылаются сигналы, замещающие полезные, в результате чего передается неверная информация. Широкополосные сигналы действительно более защищенны, чем традиционное радио.

Энергия распределяется по широкому спектру, следовательно, имеет низкую плотность энергии, что делает сигнал неспособным вызвать интерференцию между сигналами соседних сетей. Все широкополосные системы имеют порог или уровень допуска интерференции, выше которого связь не работает. Этот порог связан коэффициентом расширения спектра сигнала. Коэффициент расширения спектра сигнала – отношение ширины радиоспектра к используемому спектру.

В широкополосных системах радиопередатчик передает данные определенным методом на несущей частоте. Входящими данными в мире беспроводных технологий могут быть как человеческая речь, так и музыка, видео, изображения, а также комбинация нескольких этих типов. Каждый приемник должен понимать метод, с помощью которого сигнал будет передан, чтобы правильно расширить для него спектр.

6.4.1.2 Два типа широкополосных технологий. Существует два основных метода распространения сигнала: скачкообразная перестройка часторы (перескок частоты) и последовательность для непосредственной коммутации несущей (использование прямой последовательности). При использовании прямой последовательности сигналы распространяются по широкой части спектра. Это похоже на действие технологии CDMA, в которой используется прямая последовательность распространения сигнала.

Перескок частоты – ранняя технология широкополосной модуляции. Любое радио с цифровым контроллером частоты теоретически может при-

нимать сигналы с прыгающими частотами. Это преобразование требует добавления генератора псевдошума (PN) для выбора частот на прием и передачу. Многие системы с прыгающими частотами работают на уже использующихся частотах. Однако это не является необходимостью, так как и передатчик, и приемник знают, какие частоты должны быть пропущены. Системы с прыгающими частотами используют аналоговую или цифровую модуляцию и могут быть созданы при использовании обычных технологий. Переход на новые частоты в приемнике осуществляется синхронизатором с использованием PN-генератора.

Основная идея прыгающих частот проста: вместо передачи сигнала на одной частоте широкополосная система быстро переключается с одной частоты на другую. Каждая следующая частота выбирается случайным образом, таким образом этот сигнал сложно перехватить или заглушить. Основная задача – синхронизировать приемник и передатчик. Используя точную временную систему и генератор псевдослучайной последовательности, достаточно просто выполнить синхронизацию приемника и передатчика. На сегодняшний день широкополосные коммуникации объединены с цифровыми технологиями, что позволяет уменьшить помехи при передаче и добиться более высокой защиты передаваемых данных. В гражданских коммуникациях эта технология часто используется в беспроводных мобильных телефонах, больших беспроводных компьютерных сетях и беспроводных сетях, использующих технологию CDMA.

Другие устройства, для которых сигнал не предназначен, не смогут его принять, так как изменение частоты происходит несколько раз в секунду. Поэтому излучаемая мощность на любом канале очень мала, и другие устройства, работающие на этой частоте, даже не смогут распознать этот сигнал. Широкополосная технология также известна как система, работающая на уровне шума.

Другие, более распространенные, полностью цифровые широкополосные системы называются системами распространения спектра прямой последовательности. Эти системы используют локально сгенерированный PN-код для расшифровки переданной информации. Локальный код передается с гораздо большей скоростью, чем данные. Данные для передачи просто добавляются в код. Операторы связи используют двоичную фазовую манипуляцию (*binary phase shift keying* – BPSK), что возможно при использовании прямой последовательности. BPSK является самым простым и наиболее часто использующимся способом модуляции в беспроводных технологиях.

Широкополосные приемники используют локально сгенерированный PN-код, а коррелятор выделяет из всех возможных сигналов только

полезный. Коррелятор можно сравнить с фильтром; он выделяет только те сигналы, которые могут быть декодированы его собственным PN-кодом. Таким образом, широкополосный коррелятор может быть настроен на прием различной информации с помощью простого изменения кода. Коррелятор не реагирует на искусственные и естественные шумы, он просто выделяет широкополосный сигнал, который обладает нужными характеристиками, и может быть декодирован с помощью PN-кода.

6.4.1.3. Широкополосный режим. Широкополосные сигналы используют быстрые коды, которые многократно изменяются в процессе передачи информации. Эти специально сгенерированные коды называются псевдослучайными шумами (pseudo random noise – PN). Они называются псевдослучайными потому, что на самом деле не являются случайным (белым) шумом. Использование таких специальных кодов в широкополосной связи позволяет создавать системы, работающие на уровне шумов. С их помощью сигнал имеет высокое качество и стойкость к перехвату. Широкополосные сигналы невозможно перехватить обычным радиооборудованием, потому что спектр сигнала от 10 до 100 раз больше, чем ширина информационной полосы частот. Информационная полоса частот – это то, что в действительности передается: музыка, изображения, видео.

Для выполнения условий широкополосного сигнала необходимо соответствие двух параметров:

- полоса пропускания сигнала должна быть шире информационной полосы частот;
- некоторые коды, отличные от передаваемой информации, должны передаваться также по полосе пропускания.

На рис. 6.2 показан спектр сигнала. Он показывает действительную природу распространяемого сигнала. Этот рисунок также отражает природу сигналов системы CDMA, изображенной на рис. 6.1.

В конечном счете преимущества широкополосной технологии состоят в следующем:

- защита от интерференции: технология распространения спектра более защищена от шумов в отличие от обычного радиосигнала;
- возможность использования множества каналов: обычное радио работает на определенной частоте, которая разрешена к использованию комиссией FCC, то есть оборудование должно соответствовать их требованиям. Это не имеет значения для широкополосной технологии, что дает дополнительные возможности и эффективность в использовании;
- передача данных с использованием широкополосного сигнала позволяет использовать множество каналов, которые динамически переключаются

под управлением программного обеспечения. Это позволяет использовать повторители, избыточные базовые станции и ячейки, зоны обслуживания которых накладываются друг на друга.

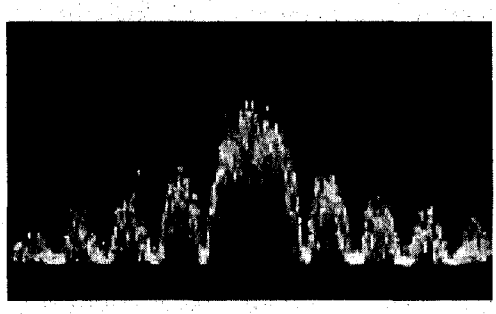


Рис. 6.2 • Фото спектра широкополосного сигнала прямой последовательности, сделанное с помощью спектрального анализатора.

6.4.2. ОСНОВЫ CDMA

CDMA – это Американский цифровой стандарт связи, разработанный для коммерческого использования компанией Qualcomm, находящейся в городе Сан-Диего штата Калифорния. Лицензия на использование этого стандарта была куплена компанией Ericsson, а также некоторыми другими компаниями. CDMA изначально разрабатывался как стандарт военной связи, так как в связи с его природой его крайне сложно, практически невозможно перехватить. CDMA приобрел множество дополнительных свойств, когда его стали использовать в коммерческих целях. Теперь он называется несколькими именами: IS-95, J-STD-008 (диапазон персональной подвижной связи), CDMA-2000. Этот стандарт первоначально был принят к использованию в США и нескольких азиатских странах, включая Гонконг.

CDMA – широкополосная технология. Каждый бит переданной информации сопровождается уникальным кодом. Сигналы каждого звонка распространяются в широком диапазоне спектра, отсюда и термин «распространение спектра». Рассеянные сигналы похожи на шум, принять их может только тот приемник, который обладает соответствующими кодами для расшифровки. Это позволяет работать на одной частоте нескольким операторам сотовой связи.

В CDMA для передачи нескольких разговоров может использоваться частотный диапазон шириной 1,25 МГц при использовании псевдослучайных кодов, называемых кодами Уолша. Исходя из природы распространения этого сигнала, в данной системе не используется множество сот с различными частотами. Повторное использование частот работает без интерференции. Широкополосный CDMA будет подробнее рассмотрен в главе 7.

Каждая базовая станция CDMA использует одновременно одинаковые диапазоны по 1,25 МГц. Единственное различие между каждым блоком спектра базовых станций заключается в псевдослучайном коде Уолша. На каждый блок в системе CDMAOne (IS-95A/B) возможно использование 64 комбинаций кода.

Когда совершается телефонный звонок в системе CMDA, человеческий голос преобразуется в цифровой код. Полученные цифровые сигналы сначала коррелируются с псевдослучайным кодом. Как уже обсуждалось в разделе 5.4.1, коррелятор преобразует обычный сигнал в зашифрованный. Зашифрованный сигнал передается в полосе 1,25 МГц. В приемном терминале сигнал демодулируется обратно в обычный сигнал, а затем проходит через декоррелятор. Декоррелятор использует свои уникальные коды для того, чтобы выделить предназначенный только для него сигнал. Сигнал, зашифрованный коррелятором, может быть преобразован в исходный декоррелятором только с использованием оригинального кода. Декоррелирование сигнала неверными кодами приведет в конечном итоге к обычному шуму, не несущему никакой информации.

Ниже приведена аналогия, хорошо демонстрирующая, как работает технология CDMA. Представьте, что вы сидите в центре комнаты, в которой кроме вас находится еще четыре человека, разговаривающие на разных языках: испанском, корейском, китайском и английском. Ваш родной язык – английский. Вы можете разобрать только речь человека, который говорит на английском, а на остальных не обращаете внимания. Вы можете слушать только то, что понимаете. Примерно то же самое происходит в системе CDMA. Множество пользователей используют один и тот же частотный диапазон, но могут слышать только своего собеседника, так как все остальные абоненты защищены кодом Уолша.

Сотовые сети CDMA имеют управляющие каналы, которые не используются для передачи данных, они несут служебную информацию, позволяющую совершать вызовы в системе, а также для синхронизации. Отдельный управляющий канал есть в каждом секторе ячейки и имеет свой собственный уникальный код.

6.4.3. CDMAONE И CDMA 2000

CDMAOne включает в себя три разновидности стандарта CDMA: IS-95A, IS-95B, J-STD-008. Стандарт J-STD-008 совместим с IS-95A и IS-95B с разницей в управлении частотным диапазоном. Основное отличие между IS-95A и IS-95B заключается в том, что IS-95B позволяет работать ISDN (Integrated Services Digital Network – интегрированные сервисы цифровых сетей).

При установке системы IS-95 возникают такие же проблемы, как и при установке обычных базовых станций диапазона 850 или 1900 МГц, например

ослабление сигнала из-за дальности. Единственное различие между этими двумя диапазонами – то, что CDMA имеет некоторые особенности сигнала 850 МГц, влияющие на работу существующих сотовых сетей.

CDMA2000 имеет второе название IS-2000, это стандарт, имеющий обратную совместимость с сетями IS-95A/B и J-STD-008. CDMA2000 имеет спецификацию 3G (североамериканская версия широкополосного CDMA). Другими словами, если операторы сотовой связи решат усовершенствовать систему IS-95 до CDMA2000, то они это смогут сделать в несколько этапов. CDMA2000 также имеет такую характеристику, как высокоскоростной обмен данными, где высокая скорость определяется наличием спецификации IMT-2000. CDMA2000 будет более подробно рассмотрен в главе 7.

6.4.4. АРХИТЕКТУРА CDMA

До широкого распространения систем CDMA существовали сомнения, что они не смогут справиться с высоким трафиком. Также на промышленных предприятиях были сомнения по поводу того, что системы CDMA не смогут работать при большом количестве абонентов. Этими предприятиями были PrimeCo PCS (в настоящее время не функционирует), Verizon Wireless, Sprint PCS, и они сомневались, что CDMA сможет работать с тысячами, не говоря уже о миллионах абонентов.

Теоретически должно быть девять каналов по 1,25 МГц на одну базовую станцию. И, опять же теоретически, каждый из каналов должен обеспечивать от 22 до 40 беспроводных вызовов.

На сегодняшний день ситуация следующая: операторы сотовой связи используют три-четыре канала по 1;25 МГц на каждой базовой станции. Это емкость всех секторов базовой станции. Каждый оператор сотовой связи CDMA может обеспечить около 22 звонков, как и было упомянуто ранее. Сети CDMA поколения 3G могут обеспечить гораздо большее количество абонентов, обслуживаемых одной базовой станцией, от шести до восьми каналов, путем использования дополнительного диапазона.

6.4.4.1. Управление мощностью. Базовые станции регулируют мощность излучения всех мобильных телефонов в своей зоне покрытия для недопущения эффекта интерференции. Все сигналы с мобильных телефонов должны быть приняты базовой станцией с таким уровнем мощности, чтобы они были правильно раскодированы. Управление мощностью – это необходимый элемент управления в цифровых системах CDMA. Например, если базовая станция, находящаяся в десяти милях, будет излучать слишком сильный сигнал,

намного превосходящий сигнал ближайшей станции, то мобильным телефоном будет принят сигнал только дальней станции. Поэтому управление мощностью сигнала осуществляется всеми базовыми станциями.

Управление мощностью абсолютно необходимо для управления емкостью сети CDMA. Преимуществом регулирования мощности является то, что время автономной работы мобильного телефона будет намного больше, если он будет работать на низкой мощности излучения. Управление мощностью также присутствует в системах AMPS, TDMA и GSM, но в этих случаях он нужен только для улучшения работы системы и предупреждения возможного повреждения оборудования базовой станции.

6.4.4.2. Rake-приемники. В CDMA-системах возможно возникновение эффекта разветвленного ослабления. Однако преимуществом CDMA является наличие Rake-приемников, встроенных в мобильные телефоны и приемопередатчики базовых станций. Rake-приемники – это приемники, содержащие несколько приемных элементов. Это название произошло от того, что такие антенны напоминают обычные садовые грабли. Сигнал от каждого приемного элемента совмещается с сигналами, принятыми другими элементами, что в итоге приводит к формированию конечного сигнала. Это противоположно тому, что происходит в других сетях, где для обработки выбирается сильнейший сигнал.

В каждой базовой станции установлено четыре Rake-приемника, а в каждом телефоне – три. Функция элементов в базовой станции и в телефоне одинакова – совмещать принятые сигналы. Сильнейший сигнал объединяется с другими, отраженными ослабленными сигналами, принятыми двумя или тремя «зубцами» грабель, что в итоге формирует сигнал, который поступает в дальнейшую обработку. Отраженные сигналы, комбинирующиеся с прямым сигналом, формируют наилучший, более сильный сигнал.

6.4.4.3. Мягкая передача вызова. Жесткая передача вызова по определению занимает несколько миллисекунд, когда разговор по мобильному телефону передается другой базовой станции и не обслуживается ни одной из них. Этот момент практически незаметен. Аналоговые системы связи, такие как AMPS и IS-136, используют жесткую передачу, более известную как «обрыв перед соединением».

В системе CDMA для работы необходимы передатчик и антенна GPS, которые синхронизируют все базовые станции по времени. Это абсолютно необходимо для мягкой передачи вызова, так как все станции должны работать в одном такте. На рис. 6.3 вы видите фото приемника GPS.

Мягкая передача вызова отличается от жесткой тем, что вызов начинает обслуживаться двумя базовыми станциями одновременно, а затем, по мере удаления от одной из станций, она перестает обслуживать данный мобильный телефон. Это возможно благодаря тому, что все базовые станции работают на одной частоте, в отличие от аналоговых систем связи. В системах CDMA от 35 до 45% емкости каждой базовой станции используется для мягкой передачи вызова.

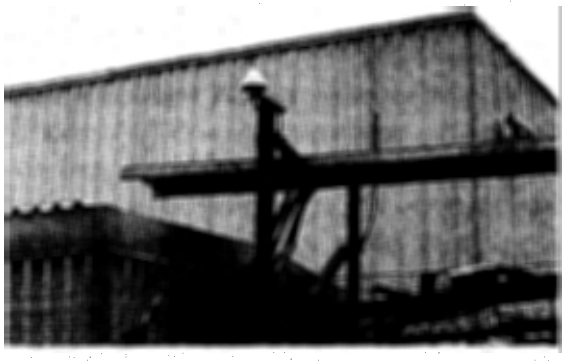


Рис. 6.3 • Антенна GPS

Мягкая передача вызова сходна с прыжками артистов на трапеции. В аналоговых сетях артисты будут прыгать неодновременно. Так как при распространении сигналов часто возникают ошибки, то в результате этого в аналоговых сетях вызов может быть пропущен. В сетях CDMA такого произойти не может.

Но мягкая передача вызова не только уменьшает вероятность пропущенного вызова, она также вообще не может быть определена пользователем. Переключение с одной базовой станции на другую осуществляется под управлением самого мобильного телефона. Поэтому она часто называется управляемой телефоном.

При мягкой передаче вызова происходят следующие события:

- после начала разговора мобильный телефон сканирует эфир на предмет наличия более сильного сигнала с соседних ячеек;
- если сильный сигнал найден, то телефон понимает, что находится в зоне обслуживания другой базовой станции и необходимо совершить переключение вызова;
- телефон отсылает контрольное сообщение в мобильный центр коммутации, которым уведомляет, что он находится в зоне действия другой базовой станции;

- центр коммутации инициирует передачу вызова путем подключения новой базовой станции к текущему разговору;
- пока телефон находится в зоне обслуживания обоих базовых станций, вызов будет обслуживаться обоими (это похоже на игру в настольный теннис, когда мяч переходит то к одному игроку, то к другому);
- старая базовая станция прекращает обслуживание абонента тогда, когда телефон полностью сможет быть обслужен новой базовой станцией.

Жесткая передача вызова существует и в системах CDMA, совместимых с аналоговыми системами связи AMPS (операторов, работающих в диапазоне 850 МГц). Жесткая передача вызова в системах CDMA означает переход абонента со станции, работающей в цифровом режиме CDMA, на аналоговый канал. Однако такие ситуации встречаются все реже, так как повсеместно происходит переход на цифровые системы связи и аналоговые станции остались лишь в отдаленных сельских районах.

6.4.4.4. Дыхание соты CDMA. Так как CDMA является системой, работающей на уровне шума, то одним из важных параметров в ее управлении является измерение уровня этого шума в зоне действия базовой станции. Слишком высокий уровень шума, исходящий как с базовой станции, так и с мобильного телефона, может вызвать эффект интерференции, что, в конечном счете, повлечет за собой массу пропущенных вызовов и другие неприятности. Базовые станции CDMA сделаны таким образом, чтобы регулировать уровень мощности излучаемого сигнала, причем не только своего, но и мобильного телефона. Когда уровень шума превышает определенный порог, то базовая станция регулирует его мощность, таким образом достигается минимальная вероятность возникновения интерференции. Вместе с уменьшением мощности сигнала уменьшается и площадь покрытия базовой станции, поэтому абоненты, находящиеся на большом расстоянии от данной базовой станции, переходят в обслуживание соседней ячейки. Когда уровень шума начинает понижаться, базовая станция повышает уровень мощности своего сигнала, а также дает указания повысить мощность сигнала в мобильном телефоне. Такое регулирование мощности называется «дыханием ячейки»: оно основано на уровне интерференции и количестве абонентов, находящихся в зоне обслуживания данной базовой станции, и управляется командами с базовой станции.

6.4.5. ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ CDMA

Технология CDMA имеет следующие преимущества:

- увеличенная емкость сети по сравнению с другими технологиями (например, FDMA и TDMA) за счет использования одной частоты во всех

ячейках сети. Емкость сети CDMA, как правило, больше, чем емкость аналоговой сети AMPS, от 6 до 18 раз. Этот показатель может изменяться с течением времени в связи с развитием технологий, например с появлением сети CDMA 2000;

- так как в сети частоты не используются повторно, то уменьшается время на расширение или модификацию системы CDMA;
- более интенсивно используется несущая частота, это позволяет использовать Rake-приемники для уменьшения затухания Релея;
- в сети CDMA используются передатчики с меньшим уровнем мощности, чем в других системах. Это дает преимущество в развитии данной системы, а также увеличивает время работы мобильных телефонов от батарей. Регулирование мощности сигнала уменьшает интерференцию между отдельными телефонными аппаратами. Так как CDMA построена на основе сигнала, распространяющегося на уровне шума, интерференция будет гораздо ниже, следовательно, возрастает емкость сети;
- при разговоре в сети CDMA обеспечивается большая защищенность разговоров;
- более высокое качество звука, так как используется мягкая передача вызова.

6.5. Глобальная система мобильных коммуникаций (Global System for Mobile Communication – GSM)

В начале 80-х годов объединением Европейских администраций почт и связи (Conference of European Posts and Telecommunications – CEPT) была сформирована Специальная мобильная группа (Groupe Special Mobile – GSM), основной задачей которой являлась разработка стандарта для Европейского рынка беспроводных мобильных коммуникаций. Целью GSM стало создание в Европе беспроводной сети, которая могла бы покрыть весь континент, имела высокую степень защиты, хорошее качество связи и совместимость с ISDN. К тому времени как была закончена разработка нового стандарта, в Европе уже существовало шесть операторов сотовой связи. Мобильные телефоны одного оператора не могли работать в сети другого оператора. Эта ситуация и послужила толчком к широкому распространению новой системы по всей Европе.

Разработка GSM была закончена к 1989 году, и уже в 1991 году была активирована первая система. В 1992 году началось коммерческое использование системы, и уже к 1996 году в 200 различных GSM-системах насчитывалось более 35 миллионов абонентов.

GSM – это цифровой беспроводной стандарт, использующий технологию, подобную TDMA, поэтому GSM и TDMA имеют множество сходных характеристик.

Системы GSM работают в диапазонах 900, 1800 и 1900 МГц. Первоначально предполагалось, что все системы в Европе будут работать в диапазоне 900 МГц. Однако в Англии была лицензирована частота 1850 МГц для сети второго поколения (2G) сотовой связи. Вместо разработки совершенно нового собственного стандарта они создали цифровой сотовый стандарт на базе GSM с оборудованием, работающим на частоте 1800 МГц. Частота 1800 МГц в настоящее время широко используется в Англии, России и Германии. Когда комиссией FCC был разрешен для использования диапазон 1900 МГц, то он должен был использоваться в США и Канаде. Так и случилось на самом деле. Поэтому диапазон 1900 МГц часто называют североамериканским стандартом GSM.

Изначально разрабатывавшийся для Европы, цифровой стандарт GSM завоевал популярность во всем мире. Это подтверждается тем, что в конце 1995 года многие операторы сотовой связи в Америке выбрали GSM в качестве новой цифровой радиотехнологии. С тех пор GSM стала широко развиваться на всем земном шаре.

Так как развитие беспроводных радиотехнологий ограничивается, главным образом, межканальной интерференцией, то данный стандарт должен был иметь ограничения в использовании спектра, а значит, и ограничения в пропускной способности сети. Системы GSM используют технологию TDMA в качестве интерфейса для передачи сигналов. Однако были сделаны некоторые усовершенствования (например, идентификация абонентов по специальному модулю – SIM-карте). Также используется новая архитектура, разделенния на подсистемы, что делает GSM действительно полностью цифровой технологией. Система GSM работает в строгом соответствии с группой стандартов, известных как Меморандум понимания (Memorandum of Unedrstanding – MoU). Эти стандарты определяют правила разработки и управления системой. При разработке систем GSM эти стандарты обеспечивают совместимость оборудования операторов связи по всему миру.

6.5.1. АРХИТЕКТУРА GSM И ПОДСИТЕМЫ

Стандарт GSM имеет открытую архитектуру в соответствии с моделью Взаимодействия открытых систем (Open System Interconnect – OSI) на уровнях 1, 2 и 3. Этот подход представляет существенное отличие от аналоговых систем. Так как архитектура системы является открытой, то основную выгоду от этого получают операторы сотовой связи, им нет необходимости иметь собственного поставщика оборудования, все, что нужно, можно купить там, где оборудование стоит дешевле.

Системы GSM используют полноразрядные вокодеры, где на каждого абонента приходится канал шириной 200 кГц, причем каждый канал разделен на восемь временных промежутков, подканалов. Поэтому, говорят, что на каждый канал приходится 25 кГц. Для каждой базовой станции предназначено определенное число 200 кГц каналов. Один временной промежуток должен быть отведен для контрольного канала, поэтому один канал могут использовать только семь абонентов.

Согласно спецификации стандарта GSM сеть GSM разделена на подсистемы:

- подсистема базовой станции;
- сетевая подсистема;
- подсистема управления и поддержки;
- подсистема мобильных станций (мобильных телефонов).

Подсистема базовой станции представляет собой контроллер базовой станции и среду, через которую передается сигнал (воздух). Контроллер базовой станции состоит из антенны и приемопередатчика. От приемо передатчика зависит площадь покрытия базовой станции и управление протоколами радиосвязи. Контроллер базовой станции представляет собой компьютер, управляющий многими базовыми станциями, и является компонентом, необходимым для существования системы. Контроллер обычно находится в центре коммутации и управляет базовыми станциями посредством радиопередач по контрольному каналу; также он управляет процессом передачи вызова между базовыми станциями. Кроме этого, контроллером регулируется уровень мощности сигнала как базовых станций, так и мобильных телефонов. Как только мобильный телефон становится ближе к базовой станции, уровень излучаемой мощности уменьшается. Если абонент удаляется от базовой станции, то контроллер увеличивает мощность сигнала. В конечном счете, контроллер базовой станции является основным звеном в управлении системой связи. Он выполняет множество задач, таких как управление частотами, вызов абонента и передача вызова. Такая конфигурация позволяет сконцентрировать вычислительные мощности в центре коммутации, благодаря чему улучшается обработка и управление системой в целом.

В сетевой подсистеме GSM основной частью является коммутатор. Центр коммутации обеспечивает взаимосвязь между цифровыми сетями и коммутируемой сетью общего пользования. Центр коммутации обеспечивает управление такими функциями, как регистрация пользователя, обновление информации о его местонахождении, аутентификация и управление вызовами, если пользователь находится в роуминге. В центре коммутации также находится регистр домашних пользователей (home location register, HLR). В сетях GSM обычно используется только один HLR,

однако если его емкости недостаточно, то устанавливают второй. Для того чтобы контролировать большую территорию, устанавливают регистр посетителей (visitor location register, VLR). VLR обнуляется каждую ночь, и каждый новый день начинает работу заново. Частью сетевой подсистемы является и система безопасности. Она включает центр аутентификации, который обеспечивает параметры, необходимые для аутентификации и расшифровки. Регистр идентификации (equipment identify register, EIR) – это база данных, использующаяся в целях безопасности. Каждый мобильный телефон имеет собственный идентификационный номер – международный идентификатор мобильного устройства (international mobile equipment identify, IMEI). IMEI каждого мобильного телефона сохраняется в EIR. Если телефонный аппарат был утерян или украден, то его идентификатор сохраняется в черном списке EIR и более в данной сети не работает. EIR – это еще один из способов, предотвращающих мошенничество в сетях GSM.

Подсистема управления и поддержки (the operation and support subsystem, OSS) – это командный центр, который используется для наблюдения и управления сетью GSM. Если на одной из базовых станций возникнет аварийная ситуация, то OSS определит, какая это станция, где она находится и что с ней произошло, для того чтобы инженеры взяли с собой нужное оборудование для ремонта.

Подсистема мобильных станций состоит из двух основных компонентов: мобильного телефона и SIM-карты. Телефоны сетей GSM отличаются от телефонов, использовавшихся в аналоговых сетях, тем, что информация об абоненте хранится не в телефоне, а на SIM-карте. Сам телефон выполняет функцию приемника, передатчика, кодировщика и декодера. Это значит, что оборудование в мобильном телефоне соответствует стандарту GSM. *SIM-карта* – это микроконтроллер, размещенный в небольшом куске пластика, хранящий программу работы с сетью GSM и информацию об абоненте и операторе связи. Когда абонент подключается к оператору сотовой связи, он приобретает в сервисном центре SIM-карту и вставляет ее в мобильный телефон. Карта обеспечивает аутентификацию, хранение данных, содержит информацию о балансе и помогает декодированию информации. Производители оборудования гарантируют, что любая SIM-карта будет функционировать в любом мобильном телефоне GSM. Когда абонент использует свой мобильный телефон, то происходит активация SIM-карты, при которой считывается вся хранимая в ней информация: справочная книга, список коротких текстовых сообщений, мелодии вызова от того или иного абонента и другие настройки телефона.

SIM-карты ассоциируются с модулями памяти, хранящими различную информацию. На рис. 6.4 изображена современная SIM карта.

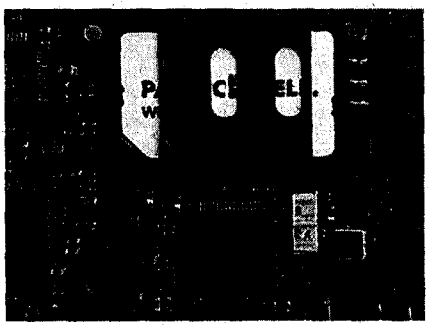


Рис. 6.4 • SIM-карта в мобильном телефоне стандарта GSM (фото предоставлено Howstuffworks.com)

На рис. 6.5 показана SIM-карта без мобильного телефона, для того чтобы вы могли сравнить их размеры.

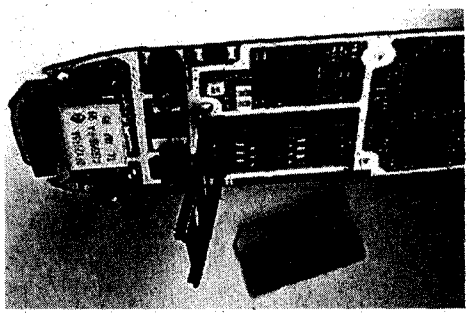


Рис. 6.5 • SIM-карта без мобильного телефона (фото предоставлено Howstuffworks.com)

В Европе известны случаи, когда абоненты записывали в SIM-карту информацию о своем здоровье. В случае каких-либо экстренных ситуаций медики, прибывшие по вызову, просто вставляли карту в устройство чтения и узнавали все о пациенте. Это может быть запись о диабете, сердечной недостаточности, астме, аллергии или высоком кровяном давлении. В ближайшем будущем SIM-карту можно будет использовать в качестве кредитной карты.

Выше было упомянуто, что система GSM использует аутентификацию для того, чтобы предотвратить мошенничество в сети. Аутентификация является обязательной для стандарта GSM и была включена в основную документацию в 1992 году. Североамериканские системы безопасности GSM используют комплексные системы алгоритмов, секретные ключи и случайные

комбинации. Благодаря тому, что существует система аутентификации, можно быть уверенными, что случаев клонирования в системе GSM не будет.

В системах GSM мобильный телефон играет не последнюю роль в процессе передачи вызова. Именно телефон, а не центр коммутации находит ближайшую базовую станцию, сообщая об этом в центр коммутации. Из шести соседних базовых станций выбирается та, переход на которую будет осуществлен наилучшим образом. Центром коммутации дается разрешение на передачу вызова, после чего и происходит данный процесс.

GSM является первой интеллектуальной беспроводной системой (intelligent network – IN). Это объясняется следующими аргументами:

- открытая архитектура;
- разделение коммутирующих и управляющих функций;
- ясно определенный интерфейс;
- интеллектуальное управление.

Стандарты передачи данных GPRS и EDGE будут рассмотрены далее, в главе 18.

6.5.2. СИСТЕМЫ, ДОПОЛНЯЮЩИЕ GSM

Стандарт GSM использует несколько вспомогательных систем:

- дополнительный центр коммутации (*gateway MSC*) – предназначен для запроса HLR, определяющего местонахождение абонента. Исходящие вызовы из другой сети (например, коммутируемой сети общего пользования (PSTN)) сначала проходят через дополнительный центр;
- центр сообщений – центр управления короткими текстовыми сообщениями (SMSC). Техническое название SMS-SC. Здесь хранятся сообщения, либо переданные с мобильного телефона, либо те, которые нужно передать. Максимальная длина сообщения составляет 160 символов;
- регистр идентификации (EIR) – определяет, какие абоненты доступны на данный момент в сети;
- функция взаимодействия (interworking function – IWF) – служит для передачи информации, факсов и использования телефона в качестве модема.

6.6. Сравнение GSM и CDMA

За многие годы развития беспроводных технологий связи система IS-136 была неизбежно вытеснена технологиями GSM и CDMA. Каждая из них имеет свои преимущества и недостатки. Часто возникали споры, какая из них является лучшей. При переходе на технологии 3G можно использовать преимущества обоих технологий. Стандарт передачи данных EDGE объединяет как системы на основе GSM, так и CDMA.

Операторы сотовой связи, использующие эти технологии, в равной степени готовы перейти на использование технологий 3G. Операторы сотовой связи CDMA в настоящее время широко используют сети с сервисами EV-DO (evolution of voice, data only – переход от передачи голоса к данным). В конечном счете они полностью перейдут на EV-DO, позволяющую передавать как речь, так и данные с высокой скоростью, причем все с использованием одного канала.

Операторы сотовой связи GSM широко используют технологию GPRS, где данные передаются с высокой скоростью по каналу 256 кГц при использовании только каналов для данных.

В конечном счете, эти две технологии сосуществуют вместе. Обе имеют много положительных черт и перспектив для развития.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- TDMA – это цифровая технология, обеспечивающая емкость сети в 10 раз большую, чем другие.
- Управление мощностью сигнала в сетях CDMA не является основным параметром.
- Rake-приемники в сетях CDMA выбирают сигнал с наилучшими параметрами из сигналов, поступающих с трех мобильных телефонов или четырех базовых станций для дальнейшей цифровой обработки.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Сколько каналов по 1,25 МГц в настоящее время используется операторами сотовой связи, построенной по технологии CDMA?

a) 18;
b) 22;
c) 9;
d) от 3 до 4;
e) ни один из перечисленных вариантов.

Основное назначение SIM-карт, используемых в мобильных телефонах:

a) объединяет мобильные телефоны;
b) управляет устройствами телефона;
c) регистрирует сотовый телефон в домашней сети;
d) кредитная карта для пользователей мобильных телефонов;
e) ни один из перечисленных вариантов.

Мягкая передача вызова в сетях CDMA означает:

a) обрыв связи перед установкой нового соединения;
b) сопровождение передачи шумами;
c) установка нового соединения до завершения старого;
d) обеспечение передачи сигнала грабельными приемниками.

Какая цифровая технология использует управляющие каналы для доступа к системе?

a) IS-54;
b) IS-136;
c) CDMA;
d) GSM.

7 3G: ТРЕТЬЕ ПОКОЛЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Технически поколения беспроводных технологий определяются следующим образом:

1G, или первое поколение сетей – это первые аналоговые сотовые системы, посредством которых была возможна только передача голоса. Их запуск состоялся в конце 70-х, – начале 80-х годов. Эти системы представляли собой большой шаг в технологии мобильных телекоммуникаций, в области емкости и мобильности. Полупроводниковые и микропроцессорные технологии сделали доступными беспроводные технологии большому количеству абонентов благодаря уменьшенному размеру и весу. Самыми известными сотовыми сетями 1G были American AMPS (Advanced Mobile Phone System), Nordic NMT (Nordic Mobile Telephone) и European TACS (Total Access Communication System). Системы 1G отличались от предыдущих систем связи своей новой способностью повторного использования частоты;

Системы второго поколения 2G – были первыми полностью цифровыми сотовыми системами, расцвет которых произошел в середине 90-х годов. Разработка новых систем была вызвана задачами по улучшению качества сервиса, увеличению емкости сети и площади покрытия. Дальнейшее развитие полупроводниковых технологий и цифровая передача данных позволили создать систему передачи вызовов с непосредственным участием самих мобильных телефонов. К системам второго поколения относятся сети GSM, CDMAOne (IS-95A/B), D-AMPS (которая является развитием технологии IS-136). GSM является наиболее удачной из перечисленных технологий, она завоевала популярность почти половины мобильных абонентов во всем мире;

Сотовые сети 2,5G – это усовершенствованная версия сетей 2G, в которых была увеличена пропускная способность сети. Скорость передачи данных была увеличена до 144 кбит/с, однако многие операторы сокращали ее до 60. Примером сетей с технологией 2,5G могут послужить GSM с технологией GPRS и CDMA2000 1x;

3G – это сотовые сети последнего поколения, в которых доступны скорости передачи данных 384 кбит/с и выше (в зависимости от используемой технологии). Сети с технологией 3G используют UMTS (Universal Mobile Telecommunications Service), FDD (Frequency Division Duplex), TDD (Time Division Duplex), CDMA2000 1x, EV-DO, CDMA2000 3x, TD-CDMA, Arib WCDMA, EDGE (Enhanced Datarate for Global Evolution) и IMT-2000 DECT. Технология FDD означает, что для входящей и исходящей связи используют-

ся различные пары каналов (частот). В технологии TDD для входящей и исходящей связи используется один канал (частота);

4G, или четвертое поколение связи – это новое слово в развитии технологий. К настоящему времени основные исследования в данной области уже закончены, однако нет свободных частот, на которых могли бы работать данные системы. К 2012 году должны быть выполнены все условия для запуска новых сетей. Основной технологией, использующейся в данных сетях, является мультиплексирование с ортогональным частотным разделением сигналов (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Это будет обсуждено далее, в разделе 7.9.

7.1. Системы 3G и IMT 2000

Беспроводные системы третьего поколения 3G предназначены для обеспечения глобальной мобильной связи, включающей множество услуг, таких как телефония, пейджинг, отправка и прием коротких текстовых сообщений, обеспечение доступа в Интернет. Международное объединение телекоммуникаций (International Telecommunications Union – ITU) начало определение стандарта для систем 3G в отношении IMT-2000. В 1998 году проект 3GPP (Third Generation Partnership Project) сформировал окончательные технические характеристики новой системы. В Европе за стандартизацию UMTS был ответственным Институт европейских телекоммуникационных стандартов (European Telecom Standards Institute – ETSI). Стандарт UMTS является основной частью развития 3G при использовании GSM для сетевой архитектуры и широкополосной CDMA (WCDMA) в качестве технологии передачи радиосигнала.

3GPP работала в пяти основных направлениях:

- сетевой доступ по радиоканалу;
- разработка ядра системы;
- терминалы;
- аспекты сервиса и системы;
- GERAN (или доступ по радиоканалу к услугам GSM/EDGE).

Группа, работающая в направлении сетевого доступа, имела следующие задачи:

- спецификация радиопокрытия 1, 2 и 3;
- управление наземным доступом к сети UMTS (UMTS Terrestrial Radio Access Network – UTRAN);
- управление базовыми станциями;
- соответствие тестовых спецификаций существующим базовым станциям;

- спецификации радиотехнологий для развития системы.

Группа разработчиков ядра системы работала в направлениях:

- управление мобильными устройствами, контроль соединений между пользователем и системой;
- управление сигналами между узлами системы;
- распределение функций между ядром системы и внешними сетями (например, Интернетом и сетями общего пользования);
- пакетная передача данных;
- управление ядром и выполнение требований по обслуживанию.

Группа терминалов решала задачи:

- протоколов передачи данных;
- протоколов передачи сообщений;
- межсетевого взаимодействия;
- структуры интерфейса терминалов и выполнения сервисов;
- испытания соответствия терминалов, включая радиоаспекты.

Группа сервиса и аспектов системы решала следующие задачи:

- определение сервисов и их особоенностей;
- разработка архитектуры для сотовых, фиксированных сетей и приложений;
- учет средств абонентов;
- разработка новых и обслуживание старых средств.

Существует пять типов радиоинтерфейсов в сетях 3G:

- IMT-2000 CDMA с широкополосным многостанционным доступом, более широко известный как UTRA FDD, который включает WCDMA в Японии;
- IMT-2000 CDMA с использованием нескольких несущих, известный как CDMA2000 3X, разработанный 3GPP2 (IMT-2000 CDMA, включающий такие компоненты CDMA 1X, как CDMA2000 1X EV-DO);
- IMT-2000 CDMA TDD, известный как UTRA TDD и TD-SCDMA. TD-CDMA получил развитие в Китае и поддерживается форумом TD-SCDMA.
- IMT-2000 TDMA с одной несущей, известный как UWC-136 (EDGE).
- IMT-2000 DECT, который поддерживается форумом DECT.

Для сетей третьего поколения допустимы следующие скорости:

- 2,048 Мбит/с – для пикосот и микросот;
- 384 кбит/с – для сот среднего размера (микро- и небольших макросот);
- 144 кбит/с и 64 кбит/с – для больших ячеек (больших макросот);

- 14,4 кбит/с – для постоянной передачи данных в больших сотах;
- 9,6 кбит/с – глобально (спутниковый канал).

В феврале 1992 года Мировая Радио Конференция (World Radio Conference) выдала список частот для использования их в сетях UMTS. Для будущих сетей IMT-2000 определен спектр с 1885 до 2025 МГц. Частотный диапазон от 1980 до 2010 и от 2170 до 2200 МГц был определен для использования спутниковых сервисов в сетях UMTS.

Все стандарты 3G находятся в постоянном развитии. Многие европейские, а также некоторые другие страны уже выпустили лицензии UMTS на конкурсы или аукционы. Конкурсы означают, что правительство выбирает среди всех претендентов тех, кто наилучшим образом разработал план построения сети и план ее управления. План, как правило, включает в себя: количество новых рабочих мест, какие типы сервисов и когда будут доступны, а также финансовые планы для того, чтобы избежать банкротства компании еще до ее создания. Причиной такой постановки вопроса является то, что правительству нужно выбрать лучшую компанию, а не ту, от которой будет максимальная прибыль (в США и Австралии некоторые крупные компании были обанкрочены, и правительству пришлось выплачивать работникам пособие по безработице, а также другие выплаты). Прежде чем построить новую сеть, нужно узнать, сколько абоненты предполагают платить за вызовы, чтобы избежать неоправданно завышенных цен. Распределяя спектр, правительство также ориентируется на компании, в которых уже есть некий стартовый капитал, так как меньше нужно вкладывать в инвестиции.

7.2. Универсальная мобильная телекоммуникационная система (Universal Mobile Telecommunications System – UMTS)

UMTS – одна из технологий 3G, разработанная совместно со структурой ITU IMT-2000. UMTS – это радиостандарт пакетной передачи данных, позволяющий передавать текст, оцифрованный голос, видеоизображение и другую мультимедийную информацию со скоростью до 2 Мбит/с. UMTS предлагает пользователям последовательный набор услуг вне зависимости от того, в какой части земного шара они находятся. UMTS основан на стандарте GSM, что подтверждается стандартами и разработчиками. Этот стандарт планируется распространить по всему миру. Когда доступ к сети UMTS будет открыт в любом географическом месте, абоненты смогут получить доступ к сети Интернет даже во время путешествий. Находясь в роуминге, абоненты будут иметь

точно такой же набор услуг, как если бы они находились у себя дома. Абоненты будут получать доступ к услугам связи через наземные соединения и спутниковые передачи, но только тогда, когда система будет полностью введена в действие. Пока система UMTS полностью не достроена, абоненты получают доступ к услугам связи с помощью мультирежимных устройств, которые могут переключаться в режим работы в сетях GSM 900 и 1800 в тех местах, где UMTS еще не функционирует. Площадь покрытия UMTS должна включать в себя всю поверхность земного шара в виде будущих наземных телекоммуникационных сервисов, называемых IMT2000.

В настоящее время сотовые системы являются системами с коммутацией каналов, в которых возможность установления соединения всегда определяется доступностью канала. Технология пакетной коммутиции, использующая протокол IP,– это средство для установления виртуального соединения с любой точкой в сети. Это позволяет внедрять новые услуги, такие как оплата альтернативными биллинговыми методами (оплата за переданную единицу информации, оплата за разговор, оплата по общей тарифной ставке, асимметричное использование диапазона). Широкий диапазон UMTS повлечет за собой создание новых сервисов и услуг.

Различия между CDMA2000 и UMTS заключается в том, что CDMA2000 и UMTS разрабатывались как два самостоятельных 3G-стандарта.

Для UMTS нет необходимости замещать собой технологии 2G (например, GSM, CDMA, DCS1800), они могут продолжать функционировать, как и раньше. Некоторые системы 2,5G (GSM GPRS, IS95-B и CDMA2000 1X) способны предоставить сервисы 3G таким образом, что абоненты даже не поймут, в чем заключается различие.

Площадь покрытия системы UMTS будет обеспечиваться комбинацией сот с различными зонами покрытия, начиная с пикосот и заканчивая большими сотами, включая поддержку со спутника, что обеспечит покрытие всего земного шара.

UMTS была разработана в основном для стран, имеющих сети GSM, так как в них есть свободные частоты. Поскольку эта новая технология использует новый частотный диапазон, то должна быть построена новая радиосеть; преимуществом этого подхода будет являться увеличенние емкости сети. 3GPP наблюдает за развитием новой сети и следит за тем, чтобы в первоначальное ядро системы GSM было внесено как можно меньше изменений. Сотовые телефоны UMTS не имеют обратной совместимости с системами GSM. Однако абоненты надеются, что будут разработаны двухрежимные телефонные аппа-

раты, позволяющие работать как в старых, так и в новых сетях. UMTS имеет два типа оборудования: FDD, которое внедряется в первую очередь, и TDD.

UMTS отличается от существующих сетей второго поколения следующими характеристиками:

- более высокое качество речи, чем в существующих цифровых сетях. Это будет мультимедийная сеть, позволяющая передавать на высокой скорости как голосовой трафик, так и другие виды информации;
- UMTS будет построена на базе существующих мобильных систем 2G, так как они имеют потенциал для передачи данных на скоростях 2 Мбит/с;
- UMTS будет действительно глобальной системой, обеспечивающей связь как наземными средствами, так и спутниковыми;
- UMTS предлагает постоянное обслуживание, даже при нахождении в роуминге. При нахождении вне домашней сети пользователю будут предоставлены все сервисы. Это будет происходить благодаря широкой наземной сети, а также поддержке со спутников.

Сети UMTS могут работать совместно с сетями GSM/GPRS. Эти две системы используют различные частотные диапазоны, таким образом, базовые станции и мобильные телефоны различных сетей не будут вызывать интерференцию друг с другом. Некоторые операторы заявляют, что их сети (MSC/HLR/SGSN) и BSC/RNC совместимы с UMTS, но большинство операторов предполагают, что сети должны быть построены отдельно от UMTS. Некоторые из последних базовых станций GSM могут работать совместно с UMTS, используя одну вышку. На рис. 7.1 показаны этапы перехода системы GSM к UMTS через GPRS и EDGE.

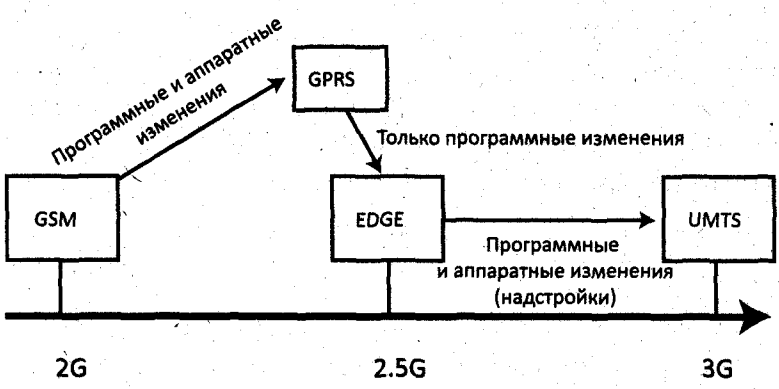


Рис. 7.1 • Последовательный переход от GSM к UMTS

В начале 2003 года была разработана спецификация, обеспечивающая наибольшую совместимость между сетями GSM и UMTS. Двухдиапазонные

телефонные аппараты могут быть использованы в обеих сетях – GSM и UMTS. Ожидается, что телефоны, способные к передаче вызова с одной сети в другую, появятся в 2006 году.

Для обеспечения наибольшей производительности UMTS нужно сделать такие мобильные телефоны, которые будут способны работать не только в двухдиапазонном режиме с наземными средствами, но и со спутниками.

Резкого перехода на сети UMTS не ожидается, так как операторы сотовой связи GSM будут работать как минимум до 2012 года (некоторые операторы первого поколения работают и по сей день). Без каких-либо ограничений для абонентов сетей GSM сервисы UMTS будут добавлены к общей картине.

7.2.1. АРХИТЕКТУРА СЕТИ UMTS

Сеть UMTS имеет три основных компонента: ядро системы, систему управления доступом к сети (UTRAN) и пользовательское оборудование.

Основным назначением ядра системы является обеспечение коммутации, управления и передачи пользовательского трафика. Ядро системы также имеет функции базы данных и функции управления (например, регистрация пользователей в домашней сети, регистрация пользователей чужой сети, а также элементы управления системой в целом).

Семейство системы 3G IMT-2000 включает три типа сотовых технологий:

- технология, основанная на GSM, использующая подсистему подвижной связи (Mobile Application Part – MAP);
- технология, основанная на ANSI-41 (использующая протоколы сигнализации IS-634);
- технология, основанная на протоколах Интернет IP (будет введена в действие в будущем).

Архитектура ядра сети UMTS основана на сетевой технологии GSM, где в качестве основы для передачи данных используется GPRS. Все GSM-оборудование будет модифицировано для поддержки UMTS. UTRAN обеспечивает взаимодействие с конечными пользователями (то есть с мобильными телефонами и терминалами).

Базовая станция стандарта UMTS определяется как Node-B, и дистанционный сетевой контроллер (RNC) управляет оборудованием узла. RNC аналогичен BSC, описанному в главе 12.

Для совершения вызова система должна знать, в каком месте находится абонент. UMTS разделяет географическую поверхность на «системные площади» различных размеров (от больших к малым):

- система UMTS (включая спутники);
- сеть связи наземных подвижных объектов общего пользования (public land mobile network – PLMN);

- MSC/VLR или узлы поддержки GPRS (SGSN);
- области расположения;
- области роуминга;
- области регистрации UTRAN;
- соты;
- подсоты.

7.2.2. ЯДРО СИСТЕМЫ UMTS

Ядро системы разделено на области коммутации пакетов (PS) и области коммутации каналов (CS). Некоторые из элементов CS являются частями MSC, VLR и Gateway MSC (Gateway MSC используется в сетях GSM для соединения с другими внешними сетями). Элементы PS служат для поддержки службы GPRS (SGSN) и поддержки шлюзов GPRS (GGSN). SGSN и GGSN служат для непосредственной поддержки технологии GPRS. Так как UMTS основана на GSM-технологии, то необходимость этих узлов является очевидной. Некоторые элементы сети, такие как регистр идентификации оборудования (equipment identity register – EIR), HLR, VLR и центр аутентификации (Authentication Center – AuC), разделены на PS и CS. Все эти элементы принадлежат стандарту GSM (и GPRS).

В ядре системы UMTS используется асинхронный режим передачи (Asynchronous Transfer Mode – ATM). ATM адаптивный тип 2 (ATM Adaptation Type 2 – AAL2) служит для соединений CS, а ATM адаптивный тип 5 (AAL5 – протокол ATM пакетной передачи) используется для передачи данных.

Архитектура ядра системы может изменяться в течение времени в связи с новыми усовершенствованиями технологии. Для хранения телефонных номеров абонентов используется портативная мобильная база данных (number portability database), которая будет постоянной для каждого абонента, даже если он решит поменять оператора. Устройство, называемое регистром расположения шлюзов (Gateway Location Register – GLR), может быть использовано для оптимизации регистрации абонентов при их нахождении между границами различных сетей. Элементы сети MSC, VLR и SGSN могут быть объединены для создания UMTS MSC.

В спецификации UMTS не определено, каким образом будут осуществляться соединения с другими сетями, однако все другие телефонные сети могут быть подключены к сети UMTS по стандарту SS7 (или другому) при использовании цепей E1 или T1. Это позволит совершать телефонные звонки в любые другие телефонные сети. Если в остальных сетях будет существовать поддержка таких сервисов, как переадресация вызова, определитель номера абонента, факс и медленная передача данных, то технически возможно сделать так, что такие сервисы можно будет использовать повсеместно.

Все телефонные сети созданы с такими условиями, чтобы работать совместно друг с другом; сеть UMTS будет использовать стандарты, использующиеся в других сетях – SS7 и IP, но многие провайдеры могут использовать различные модификации, присущие только отдельным странам.

7.2.3. UMTS РАДИОДОСТУП

Вдобавок к разделению на каналы UMTS использует для синхронизации кодирование и скремблирование (то есть шифрование). WCDMA использует две основные модели управления: FDD и TDD.

Технология WCDMA использует интерфейс UTRAN для передачи данных. UMTS WCDMA – это система CDMA с прямой последовательностью, где данные абонентов передаются при использовании псевдослучайных битов.

Функции базовой станции UMTS, также известной как Node-B, следующие:

- прием и передача сигналов;
- модуляция и демодуляция;
- коррекция ошибок;
- контроль мощности.

Функции дистанционного сетевого контроллера (RNC) следующие:

- контроль за радиоресурсами;
- управление доступом;
- распределение каналов;
- настройки управления мощности;
- контроль передачи вызовов;
- шифрование;
- сегментация и повторная сборка (при пакетной передаче данных);
- сигнализация радиопередач.

На рис. 7.2 показана иллюстрация архитектуры сети UMTS UTRAN.

7.2.4. МОБИЛЬНЫЕ ТЕРМИНАЛЫ UMTS

Стандарт UMTS никак не ограничивает функциональности оборудования абонента. Мобильные терминалы могут быть совершенно разных типов, довольно часто похожих на мобильные телефоны GSM:

- международный идентификатор мобильного абонента (International Mobile Subscriber Identity – IMSI);
- временный идентификатор мобильного абонента (Temporary Mobile Subscriber Identity – TMSI), использующийся при нахождении абонента в роуминге;
- пакетный временный идентификатор мобильного абонента (Packet TMSI – P-TMSI);

- идентификатор временного логического соединения (Temporary Logical Link Identity – TLLI);
- ISDN мобильной станции (Mobile Station ISDN – MSISDN);
- международный идентификатор мобильного аппарата (IMEI), аналогичный ESN;
- международный идентификатор мобильного аппарата и программного обеспечения (IMEISV).

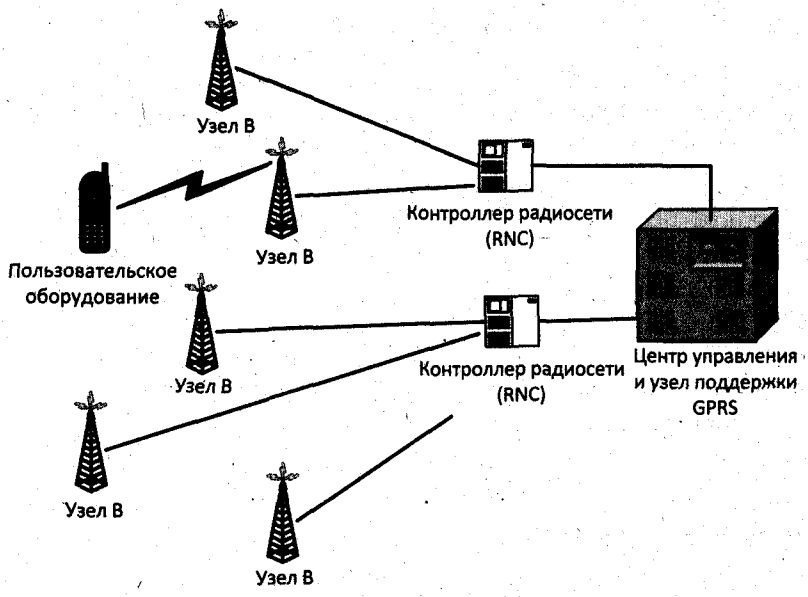


Рис. 7.2 • Сеть UMTS UTRAN

Мобильные телефоны стандарта UMTS могут работать в одном из трех режимов:

- режим PS/CS: аппарат работает как с PS, так и с CS, при этом могут использовать оба этих сервиса;
- режим PS: телефон работает только в данном режиме;
- режим CS: телефон работает только в данном режиме.

Карта IC в сетях UMTS имеет такое же назначение, что и SIM-карта в сети GSM. Ее назначение следующее:

- осуществление идентификации абонента;
- поддержка одного или более профиля пользователя;
- обновление сетевой информации;
- обеспечение безопасности;
- обеспечение аутентификации абонента;

- обновление информации о состоянии счета и предложение методов оплаты разговоров;
- обеспечение услуги загрузки нового программного обеспечения.

Некоторые из мобильных телефонов UMTS являются двухрежимными, что обеспечивает передачу вызова из сети GSM в UMTS и обратно. Телефоны, которые сейчас используются в сети GSM, не имеют такой функции. Некоторые производители SIM-карт сейчас делают такие карты, которые способны работать как в сетях второго, так и третьего поколения.

7.2.5. ИСТОРИЯ РАЗВЕРТЫВАНИЯ СИСТЕМЫ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ UMTS

В данном разделе представлены несколько основных этапов развития систем третьего поколения:

- в феврале 1999 года компания Nokia заявила о том, что был совершен первый телефонный звонок в сеть WCDMA из сети общего пользования. Этот звонок был совершен на терминал компании Nokia в Финляндии через подсистему базовой станции WCDMA и центры коммутации GSM, подключенные к сети общего пользования;
- в марте 1999 года ITU одобрила к использованию радиоинтерфейсы. Кроме того, патенты на использование других технологий получили компании Ericsson и Qualcomm;
- в апреле 1999 года Lucent Technologies, Ericsson, Nippon Electric Company (Nec) анонсировали использование существующих технологий Nippon Telephone and Telegraph DoCoMo для разработки оборудования WCDMA, что в конце концов приведет к появлению третьего поколения беспроводной сети NTT DoCoMo в Японии. Это была первая анонсированная сеть третьего поколения WCDMA;
- в октябре 2000 года корейской компанией SK Telecom была запущена первая коммерческая сеть CDMA2000;
- в марте 2001 года 3GPP одобрила четвертый релиз спецификации UMTS;
- в сентябре 2001 года NTT DoCoMo анонсировала первый мобильный телефон третьего поколения, который был выпущен для коммерческого использования;
- в октябре 2001 NTT DoCoMo запустила первую сеть третьего поколения WCDMA;
- в декабре 2001 года первая сеть UMTS была запущена в Норвегии компанией Telenor;
- в декабре 2001 года в Испании компаниями Nortel Networks и Vodafone был сделан первый международный звонок в стандарте 3G между Мадридом (сеть Vodafone) и Токио (сеть J-Phone);

- в январе 2002 года корейской компанией SK Telecom была запущена первая коммерческая сеть третьего поколения CDMA2000 1xEV-DO;
- в феврале 2002 года компанией Motorola был выпущен первый мобильный телефон, способный работать в двух режимах CDMA и GSM, A820;
- в сентябре 2002 года Ericsson анонсировала первый двухрежимный телефонный звонок при переходе из сети WCDMA в сеть GSM;
- в ноябре 2002 года Nokia выпустила первый мобильный телефон GSM/EDGE 3G: Nokia 6200.
- в январе 2003 года Ericsson осуществила передачу данных по протоколу IPv6 в сети UMTS/WCDMA;
- первого июля 2003 года Cingular Woreless анонсировала первые коммерческие беспроводные сервисы на основе технологии EDGE (Индианаполис, Индиана);
- 27 августа 2003 года компания Nokia совершила первый телефонный звонок со скоростной передачей данных (3,09 Мбит/с) в сети CDMA2000 1x EV-DV в Сан-Диего штата Калифорния;
- 13 октября 2004 года Nokia и TeliaSonera (Финляндия) успешно осуществили пакетную передачу данных в коммерческих сетях третьего поколения EDGE-WCDMA.

7.3. CDMA2000

Второй проект 3GPP (3GPP2) был сформирован для поддержки, технического внедрения и разработки технологии CDMA2000, которая является частью семейства IMT-2000.

Большинство, если не все сети CDMA2000 были созданы на основе уже существующих сетей CDMAOne IS-95A/B. Сетевые доработки для перехода с CDMAOne к CDMA2000 включали в себя установку на базовых станциях элементов, способных работать в нескольких режимах, контроллеров управления IP, а также введение в действие пакетной передачи данных (packet data serving network – PDSN). Частоты радиоканалов для CDMA2000-1X были такими же, что и в CDMAOne, что позволяло осуществлять модернизацию оборудования практически незаметно. Конечно же, двухрежимные мобильные телефоны могли работать как в режиме CDMAOne, так и CDMA2000, что необходимо для мягкого обновления компонентов системы.

CDMA2000 имеет увеличенную вдвое емкость за счет введения в использование большего количества кодов Уолша – вместо 64 стали использовать 128, а в будущем планируется еще большее увеличение – до 256.

Для описания различных радиоплатформ или версий системы CDMA2000 используются несколько терминов. Некоторые из этих стандартов существуют и сегодня, а некоторые еще находятся в разработке:

- CDMA2000-1X (1XRTT);
- 1XEV (расширенная передача голосового трафика и первое поколение 1X);
- 1XDO (использование одной несущей для передачи данных);
- 1XDV (передача речи и информации выполняется с помощью одной несущей).

CDMA2000 1xRTT, CDMA2000 1x EV-DO и будущая система CDMA2000 3x разработаны таким образом, чтобы обеспечивать обратную совместимость с системой CDMAOne (IS-95A/B). Обе системы 1x используют то же оборудование и диапазоны, которые использовались в любой существующей сети CDMAOne. Обратная совместимость была обязательным требованием при развертывании новых систем на американском рынке. Это было довольно легко осуществить, так как операторам не приходилось менять частоты.

Платформа 1XRTT использует 1,25 МГц канал, но ее вокодеры отличаются от используемых в системе CDMAOne и имеют большее количество кодов Уолша. Дополнительные коды Уолша увеличивают скорость передачи данных и изменение голоса – более, чем это возможно в системе CDMAOne. В 1XRTT используются три основных метода (1XEV, 1XDO, 1XDV), которые не исключают друг друга и могут использоваться по необходимости совместно.

Будущая версия CDMA2000 известна как CDMA2000-3X (3XRTT). 3XRTT предполагает использовать 3,75 МГц спектра, что в три раза больше, чем используется в CDMAOne.

Еще одним уникальным свойством CDMA2000 является не только то, что имеется совместимость с системами ANSI-41, подобными CDMAOne (IS-95), но и то, что поддерживается подсистема подвижной связи GSM (mobile application part – GSM-MAP). Это позволяет развернуть на рынке двухрежимные системы: WCDMA и CDMA2000 одновременно. WCDMA использует диапазон 5 МГц, поэтому она называется широкополосной.

Введение в действие сети CDMA2000 требует новых или доработанных платформ, включая базовые станции и их контроллеры, для чего нужно добавлять новые модули или заменять старые на новые (в зависимости от типа оборудования базовой станции).

CDMA2000 имеет следующие дополнительные возможности по сравнению с IS-59 и J-STD-008:

- появилось управление мощностью сигнала;
- разнообразие в передающей способности;
- внесены изменения в схемы модулирования сигнала;
- установлены новые вокодеры;

- имеются входящий управляющий и исходящий управляющий каналы (управляющие каналы выполняют функции, сходные по назначению с контрольными каналами);
- увеличено количество кодов Уолша;
- изменена ширина канала (с 1,25 МГц на 3,75 МГц).

Структурная схема архитектуры типичной сети CDMA2000 представлена на рис. 7.3.

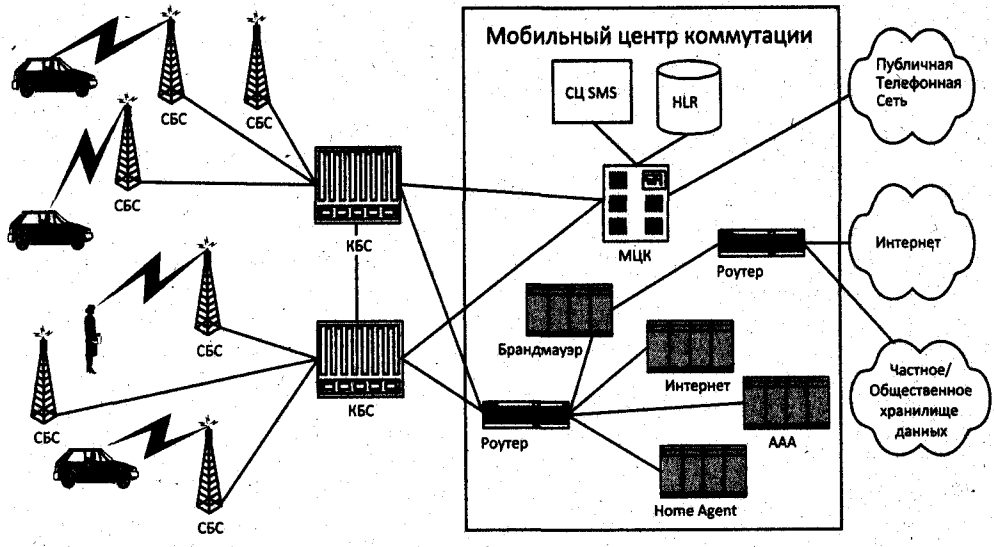


Рис. 7.3 • Типичная система CDMA2000 (схема предоставлена Wireless Network Performance Handbook, Clint Smith, McGraw Hill 2004)

7.4. Широкополосный множественный доступ с кодовым разделением каналов (Wideband Code-Division Multiple Access – WCDMA)

WCDMA – это стандарт ITU, доработанный CDMA, официально известный как IMT-2000 прямого распространения спектра. WCDMA – это беспроводная технология третьего поколения, обеспечивающая большую скорость передачи данных для мобильных устройств, чем предыдущие технологии второго поколения. WCDMA является одним из стандартов систем UMTS.

WCDMA поддерживает передачу голосового трафика, изображений, информации и видео на скорости до 2 Мбит/с (при локальном доступе) или 384 кбит/с (при общем доступе). Входящий сигнал оцифровывается и передается в зашифрованном виде по широкому набору частот.

Сеть третьего поколения WCDMA использует ширину диапазона 5 МГц. Этот диапазон намного шире, чем диапазоны существующих сетей второго поколения (1,25 МГц). Поэтому этот стандарт и называется широкополосным. Также существуют несколько коммерческих систем CDMA, работающих в диапазоне 20 МГц.

Операторы, использующие спектр шире 5 МГц, работают, подобно всем остальным, применяя технологию расширения спектра.

7.5. Установка систем третьего поколения в США

Установка сотовых сетей третьего поколения в США долгое время откладывалась, так как многие операторы уже использовали нужные частоты. Однако в конце концов большинство операторов сотовой связи все же начали развертывание 3G-сетей.

Verizon Wireless, совместное предприятие Verizon Communications и Vodafone Group Plc., предложил сервисы третьего поколения, основанные на технологии CDMA2000 1x с начальной скоростью передачи данных до 144 кбит/с. Verizon заявила, что средняя скорость доступа будет около 40 – 60 кбит/с.

Verizon сделала большой шаг, установив в октябре 2003 года систему CDMA2000 1xEVDO в Сан-Диего и Вашингтоне. Немного позднее такие сервисы появились и в Лас-Вегасе. Широкополосный доступ стал большим шагом США в области беспроводной передачи данных. Новые сети компании Verizon увеличили пропускную способность до 400 кбит/с и стали первыми настоящими сетями третьего поколения, установленными в Соединенных Штатах. Verizon объявила новые сети как тестируемые, что обеспечило им большую жизнеспособность. Если бы проект стал успешным, то компания начала бы предоставление сервисов на основе EVDO, что заставило бы конкурентов также увеличивать список предоставляемых услуг.

Основным направлением работы в Verizon считали продвижение сервисов 1xEVDO, что позволило бы абонентам иметь доступ к корпоративным VPN-сетям и работать с любыми протоколами защиты. Для больших компаний было очень привлекательно предоставлять свои услуги по всей стране. Однако для компании Verizon, обслуживающей только три части рынка, это было довольно проблематично. Но сети 1xEVDO способны передавать вызовы в сети 1RTT. К этому времени большинство компаний закончили установку систем CDMA1000 1X и GPRS, но скорость передачи данных при использовании этих технологий была мала: 32 и 64 кбит/с.

В сентябре 2004 года Verizon заявила, что намерена провести высокоскоростные беспроводные сервисы (CDMA 1xEVDO) в 14 крупных городах, включая

Нью-Йорк, Майами и Лос-Анджелес. Для обеспечения беспроводными сервисами всей страны планировалось потратить более 1 миллиарда долларов.

Cingular Wireless, совместное предприятие BellSouth и SBC Communications, взяла на себя обязательства ввести в действие технологию EDGE к концу 2003 года.

EDGE – это самая быстрая национальная беспроводная сеть; Cingular Wireless обеспечивала скорость передачи данных до 135 кбит/с, в зависимости от типа используемого устройства. Технология EDGE доступна на протяжении 45000 км на высокоскоростных магистралях, а в ближайшем будущем устройства UMTS будут иметь обратную совместимость с EDGE.

В декабре 2004 года Cingular анонсировала стратегию по продвижению технологий третьего поколения, которая включала высокоскоростной пакетный доступ (high-speed downlink packet access – HSPDA) в сетях UMTS. Были заключены контракты (от 3 до 5 миллиардов долларов) на четыре года с компаниями Ericsson, Lucent и Siemens. Построение новых систем было ориентировано на 2005 год и включало как густонаселенные районы, так и сельские местности.

Приобретение Cingular компании AT&T Wireless обеспечило их необходимыми частотами для построения сети третьего поколения. Новая сеть обеспечит возможность использования новых приложений, доступных любому пользователю, включая многопотоковую передачу мультимедийной информации и скоростной доступ в Интернет.

AT&T wireless, в настоящее время часть Cingular, установила сети GPRS почти на 40% территории США в 2001 году.

В июле 2004 года AT&T Wireless запустила сети третьего поколения в Детройте, Фениксе, Сан-Франциско и Сиэтле. Технология WCDMA (UMTS) была запущена в Сан-Диего и Далласе в конце 2004 года. Обратите внимание на преимущества приобретения Cingular Wireless компании AT&T, которые позволили эффективно использовать планы Cingular.

Оператор сотовой связи Sprint начал работать в сети CDMA2000 1X в 2002 году, предоставив максимальную скорость доступа 144 кбит/с, в то время когда средняя скорость была 40–60 кбит/с. В декабре 2004 года Sprint анонсировала свои планы по установке системы CDMA 1xEVDO, инвестировав 3 миллиарда долларов на доработку существующих сетей. Для осуществления проекта были заключены контракты с Lucent Technologies, Nortel Networks и Motorola. Еще 2 миллиарда долларов были направлены для обновления оборудования существующих 1x сетей, установку новых базовых станций, PDSN, шлюзов, маршрутизаторов, на модернизацию ядра системы и запуск служб, основанных на IP-протоколах. Примерно 1 миллиард долларов должен был

пойти на обновление оборудования существующих сетей EVDO. Это подразумевает установку новых карт на существующих базовых станциях CDMA 1x и новых операторов связи.

T-Mobile, ранее VoiceStream, подразделение немецкой Deutsche Telecom, запустило сервисы GPRS в ноябре 2001 года под названием iStream. Максимальная скорость передачи данных в этой сети рассчитывалась до 56 кбит/с, а реальная была 40 кбит/с.

В декабре 2004 года главный администратор T-Mobile, Роберт Дотсон (Robert Dotson), объявил аналитикам, что его фирма не собирается переходить к технологии UMTS как минимум еще два года, вплоть до 2007. Дотсон сказал, что разработка сетей третьего поколения начнется только тогда, когда для них будет выделен необходимый спектр частот. В настоящее время T-Mobile заканчивает внедрение технологии EDGE и продолжает построение точек доступа на основе Wi-Fi.

Nextel Communications, включенная в состав Sprint, имеет еще нераскрытые планы относительно построения сети следующего поколения. Аналитики прогнозируют, что Nextel переключится на технологию CDMA и проведет переоборудование системы до уровня CDMA2000.

Разные компании имеют различные точки зрения на развитие технологий, затрачивая огромные средства на внедрение технологий третьего поколения, рассчитанные большей частью на корпоративных пользователей. За каждую новую технологию ведется жестокая битва, однако это приносит компаниям огромные прибыли. Verizon предоставляет услуги на основе систем третьего поколения за ежемесячную оплату 80 долларов, при этом оборудование для ноутбука стоит 200 долларов. Поэтому производители оборудования также имеют большую прибыль от 3G-технологии.

Из всех операторов беспроводной сотовой связи только T-Mobile и Nextel не торопятся переходить к новым технологиям. К концу 2006 года остальные ведущие операторы могут полностью перейти к сетям третьего поколения. Это приведет к тому, что T-Mobile и Nextel окажутся последними в списке крупнейших компаний. Они могут остаться единственными, кто работает в сетях второго поколения.

7.6. Производители оборудования

Не все производители могут выпускать все необходимое для связи оборудование для сетей третьего поколения, но они могут заключать друг с другом контракты и все, что нужно, будет в наличии. Обычно производители обору-

дования имеют в партнерах производителей программного обеспечения, производителей мобильных телефонов и компании, которые закупают оборудование для новых сетей.

Ниже представлен список основных производителей, работающих в направлении сетей UMTS:

- Alcatel;
- Ericsson;
- Lucent;
- Motorola;
- Nokia;
- Nortel;
- Siemens/NEC.

В этом списке – производители оборудования для сетей CDMA2000:

- Ericsson;
- LG Electronics;
- Motorola;
- Nortel;
- Samsung.

Начиная с 2001 года было построено более 30 сетей UMTS, большая часть которых находится в Европе.

7.7. Программное обеспечение 3G

Некоторые говорят, что в сетях третьего поколения будет ненужно множество сервисов, на использование которых они рассчитаны. Как было упомянуто ранее, простая передача речи изжила себя уже давно и в Соединенных Штатах операторы, кроме этого, предлагают еще множество сервисов. Наибольшую прибыль операторам сотовой связи приносят как раз не обычные телефонные разговоры, а дополнительные услуги. Электронная почта, голосовая связь, сервис коротких текстовых сообщений, а также передача музыки и видео посредством технологий третьего поколения – вот откуда получается максимальный доход. Мобильная коммерция, или м-коммерция, и другие сервисы становятся все более популярными. Регулирование стоимости услуг делает их еще более популярными.

Обслуживание абонента в сети 3G имеет различное качество параметров, характеризующихся задержками передачи и количеством ошибок при передаче информации. В настоящее время используются следующие скорости передачи данных:

- 44 кбит/с – для спутникового и удаленного оборудования;

- 384 кбит/с – для густонаселенной местности;
- 2,048 кбит/с (2 Мбит/с) – для внутреннего и близко расположенного оборудования.

В сети UMTS используется различное качество сервиса (Quality of Service – QoS), характеризующееся видами трафика:

- класс разговоров (голосовой трафик, видеотелефония, видеоигры);
- потоковый класс (мультимедийная информация, видео по запросу);
- интерактивный класс (Web-серфинг, сетевые игры, доступ к базам данных);
- класс низкого уровня (электронная почта, текстовые сообщения, загрузка приложений).

UMTS имеет возможности VHE. Эта концепция предлагает персональные сервисы в пределах сети и между терминалами. Персональные сервисы предполагают наличие персонализированных пользовательских настроек, а также сервисов для сети или терминала, с которым работает пользователь. В сети UMTS имеется необходимый уровень безопасности.

Группа изучения аспектов рынка UMTS идентифицировала несколько важных атрибутов для мультимедийных приложений. Ниже представлен список сервисов, которые может предоставить сеть UMTS для каждого вида деятельности.

Для работы: телефонные звонки, совместно с передачей изображений и данных, IP-телефония, деловая переписка и логистика, обмен информацией, персональные записные книжки, планировщики, записные книги, двусторонняя видеоконференция, доступ к справочникам, доступ к расписанию транспорта, разбиение на рабочие группы, доступ к FTP, голосовая почта и цветной факс.

Отдых: доступ к Интернет, видеопередачи, почта, фотоснимки, отправка изображений и мультимедийных сообщений, персонализированные приложения (мелодия вызова, заставка, фон рабочего стола) и музыкальный автомат.

Обучение: онлайновые библиотеки, системы поиска информации, дистанционное обучение и проведение исследований.

Безопасность: удаленное наблюдение за объектами, отслеживание перемещения объекта, использование в экстренных случаях.

Здоровье: телемедицина, удаленная диагностика, мониторинг состояния здоровья.

Массовые сервисы: выпуск газет и журналов, реклама, объявления.

Покупки: электронная коммерция, использование телефона в качестве кредитной карты, автоматические транзакции, аукционы.

Развлечение: новости, фондовая биржа, спорт, игры, лотереи, музыка, видео, информация для взрослых.

Путешествия: информация о текущем местонахождении, использование телефона в качестве гида, е-тур, временные сдвиги, покупка билетов.

Дополнительные услуги: телевидение, радио, удаленный доступ к компьютеру, mp3-плеер, фото, видеокамера, удаленное управление устройствами.

7.8. Высокоскоростной входящий пакетный доступ

Высокоскоростной входящий пакетный доступ (High-Speed Downlink Packet Access – HSDPA) – это пакетная передача данных со скоростью 8–10 Мбит/с (и 20 Мбит/с для систем со множеством входов и множеством выходов или MIMO) по каналу 5 МГц в сетях WCDMA.

В четвертом релизе стандартов 3GPP осуществлена поддержка IP, что позволяет иметь доступ к сетям, использующим этот протокол. В пятом релизе в фокусе находилась скорость передачи данных, поднятая до 10 Мбит/с при поддержке пакетной передачи. Системы MIMO упоминаются в шестом релизе, что позволяет поддерживать высокоскоростное соединение 20 Мбит/с. HSDPA имеет обратную совместимость с системами WCDMA. 3GPP начала обращать внимание на высокоскоростную передачу данных в 2002 году.

7.8.1. ПРЕИМУЩЕСТВА HSDPA

При повсеместном распространении сетей третьего поколения по всему миру все больше людей убеждаются в преимуществах их сервисов. Некоторые компании нуждаются в еще большей, чем существует на сегодняшний день, скорости передачи данных в сетях UMTS. К счастью, развитие беспроводной индустрии не стоит на месте, и скорости постоянно увеличиваются.

Среди вариантов новых поколений систем передачи данных можно выделить технологию Flash OFDM (F-OFDM), WiMAX (IEEE802.16E) компании Flarion и CDMA2000 1XEV-DO. Но HSDPA является лучшей среди них, так как позволяет производить усовершенствование оборудования на основе существующих сетей WCDMA при минимальных затратах.

Технология HSDPA, построенная на основе сетей UMTS, позволяет увеличивать скорости передачи данных, качество сервисов QoS и эффективность использования спектра, как это произошло при переходе от сетей второго поколения к третьему. Даже на фоне того, что сети UMTS могут транслировать потоковое видео, предоставлять широкополосный доступ в Интернет и проводить видеоконференции, они не могут работать на скорости больше 384 кбит/с, что не идет ни в какое сравнение со скоростью 14 Мбит/с технологии HSDPA.

HSDPA работает, выделив основные функции обработки сигналов непосредственно ближе к среде передачи данных. Хотя существующие сети UMTS

осуществляют планирование и передачу с помощью сетевого контроллера, HSDPA предоставляет эту функцию базовой станции (ее в сетях UMTS называют Node-B), которая позволяет выбирать приоритет непосредственно мобильному устройству. Ретрансляция имеет выгоды благодаря гибридному автоматическому запросу (ARQ), где передачи комбинируются с сигналом, что в целом улучшает качество приема. HSDPA применяет механизм разделения каналов, позволяющий нескольким пользователям использовать высокоскоростные каналы и другие технические преимущества, такие как адаптивная модуляция и кодирование, квадратурная амплитудная модуляция (QAM) и обратная связь в отношении качества канала. Эти нововведения позволяют удвоить общую пропускную способность системы UMTS.

Для потребителей это значит меньшее время отклика системы, меньшее ожидание и более быстрые соединения. Абоненты могут использовать такую конвергенцию при одновременном разговоре по телефону и приеме данных. Наиболее важно, что они могут использовать мобильный телефон для загрузки Web-страниц, аудио и видео на скорости, превышающей DSL или другие кабельные наземные интернет-соединения.

Что хорошо для абонента, то хорошо и для сотовых операторов, при этом обновление оборудования стоит совсем недорого. HSDPA – это доработанный стандарт WCDMA с небольшими изменениями в аппаратной части. Он работает с каналами 5 МГц и имеет обратную совместимость с сетями WCDMA. Это позволяет сотовым операторам увеличить емкость сети и скорости передачи данных, используя существующие релизы сервисов WCDMA 1999 года. Беспроводная сеть может быть модернизирована с приращением таким образом, что в ней смогут работать как абоненты со старыми мобильными телефонами, так и с новыми.

Так как HSDPA является дополнением к GSM, то этот сервис может быть запущен в США, Европе и Японии, где сети GSM имеют широкое распространение. Некоторые операторы сотовой связи могут это осуществить уже в 2005 году. В 2007-м эта технология будет доступна по всему миру. Это значит, что операторы будут способны сделать глобальную систему роуминга на основе уже существующих технологий, даже включая старые WCDMA-устройства.

Среди будущих разработок можно выделить *высокоскоростной исходящий пакетный доступ* (High Speed Uplink Packet Access – HSUPA), стандарт, схожий с HSDPA. HSUPA будет дополнять HSDPA для установления симметричности системы и повышения пропускной способности. Продолжающиеся усовершенствования высокоскоростных технологий увеличат эффективность использования системы, уменьшат время ожидания и поднимут уровень трафика системы. На рис. 7.4 показана эволюция беспроводных технологий,

основанных на GSM-стандарте, обратите внимание, что HSDPA обгоняет своих предшественников по скорости и пропускной способности.

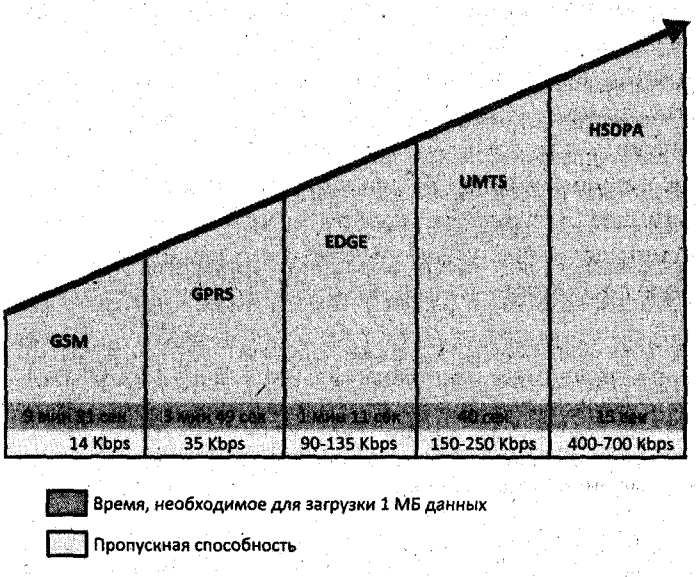


Рис. 7.4 • Эволюция беспроводных технологий передачи данных и сравнение их скоростей

7.9. Беспроводные технологии четвертого поколения: 4G

Вплоть до 2004 года термин 4G не использовался в мире беспроводных технологий. Это слово было неприятно для разработчиков, так как показывало их медлительность в разработке новых стандартов. Пока сети третьего поколения завоевывают популярность в мире, на подходе уже имеется новое поколение систем связи.

Пришло время, когда многим операторам сотовой связи приходится все чаще задумываться о четвертом поколении оборудования, о новых технологиях. Одна из таких технологий называется OFDM, или *мультиплексирование с ортогональным частотным разделением сигналов* (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). OFDM – это метод цифровой модуляции, при котором сигнал разделяется на несколько каналов различной частоты. Эта технология разрабатывалась еще в 60–70-х годах в целях исследования по уменьшению интерференции между каналами с близкими частотами.

В некотором отношении OFDM похожа на обычное разделение частот с мультиплексированием (FDM). Различие заключается в том, как модулируют-

ся и демодулируются сигналы. В технологии OFDM приоритетное значение имеет уменьшение интерференции между каналами и символами в потоке данных. Значительно меньшее внимания уделяется совершенствованию индивидуальных каналов.

OFDM используется в европейских цифровых широковещательных сервисах. Эта технология предоставляет высокие скорости для цифрового телевидения при передаче и рассматривается как метод получения высокой скорости при передаче по обычным телефонным линиям. Также он используется в беспроводных локальных сетях (local area network – LAN).

Производители оборудования все чаще обращают внимание на метод OFDM для того, чтобы использовать его в сотовых технологиях. Они хотят разработать прототип технологии, основанной на OFDM, и представить предложение 3GPP для использования совместно с технологией GSM и 3GPP2 в CDMA.

Компании, поддерживающие разработку OFDM-технологии, надеются, что она будет способствовать уменьшению многократного искажения (от которого страдают многие операторы сотовой связи), увеличению эффективности использования спектра и повышению скорости передачи данных в существующих сотовых сетях. OFDM разделяет единичный сигнал на несколько частей, размещая в них передаваемую информацию. При передаче единым потоком информация передается сразу. Так как радиочастоты имеют свойство отражаться от всех неорганических объектов, то в результате два бита, переданные со станции одновременно, не достигают приемника в то же время. В результате этого происходит искажение и ослабление сигнала.

В настоящее время в беспроводных технологиях эта проблема решается путем выравнивающих технологий, при этом уменьшается пропускная способность сети, в том же потоке перемещают большее количество данных, при этом возникает эффект многопотокового ослабления (релеевское затухание). Использование технологии OFDM позволяет разделить быстрые сигналы на некоторое количество медленных сигналов, при этом каждый передается на определенной частоте. Данные передаются достаточно медленно, чтобы не вызывать эффект ослабления.

Возможно ли, что OFDM является будущим беспроводных технологий? Можно ли ее называть технологией четвертого поколения? На эти вопросы достаточно сложно ответить, так как технология WiMAX использует скорости передачи данных до 100 Мбит/с, что удовлетворяет запросам многих пользователей. Только время, эволюция технологии, рынок и соревнование между различными технологиями смогут дать ответ.

7.10. Заключение

Мир телекоммуникаций изменяется вместе с остальными технологиями. Изменения вызываются постоянной эволюцией в технологиях, например технологии третьего поколения радикально отличаются от технологий первого поколения, и даже от второго. Некоторые из отличий перечислены ниже:

- абоненты пользуются мобильным телефоном столько, сколько продолжается разговор;
- данные (не речевые данные), используемые в технологиях третьего поколения, сильно отличаются от обычного разговора;
- мобильные коммуникации начинают замещать стационарные телефоны, и многие люди, имея мобильный телефон, не нуждаются больше в других средствах связи;
- мобильный телефон занимает важную часть в жизни абонентов, это теперь не роскошь, а один из необходимых предметов, постоянно использующийся в повседневной деятельности.

При высокой скорости развития новых стандартов есть недостатки, которые мешают продвижению новых технологий. Технологии третьего поколения заслуживают освещения в печати по нескольким причинам:

- так как природа и форма мобильной связи радикально изменяется, многие деловые люди не понимают, как можно зарабатывать деньги без голосовых коммуникаций, и не понимают своей возможной роли в них;
- технологии третьего поколения начинают развертываться по всему миру, но потребность в сетях второго поколения все еще оправдывает ожидания операторов связи;
- многие аналитики и ученые задаются вопросом о востребованности технологий третьего поколения, окупятся ли средства, потраченные на разработку, развертывание новых систем;
- многие СМИ и интернет-компании проявляют немалый интерес к технологиям третьего поколения для распространения своей информации, открывающие возможности для новых участников, новых товариществ и новых деловых отношений. Информация – самое дорогое, что имеется в мире технологий третьего поколения.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- Действительно ли, что Nextell Communications и T-Mobile являлись двумя крупными операторами сотовой связи, которые к концу 2004 года не начали перестраиваться под сети третьего поколения?

- Базовая станция в сетях UMTS называется RNC.
- WCDMA использует технологию CDMA с шириной спектра 3,75 МГц.
- Стандарт UMTS использует для телефонных звонков как наземное оборудование, так и спутниковые каналы.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Какая технология потенциально называется технологией четвертого поколения?

a) TDM;
b) SDMA;
c) OFDM;
d) FDM.

Как называется базовая станция в сети UMTS?

a) BTS;
b) BST;
c) 3GPP2;
d) База;
e) Node-B;
f) Node-z.

Какая из технологий использует ширину спектра 3,75 МГц?

a) UMTS;
b) CDMAOne;
c) OFDM;
d) CDMA2000;
e) Ни одна из перечисленных.

8 Персональные сервисы телекоммуникации

8.1. Введение

Информация, представленная в этой главе, имеет больше историческое содержание. Но все же важно ее знать для того, чтобы понимать структуру существующего на сегодняшний день рынка беспроводных технологий в США.

В Соединенных Штатах в настоящее время услуги персональной связи (personal communication services PCS) предоставляются на основе технологий второго поколения. Первое поколение сотовой связи было первым коммерческим проектом, в котором было освоено повторное использование частоты в аналоговых системах связи. Обратите внимание, что все широковещательные сервисы в настоящее время называются сотовыми. Эта терминология используется всеми, кто имеет хоть какое-нибудь отношение к сотовой связи.

FCC определила PCS как радиосвязь, которая охватывает как мобильную, так и фиксированную связь для индивидуального и делового общения, которая может быть интегрирована в разнообразные конкурирующие сети. Термин «конкурирующие» означает, что должны существовать различные сети по всему миру, которые будут обеспечивать услуги роуминга и будут совместимы с сетями SS7, связанные с коммутируемыми сетями общего пользования и, в конце концов, переходящие в системы Wi-Fi или WiMAX. В течение долгого времени назначение операторов сотовой связи формировалось экономическими и технологическими интересами владельцев частот.

Можно разными путями описать операторов сотовой связи:

- мобильная связь предоставляет абоненту возможность иметь доступ ко всем сервисам с любого мобильного телефона на основе персонального идентификатора;
- мобильность телефонного аппарата заключается в его способности совершать вызовы при любом местонахождении абонента, даже в движении, а также возможность сети идентифицировать и отслеживать перемещение сотового телефона;
- любому абоненту предоставляются различные виды сервисов, например определение номера звонящего абонента, переадресация вызова или услуги автоответчика.
- В отличие от телекоммуникационных сервисов, которыми мы пользовались многие годы, операторы сотовой связи предлагают сервисы и технологии, ориентированные на каждого конкретного абонента и на специ-

фику местности. Такое построение архитектуры отражает желание операторов как можно больше угодить абонентам. Это объясняет, почему любого человека можно найти практически в любом месте, где бы он ни находился, просто набрав его номер.

От операторов сотовой связи, использовавших диапазон 850 МГц, нынешние операторы отличаются следующими показателями:

- новые операторы используют полностью цифровые технологии. В США каждая компания, купившая лицензию на использование частоты в марте 1995 года, могла выбрать одну из технологий для построения собственной сотовой сети: IS-136 TDMA, GSM или CDMA;
- в сотовых сетях используются различные частоты;
- в новых сотовых сетях имеется возможность передачи мультимедийной информации. В настоящее время с мобильного телефона можно выйти в Интернет, скопировать рисунок или видеофайл.

Операторы сотовой связи предлагают сервисы, наиболее востребованные абонентами: телефонные разговоры, передача данных, рисунков, а вскоре появится вещание видео.

Для того чтобы способствовать быстрому развитию PCS, FCC предъявила требование к операторам связи, чтобы они постоянно наращивали емкость сети. Планировалось, что к 2005 году в стране будет от 60 до 90 миллионов абонентов. Все оказалось немного иначе и уже в сентябре 2004 года в США насчитывалось 190 миллионов пользователей услуг сотовой связи.

Хотя операторы PCS и имеют другие стратегии, нежели их предшественники, большинство фундаментальных концепций остались прежними: повторное использование частоты, шестиугольная структура построения сети, необходимость наземных соединений, использование теории распространения радиочастот, соединение с телефонными сетями общего пользования, роуминг и многое другое. Все операторы используют однотипное оборудование: радиопередатчики, усилители, разветвители, сумматоры и т.д. Основное отличие между старыми и новыми сотовыми сетями заключается в том, что в новых сетях для покрытия такой же площади требуется гораздо меньшее количество базовых станций.

8.2. Типы систем персональной мобильной связи

Лицензированные системы мобильной связи подразделяются на две большие группы: узкополосные и широкополосные.

8.2.1. УЗКОПОЛОСНЫЕ PCS

По своему назначению радиоспектр шириной 3 МГц был предназначен для узкополосных систем связи, с помощью которых передавались данные. Новые *узкокополосные системы радиосвязи* используются для передачи голосо-

вого трафика, двунаправленного обмена информацией и факсимильной связи. В июле 1994 года FCC провела аукцион, на котором победители получили право развертывания национальных узкополосных систем радиосвязи. Шесть компаний заплатили в общей сложности 617 миллионов долларов за обладание этими правами. В ноябре 1994 года FCC провела еще один аукцион, на котором продавались 30 региональных лицензий.

С 2004 года ни одна компания больше не интересовалась узкополосными системами радиосвязи, так как любой из предоставляющихся сервисов должен был поддерживать пейджинг или службу коротких текстовых сообщений. Как отдельное предложение, эти услуги уже предоставлялись многими компаниями, работающими с широкополосными системами связи.

Даже если какая-нибудь компания решится использовать в настоящее время узкополосные технологии, то она будет единственной, движущейся в этом направлении. Все остальные уже используют широкополосные технологии, такие как ультраширокодиапазонные системы радиосвязи (UWB), Wi-Fi, WiMAX, и могут обеспечить такой же и даже больший спектр услуг.

8.2.2. ШИРОКОПОЛОСНЫЕ PCS

В декабре 1994 года FCC начала проводить аукционы по продаже широкополосных лицензий. В марте 1995 года аукцион закончился продажей лицензий на обслуживание 99 MSA. *Широкополосные системы связи* предназначены для передачи мультимедийных данных, таких как голос, данные (Интернет, SMS), изображения и, как вскоре ожидается, потоковое видео.

Традиционно передача голосового трафика использует большую часть емкости каналов, чем передача данных, таким образом FCC установила общую ширину радиоспектра равной 140 МГц. Это привело к улучшению технологий сжатия и кодирования. Одна из причин того, что для широкополосной связи была выделена большая ширина спектра, чем для узкополосных (140 против 50),– это то, что FCC возлагает на широкополосную связь большие надежды в развитии.

Большая часть из 140 МГц спектра (120 МГц) отводится для операторов беспроводных сервисов. Оставшиеся 20 МГц зарезервированы для нелицензированных услуг, таких как новейшие беспроводные телефоны и низкоскоростные компьютерные сети.

8.3. Рынок услуг связи

Для того чтобы поощрить участие как больших, так и маленьких компаний на рынке услуг связи, FCC выделила два типа рынка: *городские торговые зоны* (Metropolitan Trading Area – MTA), которые занимают большую площадь территории страны, и меньшие по размерам *базовые торговые*

зоны (Basic Trading Area – BTA), причем в каждом штате присутствует несколько BTA. Такое разделение рынка регулирует поток коммерческих отношений так же, как и районы MSA и RSA. Всего в США имеется 51 зона MTA и 492 BTA.

8.3.1. ГОРОДСКИЕ ТОРГОВЫЕ ЗОНЫ

MTA – это самые большие зоны на рынке беспроводных систем связи, занимающие преобладающую часть территории Соединенных Штатов. Подобно разделению структуры сотовой индустрии на операторов группы A и группы B, два оператора сотовой связи работают в каждом MSA.

На рынке связи, работающем в диапазоне 850 МГц, MTA предназначены для обслуживания больших городов в пределах их границ. Однако MTA отличаются от MSA тем, что имеют гораздо большие территории обслуживания. Например, зона MTA в Чикаго занимает не только сам город, но и часть штата Иллинойс, часть северо-западной Индианы, небольшую часть Огайо и юг штата Висконсин. Зона MTA Миннеаполиса охватывает штат Миннесота, западный Висконсин, восточную часть штата Монтана и часть северной Дакоты. Этот контраст особенно заметен в штате Иллинойс, в котором множество районов MSA и RSA.

Аукционы по продаже зон MTA начались в ноябре 1994 года и закончились в марте 1995-го. Всего в Соединенных Штатах 51 зона MTA. Было предложено 99 лицензий на обслуживание MTA по всей стране. Предпочтение отдавалось четырем лицензиям для построения экспериментальных систем в Вашингтоне. Для лицензий MTA предоставлялся диапазон частот шириной 60 МГц. Диапазоны A и B использовали по 30 МГц этого диапазона на следующих частотах:

диапазон A: 1850 – 1865 МГц, 1930 – 1945 МГц;

диапазон B: 1870 – 1885 МГц, 1950 – 1965 МГц.

На рис. 8.1 изображена карта с распределением зон MTA на рынке сотовой связи в США.

8.3.2. БАЗОВЫЕ ТОРГОВЫЕ ЗОНЫ (BTA)

Всего с Соединенных Штатах насчитывается 492 базовые торговые зоны. В отличие от регулирующей структуры в сотовой индустрии, в одной зоне MTA может насчитываться несколько зон BTA.

Аукционы по продаже зон BTA начались в 1996 году и закончились весной 1997 года. Хотя зоны BTA меньше, чем MTA, но они больше, чем самые большие регионы MSA и больше, чем RSA. Спектр частот для BTA разделен на четыре блока, которые в сумме используют 60 МГц спектра. Они имеют названия C, D, E и F.

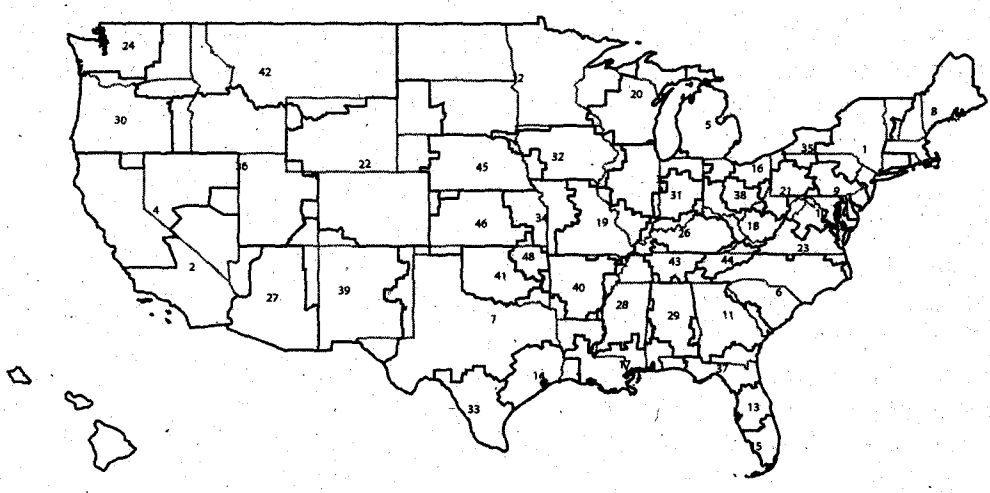


Рис. 8.1 • Карта расположения зон MTA: всего 51 зона (источник www.fcc.gov)

Все частоты широкополосного спектра разделены поровну между MTA и BTA по 60 МГц.

Всего используется 986 лицензий в блоках D и E. Их частоты разделены следующим образом:

- D (10 МГц): 1865 – 1870 МГц, 1945 – 1950 МГц;
- E (10 МГц): 1885 – 1890 МГц, 1965 – 1970 МГц.

В блоках C и F используется 493 лицензии. Частоты разделены следующим образом:

- C (30 МГц): 1895 – 1910 МГц, 1975 – 1990 МГц;
- F (10 МГц): 1890 – 1895 МГц, 1970 – 1975 МГц.

На рис. 8.3 показана карта, на которой представлено распределение зон BTA в Соединенных Штатах. На рис. 8.2 показано распределение частот для зон MTA и BTA.

- *Блоки A, B – главные торговые зоны*
- Блоки C, D, E, F – основные торговые зоны
- Нелицензируемые диапазоны

Рис. 8.2 • Распределение частот на рынке сотовой связи

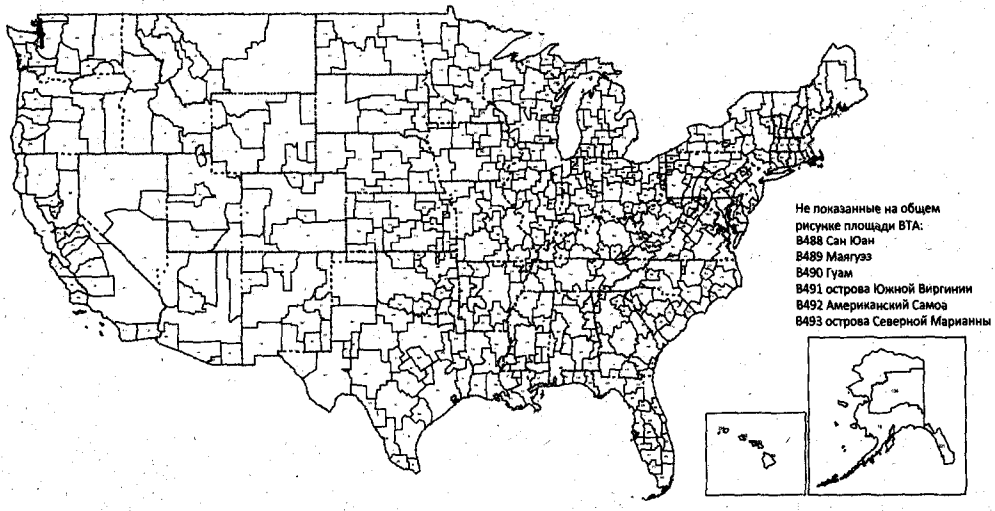


Рис. 8.3 • Карта расположения зон BTA (рисунок предоставлен www.fcc.gov)

8.4. Механизм лицензирования и аукционы спектров

В прошлом FCC выделяла частоты для использования операторами сотовой связи без какой-либо оплаты в пользу правительства. В некоторых случаях в начале 80-х годов происходило так, что компании делали деньги *из воздуха*, *просто* продавая эти частоты через некоторое время. Для того чтобы прекратить такую спекуляцию спектром и принести прибыль в государственную казну, Конгресс дал указание FCC распределять частоты путем проведения аукционов, а также предоставил правила проведения постаукционов на те частоты, которые не были куплены во время первого аукциона.

В марте 1995 года американское правительство получило 7 миллиардов долларов на продаже частот. Эти средства были получены только за счет операторов сотовой связи при проведении аукционов в марте 1995 года. При этом данная сумма не включает доходов от стоимости разрешения на построение сотовой сети.

До этого времени в американской истории радиочастоты не продавались, они просто распределялись для всех нуждающихся. В некотором смысле это распродажа радиоспектра выглядит как разбазаривание национальных ресурсов. Это даже приравнивалось к продаже национальных парков, заповедников или национальных музеев. С другой стороны, думая о том, что операторы *сотовой связи* должны приносить прибыль в государственную казну, можно предположить, что частоты будут проданы только тем компаниям, которые

действительно имеют серьезные намерения по использованию этого спектра. Это является основной заботой правительства. Правительство также продало с молотка и многоканальную многопунктовую распределительную сеть (Multichannel Multipoint Distribution System – MMDS) и локальную многоточечную распределенную службу связи (Local Multipoint Distribution System – LMDS) в конце 90-х годов. Европа, взяв на вооружение опыт США, тоже стала торговать частотами на аукционах. Это продолжается даже в XXI веке. Стоимость лицензий сильно зависит от изменений в структуре рынка, так как множество беспроводных систем было уже запущено в конце 1996 – начале 1997 года.

8.5. Построение рынка подвижной мобильной связи и его эволюция

Многие производители спекулировали на стоимости оборудования для построения сетей PCS, основываясь на том, что растет стоимость используемых частот. Так как стоимость лицензий росла с большой скоростью, требовались дополнительные инвестиции для построения этих систем, поэтому многие крупные компании объединялись для покупки той или иной частоты. Многие компании для этого изменяли свои названия. Ниже представлен список компаний, заключавших между собой союзы (многие из них уже распались):

Sprint Spectrum. Компания, известная как WirelessCo L.P., на время аукциона, начавшегося в 1994 году, изменила название на Sprint Telecom Venture (STV) в 1995 году. В настоящее время эта компания известна как Sprint PCS. Она первоначально входила в состав содружества трех телевещательных и кабельных компаний: Cox Communications, Telecommunications Incorporated (TCI) и Comcast Communications. В настоящее время Sprint владеет Sprint PCS единолично;

Primeco Personal Communications. Это содружество первоначально было известно как PCS Primeco, оно состояло из нескольких региональных подразделений Bell, сотовых компаний и отделения компании Pacific Telesis. Это были компании Nynex Mobile, U.S. West's New Vector cellular company, Bell Atlantic Mobile Systems (BAMS) и Airtouch Cellular. В качестве своей цифровой технологии Prime Co выбрала стандарт CDMA. В то время единственной компанией, работающей в этом стандарте, была компания Sprint. PrimeCo разорилась в 2001 году и была куплена несколькими фирмами, которые впоследствии поделили ее на несколько частей и продали лицензии другим операторам (вместе с абонентами). Одной из самых дорогих зон, которыми вла-

дела PrimeCo, была зона Чикагского рынка. Эта лицензия была приобретена U.S. Cellular Corp., чья штаб-квартира всегда располагалась в Чикаго. Компания-владелец U.S. Cellular, TDS, всегда хотела иметь в собственности тот сегмент рынка, где она располагается сама. В конечном итоге она получила то, что хотела.

Следующие GSM-компании были малоизвестны на аукционах, однако они тоже приобретали и развивали свои рынки. Эти компании обслуживали следующие регионы:

- *PowerTel:* северо-восток Соединенных Штатов;
- *OmniPoint:* восточное побережье и часть среднего запада США (Индианаполис, Индиана);
- *Western Wireless:* запад и северо-запад США. Эта компания была впоследствии переименована в Voicestream Wireless.

Еще одной крупнейшей компанией на рынке беспроводных технологий была компания AT&T. AT&T и Sprint только на приобретение лицензий потратили около 2 миллиардов долларов каждая.

Имена и собственники многих компаний, работавших в диапазоне 850 МГц, изменились в конце 90-х годов. Большинство этих изменений были результатом слияний и покупок, причем всех беспроводных систем – как тех, что работали в диапазоне 850 МГц, так и тех, что работали в диапазоне 1900 МГц. Далее вы увидите, как происходила эволюция систем беспроводной связи.

Aerial Communications. Это GSM-оператор и собственник частот восьми зон MTA. Aerial была филиалом компании TDS, расположенной в Чикаго, штат Иллинойс. Прибыв на аукцион в 1994 году, Aerial использовала название American Portable Telecom, сохранив в своем названии патриотизм родительской компании TDS (TDS также известна как U.S. Cellular). Aerial была впоследствии куплена компанией Voicestream Wireless, находящейся в Беллевуе штата Вашингтон;

Voicestream Wireless, отделение Western Wireless, оператор сотовой связи диапазона 850 МГц, работавший в северо-западной части США, который перешел к разработке национальной сети GSM, купив Omnipoint и Aerial Communications. Задачей Voicestream было развертывание национальной сети GSM совместно с AT&T, так как AT&T и Sprint уже имели обширные территории обслуживания и разрабатывали планы перехода к технологиям IS-136 (TDMA) и CDMA. Voicestream была куплена компанией Deutsche Telecom и переименована в T-Mobile. Deutsche Telecom примерно в то же время также приобрела Powertel, создав из этих двух компаний большую сотовую сеть;

Southwestern Bell Mobile вошла в слияние с Bell South Mobility Wireless в октябре 2000 года, сформировав компанию, ныне известную как Cingular Wireless.

В начале 2004 года Cingular Wireless заявила о своем намерении приобрести AT&T Wireless с одобрения FCC. В начале ноября 2004 года FCC дала добро на эту покупку, создав огромную беспроводную сотовую сеть с более чем 46 миллионами абонентов. Исполнители AT&T решили, что они могут запустить новую сотовую сеть под брендом AT&T, так как Cingular имела право использовать это название только в течение шести месяцев после продажи;

GTE при слиянии с Bell Atlantic и Nynex создали компанию, известную под именем Verizon, с более известным названием *Verizon Wireless*. Verizon была крупнейшей компанией на рынке беспроводной связи до тех пор, пока не произошло слияние Cingular и AT&T.

В декабре 2004 года компания Sprint PCS выразила свое намерение приобрести Nextel Communications. Это могло выглядеть как простое слияние компаний, так как Nextel имела в собственности Motorola iDen, использовавшую технологию TDMA, а Sprint работала со стандартом CDMA. Приобретение Sprint – не что иное, как попытка увеличить количество абонентов. Но что является наиболее важным, за последние несколько лет Nextel приобрела около 95% лицензий многоканальной телевизионной распределительной системы (MMDS). Таким образом, данное приобретение позволяло завладеть еще огромным спектром. Дополнительные частоты могли использоваться самой компанией (с разрешения FCC), а также их можно было просто продать.

В итоге, по состоянию на январь 2005 года, в США имеется четыре основные беспроводные компании: Cingular Wireless, Verizon Wireless, T-Mobile и Sprint PCS (предполагается, что FCC одобрила приобретение компанией Sprint Nextel Communications). Еще две беспроводные компании в США, Cellular и Alltel Mobile, имеют большое влияние на вторичном рынке. Целью всех компаний является обеспечение национальной сотовой связи.

8.6. Ограничение в лицензиях на рынках мобильной связи

Лицензии не ограничиваются количеством MTA или BTA, на которых они могут быть использованы. Однако они имеют ограничение в количестве частот, которые можно использовать в какой-либо местности.

FCC ограничила использование одним оператором сотовой связи спектра шириной 45 МГц в одной зоне (55 МГц в сельской местности). Это решение было принято FCC в январе 2003 года и должно было привести к объединению промышленности.

Операторы сотовой связи, работавшие в диапазоне 850 МГц, имели лицензии MTA, но были ограничены в ширине спектра. По правилам FCC, если бы 10 и более процентов населения были в пределах зоны действия оператора сотовой связи, то оператор сотовой связи мог продать только 10 процентов своего спектра. Одним из вариантов для операторов сотовой связи, работавших в диапазоне 850 МГц, было продавать только те участки, где количество населения превышало 10 процентов. Этим воспользовалась Sprint Cellular, подразделение Sprint Corporation, что принесло ей дополнительный доход. Впоследствии эти правила были смягчены FCC.

Sprint Cellular стала независимой компанией в первом квартале 1996 года. Ей потребовалось изменить название на 360 Degrees Corporation. В 1998 году Alltel Mobile была куплена 360 Degrees Communications. Это было необходимо, так как Sprint PCS выиграла вторую по величине лицензию и стала второй по величине широковещательной компанией в США после AT&T Wireless. Зоны MTA компании Sprint PCS охватывали большую часть рынков – более 10 процентов.

Для того чтобы предостеречь победителей аукционов от легкой наживы, FCC решила, что лицензирование должно ограничиваться строгими правилами. FCC также запретила продажу некоторых лицензий на длительный период, на нарушителей накладывались жесткие штрафы.

После выигрыша лицензии на аукционе и совершения необходимых выплат, операторы сотовой связи должны были обеспечить необходимый уровень количества абонентов в течение пяти лет. Лицензии спектра 30 МГц обязывали обеспечить мобильной связью треть населения за пять лет. В течение 10 лет это количество должно было вырасти до двух третей.

Лицензии на спектр шириной 10 МГц обязывали операторов в меньшей степени. FCC требовала от операторов, выигравших эти лицензии, за пять лет обеспечить связью около четверти населения региона, или, по крайней мере, продемонстрировать FCC, что ведутся работы по внедрению своих услуг на данном рынке. Это обязывало операторов проводить обеспечение услугами связи населения с такой скоростью, на которую они только были способны, для того чтобы скомпенсировать расходы, которые были понесены при покупке частоты. Единственное, что не предусмотрела FCC при создании данного правила, так это то, что сами операторы сотовой связи уже заинтересовались в ускоренном построении рынка.

8.7. Распространение радиочастот и плотность установки ячеек

Так как при распространении сигнала с более высокой частотой его ослабление происходит быстрее, чем у сигнала с более низкой частотой, то для по-

строения сети, которая работает в диапазоне 850 МГц, потребуется установка гораздо меньшего количества базовых станций, чем для сети 1900 МГц. Большинство инженеров, работающих в сетях 850 и 1900 МГц, утверждают, что для построения сети, работающей в диапазоне 1900 МГц, потребуется в три раза больше базовых станций, чем для сети 850 МГц (при одинаковой зоне покрытия).

В 1995 году было подсчитано, что для построения национальной сотовой сети понадобится примерно одна тысяча базовых станций. Многие из антенн можно разместить на уже существующих вышках или высотных зданиях, и примерно для 30% антенн понадобится построение новых вышек высотой более 200 футов. В 1996 году после пересчета было выдано другое число: 24 803. По состоянию на 2004 год, это число составляло 174 000 базовых станций. И это число постоянно изменяется.

На рис. 8.4 вы видите схему, которая показывает, что для покрытия одной и той же площади потребуется в три раза больше базовых станций, работающих на частоте 1900 МГц, чем базовых станций, работающих на частоте 850 МГц.

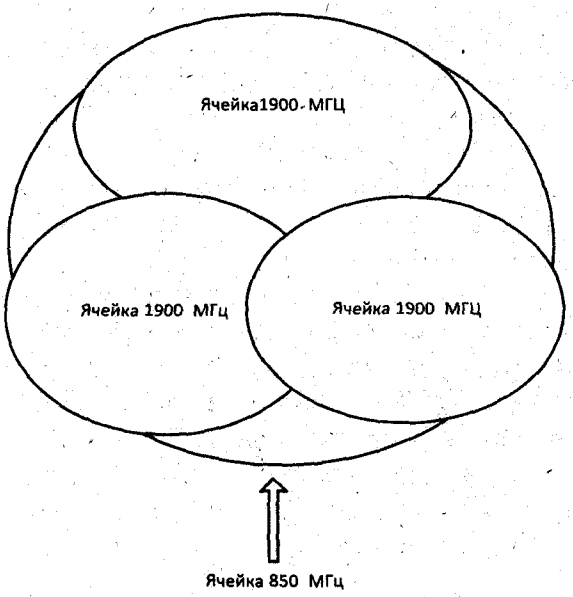


Рис. 8.4 • Необходимая плотность установки базовых станций: 1900 МГц против 850 МГц. На каждую ячейку 850 МГц нужно поставить три ячейки 1900 МГц

Поиск подходящей вышки для установки антены, а также получение одобрения на их установку являются главными задачами для операторов сотовой связи на сегодняшний день. Это относится как к операторам, работающим на частоте 850 МГц, так и к тем, кто работает на частоте 1900 МГц.

8.8. Выбор цифровой технологии для построения сотовой сети

Победителям аукционов широкополосных MTA-лицензий, начиная с конца 1995 года, приходилось выбирать, какую цифровую технологию они будут использовать для построения своих сетей. Приходилось делать выбор из нескольких технологий:

- TDMA (IS-54, вскоре перешедшей в IS-136);
- GSM, популярный международный цифровой стандарт;
- CDMA, технология уже популярная к тому времени, но недостаточно протестированная для построения коммерческой сети.

Это была сложная задача для операторов сотовой связи, так как существовало несколько причин:

- операторам нужно было выбрать технологию, которую можно было бы использовать длительное время без последующего перехода на какую-нибудь другую (например, CDMA);
- им было нужно выбрать стандартизованную технологию, которая уже имела техническую популярность и для которой можно было бы возможно обеспечить роуминг, возможно, даже международный (например, стандарт GSM). Это должна быть технология, обеспечивающая все виды услуг, которые использовались в настоящее время. По состоянию на 1995 год это была технология GSM, которая широко использовалась не только в Европе, но и во многих других странах мира;
- они были должны выбрать технологию, которая имела уже несколько предшествующих ей технологий (например, IS-54/IS-136TDMA). Интересно то, что единственной компанией, имеющей лицензию и выбравшей технологию TDMA, была компания AT&T Wireless. Это было достаточно странно, так как, имея достаточно развитые технологии, они могли бы выбрать что-либо более лучшее, имеющее гораздо больший потенциал для развития, чем IS-54 и IS-136. IS-136 имеет небольшую совместимость с GSM и CDMA, поэтому у нее мало шансов стать технологией будущего.

Начало развития новых сотовых сетей было положено в 1996–1997 годах. Операторам были нужны мобильные аппараты, которые могли работать в нескольких диапазонах и режимах, а также в сетях других опеарторов. Выбор режима работы цифровой сети зависел от выбранной оператором цифровой технологии. Это значит, что сотовые телефоны, выпускаемые производителями, должны были работать в диапазоне как 850 МГц, так и 1900 МГц, и даже в аналоговом или цифровом режиме. Так как все операторы строили свои

сети с различными темпами, сотовые телефоны должны были иметь возможность работать как в цифровом, так и в аналоговом режиме (системы AMPS). Операторы связи должны были иметь между собой договоренности, для того чтобы абоненты при путешествиях могли воспользоваться услугами роуминга и всегда оставаться на связи.

8.9. Перераспределение микроволнового диапазона

Для создания национальной сотовой сети существовало большое препятствие. Спектр между 1850 и 1990 МГц был занят более чем 474 правообладателями, которые использовали более чем 5000 частных систем радиосвязи. Владельцами микроволнового диапазона были публичные, частные и получастные объекты, такие как электростанции, железные дороги, общественные администрации, службы безопасности, правительство и операторы 850 МГц диапазона (фиксированные сети). Эти системы иногда были объединены и покрывали сельские, городские и пригородные районы.

В 1991 году FCC опубликовала правила, согласно которым владельцы микроволновых диапазонов будут делить свои спектры с операторами связи, при этом работающие в одном диапазоне системы не будут вызывать эффектов интерференции. Пользователи микроволновых систем должны были перейти на другие частоты или альтернативные технологии, в конечном счете – на совместимое оборудование.

При переходе на другие частоты должны выполняться следующие принципы:

- тем владельцам частот, которые приобрели их в пользование до января 1992 года, должны выплачиваться компенсации для перехода на другое оборудование, причем компенсации должны выплачивать новые операторы связи;
- для владельцев частот, использовавших их после января 1992 года, переход на новые частоты должен был произойти без какой-либо оплаты, потому что они были предупреждены о необходимости освобождения частоты по первому требованию сотового оператора.

Еще в 1991 году FCC предупреждала всех, кто приобретал частоты, что им через некоторое время придется уступить их по первому требованию. Владельцам объясняли, что данные частоты в пределах 2 ГГц зарезервированы для создания услуг беспроводной персональной связи в течение нескольких следующих лет. Таким образом, всем, кто использовал эти частоты, в конце 90-х годов пришлось перейти на другой диапазон. Они действительно устанавливали 2 ГГц оборудование на свой страх и риск. Хотя многие владельцы час-

тот знали о том, что необходимо перейти на другую частоту для работы, они продолжали использовать старые до тех пор, пока операторы связи не стали им звонить, для того чтобы обсудить переход на новые частоты.

Стоимость перевода микроволновых систем была основной проблемой при установке систем персональной связи. Это следствие того, что стоимость перехода на другие частоты могла составлять от несколько сотен до несколько тысяч долларов, в зависимости от типа используемой системы. Некоторые владельцы частот даже занимались вымогательством, когда операторы связи уведомляли их о необходимости сменить частоты. Например, если стоимость перехода на другую частоту стоила примерно 400 000 долларов, то собственник частоты запросто мог запросить 850 000 долларов. FCC и CTIA получали множество жалоб в связи со сложившейся ситуацией. В 1996 году FCC выпустила список правил, в котором учитывалась стоимость перехода на другие частоты. Новые правила должны были внести порядок в систему расчетов между владельцами частот и операторами связи. Однако CTIA заявила, что стороны должны самостоятельно разбираться в вопросах стоимости диапазона. Кроме этого, CTIA заявила, что права владельцев частот и операторов связи должны быть уравнены и переход на новые частоты должен производиться в добровольном порядке в любое удобное для владельцев частот время.

Каждый случай смены частоты должен рассматриваться индивидуально, так как каждый владелец имеет собственные нужды и ресурсы. Так как этот процесс уникален, то переговоры происходили в несколько этапов. Не все микроволновые системы связи вызывали интерференцию в диапазоне 2 ГГц. Операторы сотовой связи решали эту проблему несколькими способами, в зависимости от их планов на рынке:

- некоторые операторы просто строили свои системы, а затем начинали вести перегворы с владельцами частот в агрессивной форме;
- другие операторы пошли более либеральным путем, сконцентрировав свое внимание на развитии нескольких рынков или различных площадей внутри рынка.

Наряду с владельцами частот операторы сотовой связи вносили множество сложностей в процесс переназначения частот. Так как этот процесс еще никогда не происходил, каждое решение было прецедентом в индустрии.

Во время процесса перераспределения частот некоторые операторы использовали экономические методы для решения проблемы перекрытия. Они должны были вести одновременно несколько переговоров. Некоторые операторы разыскивали владельцев частот и предлагали сотрудничество, в частности совместное предоставление услуг связи, установку микроволновых антенн, увеличение емкости системы. Многие операторы нуждались в ускоре-

нии процесса переназначения частот, поэтому создавались специальные команды, предназначенные исключительно для управления этим процессом.

Некоторые системы связи начали свою работу в третьем квартале 1996 года (например, PrimeCo PCS в Чикаго). Большинство же начало работу весной 1997 года. При запуске все операторы стремились обслуживать ту территорию, на которой было максимальное количество потенциальных клиентов, а уже затем наращивали площадь покрытия сети, запланированную на ближайший год. В конце 1997 года началась серьезная конкуренция между операторами сотовой связи, работающими в диапазоне 850 МГц, и новыми операторами.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- Основываясь на природе распространения сигнала, операторы сотовой связи, работающие в диапазоне 850 МГц, могли ставить гораздо большее количество базовых станций, чем работающие в диапазоне 1900 МГц.
- T-Mobile – это собственность компании Nokia.
- Владельцам частотных диапазонов, купленных до января 1992 года, операторы сотовой связи должны были выплатить суммы, соответствовавшие стоимости перехода на новые частоты.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Для чего FCC ввела лицензирование двух типов рынка MTA и BTA?

a) для осуществления случайной системы лицензирования;
b) для того чтобы способствовать кооперированию между сотовыми компаниями;
c) для того чтобы приостановить рост крупных компаний и поощрить развитие малого бизнеса;
d) для того чтобы существовало гарантированное число торговых зон;
e) все перечисленные варианты.

Какое количество крупных компаний работало на рынке сотовой связи в январе 2005 года?

a) 6;
b) 4;
c) 2;
d) 10;
e) 5.

По сравнению с предыдущими системами связи, новые системы являются:

a) более ориентированными на зону покрытия, чем на пользователя;
b) специфичными к MSC;
c) более относящимися к местным телефонным сетям;
d) более ориентированными на пользователя.

Правила FCC содержали инструкции для перехода владельцев микроволновых частот на:

a) оптиковолоконную связь;
b) инфракрасные технологии;
c) совместимое оборудование;
d) ни один из перечисленных вариантов.

9 Вышки

9.1. Введение

Для создания сотовых ячеек используются три основных вида вышек: *монопольные*, *автономные* (известные как самостоятельные или решетчатые) и *укрепленные (мачты)*. Тип устанавливаемой вышки зависит от политики компании, оперативных нужд (в частности, установка вышки с минимальной массой) или зональных ограничений. Вышки устанавливаются прямо на земле. Каждый тип вышек имеет свои преимущества и недостатки, которые должны быть учтены перед установкой.

Дизайн и метод установки диктуются предназначением вышки, местом установки, погодными условиями, весом оборудования и взглядами на дальнейшее ее использование. Правильно сконструированная и установленная вышка может простоять несколько десятилетий. Сколько места будет занимать вышка, определяется ее типом, максимальным весом и дизайном.

В индустрии беспроводной связи вышки могут использоваться не только для установки антенн базовых станций, но и для установки микроволновых антенн. Микроволновые антенны используются как часть фиксированной сети оператора сотовой связи, также известной как сеть обратной связи (см. главу 12). Количество используемых фиксированных сетей зависит от оператора сотовой связи, его политики или нужд.

Местные муниципалитеты, а также зональные ограничения не позволяют устанавливать базовые станции в любом месте. В некоторых местах (обычно городских и пригородных районах) операторы сотовой связи встречают жесткое сопротивление при установке обычных вышек.

При построении базовой станции важно сделать ее выше, чем здания и деревья. Высота базовой станции также зависит от того, сколько соседних станций установлено в округе: нужно учитывать планы повторного использования частоты для того, чтобы избежать эффекта интерференции. Минимальная высота зависит от ландшафта (например, от складок местности) и дальности, на которой оператор рассчитывает обеспечить связь.

9.2. Подбор места для установки

Подбор места для установки является необходимым условием при построении базовой станции. При этом должно быть учтено множество факторов.

При проведении поиска места для установки оператор сотовой связи пользуется всеми критериями, которые позволяют принять решение об установке базовой станции. Например, ориентируется на площадь покрытия базовой станции, а также на стоимость установки (вышку можно арендовать или поставить собственную). Место установки должно быть доступно для полуприцепов и большегрузного крана. Это необходимые условия для того, чтобы иметь возможность составить все части вышки.

После выбора места для установки станции определяется подрядчик, который ее может установить. Следующим шагом становится оценка выбранной местности. Организация, устанавливающая вышку, должна сделать так, чтобы она не мешала соседним сетям и местным службам.

Вышка должна быть выше, чем деревья или линии электропередач. На основе оценки выбранного участка принимается решение о том, какой тип вышки должен быть установлен. Почва должна быть проанализирована геологами на соответствие требованиям для установки вышки. Детальный анализ позволит исключить плохие участки, такие как каменистая почва, болотистая или песчаная, или старые поля. Анализ может выявить даже токсичность почвы. Если место для установки базовой станции покупается оператором сотовой связи и оно оказывается токсичным, то оператор вправе потребовать у старого владельца, чтобы он очистил почву (или просто оплатил стоимость очистки).

Все тестирования почвы проводятся до покупки участка земли. Затем производится выкапывание котлована для закладки фундамента для базовой станции. Однажды случилось так, что выбранное место оказалось закопанной свалкой. Рабочим пришлось работать в масках. Для создания фундамента может потребоваться гораздо больше средств, чем для установки других частей вышки.

При необходимости для доставки частей базовых станций могут использоваться вертолеты или большие гусеничные машины.

9.3. Монопольные вышки

Монопольные вышки строятся из клиновидных стальных трубок, которые симметрично соединяются друг с другом. Они просто устанавливаются друг в друга, а затем закрепляются болтами. Большинство монопольных вышек построено из 40-футовых трубок. Основа монопольной вышки крепится болтами к основанию и не нуждается в дополнительных кабельных креплениях. Компании – производители вышек используют огромные сверла (примерно

2,5 метра в диаметре) для того, чтобы сделать в земле дыру для бетона, который будет являться основанием базовой станции. Нижняя секция базовой станции крепится к основанию болтами (рис. 9.1).

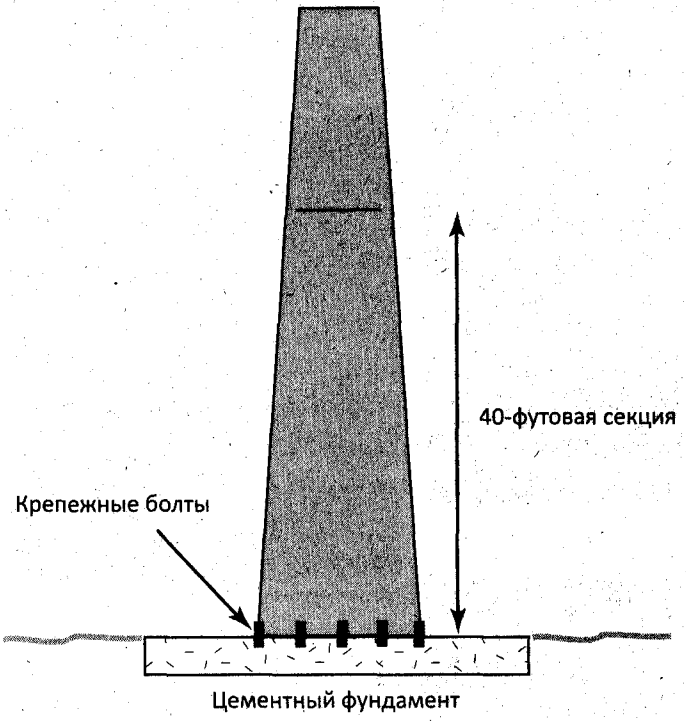


Рис. 9.1 • Монопольная вышка

Глубина бурения зависит от плотности почвы и высоты устанавливаемой вышки (может быть от 2,5 до 12 метров в глубину). Монопольные вышки часто устанавливаются в городских районах, и во многих случаях эти установки служат и эстетическим целям. Высота этих вышек, как правило, не более 45 метров, но бывают и такие вышки, высота которых достигает 75 метров. Из всех типов вышек только эти могут иметь маленькое, по сравнению с высотой, основание.

Монопольные вышки наиболее эстетичны и для их установки не требуется много места. Из трех типов вышек их проще всего установить, так как они не нарушают внешнего вида территории.

Некоторые муниципалитеты требуют, чтобы операторы окрашивали монопольные вышки в небесный цвет. По их мнению, в этом случает вышка будет сливаться с небом, хотя на самом деле такое окрашивание будет в гораздо большей степени выделять вышку на фоне ландшафта и горизонта.

В довольно редких случаях операторы сотовой связи срезают верхушку вышки и устанавливают еще более высокое продолжение. Однако это увеличение может привести к потере гарантии на вышку, а также повредить фундамент, не рассчитанный на дополнительный вес. На рис. 9.2 и 9.3 вы видите фотографии монопольных вышек.

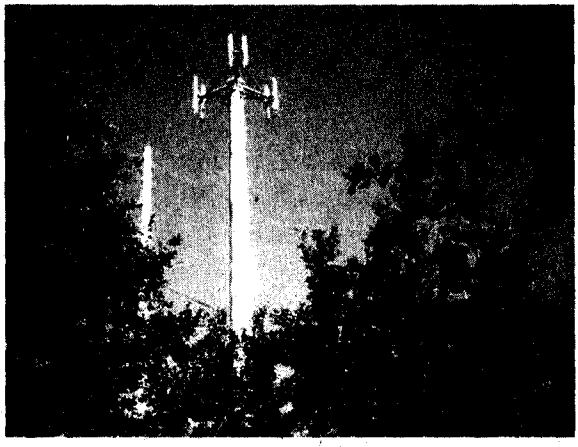


Рис. 9.2 • Типичная монопольная вышка

Рис. 9.3 • Типичная монопольная вышка

9.3.1. НЕВИДИМЫЕ ВЫШКИ

Для того чтобы преодолеть сопротивление общества к установке вышек, в середине 90-х годов производители начали выпускать *невидимые вышки*. Наиболее популярным видом замаскированных вышек стали модели, которые выглядели как деревья. Эти закомуфлированные вышки могли выглядеть практически как любое дерево, включая поддельный ствол, поддельные ветки

и поддельные листья. Некоторые вышки выглядели как красное дерево, пальма или даже дуб. Были и вышки, замаскированные под осветительные фонари, монументы или флагштоки. Эти вышки более дорогие, чем простые монопольные. Ранние версии этих типов вышек были низкого качества и через несколько лет изнашивались. На рис. 9.4–9.7 вы видите фото замаскированных вышек.

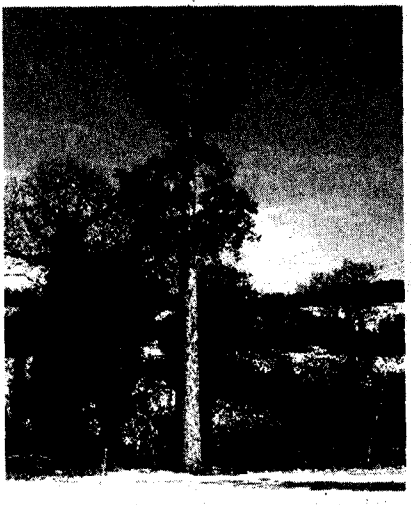


Рис. 9.4 • Монопольная вышка, замаскированная под дерево (фото предоставлено Mike P's UK GSM and UMTS Pages)

Рис. 9.5 • Монопольная вышка, замаскированная под дерево (фото предоставлено kramefirm.com)

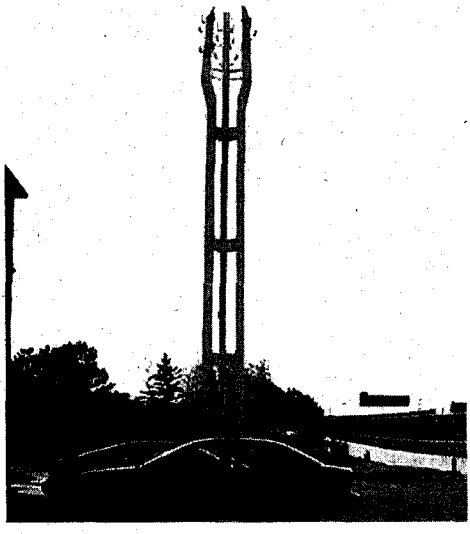


Рис. 9.6 • Монопольная вышка, замаскированная под монумент

Рис. 9.7 • Монопольная вышка, замаскированная под флагшток (фото предоставлено kramefirm.com)

Обычно вид замаскированной вышки зависит от местности, в которой ее будут устанавливать.

9.4. Автономные вышки

Автономные вышки, еще известные как самостоятельные или решетчатые – этот средний тип вышек по стоимости и сложности структуры. Автономные вышки имеют либо три, либо четыре стороны. Они построены из стальных перекрещивающихся конструкций, диаметр у такой вышки самый большой у основания. Автономные вышки, словно удлиненные пирамиды, широкие у основания и узкие на вершине. Для поддержания этих вышек не используются тросы, вышки крепятся болтами у цементного основания, как и монопольные. Автономные вышки можно установить где угодно. Они часто встречаются на высокоскоростных шоссе и в городских районах (в том числе и на крышах зданий). Автономные вышки не требуют большой площади для своего основания (оно больше, чем у монопольных, но меньше, чем у укрепленных). На рис. 9.8, 9.9 представлены автономные вышки.

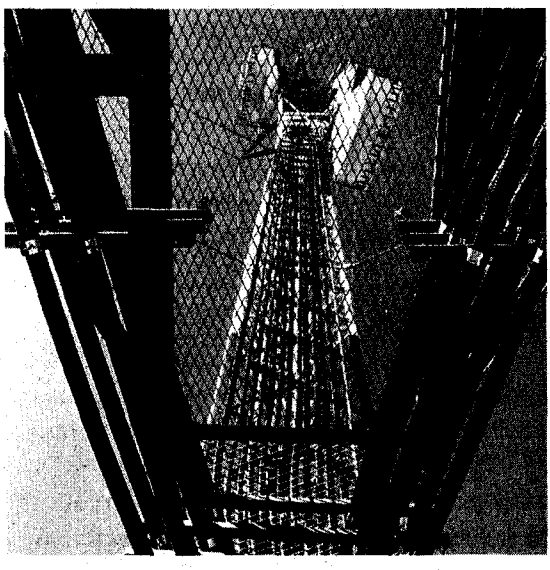


Рис. 9.8 • Автономная вышка (вид из защитного здания базовой станции)

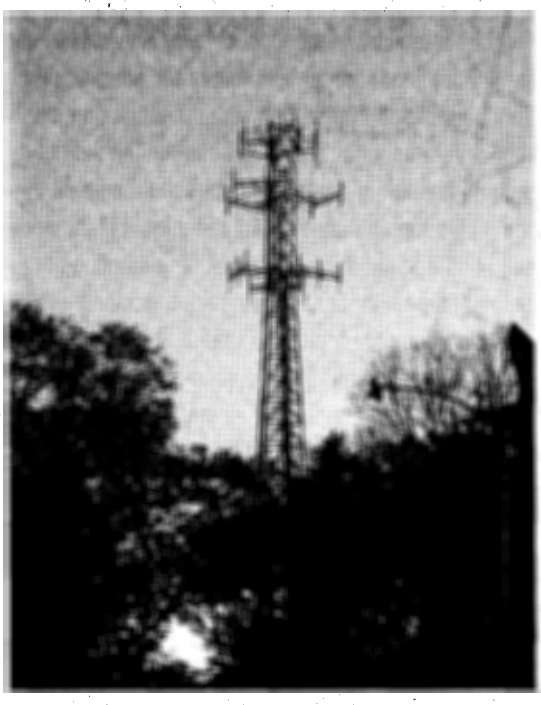


Рис. 9.9 • Автономная вышка. Обратите внимание, что эту вышку используют три оператора сотовой связи (установлены три антенные платформы) (фото предоставлено kramefirm.com)

Если антенну базовой станции нужно переместить выше или ниже на вышке в связи с изменениями в конфигурации сети, то это можно сделать с минимальными усилиями, просто передвинув ее выше или ниже на автономной (или укрепленной) вышке.

Автономные вышки обычно не превышают 100 метров в высоту. Они становятся слишком тяжелыми при высоте более 50 метров. Это происходит потому, что при увеличении высоты приходится использовать более массивные элементы конструкции.

9.4.1. ВАРИАНТЫ УСТАНОВКИ АВТОНОМНЫХ ВЫШЕК

Существует два вида установки автономных вышек: полная опора и частичная опора. Полная опора подразумевает заливку большой площади бетоном, примерно 1,5 метра диаметром у основания вышки. Вышка устанавливается на это основание и крепится к нему болтами. Этот метод позволяет получить хорошую устойчивость вышки от ветра. Это самый распространенный метод установки автономных вышек (смотрите рис. 9.10).

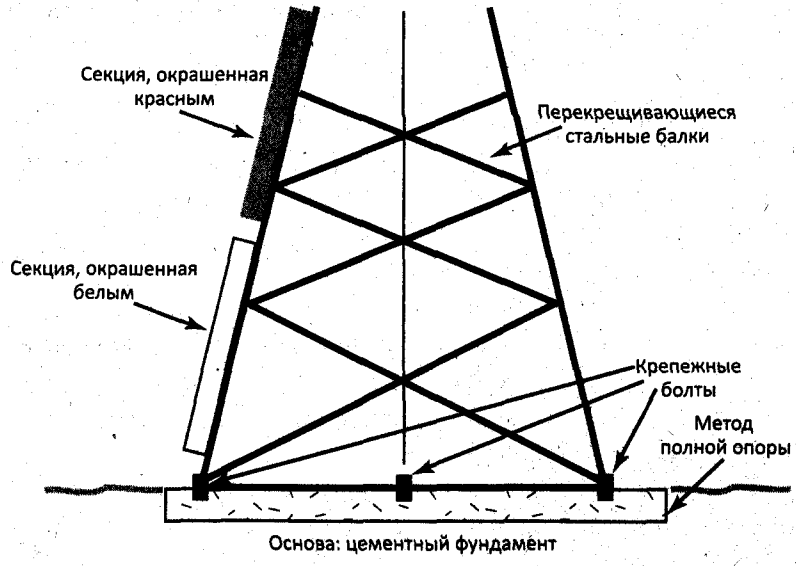


Рис. 9.10 • Полная опора для установки автономной вышки

Частичная опора подразумевает бурение в земле глубоких дыр по количеству опор вышки и отдельную заливку каждой из них бетоном. Затем опоры закрепляются болтами к каждой такой заливке. Этот метод часто используется при установке небольших автономных вышек (как правило, меньше 30 метров в высоту).

9.5. Укрепленные вышки

Укрепленные вышки сделаны из стальных балок одинаковой длины, которые скреплены между собой под углом 45° (как и автономные вышки). В отличие от автономных, укрепленные вышки поддерживаются стальными тросами, которые закреплены в земной поверхности под определенными углами.

Стоимость укрепленной вышки прямо пропорциональна ее высоте: чем она выше, тем больше стоимость. Укрепленные вышки самые высокие, их высота может достигать шестисот метров. Они наиболее распространены в сельских районах, так как здесь нужно обеспечить максимальную зону покрытия от одной вышки при невысокой плотности абонентов. Вы, наверное, помните, что одним из факторов, влияющих на дальность действия антенны, является ее высота.

Обычно укрепленные вышки в регионах RSA строятся высотой около 80–100 метров.

Укрепленные вышки имеют одинаковую ширину как у основания, так и на конце. Они поддерживаются от падения стальными тросами, которые укреплены на земле в трех местах. На вышке тросы закрепляются в строго определенных местах, расположение которых зависит от дизайна вышки (в частности, от ее высоты), а также ее загруженности. Укрепленные вышки могут часто устанавливаться на фермерских землях и вдоль высокоскоростных шоссе. На рис. 9.11 вы видите фото укрепленной вышки.

Добавим к этому, что укрепленные вышки являются наиболее дешевыми при установке, особенно когда в определенной местности требуется наиболее тонкая вышка. Оператор сотовой связи может установить укрепленную вышку, арендовав всего лишь небольшой клочок земли плюс те места, в которых крепятся опоры. После установки вышки достаточно обнести ее забором, чтобы оградить оборудование от повреждения.

Основным недостатком этого типа вышек является необходимость установки поддерживающих тросов. Радиус установки тросов может достигать около 80 процентов от высоты вышки. Эти кабели могут вызвать интерференцию, но она настолько мала, что, как правило, не берется в расчет.

Установка укрепленной вышки может оказаться более дорогостоящей, чем это можно было бы ожидать вначале, потому что для установки самой вышки и поддерживающих тросов необходим участок земли большой площади. Кроме этого, укрепленные вышки требуют гораздо более частого обслуживания и проверки поддерживающих тросов, чем остальные типы вышек.

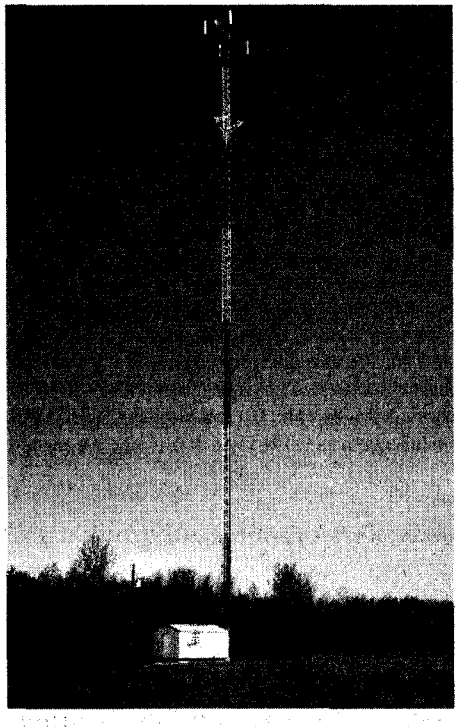


Рис. 9.11 • Укрепленная вышка, в основании которой находится укрытие для оборудования

9.6. Структурные варианты установки автономных и укрепленных вышек

При выборе того или иного типа вышки для построения новой базовой станции важно учитывать силу ветра в данной местности для того, чтобы защитить вышку от падения. Кроме этого, операторам важно выбрать количество и размер антенн, которые будут установлены на базовой станции. Эти факторы являются определяющими при выборе материала и толщины поддерживающих тросов, которым предстоит удерживать структуру.

Операторы сотовой связи должны выбрать между трубчатыми, угловыми или сплошными элементами, которые составляют каркас базовой станции. Все эти элементы могут использоваться для построения как автономных, так и укрепленных вышек базовых станций.

9.6.1. КОНСТРУКЦИЯ ИЗ СПЛОШНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Вышки из стальных конструкций – это вышки, сделанные из сплошных или круглых полых металлических балок. Стальные конструкции более устойчи-

вы к внешним воздействиям, чем остальные типы вышек. Вышки, построенные из сплошной стали, гарантируют большую устойчивость к природным колебаниям, ветру, коррозии и деформации из-за замораживания, чем трубчатые конструкции. Эти вышки могут выстоять против сильных ветров, уменьшая вероятность повреждения антенн или самой конструкции, а также уменьшая вероятность того, что будут повреждены элементы конструкции при установке вышки. Вышки, построенные из сплошных элементов, могут быть самой различной высоты.

Сплошные элементы не дадут частям вышки распасться из-за обледенения поверхности. Также такие элементы меньше подвержены коррозии, так как, по стандартам производителей, возникновение статических разрядов на поверхности сплошных элементов на 25 процентов ниже, чем у трубчатых конструкций. Сплошную сталь можно сделать оцинкованной, что довольно сложно осуществить с трубками.

9.6.2. ТРУБЧАТЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Трубчатые вышки сделаны из перекрещивающихся обрезков труб. Эти вышки, как и сплошные, могут быть совершенно разных размеров. Однако трубчатые конструкции способны накапливать влагу, что может повлечь за собой нарушение целостности конструкции из-за обледенения. Ржавчина и коррозия будут разъедать такие вышки не только снаружи, но и изнутри трубок. Поэтому должна быть установлена система дренажа, за которой нужно постоянно следить. Дренажные дырки должны быть просверлены по всей поверхности вышки и их нужно периодически проверять, чтобы избежать засорения и скопления большого количества воды. Если в трубке скопится большое количество воды, то при замораживании лед может просто ее разорвать.

Конструкция такого типа по стоимости сравнима со сплошными вышками, однако на ремонт и обслуживание затрачивается гораздо больше средств. На трубчатые вышки лучше не устанавливать дополнительные антенны, так как превышение веса для них очень опасно.

9.6.3. УГОЛКОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Уголковые конструкции – это вышки, сделанные из сплошных стальных элементов, которые загнуты в виде буквы L. Размер и толщина стали зависит от рассчитываемой массы антенной конструкции, которая будет установлена на вышке. Допустимая масса загрузки вышки будет рассмотрена в разделе 9.7.

Уголковые вышки по своей природе не боятся морозов. Из трех рассмотренных моделей уголковые конструкции являются самыми дорогими. В зависимости от толщины стали уголковые конструкции могут быть более хрупкими, чем круглые, но толщина стали рассчитывается при разработке вышки

для наиболее крепкой конструкции. Большинство установленных укрепленных вышек сделаны из уголков.

9.7. Загрузка вышки

Загрузка вышки подразумевает максимальный вес, который может нести конструкция, при этом должна быть учтена ее устойчивость к ветру. Мощность поддерживающих конструкций определяется следующими факторами:

- высота вышки;
- общее количество антенн, которые будут установлены на вышке, и их тип;
- погодные условия в данной местности;
- количество и толщина кабелей, которые будут протянуты вдоль вышки;
- максимальная сила ветра (его скорость); большинство вышек строится с учетом того, что они будут выдерживать ветер, скорость которого достигает 100 миль в час.

9.8. Инструкции Федеральной администрации авиации (FAA)

В обязанности Федеральной администрации авиации входят задачи по контролированию объектов, использующих воздушное пространство. Вышки коммуникаций, в соответствии с правилами FCC, должны соответствовать инструкциям FAA. FCC просто выполняет задачи, поставленные FAA.

9.8.1. ФОРМА 7460

Форма FAA 7460-1 подается для всех вышек, высота которых более 60 метров, а также для всех вышек, которые находятся в непосредственной близости от аэропортов. Эта форма должна содержать данные о географических координатах вышки (широта и долгота), высоте вышки над уровнем моря и общей высоте вышки и антенн. На основе этих данных FAA определяет, представляет ли вышка опасность для авиации. Географические координаты включают три величины: градусы, минуты и секунды.

Оператор связи должен послать в FAA карту с 7,5-градусной сеткой разметки Геологической службы США. Специалисты FAA рассматривают данные документы и при необходимости запрашивают форму 7460-2.

Форма 7460-2 включает данные о том, когда оператор начнет и закончит возводить вышку. Таким образом, FAA будет иметь возможность предупредить об этом близлежащие аэропорты. Операторам связи нужно обязательное разрешение FAA на установку базовой станции.

9.8.2. ПОДСВЕЧИВАНИЕ И РАСКРАШИВАНИЕ ВЫШЕК

Согласно правилам FAA, объекты высотой более 60 метров необходимо раскрашивать или подсвечивать. Требования по раскрашиванию и освещению объектов устанавливаются FAA и контролируются FCC. Выделение цветом является необязательным, в зависимости от типа используемого освещения. Окраска вышек, как правило, производится в белый и красный цвета. Подсвечивание обычно включает установку красных мерцающих или белых сверкающих фонарей, также возможна установка фонарей обоих цветов. Из этих двух типов подсветки белая используется днем, а красная – в ночное время. FAA позволяет использовать операторам сотовой связи оба типа подсветки на их выбор. Если вышка раскрашена в белый и красный цвета, то дневная подсветка необязательна. Однако если вышка не раскрашена, то подсветка является обязательным атрибутом.

Если краска вышки выгорает на солнце, становится блеклой, то оператор сотовой связи может быть оштрафован. Ранее FAA сообщала операторам о проверках, чтобы они привели внешний вид вышек в порядок, однако в настоящее время такие проверки осуществляются без предупреждения.

Все системы подсвечивания должны иметь систему сигнализации, оповещающую о том, что лампа вышла из строя, особенно это касается ламп красного цвета, или об отсутствии напряжения питания. Если подсветка базовой станции по какой-либо причине отсутствует, то FAA должна быть немедленно об этом предупреждена для того, чтобы пилоты знали о неподсвеченной вышке. По существующим нормам, если освещение на вышке внезапно пропадает, оператор вышки имеет 15 минут на то, чтобы оповестить FAA об опасности.

Так как подсветка является необходимым атрибутом, то установка данной системы тщательно отслеживается в процессе построения самой вышки. Осветительные лампы должны быть установлены на самой высокой точке вышки, чтобы их было хорошо видно с самолетов. Полностью работоспособная вышка должна иметь одну лампу на вершине и несколько ламп вдоль конструкции (количество зависит от высоты вышки).

FAA очень серьезно относится к подсвечиванию вышек. Один из операторов связи неправильно разместил лампы на вышке, что привело к крушению медицинского вертолета. Все, кто находился на борту, погибли. За это нарушение оператор связи был оштрафован на несколько миллионов долларов. Другой оператор беспроводной системы связи установил вышку выше, чем было указано в форме 7460-1 и был оштрафован потому, что в непосредственной близости находился аэропорт.

9.9. Совместное использование вышек операторами

Для операторов сотовой связи иногда бывает выгодно разместить на своей вышке антенны другого оператора. Операторы сотовой связи, как правило, стараются, где только возможно, арендовать место для установки антенн вместо построения новой вышки для того, чтобы сэкономить средства. Аренда вышек также уменьшает задачи по договору с местной администрацией, которая, как правило, выступает против установки новой вышки. Иногда случается так, что некоторые операторы не уступают место на своей вышке. Им просто невыгодно, чтобы данная местность обслуживалась кем-либо еще, так как они могут потерять клиентов. Многие местные власти требуют от операторов, чтобы они размещали соседствующие базовые станции только там, где это не приведет к ухудшению внешнего вида города. Но аренда места на вышке, вместо установки новой вышки, может и не быть лучшим выходом. Это зависит от многих факторов. Например, сколько еще времени оператор будет сдавать в аренду место на своей вышке? Может быть, лучше построить собственную вышку и ни от кого не зависеть на данном участке рынка сотовой связи?

Начиная с 90-х годов вошло в обиход одновременное размещение на одной вышке антенн нескольких операторов сотовой связи. В связи с этим некоторые компании просто строили вышку и сдавали на ней место для антенн. Это касается сотовых компаний, операторов подвижной мобильной связи и пейджинговых компаний.

Некоторые операторы сотовой связи покупали специально такие вышки, чтобы на них можно было разместить еще несколько дополнительных антенн. Начиная с тех пор, как был подписан Акт телекоммуникаций в 1996 году, многие компании стали сдавать в аренду места на вышках. Одна компания начала скупать радиостанции по всей стране для того, чтобы сдавать в аренду места на вышках. Многие операторы сотовой связи сталкивались с запретами местных властей, которые противились установке новых вышек, поэтому им приходилось арендовать места на уже существующих. На каждом из рынков компания имела от 4 до 8 вышек высотой 100–150 метров. Каждая из этих вышек использовалась не только для собственных нужд, но и сдавалась другим компаниям. Соседствующие вышки являются на сегодняшний день обычным делом, так как одновременно служат сразу нескольким сотовым операторам.

9.10. Обслуживание вышек

Сотовые операторы, работающие в диапазоне 850 МГц и имеющие в собственности одни из самых старых вышек, рассказали, что долголетие вышки заключается в ее качественном обслуживании. Их вышки, установленные в

80-х годах, стоят, как новые. Но излишний вес из-за льда, ветра, оборудования других операторов, а также установка собственных дополнительных антенн ослабляют вышку. Если оператор не обнаружит ослабевание конструкции на раннем этапе, то данная вышка может просто не пройти инспектирования комиссией. Строгая программа обслуживания может сохранить вышку в превосходном состоянии в течение многих лет. Регулярные проверки каждые 1 – 3 года проводятся компаниями, которые сами не являются производителями вышки. Основная задача каждой проверки состоит в том, чтобы рассмотреть окраску вышки. Это позволяет выявить возраст вышки, ее структуру и вес, который она может вынести. Даже если один оператор хочет взять вышку в аренду у другого оператора, он должен рассмотреть ее вблизи для того, чтобы сделать соответствующие выводы. Многие проверки вышек происходят визуально. Обычно инспектор проверяет наземные соединения, болты и окраску, но не поднимается на высоту.

Наилучшим способом увидеть, в каком типе обслуживания нуждается вышка,– это подняться на нее. Если вышка не осмотрена от начала и до конца, то коррозия на ее вершине может быть часто просто незамеченной.

Укрепленные вышки нуждаются в более частом обслуживании, в основном заключающемся в осмотре поддерживающих тросов. Для этих вышек всегда важно осматривать сами тросы и их крепления. Кабели проверяются на прочность. Если выявляется, что кабель уже достаточно изношен, то оператор сотовой связи просто не может проигнорировать эти сведения. Вандалы, неправильная установка и погодные условия – все эти факторы должны учитываться при каждом новом осмотре.

Для всех типов вышек важно проверять состояние болтов, которыми вышка крепится к фундаменту. Проверка производится с помощью устройств, которые могут установить глубину фундамента и максимальную массу нагрузки без непосредственного вмешательства.

9.10.1. ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ, КОРРОЗИЯ И ЗАГРУЗКА ВЫШКИ

Вышки испытывают постоянное природное воздействие, особенно в прибрежных районах или районах, подверженных частым торнадо или грозам. После каждой грозы операторы должны проверять состояние вышки, так как она может быть повреждена и ее конструкции может потребоваться ремонт. Для того чтобы избежать коррозии, операторы должны избегать в таких районах установки полых вышек. Их попросту невозможно проверить изнутри. Так как вышки могут корродировать изнутри, операторы проводят специальный ультразвуковой тест, для того чтобы определить степень износа конструкции. Один из операторов сотовой связи часто перекрашивает свои

вышки для того, чтобы противостоять интенсивному солнечному свету и напору ветра. Лед и снег увеличивают нагрузку на конструкции вышки, поэтому операторы сотовой связи, работающие в северных районах, устанавливают усиленные вышки.

Погода – это не единственный фактор, из-за которого вышки выходят из строя. К поломке вышки может привести и перегрузка оборудованием. Поломки начинаются в основании вышки, вследствие чего ухудшается качество сигнала из-за просадки металлических конструкций. Если сталь окрашена, не перегружена и периодически проверяется, то такая вышка может простоять очень долгое время. Если оператор устанавливает дополнительное оборудование, то вышка должна быть заранее укреплена.

9.10.2. ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Как и для любого другого типа оборудования, профилактическое обслуживание помогает продлить срок службы вышки. Проверка высоких конструкций заключается в следующем:

- вышка должна регулярно окрашиваться для предотвращения коррозии. В местах соединений должны использоваться изоляторы для защиты элементов. Вышки никогда не должны окрашиваться в вечернее время, так как при наступлении ночи металл охлаждается и сжимается, что повлечет за собой растрескивание и отслоение краски;
- вне зависимости от того, арендует ли оператор вышку или использует свою, обслуживанию нужно подвергать и коаксиальные кабели. Их замена должна производиться каждые 10–15 лет. Более толстые кабели прослужат дольше, чем тонкие. Также кабели могут быть повреждены вандалами. Царапины на поверхности кабеля со временем приведут к ослаблению сигналов;
- операторы сотовой связи должны посылать своих инженеров для проверки согласно графику обслуживания;
- освещение вышек должно меняться по мере ослабления ламп.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- Одним из преимуществ монопольных вышек является то, что они имеют более эстетичный вид, чем другие вышки.
- Нарушение правил освещения вышки может повлечь за собой жесткие штрафы.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Укрепленные вышки:

a) самые высокие;
b) более часто используются в сельской местности;

c) имеют одинаковую толщину на конце и у основания;
d) наиболее дорогие для установки;
e) только a, c и d;
f) только a, b и c.

Какой тип конструкции вышки наиболее подвержен коррозии и конденсации влаги?
a) из сплошных элементов;
b) уголковые конструкции;
c) трубчатые конструкции;
d) ни один из перечисленных вариантов.

Загрузка вышки определяется:
a) наибольшим количеством секций вышки;
b) как глубоко находится фундамент вышки;
c) какой наибольшей скорости ветра сможет противостоять вышка;
d) наибольший вес, который сможет выдержать вышка;
e) только c и d.

10 Оборудование базовой станции и поток радиосигналов

10.1. Всенаправленные антенны и пространственная разность

В настоящее время *всенаправленные базовые станции* существуют только в сельских районах. Это объясняется низкой плотностью абонентов, поэтому нет необходимости разбивать базовую станцию на секторы.

Всенаправленные базовые станции используют всенаправленные антенны, излучатель которых имеет вытянутую форму. Эти базовые станции могут встречаются в двух конфигурациях:

- конфигурация, в которой на вершине базовой станции установлены две приемные антенны и одна передающая. Эта конфигурация часто встречалась в 80-х–начале 90-х годов.
- конфигурация, в которой две, иногда три антенны установлены на вершине вышки. Эта конфигурация встречается в настоящее время гораздо чаще. Когда устанавливается две антенны, это называется установкой дуплексеров.

На рис. 10.1 показано расположение всенаправленных антенн на вышках.

Как правило, на базовой станции устанавливается две приемные антенны, которые называют приемник 0 и приемник 1 (RX1 и RX2). Назначение двух приемных антенн – создать пространственную разность. Пространственная разность помогает предотвратить ослабление Релея. При этом обеспечивается такой эффект, что для беспроводного звонка выбирается самый сильный сигнал.

Пространственная разность работает следующим образом: когда абонент нажимает клавишу вызова, сигнал проходит через атмосферу и принимается обеими приемными антеннами. Затем сигнал проходит по коаксиальным кабелям в приемное оборудование базовой станции. В этой точке устройство, называемое компаратор, проверяет оба сигнала и выбирает лучший из них. Компаратор динамически выбирает один из лучших сигналов и переключается между ними в течение всей продолжительности звонка. Перемещение обработки с антенны RX0 на RX1 может происходить сотни раз в течение звонка. Пространственная разность позволяет добиться более сильного сигнала от 0,5 до 12 дБ. Это позволяет добиться устойчивого сигнала при множестве отраженных, даже когда абонент находится в движении (например, разговаривает, управляя автомобилем).

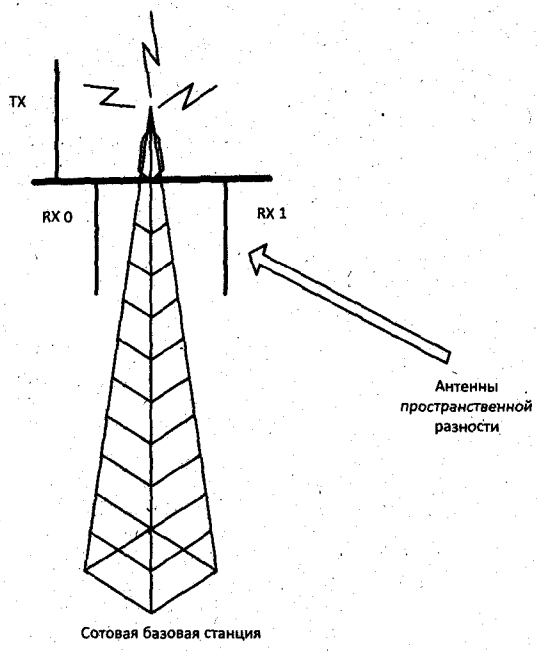


Рис. 10.1 • Установка всенаправленных антенн

Когда на базовой станции установлено три антенны, две из них являются приемными (RX0 и RX1), а одна передающей. Передающая антенна используется для передачи сигнала с базовой станции к мобильному телефону. Приемные антенны принимают сигнал, излученный с мобильного телефона.

В том случае, когда на базовой станции установлены только две всенаправленные антенны, первая принимает сигнал RX0 и передает сигналы, а вторая просто принимает сигнал RX1. Действие, когда одна антенна принимает и передает сигнал, называется дуплексированием (дуплексирование будет объяснено подробнее в подразделе 10.2.2.3).

10.2. Конфигурации оборудования базовых станций

В этом разделе будет объяснено, как оборудование базовой станции управляет входящими и исходящими сигналами.

10.2.1. ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКИ

Приемопередатчики базовых станций работают подобно антеннам мобильных телефонов. Они содержат следующие элементы:

- два приемных порта (для приема двух различных сигналов);
- компаратор (его функционирование было описано в разделе 10.1);

- один передающий порт;
- канал audio-in (входящий аудиосигнал);
- канал audio-out (исходящий аудиосигнал);
- линия данных (выполняет функцию передатчика, соединяющего оборудование базовой станции с мобильным центром коммутации).

На рис. 10.2 показана схема типичного приемопередатчика базовой станции.

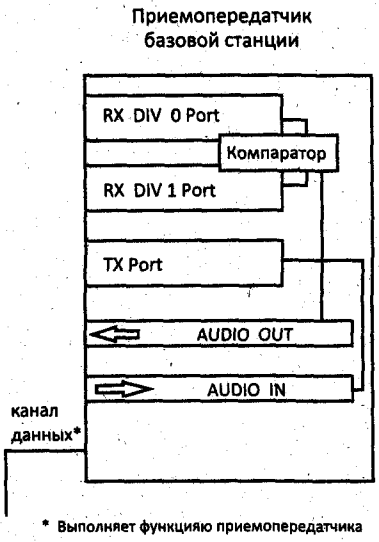


Рис. 10.2 • Типичный приемопередатчик базовой станции

10.2.2. ВХОДЯЩИЙ РАДИОСИГНАЛ (ПРЯМОЙ КАНАЛ)

Когда абонент мобильной связи набирает номер или принимает входящий звонок, в любом случае происходит передача радиосигнала. Другими словами, распространение сигнала происходит при любом телефонном звонке. В данном разделе будет рассмотрен только сигнал, который распространяется от базовой станции к мобильному телефону.

Мобильный центр коммутации всегда назначает пару каналов для любого телефонного звонка. Назначенные каналы остаются постоянными, за исключением случаев, когда происходит передача вызова при передвижении абонента.

10.2.2.1. Усилители мощности и линейные усилители. Усилители мощности используются на пути исходящего сигнала для того, чтобы усилить его. Уровень мощности сигнала измеряется в децибелах. Для каждой пары каналов используется один усилитель, или приемопередатчик. В наши дни многие операторы сотовой связи используют линейные усилители, которые имеют большую выходную мощность. Уровень мощности регулируется по мере не-

обходимости. Линейный усилитель может иметь очень высокий коэффициент усиления, но превышать допустимый порог ему нельзя.

Ниже приведен простой пример, показывающий принцип работы линейного усилителя. Максимальная мощность усилителя составляет 100 Вт. Для одного абонента достаточно 10 Вт, для второго – 15, для третьего – 20, для четвертого – 25 и для пятого – 30. Все абоненты получают от усилителя сигнал достаточного уровня мощности, однако ни один из них не может принять все 100 Вт. На рис. 10.3 приведено фото типичного усилителя мощности.

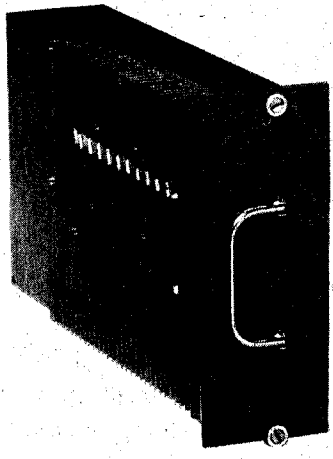


Рис. 10.3 • Типичный усилитель мощности (фото предоставлено Andrew Corporation)

10.2.2.2. Сумматоры. Сумматоры – это мультиплексоры, которые соединяют воедино радиосигналы. Сумматоры подразделяются на две категории: *резонаторные* и *гибридные*. Резонаторные сумматоры обычно объединяют вместе от четырех штук и более для того, чтобы получить наибольший коэффициент усиления. Гибридные сумматоры объединяют вместе по два, три или пять. Назначение сумматоров состоит в том, чтобы направлять несколько каналов на одну антенну. Другими словами, получается так, что для всех каналов используется только одна антенна. Сумматоры позволяют сэкономить средства, которые были бы затрачены на установку нескольких антенн, а также прокладку кабеля до них. Побочным продуктом использования сумматоров является ослабление уровня мощности сигнала до 50%. Однако в настоящее время существуют сумматоры, которые имеют коэффициент ослабления сигнала гораздо меньше 50%.

Каждый порт сумматора должен быть настроен на частоту оператора сотовой связи. Все сумматоры скрепляются вместе устройством, которое называется звездообразный коннектор. Сумматор изображен на рис. 10.4.

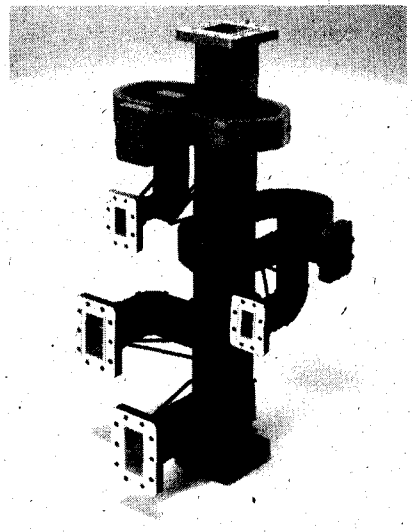


Рис. 10.4 • Сумматор (фото предоставлено Andrew Corporation)

10.2.2.3. Антенные переключатели. Для того чтобы разбить радиосигнал на два потока, применяют антенные переключатели. Назначение переключателя состоит в том, чтобы позволить и входящему и исходящему сигналу пройти через одну антенну. Затем вызов передается с базовой станции на мобильный телефон на рабочей частоте базовой станции. Антенные переключатели используются не всеми операторами сотовой связи, но их стоимость окупает стоимость двух приемных антенн. Основным преимуществом использования антенных переключателей является то, что нет необходимости устанавливать дополнительные антенны на базовой станции. Это может помочь в обслуживании базовых станций, особенно когда в сети их используется несколько сотен. На рис. 10.5 представлен антенный переключатель. На рис. 10.6 показан путь входящего сигнала, проходящего через антенный переключатель.

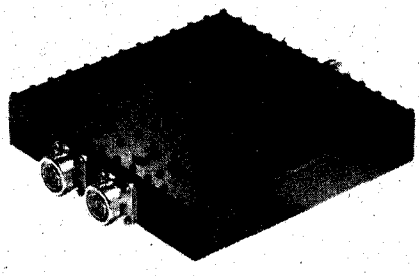


Рис. 10.5 • Антенный переключатель (фото предоставлено Andrew Corporation)

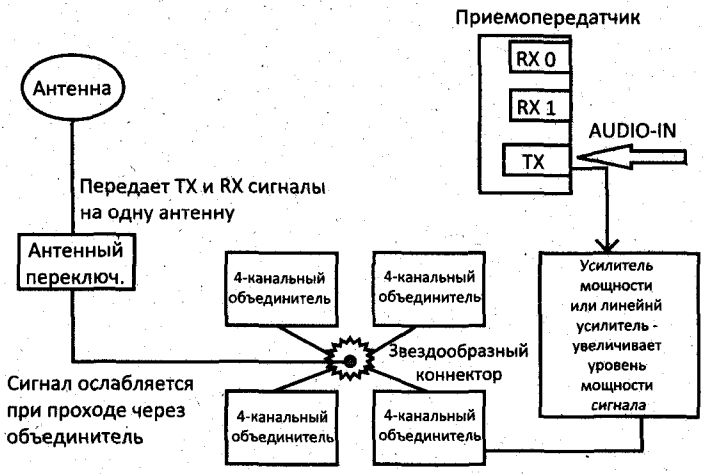


Рис. 10.6 • Путь входящего сигнала

10.2.3. ИСХОДЯЩИЙ СИГНАЛ

Когда абонент набирает номер и вызывает другого абонента, происходит распространение сигнала. Другими словами, сигнал распространяется при любом телефонном разговоре. Но в этом разделе будет описано только распространение сигнала, исходящего от мобильного телефона (абонента) к базовой станции.

10.2.3.1. Фильтры полосы пропускания. Сигнал, исходящий с мобильного телефона и принятый антеннами RX0 и RX1, поступает на *фильтр полосы пропускания*. Функция этого фильтра заключается в том, что он отфильтровывает все ненужные частоты, кроме той, на которой происходит телефонный разговор. Запомните, что мобильный центр коммутации для каждого разговора назначает пару каналов, которые при этом должны совпадать по фазе. На рис. 10.7 показан фильтр полосы пропускания.

Рис. 10.7 • Фильтр полосы пропускания (фото предоставлено Andrew Corporation)

10.2.3.2. Усилитель с низким уровнем шума. После фильтра полосы пропускания сигнал проходит через *усилитель с низким уровнем шума*, или пред-усилитель. Его функция заключается в том, что нужно усилить принятый сигнал до уровня, на котором его можно будет разбить на несколько выходящих частот – по одной для каждого канала. Это является необходимостью, так как при передаче из-за сопротивления коаксиального кабеля происходит ослабление сигнала. Усилитель с низким уровнем шума практически не вносит никаких изменений в структуру сигнала.

10.2.3.3. Многоотводный ответвитель. Затем сигнал попадает в прибор, называемый многоотводным ответвителем (multicoupler). Назначение его состоит в том, чтобы разбивать два принятых сигнала на два выходящих коаксиальных кабеля для разделения между собой различных передач. Функция многоотводного ответвителя противоположна функции сумматора, но оба этих устройства позволяют отделять друг от друга радиочастоты различных телефонных звонков.

Вы помните, что каждый приемник (трансивер) имеет две приемные антенны RX0 и RX1. Поэтому многоотводный ответвитель и разделяет сигналы, пришедшие с этих двух антенн. Трансивер выбирает один из лучших сигналов, пришедших с антенн, и отправляет его на дальнейшую обработку. Как только трансивер выбрал лучший сигнал, тот отправляется на аудиовыходы, а затем в мобильный центр коммутации. Уменьшение стоимости оборудования является основной задачей при построении сети (более подробно этот вопрос будет рассмотрен в главе 14). На рис. 10.8 показан путь, который проходит исходящий сигнал.

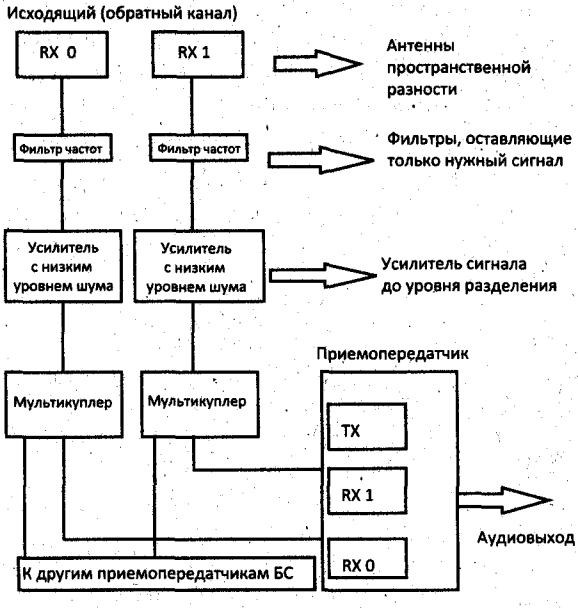


Рис. 10.8 • Путь прохождения исходящего сигнала

Тестовые вопросы

Нарисуйте схему, на которой показано продвижение радиосигнала по элементам базовой станции. В рисунок включите каждый элемент базовой станции с пояснениями его предназначения.

ДА ИЛИ НЕТ

- Устройство базовой станции, называемое комплекситором, проверяет оба принятых сигнал RX0 и RX1 и выбирает из них наилучший для дальнейшей обработки.
- На каждой базовой станции устанавливается по три приемные антенны.
- Объединитель предназначен для объединения потоков исходящих сигналов.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Явление, которое объясняет необходимость использования двух приемных антенн для приема сигналов мобильных телефонов и выделения наилучшего принятого сигнала, называется:

a) временная разность;
b) пространственная двойственность;
c) пространственная разность;
d) дуплексирование;
e) ни один из перечисленных вариантов.

Какой из элементов базовой станции разделяет сигналы, принятые с антенн RX0 и RX1, на 15 независимых выходов на коаксиальные кабели?

a) мультикуплер;
b) объединитель;
c) преобразователь;
d) звездообразный коннектор;
e) ни один из перечисленных вариантов.

11 Управление емкостью сети, модели распространения радиоволн и тестирование сети

Емкость беспроводной системы определяет количество радиоканалов, которое может обеспечить базовая станция. Существует несколько подходов к управлению емкостью системы. В данной главе мы рассмотрим основные методы, которые используются в беспроводных системах связи для регулирования емкости. Каждый конкретный метод зависит от самого оператора, а также от нескольких других факторов: от технической практики оператора, используемой технологии, а также от того, какие методы более выгодны экономически и какие методы могут быть легче внедрены при использовании цифровых технологий. В конечном счете, метод, с помощью которого операторы увеличивают емкость своей сети, зависит от самого оператора и типа используемой беспроводной технологии.

11.1. Секционирование соты

Секционирование соты – это процесс деления географической площади, покрываемой двумя сотами, на три равные части для установки третьей базовой станции. Новая базовая станция устанавливается примерно в центре площади на границе существующих базовых станций. Секционирование соты применяется для увеличения емкости сети, для того чтобы увеличить интенсивность трафика на данном участке рынка.

Секционирование соты необходимо применять, когда загрузка общей емкости ячеек в данном регионе достигает 80% или когда все другие способы увеличения емкости сети уже использованы. При разделении ячеек должен браться в расчет план повторного использования частоты, для того чтобы избежать интерференции между соседними базовыми станциями.

При секционировании соты мощность излучения уже существующих базовых станций должна быть снижена, для того чтобы уменьшить дальность их действия. Так как при секционировании соты появляется дополнительная емкость сети, зоны покрытия всех соседних ячеек уменьшаются. Многие операторы сотовой связи пытаются избежать секционирования соты, так как этот процесс является довольно дорогостоящим и трудоемким (нужно устанавливать новую базовую станцию, стоимость которой достигает 250 000 долларов). Они пытаются использовать другие технологии, чтобы добиться

увеличения емкости базовой станции. Но в конце концов с увеличением количества абонентов им приходится все же устанавливать новые базовые станции. На рис. 11.1 изображена схема разделения ячеек.

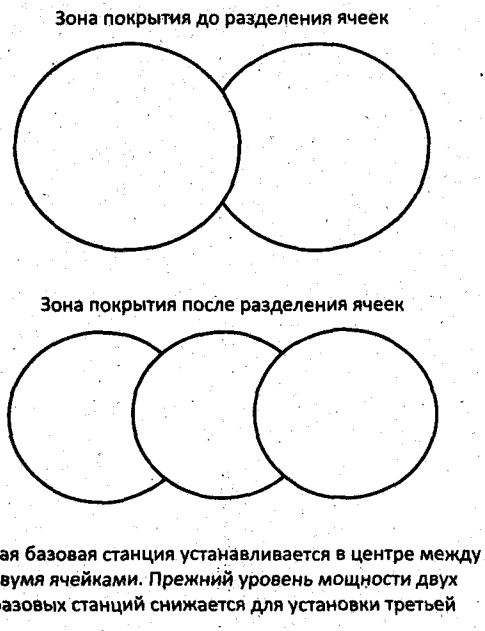


Рис. 11.1 • Секционирование соты. Обратите внимание на то, что общая площадь покрытия остается примерно такой же, как и до установки третьей базовой станции

11.2. Перекрытие

Перекрытие известно как наслоение ячеек, что предполагает установку дополнительных маленьких базовых станций внутри большой для того, чтобы регулировать уровни мощности каждого радиоканала базовой станции. Nokia называет эту технологию суперячейкой, а Ericsson называет ее иерархичной ячейкой. Компания Lucent использует оригинальное имя этой технологии, так как ее концепция была разработана Bell Labs. Это достигается настраиванием радиосигналов на соседних участках ячейки таким образом, чтобы уровни мощности различных каналов сильно отличались друг от друга. Это означает, что *любой другой канал на соседней базовой станции должен иметь* сильно отличающийся уровень мощности. Это обеспечивает уменьшение или полное уничтожение межканальной интерференции между отдельными сотами. Ровно половина каналов соты должна иметь повышенный уровень мощности, а вторая половина – пониженный. Эта теория основана на том,

что смежным каналам различных базовых станций назначают различные уровни мощности. Если осуществлено хорошее разделение между каналами низкой и высокой мощности, то существенного различия между уровнями мощности не требуется. На рис. 11.2 изображена концепция перекрытия.

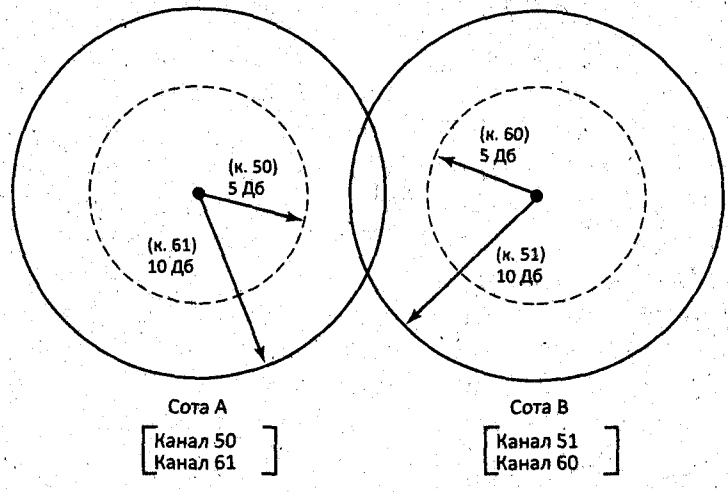


Рис. 11.2 • Концепция перекрытия

11.3. Переназначение вызова

Переназначение вызова означает процесс, при котором одна ячейка (ячейка А) перенаправляет вызов ячейке В или любой другой ближайшей ячейке. Этот процесс может произойти как при начале телефонного разговора, так и в его конце. Другими словами, это происходит, когда один абонент вызывает другого либо принимает входящий звонок. Переназначение вызова происходит, когда в ячейке А недостаточно свободных каналов для совершения вызова. В некоторых случаях нужно довольно долго пытаться набрать номер абонента, чтобы совершить звонок. Ячейки, которые принимают вызов, являются соседними с ближайшей к абоненту ячейке. Это объясняет длительные задержки сигналов при вызовах в перегруженной сети. Так как все телефонные разговоры приносят доходы операторам связи, поэтому те стараются сделать все возможное, чтобы ни один звонок не был пропущен.

Для того чтобы осуществить процесс переназначения вызова, на каждой базовой станции должны быть свободны контрольные каналы, которые и определяют процесс начала или окончания телефонного разговора. Контрольные каналы на всех базовых станциях должны быть готовы принять сигнал от мобильного телефона абонента.

Процесс переназначения координируется мобильным центром коммутации и может быть либо активизирован, либо завершен на основе двух ячеек. Переназначение вызовов носит временный характер и позволяет пользователю общаться через удаленную базовую станцию только тогда, когда на ближайшей отсутствуют свободные каналы. Поэтому этот процесс иногда называют «передача при перегрузке». Посмотрите на рис. 11.3.

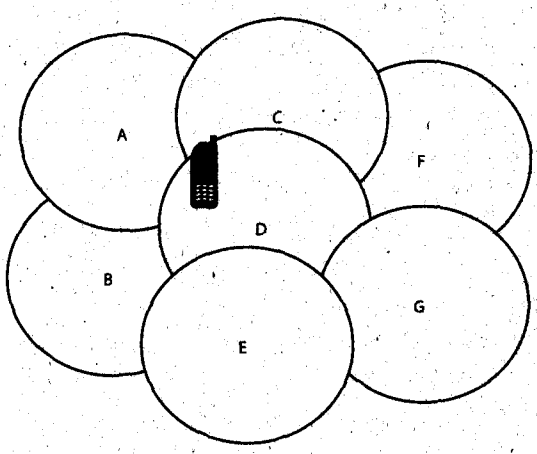


Рис. 11.3 • Переназначение вызова. Сигнал мобильного телефона может быть обнаружен любой смежной базовой станцией, что способствует переназначению вызова

11.4. Инструменты моделирования распространения радиоволн

Для того чтобы смоделировать распространение радиоволн, операторы сотовой связи используют программное обеспечение. Программы используют целые комплексы математических формул, разработанных за долгие годы наблюдения за радиоволнами. При расчетах используются следующие факторы: уровень мощности сигналов, тип антенны (всенаправленные, направленные или направленные вниз), коэффициент усиления антенны, отношение прямого сигнала к обратному, высота установки антенны, а также толщина и длина коаксиального кабеля и многие другие факторы.

В результате действия программы получается модель распространения радиочастоты, которая показывает, как будут распространяться радиоволны на какой-либо определенной местности. Сам результат получается в виде карты, выполненной в двух измерениях, на которой цветами выделены области с различными уровнями мощности сигнала. Эти программы также показывают города, высокоскоростные магистрали и второстепенные дороги.

На самом деле модель распространения не совсем верно отражает распространение радиоволн потому, что реальный мир постоянно изменяется. Деревья растут, раз в год сбрасывают листву; строятся новые здания, постоянно происходит автомобильное движение. Все эти и многие другие факторы влияют на распространение радиоволн. Ни одна программа не сможет дать стопроцентного соответствия модели и реального распространения радиоволн. У разработчиков недостаточно времени постоянно обновлять программное обеспечение. Все прогнозирующие программы могут выдавать результаты с ограниченной достоверностью. Распечатки результатов действия программы отражают уровни сигнала, выделенные разными цветами.

11.4.1. МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН ХАТЫ-ОКУМУРЫ (HATA-OKUMURA)

Модель Хаты – это эмпирическая модель, основанная на технических изысканиях инженера Окумуры, ее результаты могут использоваться в программах. Модель Хаты-Окумуры используется для построения больших, высокомощных базовых станций, которые размещаются на вышках, крышах зданий, водной поверхности и других местах. Параметры, которые нужны для прогнозирования распространения радиоволн, следующие:

- радиус действия базовой станции (или расстояние от центра базовой станции до края зоны действия) – от 1 до 20 км;
- высота мобильного телефона – от 1 до 10 м;
- высота установки антенны базовой стации – от 30 до 200 м;
- частота, на которой работает оператор сотовой связи,– от 150 МГц до 1500 МГц, или 1,5 ГГц.

Поэтому модель Хаты не может использоваться, например, при расчете зоны распространения менее 1 км или при высоте вышки менее 30 м.

11.4.2. МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН COST-231 WALFISCH/IKEGAMI

Модель распространения радиоволн Cost-231 Walfisch/Ikegami в основном используется для расчета зоны покрытия микросот или базовых станций, чей радиус действия менее 1 км. Эта модель не использовалась широко вплоть до середины 90-х годов. Cost-231 была разработана для применения в системах GSM в Европе, но в настоящее время она используется и во многих других беспроводных системах связи по всему миру.

Модель распространения Cost-231 применяется для расчета зон покрытия в городских условиях. Эта модель является комбинацией эмпирического и детерминированного моделирования, позволяющего определить распространение радиоволн в городских условиях на частотах от 850 МГц до 2000 МГц (2 ГГц).

11.5. Тестирование

Тестирование систем беспроводной связи производится дважды в год – в летний и в зимний период, когда есть и когда нет листвы на деревьях, а также при установке новой базовой станции.

Тесты сети позволяют операторам отрегулировать уровни мощности базовых станций и критерии передачи вызовов. Информация, получаемая при тестировании, позволяет настроить уровень мощности радиосигнала, излучаемого с антенн одной или нескольких базовых станций. После проведения тестов возможно даже проведение полной реконфигурации базовой станции, включая замену одного типа антенны на другой (например, с более высоким коэффициентом усиления). При перемещении автомобиля из одной соты в другую операторы просматривают параметры сигнала с помощью спектрального анализатора. Как и программные модели распространения частот, тестирование сети не может дать точных результатов, так как измеряются характеристики сети в конкретный момент времени. Тестирование все же точнее, чем модели, однако оно никогда не сможет полностью отразить множество характеристик сети в определенный момент времени. Это происходит потому, что тестирование проводится однократно, измеряется уровень сигнала в конкретной точке и инженеры просто могут не знать, какой он будет через некоторое время. После того как вы включаете мобильный телефон и перемещаетесь в зоне действия сети, уровень сигнала постоянно изменяется. Это объясняется физикой распространения радиоволн.

В настоящее время тестирование сети производится все реже. Многие операторы сотовой связи проводят тесты только тогда, когда они производят полную перенастройку сети. Однако обязательным является тестирование сети два раза в год.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- Разделение ячеек производят, когда остается менее 30% емкости ячейки и все остальные методы уже использованы.
- Тестирование сети дает инженерам информацию о том, как распространяются радиоволны в определенный момент времени в конкретной точке сети.
- Модели распространения радиоволн довольно точно повторяют распространение радиоволн в действительности, так как окружающий мир редко изменяется.
- Тестирование дает более точные данные о распространении радиоволн, чем модели распространения.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Переназначение вызова – это:

a) процесс, при котором создается маленькая ячейка внутри большой для управления уровнями мощности отдельных каналов;
b) процесс передачи вызова на соседнюю ячейку;
c) процесс деления большой ячейки на три равные ячейки;
d) процесс создания третьей ячейки на границе зон двух (или более) других ячеек.

Процесс создания маленьких ячеек внутри большой для управления уровнями мощности и замены каналов соседних ячеек называется:

a) триплексирование;
b) франчайзинг;
c) оверлей;
d) направленное повторение.

12 Мобильный центр коммутации, центр управления сетью и наземные проводные соединения

12.1. Введение

Мобильный центр коммутации (Mobile Switching Center – MSC) является ответственным за управление вызовами – соединение беспроводных вызовов и передачу цифровой голосовой информации из одной части сети в другую. Центр коммутации обеспечивает абонентов дополнительной информацией, включая их регистрацию, аутентификацию и обновление информации о его местонахождении. MSC – это местонахождение коммутаторов и другого периферийного оборудования, обслуживающего беспроводную систему. Он похож на офисную АТС. Основными производителями оборудования для центров коммутации являются компании Lucent Technologies, Nortel Networks, Siemens, Alcatel, Ericsson и Nokia.

Все базовые станции беспроводной системы связи должны быть тем или иным образом подключены к центру коммутации.

Основной задачей центра коммутации является обеспечение соединения между мобильным телефоном и наземными линиями связи, между двумя мобильными телефонами или между мобильным телефоном и Интернетом. MSC является мозгом любой беспроводной системы связи. Функционально MSC предназначен для поддержания соединений между наземными коммутируемыми системами связи. Он состоит из определенного количества компьютеров, которые управляют коммутацией абонентов, звонками в сети, назначениями частот, интерфейсами данных и пользовательскими базами данных. Беспроводные коммутаторы являются самыми сложными в техническом отношении на сегодняшний день.

12.2. Контроллер базовой станции (The Base Station Controller – BSC)

Интегрированным элементом любого центра коммутации является контроллер базовой станции. BSC – это сетевой элемент, используемый в многих

беспроводных сетях для объединения базовой станции и центра коммутации. BSC облегчает передачу вызовов с одной базовой станции на другую. Сами радиостанции не должны иметь каких-либо систем для управления потоком, так как они соединены с контроллером базовой станции. В системах GSM эти контроллеры называются BSC, а в системах третьего поколения UMTS они называются сетевыми радиоконтроллерами (Radio Network Controller – RNC). Контроллеры управляют радиосетью и являются ответственными элементами при совершении вызова и его передаче.

Контроллеры базовых станций не всегда устанавливаются как один из необходимых элементов беспроводной сети, однако в сетях GSM его наличие необходимо. Кроме того, в случаях, когда коммутатор произведен одной компанией, а оборудование базовой станции – другой, контроллер является необходимым элементом, совмещающим их вместе. Даже если BSC и не является обязательным для функционирования некоторых беспроводных систем связи, но все же остаются требования того, что контроллер должен быть установлен для разгрузки оборудования базовой станции. MSC может следить за критическими задачами по переключению вызовов, управлять взаимодействием HLR/VLR, захватывать линии коммутируемых сетей общего пользования, а также управлять сетевым трафиком и трафиком Интернета.

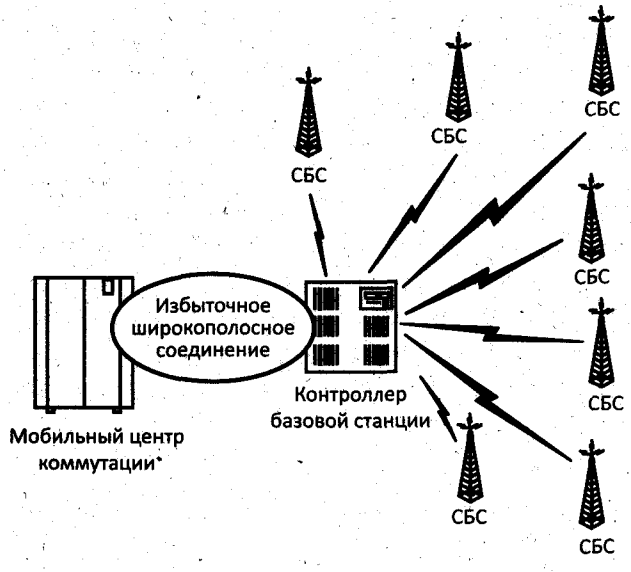


Рис. 12.1 • Топология MSC

Контроллер базовой станции по существу является объединением нескольких процессоров. Они могут быть размещены как в центре коммутации,

так в любом другом месте. Размещение зависит от количества базовых станций в сети, реального количества абонентов и т.д. Назначение контроллера базовой станции состоит в том, что он должен взять на себя некоторые функции коммутатора по управлению вызовами, таким образом, коммутатор может выполнять свои задачи более уверенно. На рис. 12.1 показано описание топологии MSC.

12.3. Функции мобильного центра коммутации

Функции мобильного центра коммутации и контроллера базовой станции следующие (многие из этих функций нужны для управления системой):

- переключение мобильных вызовов. Эти коммутаторы находятся в центре коммутации и управляют всеми беспроводными звонками в системе. Контроллер базовой станции осуществляет начало и окончание вызовов. Однако коммутатор управляет частотами/каналами и выбором пути запроса, вплоть до соединения с коммутируемой сетью общего пользования, если звонок осуществляется на домашний телефон – в этом случае MSC захватывает телефонную линию и выбирает наименее дорогостоящий маршрут. Обработка вызовов центром коммутации также включает обработку завершенных вызовов, и MSC осуществляет обработку запросов, с помощью которых осуществляется определение местоположения абонента;
- слежение. Центр коммутации посредством контроллера базовой станции отслеживает всех абонентов и постоянно наблюдает за техническим состоянием всех базовых станций, к нему подключенных. Это называется «автономная мобильная регистрация». Если возникают проблемы с оборудованием базовой станции, BSC сигнализирует об этом. Сигнальная информация передается прямо в центр управления сетью (Network Operation Center – NOC). Эта сигнальная информация обычно передается по собственной внешней сети оператора (wide area network – WAN);
- оповещение. Функция оповещения означает, что MSC определяет местонахождение мобильного телефона с целью совершить на него телефонный звонок, который был совершен с другого мобильного или стационарного телефона. Например, центр коммутации ищет мобильный телефон в последних 10 сотах, где был зарегистрирован абонент. Если абонента нет в этих 10 сотах, то центр коммутации может начать региональный поиск, например в последних 50. Если и после этого абонент не

будет найден, то MSC может начать глобальный поиск, при котором происходит опрос всех ячеек в системе (200–300 базовых станций). Весь процесс такого поиска занимает всего несколько секунд;

- передача вызова. Передача вызова – это процесс, при котором телефонный разговор передается с одной базовой станции на другую. В настоящее время в большинстве случаев этот процесс управляется контроллером базовой станции при небольшом вовлечении в работу мобильного центра коммутации. Как уже было описано в главе 6, мобильный телефон сам может играть немалую роль в процессе передачи вызова, в зависимости от используемой беспроводной технологии связи;
- соединения с коммутируемыми сетями общего пользования. Мобильный центр коммутации контролирует передачу данных между беспроводной и фиксированной телефонными сетями. Этот процесс включает захват телефонных линий, а также выбор пути передачи;
- соединение с Интернетом. Центр коммутации осуществляет соединение с Интернетом. Это соединение между сервером в центре коммутации, подключенным к Интернету, и абонентом;
- биллинговая система. Остаток средств на счете абонента контролируется центром коммутации. После завершения любого беспроводного телефонного вызова центр коммутации генерирует автоматическую запись о состоянии счета (Automatic Message Accounting – AMA), которая содержит все детали разговора (например, номер абонента или номер его счета, длительность разговора, местонахождение абонента, информацию о роуминге). Центр коммутации сохраняет эти записи на подключенном к нему сервере, а после этого записи загружаются в общую биллинговую систему оператора сотовой связи по собственной беспроводной сети (WAN);
- ратификация абонентов. Базы данных центра коммутации называются ргистром домашних пользователей (HLR) и регистром посетителей (VLR), в которые заносятся данные об абонентах, находящихся в домашней сети, и о тех, кто пользуется услугами роуминга. Домашние пользователи – это те, кто подключился к услугам связи в данном регионе и в нем же ими пользуется. Посетители – это подключившиеся к беспроводной сети другого оператора, но имеющие возможность совершать телефонные звонки посредством оборудования другого оператора. Как только MSC определяет, что абонент, находящийся в роуминге, совершает телефонный звонок, он создает специальный файл, который передается третьей компании (оператору связи, к которому подключен данный абонент). Компания, которая обслуживает абонента, ежемесячно получает от вто-

рой компании выплаты в соответствии с договоренностью по обслуживанию абонентов, находящихся в роуминге. Более детально этот процесс будет рассмотрен в главе 15;

- аутентификация абонентов. Это процесс, предотвращающий мошенничество в беспроводных системах связи. Перед началом вызова телефон посылает секретный код, MSC сравнивает его со своим кодом, и, если они совпадают, абоненту разрешают совершить вызов. Процесс аутентификации был введен в середине 90-х годов и прекратил многие случаи мошенничества. В наши дни случаи мошенничества все еще встречаются, но они, как правило, относятся только к самому абоненту. Мошенничество со стороны абонентов происходит, когда некоторые нечестные люди предъявляют неверные данные, и после этого не хотят оплачивать предоставленные им услуги. Аутентификация работает совместно с ратификацией, запускается на серверах AAA. Сервер AAA – это сервер программ, который общается с пользовательскими запросами, обеспечивает аутентификацию, авторизацию и учет сервисов AAA. Сервер AAA обычно взаимодействует с сетевыми службами, серверами шлюзов и базами данных, содержащими информацию об абонентах. Текущим стандартом, с помощью которого устройства и приложения взаимодействуют с AAA-сервером, является Удаленная служба аутентификации абонентов (Remote Authentication Dial-In User Service – RADIUS).

Кроме того, мобильный центр коммутации собирает данные о всех процессах, включая следующие:

- статистика использования трафика (например, количество рабочих часов);
- статистика подключений беспроводной сети к коммутируемой сети общего пользования;
- статистика передач вызовов;
- число сброшенных вызовов (на базовую станцию);
- статистика сетевых операций.

Статистические данные по количеству и типу аварийных ситуаций всех базовых станций обрабатываются самим центром коммутации.

12.4. Дополнительные процессы центра коммутаций и сетевая периферия

Центром коммутации выполняется множество дополнительных функций, которые отражают постоянно растущее количество услуг, предоставляемых операторами сотовой связи.

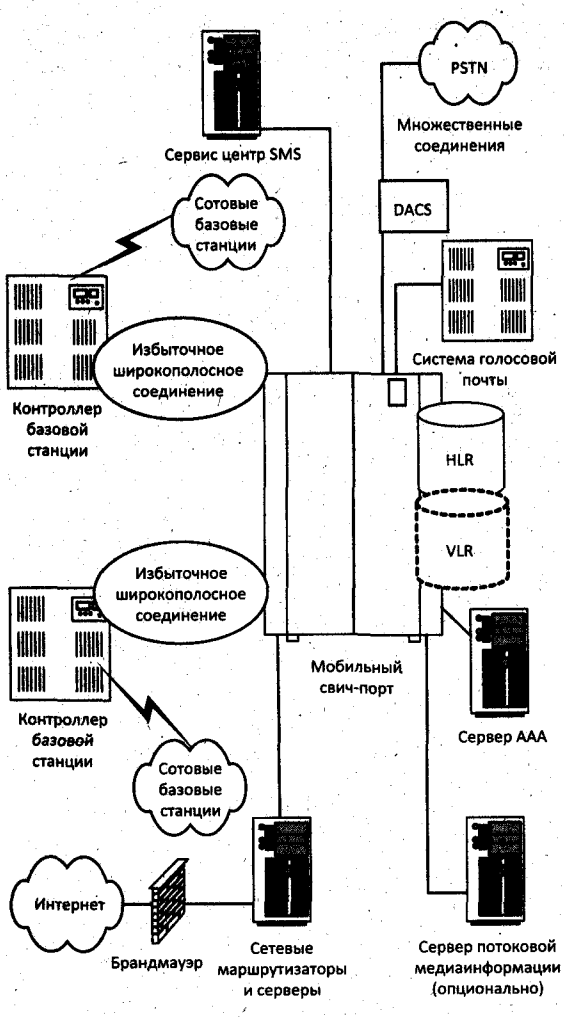


Рис. 12.2 • Множество периферийных устройств, предоставляющих различные услуги в современной беспроводной системе связи

Многие из этих процессов и устройств представлены на рис. 12.2 и перечислены ниже:

- система голосовой почты похожа на любую другую систему голосовой почты, но намного больше. Сообщения голосовой почты принимаются и сохраняются в этой системе;
- сервисный центр службы коротких текстовых сообщений (Short Message Service – Service Center – SMS-SC) – это сервер, функцией которого является управление и передача коротких сообщений от одного абонента к другому по стандарту SMS (SMS будет подробнее рассмотрен в главе 16);

- серверы потоковой передачи медиаинформации – они размещены в MSC для поддержания потоковой передачи музыки, новостей или видеоинформации, к которой пользователь должен только подписаться. В связи с растущей популярностью данных услуг этот тип сервера будет скоро устанавливаться в каждом центре коммутации;
- web-серверы, роутеры и брандмауэры – нужны для подключения к Интернету;
- система перекрестного цифрового соединения (Digital Access Cross Connect System – DACS) – используется для управления, обслуживания, перекрестного соединения и оптимизации соединения к коммутируемой сети общего пользования;
- коммутаторы асинхронного режима передачи данных (Asynchronous transfer mode – ATM) – если технология ATM используется в фиксированной сети для управления трафиком базовых станций;
- оптическое оборудование – используется для подключения оптическими линиями связи к коммутируемым сетям, если есть такая возможность, если нет – подключение осуществляется с помощью технологии Gigabit Ethernet;
- система сигнализирования 7 (Signaling System 7). Это оборудование часто совмещено с коммутаторами;
- серверы аутентификации (AAA) – предназначены для аутентификации абонентов в сети;
- серверы для поддержания системы локации.

Вернитесь к рис. 12.2, на котором изображены системы, предоставляющие все вышеописанные сервисы.

12.5. Центр управления сетью (Network Operations Center – NOC)

Все телекоммуникационные компании и сетевые провайдеры любого типа обслуживания имеют *центр управления сетью* (NOC). Этими компаниями могут быть как локальные операторы (Local Exchange Carriers – LECs), конкурирующие LECs, провайдеры интернет-сервисов (Internet Service Providers – ISPs), межстанционные операторы (Interexchange Carriers – IXCs), операторы IP-телефонии (VoIP) и т.д. Как и все остальные телекоммуникационные компании, беспроводные операторы связи тоже имеют свои центры управления. NOC обычно работает все 24 часа в сутки, 7 дней в неделю, 365 дней в году. Поток сетевой информации управляется центром управления с помощью центров коммутации и системы HP Openview или ей подобной,

в зависимости от инфраструктуры рынка оператора связи. Информация, используемая для контроля состояния сети, должна быть помещена в систему, защищенную от сбоев, и обрабатываться в собственной виртуальной локальной сети (Virtual local area network – VLAN). В наши дни NOC размещается в огромных помещениях, где общая информация о состоянии сети выводится на большие экраны. Этот экран отражает топологию обслуживаемой сети; в большинстве случаев получается полная карта мира или карта США, где узлы системы высвечиваются зеленым цветом, если оборудование работает стабильно, и красным – если возникает аварийная ситуация. В центре управления также размещен телевизионный центр для информации о погодных условиях в стране, так как основным фактором, влияющим на работоспособность сети, является погода. Также в центрах управления имеется телевизор, показывающий канал новостей CNN, для того чтобы служащие знали о ситуации в стране (например, о землетрясении или о социальных волнениях). В мире беспроводных технологий все центры коммутации подключены к центру управления для наблюдения за техническим состоянием всей системы. Это наблюдение осуществляется на многих уровнях, начиная с отдельной базовой станции: все базовые станции подключены к центру коммутации, а все центры коммутации подключены к центру управления. На рис. 12.3 изображена иерархическая структура соединений центра управления в беспроводной системе связи.

Центр управления представляет собой ядро беспроводной системы связи и выполняет все функции по управлению: задачи по восстановлению сети при сбоях, управление конфигурацией сети, управление системой безопасности, управление счетами абонентов (информацией об использовании трафика) и управление работой в целом. В эти функции входит обработка сигналов о неисправности любой базовой станции или центра коммутации, а также сигнализация о физическом нарушении границы базовой станции. Оператор сотовой связи, как и остальные телефонные компании, может иметь более одного центра управления, в зависимости от размеров сети. Если существует более одного центра управления, то они обычно поделены на регионы. Они могут быть сильно удалены друг от друга, однако располагаются симметрично, таким образом обслуживая целые регионы в США. В тех случаях, когда оператор сотовой связи имеет более чем один центр управления, они все должны быть соединены друг с другом, создавая таким образом избыточность в системе, чтобы в случае выхода из строя одного центра управления его функции мог бы выполнять другой центр. Центры управления являются огромным хранилищем данных, где находится биллинговая система оператора сотовой связи. Центры хранения данных содержат всю информацию о сис-

теме и называются кластерами, информация на них копируется зеркально в реальном времени или с указанными задержками.

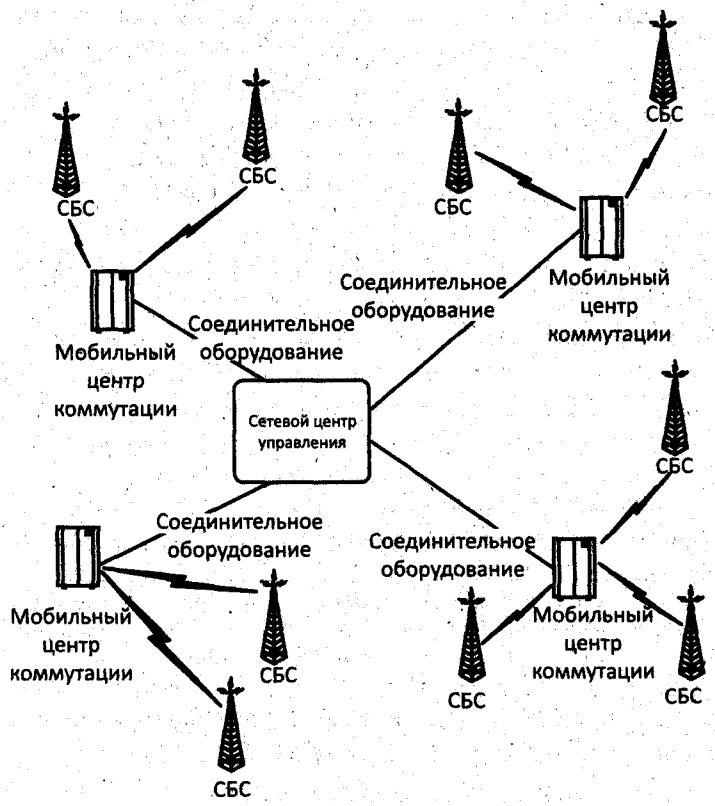


Рис. 12.3 • Система наблюдения центра управления. Центр управления может наблюдать за всей беспроводной системой связи, начиная с отдельной базовой станции

12.6. Обратная сеть: от базовой станции к центру коммутации мобильной связи

Все базовые станции в беспроводной системе связи должны быть подключены к центру коммутации мобильной связи. Вот почему *сеть обратной связи*, известная как *фиксированная сеть*, необходима в любой беспроводной системе. Так как существует необходимость передачи вызова, то все ячейки системы должны быть связаны между собой электрически (и логически). Поэтому по интенсивности сигнала центр коммутации может определить, когда необходимо начать процесс передачи вызова. Термины «фиксированная сеть» или «сеть обратной связи» являются синонимами и взаимозаменяемы.

Все ячейки должны всегда принимать сигнал других ячеек, и это одна из причин, объясняющих шестиугольную конструкциию построения сотовой системы. Шестиугольная конструкция подразумевает под собой физическое наложение зон действия соседних ячеек друг на друга, так как действительная зона покрытия представляет собой круг. Фиксированная сеть должна удовлетворять требованиям емкости и обеспечивать нужные услуги. Это может быть достигнуто при применении следующих критериев при построении сети:

- все связи между базовыми станциями и контроллерами базовых станций (центрами коммутации) должны быть правильно сконфигурированы для того, чтобы поддерживать необходимую интенсивность трафика. Кроме этого, в расчет необходимо брать прогнозируемый рост сети;
- мобильный трафик должен передаваться в сети по наиболее выгодным с экономической точки зрения маршрутам; это правило действует и при подключении к коммутируемой сети общего пользования;
- там, где это возможно, нужно сделать сеть наиболее жизнеспособной.

Критично то, что планирование передачи информации должно отражать не только текущую конфигурацию сети, но и будущее добавление новых ячеек.

Фиксированная сеть должна состоять из соединений, выполненных с помощью простых проводов или оптического кабеля. Кроме того, она может содержать микроволновую радиосвязь или может быть комбинированной.

Все фиксированные сети, независимо от физической среды (микроволновые или проводные), выполнены на основе систем передачи данных DS-n и OC-n.

12.7. Пакетная передача данных в фиксированных сетях

Наступит время, когда все передачи в фиксированных сетях будут основаны на протоколах TCP/IP для использования в инфраструктуре сети VoIP. Однако важно помнить, что это не произойдет до тех пор, пока не будут разработаны, созданы и выпущены на рынок телефоны с поддержкой IP. Однако эти дни не так далеки (приблизительно 2008 год), этот прогноз основан на быстром распространении VoIP в деловом мире. Если в беспроводных системах связи будет использоваться VoIP, то звонки все еще будут обслуживаться системами связи DS-n или OC-n. При использовании кодека G.711 примерно 15 звонков VoIP могут быть переданы по одному каналу DS в фиксированной сети при использовании транспортной системы Frame relay. Werizon Wireless и Sprint PCS заявляют, что они могут смоделировать систему

push-to-talk компании Nextel, основанную на VoIP, при которой телефонный разговор можно совершить без участия оператора сотовой связи.

G.711 – это международный стандарт для кодирования телефонного разговора с битрейтом 64 кбит на канал. Это схема импульсной кодовой модуляции (Pulse Code Modulation – PCM), работающей на 8 кГц полосе частот при 8 битах на каждый такт. Основываясь на теореме Найквиста (Nyquist), которая утверждает, что выборку отсчетов сигнала необходимо производить с частотой, в два раза превышающей максимальную частоту сигнала, G.711 может кодировать частоты в диапазоне от 0 до 4 кГц. Телекоммуникационная компания может выбрать между двумя вариантами G.711: A-law и mu-law. A-law – это стандарт для международной связи.

Технология VoIP может быть использована в фиксированных сетях уже в настоящее время. Это довольно сложно, но осуществимо. В конечном счете, VoIP-передачи должны проходить через ядро системы, а затем передаваться на мобильные телефоны. Хотя это и не является невозможным, но все же осложняется фактом, что операторы сотовой связи и производители мобильных телефонов имеют достаточно аргументов, чтобы сети и аппараты гарантированно работали со многими режимами и диапазонами. Усложняет этот процесс еще и то, что в мобильных телефонах появляется все большее и большее количество функций, таких как громкая связь, фотокамеры, функции карманного компьютера, функциональность Windows и другие. Попытаться добавить в телефон VoIP для производителей несложно, но это не является приоритетной задачей. В настоящее время многие операторы сотовой связи используют в фиксированных сетях асинхронную передачу данных, особенно в межсетевых соединениях. При использовании асинхронной передачи данных в беспроводной фиксированной сети для каждого звонка нужно выделение постоянного канала с неизменной скоростью.

Процесс транспортировки трафика по беспроводной сети обратно в центр коммутации называется обращением. Исторически каждый беспроводной телефонный звонок занимает один DS0 в фиксированной сети при использовании традиционного временного разделения каналов, как применяется в системах DS-n и OC-n. В настоящее время обычно используются технологии транскодирования сжатых двух, четырех, восьми и более вызовов по одному DS0. Операторы, переходящие на TCP/IP-протоколы и технологии транскодирования, в фиксированных сетях будут использовать диапазоны DS1.

12.8. Передача информации

При использовании операторами сотовой связи фиксированных сетей доступна передача информации. Большое количество передается по медным проводам, оптическому кабелю, микроволновым радиосистемам и в довольно

редких случаях – по коаксиальному кабелю. Два наиболее широко используемых типа систем передачи – медные и оптические кабели, арендованные у обычной телефонной компании фиксированной связи.

При аренде средств обслуживания DS-n или OC-n тип системы передачи данных определяется телефонной компанией на основании имеющихся в данном регионе линий связи. Обычно для SONET нужна прокладка оптического кабеля или гигабитной сети Ethernet. Исключением в этом случае является вариант, когда оператор связи специально заказывает обслуживание систем связи SONET, при этом единственным выбором остается оптический кабель. Основной причиной использования этого типа оборудования является природа предоставляемых услуг. Другими словами, в густонаселенных районах, где операторы сотовой связи устанавливают SONET для поддержки фиксированной связи, оптический кабель нужен потому, что он входит в этот стандарт как обязательный его элемент.

Передача данных может быть ограничена по нескольким причинам. Например, в сельской местности нежелательно протягивать оптическое волокно, потому что это довольно сложно осуществить по экономическим и географическим причинам. Примерно 75% стоимости прокладки кабеля будет приходиться на предварительную подготовку (например, рытье траншеи). В некоторых сельских регионах, особенно на северо-западе США, медный кабель не всегда используется местными телефонными компаниями. В городских районах оптический кабель используется повсюду. Наряду с SONET он используется в сетях OC-3, OC-6 и OC-12.

Отвечая на основные предложения, некоторые телефонные компании желают приобрести волоконные системы или SONET на контрактной основе или предлагают сдавать в аренду оптические линии связи на долгий период. Передаваемый трафик имеет соединения с коммутируемыми телефонными сетями. Фиксированные же сети могут иметь проблемы соединения с коммутируемыми сетями, ведь основной недостаток при потере соединения – это то, что оператор беспроводной связи полностью зависит от обычной телефонной компании. При этом для восстановления понадобится некоторое время. Эти недостатки не могут возникнуть при использовании сети SONET.

Микроволновые радиосистемы являются одним из заменителей фиксированной сети. Они будут рассмотрены в следующей главе.

12.9. Сетевые конфигурации

Базовые станции могут быть подключены к центру коммутации несколькими методами, похожими на методы построения обычной сети. Это может быть

звездная конфигурация, кольцевая или смешанная. Топология фиксированной сети зависит от нескольких факторов:

- природы рынка беспроводной связи и существующей инфраструктуры. Другими словами, где предоставляется связь: в городской или сельской местности;
- дизайна сети и финансовой политики оператора связи: будет ли он тратить средства на микроволновую связь или проложит кабели, которые более дороги;
- возможностей, предоставляемых телефонными компаниями. При работе в сельских районах, например, возможности могут быть сильно ограничены.

Все соединения с фиксированной сетью должны быть подключены в MSC. Эти соединения могут пересекаться с фиксированной сетью, через которую базовые станции подключены к центру коммутации. Такое может быть в том случае, когда базовая станция находится ближе к центральному офису телефонной компании, чем центр коммутации. В этом случае важно гарантировать необходимую ширину диапазона частот, по которым данные передаются в центр коммутации. Например, если соединение DS3 подключено к базовой станции X из центрального офиса телефонной компании, то нужен такой диапазон, в котором трафик может передаваться в обе стороны без задержек.

12.9.1. ТОПОЛОГИЯ ЗВЕЗДА

Сетевая топология, использующая только звездообразную форму, в настоящее время встречается довольно редко, так как она не предоставляет многих путей для передачи данных. *Звездообразная топология* используется обычно в микроволновых сетях, где каждая звезда подключена к другой с помощью концентраторов. В результате получается кольцевая топология (см. главу 13). Звездообразная топология используется мало, так как имеет высокую стоимость из-за необходимости подключить каждую базовую станцию к одному центру коммутации. Это крайне сложно осуществить в сельских районах, потому что там слишком большое расстояние между элементами сети. Экономически невыгодно протягивать линии связи от каждой базовой станции к центру коммутации. Гораздо проще установить новый центр коммутации. На рис. 12.4 показана звездообразная топология сети.

12.9.2. КОЛЬЦЕВАЯ КОНФИГУРАЦИЯ

При создании *кольцевой конфигурации* в фиксированной сети беспроводной системы связи кольца могут быть созданы следующим образом:

- при использовании колец SONET, используя арендованные линии связи компаний фиксированной связи или конкурирующих компаний;

- при создании SONET с помощью микроволновых радиосетей, которые обычно разрабатываются, строятся и вводятся в строй самими операторами сотовой связи. Это возможно потому, что микроволновые системы связи имеют сходные характеристики с SONET, которая использует оптические линии связи;
- некоторые сотовые операторы связи устанавливают собственные сети SONET, снимая в аренду свободные линии связи и самостоятельно размещая узловое оборудование. Эту систему нужно сравнить с первым случаем для определения наиболее выгодных условий с экономической точки зрения: при покупке и совместной установке системы SONET операторы сотовой связи получают неоспоримые преимущества. При этом оператор может сам не строить данную сеть, а просто привлечь третьих лиц, однако экономические преимущества очевидны и в данном случае. Системы SONET имеют емкости в диапазоне OC-12, OC-24, OC-36, OC-48, вплоть до OC-192 (запомните, что каждый номер OC эквивалентен диапазону DS). На рис. 12.5 изображена схема фиксированной сети, выполненной в виде *двунаправленного* кольца системы SONET (Bidirectional line-switched ring – BLSR), использующейся в качестве фиксированной сети беспроводной системы связи.

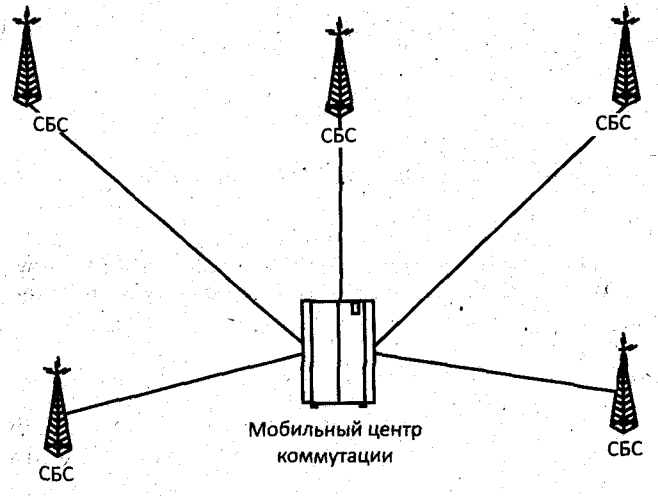


Рис. 12.4 • Топология звезда

Системы BLSR SONET часто выполняются в виде овалов, для того чтобы обеспечить частичное соединение по нескольким путям. Это озна-

чает, что всегда имеется два различных пути передачи данных и трафик передается по тому, который в данный момент времени имеет лучшую функциональность. Если голос (трафик) передается по пути А, качество сигнала которого ухудшается, то произойдет перенаправление потока на канал В. Это называется перенаправление потока. Очевидно, что самое сильное падение уровня сигнала происходит при обрыве кабеля. В большинстве случаев это происходит при земляных работах с использованием экскаваторов. Два пути сигнала обеспечивают сетям SONET большую жизнеспособность. SONET проще устанавливать в городских районах, так как имеется больше возможностей по конфигурированию сети. Данная система не распространена в сельской местности, так как здесь проще использовать уже имеющиеся кабельные системы, чем протягивать собственные.

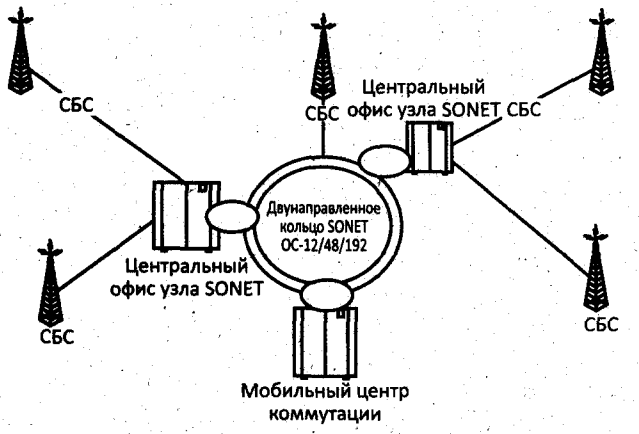


Рис. 12.5 • Фиксированная сеть, выполненная в кольцевой топологии при использовании SONET

Когда оператор сотовой связи решает установить сеть SONET, ему нужно соединить кольцами центр коммутации и системы фиксированной телефонной связи.

Когда сотовые компании используют SONET в своей фиксированной сети, важно помнить, что хотя и имеется увеличенная жизнеспособность сети, но связь может быть прервана в местах, которые соединяют базовые станции и центральные офисы. Такие места называются единичными точками неисправности. Это означит, что обрыв связи в одной точке кольца может привести к неработоспособному состоянию нескольких базовых станций. На рис. 12.5 показан принцип построения системы SONET. Микроволновые

радиосистемы чаще используются в фиксированных сетях в сельской местности по следующим причинам:

- так как не во всех регионах имеются проводные линии связи компаний фиксированной связи;
- установить необходимое оборудование гораздо проще, чем в густонаселенных районах.

В сельской местности гораздо выгоднее устанавливать высокие вышки. Это происходит потому, что зона обслуживания одной базовой станции здесь гораздо больше, чем в городских районах. Высокие вышки, как правило, работают на более длинных микроволнах, что объясняется принципами распространения радиоволн и обеспечивает перекрытие больших расстояний между базовыми станциями. Микроволновые радиосистемы могут быть сделаны в виде колец, наподобие системы SONET.

12.9.3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ

В больших сельских регионах может использоваться *цепная конфигурация* построения сети для того, чтобы покрыть большие площади при использовании минимума проводных соединений при подключении базовых станций к центру коммутации. В этой конфигурации каждая сота подключается к предыдущей по цепочке, начиная с центра коммутации. Посмотрите на рис. 12.6.

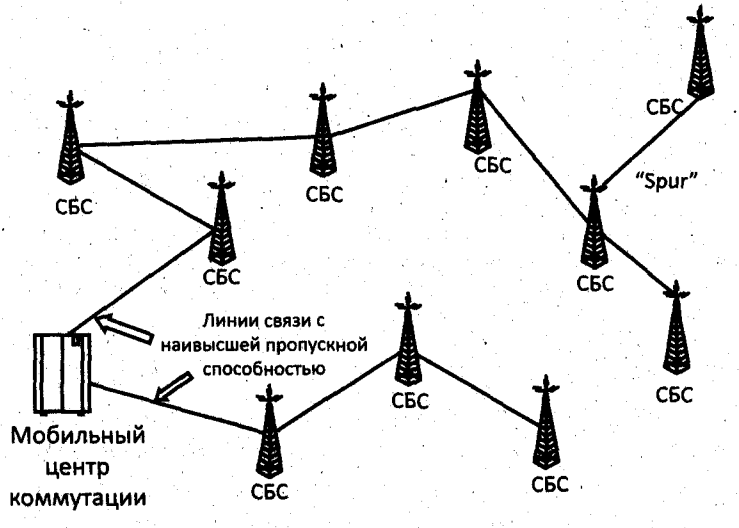


Рис. 12.6 • Последовательное подключение (с помощью микроволнового радио). Связи между базовыми станциями должны отличаться по своей пропускной способности.

При последовательном подключении пропускная способность каналов связи должна увеличиваться по мере приближения к центру коммутации. Это происходит потому, что при увеличении количества базовых станций пропускной способности канала может не хватить, что приведет к потере работоспособности сети. Максимальная пропускная способность должна быть между последней ячейкой в цепи и центром коммутации.

Отдельная базовая станция, подключенная к одному из элементов цепи, называется *«абонентская линия»*, это показано на рис. 12.6. При построении последовательной конфигурации нужно очень осторожно относиться к пропускной способности линий связи между базовыми станциями, чтобы избежать их перегрузки. При установке каждой новой базовой станции нужно производить реконструкцию предыдущих участков цепи. Наиболее часто используются цепи DS3 (вблизи центра коммутации); чем дальше от центра коммутации, тем необходима меньшая пропускная способность и здесь можно использовать DS1. Один из крупнейших операторов связи использует для соединения базовых станций радиоканалы. Последовательная архитектура имеет большую эффективность и оптимизирует инфраструктуру сети в целом.

Последовательная и кольцевая конфигурации позволяют операторам сотовой связи экономить средства при оптимизации сети. При этом нет необходимости создавать дублирующие сети для подключения к центру коммутации. Как базовые станции, так и подключения к фиксированной сети общего пользования могут быть осуществлены по беспроводному каналу.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- Наблюдение за состоянием беспроводной сети проводится иерархически, начиная с самого центра управления и заканчивая каждой отдельной базовой станцией.
- Соединение с фиксированными сетями производится по наиболее дешевой схеме.
- Все базовые станции в беспроводной сети не должны быть тем или иным образом подключены к центру коммутации.
- Все контроллеры базовых станций должны располагаться в центре коммутации.
- Отдельная базовая станция в цепной конфигурации называется «штрих».
- Все базовые станции в беспроводной сети должны быть тем или иным образом подключены к центру коммутации.
- Беспроводная фиксированная сеть не может одновременно использоваться для передачи голосового трафика и служебной информации.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Какой сетевой элемент управляет подключением всех базовых станций к центрам коммутации?

a) цифро-аналоговый преобразователь;
b) центр управления;
c) контроллер базовой станции;
d) сервер AAA;
e) ни один из перечисленных вариантов.

Какой сетевой элемент управляет подключением к коммутируемой сети общего пользования?

a) центр управления;
b) цифро-аналоговые преобразователи;
c) контроллеры базовых станций;
d) Web-серверы.

Процесс передачи трафика сотовой системы по проводным соединениям фиксированной сети обратно к центру коммутации называется:

a) демультиплексирование;
b) исходящее соединение;
c) сотовая ретрансляция;
d) обращение.

Какая система передачи данных из перечисленных ниже не используется для построения беспроводной фиксированной сети?

a) кабель;
b) оптическое волокно;
c) микроволновое радио;
d) спутниковые каналы.

13 Микроволновые радиосистемы (радиорелейные)

13.1. Введение

В настоящее время цифровые микроволновые радиосистемы обеспечивают связь на расстоянии до 80 километров (примерно 48 миль). Планирование и разработка микроволновых систем для фиксированных сетей является динамичным и постоянно продолжающимся процессом, в котором участвуют операторы сотовой связи.

Типичный узел микроволновой радиосистемы состоит из трех основных компонентов: оборудования, работающего с сигналом, приемопередатчика и параболической антенны. Каждый узел передает и принимает информацию с другого узла в дуплексном режиме. Задачей каждой микроволновой системы является обеспечение связи между двумя точками с минимальными искажениями (в идеале вообще без искажений) и без интерференции. В целом возможности микроволновой системы зависят от количества ошибок, вызванных оборудованием и распространением радиоволн в определенном направлении.

Основным преимуществом установки микроволновых радиосистем является то, что операторы связи являются собственниками оборудования, а это обеспечивает большую безопасность, полный контроль над системой и возможность проводить изменения и доработки установленного оборудования.

Микроволновые радиосистемы (радиорелейные) также часто называют *шаговыми* или *кадровыми*. Такое название им дано потому, что их система похожа на цепную конфигурацию фиксированной сети: микроволновые радиосигналы просто передаются с узла A в направлении узла Z по цепочке.

13.2. Проектирование и разработка микроволновых систем

Инженеры должны приложить большие усилия при разработке микроволновой радиосистемы. Одни элементы могут быть сделаны самостоятельно, а другие должны соответствовать сетевой документации и данным исследований. Некоторые элементы, более технические по своей природе, являются еще более важными (например, нужно учитывать зоны Френеля). Все эти проблемы будут рассмотрены в данной главе.

13.2.1. СЕТЕВАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

В любой момент инженеры-проектировщики должны быть способны к развитию микроволновой системы. Поэтому предварительно перед построением сети должна быть составлена сетевая документация в виде большой карты с диаграммами, нанесенными на нее узлами системы (базовыми станциями) и небходимыми связями между ними. Эта карта представляет собой основной документ при планировании сети. На нее должны быть нанесены стандартные символы. Символы должны отображать различные типы элементов сети, отражать сетевой трафик и емкость различных сетевых элементов. При создании сетевой карты нужно учитывать будущее развитие и рост сети, то есть предполагать нанесение новых дополнительных элементов.

Хотя в современных цифровых технологиях все оборудование выполнено на модульном уровне, что обеспечивает замену оборудования с минимальными затратами (как трудовыми, так и финансовыми), при установке системы выгодно иметь запас, рассчитанный на рост сетевой емкости. Рост количества узлов будет вносить существенные изменения в конфигурацию сети, поэтому сетевая карта должна отображать эти изменения. Карта должна корректироваться каждые 3–6 месяцев, это важно для того, чтобы учитывать как емкость сети, так и возросшее количество межузловых микроволновых соединений.

13.2.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ

Проект сети должен представлять собой план, отображающий сетевую топологию. Обычно используется один из двух типов топологий: звездная или кольцевая. Эти топологии будут содержать одну и более шпор или ответвлений, отделенных от основной цепи. Сегодня во многих случаях звездообразная и кольцевая топологии объединяются вместе, образуя гибридную звездно-кольцевую топологию. Узловые ячейки в таких сетях должны быть ограничены в обслуживании максимум семи ячеек, для того чтобы обеспечить необходимую надежность сети. Выполненная звездно-кольцевая сеть сделана таким образом, что линии связи между узловыми станциями образуют кольца. Преимуществом данного метода является то, что существует возможность пускать потоки информации по различным путям, избегая двойного использования одной линии связи. На рис. 13.1 показана схема гибридной звездно-кольцевой топологии сети.

Кольцевая архитектура сети может быть успешно использована только тогда, когда существует необходимость иногда перенаправлять потоки информации на другие пути. Кроме этого, на более высокий уровень поднимается надежность сетевого соединения. Это показано на рис. 13.1 в узловой точке.

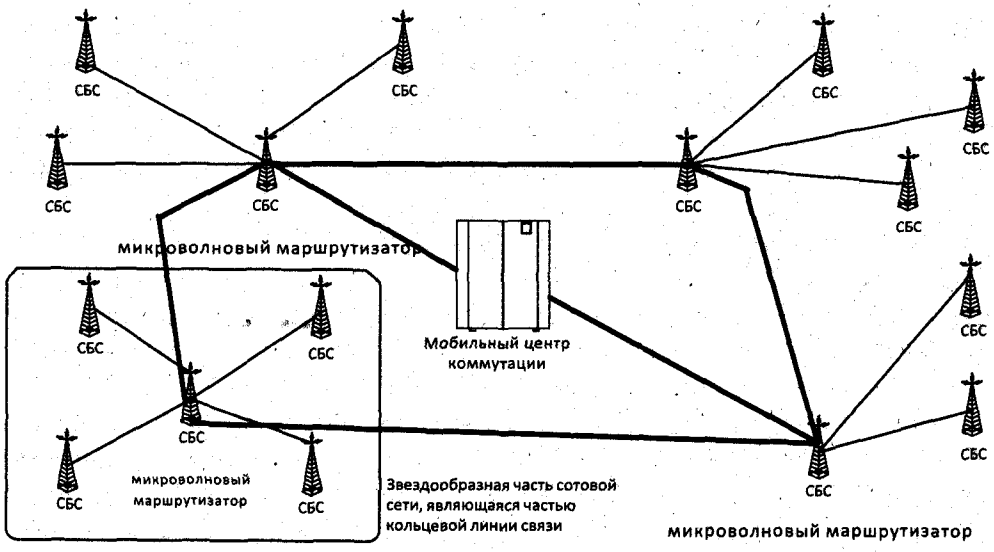


Рис. 13.1 • Микроволновая радиосистема, использующая звездно-кольцевую топологию

13.2.3. ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ

Предполагаемое микроволновое соединение должно быть полностью проверено (то есть инженерами, действием, управлением) тогда, когда оно будет полностью функционально. При этом должны быть выполнены следующие действия:

- последняя проверка, подтверждающая прохождение сигнала от точки A до точки Z;
- рассмотрены взаимодействия городских и сельских местностей;
- выбор частот – для того чтобы избежать эффекта интерференции с другими установленными системами;
- контактные соединения, где это необходимо;
- предпросмотр частотных диапазонов, их апробирование и финальный выбор, учитывающий погодные условия, частотные диапазоны и пространственное ослабление сигнала.

Сокращение количества необходимых ячеек в сети имеет преимущества в том, что уменьшается стоимость установки всей системы в целом. Поэтому всегда важно убирать те участки сети, которые не являются важными для ее работы. Ниже приведены элементы сети, присутствие которых является обязательным при построении микроволновой радиосистемы:

- хорошие микроволновые системы, особенно на узловых ячейках, должны быть установлены в высоких географических точках для обеспечения

максимальной дальности действия. Там, где это возможно, оборудование базовой станции и внешнее оборудование микроволновой системы (антенны и кабели) должны совместно использовать поверхность вышки. Аналогично этому, остальное микроволновое оборудование должно быть размещено в защитных строениях совместно с оборудованием базовой станции;

- перед установкой оборудования важно произвести расчеты, которые установят нагрузку на конструкции вышки для того, чтобы избежать ее перегрузки таким оборудованием, как антенны, кабели, а также учесть силу ветра и обледенения. Если на вышку устанавливается новая микроволновая система, то подсчет должен производиться с учетом документации этой системы;
- если ячейка находится в сельской или отдаленной местности, то всегда важно продумывать доступ к вышке. Иногда из-за сильных снегопадов к ней просто невозможно будет подобраться. Это уже было рассмотрено при выборе места для установки базовой станции;
- необходимо уделять внимание тому, что сеть будет расширяться на всех направлениях, особенно если данный участок сети планируется использовать как узел. Владельцы земли должны быть проинформированы об этом заранее, для того чтобы впоследствии не возникало разногласий.

13.2.4. ПРОВЕРКА ПУТЕЙ

Путь распространения микроволн по местности должен происходить из начальной точки A в конечную точку Z. Финальная проверка должна включать анализ распространения радиоволн и при этом должны приниматься в расчет отражающие поверхности, такие как озера, реки, поля, песчаные поверхности, болота и многоэтажные здания. Все эти факторы могут оказать сильное влияние на распространение радиоволн при их прохождении из начальной в конечную точку.

Если путь микроволн проходит по городским районам, то для уверенного приема достаточно иметь телескопический приемник.

В сельской местности путь, который проходят микроволны, обычно намного больше и составляет более 15 километров, при этом на пути не встречаются препятствия в виде зданий. Достаточно сложно определить путь сигнала, пока вышка еще не построена. В этом случае путь микроволн должен быть нарисован на карте и проанализирован с помощью программного обеспечения с учетом высоты вышки, выбранных частот и отражающих поверхностей (см. раздел 13.2.4.2).

13.2.4.1. Требования к линии прямой видимости. Линия прямой видимости является фундаментальным понятием в микроволновом радио, так как

между точками A и Z нужно установить устойчивое беспроводное соединение. Это значит, что между этими точками не должно быть никаких естественных или искусственных препятствий. Установка линии может проводиться двумя способами: созданием искусственного профиля пути или действительной проверкой его распространения.

Профиль создается с использованием топографических карт путем нанесения на них контуров пути микроволн между двумя ячейками. При этом учитывается сферичность Земли и физические объекты. Также можно подсчитать зоны Френеля, что приведет к уменьшению проблем при распространении радиоволн. При этой проверке используются различные программные приложения.

Обзор пути может производиться визуально, для этого нужно посетить базовую станцию. Это нужно сделать для того, чтобы предвидеть будущие препятствия, например рост деревьев, постройку новых зданий, близость аэропортов, а также многие другие вещи.

Каким способом производится проверка пути, зависит от практики инженеров того или иного оператора связи. Проверка связи зависит от нескольких факторов, таких как расстояние между приемником и передатчиком, положениея базовых станций, доступности топографических данных и имеющихся программных средств. Можно использовать оба этих способа для получения наиболее достоверной информации: построение профиля и действительную проверку.

13.2.4.2. Зоны Френеля. При передаче информации с помощью микроволн из одной точки в другую происходит рассеивание сигнала, поэтому важно учитывать данное ослабление сигнала. Для достижения нужного уровня мощности сигнала необходимо докупать и устанавливать дополнительные антенны. Это называется устранением зон Френеля.

Зоны Френеля представляют собой отраженные сигналы, которые достигают приемной антенны. Не вся электромагнитная энергия перемещается по одному лучу между передатчиком и приемником. Зоны Френеля представляют собой концентрические круги, которые распространяются вокруг радиолуча. На удаленном приемнике эта энергия (отраженные сигналы) добавляется или вычитается из общей энергии радиолуча, распространяющегося между двумя станциями.

Зоны Френеля пронумерованы как четные и нечетные. Они состоят из слоев, которые либо накладываются, либо вычитаются из направленного сигнала. Различные зоны Френеля создаются из-за того, что к прямому лучу добавляются радиоволны, имеющие различную фазу.

Нечетные зоны имеют половину длины волны (фазу 180°), когда они складываются с прямым сигналом, происходит усиление радиоволны,

потому что нечетные зоны Френеля находятся в фазе с центральным сигналом. Все нечетные зоны Френеля, например, первая, третья и пятая, имеют половинную длину волны прямого радиосигнала.

Четные зоны Френеля тоже имеют половинную длину волны, но фазу, обратную прямому сигналу, поэтому энергия этого сигнала вычитается из энергии прямого сигнала. Все четные зоны Френеля, например вторая и четвертая, имеют половину длины волны прямого радиосигнала. Вторая зона будет отличаться на одну фазу. Четвертая зона будет отличаться от прямого сигнала на две фазы и т.д. На рис. 13.2 показаны зоны Френеля.

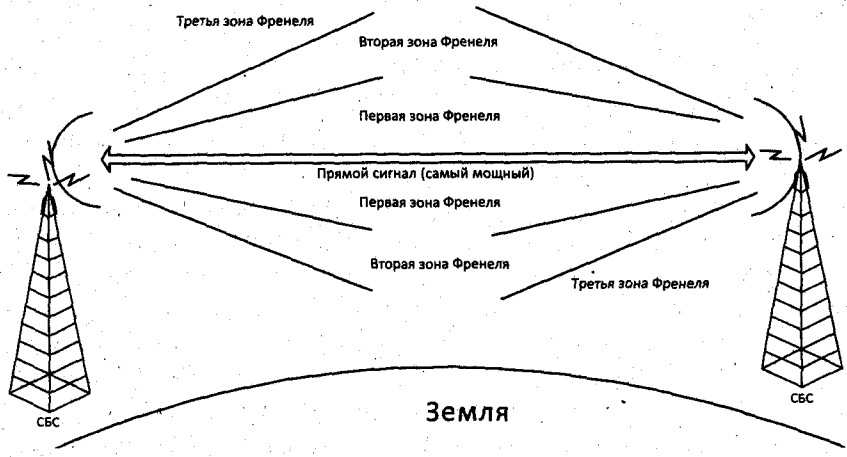


Рис. 13.2 • Зоны Френеля в микроволновой радиосистеме

Основное внимание при построении микроволновой радиосистемы нужно уделять тому, чтобы кроме первой зоны Френеля в приемное устройство не попадала ни одна другая зона.

13.2.5. УПРАВЛЕНИЕ ЧАСТОТАМИ

Частотный диапазон, используемый в микроволновой системе, определяется многими факторами. Ранее микроволновые связи использовали сравнительно невысокие частоты, 2 ГГц и ниже. Эти частоты было легко приобрести, так же как и необходимое оборудование. Однако эти частоты сейчас уже широко используются. В настоящее время микроволновые частоты, использующиеся в фиксированной связи, составляют 8, 10, 13, 15, 18, 23 и 38 ГГц. Такой большой разброс объясняется тем, что некоторые из частот не допущены к использованию в некоторых странах. Операторы сотовой связи часто используют три или четыре частотных диапазона в своих фиксированных сетях. Наиболее часто используемыми являются 8, 15, 18 и 23 ГГц. Также в фиксированных сетях часто используются нелицензируемые частоты. Это будет рассмотрено в разделе 13.3.

При построении микроволновой системы важно учитывать погодные условия, так как они могут сильно повлиять на ее работоспособность.

Нужно брать в расчет то, что высокие частоты сильно поглощаются дождевыми каплями. Это нужно принимать во внимание при работе с частотами от 10 ГГц и выше.

Наряду с зависимостью от дождя, высокочастотные диапазоны имеют более высокое ослабление при дальнем распространении, чем диапазоны с менее высокими частотами. Для микроволновой системы должны быть подобраны идеальные частотные диапазоны, это происходит следующим образом:

- более высокие частоты должны быть назначены для более коротких участков, для того чтобы избежать ослабления из-за дальности;
- для более длинных участков нужно назначать меньшие частоты. Несмотря на это, особенность высокочастотных радиоволн терять свою силу на больших расстояниях все же напомнит о себе. Например, если на расстоянии в 1,5 км используется частота 15 ГГц, то эту частоту уже нельзя использовать при установке системы, дальность действия которой будет составлять от 6 до 15 км. Практика показывает, что на расстоянии в 1 км лучше всего использовать частотный диапазон от 18 до 23 ГГц, а частоту 15 ГГц лучше оставить для систем с более высокой дальностью действия.

Когда частотный диапазон уже выбран, для микроволновых связей нужно назначить соответствующие каналы. Они должны быть выбраны таким образом, чтобы не возникало интерференции с другими радиопередающими системами, например, базовыми станциями, работающими в диапазоне 1900 МГц в США.

Когда создана предварительная система сети, нужно составить точную картину длин связей и их емкости. Это необходимо для того, чтобы определить, не выходят ли составленные системы за рамки установленных ограничений. Как уже упоминалось ранее, согласно характеристикам радиоволн чем выше частота, тем сильнее происходит ослабление сигнала в атмосфере. Как результат, нужно использовать низкие частоты для передачи информации на более дальнее расстояние и высокие частоты для близких объектов. В соответствии с табл. 13.1 данные частоты можно использовать более эффективно.

Большинство национальных управлений частотами (например, FCC) руководствуются подобными данными при назначении и управлении частотами.

Всего микроволновыми операторами связи используется шесть лицензий, разрешенных FCC. Эти частоты поделены на частотные диапазоны: L, S, X, Ku и Kn. Эти диапазоны и используемые частоты приведены в табл. 13.2.

Таблица 13.1. Микроволновые частотные диапазоны и эффективное расстояние, на котором их нужно использовать

Дистанция	Идеальный частотный диапазон
Менее 6 км	18–23 ГГц
От 6 до 20 км	13–15 ГГц
Более 20 км	2,8–10 ГГц

Таблица 13.2. Микроволновые частотные диапазоны

Частотные диапазоны	
HF	3–30 МГц
VHF	30–300 МГц
UHF	300–1000 МГц
L-BAND	1,0–2,0 ГГц
S-BAND	2,0–4,0 ГГц
C-BAND	4,0–8,0 ГГц
X-BAND	8,0–12,0 ГГц
K_U-BAND	12,0–18,0 ГГц
K-BAND	18,0–27,0 ГГц
K_A-BAND	27,0–40,0 ГГц
MILLIMETER	40–300 ГГц

13.2.6. ЧАСТОТЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ

В микроволновых системах возможно создавать защищенные и незащищенные конфигурации. Некоторые системы защиты включают прямое наблюдение, частотное и пространственное разнесение.

Так как оборудование постоянно совершенствуется, терминалы защиты будут содержать дублирующие элементы, такие как два приемопередатчика и другие компоненты базовых станций.

И частотное, и пространственное разнесение обеспечивает кроме защиты оборудования, защиту от многопотокового ослабления (например, зон Френеля). Эта техника необходима только для частотных диапазонов ниже 10 ГГц, которые работают на больших расстояниях или при больших перепадах температуры (например, вблизи больших водоемов или в районах с повышенной влажностью).

Пространственное разнесение требует установки дополнительных антенн, которые должны устанавливаться на определенном расстоянии друг от друга в соответствии с расчетами. Частотное разнообразие может быть учтено всего одной антенной на терминал, сконфигурированной для работы в двух режимах. Однако при больших нагрузках довольно сложно производить управление частотами.

Любая передача данных в микроволновой системе связи нуждается в системе защиты. При увеличении количества базовых станций должно быть увеличено количество дублирующих связей между ними, для того чтобы увеличить стойкость системы к отказам. Такие дополнительные связи обеспечивают дополнительные пути передачи данных и надежность системы в целом.

Основной целью добавления избыточных линий передач, наряду с увеличением пропускной способности, является повышение надежности. При этом используется разделение трафика между этими линиями, называемое балансировкой. Незащищенная радиосистема может быть использована только в одном случае: для отдельной базовой станции, называемой шпорой. Вернитесь к рис. 13.1, на котором показано, как используются дополнительные линии связи, образующие петли. На рис. 13.3 приведена фотография основного защищенного микроволнового концентратора. Обратите внимание на отражатель в виде рожка (такие антенны будут рассмотрены в разделе 13.5).

Рис. 13.3 • Сотовый микроволновый концентратор

Устанавливаемые в настоящее время микроволновые радиосистемы являются цифровыми и используют мультиплексирование с разделением по времени (TDM). Это довольно редко встречается в аналоговых системах. Старые аналоговые системы используют мультиплексирование с разделением частот (FDM). В некоторых системах могут быть использованы и другие методы.

13.2.7. УПРАВЛЕНИЕ ЕМКОСТЬЮ МИКРОВОЛНОВОЙ СИСТЕМЫ

При разработке и установке микроволновой системы важно учитывать емкость оборудования. Оборудование может быть сконфигурировано таким образом, чтобы пропускать четко определенное количество трафика в заданных частотах. Емкость измеряется от DS1 до OC-48 (48 DS3). Например, оператор может выбрать емкость радиосистемы 16-DS1, которая будет работать на частоте 28 ГГц, чтобы передавать определенное количество трафика на расстояние от 5 до 8 км. Для передачи информации на расстояние около 40 км нужно выбрать систему 12-DS1.

13.2.8. НАДЕЖНОСТЬ МИКРОВОЛНОВОЙ СИСТЕМЫ: ИНДЕКС ПРЕЛОМЛЕНИЯ

Надежность распространения радиоволн определяется индексом преломления радиолуча. На индекс преломления оказывают влияние следующие атмосферные факторы: давление, влажность и температура.

Разница температур различных слоев воздуха сильно влияет на распространение радиоволн и может привести к полной неработоспособности системы на некоторое время. Около 99% времени воздух, находящийся ближе к земной поверхности (а значит, ближе к микроволновой радиосистеме), теплее, чем воздух в нижних слоях атмосферы. Когда происходит наоборот, то есть воздух на земле холоднее, чем воздух в нижних слоях атмосферы, получается эффект температурной инверсии. Температурная инверсия искажает луч радиоволн. При обычной температуре луч нормально распространяется вдоль земной поверхности. А когда происходит инверсия, он как будто ею отталкивается, что приводит к потере работоспособности микроволновой системы, так как сигнал не приходит к месту назначения. Температурная инверсия происходит гораздо чаще с более высокими частотами, особенно в диапазоне от 11 до 18 ГГц. Посмотрите на рис. 13.4.

13.3. Нелицензируемые микроволновые системы

Нелицензируемые микроволновые системы представляют еще один из вариантов выбора операторов сотовой связи, так как требования к этим частотам являются более низкими. Их лучше устанавливать в сельской местности, так как здесь гораздо реже будет возникать интерференция с другими беспровод-

ными системами связи. Однако такой оператор должен опасаться того, что при использовании нелицензируемой радиосистемы он подвержен риску оказаться под влиянием такой же системы, используемой другим оператором.

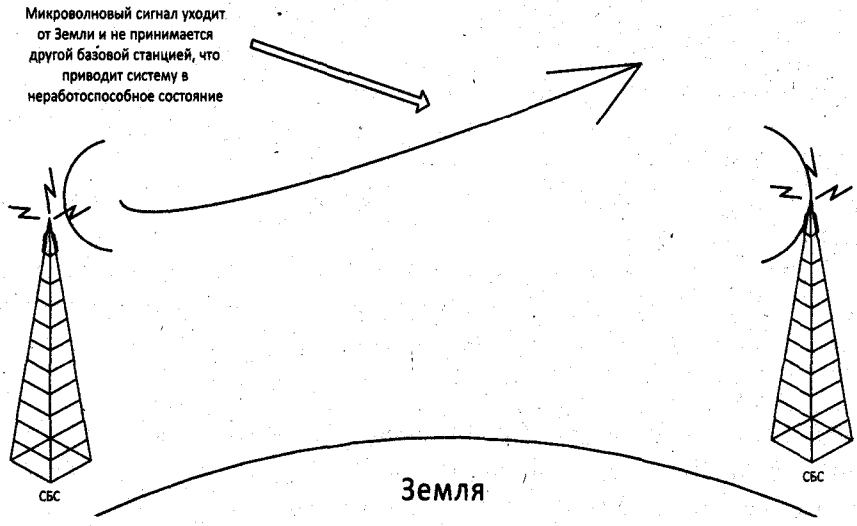


Рис. 13.4 • Температурная инверсия в микроволновых радиосистемах

13.3.1. ОСНОВЫ

Наряду с 494 лицензиями, которые разрешены FCC для использования, остальные доступны для операторов сотовой связи для построения точечных систем фиксированной связи. Как и другие системы, они имеют свои преимущества и недостатки.

Преимущества нелицензируемых радиосистем следующие:

- к нелицензируемым радиосистемам не предоставляются такие жесткие требования, как к лицензируемым. Это дает возможность установить систему связи буквально за несколько недель или месяцев;
- нелицензируемые радиосистемы гораздо дешевле устанавливать, чем лицензируемые;
- в нелицензируемых системах имеется гораздо больше альтернатив при сдаче в аренду оборудования между отдельными компаниями. Операторы беспроводной связи являются единственными лицами, которые управляют этой системой и контролируют ее. Если случаются неполадки в работе, им не нужно обращаться к сторонним компаниям. Все неисправности устраняются собственными силами;
- нелицензируемые микроволновые системы имеют уровень надежности, сравнимый с лицензируемыми системами (то есть около 0,99999, что соответствует неработоспособному состоянию в течение 5,3 минуты в год);

- нелицензируемые системы имеют гораздо большую окупаемость.

Недостатки использования нелицензируемых систем радиосвязи следующие:

- так как эти системы являются общими и не используют лицензированные частоты, то возможно возникновение эффекта интерференции с подобными системами. В отличие от лицензируемых микроволновых систем радиосвязи, другие радиосистемы могут использовать те же частоты и вызывать интерференцию. Например, научное, промышленное и медицинское оборудование часто использует частоту 2,4 ГГц. Это может быть даже точка доступа Wi-Fi;
- большинство нелицензируемых систем не имеют соответствующей документации. Они также не могут использовать широкий диапазон спектра, как это возможно во многих лицензируемых системах.

13.3.2. СПЕЦИФИКАЦИИ

Многие нелицензируемые микроволновые системы имеют системы шифрования сигнала для обеспечения безопасности. Возможно даже применение нескольких методов защиты, но очевидно, что все они работают на нелицензируемых частотах, таких как от 5725 МГц (5,7 ГГц) до 5850 МГц (5,8 ГГц) или от 2400 МГц (2,40 ГГц) до 2483 МГц (2,48 ГГц). Эти системы являются совместимыми с 10/100 BaseT, RJ-45 Ethernet, что обеспечивает возможность их подключения к локальной сети для управления. Они также совместимы с простыми протоколами управления сетью (SNMP).

Одним из лидеров в производстве таких систем является компания Proxim Wireless Networks, изготовитель семейства микроволнового оборудования с торговой маркой Lynx. Нелицензируемое оборудование, изготовленное Proxim, имеет следующие характеристики:

- система емкостью от A1 до DS1, которая может работать в обоих нелицензируемых диапазонах (2,4 ГГц и 5,7 ГГц) на расстоянии от 1 до 80 км;
- система емкостью A4 или 8 DS1, работающая на частотах от 5725 МГц до 5850 МГц на расстоянии до 60 км (для 4 DS1) или 50 км (для 8 DS1);
- система A4 или 8 DS1 может работать в обоих нелицензируемых диапазонах (2,4 ГГц или 5,7 ГГц) на расстояниях от 1 до 65 км;
- система емкостью DS3 может работать даже в диапазоне 5,3 ГГц или 5,8 ГГц нелицензируемых частот на расстояниях от 1 до 25 км.

Harris Corporation, производитель многих микроволновых систем, работающих в нелицензируемой области спектра, тоже производит множество типов подобного оборудования. Системы Harris имеют такие же характери-

стики, как и системы Proxim, но кроме этого, у данной фирмы имеется оборудование для установки систем с небольшой пропускной способностью.

13.4. Коаксиальные кабели и волноводы

Для установки микроволновых антенн используется два типа кабелей: коаксиальные и волноводы.

Коаксиальный кабель был изобретен в 1929 году, а первое его коммерческое использование началось в 1941-м. Коаксиальный кабель часто называют просто коакс. Это тип проводника, используемый кабельными телевизионными компаниями, а также иногда некоторыми телефонными компаниями, для того чтобы предоставить свои услуги абонентам. Этот кабель представляет собой одиночный медный проводник, окруженный изолирующим слоем, поверх которого находится еще один экранирующий слой проводов, который также покрыт изоляцией. В микроволновых радиосистемах коаксиальный кабель используется для передачи информации на частотах до 3 ГГц. Посмотрите на рис. 13.5.

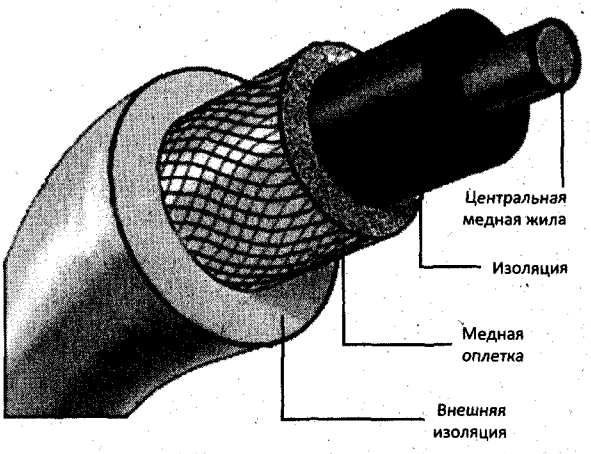


Рис. 13.5 • Коаксиальный кабель (рисунок предоставлен www.whatis.com)

Волновод представляет собой полую металлическую трубку, которая подключается к оборудованию для передачи сигнала с частотой от 3 ГГц и выше. Это линия связи, используемая в микроволновых радиосистемах, начиная с широковещательных служб и заканчивая радарными установками. Волновод может быть прямоугольным или круглым. Волновод больше, чем коаксиальный кабель по своему диаметру и весу, что должно приниматься в расчет при расчете загрузки вышки.

В волноводе электромагнитное поле распространяется продольно. Поэтому для правильного функционирования волновод должен иметь мини-

мальный диаметр, необходимый для рабочей частоты (близкий к длине волны). Если длина волны больше или частота слишком низкая, то электромагнитный сигнал не будет правильно распространяться по волноводу. При частоте большей, чем та, для которой предназначен волновод, электромагнитные колебания будут распространяться правильно, хотя все это зависит от поперечного сечения волновода. На рис. 13.6 изображен волновод.

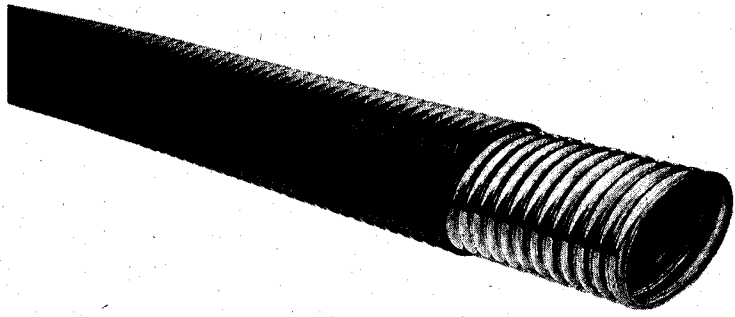


Рис. 13.6 • Волновод. Обратите внимание на гофрированную поверхность (фото предоставлено Andrew Corporation)

13.5. Микроволновые радиоантенны

На сегодняшний день микроволновые антенны представлены в двух основных видах. Наиболее часто встречается антенна, размещаемая на сотовых вышках, похожая на тарелку: параболическая антенна.

13.5.1. ПАРАБОЛИЧЕСКИЕ ОТРАЖАТЕЛИ

Большинство операторов сотовой связи используют параболические отражатели. Они похожи на тарелки (установленные на вышках), диаметр которых составляет 1,5, 2,5 или 3 метра. Этот тип антенн имеет рожок, в который проникают сигналы, отражаясь от тарелки. Из этого рожка сигнал проходит по коаксиальному кабелю или волноводу к приемному устройству. Такой тип антенн используют около 90% новых микроволновых систем. На рис. 13.7 изображен принцип действия таких систем, а на рис. 13.8 изображен параболический отражатель.

На антенны часто устанавливают обтекатели в виде круглых или прямых стекловолоконных конструкций. Их основное назначение состоит в том, чтобы защитить антенны от порывов ветра, но они увеличивают загрузку вышки. Обтекатели, кроме этого, защищают элементы антенны от повреждений. На рис. 13.9 изображены параболические отражатели, защищенные круглым и прямым обтекателем.

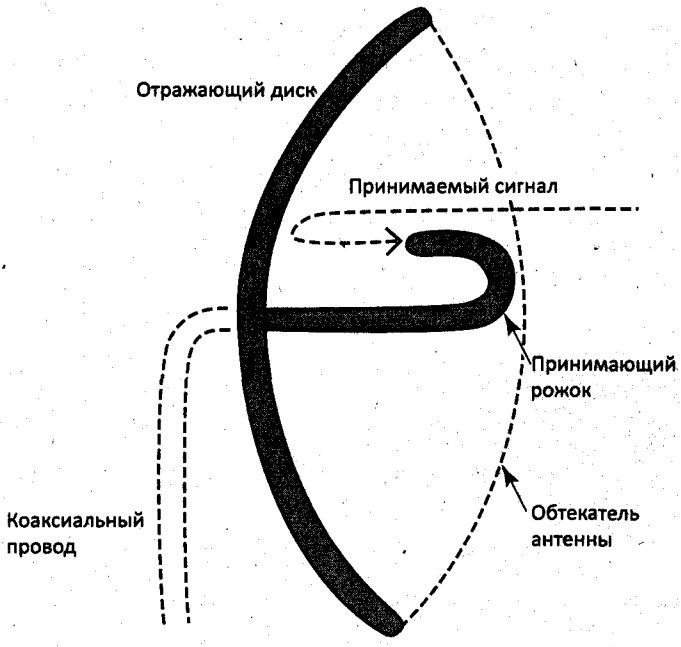


Рис. 13.7 • Принцип работы микроволновой параболической антенны

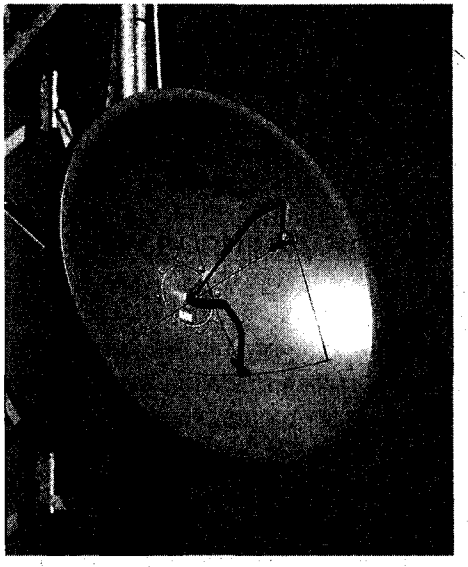


Рис. 13.8 • Микроволновая антенна с параболическим отражателем

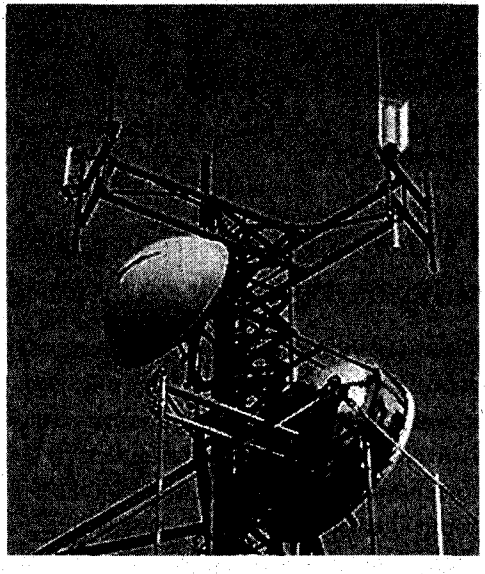


Рис. 13.9 • Обтекатели, используемые на параболических антеннах (фото предоставлено Andrew Corporation)

13.5.2.РУПОРНЫЕ ОТРАЖАТЕЛИ

Рупорные отражатели – это микроволновые антенны, которые по своему внешнему виду напоминают рог или трубку, широкую на одном конце и сужающуюся на другом. В этом отражателе микроволновый радиосигнал попадает в широкую часть трубки, а потом направляется к его узкой части. Этот тип антенны принимает только прямой сигнал, который потом проходит по волноводу, в отличие от параболической антенны, где сигнал сначала отражается от отражающей поверхности тарелки. На рис. 13.10 изображен рупорный отражатель.

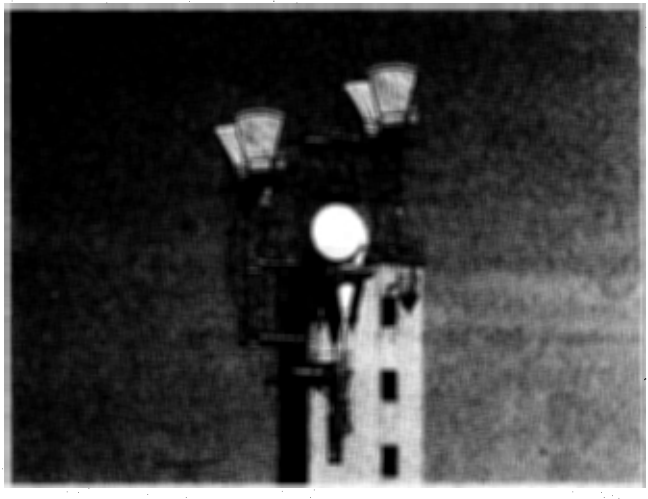


Рис. 13.10 • Антенны с рупорными отражателями (фото предоставлено Terry Michaels/AT&T)

13.6. Инструменты программного моделирования микроволновых радиосистем

Работа микроволновых радиоинженеров сложна так же, как и инженеров, работающих с базовыми станциями. Как и при разработке конструкции базовой станции, при разработке микроволновой системы используется широкий спектр программных средств для того, чтобы определить возможность установки микроволновой радиосистемы в любой ситуации. Без сомнения, в первую очередь нужно определить, существует ли прямая видимость между отдельными точками системы для того, чтобы сигнал без помех мог пройти от точки A до точки Z. При использовании программ микроволнового моделирования, инженеры могут изменять огромное количество параметров, которые симулируют распространение радиоволны для того, чтобы определить

все факторы, которые будут оптимальны для распространения радиоволн. Инженеры могут изменять следующие параметры:

- частоту микроволновой системы;
- размер антенного отражателя (тарелки);
- вес тарелки, устанавливаемой на вышку;
- мощность исходящего радиосигнала;
- чувствительность приемного оборудования.

Наиболее широко используемыми программами, которые позволяют смоделировать распространение радиосигнала, являются Rocky Mountain и Pathloss.

Возможности микроволновых радиосистем зависят от типов услуг, которые хотят обеспечить операторы сотовой связи. Большинство инженеров микроволновых радиосистем заявляют, что система будет работоспособна в течение 99,99% времени в году.

Для активации микроволновой системы в FCC должна быть подана заполненная форма 494. Подачей этой формы подтверждается то, что за ней будут закреплены частоты, которые другие операторы уже не смогут использовать в данной местности. Это фактически защита от возможной интерференции радиосигналов.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- Коаксиальный кабель используется для передачи сигналов в микроволновых радиосистемах, которые работают на частоте до 8 ГГц.
- Наиболее часто используемые типы отражателей микроволновых антенн представлены двумя видами: параболическими и рожковыми.
- Для микроволновых систем, работающих на расстоянии менее 4 миль, лучше использовать частоты от 2,8 до 10 ГГц.
- На более высоких частотах ослабление сигнала происходит гораздо быстрее, чем на низких.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

На преломление радиосигнала оказывают влияние три атмосферных условия. Выберите их из перечисленных ниже:

a) температура;
b) солнечный свет;
c) влажность;
d) атмосферное давление.

Круглые или прямые стекловолоконные покрытии, которые закрывают микроволновые параболические антенны, называются:

a) ветряной купол;
b) усилитель;
c) эквалайзер;
d) обтекатель.

14 Объединение с коммутируемой телефонной сетью общего пользования и Интернетом

14.1. Введение

Объединение – это точка, в которой любые два оператора связи соединяются вместе. Это могут быть оператор беспроводной связи и оператор фиксированной связи или местный оператор связи, интернет-провайдер и местный оператор связи, местный оператор связи и канал обмена информацией, оператор беспроводной связи и интернет-провайдер.

Около 60% мобильных телефонов в настоящее время могут совершить звонок на городской фиксированный номер. Это число постоянно изменяется, так как все больше операторов сотовой связи заключают соглашения о сотрудничестве в операторами фиксированной связи. Так как обмен информацией между сотовыми операторами и коммутируемыми телефонными сетями довольно высок, операторы постоянно находятся в поиске наиболее дешевых способов подключения.

Коммутируемая телефонная сеть общего пользования (PSTN) – это распространенная по всему миру телефонная связь, ориентированная только на голосовое общение. Она является собственностью как частных компаний, так и государства. К ней также относится и обычная телефонная сеть. Это совокупность коммутируемых телефонных сетей, которые были изобретены и запатентованы Александром Грэхемом Беллом (Alexander Graham Bell) в 1876 году. В наши дни это полностью цифровые технологии, начиная с телефонной компании и заканчивая абонентом. Кроме этого, PSTN обеспечивают выход абонентов в Интернет.

Для того чтобы разработать объединения, оператор беспроводной связи сначала должен решить, в какой точке это сделать и какой тип соединения будет использоваться.

Это решение зависит от нескольких факторов. Первое: физическое расположение коммутируемых сетей, к которым нужно сделать подключение. Место объединения называется точкой присутствия (point of presence – POP). (Термин POP можно отнести к любому объединению, будь то две телефонные компании фиксированной связи, два оператора сотовой связи и т.д.). Операторы сотовой связи иногда могут даже становиться в очередь в ожидании подключения. Второе: фактор стоимости подключения. Прогнозирование

рыночных услуг должно показать, что стоимость подключения и ежемесячные отчисления коммутируемой телефонной сети не будут превышать доходов, получаемых сотовым оператором от абонентов. В некоторых случаях для осуществления такого подключения, особенно в сельской местности, оператору сотовой связи приходится протягивать многие километры телефонных проводов, так как местная телефонная компания находится на очень большом расстоянии. Требуются дополнительные средства для прокладки нового кабеля в тех районах, где емкость существующих кабельных систем уже исчерпана. Третье: должна быть оценена плотность населения выбранного географического региона, для того чтобы определить место необходимого объединения. При этом нужно узнать, где достаточно и локальных соединений, а где уже существуют соединения с более низкой стоимостью телефонных разговоров.

Для осуществления объединения нужно полагаться на следующие аспекты:

- элементную базу, которая будет непосредственно осуществлять объединения. Это электронные цепи, магистрали и телефонные номера;
- возможность подключения различными способами;
- стоимость соединения и перспективы ее изменения;
- законная сторона вопроса.

14.2. Структура PSTN

Локальные телефонные компании повсюду в США называются LEC или Telco. Обычно телефонные компании каждого региона представляют собой отделения Bell, некоторые из них позже были объединены в более крупные компании. Сегодня доминирующими являются подразделения Bell – SBC, Verizon, Quest, Bellsouth.

SBC сформирована из пяти компаний Bell, работавших на юго-западе. Одной из них является Ameritech (которую SBC купила в 1998 году), а другой Pacific Telesis (приобретенная в 1997 году). Кроме этого SBC приобрела Southern New England Telephone (SNET). Общая зона обслуживания SBC составляет 13 из 50 штатов Америки.

Verizon – одна из крупнейших телефонных компаний на сегодняшний день. Она состоит из бывших компаний Bell, известных как Nynex и Bell Atlantic, а также крупнейшей компании с национальной зоной покрытия – GTE.

Quest – это новое имя компании U.S. West. Но Quest еще включает в себя активы компании, известной как Global Crossing.

Bellsouth все еще называется Bellsouth, так или иначе избежав слияния с другими компаниями за эти годы (по крайней мере до 2005 года). Она все еще

остается доминирующей компанией на рынке услуг связи, сохранив в своем названии фамилию Bell. В начале XXI века ходили слухи, что AT&T покупает Bellsouth, или наоборот, но им так и не суждено было сбыться.

Остальная часть телефонных сетей представлена несколькими независимыми компаниями и большими локальными телефонными компаниями. Некоторые из этих независимых компаний являются настолько большими, что как минимум могут управлять другими компаниями. Например, многие локальные телефонные компании, работающие в национальном масштабе, являются собственностью Sprint. Эти большие компании имеют свои подразделения повсюду в США, практически в каждом штате. Остальные дочерние компании часто называются по месту их расположения, например Lufkin-Conroe Telephone Company of Lufkin, Texas и Mud Lake Telephone Company in Mud Lake, Idaho.

Примером локальных телефонных компаний, которые все еще работают после телекоммуникационного кризиса в 2001 году, являются Level3, XO Communications и реструктурированная Focal Communications. Все эти три компании были объявлены банкротами в конце 90-х годов, но были восстановлены и до настоящего времени остаются крупнейшими компаниями. В США присутствует еще множество мелких локальных телефонных компаний.

Большие телефонные компании в каждом штате оказывают гораздо большее влияние на рынок услуг связи, чем независимые мелкие компании. Это результат конкуренции локальных телефонных компаний, независимых телефонных компаний и доминирующих компаний.

Когда оператор сотовой связи пытается сделать объединение, то это обычно происходит с любой преобладающей крупной компанией или независимой телефонной компанией. Это зависит от типа телефонной компании и от того, имеет ли она право работать в определенной географической области и имеет умеренную стоимость по сравнению с конкурирующими компаниями.

14.2.1. ЛОКАЛЬНЫЙ ДОСТУП И ТРАНСПОРТНЫЕ ОБЛАСТИ

Когда AT&T была куплена в 1983 году, страну поделили на семь региональных подразделений Bell. Как часть этой модернизации произошло разделение телекоммуникационный функций на обменные и интеробменные. Это значит, что обменные службы обеспечивались региональными операторами Bell или независимыми телефонными компаниями, а интеробменные функции обеспечивались межобменными операторами связи. США были поделены на 197 географических областей, известных как области локального доступа и транспорта (local access and transport – LATA). LATA имеют две основные задачи:

- они отделяют друг от друга области, в которых работают локальные телефонные компании;

- они объясняют, каким образом активы компании Bell System разделены на региональные компании и как была поделена AT&T. Это включает объяснение разводкам кабельной системы и обеспечивает инфраструктуру рынка (внешние центры), такую как беспроводные центры, коммутационные центры и находящееся в них оборудование.

LATA подразумевает основной принцип доступа к телефонным услугам связи: только локальные телефонные компании могут обеспечивать услуги обмена трафиком и обслуживать огромное количество межсетевых объединений. Размер LATA зависит от количества населения в обслуживаемой области. Например, на западе США, где население небольшое, на штат может приходиться одна LATA, как это происходит в Вайоминге. В других штатах, например в Иллинойсе, существует целая дюжина или больше LATA.

Каждая LATA имеет собственный трехзначный номер в целях идентификации. Например, номер Чикаго в LATA – 358. В областях, где доминирующими являются независимые телефонные компании, этот номер начинается с 9. Например, номер LATA в Северной Каролине – 949, а доминирующей является телефонная компания Sprint Mid-Atlantic Telephone Company. В большинстве случаев LATA не распространяется за границы более чем одного штата, хотя бывают и исключения.

LATA созданы не только для того, чтобы разграничить зоны обмена, но и для того, чтобы разделить географически зоны по социальным, экономическим и культурным признакам. Вот почему Чикаго и северо-западная Индиана (разные штаты) представлены одной LATA.

14.3. Элементы объединений

Техническим документом, в котором приведены сведения для объединения беспроводных телефонных систем и коммутируемых сетей общего пользования, является Telcordia General Reference (GR) 000-145. Этот документ содержит техническую документацию по объединениям телефонных сетей.

В этом документе содержатся два основных принципа объединения сетей: описание транспортных систем, таких, как DS, OC и линии связи (основанные на мультиплексировании с разделением по времени (TDM) или TCP/IP), и список телефонных номеров, которые должны быть проданы операторам сотовой связи. Когда телефонное соединение основано на TDM, каждое соединение подразумевается как DS0. В большинстве случает в наше время телефонные номера распределяются компанией, называющейся North American Numbering Plan Administrator (NANPA). Всего лишь несколько лет назад все операторы получали телефонные номера через Bellcore, теперь называющуюся Telcordia. В то время многие телефонные компании обвиняли

беспроводных операторов сотовой связи в том, что они украли их телефонные номера. Наивысшее волнение возникло, когда беспроводные операторы присвоили коды NXX, что привело к судебным разбирательствам на несколько десятков тысяч долларов.

14.3.1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Электрические цепи DS и OC составляют транспортные соединения для потоков информации, передаваемых по соединениями с коммутируемыми сетями общего пользования, подобно тому как информация передается по соединениям в фиксированной сети. Когда используется система передачи данных TDM, то для каждого беспроводного телефонного звонка используется один канал (DS0).

Объединение с Интернетом может быть осуществлено различными способами. Но во всех случаях между оператором сотовой связи и провайдером Интернета должно быть сделано высокоскоростное соединение Gigabit Ethernet. Это могут быть цепи frame-relay, может быть использован и традиционный метод TDM при применении цепей DS1, DS3 или OC.

Без сомнения, вне зависимости от того, какой вид информации передается – голос, видео, изображения или другая информация – основой для передачи будет являться один из видов электронных цепей. Важно запомнить, что при такой передаче применяется сжатие информации методом *адаптивной дифференциальной импульсной кодовой модуляции* (Adaptive Differential Pulse Code Modulation – ADPCM), которая обычно не применяется в коммутируемых сетях общего пользования.

14.3.2. МАГИСТРАЛИ И ДИАПАЗОНЫ

Важно понимать различие между магистралью и линией связи. *Линия связи* – это простое соединение части оборудования и коммутирующей системы или компьютерной системы. Так, персональный домашний телефон соединен с телефонной компанией с помощью линии. В отличие от этого, *магистраль* соединяет две коммутирующие системы или коммутирующую и компьютерную систему. Например, в случае беспроводных объединений DS0 имеет большие функции по передаче данных, чем DS1/3, так как соединяет центр коммутации и центральный офис телефонной компании. Каждый канал DS0 выполняет функцию магистрали.

Диапазон – это то, что обеспечивает абонентам доступ в Интернет. Он может быть представлен в нескольких формах, но в большинстве случаев он представляет собой данные, передаваемые по соединениям с помощью протокола TCP/IP. Относительно оператора сотовой связи, соединение с Интернетом может быть выполнено по цепям frame-relay, коммутируемым сетям Ethernet, бесканальным DS3-цепям или даже по бесканальным синхронным оптическим сетям (Syncronous Optical Network – SONET).

14.3.3. Телефонные номера (для перепродажи)

Для многих операторов сотовой связи свойственно приобретать у телефонных компаний коммутируемых сетей блоки телефонных номеров, которые они затем продают (в действительности перепродают своим абонентам).

Телефонные номера могут быть приобретены блоками по 100 или 1000 штук, что называется диапазоном. Некоторые телефонные компании продают телефонные номера только в постоянном количестве, то есть либо по 100, либо по 1000. Запомните то, что эти диапазоны могут определять параметры роуминга.

14.4. Работа объединений

Объединения все еще являются дорогими для операторов сотовой связи, даже несмотря на то что с 1996 года телефонные компании постоянно понижают стоимость минуты разговора. Для оператора сотовой связи важно всегда осуществлять наиболее лучший тип соединения. Нужно использовать хорошую биллинговую систему, которая будет наилучшим образом подсчитывать количество переданной и принятой информации. В большинстве случаев персонал биллинговой системы может поплатиться за собственные ошибки, которые могут возникнуть при неправильной работе биллинговой системы.

Телефонные звонки, которые осуществляются с мобильного телефона, коммутируются центром коммутации и перенаправляются к абоненту с помощью стандартных методов подсчета, разработанных инженерами сети или инженерами любого другого сотового оператора.

Когда оператор сотовой связи осуществляет объединение с телефонной компанией, он обычно получает телефонные номера, которые затем продаются абонентам. Эти телефонные номера выдаются Североамериканской администрацией планирования номеров (North American Numbering Plan Administration – NANPA). NANPA управляет назначением всех телефонных номеров внутри США. Телефонные звонки, исходящие со стационарного телефона и принятые абонентом беспроводной сети, перенаправляются в центральный офис телефонной компании, где установлено объединение с оператором беспроводной телефонной связи. Это перенаправление определятся NPA-NXX (код местности и обмена) или мобильным абонентом, которого вызывают. Телефонные компании знают, как перенаправлять входящие телефонные звонки со стационарного на мобильный телефон. Это делается с помощью индексов телефонных номеров, назначаемых NeuStar, которая высылает документацию всем телефонным компаниям в США (и в мире), содержащую информацию о том, какие номера NXX были активиро-

ваны. Коды общего языкового идентификатора местоположения (Common Language Location Identifier – CLLI) и диапазон телефонных номеров – все это высылается остальным операторам связи и телефонным компаниям. Телефонные компании сохраняют диапазоны номеров, приобретенных операторами беспроводной связи в своих центральных офисах коммутации, где осуществляется их объединение. Другими словами, телефонные номера сохраняются в центре коммутации, где непосредственно осуществляется объединение. Вот почему телефонные компании знают, как управлять телефонными звонками на специфичный (мобильный) телефонный номер. Телефонный вызов со стационарного телефона перенаправляется в определенный центральный офис телефонной компании на основании персонального телефонного номера NPA-NXX, а с центрального офиса в центр коммутации оператора беспроводной телефонной связи – по физическим цепям объединения.

Объединения беспроводных и коммутируемых сетей могут быть осуществлены как с базовой станции, так и с центра коммутации. Если желаемое объединение осуществить с базовой станции ближе, чем с центра коммутации, то гораздо дешевле сделать это с базовой станции. Это происходит потому, что оператор беспроводной связи платит за каждую милю, по которой протянуты провода, и если базовая станция ближе к центральному офису телефонной компании, то оператор всегда делает соответствующий выбор. Затем трафик передается по фиксированной сети в центр коммутации.

Если оператор беспроводной связи устанавливает объединение с коммутируемой сетью с базовой станции, то инженеры должны увеличить пропускную способность фиксированной сети от этой станции до центра коммутации эквивалентно планируемому трафику. Кроме того, в данной ситуации беспроводной оператор должен сделать планирование стоимости данного объединения: будет ли дешевле провести объединение с базовой станцией или с центром коммутации.

14.5. Типы объединений

Операторы беспроводной связи могут создавать различные типы объединений. Каждый тип объединения имеет свои собственные функциональные характеристики и каждый предназначен для специфичных задач. Основным принципом при выборе того или иного типа объединения для передачи операторами беспроводной телефонной связи трафика PSTN или Интернета является наибольший охват территории в каждой точке объединения для наименьшей стоимости минуты соединения. Чем большую территорию обслужи-

вает объединение, тем меньше получается стоимость минуты. Каждый тип объединения имеет собственную зону вызовов.

14.5.1. ОБЪЕДИНЕНИЕ ТИПА 2A

Объединение типа 2A состоит из цепей (и объединенных групп магистралей), протянутых от мобильного центра коммутации к телефонной компании, и по традиционной номенклатуре Bell называется Class4. Тандемы доступа служат в качестве мостовых центров для множества оконечных офисов в LATA. Кроме этого, они могут служить в качестве точки доступа для дополнительных тандемов, известных по номенклатуре Bell System как цепи Class3. Оконечные офисы известны как офисы класса 5 (Class5) по номенклатуре Bell. Это самая низкая ступень в иерархии PSTN, обеспечивающая связь на расстояния менее мили, аналоговый набор номера и доступ к Интернету.

Тандемный доступ в коммутируемых сетях общего пользования существует потому, что для локальных операторов сотовой связи не всегда экономически выгодно привязывать каждый оконечный офис к определенному LATA. С применением тандемов гораздо более эффективно коммутировать каждый офис друг с другом, создавая таким образом иерархичную структуру системы связи. В таких связях должны присутствовать магистрали повышенной емкости, называемые межмашинными магистралями (intermachine trunks – IMT). Полностью коммутируемая иерархия создана по принципу широкой локальной сети. В большинстве случаев внутри LATA создаются только соединения типа 2A.

Для инженеров оператора беспроводной системы связи при создании объединения типа 2A нужно создать как можно большую зону покрытия. При создании объединения типа 2A оператор беспроводной связи должен получить у NANPA телефонные номера. Обычно получают 10000 номеров, например 607-689-0000-9999.

Тип объединения 2A представляет собой оптовое приобретение, так как получается наибольшая площадь покрытия при наиболее низкой стоимости. Поэтому, основываясь на природе этого объединения, мобильные центры коммутации находятся на одну ступень ниже в иерархии PSTN – в качестве офиса коммутации класса 5 – который обеспечивает обработку телефонных звонков и учет тарификации. Посмотрите на рис. 14.1.

14.5.2. ОБЪЕДИНЕНИЕ ТИПА 2T

Объединение типа 2T – это соединение (группа магистралей, проведенных к телефонной компании), которое используется для маршрутизации трафика из беспроводной сети к имеющейся точке межсетевого обмена. Обмен обеспечивает доступ абонентов к сетевым ресурсам по их выбору. Объединение типа 2T было нужно операторам беспроводной телефонной связи RBOC в 1983 году (например, Bell Atlantic Mobile Systems и Ameritech Mobile).

Этот тип объединения обеспечивает доступ абонентов беспроводной системы связи ко всем удаленным операторам сотовой связи посредством:

- группы характеристик магистралей D (Feature Group D – FGD), с помощью которой происходит автоматическая идентификация номера (automatic number identification);
- идентификационного кода оператора (10-XXX);
- набранного номера.

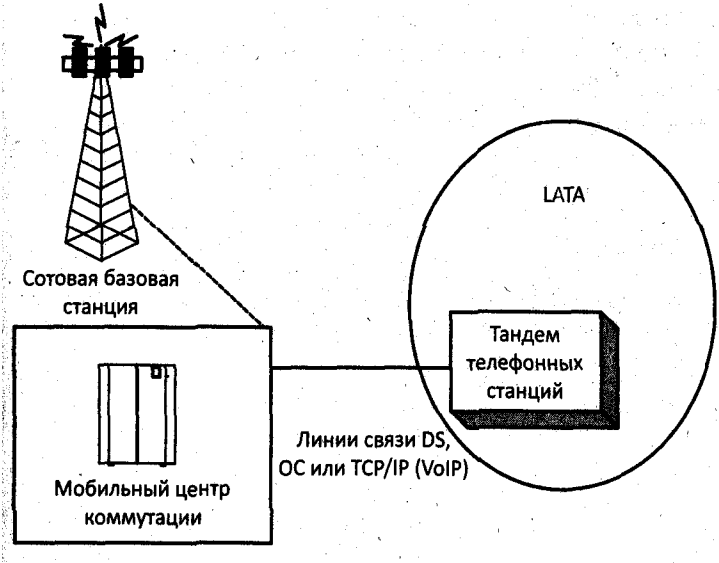


Рис. 14.1 • Объединение типа 2A с коммутируемой телефонной сетью общего пользования

Объединение типа 2T широко не используется, так как телефонные вызовы на дальние дистанции с выбором оператора, обрабатывающего такие вызовы, доживает свои дни. Такие соединения в настоящее время осуществляются посредством VoIP, так как это наиболее дешевый и позволяющий использовать его в роуминге тип сервиса.

14.5.3. ОБЪЕДИНЕНИЕ ТИПА 1

Объединение типа 1 состоит из групп магистралей между оператором беспроводной телефонной сети и локальным оператором связи. Оно имеет гораздо большее количество функций, чем другие типы объединений.

Объединение типа 1 может быть сделано для того, чтобы просто осуществить локальный доступ по телефонным номерам или для предоставления связи на определенной географической территории. Эта стратегия применяется операторами беспроводной телефонной связи большей частью в сельской местности.

В некоторых сельских местностях может быть необходимо установить объединение типа 1, хотя это и не очень выгодно с экономической точки зрения. Например, в сильно удаленных регионах, к которым нужно установить соединение, оператор беспроводной системы связи по определению должен приобрести набор телефонных номеров. Поэтому вызовы с мобильного телефона на стационарный (и наоборот) будут осуществляться по наиболее дешевой схеме. Кроме этого возможно, что в сельской местности нужно будет установить только два тандема на весь штат (один на LATA). Неэффективно будет устанавливать объединение типа 2А, так как все телефонные звонки будут происходить внутри одной сети.

Как правило, вызовы, которые исходят за пределы объединения типа 1, оцениваются как трафик внутри местной телефонной компании, и оператор беспроводной связи должен будет производить отчисления этой компании. Иногда беспроводные операторы несут убытки от таких соединений и не получают прибыли от своих абонентов. Это называется обратный биллинг.

Наряду с локальным трафиком, объединения типа 1 также несут трафик 911, 411(оперативная помощь), 0+ трафик (кредитные карты), 0- (вызовы оператору связи) и беспошлинные вызовы (номера 800, 866, 877). Объединения типа 1 могут передавать трафик в любую точку LATA, однако объединения типа 2А используются для этих целей гораздо чаще, так как стоимость телефонных переговоров по этому типу объединения гораздо ниже. Вызовы на телефонный номер 911 должны предоставляться всеми операторами беспроводной связи бесплатно.

Объединения типа 1 также могут использоваться в качестве линии передачи трафика, который должен быть разбит на группы по месту назначения – внутренний вызов или междугородний. Когда объем трафика в данном регионе невелик, для того чтобы загрузить цепи DS1, он разбивается IXC на соединения типа 1 с помощью коммутации. Это значит, что обработка ведется на основе запрос–запрос. Доступ в сеть IXC происходит, когда звонок выходит за пределы локальной телефонной компании.

Оперативная помощь или трафик 911 может разбиваться непосредственно телефонной компанией на объединения типа 1. Операторы беспроводной связи могут подключаться непосредственно к центру обработки телефонных звонков из центра коммутации. В настоящее время операторы беспроводной связи предоставляют услуги автоматического перенаправления вызова, поэтому для совершения звонка в одну из служб абонентам достаточно всего лишь нажать клавишу 1. Это очень удобно для абонентов, так как им не нужно набирать длинный номер. Конечно, такие услуги нужны водителям. Сегодня операторы беспроводной связи предоставляют услуги вызова экстренных служб по независимым телефонным каналам, которые направляются из центра коммутации в независимый центр связи. Эти цен-

тры связи являются собственностью предпринимателей, которые являются соперниками операторов беспроводной связи. Привлекательность этих услуг составляет то, что Комиссия по регулированию торговли между штатами (ICC) производит отчисления в пользу оператора беспроводной связи больше, чем обычной телефонной компании. Такая структура оплаты стимулирует первоочередное использование операторами связи таких услуг, так как возрастает потенциальный доход. А операторы сотовой связи взимают оплату с абонентов по обычным тарифам. Другими словами, независимый центр связи может установить оплату для оператора связи 0,75 долларов за телефонный звонок, в то время как другие телефонные компании устанавливают стоимость 0,90 долларов – разницу оплачивает абонент. Таким образом, при использовании независимого центра связи сотовый оператор может установить стоимость вызова 90 центов для своих абонентов и получить доход в 15 центов с каждого телефонного звонка. Такая схема применяется всеми операторами сотовой связи. Единственной проблемой остается то, что для снижения стоимости обслуживания независимые телефонные компании не так часто обновляют свои базы данных, как это делают остальные компании. В результате этого абонент, позвонивший по номеру 411, может быть неправильно информирован. Другой проблемой остается неполное заполнение персоналом штата центров поддержки абонентов, что может привести к увеличению времени ожидания абонента на линии. Эти негативные стороны должны учитываться при учете доходов.

В случае объединения типа 1 коды NXX (или коды межсетевого обмена) обслуживаются из оконечного офиса, где объединение типа 1 представляет отображение, называемое местной областью запроса или расширенной площадью обслуживания (extended area of service – EAS). Локальная площадь вызовов отражает концепцию, известную как объединенные интересы. *Объединенные интересы* – это площадь, которая включает в себя несколько городов, которые экономически, социально и культурно близки друг другу. Концепция объединенных интересов была взята в расчет при создании LATA в 1983 году. Примером объединенного интереса может служить Чикаго и северо-западная Индиана. Эти области находятся в разных штатах, но включены в один LATA. Другим примером могут служить две или три сельские местности, которые имеют тесные взаимосвязи и обслуживаются одним оконечным офисом. В результате получается, что телефонные разговоры внутри одной расширенной площади обслуживания всегда дешевле, чем остальные телефонные звонки. Это происходит потому, что для них не нужно использовать дополнительные линии связи, они происходят в пределах одного коммутационного центра.

Телефонные номера для объединения типа 1 приобретаются блоками по 100 либо 1000 штук, в зависимости от телефонной компании. Малые независимые телефонные компании покупают блоки по 100 номеров, в то время как крупные компании обычно берут по несколько тысяч.

Объединение типа 1 представляет собой приобретение по оптовой стоимости, потому что оконечные офисы класса 5 являются самыми медленными линиями связи в цепи коммутирующих систем, составляющих коммутируемую телефонную сеть общего пользования. Таким образом, мобильный центр коммутации с объединением первого типа является, по сути, учрежденческой АТС с точки зрения обработки и тарификации. Посмотрите на рис. 14.2.

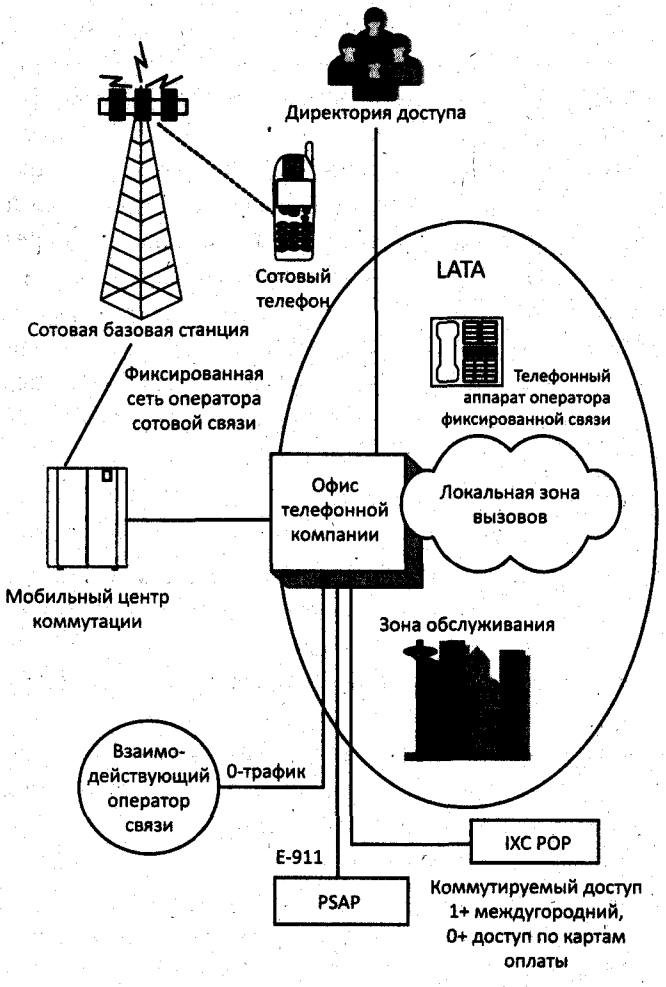


Рис. 14.2 • Объединение типа 1 с коммутируемой телефонной сетью общего пользования: трафик 911 часто передается по внутренней сети оператора сотовой связи

14.5.4. ОБЪЕДИНЕНИЕ ТИПА 2B

Объединение типа 2B состоит из групп магистралей между сотовыми базовыми станциями оператора сотовой связи или мобильным центром коммутации и оконечным офисом местной телефонной сети. Эти объединения используются исключительно для локальных, дорогих соединений с PSTN для передачи больших объемов информации по определенным обменным кодам. Этот тип объединения оправдывает стоимость, когда оператор беспроводной связи передает большие объемы информации, предназначенные для нескольких обменных кодов в несколько удаленных оконечных офисов. Операторы беспроводной связи могут точно определить, какое количество запросов в минуту было сделано ко всем возможным комбинациям NPA-NXX в пределах NANPA.

Хотя объединение типа 2B похоже на объединение типа 1, оно используется только для передачи трафика в определенный центральный офис. Помимо того, что по объединению типа 2B не пропускается никакой другой трафик, кроме как на номера 911 или 800, ключевое отличие этого соединения состоит в том, что минута соединения обходится операторам сотовой связи дешевле, чем при использовании объединения типа 1. Стоимость передачи данных по объединению 2B меньше, чем по объединению типа 2A, что делает 2B более привлекательным для использования операторами сотовой связи. Объединение типа 2B используется просто для того, чтобы уменьшить стоимость передачи данных. Этот тип объединения становится все более распространенным, чем 2A, так как в нем нет тандемов скоммутированных элементов, установка которых требует дополнительных затрат.

14.5.5. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ С КАНАЛОМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Когда уровень трафика мобильных разговоров на определенном сегменте рынка низок, оператор беспроводной связи может пересылать весь трафик внутри этого сегмента в качестве дальнего. В этом случае локальная телефонная компания будет пересылать трафик по дальним каналам обмена информации через удаленные офисы.

Однако когда количество удаленного трафика на данном сегменте рынка возрастает, оператор беспроводной связи может оправдать установку взаимосвязи с удаленными операторами. Это может быть оправдано установкой ежемесячной оплаты использования магистралей, проведенных от центра коммутации оператора сотовой связи к каналу обмена информацией. Если стоимость данного соединения равна или меньше, чем сумма ежемесячной оплаты, то трафик можно передавать по тарифам объединения типа 1 (количество минут умножается на стоимость одной минуты, которую установила местная телефонная компания), и такое объединение оправдывает средства.

Рациональность такого типа объединения объясняется тем, что операторы платят за использование каналов гораздо меньшие суммы, чем платили при передаче трафика по объединению типа 1. Это происходит потому, что трафик передается по каналам обмена информации в качестве дальнего, передающегося по каналам типа 1, поэтому за каждую минуту приходится платить больше. Эту дополнительную стоимость приходится выплачивать операторам сотовой связи, а они в свою очередь, поднимают тарифы на свои услуги, что отражается на абонентах.

Данный тип объединения выгоден как операторам сотовой связи, так и их абонентам.

14.5.6. ВНУТРИРЫНОЧНЫЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ СОТОВОЙ СВЯЗИ

В некоторых случаях операторам сотовой связи могут понадобиться объединения друг с другом. Это часто бывает необходимо в густонаселенных городских районах.

Операторы сотовой связи могут получить записи со своих мобильных центров коммутации, в которых имеются данные о том, как распределяется трафик по кодам NXX внутри сегмента рынка. Базы данных, обеспечиваемые Telcordia, известны как местное обменное управление (Local Exchange Routing Guide – LERG). В LERG в каждой колонке после телефонного номера содержится информация об операторе связи, который является собственником этого номера. Таким образом, по комбинации номеров и LERG оператор сотовой связи может определить объем трафика, переданного тому или иному оператору связи.

При неразглашении и конфиденциальности два оператора сотовой связи могут определить объем трафика, переданного между сетями в данном сегменте рынка. Эти операторы могут ввести квоты стоимости трафика, передаваемого между их сетями, от одного центра коммутации к другому. Если общая стоимость трафика между сетями превышает стоимость установки прямого объединения данных сетей, то оно будет установлено в целях экономии средств. Стоимость будет равномерно распределена между этими операторами.

Взаимосвязь операторов – это по существу межмашинные связи между их оборудованием (IMT). Эти магистрали переносят трафик между мобильными телефонами абонентов данных операторов. Ширина диапазона связи определяется опытным путем в зависимости от количества телефонных звонков между данными сетями. Эта информация лежит в основе подобных объединений операторов.

Основным преимуществом таких объединений является то, что операторы беспроводной связи не нуждаются в обращении к сторонним телефонным компаниям, таким образом экономится немалое количество средств.

14.5.7. ТОЧЕЧНЫЕ ЦЕПИ

Точечные цепи, еще известные как арендованные или частные цепи – это линии связи, которые соединяют локации двух различных сотовых операторов. В мире беспроводных технологий это обычно означает одно из следующих соединений:

- соединение двух сотовых ячеек вместе;
- соединение мобильного центра коммутации и ячейки;
- соединений офисов и мобильных центров коммутации.

Эти цепи называются арендованными, так как берутся в аренду у телефонных компаний, они не являются собственностью какого-либо оператора беспроводной связи. Эти типы цепей используются в том случае, когда не имеется больше никаких возможностей по соединению двух локаций вместе. Единственным выходом для связи оборудования операторов при отсутствии прямой видимости между вышками остается арендование линий связи у телефонных компаний. Это значит, что между базовыми станциями находятся либо естественные, либо искусственные препятствия, которые мешают распространению радиосигнала. Это могут быть горы, холмы или здания. Другим случаем, когда необходимо строить точечную связь, является ситуация, когда ячейки находятся на слишком большом расстоянии друг от друга и микроволновая система просто не может работать на таком расстоянии.

Какой оператор связи будет использоваться для построения точечной связи, зависит от того, находятся ли точки, которые необходимо связать, внутри одной LATA либо в разных LATA. Если две локации находятся внутри одной LATA, то можно прибегнуть к услугам местной телефонной компании. Если локации находятся в разных LATA, то нужно пользоваться услугами межстанционной телефонной компании. Когда оператор беспроводной связи устанавливает точечное соединение, то соединяемые точки называются локациями A и Z.

Когда обе локации находятся в одной LATA, сигнал проходит через цепи местного оператора связи прежде, чем достигнет точки назначения. Часть цепи между сетью оператора сотовой связи и местной телефонной компанией называется локальной петлей. Посмотрите на рис. 14.3.

Когда локации находятся в двух различных LATA, соединения в каждом конце сначала делаются в офисе местного оператора телефонной связи или проводном центре для подключения к каналу обмена информацией. Часть цепи между каналами называется межофисным каналом (interoffice channel – IOC). При установлении точечной связи по каналам некоторые затраты могут быть очень высоки. Это зависит от удаленности точек A и Z, так как иногда операторы связи пытаются связать очень удаленные локации. Запомните, что стоимость соединения оценивается на основе прямого расстояния между ло-

кациями. Если цепь создается внутри LATA, оператору беспроводной связи ничего не остается, как подключаться к услугам канала связи. В результате этого стоимость услуг может сильно возрасти, однако если это соединение нужно оператору, то он пренебрежет дороговизной. Посмотрите на рис. 14.4.

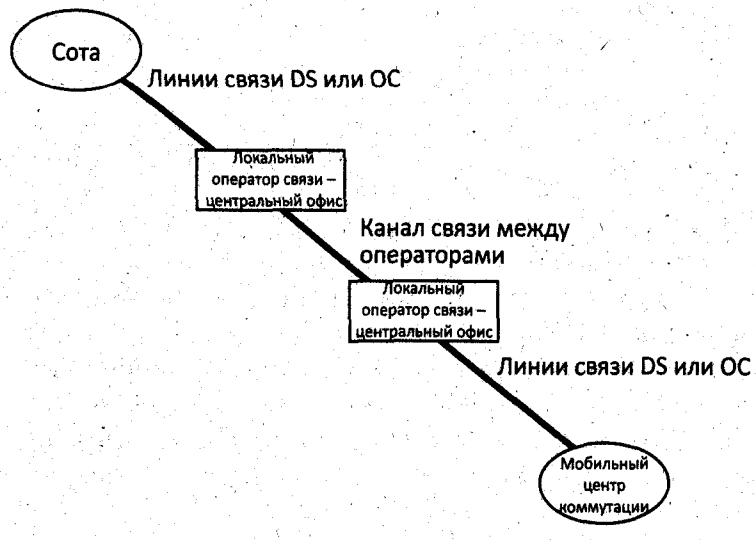


Рис. 14.3 • Точечная структура цепи внутри LATA

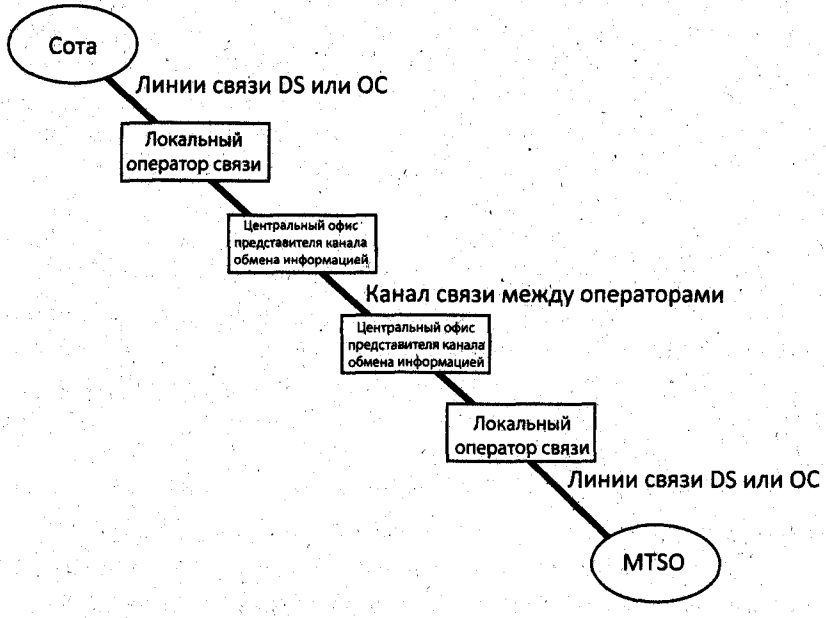


Рис. 14.4 • Точечная структура цепи в двух различных LATA

14.6. Структура стоимости и элементы тарификации

Большинство из рассмотренных в этой главе типов объединений имеют обычную структуру стоимости и тип тарификации. Каждое объединение представляет собой физическое подключение с помощью линий связи между двумя сетями – сетью оператора беспроводной связи и локального оператора, независимо от самих операторов. В следующем списке представлены некоторые простые элементы объединений:

- для каждой установленной цепи должен быть установлен непериодический уровень оплаты (nonrecurring charge – NRC);
- в каждой установленной цепи должен быть установлен месячный уровень периодической оплаты (monthly recurring charge – MRC);
- для некоторых типов объединений можно установить элементы цепи, которые будут выполнять роль магистралей. Это может быть существующий уровень NRC, основанный на оборудовании вовлеченной телефонной компании. Примером этого может послужить DS0, основанный на объединении типа DS-n. Для объединений типа 2A это не применяется на долгое время, однако это можно применить для объединений типа 1, 2B или 2T;
- также можно взимать ежемесячную оплату за использование магистралей, проведенных вне объединения. Этот тип оплаты зависит от оператора связи и обычно применяется малыми независимыми телефонными компаниями.

Для точечных арендованных цепей применяется всего два вида оплаты:

- разовый платеж за установку соединения;
- ежемесячный платеж за использование цепи.

Так как точечные цепи приобретаются как узкоспециализированные цепи, то телефонные компании не могут играть никакой роли при передаче по ним трафика, поэтому за переданную информацию они не получают никаких отчислений. Оператор беспроводной связи может передавать по этим цепям любую нужную ему информацию, но так как он является обладателем этих объединений, то фиксированная телефонная компания не получает от этого никакой прибыли.

14.7. Стоимость минуты разговора

До заключения акта о телекоммуникациях стоимость минуты использования объединения варьировалась от 0,02 доллара (в объединениях типа 2B) до 0,05 доллара за минуту (объединения типа 2A).

После заключения акта о телекоммуникациях в 1996 году эта стоимость упала до 0,01 и 0,03 доллара за минуту соответственно. Независимые телефонные компании обычно завышают стоимость своих услуг, так как им нужно компенсировать то, что они работают с гораздо меньшим количеством абонентов, чем компании, которые отделились от прежней Bell Company (Verizon, SBC, Quest, Bellsouth).

За объединения типа каналов обмена информацией линий связи операторы беспроводной связи платят от 0,01 до 0,04 доллара за минуту. Основной проблемой является подсчет суммарного количества минут, использованных за год. В то же время операторы беспроводной связи могут захотеть подписать долгосрочный контракт на использование этих линий связи для того, чтобы снизить суммарную стоимость. Количество минут и количество лет, на которые заключены контракты, очень влияют на суммарную стоимость этого контракта.

14.7.1. СТРУКТУРА СТОИМОСТИ

Для определения стоимости минуты разговора используется два типа структуры стоимости: зональная структура и единая структура. Каждый из этих методов можно применить к тарифам или контрактам (см. раздел 14.9.1 и 14.9.2).

14.7.1.1. Зональная структура. *Зональная структура тарификации* используется многими компаниями фиксированной связи для того, чтобы взимать оплату с обычных потребителей услуг или компаний. Ниже представлен план работы этой структуры.

Телефонная компания наземных линий связи предоставляет свои услуги по географическим зонам, которые представляют собой от трех до восьми концентрических кругов, в центре которых находится центральный офис компании. В этом случае центральный офис называется центром тарификации. Центр тарификации – это центральный офис, в котором осуществлено объединение и который используется для подсчета стоимости телефонных разговоров между наземной и сотовой связью.

Каждая зона имеет определенное расстояние от центра. Телефонные разговоры, которые произведены в пределах зоны, ближайшей к центру тарификации, как правило, более дешевые. И наоборот, телефонные звонки, которые произведены на дальнем расстоянии, более дорогие. Чем дальше происходит телефонный разговор от центра тарификации, тем он дороже обходится. Например, если телефонная компания использует три зоны, то первая будет располагаться в радиусе двенадцати километров. Это первая зона. Вторая зона представляет собой кольцо, малый радиус двенадцать километров, а большой – сорок. Это вторая зона. Третья зона охватывает всю оставшуюся территорию, удаленную более чем на сорок километров от центра тарификации.

Для любого жителя первой зоны телефонные звонки обходятся дешевле, чем для жителя третьей зоны. Зональная структура сложна для управления и требует много усилий для администрирования. Посмотрите на рис. 14.5.

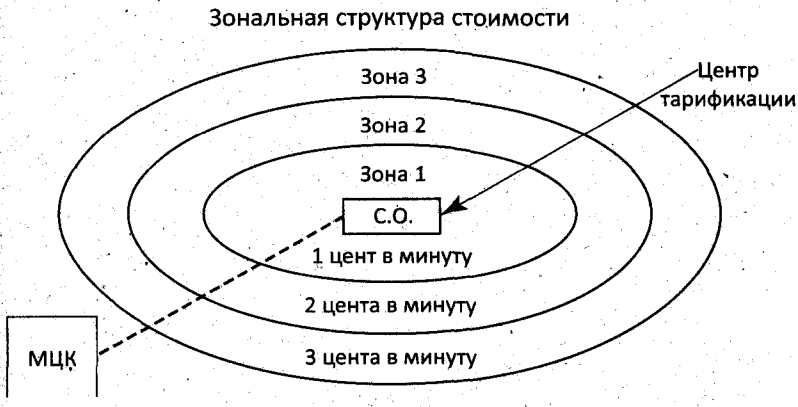


Рис. 14.5 • Зональная структура тарификации

14.7.1.2. Единая структура. Более прогрессивные телефонные компании, включая компании, работающие с дальними расстояниями, работают с *единой структурой*. Из-за существующей конкуренции на рынке связи все больше и больше телефонных компаний используют единую структуру тарификации. Такой тарификацией проще управлять, и она проще для понимания абонентов.

Единая структура тарификации имеет очень простой механизм: телефонная компания устанавливает единую стоимость звонков (например, 0,02 доллара за минуту) в данном регионе, обычно LATA. Стоимость звонков с сотового телефона на стационарный тоже имеет фиксированную стоимость вне зависимости от того, в какую точку зоны обслуживания поступит вызов (подразумевается телефонный звонок внутри региона LATA в случае межсетевого объединения). Не имеет значения, насколько далеко от точки объединения или центра тарификации совершен звонок.

Эта структура тарификации имеет несколько преимуществ. Первое: проще производить расчеты как телефонной компании фиксированной связи, так и сотовому оператору. Другим преимуществом является то, что такой тариф распространяется на весь регион LATA, таким образом, теоретически оператору сотовой связи нет необходимости устанавливать более чем одно объединение в одной LATA. Это значительно уменьшает ежемесячную стоимость использования магистралей, так как заметно уменьшается их необходимое количество.

14.8. Специальная тарификация

Когда оператор беспроводной связи создает один из типов объединений, то при этом он может применить *специальную тарификацию*. Обычно это происходит при объединении или точечном соединении с очень удаленными регионами или находящимися в гористой местности. Если оператор сотовой связи решает предложить свои услуги в удаленных районах, где отсутствуют кабельные сети местного оператора связи, то местный оператор связи должен принять решение о повторном использовании новых линий связи. Это решение состоит в том, чтобы оценить возможность использования этих линий после того, как закончится контракт с оператором сотовой связи (обычно 5 лет). Если других целей для использования кабеля не предвидится, то его возмещение его стоимости возлагается на оператора сотовой связи. Это называется *специальный конструктивный платеж*. Для определения того, будет ли использоваться линия связи после окончания контракта, применяется комплекс формул. Это называется *фактором использования*.

В зависимости от количества специальных сооружений стоимость создания линии связи может варьироваться от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч долларов. Если затраты на возведение специальных сооружений слишком велики, оператор сотовой связи может начать искать другие способы соединения. Этим способом может быть поиск других объединений либо создание микроволновой связи между двумя сетями. При этом оператору сотовой связи может потребоваться покупка простой микроволновой системы связи невысокой емкости и размещение одной из антенн на своей вышке, а другой – на ближайшем центральном офисе телефонной компании. Микроволновая антенна должна быть размещена на крыше здания центрального офиса.

14.9. Соглашения при объединении

Для создания объединения с телефонными компаниями операторы беспроводной связи должны сделать две вещи: определиться с тарифами и заключить контракт. Это две формальности, которые необходимы для создания объединения. Иногда соглашения создаются на основании существующих тарифных планов (смотрите подраздел 14.9.2). И тарифы, и контракты содержат разделы, созданные для того, чтобы защитить обе участвующие в объединении стороны: телефонную компанию и сотового оператора.

Одним из способов защиты является то, что в документах четко указываются все сроки, термины и условия. Это один из юридических способов

защититься от неверного истолкования каких-либо частей соглашения. В другом разделе четко определены все роли и обязанности обоих сторон. В основном этот пункт защищает телефонную компанию, так как если взаимодействие создано после срока, оговоренного в контракте, то это значит, что оператор беспроводной связи не выполняет свои обязательства. В эти обязательства не включается подача питания для оборудования, завершение установки оборудования и даже кабельной системы от оборудования, установленного в центре обработки данных телефонной компании до разграничительной линии или разграничителя. *Разграничитель* обозначает физическую точку, за которой заканчивается оборудование одной компании и начинается оборудование другой.

14.9.1. ТАРИФЫ

Стоимость минуты разговора, которую устанавливает оператор беспроводной связи за соединение с коммутируемой телефонной сетью общего пользования, обычно представляется в виде тарифов, которые должны быть зарегистрированы и одобрены в соответствующих государственных органах. Эти тарифы содержат стоимость услуг связи и обязанности телефонных компаний, предоставляющих услуги связи и приобретающих эти услуги. В этом случае услуги связи приобретает беспроводная телефонная компания. Хотя это может выглядеть немного странно, что компания, покупающая услуги, имеет какие-либо обязанности, тарификация, созданная этим способом, предназначена для уменьшения риска телефонной компании в случае возникновения проблем с обслуживанием.

Когда сотовый оператор приобретает объединение у телефонной компании, тарифы отражают все затраты, стоимость использования минуты разговора с абонентом телефонной компании и стоимость взятого в аренду оборудования.

При приобретении объединения не существует никакой возможности договориться с телефонной компанией о тарифах. Тарифы нужны для того, чтобы, как говорится, самые большие парни района не задавили остальных. Стабильность тарифов для крупных операторов подстраховывает малые телефонные компании таким образом, чтобы у них оставалось место на рынке связи. Тем не менее, телефонные компании могут изменять тарифные планы по договоренности с их беспроводными абонентами в соответствии с установленными правительством правилами.

Каждые несколько лет должностное лицо телефонной компании собирает представителей сотовых операторов, чтобы обсудить реструктуризацию тарифов (например, уменьшение стоимости вызовов). Предложения по изменению тарификации представляются руководству телефонной компании для внутреннего обсуждения. После внутреннего обсуждения планы передаются

правительству региона для утверждения. Этот процесс происходит каждые шесть месяцев. Тарифы – это документ, который представляется в общее пользование.

До заключения Акта о телекоммуникациях в 1996 году одним из камней преткновения был тот факт, что телефонные компании не предоставляли операторам беспроводной связи статуса совладельца объединения на определенный срок, что противоречило распоряжениям FCC. Статус совладельца определял, что локальные телефонные компании должны работать с операторами беспроводной связи точно так же, как если бы последние были обычными телефонными компаниями, то есть договариваться с ними о тарификации самостоятельно. Это должно происходить при любых видах взаимосвязей, объединений. Теоретически, завышение цен на услуги связи внутри своей сети является незаконным.

14.9.2. КОНТРАКТЫ

Если прибыли оператора беспроводной телефонной связи не превышают расходов на объединение, то они формализуются с помощью контрактов. Контракты очень похожи на тарифные соглашения, однако здесь используются меньшие числа. Контракты используются всеми телефонными компаниями, иногда с небольшими изменениями в правилах. Обычно правила, устанавливаемые крупными телефонными компаниями (например Bell), гораздо строже, чем правила малых телефонных компаний. Контракты являются частными документами.

14.10. Уменьшение стоимости вызовов

Операторы сотовой связи должны гарантировать, что все мобильные звонки в пределах их сети имеют минимально возможную стоимость. Этот процесс называется *уменьшением стоимости*.

Собственники беспроводных систем связи должны всегда использовать наилучший маршрут для телефонного вызова в пределах наземной телефонной сети или внутри беспроводного кластера. Кластер – это ограниченная географическая территория, состоящая из нескольких торговых зон, владельцем которых является один оператор связи. В идеале трафик мобильного телефона должен достигать телефона обычной телефонной компании по кратчайшему пути. Таким образом, основной задачей по уменьшению стоимости вызовов является вовлечение как можно меньшего количества магистралей, включая собственную фиксированную сеть оператора сотовой связи, в процесс передачи информации.

Для телефонных звонков внутри системы оператора связи, в кластере, где оператор установил собственные точки передачи сигнала (signal transfer point –

STP), связи внутри мобильных центров коммутации SS7/IS-41 могут и должны использоваться для уменьшения стоимости вызовов. Эти связи называются IMT и используют пользовательскую часть SS7 ISDN (ISDN User Part – ISUP) для управления вызовами.

Стандартная методология уменьшения стоимости вызовов обычно использует три возможных пути, начиная от самого дешевого к самому дорогому, для передачи трафика из точки A (беспроводной сети) в точку Z (сеть наземного оператора связи или любого другого оператора связи). Если статус первой группы магистралей (самого дешевого соединения) «занято», то телефонные звонки автоматически перенаправляются, на магистрали второго уровня (средние по стоимости магистрали), а затем, по необходимости на магистрали третьей группы (наиболее дорогой), если и вторая группа занята. Этот тип управления используется при любом телефонном звонке на номера NPA-NXX в США и любом внутреннем коде страны в мире. Образец разбиения трафика на три возможных способа передачи находится в мобильном центре коммутации. Все коммутации учрежденческой АТС, тандемного доступа или любого другого соединения используют комбинации номеров NPA-NXX.

Конечно же, упор при уменьшении стоимости вызовов делается на магистрали первого уровня. Нужно, чтобы по ним передавалось как можно большая часть трафика, чтобы использование дорогих линий связи было минимальным. Обычно переполнение линий связи первой и последующих групп происходит при различных общественных волнениях или стихийных бедствиях.

14.11. Соединение с Интернетом

Идеальное соединение с Интернетом должно быть осуществлено прямо из мобильного центра коммутации с интернет-провайдером. Это идеальный сценарии, потому что оператору беспроводной связи для того, чтобы обеспечить обмен интернет-трафиком своих абонентов, нужно иметь только сервер и маршрутизатор.

Это соединение может быть сделано в нескольких формах просто потому, что в настоящее время доступны многие способы подключения. Необходимую ширину диапазона должны отражать наблюдения оператора сотовой связи. Это всегда должно приниматься в расчет. Операторы сотовой связи могут осуществить подключение к Интернету следующими способами:

- оператор сотовой связи должен установить гигабитное сетевое соединение с поставщиком интернет-услуг, так как таких поставщиков в наши дни огромное множество, и многие операторы уже поддерживают интернет-соединения через городской Ethernet. Примером интернет-провайдера может послужить известная компания GigaMAN®;

- можно сделать соединение с Интернетом с помощью ОС-цепей;
- могут быть использованы бесканальные цепи DS3;
- для осуществления подключения в малонаселенных сельских регионах могут быть использованы одна или несколько цепей DS1.

Количество сервисов и услуг, основанных на интернет-соединениях, продолжает неуклонно расти, что становится довольно критично с точки зрения пропускной способности беспроводной сети. Поэтому лучшим способом будет осуществить двойное соединение по разделенным путям, которые физически подключены к различным провайдерам. Это значит, что в центре коммутации должно быть осуществлено два различных подключения. При этом нужно не забывать про объединение с коммутируемой телефонной сетью общего пользования. Этот тип конструкции должен быть осуществлен даже в том случае, когда Интернет подключен к двум различным провайдерам. Посмотрите на рис. 14.6.

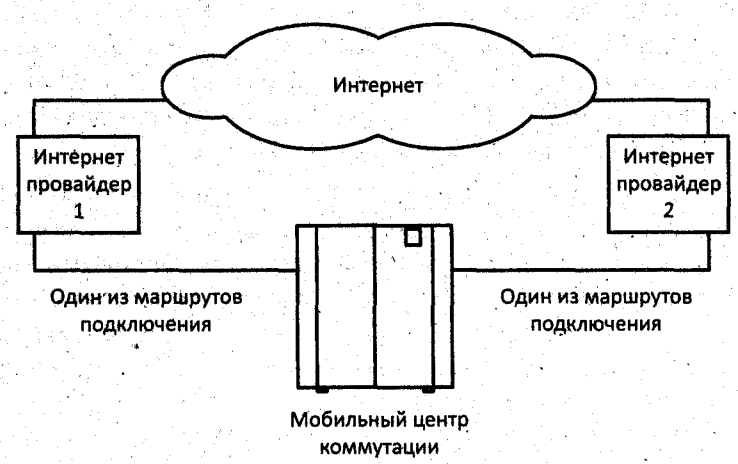


Рис. 14.6 • Объединение оператора беспроводной сотовой связи и двух интернет-провайдеров должно быть осуществлено по двум различным цепям

14.12. Мобильность беспроводного локального номера (WLNP)

Мобильность локального номера подразумевает, что абонент одного сотового оператора может пользоваться услугами связи, находясь в сети другого оператора. В мире беспроводных технологий WLNP означает смену оператора связи с сохранением телефонного номера. Это может означать замену номера стационарного телефонного номера на мобильный. WLNP вступил в силу 24 ноября 2003 года. FCC установила правила, в соответствии с которыми операторы беспроводной связи должны были подготовить национальную базу данных, которая управляла бы перенесением телефонных номеров меж-

ду операторами связи. Эта мобильность рассчитана на частных абонентов, деловых абонентов и на самих операторов сотовой связи (для номеров, приобретенных у коммутируемых телефонных сетей общего пользования).

Мобильность, начавшая действовать в ноябре 2003 года, включает и взаимозаменяемость всех услуг телефонной связи. Другими словами, появилась возможность переносить телефонные номера из сети телефонных компаний в сети беспроводных операторов связи, включая и их обмен между сотовыми операторами.

Многие годы абоненты телефонных компаний не имели возможности сохранять за собой телефонные номера при смене оператора связи. FCC совместно с адвокатской комиссией решили, что WLNP увеличит конкуренцию между операторами связи и позволит абонентам выбирать того оператора связи, который для него наиболее удобен.

После некоторых споров операторы связи выиграли один год для создания системы WLPN для публичного использования. CTIA заявила, что обеспечение мобильности телефонных номеров будет стоить 1 миллиард долларов при ежегодных расходах на обеспечение этого сервиса около 500 миллионов долларов. Она же утверждает, что данная стоимость будет уменьшать бюджет компаний, который мог бы быть потрачен на обновление сетевого оборудования, заполнение пустых зон и обеспечение абонентов новыми типами услуг, такими как 3G. Все операторы сотовой связи были против этого нововведения. Их обеспокоенность зиждилась на статистике использования телефонных сервисов. Аналитики заявляли, что в других странах, где была применена мобильность, количество абонентов, сменивших своего оператора связи, достигало 50%. Исследования показали, что более 22 миллионов абонентов сменят своего оператора в течение первого года введения услуги WLNP. Этот показатель упадет в 2004 году до 30% и в конечном счете будет оставаться на уровне 10%. На самом деле, в течение первого года только 8,5 миллионов абонентов сменили оператора связи с одновременным сохранением за ними телефонного номера. В любом случае WLNP выгоден для абонентов, которые достаточно длительное время пользуются услугами связи.

14.13. Взаимная компенсация

Взаимная компенсация объясняет процесс, который происходил в начале 90-х годов, когда операторы беспроводной связи делали бесполезные попытки заключить соглашения с телефонными компаниями о том, чтобы последние оплачивали эфирное время, потраченное на звонки, совершенные со стационарных телефонов на мобильные. Доводы сотовых операторов вполне

резонны, так как они затрачивали миллионы долларов на установку и настройку своего оборудования. Просто они это сделали в короткий период времени.

Эта проблема обострилась в середине 90-х в связи с тем, что происходило быстрое увеличение трафика между телефонными компаниями и сотовыми операторами. Операторы беспроводной связи пришли к мнению, что телефонные компании должны оплачивать использование линий связи в случае, когда телефонный звонок был совершен со стационарного телефона. Когда звонок совершается из сети сотовой компании, оператор оплачивает время использования за каждую минуту в соответствии с установленным тарифом. Однако когда телефонный звонок совершается со стационарного телефона, телефонная компания не выплачивает никаких средств. Такие отношения продолжались несколько лет. Причиной этому служило то, что локальные операторы связи, прежние компании Bell, имели большое политическое влияние, которое они использовали для указанных преимуществ.

15 декабря 1995 года FCC установила правила, известные как концепция взаимной компенсации, которая должна была действовать для всех типов объединений между коммерческими мобильными радиосистемами (сотовыми, пейджинговыми, расширенными специализированными радиоканалами) и телефонными компаниями. Взаимная компенсация установила правила, в соответствии с которыми отчисление средств производит тот оператор, с телефона которого был совершен телефонный звонок.

Акт телекоммуникаций 1996 года формализовал взаимные отношения операторов связи, узаконив взаимные компенсации. Теперь оператор беспроводной связи выплачивает телефонной компании за использование линий связи при вызовах с мобильных на стационарные телефоны, и наоборот – телефонная компания выплачивает за звонки со стационарных на мобильные телефоны. Взаимная компенсация стала способом, которым правительство разрешило споры между сотовыми операторами и компаниями коммутируемой телефонной связи.

14.14. Расширенные сервисы 911 (E-911) и технология локации

Сервис 911 стал расширенным сервисом 911 (Enhanced 911), когда операторами сервиса 911 (точкой общественной безопасности – PSAP) было применено автоматическое определение номера абонента (Automatic number identification – ANI) и автоматическое определение местоположения (Automatic location information – ALI) мобильного телефона.

В США в 2003 году на телефонный номер 911 поступало в среднем 198729 звонков ежедневно. Так как в США 175 миллионов абонентов, пользующихся услугами беспроводной связи, то большинство этих звонков поступает с мобильных телефонов.

Мандат FCC 1996 года, известный как E-911, требовал от всех операторов беспроводной связи обеспечения определения местоположения всех мобильных телефонов, с которых был набран номер 911, в пределах 100 м в течение 67% времени. Крайним сроком окончания работ над этими сервисами было назначено 1 октября 2001 года, однако ни один сотовый оператор не выполнил требуемого. FCC дала дополнительное время. На сотовые компании были наложены штрафы (например, AT&T была оштрафована на 2,2 миллиона долларов) и сейчас FCC увеличивает свое давление на них. Основное отличие между Phase I и Phase II состоит в точности определения местоположения абонента. Phase I гарантирует точность определения местоположения на уровне сектора ячейки, а Phase II гарантирует определение местоположения с точностью до 125 м в течение 67% времени.

Sprint, Verizon Wireless, Cingular, T-Mobile и AT&T Wireless (в настоящее время часть Cingular) – все они подавали отказы до крайнего срока 1 октября. Основными препятствиями для создания этой системы были программное обеспечение сети и инфраструктуры, а также координация с агентствами чрезвычайных ситуаций.

Требования для беспроводного сервиса E-911 Phase II были предъявлены 31 октября 2001 года. Phase II должна была определять широту и долготу, на которых находится мобильный телефон, с точностью 125 м в течение 67% времени и в радиусе 300 м в течение 95% времени. При этом нужно добиться 100%-ной совместимости с новыми или доработанными телефонными аппаратами к концу 2004 года. Полная совместимость с Phase II ожидается к 31 декабря 2004 года. Как обычно, конечный срок для Phase II был назначен на 31 декабря 2004 года, однако операторы беспроводной связи попросили отсрочки у FCC (до 31 декабря 2005 года) и получили ее.

Для обеспечения сервисов Phase I и II 911 нужно следующее:

- карты и геологические базы данных для управления звонками PSAP;
- географическое граничное обеспечение;
- внедиапазонная система сигнализирования для обновления данных о местоположении в реальном времени;
- большие вычислительные мощности для просчета информации о местоположении;
- интерактивный контроль вызовов;
- высокая надежность и управляемость.

Интенсивная обработка больших баз данных требует мощных компьютерных систем. Кроме этого, технология локации предоставляет дополнительные возможности, которые помогут в некоторой степени окупить установку данной системы.

FCC предлагает ввести региональный (по штатам) и локальный механизм оценки стоимости установки систем E-911. Кроме этого, она предусматривает, что операторы беспроводной связи имеют те же права, что и локальные телефонные компании, которые также предоставляют услуги E-911 своим абонентам.

14.14.1. ТЕХНОЛОГИИ ЛОКАЦИИ

Существует два возможных пути для определения метоположения отдельного абонента для E-911: решение, основанное на оборудовании сети, или решение на основе мобильного телефона.

Сетевое решение использует триангуляционный метод и время, что позволяет при знании разности длин волн между базовыми станциями показать местоположение абонента. Другими словами, сетевое решение основано на технологии триангуляции. Стоимость этого решения выше, чем стоимость телефонного (например, установка GPS-приемников в мобильные телефоны). Сетевое решение использует технологию разности приема (difference of arrival technology – TDOA). При этом необходимы как минимум три базовые станции, которые будут улавливать сигнал с мобильного телефона и по контрольным каналам передавать информацию. Они должны быть при этом достаточно хорошо синхронизированы. Базовая станция просчитывает время, за которое сигнал проходит расстояние до мобильного телефона и возвращается обратно. Затем на карту наносятся три расстояния, полученные с базовых станций, и в том месте, где все три отрезка пересекутся, находится абонент.

Другая сетевая технология основана на технике направления приема (direction of arrival – DOA). Для DOA нужны только две базовые станции, антенны которых сделаны в виде массива. Они так же, как и в предыдущем методе, определяют расстояние до абонента, но дополнительно высчитывают углы, с которых сигнал был принят обратно. Полученные углы и расстояния в дальнейшем используются для определения местоположения абонента.

Из этих двух технологий наиболее просто ввести в действие ту, которая работает с треугольником базовых станций. Для этого не нужно вносить никаких изменений в стандарты, и лучше всего она работает с немодифицированными телефонными аппаратами. Однако мощность сигнала мобильного телефона сильно падает в городских районах, где имеет место сильное отражение сигнала, что влияет на точность определения местоположения абонента, особенно в гористой местности. Компании, предоставляющие такие услуги, находят, что

предложение подобных услуг является делом дорогостоящим и отнимающим много времени. По их данным, общая стоимость установки сетевого решения для одной базовой станции составляет 500 000 долларов.

Телефонное решение использует технологию GPS: GPS-приемники, установленные в мобильные телефоны, осуществляют взаимосвязь с PSAP и оператором беспроводных услуг.

Технология GPS позволяет определить местоположение телефонного аппарата с точностью 15 футов на улице и 100 футов внутри зданий, что удовлетворяет требованиям FCC. Устройства GPS при этом устанавливаются по всей беспроводной сети. Поскольку эти устройства отслеживаются спутниками, находящимися на орбите Земли, они обеспечивают прием необходимой информации, включая время, затрачиваемое на передачу сигнала в соседние беспроводные телефонные аппараты, оборудованные GPS-приемниками. Затем на основании временных различий между сетевыми GPS-устройствами и мобильными телефонами, принимающими сигнал со спутников, возможно точно определить местонахождение абонента.

Единственным недостатком этого метода является то, что в каждый мобильный телефон необходимо встроить GPS-приемник, что приведет к повышенному потреблению энергии. Но положительной стороной является то, что GPS-приемники на базе сотовых телефонов обеспечат универсальное покрытие. Для того чтобы достигнуть повсеместного использования этой технологии, многие абоненты должны будут приобрести сотовые телефоны, снабженные GPS-приемниками, в относительно небольшой период времени. Операторы беспроводной связи постоянно наращивают список предоставляемых услуг, поэтому будет не очень сложно заставить абонентов приобрести телефонные аппараты, снабженные GPS-приемниками.

Внедрение этой технологии основано на микроизмерениях времени передачи сигналов через пространство и повсеместной установке специализированного оборудования и сетевого покрытия.

Недостатком технологии локации является то, что мобильный телефон попросту превращается в устройство слежения. Абонент может быть найден в любое время в любом месте, особенно при использовании аппаратов, снабженных GPS-устройствами.

Технология локации может быть применена во многих случаях. Некоторые из них перечислены ниже:

- обнаружение местонахождения абонента в экстренных случаях;
- безопасность детей;
- активное слежение и нахождение людей;
- управление флотом;
- телематика;

- навигация при управлении автомобилем (включая установку программного обеспечения наподобие MapQuest);
- беспроводные игры;
- составление счетов на основании местоположения;
- услуги информирования;
- рекламирование услуг;
- электронный домашний арест;
- управление предприятием;
- увеличение эффективности работы сухопутных войск;
- управление работой мобильных рабочих.

Можно сказать, что индустрия преуменьшает значимость беспроводных услуг навигации. Основная причина этому: операторы сотовой связи потратили огромные средства на создание услуг E-911 и в настоящее время пытаются вернуть затраченное путем предоставления дополнительных услуг на основе этих технологий. Несмотря на это, операторы связи создают все более и более широкий спектр подобных услуг, таких как автомобильная навигационная система и телематика, однако потребительские и деловые приложения скоро придут им на смену и станут критичными для предложений сотовых компаний.

Сейчас многие операторы связи предлагают за фиксированную месячную оплату такие типы услуг, при которых перемещение будет просматриваться через интернет-сайты. Поэтому многие родители смогут отслеживать местонахождение своих детей. Технология локации также полезна для ревнивых супругов.

Основной трудностью для операторов сотовой связи является то, что технология триангуляции не обеспечивает должной точности определения местоположения абонентов. Для улучшения ситуации требуются инвестиции в размере миллиардов долларов, а в беспроводной индустрии таких средств не имеется. В то же время это предприятие имеет высокий потенциал, так как обеспечит высокий уровень безопасности для населения. Это становится основной причиной для построения такой системы, тем более что в США в настоящее время насчитывается 175 миллионов абонентов (по состоянию на конец 2004 года).

Следующая информация подтверждает то, что некоторые компании разрабатывают системы локации.

Компания, известная как Landman, разработала различные устройства локации. PalTrak – так называется одно из устройств: оно находит друзей, находящихся в сети, и договаривается о встрече, определяет место встречи и даже отслеживает местонахождение детей. DateTrak – подобное устройство,

но с новой системой передачи сообщений и более полным набором функций по отслеживанию местоположения. Сместно с навигационной системой Landman подобное оборудование также выпускает Time Out Mobile.

Фирма, называющаяся Xora, выпустила устройство наблюдения для беспроводных устройств, снабженных GPS-модулем, позволяющее отследить физическое местонахождение служащего в пределах компании.

MapQues, один из самых узнаваемых брендов в Интернете, выпускает устройства локации в беспроводной сети, которые, кроме всего прочего, имеют технологию распознавания голоса.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- При установке объединения типа 2B телефонные номера не покупаются для перепродажи абонентам.
- Объединение типа 2A является прямым соединением с офисом телефонной компании.
- Для установки объединения типа 1 операторы сотовой связи должны приобрести телефонные номера NXX.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Объединение типа 1 с коммутируемой телефонной сетью общего пользования:

a) заканчивается в тандеме телефонных компаний;
b) заканчивается в оконечном офисе телефонной компании;
c) переносит локальный трафик;
d) переносит трафик служб 911, 411 и управляемый оператором трафик;
e) только a и c;
f) только b, c и d.

Telcordia General Reference для объединений с коммутируемыми сетями общего пользования имеет обозначение:

a) TR-000-240;
b) TR-140-000;
c) взаимное завершение;
d) GR-000-145.

Какой тип объединения отражает предельный уровень уменьшения стоимости вызовов?

a) тип 1;
b) тип 2B;

c) тип 2A;
d) тип 2T.

В чем состоит различие между зональной и единой структурами стоимости телефонных разговоров?

a) зональная структура имеет одну стоимость телефонных разговоров во всем регионе LATA, единая – нет;
b) единая структура подразумевает увеличение стоимости разговоров при удалении от оконечного офиса. Зональная структура имеет различную стоимость вызовов в различных штатах;
c) между этими двумя структурами нет принципиальных отличий;
d) зональная структура подразумевает увеличение стоимости вызовов при удалении от оконечного офиса. Единая структура имеет одну стоимость телефонных разговоров в пределах LATA.

Причина, по которой абоненты сотовых компаний оплачивают телефонные звонки, произведенные со стационарных телефонов, заключается:

a) в том, что операторы сотовой связи по своей сути являются жадными и хотят, чтобы абоненты оплачивали все телефонные разговоры;
b) телефонные звонки со стационарных на мобильные телефоны используют большое количество ресурсов операторов сотовой связи;
c) операторы сотовой связи так же, как и абоненты, оплачивают такие звонки;
d) все перечисленные варианты;
e) ни один из перечисленных вариантов.

Взаимосвязи с каналами обмена информацией оправданы, если анализ затрат показывает, что:

a) после объединения с каналом будет ежемесячно использоваться не менее 1 миллиона минут разговоров;
b) объединение типа 2A не является необходимым;
c) ежемесячная стоимость цепей DS1 каналов обмена информацией будет равна или будет меньше, чем использование объединения типа 1;
d) все перечисленные варианты.

15 Роуминг и работа в сетях нескольких операторов сотовой связи

15.1. Введение

Роуминг подразумевает использование услуг сотовой связи вне домашней сети. Другими словами, абонент сотовой сети, находясь в роуминге, может использовать свой мобильный телефон так же, как если бы он находился в пределах домашней сети. Каждый оператор сотовой связи определяет границы своей сети, в пределах которых он предоставляет услуги связи. На каждом сегменте рынка один из операторов может иметь большую зону покрытия, чем другой оператор, являющийся конкурентом. Область домашней сети можно всегда найти в офисах продаж, где производится подключение к тому или иному оператору сотовой связи.

Обратите внимание, что операторы, работающие на частоте 1900 МГц, будут иметь более обширные зоны действия, так как они работают в городских торговых зонах, которые намного больше, чем базовые торговые зоны с частотой обслуживания 850 МГц.

Как только мобильный телефон включается в зоне роуминга, абоненты проходят через автономный процесс регистрации в роуминге. Телефон регистрируется в системе, в которой он в настоящий момент находится. Ключевые элементы процесса автономной мобильной регистрации представляют собой мобильный идентификационный номер (mobile identification number – MIN), являющийся десятизначным телефонным номером, электронный серийный номер (electronic serial number – ESN), который по существу является идентификатором мобильного аппарата, а также системный идентификатор (System Identification – SID). SID – это трех- или четырехзначный номер, который уникально определяет абонента в домашней сети. При регистрации в роуминге на жидкокристаллическом дисплее телефона должен появиться соответствующий значок в виде буквы «R», что означает роуминг.

Определение домашней сети для операторов сотовой связи постоянно расширяется, вплоть до размеров национального покрытия, что наиболее распространено в наши дни. Это приводит к обобщению понятия роуминга. Другими словами, многие операторы сотовой связи предлагают тарифы, в которых услуга роуминга является бесплатной. Это приводит к тому, что

оплата роуминга в других сотовых сетях становится минимальной либо вовсе исчезает.

Многие абоненты, находясь в роуминге, оплачивают телефонные разговоры с дополнительной оплатой роуминга. Стоимость этой услуги определяется самим оператором связи и может сильно отличаться в зависимости от того, услугами какого оператора в США пользуется абонент. Эти цены очень высоки по сравнению со стоимостью обычных телефонных звонков, однако эта стоимость постоянно снижается, так как многие операторы связи уже начинают работать в национальном масштабе. Эти системы основаны на сигнальных системах 7 (Signaling Systems 7 – SS7), которые уменьшают стоимость и повышают эффективность.

Все операторы сотовой связи устанавливают повышенную стоимость телефонных звонков для абонентов, находящихся в роуминге. Это особенно очевидно для операторов, которые мало представлены в сельской местности и которые могут полагаться на то, что их абоненты перемещаются по магистралям между штатами, особенно если их абонентская база не слишком велика. Когда абонент перемещается между штатами, у него не остается выбора, кроме как зарегистрироваться в чужой сети и воспользоваться услугами роуминга. В некоторых случаях доходы от роуминга составляют большую часть прибыли сотовых операторов.

15.2. Начало развития роуминга

В первые 10 лет развития беспроводной индустрии регистрация абонентов в роуминге осуществлялась посредством сетей, которыми были объединены мобильные центры коммутации различных операторов связи. Эти сети были предназначены как для антимошеннических, так и для биллинговых задач. Так происходило потому, что в то время еще не существовало больших, национальных сетей ANSI-41/SS7, которые поддерживались сотовыми операторами и позволяли более эффективно регистрировать абонентов и производить с ними расчеты.

В настоящее время, когда абонент оплачивает телефонный звонок в зоне роуминга, каждая минута разговора стоит больше, чем если бы он разговаривал в домашней сети. Однако в начале развития беспроводной индустрии (с 1983 года до середины 90-х) типичная структура телефонного звонка в зоне роуминга была следующей:

- была введена ежедневная фиксированная оплата телефонных разговоров, вне зависимости от того, сколько телефонных звонков сделал абонент, – 1 или 20. Эта оплата была довольно высокой: 3 доллара за день;
- стоимость минуты разговора варьировалась от 0,5 до 1,5 долларов;
- могла быть введена стоимость разговора. Она могла быть от 0,5 до 1 доллара.

Сталь высокие тарифы были введены из-за высокой стоимости межсетевых объединений в тот период времени, что было вызвано необходимостью создания цепей между мобильными центрами коммутации и/или созданием расчетных палат. Расчетные палаты роуминга – это третьи компании, которые принимали информацию о роуминге от операторов беспроводной связи по отдельным каналам связи в свои базы данных. Эти расчетные палаты управляют потоком роуминговых денег тех компаний, которые воспользовались их услугами. В настоящее время расчетные палаты все еще существуют, однако большинство средств проходит предзапросное подтверждение, что стало гораздо проще осуществить после появления и распространения в мире беспроводной технологии система SS7.

С 1983 года до середины 90-х годов в большинстве случаев, когда нужно было дозвониться до абонента, находящегося в роуминге, требовалось пройти процесс, который растягивался на несколько этапов. Этот процесс был недружелюбен для абонентов, поэтому мало кто им пользовался. Процесс устрашал абонентов, так как был достаточно сложен и неуклюж:

- абонент, пытающийся дозвониться до другого абонента, находящегося в роуминге, должен был знать его местонахождение. Поэтому абоненту беспроводной системы связи, который в те дни хотел дозвониться до абонента, находящегося в роуминге, приходилось брать телефонный справочник, в котором были записаны телефонные коды регионов роуминга всех сотовых операторов (диапазона A и B);
- вызывающий абонент должен был набрать этот код. Звонок поступал в мобильный центр коммутации того региона, где находился путешествующий абонент;
- затем приходилось набирать номер вызываемого абонента для того, чтобы осуществить соединение.

Такая структура роуминга уже не используется, так как установлены более новые системы межсетевого взаимодействия. Эти системы позволяют легко дозвониться до любого абонента вне зависимости от того, где он находится, просто набрав десятизначный телефонный номер мобильного телефона. Эти системы работают благодаря межсетевому стандарту ANSI/TIA-41 и SS7.

15.2.1. СОГЛАШЕНИЯ ПО РОУМИНГУ

Все операторы сотовой связи, если они хотят, чтобы их абоненты пользовались услугами связи, находясь в их сетях, заключают друг с другом соглашения. В идеале абоненты должны пользоваться всеми услугами, которые присутствовали и в их домашней сети.

Соглашения по роумингу – это деловые соглашения между операторами беспроводной телефонной связи, благодаря которым абоненты, находясь вне

зоны действия домашней сети, могут принимать телефонные звонки, а также совершать их сами. Наиболее важной частью каждого соглашения является раздел, в котором расписаны финансовые стороны данного вопроса, то есть сколько будет платить абонент за услуги связи, находясь в роуминге. Кроме того, операторы связи должны операционализировать роуминговые соглашения друг с другом (обменяться телефонными номерами), для того чтобы абоненты были опознаны как свои в чужой сети. Обмен телефонными номерами подразумевает набор номеров NPA-NXX, которые оператор присваивает своим абонентам, когда они подключаются к его сети (NPA=код региона, NXX=номер абонента). Наряду с обменом телефонными номерами, оператор связи должен выслать другому оператору системные идентификаторы (SID), которые однозначно идентифицируют каждого оператора связи на том сегменте рынка, в котором он работает. Операторы сотовой связи имеют целые отделы, которые работают только для управления роумингом.

15.3. Современные системы роуминга

15.3.1. РОУМИНГ И ЦИФРОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Взаимодействие в роуминге существует благодаря цифровым беспроводным технологиям, которые применяют операторы сотовой связи в диапазонах 850 и 1900 МГц. По состоянию на 2005 год на рынках США существует пять типов цифровых беспроводных технологий:

- IS-136 – система, установленная AT&T Wireless в собственной сети, полностью переделана в GSM и объединена в Cingular Wireless. Еще существуют небольшие региональные сотовые операторы, до сих пор работающие в IS-136;
- GSM – установлена Cingular Wireless, Western Wireless и T-Mobile;
- CDMA-One – установлена Verizon Wireless и Sprint PCS;
- CDMA 1XEVDO – технология третьего поколения, установлена Verizon Wireless и AT&T Wireless (в настоящее время Cingular) в некоторых городах в конце 2004 года;
- IDen – технология, являющаяся развитием технологии TDMA, установлена Nextel Communicatons.

Motorola и другие производители сотовых телефонов подстроились под эту ситуацию и начали выпуск трехрежимных мультидиапазонных сотовых телефонов, которые могут работать с любой из вышеперечисленных технологий. Ведутся разработки четырехрежимных телефонных аппаратов. Технологии постоянно развиваются и совершенствуются, поэтому абоненты сотовых

компаний всегда могут оставаться на связи во время путешествий, вне зависимости от того, где они подключились к услугам связи.

15.3.2. ОБЗОР СИСТЕМЫ SS7

До середины 80-х годов сигнализация о телефонном звонке передавалась по тому же каналу, что и голосовой трафик,– это называлось внутриканальной сигнализацией. Это метод использовал тот же самый физический путь, по которому передавался актуальный телефонный разговор. Этот неэффективный метод был вытеснен внедиапазонной или «общеканальной» техникой сигнализации, такой как SS7. SS7 – это внутренний стандартизированный протокол, используемый телекоммуникационными компаниями для всех типов сигнализирования, установления вызова, биллинговой системы и функций обмена информации. В коммутируемых телефонных сетях общего пользования (PSTN) и беспроводных сетях SS7 – это система, которая получает информацию, необходимую для совершения телефонного звонка и управления им между различными сетями, что гораздо быстрее обеспечивает телефонный звонок даже в одной сети. Сигналы SS7 распространяются по отдельной сети, отличной от той, в которой передается сам телефонный разговор,– так гораздо сложнее нарушить безопасность системы. С использованием такой системы гораздо быстрее и проще происходит управление телефонными звонками и роумингом.

Сеть, использующая каналы сигнализирования, такие как SS7, представляет по сути две сети в одной:

- первая – сеть с коммутируемыми цепями, которая используется для передачи голоса и информации. Она представляет собой физический канал передачи информации между отправителем и получателем;
- вторая – сигнализирующая сеть SS7, по которой передается информация о телефонных звонках. Это пакетная коммутируемая сеть, использующая протокол коммутации каналов. SS7 стал де-факто сигнализирующим стандартом как в беспроводных, так и в проводных сетях.

SS7 использовался в проводных сетях с конца 70-х – начала 80-х годов. В течение 80-х годов операторы беспроводной связи стали использовать эту систему для объединения своих мобильных центров коммутации вместе для осуществления роуминга. С активным ростом беспроводных технологий стало необходимо построить сетевые мосты для того, чтобы увеличить эффективность и уменьшить стоимость. Решением вопроса стала SS7. Сотовые операторы стали широко использовать SS7 с начала 90-х годов для того, чтобы обеспечить роуминг для своих абонентов.

Протокол SS7 в существующих сетях выполняет различные функции:

- установку и управление соединением для осуществления телефонного звонка;

- обрыв связи при окончании разговора;
- управление сигнализированием для поддержки дополнительных функций, таких как ускорение вызова, отображение номера абонента, конференц-связь и другие полезные сетевые услуги;
- управление бесплатными телефонными звонками (800, 888, 866, 877) и платными (900);
- услуги беспроводных и проводных телефонных вызовов, включая аутентификацию и роуминг.

Примером информации, передаваемой по SS7, могут послужить следующие сообщения:

- «какой путь наиболее удобен для передачи информации конкретного телефонного вызова (например, 708-431)?»;
- «пропускная способность точки 587 переполнена. Необходимо использовать этот путь только для звонков с приоритетом 2 или выше»;
- «Джон Доe является абонентом сети. Нужно продолжать его вызывать».

В настоящее время в беспроводных сетях инфраструктура SS7 используется как транспортная система передачи сообщений ANSI-41D в сети других сотовых операторов при поддержке автоматической переадресации и внутрисистемной передачи вызова. Часть мобильных приложений (Mobile Application Part – MAP) стандарта SS7 осуществляет адресацию и регистрацию абонентов, находящихся в роуминге, и межсистемную передачу телефонных вызовов.

Сообщения ANSI-41D содержат профили абонентов, которые скрыты в сообщениях SS7 и передаются по сетям SS7 для аутентификации роумеров и автоматической поддержки роуминга (см. разделы 15.5 и 15.6).

Основное назначение SS7 состоит в обеспечении контроля вызовов, удаленного управления сетью и межофисными телекоммуникационными сетями. SS7 выполняет эти функции, отправляя контрольные сообщения между резервными или специализированными каналами, известными как сигнальные связи, и сетевыми точками, к которым они подключены. Существует три вида сетевых точек, которые называются сигнальными точками: сервисные коммутирующие точки (Service Switching Points – SSP), сигнальные точки передачи (Signal Transfer Points – STP) и сервисные контрольные точки (Service Control Points – SCP). SSP – это коммутаторы беспроводной сети или коммутируемой, используемые для завершения либо создания вызова. Они также используются для соединения сети SS7 и SCP, чтобы определить, как маршрутизируются телефонные звонки или настройки, и управления некоторыми

специализированными устройствами. SCP – это базы данных, используемые для поддержки сетей SS7, которые могут содержать маршрутную информацию и информацию по телефонным картам. Трафик, передаваемый по сетям SS7, маршрутизируется STP.

15.3.3. СИГНАЛЬНЫЕ ТОЧКИ ПЕРЕДАЧИ (STP)

STP – это коммутаторы данных, которые ретранслируют сообщения SS7 между сетевыми коммутаторами и базами данных в сети SS7. Их основная функция состоит в управлении сообщениями SS7 для корректировки сигнальных связей, основанных на адресном поле сообщений SS7, которое известно как коды сигнальных точек (signaling point codes – SPC) или для краткости – точечные коды.

SPC, или коды сигнальных точек – это цифровой адрес, который уникально идентифицирует каждую сигнальную точку в сети SS7. В этом случае STP выступают в роли сетевых узлов, как и мобильные центры коммутации. Точечные коды используются для направления сообщений в необходимую точку сети. Каждый коммутатор, STP и IP имеет уникальный адрес точечного кода. Точечные коды в сети SS7 эквивалентны IP-адресу и выражаются в следующем формате: xxx.xxx.xxx. Первые три из девяти цифр представляют сеть, вторые три – кластер, а последние идентифицируют члена кластера (узел или устройство). Любое устройство в сети SS7 должно иметь собственный точечный код.

STP имеют две задачи: они служат в качестве сетевых мостов и пакетных коммутаторов SS7. Для облегчения функционирования SS7 в мире беспроводных технологий мобильные центры коммутации беспроводных сетей связи подключены к STP. Физически STP могут или быть встроены в MSC, или оставаться отдельными системами, такими как Tekelec Eagle. Эта конфигурация зависит от производителя MSC, а также от инженерной и управленческой практики сотового оператора. Крупные операторы связи производят собственные STP, а затем подключают их к своим центрам коммутации, обычно в региональной архитектуре. Эти связи, составляющие пару MSC и STP, скорость которых составляет либо 56 кбит/с, либо DS1, известны как связи A (от англ. access – доступ). STP выступает в роли концентратора, потому что к нему обычно подключают несколько мобильных центров коммутации. Небольшие региональные сотовые операторы иногда берут в аренду STP у больших операторов, чтобы не тратить средства на построение собственных. Проводные компании развертывают свои STP парами для избыточности, так же поступают и беспроводные операторы. Всем телефонным компаниям необходима избыточность линий связи, для того чтобы иметь резервную копию. Для обеспечения необходимой избыточности все STP должны быть соединены вместе, и эти линии связи должны использо-

вать скорость 56 кбит/с, либо выше, до состояния полноценных цепей DS1. Линии связи, соединенные друг с другом витой парой, называются C (cross) связями.

Спаренные STP могут и не прокладываться рядом друг с другом. Расстояние между ними может составлять до 50 миль. Эта технология прокладки кабеля гарантирует, что при обрыве одной линии связи вторая будет продолжать функционировать.

15.3.4. РЕГИСТР ДОМАШНИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ (HLR)

HLR – это основная база данных, содержащая информацию идентификации правильных «домашних» абонентов беспроводной сети. «Правильные» абоненты – это те, кто приобрел свои права на использование сетевого времени и чьи MIN и ESN не были уличены в мошенничестве (мошенничество в последнее время становится довольно редким явлением). HLR является интегрированным элементом беспроводной сети, необходимым для подтверждения и обслуживания информации об абоненте, связанной с идентификацией абонента, находящегося в своей домашней сети либо находящегося в роуминге. Когда домашние абоненты включают свои мобильные телефоны и проходят процесс регистрации в системе с помощью контрольных каналов, их регистрация записывается в HLR. HLR собирает информацию о всех активных мобильных телефонах в системе до момента их выключения либо до момента, когда они покинут домашнюю зону обслуживания.

В начале развития беспроводной индустрии, с начала 1983 года и до середины 90-х годов, большинство операторов беспроводной связи (работавшие в диапазоне 850 МГц) устанавливали HLR как физическое добавление к своим мобильным центрам коммутации на каждом сегменте рынка. Как только начали широко применять технологию SS7, а сотовые сети стали расширяться и становиться все более сложными в связи с применением цифровых технологий, операторы сотовой связи стали модифицировать свои сети таким образом, что стали использовать только один HLR – централизованный. Многие крупные беспроводные операторы связи в настоящее время устанавливают только централизованные HLR. При этом оказывается представлена только одна база данных – на все рыночные зоны сотового оператора связи. Если сотовый оператор работает на нескольких сегментах рынка, то мобильные центры коммутации со всех этих сегментов должны быть подключены по собственной беспроводной сети к централизованному HLR. В этих случаях HLR должен находится в географической точке, равноудаленной от всех центров коммутации. Централизованный HLR, кроме этого, должен находиться в центре управления сетью (NOC) или в том месте, где находится биллинговая система оператора связи.

В некоторых случаях NOC, биллинговая система и HLR могут находится в одном месте, для того чтобы оператор мог обслуживать все свои критичные элементы в одном месте. Нужно отметить, что для таких систем нужно создавать резервы, которые работали бы вместе с основными элементами, и таким образом сеть оставалась бы работоспособной в течение 24 часов 7 дней в неделю. Находиться они должны в отдельном географическом месте. При этом возможно делать различные способы соединений.

Преимуществом использования централизованного HLR является то, что его гораздо проще обслуживать, чем HLR, разбросанные по обширной географической территории. Существуют и еще преимущества, перечисленные ниже:

- для построения единого HLR требуется гораздо меньше средств. Построение одного большого HLR обойдется дешевле, чем множество более мелких;
- мобильный центр коммутации будет использовать больше вычислительных ресурсов для своей основной задачи – коммутации вызовов;
- только один HLR устанавливается для работы всей системы. Для его обслуживании нужно гораздо меньше персонала;
- для мобильного центра коммутации требуется гораздо меньше места;
- увеличена совместимость программ и управления HLR.

Единственным недостатком является то, что при использовании одного централизованного HLR оператору сотовой связи нужно использовать WAN (собственную сеть) повышенной емкости, для того чтобы избежать ее перегрузки. Регулярное наблюдение степени загрузки WAN должно предотвратить проблемы с емкостью. Для избежания неполадок оператор сотовой связи должен нарастить емкость своей сети. Кроме того, при использовании централизованного HLR в нескольких различных географических областях должны быть установлены элементы горячей замены, так как HLR является критичным сетевым элементом.

15.3.5. РЕГИСТР ПОСЕТИТЕЛЕЙ (VLR)

Регистр посетителей – это база данных, устанавливаемая оператором сотовой связи для регистрации абонентов, которые находятся в роуминге и используют ресурсы данного оператора. VLR представлен в любом беспроводном коммутаторе либо его можно разместить совместно с централизованным HLR в качестве его части. Назначение VLR состоит в том, чтобы получать и записывать информацию об абонентах, которые находятся в роуминге и пользуются услугами данного оператора связи.

Как только мобильный телефон включается в зоне роуминга, он незамедлительно проходит процесс регистрации. Во время регистрации телефон

посылает свои SID, ESN и MIN. Как только процесс регистрации в данной сети завершен, роуминговый центр коммутации утверждает абонента и получает специальную информацию об абоненте по системе SS7. Вся информации о данном абоненте сохраняется в VLR до того момента, когда он покинет зону роуминга.

15.3.6. СЕТИ РОУМИНГА SS7 ТРЕТЬИХ СТОРОН

Все, что происходит в наши дни, уже не является феноменом. В процессе развития человечества было применено множество технологий, которые широко применяются и в наши дни: железная дорога, воздушный транспорт, элетросети, телефоны и т.д. Но эти системы не могут достигнуть своего полного потенциала до тех пор, пока не будут иметь хорошее управление, обеспечиваемое интеллектуальными системами.

В конце 1980-х годов Северная Америка стала свидетелем быстрого роста и становления сотовых технологий. Сотовая технология развивала свою популярность до 90-х годов, когда она стала выгодной с финансовой точки зрения, но нужны эффективные методы управления, для того чтобы осуществлять подтверждение звонков и их управление между всеми сотовыми операторами.

Значительная часть роуминга встречается на рынках, которые являются смежными с домашними. Но в связи с ростом использования мобильных телефонов не следует более полагаться на совместные связи сотовых операторов, которые уже не могут справиться с потоком информации о телефонных вызовах. Решением этой проблемы является установка концентраторов SS7 и сигнальной архитектуры для облегчения роуминга между операторами. Первым оператором, построившим интеллектуальную сотовую сеть, был McCaw Cellular Communications (собственность Крейга Мак-Кава (Craig McCaw)), запустивший North American Cellular Network (NACN) в 1991 году. NACN стал региональным (затем национальным) SS7 сетевым провайдером, который обеспечивал объединение сотовых операторов для осуществления подтверждения вызовов, обеспечения биллинговой системы и расчетных функций, прозрачного роуминга и автоответчика. NACN обслуживает в основном операторов, работающих в диапазоне A. Так как их большинство, то это значит, что NACN обслуживает 98% процентов операторов A-диапазона в США, позволяя абонентам пользоваться услугами роуминга в США, Канаде, Мексике, Пуэрто-Рико, Новой Зеландии и Гонконге. NACN стала первой сетью, которая осуществила функцию автоответчика при роуминге в сетях GSM.

Другой крупной компанией, обеспечивающей услуги связи сети SS7, стала компания Independent Telecommunications Networks (ITN), которая сменила свое название на Illument. Illument работает так же, как и NACN, осуществляя

межсетевые SS7-объединения в основном для операторов, работающих в США в диапазоне B. Обе эти компании в настоящее время уже не существуют, но они продвинули беспроводные сети далеко вперед, продемонстрировав, что они могут быть более интеллектуальными, едиными и функциональными. NACN была закрыта, а Illument куплена Verisign в 2001 году.

Интеллектуальная инфраструктура услуг Verisign позволила компаниям (и обычным абонентам) быть на связи по всему миру. Verisign управляет одной из крупнейших телекоммуникационных сигнальных сетей в мире, предоставляя такие услуги, как роуминг, отправление и получение коротких текстовых сообщений, определение номера абонента, а также отправку мультимедийных сообщений. Verisign имеет около 14 миллиардов интернет-объединений и 3 миллиарда телефонных объединений (SS7). В качестве сетей нового поколения Verisign устанавливает интеллектуальную инфраструктуру, которая осуществляет идентификации радиочастоты (radio frequency identification – RFID), по ее цепям можно также передавать VoIP и другой мобильный контент.

Цепи ANSI-41 и транспортная служба GSM-MAP позволяет операторам связи предоставлять своим абонентам роуминг с такими же услугами, какими они пользовались, находясь в домашней зоне обслуживания. Такой роуминг осуществляет информирование абонентов в режиме реального времени для решения возникающих проблем, выявления случаев мошенничества, предоставления информации о состоянии сети, управления оборудованием сети и администрирования потоков информации.

Независимые сети SS7, такие же, как сеть Verisign (и ее предшественники), позволяют операторам сотовой связи более эффективно управлять сетью, так как они имеют свободный доступ к управлению беспроводными VLR или HLR посредством подключения к основным операторам и шлюзам для доступа к другим сетям. Интернациональный роуминг в Европе, Азии, Африке и большинстве других стран, в которых работают операторы GSM-связи, осуществляется посредством сети SS7 компании Verisign, благодаря ее опыту работы с системами ANSI-41 и GSM. Также поддерживается роуминг нескольких стандартов: GSM, CDMA и TDMA. Служба интернационального роуминга компании Verisign содана для поддержки автоматического роуминга среди отдельных операторов сотовой связи по всему миру. Центральный сигнальный узел SS7 поддерживает обслуживание абонентов в 25 странах. Новейшие системы служат для управления и записи всех IS-41 и GSM-сообщений по одной центральной линии. Этот сервис постоянно обновляется, осуществляется поддержка многих языков, также осуществляется поддержка по вопросам роуминга.

Подтверждение роуминга и услуги автоответчика обеспечиваются благодаря сервисам мониторинга, передачи и интеллектуального сбора информации (например, системы, которые обнаруживают пользовательские аномалии и предотвращают случаи мошенничества). Межкоммутационный транспортный поток сообщений использует промышленный стандарт ANSI-41, пересылая информацию подтверждения из зоны обслуживания в роуминге на домашний коммутатор.

Verisign осуществляет роуминговые соглашения между операторами связи и обеспечивает перекрестный роуминг и межстандартные объединения для аутентификации и преобразования из сотовой биллинговой записи операторов связи (cellular intervarrier billing exchange record – CIBER) в процедуру передачи аккаунта. CIBER стал первым сотовым биллинговым протоколом.

Verisign, кроме всего прочего, выполняет функции расчетной палаты, как это уже было описано в разделе 15.2. Verisign объединяет информацию о всех роуминговых телефонных вызовах и облегчает взаиморасчеты между сотовыми операторами. Услуги регулирования и обмена доступны как в домашней зоне обслуживания, так и в роуминге, поскольку Verisign позволяет операторам урегулировать финасовые вопросы с помощью CIBERNET или проводить решение вопросов при использовании сетевых решений. CIBERNET – это сеть, позволяющая производить финансовые операции в индустрии беспроводных технологий.

Ежедневные доклады и ежемесячные отчеты всегда доступны на защищенном интернет-сайте. Операторы сотовой связи всегда имеют к нему доступ для управления финансовой, рыночной и мошеннической активностью, просто сделав один щелчок «мышью», чтобы более детально разобраться с каждым конкретным случаем.

Система регулирования обмена в сетях GSM использует промышленный стандарт TAP. Информация о роуминге высылается как GSM, так и не GSM-абонентам и их расчетным органам или агентам GSM, для того чтобы осуществлять расчеты.

15.4. Сигнальный стандарт ANSI-41

В 1988 году аналоговый сетевой сотовый стандарт назывался TIA-IS-41. Этот промежуточный стандарт сейчас называется ANSI-14. Задачей этого стандарта является унификация управления различными базами данных (HLR и VLR) и коммутацией мобильных телефонов друг с другом и стационарными телефонами.

ANSI-41 – это стандарт беспроводной индустрии для коммутационной (между мобильными центрами коммутации) сигнализации для осуществле-

ния телефонного разговора, осуществления вызова вне домашней сети и доступа к базам данных, таким как Wireless Calling Name, E-911 и Wireless Number Portability. Стандарт ANSI-41 позволяет предоставлять услуги на основе транзакций, такие как SMS и доступ к HLR и VLR в беспроводной сети.

Несмотря на конкурентные отношения, для улучшения беспроводных услуг все операторы сотовой связи в Америке (а также и во всем мире) должны соединиться для создания большой беспроводной сети по всему миру. После этого все абоненты, находящиеся в роуминге, могут путешествовать из зоны действия одной системы в другую без потери связи. С этой же точки зрения можно рассмотреть и вопросы мошенничества, так как абонент будет всегда опознан, в какой бы сети он ни находился. Все эти действия должны выполнять сетевые элементы, объединенные вместе. Вот почему стандарт ANSI-41 появился в индустрии беспроводной связи.

Единая сеть позволяет абонентам всегда находиться на связи вне зависимости от того, в каком регионе или рыночной зоне он находится. В середине 90-х годов единая система роуминга была возможна только при создании коммутирующих элементов от одного производителя, так как при коммутации оборудования различных производителей могли возникать конфликты оборудования. Другими словами, если два оператора сотовой связи решали объединить свои сети, то для этого им нужно было приобретать оборудование одного и того же производителя.

Таким образом, спрос на оборудования для межсетевого взаимодействия привел к развитию нового стандарта: ANSI-41(D). До того как ANSI стал официальным, ANSI-41 был известен как IS-41 (временный стандарт). ANSI-41 стал полноценным после нескольких доработок временных стандартов (ANSI-41 ревизии 0, A, B и C) в начале 90-х годов. Формально он был зарегистрирован в конце 1997 года как TIA/ANSI-41D.

IS-41 ревизии 0 содержал методы для передачи вызова и предварительной проверки между различными и едиными беспроводными системами, обслуживающими различные регионы. Предварительная проверка означала, что осуществлялась идентификация абонента в сети. Это было нужно для того, чтобы убедиться, что в сети не находится одновременно два абонента с одними и теми же данными. Между мобильными центрами коммутации нужно было провести цепи DS1, для того чтобы осуществлять передачу вызова между двумя сетями сотовых операторов.

IS-41 ревизии A (IS-41A) использовал HLR и VLR для хранения и управления профилями абонентов, обеспечивая тем самым стандартизованные методы для автоматического роуминга, автоответчика и межсистемного завершения вызовов. Это давало абонентам возможность в роуминге пользоваться теми же услугами, какими он пользовался в своей домашней сети.

IS-41 ревизии B (IS-41B) содержал дополнительные возможности роуминга, включая глобальную трансляцию названия (Global Title Translation – GTT), передачу вызова в цифровых беспроводных системах IS54/136 и новые сообщения, которые поддерживали трехканальную связь и удержание вызова при межсистемной передаче.

IS-41 ревизии C (IS-41C) содержал основные улучшения в межсистемном сигнализировании. Его встроенные сервисы сигнализирования использовались абонентами, находящимися в роуминге. Этими сервисами были: SMS, аутентификация, услуги определения и скрытия номера. IS-41C имела возможность работать как с оборудованием операторов 850 МГц, так и с оборудованием 1900 МГц, обеспечивая высокий уровень совместимости.

ANSI-41D, изданный в 1997 году, имел функциональность всех стандартов до IS-41C и являлся последним звеном в эволюции IS-41. ANSI-41D поддерживал аутентификацию, сервис коротких текстовых сообщений, автоматическую передачу вызова на границах сот, уведомления, и услуги определения номера абонента. В наши дни большинство операторов сотовой связи используют транспортные возможности SS7 для обеспечения взаимодействия с другими операторами связи внутри страны и по всему миру. Сообщения ANSI-41D скрыты в передачах SS7. SS7 обеспечивает надежную высокоскоростную транспортную систему для межсетевого взаимодействия.

Стандарт ANSI-41 для межкоммутационного сигнализирования в беспроводных сетях не ограничивается связыванием различных операторов сотовой связи. Операторы сотовой связи также используют ANSI-41 для сигнализирования внутри собственных сетей. Если оператор связи имеет в собственности кластер рынка с более чем одним мобильным центром коммутации, то все эти центры будут объединены с помощью сигнальной системы ANSI-41 по собственной сети оператора. Использование этой внутренней системы ANSI-41 для соединения мобильных центров коммутации позволяет совершать звонки из одного центра коммутации в другой. Эти кластеры могут включать пространство целого штата, нескольких штатов или все Соединенные Штаты. Это использование сигнальной системы ANSI-41 позволяет сотовым операторам избежать использования транспортной сети коммутируемых сетей общего пользования, таким образом уменьшая стоимость внутрисетевых объединений. Это один из ярких примеров уменьшения стоимости разговоров.

15.5. Автоматическая коммутация вызовов (ACD)

Автоматическая коммутация вызовов (Automatic Call Delivery – ACD) подразумевает процесс направления и завершения телефонного вызова абоненту, находящемуся вне зоны действия домашней сети. ACD позволяет абонентам беспроводной системы связи принимать звонки вне зависимости от того, в какой стране они в данный момент находятся.

15.5.1. ПРОЦЕСС АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОММУТАЦИИ ВЫЗОВОВ

Процесс автоматической коммутации вызовов выглядит следующим образом:

- Джон Доу – абонент, путешествующий вне зоны действия домашней сети. Номер его мобильного телефона 708-422-3743. Его домашняя сеть находится в Чикаго, а он сам – в роуминге в Лос-Анджелесе;
- когда Джон Доу включает свой мобильный телефон, он сразу же проходит процесс автономной мобильной регистрации в посещенной им сети Лос-Анджелеса. Частью регистрации является пересылка системного идентификатора (SID) в регистры HLR/VLR посещенной сети. SID представляет собой трех- или четырехзначное число, которое идентифицирует его как абонента другой системы связи (находящейся в Чикаго) и отражает уникальный идентификатор его домашней сети. Роуминговый мобильный центр коммутации высылает сообщение ANSI-41, содержащее его MIN и его телефонный серийный номер (IMEI), заложенные в пакет SS7, в мобильный центр коммутации домашней сети Джона Доу, для того чтобы получить уведомление о том, что он является «правильным» абонентом. В записях HLR домашний центр коммутации осуществляет проверку аутентификации, после которой информирует центр коммутации Лос-Анджелеса о том, что Джон Доу действительно является абонентом данной сети.

С этого момента роуминговый мобильный центр коммутации уведомлен о том, что Джон Доу с телефонным номером 708-422-3743 и ESN X является посетителем данной сети. Если кто-нибудь в домашней сети Джона Доу наберет номер его мобильного телефона, то домашний центр коммутации пошлет сообщение ANSI-41 по национальной сети SS7, уведомляя посещенный им мобильный центр коммутации о вызове. Роуминговый центр коммутации назначает Джону Доу временный номер (temporary listed directory number – TLDN), например 713-555-1212. TLDN – это телефонный номер, присваеваемый абоненту при посещении роуминговой сотовой сети.

Затем роуминговая система сигнализирует центру коммутации домашней сети Джона Доу о том, что ему предоставлен временный номер в данной системе, и этот номер 713-555-1212.

Теперь домашний центр коммутации Джона Доу извещен о том, что его TLDN 713-555-1212, таким образом, домашний центр коммутации направляет телефонный звонок в роуминговую систему, используя комбинацию путей и национальную сеть SS7. Домашний центр коммутации направляет звонок в роуминговую систему по своим цепям, в то время как сообщение о том, что устанавливается соединение, пересылается по сети SS7.

При достижении звонком роумингового центра коммутации начинается процесс оповещения, для того чтобы найти Джона Доу, после чего сигнал по-

ступает на его мобильный телефон (на номер TLDN), так же, как если бы он был домашним абонентом в данной сети.

Назначение TLDN состоит в том, чтобы предоставить абоненту временный телефонный номер при нахождении в роуминговой сети. Он служит как чужой номер, пока Джон находится вне своей сети. Поэтому звонки на обычный номер Джона поступают в роуминговый мобильный центр коммутации в виде TLDN, направленных по коммутируемой сети общего пользования, и приходят непосредственно на мобильный телефон Джона Доу в тот сегмент рынка, в котором он в настоящий момент находится. Это все возможно благодаря тому, что домашний центр коммутации Джона Доу имеет все национальные комбинации NPA-NXX в своих таблицах коммутации. Роуминговый центр коммутации всего один раз информирует домашний центр коммутации о его новом TLDN, и теперь домашний центр коммутации знает, по каким линиям связи осуществлять соединения для уменьшения стоимости вызовов.

Если кто-либо совершит звонок Джону Доу, то он не будет знать, что последний в роуминге и даже где он находится.

Автоматическая коммутация вызовов известна как просто коммутация вызовов, это процесс простой передачи вызова роуминговому оператору связи, который находится вне зоны действия домашней сети. Рынок, в котором абонент может находиться в роуминге, может располагаться в любой точке мира, где существуют соединения местных операторов с сетью SS7. Совершение вызова осуществляется очень просто, так как вызывающий абонент не знает, где находится его собеседник. Вызывающему абоненту не нужно набирать специальный номер роуминговой зоны.

Многие крупные операторы сотовой связи имеют большие рынки обслуживания. В этом случае сотовые (и другие операторы) в большой степени зависят от третьих провайдеров сетей SS7, таких как NACN или Illument, для осуществлении своих роуминговых нужд – операций коммутации. Эти случаи будут описаны в следующих разделах. В настоящее время сотовые операторы имеют несколько доступных способов для создания национальных сигнальных систем SS7 и осуществления простых коммутаций телефонных вызовов.

15.5.2. Объединения SS7 (ACD) между сотовыми операторами и третьими сетями SS7

В редких случаях сотовые операторы могут использовать представителей сетей SS7 третьих сторон, таких как Verisign. Это может происходить в удаленных,

сельских местностях, где у сотовых операторов не представлены STP/SS7 сети и низок уровень роумингового трафика. С экономической точки зрения может быть даже выгодно пользоваться сетями SS7 компании Verisign, так как они могут быть единственными, представленными на этом сегменте рынка.

В этом случае оператор сотовой связи должен подключить свои собственные линии связи (витую пару) к линиям связи Verisign для предоставления своим абонентам возможности совершать телефонные звонки в зоне действия Verisign.

Соединение витой пары сотового оператора с витой парой другого оператора – это соединение на уровень выше обычного и называется D-связью, потому что оно представляет собой поперечное соединение элементов сети SS7 на различных уровнях иерархии: от регионального соединения (например, с другим сотовым оператором) до национального. Такие соединения обычно используют линии связи со скоростью 56 кбит/с или в некоторых случаях – цепи DS1. В нашем случае D-связи называются D-link квадрат, так как вместе соединяются четыре витых пары в двойной конфигурации. Такая конфигурация обеспечивает избыточность сети между оператором сотовой связи и национальным провайдером сети SS7.

На рис. 15.1 изображена схема квадрата D-link между оператором сотовой связи и провайдером национальной сети Verisign на основе витой пары. На рис. 15.2 приведена схема топологии сети SS7 между оператором сотовой связи и третьими провайдерами сети SS7.

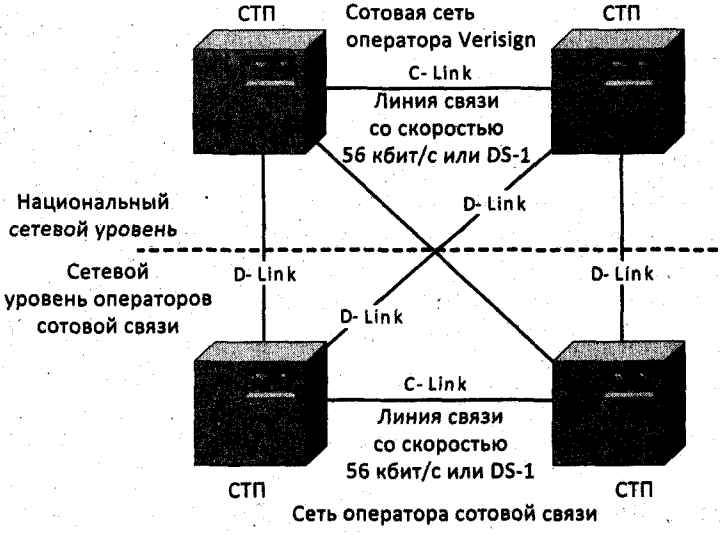


Рис. 15.1 • Квадрат соединения D-link, созданный на основе витой пары на различных иерархических уровнях сети SS7; витая пара присутствует как в сети сотового оператора, так и в сети Verisign

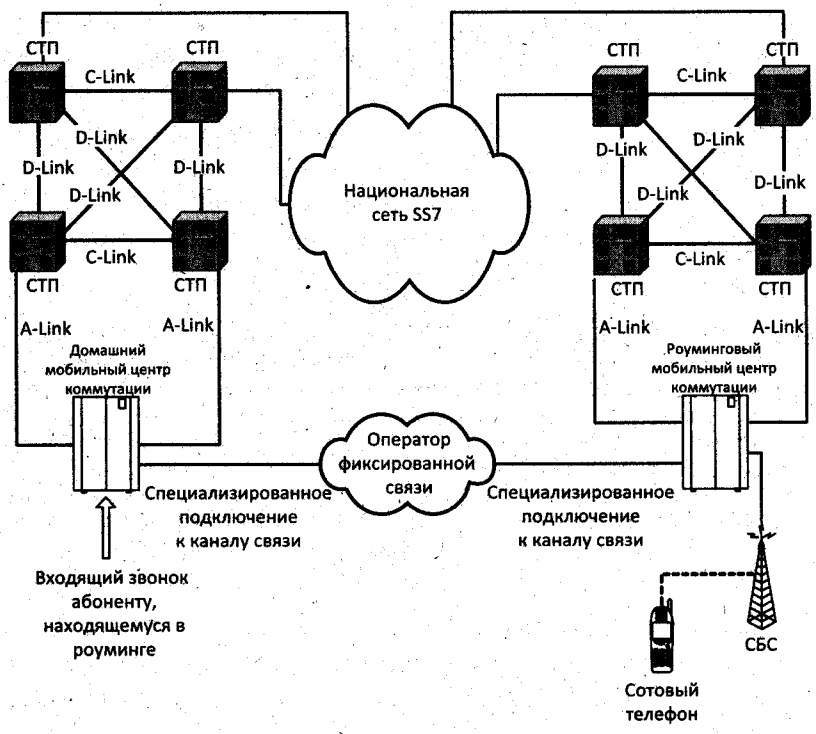


Рис. 15.2 • Автоматическая коммутация вызова абонента, находящегося в роуминге при использовании сети SS7 третьих сторон, например Verisign. Настоящий телефонный звонок передается по наземной коммутируемой сети. Обратите внимание, что цепи, помеченные A, C и D, являются наземными линиями связи

15.5.3. ОБЪЕДИНЕНИЯ SS7 (ACD) МЕЖДУ РАЗЛИЧНЫМИ (КОНКУРИРУЮЩИМИ) ОПЕРАТОРАМИ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Вторым способом, которым оператор сотовой связи может осуществить простое роумиговое подключение по сетям SS7, является его подключение с помощью витой пары непосредственно к другому оператору сотовой связи. Этот способ может быть легко осуществлен в тех регионах, где на одном рынке работают оба оператора и между их сетями высок уровень передаваемого трафика. Такое соединение, где каждый оператор подключен к другому с помощью витой пары, называется квадрат B-link.

Квадрат B-link представляет собой такое же соединение, что и D-link. Но в этом случае подписываемые соглашения, которые описывают соединение двух операторов с помощью витой пары, отражают иерархическую структуру соединения. Буква «B» в обозначении имеет смысл bridging – мостовое. Эти соединенные витые пары являются одним из иерархических уровней сети. Они называются *мостовыми соединениями*, так как представляют собой мост

между двумя операторами, которые работают на одном уровне иерархии. На рис. 15.3 изображена схема квадрата B-link. На рис. 15.4 изображена топология сети SS7.

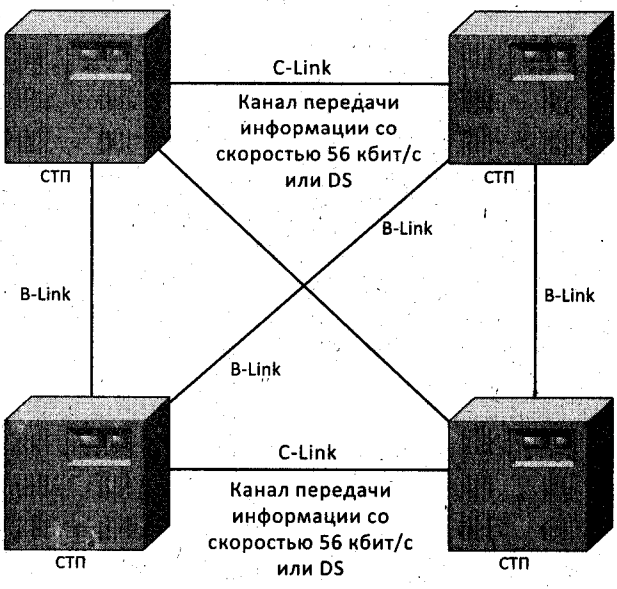


Рис. 15.3 • Квадрат B-link

Связи A, B, C и D осуществляются при использовании наземных, частных и арендованных линий связи. Эти связи являются частью собственной сети оператора WAN. Все эти связи в мире SS7, включая (избыточные) A-связи, подключают беспроводные коммутаторы к STP, имея при этом некоторую избыточность для наилучшей работы сети. Каждый сетевой элемент имеет дублирующие линии подключения к другому элементу. Эта концепция известна как двойное подключение и широко используется в сетях WAN, MAN и LAN. Уровень загрузки этих цепей хорошо сбалансирован, это означает, что передаваемый по этим линиям связи трафик делится поровну, поэтому загрузка каждой линии составляет примерно 40%. В таком случае, когда одна из линий связи по какой-либо причине выходит из строя, вторая принимает на себя ее поток информации, при этом в резерве остается около 20% пропускной способности.

15.5.4. SS7-ОБЪЕДИНЕНИЯ ОПЕРАТОРА СОТОВОЙ СВЯЗИ

Так как крупные сотовые операторы имеют национальный рынок связи и огромную зону покрытия, они имеют и собственные национальные сети SS7. В большинстве случаев сотовые операторы могут использовать и используют собственные SS7-сети для сигнализирования из одного конца страны в другой. В основном это происходит при телефонных разговорах между абонентами этого оператора (например, абонента Verizon с абонентом Verizon или абонента Cingular с абонентом Cingular). На рис. 15.5 приведена схема такого соединения.

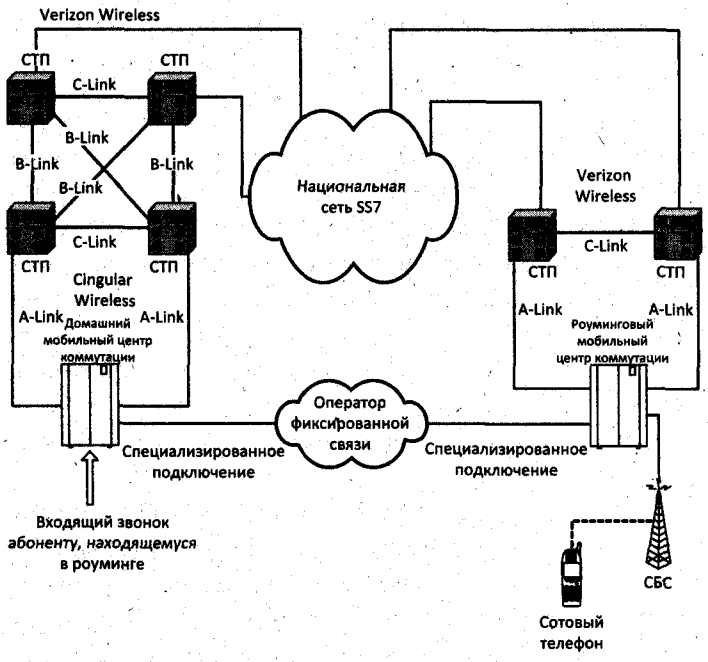


Рис. 15.4 • Автоматическая коммутация вызовов: при подключении двух сотовых операторов вместе. Названия компаний приведены для наглядности

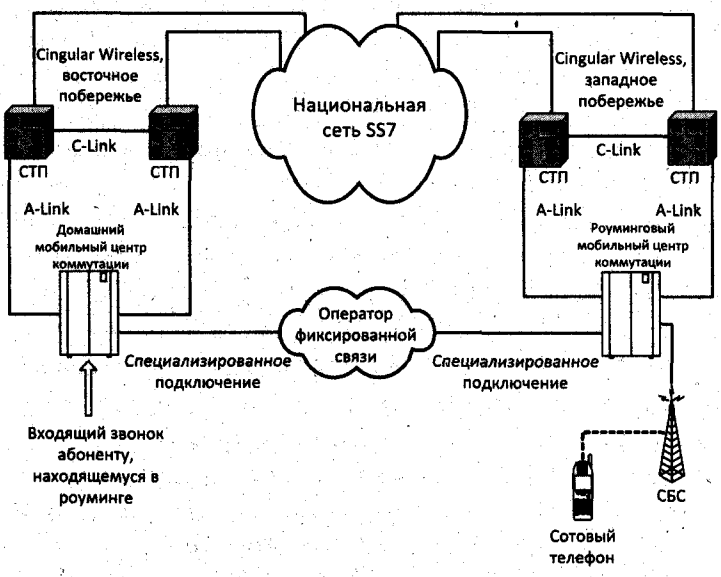


Рис. 15.5 • Собственные сети SS7: национальная SS7-коммутация вызова. Обратите внимание, что на данном рисунке использовано название компании Cingular, но на самом деле такая схема возможна для любого другого сотового оператора связи

15.6. Межсистемная передача вызова (IHO)

Межсистемная передача вызова (intersystem handoff – IHO) возможна благодаря сигнальной системе ANSI-41. Межсистемная передача вызова – это процесс передачи телефонного разговора при перемещении абонента из зоны действия одного оператора сотовой связи в зону действия другого. Этот процесс возможен благодаря взаимосвязям между мобильными центрами коммутации, находящимися в различных сенментах рынка, которые используются для обеспечения непрерывного телефонного разговора при пересечении абонентом границ этих зон. Эти связи называются межмашинными магистралями (intermachine trunk – IMT). Любое прямое соединение коммутаторов называется IMT.

Межсистемная передача вызова похожа на передачу вызова внутри одной сети и работает следующим образом:

- инженеры сотового оператора должны выбрать одну из ячеек сотовой сети другого оператора, на которую будет осуществляться передача вызова;
- между двумя мобильными центрами коммутации должны быть протянуты цепи DS1, так как эта IMT будет являться не только сигнальным каналом, но и каналом, по которому будет передаваться голосовой трафик. Цепи DS3 или выше тоже могут использоваться для межсистемной передачи вызова. Выбор используемой цепи зависит от планируемого количества трафика, который будет передаваться по этим магистралям. Соседняя сеть тоже должна для управления межсистемной передачей вызова использовать сигнальную систему SS7, которая будет выступать в роли магистрали, по которой будет передаваться информация о выбранном канале передачи информации;
- если телефон Джона Доу находится в зоне действия домашней сети, но он пересекает границу своей сети и перемещается в соседнюю зону, то базовая станция, которая работает над этим телефонным разговором, передает сообщение в домашний мобильный центр коммутации о том, что сигнал мобильного телефона Джона Доу слабеет. По контрольному каналу этой же ячейки передается информация о том, что Джон Доу приближается к границе зоны обслуживания и поэтому может быть совершен процесс межсистемной передачи вызова. Этот процесс осуществляется благодаря приемнику уровня сигнала (receiver signal strength indicator – RSSI), так же, как и при внутрисистемной передаче вызова;
- одна из ячеек соседней сети идентифицирует кандидата для передачи вызова, который пересекает границу зон обслуживания. Это должна быть одна из ячеек, выбранных инженерами обоих сотовых операторов связи;

- домашний мобильный центр коммутации Джона Доу посылает в соседнюю сотовую систему запрос по точечной линии связи DS1 между двумя центрами коммутации – по каналу, предназначенному для сигнализации о начале и завершении телефонного разговора;
- два мобильных центра коммутации обмениваются параметрами, необходимыми для передачи вызова. В нашем случае обслуживание телефонного разговора переносится с базовой станции одного оператора сотовой связи на базовую станцию другого оператора.

15.7. Международный роуминг

В мире, в котором происходит глобализация экономики и постоянное развитие новых технологий, международный роуминг стал основным вопросом для крупных операторов сотовой связи. Операторам сотовой связи, работающим в стандарте GSM, гораздо проще сотрудничать в этом направлении. Этот стандарт является широко распространенным, поэтому многие GSM-операторы создают системы международного роуминга. Для них очень просто соединить распространенные по всему миру системы вместе.

Соглашения по международному роумингу можно заключить довольно легко. Соглашения по роумингу, подписанные между двумя сотовыми операторами, должны содержать технические аспекты и быть достаточно долговременными. При каждом соединении должно проводиться тестирование сети. Для каждого оператора это время составляет от 4 до 6 недель. Одной из сложностей является то, что большинство сотовых операторов работают в сильно различающихся часовых поясах. Во время испытаний операторы сотовой связи должны протестировать около 20 сценариев телефонных вызовов для того, чтобы определить, что система работает правильно. При международном роуминге важно создавать файлы записей о каждом телефонном разговоре, чтобы корректно проводить расчеты между партнерами.

Для того чтобы увеличить доходы от международного роуминга, операторы сотовой связи должны заключать соглашения с теми операторами, чьи абоненты наиболее часто пользуются данной услугой.

15.8. Беспроводные интеллектуальные сети (WIN)

Беспроводные интеллектуальные сети (wireless intelligent networks – WIN) – это понятие, разработанное Телекоммуникационным комитетом стандартов ассоциации промышленности (Telecommunications Industry Association Standard Committee). Задачей этого комитета является внедрение интеллекту-

альных способностей сети, основанных на стандарте ANSI-41, который в настоящее время используется многими операторами связи, для того чтобы облегчить управление услугами роуминга. Стандарты WIN, основанные на протоколе ANSI-41, позволяют создавать интеллектуальные сети без какой-либо доработки сетевого оборудования.

15.8.1. СТАТУС СТАНДАРТОВ WIN

Развитие стратегии WIN началось благодаря операторам сотовой связи при поддержке Промышленной ассоциации сотовой индустрии (Cellular Telecomunications Industry Association – CTIA). Они разаботали набор инструкций, определяющих новую сетевую архитектуру, включающую гибкость услуг интеллектуальной сети наряду с аспектами мобильности в беспроводной сети.

Результаты первого этапа развития стандарта WIN (WIN Phase1) были опубликованы в 1999 году и представляли собой фундаментальные модели вызовов, необходимые для обеспечения гибкости архитектуры услуг. В скором времени многие операторы сотовой связи внедрили WIN Phase 1 в свои сети. Примером этого могут служить услуги автоматического определения номера (и его скрытия) и голосовое управление.

WIN phase 2 – стандарт, разработка которого близка к завершению, который обеспечивает дополнительные услуги для операторов сотовой связи, такие как согласование сетевой емкости и управление появляющимися услугами сетей третьего поколения. WIN Phase 2 включает управление мобильными центрами коммутации при предоплате услуг в интеллектуальной сети.

WIN Phase 3 в настоящее время рассматривается группой стандартизации WIN. В эту фазу будут включены услуги, предоставляющие информацию, основанную на текущем местоположении абонента. Эта фаза включает следующие услуги: оплату телефонных разговоров на основе местоположения, расширенное управление, службы дополнительной коммутации и информирование абонента о его местонахождении.

15.8.2. ФУНКЦИИ WIN

WIN является по сути отражением проводной интеллектуальной сети. Различие между беспроводной и проводной сетью состоит в том, что большинство телефонных звонков в беспроводной сети сопровождается передвижением абонентов. В WIN большинство информации передается между мобильным центром коммутации и точками управления услугами (service control point – SCP) или HLR.

В WIN происходит перемещение управляющих элементов из MSC на более высокий уровень, обычно в SCP.

В WIN операторы SCP представляют собой централизованный элемент сети, который управляет коммутацией вызовов в сети. Таким образом управляющий элемент изымается из мобильного центра коммутации и перемещается на уровень выше. Это гораздо эффективнее с экономической точки зрения, так как на обработку новых услуг не требуется много циклов, при этом гораздо проще предоставлять новые услуги.

В WIN есть устройство, называемое интеллектуальным периферийным устройством (intelligent peripheral – IP). Это устройство получает информацию непосредственно от абонента, будь то информация о его кредитной карте, персональный идентификационный номер или голосовая информация о активации. IP получает информацию, преобразует ее в цифровой поток, который передается в другой сетевой элемент, например в SCP, для анализа и управления. На рис. 15.6 приведена архитектура сети WIN.

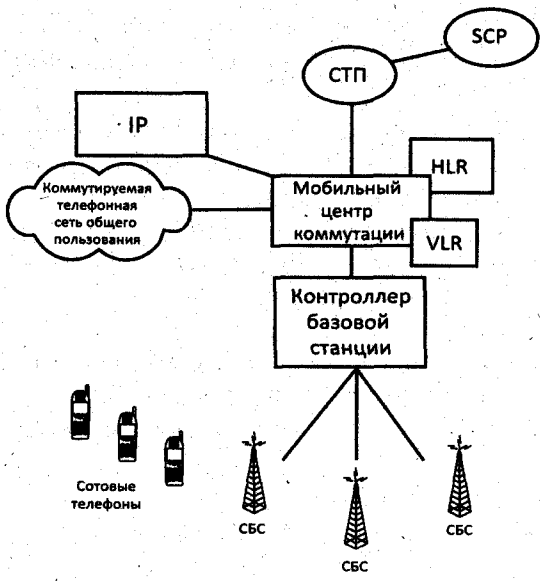


Рис. 15.6 • Функциональные компоненты WIN (рисунок предоставлен International Engineering Consortium, www.iec.org)

15.8.3. ПРИЛОЖЕНИЯ WIN

Все обсуждаемые в этом разделе технологии касаются WIN-приложений. Все интеллектуальные способности сети нуждаются в различных (происходящих до телефонного вызова) подтверждениях и в проверке состояния счета абонента. Наряду с широкими услугами роуминга, создан следующий список различных особенностей для архитектуры WIN:

- отображение на экране телефона номера вызывающего абонента;

- сервис коротких текстовых сообщений;
- преобразование голоса в текст (управление без помощи рук), известное как голосовой набор;
- идентификация абонента по голосу (voice-based user identification – VUI), при которой осуществляется ограничение доступа к услугам, использующим VUI;
- управление или ограничение входящих телефонных звонков, при котором входящий звонок будет перенаправлен на другой телефонный номер или на голосовую почту. Эта услуга может быть включена абонентом, либо он может от нее отказаться;
- отображение имени вызывающего абонента (calling name presentation – CNAP), что обеспечивается с помощью идентификации. Отображение может быть в виде имени, компании, ограниченного набора символов или выключено;
- доступ к разговору с помощью пароля (password call acceptance – PCA), что позволяет дозвониться до данного абонента только тем, кто знает верный пароль (например, набор цифр);
- выборочный доступ к телефонному разговору (Selective call acceptance – SCA), при котором будут разрешены только те телефонные звонки, номера абонентов которых находятся в разрешенном списке;
- предоплата и возможность информировать интеллектуальную сеть. При этом специальные записи могут быть сделаны в течение запроса, что отразится на дальнейшей обработке телефонного звонка.

Эволюция беспроводной сети в WIN имеет несколько преимуществ по сравнению с интеллектуальной сетью проводных телефонных компаний:

- множество операторов связи приводит к конкурентной борьбе между ними;
- услуги предоставляются на всей зоне обслуживания;
- происходит эффективное использование сетевого оборудования;
- быстрое создание и внедрение услуг.

Для того чтобы WIN стали реальностью, нужно сделать несколько шагов:

- внедрить SCP и IP в сетевую архитектуру;
- совершить преобразование мобильных центров коммутации в SSP. В интеллектуальной сети SSP выполняет часть функций коммутации. MSC обеспечивает эту функцию в WIN;
- разделение служб управления звонками и транспортных служб от управления услугами;
- разработка универсальных моделей звонков, событий и точек переключения.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- Автоматическая коммутация вызовов (ACD) представляет собой автоматическую коммутацию вызова на мобильный телефон абонента, когда он находится в роуминге.
- Использование стандарта ANSI-41 для сигнализирования между различными операторами сотовой связи ограничивается наличием линий связи.
- D-link – это линии связи между мобильными центрами коммутации сотового оператора связи и его собственными STP.
- Автоматическая коммутация вызова может происходит при использовании сигналов SS7 между конкурирующими сотовыми операторами.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Связь, при которой два члена сети подключаются с помощью витой пары, называется:

a) C-link;
b) A-link;
c) B-link;
d) D-link;
e) F-link;
f) ни один из перечисленных вариантов.

Какой стандарт используется при совместной работе различных сетей в индустрии беспроводной связи?

a) IS-54;
b) IS-95;
c) IS-45;
d) ANSI-45;
e) ни один из перечисленных вариантов.

Архитектура WIN подразумевает перенесение обработки вызова из мобильного центра коммутации в:

a) VLR;
b) SCP;
c) TDM;
d) ANSI-41;
e) VoIP;
f) ни один из перечисленных вариантов.

16 Беспроводные технологии передачи данных

Использование беспроводных услуг передачи данных основано на одной основной идее: нам нужно всегда оставаться доступными насколько возможно, независимо от местоположения. С существующими на сегодняшний день технологиями получить доступ к информации можно откуда угодно и в любое время (например, к Интернету или частным виртуальным сетям (virtual private network – VPN)). Мобильные системы телекоммуникации должны идти в ногу со временем для того, чтобы мы всегда имели подключение к сети. Сегодня такие подключения позволяют отправлять и принимать электронную почту (часто даже с присоединенными к письму файлами) и факсы, просматривать содержимое Web-страниц и иметь доступ в реальном времени к биржевой информации. И это лишь немногие из предоставляемых услуг. Завтра будут доступны такие услуги, как видеоконференции, рекламирование услуг на основе географического положения абонента, которое будет использовать новые технологии локации или глобальную систему позиционирования, такую как GPS или систему триангулирования, точно так же, как и персональную систему развлечений.

Все эти приложения могут быть разбиты на три большие категории:

- приложения вопрос–ответ;
- приложения с пакетной передачей файлов;
- потоковые информационные, видео и/или голосовые приложения.

Примером приложения вопрос–ответ может послужить удаленное снятие каких-либо параметров, таких, например, как уровень мощности, управление торговым автоматом, управление копированием, контроль системы сигнализации, а также передача данных между различными системами. Приложения типа вопрос–ответ являются основой многих информационных услуг и беспроводного доступа к электронной почте.

Приложения с пакетной передачей файлов используются для передачи больших объемов информации, которые не чувствительны ко времени. Типичные приложения включают пересылку электронных документов (например, факсов) и транспортных билетов. Транспортная система с пакетной передачей файлом практически не используется в персональных мобильных телекоммуникациях.

Потоковые приложения содержат информацию, чувствительную ко времени передачи, но не требовательную к гарантированной доставке из-за своей

односторонней природы передачи. Эти приложения начали обращать на себя все больше внимания с 2005 года, создав новые услуги, такие как доставка видеоинформации (например, видеоролики с новостями), предоставление видеоконференций, подписные потоковые услуги и потоковые аудиосервисы.

Методы для доступа к беспроводным системам передачи данных постоянно изменяются. Изначально предназначенные для ноутбуков и карманных компьютеров, беспроводные системы передачи информации могут в настоящее время использоваться для просмотра Web-страниц и других услуг с помощью простого мобильного телефона. Новые технологии локальных сетей (LAN), персональных сетей (PAN), такие как Bluetooth, позволяют устройствам автоматически соединяться вместе без применения проводов. Локальные сети подразумевают, что такая сеть может работать только при непосредственной близости устройств. Результатом этих новых технологий является то, что ежедневник в карманном компьютере может автоматически сверяться с ежедневником на настольном компьютере и автоматически пересылать необходимую информацию в корпоративный календарь по национальной сети TCP/IP.

16.1. Парадигмы использования

Для использования беспроводных систем передачи данных существуют три парадигмы:

- абсолютная мобильность абонента, позволяющая оставаться на связи даже при движении (использование технологии передачи вызова);
- мобильная возможность получать доступ к услугам передачи данных при использовании ноутбука, гибрида карманного компьютера и мобильного телефона (коммуникатора). Беспроводные модемы (трансиверы) в настоящее время встраиваются в эти устройства, поэтому для осуществления связи не требуется никаких дополнительных устройств. Эта парадигма не предоставляет полной мобильности при одной сессии, так как высокие скорости передачи данных могут привести к обрыву соединения, которое будет возобновлено в следующей зоне обслуживания. Примерами передачи данных может послужить просмотр интернет-ресурсов с помощью Wi-Fi в интернет-кафе, МакДональдсе, аэропорту, отеле или деловом центре;
- фиксированный доступ к услугам передачи данных, который осуществляется из дома или офиса с помощью больших абонентских антенн. Sprint предлагает широковещательные услуги с 2000 года. Эти услуги предполагают мультиканальную, многоточечную технологию распределения (multichannel, multipoint distribution system – MMDS), известную как бес-

проводной кабель, для осуществления доступа к Интернету по высокоскоростным каналам. Sprint стала основателем этого типа услуг. Однако на смену этому стандарту фиксированной связи приходит другой – WiMAX (см. главу 21).

С этими парадигмами технически возможны два способа передачи данных по беспроводным сетям:

- коммутируемый доступ;
- пакетный доступ.

Коммутируемый беспроводной доступ представляет стандарт соединения воздушной связи (воздушный интерфейс) с ближайшей базовой станцией для подключения к мобильному центру коммутации, а затем к коммутируемой телефонной сети общего пользования. Это модемное соединение, обычно осуществляемое по протоколу Microcom Networking Protocol класса 10 (MNP 10) или протоколу Enhanced Throughput Cellular (ETC). С увеличением шума и искажений в воздушном канале связи коммутируемый беспроводной доступ перестал отличаться от обычного модемного соединения (известного как диал-ап). Конечно же, протоколы, которые разработаны для передачи и приема информации абонента, используются в таких соединениях наряду с уже упомянутыми.

Коммутируемый беспроводной доступ в настоящее время практически не используется. Гораздо проще использовать пакетную передачу данных или потоковые приложения. Отличным примером новой технологии может послужить Cellular Digital Packet Data (CDPD). CDPD была коммутируемой технологией и медленно выходила из обихода (до 2004 года). Пакетные технологии передачи данных гораздо удобнее для операторов связи, так как наряду с пакетами можно передавать голосовой трафик. Они используют меньше ресурсов сети, чем коммутируемые каналы, и их стоимость гораздо меньше, что основывается на более редком использовании каналов.

Коммутируемый беспроводной доступ может быть использован для целого спектра различных приложений, таких как онлайновые услуги, электронная почта, факс, доступ к локальным сетям и передача файлов в реальном времени.

Пакетный беспроводной доступ осуществляется сессиями и не использует для этого выделенный канал, как это делает коммутируемое соединение. В отличие от него, соединение для пересылки данных осуществляется по сети (по протоколу IP) в качестве пакета, сгенерированного источником запроса. Для трафика на мобильные телефоны базовая станция включает канал, и адресованные для него данные отправляются в течение нескольких временных интервалов. Это позволяет контроллеру базовой станции использовать один канал для обслуживания нескольких абонентов беспроводной сети.

16.2.Качество сигнала

Основное отличие между наземными передачами данных и мобильными беспроводными состоит в качестве соединения к абонентскому устройству. В наземных системах связи в основном используется витая пара либо коаксиальный кабель, которые имеют как свои преимущества, так и недостатки при соединении двух точек. Преимущества состоят в постоянном хорошем качестве сигнала, а недостатки заключаются в том, что в нашей жизни необходима мобильность и нужно быть все время на связи в любом месте, что не могут предоставить проводные линии.

Беспроводные линии связи, однако, являются лидирующими в настоящее время. Воздушные линии связи являются очень гибкими, но они имеют свои недостатки в качестве сервиса (Quality of Service – QoS), присущие всем радиосистемам. На характеристики беспроводного радиоканала влияет ослабление (из-за дальности) сигнала и очень шумная окружающая среда, что может вызвать повышенную частоту возникновения ошибок (Bit Error Rate – BER), что никак не отражается на сигнале проводных систем связи. Кроме этого, так как передаваемая таким образом информация является цифровой, то возникает беспокойство насчет целостности принимаемых данных. Как уже было описано в главе 4, сложность и количество объектов между приемником и передатчиком, место установки, время суток, погодные условия и многие другие факторы сильно влияют на качество принимаемого сигнала. Ослабление при прохождении через здание составляет 30–40 Дб. Радиосвязь также страдает от множества помех, таких как интерференция и шум, включая созданный человеком и белый (Гауссовский шум), разветвленное (релейное) ослабление.

16.3. Служба коротких текстовых сообщений (SMS)

SMS – это глобальная служба, предоставляющая услуги отправки сообщений, состоящих из символов алфавита и цифр, между абонентами беспроводной сети и внешними системами, такими как электронная почта, пейджинг и системы голосовой почты.

16.3.1. ВВЕДЕНИЕ

SMS впервые появился в беспроводной системе связи в 1991 году в Европе. Стандарт GSM изначально включал услугу отправки коротких текстовых сообщенийы как часть стандарта.

В Северной Америке SMS был предоставлен пионерами в области беспроводной связи, компаниями BellSouth Mobility, PrimeCo и Nextel. (BellSouth

Mobility в настоящее время является частью Cingular Wireless, PrimeCo была куплена, а Sprint PCS сделала предложение о покупке Nextel). Эти цифровые беспроводные телефонные сети основаны на совершенно различных технологиях, таких как стандарты GSM, CDMA и TDMA (IS-54, IS-136).

Сетевые объединения операторов связи в результате создали сети с огромным охватом в США и во всем мире, при этом такие объединения часто включают несколько беспроводных технологий. Этот новый тип услуг требует новых сетей, которые могут легко обеспечить однородное соединение, позволить несложное управление и администрирование и надежно обеспечить услугами связи абонентов при перспективе роста и улучшения качества услуг. Центр службы коротких текстовых сообщений (SMS-SC) основан на интеллектуальной сети, которая должна соответствовать этим требованиям.

На рис. 16.1 изображена схема сетевой архитектуры с установленным SMS-SC на основе стандарта ANSI-41 с множеством входных устройств, системой голосовой почты, Web-сообщениями, интеграцией электронной почты и другими внешними объектами службы SMS (External SMS entities – ESMSE). Соединение с остальными сетевыми элементами, такими как HLR и мобильный центр коммутации, осуществляется посредством сигнальных точек передачи (STP).

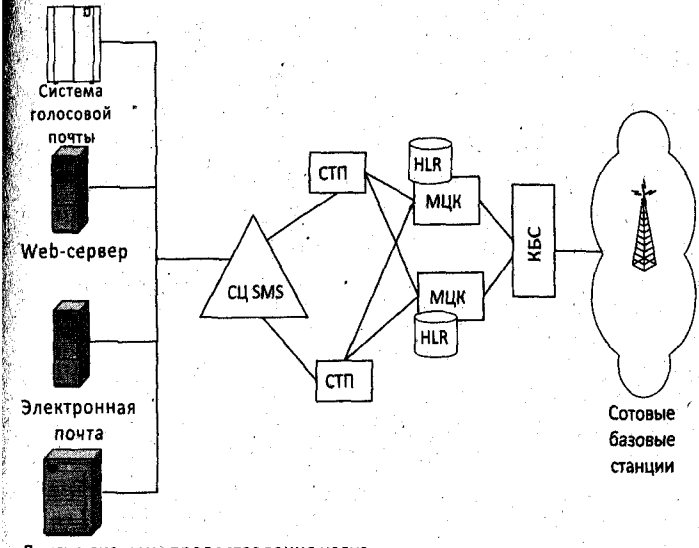


Рис. 16.1 • Базовая архитектура SMS

SMS представляет собой механизм передачи коротких сообщений от одного абонента к другому. Эти услуги управляются SMS-SC, который служит

хранилищем и местом отправки сообщений. Беспроводная телефонная сеть обеспечивает механизм, определяющий местонахождение станции назначения (то есть пейджинг) и транспортирует короткие сообщения между SMS-SC и беспроводными станциями (мобильными телефонами и им подобными устройствами). Элементы службы SMS гарантируют доставку текстовых сообщений до пункта назначения. SMS поддерживает несколько механизмов ввода, которые обеспечивают соединение с различными источниками сообщений и пунктов назначения.

Основным отличием услуги SMS является то, что она доступна в любой момент времени при включенном телефонном аппарате, даже когда происходит телефонный разговор или передача данных (в некоторых случаях это может зависеть от особенностей мобильного центра коммутации или SMS-SC). Временные неполадки в сети или нахождение абонента вне зоны действия могут стать причиной того, что SMS не будет доставлено сразу же. Доставка произойдет тогда, когда абонент включит телефон либо появится в зоне действия.

SMS характеризуется пакетной отправкой вне диапазона и использует узкую полосу частот для передачи, следствием чего является высокая эффективность отправки небольших частей информации. Изначально применение SMS планировалось для устранения пейджинговых услуг, двусторонней передачи коротких текстовых сообщений и услуг уведомления абонентов, и прежде всего для услуг голосовой почты. При развитии технологий было введено огромное количество различных видов услуг (см. главу 18).

Беспроводные приложения, доступные с помощью SMS, включают загрузку SIM-карт для активации, услуги пополнения счета, беспроводные продажи товаров и другие услуги, такие как автоматическое измерение расстояний, а также услуги, основанные на местоположении абонента. Интеграция с Интернетом позволила развиться сообщениям, передаваемым через Интернет, и другим приложениям, таким как бесплатные сообщения, игры и чаты.

16.3.2. СЕТЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И АРХИТЕКТУРА

Как и любая другая сетевая инфраструктура, система SMS имеет несколько (сетевых) элементов, которые необходимы для ее работоспособности.

16.3.2.1. Внешние объекты коротких сообщений (ESME). External Short Messaging Entities (ESME) – это устройства, которые могут принимать или отправлять короткие сообщения, обычно они представляют собой какой-либо тип сервера, похожего на тот, что установлен в мобильном центре коммутации. Объект коротких сообщений (SME) могут находится в фиксированной сети, мобильном устройстве или другом сервисном центре (например, там, где установлена базовая станция). Типы ESME представлены в следующем списке:

- *VMS* – является частью, ответственной за прием, хранение и обработку голосовых сообщений, которые не могут быть отправлены адресату по причине его отсутствия в сети. Он также отсылает абонентам SMS с уведомлением о приходе голосовых сообщений;
- *Web* – рост популярности Интернета затронул мир SMS, поэтому очень важно поддерживать связь с Инетрнетом для отправки и приема сообщений. Увеличивающееся число пользователей Интернета соответствующим образом влияет на количество отправленных и полученных SMS;
- *электронная почта* – наиболее востребованной является возможность применения SMS для отправки и приема сообщений электронной почты. SMS-SC должен поддерживать соединение с сервером электронной почты для их совместной работы.

Услуги передачи данных, такие как SMS, получили широкое распространение не только в США. С ними работают большинство операторов сотовой связи, поэтому они очень популярны в других частях света, таких как Европа и Япония. США даже немного отстают от остального мира, где этими услугами пользуются уже давно. Широкое распространение эти услуги, основанные на GPRS, SMS, 3G, могут получить в течение 2005–2008 годов.

16.3.2.2. Сервисный центр коротких текстовых сообщений. Сервисный центр коротких текстовых сообщений – это комбинация программных и аппаратных средств, предназначенных для приема, хранения и отправки коротких сообщений между SME и мобильными устройствами.

SMS-SC должен иметь высокую надежность и избыточность системы соединений, созданную с помощью двойного соединения с критическими сетевыми элементами. Он должен иметь достаточную вычислительную мощность и емкость хранилищ данных, возможность обслуживать тысячи абонентов. Система должна быть хорошо приспосабливаемой для будущего роста количества отправляемых и принимаемых сообщений в сети.

Обычно все встраиваемые элементы сети, такие как SMS-SC, должны иметь небольшую стоимость, так как они могут поддерживать и другие приложения и общие ресурсы, поэтому они, как правило, выполняют и некоторые другие задачи.

SMS-SC легок в управлении и установке, а также имеет возможность для активации новых услуг и замены программного обеспечения на более новое.

16.3.2.3. Сигнальные точки передач (STP). STP – это сетевые элементы, необходимые для создания интеллектуальной сети, обеспечивающие объединения IS-41 по связям SS7 со множеством сетевых элементов. SMS использует часть мобильных приложений (mobile application part – MAP) по стандарту SS7, что означает методы и механизмы коммутации в беспроводных сетях, и

использует операционную часть способностей SS7 (transaction capabilities application part – TCAP).

16.3.2.4. HLR и VLR. Как было описано в главе 15, HLR является хранилищем информации (базой данных), использующимся для постоянного хранения и управления информацией и профилями услуг. После запроса в SMSC HLR обеспечивает передачу информации указанному абоненту. Кроме того, если абонент находится вне зоны действия сети либо его телефон выключен при попытке отправить сообщение, HLR информирует SMS-SC и, как только абонент появится в зоне действия сети, сообщение будет доставлено. SMS-SC является хранилищем и местом отправки сообщений. VLR – это база данных, которая содержит временную информацию об абонентах, посетивших данную сеть и находящихся в роуминге. Эта информация нужна мобильному центру коммутации для обслуживания абонентов чужой сети.

16.3.2.5. Центр коммутации мобильной связи, подсистема базовых станций и мобильные телефоны. Во всех беспроводных сетях SMS нуждается в наличии основных элементов. Мобильный центр коммутации осуществляет функции коммутации и управления звонками между различными телефонными системами. MSC передает каждое отдельное сообщение абонентам с помощью базовых станций. Подсистема базовых станций состоит из контроллеров базовых станций (BSC) и приемо-передающих станций, известных как сотовые ячейки или просто соты. Мобильный телефон – это беспроводной терминал (телефон или подобное устройство), способное принимать и отправлять короткие сообщения. Этим устройством может быть как цифровой беспроводной телефон, так и другие устройства, такие как точки продаж, ноутбуки и карманные компьютеры.

Способности мобильного устройства могут сильно отличаться в зависимости от технологии, используемой абонентом. Не все функциональные возможности, определенные в характеристиках SMS, могут быть использованы отдельной беспроводной технологией, они просто могут не поддерживаться терминалом или их может не поддерживать оператор сотовой связи. Эта тенденция исчезает при слиянии нескольких компаний, так как совместная их работа, как правило, требует предоставления одинаковых услуг.

16.3.3. ЭЛЕМЕНТЫ УСЛУГ

SMS состоит из нескольких элементов услуг, которые уместны при приеме и передаче сообщений:

- время действия сообщения – SMS-SC сохраняет и откладывает отправку сообщения абонентам, которые являются недоступными в данный момент времени. После времени, указанного отправившим абонентом, это сообщение уже не будет храниться в SMS-SC;

- приоритет – этот информационный элемент обеспечивает такой атрибут сообщения, как важность. Важные сообщения, как правило, имеют повышенный приоритет по сравнению с обычными сообщениями и отправляются в первую очередь;
- безотлагательность сообщения – как правило, SMS-SC хранит сообщения не более, чем время его действия, после истечения данного срока происходит его отправка в альтернативную систему доставки, например сервер электронной почты, для того чтобы данное сообщение было точно доставлено до адресата.
- SMS обеспечивает и такой тип услуг, как уведомление о доставке сообщения адресату, которое отображается на экране телефона.

16.3.4. УСЛУГИ АБОНЕНТОВ

SMS содержит две основные точечные услуги:

- сообщения, отправленные с мобильного телефона (mobile-originated short message – MO-SM);
- сообщения, принятые мобильным телефоном (mobile terminated short message – MT-SM).

MO-SM транспортируются с мобильного телефона в SMS-SC и могут быть переданы другим абонентам сети или абонентам фиксированной сети, например, на указанный IP-адрес (включая Интернет и частные электронные почтовые ящики). MT-SM передаются из SMS-SC на телефоны абонентов и могут быть переданы SMS-SC другим абонентам через MO-SM или другие ресурсы, такие как система голосовой почты, сети пейджинга или других операторов связи.

В зависимости от метода доступа и кодировки передаваемой информации, точечные короткие текстовые сообщения могут содержать до 190 символов в одном сообщении в сетях GSM и от 120 до 205 символов в сетях ANSI-41. Обычно длина одного сообщения ограничивается 160 символами.

Многие приложения услуг создаются с комбинированием этих сервисных элементов. Кроме обычных услуг уведомления SMS можно использовать в качестве односторонней службы уведомлений, которая будет обеспечивать абонентов необходимой информацией. При использовании новых появляющихся технологий, которые объединяют браузеры, серверы и новые языки, поддерживаемые мобильными устройствами, SMS может обеспечить защищенный доступ беспроводных устройств для отправки информации из Интернета быстро и недорого. Одной из технологий, где применяется такой кооперативный метод, является WAP (wireless application protocol – протокол беспроводных приложений), который основан на XML с

поддержкой транспортировки данных на мобильные устройства абонентов сотовой связи.

16.3.5. ПРИЛОЖЕНИЯ SMS

SMS был разработан для отправки сообщений, ограниченных по своей длине, состоящих из цифр и символов алфавита. Хотя эти приложения остаются важными и широко используются, существует еще несколько сервисов, которые могут использовать технологию SMS:

- информационные сервисы – достаточно много информационных служб могут использовать SMS, такие как метеорологическая служба, информация об использованном трафике, развлекательная информация (о кинотеатрах, театрах, концертах), финансовые службы (например, курсы валют, биржевая информация, маклерские услуги) и директивная помощь. SMS может поддерживать как входящие, так и исходящие сервисы, основанные не только на принятых, но и на отправленных сообщениях, такие как запрос–ответ;
- работа с электронной почтой – существующие услуги электронной почты могут быть легко объединены с SMS для обеспечения отправки и приема электронной почты в виде коротких сообщений;
- службы уведомлений – широко используются в SMS сервисах. Далее приведены примеры:
  - уведомление о голосовой почте или факсе, которые были приняты и хранятся в ящике голосовой почты;
  - уведомление о принятом электронном письме, которое хранится на сервере почтовой службы;
- услуги планировщика и календаря – напоминают о назначенных встречах и запланированных делах;
- интеграция WAP – SMS можно отправить тем абонентам, которые тоже используют WAP. Эти сообщения могут содержать информацию разнообразных источников, включая базы данных, WWW, серверы электронной почты и т.д;
- мобильные информационные услуги – SMS-SC может поддерживать отправку небольших объемов информации. Беспроводная информация может быть принята в виде интерактивных услуг, где применен сервис голосовых услуг. Некоторые примеры этого типа сервиса включают быструю отправку, управление услугами, маршрутное подтверждение, обработку коммерческих заказов, прослеживание архивов, автоматическое отслеживание транспортного средства и управление контактами с або-

нентами. Другими примерами могут послужить интерактивные игры, мобильный чат, справочные службы и др.;

- забота об абонентах – SMS-SC может быть использован для отправки информации в двоичном виде, которая может быть принята мобильным телефоном без уведомления пользователя. Это свойство позволяет операторам связи обновлять программное обеспечение телефонного аппарата абонента. Абоненты могут активировать либо деактивировать эту услугу. Эта возможность может быть использована для информирования абонента об изменениях в тарификации, при этом после каждого телефонного звонка в роуминге абоненту отправляется сообщение об остатке средств на его счету;
- напоминание абонентам – операторы сотовой связи могут посылать абоненту сообщения о том, что остаток средств на его счету приблизился к минимуму. Это гораздо проще и дешевле, чем курьерская служба;
- службы ресторанов – небольшие объемы информации лежат в основе многих заказов и передаются по локальным сетям или более крупным. Однако многие услуги могут быть гораздо лучше использованы в мобильных устройствах. Хорошим примером может послужить то, что абонент может рассчитаться за оказанные услуги с помощью мобильного телефона, как при обращении с кредитной картой, с одним лишь отличием: для этого ему не нужно никуда идти;
- отслеживание на основе GPS – SMS является идеальным способом для отправки такой информации, как широта и долгота. GPS-координаты обычно имеют длину около 60 символов. Возможность отслеживать координаты передвижения транспортных средств или их загрузку очень важна как для операторов связи, так и для абонентов. Для предоставления этих типов услуг нужна отправка всего лишь 60 символов, таких как полярные координаты автомобиля (широта и долгота), кроме этого возможно предоставление текущего времени и других параметров, таких как температура и влажность. Для того чтобы получить эту услугу, необязательно находиться в движении. Требования просты: нужно всего лишь находиться в зоне действия сети. Например, может быть дешевле и быстрее для электрической компании, которая направляет своих сотрудников для снятия показаний счетчиков, направлять эти показания вместе с координатами через SMS в центр обработки данных для включения этих показаний в счета.
- банковское дело – другим набором приложений, которые могут использовать SMS в качестве механизма передачи данных, является банковское дело. Не секрет, что оплата через торговые автоматы и Интернет-транзакции обходятся гораздо дешевле, чем поход в банк. интернет-

транзакции даже дешевле, чем оплата услуг через автоматы. Разрешение абонентам проверять баланс средств на счету, просматривать перемещение средств и оплачивать покупки с помощью мобильных телефонов – удобно не только для абонентов, но и для финансовых учреждений. Это облегчает работу как банков, так и их клиентов;

- развлечения – при помощи SMS можно хорошо развлекаться. Примером таких развлечений может стать переписка как между двумя абонентами, так и между несколькими (чат).

Сегодня беспроводной Web-серфинг доступен не только владельцам персональных компьютеров. Студенты колледжей, даже и не имея компьютера, могут проверить свою электронную почту просто с помощью мобильного телефона.

Электронная почта, безусловно, остается наиболее часто используемым с помощью мобильных устройств ресурсом. Следующими успешными услугами являются интернет-торговля и другие коммерческие услуги, такие как продажа билетов, реклама и т.д.

16.3.6. ПРЕИМУЩЕСТВА SMS

В настоящее время внедрение новых технологий является основным фактором развития успеха того или иного сотового оператора связи. Введенную голосовую почту с успехом может заменить SMS. Лучшим поводом для использования SMS является низкая стоимость услуги. Многие операторы сотовой связи предоставляют эту услугу за абонентскую плату и не ограничивают абонентов в количестве отправляемых сообщений. Выгоды SMS для абонентов включают удобство, гибкость и бесплатное подключение к данной услуге. Таким образом, мобильный телефон может стать полноценной заменой компьютеру. SMS не нужно отдельных устройств для приема и отправки сообщений: все функции выполняет мобильный телефон. Выгоды от использования SMS зависят от услуг, предоставляемых операторами связи на основе этой технологии.

Преимущества SMS для абонентов таковы:

- доставка уведомлений и предупреждений;
- гарантированная доставка сообщений;
- надежный и недорогой механизм доставки коротких сообщений;
- возможность как отправки сообщений, так и совершения телефонного звонка;
- увеличенная производительность абонентов;
- возможность отправки сообщения нескольким абонентам одновременно;
- возможность приема различной информации;

- отправка электронной почты;
- создание групп пользователей;
- интеграция с остальными приложениями.

Преимущества SMS для операторов сотовой связи:

- увеличивается средний доход от одного абонента при уменьшении количества телефонных звонков по проводным и беспроводным сетям;
- возможность предоставления беспроводного доступа к данным корпоративным пользователям;
- новые доходы от предоставления дополнительных услуг на основе доступа к Интернету, службам напоминаний, информации о состоянии дел на бирже, таким способом можно даже купить авиабилеты;
- предоставление доступа абоненту к управлению счетом, загрузке аудио, видео или графических файлов;
- защита важных сетевых ресурсов (например, голосовых каналов), так как передаваема SMS-информация не требует широких каналов.

16.4. Сотовая цифровая пакетная информация (CDPD)

В этом разделе будет рассказано о самых первых беспроводных услугах передачи данных, которые развивались в сетях 850 МГц с 1990 года. Нужно заметить, что аналоговые системы передачи данных, такие как CDPD, быстро отходят в прошлое и им на смену приходят другие беспроводные технологии, например SMS, GPRS и технологии третьего поколения. Таким образом, данный раздел по существу является взглядом в прошлое. Однако нужно заметить, что многие операторы сотовой связи иногда возвращаются к использованию по существу устаревших технологий.

Протокол доступа CDPD был разработан в 90-х годах совместными усилиями компаний Ameritech Mobile Communications, Bell Atlantic Mobile Systems, GTE Mobilenet, Contel Cellular, McCaw Cellular Communications, NYNEX Mobile Communications, AirTouch Cellular и Southwestern Bell Mobile Systems для обеспечения передачи данных в аналоговых сотовых сетях. Обратите внимание, что ни одной из этих компаний более не существует, все они либо распались, либо были куплены другими компаниями.

Протокол CDPD был стандартизован в течение 1995–1996 годов, он использовался для передачи небольших объемов информации, поддержки запросов и ответов и информации телеметрии. Операторы связи, перечисленные выше, разработали данный протокол с учетом следующего:

- удобства работы абонентов в любой сотовой сети;

- будущего роста емкости сети на основе открытости данного протокола, включая объединение открытых систем (Open System Interconnection – OSI), Connectionless Network Protocol (CLNP) и TCP/IP;
- максимального использования существующей инфраструктуры сети;
- защиты информации и идентификации абонентов;
- минимальных конфигурационных параметров.

Архитектура CDPD расширялась до третьего уровня OSI. Мобильные системы более высокого уровня (Mobile End Systems – M-ES) модели OSI поддерживали восстановление информации абонентов. Эта функциональность часто использовалась в системах передачи данных.

Оконечные точки CDPD (end systems – ES) были логическими крайними точками системы и представляли собой объекты либо источников данных, либо приемников (сервисных точек доступа). M-ES обычно представляли собой ноутбуки или карманные компьютеры с установленными CDPD-модемами. Фиксированные оконечные точки системы (Fixed End Systems – F-ES) принимали информацию на сервер или системы мэйнфреймов и были полностью изолированы. С M-ES они были связаны только с помощью систем коммуникаций. Промежуточными звеньями цепи (Intermediate Systems – IS) были сетевые узлы, обеспечивающие функции реле путем приема информации из одной сети и передачи ее в другую сеть. Промежуточные звенья можно было разместить в любом месте сети: в мобильном центре коммутации или в базовой станции. Однако важно учитывать то, что они должны находиться между системами, передающими данные. IS были основными коммутаторами и не зависели от мобильной системы. Мобильные промежуточные звенья цепи обеспечивали управление M-ES на обслуживаемой территории, выполняя функции домашних и сервисных услуг, разделяя различных сотовых операторов. Мобильные базовые станции для передачи информации (Mobile Data Base Stations – MD-BS) были сотовыми базовыми станциями, предназначенными только для соединений CDPD.

Технология перемены каналов использовала свободные каналы связи для передачи голосового потока. Информация, разбитая на пакеты, могла эффективно перемещаться небольшими порциями по голосовым каналам для оптимизации использования доступного частотного диапазона. Для того чтобы повысить эффективность передачи данных, информационные потоки никогда не перемешивались с голосовыми. MD-BS имели метод соединения, обеспечивающий пакетную передачу данных на постоянно меняющихся частотах.

Запланированное изменение частоты подразумевало автоматическое определение неиспользуемой частоты, в которую перемещался поток информа-

ции без каких-либо буферизаций. Запланированное изменение частоты подразумевает, что частота, используемая в данный момент, может передаваться по более широкому диапазону, таким образом система (протокол CDPD) планирует ее изменение или прыжок на другой канал для использования более лучшего канала.

Управляемые перемены частот означают, что передачи информации с помощью CDPD происходят на неиспользуемом диапазоне частот по каналам, которые могли бы передавать голосовой трафик. Так как голосовой трафик имеет более высокий приоритет, чем передача данных, то в том случае, когда нет доступных каналов для передачи входящего телефонного звонка, передачи по протоколу CDPD перебрасываются на другой радиоканал.

Принудительная смена канала означает, что данные буферизуются до тех пор, пока не освободится один из возможных каналов для передачи данных. Такое действие может привести к потере передаваемой информации и по этой причине большинство сотовых операторов связи стараются не использовать смену частот в своих сетях CDPD. Они предпочитают использовать постоянный, фиксированный радиоканал для передачи информации по протоколу CDPD.

Технологии Wi-Fi, SMS, mobile IP заняли место CDPD, который стал использоваться все меньше и меньше.

16.5.Сотометрия (Cellemetry)

Сотометрия (cellemetry) – это уникальное действие оператора сотовой сети, фундаментом которого является использование контрольного канала.

16.5.1. ВВЕДЕНИЕ

Сотометрия обеспечивает двустороннюю связь между удаленным оборудованием и центрами обработки информации, используя малозагруженную часть беспроводных сетей: контрольные каналы. Эта технология была разработана инженерами Bellsouth, когда они проводили тестирование и дополнительное использование контрольных каналов в сетях AMPS.

Сотометрия использует беспроводные емкости контрольных каналов для передачи информации телеметрии. Зарезервированная емкость контрольных каналов намного больше, чем это нужно для стабильной работы беспроводной сети даже во время полной ее загрузки. Проведенные тесты показывают, что их емкости хватает для стабильной работы беспроводной сети и службы сотометрии.

Основное действие сотометрии состоит в том, что она осуществляет действия, которые беспроводная система связи совершает тысячи раз в день – верификацию абонентов, даже тех, кто находится в роуминге.

Cellemetry-радио – это специальный тип приемопередатчика, функционирующий так же, как и стандартные (или роуминговые) мобильные телефоны, кроме MIN и ESN, которые коммутируются к шлюзу сотометрии, подключенному к той же самой внутренней сети. С помощью сотометрии MIN служит для идентификации Cellemetry-радио и ESN в области данных. Шлюз сотометрии добавляет время, а SS7–местонахождение исходящей точки, известной как мобильный центр коммутации и идентификации (mobile switching center identification – MSCID).

Шлюзы сотометрии обрабатывают, хранят и коммутируют сообщения в соответствии с типами профилей абонентов. Некоторые приложения могут требовать немедленной обработки, такие, как сообщения о неисправностях. Другие, например уровень загрузки сети, отсылаются лишь раз в день, а до этого времени они могут просто быть сохранены.

Судя по названию, сотометрия отражает беспроводные технологии и телеметрию. Сотометрия обеспечивает возможность информирования из удаленного пункта к центральному пункту обработки информации с помощью коротких сообщений телеметрии. Из центрального пункта обработки к удаленному сотометрия обеспечивает возможность удаленного контроля. Действия сотометрии практически незаметны для оператора сотовой связи и абсолютно незаметны для абонентов. Этот сервис использует централизованные соединения SS7 и не требует никаких доработок оборудования от оператора сотовой связи – только стандартные методы коммутации, которые осуществляются при обслуживании любого абонента, находящегося в роуминге. Более существенно то, что сотометрия занимает не последнее место в сотовой системе с самых первых дней ее создания. Нет необходимости устанавливать дополнительное оборудование, что делает беспроводную систему более экономически выгодной, и нет необходимости для введения дополнительных технологий покрытия. Поэтому в работе системы никогда не будет перерывов, пока данная часть системы установлена на каждой базовой станции.

Сотометрия может быть интегрирована со многими услугами, которые требуют двунаправленного обмена данными, например SMS. Гибкость применения сотометрии увеличивает возможности применения для любого приложения. Например, если услуга используется для передачи сообщение от сигнальных устройств, то шлюз сотометрии будет обрабатывать его в первую очередь, отложив сообщения мониторинга сети. Сотометрия находит применение и в торговых автоматах. Возьмем, к примеру, автомат по продаже напитков. Компания, продающая напитки, устанавливает сотометрию в свои

автоматы, и они каждую ночь отправляют информацию о своем состоянии в шлюз сотометрии, где информация накапливается до утра, а затем передается в эту компанию. Кроме того, различные приложения могут пользоваться разными услугами сотометрии. В то время как автомат по продаже напитков обрабатывает свои данные, он может одновременно установить связь со своей компанией.

Подобный сценарий можно наблюдать при работе любого измерительного прибора. Прибор может работать всю ночь и отправлять накопленную информацию только на следующее утро. Однако часто могут понадобиться и измерения, проводимые в реальном времени. Фактом является и то, что сотометрия может использоваться для удаленного управления услугами непосредственно из сервисного центра. С использованием сотометрии можно забыть о том, что для запуска той или иной деятельности нужно быть в непосредственной близости от объекта.

16.5.2. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

Каждая беспроводная сеть имеет исходящий (Forward Control Channel – FOCC) и входящий (Reverse Control Channel – RECC) контрольные каналы. FOCC используется для отправки информации по беспроводной сети (через базовую станцию) абоненту. RECC используется для приема информации от абонента. Контрольные каналы используются для инициации и управления беспроводным телефонным разговором или передачей данных. Контрольные каналы в беспроводной сети гораздо более надежны, чем обычные каналы. Во-первых, каждое сообщение передается по RECC пять раз. Если базовая станция получает пять одинаковых сообщений, то она считает, что это сообщение было принято без ошибок. Во-вторых, план повторного использования частот контрольных каналов отличается от плана использования частот обычных каналов, что уменьшает возможность возникновения интерференции. В-третьих, большинство операторов беспроводной сотовой связи используют контрольные каналы с более высокой мощностью передачи, чем обычные голосовые каналы. Таким образом, сотометрия может с успехом использоваться в случаях, когда уровень мощности сигнала на обычных каналах недостаточен для передачи информации.

Информация, передаваемая с помощью службы сотометрии, такая же, что и передаваемая для абонентов, находящихся в роуминге. Прямой контрольный канал передает системные идентификаторы (SID) беспроводной системы связи с определенной частотой. Каждый раз при включении мобильного телефона он сравнивает SID домашней сети, который сохраняется в энергонезависимой памяти, с SID, принятым по контрольному каналу. Если происходит совпадение, то на экране телефона отображается то, что он рабо-

тает в своей домашней сети, и более ничего не происходит. Если совпадения не произошло, то на экране телефона отображается, что абонент находится в роуминге и изменилась стоимость услуг связи. В зависимости от выбора оператора сотовой связи для совершения телефонного звонка абоненту, находящемуся в роуминге, нужно либо каждый раз проходить регистрацию в чужой сети, либо можно зарегистрироваться единожды.

При подключении шлюзов сотометрии к межсистемной сигнальной сети ANSI-41 передача сообщений подтверждения происходит таким же образом, что и при запросе мобильного телефона в роуминге. Шлюзы сотометрии являются полностью избыточными и защищенными от сбоев, объединенными с сетями SS7/ANSI-41. Шлюзы могут надежно работать с одним каналом связи, даже при наличии программных или аппаратных сбоев.

Сигналы, передаваемые по радиоканалам сотометрии, нуждаются в наличии точек передач (например, измерительных приборов или торговых автоматов). Путь сигнала является точно таким же, что и для всех остальных приложений сотометрии.

MIN принимается в виде 10-значного идентификатора оборудования (например, идентификатора измерительного прибора), и ESN становится первой переданной информацией. Информация добавляется в базу данных роумингового мобильного центра коммутации в виде специального идентификационного номера оборудования, предназначенного для шлюза сотометрии. Тот обрабатывает идентификатор оборудования и предоплаченные данные в соответствии с профилем приложения сотометрии. Шлюзы используют IP в сетях Frame Relay или в Интернете для подключения к абоненту услуг сотометрии (например, к охранной компании, электростанции и т.д.).

Для того чтобы система сотометрии работала в беспроводной системе связи, шлюз должен передать правильную информацию обратно в мобильный (роуминговый) центр коммутации. Но в случае услуги сотометрии шлюз отправляет назад подтверждение о том, что MIN и ESN являются верными, так как в противном случае абонент просто не сможет совершать телефонные звонки. Это подтверждение является дополнительной защитой от мошенничества. Если кто-нибудь перехватит MIN и ESN устройства сотометрии, то он все равно не сможет подобрать нужную комбинацию для совершения телефонного звонка.

16.5.3. РЕЖИМЫ РАБОТЫ

Радиосвязь сотометрии может работать в двух режимах: режиме модема и в автономном режиме. В режиме модема радио сотометрии работает точно так же, как обычный модем, передавая информацию в обоих направлениях без какой-либо модификации. Хост-контроллер необходим для режима модема

для начала радиопередачи сообщений сотометрии по RECC и кодирования информации, которая будет передана в поле ESN. Хост-контроллер также обрабатывает MIN, принятый по контрольному каналу, и предпринимает соответствующие действия.

В автономном режиме работы сотометрия использует внутреннее программное обеспечение для работы без внешнего хост-контроллера. Этот режим создан для приложений, в которых размер устройства, потребляемая мощность и стоимость должны быть минимальными. Cellemetry-радио может быть использовано с импульсным счетчиком, который будет подсчитывать суммарное время использования. Cellemetry-радио в автономном режиме может быть использовано для включения либо выключения удаленного устройства так же, как и для информирования о режиме работы.

В этом режиме Cellemetry-радио может принимать широковещательные страницы. Это позволяет приемом одной страницы по FOCC инициировать работу тысячи регистраций по RECC. Многие другие системы передачи данных требуют один канал для приема и один – для передачи. Трафик, передаваемый по прямому каналу, может быть сильно уменьшен при использовании сотометрии.

16.5.4. ПРИЛОЖЕНИЯ

Сервис сотометрии может быть использован для обеспечения целого спектра услуг. Список потенциальных приложений достаточно велик. Например, сотометрия может быть использована для передачи информации сигнализации, количества фотокопий, измерительной информации, информации об уровне коррозии трубопроводов или информации о ситуациях на железной дороге.

Услуги сотометрии подразделяются на несколько крупных категорий:

- наблюдение – копиры, измерительные приборы, торговые автоматы;
- сигнализация – домашняя сигнализация, температура, уровень загрязнения;
- локация и геопозиционирование – отслеживание местонахождения контейнеров, машин с использованием автоматических средств слежения (Automatic Vehicle Locator – AVL);
- удаленное управление – включение или выключение электричества, управление потоками.

Рассмотрим наблюдение за уровнем напряжения. Cellemetry-радио устанавливается в электронном наблюдающем устройстве. Работая в автономном режиме, подключенный измерительный прибор посылает импульсы на Cellemetry-радио, отображая уровень потребления электроэнергии. В течение ночи или другого интервала времени (обычно месяц) шлюз сотометрии по-

сылает по беспроводным системам связи накопленную информацию, используя специальный MIN. Специальный MIN, называемый групповым MIN, заставляет электросчетчик снимать показания очень часто, однако отправка этих данных производится раз в три часа. В этом случае все Cellemetry-радио, находящиеся в одной группе MIN, не передают данные одновременно, чтобы избежать коллизий при отправке. Шлюз сотометрии накапливает данные, принятые со счетчиков, и при необходимости отправляет в компанию, предоставляющую электроэнергию. Если нужно произвести измерения немедленно, то MIN передается с идентификатором оборудования по беспроводной сети. Cellemetry-радио связывается непосредственно с тем счетчиком, с которым необходимо, и производит считывание информации. Существуют и специальные MIN, которые при передаче по FOCC вызывают сигнал отключения или включения оборудования в случаях, когда возникает необходимость отключиться от данной услуги либо подключить ее. Посмотрите на рис. 16.2.

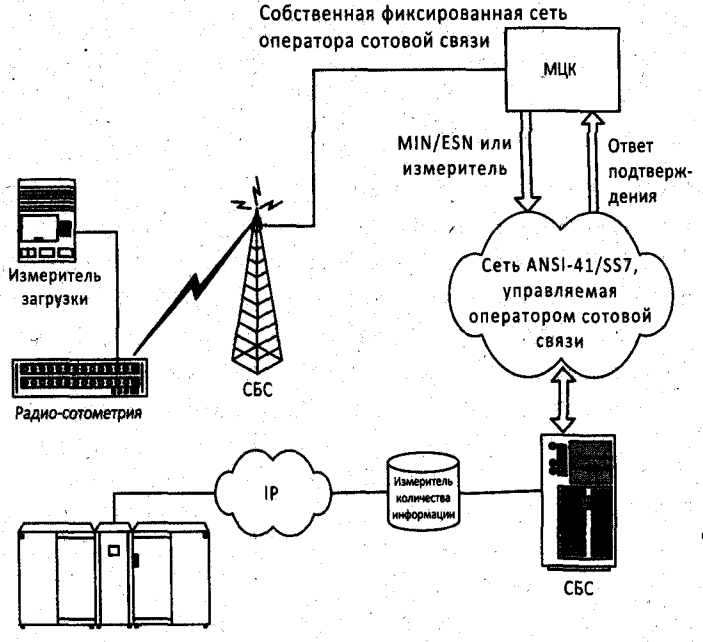


Рис. 16.2 • Архитектура сети сотометрии

Другим применением сотометрии являются охранные системы. В этом случае Cellemetry-радио работает в режиме модема, подключенного к хост-контроллеру на панели охраны. Промышленные протоколы посылают сообщения, направленные к хост-контроллеру. MIN идентифицирует абонента, в то время как ESN идентифицирует тип тревоги, такой как вторжение, пожар

и т.д. Когда сообщение сотометрии принимается шлюзом, он перемещает вызов в центральный пост охраны. Центральный пост охраны принимает сигнал сотометрии так же, как если бы это был обычный телефонный звонок. Пост охраны посылает сигнал обратно в шлюз сотометрии, уведомляя его о том, что сигнал принят и обработан. Шлюз в свою очередь уведомляет по контрольному каналу беспроводную систему о том, что сигнал принят. Как только сигнал (страница) сотометрии принимается с помошью Cellemetry-радио, страница перемещается на панель охраны, таким образом завершая полный круг, уведомляя о том, что сигнал тревоги был отослан и принято уведомление о доставке.

Проведенные измерения показали, что емкость контрольных каналов сильно превышает емкость, требуемую беспроводной системой связи. Для того чтобы устранить какое-либо воздействие на беспроводную систему, Cellemetry-радио посылает проверочные биты по контрольным каналам. Проверочные биты – это один бит, соединенный с потоком данных FOCC, который показывает, что базовая станция работает с абонентами. Мобильный телефон не сможет связаться с базовой станцией (зарегистрироваться), если проверочный бит имеет высокий приоритет. Ни один из пользователей беспроводной системы связи не сможет зарегистрироваться в сети, пока проверочные биты имеют повышенный приоритет. Поэтому абоненты должны получать доступ к контрольным каналам в первую очередь.

Сотометрия может успешно работать с остальными беспроводными услугами (например, SMS, WiMAX), но в настоящее время она используется для удаленной телеметрии беспроводной сети.

16.6. Пакетная передача данных по радиоканалу (GPRS)

General Packet Radio Service (GPRS) – это неголосовая дополнительная услуга операторов сотовой связи, с помощью которой возможно передавать данные с использованием мобильной телефонной сети.

GPRS – это услуга, которая обеспечивает пакетный доступ по сетям GSM и TDMA/IS-136. Радио и сетевые ресурсы используются только в моменты передачи информации между абонентом и сетью. Данные разделяются на пакеты, а затем пересылаются по радиосети в точку назначения. Между передачами пакетов сетевые ресурсы не используются. GPRS позволяет пересылать данные именно в ту точку сети, где это необходимо, так как обеспечение этой услуги ограничивается только зоной покрытия сети.

Теоретическая скорость передачи данных по каналам GPRS составляет 171,2 кбит/с при использовании GPRS восьми временных GSM-слотов одновременно, в зависимости от степени загруженности сети и возможностей сотового телефона. Это в 10 раз быстрее, чем передача данных по коммутируемым соединениям в сетях GSM. GPRS является важным шагом к внедрению технологий сетей третьего поколения. Он позволяет использовать IP-архитектуру сети для передачи данных, продолжением чего будет являться внедрение других 3G-сервисов для поддержки голосовых приложений и приложений для передачи данных. GPRS может использоваться для проверки и тестирования новых приложений и услуг, которые могут использоваться в сетях 3G. Некоторые операторы связи предоставляют автоматический доступ к услугам GPRS; другим нужно знать характеристики мобильного телефона для того, чтобы передавать информацию по каналам GPRS.

16.6.1. АРХИТЕКТУРА GPRS

В этом подразделе будет описана архитектура системы GPRS.

16.6.1.1. Сеть GPRS. В ядре сети – существующие мобильные центры коммутации, они предназначены для коммутации трафика при использовании технологий центрального офиса (CO) и не могут пересылать трафик пакетами. Для предоставления услуги GPRS в сетях GSM нужно добавить несколько дополнительных модулей (сетевых элементов). Для поддержки GPRS необходимо установить следующие компоненты (называемые узлами поддержки GPRS):

- узел обслуживания GPRS (serving GPRS support node – SGSN);
- узел шлюзов GPRS (gateway GPRS support node – GGSN).

SGSN – это по сути пакетный коммутирующий мобильный центр коммутации, он поставляет пакеты на мобильные телефоны, находящиеся в зоне обслуживания сети. SGSN посылает запросы в HLR для уточнения профильных данных абонента, пользующегося услугой GPRS. SGSN находит новый мобильный телефон с поддержкой GPRS в своей зоне обслуживания, осуществляет его регистрацию и сохраняет об этом запись. Таким образом, SGSN осуществляет функции управления мобильными устройствами, такие как подключение и отключение абонентов и определение местоположения абонента. SGSN подключен к подсистеме базовой станции по соединениям frame-relay с использованием устройств контроля пакетов (packet control unit – PCU) в базовой станции.

GGSN используется в качестве интерфейса передачи данных с внешними IP-сетями, такими как Интернет, другие операторы сотовой связи и GPRS, или деловыми внутренними сетями. GGSN является шлюзом между IP-сетями (Интернет и PDSN). GGSN также подключен к другим сетям GPRS для

осуществления роуминга GPRS. GGSN обеспечивает коммутацию пакетов для всех абонентов, находящихся в его зоне обслуживания.

GGSN осуществляет коммутацию информации, как это необходимо по информационным протоколам устройств (protocol data units – PDU) с SGSN, которые обслуживают конкретные мобильные телефоны. Другой функцией GGSN является наблюдение за абонентами и назначение адресов. Для обеспечения работы одного SGSN могут работать несколько GGSN.

Кроме основных GPRS узлов (GGSN и SGSN) в сеть GSM необходимо добавить еще несколько элементов для работы GPRS:

- в подсистему базовой станции необходимо установить дополнительные PCU;
- для локации мобильных устройств с GPRS-системой необходимо добавить систему управления;
- новый интерфейс передачи трафика для осуществления передачи пакетных данных;
- новую систему защиты;
- новую сигнальную систему, разработанную для GPRS.

GPRS можно рассматривать как дополнительную сеть, созданную на основе существующей сети GSM. Эта новая сеть обеспечивает пакетную передачу данных на скоростях от 9,6 до 171 кбит/с. Ее ресурсами могут пользоваться одновременно несколько абонентов.

GPRS использует существующие сетевые элементы настолько, насколько это возможно, однако для эффективной работы сети в целом необходимо добавить в существующую сеть новые элементы, интерфейсы, протоколы и элементы передачи пакетного трафика. Поэтому GPRS требует модификации определенного количества сетевых элементов, которые описаны в табл. 16.1. На рис. 16.3 изображена типичная топология сети GPRS.

16.6.1.2. Подсистема базовых станций GPRS. Каждый контроллер базовой станции нуждается в установке одного или больше PCU и в обновлении программного обеспечения. PCU обеспечивает физический и логический интерфейс данных для подсистемы базовой станции (base station subsystem – BSS) для пакетной передачи данных. BSS обычно нуждается в обновлении программного обеспечения и не всегда необходима установка новой аппаратной части.

Когда голосовой либо информационный трафик передается абоненту по каналам GPRS/GSM, он транспортируется по воздушному интерфейсу к BSS, а от BSS – к базовой станции по тому же стандартному пути, что и обычный звонок GSM. Однако на выходе с BSS трафик разделяется: голосовой передается в мобильный центр коммутации в соответствии с обработкой голосового трафика стандарта GSM, а данные посылаются в SGSN по PCU с интерфейсом Frame-relay. Посмотрите на рис. 16.3.

Таблица 16.1 • Модификация сетевых элементов сети GSM для поддержки GPRS

Элемент сети GSM	Модификация, необходимая для поддержки GPRS
Терминал абонента	Все терминалы (мобильные телефоны) абонентов нуждаются в поддержке GPRS. Эти телефоны будут иметь обратную совместимость с обычными телефонами GSM для осуществления телефонных звонков
Базовая станция	В существующих базовых станциях необходимо произвести обновление программного обеспечения
Контроллер базовой станции	В контроллере базовой станции также необходимо произвести обновление программного обеспечения, а также установить контроллеры внешних устройств для управления трафиком GPRS в сети
Ядро сети	Для поддержки GPRS необходимо установить новые сетевые элементы: SGSN и GGSN
Базы данных (например, HLR и VLR)	Все базы данных в сети нуждаются в обновлении программного обеспечения для управления новыми режимами звонков и функций, обеспечиваемых GPRS

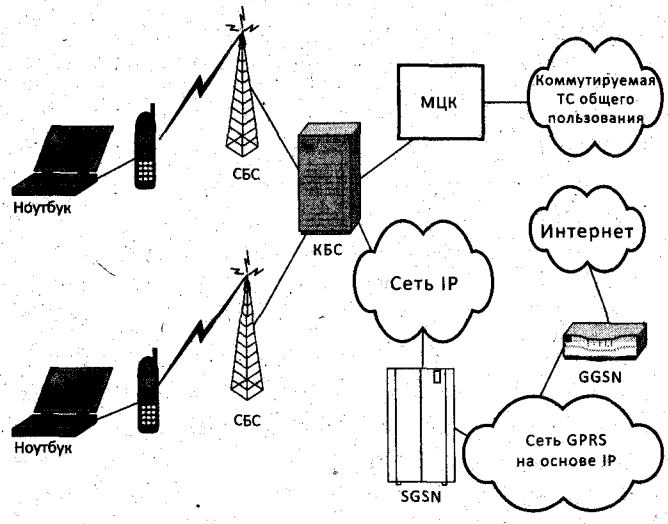


Рис. 16.3 • Архитектура сети GPRS

16.6.2. КОММУНИКАЦИИ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ GPRS

Между элементами сети GSM и предоставляемой услугой GPRS существует неразрывная связь. На физическом уровне возможно использовать повторно сетевые ресурсы при некоторых обычных сигнальных параметрах. В некоторых случаях возможно одновременное резервирование слотов как для пере-

дачи голосового трафика, так и для передачи данных с помощью GPRS. Идеальное распределение ресурсов происходит при динамичном их использовании между коммутируемыми каналами и каналами GPRS. Во время установки коммутируемого GSM-звонка остается достаточно сетевых ресурсов для GPRS, в то же время передачи GPRS никак не отражаются на передаче голосового трафика, так как он все же имеет более высокий приоритет. Операторы сотовой связи предоставляют услуги GPRS на всей своей зоне обслуживания. Физический интерфейс состоит из постоянно изменяющегося количества временных слотов (от одного до восьми, в зависимости от стандарта GSM), поэтому максимальная скорость передачи данных может достигать 171 кбит/с (запомните, что GSM – это технология TDMA). Группа Media Access Control (MAC) использует ресурсы физического радиоинтерфейса и обеспечивает сервис посредством протокола GPRS Logical Link Control (LLC) между мобильным телефоном и SGSN. GPRS LLC – это модификация основного протокола High-Level Data Link Control (HDLC)-based Radio Link Protocol (RLP), который поддерживает различные размеры кадра. LLC предлагает две основные особенности: точечную и мультиточечную связь и контроль ретрансляции кадров данных. GPRS обеспечивает стандартный интерфейс третьего уровня моделей OSI.

16.6.2.1. Коммутация данных. *Коммутация данных* – одно из основных действий при работе GPRS при перемещении данных между сотовой сетью и абонентом. Коммутацию данных GPRS можно разделить на два основных направления: коммутация пакетов данных и управление мобильными устройствами.

Основной функцией SGSN является взаимодействие с внешними сетями передачи данных (например, Интернетом). GGSN обновляет информацию о положении элементов сети (мобильных телефонов), которую предоставляет SGSN, и передает необходимые данные по внешним протоколам сети в SGSN, который в настоящее время обслуживает абонента. Кроме этого, SGSN извлекает данные из пакета и отправляет в биллинговый шлюз для учета трафика.

GPRS-операторы позволяют работать в роуминге по сети между операторами сотовой связи. GPRS-операторы соединяются вместе с помощью граничных шлюзов (Boarder Gateway – BG), которые обеспечивают необходимую взаимосвязь и коммутацию протоколов (например, Border Gateway Protocol, или BGP). Также возможно, что операторы сотовой связи осуществят механизмы QoS по межсетевым соединениям для поддержки соглашений обслуживания (Service Levels Agreements – SLA).

Сеть GPRS встраивает все протоколы передачи данных в свой собственный, называемый *туннельным протоколом* GPRS (GPRS Tuneling Protocol – GTP). Это необходимо для обеспечения безопасности данных при передачах

по межсетевым объединениям и для более простого механизма коммутации и передачи данных в сети GPRS. Как и все остальные действия по встраиванию в сетях передачи данных, услуги GPRS предоставляются во всех удаленных уголках системы связи.

16.6.2.2. Управление мобильностью GPRS. Услуга GPRS является частично независимой от сети GSM. Некоторые процедуры GPRS используют элементы существующей системы GSM для увеличения эффективности и оптимального использования незадействованных ресурсов сети GSM, таких как незадействованные временные слоты.

Мобильный телефон, с точки зрения услуг GPRS, имеет три состояния: незадействованный, дежурный режим и активный. Эти три состояния представляют пакетную передачу данных в родственном с GSM виде, где используется два состояния (незадействованный и активный).

Передача данных между мобильными терминалами и сетью GPRS производится только в активном состоянии. В активном состоянии SGSN знает, какая базовая станция обслуживает мобильный телефон. В дежурном же режиме известно только направление, в котором находится телефон. (В этом направлении могут находится несколько базовых станций.)

Когда SGSN посылает пакеты мобильному телефону, то он должен находиться в дежурном режиме (то есть принимать сигналы контрольных каналов). Так как SGSN знает направление, в котором находится мобильный телефон, то вызов производится именно в этом направлении. После принятия вызывного сообщения, мобильный телефон передает местоположение обслуживающей его ячейки и уведомляет SGSN о том, что он перешел в активный режим. Пакетная передача начинается с сообщения, уведомляющего мобильный телефон о начале передачи. Передача данных начинается сразу после передачи этого сообщения, по каналам, указанным в сообщении уведомления. Назначение сообщения уведомления состоит в том, чтобы сократить процесс передачи сообщений, вместо того чтобы передавать данные по одному каналу. Одновременная передача данных по нескольким каналам сокращает время передачи и увеличивает время автономной работы от батарей.

Основная причина использования дежурного режима состоит в том, чтобы уменьшить нагрузку на сети GPRS и уменьшить использование батареи телефона. Когда мобильный телефон находится в дежурном режиме, нет необходимости информировать SGSN о каждой смене ячейки – только при смене направления. Оператор сотовой связи может изменять размер направления, тем самым приспосабливаться к количеству сообщений уведомления. В неактивном сотоянии мобильный телефон может принимать только широковещательные сообщения, которые могут быть приняты любым сотовым телефоном GPRS.

Процедура коммутации сотовых базовых станций выполняется каждый раз, когда новый активный мобильный телефон перемещается в зону ее действия. В этом случае мобильный телефон посылает короткое сообщение, содержащее информацию о его перемещении. Сообщение содержит идентификационную информацию о новой локации мобильного телефона и передается по каналам GPRS в текущий SGSN (обслуживающий). Эта процедура используется только тогда, когда мобильный телефон находится в активном режиме.

Когда мобильный телефон в дежурном или активном режиме перемещается из одного направления в другое, он должен снова обновить информацию о местоположении. Информация о направлении в SGSN обновляется, и отправляется сообщение о том, что обновление прошло успешно (acknowledgement message – ACK message).

При перемещении между SGSN происходит наиболее сложная коммутация, так как необходимо установить соединение с новым SGSN. При этом необходимо установить новое соединение между мобильным телефоном и новым SGSN, так же как и информировать GGSN о новом местоположении мобильного телефона.

Управление мобильностью в GPRS основано на существующей структуре сети GSM. При перемещении мобильного телефона из одной зоны в другую функция управления мобильностью используется для отслеживания его местоположения в каждой сети, что может происходить и при роуминге. SGSN соединены друг с другом и передают между собой информацию о перемещении абонентов. Профили мобильных аппаратов сохраняются в VLR, которые доступны SGSN посредством локальных (роуминговых) мобильных центров коммутации сети GSM. В каждой сети устанавливается логическое соединение между мобильным телефоном и SGSN. В конце передачи или когда мобильный телефон перемещается из зоны обслуживания одного SGSN, логическая связь обрывается и освободившиеся ресурсы используются для обслуживания других абонентов.

16.6.3. GPRS-ТЕРМИНАЛЫ

Полное понимание GPRS требует понимания типов терминалов и их возможностей. Оборудование терминала – в основном это относится к мобильным телефонам и мобильным станциям, которые могут быть использованы для GPRS-соединения.

В настоящее время большинство мобильных телефонов поддерживают услугу GPRS, в то время как некоторые старые модели не могут работать с расширенным интерфейсом, или пакетной передачей данных. Сейчас вы можете приобрести любой GPRS-терминал, включая высокоскоростные версии новых телефонов, которые поддерживают высокоскоростную передачу дан-

ных, новые карманные компьютеры со встроенным GSM-телефоном (коммуникаторы), или PC-карты для ноутбуков. Все эти устройства имеют обратную совместимость с GSM, что позволяет совершать телефонные звонки в сотовой сети GSM.

16.6.3.1. Классы терминалов GPRS. Терминалы GPRS могут быть одного из трех классов: A, B или C.

Терминалы класса A поддерживают GPRS и другие услуги GSM (такие, как телефонный звонок и SMS). Они поддерживают одновременное соединение, активацию, наблюдение и передачу трафика. Поэтому терминалы класса A могут принимать или совершать телефонные звонки одновременно с использованием другой услуги. При этом одна услуга должна быть в использовании раньше, чем произойдет активация следующей.

Терминалы класса B могут наблюдать за каналами GSM и GPRS одновременно, однако могут использовать только одну услугу. Также терминалы класса B могут поддерживать одновременное соединение, активацию и слежение, но не могут одновременно передавать трафик. Как и в классе A, виртуальные цепи GPRS не обрываются при установке коммутируемого соединения. Вместо этого они переключаются в режим «занято». Поэтому абоненты могут либо совершать телефонный звонок, либо передавать данные, но не одновременно.

Терминалы класса C поддерживают только одно соединение в данный момент времени. Абонент может выбрать, каким из сервисов ему нужно воспользоваться. Поэтому терминалы класса C могут принимать или совершать телефонные звонки только при выбранном типе сервиса. Сервис, который не был выбран, будет недоступен. Заявлено, что по спецификации GPRS терминалы класса C могут поддерживать SMS.

16.6.3.2. Типы устройств. Кроме перечисленных выше трех классов устройств, каждый GPRS-терминал имеет свой уникальный форм-фактор. Некоторые из форм-факторов похожи на обычные беспроводные устройства, другие – могут использовать расширенные возможности передачи данных GPRS (EDGE).

Первый тип – это обычный мобильный телефон с цифровой клавиатурой и обычно небольшим дисплеем.

Следующий тип – PC-карты. PC-карты по размеру похожи на кредитные карты, которые подключаются серийным кабелем в основании мобильного телефона. Эти карты позволяют пользоваться услугами GPRS с помощью ноутбука или другого устройства без подключения мобильного телефона. Эти устройства могут иметь наушники и микрофон для осуществления телефонных звонков.

Смартфоны – это мобильные телефоны, позволяющие осуществлять телефонные звонки, передачу данных и просматривать содержимое интернет-

ресурсов. Смартфоны представляют собой совмещенный компьютер и мобильный телефон. Они могут быть различных форм-факторов, которые могут включать клавиатуру или сенсорный экран. Nokia серии 9000 является наиболее популярным примером данного форм-фактора.

Карманные компьютеры, такие как Palm Pilot или Handspring Visor, являются фактически компьютерами, которые поддерживают услуги беспроводной связи. Эти устройства могут иметь возможность соединения с мобильным телефоном, поддерживающим GPRS, либо GPRS модуль может быть встроен прямо в него.

16.6.3.3. Доступ к услуге. Для доступа к услугам GPRS нужно:

- иметь мобильный телефон либо терминал, поддерживающий GPRS;
- быть подключенным к услугам оператора GSM, который поддерживает GPRS (например, Cingular Wireless). Некоторыми операторами сотовой связи поддерживается автоматический доступ к услугам GPRS, другие операторы сотовой связи могут ввести небольшую ежемесячную абонентскую плату;
- нужно знать, как принимать и передавать информацию по GPRS-каналам при использовании определенной модели телефона, включая конфигурацию программного и аппаратного обеспечения. Оператор сотовой связи должен осуществлять поддержку абонентов при предоставлении этой услуги;
- точку назначения, куда будут переданы данные по каналам GPRS, которая может быть адресом в Интернете, так как GPRS разработан для обеспечения владельцев мобильных телефонов доступом в Интернет. Пользователи GPRS могут получить доступ к любой Web-странице или приложению Интернет.

16.6.4. СЕТЕВЫЕ АТРИБУТЫ GPRS

В этом разделе будут описаны атрибуты сетевой технологии GPRS.

16.6.4.1. Непосредственность. GPRS предлагает непосредственность связей, что выражается в возможности отослать или принять нужные данные именно в тот момент, когда это необходимо, в пределах зоны покрытия сети. Нет необходимости использовать диал-ап модем. Непосредственность – основное преимущество GPRS по сравнению с обычными коммутируемыми соединениями. Ее высокий уровень является очень важным показателем для приложений, критичных ко времени, таких, как удаленная авторизация кредитных карт, где задержка данных от пользователя не должна превышать 30 секунд. Непосредственность имеет высокий уровень при использовании широковещательного интернет-соединения, DSL и кабельных модемов.

16.6.4.2. Пакетная передача данных внутри обычных подключений. GPRS характеризуется способностью передавать данные, разделенные на па-

кеты, по обычным линиям связи (голосовым линиям связи сети GSM). Это дает возможность абонентам использовать услугу пакетной передачи данных. Для того чтобы передавать по голосовым каналам связи данные, разделенные на пакеты, нужно произвести обновление оборудования сети GSM.

При использовании GPRS перед началом передачи информация делится на различные, но взаимосвязанные пакеты, а при приеме эти пакеты снова складываются вместе. Для того чтобы начала работать сеть GPRS, операторам сотовой связи необходимо произвести незначительное обновление оборудования и немного изменить программное обеспечение.

16.6.4.3. Эффективность использования спектра. Пакетная передача данных означает, что радиоресурсы GPRS используются только тогда, когда происходит непосредственный обмен данными между абонентом и сетью.

Доступные радиоресурсы могут быть поделены между всеми абонентами. Такое использование означает, что теоретически услугами GPRS может воспользоваться большое количество абонентов. Реальное число одновременно обслуживаемых абонентов зависит от используемых ими приложений и количества передаваемой информации.

Поэтому GPRS позволяет операторам сотовой связи GSM использовать сетевые ресурсы с более высокой производительностью.

GPRS должен увеличить пиковую пропускную способность сети, так как он одновременно:

- более эффективно использует сетевые ресурсы при создании виртуальных подключений;
- перемещает трафик, который обычно передавался по коммутируемым соединениям, на каналы GPRS;
- уменьшает загрузку контрольных каналов путем перемещения трафика, который обычно передавался по каналам SMS, на каналы GPRS при использовании объединений GPRS/SMS, что поддерживает стандарт GPRS.

16.6.4.4. Взаимодействие с Интернетом. GPRS обеспечивает полноценный доступ к Интернету с помощью мобильного телефона. Любой из сервисов Интернета, использующихся в наши дни, FTP (file transfer protocol), просмотр интернет-ресурсов, чаты, электронная почта, telnet – доступны с помощью услуги GPRS в сетях GSM.

Так как GPRS использует одинаковые сетевые протоколы, она может быть рассмотрена как подсеть Интернета, а мобильные телефоны выступают в роли хостов. Это значит, что каждый GPRS-терминал может иметь свой собственный IP-адрес.

16.6.4.5. Поддержка GSM и IS-136/TDMA. Услуга GPRS может предоставляться не только в сети GSM, но и в сетях IS-136/TDMA. Это результат соглашения, заключенного в начале 1999 года ассоциациями промышленности в целях перехода к третьему поколению радиосвязи. Но, как было описано в главе 6, этот вопрос является спорным, так как стандарт IS-136 уже изживает себя и ему на смену приходит либо технология GSM, либо полноценные сети третьего поколения. Каждая существующая сеть IS-136 в настоящее время вытесняется GSM.

16.6.5. ОГРАНИЧЕНИЯ GPRS

Нужно помнить, что GPRS является усовершенствованной технологией, которая увеличивает эффективность использования спектра, емкость сети и ее функциональность. Однако нужно также иметь в виду, что на использование услуги GPRS имеются некоторые ограничения, которые и будут сейчас рассмотрены.

16.6.5.1 Ограниченная емкость ячейки. GPRS занимает некоторую часть емкости сетевых ячеек. Сетевые ресурсы ограничены и могут быть использованы для различных нужд, причем использование их для одних целей не исключает одновременное использование для других целей. Иными словами, голосовой поток и GPRS могут одновременно использовать одни и те же сетевые ресурсы. Степень загруженности зависит от количества временных слотов, которые зарезервированы для использования только для GPRS в сети GSM. Однако GPRS динамично меняет используемые каналы. Эта система также позволяет послать короткие административные сообщения при занятых контрольных каналах по обычному каналу радиосвязи. Это сильно увеличивает эффективность использования сетевых ресурсов.

16.6.5.2. Реальная скорость передачи данных намного меньше, чем заявленная. Достигнуть максимальной теоретической скорости передачи данных в системе GPRS (172 кбит/с) возможно только при использовании всех восьми каналов при безошибочной передаче данных. Для оператора сотовой связи просто невыгодно предоставлять абонентам для использования все восемь каналов. Кроме этого, устаревшие мобильные телефоны имели ограниченную функциональность и могли использовать только один, два или три временных слота (канала). Поэтому диапазон, который могут использовать владельцы старых моделей мобильных телефонов, достаточно ограничен.

Теоретические максимальные скорости GPRS должны быть проверены на практике в сети с помощью мобильных устройств. В действительности получается, что максимальные скорости намного ниже, чем заявленные операторами сотовой связи, они даже меньше, чем в системах фиксированной связи.

16.6.5.3. Время ожидания. Как и при передаче по протоколам TCP/IP, пакеты GPRS отсылаются по различным направлениям, чтобы в конечном счете быть принятыми в точке назначения. Это может привести к тому, что по пути один и более пакетов могут быть потеряны или повреждены. Стандарт GPRS учитывает эту особенность, поэтому в нем применены проверки четности и методы повторной передачи пакетов. В результате этого возникают задержки при передаче данных.

16.6.5.4. Модуляция. Модуляция GPRS основана на технике модуляции, известной как гауссовское минимальное изменение ключа (Gaussian minimum-shift keying – GMSK). Преемственная технология GPRS – EDGE основана на новой схеме модуляции, которая обеспечивает более высокие скорости передачи данных по радиоканалу. Эта модуляция называется восьмифазовая ключевая модуляция (eight-phase shift keying modulation – 8 PSK). Так как она используется в технологиях третьего поколения, операторы сотовой связи GSM должны применять и эту технологию, помимо уже используемой, для передачи данных на телефоны третьего поколения.

16.6.5.5. Дефицит памяти и скорости. SMS сохраняются в сервисном центре SMS, однако для хранения данных, переданных по каналам GPRS, не существует таких временных хранилищ, поэтому хранилище SMS используется для временного хранения данных GPRS.

16.6.6. ПРИЛОЖЕНИЯ, ПОДДЕРЖИВАЕМЫЕ GPRS

Хотя в главе 18 будет описано множество возможных приложений, которые могут быть поддержаны существующими системами передачи данных, следует отдельно рассмотреть возможности технологии GPRS. Не нужно думать, что остальные технологии не смогут поддерживать перечисленные типы приложений. Здесь будут рассмотрены только приложения, доступные для работы с GPRS.

GPRS поддерживает несколько приложений, которые прежде были недоступны в сетях GSM, ограниченных скоростью передачи данных на уровне 9,6 кбит/с и длиной текстового сообщения 160 символов. GPRS полностью поддерживает интернет-приложения, начиная с просмотра страниц и заканчивая мгновенной отправкой сообщений.

Нужно учесть, что приложения, используемые в технологии GPRS, будут работать более эффективно и более быстро с технологиями третьего поколения, такими как UMTS и CDMA2000. Используя доступ в Интернет в качестве аналога, GPRS можно сравнить с обычным модемом, а технологий третьего поколения – с широкополосным соединением типа DSL-модема.

Мгновенная отправка сообщений, известная как чат, является отдельным информационным сервисом, так как источником информации является

абонент, а хранилищем – интернет-сайт. Интенсивность передачи информации в чате намного ниже, чем при любых других видах общения. Поэтому общение в чате является наиболее популярным. В Интернете даже появляются группы по интересам общения в чате.

Благодаря взаимодействию с Интернетом GPRS может позволить абонентам сотовой связи общаться в чате без необходимости создания собственной группы, так как большинство из них уже создано. Поскольку количество членов в группе определяет ее популярность, то использование GPRS является достаточно выгодным решением.

Содержимое и визуальная информация. Абоненты сотовых систем связи могут получить доступ к разнообразным сетевым ресурсам, таким как результаты спортивных соревнований, прогноз погоды, информация о расписании транспорта, новости, результаты проведенных лотерей, гороскопы, информация о переданном и полученном трафике, услуги локации и т.д. Эта информация не обязательно должна быть представлена в текстовом виде; это может быть карта, график или любой другой тип визуального представления информации.

Длина короткого сообщения составляет 160 символов – ограничение SMS – достаточное для того, чтобы принять количественную информацию. Когда информация имеет качественный характер, длина сообщения в 160 символов будет недостаточной для приема необходимой информации. GPRS часто используется для получения качественной информации, но SMS все же будет использоваться для передачи служебной информации. Интересно то, что сообщения чатов могут быть посланы в виде SMS – это исключает возможность отправки сообщения под чужим именем, что является обычным делом в чатах, и уменьшает количество передаваемого трафика.

Передача изображений. Передача изображений, таких как фотографии, картинки, почтовые и поздравительные открытки, презентации и статичные Web-страницы, может осуществляться по беспроводной сети точно так же, как и по любому кабельному соединению. С помощью GPRS возможно передавать фотографии с цифрового фотоаппарата, подключенного к GPRS-устройству, непосредственно на интернет-сайт, что подразумевает их публикацию в реальном времени.

Просмотр содержимого Web-страниц. Использование коммутируемого доступа для просмотра содержимого интернет-ресурсов не является необходимостью для абонентов беспроводных систем связи. Так как при использовании проводных соединений достигаются невысокие скорости (например, при использовании CDPD), то загрузка содержимого продолжается достаточно длительное время. Единственным выходом для абонентов остается от-

ключение загрузки изображений. В результате этого получается неприспособленный для чтения текст. Поэтому лучше просматривать интернет-страницы с помощью приспособленной для этого технологии, такой как GPRS.

Совместная работа. Передаваемая с помощью мобильных устройств информация может облегчить удаленную совместную работу с документами. Это позволяет нескольким людям, находящимся в различных местах, одновременно работать с одними документами. В недалеком будущем предполагается использование мультимедийных приложений, включающих передачу голоса, текста, изображений. В любое время кто-нибудь может внести изменения в процесс выполнения общей задачи. При обеспечении достаточной полосы пропускания, GPRS позволяет работать над одной задачей нескольким абонентам.

Заявления о работе. Неголосовые мобильные сервисы могут быть использованы для передачи информации о новой работе из офиса какой-либо компании на аппараты абонентов мобильной связи. Абоненты посылают запрос компании, нуждающейся в персонале, которая записывает все входящие звонки. Те запросы, которые удовлетворяют требованиям компании, помещаются в базу данных и впоследствии рассматриваются как наиболее подходящие (например, водопроводчик или электрик). Неголосовые мобильные передачи данных могут быть использованы не только для отправки объявлений о вакансиях или резюме, но также как средство уведомления потенциальных рабочих о необходимости встречи для собеседования.

160 символов, содержащихся в стандартном сообщении, достаточно для того, чтобы произвести уведомление другого абонента. Однако при этом нужно пользоваться некоторыми сокращениями, типа «ул.» – улица. Кроме этого, 160 символов недостаточно для полного изложения возникшей проблемы, а также для отправки профиля абонента. Поэтому нужно воспользоваться услугами GPRS, которая предполагает отправку гораздо большего количества информации, при этом ее проще отправить. Например, при использовании GPRS при размещении вакансии можно выслать фото потенциального работника.

16.6.6.1. Удаленный доступ к локальной сети. Приложения удаленного доступа для абонентов мобильной связи могут охватывать огромный спектр услуг при соответствующей настройке компьютеров, таких как доступ к локальной сети компании, корпоративной почте и базам данных. Мобильный терминал (например, коммуникатор или ноутбук) имеет те же программы, что и установленные на удаленном компьютере, которые являются клиентами, разрешающими доступ к корпоративным сетям. Эти программы разрешают удаленный доступ к различным типам информации, таким как элек-

тронная почта, интранет и базы данных. Доступ к локальным ресурсам во многом зависит от скорости передачи данных и их количества, но GPRS выполняет эту задачу на приемлемом уровне.

16.6.6.2. Передача данных. Передача данных подразумевает передачу файлов по беспроводной сети. Независимо от источника и типа файла, это действие требует больших сетевых ресурсов. Передача информации может осуществляться любым из известных методов: FTP, telnet, HTTP или Java. При этом нужно воспользоваться одним из высокоскоростных типов соединения, таким как GPRS, EDGE или UMTS.

16.6.6.3. Автоматизация жилища. Автоматизация жилища подразумевает удаленное наблюдение за домом в целях безопасности, а также удаленное управление. Фактически, дом можно контролировать в любое время из любого места – находясь в дороге, на отдыхе или на работе. Если грабитель попытается проникнуть в ваш дом, то вы сможете в реальном времени получить фотографии или видеозапись, и по возможности заблокировать дом. Вы можете не только наблюдать за домом, но и управлять им. Можно, например, запрограммировать ваш DVD на запись какой-либо телевизионной передачи. Мобильный телефон становится все более и более похожим на пульт управления, какие широко используются для управления телевизором, видеомагнитофоном и т.д. IP вскоре появится везде, не только в мобильных телефонах, так как GPRS уже используется практически в любом устройстве. В конечном счете, каждое устройство будет иметь свой собственный IP-адрес. Ключевым стандартом, связывающим вместе все устройства, станет Bluetooth.

Такое удаленное управление предполагает, что все устройства в доме уже правильно сконфигурированы. GPRS, или любая другая беспроводная технология, являются только добавлением, которое разрешает удаленный доступ для управления устройствами. Более подробную информацию по построению домашней сети см. в главе 22.

16.6.7. ПРЕИМУЩЕСТВА GPRS

Основными преимуществами архитектуры GPRS являются гибкость, масштабируемость, способность к взаимодействию с другими системами и возможность роуминга. GPRS использует радиоресурсы только тогда, когда производится передача данных, и уменьшает воздействие на обычные проводные линии связи. Увеличение функциональных возможностей при уменьшении стоимости данной услуги приведет, в свою очередь, к увеличению количества абонентов, пользующихся GPRS. GPRS имеет улучшенное качество передачи данных, что выражается в уменьшенном времени задержки и множестве дополнительных особенностей. Уникальные приложения, которые может поддерживать GPRS, основаны на большой абонентской базе и позволяют опера-

торам сотовой связи увеличивать список предлагаемых услуг; эти новые услуги увеличивают требования к пропускной способности радиоканалов подсистем базовых станций. Метод обращения к ресурсам должен разделять радиоресурсы для их совместного использования, оптимизируя тем самым загрузку оборудования. Для повышения эффективности использования оборудования в сеть должны быть добавлены новые элементы.

Желаемые высокие скорости передачи данных могут быть недоступны абонентам до тех пор, пока они не начнут пользоваться EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution) или Universal Mobile Telephone System (3GSM). Увеличивающаяся функциональность GPRS уменьшает стоимость использования услуг.

16.7. EDGE: Enhanced Data Rates for Global Evolution

EDGE – это технология высокоскоростной передачи данных третьего поколения. EDGE иногда называют E-GPRS, так как это по сути расширенная (enhanced) сеть GPRS.

Как и GPRS, EDGE разделяет радиоспектр на временные слоты, однако EDGE сжимает гораздо большее количество данных в каждом из них. Каждый слот при передаче данных с помощью GPRS может вместить около 20 кбайт данных абонента с теоретической пиковой скоростью в 172 кбит/с при использовании восьми слотов одновременно. А EDGE может вместить в один слот 59,2 кбайт, что означает теоретическую скорость 473,6 кбит/с при использовании восьми временных слотов.

GPRS основана на технике модуляции GMSK. EDGE основано на схеме модуляции 8PSK, которая позволяет передавать данные с гораздо большей скоростью. Так как 8PSK используется и в сетях третьего поколения, операторы сотовой связи должны на некотором уровне совместить оборудование, чтобы обеспечить передачу данных на мобильные телефоны третьего поколения.

Задачей EDGE является увеличение скорости потока передаваемых данных и эффективности использования спектра, а также введения использования новых приложений и увеличение емкости беспроводной системы связи. С введением EDGE в системах GSM существующие высокоскоростные системы передачи данных, такие как GPRS и HSCSD, переходят на новый уровень. По сути же эти услуги ни в чем не изменяются.

Так как Товарищество третьего поколения (Third Generation Partnership Project) продолжает развивать стандарты доступа к сети GSM/EDGE (GSM/EDGE radio access network – GERAN), то GERAN, возможно, предложит такие же услуги и для широкополосного CDMA (WCDMA) при подключении к ядру системы.

EDGE применяется в пределах уже существующих технологий без каких-либо нововведений. Скорость GPRS составляет 115 кбит/с и теоретически – до 172 кбит/с на физическом уровне. EDGE позволяет передавать данные с скоростью 384 кбит/с, а теоретически – до 473,6 кбит/с. Новая техника модуляции и передачи с методом исправления ошибок, совмещенные с механизмом адаптации к линии связи, делают такие скорости возможными. Это создает дополнительные возможности по увеличению эффективности использования спектра и использованию дополнительных приложений, таких как беспроводной доступ в Интернет, электронная почта и передача файлов.

16.7.1. GPRS И EDGE: ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗЛИЧИЯ

Независимо от подсистемы стандарта GSM, GPRS обеспечивает пакетную передачу данных в этой сети. Для того чтобы это стало возможным, нужно использовать много новых протоколов и новых узлов.

EDGE предназначен для увеличения скорости передачи данных в сетях GSM. В основном EDGE просто использует новый тип модуляции и новые методы кодирования каналов для передачи пакетов данных и голосового трафика. EDGE является дополнением к GPRS и не может без него работать. Другими словами, оператор сотовой связи не сможет ввести в действие услугу EDGE без предварительного ввода в эксплуатацию GPRS. GPRS является основой для технологии EDGE. Таким образом, оператор сотовой связи может ввести в действие услуги GSM-GPRS-EDGE, но не сможет GSM-EDGE.

GPRS имеет большее влияние на систему GSM, чем EDGE. Путем добавления новой модуляции, кодирования сигнала GPRS и внесения изменений в протоколы радиосвязи EDGE обеспечивает увеличение пропускной способности и емкости сети.

GPRS и EDGE имеют различные протоколы передачи и различное поведение при своей работе. Но в отношении ядра сети GPRS и EDGE имеют те же самые характеристики. Поэтому они воспринимаются системой как одна технология.

Повторное использование существующей инфраструктуры GPRS (узлы, шлюзы) облегчает введение в действие системы EDGE, так как она является всего лишь дополнением к данной системе.

В добавок к тому, что EDGE имеет более высокую скорость передачи данных, она также увеличивает емкость беспроводной системы связи. Один и тот же временной слот может быть использован гораздо большим числом пользователей EDGE, чем GPRS. Это уменьшает количество радиоресурсов, необходимых для передачи одинакового количества трафика, что увеличивает емкость сети для передачи большего количества данных или голосовых потоков. EDGE облегчает использование пакетного и коммутируемого трафика, при этом увеличивает эффективность использования оборудования.

Таким образом, при ограниченной ширине используемого спектра EDGE позволяет увеличить емкость сети и скорость передачи данных.

16.7.2. ТЕХНОЛОГИЯ EDGE

EDGE использует знания, полученные при использовании существующей технологии GPRS, для применения изменений в стандарт. В табл. 16.2 приведены данные, показывающие, какие улучшения сделаны при переходе от GPRS к EDGE.

Таблица 16.2 • Сравнение технических характеристик GPRS и EDGE

	GPRS	EDGE
Модуляция	GMSK	8-PSK/GMSK
Скорость модуляции	270 кбит/с	810 кбит/с
Скорость передачи данных по радиоканалу, один временной слот	22,8 кбит/с	69,2 кбит/с
Скорость передачи данных для пользователя за один слот	20 кбит/с	59,2 кбит/с
Скорость передачи данных за восемь слотов	160 кбит/с	473,6 кбит/с

EDGE может передавать в три раза больше данных, чем GPRS, за одно и то же время. Это основная причина использования EDGE.

Различия между скоростью передачи данных по радиоканалу и скоростью, с которой информация поступает к абоненту, состоит в том, что при передаче данных к абоненту учитываются не заголовки пакетов, а только реально принятые данные. Различия в подсчетах могут вызвать непонимание о действительной пропускной способности GPRS и EDGE.

Скорость передачи данных 384 кбит/с часто используется для обозначения скорости EDGE. Международное объединение телекоммуникаций (International Telecommunications Union) определило скорость 384 кбит/с как скорость, необходимую для Международных мобильных телекоммуникаций–2000. Эта скорость подразумевает передачу 48 кбит информации в каждом слоте при работе терминала с восемью слотами.

Тип модуляции, используемой в GSM,– GMSK, что является одним из типов фазовой модуляции. Для получения более высоких скоростей передачи данных в каждом слоте, чем при использовании GPRS, нужно изменить метод модуляции в соответствии со стандартом EDGE. EDGE определяет повторное использование структуры канала, его ширину, кодирование и существующий

механизм и функциональность GPRS. Стандарт модуляции, выбранный для EDGE,– 8PSK, удовлетворяющий всем требованиям. Каналы EDGE могут быть интегрированы в существующий план повторного использования частот, и новые каналы EDGE могут быть применены точно так же, как и каналы, используемые GPRS. *Кодирование GMSK эффективно только при* использовании очень плохого радиоканала. Поэтому в схеме кодирования EDGE используются оба метода кодирования: GMSK и 8PSK.

Еще одним усовершенствованием, которое может быть использовано в стандарте EDGE, является возможность повторной передачи пакета, который не был корректно закодирован, по улучшенной схеме кодирования. Для GPRS ресегментация не является возможной. Если пакет был отправлен, то он должен быть отправлен повторно при использовании той же схемы кодирования, даже если произошли изменения пути передачи. Это основной недостаток в пропускной способности. Для минимизации риска остановки количество адресов увеличено до 2048, а окон – до 1024. Это уменьшает риск передачи кадров низкого уровня и предотвращает уменьшение пропускной способности.

16.7.2.1. Точность измерения. Как и GSM, GPRS проводит анализ окружающей среды путем определения мощности радиосигнала, количества ошибок и т.д. Выполнение этих измерений занимает время мобильной станции, но никак не отражается на передаче голосового трафика, так как кодирование происходит все время. Но при пакетной передаче данных необходимо, чтобы эти измерения проводились достаточно быстро, для того чтобы можно было произвести адаптацию оборудования под изменения окружающей среды. Процедура анализа канала, использующаяся в GPRS, достаточно сложна, так как интерференция происходит, как правило, во время сильной загрузки оборудования. В результате этого измерения могут быть проведены в течение периода времени 240 мс.

Для EDGE такое длительное проведение измерений неприемлемо. Измерения проводятся при каждой передаче и основываются на количестве ошибок (BEP).

Оцененный для каждой сильной загрузки, BEP отражает текущее отношение интерференции и время дисперсии сигнала, а также скорость абонента, если он находится в движении. Вариации значения BEP обеспечивают дополнительную информацию относительно скорости и частотных замен. Вполне возможно достигнуть достаточно точных измерений BEP.

Для того чтобы выйти на наибольшую пропускную способность радиоканала, EGPRS использует комбинацию двух функциональных возможностей: адаптацию связи и возрастающую избыточность. По сравнению с одной адаптацией связи эта комбинация значительно улучшает работу системы.

16.7.2.2. Адаптация связи. Адаптация связи использует качество радиосвязи, измеренное при передаче сигналов с базовой станции на мобильный телефон и обратно, для выбора наиболее подходящей схемы модуляции для отправки следующего пакета при использовании технологии EDGE. Для исходящих пакетов базовая станция информирует мобильный телефон, по какой схеме должна выполняться передача пакетов.

16.7.2.3. Возрастающая избыточность. Возрастающая избыточность использует схему кодирования, при которой достигается наименьшее количество ошибок при передаче информации и наилучшее качество сигнала. Когда информация принята некорректно, передаются дополнительные коды и затем программно добавляются к уже переданной информации.

Программное добавление похоже на аппаратное, но оно выполняется с помощью программного обеспечения. Программное добавление увеличивает вероятность правильного декодирования информации. Эта процедура будет выполняться до тех пор, пока информация не будет принята корректно.

16.7.3. ВОЗДЕЙСТВИЕ EDGE НА СЕТИ GSM/GPRS

Из-за незначительных различий между GPRS и EDGE воздействие при установке EDGE ограничивается доработкой подсистемы базовой станции. На базовую станцию устанавливается новый приемопередатчик, который может работать с модуляцией EDGE, и новое программное обеспечение, которое содержит новые протоколы для передачи сигнала по радиоканалам между базовыми станциями и контроллерами базовых станций. Само ядро системы GPRS не нуждается в каких-либо модификациях. После проведения этих простых и недорогих изменений сотовая система становится способной передавать пакеты данных EDGE.

16.7.3.1. Требования EDGE. В начале стандартизация EDGE была ограничена работой на физическом уровне и введением новой схемы модуляции. Так как EDGE была по сути развитием существующей системы GSM, то ее требования были соответственные:

- мобильные телефоны с поддержкой EDGE и без нее должны использовать один и тот же временной слот;
- приемопередатчики, работающие с EDGE, и не работающие с ним, должны использовать один и тот же спектр;
- введение EDGE в действие должно осуществляться постепенно.

Так как новых мобильных устройств не так много, было решено создать два класса устройств для поддержки стандарта EDGE: терминалы, которые могли работать с 8PSK только на исходящем канале, и терминалы, работающие с 8PSK на обоих каналах – и входящем, и исходящем.

16.7.3.2. Архитектура EDGE. EDGE не имеет каких-либо особенных отличий в своей архитектуре. Устройство контроля пакетов (PCU) может быть расположено в базовой станции, в контроллере базовой станции, в узле поддержки GPRS и центральном контрольном устройстве, которое всегда находится в базовой станции. Однако контроль передачи по радиоканалу нуждается в управлении со стороны PCU. Поэтому любая задержка между PCU и радиопередающими устройствами затронет и линии связи. Автоматический интервал запросов был увеличен до максимума, что позволило операторам сотовой связи уменьшить риск потери пакетов и оптимизировать работу сети.

16.7.3.3. Выравнивание с WCDMA. Следующим шагом в развитии системы GSM/EDGE является повышение качества обслуживания при пакетной передаче данных и выравнивание по уровню с системами UMTS/UTRAN. Эти улучшения в настоящее время определяются стандартами 3GPP (см. главу 7).

Основанные на высокоскоростных передачах данных EDGE и развитом интерфейсе радиосвязи GPRS, GERAN обеспечивают улучшение для всех классов QoS, определенных для UMTS: интерактивных приложений, фоновых операций, потоковых аудио и видео, голосовых передач. Это позволяет выполнять новые задачи, основанные на мультимедийных IP- приложениях.

Эта часть эволюции GSM/EDGE сфокусирована на поддержке голосовых и потоковых сервисах, так как поддержка фоновых и интерактивных сервисов уже существует. Параллельно с этим осуществляется поддержка мультимедийных приложений, одновременно принимаемых на мобильные телефоны, которые могут иметь различные характеристики QoS. Основанием для такого развития является переход от коммутируемых систем передачи данных к пакетным.

И ядро системы GPRS, и GSM/EDGE нуждаются в модификациях для поддержки расширенных сервисов пакетной передачи данных. Сети GPRS/EDGE могут быстро и эффективно развиться в соответствии с требованиями рынка и выровняться по качеству услуг с сетями WCDMA. Текущая эволюция GSM/EDGE при выполнении всех перечисленных аспектов стандартизируется в 3GPP.

16.7.3.4. Преимущества: емкость и эксплуатационные характеристики. В EDGE применена новая схема модуляции наряду с изменениями в радиопротоколах, что позволяет операторам сотовой связи более эффективно использовать существующие частотные спектры (например, 800, 900, 1800 и 1900 МГц).

Простые усовершенствования существующих протоколов GSM/GPRS делают EDGE более выгодным решением, которое достаточно просто создать в существующей сети GSM. Программные усовершенствования в системе базо-

вых станций позволяют использовать новые техники модуляции. Нужно отметить, что программные усовершенствования возможны лишь в том случае, если радиосвязь базовых станций осуществляется программными методами.

Технология EDGE утраивает емкость GPRS. Введение в действие EDGE позволяет увеличить скорость передачи данных в три раза по сравнению со стандартной скоростью GPRS. Профили GPRS были просто доработаны, что в результате дало увеличенную эффективность использования старого оборудования. Такое увеличение производительности обеспечивает улучшение существующих приложений, а также применение новых, таких как мультимедийные услуги. Кроме того, каждый приемопередатчик теперь способен принимать и передавать гораздо большее количество информации. Обеспечение большего количества услуг с улучшенным качеством увеличит количество абонентов, ими пользующихся.

16.7.4. ПРЕИМУЩЕСТВА EDGE

EDGE и WCDMA – это две дополняющие друг друга технологии, которые вместе обеспечат потребность операторов сотовой связи в зонах покрытия и емкости сетей третьего поколения. Расширение сети GPRS до уровня EDGE выполняется при неизменном используемом спектре, что позволяет устанавливать системы WCDMA. Применение этих двух технологий позволяет обеспечить рынок необходимыми высокоскоростными услугами передачи данных при несущественных затратах на доработку. При применении EDGE операторы сотовой связи могут обеспечить абонентов гораздо большим, чем ранее, количеством беспроводных услуг, выключая беспроводные мультимедийные приложения, электронную почту, Web-информирование и услуги локации как для деловых, так и для обычных абонентов.

EDGE может быть рассмотрена как шаг к сближению систем GSM и WCDMA с одним ядром системы и различными методами доступа, которые незаметны для абонента.

Cingular Wireless запустила первую в мире коммерческую сеть EDGE в июне 2003 года в Индианаполисе. В сентябре 2003 года CSL запустила EDGE в Гонконге. Для того чтобы воспользоваться услугами связи, нужно было использовать сотовые телефоны Nokia 6200 и Nokia 6220, но в будущем количество моделей телефонов должно увеличиться.

Запуск данной услуги компанией Cingular – примечательное событие, так как оно длительное время откладывалось на более поздние сроки. Например, в 1998 году компания Ericsson пообещала, что данная услуга будет запущена в 2000 году. Тремя годами позже AT&T Wireless и Nokia прогнозировали запуск в 2002 году, однако Cingular опередила всех.

16.7.5. СКЕПТИЦИЗМ О EDGE

С началом первого коммерческого запуска EDGE 30 июня 2003 года началась история развития этой технологии. Однако есть скептики, полагающие, что

эта технология не будет иметь успеха. Несмотря на то что EDGE обеспечивает эффективное средство для передачи данных и является практически технологией третьего поколения, она имеет свои недостатки. EDGE является технологией, с помощью которой можно передавать только данные, но не голосовой трафик.

Одной из причин того, что EDGE используется только на четверть, является увеличение нагрузки на линии связи при большой скорости, что негативно сказывается на передаче голосового трафика. Операторы сотовой связи могут ввести в действие все восемь временных слотов против использующихся сейчас двух или четырех, но это отразится на телефонных разговорах.

Это ограничение создает проблему выбора для операторов сотовой связи. Они могут обеспечить абонентов, пользующихся EDGE, скоростью передачи данных намного большей, чем при использовании GPRS, но при этом ограничить абонентов, которые просто разговаривают по телефону. В результате этого некоторые абоненты не смогут дозвониться до собеседника, что не является хорошим выбором, так как телефонные разговоры все еще остаются основным средством общения между абонентами сотовой связи, по крайней мере в США. С другой стороны, операторы сотовой связи могут ограничить количество временных слотов для EDGE, что позволит общаться на более высоком уровне, но в этом случае у тех, кто пользуется EDGE, не будет практически никаких преимуществ перед пользователями GPRS.

Появившись на рынке достаточно поздно, EDGE, возможно, пропустил выгодное время для введения в действие по нескольким причинам:

- первое: EDGE должен захватить другие технологии третьего поколения, такие как CDMA2000 и WCDMA, которые начали входить в использование в 2000 году;
- многие операторы сотовой связи решили переходить непосредственно от GPRS к WCDMA, так как WCDMA имеет гораздо больше преимуществ, лучшую инфраструктуру и доступность устройств. Многие европейские операторы сотовой связи переживают сложные времена, так как введение в действие лицензий 3G предполагает полное использование ресурсов для построения сетей WCDMA. Большинство из них имеют жесткие временные рамки для установки и запуска услуг коммерческого WCDMA, таким образом, они не имеют времени для введения в действие системы EDGE. WCDMA отличается от технологий GSM/GPRS, таким образом, европейские операторы связи имеют время на введение в действие только новых технологий. Некоторые из этих сетей уже используются в коммерческих целях, таким образом, операторам сотовой связи довольно сложно возвращаться обратно к EDGE в то время, как сети WCDMA обеспечивают такую же, если не лучшую, функциональность.

Другим аргументом против использования EDGE является то, что с сентября 2003 года только 50 операторов сотовой связи решили использовать EDGE, большинство из них находились в Америке. Поэтому, по сравнению с GSM, GPRS и WCDMA, EDGE не имеет глобальной ценовой структуры. Это значит, что устройства и инфраструктура будут стоить дороже, и возможностей для ее использования остается все меньше, чем у более широко используемых технологий. Это делает EDGE более близкой к технологии TDMA, чем к GSM. Без поддержки европейских операторов сотовой связи EDGE не сможет занять свою нишу в списке используемых технологий.

Пока доступность устройств EDGE остается все еще ограниченной и даже дефицитной, начиная с того момента, когда была запущена первая коммерческая сеть с EDGE в июне 2003 года. Существует предположение, что EDGE был запущен преждевременно, для того чтобы успокоить критиков. Однако это придало им еще больше уверенности в своей правоте.

Слабая деловая активность? Одним из основополагающих факторов использования EDGE было предположение, что это часть GSM-технологии, которая используется практически повсеместно. Поэтому предполагалось, что EDGE увеличит использование сети GSM и выбор устройств.

Однако этот аргумент утратил свою силу, так как установка системы EDGE проводилась не так широко, как рассчитывали ранее. Хотя 50 операторов сотовой связи и начали запускать в своих сетях сервис EDGE, все же существовало огромное отличие между запусками по договоренности и коммерческими запусками. Время показало, что большинство операторов вместо запуска технологии EDGE предпочли переход к новой технологии WCDMA, которая гораздо лучше в экономическом плане. Другими словами, доходы от использования WCDMA будут гораздо выше. Тем временем технологии третьего поколения, такие как CDMA2000 и WCDMA, уже находятся в широком использовании, поэтому гораздо эффективнее осуществить переход к ним. Кроме этого, хоть 50 операторов сотовой связи и запустили сервис EDGE, остальные 400 операторов по всему миру пользуются технологиями GSM. Поэтому довольно сложно сделать так, чтобы EDGE окупила свои затраты.

Внедрение технологии EDGE не является слишком дорогим для операторов сотовой связи. Например, стоимость установки оборудования EDGE на 15% больше, чем для GPRS, при покупке оборудования у компании Broadcom. Deutsche Bank Securities планировал продажу устройств EDGE по всему миру в количестве 19,2 миллиона штук к концу 2004 года и 61,2 миллиона к концу 2005 года. Для сравнения: для CDMA2000 это количество составляет 134 миллиона устройств к концу 2005 года.

Многие операторы сотовой связи в Северной и Южной Америке имеют сети, работающие во влажной окружающей среде, таким образом, установка

GPRS/EDGE или GSM/GPRS/EDGE не может быть здесь осуществлена, так как у этих операторов недостаточная ширина используемого спектра и недостаточно временных слотов для широкого использования технологии EDGE. Если производители оборудования надеются, что сети EDGE вскоре будут полностью использовать пропускную способность, то им нужно позаботиться о том, чтобы появились устройства, поддерживающие использование всех доступных временных слотов. Реальная скорость передачи данных при использовании EDGE ниже, чем теоретическая (473 кбит/с). Например, Cingular может обеспечить пиковую скорость 170 кбит/с, однако средняя составляет от 75 до 135 кбит/с.

Таким образом, максимальная скорость EDGE больше, чем GPRS, но она не может сравниваться с CDMA2000 1xEV-DO, которая обеспечивает скорость до 500 кбит/с. Однако EDGE может посоревноваться с CDMA2000 1X, которая обеспечивает скорость от 60 до 100 кбит/с.

Проблемы с зоной покрытия. Частично неважная работа EDGE объясняется тем, что эта технология отличается от GSM и GPRS. Например, мощность сигнала в EDGE не является показателем производительности.

Стоимость добавления EDGE к существующей сотовой ячейке изменчива и может определить возможность установки этой технологии. Например, хотя поставщики EDGE заявляет, что стоимость установки GSM/GPRS базовой станции составляет от 1 до 2 долларов на POP, то он предполагает, что оператор связи пользуется оборудованием не старше 1999 года (в зависимости от производителя). Это учитывает модернизацию оборудования, а не программного обеспечения.

Операторы сотовой связи не могут просто так внедрить систему EDGE в ячейку GSM/GPRS и надеяться, что зона покрытия останется такой же. Очевидным решением данной проблемы является добавление новых ячеек для покрытия больших «мертвых зон» и повторителей для малых. Это может быть выполнено при небольших «дырах» в зоне покрытия, когда нужно обеспечить небольшую площадь, но если данной услугой нужно обеспечить большой рынок или несколько рынков, то рентабельность данного проекта может оказаться под угрозой.

Точечный охват уменьшает скорость передачи данных, так как EDGE посылает данные только на нескольких доступных каналах. Таким образом, абонент, находящийся в зоне со слабым сигналом, может просто не принять часть данных потому, что некоторые пакеты потеряются при передаче. Если зона покрытия EDGE неравномерна, то абоненты заметят изменения в пропускной способности.

CDMA2000 является альтернативой EDGE. В противовес EDGE CDMA2000 может быть просто и недорого установлена на отдельном рынке и обеспечить новые высокоскоростные приложения.

CDMA2000 начала использоваться в коммерческих целях с 2000 года и в настоящий момент ею пользуются 60 миллионов абонентов в 71 коммерческой сети по всему миру. Одной из основных причин этого успеха является то, что эта технология может быть быстро введена в действие при низких финансовых затратах.

CDMA2000 предлагает скорости передачи данных большие, чем EDGE, и даже большие, чем WCDMA. С типичной скоростью передачи данных от 60 до 100 кбит/с для CDMA2000 1X и от 300 до 600 кбит/с для CDMA2000 1xEV-DO операторы сотовой связи могут предложить абонентам широкий спектр услуг, таких как видео по запросу, музыка по запросу, видеоконференции, мультимедийные услуги и даже вещание телевизионных передач. В 2004 году компания Verizon Wireless установила сеть CDMA2000 1xEV-DO в Сан-Диего и нескольких других городах.

CDMA2000 не нуждается в использовании нового спектра, таким образом, она является оптимальным выбором для операторов сотовой связи, которые хотят запустить сервисы третьего поколения быстро, но не имеют в запасе достаточного спектра. CDMA2000 предлагает широкий выбор устройств, которые рассчитаны на широкий диапазон пользователей. Например, в октябре 2003 года было представлено 425 моделей сотовых телефонов, предназначенных для использования в сети CDMA, а также PC-карт, которые предназначены для использования в компьютерах, включая 40 моделей для CDMA2000 1xEV-DO. Аппаратов же для работы с EDGE было в два раза меньше. Для операторов, которым нужно запустить сеть третьего поколения и у которых нет времени на разработку новых устройств, CDMA2000 является наилучшим выбором.

Автор в данном разделе вовсе не хотел принизить роль EDGE по сравнению с другими технологиями, а только описал положение, которое в данный момент существует на рынке. Положение это еще раз подтверждает мысль о том, что гораздо выгоднее использовать технологии нового поколения, чем дорабатывать старые.

16.8. Мобильный стандарт IP (Mobile IP)

Mobile IP – это открытый стандарт, разработанный рабочей группой по инженерным проблемам Интернета (Internet Engineering Task Force – IETF), который позволяет абонентам иметь собственный IP-адрес, оставаясь на связи и

продолжая использовать приложения даже в роуминге между мобильными IP-сетями. Mobile IP является масштабируемым, так как основан на обычном IP, то есть любое приложение, способное работать с IP-адресами, будет работать и с Mobile IP.

Число беспроводных устройств для передачи голосового трафика либо данных превышает количество фиксированных устройств. Мобильные коммуникации для передачи данных появляются для поддержки большинства услуг, включая передачу голоса и видео. Другими словами, Mobile IP может работать с VoIP и потоковыми мультимедийными приложениями. Мобильные коммуникации распространяются в сетях третьего поколения и в беспроводных локальных сетях, используя 802.11. Легко предположить, что Mobile IP объединится и с 802.16 WiMAX. Хотя перемещение абонентов могут себе позволить многие системы связи, однако работа с несколькими стандартами остается проблемой. Решением этой проблемы является стандартный прокол Mobile IP.

Управление трафиком в сетях IP похоже на работу обычной почты, где конверт доставляется адресату в соответствии с написанным на нем адресом. Устройство в сети можно найти точно так же – по его адресу IP.

Это становится проблематичным, если абонент посещает соседнюю сеть, где ему присваивается новый IP. В результате этого открытая сессия будет завершена. Mobile IP создан для того, чтобы пользователи мобильных устройств имели всегда один и тот же адрес при перемещении между различными сетями (даже между сетями различных операторов сотовой связи), что разрешит проблему обрыва связи при перемещениях.

Так как функции Mobile IP выполняются на сетевом уровне, а не на физическом, мобильное устройство может охватывать различные типы беспроводных и проводных сетей, поддерживая с ними взаимодействие для выполнения различных приложений. Удаленная авторизация, удаленная печать и передача файлов – это далеко не полный список приложений, которые было бы нежелательно прерывать при пересечении абонентом границ различных сетей. Кроме того, некоторые сетевые услуги, такие, как программное лицензирование и привилегии доступа, основаны на IP-адресации. Смена сетевых IP-адресов может привести к неработоспособному состоянию данных услуг.

Mobile IP имеет три компонента:

- мобильный узел;
- домашний агент;
- инородный агент.

Процесс присвоения Mobile IP имеет три основных фазы:

- *открытие агента* – мобильный узел открывает своих домашних и инородных агентов;

- *регистрация* – мобильный узел регистрируется по текущему местоположению с инородным агентом;
- *тоннелизация* – между домашним агентом и адресатом устанавливается тоннель (между текущим местонахождением абонента и узлом инородной сети) для маршрутизации пакетов к мобильному узлу при его нахождении в роуминге.

Все эти компоненты и фазы работают для совершения процесса стандартизации, чтобы абоненты, находящиеся в роуминге, имели доступ к основанным на IP-адресации приложениям независимо от того места, где они находятся, пересекают ли они границы штатов или страны.

16.9. Протокол беспроводных приложений (WAP)

Хотя все перечисленные протоколы обеспечивают высокую степень мобильности абонента, но все же они имеют довольно низкую скорость передачи данных. Поэтому существует необходимость в протоколе, который бы учитывал скорости передачи данных. Первый такой протокол называется WAP (Wireless Application Protocol). Форум WAP был создан объединением компаний Ericsson, Nokia, Motorola и Phone.com в июне 1997 года. Задачей создателей данного форума являлась разработка стандарта, позволяющего владельцам мобильных устройств небольшого размера иметь доступ в Интернет в любом месте, где бы они ни находились, и в любое время.

Устройства WAP не имеют возможности загружать большие приложения и отображать их на маленьких экранах. Разработка приложений, которые предназначены для маленьких устройств,– основная задача WAP.

При использовании WAP мобильные устройства не нуждаются в наличии полноценного Web-браузера для просмотра содержимого интернет-ресурсов. Вместо этого оператор сотовой связи обеспечивает шлюзы WAP протокола для того, чтобы уменьшить количество данных, пересылая на мобильное устройство только основное содержимое Web-страниц. Это возможно благодаря специальному беспроводному языку программирования (WML или Wireless XML), который добавляется в отправляемые Web-страницы. В результате этого графика, выполненная с высоким разрешением, многословные тексты и объекты подвергаются форматированию, некоторые пропускаются за ненадобностью.

Затем уменьшенная Web-страница передается на беспроводное устройство при использовании протокола UDP и сжатого IP. Использование компрессии позволяет передавать необходимую информацию при небольшой загрузке каналов при максимально возможной эффективности. Вместо типичного

64-байтного пакета передается 15-байтный. Таким образом, на мобильное устройство передается всего лишь 20 байт информации, включая информацию о точке назначения.

16.9.1. СУБПРОТОКОЛЫ WAP

Сбережение полосы пропускания является критичным в мире беспроводных технологий. WAP обеспечивает протоколы, разработанные для минимизации необходимой полосы пропускания, предлагая защищенные соединения при различных транспортных протоколах. Архитектура WAP несложная и распространяется на уровне сетевых моделей ISO. Субпротоколы и их функции следующие.

Окружение приложений WAP находится на самом высоком уровне, и им больше всего интересуются разработчики. Этот уровень содержит основные спецификации устройства, язык программирования скриптов WML и программные интерфейсы телефонных приложений, форматы содержимого, включая графику и управление персональной информацией (Personal Information Management – PIM).

Протокол Wireless Session Protocol – это символичная версия протокола HTTP 1.1, разработанная специально для ограниченной полосы пропускания и позволяющая иметь некоторые задержки во времени доставки.

На операционном уровне работает Wireless Transaction Protocol (WTP), который ограничивает заголовки пакетов. Он поддерживает различные типы сообщений, включая разные типы гарантированных и негарантированных одно- и двунаправленных запросов.

На уровне безопасности работает протокол безопасности, основанный на стандартном уровне защиты, известном как security socket.

Самый низкий уровень содержит Wireless Datagram Protocol, который обеспечивает последовательный интерфейс между различными воздушными протоколами.

Будущее WAP находится под вопросом, так как уже разработано множество других технологий, способных его заменить. Единственным недостатком WAP остается его неспособность отображать сложные страницы на обычном мобильном телефоне или карманном компьютере. Однако в то же самое время уже разработаны многие услуги и технологии, которые имеют совместимость с WAP.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- ◉ В типичной беспроводной системе связи большое количество контрольных каналов остаются неиспользованными.

- IS-95 и IS-136 – это протоколы, используемые для перемещения потоков данных по контрольным каналам в системах телеметрии.
- В области мобильных беспроводных передач информации две наиболее распространенные формы передачи информации – это коммутируемые коммуникации и пакетная передача данных.
- Технология GPRS позволяет пользоваться дополнительными услугам связи всего лишь путем добавления в ядро системы новых сетевых элементов: SGSN и GGSN.
- Для того чтобы начала работать система передачи данных EDGE, нужно внести незначительные изменения в приемопередатчики базовых станций. При этом в ядро системы никаких вмешательств не предполагается.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Основными типами работы с беспроводными данными являются:

a) передача файлов;
b) работа с сессиями сервера;
c) приложения типа запрос–ответ;
d) групповая работа с файлами;
e) доступ к Web-серверам;
f) только a, c и d;
g) только a, b и d;
h) только e.

Какая из беспроводных технологий передачи данных позволяет передавать сообщения длиной в 160 символов?

a) GPRS;
b) WAP;
c) EDGE;
d) Mobile IP;
e) ни один из перечисленных вариантов.

17 Новое поколение сотовых телефонов

17.1. Введение

Сотовые телефоны несомненно облегчают жизнь абонентов мобильной связи, предоставляя широкий спектр различных услуг.

В 2004 году в мире было продано 650 миллионов сотовых телефонов. В первой половине 2004 года только в Америке абоненты проговорили свыше 500 миллиардов минут – 97% всех оплат производились за телефонные разговоры. Таким образом, телефонное общение занимает первое место среди всех предоставляемых услуг.

Небольшое, но постоянно растущее число абонентов мобильной связи использует мобильные телефоны для игр, передачи фотографий на электронную почту и отправки текстовых сообщений. Однако аналитики сотовой индустрии планируют в следующие несколько лет введение в эксплуатацию еще нескольких видов услуг, которые изменят наши взгляды на возможное использование сотовых телефонов.

Мы сможем просматривать более чем 100 телевизионных каналов, находить ближайшие кафе, используя технологию локации, и даже оплачивать покупки, используя технологию Bluetooth.

Это уже происходит в некоторых странах Азии и Европы, где находятся самые быстрые беспроводные сети в мире. В Азии абоненты операторов сотовой связи могут с помощью своих сотовых телефонов найти в сети все – от англо-японского словаря до календаря. Как правило, технологии, появившиеся в Японии или Корее, оказываются доступными для абонентов американских операторов сотовой связи примерно через 18 месяцев. Так, европейцы уже многие годы используют SMS как средство общения, в то время как этот сервис только начинает завоевывать популярность в США. Но это не вина абонентов: многие операторы сотовой связи просто не прилагают никаких усилий для продвижения этой услуги на рынке.

17.2. Сотовые телефоны типа «все в одном»

Сотовые телефоны, производящиеся в настоящее время, могут делать практически все, разве что не в состоянии приготовить кофе. Почти все

популярные электронные приложения и игры интегрированы в телефоны. Это могут быть не просто сотовые телефоны, а устройства «все в одном»:

- mp3-плееры, телевизоры (должны вскоре появиться), цифровые камеры;
- карманные компьютеры, GPS-навигаторы, голосовая почта, автоответчики;
- игровые консоли, пейджеры;
- FM-радио, гарнитура.

17.2.1. Ультрасовременные мобильные новшества, будущее сотовых телефонов

С действительно ошеломляющей скоростью мобильные новшества распространяются по всему миру. Некоторые аналитики утверждают, что в настоящее время мобильными телефонами пользуются более 1,5 миллиарда человек и этот аппарат вполне заменяет им персональный компьютер. Действительно, развитие технологий позволяет создавать устройства, которые вмещают в себя практически все необходимые вещи.

Абоненты мобильной связи в Токио, где имеется наиболее быстрые сотовые сети, используют свои мобильные телефоны для чтения журналов, просмотра телевизионных передач, чтения книг, а также для игр.

Используемые в Германии сотовые телефоны поддерживают сервис, называемый Symbian Dater, который позволяет запрограммировать профиль пользователя в телефон. Когда абонент мужского пола находится на небольшом расстоянии от абонента женского пола (например, в ночном клубе), то происходит сравнение профилей абонентов, и при совпадении настроек телефон начинает вибрировать и показывать видеоролик той женщины, которая подошла по настройкам профиля. Затем происходит сканирование профиля мужчины, после чего производится информирование женщины.

Продажи сотовых телефонов опережают продажи телевизоров, магнитофонов и даже персональных компьютеров (телефонов продается в три раза больше). В настоящее время некоторые сложные модели телефонов имеют производительность компьютеров, продававшихся в 1995 году, потребляя при этом во 100 раз меньше электрической энергии. Однако есть некоторые моменты, в которых развитие телефонов отстает от компьютеров, например клавиатура. Наиболее популярным становится Palm Treo®. Treo 600 имеет небольшую клавиатуру, разъемы для карт памяти и следующие особенности:

- органайзер на основе Palm OS®;
- встроенную камеру и громкоговоритель;
- цветной дисплей;
- четырехдиапазонный мобильный телефон (850, 900, 1800, 1900 МГц);
- доступ к электронной почте с использованием POP3;

- Web-браузер;
- 24 МБ встроенной памяти.

На рис. 17.1 изображен данный аппарат.

Рис. 17.1 • Palm Treo 600

N-Gage производства компании Nokia был выпущен осенью 2003 года и не имеет аналогов по возможности играть в видеоигры. MPx производства Motorola сделан в виде раскладного телефона, однако может открываться как другое устройство, Blackberry. Производство телефона Motorola RAZR началось в конце 2004 года, и он все еще остается самым тонким раскладным телефоном (его толщина составляет чуть больше сантиметра). Во многих отношениях он похож на Treo 600, так как может проигрывать MPEG4-файлы, имеет Bluetooth дальнего радиуса действия, громкоговоритель, цветной экран и, конечно же, цифровую камеру.

При разговоре о том, что мобильный телефон может заменить персональный компьютер, нужно учитывать одну вещь: телефоны становятся все меньше, а люди – нет. Миллионы людей не хотят избавляться от большого экрана, мыши и клавиатуры, променяв их на маленький тонкий телефон. Это просто непрактично.

Единственным выходом из сложившейся ситуации остается разработка телефона с функцией распознавания речи, которая уже присутствует во многих карманных компьютерах. Телефоны еще не достигли вычислительной мощности, позволяющей им распознавать речь, однако закон Мура гласит, что мощность компьютеров удваивается каждые 12 месяцев при неизменной стоимости, а значит, недалек тот день, когда телефон сможет заменить компьютер. Другой помехой на пути телефонов к замене персональных компью-

теров является невысокое время их автономной работы от батарей. Эта технология тоже нуждается в развитии. Уже имеются разработки, которые позволяют с помощью лазера внутри телефона отображать на любой поверхности полноценную клавиатуру, а камера будет считывать ее нажатия.

Инновации в индустрии мобильных телефонов производятся довольно быстро, поэтому данная технология может очень скоро появиться в продаже. Это происходит потому, что индустрия сотовых телефонов не является монопольной. Это хорошо для потребителей, так как ни одна компания не сможет присвоить эти новшества.

Цифровая картография – еще одно приложение, используемое в современных сотовых телефонах. Реальный мир задокументирован, а затем внесен в память мобильного телефона. Благодаря космическим фотографиям, глобальной системы позиционирования, поисковым системам и новым путям поиска информации в Интернете картография в настоящее время находится на достаточно высоком уровне. Это используется в некоторых мобильных приложениях, одно из которых называется Dodgeball. Это приложение позволяет абонентам узнавать о том, что их друзья находятся на расстоянии менее 10 кварталов от них. Корпорация Microsoft создала новое подразделение, называющееся MapPoint, в него входит 150 инженеров (включая многочисленный штат картографов). Они работают в направлении внедрения карт в программные приложения, которые, несомненно, будут востребованы на рынке мобильных устройств.

Кроме этого, на рынке представлены смартфоны, имеющие видеокамеры, GPS-антенны и возможность автоматического подключения к точкам доступа Wi-Fi. Продажи смартфонов составляют только 5% от продажи всех мобильных устройств, однако с каждым годом это число удваивается. Мобильность и встроенные возможности смартфонов приносят им все большую популярность.

Компания Samsung в мае 2004 года анонсировала выпуск сотового телефона, который имеет возможность принимать 40 спутниковых телевизионных каналов. К 2007 году сотовые телефоны будут иметь гигабайтный объем памяти, позволяющий использовать телефон в качестве фотоальбома, музыкального плеера, создав, таким образом, конкуренцию популярному плееру iPod. Сотовые телефоны оснастятся большим количеством памяти и будут иметь гораздо большую мощность для выполнения различных приложений.

Одна из новых дизайнерских концепций называется metaphoring. Она подразумевает то, что мобильный телефон со встроенным mp3-плеером будет пользоваться большим спросом, чем обычный mp3-плеер. Телефон со встроенной камерой также будет более популярен, чем отдельная камера. Последняя модель телефона компании Kyocera имеет встроенную 1,2 мегапиксель-

ную камеру, что составляет серьезную конкуренцию обычным камерам. Округлые формы становятся все более популярными и приходят на смену острым углам. После нескольких лет уменьшения размеров сотовых телефонов намечается обратный процесс – рост размеров, так как для поддержки новых приложений необходимо, чтобы телефоны имели большие экраны.

В разработке находятся сменные хранилища данных и жесткие диски для сотовых телефонов. В будущем планируется оснастить телефон жестким диском размером 80 Гбайт, таким образом, телефон просто не будет отличаться от домашнего DVD-рекордера. Стереозвук, быстрейшие процессоры, высокое разрешение экранов и, конечно же, продолжительное время автономной работы от батарей – в этом направлении работают все разработчики беспроводных устройств связи.

Операторы сотовой связи от использования абонентами всех услуг и функций мобильных телефонов будут иметь все больший и больший доход. Они рассчитывают на абонентов возраста от 18 до 34 лет, так как они пользуются максимальным количеством игр, электронной почтой, видео, фотографиями и другими приложениями, использующими передачу данных.

Ниже представлены некоторые события, связанные с современными сотовыми телефонами:

- NTT DoCoMo представила сотовый телефон, который позволяет расположить его непосредственно на голове абонента. Этот телефон поддерживает хорошую шумоизоляцию и позволяет разговаривать на железнодорожной станции, городских улицах;
- ученые-химики университета Сент-Луиса (St. Louis University) разработали новый тип биологической батареи для сотовых телефонов, которая работает на этаноле (спирте) и его ферментах. Это возобновимый и безвредный источник энергии, являющийся легкодоступным. Разработки велись с 60-х годов, однако коренные изменения произошли в последние годы, когда нашли применение ферментам, позволяющим производить электроэнергию в течение достаточно долгого времени до истощения аккумулятора. Исследовательская группа провела тесты, в которых такая батарея проработала 250 часов при простом пополнении ее водкой, джином, вином или пивом каждые две недели. Это большой прорыв в области электроэнергетики, так как данные источники питания могут проработать около двух лет при пополнении запасов топлива всего лишь ежемесячно. Будут ли производители сотовых телефонов использовать данный источник энергии, зависит от его веса;
- по запросу Motorola были разработаны полимеры, которые по внешнему виду мало чем отличаются от обычного пластика, но после использова-

ния превращается в соль (это понравилось защитникам окружающей среды). Университет Warwick (Англия) помог исследователям разработать покрытие корпуса телефона, содержащее семена подсолнечника, которое будет питать энергией телефон при взаимодействии нитратов и поливинилалкоголя. Это биологически чистый, нетоксичный пластик. Он может быть твердым, а может быть и пластичным на ощупь.

17.2.2. РЕВОЛЮЦИЯ СРЕДИ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ С КАМЕРОЙ

2004 год многие считают годом резкого изменения цен на сотовые телефоны со встроенной камерой, так как именно тогда было продано около 84 миллионов таких телефонов.

Сейчас уже есть телефоны, которые могут проигрывать на экране видеофайлы, воспроизводить объемный звук и переключаться в режим Диснея, в котором на экране отображается логотип улыбающегося Микки Мауса или Гуффи.

Телефоны со встроенной камерой (камерофоны) произвели настоящую революцию в цифровой фотографии. Они дают своему владельцу возможность быстро запечатлеть происходящее событие. Запечатлеть события стало гораздо проще, так как абоненты сотовой связи носят свой телефон практически повсюду.

Однако законы в настоящее время запрещают использование телефонов с цифровыми камерами в некоторых местах. Во многих публичных заведениях вы можете увидеть надписи «No camera phone», запрещающие их использование. Это могут быть залы суда, спортзалы и даже некоторые школы.

Камерофоны – это хорошее изобретение, первые устройства, которые дают абоненту возможность практически сразу же передавать изображения массовой аудитории. В 2004 году не производитель фотоаппаратов, а производитель сотовых телефонов (Nokia) продал наибольшее количество цифровых камер. В 2005 году было продано 420 миллионов телефонов со встроенными камерами – это намного превышает показатели предыдущего года (260 миллионов). Камерофоны достигают своего совершенства, и данная ситуация напоминает ту эйфорию, когда происходило массовое увлечение Интернетом в 90-х годах.

Фотокамеры, встроенные в сотовые телефоны, имеют все большее и большее количество мегапикселей, а это означает, что качество фотографий, сделанных с помощью телефона, с каждым днем улучшается и уже существует возможность для их печати. Мегапиксель (миллион пикселей, наименьших элементов картинки) является единицей измерения качества картинки. Пиксель – это базовая единица, составляющая изображение на экране монитора.

Чем больше мегапикселей содержит камера, тем выше качество получающихся фотографий. В последнее время камерофоны начинают догонять в своем развитии обычные цифровые фотоаппараты, так как в них начинают встраивать такие функции, как уменьшение эффекта красных глаз, автофокусировку и автоспуск.

17.3. Рингтоны

Любить их и ненавидеть. Мы каждый день слышим эти, иногда неприятные и однообразные, звуки. Играют практически любые мелодии, начиная с малоизвестных песенок и заканчивая мелодиями из популярных видеоклипов. Возможно проигрывание как мелодий, так и полноценных звуковых фрагментов. Некоторые из них звучат очень реалистично, а некоторые лишь отдаленно напоминают оригинал.

Рингтоны были очень популярны среди молодежи в конце 90-х годов. Успех рингтонов – хорошая новость для музыкальной индустрии, так как большинство абонентов вряд ли станут тратить свои средства на покупку качественной музыки на CD. Продажа музыки сейчас имеет новые достижения, такие как продажа рингтонов через Интернет. Пользователи, особенно молодежь, видят в рингтонах частицу своей индивидуальности.

Доходы от продажи рингтонов делятся между правообладателями музыки, артистами, исполняющими ту или иную композицию, и операторами сотовой связи. Примерная стоимость закачки одной мелодии колеблется от 60 центов до 2 долларов, при этом стоимость сильно варьируется в зависимости от региона страны. В 2004 году доходы от продажи рингтонов по всему земному шару составили 3,5 милиардов долларов (да, да, милиардов), что для индустрии музыки дало 10% от суммы всех доходов, то есть 32 миллиардов. В США в 2004 году на продаже рингтонов было заработано 375 миллионов долларов. Годом позже это число составило только 18 миллионов. К 2007 году исследовательской компанией IDC планируются доходы до 1 миллиарда долларов.

Многие абоненты операторов сотовой связи могут установить отдельные мелодии и даже фотографии для каждого своего собеседника.

Рингтоны очень популярны в Индии, где за первые 6 месяцев 2004 года каждый десятый абонент мобильной связи обновил музыку своего телефона. Быстро развивающаяся часть мобильного рынка услуг называется реалтоны, где качество воспроизводимой музыки на телефоне практически не отличается от mp3.

17.4. Вирусы для сотовых телефонов

Так как мобильные телефоны все больше становятся похожими на компьютеры, то они являются потенциальными целями хакеров и авторов тех вирусов, которые находятся в Интернете (и в персональных компьютерах некоторых пользователей).

В июне 2004 года группа авторов вирусов, находящаяся где-то в Европе, написала первый вирус-червь, который атаковал сотовые телефоны. Червь Cabir поразил несколько сотен телефонов, работающих под управлением Symbian OS и оснащенных технологией Bluetooth.

Существует еще некоторое количество мобильных вирусов, известных как mobile malware, которые могут поразить мобильный телефон со включенным Bluetooth на расстоянии менее 10 м. Один из таких вирусов называется Lasko.A, он появился в январе 2005 года. Аналитики подтвердили, что код этого вируса основан на коде более раннего вируса, названного Cabir.H. Как и в большинстве настольных компьютеров, вирусы внедряются в системные файлы с расширением .sis. Этот тип мобильных вирусов может привести телефон в полную неработоспособность. Антивирусные компании в России рекомендуют владельцам смартфонов под управлением Symbian OS всегда выключать Bluetooth для того, чтобы обезопасить себя от получения вредоносных кодов. Игры между мобильными телефонами также могут инфицировать телефон. Как только вы начнете открывать неизвестное сообщение, принятое вами по электронной почте, к вам в телефон может проникнуть новый вирус, который сделает с ним все, что угодно.

17.5. Действительно ли это все необходимо?

Как и в любой другой инновации, здесь присутствуют свои преимущества и недостатки. С одной стороны, новое поколение сотовых телефонов имеет множество полезных функций. С другой – новые возможности создают новые трудности. Sprint PCS ищет новых компаньонов в среде IT-индустрии, так как новые мобильные телефоны становятся все более сложными и сильно зависимыми от компьютеров. Они очень сильно зависят от программного обеспечения. Это повышает доходы операторов сотовой связи. Смартфоны воздействуют на услуги связи следующим образом:

- телефонные разговоры абонентов стали примерно в четыре раза продолжительнее;
- оплата телефонных разговоров по всей стране превысила 1 миллиард долларов;

- для тысячи используемых смартфонов необходимо осуществлять поддержку, чтобы продолжался рост их количества на рынке.

Но операторы сотовой связи смотрят на эту проблему оптимистично. Они верят, что осуществят поддержку смартфонов:

- разработают более надежные приложения для телефонов, а абоненты тем временем будут разговаривать все больше и больше и более умело использовать свои телефоны;
- убедят клиентов использовать средства диагностики телефонов;
- будут самостоятельно обслуживать телефоны.

Однако существуют вопросы, на которые, скорее всего, ответит время: не слишком ли много различных функций в одном телефоне? Нужна ли абонентам такая функциональность? Возможно, абоненты от 14 до 34 лет скажут «да», но что скажут остальные?

Не имеет значения, сколько различных задач может выполнять сотовый телефон. Всегда найдутся такие абоненты сотовой сети, которым телефон нужен только для использования его по прямому назначению – для разговоров.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- Новые модели сотовых телефонов, выпущенные в Японии, позволяют абонентам слушать своего собеседника, просто приложив телефон к голове.
- Будущие сотовые телефоны будут оснащаться объемом памяти до 80 Гбайт.
- Рингтоны принесли операторам сотовой связи в Америке 375 миллионов долларов в 2004 году.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Motorola снабдила средствами исследовательскую группу для разработки покрытия сотового телефона, которое состоит из _____ и после использования превращается в нитраты:

a) червей;
b) семян подсолнечника;
c) бактерий;
d) вирусов;
e) ни один из перечисленных вариантов.

18 Деловой мир и беспроводные приложения

18.1. CTIA

Ассоциация сотовых телекоммуникаций и Интернет (Cellular Telecommunications and Internet Association – CTIA) – это основная группа в беспроводной индустрии в США. CTIA поддерживает операторов, работающих как в диапазоне 850 Мгц, так и в диапазоне 1900 МГц. Она работает в качестве компаньона торговой группы Ассоциации индустрии персональных коммуникаций (Personal Communications Industry Association), которая поддерживает начинающих операторов сотовой связи, работающих в диапазоне 1900 МГц, но передает управление CTIA для обеспечения более всестороннего подхода в поддержке беспроводной индустрии в США. Сокращение CTIA используется для обозначения Ассоциации индустрии сотовых телекоммуникаций. Она сменила свое название для того, чтобы наилучшим образом отражать вид своей деятельности и слияние приложений, использующихся в беспроводной индустрии и Интернете.

Операторы беспроводной связи могут стать членами CTIA, что даст им возможность пользоваться выгодами, предлагаемыми этой торговой группой. Выгоды членства в этой группе представляют собой регулярный доступ к сообщениям промышленности относительно выпуска новых типов оборудования, промышленной статистике и контактной информации для других операторов связи, состоящих членами этой ассоциации. CTIA представляет интересы операторов сотовой связи в FCC. Эта группа имеет своих представителей в Конгрессе. Несомненно, эти представители соответствующим образом влияют на выдвигаемые Конгрессом законы, которые могут каким-либо образом помешать развитию беспроводной промышленности. Штабквартира CTIA находится в Вашингтоне, округ Колумбия, и это наилучшим образом помогает им выполнять свои задачи.

18.2. Культурное воздействие и горячие кнопки

Коммерческое предоставление беспроводных услуг связи, доступное как деловым, так и обычным людям, – самая быстро развивающаяся технология в истории. Это суждение основано на том, что к концу 2004 года более 175 миллионов человек в США стали абонентами беспроводных операторов связи.

Кто-нибудь может сказать, в какую сторону изменилась наша жизнь с появлением сотового телефона – в лучшую или в худшую? Наверняка первое... Сотовые телефоны сделали нашу жизнь гораздо более продуктивной. Как часто вы, находясь в магазине, принимали входящие звонки от вашей супруги и она просила прикупить кое-что еще кроме того, что было запланировано ранее? Как часто вы проверяете вашу голосовую почту по дороге на работу, чтобы сэкономить время? Сколько родителей покупают своему ребенку сотовые телефоны, чтобы всегда знать, что с ним все в порядке? Следующие факты доказывают несомненную популярность радиосвязи в обществе:

- дважды в год журнал Consumer Reports приводит сравнительный список, в котором проанализированы беспроводные услуги связи в целом, различные модели сотовых телефонов и сравнение операторов сотовой связи по регионам. Эти анализы позволяют будущим абонентам выбрать *наиболее подходящего оператора связи и модель мобильного телефона*;
- по крайней мере три раза с 2003 года Chicago Tribune опубликовывала статьи, в которых описывались связи абонента с беспроводными услугами и влияние этих связей на общество в целом. Обычно такие статьи описывают ошеломляющий успех, который имеют беспроводные системы среди абонентов. Газеты даже придумали новый термин – «сотовые крики», так как сотовые телефоны используются повсюду и не всегда в спокойной манере;
- все больше и больше людей используют сотовые телефоны и ожидают расширения зон охвата на всей территории США. Некоторые абоненты звонят в справочную службу для того, чтобы узнать, по какому пути им лучше перемещаться, чтобы все время находиться в зоне уверенного приема. В апреле 2004 года один человек взобрался на пик Mt.Whitney в Калифорнии, высота которого больше четырех километров, и не смог удержаться от того, чтобы не позвонить по сотовому телефону,– такой захватывающийся ему открылся вид;
- становится все больше и больше тех, кто смотрит спортивные матчи по телевизору и сообщает об их проведении своим друзьям по сотовому телефону;
- во многих кинотеатрах заранее предупреждают зрителей о необходимости выключить сотовые телефоны, чтобы не нарушать тишину в зале;
- недавнее разрешение на использование сотовых телефонов в полете вызывали некоторое волнение в обществе. Многие люди просили не разрешать использовать сотовые телефоны в самолетах, так как это, пожалуй, единственное место, где от него можно отдохнуть;
- так как телефонные разговоры при движении на автомобиле увеличивают количество аварий на 400%, многие правительства запрещают их ис-

пользование в автомобилях. Например, в Гонконге издали закон, согласно которому водитель, разговаривающий по телефону во время движения, будет оштрафован на 256 долларов. В штате Нью-Йорк издали подобный закон, запрещающий использование сотового телефона в автомобиле без устройства хендс-фри. Это одна из причин, почему эти устройства завоевали высокую популярность среди водителей;

- один из самых часто задаваемых вопросов полицейских, когда они останавливают очередного водителя: «Почему вы разговариваете во время движения по телефону?»;
- многие рестораны в настоящее время являются «зонами без телефона»;
- некоторые элементы одежды имеют специальные карманы для ношения сотовых телефонов;
- многие гимнастические залы и клубы запретили использование сотовых телефонов с камерой в своих помещениях, так как слишком много людей использовали их для сомнительных целей;
- услуга 411 предлагает отслеживание всех абонентов на экране радара. Американский комитет торговли Сената одобрил предложенный национальный сервис отслеживания всех абонентов, однако это отслеживание производится только с согласия самого абонента. В наше время постоянного вторжения в личную жизнь данная инициатива не нашла отклика у операторов сотовой связи. Werizon Wireless однозначно отклонила эту идею. Беспроводная промышленность имеет сведения, что около восьми миллионов абонентов беспроводной связи не имеют фиксированного телефона и не учтены нигде. Многие операторы сотовой связи аргументируют, что абоненты должны иметь свой частный телефонный номер, поэтому федеральные службы не должны иметь списка абонентов, так как они имеют список фиксированных телефонных номеров;
- законодательством объявлен вне закона спам, рассылаемый на мобильные телефоны. Сотовые телефоны являются единственным местом, куда можно занести конфиденциальную информацию;
- не нужно нежелательных загрузок. Интересно посмотреть, как эта проблема теряет свою актуальность, особенно там, где большинство сотовых операторов предлагают своим абонентам подключиться к потоковым видеосервисам, содержащим новости, погоду, биржевые цены и т.д.

Проблема, которая вытекает из всех описанных выше фактов,– это то, что многие из нас являются довольно невнимательными при использовании сотовых телефонов на публике. Это происходит, как будто мы забыли про манеры и весь мир сосредоточен в нашем мобильном телефоне. В большинстве случаев мы пытаемся делать несколько дел одновременно (например, разговаривать во

время вождения автомобиля). Что произойдет, если все будут делать также? Как часто мы видим, что на высокоскоростной трассе кто-то ведет машину слишком медленно либо ведет ее небрежно? Как часто мы слышим громкий чужой разговор, находясь в общественном транспорте? В любом случае нужно надеяться, что повальное увлечение сотовыми телефонами в конечном счете уменьшится и люди будут немного иначе относиться друг к другу.

18.3. Беспроводной взрыв: самый быстрый рост популярности технологии в истории

Рассмотрим некоторые факты, подтверждающие быстрые темпы развития беспроводных технологий:

- только в Соединенных Штатах доход беспроводных операторов связи составляет 10 миллиардов долларов в год;
- существует мнение, что в 2006 году количество мобильных телефонов превысит количество обычных фиксированных;
- в 2003 году TIA (Telecommunications Industry Association) заявила, что расходы на беспроводную связь превысили расходы на проводную;
- в 2006 году запланировано потратить 26% бюджета телекоммуникаций на беспроводные сервисы и инфраструктуру; эти расходы включают вложение средств как в голосовой трафик, так и в передачу данных. В 2007 году планируется, что количество деловых абонентов достигнет 10 миллионов. Эти данные включают как доступ в Интернет/интранет с персональных компьютеров, так и с устройств передачи данных в деловом сегменте;
- в 2006 году планируются затраты на сегменты малого и среднего бизнеса около 135 миллионов долларов. И это только для малого и среднего бизнеса!!!
- общие расходы на беспроводные коммуникации в США в 2004 году выросли на 7,6% и составили 144,7 миллиардов долларов;
- расходы на беспроводные технологии в США на 2007 год планируются в размере 191 миллиарда долларов;
- к 2007 году планируется увеличение количества абонентов беспроводных систем связи до 195,5 миллиона человек;
- доходы от продаж мобильных устройств возрастут от 12,7 миллиарда долларов в 2004 году до 26,3 миллиарда в 2007-м, таким образом, рост составит 4,4% в год;
- в конце 2004 года Siemens установила рекорд скорости при передаче данных на мобильное устройство, которая составила 1 Гбит/с. Для сравнения: беспроводные сети (WLAN) работают только на скоростях 50

Мбит/с. Для того чтобы достичь таких скоростей, Siemens использовала систему интеллектуальных антенн. На рис. 18.1–18.5 показаны графики, отражающие рост беспроводной индустрии в США за последние 22 года.

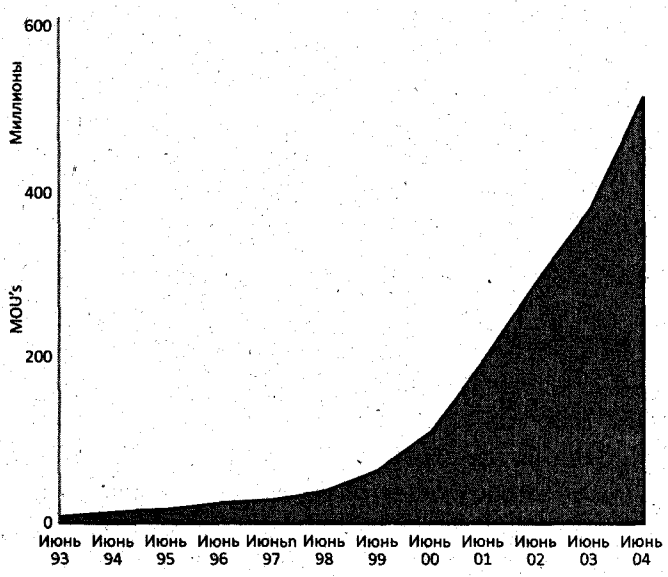


Рис. 18.1 • Суммарное использование времени связи превысило в первой половине 2004 года 500 миллиардов минут, составив ежегодный прирост более 35% (рисунок предоставлен CTIA Semi-Annual Wireless Industry Indices)

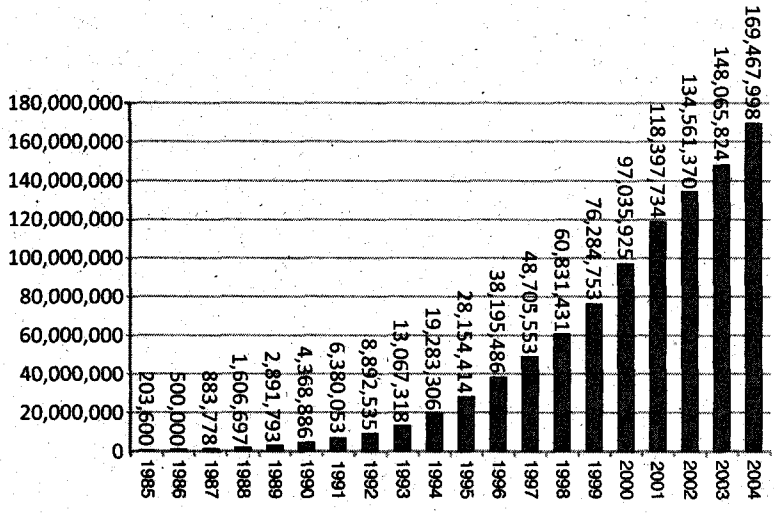


Рис. 18.2 • Рост количества абонентов беспроводных сервисов составил 14,5% в год за период с июня 2003 по июнь 2004 года (рисунок предоставлен CTIA Semi-Annual Wireless Industry Indices)

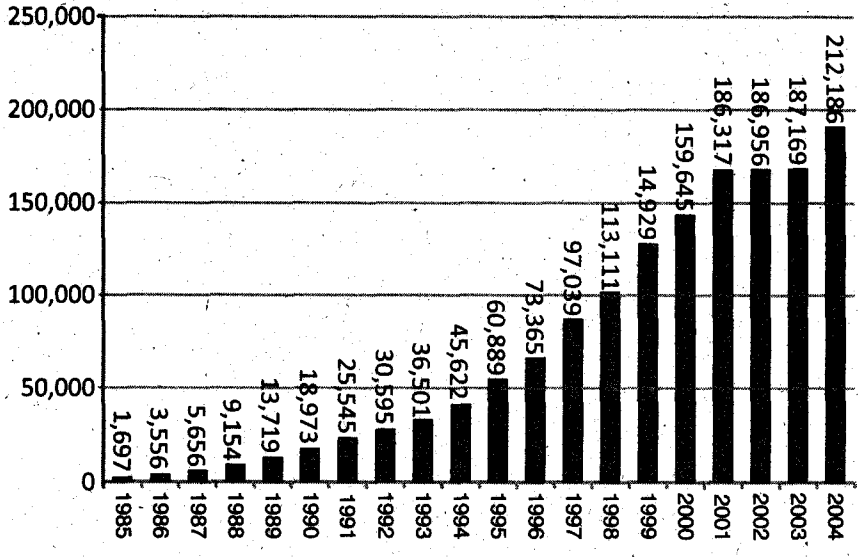


Рис. 18.3 • Использование услуг операторов сотовой связи составило прирост 13,4% за период с июня 2003 по июнь 2004 года (рисунок предоставлен CTIA Semi-Annual Wireless Industry Indices)

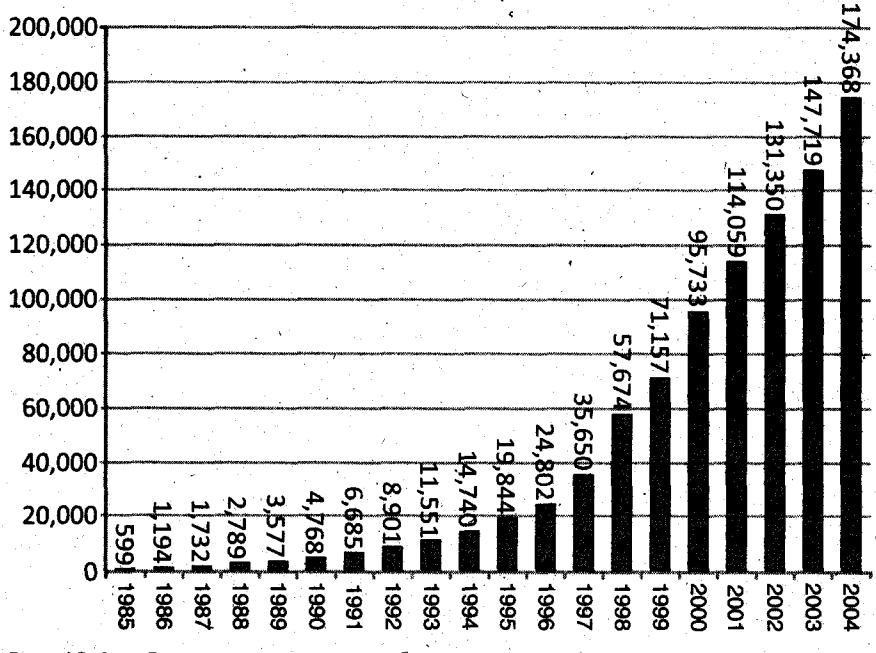


Рис. 18.4 • Рост использования оборудование сотовых ячеек составил 18% в год с 2003 по 2004 (рисунок предоставлен CTIA Semi-Annual Wireless Industry Indices)

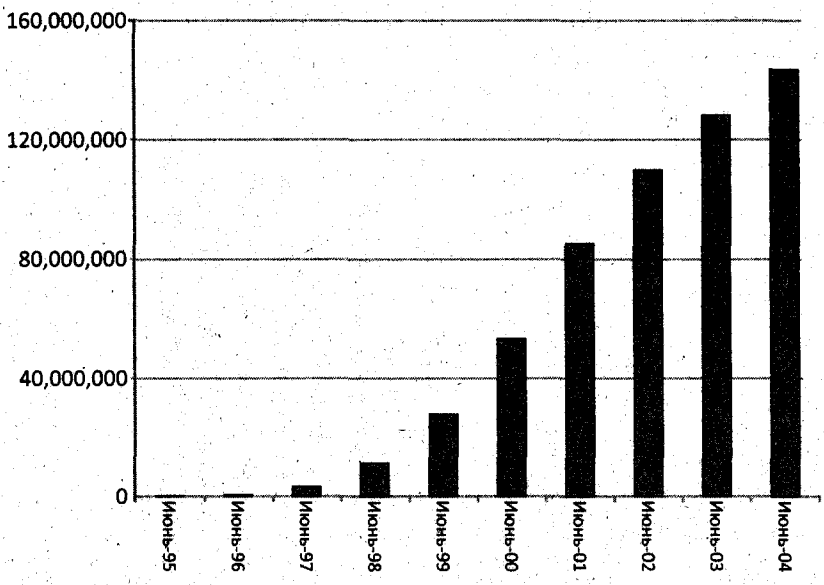


Рис. 18.5 • Рост количества абонентов цифровых сервисов составил 12,3% в год с июня 2003 по июнь 2004 года (рисунок предоставлен CTIA Semi-Annual Wireless Industry Indices)

18.4. Основные двигатели индустрии

В следующем списке представлены основные элементы, которые делают беспроводную связь все более популярной:

- возможность использования широкополосных сетей для любого, кто пожелает к ним присоединиться, особенно к Wi-Fi;
- всестороннее распространение, возможность быть на связи в любой момент в любое время;
- увеличение количества устройств, способных передавать данные;
- все более быстрая интеграция голосовых, информационных и других мультимедийных функций в одном устройстве (например, комбинация карманного компьютера, сотового телефона и цифровой камеры);
- возможность моментального обновления программ;
- возможность использования многих услуг;
- мультимедийные приложения, широко использующиеся в промышленности;
- проектируемая адаптация унифицированных коммуникаций, услуг, где голосовые, информационные и данные факса могут быть доступны и управляемы с любого телефона или карманного (настольного) компьютера;

- дополнение новых технологий, таких как Wi-Fi и VoIP.

18.5. Широкое распространение беспроводных технологий

Беспроводные услуги связи стали столь широко распространяться в США и во всем мире, начиная с середины 90-х годов, что это послужило толчком для предоставления на их основе различных типов услуг. Другим фактором, который привел к столь широкому распространению беспроводных технологий, стало то, что операторов сотовой связи существует великое множество и все они предоставляют примерно одинаковые типы услуг. Таким образом, составить конкуренцию своим оппонентам можно лишь в ценовой политике.

Различные типы услуг являются настолько широко распространенными среди операторов сотовой связи, что единственным фактором для конкуренции остается стоимость услуг. Это относится ко всем видам индустрии, и беспроводные технологии не являются исключением.

Так как большинство сотовых операторов связи предоставляют одинаковые типы услуг, а их абоненты пользуются одинаковыми моделями сотовых телефонов, то единственное средство для привлечения абонентов на свою сторону – стоимость предлагаемых услуг связи.

Единственным недостатком такой конкуренции является то, что сильно снижаются доходы сотовых операторов. В результате этого гораздо меньшее количество средств поступает на обновление и ремонт оборудования, что приводит к невозможности предоставления новых типов услуг. Звучит как «Уловка-22»? Это она и есть. Для того чтобы бороться с этим, FCC пересмотрела используемые спектры в январе 2003 года. До этого времени каждый оператор сотовой связи на каждом сегменте рынка имел не более чем 45 МГц спектра. FCC повысила этот уровень, как думают многие, для слияния и приобретения компаний. Это действительно так (см. раздел 18.8). Кроме этого, происходит рост спектра предлагаемых услуг связи, например появление VoIP. VoIP предлагает достаточно много различных возможностей, таких как поиск абонента, вызов одним нажатием, программные телефоны и т.д. Стоимость услуг данной связи не превышает стоимости сотовых соединений.

Когда начали развертываться сети третьего поколения, появились разнообразные новые услуги, которые привели к быстрому росту доходов операторов связи.

18.6. Замена наземных линий связи

Весной 2001 года Chicago Sun Times выпустила статью, в которой рассказывалось о локальном операторе связи в Иллинойсе, который потерял около 30 000 своих клиентов в течение месяца. Это не ошибка, так как большинство абонентов компании фиксированной связи в возрасте от 18 до 34 лет стали пользоваться услугами операторов сотовой связи. Это произошло по нескольким причинам:

- в 2001 году наблюдался высокий рост широкополосного доступа в Интернет, который главным образом предоставлялся кабельными компаниями и их высокоскоростными модемами. Многие молодые люди не видели причины использовать домашние фиксированные телефоны, так как у них уже имелся выделенный канал в Интернете и сотовый телефон;
- нет причин оплачивать ежемесячные счета за использование домашнего телефона, если большую часть времени им никто не пользуется. Причем при использовании сотового телефона абоненты имеют только один телефонный номер, а не два. Когда они возвращаются домой, все, что нужно сделать, – это поставить сотовый телефон на зарядку;
- большая часть пользователей мобильных телефонов – студенты колледжей, военные или люди, только начинающие свою карьеру. Этим абонентам гораздо важнее всегда находиться на связи и не тратить время на установку нового телефона при смене места жительства и во многих других случаях. Благодаря этим преимуществам сотовой связи телефонные компании фиксированной связи теряют своих клиентов.

Основное отличие, благодаря которому сотовые компании приобретают новых клиентов,– качество обслуживания. Хотя качество связи у операторов сотовой связи гораздо хуже, чем у операторов фиксированной связи, которые развивались почти в течение 100 лет. Отличие в качестве сильно зависит от того, что в беспроводных компаниях соединение осуществляется по воздушным каналам связи и даже лучшие инженеры, работающие в этой области, не могут ничего поделать. Если все абоненты сотовых операторов связи поймут, что качество связи никогда не улучшится, то возможно, они перейдут обратно на использование фиксированных телефонов. Людям нужно понять, что иногда происходящие обрывы телефонных разговоров никогда не прекратятся (например, при передвижении на поезде, в туннелях, при восхождениях на высокие горы). Иногда при разговоре будет слышен шум статики или происходить

изменение тона голоса. Придет ли тот день, когда абоненты перейдут обратно к операторам фиксированной связи? Скорее всего, нет, так как люди пожертвуют качеством связи в пользу свободы передвижения.

18.7. Снижение стоимости междугородних разговоров и разговоров в роуминге

Для того чтобы увеличить конкуренцию, многие операторы сотовой связи исключают оплату роуминга. Если такая тактика хорошо себя зарекомендует, то вскоре совсем не останется оплаты за роуминг.

Основные причины, по которым операторы сотовой связи снижают стоимость междугородних разговоров и разговоров в роуминге:

- привлечение новых потенциальных абонентов. Во многих случаях абоненты переходят от конкурентов;
- многие операторы сотовой связи имеют национальную зону обслуживания, что позволяет более экономично обслуживать своих абонентов;
- уменьшение стоимости не происходит бесследно, так как некоторые операторы могут ввести ежемесячную абонентскую плату за использование возможности звонить по сниженной стоимости.

Для абонентов эти выгоды выражаются в следующем: так как операторы уже сделали этот шаг, вернуться к первоначальной оплате у них уже нет возможности. Другими словами, если оператор сотовой связи после снижения стоимости своих услуг начнет снова поднимать цены, то большинство абонентов перейдут к другому оператору. Это произойдет потому, что на сегодняшний день существует возможность перейти к другому оператору сотовой связи без смены своего телефонного номера. Многие операторы сотовой связи могут пойти на это, так как благодаря слияниям многих компаний на рынке остается все меньше и меньше конкурентов. Другими словами, они могут и не снижать стоимость услуг, так как их абонентам попросту не к кому будет переходить. Практически все операторы сотовой связи получают несомненные прибыли от использования национальных сетей SS7, то есть теперь они могут позволить себе субсидировать эти затраты.

18.8. Слияния, приобретения и правило трех

Спекуляция спектром, когда его по частям продают другим компаниям, неизбежно приводит к слиянию сотовых операторов. Все больше и больше опера-

торов сотовой связи покидают рынок, и вполне возможно, что вскоре останется лишь несколько крупных компаний. Слияние компаний происходило в следующем порядке:

- Cingular приобрела AT&T Wireless и формально закрыла это предприятие в октябре 2004 года. Главный администратор Эд Вайтакр (Ed Whitacre) публично заявил, что его компания с удовольствием приобрела бы и Bellsouth, если бы была такая возможность;
- в декабре 2004 года Sprint изъявила желание приобрести Nextel;
- в январе 2005 года Alltel Mobile заявила о намерении купить Western Wireless;
- Werizon Wireless пока остается одна;
- US Cellular является выгодным приобретением для Alltel Mobile, так как оба этих оператора имеют довольно большие зоны обслуживания и являются конкурентами;
- T-Mobile является американской компанией, работающей на немецком рынке, и также является желаемым приобретением для многих компаний.

В целом, приведенные факты обрисовывают следующую картину: на рынке остаются только четыре крупных оператора сотовой связи с национальными зонами покрытия – Verizon Wireless, Sprint PCS, Cingular и T-Mobile. Ходят слухи, что T-Mobile может стать конкурентом для Sprint в покупке Nextel. Существует мнение, что если T-Mobile приобретет Nextel, то впоследствии Verizon может купить Sprint PCS. Только время покажет, как поведут себя эти сотовые операторы. Слияние позволяет крупнейшим операторам связи работать с большим количеством абонентов, что, конечно же, очень выгодно. Хотя такие слияния не очень выгодны для абонентов, они улучшают эффективность использования ресурсов и экономику. Каждое слияние порождает новое, так как ни одна компания не желает находиться под давлением более крупной. Размер имеет значение.

Такие объединения являются необходимыми для всех компаний. Как упоминалось в разделе 18.5, границы между операторами сотовой связи довольно размыты из-за их постоянной конкуренции. Ни одна компания не сможет работать бесконечно с небольшим числом абонентов. Как и другие крупные компании (автомобилестроительные, производители персональных компьютеров), операторов сотовой связи ждет сокращение до трех, как гласит одноименное правило. В конце 2003 года было шесть основных операторов сотовой связи. В начале 2005 года их осталось только четыре. Вскоре их останется только три.

18.9. Стоимость подключения и средний доход от абонента

Одним из индикаторов стабильной работы сотовой компании является низкая стоимость подключения к услугам связи, известная в других отраслях промышленности как стоимость приобретения услуг. Стоимость подключения – это некоторая сумма, которая переходит оператору сотовой связи при подключении нового абонента для оплаты: исполнительных менеджеров, программ маркетинга, сетевых операторов, службы обслуживания клиента, систем обслуживания информационных технологий и разработки, корпоративной администрации, а также для перечисления средств на развитие сети. Примерная стоимость подключения к оператору сотовой связи в США составляет 350–400 долларов с абонента. Обратите внимание, что во многих беспроводных системах связи эта стоимость снижена для тех абонентов, кто решил воспользоваться услугами связи не в первый раз. Стоимость подключения заносится в статистику и всегда перечисляется в ежегодных декларациях операторов сотовой связи.

Другим финансовым индикатором, который снижает показатель стоимости подключения, является средний доход от абонента (average revenue per point – ARPU). Этот показатель отражает, какое количество средств получает оператор сотовой связи от абонента за месяц. Чем выше этот показатель, тем лучше. Средний доход от абонента сравнивается со стоимостью подключения, таким образом, определяется чистый доход от абонента. Как и стоимость подключения, средний доход часто упоминается в декларациях оператора сотовой связи. К концу 2004 года для многих сотовых операторов доход от абонента составлял 50 долларов. Хорошей новостью для операторов сотовой связи является то, что это число растет. Широкое внедрение услуг на основе технологий третьего поколения должно повлиять на последующий рост этого показателя.

18.10. Стоимость минуты разговора

Стоимость установки одной базовой станции варьируется от 250 до 400 тысяч долларов. Эта сумма зависит от типа используемой цифровой технологии, CDMA, GSM или другой. Она также включает стоимость аренды земли, налоги, защиту, оснащение базовой станции, вышки, антенн и оплату труда рабочим. Высокая стоимость оборудования сотовой сети объясняет, почему так высока стоимость услуг мобильной связи по сравнению с телефонными разговорами по фиксированным линиям связи. Стоимость установки, обслужи-

вания и дальнейшего использования базовой станции огромна. Это особенно заметно для городских районов, где высока плотность населения и необходимо устанавливать как можно больше базовых станций.

Увеличение площади покрытия постепенно прекращается, поэтому снижается стоимость минуты разговора по сотовому телефону. Это происходит потому, что по мере насыщения территории базовыми станциями стоимость установки новой значительно падает. Например, операторы сотовой связи могут использовать уже установленные базовые станции для установки на них своего оборудования. Снижение стоимости установки базовой станции происходит еще и потому, что снижается стоимость оборудования для базовых станций. В конечном счете происходит снижение стоимости использования услуг связи.

Стоимость минуты разговора для абонентов сотовой связи составляет примерно 4–5 центов. Эта стоимость отражает как локальные, так и междугородние звонки. В 1995 году стоимость минуты составляла от 22 до 35 центов. Так как охват услугами связи территории близок к насыщению, это привело к тому, что операторам связи уже не нужно устанавливать новые базовые станции, что в конечном счете отражается на стоимости телефонных разговоров. Такое эволюционное развитие технологий, наряду с увеличением конкуренции между операторами сотовой связи, привело к тому, что беспроводные технологии стали предлагать гораздо больше различных и недорогих услуг, которые стали доступны для больших масс потребителей. Низкая стоимость телефонных разговоров является стимулом для многих абонентов фиксированной телефонной связи переходить на использование сотовых телефонов.

Конкуренция в беспроводной индустрии связи привела к тому, что многие операторы сотовой связи пришли ко мнению о необходимости объединения. Экстремально низкая стоимость телефонных разговоров – это результат конкуренции между операторами сотовой связи. Так как стоимость телефонных разговоров очень низкая, то у операторов сотовой связи просто нет средств на дальнейшее развитие сети, поэтому к 2007 году на рынке останется только три или четыре крупных оператора сотовой связи. Таким образом экономическое «правило трех» действует и для операторов сотовой связи. Вероятнее всего, останутся операторы сотовой связи AT&T Wireless, Sprint PCS и MCI. Также произошло и в индустрии автомобилестроения, когда на американском рынке остались три крупные компании: «Форд», «Дженерал Моторс» и «Крайслер».

18.11. Скорость оттока абонентов (Churn)

Скорость оттока абонентов – это показатель, который характеризует скорость, с которой абоненты отказываются от использования услуг сотовой

связи того или иного оператора. Отток – это термин, применяемый в любой сфере обслуживания, и используется он в том случае, когда клиент разрывает контракт на обслуживание. Существует два типа оттока:

- переход клиента к конкурирующей компании происходит тогда, когда абонент по какой-либо причине перестает пользоваться услугами одного оператора сотовой связи и переходит к другому. Другими словами, я прекращаю пользоваться услугами связи Verizon Wireless и начинаю пользоваться услугами Cingular Wireless;
- абонент по какой-либо причине перестает пользоваться услугами одного оператора, но не начинает пользоваться услугами другого оператора. Такие абоненты вообще не желают пользоваться больше услугами сотовой связи. Такой тип перехода довольно редок, так как беспроводная связь – это такой тип услуги, от которой трудно отказаться.

Таким образом, переходы происходят только в том случае, когда абонент нашел действительно выгодные для себя условия, чтобы отказаться от пользования услугами данного оператора связи. Случаи, когда абонент полностью отказывается от использования услуг сотовой связи, очень редки. Это бывает, когда клиент действительно желает неосуществимого (например, настаивает на том, чтобы все его телефонные разговоры никогда не прерывались, чтобы не было шума статики и чтобы всегда был устойчивый прием сигнала). Все абоненты сотовой связи сталкиваются с этими проблемами и по возможности оповещают операторов сотовой связи о возникающих проблемах. Радио – это динамичная, иногда даже капризная технология.

Для того чтобы привлечь абонентов на свою сторону, нужно предложить им такие услуги, от которых они не смогут отказаться и, что самое главное, конкурирующий оператор не должен предоставлять таких услуг.

18.12. Агенты и торговые посредники

С 1983 года появились новые виды коммерческой деятельности – агенты по продажам операторов сотовой связи. Эти компании покупают у операторов сотовой связи пакеты для подключения услуг по сниженной стоимости. Затем эти пакеты распространяются среди абонентов по завышенной стоимости, причем абонент полагает, что работает с независимой беспроводной компанией. Повышая стоимость, такие посредники должны ориентироваться на стоимость таких же пакетов у других посредников, чтобы поддерживать конкуренцию на рынке. Такие действия выгодны для обоих сторон – как оператору сотовой связи, так и посреднику.

Посредничество является выгодным для каждой из сторон, участвующих в сделке:

- для оператора сотовой связи это выгодно потому, что его пакеты присутствуют в широкой розничной продаже;
- оператор сотовой связи выигрывает еще и потому, что используется гораздо больше минут разговоров;
- абоненты выигрывают потому, что существует гораздо больше точек обслуживания. Это гораздо удобнее, чем единственный офис компании. Например, ближайший офис компании находится на расстоянии в 10 км от дома абонента, а офис посредника – на расстоянии 3 км;
- посредники и экономика в целом выигрывают из-за того, что они предоставляют дополнительные рабочие места, дополнительные точки продаж для операторов сотовой связи, а также из-за того, что вносят свой вклад в экономику в целом.

Легко сказать, кто из посредников работает на данном сегменте рынка, так как они все имеют собственные названия, отличающиеся от названия оператора сотовой связи. Другими словами, они имеют названия типа «Windy City Wireless» или «Areawide Cellular». Но, независимо от названия, они являются посредниками одного оператора сотовой связи – Cingular Wireless.

18.13. Предоплата

В 1995 году исследования показали, что около 25% абонентов сотовой связи пользуются кредитными услугами связи. Основываясь на этой информации, многие операторы связи стремились предоставить такие услуги для абонентов, чтобы снизить для них риск. В соответствии с планами оплаты, абоненты покупали мобильный телефон и некоторое количество минут для разговоров в сети, зависимое от суммы платежа (например, 40 долларов). При этом не нужно предоставления никаких кредитов, чего избегали многие операторы связи.

С некоторыми периодическими интервалами, в зависимости от биллинговой системы оператора связи или в зависимости от количества средств на счете абонента, происходило его уведомление о том, что нужно пополнить счет. Абоненты просто получали сообщения об этом на свои мобильные телефоны.

Система предоплаты имеет свои преимущества. Первое, операторы сотовой связи обслуживают своих абонентов без какого-либо риска для себя. Второе, такая система хороша для тех абонентов, кто имеет достаточно средств на счету и желает отслеживать их расходы.

18.14. Собственники беспроводного рынка связи

На рынке беспроводной связи периодически происходят покупки и продажи. Они включают в себя целые кластеры рынка и их части. Когда кластер продается или покупается, то причиной этого становится желание оператора сотовой связи иметь полную региональную или национальную зону обслуживания. Все покупки и продажи должны происходить с одобрения FCC. Существуют свои преимущества и недостатки в продаже рынков между операторами связи.

Основное преимущество – это то, что оператор сотовой связи имеет возможность построить свой собственный внутрирыночный кластер. Запомните, что кластер – это географически разделенные зоны, собственником которых является один сотовый оператор связи. Плюсы в увеличении кластера рынка состоят в том, что оператор связи может достигнуть преимущества в данном районе, сэкономив немало средств на конфигурации сети и системных операциях.

Однако существует один недостаток: при покупке нового кластера оператор сотовой связи покупает и все оборудование, которое в нем находится. Предыдущий владелец мог не очень хорошо относиться к инженерному построению сети. Поэтому, возможно, придется провести огромное количество работ по реконфигурации сетевого оборудования или его обновления. Эти действия могут отнять много времени на проведение новых исследований и, возможно, крупных капиталовложений на покупку и обновление сетевого оборудования. Однако тот, кто приобретает кластер, перед покупкой всегда оценивает все плюсы и минусы данного приобретения и, конечно же, учитывает затраты на покупку и установку нового оборудования. Переоборудование сети и переобучение персонала могут потребоваться в том случае, если приобретаемая сеть содержит типы сетевого оборудования, отличные от остальных сегментов рынка, которыми владеет оператор сотовой связи. Приобретение нового оборудования, чтобы оно соответствовало по своим характеристикам остальному оборудованию, которым владеет оператор сотовой связи, может быть довольно накладным.

Другим недостатком является то, что предыдущий владелец кластера мог состоять не на лучшем счету у местных компаний фиксированной связи и у других компаний:

- возможно, существуют плохие объединения с местными телефонными компаниями фиксированной связи;
- возможно, были подписаны нежелательные договоры на аренду зданий, башен.

18.15. Беспроводные приложения

Можно быть уверенным, что больше всего в беспроводной индустрии используются телефонные разговоры, по крайней мере в США. США всегда сложно адаптировались к различным нововведениям в области беспроводных услуг связи, например даже к коротким сообщениям, SMS. В то время как, например, в Финляндии абоненты использовали все возможности мобильных телефонов, даже в качестве электронных бумажников для оплаты чего-либо в торговых автоматах. Такой тип расчета появился в США только в 2005 году.

Природа имеющихся сегодня беспроводных услуг требует наличия нескольких основных атрибутов, которые послужат толчком для адаптации к новым приложениям, особенно тем, которые основаны на системах связи третьего поколения 3G. Здесь перечислены все предпосылки для ввода в действие новых типов услуг:

- первая из них – это мобильность. Операторы сотовой связи должны обслуживать клиентов постоянно вне зависимости от их местоположения с достаточно устойчивой и надежной связью. Другими словами, не должно быть пропущенных вызовов;
- возможность, позволяющая абонентам совершить телефонный звонок именно тогда, когда это нужно, независимо от их местонахождения и без дополнительных длительных сессий по входу в систему. Другими словами, услуги должны предоставляться примерно по той же схеме, что и при использовании DSL или обычного модема;
- и наконец, локализация, позволяющая абонентам получать услуги связи в соответствии с их текущим местонахождением (технология локации).

Комбинация этих характеристик обеспечивает широкий выбор мобильных приложений для абонентов сотовой связи.

В основном приложения должны быть разделены на две категории: делового сегмента и потребительского. Это могут быть следующие приложения:

- коммуникации: электронная почта, факс, унифицированные сообщения, доступ к Интернет/интранет (деловые);
- дополнительные услуги: информационные, игры (потребительские);
- электронная коммерция: розничная продажа, продажа билетов, банковские операции, финансовые операции (деловые и потребительские);
- приложения на основе местоположения абонента: навигация, условия передвижения, расписание движения транспорта, поиск локации (потребительские);
- исходящие приложения: грузовые поставки, управление парком, автоматизация продаж;
- реклама (потребительские).

Приложения можно разбить на две крупные категории:

- приложения, позволяющие абонентам получать доступ к сетевым коммуникационным услугам, таким как информирование или отправка сообщений;
- приложения, к которым абонент получает доступ, но они управляются оператором сотовой связи (например, потоковое видео).

18.15.1. ЭЛЕКТРОННАЯ ПОЧТА И ДОСТУП В ИНТЕРНЕТ

Электронная почта в мобильных сетях может быть выполнена в двух видах. Возможно сделать так, чтобы сообщения электронной почты приходили непосредственно на телефон абонента, либо абонент может иметь свой электронный почтовый ящик на сервере оператора связи или любой другой почтовой службы в Интернете. В последнем случае на телефон абонента будет приходить уведомление о том, что получено новое письмо. Уведомление будет содержать несколько первых строк письма и информацию об отправителе, а также дату, время и тему. Кроме этого, возможно использование факса.

Корпоративная электронная почта. Для большинства офисных служащих важно поддерживать связь с офисом даже тогда, когда они не имеют возможности использовать персональные компьютеры. Устройства с поддержкой GPRS более широко распространены в корпорациях, таким образом, абоненты могут получать электронную почту с помощью этого сервиса путем доступа в Интернет со своего мобильного телефона.

Электронная почта в Интернете. Сервисы электронной почты в Интернете могут быть доступны с помощью шлюзов, которые принимают и хранят сообщения электронной почты. В случае услуг шлюзов платформы беспроводной электронной почты просто переделывают сообщения из вида SMTP (Simple Mail Transfer Protocol – протокол передачи электронной почты в Интернете) в форму SMS, которое затем отправляется для дальнейшей обработки в сервисный центр SMS. В случае использования услуг электронных почтовых ящиков сообщения сохраняются и абонент получает об этом уведомление на свой мобильный телефон. Получив доступ в Интернет с помощью компьютера или GPRS, абонент может прочитать это сообщение целиком.

Доступ в Интернет. Поскольку количество абонентов становится все больше и больше, приложения в основном перемещаются в Интернет. Интернет становится уникальным средством для доступа к корпоративной информации, так же как и для других сервисов и доступа к информации.

18.15.2. ДОСТУП В ИНТРАНЕТ

Первый уровень, позволяющий абонентам связываться с офисом,– электронная почта, факс, голосовая почта, которые используют унифицированные

системы сообщений. Все большее количество информации корпоративных сетей становится доступными для общего использования, однако они защищены от неавторизованного использования с помощью брандмауэров и защищенных тоннелей в виртуальных частных сетях (VPN).

18.15.3. УНИФИЦИРОВАННЫЕ СООБЩЕНИЯ

Унифицированные сообщения – это приложения, основанные на существующих сегодня сетях VoIP. Они используют единый почтовый ящик для всех сообщений, включая голосовую почту, факсы, электронную почту и SMS. Различные почтовые ящики доступны из одного места – одного портала, системы унифицированных сообщений обеспечивают различные методы доступа для получения того или иного типа сообщения. Кто-то будет использовать системы преобразования текста в голос для чтения электронной почты, другие получат факсы с помощью обычной телефонной линии. Большинство предпочтет получить доступ к полученной информации с помощью Интернета. Доступ может быть получен самыми различными способами.

18.15.4. УСЛУГИ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ СТОИМОСТЬЮ

Услуги с дополнительной стоимостью предлагаются операторами сотовой связи абонентам, чтобы увеличить доходы от использования услуг связи. При использовании услуг с дополнительной стоимостью часто употребляются два термина: push и pull, которые объясняются следующим образом:

- *push* – относится к передаче информации в определенное время либо при других условиях. Этот термин можно применить для таких услуг, как рассылка новостей или изменений стоимости бумаг на бирже;
- *pull* – означает предоставление данных по запросу абонента в реальном времени (например, запрашиваемые котировки ценных бумаг либо заголовки последних новостей). Предоставление потокового видео может попадать под каждую из этих категорий.

Для того чтобы быть ценными для абонентов, содержимое услуг push/pull должно иметь следующие характеристики:

- в принимаемой абонентом информации должны содержаться данные, предназначенные для данного абонента: биржевые новости, сфокусированные на акциях данного абонента, или приложения электронной коммерции, включающие профиль пользователя с персонализированной информацией;
- содержимое должно быть основано на текущем местоположении абонента, которое включает карты, поиск отелей или обзоры ресторанов (это содержимое основано на технологии локации);

- удобство предоставляемой услуги, чтобы абонент мог легко ориентироваться в информации, выведенной на экране;
- актуальность предоставляемой информации, где необходимы точные величины всех требуемых курсов ценных бумаг.

Перечислим некоторые из этих дополнительных услуг:

- *Электронная коммерция.* Это проведение деловых сделок и соглашений с помощью Интернета или любого другого сервиса по передаче данных. Здесь должны быть представлены только те приложения, на использование которых заключен контракт типа покупки товаров или услуг. Эти услуги также предоставляют возможность банковских расчетов, так как имеется возможность пользовательской аутентификации и безопасной передачи данных, таких, например, как номер банковского счета.
- *Банковское дело.* Для многих банков выгодно сделать так, чтобы клиенты могли осуществлять расчеты без непосредственного присутствия в помещении банка. Это можно сделать с помощью существующих средств электроники. Некоторые банковские операции можно осуществить с помощью беспроводного соединения: проверку состояния счета, перечисление средств между счетами, оплату счетов, а также блокирование счета. Федеральный Резерв заявил, что в 2004 году впервые в истории электронные денежные операции превысили стандартные на 7,8 миллиарда долларов. Транзакции с помощью беспроводных коммуникаций выросли с 4 до 7% с 2002 по 2005 год. Все более широкое использование мобильных средств связи только увеличит количество данных операций.
- *Финансы и торговля.* Скорость, с которой финансовые операции и покупки могут быть совершены в Интернете, сделала этот вид приложений очень популярным. При обеспечении возможности покупки абонентами и обеспечении необходимого уровня безопасности эти сервисы стали очень популярными среди абонентов беспроводной связи.

18.15.5. ПОТОКОВОЕ ВИДЕО

Потоковое видео становится все более и более реальным. Одни видят прямую необходимость в осуществлении беспроводного телевизионного вещания на мобильные телефоны, другие все еще обдумывают этот вопрос. Иными словами, эта технология нуждается в поиске своих потребителей. Результаты опроса, проведенного журналом Wireless Review, показали, что большинство абонентов будут не против просмотра телевизионных передач на своих мобильных телефонах:

- 26% – не заинтересованы;
- 27% – не очень заинтересованы;
- 32% – заинтересованы;

- 9% – сильно заинтересованы;
- 5% – очень сильно заинтересованы.

Может быть, телевидение уже так прочно присутствует в нашей жизни, что мы хотим просто обладать возможностью в некоторых случаях иметь к нему доступ? Мы же не будем смотреть его 24 часа в сутки. Посмотрев на результаты опроса, можно предположить, что потоковое телевидение нужно тем, кто покупает новые телефоны для того, чтобы выделиться из толпы.

Однако аналитики упорно твердят о будущем мобильного видео, даже если оно не будет играть никакой роли. Некоторые аналитики предвещают, что в глобальном масштабе доходы от мобильного видео составят около 4,6 миллиарда долларов в 2008 году, с учетом продаж мобильной музыки 2,2 миллиарда. Но эти числа учитывают как загруженное, так и потоковое содержимое, причем потоковое составляет наименьшую часть. Предоставление мобильной потоковой мультимедийной информации должно производиться с ограничениями. Одним из наиболее часто используемых в мире видов мобильного контента является музыка. Но нельзя говорить о ней как о потоковом вещании. Использование потоков или прогрессивной загрузки (псевдопотоков) в мобильных телефонах должно производиться подобно радиовещанию. Это становится очень популярным в Европе. Однако вещание музыкальных потоков на мобильные устройства остается исключением, а не правилом.

Существует два типа передачи информации между беспроводными устройствами. Первое – однонаправленные услуги, когда информация передается от оператора связи к абоненту. Второе – передача данных между мобильными устройствами. Каждый из этих сервисов может использовать, а может и не использовать потоковое вещание.

Мобильное телевидение, названное MobiTV, доступное для абонентов Sprint и AT&T Wireless (в настоящее время Cingular), является наилучшим примером однонаправленной услуги. MobiTV использует потоковую технологию для передачи абонентам коммерческих телевизионных программ, таких как новости, спортивные передачи и прогнозы погоды. MobiTV передает кабельные и другие телеканалы на мобильные устройства. По подсчетам In-Star/MDR, количество абонентов, пользующихся данной услугой в начале 2005 года, составило 175 миллионов человек, что принесло доходы операторам в количестве 273 000 долларов. К концу 2005-го планируется доход в 1 миллион долларов и 22 миллиона к 2009 году.

Что касается музыки, то она не составит конкуренции потоковому видео. Cinema Electric создала оригинальные сборники видео и другой информации, которую абоненты могут загрузить в качестве рингтона или заставки. Эта компания предоставляет восемь каналов, которые называются Electric

Catwalk, Movie Messages, Pocket Girls, Sports Action. Видеоклипы занимают обычно не более 90 кбайт. RealNetworks предоставляет новости, спортивные новости, рекламные ролики фильмов и прогнозы погоды с помощью потокового вещания по требованию на мобильные устройства Sprint PCS и AT&T в виде коротких клипов (раньше, чем их покажут по обычному телевидению).

Двунаправленное видео между абонентами может и не быть потоковым. Видеосообщения могут быть переданы абонентам с помощью службы мультимедийных сообщений (MMS). Она позволяет абонентам создавать, отправлять и принимать сообщения, содержащие текст, аудио, графику и видео. Собщение может быть выполнено в виде фотографии с подписью.

Операторы сотовой связи должны отделить технологии от услуг. Некоторые услуги имеют разнообразные технологии оценки. Например, вы можете просмотреть небольшую часть потокового видео за скромную цену, но чтобы просмотреть видео целиком, вам нужно оплатить гораздо больше (то есть 2 доллара вместо 50 центов).

Владельцы хранилищ данных могут увидеть в потоковых услугах недостаток в том, что абоненты, принимая информацию, не могут ее сохранить. Кроме этого, владельцы информации требуют от операторов связи около 30% дохода от распространенной информации. Таким образом, владельцу информации достается меньшая часть доходов от распространяемой информации.

Многие промышленные аналитики высказывают мнение, что услуги потокового двунаправленного видео развиваются слишком слабо – наряду с другими мобильными технологиями. США вообще задерживаются в развитии сотовой связи, так как американцы в своем большинстве предпочитают только телефонное общение. Как и в остальных беспроводных технологиях, только время покажет, как будут развиваться потоковые мультимедийные услуги связи.

18.15.6. УСЛУГИ НА ОСНОВЕ ЛОКАЦИИ, ТЕЛЕМАТИКА

Услуги на основе локации абонента предоставляются как информационные сервисы связи – push и pull. Примеры включают местонахождение ресторанов, дорожных путей и новостей района. Эта технология также включает различные приложения по удаленному управлению работой и отслеживанию автотранспорта.

18.15.7. ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ БИЗНЕСА

В мире мобильных технологий приложения могут использовать архитектуру беспроводной сети для поддержки выполнения специфичных задач. Примерами таких приложений могут служить:

- *коммерческая поддержка* – управление информацией о продукте и удаленный заказ товаров. Детали могут содержать информацию о наличии продукта на складе;

- *диспетчерское управление* – этот вид деятельности может осуществляться на основе локации и планирования или передачи необходимой информации для обеспечения работы. Например, этот тип приложений может быть использован в фирме создания искусственного ландшафта или в конструкторской фирме;
- *управление парком* – контроль за парком автомашин осуществляется в виде отслеживания прибытия и убытия, а также в виде планирования расписаний на основе локации;
- *доставка пакетов* – отслеживание пакетов для обратной связи и контроля выполнения передачи.

18.15.8. РЕКЛАМА

Реклама представлена в виде информационных сервисов push. Рекламирование можно предложить абонентам для того, чтобы снизить стоимость пользования услугами связи. Например, рекламу можно сделать чувствительной к локации. К примеру, когда абонент входит в аллею, то он может получить рекламное сообщение об этой аллее.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- Потоковое видео еще не нужно абонентам, так как они в своем большинстве пользуются привычными услугами связи. Поэтому запуск этого сервиса может оказаться безуспешным.
- Отток абонентов – это процесс, при котором абонент одного оператора сотовой связи перестает пользоваться его услугами и переходит к другому оператору сотовой связи.
- В 1995 году исследования показали, что примерно около 75% потенциальных абонентов связи попадают под категорию кредитных пользователей.
- Основным преимуществом приобретения сегмента рынка является то, что новый оператор сотовой связи приобретает уже готовую систему с установленным оборудованием.
- Услуги сотовой связи становятся все более популярными, так как многие молодые люди находят, что пользоваться фиксированными телефонными системами не имеет смысла, так как у них есть мобильные телефоны и кабельные модемы.
- Одним из финансовых показателей стабильной работы оператора сотовой связи является стоимость подключения.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Какая из следующих аббревиатур обозначает средний доход от одного абонента за месяц?

a) CPU;
b) RAM;
c) ARPU;
d) CFS;
e) ни один из перечисленных вариантов.

Журнал Wireless Review опубликовал итоги опроса, в котором абоненты проявили наименьший интерес к:

a) услугам на основе локации;
b) потоковому аудио;
c) услугам push;
d) мобильному телевидению;
e) ни один из перечисленных вариантов.

19 ESMR и Nextel

19.1. Введение в SMR

SMR (Specialized Mobile Radio) – этот сервис специализированного мобильного радио был создан FCC в 1974 году для операторов связи, обеспечивающих двунаправленную радиосвязь для общественной безопасности, транспортировки грузов и строительства. SMR обеспечивает радиосвязь на основе технологии push-to-talk (нажми и говори) для компаний со многими транспортными средствами. Этот сервис обеспечивает голосовую связь, передачу данных и мобильный телефонный сервис, однако SMR имеет ограничения на использование роуминга. RAM и ARDIS – это беспроводные услуги связи, которые лицензированы в диапазоне частот SMR. Абонент SMR может звонить на телефоны коммутируемых компаний точно так же, как и абонент сотовой связи.

Системы SMR традиционно используют один большой передатчик, который обслуживает большую территорию подобно мобильному телефонному сервису (mobile telephone service – MTS) и улучшенному (improved) IMTS. Эта связь должна иметь ограниченное количество абонентов, так как в данный момент времени на выделенной частоте (канале) может разговаривать только один абонент.

Системы SMR могут работать на частотах 806–821 и 851-866 МГц.

Количество частот, разрешенных для использования системами SMR, мало по сравнению с сотовыми и персональными системами связи, поэтому большинство таких операторов связи уже остались в прошлом. Так как по своей природе сообщения являются довольно короткими, то система SMR может обслуживать большое количество абонентов, которые общаются с помощью сообщений, а не обычного разговора.

19.2. Переход к улучшенному специализированному мобильному радио (ESMR) корпорации Nextel

В 1987 году новая компания Nextel начала революцию на рынке SMR. Первоначально известная как Fleet Call, Nextel приобрела радиоспектры в шести

крупнейших SMR регионах в США: Лос-Анджелесе, Нью-Йорке, Чикаго, Сан-Франциско, Далласе и Хьюстоне. В начале 90-х годов Nextel собрала большую часть лицензий SMR, что в конечном счете дало ей практически национальную зону покрытия.

В апреле 1990 года Nextel уведомила FCC, что на своих шести сегментах рынка она собирается построить новую систему ESMR. Система ESMR будет состоять из нескольких маломощных передатчиков, что позволит добиться повторного использования частоты, как это используется в сотовых системах связи. В результате появится новая сеть, подобная сотовой, которая будет открыта как обычным потребителям, так и деловым абонентам. Nextel также планировала создать эту систему на основе цифровой технологии TDMA, что в несколько раз увеличило бы емкость сети. В феврале 1991 года FCC одобрила запрос Nextel, и первая мобильная цифровая сеть начала работать в Лос-Анджелесе в августе 1993 года.

Nextel быстро развивалась в 90-х годах, составив серьезную конкуренцию традиционным операторам сотовой связи, работающим в диапазонах 850 и 1900 МГц. Nextel делала большие шаги, по сравнению с конкурентами, в предоставлении услуг, маркетинговой стратегии и, что наиболее важно, в предоставлении возможности передачи информации. Nextel стала компанией, развившейся путем объединения многих малых компаний.

Nextel стала первой компанией, создавшей национальную сеть и включившей в свои услуги междугородние звонки. Это были первые звонки в роуминге, и они оплачивались посекундно. Это единственный оператор, который предоставляет услуги связи в национальном масштабе.

Nextel добилась крупных успехов, столкнувшись с техническими проблемами, связанными с переполненным рынком конкурентных операторов сотовой связи.

Услуги, предоставляемые Nextel, находятся на том же уровне, если даже не выше, чем у конкурирующих компаний. Они включают Web-сервисы, пакеты услуг по мобильной передаче данных, например загрузку мелодий для сотового телефона. Существует возможность различной оплаты: оплатить ежемесячно 100 SMS либо оплачивать каждое отдельно. При этом существует возможность отправлять сообщения, содержащие текст, изображения и/или аудиосообщения.

19.3. Технология iDEN

Другим фактором, отличающим Nextel от остальных операторов сотовой связи, кроме того, что она работает в своем уникальном спектре, является ис-

пользование собственности компании Motorola – цифровой беспроводной технологии, известной как интегрированная цифровая расширенная сеть (Integrated Digital Enhanced Networks – iDEN™).

Впервые упомянутая в 1994 году, разработка Motorola iDEN привнесла новые решения для различных мобильных деловых приложений на рынке сотовой связи. iDEN объединяет функциональность двунаправленного радио, цифровых сотовых технологий, сервиса сообщений с уведомлением и системы передачи данных в одном.

iDEN – это TDMA-технология, позволяющая создать до шести коммуникационных путей на одном радиочастотном канале.

iDEN использует векторные суммирующие вокодеры с линейным предсказанием (Vector Summed Excited Linear Prediction – VSELP). VSELP использует программное сжатие, которое преобразовывает большие сегменты голосового трафика в небольшие сегменты (пакеты). Это увеличивает эффективность использования каналов за счет того, что уменьшается время на обслуживание одного разговора. При использовании коэффициента сжатия 1 к 6 каждые 90 мс разговора сжимаются до размера 15 мс голосового пакета. В течение разговора качество звука может быть улучшено до степени сжатия 1 к 3. В этом случае вместо одного временного слота используются два, что улучшает качество и тональность голоса. Чтобы избежать ошибок при передаче пакетов, VSELP использует прямую коррекцию ошибок (Forward Error Correction – FEC). FEC добавляется в сигнал VSELP, что позволяет избежать ошибок, которые возникают при передаче сигнала по воздуху. Эта коррекция позволяет повысить качество сигнала, даже если происходит сильное ослабление либо интерференция. Использование VSELP и FEC позволяет добиться хорошего качества сигнала при разделении его на шесть путей на одном канале.

Уникальными атрибутами Nextel (iDEN) является использование распределенного радио, за счет чего существует возможность использования сервиса push-to-talk, который предоставляется только Nextel. Nextel относится к этой функции, как к Уоки-Токи. Эта услуга называется в самой Nextel «Direct Connect®» и дает компании некоторое преимущество, так как такую возможность предоставляет только она. В 2003 году Nextel объявила о возможности использования технологии Direct Connect в национальном масштабе без каких-либо дополнительных наценок. Когда абоненты Nextel используют эту технологию, то их телефоны Motorola Nextel издают характерное щебетание после каждой передачи, поэтому такие передачи стали известны, как «щебетание». Абоненты Nextel могут использовать Direct Connect для общения как

парами, так и для групповых вызовов. Когда один абонент вызывает другого, находящегося вне зоны действия сети, то система уведомит его об этом с помощью сообщения, выведенного на экран телефона либо с помощью специального звукового сигнала. Для того чтобы использовать эту особенность, абоненты объединяются в группы. Такие группы могут насчитывать до нескольких сотен абонентов. Каждый абонент имеет свой идентификационный номер, который его однозначно идентифицирует в данной группе.

Передача данных разделена на зоны локации и обслуживания. Существует три группы: широкая зона обслуживания, локальная и выбранная.

iDEN/Nextel предоставляет все типы услуг, которые доступны у других операторов сотовой связи, а именно: передача вызова, определитель номера, SMS, передача данных по коммутируемым каналам, а также пакетная передача данных.

Сеть Nextel состоит из таких же сетевых элементов, что и другие сети: базовых станций, контроллеров базовых станций, мобильных центров коммутации, HLR, VLR. iDEN, кроме того, позволяет осуществлять соединение по коммутируемым цепям для отправки и приема факсов и удаленного управления компьютерами. Это возможно благодаря процессу, известному как межсетевая функция (Interworking Function – IWF), которая похожа на подобные функции, выполняемые в сетях GSM. Ее ключевые элементы позволяют работать функции Уоки-Токи. Это Dispatch Application Processor (DAP), Metro Packet Switch (MPS), Packet Identificator (PD). DAP имеет собственный HLR и VLR.

Nextel имеет открытую структуру своих операций. Благодаря распределению нагрузок на оборудование и возможностям беспроводных сетей, которые включают в себя конференцсвязь с группой, компании, занимающиеся строительством и благоустройством, часто пользуются услугами Nextel и их возможностями. Беспроводные мобильные телефоны iDEN используются для связи различных отделов в корпорациях. Технология iDEN 4 в 1 позволяет деловым абонентам иметь преимущества благодаря множеству возможностей в одном мобильном телефоне: цифровая радиосвязь, цифровой беспроводной телефон, возможность отправки алфавитно-цифровых сообщений, возможность отправлять и принимать факсы, а также иметь доступ в Интернет. Абонент может создать собственный мобильный офис, так как ему доступны различные приложения, такие как мобильный телефон, голосовое управление, телефонная книга, голосовая почта, цифровое радио, мобильный Интернет и электронная почта, беспроводной модем, голосовая активация и голосовые записи. iDEN дает пользователю мобильного телефона массу преимуществ перед абонентом обычной сотовой сети GSM. Уоки-Токи является

обычной рацией, только с гораздо большей зоной покрытия. Абоненты могут запросто поговорить с любым другим абонентом, находящимся в США, Канаде, Мексике и некоторых других северо- и южноамериканских странах.

Недостатком технологии iDEN является то, что у нее нет совместимости с другими беспроводными технологиями связи. Телефонные аппараты производит только Motorola. Но самым большим недостатком этой технологии является то, что у нее нет потенциала для перехода к технологиям третьего поколения, что делает недостижимой целью развитие высокоскоростной передачи данных.

19.4. Sprint покупает Nextel

В декабре 2004 года Sprint PCS изъявила желание приобрести Nextel. Хотя эта покупка могла выглядеть излишней, так как Sprint работает со стандартом CDMA, а Nextel – с технологией iDEN, но все же эта покупка оправдывается ради использования спектра. До 2003 года Nextel покупала многие многоканальные системы и лицензии, а значит, и спектр. Иначе говоря, эта покупка дает Sprint дополнительные запасы радиоспектра.

Таким образом, появился новый оператор связи (кроме Cingular и Verizon), который называется Sprint Nextel. Стоимость сделки составила 35 миллиардов долларов, что отразилось в целом на рынке беспроводной связи. Это слияние сократило затраты, и новая компания может составить серьезную конкуренцию другим операторам связи. Новая компания имеет около 40 миллионов абонентов и является третьей по величине по сравнению с Cingular (47 миллионов абонентов) и Verizon (42 миллиона абонентов). Motorola начала разработку новых телефонных аппаратов, позволяющих работать в новой объединенной сети.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- Основным преимуществом использования технологии iDEN компании Nextel является то, что Motorola – единственный производитель мобильных телефонов.
- Уникальным и привлекательным в услугах компании Nextel, использующей технологию iDEN, является доступ к услугам связи посредством спутника.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

SMR была одобрена FCC в 1974 году для использования:

a) в беспроводных локальных сетях;
b) в беспроводных АТС;
c) в двунаправленной радиосвязи;
d) сотовой радиосвязи.

Какая компания запросила у FCC разрешения на разработку и создание расширенного SMR?

a) AT&T Wireless;
b) федеральная радиослужба;
c) Nextel;
d) Sprint PCS;
e) US Cellular.

20 Wi-Fi (802.11 Wireless Fidelity)

20.1. Введение

В мире телекоммуникаций разрабатывалось огромное количество различных технологий, однако большинство из них так и не были востребованы. Но Wi-Fi – отличный пример технологии, которая использовалась и продолжает использоваться. Другими словами, Wi-Fi перешла от разработок к широкому использованию очень быстро. Почему? По двум основным причинам:

- она предоставляет людям то, что им нужно,– беспроводной доступ в Интернет, который становится доступным из многих публичных и частных мест;
- для того чтобы использовать технологию Wi-Fi, не требуется большого вложения средств.

Wi-Fi – это одна из форм беспроводной локальной сети. Беспроводная сеть (WLAN – Wireless LAN) – это система передачи данных, разработанная для обеспечения доступа к сети независимо от местоположения пользователя, так как соединение осуществляется с помощью радиоволн.

В деловом мире беспроводная сеть является последним звеном между существующей проводной сетью и конечной группой клиентов, предоставляя им полноценный доступ к ресурсам и услугам корпоративной сети внутри здания, между конференцзалами или внутри университетского городка. Публичная сеть Wi-Fi – это по существу то же самое, что и проводная сеть, однако оконечным ее звеном является Интернет, а не корпоративная сеть.

Беспроводные сети – это возможность пользоваться сетевыми ресурсами огромному количеству пользователей. Беспроводной рынок развивается очень быстро, потому что существуют несомненные выгоды от использования бесплатной беспроводной сети. На основании исследований фирм Frost и Sullivan, индустрия беспроводных сетей заработала в 2005 году 1,6 миллиарда долларов. До настоящего времени беспроводные сети использовались на производстве, складах и в розничных магазинах. В будущем развитие беспроводных сетей планируется в больницах, образовательных учреждениях и корпоративных офисных зданиях. В корпорациях, конференцзалах, публичных местах и отделениях офисов беспроводная сеть будет являться наилучшим решением.

802.11b – это беспроводной стандарт, известный под именем Wi-Fi, wireless fidelity. После довольно редкого использования этой технологии до 1999 года лишь радиолюбителями, начался взрывной рост ее популярности.

Wi-Fi дает возможность доступа в Интернет с помощью радиосигнала, распространяемого терминалом 802.11 на расстоянии до 300 футов от базовой станции с помощью любого терминала, снабженного модулем Wi-Fi. Этим терминалом может быть ноутбук, карманный компьютер или мобильный телефон.

Беспроводная базовая станция Wi-Fi называется точкой доступа, или хот спот (hot spot). Точка доступа подключена к наземной линии связи с Интернетом (например, DSL или с помощью цепи DS1). В будущем эта связь с Интернетом будет доступна с помощью дополнительной беспроводной технологии WiMAX (см. раздел 20.4.2).

В 1999 году 802.11b стала одним из стандартов для построения локальных домашних и корпоративных сетей. Организация Wi-Fi создает возможность взаимодействия различных продуктов 802.11b. Хотя название 802.11 подразумевает скорость передачи данных 11 Мбит/с, реальная скорость составляет от 2,5 до 4 Мбит/с, но этого вполне хватает для работы большинства сетевых приложений и даже для передачи файлов. Скорость передачи данных, поддерживаемая стандартом 802.11, слишком мала для основных деловых решений и медлительна для построения больших беспроводных сетей. Сеть, построенная с помощью стандарта 802.11b, не сравнится по своей пропускной способности с проводными сетями.

802.11b – это полудуплексный протокол. Пользователи могут либо пересылать, либо принимать информацию, но не могут этого делать одновременно. Это делает похожим Wi-Fi на электронную почту. Wi-Fi использует частотный диапазон 2,4 ГГц, как и большинство беспроводных телефонов, таким образом возникает риск получения эффекта межканальной интерференции.

Так как Wi-Fi работает в диапазоне 2,4 ГГц, то для избежания коллизий в этом же районе должны использоваться беспроводные телефоны, работающие в диапазоне 900 МГц.

20.2. Действие Wi-Fi и хот спотов

Для работы системы 802.11 должно быть в наличие два компонента:

- беспроводной терминал, которым может быть ноутбук, оснащенный сетевой картой с интерфейсом 802.11b, карманный компьютер с такой же картой или любое другое устройство с возможностью работы в стандарте 802.11;
- точка доступа (access point – AP), иногда называемая хот спотом, которая представляет собой мост между абонентом беспроводной сети и Интер-

нетом. Термины хот спот и точка доступа являются взаимозаменяемыми. Например, в беспроводной сети, построенной по стандарту 802.11b, коммутатор можно называть как хот спотом, так и точкой доступа. То же самое можно использовать и в любой офисной сети.

Точка доступа состоит из приемопередатчика Wi-Fi, проводного сетевого интерфейса (например, 802.3 и/или непосредственной связи с коммутируемой телефонной сетью общего пользования), который выполняет функции системы распределения, а также программного обеспечения, приспособленного к работе со стандартом 802.1d. Точка доступа – это базовая станция Wi-Fi, которая по сути является пикосотой, так как имеет зону покрытия с радиусом всего 300 футов. Проводное сетевое соединение должно быть осуществлено с помощью сервиса DSL, DS1, нескольких цепей DS1 или даже по городской сети Ethernet. Это позволяет создать сеть между несколькими беспроводными терминалами и даже обеспечить им доступ к Интернет. В будущем проводные соединения могут быть заменены на соединения третьего поколения сотовой связи либо базовые станции WiMAX. Физическая зона покрытия одного приемопередатчика Wi-Fi чрезвычайно мала, так как сами передатчики имеют небольшие размеры. В настоящее время точка доступа Wi-Fi имеет размер ноутбука.

Беспроводные сетевые адаптеры (wireless NIC) могут быть представлены в двух основных формах: PC-карты для ноутбуков и карты с интерфейсом USB для подключения к настольным компьютерам. Однако производятся еще и PCI-карты, которые могут быть вставлены пользователями в слот PCI компьютера. PCI – это стандарт для подключения периферийных устройств. Он был разработан компанией Intel и осуществляет взаимодействие между процессором и периферийными устройствами компьютера, обеспечивая достаточно высокое быстродействие. PCI является дальнейшим развитием карт расширения ISA, которые использовались в уже достаточно старых компьютерах. Адаптеры для слота PCI являются достаточно привередливыми при работе в операционных системах Windows 98/SE/ME. При использовании Windows XP гораздо проще приобрести USB версию карты Wi-Fi для более корректной работы.

Точка доступа не нужна для коммуникации двух компьютеров. Она необходима для создания коммуникаций между проводными и беспроводными сетями. Чем больше расстояние между двумя беспроводными терминалами и чем больше стен между ними, тем больше будет происходить ослабление сигнала. Для эффективного использования этой технологии пользователи не должны быть удалены на слишком большое расстояние и между ними должно быть минимальное количество препятствий. На рис. 20.1 изображена типичная конфигурация хот спота.

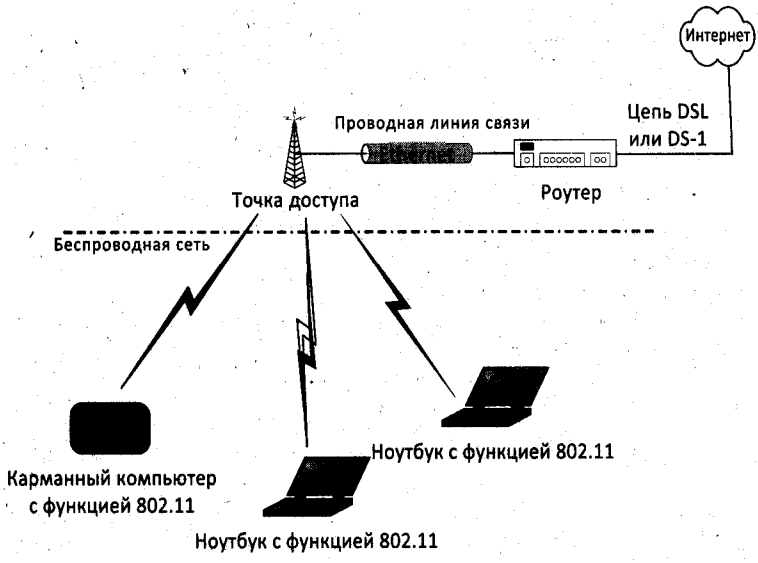


Рис. 20.1 • Типичная точка доступа Wi-Fi, известная как хот спот

20.2.1. РЕЖИМЫ РАБОТЫ

Стандарт 802.11 поддерживает два режима работы: режим инфраструктуры и моментальный. В режиме инфраструктуры беспроводная сеть состоит как минимум из одной точки доступа, подключенной к проводной системе.

Несколько беспроводных терминалов подключаются к точке доступа с помощью радиосигналов 802.11. Эта конфигурация называется базовый набор услуг (base service set – BSS). Расширенный набор услуг (extended service set – ESS) – это набор двух и более BSS, формирующих единую подсеть. Так как многие беспроводные корпоративные локальные сети нуждаются в подключении к проводной локальной сети (для доступа к файловым серверам, принтерам, Интернету), они должны работать в режиме инфраструктуры. Если абонент выходит за зону действия одной точки доступа, то происходит передача вызова, точно так же, как это происходит в сотовой сети. Таким образом, при наличии сессии устройство Wi-Fi передается на обслуживание от одной точки доступа к другой.

Посмотрите на рис. 20.2, на котором изображен Wi-Fi в режиме инфраструктуры, основные сервисные наборы и расширенные сервисные наборы.

Моментальный режим работы, известный как независимый базовый набор услуг (Independent Basic Service Set – IBSS) – это набор пользовательских терминалов 802.11, которые подключены непосредственно друг к другу без использования точки доступа или любого другого подключения к проводной сети. Моментальный режим работы изображен на рис. 20.3.

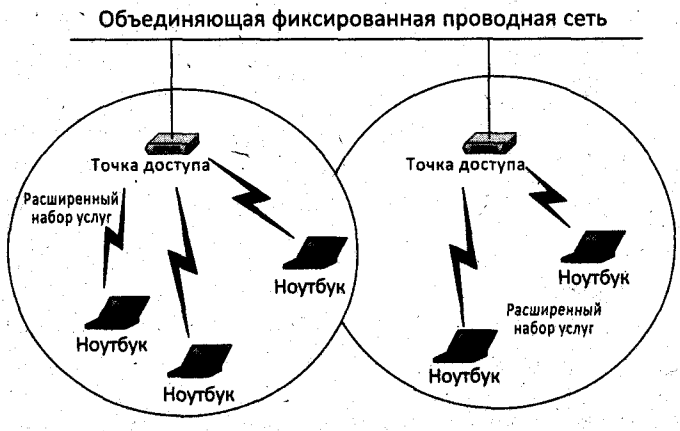


Рис. 20.2 • Режим инфраструктуры: базовый набор услуг и расширенный набор услуг

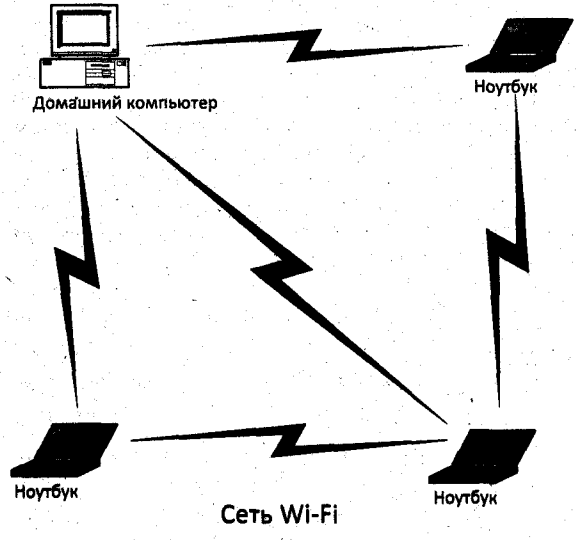


Рис. 20.3 • Wi-Fi в моментальном режиме работы

Этот режим используется там, где необходимо быстро создать сеть для передачи данных при отсутствии какой-либо сетевой инфраструктуры. Моментальный режим используется в конференцзалах, отелях, аэропортах или там, где нет доступа к обычной проводной сети.

Моментальный режим работы – это соединение равноправных узлов сети. Это похоже на открытие пиринговых ресурсов в Интернете (например, Napster). В моментальном режиме работы компьютеры просто соединяются друг с другом. В такой сети нет структуры: нет фиксированных точек и обычно каждый узел (компьютер) может соединиться с любым

другим компьютером. Примером создания сети с моментальным режимом работы может стать встреча нескольких деловых людей, которые соединяют свои ноутбуки вместе для совместной работы над финансовой информацией. Для корректной работы такой сети один из компьютеров обычно выбирается в качестве базовой станции сети, в то время как остальные являются ведомыми. Это осуществляется с помощью алгоритма Spokesman Election Algorithm (SEA).

20.2.2. АССОЦИАЦИИ, СОТОВАЯ АРХИТЕКТУРА И РОУМИНГ

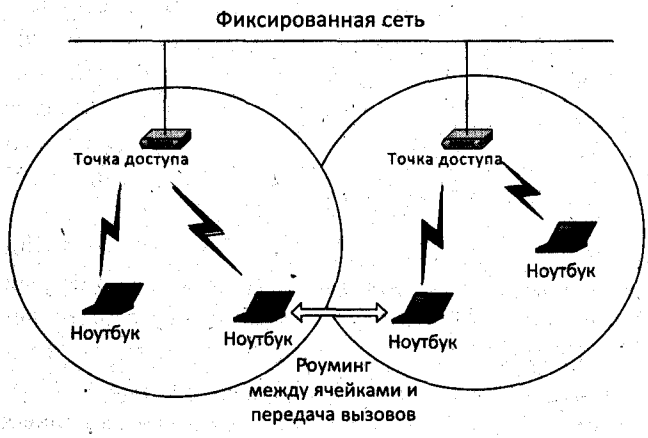
Сетевой уровень 802.11 media access control (MAC) – уровень 2 OSI – является ответственным за соединение пользовательского терминала с точкой доступа.

Когда пользователь с терминалом 802.11 попадает в зону действия одной или нескольких точек доступа (например, в аэропорту) и включает свой ноутбук, то на его экране отображается то, что ему доступны услуги Wi-Fi. Если в данной зоне доступ предоставляется более чем одним оператором, то все они будут отображены на экране, и пользователь сможет выбрать, услугами какого оператора он желает пользоваться. Эта возможность выгодна для абонента, так как он может выбрать одного из операторов, к которому он подключен и которому он вносит ежемесячные оплаты за пользование услугами связи. Затем пользователь может просто пользоваться услугами беспроводного доступа к сети. Если он выберет другого оператора, то на его экране появится сообщение о том, что данный абонент не может пользоваться услугами связи данного оператора. При этом будет предложено оплатить услуги с помощью кредитной карты, после чего доступ к сети будет открыт.

Все действия, описанные выше, возможны при наличии достаточного уровня мощности принимаемого сигнала. После того как оператор выбран, пользователь подключается к BSS. После принятия его точкой доступа, клиентское устройство (ноутбук, карманный компьютер и т.д.) настраивается на радиоканал выбранной точки доступа. До этого момента мобильный терминал принимал все каналы 802.11 для того, чтобы выбрать из множества точек доступа ту, качество сигнала которой находится на нужном уровне. Если при перемещении пользователя сигнал другой точки доступа становится лучше, чем той, к которой он в настоящий момент подключен, то производится перенастройка точки доступа. Посмотрите на рис. 20.4.

Перенастройка обычно происходит потому, что одна из базовых станций физически удаляется от пользователя и это становится причиной ослабления сигнала. В других случаях перенастройка может произойти при изменении характеристик радиосигнала в здании, когда происходит увеличение объема трафика, передаваемого через данную точку доступа. В последнем случае этот процесс называется балансировкой нагрузки, так как основная функция беспроводной сети – предоставлять услуги связи с наиболее высокой производительностью. Это похоже на повторное использование каналов в сетях сотовой

связи (например, Verizon и Cingular). Для того чтобы сеть стабильно работала, необходимо обеспечить повторное использование каналов таким образом, чтобы каналы, использующиеся одной точкой доступа, не могли наложиться на каналы соседней точки доступа.



Преимущества роуминга Wi-Fi:
- легкость в расширении сети;
- балансировка загрузки;
- масштабируемость;
- незаметен для пользователя

Рис. 20.4 • Роуминг между точками доступа Wi-Fi

20.3. Стандарты и технические спецификации

Когда в 1999 году IEEE ратифицировала стандарты 802.11a и 802.11b, основное преимущество этих технологий состояло в том, что они могли использовать различные методы кодирования, различные частоты и приложения. Основная идея состояла в том, чтобы смоделировать систему связи, заменяющую стандартные кабельные технологии Ethernet 802.3, скорости которых составляли 10, 100, 1000, а в настоящее время уже 10000 Мбит/с. Всего лишь по прошествии нескольких лет стандарт 802.11 нашел широкое применение, а оборудование производится множеством крупнейших компаний.

Стандарт 802.11b был разработан для функционирования в диапазоне 2,4 ГГц, который использовался для промышленных, медицинских и научных нужд (industrial, scientific, medical – ISM) с применением технологии прямого распространения спектра (она была рассмотрена в разделе 6.4.1).

Стандарт 802.11a был разработан для функционирования в диапазоне 5 ГГц нелицензированной части спектра. Для этого стандарта использовалась ширина частот 300 МГц: 200 МГц в диапазоне от 5,15 до 5,35 ГГц и 100 МГц в диапазоне от 5,725 до 5,825 ГГц. В отличие от 802.11b стандарт 802.11a использовал не традиционное прямое распространение спектра, а схему частотного деления с мультиплексированием, которая наилучшим образом подходит для использования в офисах. Стандарт 802.11a, который поддерживает скорости передачи данных до 54 Мбит/с, эквивалентен стандарту Fast Ethernet, так же, как и 802.11b, который может работать на скорости 11 Мбит/с. Как и в обычном Ethernet, идентификация устройств осуществляется по MAC-адресу.

Лидеры индустрии беспроводной связи и группы стандартизации были объединены в Альянс совместимости беспроводных сетей (Wireless Ethernet Compatibility Alliance – WECA). Задача WECA состояла в том, чтобы обеспечить совместимость всех стандартов 802.11 и продуктов и продвинуть стандарт 802.11 на рынок для использования в отраслях малого бизнеса и в домашних условиях. Членами WECA были производители полупроводниковых микросхем, провайдеры беспроводных сетей, производители компьютерного оборудования и программного обеспечения. В это членство входили компании 3Com, Aironet, Apple, Breezecom, Cabletron, Hewlett-Packard, Dell, Fujitsu, IBM, Intersil, Lucent Technologies, Nokia, Samsung, Wayport и Zoom.

В стандарте 802.11 определены три физических уровня, включающие две радиотехнологии распространения спектра и инфракрасную спецификацию. Радиостандарты работают в пределах ISM частотного диапазона, который признан международными регулирующими агентствами типа FCC (США), European Telecom Standards Institute (ETSI) и МКК (Япония) для нелицензируемого использования радио. Диапазон 2,4 ГГц ISM является нелицензируемым, так как устройства и услуги используют нелицензируемый спектр и работают на низкой мощности, радиус их действия эквивалентен низкомощным радиопередачам (то есть не более 300 футов). Низкая дальность действия снижает вероятность возникновения интерференции либо исключает ее. Продукция, использующая технологию 802.11, не нуждается в каком-либо лицензировании или получении разрешения на использование.

Используемые методы распространения спектра удовлетворяют регулирующим требованиям, повышают надежность передач и увеличивают пропускную способность сети. Они позволяют многим устройствам работать без непосредственного взаимодействия и с минимальной интерференцией.

Технология прямого распространения делит диапазон 2,4 ГГц на четырнадцать каналов по 22 МГц. Данные передаются по одному из этих 22 МГц каналов без перепрыгивания на соседние.

20.3.1. БЕЗОПАСНОСТЬ WI-FI

В течение нескольких лет контроль доступа стандарта 802.11 осуществлялся на втором уровне OSI по MAC-адресу устройства и механизму шифрования, известному как Wired Equivalent Privacy (WEP) с целью обеспечения безопасного соединения с беспроводными элементами сети. Для контроля доступа в каждой точке доступа был запрограммирован ESSID (известный как WLAN Service Area ID – сервисный идентификатор WLAN), который разрешал клиентам взаимодействовать с точкой доступа. Кроме этого, была сформирована таблица MAC-адресов, называемая Access Control List, которая также содержалась в точке доступа для разрешения использования этой точки теми устройствами, чьи адреса были в данной таблице.

Любой сетевой адаптер Wi-Fi (wireless NIC) отличался от другого такого же устройства или точки доступа с помощью WEP и не мог быть просто установленным в сеть без его разрешения. WEP – это защита для многих домашних и корпоративных сетей, однако его все же можно взломать. Существует несколько недостатков в механизме шифрования, поэтому хакеры могут расшифровать WEP после наблюдения за активностью сети менее чем один день.

WEP затормаживает быстродействие сети. Уменьшение пропускной способности происходит от 20 до 50%, в зависимости от используемых устройств. Проблема уменьшения скорости часто является результатом недостаточной вычислительной мощности точки доступа. С разрешенным шифрованием WEP общая пропускная способность составляет 2,5–3,5 Мбит/с.

Шифрование может осуществляться 64-битными и 128-битными ключами. При этом все узлы системы должны использовать одинаковое шифрование. Уровень шифрования 40 бит и 64 бит – это одно и то же и зависит от того, как производитель решил маркировать свой продукт. Часто используется 128-битное шифрование, при этом каждому клиенту, пытающемуся связаться с точкой доступа, она будет отсылать зашифрованные пакеты. Клиент должен использовать свои ключи для корректной расшифровки послания и правильной аутентификации, а в последующем – для доступа к сети.

Вне второго уровня беспроводной сети поддерживаются такие же стандарты контроля доступа и шифрования, что и другими системами 802 (такими, как контроль входа в операционную систему). Эти высокоуровневые технологии защиты могут быть использованы для создания сетей, использующих как проводные, так и беспроводные компоненты.

Многие корпорации отложили время установки беспроводных сетей до того момента, пока они не будут уверены, что хакеры не смогут перехватить передачи данных. В 2001 году консалтинговая фирма в Чикаго обнаружила, что часть данных, передаваемых с помощью Wi-Fi, может быть перехвачена с

помощью направленной приемной антенны, подключенной к компьютеру с сетевой картой Wi-Fi.

Хорошей новостью стало то, что был разработан и испытан новый стандарт защиты для WLAN/Wi-Fi: 802.11i. Выпуск и доступность нового стандарта безопасности стал большим шагом в развитии технологии Wi-Fi, так как большинство компаний не использовали беспроводные сети из-за боязни утечки важной информации.

20.3.2. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СТАНДАРТЫ WI-FI

Wi-Fi породил множество вспомогательных стандартов, которые стали результатом развития этой популярной технологии. Большинство беспроводных стандартов пришли из IEEE, чья категория 802.11 охватывает многие специфические области беспроводных технологий. Однако Рабочая группа по инженерным проблемам Интернета (Internet Engineering Task Force – IETF), Wi-Fi Alliance и индустриальная группа WiMAX разработали дополнительные стандарты:

Транспорт

- 802.11a, 802.11b, 802.11g – все эти IEEE стандарты обеспечивают максимальную пропускную способность 54 Мбит/с в диапазоне 5 ГГц, 11 Мбит/с в диапазоне 2,4 ГГц и 54 Мбит/с в диапазоне 2,4 ГГц. Все они находятся в широком использовании;
- 802.11n – это новый стандарт IEEE, планируемая пропускная способность которого будет достигать 100 Мбит/с при работе в диапазоне 5 ГГц при одновременном использовании нескольких каналов. Выпуск этого стандарта намечен на 2007 год;
- 802.11x – этот стандарт IEEE используется для аутентификации в стандартах 802.11;
- 802.11i – недавно одобренный IEEE, этот стандарт шифрования будет использовать динамически меняющиеся ключи шифрования вместо статических в стандарте WEP;
- WPA2: стандарт альянса Wi-Fi позволяет взаимодействовать устройствам 802.11i (WPA1 был промежуточным стандартом до утверждения финального стандарта 802.11i, что позволило производителям не отказываться от производства устройств стандарта 802.11i).

Управление, роуминг и качество сервиса (QoS)

- 802.11e – IEEE приложила некоторые усилия для выпуска этого стандарта к лету 2005 года. Он определяет уровни поляризации и обеспечивает основные уровни QoS для передачи данных, голоса и видеотрафика;
- WME, WSM – промежуточное развитие стандартов Wireless Media Extentions и Wi-Fi Schedules Media, разработанных Wi-Fi Alliance, нача-

лось с 802.11e. Они предназначены для того, чтобы гарантировать совместимость и последовательное развертывание продуктов различных производителей и стандартов. WME в настоящее время уже используется. Выпуск WSM планируется на весну 2005 года;

- 802.11f – этот стандарт IEEE определяет взаимодействие между точками доступа на втором уровне роуминга, однако он не поддерживает роуминг между различными сегментами беспроводной сети;
- 802.11r – этот стандарт IEEE включает в себя поддержку передачи сигнала для быстрого роуминга между точками доступа, включая ключи аутентификации, разрешая быстрый роуминг, который поддерживает голосовые передачи при одновременной передаче данных по беспроводным каналам связи. Этот стандарт будет готов к выпуску к 2006 году;
- 802.11f – еще одно достижение IEEE. Этот стандарт разработан для проводного соединения точек доступа и позволяет создавать кольцевую сеть. Этот стандарт будет готов к 2006 году;
- CAPWAP – достижением IETF является создание стандарта, позволяющего дистанционно управлять и программировать точки доступа. Аббревиатура расшифровывается следующим образом: контроль и программирование беспроводной точки доступа (Control And Programming Wireless Access Point – CAPWAP). Это начальная версия разрабатываемого стандарта 802.11v.
- LWAPP – находящийся в разработке IETF протокол, который облегчает коммуникации между точками доступа и другими устройствами в беспроводной сети.

20.4. Интеграция Wi-Fi в другие беспроводные технологии и макросотовые сети

Некоторые индустриальные аналитики предполагают, что Wi-Fi может вытеснить либо дополнить устанавливаемые сети третьего поколения. Motorola, Nokia и Ericsson разрабатывают сотовые телефоны Wi-Fi, которые позволят абонентам разговаривать с помощью сети Wi-Fi и переходить на использование сотовой сети, даже не замечая этого. Основное внимание нужно уделить роумингу, биллинговой системе, совместимости и стоимости разговоров.

Ничто не сможет остановить технологию Wi-Fi в ее развитии и технической интеграции с макросотовыми сетями, особенно с сетями третьего поколения. Таким образом, беспроводной доступ к сети станет действительно независимым от транспортной модели. Для такого типа интеграции необходимо:

- разработать и выпустить мультирежимные устройства (сетевые карты) для ноутбуков, мобильных телефонов и карманных компьютеров. Произ-

водители элетронных чипов, такие как Intel, должны будут изменить свои чипы с поддержкой Wi-Fi таким образом, чтобы они смогли работать и на частотах макросотовой сети. Это относится и к производителям карманных компьютеров и мобильных телефонов. Каждое устройство должно иметь возможность работы на частотах 850, 1900, 2400 и 5000 МГц. Таким образом, нужно создать четырехдиапазонные устройства;

- Wi-Fi-операторы, собственники зданий (например, отелей, аэропортов) и операторы сотовой связи должны иметь соглашения друг с другом для того, чтобы позволить передачу вызова между различными беспроводными сетями. Основная проблема состоит в том, что владельцы ноутбуков (или других мобильных терминалов) будут в первую очередь использовать сигнал Wi-Fi, а уже потом остальные. Это важно потому, что операторы Wi-Fi обеспечивают за одну стоимость доступ к точке доступа и к Интернету.

Это приведет к тому, что Wi-Fi и сотовые операторы будут выполнять одни и те же функции. Например, SBC Freedom Link предлагает свои услуги в аэропорту, который является частью рынка Cingular Wireless. В этом случае обе услуги будут использоваться у SBC.

Между операторами сотовой связи и операторами Wi-Fi должны быть заключены соглашения. Часть средств, полученных от услуг Wi-Fi, должна перечисляться на счет операторов сотовой связи.

Если такое слияние произойдет в сетях третьего поколения, то абоненты получат самую скоростную беспроводную сеть. Хотя 802.11a работает на скорости 54 Мбит/с, то будут ли абоненты пользоваться услугами Wi-Fi, когда скорость передачи данных в сети третьего поколения CDMA2000 3X составляет 400 кбит/с?

WiMAX 802.16 – это беспроводная MAN-технология, которая еще находится в разработке, выпуск которой намечается на 2005 год. WiMAX будет обеспечивать скорости передачи данных до 100 Мбит/с с радиусом действия 30 миль.

Как и в случае, описанном выше, возможна дальнейшая интеграция WiMAX в макросотовые сети. Основным препятствием становится то, что WiMAX должна иметь национальную зону покрытия для того, чтобы произошла интеграция Wi-Fi и WiMAX. Уже планируются к разработке чипы, которые будут работать как с технологией Wi-Fi, так и с WiMAX.

Возможно, в скором времени мы станем свидетелями жесткой конкуренции между сотовыми операторами связи, Wi-Fi и WiMAX. Как они будут уживаться вместе? Станет ли WiMAX действительно реальностью? Может быть, операторы сотовой связи просто подавят WiMAX, купив эту технологию? Ответы на все эти вопросы мы сможем получить, просто наблюдая за развитием беспроводных технологий между 2005 и 2008 годом.

20.5. Навязчивая реклама

В настоящее время большинство журналов, таких как Network World, Telephony magazine, America's Wireless magazine и Wireless Review, обращают внимание на развитие технологии Wi-Fi. Даже Business Week в апреле 2004 года опубликовал статью о Wi-Fi. Но это далеко не все.

Начиная с 2001 года были развернуты тысячи Wi-Fi-сетей, общее число хот спотов в которых достигало 21 000 только в США. Starbucks перешел на обслуживание клиентов услугами Wi-Fi при поддержке T-Mobile в более чем 2100 кафе.

«МакДональдс» тоже установил точки доступа в своих кафе, однако у многих аналитиков вызывает сомнение, что вряд ли люди, которые ходят в «МакДональдс», будут просматривать интернет-страницы во время приема пищи. Эта идея не дает прибыли на продаже интернет-трафика. Прибыль идет от стоимости данной услуги: три доллара в час. Этот план имеет целью привлечь новых покупателей и увеличить цены. «МакДональдс» также предлагает дополнительные три часа бесплатного доступа к Wi-Fi, если вы приобретаете пищу с дополнительными наценками.

SBC подписал большинство контрактов на обслуживание магазинов Caribou Coffee.

К погоне за потребителем присоединяются и технологические гиганты. Intel потратила 300 миллионов долларов на свои чипы Centrino для того, чтобы встроить в них Wi-Fi. Согласно источникам Intel, Wi-Fi должна стать индустриальным стандартом. В марте 2003 года Cisco Systems купила Linksys, рынок оборудования Wi-Fi за 500 миллионов долларов. Сначала это привело к тому, что Cisco и Microsoft начали жесткую конкуренцию друг с другом, в результате чего началось быстрое развитие сетевого оборудования. Чем больше компаний стало появляться на рынке производителей оборудования, тем оно стало дешевле.

Основная задача Wi-Fi – превратить города в пределах их границ в один большой хот спот. Одним из новаторов в этой области является Филадельфия, где стоит задача обеспечить доступом к хот споту каждого жителя. Отдельные ячейки Wi-Fi будут установлены на всех улицах, таким образом создавая кольцевую конфигурацию сети. На одну квадратную милю нужно установить примерно 12 точек доступа, а один рабочий может установить их 10 штук в день. Беспроводной доступ постоянно расширяется и соединение станет доступно, как только будут установлены новые устройства.

В июне 2004 года Newsweek опубликовал историю «10 горячих беспроводных городов». В ней были описаны города Гермистон и Орегон, как место нахождения самых крупных в США Wi-Fi-сетей, которые состоят из 35 вышек и 75 точек доступа, обеспечивающих покрытие целого округа. Дру-

гим рассмотренным городом стал Сан-Диего, в котором около 150 беспроводных операторов соседствовали с сетью третьего поколения компании Verizon. Сеть Wi-Fi Нижнего Манхеттена стала одной из самых загруженных сетей в мире. Вашингтон имеет 344 коммерческие точки доступа. Остин, штат Техас, имеет 11 точек доступа на каждые 100 000 жителей. В Лондоне установлено 1110 хот спотов, что делает его самым лучшим городом в мире для использования Wi-Fi.

Следующие факты еще больше убеждают, что развитие Wi-Fi продолжается ускоренными темпами:

- во всем мире установлены 53 799 публичных точек доступа в 93 странах;
- около 50 000 из них используются абонентами на коммерческой основе;
- более 16 000 из них расположены в отелях;
- беспроводные маршрутизаторы становятся все меньших размеров, поэтому могут быть применены пользователями для создания собственных точек доступа. Эти устройства подключаются с помощью коннектора RJ-45 к сети любого отеля и позволяют абонентам лечь на кровать или сесть в кресло и с помощью беспроводной сети подключиться к своей корпоративной сети и Интернету;

Рост количества точек доступа в 2005 году составил около 100%! Это превысило рост беспроводных систем связи на его пике в 90-х годах, составивший 60%!

- в начале 2004 года более 100 реактивных самолетов Boeing были оснащены точками доступа. Стоимость пользования составила 25 долларов за полет. Пользователи могли подключиться к сети на высоте 35 000 футов, совершать покупки в интернет-магазинах, управлять делами компании и даже делать телефонный звонок по сети (VoIP over Wi-Fi). К 2015 году планируется оснастить 400 самолетов точками доступа и новыми устройствами Connexion (более подробную информацию вы найдете на сайте www.boeing.com);
- промышленность бытовой электроники размещает Wi-Fi-модули в предметы быта. Любители новых технологий могут при использовании Wi-Fi передавать mp3-песни и видео со своих компьютеров на телевизоры и музыкальные центры. Это стало сделать намного проще с новым поколением Wi-Fi (802.11a), обеспечивающим соединение на скорости 54 Мбит/с, на которой можно передать час музыкальных записей в формате mp3 за одну секунду;
- Dell, Toshiba и TiVo встраивают Wi-Fi в компьютеры и цифровые записывающие устройства. Более 90% новых ноутбуков, выпущенных в 2005 году, оснащены Wi-Fi по сравнению с 35% в 2003 году;

- Wi-Fi завоевывает все большую популярность, обгоняя широковещательные услуги, ежегодный прирост составляет 30%. Тысячи людей ежедневно приобретают Wi-Fi для установки у себя дома. Почему? Потому что Wi-Fi – это недорогой способ подключения с большого числа компьютеров к сети Интернет. Это стандарт, принятый как эталон для построения домашней сети;
- Intel и MeshNetworks разработали Wi-Fi-антенны, которые могут работать на расстоянии нескольких километров по сравнению с большинством антенн, которые работают на расстоянии не более 100 метров. Вскоре Wi-Fi появится в сотовых телефонах и карманных компьютерах, которыми можно будет пользоваться в поездах и автобусах;
- цены на оборудование быстро падают. Антенна для ноутбука стоит сейчас 46 долларов, в то время как год назад эта сумма составляла 189 долларов;
- тысячи людей создают точки доступа самостоятельно. Они объединяются вместе, создавая сеть, в которой можно пересылать электронную почту и просматривать ресурсы сети совершенно бесплатно, вне зависимости от того, где вы находитесь. С 2000 года с улиц Сиднея до гористой местности Сиэтла было установлено более 5000 бесплатных точек доступа. Более 18 миллионов людей по всему миру каждый день подключаются к таким хот спотам, и это число каждый день растет;
- Wi-Fi распространяется так быстро, что в настоящее время эта технология используется даже в палаточных лагерях (Yogi Bear).

20.6. Преимущества Wi-Fi и выгоды беспроводных технологий

Сетевая структура XXI века характеризуется увеличением мобильных устройств и более тонкой организацией. Служащие, имеющие ноутбуки, экономят массу времени во время движения. Не секрет, что многие компании находят своих служащих по всей стране и даже миру. Продуктивность работников, зависящая от их совместных действий, падает, когда они не могут воспользоваться своим персональным домашним компьютером. В этом сильно помогают беспроводные сети, предоставляя мобильным работникам свободу передвижения.

Освобождение пользователей от проводов дает возможность подключаться к сети в любое время в любом месте. Такая свобода перемещения дает возможность разнообразных рабочих мест таких как:

- непосредственный доступ к больному для докторов и персонала больницы;
- производимая в реальном времени консультация пользователей;

- улучшенный доступ к базам данных для наблюдателей и для производителей товаров и услуг;
- простая сетевая конфигурация с минимальным IT-персоналом для временных торговых показов или конференцзалов;
- быстрый доступ потребителей к услугам производителя и распространителя товаров, что благотворно сказывается как на работе производителя, так и потребителя;
- независимый от местоположения доступ к сети и технологичная поддержка отделов;
- доступ в реальном времени для групп студентов к научным исследованиям;
- заводской персонал может получить доступ и обработать данные без использования непрактичных проводных сетей. Беспроводные соединения с проводимой в реальном времени диагностикой оборудования помогают инженерам вовремя обнаружить и устранить неисправности, даже если оборудование находится на другом этаже здания. Беспроводные сети в таких условиях могут стать панацеей;
- функционирование беспроводного оборудования может быть проверено быстро и эффективно с помощью подключенных беспроводных сканеров. Беспроводные ценники с жидкокристаллическими дисплеями помогают быстро и эффективно устранить ценовое несоответствие между товарами на прилавке и новыми ценами.

Рынок беспроводных услуг быстро развивается, потому что обнаруживаются несомненные выгоды использования беспроводных сетей. Основываясь на исследованиях фирм Frost и Sullivan, в 2005 году беспроводная индустрия заработала 1,6 миллиарда долларов. Беспроводные сети были развернуты на производственных предприятиях, складах и в домашних условиях. Будущее беспроводных технологий находится в оздоровительных заведениях, институтах и корпоративных офисных зданиях. Для развертывания беспроводных сетей наилучшим образом подходят корпоративные конференцзалы, публичные территории и офисы.

Трудно противостоять выгодам, обеспечиваемым беспроводными сетями. От General Motors и до United Parcel Service, все компании пользуются Wi-Fi для выполнения сложных задач на заводах, в автомобильных перевозках, складах и даже госпиталях.

Беспроводные сети выгодны для IT-менеджеров, так как позволяют им проектировать, устанавливать и расширять сети без необходимости прокладки кабельных линий связи. Это выгодно с двух сторон: удобство и стоимость. 3Com в 2000 году утверждала, что выгоды развертывания беспроводной сети

для каждого пользователя составят 16 000 долларов по сравнению с прокладкой проводных сетей.

Преимущества работы беспроводной сети:

- мобильность, которая увеличивает продуктивность работы путем доступа к необходимым ресурсам в реальном времени. Быстрая и более эффективная работа вне зависимости от положения пользователя;
- выгодная с финансовой точки зрения установка сети для локаций, в которых сложно прокладывать кабели, таких как старые здания, структуры со сплошными стенами и заводы;
- уменьшение стоимости для владельца – при изменении адреса офиса нет необходимости прокладывать кабели, что положительно сказывается на стоимости подключения каждого пользователя.

Список возможных преимуществ беспроводной сети ограничивается только воображением разработчика.

Беспроводные сети позволяют сделать Интернет общедоступным. Совокупность беспроводных точек доступа Wi-Fi расширит диапазон использования сетей, изменив саму ее природу. По сравнению с проводными сетями доступ в Интернет с помощью Wi-Fi стоит в четыре раза дешевле.

Для любого оператора неизвестно, оправдается ли стоимость построения сети Wi-Fi оплатами от абонентов. Может ли любой человек выручить средства от построения беспроводной сети? Чтобы сделать Wi-Fi жизнеспособной, нужно упорно трудиться в области расширения сети и улучшения ее характеристик.

Эта глава могла сама по себе быть отдельной книгой. Если вас заинтересовали материалы о технологии Wi-Fi, пожалуйста, посетите эти интернет-сайты:

www.Wi-Fiplanet.com – этот сайт содержит множество информации о технологии Wi-Fi, последние новости промышленности, а также сведения о поиске точек доступа;

www.Wi-Finder.com – это средство поиска точек доступа.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- Wi-Fi имеет три режима работы: режим инфраструктуры, моментальный и EZ.
- Стандарт 802.11a поддерживает скорость передачи данных 5,4 Гбит/с.
- В нумерации стандарта 802.11b число 11 показывает теоретическую максимальную скорость передачи данных.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Типичная зона покрытия точки доступа Wi-Fi не превышает:

a) 1,5 км;
b) 15 км;
c) 100 м;
d) 10 м;
e) нет правильных вариантов.

Какая компания стала наряду со своими услугами предоставлять клиентам услуги Wi-Fi с помощью устройств, названных Connexion?

a) McDonalds;
b) Starbucks;
c) SBC;
d) Boeing;
e) T-Mobile.

21 802.16 WiMAX

WiMAX впервые был рассмотрен в качестве мирового стандарта на Форуме микроволнового доступа (Microwave Access Forum). Многие операторы связи и другие компании могут быть незнакомы со стандартом 802.16, однако эта технология имеет огромный потенциал, который может совершить революцию в широковещательной беспроводной индустрии.

WiMAX начал разрабатываться в апреле 2001 года, однако окончательные спецификации были опубликованы в декабре 2005-го. Согласно данным форума WiMAX, цель группы разработчиков состоит в том, чтобы проверить совместимость устройств, основанных на стандарте 802.16, а также разработать такие устройства для рынка. В эту организацию входят Airspan, Alvarion, Analog Devices, Aperto Networks, Ensemble Communications, Fujitsu, Intel, Nokia, OFDM Forum, Proxim и WiLAN.

От технологии 802.16 ожидается, что она с помощью беспроводного соединения будет поддерживать работу с мультимедийными приложениями на расстоянии до 50 км, таким образом исключая «проблему последней мили». Стандарт 802.16 – это воздушный интерфейс для фиксированных широковещательных беспроводных систем доступа, известный как IEEE воздушный интерфейс WirelessMAN. Эта технология разработана для обеспечения беспроводной последней мили широковещательного доступа в городских сетевых регионах (Metropolitan Area Network – MAN), совместима с другими широковещательными сервисами, такими как традиционные кабельные сети, DSL или DS1.

Беспроводная технология 802.16 будет обеспечивать гибкий, выгодный метод заполнения существующих зон молчания и создание новых форм широковещательных сервисов, не предусмотренных в мире телекоммуникаций. WiMAX по сути – новое поколение концепции беспроводных сетей. Однако разработка WiMAX направлена на более крупные, конструктивные, ориентированные на будущий рост подходы в технологии построения локальных сетей.

21.1. WiMAX: Wireless MAN

В январе 2003 года IEEE одобрила использование стандарта 802.16, который работает в диапазоне от 2 до 11 ГГц. Стандарт 802.16 – это дополнение стандарта IEEE 802.16, который был издан в апреле 2002 года и работает на

частотах от 10 до 66 ГГц. Эти частотные диапазоны облегчают возможность соединения с помощью радиочастот, делая технологию WiMAX идеальным решением для использования в качестве последней мили. Обычно на пути радиоволн присутствуют препятствия, такие как деревья или здания, а базовые станции WiMAX можно разместить на крышах зданий, а не строить для этого дополнительные вышки.

Большинство конфигураций WiMAX включают установку базовой станции на крышу здания или вышку, которая будет обслуживать большое количество абонентов. Максимальная дальность действия WiMAX составляет 50 километров, однако радиус ячейки будет составлять от 6 до 10 километров, причем в этом радиусе не будет ограничений в работе и пропускной способности.

802.16 также представляет возможность создания беспроводной технологии подключения беспроводных точек доступа 802.11 к сети Интернет. Это представляет возможность установки хот спотов в тех местах, где ранее их было невозможно поставить из-за отсутствия проводных линий связи. Таким образом, операторы связи могут расширить зону своего влияния, особенно в тех регионах, где кабельные сети или DSL просто недоступны.

С раздельной скоростью передачи данных на каждый сектор базовой станции 802.16, где сектор является отдельным приемопередатчиком, обеспечивается достаточный диапазон для одновременного обслуживания более 60 выделенных линий связи со скоростью, соответствующей уровню T1, и сотни домашних линий со скоростью DSL соединения, при использовании каналов шириной по 20 МГц. Для поддержки различных моделей операторы связи могут обеспечивать как высокоскоростные соединения деловых абонентов, так и низкоскоростные подключения отдельных пользователей. Спецификация 802.16 включает поддержку высокой безопасности подключения и качества сервиса (QoS), при этом обеспечивая низкое время задержки передачи таких данных, как видео или голос. Голосовой сервис 802.16 может быть осуществлен традиционным методом мультиплексирования с временным разделением (TDM) или с помощью VoIP (Voice over IP).

Основные преимущества, предлагаемые технологией 802.16, следующие:

возможность быстро наладить услуги связи даже в тех районах, где существуют *сложности с проводными сетями;*

отсутствие крупных затрат на установку;

возможность преодолеть физические ограничения традиционных проводных инфраструктур;

возможность соединения с другими беспроводными широковещательными технологиями, такими как 802.11 Wi-Fi и 3G.

21.2. Сетевая архитектура WiMAX

Используя устойчивую схему модуляции, WiMAX обеспечивает высокую пропускную способность сети наряду с высоким уровнем эффективности использования спектра, что является допустимым для разветвленного ослабления. Динамичная адаптивная модуляция позволяет базовым станциям WiMAX регулировать скорость передачи информации. Например, если базовая станция не может установить устойчивое соединение с удаленным абонентом, используя наивысшую схему модуляции, 64 QAM, то модуляция будет снижена до 16 QAM или до четырехфазовой ключевой модуляции (quadrature phase shift keying – QPSK), которая уменьшит пропускную способность, но увеличит эффективный диапазон действия.

Для облегчения планирования размещения ячеек в лицензируемых и нелицензируемых диапазонах радиоспектра WiMAX поддерживает гибкое разделение каналов, что способствует расширению сети. Например, если оператор связи использует 20 МГц спектра, то он может разделить его на два сектора по 10 МГц либо на четыре по 5 МГц каждый. Сконцентрировав мощность радиоизлучения на одном отдельном секторе, оператор связи может увеличить в нем число обслуживаемых абонентов при обновременном увеличении дальности действия и пропускной способности. Для того чтобы еще больше увеличить охват, оператор может повторно использовать один и тот же спектр в разных секторах, предварительно изолировав их друг от друга (путем выделения отдельных антенн для каждого сектора) для того, чтобы избежать интерференции. Другими словами, WiMAX позволяет при определенной осторожности повторно использовать частоты.

Кроме поддержки динамично изменяемой схемы модуляции стандарт IEEE 802.16 поддерживает технологии интеллектуальных антенн и технологии, которые увеличивают зону покрытия, кольцевую топологию. Поскольку происходит постоянное улучшение радиотехнологий и падение стоимости, увеличиваются возможности для обеспечения высокой пропускной способности путем использования нескольких антенн для приема и передачи сигнала, что, в свою очередь, увеличивает дальность их действия.

Для защиты передаваемых данных, аутентификации, стандарт 802.16 обеспечивает необходимые уровни защиты и кодирования.

21.3. Стандарты и развитие WiMAX

Стандартизация – важное условие в индустрии телекоммуникаций и беспроводных технологий, так как она увеличивает экономию средств за счет роста производства, что уменьшает себестоимость оборудования, гарантирует со-

вместимость продуктов и уменьшает риск потерять инвестиции для операторов связи WiMAX.

Без промышленных стандартов производители могли бы создавать такие программные и аппаратные средства, которые бы они только захотели. Это могли бы быть электронные чипы, абонентские станции, базовые станции WiMAX и программные элементы управления, используемые для удаленного контроля и предоставления услуг абонентским станциям. При выпуске оборудования стандарта 802.16 производители могут сократить затраты на дальнейшие разработки и снизить его стоимость. Форум WiMAX облегчает взаимодействие стандартов.

Стандарт является минимальным критерием для производства любого оборудования, разрешая производителям использовать технические разработки для более быстрого продвижения товара на рынке. При широкой поддержке индустрии стандарт 802.16 позволяет производителям оборудования создавать устройства: с наилучшим соотношением цена/качество.

Форум WiMAX – это некоммерческая организация, созданная поставщиками оборудования и его компонентов, включая корпорацию Intel, для того, чтобы продвинуть на рынок оборудование WiMAX для создания систем широковещательного беспроводного доступа. Эта организация работает для того, чтобы облегчить установку широковещательных беспроводных сетей, основанных на стандарте IEEE 802.16 и помочь в вопросах совместимости и совместной работы с другими типами оборудования широковещательного беспроводного доступа. Это похоже на работу Альянса Wi-Fi, который осуществляет поддержку Wi-Fi при создании беспроводных локальных сетей.

Некоторые производители оборудования являются ведущими в производстве устройств WiMAX. Первая из этих компаний Intel, которая делает серьезные капиталовложения в создание устройств WiMAX так же, как она это делала в свое время при создании Wi-Fi, совмещенного с технологией Centrino. Исследования этой компании показали, что многие люди используют свои карманные компьютеры, телефоны с возможностью доступа к широковещательным сервисам и ноутбуки для доступа к различным компьютерным сетям во время движения, что заставляет некоторых поставщиков услуг беспроводного доступа задуматься о создании широковещательных систем связи в метро.

Некоторые промышленные обозреватели верят, что WiMAX станет серьезным конкурентом Wi-Fi. Более информированные заявляют, что WiMAX будет дополнять технологию Wi-Fi, особенно в черте города. WiMAX рассматривается как альтернатива кабельным линиям связи или DSL. Промышленные обозреватели верят, что технология WiMAX появится на рынке уже в

середине 2005 года, и изделия WiMAX в сельских или удаленных областях станут гораздо лучшим решением, чем проводные линии связи.

В апреле 2002 года IEEE объявила о создании стандарта 802.16, предназначенного для широковещательного беспроводного доступа (broadband wireless access – BWA), известного как WiMAX. WiMAX специализирован для создания воздушного интерфейса связи для крупных городских районов (MAN). Хотя и существуют некоторые сходства между WiMAX и Wi-Fi, но все-таки это совершенно разные технологии. Спектр радиочастот, используемый в WiMAX, выбирался в течение двух лет сотнями инженеров по всему миру. 802.16 – стандарт, еще находящийся в разработке, хотя это уже окончательная фаза и скоро он будет широко распространен по всему миру. Возможности этого стандарта впечатляют. Только мегабитная скорость передачи данных на дистанции более 100 метров говорит о многом. WiMAX может предоставить скорость передачи данных около 100 Мбит на расстоянии в несколько миль от базовой станции. При этом для осуществления соединения совсем необязательно находиться в прямой видимости с базовой станцией.

В течение последних нескольких лет 802.16 подвергся нескольким модификациям, в результате чего появились два новых стандарта – 802.16a и 802.16e.

21.3.1. 802.16A

Стандарт 802.16a появился в январе 2003 года в качестве дополнения к стандарту 802.16. Он имеет множество поправок, внесенных в первоначальный стандарт 802.16, выпущенный в свет в декабре 2001 года IEEE Task Group 1. Основная спецификация 802.16 состояла из воздушного интерфейса для систем широковещательного доступа с использованием системы построения с одной базовой станцией и множеством клиентов, которая работала на частотах от 10 до 66 ГГц. Средняя скорость передачи данных планировалась 70 Мбит/с, а максимальная – 268 Мбит/с. Она могла иметь как лицензируемое, так и нелицензируемое исполнение и могла обеспечивать связь с множеством устройств в кольцевой топологии.

Но, как показалось многим, создание этого стандарта еще не было окончательно завершено. Он работал только в лицензируемом диапазоне спектра, не мог работать с устройствами, не находящимися в прямой видимости (NLOS – non line of sight), не предлагал никаких условий совместимости с подобными системами связи, не имел возможности взаимодействия с подобным стандартом, разрабатывающимся в Европе, и не мог работать на более высоких частотах. Поправки, внесенные в 802.16a, принимали во внимание появление лицензируемых диапазонов спектра между 2 и 11 ГГц, с поддержкой NLOS. Поддержка NLOS была одним из основных требований для работы 802.16a, поэтому 802.16a был создан для работы с более низкими частотами.

Исправленный стандарт учитывал работу WiMAX с переменной мощностью каналов при обращении к различным участкам спектра, которые различные операторы могут приобретать на своих регионах рынка по всему миру.

21.3.2. 802.16E

802.16e является дополнением стандарта 802.16a. Его потенциал огромен, так как он поддерживает возможность перемещения пользователя при одновременном использовании им услуг связи WiMAX.

Возможность перемещения является важной как для мобильных, так и для фиксированных пользователей. Однако добавление мобильности вносит ограничение в зону действия системы связи, так как абонент может достигнуть при своем движении зоны, которая попросту не обслуживается. Наблюдатели могут сказать, что WiMAX представляет реальную угрозу для Wi-Fi. Однако используемый WiMAX спектр уже предназначен для этой технологии по всему миру, мобильный WiMAX представляет не только реальную угрозу для Wi-Fi, но и для сотовых сетей третьего поколения. С 2001 года на приобретение спектра для систем третьего поколения были потрачены миллиарды долларов, при этом развертывание таких систем в настоящее время минимально. Сейчас системы 802.16 могут быть быстро развернуты по всему миру. Таким образом, 3G начинает отходить на второй план.

Стандарт 802.16e может позволить интернет-провайдерам (Internet service provider – ISP) с легкостью предоставлять свои услуги на новых сегментах рынка с минимальными вложениями в сетевую инфраструктуру, предлагая абонентам полный пакет услуг. Беспроводной широковещательный сервис в виде WiMAX представляет серьезную угрозу для некоторых широко используемых систем связи, таких как модемное соединение или DSL (некоторые аналитики приравнивают WiMAX к беспроводному DSL). Посмотрите на табл. 21.1, на которой показаны основные отличия между различными модификациями стандарта 802.16, которые отражают развитие технологии.

WiMAX все еще находится в разработке. Члены форума WiMAX упорно трудятся над тем, чтобы превратить его из неопределенного стандарта в новую рыночную технологию. При этой работе немаловажную роль играет опыт, накопленный при разработке и установке стандарта Wi-Fi.

WiMAX еще не Wi-Fi, однако дальнейшее развитие покажет, какая из этих технологий окажется сильнее. Wi-Fi, основанный на стандарте 802.11, все больше распространяется по земному шару, вытесняя проводные технологии. Его успех основан на сторонниках широкополосного доступа, которые еще не видели настоящей добротно разработанной технологии.

В форуме WiMAX участвуют более чем 100 фирм, в это число входит множество производителей оборудования и компаний, предоставляющих услуги связи, что является гарантией широкого распространения и успеха

WiMAX. Продвижение технологии на рынок в основном зависит от кооперации производителей и поставщиков услуг, что в конечном счете даст массовое ее использование. Основная цель состоит в том, чтобы обеспечить совместимость всех изделий – как продуктов производителей, состоящих в форуме, так и третьих производителей.

Таблица 21.1 • Эволюция стандарта WiMAX

	802.16	802.16a/RerD	802.16e
Дата выпуска	Декабрь 2001	802.16a: 802.16Q3 REVd: 2004	Ожидается во второй половине 2005
Используемые частоты	10–66 ГГц	<11 ГГц	<6 ГГц
Условия каналов	LOS	NLOS	NLOS
Скорость передачи данных	32–134 Мбит/с при 28 МГц на канал	До 75 Мбит/с при 20 МГц на канал	До 15 Мбит/с при 5 МГц на канал
Модуляция	QPSK, 16 QAM и 64 QAM	OFDM 256, OFDMA, 64 QAM, 16 QAM, QPSK, BPSK	То же, что и в REVd
Мобильность	Фиксированная	Фиксированная и подвижная	Мобильная с возможностью роуминга
Ширина канала	20, 25 и 28 МГц	Выборочная ширина канала 1,25–20 МГц; до 16 логических подканалов	То же, что и в REVd
Типичная дальность действия ячейки	1,5–5 км	5–8 км, максимальная дальность – 50 км	1,5–5 км

Заглядывая в будущее, можно сказать, что WiMAX станет технологией, выполняющей роль последней мили для доступа устройств, интегрированных в ноутбуки и другие устройства потребителей. Но в ближайшем будущем эта технология, скорее всего, станет замещением проводных соединений между точками доступа Wi-Fi. Она будет являться беспроводной последней милей между оператором связи и конечным пользователем.

WiMAX имеет несколько преимуществ для операторов связи. Выбрав совместимое оборудование, оператор уменьшает риск при развертывании широковещательных систем доступа:

- экономия на стандартизации уменьшает расходы;

- операторы связи не зависят от одного производителя оборудования или их небольшой группы, так как базовые станции могут работать с совместимым оборудованием различных производителей.

В конечном счете, операторы связи приобретают высокопроизводительное оборудование по низким ценам, так как все производители создают свое оборудование на основе единого стандарта.

21.4. Варианты применения WiMAX

Стандарт WiMAX поможет индустрии телекоммуникаций создать беспроводные системы связи во множестве широковещательных сегментов.

21.4.1. ВНУТРЕННЯЯ БЕСПРОВОДНАЯ СЕТЬ ОПЕРАТОРА СВЯЗИ

Операторы связи и интернет-провайдеры, которые предоставляют свои услуги на большие расстояния в США, вынуждены арендовать линии связи у третьих сторон, так как создание собственных линий не представляется возможным. В результате этого около 20% базовых станций в США подключены к операторам сотовой связи с помощью собственных беспроводных линий связи. С разрешения FCC на удаление проводных линий связи операторы беспроводных систем связи могут использовать свои внутренние беспроводные сети на основе стандарта 802.16 вместо арендуемых. Хорошая пропускная способность этого стандарта (802.16a) делает его отличной заменой проводных линий связи для коммерческих предприятий, например хот спотов, или для внутреннего использования компании.

21.4.2. ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ДОСТУП ПО ЗАПРОСУ

Широкополосные беспроводные линии доступа могут быть использованы в качестве последней мили для установки точек доступа 802.11 и домашних/малых офисных беспроводных сетей в регионах, где отсутствуют кабельные линии DSL, или в районах, где местные операторы связи не предоставляют широковещательных услуг. Доступ к Интернету является необходимым для большинства компаний, таким образом, некоторые из них вынуждены переезжать в места, где существует такая возможность. В настоящее время местным операторам связи требуется от 3 месяцев и более для того, чтобы провести цепи DS1 для любой компании, если до этого в здании не было никаких других систем связи. С помощью технологии WiMAX связь можно наладить в течение нескольких дней и при этом с гораздо меньшими затратами.

Соединение, осуществляемое по запросу, выгодно для построения сети, которая имеет непостоянные требования к пропускной способности. Широковещательный сервис последней мили по запросу, такой

как WiMAX, может принести новые прибыли для оператора связи, который его устанавливает.

Технология 802.16a может обеспечивает легкую установку и конфигурацию высокоскоростного соединения, которое может обслуживать сотни или даже тысячи абонентов при временном использовании точек доступа, как это происходит на многих выставках. В этом контексте операторы WiMAX могут использовать 802.16a для внутренней сети в ядре системы. Существующие на сегодняшний день беспроводные технологии могут работать с высокой скоростью, отзываясь на запросы клиента буквально за секунды.

21.4.3. Заполнение промежутков в кабельных системах и покрытии DSL

Стоимость и сложность прокладки кабельных систем связи привели к тому, что на территории США образовались области, не обслуживаемые ни одним оператором связи. Попытки использовать широковещательные беспроводные технологии для того, чтобы заполнить эти области, которые делались ранее, привели к сильной фрагментации рынка, и при этом не обеспечили требуемого масштаба покрытия.

Удивительно большое количество регионов до сих пор не имеют какого-либо широковещательного покрытия. Обеспечение их связью с помощью прокладки кабеля и технологий DSL будет очень трудоемким и невыгодным процессом.

Ограничения в таких кабельных системах связи делают невозможным создание какой-либо связи в этих регионах. Традиционная DSL-система может работать на максимальной дальности от центрального офиса компании на расстоянии, не превышающем пяти километров, таким образом, данное ограничение делает невозможным прокладку соединения DSL во многие городские и пригородные районы. Кабели тоже имеют свои ограничения. Многие старые кабельные сети не могут обеспечить обратной связи, а прокладка новых будет стоить слишком дорого. Стоимость прокладки кабеля во много раз больше, чем средства, которые будут получены от его использования в регионах с низкой плотностью населения. Даже если все население этих районов будет пользоваться услугами связи, то даже это не окупит стоимости прокладки и обслуживания кабеля.

Для беспроводных компаний WiMAX может стать отличной заменой кабеля, так как легче в установке и дешевле, а дальнейшая эволюция стандарта 802.16 станет хорошим поводом для конкуренции с другими беспроводными операторами связи. WiMAX может стать хорошей основой для создания систем связи третьего поколения для операторов сотовой связи, которые еще не определились с выбором технологии. WiMAX, конечно же, будет принята во внимание всеми операторами сотовой связи, так как эта технология обеспе-

чивает большие скорости передачи данных, чем 3G CDMA (EV-DO). WiMAX займет свое место на рынке примерно в 2006–2007 годах.

Используемые беспроводные системы связи являются дорогими для повсеместного развертывания, так как без стандартизации невозможно сэкономить средства для дальнейшего роста. Это также ограничивает и широкое распространение WiMAX. При стандартизации многие производители оборудования стараются войти в производство, что выгодно для операторов связи, так как при этом уменьшается стоимость оборудования.

Стоимость оборудования и установки системы WiMAX практически сразу же окупятся средствами от ее использования. Широкий диапазон возможных использований WiMAX наряду с отсутствием ограничений в установке и широким диапазоном частот WiMAX позволяют легко преодолеть ограничения традиционных проводных и беспроводных систем связи.

Операторы связи, которые хотят создать беспроводные системы связи в развивающихся странах, должны сначала создать кабельную инфраструктуру для будущей сети, и в этом им может помочь WiMAX. С использованием WiMAX эти компании смогут легко и быстро создать широковещательные системы связи. Для любого оператора, который желает заполнить дыры в своих зонах покрытия или кабельных сетях DSL, беспроводное соединение является наилучшим решением на сегодняшний день. Это происходит потому, что, начиная с 90-х годов, беспроводные компоненты сильно подешевели, а стандартизация WiMAX привела к его широкому использованию.

21.4.4. РЕГИОНЫ, НЕ ОБСЛУЖИВАЕМЫЕ ШИРОКОПОЛОСНЫМИ СЕРВИСАМИ

Беспроводной доступ к Интернету с помощью WiMAX является оптимальным выбором для удаленных регионов с низкой плотностью населения, не обслуживаемых другими системами связи. В этих районах местные компании и правительство работают совместно с местным беспроводными провайдерами Интернета (Wireless Internet Service Provider – WISP). Проведенное исследование показывает, что в США работают около 2,5 тысяч WISP в более чем 6000 сегментах рынка, используя нелицензируемый диапазон спектра. Многие клиенты таких компаний нуждаются, кроме возможности передавать данные с высокой скоростью, еще и в телефонных переговорах. Это происходит потому, что в данных регионах проводные линии не приспособлены для поддержки телефонных разговоров, предоставляя только возможность передачи данных. Это по существу – возможность применения локальной беспроводной сети.

21.4.5. РАСШИРЕННЫЙ БЕСПРОВОДНОЙ ДОСТУП

Так как количество беспроводных точек доступа с каждым днем возрастает, то пользователи хотят быть подключенными к сети Wi-Fi, даже если они находятся далеко за пределами их зоны действия. Улучшенный стандарт 802.16a –

802.16e позволяет пользоваться роумингом и пользоваться услугами WISP, даже если они находятся далеко за пределами своего дома или офиса, и даже в другом городе, который тоже имеет своего WISP.

21.5. Лицензирование

Форум WiMAX не имеет намерений разбираться в международной политике лицензий для того, чтобы назначить некоторые из них для WiMAX. Форум выбрал несколько частотных диапазонов, которые не были использованы до этого, и назначил группу регулирования, задачей которой стало урегулирование возникающих вопросов. По существу, Форум WiMAX стал использовать два основных диапазона: 2,5 ГГц, или диапазон MMDS, и 3,5 ГГц – безусловно, самые лучшие для этих целей диапазоны. Были рассмотрены еще несколько диапазонов, которые можно было поддерживать, однако Форум и большинство компаний производителей оборудования решили остановиться на этих двух. Так как WiMAX предназначен быть недорогой технологией, то нужно создать вокруг него шум, как будто он может использовать большое количество диапазонов, вместо двух. Форумом были опрошены соответствующие органы нескольких стран для согласования использования данных спектров.

Наряду со множеством других беспроводных технологий, США становятся уникальными, так как являются открывателями новой широкополосной технологии. В то время как весь мир начинает использовать диапазоны 3,5 ГГц, США исключает их из своих таблиц диапазонов. Хотя и проводились дискуссии на тему открытия диапазона 3,6 ГГц, большинство компаний желали использования диапазона 2,5 ГГц MMDS, например Sprint и Nextel. При этом ни один из операторов не имел никаких планов на использование этого MMDS-спектра.

WiMAX – это не новая технология, она просто более новаторская и коммерчески подготовленная для предоставления услуг широкополосной связи по всему миру. Фактом является то, что широкополосные системы доступа Форума WiMAX уже установлены более чем в 125 странах по всему миру. Ведущие поставщики оборудования переходят на использование WiMAX.

21.6. Продолжение с предостережением

Сторонники WiMAX надеются на повсеместное распространение этой технологии, однако они все же не очень в это верят. Слишком много капиталовложений было сделано в предыдущие технологии, которые привели к тому, что прошлое поколение широкополосных услуг, таких как LMDS и MMDS, перестало использоваться. Лицензии на использование спектра MMDS были при-

обретены компанией Sprint, которая запустила широкополосные услуги связи в 2000 году, которые устарели уже через 9 месяцев после запуска. Никто не хочет этим сказать, что данные диапазоны не будут использованы этими компаниями снова. Вопрос стоит в том, что на развитие каждой технологии тратятся миллионы долларов. Члены Форума WiMAX верят, что прошлые ошибки помогут им создать новый стандарт и план сертификации продукта таким образом, что широкополосные сервисы будут уже не такими, как 5 лет назад. На сей раз Wi-Fi является последней технологией, которая будет сменена WiMAX. Теоретически WiMAX является доработанным и исправленным стандартом Wi-Fi.

С появлением стандарта и экономии за счет роста производства, уменьшающего стоимость оборудования и увеличивающего качество товаров, многие аналитики предсказывают виртуальный взрыв на рынке широкополосных услуг. По прогнозу In-Stat/MDR, ожидается рост рынка к 2007 году более чем на 1,2 миллиарда долларов.

Возможно, один из самых существенных аспектов развития WiMAX – это то, что он может действительно широко распространиться, что вызовет революцию в мире мобильных технологий. Форуму WiMAX пришлось сильно потрудиться для того, чтобы включить в стандарт 802.16 мобильные возможности к концу 2004 года. К концу 2006 года планируется, что WiMAX будет интегрирована в большинство мобильных устройств, такие как ноутбуки и карманные компьютеры, наряду с Wi-Fi и Bluetooth, делая таким образом возможным доступ к широкополосным услугам связи для всех пользователей, дома, в офисе и при движении. Этот потенциал может предоставить постоянные радиосвязи, которые будут являться действительно инновационными в мире беспроводных коммуникаций. К 2007 году планируется, что технология WiMAX будет встроена в сотовые телефоны третьего поколения, наряду с Wi-Fi, обеспечивая простое соединение с сетью как для телефонных разговоров, так и для передачи данных. Форум WiMAX разрабатывает общую платформу для согласования работы различных стандартов, что позволит конечным пользователям быть на связи вне зависимости от того, где они находятся.

Но поскольку вся промышленность находится под эффектом обмана, предшествовавшего появлению WiMAX, нужно проводить качественную предпродажную подготовку.

WiMAX распространяется на рынке недостаточно уверенно, хотя аналитики и предсказывают, что эта технология распространится на рынке к 2009 году повсеместно и будет стоить от 2 до 5 миллиардов долларов. Вероятно, что большинство компаний, которые будут приобретать оборудование

WiMAX, будут интернет-провайдерами, многие из которых уже ожидают готовых продуктов от компаний-производителей.

WiMAX имеет большой потенциал для того, чтобы предоставить широкополосный доступ, который закроет промежуток в цифровых технологиях, чего еще никогда не достигалось.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- Стандарт 802.16e – это развитие стандарта WiMAX, который действительно обеспечивает мобильность пользователя.
- Регионы, которые не обслуживаются никакими системами связи, не представляют интереса для обеспечения их сервисами WiMAX.
- WiMAX иногда называют Wireless LAN.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Многие промышленные аналитики утверждают, что WiMAX составит серьезную конкуренцию технологии Wi-Fi. Для какой другой технологии WiMAX представляет угрозу?

a) Bluetooth;
b) 802.20;
c) 3G;
d) ни один из перечисленных вариантов.

Какие операторы связи связывают большие надежды со стандартом 802.16e?

a) операторы сотовой связи, работающие в диапазоне 1900 МГц;
b) интернет-провайдеры с проводными линиями связи;
c) интернет-провайдеры с беспроводными линиями связи;
d) операторы связи GSM.

22 Домашние сети

22.1. Введение

С увеличением возможностей сервисов высокоскоростного доступа в Интернет и ростом количества владельцев персональных компьютеров возрос интерес к домашним компьютерным сетям. Люди с готовностью принимают возможности скоростного интернет-доступа и готовы разделить эту возможность со всеми членами семьи.

В конце 80-х годов выпуск персональных компьютеров Apple и IBM вызвал повышенный интерес к миру PC. Компьютеры стали использоваться в качестве инструментов для работы технически подкованных людей. К концу 2005 года в Северной Америке насчитывалось более 40 миллионов домашних компьютеров, подключенных к сети Интернет.

22.2. Основы построения домашних сетей

Домашняя сеть – это группа компьютеров, принтеров, сканеров, игровых консолей и других устройств, подключенных для совместного использования с помощью коммутатора или концентратора. Такая сеть позволяет этим устройствам обмениваться друг с другом информацией и совместно использовать выход в Интернет.

С помощью домашней сети пользователи могут совместно использовать цифровую абонентскую линию (digital access line – DSL) для выхода в Интернет, пользоваться файлами и принтерами, играть в сетевые игры, контролировать домашние автоматизированные системы и многое другое. Пользователи, использующие домашнюю сеть, могут с гораздо большей пользой использовать компьютерные ресурсы, одновременно сильно уменьшая суммарную стоимость вычислительной техники.

Типичная домашняя сеть включает один и более компьютеров (настольных и ноутбуков), модемы, сетевые карты (NIC), коммутаторы или концентраторы и сетевые кабели либо беспроводные системы связи. Все эти основные компоненты позволяют компьютерам и их устройствам взаимодействовать друг с другом.

22.1.1. КОМПЬЮТЕРЫ

Для создания домашней сети необходим как минимум один компьютер или ноутбук. Также необходимо использование сетевой карты, которая является устройством, с помощью которого компьютер подключается к сети, в данном случае – к домашней сети. Сетевые карты подключаются к домашним компьютерам с помощью интерфейса PCI, а к ноутбукам – с помощью интерфейса PCMCIA. Международная ассоциация карт памяти персональных компьютеров (Personal Computer Memory Card International Association – PCMCIA) – это промышленная группа, организованная в 1989 году для продвижения на рынок стандартов устройств ввода-вывода, которые подключались бы к персональному компьютеру, обычно ноутбуку, либо домашнему компьютеру. В 1993 году вышел в свет стандарт PCMCIA 2.1, в результате чего пользователи смогли подключать к своим персональным компьютерам все периферийные устройства, поддерживающие этот стандарт.

Сетевые карты могут быть как проводными, так и беспроводными. В случае проводного соединения сетевая карта просто подключается с помощью сетевого кабеля к сетевому коммутатору. Наиболее широко распространенной в настоящее время остается технология Ethernet. Сеть Ethernet обычно использует сетевой кабель, называемый витой парой категории 5 (CAT5) для подключения компьютеров к коммутаторам или концентраторам, однако Ethernet также используется в беспроводных сетях, которые включают в свой состав домашние сети. Наиболее часто использующаяся система Ethernet называется 10BASET. Она обеспечивает скорость передачи данных 10 Мбит/с. Для осуществления доступа к сети устройства подключаются с помощью кабеля. В случае беспроводной сети все сетевые карты подключаются и работают с точкой доступа (беспроводной шлюз) на частоте 2,4 ГГц. Частотный диапазон 2,4 ГГц используется в беспроводных домашних сетях так же, как он используется в точках доступа Wi-Fi (хот спотах) в нелицензируемом диапазоне частот. Это соединение позволяет использовать двунаправленную передачу информации в сети между персональными компьютерами и другими устройствами в сети.

22.2.2. СЕТЕВЫЕ КАРТЫ, КОНЦЕНТРАТОРЫ И КОММУТАТОРЫ

Компьютерные сетевые карты могут быть как внутренними, так и внешними. Внутренние сетевые карты находятся внутри персональных компьютеров, а также вставляются в разъем PCMCIA ноутбуков. Внешние сетевые карты подключаются в USB-порт как домашнего компьютера, так и ноутбука. С ростом популярности сети Ethernet все больше персональных компьютеров выпускаются со встроенными сетевыми картами.

Концентратор является центральной точкой подключения всех устройств в сети. Персональные компьютеры и другие устройства, подключенные к концентратору, используют проводное либо беспроводное соединение, с помощью которого подключаются к одному из портов концентратора. Когда один из

компьютеров в сети передает данные другому компьютеру либо устройству (напроимер, принтеру), весь поток данных проходит через концентратор. Концентратор получает данные от одного компьютера и передает их всем другим компьютерам, находящимся в сети. Принимающий компьютер получит только те данные, которые предназначены для него. Посмотрите на рис.22.1.

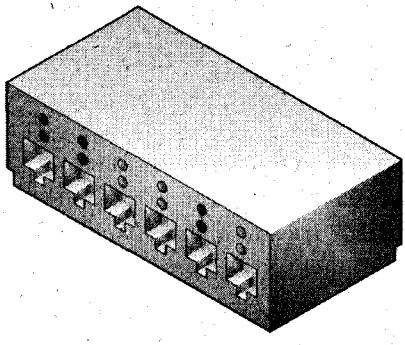


Рис. 22.1 • Сетевой концентратор

Сетевой концентратор может иметь от 4 до 16 портов, к которым будут подключаться все устройства, находящиеся в сети. Концентраторы могут отличаться по своей скорости, которая обычно составляет 10 либо 100 Мбит/с. В наши дни обычно используются концентраторы со скоростью 100 Мбит/с (или выше, до 1 Гбит/с), так как сетевые компоненты со временем становятся все более дешевыми и распространенными.

Коммутатор выполняет те же функции, что и концентратор, с одним лишь небольшим различием. Вместо того чтобы передавать данные от одного компьютера на все находящиеся в сети, коммутатор сам определяет, какому устройству предназначены данные, и передает их только ему. При этом намного повышается эффективность использования сети и общая скорость всей сети. Идеальное решение для домашней сети – беспроводной коммутатор.

22.3. Почему домашние сети?

Большинство телефонных компаний имеют долгую историю своего создания, развития и работы в сетях передачи голосового трафика и данных. По этой причине многие люди обращаются к своим традиционным телефонным компаниям для того, чтобы подключить высокоскоростные интернет-услуги.

В то же время голосовые, видео и другие приложения становятся все более популярными, поэтому пользователи начинают широко использовать DSL-соединения, распространенные повсюду. Они добиваются этого, строя

домашнюю сеть. Основные причины, по которым происходит рост популярности домашних сетей:

- общий доступ в Интернет;
- общее использование файлов и принтеров;
- дистанционная работа (использование рабочих компьютеров дома);
- автоматизация и управление жилищем;
- многопользовательские игры;
- развлечения – обмен аудио и видеофайлами.

22.3.1. ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ДОМАШНИХ СЕТЕЙ

Основное назначение домашних сетей – совместное использование высокоскоростного доступа в Интернет всеми компьютерами сети. Любой человек, чей компьютер подключен к сети, может пользоваться выгодами электронной почты, просмотра интернет-страниц, чтения новостей и многими другими вещами одновременно. Средствами домашних сетей и DSL можно помочь маме работать на дому, папе – заниматься банковскими операциями, не выходя из дома, а детям – играть с детьми соседей напротив.

Пользователи домашней сети могут с легкостью пользоваться файлами и устройствами, такими как принтеры и хранилища данных. В этом случае файлы могут быть с легкостью переданы между пользователями гораздо более удобным способом, чем с помощью переносных устройств хранения данных. Домашние сети позволяют сэкономить немало средств, которые пошли бы на покупку принтера и устройств хранения данных в каждый дом.

Многие пользователи заинтересованы в подключении своих рабочих ноутбуков к Интернет, что позволит им удаленно работать на дому.

До появления DSL работа в Интернете означала постоянно занятую телефонную линию. Теперь с помощью DSL соединение с Интернетом осуществляется гораздо проще, быстрее и без необходимости оплачивать телефонные счета. Более того, с появлением виртуальных частных сетей (VPN) пользователи могут получать защищенный доступ к корпоративной электронной почте, файлам, внутренним сетям или Интернету.

Возможность контролировать домашнюю обстановку – это еще одно выгодное условие для пользователей DSL. Домашние сети могут быть сконфигурированы с другими предметами быта, таким образом будет осуществляться освещение, отопление, кондиционирование и охрана дома с помощью Интернета. На вашей работе будет отображаться картинка, полученная через Интернет, о том, что происходит у вас дома. В доме может быть установлено несколько Web-камер, изображение с которых вы также можете получать через Интернет.

С помощью домашней сети вы имеете возможность играть в сетевые игры не только с пользователями вашей сети, в пределах улицы, но и с пользо-

вателями по всему миру. Домашние сети, имеющиеся на сегодняшний день, могут поддерживать все типы игровых приложений.

Домашние сети могут быть с успехом использованы в качестве развлечений, таких как музыка и видеофильмы. Это стало возможным благодаря широкому распространению музыки в mp3-формате и видеофайлов в домашних сетях и Интернете. Другой небесполезной возможностью является то, что вы можете просмотреть любой фильм, который захотите, просто скопировав его из Интернета. Только представьте, что у вас имеется возможность прослушивать огромное количество музыкальных файлов на вашей стереосистеме или медиаплеере.

22.4. Архитектура домашней сети

Базовая архитектура домашней сети построена вокруг базовой станции, которая может быть названа коммутатором, или шлюзом. Коммутатор – это основное устройство, которое позволяет одному и более компьютерам совместно использовать интернет-соединения, файлы, папки, фотографии, сканеры и принтеры. На рис. 22.2 показано, как коммутатор связывает все компьютеры в домашней сети.

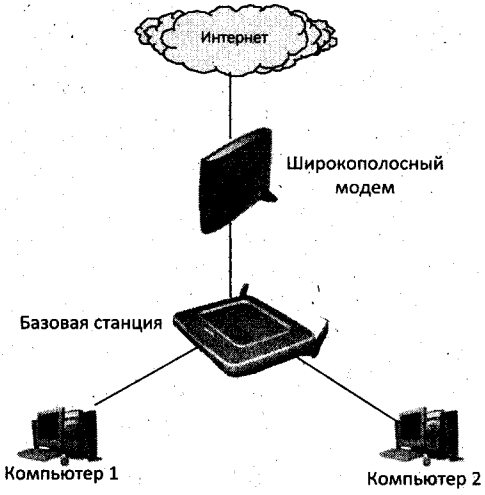


Рис. 22.2 • Коммутатор домашней сети, выполняющий роль базовой станции

Компьютеры 1 и 2 на рис. 22.2 могут быть подключены к коммутатору как с помощью проводных, так и беспроводных линий связи.

Наиболее универсальные коммутаторы имеют порты для подключения компьютеров, находящихся в одной комнате, с помощью проводов, и одно-

временно могут выполнять роль беспроводной точки доступа. Одно устройство может выполнять различные сетевые задачи. Это устройство будет эффективно использоваться как Ethernet коммутатор, концентратор и точка доступа Wi-Fi – все в одном.

Существует несколько причин для того, чтобы связать вместе несколько устройств с помощью беспроводных сетей: это наиболее чистый, эффективный и недорогой способ. При этом будет даже использовано меньшее количество компонентов. Технология Wi-Fi позволяет компьютерам в различных комнатах дома соединяться вместе и с Интернетом, хотя тип здания и расстояние могут сильно повлиять на качество приема сигнала Wi-Fi. Использование беспроводных коммутаторов/шлюзов в вашей домашней сети – основа для создания собственной точки доступа Wi-Fi.

Для того чтобы принимать и передавать информацию от коммутатора, в каждом компьютере должна быть установлена сетевая карта. Сетевые адаптеры могут быть нескольких видов в зависимости от самого компьютера и доступных портов.

Проводные адаптеры бывают:

- для ноутбуков – новые модели ноутбуков не нуждаются в дополнительной сетевой карте, так как у них уже имеется встроенная. Если таковой нет, то может быть использована сетевая карта USB или PCMCIA;
- для домашних компьютеров – большинство домашних компьютеров выпускаются со встроенными сетевыми адаптерами. Если таковые отсутствуют, то можно подключить PCI-адаптер либо USB.

Беспроводные адаптеры, составляющие большинство использующихся в домашних сетях, бывают:

- в ноутбуках – большинство моделей ноутбуков имеют встроенные Wi-Fi-адаптеры, что исключает необходимость использования дополнительных адаптеров. Intel разработала набор микросхем, поддерживающий эти функции, его название – Centrino. Большинство новых ноутбуков имеют его метку на корпусе, что означает встроенную сетевую карту Wi-Fi. Если встроенной сетевой карты нет, то существует возможность подключения дополнительной карты Wi-Fi с помощью карты PCMCIA;
- в домашних компьютерах – для подключения к сети может быть использован адаптер USB-to-Ethernet.

Оборудование Wi-Fi может быть нескольких видов, предоставляющих различные скорости передачи данных (802.11b, 802.11a и т.д). Наиболее выгодными с экономической точки зрения являются адаптеры 802.11b, хотя некоторое оборудование может поддерживать оба стандарта, – 802.11a и

802.11b, которые более быстрые, но имеют меньший радиус действия. Нет необходимости покупать все оборудование одного производителя, нужно всего лишь убедиться в том, что все сетевые компоненты поддерживают один и тот же стандарт Wi-Fi.

Когда компьютер имеет соответствующий сетевой адаптер для его работы в сети, нужно сделать следующее:

- установить драйверы сетевой карты. Они обычно поставляются на CD вместе с картой;
- разрешить вашему Wi-Fi-адаптеру работать с точкой доступа (беспроводной базовой станцией);
- разрешить использование файлов и принтеров.

Вы можете разрешить другим пользователям сети использовать ваше высокоскоростное подключение к Интернету и принтеру с других компьютеров. Это также откроет доступ многим приложениям, что даст вам некоторые преимущества использования домашней сети:

- различные интерактивные игры на высокой скорости;
- сохранение файлов/данных на центральном компьютере;
- совместное использование зыкальных mp3-файлов.

22.5. Работа домашней сети

IP позволяет каждому компьютеру в сети иметь свой уникальный адрес. К примеру, каждый интернет-сайт имеет свой адрес (например, 64.170.98.10). Все компьютеры внутри домена имеют этот адрес (подобный номеру дома на вашей улице), однако существует требование, чтобы внутри домена каждый компьютер имел свой уникальный адрес. Отдельные адреса используются для идентификации каждого отдельного компьютера в домене (подобно номеру квартиры в доме), а коммутатор в домашней сети преобразует сообщения или пакеты с адресами при передаче информации из внутренней сети во внешнюю и наоборот. Коммутатор выполняет функцию преобразования сетевых адресов (Network Address Translation – NAT) для преобразования уникального частного адреса в уникальный общий адрес.

В домашних сетях IP-адрес назначается интернет-провайдером, а в домашних сетях используются частные адресные пространства. Если мы хотим использовать компьютеры для соединения с другими сетями в Интернете, в домашней сети необходимо наличие коммутатора. Запомните, что для создания домашней сети вам обязательно нужно использовать любой, пусть даже самый простой и дешевый, коммутатор.

временно могут выполнять роль беспроводной точки доступа. Одно устройство может выполнять различные сетевые задачи. Это устройство будет эффективно использоваться как Ethernet коммутатор, концентратор и точка доступа Wi-Fi – все в одном.

Существует несколько причин для того, чтобы связать вместе несколько устройств с помощью беспроводных сетей: это наиболее чистый, эффективный и недорогой способ. При этом будет даже использовано меньшее количество компонентов. Технология Wi-Fi позволяет компьютерам в различных комнатах дома соединяться вместе и с Интернетом, хотя тип здания и расстояние могут сильно повлиять на качество приема сигнала Wi-Fi. Использование беспроводных коммутаторов/шлюзов в вашей домашней сети – основа для создания собственной точки доступа Wi-Fi.

Для того чтобы принимать и передавать информацию от коммутатора, в каждом компьютере должна быть установлена сетевая карта. Сетевые адаптеры могут быть нескольких видов в зависимости от самого компьютера и доступных портов.

Проводные адаптеры бывают:

- для ноутбуков – новые модели ноутбуков не нуждаются в дополнительной сетевой карте, так как у них уже имеется встроенная. Если таковой нет, то может быть использована сетевая карта USB или PCMCIA;
- для домашних компьютеров – большинство домашних компьютеров выпускаются со встроенными сетевыми адаптерами. Если таковые отсутствуют, то можно подключить PCI-адаптер либо USB.

Беспроводные адаптеры, составляющие большинство использующихся в домашних сетях, бывают:

- в ноутбуках – большинство моделей ноутбуков имеют встроенные Wi-Fi-адаптеры, что исключает необходимость использования дополнительных адаптеров. Intel разработала набор микросхем, поддерживающий эти функции, его название – Centrino. Большинство новых ноутбуков имеют его метку на корпусе, что означает встроенную сетевую карту Wi-Fi. Если встроенной сетевой карты нет, то существует возможность подключения дополнительной карты Wi-Fi с помощью карты PCMCIA;
- в домашних компьютерах – для подключения к сети может быть использован адаптер USB-to-Ethernet.

Оборудование Wi-Fi может быть нескольких видов, предоставляющих различные скорости передачи данных (802.11b, 802.11a и т.д). Наиболее выгодными с экономической точки зрения являются адаптеры 802.11b, хотя некоторое оборудование может поддерживать оба стандарта, – 802.11a и

802.11b, которые более быстрые, но имеют меньший радиус действия. Нет необходимости покупать все оборудование одного производителя, нужно всего лишь убедиться в том, что все сетевые компоненты поддерживают один и тот же стандарт Wi-Fi.

Когда компьютер имеет соответствующий сетевой адаптер для его работы в сети, нужно сделать следующее:

- установить драйверы сетевой карты. Они обычно поставляются на CD вместе с картой;
- разрешить вашему Wi-Fi-адаптеру работать с точкой доступа (беспроводной базовой станцией);
- разрешить использование файлов и принтеров.

Вы можете разрешить другим пользователям сети использовать ваше высокоскоростное подключение к Интернету и принтеру с других компьютеров. Это также откроет доступ многим приложениям, что даст вам некоторые преимущества использования домашней сети:

- различные интерактивные игры на высокой скорости;
- сохранение файлов/данных на центральном компьютере;
- совместное использование зыкальных mp3-файлов.

22.5. Работа домашней сети

IP позволяет каждому компьютеру в сети иметь свой уникальный адрес. К примеру, каждый интернет-сайт имеет свой адрес (например, 64.170.98.10). Все компьютеры внутри домена имеют этот адрес (подобный номеру дома на вашей улице), однако существует требование, чтобы внутри домена каждый компьютер имел свой уникальный адрес. Отдельные адреса используются для идентификации каждого отдельного компьютера в домене (подобно номеру квартиры в доме), а коммутатор в домашней сети преобразует сообщения или пакеты с адресами при передаче информации из внутренней сети во внешнюю и наоборот. Коммутатор выполняет функцию преобразования сетевых адресов (Network Address Translation – NAT) для преобразования уникального частного адреса в уникальный общий адрес.

В домашних сетях IP-адрес назначается интернет-провайдером, а в домашних сетях используются частные адресные пространства. Если мы хотим использовать компьютеры для соединения с другими сетями в Интернете, в домашней сети необходимо наличие коммутатора. Запомните, что для создания домашней сети вам обязательно нужно использовать любой, пусть даже самый простой и дешевый, коммутатор.

22.6. Варианты технологий для построения домашней сети

В этом разделе вы найдете описание нескольких часто встречающихся технологий, используемых для построения домашних сетей, хотя в некоторых странах не все из них можно использовать.

22.6.1. ETHERNET (IEEE 802.3): 10/100 Мбит/с

Это наиболее популярная деловая сеть, так как она имеет низкую стоимость сетевых карт, минимальную конфигурацию, высокую надежность, секретность, защищенность и высокую скорость. Для ее построения необходим специальный кабель категории 5 (CAT5), наилучшее ее применение – когда все компьютеры находятся в одной комнате.

22.6.2. БЕСПРОВОДНАЯ ЛОКАЛЬНАЯ СЕТЬ (WI-FI): от 11 до 54 Мбит/с

На сегодняшний день доступны различные вариации стандартов, такие как IEEE 802.11b и IEEE 802.11a – более новая версия Wi-Fi. IEEE 802.11b – наиболее широко распространенная технология как в домашних сетях, так и в деловых кругах. Она является недорогой и обеспечивает хорошую скорость в большинстве сетей (эффективная дальность действия зависит от размеров и материалов, из которых построено здание). Она может быть в некоторой степени плохо защищена. Новый стандарт 802.11i обеспечивает более надежную защиту ваших данных.

Продукты, использующие технологию IEEE 802.11a, тоже есть в широкой продаже, но они являются более дорогими и эффективная дальность действия не настолько хороша, как у стандарта 802.11b. Существует еще более новая версия данного стандарта IEEE 802.11g, которая обеспечивает дальность действия, как у 802.11b, и скорость, как у 802.11a. В скором времени некоторые производители начнут выпуск продукции, которая будет поддерживать оба этих стандарта. Хотя это оборудование может быть и дорогим, но их мультирежимная работа может дать пользователям возможность работать в нужном им режиме без дополнительных установок.

22.6.3. УЛЬТРАШИРОКОПОЛОСНЫЕ БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТИ

В развитии цифровых домашних сетей нужны устройства, которые работают на расстоянии до 10 м – в пределах одной комнаты. Потребители в основном требуют оборудование, которое обеспечивало бы управление всех устройств в доме с помощью компьютерной системы. Компания, известная под названием Pulse~Link, предлагает решение на основе широкополосной системы связи для обеспечения работы домашних сетей, которое будет обеспечивать единое решение для общей домашней сети с возможностью создания беспроводной

локальной сети даже на основе домашних кабельных линий электропроводки. Так как набор микросхем автоматически выбирает, какую сетевую технологию ему использовать в каждом конкретном случае, абоненту не нужно беспокоиться насчет того, создавать ему беспроводную или проводную сеть.

22.6.4. ТЕЛЕФОННАЯ ЛИНИЯ (HOMEPNA™ 2.0): 10 МБИТ/С

Технология, известная как HomePNA, позволяет создать домашнюю сеть с помощью телефонного кабеля без использования систем DSL. Это не Fast Ethernet, но так как нет необходимости в прокладке новых кабельных линий – это хорошее решение для тех помещений, где уже проложены телефонные кабели.

22.6.5. СЕТЬ НА ОСНОВЕ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ: 10–14 МБИТ/С

Эта технология использует существующие линии электропроводки в здании для передачи потоков информации. Для домашнего использования это решение является хорошей альтернативой, так как большинство комнат в доме, скорее всего, имеет один источник энергии. Однако для этого стандарта нет общей технологии. Верификация стандарта проводится производителем адаптеров Powerline при покупке различных источников. Наилучшим решением будет купить все адаптеры одного производителя для обеспечения наилучшей совместимости. HomePlug® 1.0 (14 Мбит/с) – это один из вариантов построения сети. Продукты на основе этой технологии можно найти во многих магазинах розничной продажи комплектующих. Хотя линии электропередач могли бы быть использованы для широкого вещания, технология Powerline подразумевает обмен данными только между двумя адресами внутри здания.

22.6.6. USB (UNIVERSAL SERIAL BUS)

Некоторые модели современных коммутаторов (домашних шлюзов или порталов) изготавливаются со встроенными USB-портами. Это позволяет одному компьютеру (независимо от коммутатора) подключаться к этому коммутатору без использования Ethernet, Wi-Fi или любой другой технологии. Все, что нужно,– это просто USB-кабель. Другие технологии требуют обязательного наличия других компьютеров в домашней сети, но при необходимости единственный USB-порт может сделать соединение очень простым.

Большинство коммутаторов, концентраторов и мостов обязательно используют Ethernet для соединения компьютеров в домашнюю сеть. Таким образом, большинство компьютеров для работы в сети нуждаются только в наличии USB-порта.

Использование этих технологий не является эксклюзивным решением. Например, на одном из компьютеров может быть использован USB-порт, на другом – Ethernet, а в нескольких других компьютеров могут использовать беспроводные технологии. Для создания домашней сети можно использовать смесь различных сетевых технологий.

22.7. Выбор необходимой сетевой технологии

Нужно ли расположить несколько компьютеров в одной комнате или они могут находиться в разных? Будут ли соединяться устройства различных типов (например, ноутбук и карманный компьютер)? Эти несколько простых вопросов требуют ответа при построении домашней сети.

Если компьютеры будут находиться в нескольких комнатах, то для их соединения лучше использовать технологии HomePNA, HomePlug и/или Wi-Fi. Wi-Fi является наилучшей альтернативой, так как имеет большой радиус действия, проста в установке и обслуживании. Если все комнаты, в которых будут находиться компьютеры, имеют телефонные кабели или силовые кабельные выходы, то для их соединения можно использовать технологии HomePNA и HomePlug. Однако беспроводная связь остается одной из альтернативных технологий. Телефонная сеть тоже может быть использована в качестве компьютерной, так как она является недорогой и ее прокладка не требует больших затрат.

Если в сети используется как минимум одно мобильное устройство (ноутбук или карманный компьютер), то нужно установить как минимум одну беспроводную базовую станцию или точку доступа для поддержки данных устройств. Для работы мобильных устройств необходимо присутствие беспроводных сетевых карт, которые встраиваются в большинство ноутбуков. Для доступа ко всем компьютерам в сети пользователю не нужно, чтобы все они были оснащены беспроводными адаптерами. Для этого нужно, чтобы хотя бы с одним из них он мог осуществить соединение.

Для защиты домашних сетей от злонамеренных атак хакеров рекомендуется использовать брандмауэры. Программный брандмауэр может быть установлен на любом компьютере в домашней сети, а аппаратный брандмауэр устанавливается для защиты всех компьютеров, состоящих в данной сети. Некоторые брандмауэры могут быть встроенными в коммутаторы или концентраторы. Как правило, такие совмещенные решения будут стоить гораздо дешевле, чем покупка каждого сетевого компонента в отдельности.

Настройка и установка домашней сети могут показаться для новичка сложной работой. Но при осторожном планировании и правильной эксплуатации сетевых компонентов эта работа окажется не такой сложной. После соответствующей подготовки и создания плана расположения сетевых устройств (компьютеров, коммутаторов и других устройств) поход в магазин для покупки комплектующих окажется самым легким делом. Используя вашу схему построения сети, консультанты в магазине помогут вам выбрать все необходимые компоненты в соответствии с вашим бюджетом.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- Инфраструктура домашней сети может состоять из различных сетевых технологий, таких как HomePNA, Wi-Fi, Ethernet и сеть на основе линий электропроводки.
- Wi-Fi является самым легким, эффективным и экономически выгодным способом для построения домашней сети.
- Беспроводной коммутатор часто называют шлюзом.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Как называется компьютерный набор микросхем, разработанный Intel, который поддерживает работу в беспроводной сети?

a) Centrufuge;
b) Greentooth;
c) Centrino;
d) WiMAX;
e) ни один из перечисленных вариантов.

22.7. Выбор необходимой сетевой технологии

Нужно ли расположить несколько компьютеров в одной комнате или они могут находиться в разных? Будут ли соединяться устройства различных типов (например, ноутбук и карманный компьютер)? Эти несколько простых вопросов требуют ответа при построении домашней сети.

Если компьютеры будут находиться в нескольких комнатах, то для их соединения лучше использовать технологии HomePNA, HomePlug и/или Wi-Fi. Wi-Fi является наилучшей альтернативой, так как имеет большой радиус действия, проста в установке и обслуживании. Если все комнаты, в которых будут находиться компьютеры, имеют телефонные кабели или силовые кабельные выходы, то для их соединения можно использовать технологии HomePNA и HomePlug. Однако беспроводная связь остается одной из альтернативных технологий. Телефонная сеть тоже может быть использована в качестве компьютерной, так как она является недорогой и ее прокладка не требует больших затрат.

Если в сети используется как минимум одно мобильное устройство (ноутбук или карманный компьютер), то нужно установить как минимум одну беспроводную базовую станцию или точку доступа для поддержки данных устройств. Для работы мобильных устройств необходимо присутствие беспроводных сетевых карт, которые встраиваются в большинство ноутбуков. Для доступа ко всем компьютерам в сети пользователю не нужно, чтобы все они были оснащены беспроводными адаптерами. Для этого нужно, чтобы хотя бы с одним из них он мог осуществить соединение.

Для защиты домашних сетей от злонамеренных атак хакеров рекомендуется использовать брандмауэры. Программный брандмауэр может быть установлен на любом компьютере в домашней сети, а аппаратный брандмауэр устанавливается для защиты всех компьютеров, состоящих в данной сети. Некоторые брандмауэры могут быть встроенными в коммутаторы или концентраторы. Как правило, такие совмещенные решения будут стоить гораздо дешевле, чем покупка каждого сетевого компонента в отдельности.

Настройка и установка домашней сети могут показаться для новичка сложной работой. Но при осторожном планировании и правильной эксплуатации сетевых компонентов эта работа окажется не такой сложной. После соответствующей подготовки и создания плана расположения сетевых устройств (компьютеров, коммутаторов и других устройств) поход в магазин для покупки комплектующих окажется самым легким делом. Используя вашу схему построения сети, консультанты в магазине помогут вам выбрать все необходимые компоненты в соответствии с вашим бюджетом.

Тестовые вопросы

ДА ИЛИ НЕТ

- Инфраструктура домашней сети может состоять из различных сетевых технологий, таких как HomePNA, Wi-Fi, Ethernet и сеть на основе линий электропроводки.
- Wi-Fi является самым легким, эффективным и экономически выгодным способом для построения домашней сети.
- Беспроводной коммутатор часто называют шлюзом.

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Как называется компьютерный набор микросхем, разработанный Intel, который поддерживает работу в беспроводной сети?

a) Centrufuge;
b) Greentooth;
c) Centrino;
d) WiMAX;
e) ни один из перечисленных вариантов.

Ответы на тестовые вопросы

Глава 1

ДА ИЛИ НЕТ

нет
да
да
да
нет

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

c
a

Глава 2

ДА ИЛИ НЕТ

нет
да

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

c
c
c
c

Глава 3

ДА ИЛИ НЕТ

да
нет
да
нет

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

e
c
b

Глава 4

ДА ИЛИ НЕТ

нет
да

нет
да
нет
нет
нет

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

g
b
c
c
d

Глава 5

ДА ИЛИ НЕТ

да
да
нет
нет
да

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

d
c

Глава 6

ДА ИЛИ НЕТ

нет
нет
нет

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

d
c
c
c

Глава 7

ДА ИЛИ НЕТ

да
да
нет
да

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

c

e
d

Глава 8

ДА ИЛИ НЕТ

нет
нет
да

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

c
d
a
c

Глава 9

ДА ИЛИ НЕТ

да
да

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

f
c
f

Глава 10

ДА ИЛИ НЕТ

нет
нет
да

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

c
a

Глава 11

ДА ИЛИ НЕТ

нет
да
нет
да

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

b
c

Глава 12

ДА ИЛИ НЕТ

да
да

нет
нет
нет
да
нет

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

c
b
d
d

Глава 13

ДА ИЛИ НЕТ

нет
да
нет
да

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

c
d

Глава 14

ДА ИЛИ НЕТ

да
нет
нет

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

f
d
b
d

Глава 15

ДА ИЛИ НЕТ

да
нет
нет
да

ВЫБЕРИТЕ ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ

c
d
b

Предметный указатель

A
AMPS, 14, 34
B
Bluetooth, 35
BSC, 94
BTA, 76
BTS, 22
C
CDMA, 34, 56
CDMA2000, 68
COW, 26
D
DSS, 54
E
EDGE, 153
F
FDMA, 15, 52
G
GSM, 34, 59
H
HSDPA, 72
HSUPA, 72
I
IS-136, 52
M
Mobile IP, 159
MSA, 15, 76
MSC, 93
N
NOC, 96
O
OFDM, 73
P
PDSN, 21
PN, 56
R
RSA, 16
S
SDMA, 50
SIM карта, 61
T
TDMA, 52, 53
U
UMTS, 64
UWB, 36
V
VHE, 71
VoIP, 97
W
WCDMA, 69
А
Автономные вышки, 83
аналого-цифровой преобразователь (АЦП), 38
Антенна, 42
всенаправленная, 42
направленная, 44
Антенны, направленные вниз, 44
антенные переключатели, 89

Б

базовые торговые зоны, 76

В

Взаимная компенсация, 120
Взаимосвязь операторов, 115
Вокодер, 53
Воротник, 24
всенаправленные базовые станции, 88
Высокоскоростной входящий пакетный доступ, 72
высокоскоростной исходящий пакетный доступ, 72
Вышки
из стальных конструкций, 84
из трубчатых конструкций, 85
из уголковых конструкций, 85

Г

глобальная система мобильной связи, 34
городские торговые зоны, 76
Грабельные приемники, 58

Д

Домашняя сеть, 194
дополнительный центр коммутации, 61

З

Загрузка вышки, 85

И

Интеллектуальные антенны, 49
Интерференция, 32
Интермодуляционная, 33
межканальная, 33
совмещения каналов, 32

К

Камерофоны, 164
коллинеарный массив антенн, 43
Коммутация данных, 147
контроллер базовой станции, 60, 94
Контрольные каналы, 35

М

метод множественного доступа с частотным разделением, 52
Механическое направление, 44
микросота, 27
Микросотовая базовая станция, 27
Множественный доступ к частотному разделению каналов Frequency-division multiple access, 15
множественный доступ с временным разделением, 52
Множественный доступ с разделением каналов, 34
Мобильный телефон
многорежимный, 20
мультидиапазонный, 20
Мобильный центр коммутации, 21, 93
Модель Cost-231, 92
Модель Хаты, 92
Монопольные вышки, 82
мультикуплер, 90
Мягкая передача, 58

Н

Наносота, 28
невидимые вышки, 83

О

Обтекатель, 43
Объединение
тип 1, 113
тип 2B, 114
тип 2T, 112
Объединители, 89

Оверлей, 91
ортогональное деление частоты с мультиплексированием, 73
Ослабление сигнала
Ослабление из-за дальности, 30
Отражение атмосферой, 29
Поглощение, 30
Разветвленное (Рэйли), 31

П

Переключающиеся лучи, 49
Переключение вызова, 18
Переназначение вызова, 91
перенаправление вызова, 21
Пикосота, 28
поверхность, 47
повторитель, 26
Познавательное радио, 40
Портативный телефон, 20
Приемопередатчики, 89
Программно управляемое радио, 38
Промежутки между каналами, 34
Пространственная разность, 88
прыгающие частоты, 55
псевдослучайный шум, 56
публичный узел передачи данных, 21

Р

Разделение ячеек, 91
Распространение радиоволн, 29
Расстояние повторного использования частоты, 18
регистр идентификации, 61

С

сетевой центр управления, 96
сеть обратной связи, 97
Системы интеллектуальных антенн с адаптивным массивом, 50
Системы интеллектуальных антенн с переключением луча, 49
Смартфон, 149
сота, 22
Сотовая базовая станция, 21, 22
Сотовая связь, 15
Соты на колесах, 26
специальный конструктивный платеж, 117
Стационарный мобильный телефон, 20

Т

тарификация
единая, 117
зональная, 116
специальная, 117
Топология
звезда, 99
кольцевая, 99
цепная, 100
Точечные цепи, 115
туннельный протокол, 148

У

угол сетки, 48
узкополосные системы радиосвязи, 75
Укрепленные вышки, 84
Усиление, 43
Усилители мощности, 89
Усилитель, 26
усилитель с низким уровнем шума, 90
Усовершенствованная система мобильной телефонной связи, 34
Усовершенствованный Сервис Мобильной Связи
Advanced Mobile Phone Service, 14
участок тени, 26

Ф

фактор использования, 117
Ферма антенн, 25
фиксированная сеть, 97
Фиксированные соединения, 21
фильтр полосы пропускания, 90
Форма FAA 7460, 85
функция взаимодействия, 61

Ц

Центр коммутации, 60
центр сообщений, 61
цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), 38
Цифровая картография, 162
Цифровая технология распространения частоты, 54

Ч

частотное зацикливание, 55
Частотное координирование, 32

Ш

Широкополосные системы связи, 76
шпора, 100

Э

Электрическое направление вниз, 44
Эффективная излучаемая мощность, 46

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА АСТ
КАЖДАЯ **ПЯТАЯ** КНИГА РОССИИ

ПРИОБРЕТАЙТЕ КНИГИ ПО ИЗДАТЕЛЬСКИМ ЦЕНАМ
В СЕТИ КНИЖНЫХ МАГАЗИНОВ **БУКВА**

МОСКВА:

- м. «Алексеевская», Звездный б-р, д. 21, стр. 1, т. (495) 232-19-05
- м. «Алексеевская», пр-т Мира, д. 114, стр. 2 (Му-Му), т. (495) 687-45-86
- м. «Бауманская», ул. Спартаковская, д. 16, т. (495) 267-72-15
- м. «Бибирево», ул. Пришвина, д. 22, ТЦ «Александр Ленд», этаж 0, т. (495) 406-92-65
- м. «Домодедовская», ТК «Твой Дом», 23-й км МКАД, т. (495) 727-16-15
- м. «Коломенская», ул. Судостроительная, д. 1, стр. 1, т. (499) 616-20-48
- м. «Крылатское», Осенний б-р, д. 18, корп. 1, т. (495) 413-24-34, доб. 31
- м. «Кузьминки», Волгоградский пр-т, д. 132, т. (495) 172-18-97
- м. «Медведково», ТЦ «XL Мытищи», Мытищи, ул. Коммунистическая, д. 1, т. (495) 641-22-89
- м. «Новослободская», д. 26, т. (495) 973-38-02
- м. «Новые Черемушки», ТК «Черемушки», ул. Профсоюзная, д. 56, 4-й этаж, пав. 4а-09, т. (495) 739-63-52
- м. «Парк культуры», Зубовский б-р, д. 17, стр. 1, т. (495) 246-99-76
- м. «Перово», ул. 2-я Владимирская, д. 52/2, т. (495) 306-18-97
- м. «Петровско-Разумовская», ТК «XL», Дмитровское ш., д. 89, т. (495) 783-97-08
- м. «Сокол», ТК «Метромаркет», Ленинградский пр-т, д. 76, корп. 1, 3-й этаж, т. (495) 781-40-76
- м. «Сокольники», ул. Стромынка, д. 14/1, т. (495) 268-14-55
- м. «Таганская», Б. Факельный пер., д. 3, стр. 2, т. (495) 911-21-07
- м. «Тимирязевская», Дмитровское ш., д. 15, корп. 1, т. (495) 977-74-44
- м. «Царицыно», ул. Луганская, д. 7, корп. 1, т. (495) 322-28-22
- м. «Бауманская», ул. Спартаковская, д. 16, т. (495) 267-72-15
- м. «Преображенская площадь», ул. Большая Черкизовская, д. 2, корп. 1, т. (499) 161-43-11
- м. «Каховская», Чонгарский б-р, д. 18, т. (499) 619-90-89
- м. «Щукинская», ТЦ «Щука», ул. Щукинская, вл. 42, т. (495) 229-97-40
- м. «Коньково», ул. Профсоюзная, д. 109, корп. 2, т. (495) 429-72-55
- м. «Университет», Мичуринский пр-т, д. 8, стр. 29, т. (499) 783-40-00
- м. «Коломенская», ТЦ, пр-т Андропова, вл. 25, т. (499) 612-60-31
- м. «Китай-город», ул. Маросейка, д. 4/2, стр. 1, т. (495) 624-37-33 (30-34)
- м. «Щелковская», ул. Уральская, д. 2
- м. «Ясенево», ул. Паустовского, д. 5, корп. 1, т. (495) 423-27-00
- М.О., г. Зеленоград, ТЦ «Иридиум», Крюковская площадь, д. 1
- М.О. г. Люберцы, Октябрьский пр-т, д. 151/9, т. (495) 554-61-10

Заказывайте книги почтой в любом уголке России
123022, Москва, а/я 71 «Книги – почтой»
или на сайте: shop.avanta.ru

Курьерская доставка по Москве и ближайшему Подмосковью:
Тел/факс: +7(495)259-60-44, 259-41-71

Приобретайте в Интернете на сайте: www.ozon.ru

Издательская группа АСТ www.ast.ru
129085, Москва, Звездный бульвар, д. 21, 7-й этаж
Информация по оптовым закупкам: (495) 615-01-01, факс 615-51-10
E-mail: zakaz@ast.ru

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА АСТ
КАЖДАЯ **ПЯТАЯ** КНИГА РОССИИ

ПРИОБРЕТАЙТЕ КНИГИ ПО ИЗДАТЕЛЬСКИМ ЦЕНАМ
В СЕТИ КНИЖНЫХ МАГАЗИНОВ буква

РЕГИОНЫ:

- Архангельск, 103-й квартал, ул. Садовая, д. 18, т. (8182) 65-00-95
- Белгород, Народный б-р, д. 82, ТЦ «Пассаж», т. (4722) 32-53-26
- Белгород, пр. Хмельницкого, д. 132а, т. (4722) 31-48-39
- Владимир, ул. Дворянская, д. 10, т. (4922) 42-06-59
- Волгоград, ул. Мира, д. 11, т. (8442) 33-13-19
- Екатеринбург, ул. Сулимова, д. 50, ТРК «Парк Хаус», т. (343) 216-55-02
- Ижевск, ул. Автозаводская, д. 3а, т. (3412) 90-38-31
- Ижевск, ТРЦ «Столица», ул. Автозаводская, д. 3а, т. (3412) 90-38-31
- Калининград, пл. Калинина, д. 17/21, т. (4012) 65-60-95
- Краснодар, ул. Дзержинского, д. 100, ТЦ «Красная площадь», т. (861) 210-41-60
- Красноярск, пр-т Мира, д. 91, т. (3912) 23-17-65
- Курган, ул. Гоголя, д. 55, т. (3522) 43-39-29
- Курск, ул. Ленина, д. 11, т. (4712) 70-18-42
- Курск, ул. Радищева, д. 86, т. (4712) 56-70-74
- Липецк, пл. Коммунальная, д. 3, т. (4742) 22-27-16
- Мурманск, пр-т Ленина, д. 53, т. (8152) 47-20-43
- Новороссийск, сквер им. Чайковского, т. (8617) 67-61-52
- Новосибирск, ул. Ватутина, д. 107, ТЦ «Мега», т. (383) 230-12-91
- Пенза, ул. Московская, д. 63, т. (8412) 20-80-35
- Пермь, ул. Революции, д. 60/1, ТЦ «7 пятниц», т. (342) 233-40-49
- Ростов-на-Дону, Новочеркасское ш., д. 33, ТЦ «Мега», т. (863) 265-83-34
- Рязань, Первомайский пр-т, д. 70, корп. 1, ТЦ «Виктория Плаза», т. (4912) 95-72-11
- Рязань, ул. Почтовая, д. 62, т. (4912) 28-99-39
- Самара, ул. Дыбенко, д. 30, ТЦ «Космопорт», т. 8-908-374-1960
- Санкт-Петербург, Гражданский пр-т, д. 41, ТЦ «Академический», т. (812) 380-17-84
- Санкт-Петербург, Лиговский пр-т, д. 185, т. (812) 766-22-88
- Санкт-Петербург, ул. Чернышевская, д. 11/57, т. (812) 273-44-13
- Тверь, ул. Советская, д. 7, т. (4822) 34-53-11
- Тольятти, ул. Ленинградская, д. 55, т. (8482) 28-37-68
- Тула, пр-т Ленина, д. 18, т. (4872) 36-29-22
- Тула, ул. Первомайская, д. 12, т. (4872) 31-09-22
- Тюмень, ул. М.Горького, д. 44, стр. 4, ТРЦ «Гудвин», т. (3452) 79-05-13
- Чебоксары, ТЦ «Мега Молл», ул. Калинина, д. 105а, т. (8352) 28-12-59
- Череповец, Советский пр-т, д. 88а, т. (8202) 53-61-22
- Ярославль, ул. Свободы, д. 12, т. (4852) 72-86-61

Заказывайте книги почтой в любом уголке России
123022, Москва, а/я 71 «Книги – почтой»
или на сайте: shop.avanta.ru

Курьерская доставка по Москве и ближайшему Подмосковью:
Тел/факс: +7(495)259-60-44, 259-41-71

Приобретайте в Интернете на сайте: www.ozon.ru

Издательская группа АСТ www.ast.ru
129085, Москва, Звездный бульвар, д. 21, 7-й этаж
Информация по оптовым закупкам: (495) 615-01-01, факс 615-51-10
E-mail: zakaz@ast.ru

Windows Vista

Серия «Эффективное руководство»

КОМПЬЮТЕР·HOUSE
iBOOX.RU

Авторы: С.В. Глушаков, Т.С. Хачиров

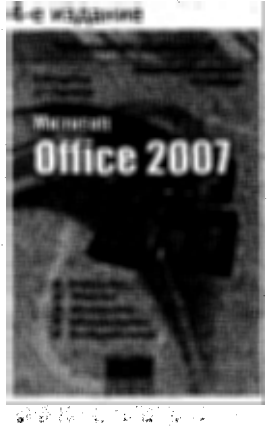
Страниц: 464

Книга посвящена новейшей операционной системе Microsoft Windows Vista. Рассмотрены встроенные средства защиты от вредоносных программ, возможности Windows по защите личной информации и шифрованию данных, средства работы с фото, аудио и видео. Приведены инструкции по настройке взаимодействия устройств Windows Mobile и компьютера с Windows Vista. Подробно рассмотрена настройка параметров Windows Vista, возможности работы в многопользовательском режиме, резервное копирование и восстановление. Описана настройка ПК для работы в Интернете, поиск информации в Интернете и работа с электронной почтой.

Microsoft Office 2007

Серия «Эффективное руководство»

КОМПЬЮТЕР·HOUSE
iBOOX.RU



Авторы: С.В. Глушаков, А.С. Сурядный

Страниц: 624

Четвертое издание книги посвящено последней версии наиболее популярного пакета офисных программ – Microsoft Office 2007. Подробно описываются возможности оформления текстовых документов в Word, выполнения вычислений и построения диаграмм в электронных таблицах Excel, управления базами данных в Access, подготовки презентаций с помощью PowerPoint, обмена электронными сообщениями, планирования встреч и управления контактами в Outlook.

Большое количество практических примеров и иллюстраций, приведенных в книге, помогут Вам быстро освоить нюансы работы в этих офисных приложениях.

Все секреты, трюки и эффекты Photoshop, Corel, Illustrator

Серия «Эффективное руководство»

КОМПЬЮТЕР·HOUSE
iBOOX.RU

Авторы: С.В. Глушаков, А.В. Гончарова, Е.В. Гончарова, С.А. Золотарев

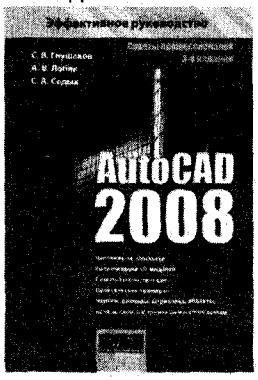
Страниц: 672

В книге рассмотрена методика цветокоррекции и ретуши цифровых фотографий, создание фотоколлажей и живописных изображений в Photoshop. Детально изложены тонкости работы с векторными объектами в CorelDRAW и Illustrator, представлены методы создания уникальных спецэффектов и пиктографических рисунков, применение узорных заливок и художественных контуров. Простой и доступный язык изложения материала, удобная структура и множество практических примеров делают эту книгу полезной для дизайнеров любого уровня.

AutoCAD 2008

Серия «Эффективное руководство»
3-е издание

КОМПЬЮТЕР·HOUSE
iBook.Ru



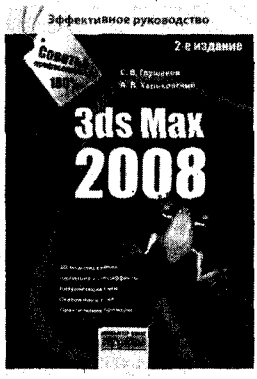
Авторы: С.В. Глушаков, А.В. Лобяк, С.А. Седых
Страниц: 672

В книге описывается последняя версия популярной системы проектирования AutoCAD 2008. Подробно рассматриваются методики и инструменты для плоского и пространственного черчения, редактирования свойств объектов. Изучаются средства управления экранным изображением, видовыми экранами в пространстве модели и листа. Также книга содержит подробное описание принципов 3D-моделирования применительно к созданию каркасных, поверхностных и твердотельных объектов, а также их визуализации и тонированию. Оригинальная методика изложения дополняется практическими примерами, дистингами и пояснениями.

3ds Max 2008

Серия «Эффективное руководство»
2-е издание

КОМПЬЮТЕР·HOUSE
iBook.Ru



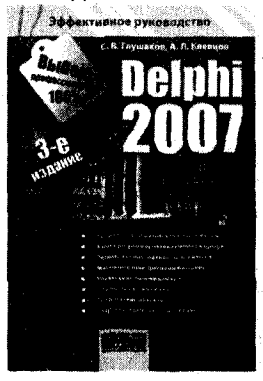
Авторы: С.В. Глушаков, А.В. Харьковский
Страниц: 528

В книге описывается последняя версия популярного редактора трехмерной графики 3ds Max 2008. Подробно рассматривается создание простых и сложных 3D-моделей, применение материалов и текстур. Изучаются принципы анимации и работы с камерами, управление источниками света, которые позволяют создавать фотореалистичные статические и динамические сцены. Книга предназначена в первую очередь для начинающих дизайнеров, но также будет интересна читателям, имеющим опыт 3D-моделирования.

Delphi 2007

Серия «Эффективное руководство»
3-е издание

КОМПЬЮТЕР·HOUSE
iBook.Ru



Авторы: С.В. Глушаков, А.Л. Клевцов
Страниц: 640

Книга посвящена изучению новейшей версии популярного программного продукта Delphi 2007 for Win32, представляющего собой мощное инструментальное средство визуальной разработки приложений. Подробно рассмотрены многие стандартные компоненты VCL, основы языка Delphi Language, принципы объектно-ориентированного программирования. Описаны аспекты разработки SDI- и MDI-приложений, использования графических возможностей, создания Internet-приложений, доступа к базам данных с применением современной технологии ActiveX Data Object, внедрения и связывания объектов Object Linking and Embedding, взаимодействия между приложениями с помощью Component Object Model, реализации многопоточности.

Научно-популярное издание

Пол Беделл

Сети
Беспроводные технологии

Секреты профессионалов

Главный редактор	*Захаров И.М.*
Научный редактор	*Проскуряков А.А.*
Редактор	*Дуравкин Е.В.*
Корректор	*Трефилова Е.В.*
Верстка	*Лысенков А.Н.*
Дизайн обложки	*Духнич Б.Т.*

Издательство «НТ Пресс»
129085, Москва, Звездный б-р, д. 21, стр. 1.

Издание осуществлено при техническом участии
ООО «Издательство АСТ»

Отпечатано с готовых диапозитивов в ООО «Полиграфиздат»
144003, г. Электросталь, Московская область, ул. Тевосяна, д. 25

Пол Беделл

СЕКРЕТЫ ПРОФЕССИОНАЛОВ

СЕТИ

Беспроводные технологии

Вы держите в руках лучший путеводитель по миру беспроводных технологий. Здесь изложены основы построения беспроводных сетей, освещены все аспекты управления беспроводной системой с описанием особенностей технологий 3G, Bluetooth, Wi-Fi, WiMAX, GPRS, SMS, а также множество новых приложений и услуг, которые сопутствуют развитию беспроводных сетей.

Это практическое пособие позволит Вам легко и быстро освоить фундаментальные понятия беспроводных технологий. В книге содержится большое количество примеров, иллюстраций и диаграмм.

ISBN 978-5-477-00569-7

интернет-магазин
OZON.ru
85053304

КОМПЬЮТЕР·HOUSE
iBOOX.RU