



“Сети и системы радиодоступа”

Авторы: Григорьев Владимир Александрович
Лагутенко Олег Иванович
Распаев Юрий Алексеевич

ВВЕДЕНИЕ

Технологии радиодоступа завоёвывают всё большую популярность среди специалистов и потребителей услуг связи. Долгое время технологии радиодоступа находились в тени сотовой связи и воспринимались как второстепенные и вспомогательные, с помощью которых замещаются традиционные проводные технологии. Однако технологии радиодоступа стремительно выходят на первый план благодаря применению новых способов формирования и обработки сигналов, новым сценариям предоставления услуг связи, снижению стоимости оборудования и упрощению его применения. Современные технологии WiFi и WiMax будоражат воображение операторов и инвесторов предчувствием нового этапа развития в радиосвязи, сопоставимого по своим масштабам с появлением систем сотовой связи. Ещё более серьёзным аргументом «за» радиодоступ является постоянное увеличение пропускной способности, доступной абоненту. За короткий период с 1989 по 2004 годы увеличение составило десятки раз (с 1 до 54 и более Мбит/с) и неудержимо продолжается благодаря непрерывному внедрению новейших научных и технологических решений. Многие решения в области совершенствования радиоинтерфейса применяются мгновенно благодаря реализации концепции «программируемого радио» (Soft Radio), что оказывает непосредственное влияние на конкурентную борьбу за абонентов.

Удобство использования и высокое качество услуг связи, реализуемых с помощью оборудования радиодоступа, позволяют ему успешно конкурировать с проводными решениями.

Дополнительным фактором, способствующим быстрому внедрению систем радиодоступа, является широкая полоса частот, доступная для применения в мире в целом, и в России в частности.

Если для систем сотовой связи стандарта GSM доступная полоса частот не превышает 160 МГц, то для систем радиодоступа доступными являются полосы 2,4–2,483; 5,15–5,350; 5,65–5,85; 5,9–6,4; 10,15–11,6; 26–28; 40–43,5 ГГц, что указывает на огромный потенциал технологий радиодоступа.

Существенно более высокий уровень спектральной эффективности, достигающий сегодня $\eta = 6$ бит/с/Гц, и её постоянное увеличение обеспечивают дальнейший рост преимуществ оборудования радиодоступа по отношению к технологиям сотовой связи (спектральная эффективность для которых не превышает $\eta \leq 1$ бит/с/Гц).

Рост популярности технологий радиодоступа характеризует также постоянно возрастающее количество сертифицированных в России типов оборудования. На сегодняшний день общее количество



сертифицированных типов оборудования радиодоступа составляет несколько сот и постоянно увеличивается. Парк существующего оборудования, доступный к применению в России, охватывает все возможные сценарии применения (последняя миля, последний шаг, радиолинии с синхронной передачей и т.д.), стандарты радиодоступа (включая 802.11a, 802.16 и др.), обеспечивают подключение абонентов по различным стыкам, что позволяет строить полностью беспроводные сети любого масштаба и ёмкости.

Реализация решения для каждого конкретного случая уникальна, так как требует учёта ограничений (как правило, финансовых, временных, территориальных, частотных и др.), что задаёт ограничения на доступный перечень оборудования и требует выбора оборудования, в наибольшей степени подходящего для решения задачи.

Тенденцией дальнейшего развития оборудования радиодоступа является (при сохранении преимуществ фиксированной связи) получение некоторой «мобильности», точнее свободы перемещения в пределах зоны обслуживания. Это указывает на сближение технологий сотовой связи и радиодоступа.

Появление многостандартных и многопротокольных терминалов, позволяющих выбирать сеть и протокол обмена в зависимости от обстановки и потребностей абонента, позволяет оптимизировать затраты на услуги связи и повышают популярность радиосвязи. В состав современных вычислительных средств (персональных компьютеров, носимых и наладонных компьютеров) интегрированы радиостанции стандартов Bluetooth, 802.11a/b/g. Это превращает вычислительные средства в высокотехнологичную абонентскую станцию, использование средств коммуникаций в составе которой сильно упрощено.

Несмотря на такой повышенный интерес к технологиям радиодоступа литература, позволяющая составить целостное представление о функционировании и сопоставить характеристики с целью выбора того или иного беспроводного решения, в России отсутствует. В данной книге предпринята попытка восполнения информации по технологиям радиодоступа. Для полного представления о технологиях радиодоступа и процессе их развития требуется систематическое изложение положений по построению радиоинтерфейсов, протоколов обмена и т.д. Изложить характеристики на всех уровнях модели открытых информационных систем (OSI) для существующих и перспективных технологий и оборудования радиодоступа в компактном виде не представляется возможным. Поэтому в книге излагается описание стандартов на **физическом** и **канальном** уровнях, так как параметры этих уровней определяют специфику радиоинтерфейса и оборудования систем радиодоступа в целом, определяя его основные характеристики: дальность действия, пропускную способность, количество одновременно работающих абонентов и т.д. Остальные уровни (сетевой и транспортный) модели OSI в книге практически не затрагиваются.

Книга рассчитана на читателей, профессионально занимающихся радиосвязью (не обязательно с базовым радиотехническим образованием)



и стремящихся понять структуру и возможности радиоинтерфейса, а также получить обоснованный ответ на вопрос, сможет ли приобретаемое оборудование решить поставленную задачу предоставления услуг связи на заданной территории с заданным качеством.

С этой целью в книге коротко излагаются вопросы теории, позволяющие построить модель радиоканала и произвести достаточно точные расчёты характеристик системы связи.

Материал по стандартам, применяемым в оборудовании радиодоступа, опирается на приведённые теоретические сведения и включает описание параметров модуляции, антенн, форматов кадров физического и канального уровней, протоколов множественного доступа, способов разделения каналов и сравнительные характеристики оборудования различных стандартов.

Отдельно рассматриваются вопросы безопасности и управления в сетях радиодоступа. Рассмотрение стыков систем радиодоступа с сетями общего пользования и абонентского оборудования с оконечным оборудованием абонента также проводится в отдельных главах.

Специальный раздел составляет глава, в которой рассмотрены особенности электромагнитной совместимости систем радиодоступа с существующими системами радиосвязи, вопросы проектирования и нормативно-технического регулирования систем радиодоступа.

В написании принимали участие О.И. Лагутенко (главы 11 и 12), Ю.А. Распаев (главы 13 и 14), совместно с автором в написании главы 15 принимали участие Ю.В. Волкова и А.С. Стадинчук. Большой вклад в совместную работу над материалом главы 10 внес коллектив НПФ Гейзер во главе с В.А. Ковалем.

Автор благодарен соавторам за их участие в написании книги, позволившем существенно расширить охват и глубину рассматриваемых вопросов.

Считаю своим приятным долгом выразить благодарность за участие в обсуждении вопросов, излагаемых в книге, специалистам управления фиксированной связи ГРЧЦ начальнику управления Бутылину В.И. и специалистам Бриль Н.П., Покачуевой А.А.

За дружескую поддержку и фактическое участие в подготовке материалов книги автор благодарит директора компании Радионет Недошивина С.С. и всех его сотрудников. Благодарность за труд по подготовке рукописи к изданию выражаю Якубович Г.Л.

Коллективу редакции Эко-Трендз за долготерпение и внимание.

Автор благодарен коллективу 63 кафедры, НИЛ-3, 6 факультета Академии им. А.Ф. Можайского за внимание и поддержку, проявленные при написании книги.

Материал главы 3 и подраздела 15.3 содержит результаты исследований выполненных в соответствии с программой по Гранту Президента РФ № МД-380.2003.09.