



ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

беспроводного доступа Wi-Fi и WiMAX в России и во всем мире

Сергей Рахманов
ФГУП «НИИР»

Введение

В настоящее время в области телекоммуникаций наблюдается стремительный рост интереса к использованию техники широкополосного доступа.

Наиболее быстрыми темпами развивается сектор беспроводного

широкополосного доступа, и, как показывает аналитика, долгосрочные инвестиции в эту область постоянно растут в России и во всем мире.

По данным отчета Global Broadband Subscriber Report компании Yankee Group, в 2008 г. количест-

во пользователей услуг беспроводного доступа во всем мире достигнет 8% от общего числа пользователей услуг широкополосного доступа и приблизится к 30 млн. За тот же период количество абонентов, использующих DSL-доступ, возрастет только в 3—4 раза.

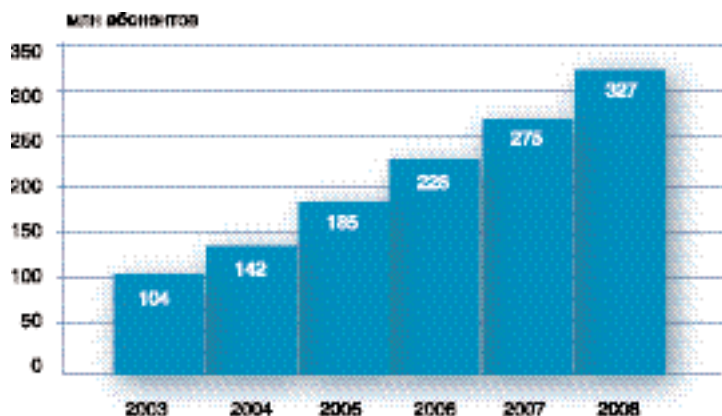


Рис. 1. Рост количества абонентов услуг широкополосного доступа в мире (источник: Yankee Group)

По другим, более субъективным оценкам, проникновение широкополосного беспроводного доступа в мире будет еще выше. Так, по заявлению одного из руководителей компании Intel Шона Мэлоуни (Sean Maloney), беспроводные WiMAX-сертифицированные системы станут конструктивной основой для подключения к Интернету следующих 5 млрд пользователей и положат начало настоящей революции широкополосного беспроводного доступа.

Использование технологий Wi-Fi и WiMAX в России позволит ускорить процесс внедрения современных инфокоммуникаций и, что особенно важно, обеспечить в короткие сроки возможность подключения к сети Интернет сельских школ и жителей отдаленных районов нашей страны.

Место технологий Wi-Fi и WiMAX среди технологий сетей беспроводного доступа

Существует принятая классификация основных видов сетей радиодоступа (рис. 2).

Персональные беспроводные сети доступа WPAN

Сети WPAN предназначены для беспроводного соединения в пределах рабочего места. Примером такой технологии является Bluetooth, разработанный в 1998 г. группой компаний Ericsson, IBM, Intel, Nokia и Toshiba.

В 2003 г. ГКРЧ России приняла решение о свободном использовании Bluetooth в полосе частот 2400—2483,5 МГц, что способствовало широкому распространению устройств с модулями Bluetooth.

Беспроводные локальные сети WLAN

Основное назначение беспроводных локальных сетей (WLAN) — организация доступа к информационным ресурсам внутри здания. Вторая по значимости сфера применения — это организация общественных коммерческих точек доступа (hot spots) в людных местах — гостиницах, аэропортах, кафе, а также организация временных сетей на период проведения мероприятий (выставок, семинаров).

Беспроводные локальные сети создаются на основе семейства стандартов IEEE 802.11. Эти сети известны также как Wi-Fi (Wireless Fidelity), и хотя сам термин Wi-Fi в стандартах явным образом не про-

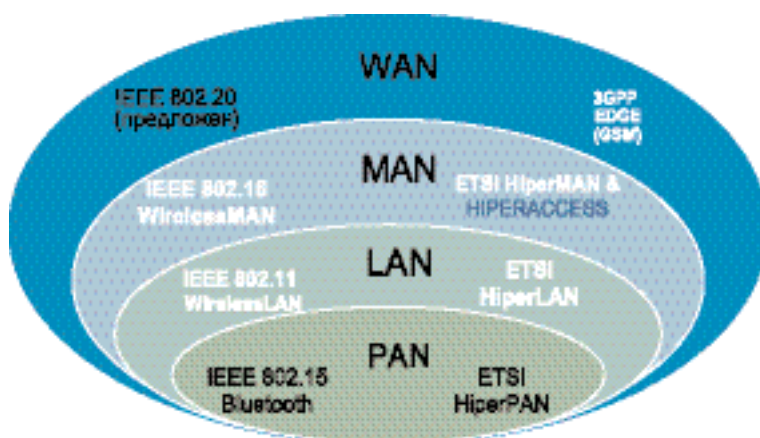


Рис. 2. Международные стандарты беспроводной связи



писан, бренд Wi-Fi получил в мире самое широкое распространение.

Распределенные беспроводные сети Wireless Access и городские сети WMAN

В отличие от сетей Wi-Fi, изначально предназначавшихся для внутри-офисного использования, распределенные сети Wireless Access (другие названия: BWA — Broadband Wireless Access, WiMAX) — это сети масштаба города WMAN (Wireless Metropolitan Access Network) или региона, сети операторского класса.

Технология распределенных сетей, в отличие от WLAN и Wi-Fi, изначально использует неколлизионный метод доступа, позволяющий предоставлять клиенту фиксированный канал передачи данных с фиксированной задержкой (минимальным джиттером), что является необходимым условием для построения сетей операторского класса.

До настоящего времени оборудование для построения таких сетей работало на неких проприетарных, фирменных протоколах изготовителей оборудования, нестандартизованных и несовместимых между собой. Появление стандарта IEEE 802.16 решает вопрос стандартизации выпускаемого на рынок оборудования широкополосного беспроводного доступа.

Технология Wi-Fi История развития

В 1990 г. Комитет по стандартам IEEE 802 сформировал рабочую группу по стандартам для беспроводных локальных сетей 802.11. Эта группа занялась разработкой всеобщего стандарта для радиооборудования и сетей, работаю-

щих на частоте 2,4 ГГц со скоростями доступа 1 и 2 Мбит/с. Работы по созданию стандарта были завершены через семь лет, и в июне 1997 г. была ратифицирована первая спецификация 802.11.

Стандарт IEEE 802.11 стал первым стандартом для продуктов WLAN от независимой международной организации. Однако к моменту выхода стандарта в свет первоначально заложенная в нем скорость передачи данных оказалась недостаточной. Это послужило причиной последующих доработок, поэтому сегодня можно говорить о группе стандартов IEEE 802.11.

Основные стандарты

В настоящее время широко используются преимущественно три стандарта группы IEEE 802.11 (табл. 1).

Стандарт IEEE 802.11b. Это наиболее старый и самый распространенный стандарт. Он был принят в 1999 г. и в настоящее время является наиболее популярным благодаря ориентации на нелицензируемый (но не в России) диапазон частот 2,4 ГГц.

Оборудование этого стандарта позволяет осуществлять передачу на скорости до 11 Мбит/с и сегодня ак-

тивно используется для организации беспроводных сетей в помещениях офисов и домашних беспроводных сетей, а также хот-спотов.

Стандарт IEEE 802.11a. Этот стандарт является наиболее «широкополосным» из семейства 802.11. Он предусматривает скорость передачи данных до 54 Мбит/с. В отличие от базового стандарта спецификациями 802.11a предусмотрена работа в новом частотном диапазоне 5 ГГц. В качестве метода модуляции сигнала выбрано ортогональное частотное мультиплексирование (OFDM), обеспечивающее высокую устойчивость связи в условиях многолучевого распространения сигнала.

Стандарт IEEE 802.11g. Этот новый стандарт был одобрен в 2003 г. Он представляет собой развитие стандарта IEEE 802.11b в сторону повышения скорости передачи данных до 54 Мбит/с в том же частотном диапазоне 2,4 ГГц. Этого удалось достичь благодаря использованию более эффективной модуляции сигнала в виде ортогонального частотного мультиплексирования, опробованного ранее при разработке стандарта IEEE 802.11a.

Таблица 1. Основные характеристики стандартов группы IEEE 802.11

Стандарт	802.11b	802.11g	802.11a
Частотный диапазон, ГГц	2,4—2,483	2,4—2,483	5,15—5,25
Метод передачи	DSSS	DSSS, OFDM	DSSS, OFDM
Скорость, Мбит/с	1—11	1—54	6—54
Совместимость	Базовый стандарт	802.11b	Нет
Метод модуляции	BPSK, QPSK, CCK	BPSK, QPSK OFDM	BPSK, QPSK, OFDM
Дальность связи в помещении, м	20—100	20—50	10—20
Дальность связи вне помещения, м	До 300	До 250	До 150

Основные классы сетей Wi-Fi

Существуют три основных класса сетей Wi-Fi:

- беспроводные сети организаций в пределах одного здания;
- хот-споты (публичные беспроводные сети);
- домашние беспроводные сети (например, сеть внутри квартиры или в небольшом магазине).

Публичные беспроводные сети Wi-Fi развертываются в местах большого скопления людей. Для этого в соответствующих местах устанавливаются базовые станции. Клиент, располагающий ноутбуком или КПК с адаптером Wi-Fi и находящийся в зоне обслуживания базовой станции, может подключиться к беспроводной сети и получить необходимый ему сервис.

Пропускная способность сети определяется шириной магистрального канала доступа в Интернет. При этом оператор связи сам решает, когда следует ограничить скорость доступа, чтобы подключить большее число клиентов и обеспечить устойчивость связи. За рубежом хот-споты предоставляют своим клиентам интернет-доступ со скоростями от 64 кбит/с до 5 Мбит/с.

Рынок Wi-Fi и прогноз его развития

За рубежом массовое создание общественных точек доступа началось в 2002 г. Тогда же появились первые коммерческие операторы Wi-Fi. Точки доступа, как правило, создаются в людных местах, причем владельцы ресторанов и кафе часто используют их как маркетинговый инструмент для привлечения клиентов.

По оценке рыночных аналитиков компании ABI Research, в 2005 г. муниципальные сети Wi-Fi покры-

вали территорию около 4 тыс. кв. км по всему миру, а к 2010 г. покрытие превысит 300 тыс. кв. км.

Основными движущими силами мирового рынка Wi-Fi являются следующие факторы:

- желание местных органов власти развернуть муниципальные широкополосные сети для повышения эффективности работы различных служб и безопасности населения;
- потенциал беспроводных mesh-сетей как альтернативы кабельным сетям;
- альтернативные провайдеры видят в Wi-Fi средство предоставления широкополосных услуг, позволяющее конкурировать с операторами мобильной связи.

В последние годы рынок Wi-Fi начинает развиваться и в России. Например, в рамках одного только проекта «Яндекс.Wi-Fi» к началу 2006 г. в Москве было организовано порядка 200 точек доступа Wi-Fi в различных ресторанах, клубах и кафе, которые таким образом предоставляют своим посетителям дополнительный и привлекательный сервис в виде беспроводного доступа в Интернет.

Дальнейшее развитие технологии Wi-Fi

Стандарт 802.11i. Для выхода Wi-Fi-продукции на рынок серьезных сетевых решений необходимы новые стандарты безопасности для беспроводных технологий, называемые AES (Advanced Encryption Standard).

В ранних Wi-Fi-устройствах использовался WEP-протокол. Следующим уровнем стал протокол защищенного Wi-Fi-доступа WPA (Wi-Fi Protected Access). Протокол WPA устраняет множество

«дыр» в безопасности, связанных с протоколом WEP.

В основу стандарта 802.11i легла новая техническая спецификация организации Wi-Fi Alliance — WPA2, в которой протокол WPA дополняется AES-алгоритмом. «Комбинация AES и динамических ключей безопасности должна устранить все сомнения в безопасности Wi-Fi-систем», — сказал Фрэнк Ханцлик (Frank Hanzlik), директор Wi-Fi Alliance. Wi-Fi Alliance сотрудничает со всеми агентствами и производителями в части разработки и продвижения сертифицированных протоколов, чтобы устранить любые расхождения между продуктами различных брендов.

Стандарт 802.11n. Окончательная версия спецификации этого стандарта была одобрена в январе 2006 г. Несколько десятков компаний единогласно проголосовали за принятие стандарта, предложенного консорциумом EWC (Enhanced Wireless Consortium). В этот консорциум входят такие корпорации, как Intel, Apple, Cisco, Broadcom, US Robotics и Sony.

Спецификация 802.11n предполагает возможность передачи данных в беспроводных сетях со скоростью до 600 Мбит/с. Это почти на порядок выше аналогичного показателя стандарта WiMAX, который обеспечивает пропускную способность до 70 Мбит/с.

Новый стандарт 802.11n, использующий нелицензируемые в большинстве стран частотные диапазоны 2,4 ГГц и 5 ГГц, совместим с 802.11a/b/g.

Предполагается, что на ратификацию стандарта 802.11n у Института инженеров электроники и электротехники (IEEE) уйдет более полугода. Таким образом, оконча-



тельно спецификация будет принята, вероятнее всего, в начале 2007 г.

Между тем некоторые производители уже заявили о намерении выпустить первые устройства для работы в сетях 802.11n, соответствующие предварительной спецификации.

Согласно данным ряда тайваньских СМИ, в скором времени начнется массовое производство чипов WLAN с поддержкой спецификации 802.11n. Первые партии должны сойти с конвейеров уже в I квартале 2006 г. Чипсет компании Marvell Technology 802.11n-88W8360 поддерживает пропускную способность 300 Мбит/с, диапазоны 2,4 ГГц и 5 ГГц и каналы с полосой 20 МГц и 40 МГц.

Подводя итог обзору технологии Wi-Fi, можно отметить, что беспроводные сети на ее основе становятся все более популярны, а рынок Wi-Fi динамично развивается. Основным сервисом в сетях Wi-Fi является предоставление беспроводного доступа в Интернет. Вместе с тем Wi-Fi выходит за рамки преимущественно внутриофисного применения.

Технология WiMAX

История развития

К концу 90-х годов многие телекоммуникационные корпорации и фирмы во всем мире занялись созданием беспроводных сетей, обеспечивающих решение проблемы «последней мили» и предоставляющих широкополосный доступ на расстоянии до нескольких десятков километров от базовой станции.

Почти все фирменные решения, основанные на неких внутренних, проприетарных стандартах, стра-

дали такими недостатками, как дороговизна оборудования и его несовместимость с оборудованием других производителей, что сильно ограничивало рыночный потенциал таких систем.

Подобное положение не могло долго устраивать участников рынка, поэтому в 2003 г. компаниями Nokia, Harris Corp., Ensemble и Crosspan был основан некоммерческий консорциум Worldwide Interoperability for Microwave Access Forum (WiMAX Forum), в который на сегодня входит более 300 компаний — производителей современного телекоммуникационного оборудования.

WiMAX Forum занимается решением следующих вопросов:

- определение и гармонизация стандартов;
- сертификация взаимодействия оборудования различных поставщиков;
- продвижение технологии WiMAX.

Сегодня термин WiMAX стал коммерческим именем стандарта IEEE 802.16. Стандарт WiMAX описывает технологию построения беспроводных распределенных сетей масштаба города или региона WMAN.

Основные стандарты

IEEE 802.16 — это группа стандартов, предназначенных для распределенных беспроводных сетей класса Wireless Access (WMAN, BWA) масштаба города и предоставления абонентам всех современных видов сервисов, большинство из которых в настоящее время доступны через кабельные соединения.

IEEE 802.16, или **IEEE 802.16-2001**, который был одобрен в декабре

2001 г., стал первым стандартом связи типа «точка — многоточка» в области WMAN. Стандарт был ориентирован на спектр от 10 до 66 ГГц и работу в одночастотном режиме (Single Carrier, SC — одна поднесущая). Как следствие, стандарт требовал наличия прямой видимости (Line of Sight, LoS) между передатчиком и приемником, что в условиях города является существенным недостатком.

IEEE 802.16a, одобренный в январе 2003 г., был разработан как дополнение к стандарту 802.16, относящееся к диапазону 2—11 ГГц, и помимо одночастотного режима работы предусматривал использование ортогонального частотного мультиплексирования (OFDM) и множественного доступа на его основе (Orthogonal Frequency Division Multiple Access, OFDMA). В режиме OFDM допускается одновременная передача на 256 поднесущих. За счет увеличения (примерно в такое же число раз) длительности элементарного символа можно одновременно принимать прямой и отраженные от препятствий сигналы либо вообще работать только на отраженных сигналах вне пределов прямой видимости базовой станции. Таким образом, в стандарт была добавлена возможность работы в условиях непрямої видимости (Non Line of Site, NLoS).

IEEE 802.16-2004 (одобрен в июле 2004 г.) является исправленной версией стандарта 802.16a. Он заменил собой существовавшие прежде версии 802.16, 802.16a и 802.16Revd.

IEEE 802.16e-2005. Эта новая редакция появилась в декабре 2005 г. В основу стандарта легли спецификации 802.16-2004. Но-

вый стандарт вобрал в себя описание предшествующей редакции, а также поправки к ней, ранее предлагавшиеся в проектах IEEE 802.16e и 802.16f. Согласно новому стандарту максимальная скорость передачи данных для «мобильного» WiMAX должна составлять порядка 20 Мбит/с, при этом на каждое пользовательское устройство будет выделяться канал с пропускной способностью от 1 до 5 Мбит/с на расстоянии до 3 км.

Консорциум WiMAX Forum приступил к созданию на основе стандарта IEEE 802.16e-2005 спецификаций «мобильного» WiMAX. До конца 2006 г. должны быть одобрены тесты и порядок сертификации на соответствие спецификациям IEEE 802.16e-2005. Сертификация оборудования в лаборатории испанского оператора CETECOM должна начаться в 2007 г, а появления первых коммерческих мобильных WiMAX-сетей, построенных на сертифицированном WiMAX Forum оборудовании, можно ожидать не раньше 2008 г.

Основные характеристики сетей на базе стандартов Wi-Fi и WiMAX приведены в табл. 2.

Особенности WiMAX как технологии сетей операторского класса

Производительность

Используя оптимальную схему модуляции, IEEE 802.16 обеспечивает высокую производительность системы на больших расстояниях с высоким уровнем спектральной эффективности, а также устойчивость к отражениям сигнала. Динамическая адаптивная модуляция, заложенная в механизме работы IEEE 802.16, позволяет основной станции подбирать оптимальный режим работы с абонентом. Например, если основная станция не может установить связь с отдаленным абонентом, используя самую эффективную схему модуляции 64QAM, порядок модуляции будет уменьшен до 16QAM или QPSK, что снижает производительность, но увеличивает помехоустойчивость и эффективный радиус действия системы.

Масштабируемость

В дополнение к поддержке динамического выбора оптимального метода модуляции стандарт IEEE 802.16 поддерживает технологии увеличения зоны охвата, такие как использование адаптивных антенн и разнообразных видов топологии сети.

Стандарт 802.16 поддерживает гибкое использование спектра. Например, если оператор назначил рабочую полосу частот 20 МГц, то он же может поделить полосу на два сектора по 10 МГц каждый или четыре сектора по 5 МГц. Распределяя мощность по секторам, оператор может наращивать число пользователей, поддерживая необходимую полосу и производительность. Чтобы увеличить число пользователей, оператор может повторно использовать один и тот же спектр в двух или более секторах, используя разнесение между секторными антеннами станции. Так как базовая станция представляет собой модульную систему, оператор имеет возможность устанавливать дополнительные радиомодули. Таким образом, при возрастании числа абонентов можно увеличить пропускную способность базовой станции при сохранении инвестиций.

Кроме того, стандартом 802.16 подразумевается централизованное управление сетью. Это означает, что для подключения какого-либо абонента к сети оператора администратору сети достаточно занести в базу данных абонентское устройство (его серийный номер и MAC-

Таблица 2. Основные характеристики сетей на базе стандартов Wi-Fi и WiMAX

Стандарт	Wi-Fi (IEEE 802.11)	WiMAX (IEEE 802.16-2004)	WiMAX (IEEE 802.16e)
Максимальная скорость передачи (в полосе частот)	11 Мбит/с для 802.11b; 54 Мбит/с для 802.11a/g (22 МГц)	75 Мбит/с (20 МГц)	20 Мбит/с (5 МГц)
Типовая скорость передачи данных абонента (в незагруженной сети)	3 Мбит/с (802.11b) 20 Мбит/с (802.11a/g)	2—10 Мбит/с	3 Мбит/с
Рабочие полосы частот	22 МГц TDD	1,5—20 МГц FDD/TDD	
Типовой радиус соты, км	0,01—0,1 (внутри помещений)	1—50	0,5—5
Степень мобильности	Низкая (вблизи точки доступа)	Фиксированный и «бродячий» доступ	Средняя (работа на скорости до 120 км/ч)
Радиочастотный диапазон	2,4 ГГц, 5 ГГц	2,4 ГГц, 5 ГГц, 2,5—2,7 ГГц, 3,5 ГГц, 5—6 ГГц	

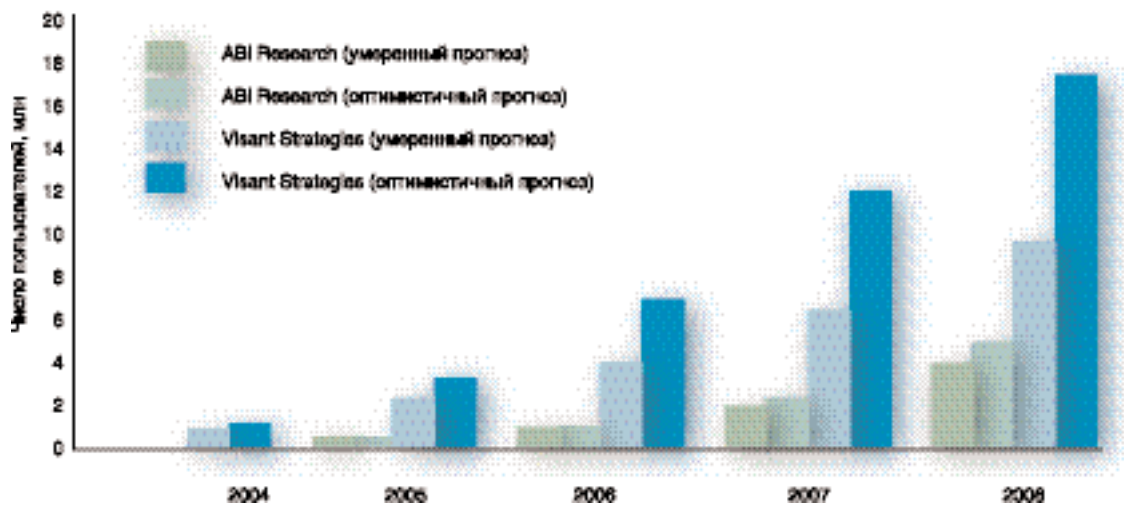


Рис. 3. Прогноз роста мировой абонентской базы сетей 802.16 (источники: ABI Research, 2003 г., Visant Strategies, 2003 г.)

адрес), назначить ему определенный уровень доступа и определенные полосы частот для передачи данных (гарантированные или нет). Установленное на стороне абонента оборудование «зацепляется» за базовую станцию, получает от нее конфигурационный файл и все те настройки, которые занес в базу администратор. При этом интерфейс абонентского комплекта может быть любым — аналоговая линия, цифровой поток либо IP — все зависит только от типа абонентского блока.

Управление качеством обслуживания

Сущность подхода, который получил название гарантированного качества обслуживания (QoS), состоит в том, что он реализует приоритет требований пользователя в отношении качества услуг: пользователь подает оператору заявку на услуги необходимого ему качества, а оператор выполняет эту заявку или сообщает пользователю о

невозможности ее реализации (последний вариант рассматривается как чрезвычайная ситуация).

При соблюдении QoS требуемое качество услуг достигается не путем чрезмерного увеличения пропускной способности системы, а за счет разделения всех пользователей и их заявок на несколько категорий с разными приоритетами и введения системы управления нагрузкой, передачей и коммутацией пакетов.

Качество обслуживания контролируется на уровне управления доступом к среде (MAC), что позволяет использовать дифференцированные уровни обслуживания. В этом заключается возможность для оператора предоставлять буквально каждому клиенту индивидуальный сервис и получать за это столько денег, сколько клиент готов за такой сервис платить.

Проблемы безопасности

В стандарт 802.16 включены протоколы шифрования, чтобы под-

держивать безопасную передачу данных, а также обеспечить установление подлинности (авторизацию) как абонента базовой станцией, так и базовой станции абонентом.

Рынок WiMAX и прогноз его развития

Ситуация на мировом рынке

Согласно оценкам исследовательских компаний Visant Strategies и Pyramid, уже через несколько лет годовые темпы прироста пользовательской базы сетей широкополосного беспроводного доступа возрастут с нынешних 2 до 10—15%. При этом 60% сетей будут базироваться на оборудовании стандарта IEEE 802.16.

Аналитики исследовательской компании In-Stat/MDR прогнозируют, что мировой рынок оборудования широкополосного беспроводного доступа достигнет 1,2 млрд долл. в 2007 г., причем три четверти дохода получают производители оборудования WiMAX. Если же ве-

ритель оценкам фирмы Allied Business Intelligence (ABI Research), то в 2008 г. объем одного лишь рынка устройств, соответствующих стандартам 802.16 и 802.20, достигнет 1,5 млрд долл. (рис. 3).

В своих последних исследованиях динамики рынка аналитики In-Stat также делают два прогноза: «оптимистический» и «пессимистический». Согласно первому варианту доходы производителей оборудования на базе стандарта WiMAX (клиентских устройств и базовых станций) возрастут с 42 млн долл. в 2005 г. до 3,2 млрд долл. в 2010 г. По второму сценарию показатели составят 19 млн и 2,1 млрд долл. соответственно. При этом In-Stat прогнозирует снижение средней цены на абонентские устройства с 500 долл. в 2005 г. до 100 долл. в 2010 г.

Указывается также, что, хотя развитие рынка оборудования стандарта 802.16-2004 будет заметным, настоящий успех WiMAX завоеует на гораздо более перспективном рынке устройств 802.16e, предлагающих вновь создаваемым и уже работающим операторам экономические преимущества по сравнению с нынешними технологиями мобильной связи 3G, особенно в области предоставления мультимедийных услуг.

Ситуация и перспективы WiMAX на российском рынке

Бизнес-модель развития рынка широкополосного доступа в России должна быть адекватной российским условиям.

Российский рынок следует общемировой тенденцией, однако его развитие запаздывает по сравнению с другими странами: в нашей стране проникновение услуг

беспроводного доступа значительно меньше, хотя и растет год от года. Здесь сказывается фактор, не учитываемый пока многими аналитиками, а именно — низкая плотность населения во многих российских регионах. Это обстоятельство в сочетании с низкой платежеспособностью населения делает затруднительной реализацию в таких регионах любого широкополосного проекта по оказанию современных услуг связи. В настоящее время основное развитие сетей беспроводного широкополосного доступа идет вокруг крупных мегаполисов, таких как Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, и других городов с более чем миллионным населением.

По оценкам компании ComPTek, в настоящий момент объем российского рынка оборудования для локальных сетей составляет 2,5—3 млн долл. В то же время продажи оборудования класса WiMAX приносят примерно в 5 раз больше — не менее 12—15 млн долл.

Рынок сетей беспроводного доступа в России предлагает оборудование разных классов. Но наиболее широко сегодня представлено дорогое оборудование (цена подключения одного клиента — 1500—2000 долл.) с развитой функциональностью (высокая скорость передачи данных, большое число удобных сервисов, высокая надежность, простота настройки и эксплуатации, масштабируемость и т. п.).

Особенности регулирования частотного спектра для сетей беспроводного доступа

Частотные диапазоны в России

Необходимо особо отметить, что в России все частоты принадлежат

государству, и свободных частотных диапазонов (licence free) нет. В России выделено несколько частотных диапазонов для гражданских нужд, но для их использования необходимо получать соответствующие разрешения. Кроме того, в России диапазон 2,4 ГГц и практически весь диапазон 5 ГГц относятся к диапазонам государственной связи (индекс ПР), и использование этих частот для гражданских целей возможно только на вторичной основе.

Диапазон 2,4—2,483 ГГц. К настоящему времени этот диапазон практически исчерпан в городах для построения сетей вне помещений, однако он хорошо подходит для построения сетей внутри зданий или вне крупных населенных пунктов — по причине максимальной дальности связи (50 км и более). Кроме того, оборудование для этого диапазона выпускается давно и стоит недорого.

Диапазон 3,4—3,6 ГГц. Этот диапазон был недавно открыт для средств гражданского назначения и после освоения диапазона 2,4 ГГц успел стать популярным, несмотря на дороговизну оборудования и невысокие скорости передачи данных. Однако впоследствии большая часть этого диапазона была вновь закрыта по причине передачи ее спутниковой группировке.

Диапазоны 5,150—5,250 и 5,250—5,350 ГГц. В настоящее время этот диапазон наиболее перспективен для построения распределенных беспроводных сетей. К преимуществам этого диапазона относятся высокие скорости передачи и обширная функциональность разнообразного оборудования.



Таблица 3. Преимущества и недостатки использования различных частотных диапазонов

Диапазон	Преимущества	Недостатки
2,4 ГГц	Низкая стоимость оборудования Максимальная дальность связи Большой выбор оборудования	Диапазон занят в городах Невысокая скорость передачи
3,5 ГГц	Хорошая дальность связи	Трудность получения частот Высокая стоимость оборудования
5,15—5,25 ГГц	Высокая (в 3—4 раза больше) скорость передачи	Меньшая дальность связи
5,25—5,35 ГГц	Простота получения частот	
5,725—5,850 ГГц	Богатый выбор поставщиков Хорошая дальность связи	В городах трудно получить частоты
5,9—6,4 ГГц	Свободный диапазон Простота получения частот	Дороговизна частотных конверторов

В России этот диапазон пригоден как для построения сетей внутри помещений (по стандарту 802.11a), так и для развертывания территориально распределенных сетей масштаба города.

Диапазон 5,725—5,850 ГГц. Этот диапазон разрешено использовать для развертывания территориально распределенных сетей как в России, так и за рубежом, поэтому оборудование для этих частот выпускают множество компаний. Диапазон рекомендуется использовать для магистральных радиоканалов, а также ведомственных сетей.

Диапазон 5,9—6,4 ГГц. Он открыт только в России. Беспроводные сети в этом диапазоне строят с помощью частотных конверторов и оборудования 2,4 ГГц. Кроме того, частоты 5,9—6,4 ГГц не относятся к правительственному диапазону, и разрешение на них получить проще.

Использование частот для разных сегментов рынка

Преимущества и недостатки использования тех или иных частотных диапазонов, разрешенных в России для систем беспро-

водного доступа, приведены в табл. 3.

Учитывая приведенные данные, можно сделать выводы о том, какие диапазоны предпочтительны для разных областей применения.

- Для операторов связи представляет особый интерес диапазон 5,15—5,35 ГГц с его высокими скоростями и богатым функционалом оборудования.

- Для ведомственных сетей помимо вышеуказанного можно использовать диапазон 3,5 ГГц как гарантию от помех со стороны других систем.

- Для организации каналов «точка — точка» в городах помимо диапазона 5,15—5,35 ГГц хорошо подходит 5,725—5,850 ГГц (для которого в большинстве городов можно получить разрешение только на канал «точка — точка»).

- Для беспроводных систем в отдалении от крупных городов хорошо подходят два диапазона: 2,4 ГГц, который вне городов свободен от помех и обеспечивает максимальную дальность связи, и 5,725—5,850 ГГц, также обеспечивающий хорошую дальность связи в режиме «точка — многоточка»,

причем на гораздо более высоких скоростях.

Заключение

Аналитики полагают, что расцвет WiMAX должен прийти на 2008—2009 гг., когда широкое распространение получат встроенные в ноутбуки, КПК и прочие абонентские устройства контроллеры широкополосной связи. Примечательно, что с момента появления на рынке технологии Wi-Fi и до момента, когда контроллеры беспроводной связи стали встраиваться почти в каждый выпускаемый ноутбук, прошло порядка пяти лет. Для WiMAX этот срок сокращен до трех лет, хотя затраты на строительство распределенных широкополосных сетей несоизмеримы с затратами на офисные беспроводные сети. Впрочем, уже сейчас в различных странах работают несколько сетей на основе оборудования, которое пока относят к категории pre-WiMAX или WiMAX-ready, и опыт, полученный в результате их эксплуатации, будет использован для ускорения внедрения полностью мобильных широкополосных сетей. ●