

ПЕРСПЕКТИВЫ WiMAX:

ЕСЛИ ПОСМОТРЕТЬ ВООРУЖЕННЫМ ВЗГЛЯДОМ

Мир стоит на пороге очередного передела. На этот раз – сетевого. Сотовые телефонные компании активно рвутся в мир широкополосного беспроводного доступа (ШБД), и в этом их всячески поддерживают производители. От этого же пирога жаждут откусить свою долю и новые компании – производители телекоммуникационного оборудования и полупроводниковой элементной базы, операторы и Интернет-провайдеры. В области беспроводного доступа все сводится к выбору между WiMAX и LTE. И при беглом анализе складывается впечатление, что чаша весов склоняется в пользу LTE. Но так ли все однозначно? Рассмотрим технические возможности основных конкурирующих технологий – HSPA (High-Speed Packet Access, предельное развитие сотовых технологий 3G), LTE и WiMAX.

WiMAX VS. HSPA

Данное сравнение составлено по материалам WiMAX Forum [1]. Информация претендует на объективность, но нет гарантии, что она абсолютно полная. Тем не менее, на фоне громких заявлений со стороны адептов 3GPP, подобный анализ по крайней мере уместен.

Системы с технологией HSPA (3GPP релиз 6) коммерчески доступны с 2007 года. Технология предусматривает частотное дуплексирование (FDD) с шириной каждого дуплексного канала 5 МГц. В нисходящем канале используется модуляция QPSK либо 16-QAM, двойное пространственное разнесение на приеме (1×2 SIMO), пиковая скорость 14 Мбит/с. В восходящем канале модуляция BPSK либо QPSK, антенная конфигурация 1×2 SIMO, пиковая скорость 5,8 Мбит/с.

Примерно в то же время на рынке были системы WiMAX (релиз 1.0) с временным дуплексированием (TDD). При аналогичной ширине полосы 10 МГц они обеспечивали скорость в нисходящем канале в 2–3 раза более высокую, чем у HSPA (поскольку в WiMAX при TDD общая пропускная способность

динамически распределяется между нисходящим и восходящим каналами, точное значение привести невозможно).

Следующим шагом в эволюции систем HSPA являются технологии HSPA+ (HSPA релиз 7 и отдельные поправки релиза 8). Системы HSPA+ стали доступны в конце 2008 года. В нисходящем канале их отличает модуляция 64-QAM с SIMO (1×2) или 16-QAM с MIMO (2×2). В восходящем канале добавлена модуляция 16-QAM и улучшены возможности для VoIP. Поправки в соответствии с релизом 8 (внедрение началось в 2009 году) позволяют использовать в нисходящем канале режим MIMO (2×2) с модуляцией 64-QAM, рассматривается возможность использования MIMO больших порядков в нисходящем канале и MIMO (2×2) – в восходящем канале.

В самое ближайшее время на рынке появится оборудование и будут развернуты сети, соответствующие спецификациям WiMAX релиз 1.5. Сравнивая мобильный WiMAX и HSPA+ (табл.1), можно сделать следующие выводы:

- мобильный WiMAX (релиз 1.5) имеет сравнимые с HSPA+ (релиз 8) пиковые скорости в нисходящем канале при

одинаковых модуляции, скорости кодирования и ширине канала. При этом у мобильного WiMAX в восходящем канале пиковая скорость выше в 2–3 раза;

- системы HSPA+ ограничены шириной канала 2×5 МГц в традиционных спектральных условиях сетей 3G. Мобильный WiMAX поддерживает ширину канала до 20 МГц, как частотное, так и временное дуплексирование. Его частотные профили планируются в диапазонах 700, 1700, 2300, 2500, и 3500 МГц. Мобильный WiMAX обеспечивает "гладкую" IP-сеть (из конца в конец).

WiMAX VS. LTE

Следующим шагом в эволюции систем 3GPP, причем стратегическим шагом, являются системы Long Term Evolution (LTE). Их отличает технология OFDMA в нисходящем канале и SC-FDMA – в восходящем. Модуляция – до 64QAM, ширина канала – до 20 МГц, дуплексирование TDD и FDD. Применены адаптивные антенные системы, гибкая сеть доступа. Сетевая архитектура – полностью IP-сеть. В системе LTE используются технологии и методы, уже применяемые в мобильном WiMAX, поэтому следует ожидать схожей эффективности систем LTE (табл. 2 и 3).

Следует отметить, что системы LTE – это революционное улучшение 3G. LTE представляет переход от систем CDMA к системам OFDMA, а также переход от системы с коммутацией каналов к IP-системе с коммутацией пакетов. Поэтому внедрение LTE на существующих сетях сотовой связи требует, как минимум, новых радиочастотных ресурсов для получения преимущества от широкого канала. Кроме того, для обеспечения обратной совместимости необходимы двухрежимные абонентские устройства. Поэтому плавный переход от систем 3G к LTE весьма проблематичен.

Таблица 1. Сравнение систем HSPA (релизы 7 и 8) и WiMAX (релиз 1.5)

Параметры	HSPA			WiMAX	
	Релиз 7	Релиз 8	Релиз 1.5	Релиз 1.5	Релиз 1.5
Диапазон, ГГц	2,0			2,5	
Дуплексирование	FDD			FDD	TDD
Ширина канала, МГц	2×5			2×5	10
Антенны БС	1×2	2×2		2×2	
Антенны АС	1×2			1×2	
Модуляция и скорость кодирования					
в нисходящем канале	64QAM, 5/6	16QAM, 3/4	64QAM, 5/6	64QAM, 5/6	
в восходящем канале	16QAM-3/4			64QAM-5/6	
Пиковая скорость, Мбит/с					
в нисходящем канале	17,5	21	35	36	48
в восходящем канале	8,3	8,3	8,3	17	24

Таблица 2. Сравнение параметров реальных систем LTE (по отчетам производителей) и мобильного WiMAX (релиз 1.5) в одинаковых частотных условиях при FDD с полосами 2×20 МГц

Параметры	LTE				WiMAX Релиз 1.5	
	Motorola		T-Mobile	Qualcomm	WiMAX Релиз 1.5	
Нисходящий канал						
Антенна БС	2×2	4×4	2×4	4×2	2×2	4×4
Модуляция и скорость кодирования	64QAM, 5/6		64QAM, 5/6	64QAM, нет данных	64QAM, 5/6	
Скорость, Мбит/с	117	226	144	277	144,6	289
Восходящий канал						
Антенна АС			1×2	1×2	1×2	
Модуляция и скорость кодирования	Нет данных		64QAM	16QAM	64QAM, 5/6	
Скорость, Мбит/с			50,4	75	69,1	

Дальнейшее развитие мобильного WiMAX будут описывать спецификации релиза 2.0. Он будет основан на стандарте IEEE 802.16m, который отражает требования IMT-Advanced. В соответствии с ними, по сравнению с параметрами WiMAX релиз 1.0 вдвое увеличится спектральная эффективность в нисходящем (до 2,6 бит/с/Гц) и восходящем (1,3 бит/с/Гц) каналах (рис.1). Этот параметр возрастет вдвое и на границе соты базы – до 0,09 и 0,05 бит/с/Гц для нисходящего и восходящего каналов, соответственно.

Станут возможными более 60 одновременных голосовых сессий на мегагерц для речевого кодека AMR (12,2 Кбит/с). Появится режим расширения каналов за счет интеграции отдельных частотных полос – как смежных, так и нет (всего до 100 МГц). Допустимая скорость перемещения мобильных терминалов возрастет до 500 км/ч. Сократится время установления соединения, общая задержка радиосети и время пере-

Таблица 3. Сравнение ключевых параметров LTE и WiMAX

Параметры	LTE	WiMAX Релиз 1.5
Дуплексирование	FDD и TDD	FDD и TDD
Частотный диапазон для анализа	2000 МГц	2500 МГц
Ширина канала	до 20 МГц	до 20 МГц
От базы	OFDMA	OFDMA
К базе	SC-FDMA	OFDMA
Спектральная эффективность, бит/Гц/с		
нисходящий канал, MIMO (2×2)	1,57	1,59
восходящий канал, SIMO (1×2)	0,64	0,99
Максимальная скорость мобильной станции, км/ч	350	120
Длительность кадра, мс	1	5
Антенные системы		
нисходящий канал	2×2, 2×4, 4×2, 4×4	2×2, 2×4, 4×2, 4×4
восходящий канал	1×2, 1×4, 2×2, 2×4	1×2, 1×4, 2×2, 2×4

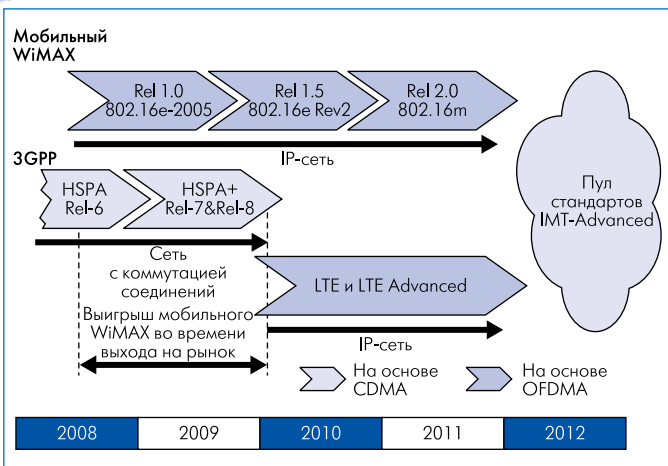


Рис.1 Сравнение спектральной эффективности технологий WiMAX и LTE

ключения при хендвере. При этом гарантируется полная обратная совместимость с системами WiMAX релиза 1.0 и 1.5.

Отметим, что преимущество в спектральной эффективности означает выигрыш в стоимости развертывания сети (в том числе в удельной стоимости по отношению к пропускной способности сети). Кроме того, возрастает канальная емкость, что позволяет операторам вводить дополнительные сервисы.

Мобильный WiMAX представляет гладкую IP-сеть, сеть LTE более сложна (рис.2). Если сеть WiMAX основывается полностью на IP-протоколах IETF, то сеть LTE более сложна, включает больше протоколов, в том числе – проприетарные протоколы 3G. Немаловажно, что интеллектуальная собственность в области технологий WiMAX, соответствующие патенты распределены среди многих компаний, создан открытый патентный альянс, что позволяет снижать цены абонентских устройств.

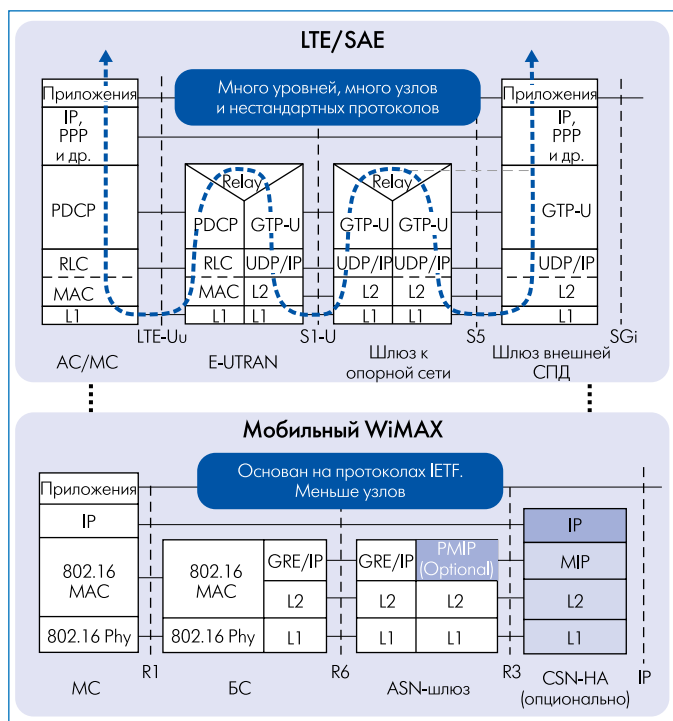


Рис.2 Сравнение системных архитектур сетей WiMAX и LTE

Но самое главное преимущество мобильного WiMAX – время выхода на рынок (рис.3). К концу 2008 года было почти 100 только сертифицированных продуктов WiMAX, к 2011 году их число возрастет на порядок. Ряд сетей мобильного WiMAX уже введены в коммерческую эксплуатацию. Сети же LTE только планируется начать разворачивать в 2010 году. При том, что объем инвестиций для апгрейда уже существующих 3G-сетей в сети LTE сравним с затратами на развертывание WiMAX-сетей, фактор времени, а именно выигрыш в 2–3 года, становится решающим при выборе технологий 4G.

Таким образом, можно в целом говорить, что с технической точки зрения и WiMAX, и LTE представляют собой примерно одинаковый класс систем. И весь вопрос – какая технология окажется коммерчески более успешной.

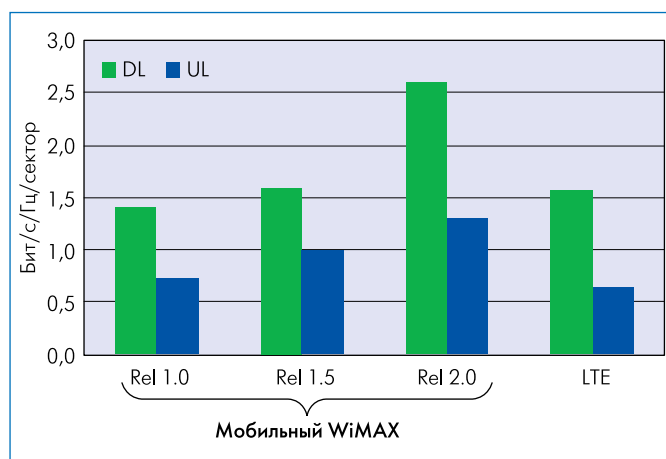


Рис.3 Развитие стандартов мобильного WiMAX и 3GPP

ПЕРСПЕКТИВЫ WiMAX

Сегодня очень многие аналитики сходятся на том, что WiMAX уготована участь нишевой технологии, что ее доля в общем пироге сетей ШБД едва ли превысит 5% (по данным аналитической компании Analysys Mason [2, 3], к 2015 году будет 2,1 млрд. абонентов сетей ШБД, из них лишь 98 млн. – абонентов WiMAX-сетей). Но тут всегда интересно смотреть, кто и зачем такие прогнозы делает. И на чем при этом основывается. Итак, кому это выгодно? Ответ очевиден – держателям основных патентов на технологии сотовой связи 3G. Таких компаний, как известно, две – Ericsson и Qualcomm. Последняя, например, при объеме выручки в 2008 году свыше 11 млрд. долл. почти 4 млрд. получила в виде роялти и лицензионных отчислений. Один из крупнейших лицензиатов Qualcomm – компания Nokia. Отметим, что Qualcomm с Ericsson долго вели патентные войны, пока к 2006 году не договорились о взаимном признании патентов. Очевидно, что двум этим монстрам невыгодно развитие мощного конкурента. К тому же, компания Ericsson сегодня практически не производит компоненты, но является крупным производителем телекоммуникационного оборудования и одновременно – владельцем сетей сотовой связи. А годовой оборот у нее – порядка 25 млрд. долл. Телефоны Ericsson производит в рамках сов-

местного с Sony предприятия – компании Sony-Ericsson. В 2008 году – неудачном, убыточном, – объем продаж составил почти 11,25 млрд. евро. Очевидно, что эти гиганты очень не хотят терять свои позиции на рынке. В этот же лагерь можно отнести крупнейшего в мире производителя сотовых телефонов – компанию Nokia, уж больно тесными узами связана она с технологиями 3G. И с подачи этих корпораций все аналитики, предрекающие WiMAX относительно незавидную участь, исходят из двух постулатов:

- сотовые компании (операторы) предпочтут плавный переход к LTE и 4G, нежели выберут совершенно новую технологию;
- бурное (если не сказать – взрывное) распространение технологий HSPA свидетельствует о выборе потребителей в пользу технологий 3GPP/3GPP2.

Оценивая общий объем рынка беспроводных широкополосных систем и экстраполируя существующую динамику продаж телефонов с HSPA и получают столь безрадостную для WiMAX картину. Но насколько достоверен такой подход?

Мы не будем рассуждать о пиковых скоростях и спектральной эффективности различных технологий – данные от разных аналитиков зачастую прямо противоположны. Не погрешив против истины, будем полагать, что технические характеристики схожи. Но все сходится на том, что идеологически HSPA – это далеко не мобильный WiMAX. Хотя бы потому, что HSPA использует опорную сеть с коммутируемыми соединениями (наследие телефонной природы) и одночастотную технологию передачи (CDMA). Нам важно не сравнивать конкретные показатели каких-либо конкретных сетей, а оценить уровень технологии (т.е. перспективность, способность с меньшими инвестициями повысить ее характеристики) Потенциально же технология HSPA уступает сетям на основе IEEE 802.16e. Этот факт признают все, иначе не стали бы разрабатывать технологии LTE и LTE Advanced (правда, по данным из презентации компании Qualcomm [4] следует, что пропускная способность систем HSPA+ окажется даже выше, чем у систем LTE – 42 против 37 Мбит/с в 5-МГц полосе нисходящего канала, MIMO 2x2. Но это понятно – Qualcomm в CDMA-системах заинтересована кровно).

Поэтому успех систем HSPA говорит только об одном – пользователям нужен высокоскоростной доступ. Реально же конкуренция с WiMAX у этой технологии только начинается. Поэтому некорректно экстраполировать темпы ее развития на будущее. Это все равно, что оценить скорость машины ночью, на пустой трассе, и на этом основании делать прогнозы о ее скорости днем, когда появятся другие автомобили со всеми вытекающими дорожными коллизиями. Утверждение же, что пользователи, привыкнув к HSPA, захотят другие технологии 3GPP, вообще лишено смысла – пользователь меняет свой телефон (коммуникатор, смартфон и т.п.) не реже чем раз в три года, и ему глубоко все равно, на каких принципах строится технология передачи данных. А аналитики сегодня счи-

тают объем проданных HSPA-устройств (порядка 100 млн. на конец 2008 года), соотносят их с числом абонентов WiMAX (4 млн.) и считают, что такая пропорция (3–5%) сохранится вечно. Очень спорное утверждение.

Также сомнителен тезис о том, что операторам UMTS-сетей проще переходить на технологию LTE. Если не сказать – неверен. Обратной совместимости между UMTS и LTE нет – ни на уровне опорной сети, ни на уровне радиointерфейса. А инвестиции в создание новых сетей и WiMAX, и LTE сопоставимы. То есть операторам с этой точки зрения все равно. Но им далеко не все равно с точки зрения рыночной конкуренции. Для них очевидна перспективность WiMAX, а LTE нужно ждать. А ждать нельзя. Поэтому ряд компаний-владельцев сотовых сетей успешно разворачивает сегодня сети WiMAX. Причем это – наиболее продвинутые по своему масштабу и идеологии сети. В США к таким компаниям относится проект Sprint-Cleaware, в Пакистане – сеть Wateen, в Южной Корее – Korea Telecom, в Индии – сеть Tata Communications и т.д. А вот в рамках существующих систем WiMAX переход на стандарты следующих уровней гораздо проще, чем с 3G на LTE. Даже с сетей фиксированного доступа. То есть операторы считают выбор WiMAX как перспективной технологии оправданным. Хотя бы потому, что пока нет другой реальной альтернативы. Но только ли поэтому?

Что, по большому счету, является при прочих равных для операторов массовых сетей решающим фактором при выборе технологии? Наличие частотного ресурса и массового производства абонентских устройств. Насколько эти факторы влияют на выбор WiMAX или иной технологии? Вопрос с частотами по отношению к WiMAX достаточно нейтрален – проблемы аналогичны и у операторов WiMAX, и у сотовых операторов, поскольку в любом случае нужны новые частотные полосы. А вот с абонентскими устройствами ситуация иная. Вспомним, вся сотовая связь – это результат достижений микроэлектроники. И на рынке абонентских устройств повелевают, прежде всего, производители элементной базы. Им, в общем-то, все равно, что производить – WiMAX-, LTE- или HSPA-чипсеты. Но хорошо известно, что основная прибыль формируется не в производственных цехах. Прибыль заводов в Юго-Восточной Азии составляет (очень примерно) процентов 10 от себестоимости. А основная прибыль оседает у разработчиков технологии, у держателей патентов на используемые технические решения (например, у Qualcomm она превышает 35% от общей выручки в 11,13 млрд. долл.). Вот почему важно не просто производить продукты, но и создавать технологии. Отсюда оправданность многомиллиардных инвестиций всех ведущих производителей в научные изыскания. Уж больно привлекателен приз.

В истории мировой электроники было две ярко выраженные инновационные волны, на гребне которых эта отрасль развилась и приняла современный вид – персональные компьютеры и мобильные телефоны. Безусловным вдохновите-



лем первой была компания Intel – не единственным, но одним из основных. Именно благодаря микропроцессорам Intel стала тем, кем стала – бессменным технологическим лидером и законодателем мод с оборотом 34 млрд. долл. (вдвое больше, чем ближайший конкурент, имя которому – Samsung Electronics). Но вторую волну этот гигант пропустил – нет его решений в сотовых телефонах, не используется в них его элементная база, коммуникаторы не в счет. И тут поднимается третья волна – широкополосная беспроводная связь и связанные с ней персональные устройства с потребностью в огромной вычислительной мощности. Необъятный рынок. И уж эту волну Intel пропустить не могла.

А теперь посмотрим, кто по сути вдохновляет WiMAX-движение в последние годы, кто выступает одним из самых активных членов WiMAX-форума? Компания Intel. Напомним, IEEE 802.16 начинался в 1990-е годы как стандарт операторского класса, о большой массовости речи не шло. Но появился WiMAX-форум во главе с Intel, и все кардинально изменилось – фиксированный WiMAX задвинут, развивается мобильный стандарт, ориентированный на конечного потребителя. Вот она, массовость, в которой заинтересована Intel и ее соратники. А кто ж не хочет быть соратником Intel – компании, в микроэлектронике ни в какие технологические альянсы не вступающей?

Возьмем на себя смелость утверждать, что Intel – это один из основных действующих факторов, делающих технологию WiMAX не просто перспективной, но едва ли не более перспективной, чем LTE. Обладая абсолютно недоступными кому бы то ни было технологическими возможностями (не столько даже самими возможностями, сколько способностью постоянно опережать всех в области технологий), этот монстр способен самостоятельно сформировать рынок абонентских WiMAX-устройств и монопольно определять цены на них. Сейчас Intel выпускает модемы WiMAX в виде отдельных модулей. Но при некотором желании ни один центральный процессор для ПК не будет выпускаться без поддержки WiMAX – заметим, практически даром. Но этого уже и не требуется – у Intel немало соратников-производителей. Кроме того, сами мобильные абонентские устройства 4G должны обладать высокой вычислительной мощностью, оснащаться мощным центральным процессором с чрезвычайно низким энергопотреблением. А в этой области у Intel конкурентов не наблюдается. Хотя бы просто потому, что низкое удельное энергопотребление – это новые технологии уровня 45, 32 и менее нанометров [5]. А в перспективе – переход на новые материалы. В этой сфере Intel пока в одиночку успешно конкурирует с объединением всех ведущих полупроводниковых компаний. Конечно, можно, как и сегодня, использовать в коммуникаторах и смартфонах центральный процессор от Intel, а телекоммуникационные модули – от других производителей. Но только 4G означает массовый переход на такого рода устройства,

с соответствующим снижением цен. И старые подходы могут не сработать.

Обратим внимание, производство устройств уже началось, а патентных скандалов, характерных для развития почти каждой новой технологии, удалось избежать. Даже создан патентный альянс Open Patent Alliance, куда вошли практически все лидеры в своих направлениях – производство элементной базы, абонентских устройств, базовых станций и сетевой инфраструктуры.

Небезынтересно, что первый создатель оборудования для сотовых сетей (в далеких 80-х) – компания Motorola – и в области WiMAX остается лидером по объему производства. 50 млн. долл. за квартал – вроде бы и не много, но ведь и сети только начали строиться. Первая в мире мобильная сеть WiMAX (тогда еще WiBro) была создана в Южной Корее на оборудовании гиганта Samsung Electronics (объем продаж в 2008 году, по утверждению компании – 105 млрд. долл.). A WiBro – это технология Samsung. Если эта корпорация пошла на модификацию технологии и приведение ее в соответствие профилям WiMAX, то уж наверняка интерес в ее развитии Samsung велик. Так что с соратниками у Intel все благополучно.

И вот этот фактор – мощная и заинтересованная поддержка производителей элементной базы и оборудования – для операторов и является определяющим. Конечно, и производители оборудования стандартов 3GPP/3GPP2 не дремлют, но три года (с учетом кризиса – точно не меньше) форы – это очень много. Это – смена технологического поколения в микроэлектронике. Через три года появятся возможности, о которых сегодня нельзя даже мечтать. Например, (может быть) реальностью станут абонентские устройства с динамическим формированием диаграммы направленности приемной/передающей антенн, появится доступная элементная база для каналов в миллиметровых диапазонах (порядка 60 ГГц) для микро-mesh-сетей, дешевыми и массовыми станут фемто-соты и т.п. И во всех этих инновациях кровно заинтересованы все производители, входящие в WiMAX-форум. Поэтому стимулы для развития этой технологии очень велики, а перспективы – весьма привлекательны. Ведь навязали же в свое время производители – именно они – реально не нужные пользователям и операторам технологии 3G. А в WiMAX есть и реальная потребность, и рыночные выгоды.

ИТОГИ И ПРОТИВОРЕЧИЯ

Прошедший в ноябре 2009 года в Москве форум WiMAX (WiMAX Forum Russia) однозначно подтвердил изложенные выше соображения. Яркий пример – компания "Скартел", строящая WiMAX-сети под торговой маркой Yota. Спустя полгода с момента ввода в коммерческую эксплуатацию сетей Yota в Санкт-Петербурге и в Москве (в июне 2009 года) число ее абонентов превысило 350 тыс. – это один из

наиболее высоких показателей скорости роста в мире. Причем если в Москве в тот момент конкуренции у WiMAX как технологии ШБД практически не было (не было сотовых сетей UMTS), то в Санкт-Петербурге 3G-технологии представлены в полном объеме. Но практика показала, что особого влияния на распространение WiMAX они не оказали. Более того, сегодня в Москве, помимо сети Yota, развернута и WiMAX-сеть компании "Комстар-ОТС". В ее составе – около 200 базовых станций, уже обслуживающих свыше 30 тыс. абонентов. Все это подтверждает вывод многих экспертов: HSPA – это не полноценный современный широкополосный доступ (в том числе – по стоимостным показателям), в лишь временное решение, "когда ничего другого под рукой нет". Аналогичные результаты достигнуты и на Украине – несмотря на то, что там технологии 3G развиваются достаточно давно гораздо более активно, чем в России, в сентябре в этой стране компания Lythgoe, работающая под торговой маркой FreshTel, запустила и успешно развивает свою сеть WiMAX. В Киеве у компании уже 250 базовых станций, порядка 20 тыс. абонентов, каждый день их число возрастает на 150 человек. Отметим, что недавно началось развертывание сетей FreshTel и в России – ими уже охвачено шесть городов, за месяц установлено 80 базовых станций, подключено 10 тыс. абонентов. В США, также не обделенных самыми разными технологиями ШБД, успешно развиваются WiMAX-сети компании Clearwire.

В целом, сегодня в 147 странах мира развернуто 559 WiMAX-сетей. Они охватывают территорию, на которой проживают свыше 620 млн. человек. В мире продано WiMAX-оборудования на 2,5 млрд. долл. Сегодня WiMAX-форумом сертифицировано 191 устройство: 60 базовых станций и 131 абонентская станция. И это несмотря на то, что кризис весьма болезненно сказался на рынке WiMAX – в 2009 году объем продаж оборудования сократился на 19% по сравнению с 2008 годом, составив лишь 1,08 млрд. долл. (данные компании Infonetics Research, <http://twitter.com/infonetics>). Но в этом же, 2009 году число абонентов WiMAX-сетей выросло на 75% (!), достигнув отметки 6,8 млн. человек

Что касается LTE, то уже прошло четверть года, а помимо запуска первой и единственной сети в Стокгольме (в вотчине Ericsson) о глобальных успехах этой технологии вестей нет. Разумеется, это лишь вопрос времени, но ведь время – это деньги. Сообщается о первых больших проектах LTE в США (компания Verizon Wireless) и в Японии (NTT DoCoMo), но это еще только проекты.

Тем не менее, многие операторы, в том числе – в России, делают ставку именно на технологию LTE. По крайней мере, на словах. Более того, ряд операторов, развивающих мобильный WiMAX, не отрицают своей возможной конверсии к LTE. В мире еще практически нет абонентов сетей LTE, но есть прогнозы, опирающиеся на бизнес-планы сетевых провайдеров, согласно которым к 2013 году таких абоне-

нтов будет 72 млн. В чем же дело? Ведь по всем законам мирового технологического развития, это нонсенс – делать ставку на технологию, которая отстает от конкурирующей как минимум на три года!

Ответов может быть несколько, и очевидных среди них нет. Одна из возможных причин – все тот же Intel. Бизнес не терпит монополии, а роль Intel в WiMAX весьма доминирующая. В лагере LTE тоже можно выделить несколько лидирующих гигантов, но там их все же несколько.

Другая версия – кризис. Инвестиционная активность – этот локомотив развития телекоммуникационной индустрии – в мире резко упала. Рынок сегодня не готов к скачку технологий – как со стороны инвесторов, так и абонентов. Нужно просто переждать – и тут аргумент, что "мы ждем появления LTE, а потому не развиваем WiMAX" звучит куда привлекательнее, чем "мы пока не в состоянии инвестировать в развитие наших сетей". Наконец, LTE – это во многом европейская технология, т.е. в ней заинтересован ряд европейских производителей оборудования и элементной базы. Нельзя и отрицать тесное переплетение финансовых интересов некоторых производителей и операторов.

Наконец, нельзя не обратить внимание на еще один фактор. Один из самых дефицитных и остро востребованных сегодня ресурсов – частотный. И возможность тех или иных частотных присвоений, а не какие-либо еще технические параметры, зачастую определяют предпочтение операторов при выборе технологии ШБД. В этой связи уже начинается конкуренция не просто между WiMAX и LTE, но и между технологиями дуплексирования – временного (TDD) и частотного (FDD). Более того, существенное преимущество получают технологии, позволяющие утилизировать различные, разрозненные полосы спектра. Все это серьезно запутывает ситуацию как в сообществе WiMAX, так и LTE.

Но пока это все – догадки. Факты же таковы – сети WiMAX интенсивно развиваются, и сегодня конкуренции со стороны LTE для них нет. Что будет завтра?

ЛИТЕРАТУРА

1. **D. Gray.** Comparing Mobile WiMAX with HSPA+, LTE, and Meeting the Goals of IMT-Advanced. – WiMAX Forum, февраль 2009.
2. **A. Brydon, M. Heath.** Wireless broadband forecasts for 2008–2015: HSPA, HSPA+, EV-DO, LTE and WiMAX. – Analysys Mason, июль 2008.
3. Mobile Broadband Evolution: the roadmap from HSPA to LTE. A White Paper from the UMTS Forum. – UMTS Forum, февраль 2009.
4. HSPA+ for Enhanced Mobile Broadband. – Qualcomm, февраль 2009.
5. **Шахнович И.** Технологии уровня 45 нм: 45, 32, далее везде. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2008, № 2, с. 102–109.