

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА

Уже не подлежит сомнению, что мы стоим на пороге новой эры – эры тотальных беспроводных сетей доступа. Уже разработаны технологии для персональных (группа стандартов IEEE 802.15), локальных (IEEE 802.11) и региональных сетей (группа стандартов IEEE 802.16). В них (особенно в стандарте IEEE 802.16) еще есть неточности и недосказанности. Вызывает большие вопросы проблема частотного присвоения, – а для стандарта операторского класса, каким является IEEE 802.16, она попросту стала камнем преткновения. В высокочастотной части (в области миллиметровых волн) пока не решена проблема создания недорогой серийной аппаратуры, но общая динамика однозначно показывает, что будущее – за беспроводными технологиями.

Напомним, IEEE 802.16-2004 – это технология фиксированного доступа. Появление дополнения для мобильных приложений – спецификация IEEE 802.16e возможно в скором будущем приведет к противостоянию двух технологий – мобильной телефонии третьего поколения, стремящейся в область высокоскоростной передачи данных, и систем широкополосной передачи, которые неизбежно вторгнутся в сферу передачи голосового трафика, т.е. телефонии. По текущему состоянию, одна из наиболее трудных проблем на пути развития технологий мобильного широкополосного доступа – это отсутствие свободного частотного ресурса. По оценкам аналитиков, самыми вероятными с точки зрения мобильности могут оказаться диапазоны 2,7–3,5 ГГц [1].

Однако, если на предыдущем этапе, когда на рынке доминировали стандарты второго и второго с половиной поколения, технологии передачи данных в сетях сотовой связи и беспроводные сети друг с другом конкурировать не могли, органично дополняя друг друга, то сейчас, с увеличением скорости доступа в Интернет в сетях сотовой связи, с одной стороны, и с увеличением охвата беспроводными сетями — с другой, разные технологии вошли в конкурентный контакт друг с другом.

Цель данного доклада проанализировать, какой из подходов окажется более приспособленным к жизни и востребован рынком: нацеленные на обеспечение голосовой связи сети сотовой связи, предоставляющие широкополосный доступ к цифровым сетям (в частности, к интернету); или предназначенные для передачи данных беспроводные сети, успешно освоившие технологии *VoIP (Voice-over-IP)*.

Для анализа выбраны 2 технологии: *HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)* и *WiMAX (Worldwide interoperability for Microwave Access)*, как наиболее перспективные из ныне действующих мобильных систем и систем радиодоступа соответственно.

HSDPA — High Speed Downlink Packet Access

Эта технология, как следует из её названия, принадлежит к семейству решений, использующих пакетную передачу данных. Физически *HSDPA* является «надстройкой» к сетям *WCDMA/UMTS*, поэтому нередко её называют «третьим с половиной» поколением или *3,5G*. В основу технологии *HSDPA* положены:

- адаптивные схемы модуляции и кодирования – *QPSK* и *16-QAM*;
- протокол ретрансляции *HARQ (Hybrid Automatic Repeat Request)*;
- оперативное определение очередности передачи пакетов на базовой станции *Node B* с помощью протокола *MAC-hs (Medium Access Control-high speed)*.

Технология *HSDPA* основана на использовании высокоскоростного общего нисходящего канала, *High-Speed Downlink Shared Channel (HS-DSCH)*, способного поддерживать высокие скорости передачи данных; она позволяет обслуживать разных пользователей, осуществляя мультиплексирование с временным и кодовым разделением. Благодаря этому данная технология идеально подходит для обработки прерывистого пакетного трафика в многопользовательской среде.

Третья версия стандартов *3GPP* предусматривает внедрение *HSDPA* в несколько этапов [2]. Содержание третьего этапа окончательно не определено и пока еще изучается в рамках *3GPP*.

Этап 1: Базовая версия HSDPA. На первом этапе, который описан в пятой версии *3GPP* и ставит целью достижение пиковой скорости передачи данных 14,4 Мбит/с, предполагается внедрить несколько новых базовых функций:

- Общий высокоскоростной нисходящий канал с вспомогательными каналами управления.
- Адаптивная модуляция (*QPSK* и *16-QAM*) и согласование скоростей.
- Управление доступом к совместно используемой среде передачи (*MAC-hs*) на БС *Node B*.

Этап 2: Улучшенная версия HSDPA. На втором этапе, регламентируемом шестой версией 3GPP, будут внедрены различные технологии обработки сигналов направленных антенн, что позволит повысить скорость передачи до 30 Мбит/с:

– "Умная" антенна, использующая технологию формирования луча (*Beam-forming*), для мобильных терминалов с одной антенной.

– Технологии *MIMO* для мобильных терминалов с двумя – тремя антеннами.

Этап 3: Новый радиointерфейс. Наконец, на третьем этапе системы *HSPDA* пополнятся новым радиointерфейсом, который позволит еще больше повысить среднюю скорость передачи данных:

– Физический уровень *OFDM* в сочетании со схемами модуляции более высокого порядка и обработкой сигналов направленных антенн.

– *MAC-hs/OFDM* в сочетании с оперативным определением очередности передачи (*Fast Scheduling*) как средство оптимизации параметров передачи путем подбора для каждого мобильного терминала выделенных наборов вспомогательных несущих частот в соответствии с качеством передачи по радиointерфейсу.

– *Mx-MAC (Multi-standard MAC)* как элемент управления оперативным переключением между каналами *OFDMA* и *CDMA*.

Как видим на третьем этапе радиointерфейс *HSPDA* во многом повторяет радиointерфейс *WiMAX*.

Правда, до теоретического максимума, даже для первого этапа, ещё очень далеко – за два года внедрения технология пока преодолела лишь планку в 3,6 Мбит/с [3], впрочем, принятая на вооружение многими поставщиками оборудования (в частности, *Option*) стратегия заключается в том, что вендоры поставляют готовые устройства, заранее поддерживающие более высокую пропускную способность, нежели сегодня способен обеспечить оператор.

Несомненным плюсом этой технологии является то, что дальность связи практически равна дальности охвата сигналом базовой станции (с некоторыми оговорками, о которых мы упомянем позже), а минусом — то, что высокая скорость доступна только для получения данных, а для отправки придется довольствоваться базовым для *WCDMA* значением 384 Кбит/с.

В *HSDPA* применяются модуляционные схемы *WCDMA QPSK (Quadrature Phase-Shifting Keying)* и *16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation)*. Однако последняя модуляционная схема может быть задействована лишь в том случае, если это позволяет соотношение сигнал/шум. Вне зависимости от того, какая модуляционная схема используется в текущий момент, данные передаются в виде избыточного кода, содержащего собственно данные и дополнительные биты, количество которых может достигать до четверти от длины пакета.

К настоящему моменту ряд европейских операторов уже предоставляют сервис *HSDPA* с пропускной способностью 3,6 Мбит/с. Как ожидается, в 2008 году будет преодолен еще один барьер и скорость получения данных с использованием технологии достигнет 7,2 Мбит/с. Полоса частот, которая будет выделена в нашей стране, предположительно позволит задействовать по два частотных диапазона шириной 75 МГц (в полосе 1800 МГц) или 35 МГц (в полосе 900 МГц) — в полной аналогии с Европой.

WiMAX – Worldwide interoperability for Microwave Access

Своим названием, которое можно перевести как «всемирное взаимодействие сетей для беспроводного доступа в микроволновом диапазоне», технология обязана, во-первых, своей направленностью на реализацию так называемой связи «последней мили» (отсюда «взаимодействие сетей»), а, во-вторых, тому, что изначально (в июне 2004 года, когда разрабатывался стандарт 802.16) планировалось использовать частотный диапазон от 10 до 66 ГГц (отсюда – «микроволновый диапазон»). Однако впоследствии частотный диапазон был изменен на 2-11 ГГц (802.16d). *WiMAX* технология, которая претендует на роль сильного конкурента технологиям передачи данных в сетях мобильной связи. Мобильная связь сегодня достигла планетарных масштабов — по некоторым оценкам, покрытие сетей сотовой связи достигает 70% поверхности земной суши, а количество пользователей мобильной связи приближается к двум миллиардам абонентов, что соответствует примерно трети всего населения Земли.

Методом доступа к среде передачи – *OFDMA*, предусмотрены режимы временного и частотного дуплекса. Вид модуляции и кодирования могут изменяться адаптивно от пакета к пакету индивидуально для каждого абонента, что позволяет увеличить реальную пропускную способность примерно вдвое по сравнению с неадаптивными системами. Передача от АС к БС строится на комбинации двух методов многостанционного доступа: *DAMA* – доступ по запросу и *TDMA* – доступ

с временным разделением. Предусмотрена рандомизация, помехоустойчивое кодирование и три метода модуляции: *QPSK*, *16-QAM* и *64-QAM*. Два последних метода предусмотрены для АС как опциональные. Передача от БС к АС ведется в режиме временного дуплекса в едином потоке для всех АС одного сектора. Передатчик осуществляет рандомизацию, помехоустойчивое кодирование и модуляцию *QPSK*, *16-QAM* и *64-QAM*. Последний метод модуляции предусмотрен для БС как опциональный.

Информация в системе передается фреймами, которые делятся на два субфрейма. Первый используется для передачи БС, второй – АС.

Стандартом также рекомендуются полосы частот и соответствующие скорости передачи при различных видах модуляции. Максимальная скорость передачи, предусмотренная стандартом, – 20 Мбит/с при полосе 5 МГц и модуляции *64-QAM* [4]. При этом на каждое пользовательское устройство будет выделяться канал с пропускной способностью от 1 до 5 Мбит/с. Режим OFDMA предусматривает работу на 2048 поднесущих сразу с несколькими абонентами в режиме *OFDM*. При стандартном количестве поднесущих – 256, обеспечивается одновременная работа с 8 абонентами.

Совокупность параметров, которую также называют профилем, для 802.16e еще официально не анонсирована. Как ожидается, наиболее вероятными частотами для первых мобильных профилей будут 2,3 ГГц и 2,5 ГГц. Дело в том, что при частотах ниже 3 ГГц можно добиться лучших покрытия и поддержки мобильных и портативных устройств внутри помещений [2]. Однако к профилю могут быть добавлены более высокие частоты (3,3 ГГц, 3,5 ГГц и даже 5,8 ГГц), если запросы на них окажутся достаточно велики.

Дальность связи

Теоретически дальность связи WiMAX может достигать 3 км, а пропускная способность – 20 Мбит/с. Необходимо учитывать, что на удалении в 3 км пропускная способность связи уже не составит те же 20 Мбит/с, что составляла бы, скажем, на удалении в пятьсот метров. Чем дальше находится терминал от базовой станции, тем слабее сигнал (хуже соотношение сигнал/шум), значит, понижается уровень модуляционной схемы, уменьшается количество передаваемых в одном символе бит. Нельзя не учесть и того обстоятельства, что более высокочастотный сигнал поглощается воздухом сильнее, а значит, соотношение сигнал/шум будет убывать с расстоянием быстрее. Не лучше обстоят дела и у *HSDPA*, для которой, по некоторым оценкам, максимальная пропускная способность в 14,4 Мбит/с достигается на удалении менее одного километра от базовой станции, а на дистанции в 6 км скорость передачи данных падает до менее 1 Мбит/с. Принципиальное отличие *HSDPA* заключается в том, что в тех областях, где пользователю недоступна самая высокая пропускная способность, технология по-прежнему позволяет пользоваться сервисами передачи данных, но уже с меньшей пропускной способностью (на уровне *WCDMA* или *GPRS/EDGE*) – десятки килобит в секунду. Таким образом, нельзя сказать, что дальность связи является сильной стороной той или иной технологии, впрочем, стоит отметить возможность связи по *WiMAX* между станциями, не находящимися на линии прямой видимости друг с другом.

Количество пользователей

К действительно сильной стороне *HSDPA* следует отнести то обстоятельство, что технология изначально рассчитана на большое количество одновременных пользователей, в то время как *WiMAX* ограничивается рассмотрением десятков, в лучшем случае — сотен терминалов. Более того, эксперты предупреждают *WiMAX* серьезные проблемы при наращивании количества пользователей в корпоративных сетях. Нельзя сказать, что *HSDPA* полностью лишена этих проблем. Если все абоненты вдруг решат одновременно загрузить из Интернета по какому-нибудь большому файлу, это не может не отразиться на скорости загрузки. Однако с использованием *HSDPA* (эту особенность технология унаследовала от *CDMA*) все пользователи просто испытают снижение скорости связи, в то время как в *WiMAX*, в аналогичной ситуации, нагрузка на маршрутизатор резко возрастает и он может с ней не справиться.

Пропускная способность

Выигрыш в пропускной способности *WiMAX* у *HSDPA* на равном расстоянии от базовой станции пока не так очевиден. Это связано, в первую очередь, с тем, что для *WiMAX* доступно пока не так много частотных диапазонов. Однако если *HSDPA*, являясь эволюционным шагом в развитии *WCDMA*, приближается к порогу спектральной эффективности, то у *WiMAX* возможных путей развития значительно больше – это и новые частотные диапазоны (от 10 до 66 ГГц), и новые модуляционные схемы (а также комбинации с предыдущими), и *MIMO* (*multiple-input-multiple output*).

Мультимедиа

Способности обеих технологий передавать мультимедийные данные практически одинаковы. И в *WiMAX*, и в *HSDPA* есть *QoS* и приоритетизация трафика. А что предпочесть — голосовую связь в *WCDMA/HSDPA* или *VoIP/WiMAX*, с технической точки зрения, — дело вкуса. Но не с экономической — *VoIP*-трафик обойдется значительно дешевле по сравнению с трафиком *WCDMA*, который по-прежнему довольно дорог.

Безопасность

В *HSDPA* не предусмотрено дополнительных функций безопасности. Аутентификация пользователя производится по *SIM* (или *R-UIM*)-карте, а кодирование данных для разных пользователей, характерное для всех стандартов семейства *CDMA*, работает лучше любого криптографического алгоритма, но не в том случае, если желающий просмотреть конфиденциальные данные находится на базовой станции или каким-то образом получает от неё канальный код. В *WiMAX* предусмотрена поддержка современных криптографических алгоритмов (*AES* с 1024-разрядным ключом, например), что наверняка заинтересует корпоративных пользователей.

По докладу можно сделать следующие выводы.

Для успешного внедрения новых беспроводных технологий необходимо обеспечить два важнейших условия:

- повышение эффективности использования спектра, выраженное в бит/с/Гц;
- низкую себестоимость передачи в расчете на Мбит/с (*Low cost per Mbit/s*).

Обе технологии (*HSDPA* и *WiMAX*) обладают достаточно высокой спектральной эффективностью, но использование высокочастотного диапазона, имеющего ряд особенностей, не позволяющих в реальных условиях получить теоретически обоснованные результаты. Основными особенностями высокочастотного диапазона являются: быстрое затухание сигнала на пути распространения, многолучевое распространение и нестационарные характеристики канала. Если с первой особенностью мы предпринять ничего не можем, т.к. она обусловлена физическим свойством распространения, то две другие особенности можно учитывать на приемной стороне. В связи с этим возникают следующие задачи:

1. Разработка и анализ эффективных методов оценки параметров нестационарных каналов в процессе демодуляции.
2. Разработка и анализ методов обработки многопозиционных сигналов для обеспечения высокой эффективности использования канала связи.
3. Анализ эффективности использования адаптивных корректоров.
4. Разработка и анализ эффективных алгоритмов оценивания фазы несущей и задержки.

Если сравнивать себестоимость передачи, обеспечиваемой технологиями *HSDPA* и *WiMAX*, то можно сделать выводы, что технология *WiMAX* предпочтительней, т.к. себестоимость передачи в ней все-таки меньше.

Литература

1. Шахнович И.В. Стандарт широкополосного доступа IEEE 802.16 режим *OFDMA* и адаптивные антенные системы // Электроника: НТБ. – 2005. – №2. – С.46-52.
2. Хаберланд Б., Браун Ф., Блок С. *HSDPA* – путь развития систем третьего поколения // Электросвязь. – 2005. – №1. – С.21-22.
3. Сергей Лурье *HSDPA vs. WiMAX: сравнение характеристик и перспектив технологий передачи данных* / - www.telemultimedia.ru
4. Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.