

# WiMax – воплощение идеи беспроводной широкополосной связи

Печатается с разрешения компании Xilinx (www.xilinx.com)

**Амит Дир (Amit Dhir) (США)**

Перевод Игоря Метина

**Стандарт WiMAX для широкополосной мобильной передачи данных позволяет поддерживать все виды связи: IP-телефонию, высокоскоростной доступ в Интернет, передачу данных, видеоконференции, а также оказывать другие услуги. Использование FPGA Virtex-4 FX и IP-ядер фирмы Xilinx позволяет разработчикам создавать эффективные WiMAX-системы и оптимизировать затраты на их разработку.**

Огромный интерес к стандарту WiMax в настоящее время объясняется как технологическими, так и коммерческими причинами. Промышленность стоит перед насущной потребностью уменьшения стоимости сотовой сети. Эту задачу можно решить, если использовать частотный диапазон сотовой связи с большей эффективностью, чем та, которую обеспечивают существующие мобильные сети. Большой эффективности можно достичь, применяя передовые технологии, позволяющие оперативно управлять трафиком пользователя, а также схемы кодирования в сочетании с усовершенствованными схемами коррекции ошибок и распределения трафика.

Стандарт WiMax определяет философию проектирования сетевого оборудования (аналогично Ethernet и WLAN), позволяет значительно снизить стоимость и увеличить эффективность эксплуатации этого оборудования. От WiMax ожидают доказательств его масштабируемости и применимости к глобальным сетям.

## Подробно о характеристиках

Стандарт IEEE 802.16 разработан для системы, состоящей из двух основных компонентов: терминала абонента (Subscriber Station – SS) или центрального обрабатывающего элемента (Customer Premises Equipment

– CPE), и базового терминала (Base Station – BS). BS и один или более CPE могут образовывать ячейку (соту) со структурой «точка – множество точек» (P2MP). При работе сети BS управляет процессами в ячейке, включая доступ к среде любого SS, распределение ресурсов для достижения качества и класса предоставляемых услуг передачи данных (QoS) и доступ к сети на основе механизмов безопасности сети.

Несколько BS могут быть скомпонованы таким образом, чтобы создать сотовую беспроводную сеть. При использовании ортогонального мультиплексированного деления частоты (OFDM), радиус ячейки может достигать до 30 миль. Однако это требует благоприятных для канала условий окружающей среды, и при этом достижима только самая низкая скорость передачи данных. Практически ячейки обычно имеют небольшой радиус – около 5 миль или меньше. Заметим, что стандарт WiMax можно также использовать в двухточечной (P2P) или решетчатой топологии, используя пары направленных антенн для увеличения зоны покрытия системы по сравнению с топологией P2MP.

Протокол управления доступом MAC 802.16 разработан специально для оборудования беспроводной сети со структурой «точка – множество точек» (P2MP). Он поддерживает различные протоколы передачи данных, такие как ATM, Ethernet и Internet Protocol (IP), и может быть использован в перспективных разработках, имеющих высокий уровень совместимости (см. рис. 1).

MAC также поддерживает очень высокую скорость обмена данными через физическую среду с ATM-совместимыми качеством и классами предоставляемых услуг передачи данных (QoS), такими как UGS, rtPS, nrtPS и Best Effort (BE) (см. таблицу).

Фреймовая структура протокола 802.16 позволяет в зависимости от

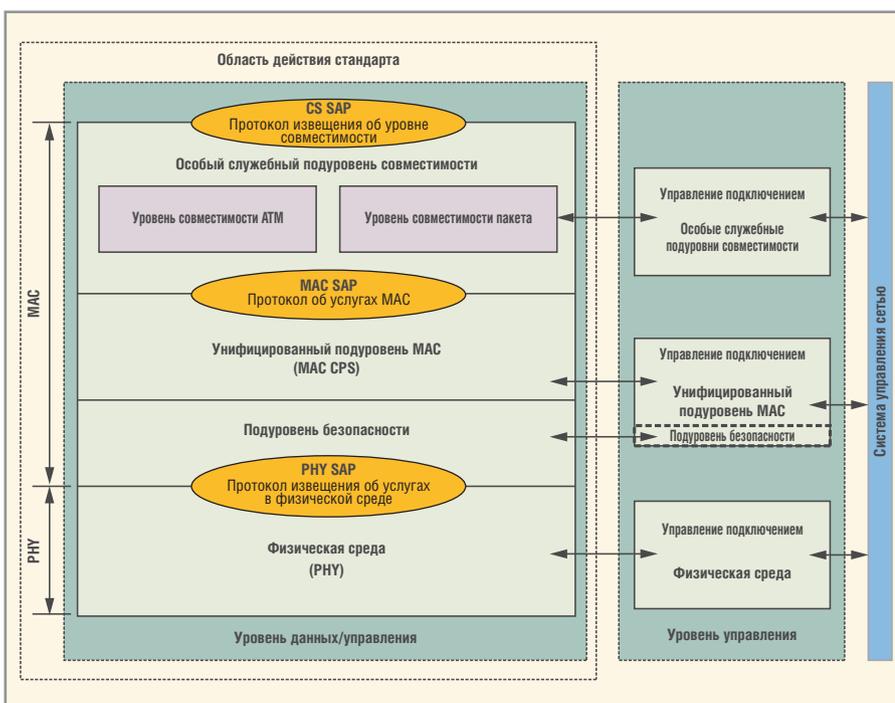


Рис. 1. Структура протокола управления доступом MAC 802.16

условий связи динамически назначать терминалам заданные пакетные профили передачи данных к локальному устройству и от локального устройства. За счёт этого в реальном времени можно достичь компромисса между пропускной способностью и надёжностью системы. Это также обеспечивает в среднем двукратное увеличение пропускной способности по сравнению с неадаптивными системами.

MAC 802.16 использует модуль данных протокола (Protocol Data Unit – PDU) переменной длины и другие инновации. Несколько модулей данных протокола (PDU) могут, например, быть связаны в один пакет, чтобы избежать потерь в физической среде (PHY). Несколько модулей служебных данных (Service Data Unit – SDU) также могут быть связаны в один модуль данных протокола (PDU) MAC, что позволяет добиться экономии за счёт объединения заголовков пакетов MAC. Разбиение на части даёт возможность передавать очень большие модули служебных данных (SDU), превышающие размеры фрейма, чтобы обеспечить качество и класс предоставляемых услуг передачи данных (QoS). Уменьшение объёма заголовка пакета можно использовать для уменьшения потерь, вызванных избыточностью контактов SDU.

MAC 802.16 использует самокорректирующую схему типа «запрос/ответ» для предоставления частотного ресурса, которая исключает какую-либо задержку подтверждения приёма, обеспечивая более высокое QoS, чем традиционные схемы подтверждения. В зависимости от QoS и

параметров трафика сервисов, терминалы имеют набор доступных опций для запроса частотного ресурса.

Уровень защищённости протокола 802.16 соответствует модели, принятой DOCSIS. Стандарт кодирования данных (Data Encryption Standard – DES) в режиме последовательной передачи блоков кода (Cipher Block Chaining – CBC) используется для распределения нагрузки на схемы передачи и вторичного управления. Протокол управления персональными данными (Personal Knowledge Management – PKM) обеспечивает авторизацию на основе сертификата SS и выполняет обмен ключами между BS и SS, используя метод открытого ключа RSA и стандарты x.509.

Сетевое подключение любого устройства включает решения ряда задач по удостоверению подлинности и синхронизации BS и SS. Когда сигнал к локальному устройству синхронизирован, используется дескриптор канала от локального устройства (Uplink Channel Descriptor – UCD), чтобы установить параметры синхронизации, и исходный диапазон частот при подсоединении. В процессе выбора SS диапазона частот, BS распределяет различные управляющие сообщения для выбранных условий с последующей регистрацией. Используя PKM, защищённое вторичное управляющее подсоединение подвергается авторизации. Теперь система готова управлять сквозным соединением, используя различные протоколы IP, путём развертывания различных сервисов MAC. Постоянный контроль над выбором диапазона частот и состоянием канала позво-

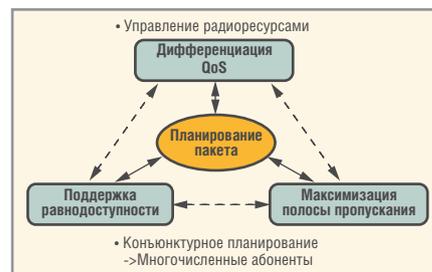


Рис. 2. Планировщик пакетов и его влияние на управление частотным ресурсом

ляет адекватно управлять ресурсами канала.

### QoS и ПЛАНИРОВАНИЕ

Высокий уровень поддержки QoS и планирования – одна из интересных особенностей стандарта WiMax. Эти особенности услуг провайдера особенно ценны из-за способности максимизировать количество связей между удалёнными объектами сети и увеличивать производительность системы, а также обеспечивать выполнение соглашения об уровне услуг (Service-Level Agreements – SLA) (рис. 2).

Инфраструктура для поддержки различных классов услуг определяется реализацией MAC. QoS разрешаются механизмом запроса и предоставления частотного ресурса различным терминалам абонента и базовым станциям. Для QoS выделено четыре категории служб (UGS, rtPS, nrtPS и BE), обеспечивающие классификацию по типу предоставляемых услуг для видео, аудио и данных, поскольку к перечисленным службам предъявляются различные требования QoS. Планировщик пакета обеспечивает планирование для

### Классы услуг QoS

Сервис	Определение	Применение	Обязательные параметры QoS
UGS	Информационный поток в реальном времени, содержащий пакеты данных фиксированной длины, передаваемые с периодическими интервалами	T1/E1 передача голоса по IP-протоколу (VoIP) без подавления пауз	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Максимальная средняя скорость передачи данных (минимальная скорость расхода зарезервированного трафика)</li> <li>● Максимальная латентность</li> <li>● Толерантное дрожание</li> <li>● Стратегия запроса/передачи</li> </ul>
rtPS	Информационный поток, периодически создающий пакеты данных переменной длины в реальном времени	Передача голоса по IP-протоколу (VoIP) с подавлением пауз	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Максимальная средняя скорость передачи данных</li> <li>● Минимальная скорость расхода зарезервированного трафика</li> <li>● Максимальная латентность</li> <li>● Стратегия запроса/передачи</li> </ul>
rtPS	Информационный поток в реальном времени, содержащий пакеты данных переменной длины, передаваемые с периодическими промежутками	MPEG-видео	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Максимальная средняя скорость передачи данных</li> <li>● Минимальная скорость расхода зарезервированного трафика</li> <li>● Максимальная латентность</li> <li>● Приоритет трафика</li> <li>● Стратегия запроса/передачи</li> </ul>
nrtPS	Толерантные к задержке информационные потоки, содержащие пакеты данных переменной длины, для которых требуется минимальный темп передачи данных	FTP	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Минимальная скорость расхода зарезервированного трафика</li> <li>● Максимальная средняя скорость передачи данных</li> <li>● Приоритет трафика</li> <li>● Стратегия запроса/передачи</li> </ul>
BE	Информационные потоки, для которых не требуется минимального служебного уровня, поэтому ими можно управлять на основе доступного пространства	HTTP	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Максимальная средняя скорость передачи данных</li> <li>● Приоритет трафика</li> <li>● Стратегия запроса/передачи</li> </ul>

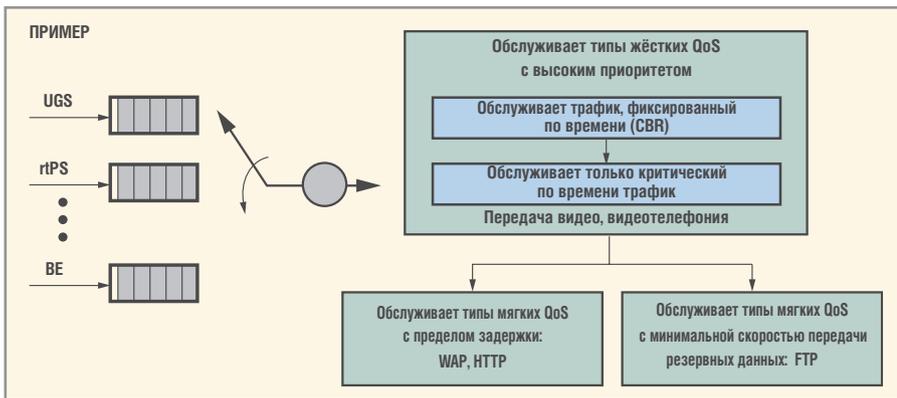


Рис. 3. Функциональная схема планировщика пакета

различных классов услуг для одного абонента. Это означает, что требования SLA будут удовлетворяться на уровне абонента. Абоненты могут иметь различный уровень приоритета, например, стандартный и повышенный (рис. 3).

### УПРАВЛЕНИЕ МОБИЛЬНОСТЬЮ для IEEE 802.16-2005

Переключения на высокой скорости и с небольшими потерями передаваемого пакета данных являются ключевым требованием к системам IEEE 802.16-2005. Хотя управление передачей данных может осуществляться на программном уровне, из-за необходимости повышения производительности часть выполняемых функций переводят на аппаратный уровень.

Чтобы идентифицировать соседнюю сеть и определить её характеристики по отношению к присоединённому мобильному терминалу абонента (Mobile Service Station – MSS), базовые станции периодически передают широковещательные управляющие сообщения для соседних сетей. Каждый MSS сканирует соседний BS и измеряет уровень сигнала. Затем он выбирает соседний BS и готовится к следующему переключению, выполняя процедуры выбора диапазона частот и соединения.

Выполнение переключения определяется скоростью опознавания абонента, передвигающегося от одной ячейки сети к другой. Дифференциация происходит из-за быстрой адаптации к изменению требований QoS для мобильности. MSS могут быть стационарными или мобильными, и профиль QoS может меняться. SLA может также осуществлять различную политику для мобильного и стационарного вариантов использования.

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДКАНАЛА для ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ MAC/RNУ

При увеличении числа абонентов затухание и потери при передаче становятся всё более значительными. OFDMA, основанный на OFDM, невосприимчив к межсимвольным помехам и частотно-избирательному замиранию. Достижение высокой скорости передачи зависит от способности системы широкополосного радиодоступа (Broadband Wireless Access – BWA) обеспечивать эффективное и гибкое распределение частотного ресурса. Производительность системы может быть значительно увеличена, если при распределении вспомогательной несущей использовать методики скачкообразной перестройки частоты и адаптивной модуляции с усилением канала в передатчике. Оптимальным решением является выделение абоненту лучшего канала в каждый момент времени. Само собой разумеется, что эта процедура не так проста, поскольку наилучшая вспомогательная несущая для одного абонента может быть также и наилучшей вспомогательной несущей для другого абонента, у которого нет другой дополнительной наилучшей вспомогательной несущей. Требование QoS определяется как достижение необходимой скорости передачи данных и потока ошибок (Bit Error Rate – BER) для каждого абонента при каждой передаче.

### МАСШТАБИРУЕМЫЙ OFDMA

Концепция масштабируемости была введена как часть режима физического уровня OFDMA радиостандарта MAN IEEE 802.16. Масштабируемый физический уровень позволяет основанным на стандарте системам оптимально функционировать в диапазоне частот полосы пропускания

1,25...20 МГц с фиксированным интервалом вспомогательной несущей как для стационарной, так и для портативной/мобильной модели. При этом стоимость таких систем сохраняется на достаточно низком уровне. Структура субканала с изменяющимися размерами FFT на полосу пропускания канала определяет возможность масштабируемости.

Стандарт WiMax также поддерживает передовые субканалы кодирования (AMC) и модуляцию, гибридный автоматический повторяющийся запрос (HARQ), высокоэффективные структуры подканалов к локальному устройству, систему со многими входами и выходами (MIMO), улучшенную защищённость каналов, различные распределения вспомогательной несущей и схемы диверсификации. WiMax MAC обеспечивает масштабируемость, используя обратную связь от CQI и запросы HARQ.

### ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ

Возможно, самой большой проблемой, возникающей при внедрении системы WiMax, является определение того, что должно выполняться на программном уровне процессором, а что на аппаратном уровне, в частности, с помощью акселератора на базе ПЛИС. Критерием для такого разделения между аппаратным и программным обеспечением является оптимальное соотношение между производительностью системы и требованиями к обработке данных – с одной стороны, и необходимым временем выхода системы на рынок – с другой.

К проектам на основе CPE WiMax следует применять подход, «основанный на процессорах», а для реализации функций MAC, таких как CRC и шифрование/дешифрование, логичнее использовать аппаратный акселератор. С другой стороны, при построении базовой станции потребуется перейти от более слабого акселератора MAC к обработке пакетов на основе подхода «медленная трасса/быстрая трасса». Таким образом, в базовой станции MAC более медленные функции управления и контроля реализуются с помощью процессора (встроенного в ПЛИС либо внешнего), а функции быстрой обработки данных реализуются на базе архитектуры ПЛИС в качестве аппаратного акселератора.

Критерием применения МАС служит обеспечение поддержки управления «тройной игрой» – голоса, данных и видео, используя подходящие методы организации очередей и планирования. Хотя сам стандарт IEEE 802.16 является эффективной основой для выполнения такой задачи, разница между конкурирующими решениями заключается в том, насколько хорошо этот стандарт реализуется в каждом конкретном случае. ПЛИС компании Xilinx обеспечивают разработчикам систем гибкую платформу, на базе которой могут быть реализованы новые функции МАС, что обеспечивает преимущество в конкурентной борьбе.

Современные семейства ПЛИС Virtex™-4 FX включают низкотемпературный вспомогательный интерфейс процессора (APU), который упрощает достижение компромисса между аппаратным и программным обеспечением, позволяя вводить в код программного обеспечения специальные команды, которые затем реализуются в логической структуре ПЛИС.

Передовые функции DSP, такие как высокоэффективные FEC, представ-

ляют ещё одну область, в которой ПЛИС могут обеспечить разработчикам преимущество и улучшенное функционирование разрабатываемой системы. С выпуском оптимизированного кодека Turbo Convolutional и его включения в недорогой пакет WiMax FEC, Xilinx открывает разработчикам систем доступ к высокоэффективным ядрам ПЛИС, которые затем могут быть быстро развёрнуты как часть гибкого решения FEC для системы WiMax.

Безусловно, при разработке базовых станций WiMax существует много других областей, которые остались за рамками данной статьи и в которых технологии Xilinx могут принести реальную пользу. ПЛИС Xilinx широко используются для реализации алгоритмов коррекции DSP в карте RF, для уменьшения коэффициента амплитуды (Crest Factor Reduction – CFR), цифровой предварительной коррекции (Digital Predistortion – DPD) и цифрового перехода вверх/вниз (Digital Up/Down Conversion – DUC/DDC). Путём цифровой коррекции характеристик усилителя мощности (PA) можно существенно снизить стоимость разра-

батываемой базовой станции, используя более экономную аналоговую схему RF. Более подробную информацию об этом можно найти по ссылке [www.xilinx.com/esp/wireless](http://www.xilinx.com/esp/wireless).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на продолжающиеся споры вокруг стандарта WiMax и обсуждения его преимуществ по сравнению с уже используемыми стандартами сотовой связи, современные тенденции подтверждают, что WiMax является идеальной платформой для передачи голоса, данных и видео по беспроводным линиям связи. Компания Xilinx на ранних этапах была вовлечена в процесс создания стандарта WiMax, поэтому воплотила в своей продукции набор уникальных свойств, которые помогают разработчикам систем в стандарте WiMax выпустить их на рынок раньше своих конкурентов.

Компания Xilinx также работает с рядом заказчиков систем управления ускоренным трафиком в беспроводных системах МАС. Каждая реализация такой системы может быть адаптирована к конкретной задаче. ☺

## Новости мира News of the World Новости мира

### Лидеры индустрии создали консорциум WirelessHD

Крупнейшие компании в индустрии электроники (LG Electronics, Matsushita Electric Industrial, NEC, Samsung Electronics, SiBEAM, Sony и Toshiba) объявили о создании специальной рабочей группы WirelessHD, которая к весне следующего года должна разработать стандарт для беспроводной передачи видео высокой чёткости (WirelessHD или WiHD). Это решение обусловлено активным переходом индустрии к стандарту HD и желанием упростить для пользователей этот процесс. Согласно данным аналитиков, мировые продажи устройств, поддерживающих высокоскоростной A/V-интерфейс, вырастут с 60 млн. шт. в этом году до 495 млн. шт. к 2009 г.

Согласно планам консорциума WiHD для передачи данных между устройствами, находящимися на расстоянии до 10 м, будет использоваться частотный диапазон 60 ГГц, при этом скорость будет достигать 5 Гбит/с. Первые устройства с поддержкой WiHD появятся к концу 2007 г. либо в начале 2008 г.

[www.itc.ua](http://www.itc.ua)

### В 2008 г. Samsung перейдёт на LED-подсветку для ЖК-дисплеев

Все ЖК-мониторы, выпускаемые Samsung Electronics, в 2008 г. будут базироваться на LED, – об этом сообщила южнокорейская Digital Times.

Не так давно Samsung представила 20,1-дюймовый монитор на базе LED (SyncMaster XL20), цена которого в Южной Корее составляет 1,78 млн. вон (около \$1880). Как ожидается, поставки в США и Европу начнутся в ноябре и декабре текущего года соответственно. Кроме того, в следующем году компания намерена приступить к продажам 24-дюймового ЖК-дисплея на основе LED.

Общемировые поставки LCD-мониторов достигнут, по итогам 2006 г., 129 млн. шт., при этом 3% из их числа будут базироваться на модулях подсветки LED.

[www.itware.com.ua](http://www.itware.com.ua)

### Samsung строит из памяти «шестнадцатизэтажки»

Южнокорейская Samsung Electronics снова опередила своих конкурентов. Компания объявила о разработке первого в от-

расли технологического процесса, позволяющего объединять 16 чипов памяти в так называемый «мультичип». Разработка нацелена на удовлетворение растущего спроса на микросхемы памяти высокой плотности для мультимедийных устройств. В качестве примера производитель указывает, что применение «шестнадцатизэтажных» 8-Гб микросхем флэш-памяти типа NAND позволит выпускать 16-Гб накопители.

Чтобы соединить 16 чипов в один, необходимо было преодолеть серьёзное техническое препятствие: уменьшить толщину каждого из них на 96%. Другими словами, теперь чип имеет толщину 30 мкм. Примерно такую толщину имеют клетки человеческого тела. По сравнению с 10-этажными мультичипами, представленными около года назад, втрое была уменьшена толщина связующих слоёв – с 60 до 20 мкм. В результате суммарная высота конструкции с учётом связующих слоёв составила 1,4 мм.

Кроме того, для разрезания пластин на отдельные чипы разработана новая технология лазерной резки. Новая технология позволяет устранить сколы и растрескивание кристалла.

[www.ixbt.com](http://www.ixbt.com)