

# АРХИТЕКТУРА СЕТИ WiMAX:

## ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИНЦИПЫ

**П**ро сети WiMAX сказано и написано уже немало. Однако в основном речь идет о беспроводном сегменте этих сетей под управлением стандарта IEEE 802.16. В то время как об опорном (наземном) сегменте сетей WiMAX публикации не практически нет, несмотря на то, что его значение весьма велико. Но стандартизация опорной WiMAX-сети началась заметно позже появления документов IEEE 802.16. Более того, она еще не завершена. Однако основные аспекты архитектуры WiMAX-сетей уже утверждены. Настало время познакомиться с ними.

### ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ АРХИТЕКТУРЫ СЕТИ WiMAX

Сеть WiMAX представляет собой совокупность беспроводного и базового (опорного) сегментов. Первый описывается в стандарте IEEE 802.16, второй же определяется спецификациями WiMAX-форума. Базовый сегмент – это все, что не относится к радиосети, т.е. связь базовых станций друг с другом, связь с локальными и глобальными сетями (в том числе с Интернетом) и т.п. Базовый сегмент основывается на IP-протоколах (IETF RFC) и стандартах Ethernet (IEEE 802.3-2005). Однако собственно архитектура сети, включая механизмы аутентификации, криптозащиты, роуминга, хэндовера и т.п. (в части, не относящейся к беспроводной сети), описывается в документах WiMAX Forum Network Architecture [1, 2].

Спецификации сети WiMAX основываются на технологии пакетной коммутации, протоколах IP и Ethernet, дополняя их по мере необходимости. Архитектура WiMAX-сети должна обеспечивать независимость архитектуры сети доступа, включая радиосеть, от функций и структуры транспортной IP-сети. Сеть WiMAX должна быть легко масштабируемой и гибко изменяемой, основываться на принципах декомпозиции (т.е. строиться на основе стандартных логических модулей, объединяемых через стандартные интерфейсы). Масштабируемость и гибкость возможна по таким эксплуатационным

параметрам, как плотность абонентов, географическая протяженность зоны покрытия (районная, городская, или пригородная сеть), частотные диапазоны, топология сети (иерархическая, плоская, mesh и т.п.), мобильность абонентов (фиксированные, мобильные, номадические).

### БАЗОВАЯ МОДЕЛЬ СЕТИ

Базовая модель сети WiMAX (БМ) – это логическое представление сетевой архитектуры WiMAX. Термин "логическое" в данном случае означает, что модель рассматривает набор стандартных логических функциональных модулей и стандартных интерфейсов (точек сопряжения этих модулей). При практической реализации одно устройство может включать несколько функциональных элементов или, напротив, функция может быть распределена между различными устройствами.

БМ включает три основных элемента – множество абонентских (мобильных) станций (МС), совокупность сетей доступа (сервисная сеть доступа, ASN) и совокупность сетей подключения (CSN). Кроме того, в БМ входят так называемые базовые точки (R1–R8), через которые происходит сопряжение функциональных модулей (рис.1). Сеть (сети) ASN принадлежат провайдеру сети доступа (NAP) – организации, предоставляющей доступ к радиосети для одного или не-

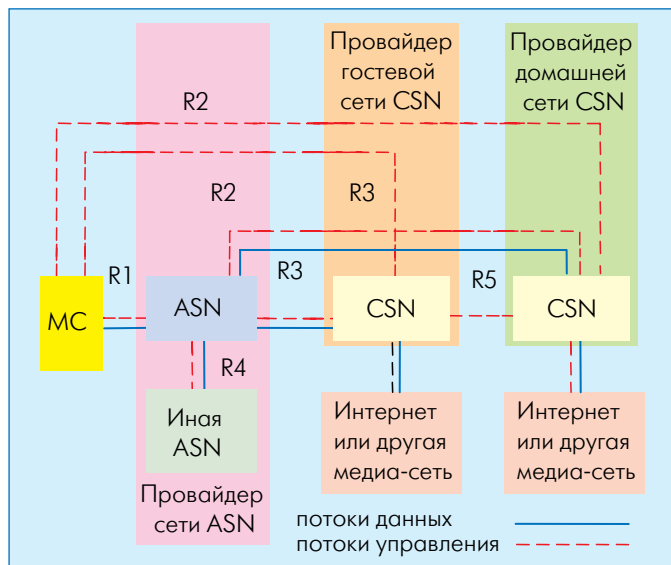


Рис. 1 Базовая модель WiMAX-сети в соответствии со стандартом [1]

скольких сервис-провайдеров WiMAX (NSP). В свою очередь, сервис-провайдер WiMAX – организация, предоставляющая IP-соединения и услуги WiMAX конечным абонентам. В рамках данной модели уже сервис-провайдеры WiMAX заключают соглашения с Интернет-провайдерами, операторами других сетей доступа, соглашения о роуминге и т.п. Сервис-провайдеры по отношению к абоненту могут быть домашними и гостевыми, каждый – со своей сетью CSN.

**Сеть доступа ASN** представляет собой множество базовых станций (БС) беспроводного доступа по стандарту IEEE 802.16 и шлюзов для связи с транспортной IP-сетью (т.е. с локальной или глобальной сетью передачи информации) (рис.2). Фактически эта сеть связывает радиосеть IEEE 802.16 и IP-сеть. ASN включает как минимум одну БС и как минимум один ASN-шлюз. Но и базовых станций, и шлюзов в одной ASN может быть несколько, причем одна БС может быть логически связана с несколькими шлюзами.

БС в рамках данной модели – это логическое устройство, поддерживающее набор протоколов IEEE 802.16 и функции внешнего сопряжения. Логическая БС – односекторная, с одним частотным номиналом. Очевидно, что реальная базовая станция представляет собой набор нескольких логических БС.

Шлюз ASN – это также логическое устройство, связывающее базовые станции одной ASN с другими сетями доступа и с сетью подключения CSN. Шлюз ASN обеспечивает связь как на уровне каналов передачи данных, так и на уровне управления. Примечательно, что для каждой MC базовая станция логически связана с одним шлюзом. Но реально функции ASN-шлюза для каждой MC могут быть распределены между несколькими шлюзами, принадлежащими одной или нескольким сетям доступа.

Шлюз ASN опционально может быть представлен как совокупность двух групп функциональных элементов – блока решения (DP – Decision Point) и блока исполнения (EP – Enforcement Point). EP реализует функции, связанные с передачей потока данных, в то время как в DP сосредоточены функции, непосредственно не относящиеся к передаче данных (например, функции контроллера управления радиоресурсами сети). Эти два функциональных модуля соединены через базовую точку R7. Зачем в стандарт введена такая модель, можно только догадываться. Нигде подробнее она не раскрыта, но без упоминания о возможности такой декомпозиции функций ASN-шлюза невозможно объяснить наличие R7. В целом распределение функций между реальными шлюзами и базовыми станциями определяется так называемыми профилями ASN. На сегодня их утверждено три (А, В и С), их мы рассмотрим ниже.

**Сеть подключения CSN** – это собственно сеть оператора WiMAX, именно в ней реализуются функции управления авторизацией, аутентификацией и доступом (AAA), подключение абонентов WiMAX к глобальным IP-сетям, предоставление таких услуг, как IP-телефония, доступ к телефонным сетям общего пользования, доступ в Интернет и частные сети и т.п. Важно отметить, что базовая модель сети WiMAX допускает, что одной сетью доступа ASN могут пользоваться несколько сервис-провайдеров WiMAX (каждый со своей CSN). И напротив – одна CSN может подключаться к сетям доступа разных провайдеров доступа.

В CSN реализованы такие функции, как предоставление мобильным абонентам IP-адресов и других сетевых параметров на период сетевой сессии, сервер политик/контроля доступа и хранения профилей абонентов, передача (туннелирование) данных между сетями доступа и подключения, биллинг абонентов WiMAX и межоператорские расчеты, туннелирование данных между различными CSN при роуминге, обеспечение мобильности при выходе MC за пределы одной ASN. Поддерживаются такие WiMAX-услуги, как соединения

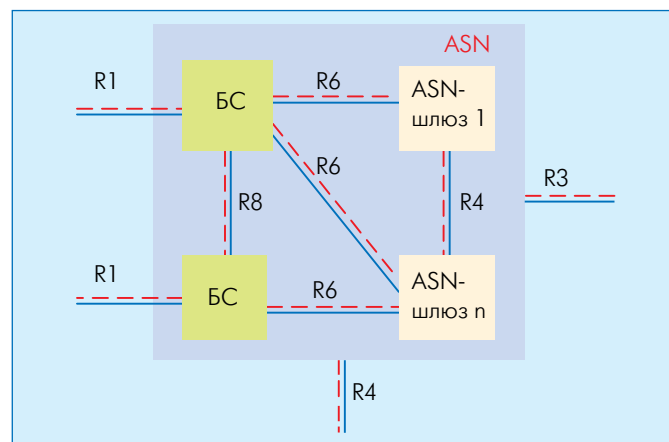


Рис.2 Логическая модель сети доступа ASN

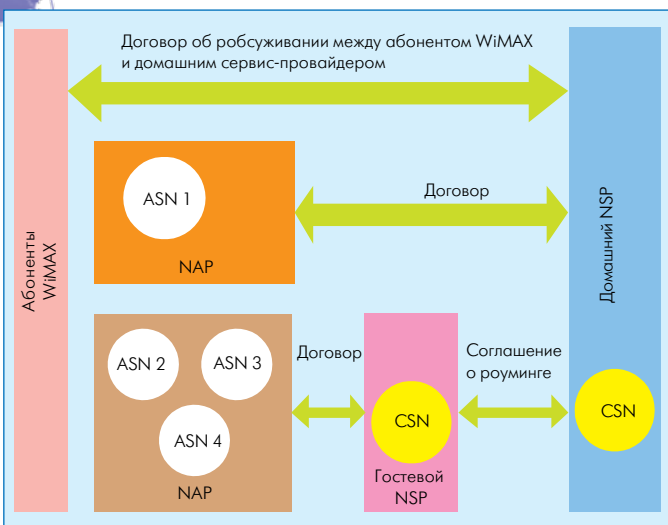


Рис.3 Модель взаимодействия операторов сервисных сетей WiMAX, сетей доступа и абонентов

"точка-точка", авторизация и/или подключение к мультимедийным IP-сервисам, функции легального перехвата трафика (для России – выполнение требований СОПМ) и т.п.

CSN может включать такие элементы, как маршрутизаторы, серверы (и прокси-серверы) для функций авторизации/аутентификации/доступа, базы данных пользователей, шлюзы и т.п.

В связи с поддержкой мобильности в базовой модели сети WiMAX введены понятия домашних и гостевых сервис-провайдеров – H-CSP и V-CSP, соответственно (рис.3). Домаш-

ний NSP – это оператор, заключивший договор об обслуживании с абонентом WiMAX. Именно он реализует функции авторизации, аутентификации и контроля доступа (включая биллинг и взимание абонентской платы). Для поддержки роуминга домашний сервис-провайдер WiMAX заключает роуминговые соглашения с другими NSP.

Гостевой NSP (V-NSP) – это оператор, который предоставляет WiMAX-абоненту услуги роуминга. Прежде всего, V-NSP обеспечивает для такого абонента функции AAA, а также полный или частичный доступ ко всем услугам WiMAX-сети. При этом возможны различные варианты маршрутизации трафика – через домашнюю сеть подключения или непосредственно через гостевую CSN-сеть.

**Базовые точки** в рамках базовой модели сети WiMAX – это каналы связи между базовыми модулями. Они представляют собой стандартные интерфейсы, причем не обязательно физические, особенно если соединяемые базовой точкой модули конструктивно находятся в одном устройстве.

**Базовая точка R1** представляет собой канал связи между мобильной станцией и сетью доступа ASN. Это – беспроводной интерфейс, соответствующий стандарту IEEE 802.16, однако допустимы и дополнительные протоколы управления.

**Базовая точка R2** является каналом между MC и CSN. Она включает протоколы и процедуры, связанные с аутентификацией MC, авторизацией и IP-конфигурированием. Это – чисто логический интерфейс, ему нельзя поставить в соответствие никакой конкретный физический интерфейс между MC и CSN.

**Базовая точка R3** содержит набор протоколов управления между ASN и CSN для реализации процедур AAA, выполнения различных политик и управления мобильностью. Она также поддерживает функции передачи данных (в том числе – туннелирования) между ASN и CSN.

**Базовая точка R4** – это канал связи между ASN-шлюзом и различными ASN-сетями или между ASN-шлюзами в пределах одной ASN.

**Базовая точка R5** является каналом связи между сетью домашнего и гостевого сервис-провайдера.

**Базовая точка R6** служит интерфейсом между БС и ASN-шлюзом.

**Базовая точка R7** определен как некий виртуальный канал внутри ASN-шлюза для связи двух групп функций (связанных с каналом передачи информации и не связанных с ним). Конкретизации протоколов R7, видимо, следует ожидать в будущем (или не ожидать вовсе).

**Базовая точка R8** – это канал связи непосредственно между базовыми станциями. Он должен поддерживать передачу управляющих сообщений и опционально – непосредственную трансляцию данных (для быстрого и бесшовного хендвера).

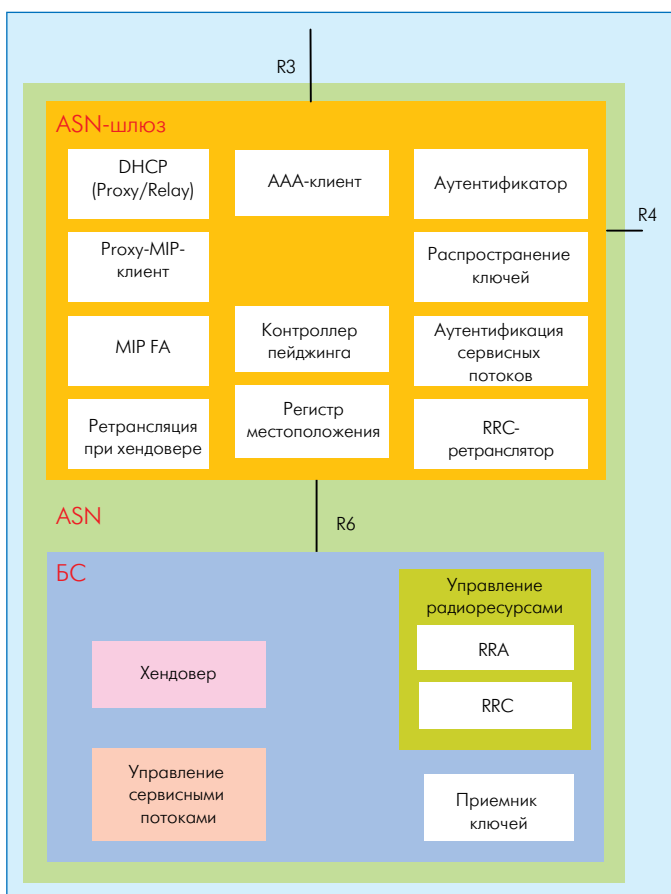


Рис.4 Распределение основных логических функций между базовой станцией и ASN-шлюзом в соответствии с ASN-профилем C

## ПРОФИЛИ ASN

Профилями ASN называют распределение логических фун-

кций ASN-сетей между физическими устройствами. В стандарте описано три типа ASN-профилей. Профиль В подразумевает полную свободу производителя – ему соответствует как концентрация всех функций в одном устройстве, так и их произвольное распределение. Профили А и С более конкретны. На уровне описания они чрезвычайно похожи – различие в том, что функции контроллера радиоресурсов (RRC) и управления хэндовером в профили А отнесены к ASN-шлюзу, а в профиле С – к базовой станции. Несмотря на, казалось бы, незначительное формальное различие, на практике оно привело к тому, что профиль А был официально закрыт летом 2007 года на сессии WiMAX-форума в Мадриде, а общепризнанным стандартом стал профиль С (рис.4).

Действительно, профиль А, концентрируя функции управления в ASN-шлюзе, затрудняет совместимость оборудования различных поставщиков. В профиле В интеллект базовых станций возрастает, они играют более существенную роль в управлении трафиком и мобильностью. Профиль С – наиболее открытая и потому перспективная система. В нем, в отличие от профиля А, базовые станции ответственны за все управление радиоресурсами и за обеспечение хэндовера. В идеальном случае все элементы такой системы взаимозаменяемы на продукты других поставщиков, сертифицированных WiMAX Forum.

### ПОДДЕРЖКА МОБИЛЬНОСТИ

Вся работа по описанию и стандартизации сетей WiMAX, по большому счету, направлена на одно – на обеспечение глобальной мобильности абонентов WiMAX, их свободы перемещаться между различными сетями во всем мире, постоянно оставаясь "на связи". Для этого необходим механизм глобального распределения общих сетевых ресурсов между различными операторами-провайдерами.

Возможно несколько различных вариантов распределения сетевых ресурсов: одной ASN-сетью пользуются несколько CSN-провайдеров, несколько ASN-сетей (одного или нескольких операторов) взаимодействуют с различными CSN, одному оператору принадлежит ASN и CSN и т.п. (рис.5). Очевидно, что при таком разнообразии вопросы стандартизации процедур при мобильности выходят на первый план.

Напомним, что WiMAX-сеть – это TCP/IP-сеть. С точки зрения IP-сети, мобильность – это возможность идентифицировать устройство, подключающееся к различным узлам глобальной сети. Для поддержки мобильности были созданы спецификации мобильных IP-сетей (MIP). В мобильных IP-сетях задача обеспечения мобильности устройств решается на основе двух основных механизмов – назначения глобального дополнительного IP-адреса или использования внешнего агента.

Протокол мобильного IP подразумевает, что у каждого устройства есть два IP-адреса – основной (HoA), присвоенный

ему в домашней сети, и дополнительный (CoA). Если устройство оказывается в новой сети (внешней сети), ему может быть присвоен глобальный дополнительный IP-адрес (например, на основе протокола динамического назначения адресов DHCP). Этот адрес устройство сообщает своему домашнему агенту (HA – home agent) – маршрутизатору, который перехватывает все сообщения по основному IP-адресу данного устройства и направляет их по дополнительному IP (как правило, в режиме туннелирования и инкапсуляции IP-в-IP) [3].

Второй механизм сводится к тому, что во внешней сети используется так называемый внешний агент (FA, foreign

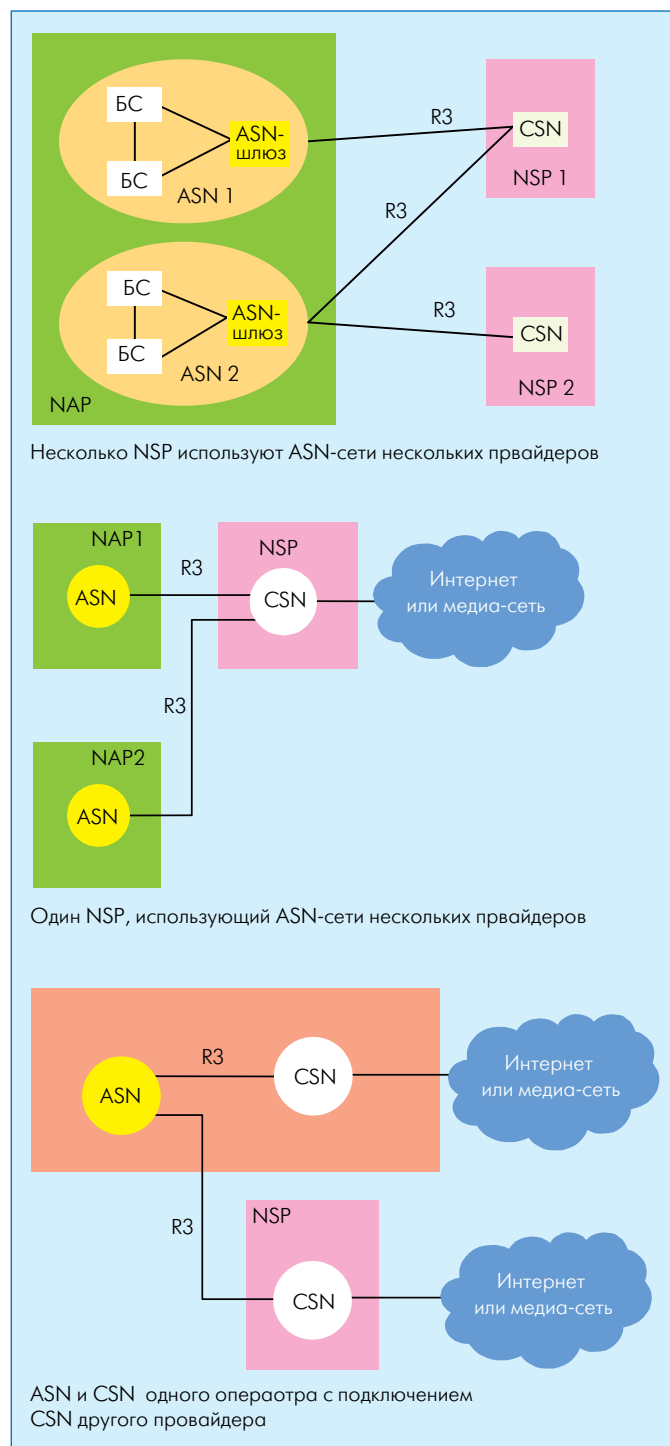


Рис.5 Некоторые варианты взаимодействия ASN- и CSN-сетей

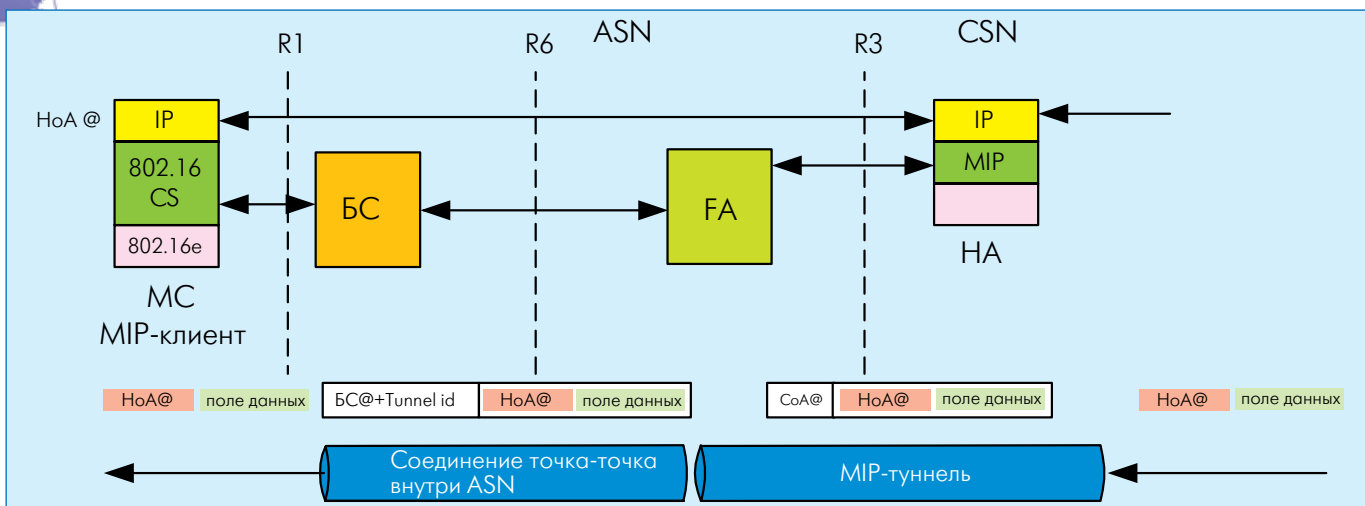


Рис.6 Передача пакетов в WiMAX-сети с поддержкой MIP. MIP-клиент реализован в MC

agent). Это маршрутизатор, в котором устройство регистрируется при подключении к внешней сети. FA в качестве дополнительного IP-адреса присваивает устройству адрес из своего пула IP-адресов. При передаче сообщений домашний агент направляет инкапсулированные пакеты уже внешнему агенту (его адрес выполняет функцию CoA), который, отбросив оболочку инкапсулированных пакетов, передает их устройству-получателю в соответствии со своей таблицей адресации (рис.6). Отметим, что дополнительный адрес CoA служит только для сетевого взаимодействия. Все пользовательские приложения, выполняемые на мобильном устройстве и в других узлах сети, используют основной IP-адрес.

WiMAX-сеть ориентирована на поддержку стека протоколов MIP. Однако в сетях WiMAX не все абонентские устройства обязаны поддерживать мобильный IP. Для таких устройств возможен механизм присвоения IP-адресов на основе протокола динамического конфигурирования DHCP (IETF RFC4361). Причем DHCP-сервер может находиться как в домашней, так и в гостевой сети. Возможно его размещение и в сети ASN, в этом случае информация об IP-адресе абонентской станции передается в домашнюю сеть при ее подключении и аутентификации.

В WiMAX-сетях выделяют два вида мобильности – микро- и макромобильность. Иначе их называют мобильность в рамках ASN (ASN-мобильность) и CSN-мобильность. В случае **ASN-мобильности** MC перемещается в пределах од-

ной ASN-сети (рис.7). При этом MC обслуживается одним внешним агентом (в простейшем случае – ASN-шлюзом) и с точки зрения CSN-сети никаких перемещений устройства не происходит (маршрут к нему остается неизменным, равно как и CoA-адрес). Таким образом, для ASN-мобильности не требуется поддержка протоколов уровня MIP. На уровне ASN-мобильности реализуется хэндовер в пределах одной ASN-сети. При этом в процесс вовлекаются только интерфейсы R6 (между BC шлюзами) и R8 (между базовыми станциями).

Отметим особый случай ASN-мобильности, когда MC выходит за пределы одной ASN и оказывается в другой (рис.8). При этом MC подключается к новому внешнему агенту, но данные от этого FA передаются к прежнему внешнему агенту по каналу R4. Очевидно, что в данном случае с точки зрения сети CSN (т.е. домашнего агента) никаких изменений не произошло.

**Макромобильность** означает смену внешнего агента, связанного с HA по каналу R3. Это возможно как внутри одной ASN-сети, так и при переходе между различными ASN-сетями (рис.9). Смена внешнего агента однозначно влечет смену CoA-адреса MC. В этом случае изменения затрагивают сетевой уровень, т.е. уровень интерфейса R3. Поэтому данный вид мобильности еще называют R3-мобильность.

Поскольку MC могут не поддерживать функции мобильного IP, стандарт WiMAX-сетей предусматривает два сценария CSN-мобильности – с поддержкой MIP-клиентов (CMIP) и прокси-мобильный IP (PMIP). В первом случае MIP-клиент реализован в каждой мобильной станции, во втором в качестве мобильного узла рассматривается вся ASN-сеть, а внешний агент является MIP-клиентом и выполняет функции прокси-сервера MIP.

Важно отметить, что различные механизмы мобильности могут сосуществовать в рамках одной интегрированной сети. Например, при перемещении MC при хэндвере сначала могут использоваться механизмы ASN-мобильности (переключение от одной BC к другой в пределах одной ASN-сети), а затем – CSN-мобильности. Более того, возможна оптими-

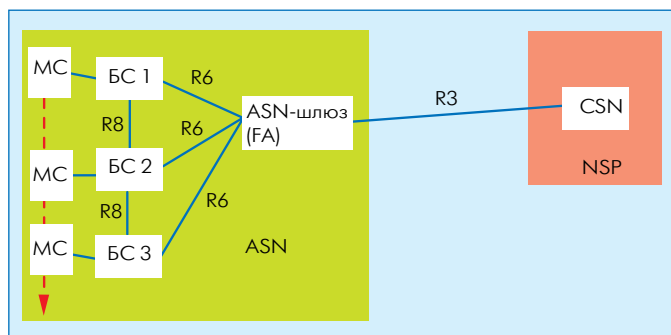


Рис.7 ASN-мобильность при хэндвере в пределах одной ASN-сети

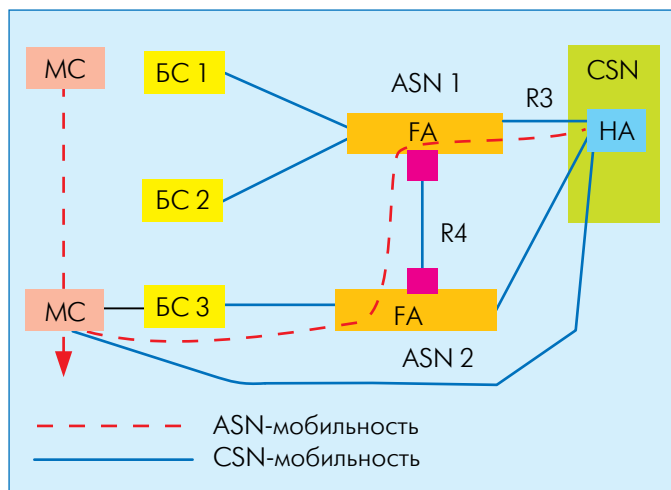


Рис. 8 ASN-мобильность при смене ASN-сетей. Показан переход от модели ASN-мобильности к CSN-мобильности

зация подключения. Например, в примере на рис.8 возможен переход от ASN- к CSN-мобильности, что существенно сокращает маршрут передачи данных.

Все рассмотренные выше функции относились к основной сегодня версии TCP/IP-протоколов – IPv4. Однако на смену им идет новая версия IPv6. Основная причина появления новой версии – нехватка адресного пространства, обусловленного 32-разрядным IP-адресом, а также отсутствие встроенной поддержки QoS. В новой версии предусматриваются 128-разрядные адреса. Кроме того, что важно для мобильных сетей, вводится так называемый альтернативный адрес. Он может быть присвоен группе устройств, распределенных в сети, но доставка пакета производится только до ближайшего узла (от отправителя) с таким адресом. Предусматривается оптимизирующая маршрутизация, которая исключит обязательную передачу пакетов через домашнего агента. Отпадает необходимость и во внешнем агенте, равно как и в инкапсуляции исходных IP-пакетов при их трансляции мобильному узлу. Вместо внешнего агента используется маршрутизатор доступа (AR – access router). Все эти особенности учтены в стандарте WiMAX-сетей, предусматривающем поддержку протокола IPv6 на уровне CSN-мобильности, причем стандарт оговаривает самые разные формы использования возможностей спецификаций IPv6. В частности, MC может быть присвоен как HoA (домашним агентом), так и глобальный CoA (маршрутизатором доступа в ASN-сети). При этом может использоваться или CoA-адрес (для непосредственной связи с заданным узлом), или HoA для связи через домашнего агента в домашней CSN.

### УПРАВЛЕНИЕ РАДИОРЕСУРСАМИ

Функция эффективного управления радиоресурсами – одна из важнейших в любой беспроводной сети. Поскольку стандарт IEEE 802.16 рассматривает только взаимодействие одной БС с окружающими ее абонентскими станциями, вопросы совместной работы нескольких базовых станций относятся к компетенции стандартов WiMAX-сетей. Эти функции

сосредоточены в ASN-сегменте, физически – либо в базовой станции (профиль С), либо в ASN-шлюзе (профиль А).

Функции управления радиоресурсами реализуют два логических устройства – контроллер радиоресурсов (RRC – Radio Resource Controller) и агент радиосредств (RRA – Radio Resource Agent). В каждой БС (и только в БС) должен быть свой RRA. Напротив, контроллер RRC может располагаться как в базовой станции, так и в ASN-шлюзах или на отдельных серверах в пределах ASN-сети. Но поскольку фактически стандартным стал ASN-профиль С, будем рассматривать только размещение функций RRC в БС. В этом случае возникает потребность в дополнительном логическом устройстве – RRC-ретрансляторе, который располагается в ASN-шлюзах и служит для обмена управляющей информацией между RRC-контроллерами (рис.10). При этом обмен происходит по интерфейсам R6 и R4. Однако если БС непосредственно связаны друг с другом каналом R8, возможен обмен сообщениями между RRC-контроллерами данных БС и по этому интерфейсу.

Основные функции, которые реализует агент радиосредств – это управление и сбор информации о радиообстановке вокруг БС. Виды этих измерений и методика их проведения оговорены в стандарте IEEE 802.16. Кроме того, RRA собирают и информацию об измерениях параметров протоколов верхних уровней, например, интенсивность ошибок передачи пакетов MAC-уровня. В задачу этого устройства входит и трансляция управляющей информации от RRC до мобильных станций по радиointерфейсу. Характерный пример такого рода информации – список соседских БС и их параметров. В свою очередь, основная функция контроллера RRC – сбор и хранение информации от связанных с ним RRA и взаимодействие с другими контроллерами RRC.

Таким образом, основная задача управления радиоресурсами – это инициирование процедур измерения параметров радиосети, сбор этих данных от всех БС и их сохранение в общедоступной базе данных сети. Данная информация используется для управления хендвером, для обеспечения качества обслуживания QoS и т.п. Основные виды измеряемых/сохраняемых параметров – физические параметры

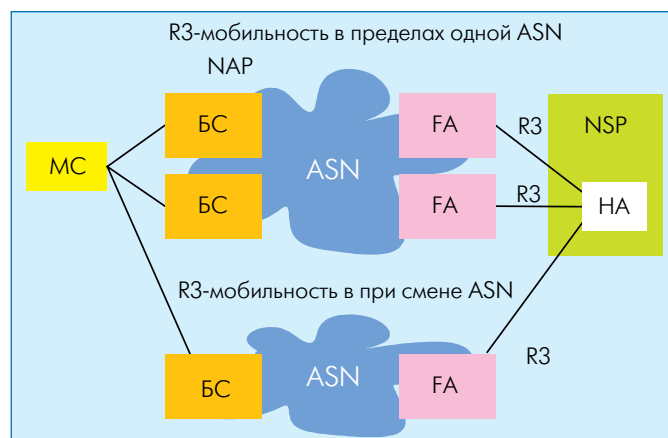


Рис. 9 Логическая модель CSN-мобильности

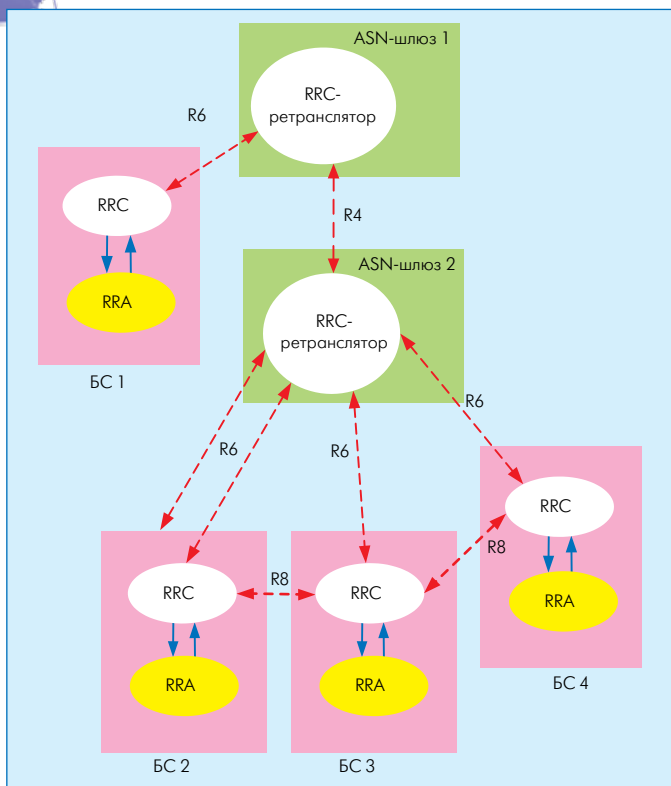


Рис. 10 Базовая модель системы управления радиоресурсами (для ASN-профиля C)

мобильных станций в сети, оценка качества связи с МС, наличные ресурсы базовых станций (число свободных субканалов и символов, усредненных по 200 фреймам, отдельно для восходящего и нисходящего каналов). Кроме того, стандартом оговорена возможность измерения таких параметров, как уровень мощности сигналов БС и уровень интерференции. Предусматривается передача таких управляющих сообщений, как реконфигурация субканалов в заданном секторе БС, изменение максимальной мощности сигнала БС, изменение таблиц распределения ресурсов БС, в том числе – соотношения между восходящим и нисходящим субканалами в

режиме временного дуплексирования (TDD), трансляция дескрипторов восходящего/нисходящего каналов (UCD/DCD) между соседскими БС, изменение широковещательной информации и др.

### РЕЖИМ ОЖИДАНИЯ И ПЕЙДЖИНГА

Важная особенность мобильных сетей WiMAX – поддержка режима ожидания (idle mode) и связанного с ним пейджинга. Функции данного режима описаны в стандарте IEEE 802.16e [4, 5], однако их реализация возможна только с использованием сетевого оборудования. Кратко напомним, что в режиме ожидания МС находятся с выключенными трансиверами, кратковременно включая приемники для определения местоположения и выяснения, не направлено ли в их адрес какое-либо сообщение. Поскольку такие устройства могут выйти из зоны обслуживания определенной БС, информация для них передается в широковещательном режиме – но не всеми БС, а только теми, которые принадлежат к так называемой пейджинговой группе, в которой зарегистрирована данная МС. МС в периоды кратковременного прослушивания эфира определяет, не вышла ли она за пределы своей пейджинговой группы, и если вышла – регистрируется в новой. Отметим, что стандарт WiMAX-сети конкретизирует определение пейджинговой группы, отсутствующее в спецификации IEEE 802.16e. С точки зрения базовой модели WiMAX-сети, пейджинговая группа – это множество из одного или нескольких БС. Причем к одной пейджинговой группе могут принадлежать только БС, находящиеся в пределах ASN-сети (сетей) одного провайдера.

Поддержка режима ожидания возложена на три логических элемента WiMAX-сети (рис.11). Это пейджинговый агент (PA – Paging Agent), контроллер пейджинга (PC – Paging Controller) и регистр местоположения (LR – Location Register). Пейджинговый агент – это логическая функция базовой станции. Она

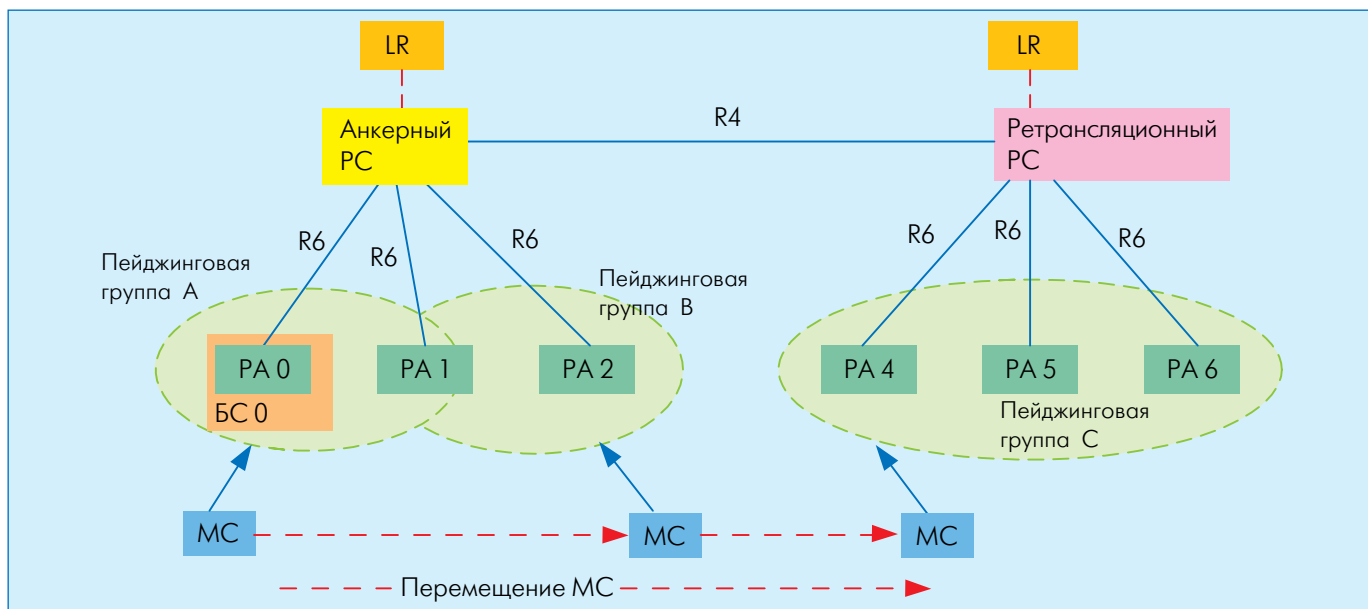


Рис. 11 Модель пейджинга

обеспечивает сопряжение протоколов пейджинга радиосети (MAC-уровень стандарта IEEE 802.16e) и протоколов опорной сети WiMAX. Последние поддерживает контроллер пейджинга. Он может располагаться как непосредственно в БС (ASN-профиль В), так и вне ее (профиль С). В последнем случае для связи РА и РС используется интерфейс R6.

По отношению к МС контроллер пейджинга может быть анкерным (базовым) или ретрансляционным. Каждая мобильная станция в режиме ожидания связана только с одним анкерным РС. Он хранит и обновляет информацию о местоположении МС. Если МС оказывается в зоне действия БС, непосредственно не связанной ее анкерным РС по каналу R6, используется ретрансляционный пейджинговый контроллер (или несколько контроллеров), которые передают информацию о местоположении МС ее анкерному РС по каналам R4 (см. рис.11).

Регистр местоположения – это распределенная база данных, с которой связан каждый анкерный РС. В этой базе данных для каждой МС хранится такая информация, как текущая пейджинговая группа, пейджинговый цикл и смещение, идентификатор последней БС и последнего ретрансляционного РС. Для МС в режиме ожидания в LR также хранятся сетевые настройки (согласно IEEE 802.16e) и информация о сервисных потоках данной МС. Эта информация используется анкерным РС для определения вероятного местоположения МС и передачи ей сообщений, а также для упрощения ее повторного подключения к сети после выхода из режима ожидания.

### КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Поскольку сети WiMAX изначально рассматривались как сети операторского класса, вопрос обеспечения QoS в них первичен. Стандарт IEEE 802.16 вопросы QoS связывает с конкретным сервисным потоком. Каждое соединение обслуживается своим сервисным потоком, с заданными параметрами QoS. Абоненту WiMAX доступен заданный набор таких сервисных потоков – QoS-профиль. Информация об этом хранится в системе управления абонентами (например, в базе данных AAA-сервера или в специальном сервере политик). В случае статической модели управления QoS, абонентская станция не может в ходе сеанса связи изменять параметры сервисных потоков или создавать новые сервисные потоки. Однако в случае динамической модели управления QoS, абонентская или базовая станция могут динамически изменять, создавать или удалять сервисные потоки. Переключение/создание новых сервисных потоков может происходить, например, когда МС обращается к какой-либо функции CSN на уровне приложений. Таким образом, основная задача наземного сегмента сети WiMAX – обеспечить по отношению к каждому абоненту управление сервисными потоками, определенными в стандарте IEEE 802.16.

Основные элементы сети WiMAX, реализующие функции

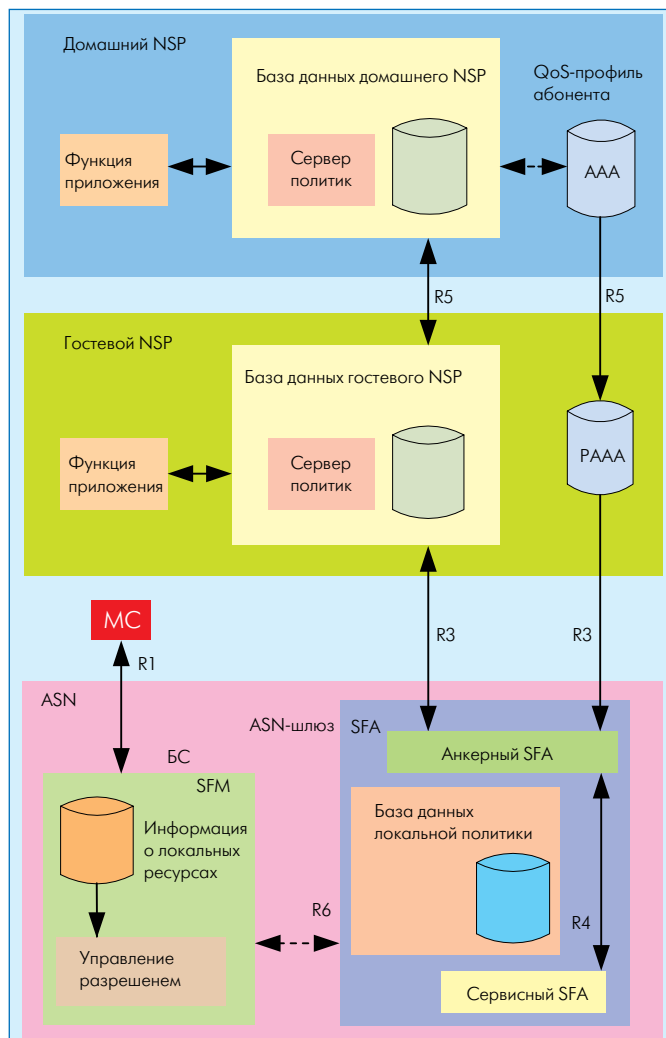


Рис. 12 Система обеспечения QoS

QoS – это модуль управления сервисными потоками (SFM – Service Flow Management) и модуль авторизации сервисных потоков (SFA – Service Flow Authorization), а также система хранения данных о разрешенных ресурсах абонента (рис.12).

Модуль SFM всегда располагается в БС. Он отвечает за создание, отключение, разрешение или модификацию сервисных потоков. Структурно SFM включает функцию управления разрешением (AC – admission control) и базу данных о локальных ресурсах. Функция AC на основании анализа информации о локальных радио- и других ресурсах определяет, может ли быть добавлен новый сервисный поток.

Модуль SFA предназначен для того, чтобы постоянно обеспечивать SFM заданной БС информацией о QoS-параметрах конкретного абонента. То есть он служит мостом между БС и глобальной базой данных о параметрах абонента, хранящейся в AAA-сервере или аналогичном устройстве в домашней CSN-сети абонента. Располагается это устройство в ASN-шлюзе. Поскольку речь идет о мобильных абонентах, вводится понятие анкерного (базового) и сервисного SFA.

Анкерный SFA определяется при подключении МС к сети и не меняется до ее повторной регистрации (остается неизменным в течение всей сессии). В анкерный SFA передается информация о QoS-профиле абонента при его регистрации в





сети. Если МС оказывается в зоне другого ASN-шлюза, она взаимодействует уже с новым SFA. Такой SFA, с которым в данный момент связана МС, называется сервисным. Сервисный SFA по каналам R4 выполняют функцию ретранслятора между МС и ее анкерным SFA (точнее – между модулем SFM базовой станции, с которой в данный момент работает МС, и анкерным SFA для данной МС). В функции анкерного и/или сервисного SFM входит реализация так называемой локальной политики QoS для данной ASN-сети, связанной с загрузкой и распределением сетевых ресурсов.

---

Мы достаточно бегло рассмотрели основные принципы организации WiMAX-сетей. При этом вне пределов нашего внимания остались столь важные вопросы, как реализация процедур AAA для различных конфигураций WiMAX-сетей, механизмы назначения IP-адресов, процедуры соединения, хендовера и т. п. Отметим, что многие вопросы пока вообще не отражены в стандартах WiMAX-сети, но это, видимо, – лишь дело времени. Процесс стандартизации WiMAX-сетей отстает от их практической реализации только потому, что сама по себе технология WiMAX чрезвычайно нова, однако весьма востребована рынком.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. WiMAX Forum Network Architecture. (Stage 2: Architecture Tenets, Reference Model and Reference Points). Release 1, Version 1.2. – WiMAX Forum, January 11, 2008.
2. WiMAX Forum Network Architecture. (Stage 3: Detailed Protocols and Procedures). Release 1, Version 1.2. – WiMAX Forum, January 11, 2008.
3. **Дуглас Э. Камер.** Сети TCP/IP, т.1. Принципы, протоколы и структура, 4-е изд. М.: Издательский дом "Вильямс", 2003.
4. **Шахнович И.** Широкополосная мобильность: IEEE 802.16e. Часть 1: MAC-уровень. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2007, №2, с.18–27.
5. **Шахнович И.** Широкополосная мобильность: IEEE 802.16e. Часть 2: физический уровень и элементная база. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2008, №1, с.98–104.