

## Лекция 6

### Развертывание систем WiMAX

Построение сети фиксированного беспроводного доступа предполагает использование трех типов оборудования — базовых станций, абонентских станций и оборудования для организации связи между базовыми станциями. В сетях доступа на базе WiMAX найдут применение как узконаправленные антенны, так и антенны с более широким сектором охвата, вплоть до всенаправленных.

#### Топология сети

Для соединения «точка–точка» (рис. 6а) используются две направленные друг на друга антенны; так строятся, например, радиорелейные линии передач, в которых расстояние между соседними релейными вышками может исчисляться десятками километров. При топологии «точка–многоточка» (рис. 6б) в центре «ячейки» помещается базовая станция со всенаправленной или секторной антенной, а все обслуживаемые ей абоненты снабжаются сфокусированными на нее направленными антеннами.

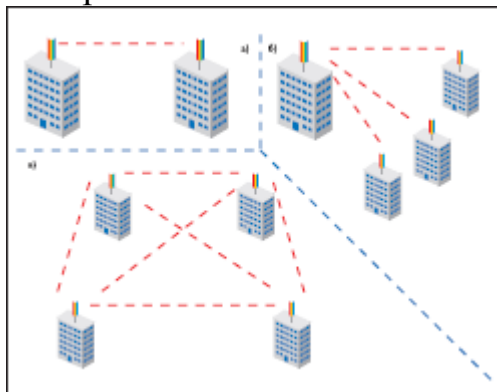


Рис. 6. Возможные топологии сети WiMAX

Другой тип связи получится при использовании только всенаправленных антенн. В этом случае будет достигнута возможность соединения «каждого с каждым», или «многоточка–многоточка» (mesh) (рис. 6в).

Базовая станция WiMAX представляет собой модульное решение, которое может по мере необходимости дополняться различными блоками, например, модулями для связи с магистральной сетью провайдера. В минимальной конфигурации устанавливается модуль радиointерфейса и модуль соединения с проводной сетью.

#### Диапазон частот

При выборе оборудования WiMAX кроме его технических характеристик и цены важное и зачастую определяющее значение представляет такой фактор, как специфические для России трудности оформления частотных разрешений. Дело в том, что в России практически не существует «безлицензионных» диапазонов. Для разных типов оборудования предусмотрен различный порядок получения частотных разрешений. Для работы в любых диапазонах операторы связи должны получить достаточно сложные и многоуровневые разрешения как частотных служб, так и служб надзора за связью.

Очевидно, что в нашей стране главным фактором, влияющим на скорость внедрения систем WiMAX, являются вопросы регулирования спектра, так как развитие рынка услуг WiMAX напрямую зависит от выделения операторам необходимого частотного ресурса. Сегодня наиболее перспективными с точки зрения будущего развития технологии WiMAX являются диапазоны в районе 2,4, 3,5 и 5,6 ГГц.

Следует учитывать, что распространение радиоволн в различных участках спектра имеет свои особенности, которые во многом определяют дальность действия оборудования, а также устойчивость к многолучевости.

### **Общие подходы к выбору системы WiMAX**

Перед тем, как приступить к рассмотрению доступных систем WiMAX, необходимо проработать следующие системные вопросы :

- Выбор диапазона частот.
- Определение величины необходимого частотного ресурса.
- Разработка процедур выделения и присвоения радиочастот.
- Проработка вопросов законодательства.
- Прежде чем переходить к рассмотрению конкретных систем, целесообразно рассмотреть общие вопросы выбора систем, что поможет на предварительном этапе анализа отбросить явно неприемлемые варианты.

Сформулируем критерии, которыми следует руководствоваться при выборе оборудования фиксированного беспроводного доступа WiMAX :

- Оборудование должно производиться специализированной компанией, имеющей опыт разработки и производства беспроводного оборудования, что является некоторой гарантией качества.
- Технические характеристики оборудования, предоставляемые производителем, должны быть достаточно полными, для того чтобы по ним можно было сделать вывод о его возможностях. Представление таких характеристик говорит о профессионализме сотрудников и в определенной мере гарантирует, что речь идет об оригинальном продукте, а не о перепродаже малоизвестного бренда под торговой маркой продавца.
- Желательно, чтобы базовая станция имела возможность секторирования и поэтапного наращивания производительности, для чего она должна иметь возможность подключения внешней антенны. Тогда на первом этапе достаточно одной базовой станции с всенаправленной антенной, на следующем — двух, с антеннами с шириной диаграммы 180°, и так далее.
- Оборудование должно быть сертифицировано.
- Должна быть возможность получения разрешения на использование частот в диапазонах, используемых оборудованием.
- Система должна обладать приемлемой стоимостью, причем в первую очередь важна минимальная стоимость абонентского оборудования.

Очевидно, что сегодня WiMAX является одной из передовых и перспективных технологий беспроводной передачи данных. При

объединении усилий производителей оборудования и операторов связи WiMAX может стать реальной заменой DSL и кабельных соединений, предоставив абонентам необходимый сервис в крупных городах и на периферии.

### Сравнение WiFi и Wi Max

WiFi	Wi Max
WiFi – технология, в основном предназначенная для организации небольших беспроводных сетей внутри помещений и построения беспроводных мостов	Wi MAX – предназначена для организации широкополосной связи вне помещений и для организации крупномасштабных сетей. Также и как городская вычислительная сеть (MAN).
Когда несколько пользователей подключены к точке доступа Wi-Fi, они конкурируют за доступ к каналу связи.	Технология WiMAX обеспечивает каждому пользователю постоянный доступ. Алгоритм устанавливает ограничение на число пользователей для одной точки доступа. Когда базовая станция WiMAX приближается к максимуму своего потенциала, она автоматически перенаправляет «избыточных» пользователей на другую базовую станцию.
Если стоит задача предоставить широкополосный доступ в ограниченном помещении, то технологии WiFi и WiMAX одинаково хорошо подходят для решения, при условии что низкий уровень помех или помехи вообще отсутствуют. А для внедрения беспроводных систем безопасности или видеонаблюдения больше подходит WiFi, так как это направление уже достаточно неплохо развито.	Если стоит задача предоставить широкополосный доступ к сети для пользователей – то больше подходит WiMAX
Охват и масштабы	
Wi-Fi (IEEE 802.11)	WiMAX (IEEE 802.16)
беспроводные решения внутри зданий	беспроводные решения вне зданий
Точка – точка (PtP -Point to point)	Точка – много точек (PtMp – Point to

	multipoint)
сети небольшого масштаба (примерно 100м)	огромные беспроводные сети ( 7-10 км)
проблема «скрытого» узла (CSMA\CA)	Отсутствие проблемы «скрытого» узла (DAMA-TDMA)
Простые модуляции (64 бит) в стандартах a,g	Комплексная техника модуляции (256 бит)
Построение беспроводных мостов на дальние расстояния с применением множества ретрансляторов	Дальние беспроводные мосты без применения множества ретрансляторов
<b>Масштабируемость и пропускная способность</b>	
Wi-Fi (IEEE 802.11)	WiMAX (IEEE 802.16)
Фиксированная ширина полосы пропускания канала (20МГц)	Гибкая ширина полосы пропускания (1.5 - 20 МГц)
Несколько непересекающихся каналов (3-5)	Множество непересекающихся каналов
Максимальная скорость передачи данных – 54Мбит\с (зависит от ширины полосы)	Максимальная скорость передачи данных – 70Мбит\с при ширине полосы 20 МГц

### Сравнительные характеристики технологий

Технология	802.11n	Nv2	802.16e
MIMO	да	да	Да + возможно резервирование
Стоимость оборудования	низкая	средняя	высокая
Исключение коллизий	CSMA (Carrier Sense Multiple Access)	TDMA (Time Division Multiple Access)	DAMA (Demand Assigned Multiple Access)
QoS	-	7 потоков	7 потоков
OFDM поднесущие	64	64	1024/512
Макс. Пропускная способность	33 Мбит/с	40 Мбит/с	60 Мбит/с

В стандартах 802.16 и 802.11, приспособленных к WMAN, употребляют алгоритмы динамического поллинга - TDMA: сначала абоненты опрашиваются на наличие данных для передачи, базовая станция в таком случае становится "управляющей" и предоставляет абоненту временной интервал для передачи. Это позволяет избегать коллизий и повысить пропускную способность сети.

В протоколе 802.11n использованы два типа объединения пакетов : AMSDU - объединение пакетов в "супер" фрейм размером до 7955 байт и AMPDU, который применяется лишь при передаче данных одному и тому самому абоненту, фрейм такого типа имеет размер до 64 Кбайт. Протокол Nv2 использует динамическое определение размера передаваемых фреймов, который достигает 8192 байт.

Преимущество использования TDMA и объединение в пакеты также заключается в том, что появляется возможность приоритизации. Пакеты чувствительные к задержкам услуг - IP- телефонии и видеопередачи имеют высший приоритет и отправляются в первую очередь. Это позволяет уменьшить задержки. Становится возможным использования "широковещательных" пакетов, которые могут быть получены несколькими абонентами одновременно, такие пакеты будут полезны для предоставления услуг цифрового телевидения.

#### **Основные термины и параметры:**

**Wi-Fi** — это более старая интернет-технология, чем WiMAX. Она появилась в 1991 году для использования в системах кассового обслуживания и дальше развивалась для развертывания беспроводных сетей дома или в офисе. Современные стандарты Wi-Fi позволяют подключиться к интернету в радиусе 300 метров (на практике — в радиусе нескольких десятков метров).

Wi-Fi имеет несколько стандартов. Наиболее часто используемый в наше время имеет максимальную скорость подключения 54 Мбит/с. Более новые стандарты предлагают скорость до 450 Мбит/с, а в перспективе будут давать и до 600 Мбит/с. Стандарт также определяет частоты, на которых осуществляется связь: от 2,4 до 5 ГГц.

Пользователь может развернуть Wi-Fi сеть самостоятельно благодаря достаточно долгой истории развития, сравнительно недорогому оборудованию и простоте установки.

**WiMAX** (англ. *Worldwide Interoperability for Microwave Access*) — технология, разрабатываемая с 2001 года с целью предоставления беспроводной связи на больших расстояниях (до нескольких десятков километров от базовой станции).

WiMAX, также как и Wi-Fi, имеет несколько стандартов, определяющих кроме скорости соединения (до 40-75 Мбит/с) и частотных диапазонов (1,5-13,6 ГГц) еще и радиус действия (1-80 км).

Действующие на территории страны операторы сетей WiMAX используют разные частотные диапазоны и различное оборудование, несовместимое друг с другом. В России до сих пор нет WiMAX-сетей для конечных пользователей, сети ориентированы на компании, причем только крупные. Сегодня в России коммерческие WiMAX-сети развернуты лишь в

нескольких городах и регионах. Тем не менее, данная технология является очень перспективной.

WiMAX не является прямым конкурентом Wi-Fi, так эти технологии направлены на решение различных задач.

### **Таким образом, находятся следующие отличия WiMax от Wi-Fi:**

1. Скорость передачи данных по Wi-Fi — до 54 Мбит/с, WiMAX — до 75 Мбит/с.
2. Радиус покрытия Wi-Fi — 300 метров максимум, WiMAX – 80 км.
3. Работа ведется на различных частотах: 2,4 ГГц в наиболее распространенном стандарте Wi-Fi и частотный диапазон 1,5-11 ГГц у WiMAX.
4. WiMAX позволяет стабильно передавать данные, несмотря на радиопомехи, физические преграды или плохие погодные условия, которые в то же время сильно сказываются на работе Wi-Fi.
5. Wi-Fi в данное время гораздо шире распространен и имеет более разнообразный ассортимент оборудования по ценам более доступным, чем WiMAX.

### **Основная информация:**

1. "WiMAX" означает "Всемирное взаимодействие через микроволновый доступ", "Wi-Fi" расшифровывается как "Wireless Fidelity".

2. WiMAX обеспечивает беспроводную широкополосную связь на больших расстояниях, Wi-Fi обеспечивает ближнюю беспроводную широкополосную связь в основном в пределах офиса или дома.

3. WiMAX более контролируемый и требует лицензированного диапазона. Wi-Fi может работать в менее контролируемых условиях, он работает в нелицензионных диапазонах. Кроме того, конечные пользователи вынуждены покупать устройства.

4. WiMAX использует MAC-протокол, который ориентирован на соединения, Wi-Fi использует связь на основе протокола или соединения CSMA / CA.

### **Развитие технологий Wi-Fi**

802.11n использовал следующее для увеличения пропускной способности:

Оптимизированные механизмы модуляции и передачи пакетов позволяли «прорваться» с 54Mbps до ~75Mbps.

Затем включался Channel Bonding — каналы шириной 40Mhz (в два раза шире традиционных 22Mhz) обеспечивали удвоение скорости — до 150Mbps.

Затем включался механизм Multiple Spatial Streams, коих по стандарту может быть до четырех, что позволяет достичь в теории  $150 \times 4 = 600$  Mbps

802.11ac собирается «догнать и перегнать» следующими способами:

Каналы шириной 80Mhz и 160Mhz, что позволяет моментально удвоить/учетверить результаты 802.11n.

Максимальное число Spatial Streams увеличили до 8, что позволяет еще раз удвоить скорости.

Оптимизация модуляции и методов передачи пакетов позволяет выжать еще немного ресурса и добиться того, что высокие скорости будут доступны не только в радиусе 4м от точки доступа.

Итого, сложив все факторы, мы можем получить скорость в теории в *восемь с лишним раз* превышающую показатели 802.11n — порядка 5Gbps. На практике, же, такая скорость практически недостижима.

### ***Помимо скоростей, 802.11ac предлагает два ключевых улучшения:***

Beamforming — возможность динамически менять диаграмму направленности антенн (что реально для антенной решетки из 8 элементов). В идеале, это обозначает, что зона покрытия точки доступа оптимально подстраивается под текущее расположение клиентов. Beamforming не нов для Wi-Fi, его даже сделали частью стандарта 802.11n. Но частью опциональной! В 802.11ac он станет частью обязательной.

Сравнительная таблица стандартов беспроводной связи

Технология	Стандарт	Использование	Пропускная способность	Радиус действия	Частоты
<u>UWB</u>	802.15.3a	<u>WPAN</u>	110–480 Мбит/с	до 10 метров	7,5 ГГц
<u>Wi-Fi</u>	802.11a	<u>WLAN</u>	до 5 Мбит/с	до 100 метров	5,0 ГГц
<u>Wi-Fi</u>	802.11b	<u>WLAN</u>	до 11 Мбит/с	до 100 метров	2,4 ГГц
<u>Wi-Fi</u>	802.11g	<u>WLAN</u>	до 54 Мбит/с	до 100 метров	2,4 ГГц
<u>Wi-Fi</u>	802.11n	<u>WLAN</u>	до 480 Мбит/с	до 100 метров	2,4 — 2,5 или 5,0 ГГц
WiMa	802.16d	<u>WMAN</u>	до 75 Мбит/с	6–10 км	1,5–11 ГГц
WiMa	802.16e	Mobile WMAN	до 30 Мбит/с	1–5 км	2–6 ГГц

## **Основные показатели качества WiMAX**

1. По сравнению с проводными, беспроводными или спутниковыми системами сети WiMAX должны позволить операторам и сервис-провайдерам экономически эффективно охватить не только новых

потенциальных пользователей, но и сети WiMAX должны расширить спектр информационных и коммуникационных технологий для пользователей, уже имеющих фиксированный доступ.

2. Стандарт объединяет в себя технологии уровня оператора связи, а также технологии "последней мили", что создает универсальность и повышает надёжность системы.

3. Беспроводные технологии более гибки и более просты в развёртывании.

4. Простота установки WiMAX как фактор уменьшения затрат на развёртывание сетей в развивающихся странах, малонаселённых или удалённых районах.

5. Дальность охвата является существенным показателем системы радиосвязи.

6. Технология WiMAX изначально содержит в себе протокол IP, что позволяет легко и прозрачно интегрировать её в локальные сети.

7. Технология WiMAX подходит для фиксированных, перемещаемых и подвижных объектов сетей на единой инфраструктуре.

Система WiMAX состоит из двух основных частей: базовая станция WiMAX и приемник WiMAX.

1. Базовая станция WiMAX, может размещаться на высотном объекте: здании или вышке.

2. Приёмник WiMAX: антенна с приёмником, в форм-факторе карты PC Card, карты расширения ПК или внешней карты.

Соединяются базовая станция WiMAX и клиентский приёмник WiMAX в низкочастотном диапазоне 2-11 ГГц.

Технология WiMAX применяется как на "последней миле" - конечном участке между провайдером и пользователем, так и для предоставления доступа региональным сетям: офисным, районным.

Между соседними базовыми станциями устанавливается постоянное соединение с использованием режима СВЧ (сверхвысокие частоты 10-66 ГГц) радиосвязи прямой видимости (line-of-sight).

Как минимум, одна базовая станция WiMAX может быть постоянно связана с сетью провайдера через широкополосное скоростное соединение (Т3, или другое, гарантирующее стабильно высокую скорость передачи данных). Фактически, чем больше станций имеют доступ к сети провайдера, тем выше скорость и надёжность передачи данных. Однако даже при небольшом количестве точек система способна корректно распределить нагрузку за счёт сотовой топологии.

Стандарт 802.16e-2005 вобрал в себя все ранее выходившие версии и на данный момент предоставляет следующие режимы.

- Fixed WiMAX - фиксированный доступ;
- Nomadic WiMAX - сеансовый доступ;
- Portable WiMAX - доступ в режиме перемещения;
- Mobile WiMAX - мобильный доступ.

**Fixed WiMAX.** Фиксированный доступ представляет собой альтернативу широкополосным проводным технологиям (xDSL, T1, т.п.). Стандарт



использует диапазон частот 10-66 ГГц. Этот частотный диапазон из-за сильного затухания коротких волн требует прямой видимости между передатчиком и приёмником сигнала. С другой стороны, данный частотный диапазон позволяет избежать одной из главных проблем радиосвязи - многолучевого распространения сигнала. При этом ширина каналов связи в этом частотном диапазоне довольно велика, что позволяет достигать скоростей передачи до 120 Мбит/с. Фиксированный режим включался в версию стандарта 802.16d-2004 и уже используется в ряде стран.

**Nomadic WiMAX.** Сеансовый (кочующий) доступ добавил понятие сессий к уже существующему Fixed WiMAX. Наличие сессий позволяет свободно перемещать клиентское оборудование между сессиями и восстанавливать соединение уже с помощью других вышек WiMAX, нежели тех, что были использованы во время предыдущей сессии. Такой режим разработан в основном для портативных устройств, таких, как ноутбуки, КПК.

**Portable WiMAX.** Для режима Portable WiMAX добавлена возможность автоматического переключения клиента от одной базовой станции WiMAX к другой без потери соединения. Однако для данного режима всё ещё ограничена скорость передвижения клиентского оборудования - 40 км/ч. Впрочем, уже в таком виде можно использовать клиентские устройства в дороге. Введение данного режима сделало целесообразным использование технологии WiMAX для смартфонов и КПК.

**Mobile WiMAX** был разработан в стандарте 802.16e-2005 и позволил увеличить скорость перемещения клиентского оборудования до более 120 км/ч.