

УДК 004.71

ПОСТРОЕНИЕ СЕТЕЙ WIMAX В РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТОТНЫХ ДИАПАЗОНАХ

Стрендин А.А.*Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, e-mail: app@vvt.ru*

В статье проводится анализ основных характеристик беспроводных сетей. Для предоставления услуг мобильного широкополосного доступа для получения конкурентных значений плотности потока данных необходим достаточный частотный ресурс в несколько десятков и сотен мегагерц. Очевидное преимущество низких частот связано с высокой дальностью систем связи за счет того, что происходит низкое затухание радиосигнала при распространении радиоволн оборачивается трудностями обеспечения необходимых условий работы технических устройств, в условиях высокой плотности размещения базовых станций, использующих широкополосные радиосигналы. Отмечается, что диапазон частот 5 ГГц в основном ориентирован на оказание услуг фиксированного широкополосного доступа WiMAX стационарным корпоративным и домашним пользователям. Основным потребителем услуг мобильных сетей WiMAX являются пользователи традиционной мобильной связи.

Ключевые слова: беспроводная сеть, распространение радиоволн

THE BUILDING OF NETWORKS WIMAX IN DIFFERENT FREQUENCY RANGES

Strendin A.A.*Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, e-mail: app@vvt.ru*

The paper analyzes the main characteristics of wireless networks. To provide mobile broadband services to gain a competitive density values of the data stream needs sufficient frequency resource in a few tens or hundreds of megahertz. The obvious advantage of low frequencies is associated with a high range of communication systems due to the fact that experiences low attenuation of the radio signal in the radio wave propagation turns out to be more difficult to maintain the necessary conditions for the operation of technical devices, in conditions of high density of base stations utilizing broadband radio signals. It is noted that the 5 GHz band is mainly focused on rendering services of fixed broadband access WiMAX stationary corporate and home users. The main consumer of services provided by mobile WiMAX are the users of traditional mobile communication.

Keywords: wireless network, radio wave propagation

Для сетей WiMAX используются диапазоны частот ниже 1 ГГц, 2.3–2.7 ГГц, 3.3–3.8 ГГц и 5.15–5.85 ГГц. Более низкие частоты характеризуются относительно более низкими потерями мощности радиосигнала при его распространении на большие расстояния.

Для решения задачи максимизации зон покрытия обслуживаемых территорий наиболее эффективно использование диапазонов частот ниже 1 ГГц.

При этом очевидно, что использовать низкие частоты под беспроводный [1–3] широкополосный фиксированный доступ, реализующий данную стратегию, невыгодно, поскольку стоимость частотного ресурса ниже 1 ГГц на некоторой территории значительно превышает стоимость всех размещенных на этой территории базовых станций и получаемого дохода от обслуживания корпоративных и домашних абонентов в течении многих лет.

Для предоставления услуг мобильного широкополосного доступа [4–6] для получения конкурентных значений плотности потока данных необходим достаточный ча-

стотный ресурс в несколько десятков и сотен мегагерц.

В диапазоне частот ниже 1 ГГц свободный частотный ресурс, измеряемый сотнями мегагерц спектра на сегодняшний день отсутствует. Такие широкие полосы в данном спектре частот выделены только под услуги цифрового и аналогового телевидения. Операторы же мобильной связи довольствуются единицами, максимум десятками мегагерц очень дорогостоящего спектра в диапазоне частот ниже 1 ГГц.

Таким образом, если даже полосы частот ниже 1 ГГц и будут когда-нибудь широко доступны для использования WiMAX или любой другой технологии мобильного широкополосного доступа типа 3G или LTE, то отсутствие достаточного частотного ресурса (если, конечно, не подвинутся телевизионные операторы) не позволит обеспечить высокую скорость передачи данных при массовом обслуживании абонентов.

Кроме того, очевидное преимущество низких частот – высокая дальность связи за счет низкого затухания радиосигнала при распространении радиоволн оборо-

чивается трудностями обеспечения ЭМС в условиях высокой плотности размещения базовых станций, использующих широкополосные радиосигналы.

То есть, использование низких частот связано со сложностями плотного размещения WiMAX базовых станций, необходимого для достижения высокой плотности потока данных с целью получения высоких значений скорости передачи данных при массовом обслуживании абонентов.

Таким образом, частоты ниже 1 ГГц в настоящее время могут быть использованы только для предоставления услуги передачи голоса – мобильной телефонии, в том числе по технологии WiMAX, не требующей высоких скоростей связи [7, 8].

Это позволяет предоставлять услугу мобильной телефонной связи на максимальных дальностях при минимальных затратах дорогого частотного ресурса и минимальной плотности размещения базовых станций.

Проблема доступности достаточного частотного спектра в диапазоне частот ниже 1 ГГц для целей широкополосного доступа уже начала решаться в США.

В ноябре 2008 года FCC (регуляторный орган радиосвязи США) принял решение о возможности (при определенных ограничениях) работы систем широкополосного беспроводного доступа в Интернет Broadband Internet Access в так называемом white space диапазоне (неиспользуемые полосы частот в диапазоне 54–698 MHz, в котором также работают системы цифрового телевидения и бесшнуровые микрофоны). Это открывает в США дорогу безлицензионному применению систем WiMAX в остродефицитном диапазоне частот ниже 1 ГГц, а также в будущем, возможно, и в других странах.

Диапазоны 2 и 3 ГГц имеют доступные полосы частот в 200–500 МГц. Эти частоты используются для мобильного широкополосного доступа по технологии WiMAX с предоставлением услуг высокоскоростной передачи данных, видео и голоса.

Высокая плотность размещения базовых станций и доступность относительно менее дорогого (по сравнению с частотами ниже 1 ГГц) большого частотного ресурса позволяет обеспечить высокие значения плотности потока данных и массовое обслуживание индивидуальных абонентов на удовлетворяющих современным требованиям скоростях передачи данных.

Современные сети мобильного широкополосного доступа WiMAX в частотных ди-

апазонах 2.3 ГГц, 2.5–2.7 ГГц, 3.3–3.8 ГГц представляют собой WiMAX Hot Spot городского масштаба с поддержкой непрерывной связи при перемещении абонентов и смены обслуживающих базовых станций.

Основной услугой таких WiMAX Hot Spot является мобильный доступ в Интернет с передачей данных и видео. Кроме того, в данных сетях WiMAX предоставляется и телефонная связь по технологии VoIP. Очевидно, что с расширением зон покрытия мобильная телефонная VoIP связь станет наряду с доступом в Интернет одной из основных услуг мобильного широкополосного доступа WiMAX.

Массовое предоставление услуг фиксированного широкополосного доступа WiMAX в частотных диапазонах 2.3 и 2.5 ГГц вследствие дороговизны данного частотного ресурса, по-видимому, не является выгодным. Данные полосы частот более эффективно использовать под массовый широкополосный мобильный доступ, нежели обслуживать несколько сотен или тысяч корпоративных и домашних пользователей.

Частотный диапазон 3.3–3.8 МГц может быть эффективно использован как под фиксированный, так и под мобильный широкополосный доступ WiMAX.

Частотный диапазон 5 ГГц наиболее эффективен для использования сетей фиксированного доступа WiMAX. При этом в данном диапазоне также будут развиваться и сети мобильного WiMAX. Высокие потери при распространении радиоволн [9, 10] в диапазоне частот 5 ГГц уменьшают радиус обслуживания подвижных пользователей до нескольких сот метров. По всей видимости, создание в диапазоне частот 5 ГГц непрерывных зон обслуживания с возможностью роуминга между WiMAX базовыми станциями хотя технически и возможно, но вследствие малого радиуса обслуживания экономически неэффективно.

Сети мобильного доступа WiMAX в диапазоне частот 5 ГГц будут представлять собой отдельные WiMAX Хот Споты уличного типа с радиусом обслуживания несколько сот метров в условиях LOS. Такие WiMAX Хот Споты будут размещаться в центральных районах крупных городов и будут предоставлять услуги широкополосного доступа в Интернет перемещающимся (nomadic) индивидуальным пользователям, оснащенным, например, уже представленными на рынке трех диапазонными 2.5, 3.5 и 5 ГГц Mobile WiMAX USB адаптерами.

Таким образом, диапазон частот 5 ГГц в основном ориентирован на оказание услуг фиксированного широкополосного доступа WiMAX стационарным корпоративным и домашним пользователям. Сети мобильного WiMAX в частотном 5 ГГц диапазоне будут представлены в виде WiMAX Хот Спотов для обслуживания перемещающихся (nomadic) индивидуальных пользователей.

Мобильные и фиксированные сети WiMAX несмотря на общее название WiMAX значительно отличаются друг от друга по своему назначению (оказываемым услугам) и используемому оборудованию. Сами по себе радиотехнологии мобильного и фиксированного WiMAX также различаются по параметрам используемых радиосигналов, протоколам доступа и др.

Мобильные сети WiMAX предназначены для обслуживания:

- индивидуальных мобильных пользователей (Mobile users), оснащенных персональными WiMAX абонентскими устройствами;

- индивидуальных стационарных пользователей (Residential users), оснащенных персональными стационарными WiMAX indoor self-installed абонентскими устройствами;

Сети WiMAX фиксированного доступа предназначены для обслуживания:

- индивидуальных стационарных пользователей (Residential users), оснащенных indoor self-installed и outdoor абонентскими устройствами;

- корпоративных пользователей ЛВС класса SOHO и SME, оснащенных outdoor абонентским устройством;

- коллективных пользователей домо-вой ЛВС (Blockhouse users), оснащенных outdoor абонентским устройством.

- абонентов B2B, например Wi-Fi сетей доступа.

Базовые станции мобильного WiMAX обычно имеют высокую выходную мощность Tx power в 4–8 Ватт и ориентированы на обслуживание в радиусе до 2 км в условиях NLOS большого количества (сотни и тысячи) мобильных индивидуальных пользователей с относительно невысокими требованиями к скорости (до 3–4 Mbps в нисходящем Downlink канале и до 1 Mbps в восходящем Uplink канале), качеству абонентских каналов связи и относительно низким индивидуальным потреблением трафика (по сравнению с корпоративными абонентами).

Базовые станции фиксированного WiMAX обычно имеют невысокую выход-

ную мощность 18–24 dBm и предназначены для обслуживания в радиусе до 50 км в условиях LOS и до 5 км nearLOS десятков корпоративных (ЛВС) и сотен стационарных домашних абонентов, оснащенных абонентскими устройствами с внешними антеннами с высоким усилением.

Корпоративные абоненты фиксированного WiMAX обычно предъявляют высокие требования к скорости передачи данных (1–6 Mbps), к качеству канала связи (сервиса) и характеризуются значительным потреблением трафика.

Мобильные сети WiMAX имеют техническую возможность подключения стационарных абонентских устройств корпоративного SOHO и SME уровня.

Однако предоставление услуги фиксированного доступа для корпоративных ЛВС базовыми станциями мобильного доступа неэффективно с экономической и технологической точки зрения (см. Технология широкополосного беспроводного доступа WiMAX стандарта IEEE 802.16).

Основным потребителем услуг мобильных сетей WiMAX являются пользователи традиционной мобильной связи (mobile users), желающие дополнительно получать услуги по скоростной передаче данных (доступ в Интернет). По мнению экспертов, в недалеком будущем скоростная передача данных и, в частности, доступ в Интернет будет являться основной услугой сетей мобильной связи, а телефонная связь будет дополнительной, возможно, бесплатной, услугой.

Традиционные GSM и CDMA сети не имеют возможностей предоставления высокоскоростной передачи данных и поэтому не могут конкурировать в этом сегменте рынка с сетями мобильного WiMAX. Сети мобильного WiMAX помимо услуги передачи данных способны предоставлять также услуги телефонной связи, что с увеличением зон покрытия сетей WiMAX за счет использования эффективной технологии телефонной связи VoIP позволит им конкурировать по качеству и стоимости данной услуги с традиционными мобильными сетями.

Сети 3G не имеют конкурентных преимуществ по сравнению с традиционными сетями мобильной связи в сегменте оказания услуг телефонной связи, но способны предоставлять услуги широкополосного мобильного доступа. Возможность оказания массовой услуги высокоскоростной передачи данных сетями 3G обусловлена

наличием достаточного частотного ресурса. При отсутствии достаточного частотного ресурса сети 3G (и их дальнейшее развитие в рамках технологии LTE) также не имеет конкурентных преимуществ в сегменте широкополосного мобильного доступа с сетями мобильного WiMAX. Кроме того, сама возможность эволюции и технической трансформации базовых станций, использующих различные технологии семейства 3G, в станции с поддержкой технологии LTE пока вызывает много вопросов.

Сегмент рынка услуг широкополосного доступа индивидуальных домашних стационарных пользователей (Residential users) ныне полностью принадлежит операторам проводных DSL сетей. Типовая скорость передачи данных сетей DSL сегодня составляет до 3–6 MBps на дальностях до 5–7 км от оборудования доступа. Наиболее совершенные современные сети DSL имеют возможность предоставления каждому индивидуальному пользователю скорости передачи данных до 50 MBps на дальности до 1 км.

Современные сети мобильного WiMAX имеют пропускную способность до 40 MBps на один сектор/частотный канал базовой станции на дальности до 2 км в условиях отсутствия прямой видимости. При массовом обслуживании даже при наличии достаточного частотного ресурса в несколько десятков и сотен МГц базовая станция мобильного WiMAX не имеет возможности одновременного обслуживания каждого из сотен подключенных индивидуальных абонентов на высоких (более 3–6 MBps) скоростях передачи данных. Тем самым мобильные сети WiMAX не имеют конкурентных преимуществ перед сетями DSL при обслуживании стационарных пользователей с потребностями по скорости передачи данных выше 3–6 MBps.

Таким образом, помимо мобильных пользователей потенциальными потребителями услуг мобильного WiMAX могут быть индивидуальные домашние стационарные абоненты (Residential users):

- не имеющие возможности подключения к DSL оператору в силу удаленности от точки доступа или отсутствия необходимого оборудования DSL доступа на обслуживаемой АТС;

- работающие на пиковой скорости передачи данных до 2–4 Mbps и предпочитающие беспроводное подключение в силу ряда удобств, например, использования одного или нескольких абонентских мобильных и стационарных терминалов с единым акка-

унтом и тарифом для мобильного и стационарного домашнего доступа.

Развитие радиотехнологии широкополосного доступа в скором будущем позволит получать пропускную способность в несколько сотен Mbps на один сектор/частотный канал, что позволит сетям WiMAX конкурировать с сетями DSL также в сегменте пользователей с высокими требованиями к скорости передачи данных.

Сети мобильного доступа WiMAX помимо конкуренции с традиционными мобильными сетями и фиксированными сетями DSL в сегменте рынка индивидуальных пользователей вступают в борьбу за потребителей услуг Hot Spot. Сети мобильного WiMAX на данном этапе своего развития позиционируют себя как Hot Spot масштаба города и являются прямыми конкурентами indoor и тем более outdoor сетей Wi-Fi Hot Spot. По всей видимости, сети Wi-Fi будут уходить с рынка предоставления публичных услуг, отказываясь от конкуренции с WiMAX, все больше ориентируясь на применение в корпоративных внутриофисных и домашних беспроводных локальных сетях WLAN с высокой пропускной способностью и малым радиусом действия, для чего они изначально, собственно, и были разработаны.

Основными потребителями услуг сетей WiMAX фиксированного доступа являются стационарные пользователи корпоративных локальных сетей (SOHO, SME users), стационарные коллективные пользователи домовых ЛВС (Blockhouse users), B2B (Business to Business) абоненты, а также стационарные индивидуальные пользователи (Residential users).

В этих сегментах рынка сети WiMAX фиксированного доступа конкурируют с проводными сетями (оптические, кабельные, медные телефонные и DSL сети) и сетями широкополосного беспроводного доступа Fixed BWA предыдущих поколений типа RadioEthernet, Wi-Fi MAN, preWiMAX.

Сети фиксированного WiMAX не конкурируют с сетями Wi-Fi, предназначенными для построения внутриофисных локальных беспроводных WLAN сетей.

Список литературы

1. Мишин Я.А. О системах автоматизированного проектирования в беспроводных сетях / Я.А. Мишин // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2013. – № 10. – С. 153–156.
2. Кульнева Е.Ю. О характеристиках, влияющих на моделирование радиотехнических устройств / Е.Ю. Кульнева, И.А. Гашенко // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5–2. – С. 50.

3. Львович Я.Е. Разработка системы автоматизированного проектирования беспроводных систем связи / Я.Е. Львович, И.Я. Львович, А.П. Преображенский, С.О. Головинов // Телекоммуникации. – 2010. – № 11. – С. 2–6.
4. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи / О.В. Милошенко // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2012. – № 9. – С. 60–62.
5. Чопоров О.Н. Анализ затухания радиоволн беспроводной связи внутри зданий на основе сравнения теоретических и экспериментальных данных / О.Н. Чопоров, А.П. Преображенский, А.А. Хромых // Информация и безопасность. – 2013. – Т. 16; № 4. – С. 584–587.
6. Львович Я.Е. Исследование метода трассировки лучей при проектировании беспроводных систем связи / Я.Е. Львович, И.Я. Львович, А.П. Преображенский, С.О. Головинов // Информационные технологии. – 2011. – № 8. – С. 40–42.
7. Баранов А.В. Проблемы функционирования mesh-сетей / А.В. Баранов // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2012. – № 9. – С. 49–50.
8. Болучевская О.А. Свойства методов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн / О.А. Болучевская, О.Н. Горбенко // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 4.
9. Головинов С.О. Проблемы управления системами мобильной связи / С.О. Головинов, А.А. Хромых // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2012. – № 9. – С. 13–14.
10. Ермолова В.В. Архитектура системы обмена сообщениями в немаршрутизируемой сети / В.В. Ермолова, Ю.П. Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2010. – № 7. – С. 79–81.