

**МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**
УРГЕНЧСКИЙ ФИЛИАЛ ТАШКЕНТСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

К ЗАЩИТЕ

и.о.Заведующий кафедрой «Телекоммуникационный
инжиниринг» Сетметов Н.У. _____
« 26 » _____ 05 _____ 2016 год

Зиабаев Акбар Адылбекович

Ф.И.О. выпускника.

**Проектирование сети связи на базе технологи Wi-Max
для клиентов торговых центров г.Ургенч**

на присвоение академической степени бакалавра
по направлению «Телекоммуникация»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ
РАБОТА**

Выпускник	_____	Зиабаев А.А
	(подпись)	(Ф.И.О.)
Руководитель	_____	Хайитбаев К.С
	(подпись)	(Ф.И.О.)
Консультант	_____	Исмоилов Ш.Х
	(подпись)	(Ф.И.О.)
Рецензент	_____	Ганджаев Т.Х
	(подпись)	(Ф.И.О.)

УРГЕНЧ – 2016 г.

**МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
УРГЕНЧСКИЙ ФИЛИАЛ ТАШКЕНТСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Факультет компьютерный инжиниринг,
Кафедра телекоммуникационный инжиниринг.
Направления телекоммуникация*

**«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой**

(подпись)

«___» _____ 2016 г.

З А Д А Н И Е

на выпускную квалификационную работу

Одамова Моҳинур Хайитбой қизи

(фамилия, имя, отчество)

1. Тема работы *Проектирование сети связи на базе технологии Wi-Max
для клиентов торговых г. Ургенч*

2. Утверждена по университету приказом 12-ХФ от 2016 г. 11 январ

3. Срок сдачи законченной работы 26.05.2016

4. Исходные данные к работе Данные по Сравнительная характеристика
Беспроводной связи и принцип построение архитектуры сети Wi-Max

5. Содержание расчётное – пояснительной записи (перечень подлежащих
разработке вопросов) Основание актуальности заданной темы,
определение цели исследования и определения внедрения нужных цели для
этих задач

6. Список графических материалов. Разработка сети Wi-Max для услуги
Реализации клиринговые и банкиски услуги широкополосного доступа

7. Дата выдачи задания 18.01.2016

Руководитель _____
(подпись)

Задание принял _____
(подпись)

8. Консультанты по отдельным разделам выпускной работы

Раздел	Ф.И.О. руководителя (консультанта)	Подпись дата	
		Задание выдал	Задание выдал
1. Системный анализ и постановка задачи	Хайитбаев К.С	18.02.16	18.02.16
2. Основная часть	Хайитбаев К.С	7.03.16	7.03.16
3. Охрана труда и техника безопасности	Аллабергенова Д.	5.03.16	5.03.16

9. График выполнения работы

№	Наименование раздела работы	Срок выполнения	Отметка руководителя о выполнении
1	Утверждение выпускной работы	11.01.16	
2	Сбор и изучение материалов по теме	1.02.16	
3	Системный анализ и постановка задачи	7.03.16	
4	Основная часть	4.04.16	
5	Алгоритм и программное обеспечение	25.04.16	
6	Охрана труда и техника безопасности	2.05.16	
7	Заключение	16.05.16	
8	Список литературы	17.05.16	
9	Чертежи, графические карты и презентация	20.06.16	
10	Оформление выпускной работы	21.06.16	

Выпускник _____
(Подпись)

« 26 » 05 2016 г.

Руководитель _____
(Подпись)

« 26 » 05 2016 г.

Содержание

Введение	
ГЛАВА I. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ	
1.1. Сравнительная характеристика беспроводной связи.....	
1.2. Принцип построение архитектуры сети WiMAX	
1.3. Базовая модель сетей WiMAX IEEE 802.16e	
1.4. Постановка задачи.....	
ГЛАВА II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	
2.1. Критерии качество обслуживания в сетях WiMAX IEEE 802.16e ..	
2.2. Технология проектирования сети Wireless MAN	
2.3. Разработка сети WiMAX для реализации клиринговые услуги широкополосного доступа	
ГЛАВА III. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ	
3.1. Основные понятие о шуме и вибрации	
3.2. Воздействия шума и вибрации на организм человека. Защита от шума и вибрации	
3.3. Расчёт звукоизоляции ограждающих конструкций	
Заключение	
Список использованной литературы	
Приложение	

Введение

Спрос на широкополосные услуги растет в геометрической прогрессии в последние годы. Есть несколько проводных технологий, которые обеспечивают нам высокоскоростной широкополосный доступ, такие как цифровой абонентской линии (DSL) по витой паре по телефону или по кабелю волоконной оптики и сетям GSM/EDGE, WCDMA. Основная проблема этих проводных технологий доступа является сложность и высокая стоимость установки и обслуживания, особенно в торговых центрах разного предназначения.

С количественным ростом пользователей интернетав сфере банковских операции, все больше становиться актуальной проблема предоставления данной услуги категории пользователей с меньшим доходом для которой коммутируемый доступ в Интернет становиться «золотым».Особенно это может коснуться частные предприниматели и фирмы - наиболее активных пользователей системы Интернет-Банкинг.

Выполнение задач, сформулированных в стратегии развития информационного общества в Узбекистане, требует резкого сокращения «цифрового неравенства» в отраслибизнеса. В этой связи активное развитие технологии беспроводной связи на базе технологии WiMAX на территории города Ургенч, и в частности реализация программы «Региональные мини-сети WiMAX» приобретает высокое социально-экономическое значение и актуальность.

Весьма перспективным, конкурентоспособным и экономически оправданным решением, способным стать альтернативой проводным средствам связи, являются сети беспроводного доступа. Уже сегодня они активно создаются и используются практически во всех крупных городах всего мира.

Узбекистан не исключение тем более для этого есть множество предпосылки способствующих этому росту. Услуга беспроводного доступа быстро разворачиваема, имеет невысокий порог входа на рынок и при этом зачастую обладает более низкими эксплуатационными затратами. Все перечисленное - очевидные плюсы, немаловажные для клиента. Подключение услуги не занимает длительное время и телефонная линия свободна. Тем не менее, многие

существующие типы беспроводного доступа в Узбекистане функционально не изменяют подхода к предоставлению широкополосных услуг.

Ещё одной из причин устойчивого интереса инвесторов в развитии технологии беспроводного широкополосного доступа (БШД) IEEE 802.16 стала возможность реализации управления качеством услуг (QoS-Quality of Serves) в создаваемых сетях уровне WirelessMAN. Отсутствие этого управления в семействе технологий IEEE 802.11 (WiFi) существенно ограничивало возможности бизнеса в созданных операторами сетях БШД, особенно для корпоративных клиентов, и сужало доступный им сегмент рынка.

Кроме указанного выше фактора, определяющего качество предоставления услуг в сетях БШД, следует отметить еще ряд факторов, влияющих на QoS:

- использование строго регулируемой и нерегулируемой части радиочастотного спектра;
- выделяемый регулирующими органами диапазон частот 2,3 ГГц/2,5-2,7 ГГц/3,5 ГГц/5 ГГц;
- использование пакетной коммутации на базе IP протокола, не обеспечивающего гарантированного качества предоставления услуг и не поддерживающего запрашиваемый профиль QoS для различных видов услуг;
- сетевые решения и планирование ресурсов сети оператором.

Необходимость управления качеством услуг потребовала развития как используемых стандартами IEEE 802.16 протоколов, так и архитектуры сетей WirelessMAN.

Основная задача, решаемая сети WirelessMAN в ходе обеспечения качества услуг, является задача обеспечение эффективного управления радио ресурсами сети. Ёмкость сети должна быть распределена в соответствующих пропорциях между абонентами и услугами в нужное время в нужном месте за счёт использования эффективных алгоритмов планирования трафика, обеспечивающих баланс между требуемым QoS для каждого вида услуг и пользователя, в соответствии с доступными ресурсами и потребностями абонентов. В ходе решения задач по управлению QoS должны быть задействованы также

эффективные механизмы сигнализации для абонентов и приложений, позволяющие индцировать эти требования QoS в различных элементах сети и дифференцировать их между различными потоками данных

Благодаря своим преимуществам, такие как возможность обеспечения широкополосной связи в условиях отсутствия прямой видимости, большая зона покрытия, высокое качество предоставляемых услуг, простота построения сети, а следовательно меньшие затраты, технология WiMAX считается наиболее перспективной при переходе к сетям четвертого поколения.

Быстрое развитие города и морально устаревшие системы 2G говорит об актуальности внедрения сетей WiMAX, которые отвечают всем требованиям высокоскоростной передачи данных. Поэтому данная выпускная квалификационная работа посвящена для анализа принципов построения сетей WirelessMAN.

1.1. Сравнительная характеристика беспроводной связи.

Разделение технологию передачи информации на проводные и беспроводные в современном понимании началось в конце 19 века. К этому моменту уже окончательно оформились две ветви телекоммуникации: это передача голоса и данных. Однако проводная связь в ту эпоху оказалась проще, надежнее, защищеннее. Началась век проводной телекоммуникаций и тысячи километров кабелей опутали землю, как паутина. Человечество потребляло все больше информации и все больше увязало в путях медной проволоки и кварцевого оптического волокна.

В конце XX - начале XXI века человечество начало вырываться из плена проводов. Развития микро и nano электроники позволила выпускать массовые недорогие средства беспроводной связи. Взрыв сотовой связи, сравнимый разве что с ростом производства персональных компьютеров, не замедляется вот уже четверть века. Быстрыми темпами развиваются технологии беспроводных локальных сетей, их догоняют персональные беспроводные сети и сети

регионального масштаба.

Беспроводные системы передачи информации классифицируются по следующим признакам:

- по способу обработки информации — на цифровые и аналоговые;
- по ширине полосы пропускания — на узкополосные, широкополосные и сверхширокополосные;
- по локализации абонентов — на подвижные и фиксированные;
- по географической протяженности — на персональные, локальные, региональные и глобальные;
- по виду передаваемой информации — на системы передачи речи, изображения, видео и данных;
- на основе используемой технологии и др.

Современные беспроводные технологии условно можно разбить на несколько типов. Наиболее «короткодействующие», предназначенные для связи оборудования в пределах рабочего места, например, сотового телефона и ноутбука или компьютера и принтера, относят к классу персональных беспроводных сетей (Wireless Personal Area Network, WPAN). Наиболее распространенная технология из этой категории - Bluetooth, которая имеет типичный радиус действия до 10 метров. Очевидно, что такие сети обслуживаются самим пользователем или сетевым администратором без привлечения телекоммуникационного оператора.

Следующим по «дальнобойности» типом беспроводных коммуникаций являются беспроводные локальные сети (Wireless Local Area Network, WLAN), которые также называют Wi-Fi сетями - по названию ассоциации (форума) производителей соответствующего этой технологии оборудования — Wireless Fidelity. Основное предназначение таких систем, отвечающим стандартам семейства 802.11- развертывание беспроводных сетей внутри помещений, хотя не исключено их использование на ограниченных открытых площадках, например, торговых центрах и территориях учреждений. Чаще всего такие сети развертывают в переговорных комнатах, кабинетах руководства, залах заседаний компаний, складских помещениях и торговых залах, а иногда и охватывают всю территорию

предприятия. Также набирают популярность публичные беспроводные сети в гостиницах, аэропортах, кафе, ресторанах, выставочных залах и пр. — хот-споты. Типичный радиус действия таких систем — порядка 100 метров, а базовая услуга - доступ в интернет или корпоративная сеть.

Для построения распределенных беспроводных операторских сетей масштаба города (Wireless Metropolitan Area Networks, WMAN) или крупных корпоративных сетей используют оборудование, относящееся к классу фиксированного широкополосного беспроводного доступа (Fixed Broadband Wireless Access, FBWA). Характерный радиус действия базовой станции – до $10 \cdot 10^3$ метров. К этой категории относится новое оборудование семейства стандартов 802.16, которое сертифицирует WiMAX форум. Кроме того, в проекте находится стандарт 802.20, предназначенный для построения беспроводных сетей масштаба региона (Wireless Wide Area Networks, WWAN), «дальнобойность» которых составляет до $50 \cdot 10^3$ метров. Сети FBWA зачастую являются единственным экономически оправданным решением - когда кабельная инфраструктура отсутствует или низкого качества, либо подключение по проводному каналу слишком дорого, и его прокладка занимает слишком много времени. Основное предназначение таких сетей - организация широкополосного радиоканала, беспроводной «последней» мили до конечного пользователя. Базовые услуги - высокоскоростной доступ в интернет и телефония.

В отдельную категорию беспроводных коммуникаций попадают технологии сотовой связи, которые ориентированы в основном на телефонию, а также на интернет и передачу данных. Кроме того, в перспективе стоит ожидать появления мобильной версии WiMAX (стандарт 802.16e), которая может составить достойную конкуренцию (а может быть станет хорошим дополнением) указанным выше сотовым технологиям.

Достижимые скорости передачи данных в расчете на одного пользователя позволяют предоставлять в системах широкополосного радиодоступа услуги, которые доступны пользователям проводной технологии ADSL, наиболее распространенной в мире сегодня. При анализе беспроводных технологий с точки

зрения их экономической эффективности в городской и сельской местности в разных вариантах использования выявляются следующие закономерности.

Системы для сельской местности с очень малой плотностью пользователей, которые могут довольствоваться невысокими скоростями до 128 кбит/с, основаны на технологиях CDMA 450 МГц и EDGE. При росте потребности сельских пользователей в полосе пропускания (256-512 кбит/с) CDMA дополняется технологией WiMAX, которая становится практически единственно возможной при умеренной плотности пользователей (более 13 человек на 1 кв. км). В городских условиях (плотность пользователей 250-500 на 1 кв. км) и пригородах (100 человек на 1 кв. км) для мобильных пользователей рекомендуется использовать технологии HSDPA и CDMA EVDO (скорость доступа 512 кбит/с). Для «кочующих» абонентов, довольствующихся 100 Мбит/с, данные технологии могут использоваться в сочетании с WiMAX, который доминирует в более «скоростной» нише стационарных индивидуальных и корпоративных пользователей.

Чем больше ширина полосы канала, тем выше может быть скорость передачи данных. Поэтому, технология WiMAX потенциально может обеспечить самый скоростной канал. Физический уровень, основанный на механизмах адаптивной модуляции и кодирования (AMC), позволяет эффективно использовать изменяющиеся характеристики канала, а технология модуляции влияет на производительность. В системах CDMA (UMTS и CDMA2000) используется расширение спектра методом прямой последовательности (DSSS), который обеспечивает повышенную устойчивость к электромагнитным помехам и характеризуется более высокой чувствительностью. В системах GPRS/EDGE и CDMA используется модуляция одной несущей, а системы WiMAX, основанные на технологии ортогонального частотного разделения каналов (OFDM), используют модуляцию нескольких несущих. Поток передается параллельно по большому (до 1024) числу ортогональных поднесущих, что обеспечивает повышенную устойчивость к помехам из-за многолучевого распространения радиосигнала и режим непрямой видимости.

На уровне доступа данные пользователя распределяются по тайм-слотам, выделенным данному каналу (TDMA) или пользователю предоставляется вся полоса частот, но выделяются различные коды и мощности (CDMA). Благодаря этому системы CDMA отличаются повышенной устойчивостью к сильным электромагнитным помехам. Коэффициент повторного использования частот определяет минимальное число частотных блоков, необходимых для организации сотовой системы.

1.2. Принцип построение архитектуры сети WiMAX

Разработанный институтом инженеров электроники и электротехники (IEEE) стандарт IEEE 802.16 представляет собой рассчитанную на внедрение в городских распределенных беспроводных сетях технологию беспроводного широкополосного доступа операторского класса.

Спецификации стандарта WiMAX определяют передачу трафика и сигнальный обмен только на радиointерфейсе. Что касается соединения БС с Интернетом, сетями беспроводного доступа и сетями различных операторов, решения по архитектуре сети принимает оператор совместно с производителем. В целях унификации и определенной оптимизации WiMAXForum предложена базовая архитектура сети (рис. 1.1).

На рис. 1.1 показана NRM (NetworkReferenceModel– базовая модель сети) WiMAX, которая является логическим представлением сетевой архитектуры. NRM разделяет систему на три логические части:

1. Мобильные станции, используемые абонентами для получения доступа к сети;

2. ASN (accessservicesnetwork) – сеть доступа к услугам, которая является собственностью оператора доступа к сети (NAP – NetworkAccessProvider); ASN состоит из одной или нескольких базовых станций, которыми управляет один или несколько шлюзов ASN (ASN-GW).

3. CSN (connectivityservicesnerwork) – подсеть оператора, обеспечивающая выход на глобальные и другие сети для реализации абонентских услуг. Именно этот подсеть обеспечивает необходимые коммутационные функции и функции безопасности. Абонента может обслуживать оператор домашней сети NSP (NetworkServicesProvider). Абонент может также находиться в роуминге. В этом случае его обслуживает оператор визитной сети; при этом происходит обмен сигнальной информацией CSN визитного и домашнего оператора.

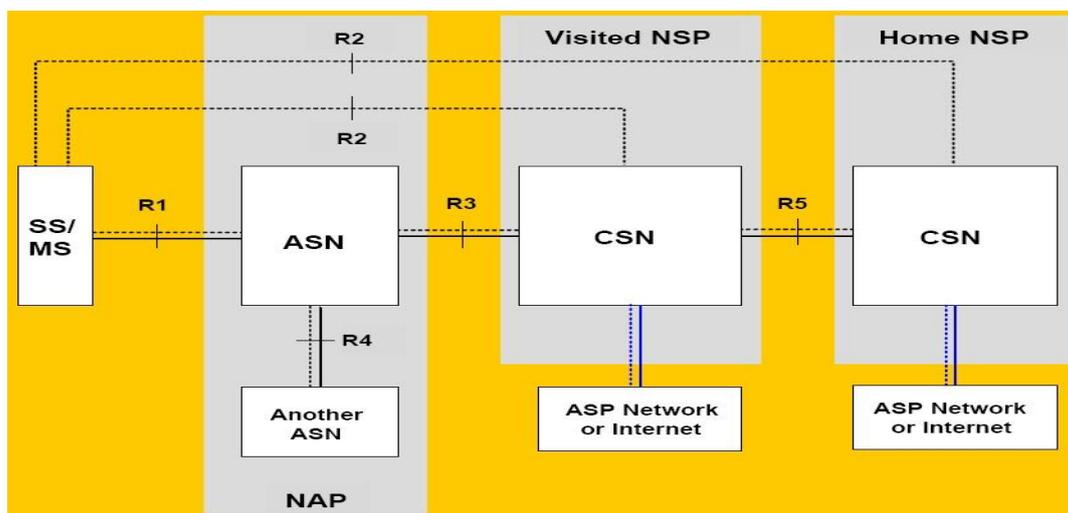


Рис. 1.1. Базовая модель сети.

ASN выполняет следующие функции:

- соединение на уровне L2 с AC;
- поиск и выбор сети на основе предпочтений абонента о CSN/NSP;
- обеспечение безопасности: передача данных об устройствах, пользователях, и услугах, серверу безопасности, временное хранение профилей пользователей;
 - организация сквозных IP-соединений между AC и CSN;
 - управление радиоресурсом (RRM) в соответствии с классом трафика и требуемым QoS;
 - обеспечение мобильности, т.е. выполнение процедур хэндовера, локализации и пейджинга.

WiMAX Forum определил различные способы организации ASN, получившие название профилей. Существуют профили А, В, С. Шлюз ASN представляет логическое устройство, которое может быть организовано по-разному. Профиль В ASN представляет простую организацию, которая включает БС и шлюз ASN. Профили А и С разделяют функции между БС и шлюзом ASN по-разному, а именно, в управлении мобильностью и радиоресурсами.

Функционально БС обеспечивает как один сектор с выделенным частотным диапазоном, поддерживая интерфейс IEEE 802.16e с AC. Дополнительные функции, выполняемые БС в обоих профилях, включают распределение для

восходящего и нисходящего каналов, классификацию трафика и SFM (управление сервисным потоком). При этом должны быть выполнены требования по QoS для различных классов трафика, передаваемых по радиointерфейсу. БС также управляет статусом АС (активный, неработающий), поддерживает туннельный протокол в направлении к шлюзу ASN, обеспечивает с помощью сервера DHCP динамическими адресами. БС также транслирует сигнальный обмен по протоколам MM, обеспечивая все уровни защиты, предусмотренные стандартом. БС может быть подключена одновременно к двум шлюзам для баланса нагрузки.

Шлюз ASN является основным элементом сети. Во время сеансов связи шлюз организует хэндовер абонентам и пейджинг АС, управляет доступом к сети. Для каждого подсоединенного абонента в шлюзе открыта база данных, содержащая профили абонента и ключи шифрования. На шлюз возложены задачи авторизации потока услуг согласно профилю абонентов и QoS. В направлении БС шлюз поддерживает туннельное соединение; в направлении ядра сети (CSN) шлюз организует соединение по стандартному IP протоколу.

В табл. 1.1 показано разделение функций в ASN между БС и шлюз ASN в соответствии с профилями ASN, установленными WiMAXForum. Профиль В характеризуется интеграцией в одном элементе. Профиль целесообразно использовать в небольшом по объему сетях. Профили А и С предусматривают организацию шлюза в виде отдельного функционального узла. Отличие между профилями А и С незначительны. В профиле А за хэндовер отвечает шлюз ASN; в профиле С это БС, а шлюз ASN выполняет функцию переключения при хэндовере. В профиле А управление радиоресурсами осуществляет шлюз ASN, что позволяет динамически перераспределять радиоресурс между разными БС. В профиле С радиоресурс фиксирован для каждой БС и его назначение для конкретных абонентов производит сама БС.

Таблица 1.1.

Процедура	Функция	Имя объекта ASN		
		Профиль А	Профиль В	Профиль С
Безопасность	Аутентификатор	Шлюз	ASN	Шлюз

		ASN		ASN
	Ретранслятор аутентификации	БС	ASN	БС
	Распределитель ключей	Шлюз ASN	ASN	Шлюз ASN
	Получатель ключей	БС	ASN	БС
Мобильность	Маршрутизация потока данных	Шлюз ASN и БС	ASN	Шлюз ASN и БС
	Управление хэндовером	Шлюз ASN	ASN	БС
	Сервер контекста (буфер)	Шлюз ASN и БС	ASN	Шлюз ASN и БС
	ПО мобильного интернета	Шлюз ASN	ASN	Шлюз ASN
Управление радиоресурсами	Контроллер радиоресурсов	Шлюз ASN	ASN	БС
	ПО контроллера	БС	ASN	БС
Пейджинг	ПО пейджинга	БС	ASN	БС
	Управление пейджингом	Шлюз ASN	ASN	Шлюз ASN
QoS	Авторизация сервисного потока	Шлюз ASN	ASN	Шлюз ASN
	Управление сервисным потоком	БС	ASN	БС

CSN обеспечивает следующие функции:

- выделение адресов IP AC для сеансов связей;
- безопасность в сети, для чего в CSN организуют сервер AAA (authentication, authorization and accounting – аутентификации, авторизации и учета);
- организацию передачи трафика с необходимым QoS в соответствии с уровнем обслуживания абонентов. При нахождении абонента в роуминге CSN домашнего оператора поддерживает профиль услуг абонента у обслуживающего оператора;
- биллинг предоставленных абоненту услуг;
- туннелирование потоков между CSN различных операторов с целью

обеспечения роуминга;

- управление мобильностью (хэндовер между БС, управляемыми различными ASN);
- выход на другие сети, прежде всего в Интернет, и обеспечение таких современных услуг как локализация абонентов, VoIP и передача мультимедийной информации

При более детальном рассмотрении сеть WiMAX можно описать как совокупность беспроводных и базовых сегментов. Первый сегмент описывается в стандарте IEEE 802.16, а второй определяется спецификациями WiMAXForum. Базовый сегмент объединяет все аспекты, не относящиеся к абонентской радиосети, т. е. связь базовых станций друг с другом, связь с локальными сетями и интернетом. Базовый сегмент основывается на IP-протоколе и стандарте Ethernet. Однако само описание архитектуры в части, не относящейся к беспроводной клиентской сети, содержится в документах WiMAXForum, объединенных под общим названием “NetworkArchitecture”.

В этих спецификациях к сетям WiMAX предъявляются такие требования, как независимость архитектуры от функций и структуры транспортной IP-сети. И в то же время, должны обеспечиваться услуги, основанные на применении IP-протокола (SMSoverIP, MMS, WAP и др.), а также мобильная телефония на основе VoIP и мультимедийные услуги. Обязательным является условие поддержки архитектурой протоколов IPv4 и IPv6. Сети WiMAX должны быть легко масштабируемыми и гибко изменяемыми и основываться на принципе декомпозиции (строиться на основе стандартных логических модулей, объединяемых через стандартные интерфейсы). Свойства масштабируемости и гибкости необходимо обеспечивать по таким эксплуатационным характеристикам, как плотность абонентов, географическая протяжённость зоны покрытия, частотные диапазоны, топология сети, мобильность абонентов. Сети WiMAX должны поддерживать взаимодействие с другими беспроводными (3GPP, 3GPP2) или проводными сетями. При этом большое значение имеет способность обеспечивать различные уровни качества обслуживания QoS (QualityofService).

1.3. Базовая модель сетей WiMAX IEEE 802.16e

На физическом уровне сетей WiMAX для передачи данных в нисходящем и восходящем каналах используются многочастотные сигналы с ортогональным частотным уплотнением — Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). Остановимся на них более подробно.

Идея передачи данных сигналами с OFDM основывается на технике передачи данных с использованием множества несущих и заключается в том, что поток передаваемых данных распределяется по множеству частотных подканалов (поднесущих), и передача ведётся на них параллельно. За счет разделения передаваемого высокоскоростного потока данных на большое (100–1000) количество относительно низкоскоростных подпотоков (каналов), каждый из которых модулируется своей поднесущей, сигналы с OFDM обеспечивают высокую помехоустойчивость приема в условиях межсимвольной интерференции. Сигналы с OFDM формируются с помощью устройства, выполняющего обратное дискретное преобразование Фурье. Полученные на выходе этого устройства временные отсчеты через цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) и выходные цепи передатчика поступают в непрерывный канал передачи. Сигналы на поднесущих частотах ортогональны.

На рис. 1.12 схематично представлен сигнал с OFDM в частотной и временной области для случая четырех поднесущих и двоичной фазовой манипуляции. По оси частот показаны значения амплитуд A_0, \dots, A_3 колебаний сигналов на поднесущих частотах f_0, \dots, f_3 , а по оси времени — вещественные огибающие сигналов на каждой частоте. Разнос частот между поднесущими составляет $1/T$. Во временной области на интервале времени длительности T помещается целое число периодов колебаний k -й поднесущей.

Энергетический спектр случайной последовательности сигналов с OFDM определяется суммой энергетических спектров случайных последовательностей сигналов на каждой поднесущей частоте. Например, для сигналов, представленных на рис. 1.12, энергетический спектр будет определяться формой спектра сигналов с прямоугольной огибающей длительностью T .

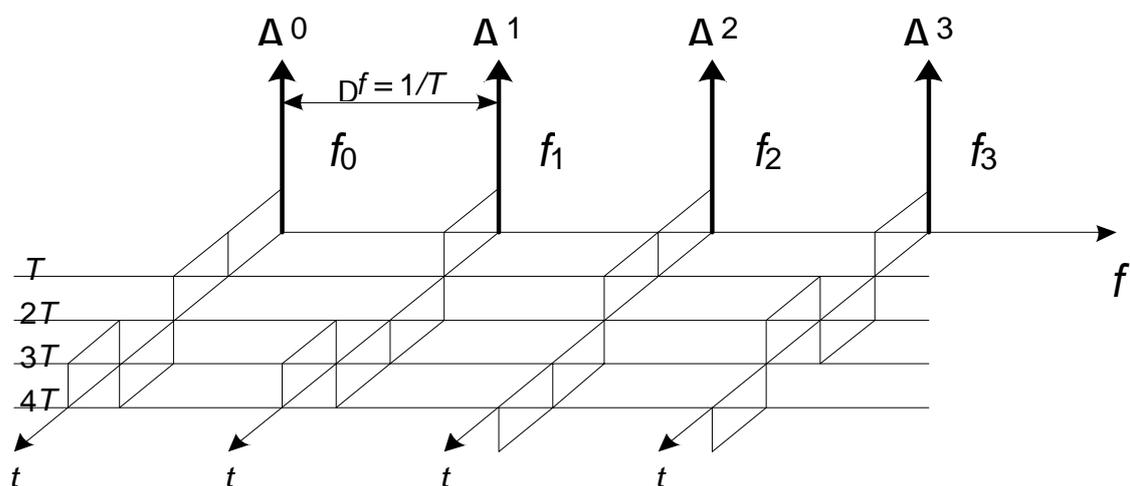


Рис. 1.12. Схематичное представление сигналов с OFDM в частотной и временной областях

Сигналы с OFDM широко применяются в каналах передачи с межсимвольной интерференцией, вызванной отражениями от объектов. Степень мешающего действия межсимвольной интерференции и вероятность ошибочного приема зависят от степени —перекрывтия» передаваемых информационных символов. Поэтому для улучшения качества приема сигналов в таких условиях целесообразно увеличивать длительность символа T . Это можно сделать за счет снижения информационной скорости передачи, что не всегда приемлемо.

Одним из известных способов борьбы с межсимвольной интерференцией, основанных на увеличении длительности символа T , является применение методов многопозиционной модуляции, при которых длительность T_c символа на выходе модулятора увеличивается в $\log_2 M$ по сравнению с длительностью T_b информационного символа: $T_c = T_b \log_2 M$, где M — число возможных элементарных сигналов (сигнальных точек). При формировании таких сигналов с OFDM используются методы фазовой манипуляции ФМ-2, ФМ-4, КАМ-16 и КАМ-64.

Для борьбы с межсимвольной интерференцией применяется защитный интервал, который добавляется к передаваемому сигналу с OFDM, пилотсигналы и помехоустойчивое кодирование в сочетании с перемежением. Вставляя защитный интервал достаточной длительности в начале каждого блока символов, можно практически полностью исключить влияние межсимвольной интерференции. Защитный интервал представляет собой часть временного интервала, отведенного

для передачи блока символов, который вставляется перед началом символа.

В сигналах с OFDM применяются ортогональные несущие, частоты которых выбираются из условия:

$$\int_0^T \sin(2\pi f_l t) \sin(2\pi f_k t) dt = 0, k \neq l, \quad 1.1$$

где T — длительность символа, f_k, f_l — несущие частоты каналов k и l . При выполнении условия ортогональности межканальная интерференция отсутствует. За счет более плотного расположения подканалов по частоте спектральная эффективность сигналов с OFDM по сравнению со спектральной эффективностью классических сигналов с частотной манипуляцией значительно выше.

На интервале времени от 0 до T сигналы с OFDM на несущей частоте f_n имеют вид:

$$z(t) = \operatorname{Re} \left\{ \exp(j2\pi f_n t) \sum_{n=0}^{N-1} y_n \exp(j\omega_n t) \right\} = \operatorname{Re} \left\{ \exp(j2\pi f_n t) s(t) \right\},$$
$$\omega_n = n\omega_1 = 2\pi n \frac{1}{T} \quad 1.2$$

где $\omega_1 = 2\pi/T$, ω_n — n -ая поднесущая частота, N — количество поднесущих частот, y_n — комплексный символ канального алфавита, предназначенный для манипуляции n -й поднесущей частоты.

На рис. 2.1 в качестве примера приведена форма последовательности сигналов с OFDM в основной полосе частот для значения числа поднесущих частот $N = 1024$ и полосе занимаемых частот сигналом с OFDM $\Delta F_3 = 10$ МГц. На каждой поднесущей частоте используется манипуляция ФМ-4. Скорость передачи данных на каждой поднесущей частоте составляет 10,9 кбит/с.

Во временной области сигнал с OFDM представляет собой суперпозицию большого количества отрезков гармонических колебаний различной частоты (рис. 2.1). Как видно из этого рисунка, пик-фактор такого сигнала может принимать относительно высокие значения.

Пик-фактор Π сигналов с OFDM представляет собой отношение наибольшей (пиковой) мощности к средней мощности сигнала $s(t)$:

$$\Pi = \frac{\max_{t \in [0; T]} |s(t)|^2}{P_{\text{cp}}}, \quad P_{\text{cp}} = \frac{1}{T} \int_0^T |s(t)|^2 dt. \quad 1.3$$

Для сигнала с OFDM вида (1.2) с учетом того, что справедливо условие ортогональности

имеем:

$$\frac{1}{T} \int_0^T \exp(j(\omega_n - \omega_m)t) dt = \begin{cases} 1, & n = m \\ 0, & n \neq m \end{cases}, \quad 1.4$$

$$P_{\text{cp}} = \frac{1}{T} \int_0^T \sum_{n=-N/2}^{N/2-1} \sum_{m=-N/2}^{N/2-1} y_n y_m^* \exp(j(\omega_n - \omega_m)t) dt =$$

$$\frac{1}{T} \sum_{n=-N/2}^{N/2-1} \sum_{m=-N/2}^{N/2-1} y_n y_m^* \int_0^T \exp(j(\omega_n - \omega_m)t) dt = \sum_{n=0}^{N-1} |y_n|^2. \quad 1.5$$

$$|s(t)|^2 = \sum_{n=-N/2}^{N/2-1} \sum_{m=-N/2}^{N/2-1} y_n y_m^* \exp(j(\omega_n - \omega_m)t), \quad t \in [0; T]. \quad 1.6$$

Тогда пик-фактор сигнала с OFDM определяется следующим выражением:

$$\Pi = \frac{\max_{t \in [0; T]} |s(t)|^2}{P_{\text{cp}}} = \frac{\max_{t \in [0; T]} \left\{ \sum_{n=-N/2}^{N/2-1} \sum_{m=-N/2}^{N/2-1} y_n y_m^* \exp(j(\omega_n - \omega_m)t) \right\}}{\sum_{n=-N/2}^{N/2-1} |y_n|^2}. \quad 1.7$$

Для случая, когда на поднесущих частотах используется фазовая манипуляция, средняя мощность сигнала $P_{\text{cp}} \sum_{n=0}^{N-1} |y_n|^2$ не зависит от значений символов канального алфавита. Для многоуровневых видов фазовой манипуляции (амплитудно-фазовая манипуляция АФМ, квадратурная амплитудная манипуляция

КАМ) при достаточно большом N средняя мощность сигнала также примерно постоянна. Таким образом,

$$P_{\text{ср}} = \sum_{n=0}^{N-1} |y_n|^2 \cong \text{const}(y_n).$$

1.8

На рис. 1.13 в качестве примера приведены значения мгновенной мощности сигналов с OFDM с использованием на каждой поднесущей частоте двоичной фазовой манипуляции ФМ-2 для значений числа поднесущих частот $N = 64$ и частоте дискретизации $F_s = 11,2$ МГц. Здесь по оси ординат отложены значения мгновенной мощности сигнала с OFDM, а по оси абсцисс — время. Из этого рисунка видно, что пик-фактор изображенного сигнала равен 7...8 дБ, тогда как пик-фактор сигналов с одной несущей и фазовой манипуляцией равен двойке. При переходе к многопозиционным амплитудно-фазовым методам манипуляции увеличение пикфактора сигналов с OFDM еще более значительно.

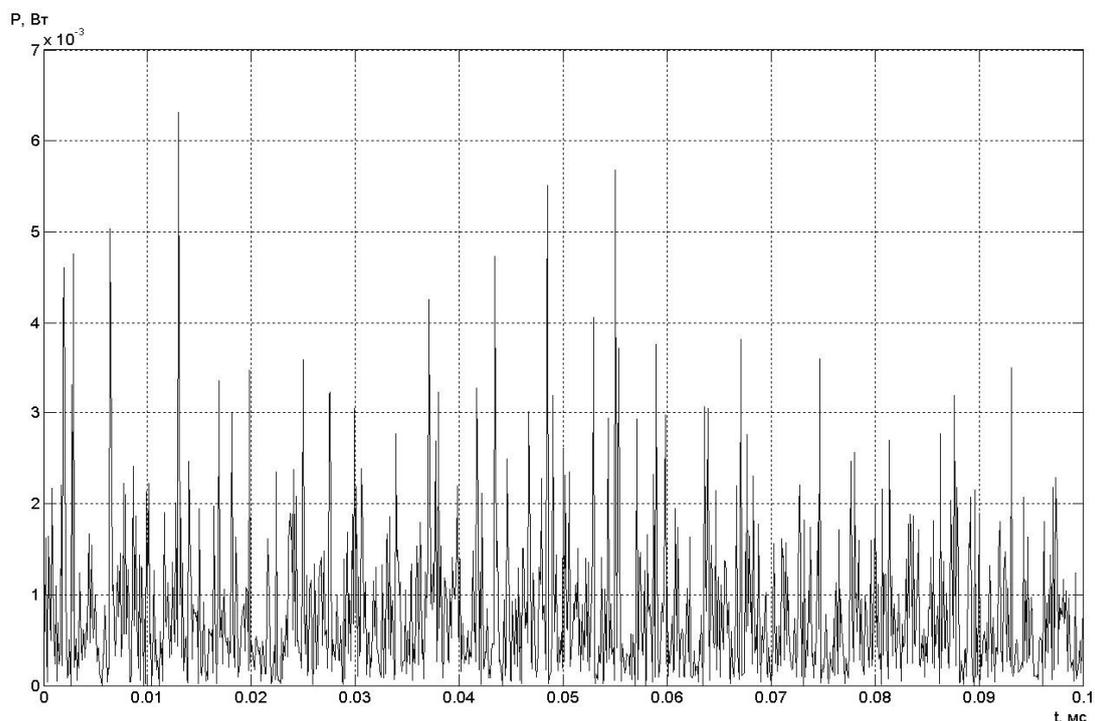


Рис. 1.13. Мгновенная мощность сигнала с OFDM для $N = 64$, $F_s = 11,2$ МГц

При большом числе поднесущих частот и объеме канального алфавита можно считать, что пик-фактор сигнала с OFDM является случайной величиной,

значение которой определяется конкретным набором случайных символов y_n , $n = 0, 1, \dots, (N - 1)$.

Большое внимание к изучению возможностей снижения пик-фактора колебаний связано, в первую очередь, с тем, что именно этот параметр сигналов с OFDM существенно ограничивает область их применения, особенно в портативных приемно-передающих устройствах с малым потреблением мощности. Высокое значение пик-фактора колебаний приводит к амплитудному ограничению сигналов с OFDM в выходных цепях передатчика и появлению в сигнале межканальных помех и, как следствие, к снижению помехоустойчивости приема информации и увеличению значений уровня внеполосных излучений.

1.4. Постановка задачи.

Технология WiMAX позволяет работать в любых условиях, в том числе в условиях плотной городской застройки и разных местностях региона, обеспечивая высокое качество связи и скорость передачи данных. Сеть WiMAX предназначена для предоставления услуг реального времени и построения каналов IP с гарантированным качеством сервиса. Единый стандарт для WiMAX сетей гарантирует взаимную совместимость устройств разных производителей, а применение адаптивных методов обработки сигнала обеспечивает значительную зону покрытия для стационарных и мобильных абонентов.

Технологию WiMAX можно использовать для создания широкополосных соединений «последней мили», развертывания точек беспроводного доступа, организации сети между филиалами компаний и решения других задач, которые ранее были ограничены традиционными технологиями. WiMAX подходит для решения следующих задач:

- соединения точек беспроводного доступа друг с другом и другими сегментами сети;
- обеспечения беспроводного широкополосного доступа как альтернативой технологиям DSL;
- предоставления высокоскоростных сервисов передачи данных и сетевых услуг;
- создания точек доступа, не привязанных к географическому положению.

Целью данного проекта является создание современной сетевой инфраструктуры на базе технологии беспроводного доступа. Информационная сеть должна обеспечивать необходимую пропускную способность и поддержку стандартов, необходимых для предоставления абонентам следующих сервисов:

- доступа к ресурсам сети Internet;
- предоставления услуг телефонии;
- расширение корпоративных сетей абонентов и безопасную передачу данных по беспроводным каналам связи.

Таким образом, основной задачей данной выпускном квалификационном

работы стало исследование возможности установки оборудования широкополосного беспроводного доступа на базе технологии WiMAX , для решения которой далее в дипломном проекте необходимо рассмотреть следующие вопросы:

- выбор оборудования и разработка структуры сети;
- расчеты параметров сети;
- расчет зоны покрытия базовой станций;
- расчет средних потерь мощности сигнала на трассе распространения;
- расчет пропускной способности канала с коммутацией пакетов;
- расчет оптимизации пакета;
- общая задержка;
- организовать систему управления беспроводной сетью;
- разработка инженерных решений по охране труда и обеспечению безопасности жизнедеятельности.

ГЛАВА II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Критерии качество обслуживания в сетях WiMAX IEEE 802.16e.

В связи с тем, что сети WiMAX изначально рассматривались как сети операторского класса, вопрос обеспечения QoS в них первичен. Стандарт IEEE 802.16 вопросы обеспечения требуемого качества обслуживания связывает с конкретным служебным потоком. Служебный поток данных в сети WiMAX является транспортной службой MAC уровня предоставляемой для передачи трафика в линии «вверх» (UL) и в линии «вниз» (DL), также ключевым в элементах архитектуры сети WiMAX, поддерживающих QoS. Каждому служебному потоку данных соответствует свой уникальный набор параметров QoS, таких как задержка пакетов, стабильность задержки пакетов и относительное число ошибочно принятых пакетов, которые определяют сетевые возможности и затраты ресурсов. Служебный поток данных состоит из следующих элементов:

- идентификатор служебного потока данных (Service flow ID, SFID) 32-х битовый идентификатор является важнейшим параметром служебного потока данных и обязательно присутствует в каждом направлении передачи UL и DL;
- идентификатор логического соединения (Connection ID, CID) - 16-ти битовый идентификатор логического соединения, использующийся для транспортировки служебного потока данных. Параметр CID является аналогом параметра, служащего для идентификации на физическом уровне PHY. Абонентская станция может одновременно иметь более чем один параметр CID, один из которых может быть первичным CID и несколько вторичных CID. Управляющие сообщения MAC уровня и сигнализации транспортируются поверх первичного CID;
- параметр предоставленного QoS (Provisioned QoS parameter set). Характеризует рекомендованные QoS параметры, используемые служебным потоком данных, обычно предоставляемые с более высоких уровней функциональной архитектуры сети;
- *параметр допустимого QoS (Admitted QoS parameter set)*. Характеризует QoS параметры, распределённые по служебному потоку данных, которые

резервируют в базовых и абонентских станциях их ресурсы на физическом РНУ и MAC уровнях. Эти допустимые QoS параметры могут быть подмножеством предоставленных QoS параметров в случае, когда базовая станция по ряду причин не может предоставить услугу с допустимыми QoS параметрами;

- *параметр действующего QoS (Active QoS parameter set)*. Характеризует параметры QoS, предоставляемые служебному потоку данных в любое время;
- *модуль авторизации (Authorization module)* - логическая функция базовой станции позволяющая одобрять или отвергать любое изменение QoS параметров и классифицировать в соответствии с данными служебного потока.

Различные служебные потоки данных, допустимые в сети WiMAX, обычно группируются в классы, каждый из этих классов устанавливает собственные уникальные требования к качеству услуг. Эта концепция деления служебных потоков данных на классы позволяет функциональным элементам сети высокого уровня как в абонентских, так и в базовых станциях запрашивать совместимые требования к параметрам. В стандарте WiMAX нет детальной спецификации того, что представляет каждый класс служебных потоков данных (услуг), этот вопрос оставлен на решение производителей оборудования и операторов сетей. В соответствии с общей практикой, услуги с сильно различающимися требованиями к качеству, такие как VoIP, Web browsing, e-mail, и интерактивные игры, являются обычно соответственно связанными с различающимися классами служебных потоков данных. Общая концепция служебных потоков данных и их классификация является гибкой и важной и позволяет операторам сетей WiMAX осуществлять управление и контроль по многим степеням свободы с целью управления качеством услуг для всех приложений в сетях WiMAX. Параметры, определяющие QoS, и модель взаимодействия между используемыми элементами сети и этапами работы при управления QoS, показаны на рисунке 1.8.



Рисунок. 1.8. Параметры и модель взаимодействия между элементами сети и этапами, используемыми для управления QoS (источник IEEE).

Архитектура сети для поддержки QoS. Фрагмент архитектуры сети WiMAX, поддерживающий QoS, был разработан в рабочих группах WiMAX Форума, положивших в основу решения стандарта DOCSIS для кабельных модемов, расширившим QoS-модель в версии IEEE 802.16e. Это расширение состояло во введении различных связанных с QoS функциональных элементов WiMAX сети и механизмов для обеспечения и управления различными служебными потоками данных и соответствующими стратегиями и правилами. Фрагмент архитектуры сети WiMAX, поддерживающий QoS, обеспечивает одновременное использование этих функций для IP служб сети, таких как дифференцирование уровней QoS для пользователя и формирование служебного потока данных, контроль доступа, и управление пропускной способностью сети. Кроме того, этот фрагмент сети WiMAX запускает механизмы стандарта IETF для принятия решений, согласованных со стратегией управления и принудительного взаимодействия между операторами. Процедуры, протекающие в сети WiMAX до формирования служебного потока данных, показаны на рисунке 1.9.

Элементы архитектуры сети WiMAX поддерживают и статическое и динамическое QoS при помощи служебных потоков данных, хотя технические спецификации Release 1 поддерживают только статическое качество услуг в сети.

В статическом случае абонентская станция не может изменять параметры обслуживающих служебных потоков данных или динамически создавать новые служебные потоки данных.

Создание динамических служебных потоков данных осуществляется в виде трёх шаговой процедуры.

Шаг 1. В плоскости управления сети каждому абоненту предоставляются разрешённые для использования служебные потоки данных и соответствующие QoS параметры.

Шаг 2. Формируется запрос на подготовку служебного потока данных со стороны абонентской или базовой станции на основе оценки предоставленной информации и, если это допустимо, то служебный поток данных создан.

Шаг 3. Если служебный поток данных создан и базируется на доступном сети ресурсе, то он будет опознан и допущен базовой станцией для управления. В случае, если служебный поток данных допущен БС для управления, то он становится активным, только после того, как ему будут предоставлены ресурсы сети.

Однако в части Release 1 создание динамического служебного потока данных не предусматривается и возможно будет включено в Release 1.5.

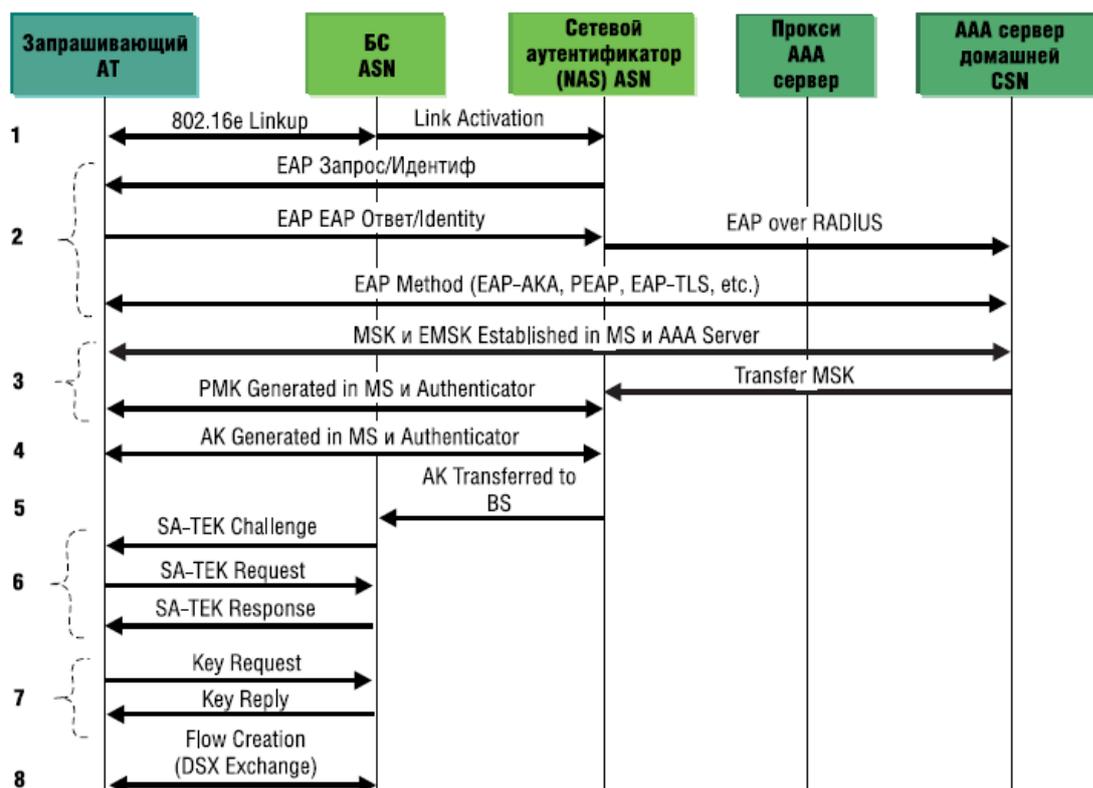


Рисунок 1.9. Процедуры в сети WiMAX до формирования служебного потока данных.

Функциональная архитектура сети WiMAX, обеспечивающая управление и решение задач QoS, разработанная рабочей группой NWG WiMAX, а также протоколы взаимодействия R3-R6, показаны на рисунке 1.10.

Эта архитектура сети поддерживает динамическое создание, доступ, активацию, модификацию и удаление служебных потоков данных. Важнейшими функциями элементов архитектуры, поддерживающей QoS в сети WiMAX, являются следующие.

Программа-функция поддержки стратегии управления сети (Policy function, PF). Программа поддержки стратегии управления сети и соответствующая база данных расположены в домашней NSP. Программа PF содержит общие и прикладные правила и стратегии управления в сети оператора-провайдера услуг (NSP).

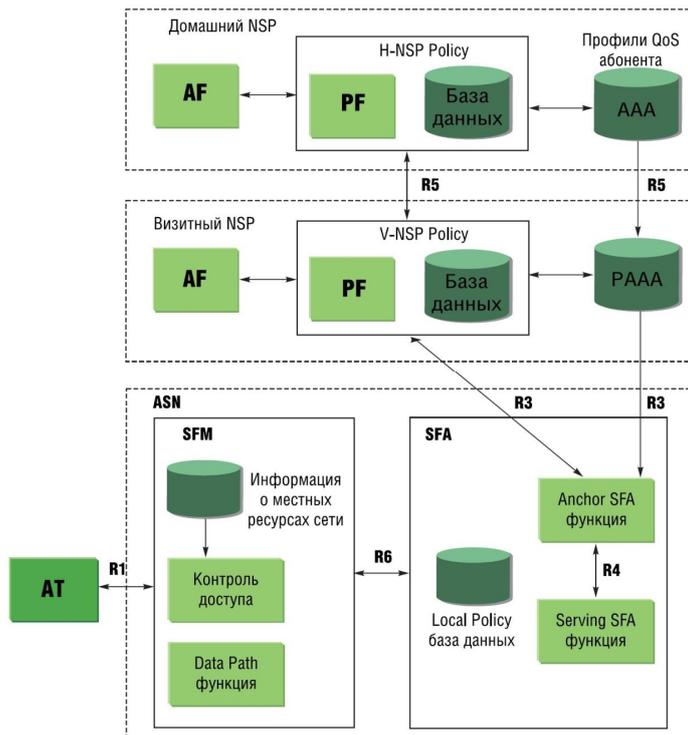


Рисунок 1.10 Архитектура управления функциями QoS и протоколы взаимодействия.

База данных PF в соответствии с имеющимися опциями через AAA сервер снабжается данными о профилях QoS пользователей и выбранными стратегиями управления. Программа стратегии управления сети PF отвечает за оценку запрашиваемой услуги и соответствие полученному запросу. Запросы на услуги могут приходиться из программы функции авторизации служебного потока данных (SFA) и программы функции приложений (AF), и зависеть от того, каким образом сформирован и инициирован служебный поток данных.

AAA сервер. AAA сервер обеспечивает «три А»: процедуру идентификации пользователя (Authentication), процедуру авторизации (Authorization) и процедуру проведения учетных операций (Accounting). Профили качества услуг, определяемые для каждого пользователя, и соответствующие решающие правила хранятся на AAA-сервере сети. Информация о профиле качества услуг конкретного пользователя загружается в программу функцию авторизации служебного потока данных (SFA) при доступе в сеть как процедуры аутентификации и авторизации. Программа-функция SFA затем оценивает запросы

на услуги, в то время как идёт загрузка профиля пользователя, определяющего управление сетью. В это время, AAA-сервер может поставлять в программу PF информацию о QoS абонента, и программа PF в своей домашней сети определяет, каким образом управляются входящие потоки служебных данных.

Функция управления служебным потоком данных (SFM). Функция SFM является логическим элементом базовой станции сети, отвечающим за создание, доступ, активацию, изменение и удаление служебных потоков данных в версии 802.16e. Функция SFM управляет информацией о локальных ресурсах и выполняет роль функции контроля доступа (AC), которая вырабатывает решение о возможности принятия нового служебного потока данных в сеть WiMAX.

Функция авторизации служебного потока данных (SFA). Программа-функция SFA является логическим элементом в сети доступа ASN. QoS-профиль пользователя может быть загружен в программу SFA во время входа в сеть. После этого программа оценивает поступивший запрос на входящую услугу и реальный QoS-профиль пользователя и принимается решение об использовании служебного потока данных. Если QoS-профиль пользователя не загружен в программу SFA, запрос на формирование служебного потока данных возвращается в программу стратегии управления сетью PF для принятия решения. Для каждой абонентской станции сети назначает своя функция SFA как якорная функция для данной сессии, и которая отвечает за взаимодействие с программой стратегии управления сетью. Дополнительные программы-функции SFA могут существовать у провайдера сети доступа (NAP) для того, чтобы соединять связанные с QoS элементы и применяемую абонентскими станциями стратегию обеспечения QoS. Эти связанные функции SFA, которые напрямую связаны с программой-функцией управления служебным потоком данных SFM, называются обслуживающими SFA. Эти SFA могут функционировать на уровне применяемой стратегии сети доступа к услугам сети доступа ASN, использующей программу- функцию локальной стратегии (LPF) и соответствующую базу данных. Функция LPF может быть также использована для локального контроля доступа.

Функция приложений (AF). Программа-функция AF является тем

элементом сети, который может начать создание служебного потока данных от лица пользователя. Например, эта программа-функция AF может быть SIP proxy клиентом.

2.2. Технология проектирования сети **Wireless MAN**.

Стандарт IEEE 802.16, в отличие от других используемых стандартов радиодоступа, обеспечивает более высокоскоростные соединения на большие расстояния, даже при отсутствии прямой видимости между объектами связи, т. е. может работать в условиях плотной городской застройки. Это первый стандарт для построения беспроводных сетей в масштабе города (**Wireless MAN**). По замыслу разработчиков WiMAX должен , дополнив сети WPAN и WLAN, увязать в единую глобальную беспроводную сеть все пользовательские устройства с поддержкой беспроводных технологий малой дальности - Bluetooth и Wi-Fi.

Зона покрытия **Wireless MAN**, при определённых условиях, может достигать $50 \cdot 10^3$ метров, что позволит предприятиям с удалёнными филиалами строить на базе WiMax свои фирменные беспроводные сети, с выходом в городские телефонные сети и интернет.

В переводе с английского WiMax означает возможность глобального взаимодействия на основе ультракоротких волн. Сети на основе этой технологии позволяют обеспечить широкополосный высокоскоростной доступ в интернет, а также возможность организации услуг беспроводной телефонии и передачи видео.

MAC - уровень стандарта IEEE 802.16e. Задачи непосредственной доставки потоков данных между БС и абонентскими станциями решаются на физическом уровне стандарта IEEE 802.16e. Функции же, связанные с формированием структур этих данных, а также управлением работой системы IEEE 802.16e, реализуются на MAC-уровне. Оборудование стандарта IEEE 802.16e призвано формировать транспортную среду для различных приложений (сервисов), поэтому первая задача, решаемая в IEEE 802.16e - это механизм поддержки разнообразных сервисов верхнего уровня. Разработчики стандарта стремились создать единый для всех приложений протокол MAC-уровня, независимо от особенностей физического канала. Это существенно упрощает связь терминалов конечных пользователей с городской сетью передачи данных - физически среды передачи в разных фрагментах WMAN могут быть различны, но структура данных одина. В одном канале могут работать (не одновременно) сотни различных

терминалов ещё большего числа конечных пользователей. Этим пользователям необходимы самые разные сервисы (приложения) - потоки голоса и данных с временным разделением, соединения по протоколу IP, пакетная передача речи через IP (VoIP) и т. п. (VoIP (Voice over Internet Protocol; IP-телефония) - система связи, обеспечивающая передачу речевого сигнала по сети Интернет или по любым другим IP-сетям. Сигнал по каналу связи передаётся в цифровом виде и, как правило, перед передачей преобразовывается (сжимается) с тем , чтобы удалить избыточность.). Более того, заданное качество услуг (QoS) каждого отдельного сервиса не должно изменяться при работе через сети IEEE 802.16e Алгоритмы и механизмы доступа MAC-уровня должны уверенно решать все эти задачи.

Структурно MAC-уровень стандарта IEEE 802.16 подразделяется на три подуровня подуровень преобразования сервиса CS (Convergence Sublayer), основной подуровень CPS (Common Part Sublayer) и подуровень защиты PS (Privacy Sublayer). На подуровне защиты реализуются функции криптозащиты данных и механизмы аутентификации/предотвращения несанкционированного доступа. Для этого предусмотрены два основных компонента - набор алгоритмов криптозащиты и протокол управления ключом шифрования. Ключ каждой абонентской станции (АС) базовая станция (БС) может передавать в процессе авторизации, используя схему работы «клиент (АС) - сервер (БС)».

На подуровне преобразования сервиса происходит трансформация потоков данных протоколов верхних уровней для передачи через сети IEEE 802.16 e.

Для каждого типа приложений верхних уровней стандарт предусматривает свой механизм преобразования. На сегодня описаны и вошли в спецификацию IEEE 802.16 два основных типа сервисных потоков - АТМ и пакетная передача. Последняя подразумевает достаточно широкий набор различных протоколов — IP, Ethernet (IEEE 802.3), виртуальные ЛВС (VLAN, IEEE 802.1Q-1998). Цель работы на CS-подуровне оптимизация передаваемых потоков данных каждого приложения верхнего уровня с учётом их специфики. Поэтому важнейшая задача, решаемая на данном подуровне - задача классификации пакетов или ячеек. От её результатов зависит и оптимизация передаваемых протоколов, и выделение полосы

пропускания для каждого из них.

Для оптимизации транслируемых потоков предусмотрен специальный механизм удаления повторяющихся фрагментов заголовков PHS (Payload Header Suppression). Действительно, и в АТМ, и в пакетном режиме данные передаются отдельными порциями - ячейками и пакетами. Каждая такая порция данных состоит, в общем случае, из заголовка и поля данных - фиксированных размеров для ячеек АТМ (5 и 48 байт соответственно) и достаточно произвольных при пакетной передаче. Во многих случаях заголовки пакетов и ячеек содержат повторяющуюся информацию, излишнюю при трансляции посредством протокола IEEE 802.16e. Механизм PHS позволяет избавиться от передачи избыточной информации: на передающем конце пакеты приложений в соответствии с определенными правилами преобразуются в структуры данных MAC-уровня IEEE 802.16, на приемном - восстанавливаются.

Соединения и сервисные потоки. Ключевой момент в стандарте IEEE 802.16 это понятие сервисного потока и связанные с ним понятия «соединение» и «идентификатор соединения» (CID). Поскольку система IEEE 802.16 лишь транспортная среда, ее инфраструктура фактически формирует коммуникационные каналы для потоков данных различных приложений верхних уровней (сервисов), таких, как передача видеоданных, АТМ- потоки , IP-потоки, передача телефонных мультимплексированных пакетов типа Е1 и т.д. Каждое из таких приложений обладает своими требованиями к скорости передачи, надёжности (качеству обслуживания, QoS), криптозащите и т. д.

Сервисным потоком в стандарте IEEE 802.16 называется поток данных, связанный с определённым приложением. Сервисный поток характеризуется набором требований к каналу передачи информации - времени задержки символов, уровню флуктуации задержек (джиттеру) и гарантированной пропускной способности. Каждому сервисному потоку в сети присваивается идентификатор SFID (32 разряда), основываясь на котором БС (а в ряде случаев и АС) определяют необходимые параметры соединения, связанного с конкретным данным сервисным потоком. Для общей стандартизации работы в сети используется понятие

сервисного класса устойчивого набора параметров для стандартных приложений, например для трансляции телефонных каналов E1. Параметры сервисного потока можно задать, просто указав его принадлежность к определённому сервисному классу.

В терминологии IEEE 802.16 соединение это установление логической связи на MAC-уровнях на передающей и приёмной стороне для передачи сервисного потока. Каждому соединению присваивается 16-разрядный идентификатор CID, с которым однозначно связаны тип и характеристики соединения. В частности, по запросу предоставления/изменения полосы пропускания со стороны AC базовая станция сразу понимает, с каким сервисным потоком имеет дело и какие условия передачи ему нужно обеспечить. Так, при начальной инициализации в сети каждой AC назначается три CID для служебных сообщений трёх уровней. Принципиально, что одна AC может устанавливать множество различных соединений с различными CID. Характерен пример, когда связь крупного офиса с телекоммуникационным узлом организована через систему IEEE 802.16 e. В этом случае одна AC в офисе может поддерживать совершенно разные приложения - телефонию, телевидение, доступ в Интернет и в распределённую корпоративную сеть и т. д. Каждое из этих приложений предъявляет свои требования к QoS и скорости передачи, которые нужно удовлетворить. Посредством CID базовая станция узнает, с чем имеет дело, и предоставляет необходимый ресурс.

Организация сети Wireless MAN (Wimax). Структурная схема информационной беспроводной сети представлена на рисунке 2.1. В предлагаемом решении можно выделить следующие системы:

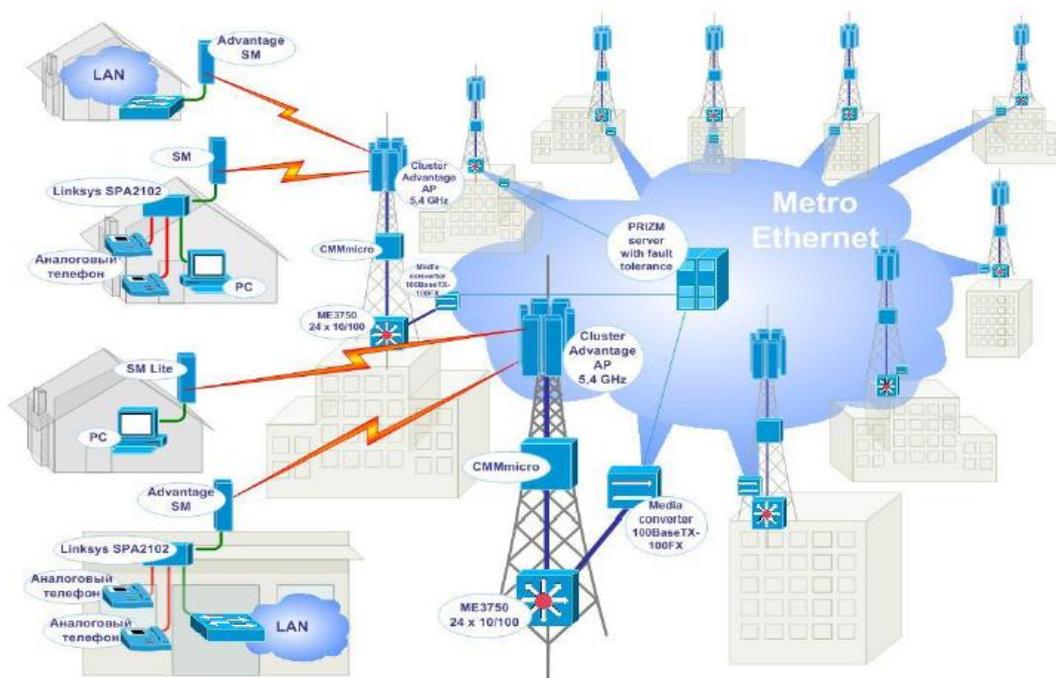


Рисунок 2.1. Структурная схема ИБС с использованием решения Aperto PacketMax-5000.

- система беспроводного доступа, обеспечивает подключение беспроводных клиентов, состоит из абонентских модулей и кластеров базовых станций;
- система доступа в магистральную сеть, состоит коммутаторов и медиаконвертеров в случае проводного подключения к магистральной сети, в случае беспроводного подключения с магистральной сетью используются модули транзитного соединения;
- система управления, система управления строиться на основе программного обеспечения Aperto PacketMax-5000 EMS Server и обеспечивает функции управления, авторизации, обновления программного обеспечения, регулирования полосы пропускания абонентских модулей.

На рисунке 2.1. представлена структура трафика передаваемая по ИБС (Информационная беспроводная сеть). Для обеспечения безопасности и управления передачей данных в ИБС предлагается организовать VPN на базе VLAN. Трафик управления для каждого из объектов беспроводной сети помещается в отдельный VLAN, для того чтобы оптимизировать процесс

управления. Доступ в Internet для абонентов Megaline осуществляется по VLAN 334. Для доступа в Internet абонентов ДКП диапазон VLAN для каждого из кластеров беспроводной сети определяется отдельно.

VLAN (Virtual Local Area Network) - виртуальная локальная вычислительная сеть, известная так же как VLAN, представляет собой группу хостов с общим набором требований, которые взаимодействуют так, как если бы они были подключены к ширококвещательному домену, независимо от их физического местонахождения. VLAN имеет те же свойства, что и физическая локальная сеть, но позволяет конечным станциям, группироваться вместе, даже если они не находятся в одной физической сети. Такая реорганизация может быть сделана на основе программного обеспечения вместо физического перемещения устройств.

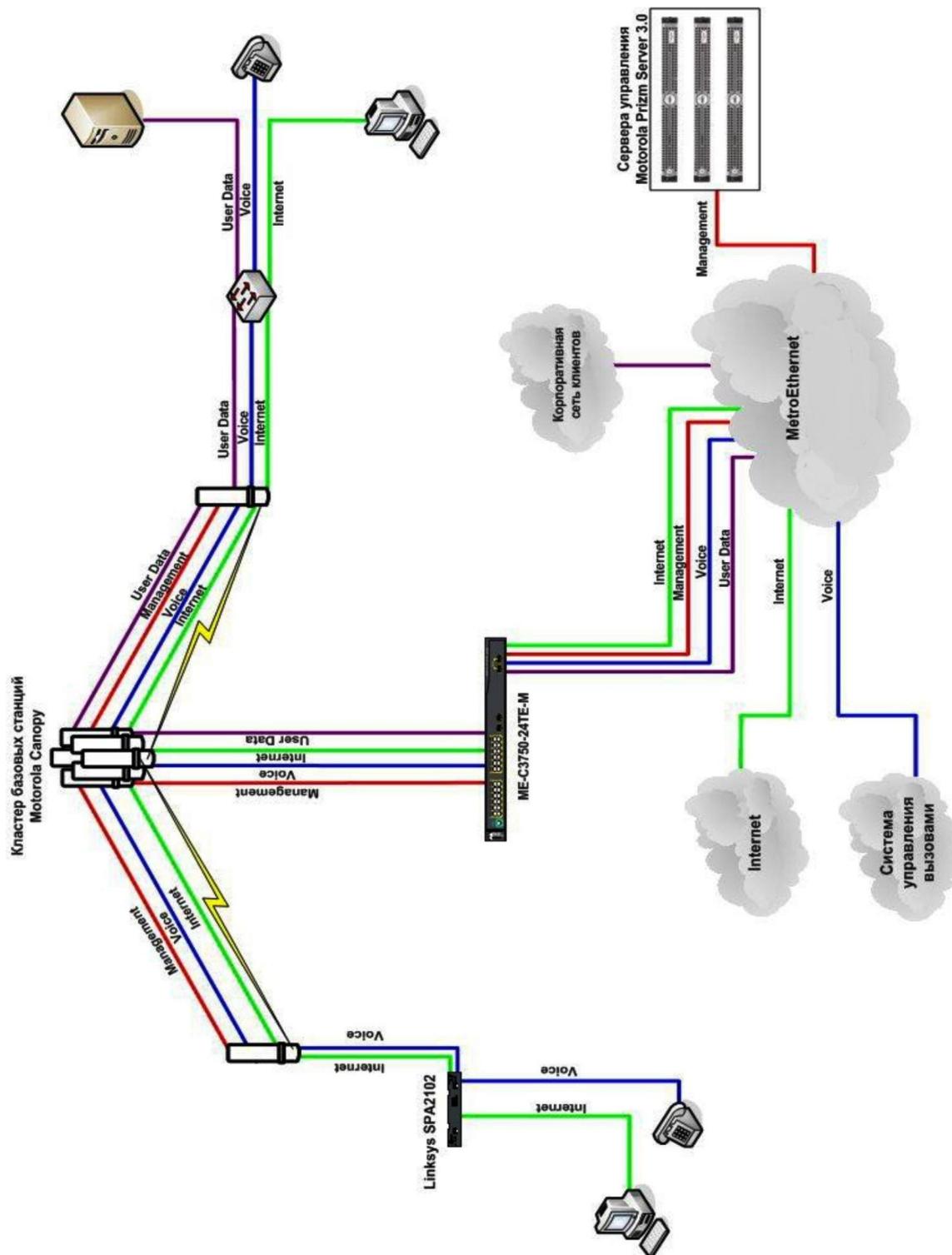


Рисунок 2.2. Логическая схема распределения трафика

VPN (Virtual Private Network - виртуальная частная сеть) - логическая сеть, создаваемая поверх другой сети, например Интернет. Несмотря на то, что коммуникации осуществляются по публичным сетям с использованием небезопасных протоколов, за счёт шифрования создаются закрытые от посторонних каналы обмена информацией. VPN позволяет объединить, например, несколько офисов организации в единую сеть с использованием для связи между

ними неподконтрольных каналов.

Для управления устройствами во внедряемой ИБС заказчиком выделяется диапазон IP адресов 10.247.0.0/16. В таблице 1 указано разбиение всего указанного диапазона IP адресов на подсети, для оптимизации процесса управления локальной сетью. Взят для примера только один участок - Центральный Аппарат АК «Узбектелеком».

Таблица 2.1. Распределение диапазонов IP подсетей по объектам и структурам беспроводной сети Arperio PacketMax-5000 для сети управления

Наименование объекта или информационной службы	Диапазон IP адресов	
	Диапазон IP адресов и маска подсети	Шлюз по умолчанию
АК «Узбектелеком»	10.247.10.0/24	10.247.10.1/24

Для организации передачи голоса во внедряемой ИБС заказчиком выделяется диапазон IP адресов 10.1.0.0/16. В таблице 2 указано разбиение всего указанного диапазона IP адресов на подсети, для оптимизации процесса управления и настройки клиентских устройств при организации голосовой связи по беспроводной сети.

Таблица 2.2. Распределение диапазонов IP подсетей по объектам и структурам беспроводной сети Arperio PacketMax-5000 для сети управления

Наименование объекта или информационной службы	Диапазон IP адресов	
	Диапазон IP адресов и маска подсети	Шлюз по умолчанию
Центральный Аппарат АК «Узбектелеком»	10.247.10.0/24	10.247.10.1/24

Для организации передачи голоса во внедряемой ИБС заказчиком выделяется диапазон IP адресов 10.1.0.0/16. В таблице 3 указано разбиение всего указанного диапазона IP адресов на подсети, для оптимизации процесса управления и настройки клиентских устройств при организации голосовой связи по беспроводной сети.

Таблица 2.3. Распределение диапазонов IP подсетей по объектам и структурам беспроводной сети Aperto PacketMax-5000 для организации голосовой связи по беспроводной сети

Наименование объекта или информационной службы	Диапазон IP адресов	
	Диапазон IP адресов и маска подсети	Шлюз по умолчанию
АК «Узбектелеком»	10.1.226.0/24	10.1.226.1/24

Базовая станция Aperto PacketMax-5000 расположенного на здании АК «Узбектелеком», установлен на антенно-мачтовой конструкции, установленной на крыше здания. Точки доступа устанавливаются на нижней секции антенно-мачтовой конструкции. Антенна приёмника GPS устанавливается на крыше здания, в непосредственной близости от кабельного ввода на технический этаж.

Модуль управления кластером точек доступа SMMmicro устанавливается на стену на техническом этаже здания. Источник бесперебойного питания и коммутатор Cisco ME-3750 устанавливаются в помещении автозала, в коммутационную стойку, в которой размещено оборудование сети MetroEthernet. Блок питания модуля управления кластером точек доступа устанавливается в этой же стойке. Провод электропитания и информационный кабель до модуля управления кластером точек доступа прокладываются совместно по существующим кабельростам и конструкциям.

Схема организации узла беспроводной информационной сети передачи данных на объекте расположенного на крыше здания АК «Узбектелеком», представлена на рисунке 2.4.

Состав узла беспроводной сети Aperto PacketMax-5000:

- кластер беспроводных точек доступа;
- коммутатор для подключения к сети MetroEthernet;
- пункты приема, установленные на ближайших зданиях, которые находятся в зоне распространения радиосигнала;
- система бесперебойного питания (UPS). Обеспечивает работу базовой станции при пропадании питания в течении XXX минут;
- грозоразрядник.

Грозоразрядник может использоваться вместе с точкой доступа (AP), модулем абонента (SM) и модулем транзитных соединений (BH). Грозоразрядник устанавливается в разрыв Ethernet линии, чтобы предотвратить повреждение внутреннего электронного оборудования от электрических атмосферных разрядов.

К сети MetroEthernet кластер точек доступа подключается через коммутатор Cisco ME-3750 к магистральному коммутатору MetroEthernet. Среда передачи данных беспроводное соединение и кабель «витая пара» UTP CAT5e.

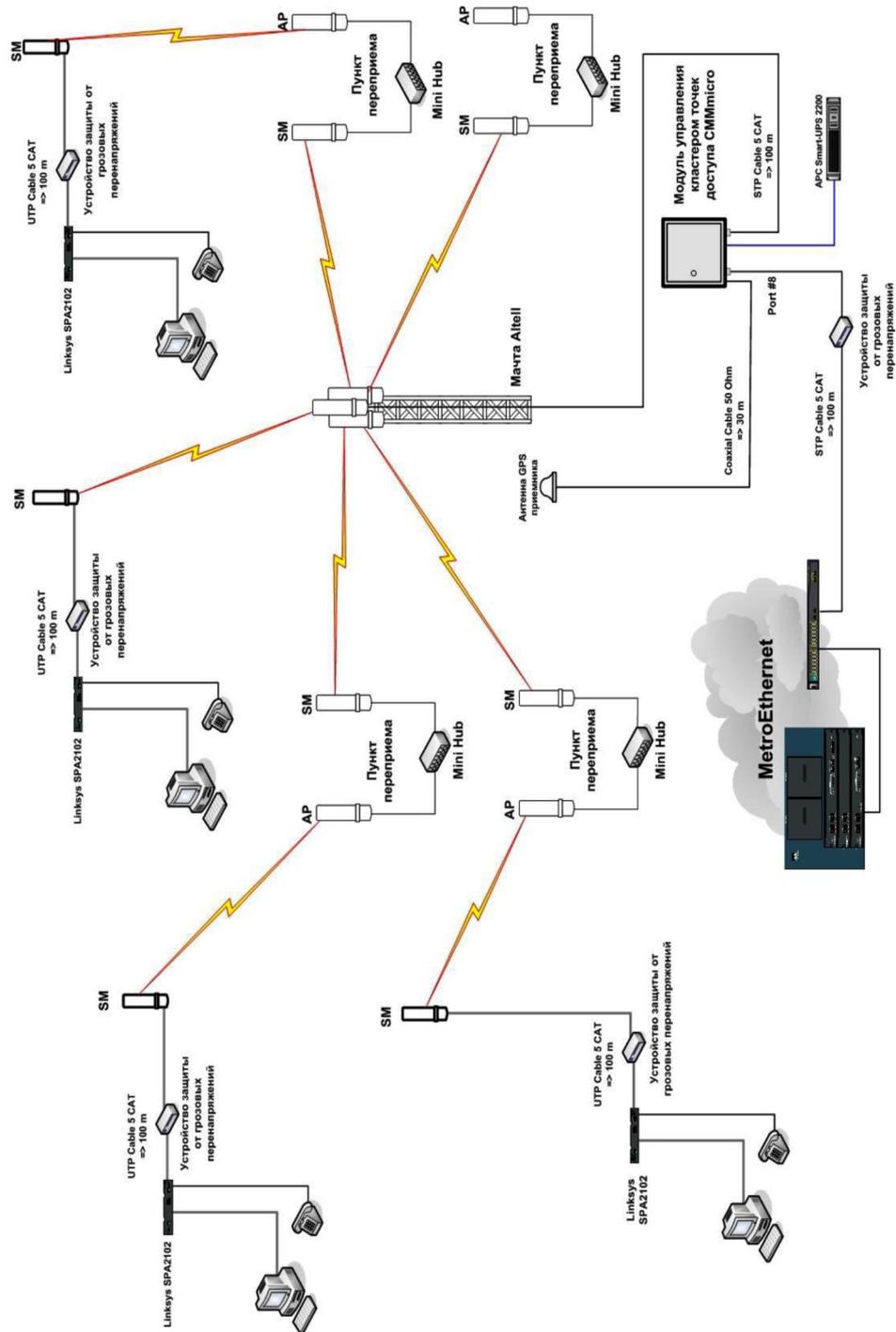


Рисунок 2.4. Схема организации узла беспроводной сети.

Состав узла локальной сети:

- OptiMux1032- Оптоволоконный мультиплексор;
- Cisco me-c3750-24-m-коммутатор для подключения к сети MetroEthernet;

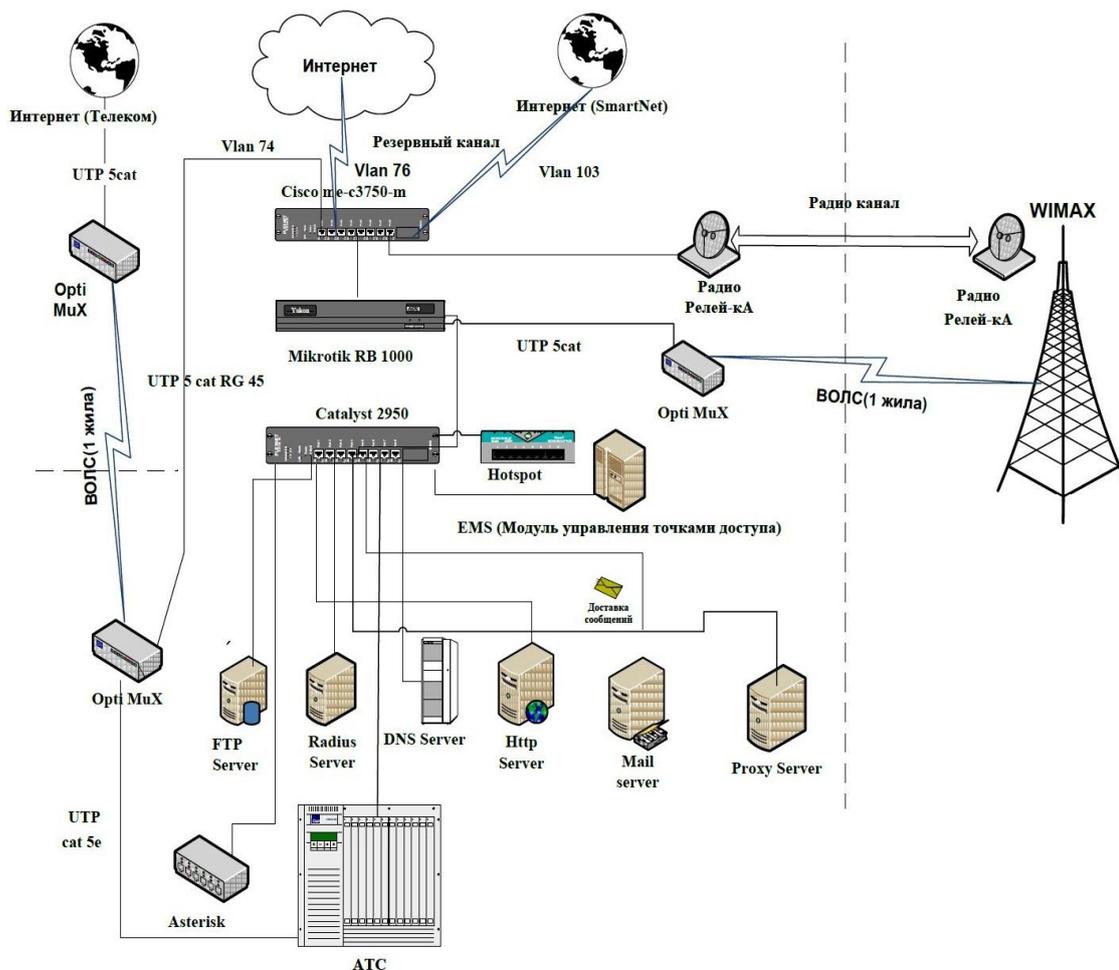


Рисунок 2.5. Схема организации работы интернет сети.

- Cisco Catalyst 2950- коммутатор для создания Vlan сетей;
- Mikrotik КБ1000-маршрутизатор;
- Hotspot-Хот-Спот участок, покрытый беспроводной сетью Wi-Fi;
- Asterisk - множество VoIP протоколов и предоставляет богатые функции управления звонками;
- Radius Server- механизм аутентификации и авторизации удалённых пользователей;
- FTP Server-Файловый сервер (для хранения больших объёмов данных);
- DNS Server- система доменных имён;
- Proxy Server-Прокси сервер;
- Mail Server-Почтовый сервер;
- Http Server-Веб сервер;
- EMS-программное обеспечение для управления базовой станции Aperto PM-

5000.

Схема подключения абонентов. Для подключения абонентов к базовой станции используется радиомодуль со встроенной антенной. Схема организации подключения абонента представлена на рисунке 2.6.

Предполагаются следующие подключения абонентов:

- подключения малого офиса или физических лиц. Количество аналоговых телефонов не более 2, локальная сеть с доступом в Internet;
- подключение офиса с предоставлением сервисов телефонии, доступом в Internet и в корпоративную сеть.

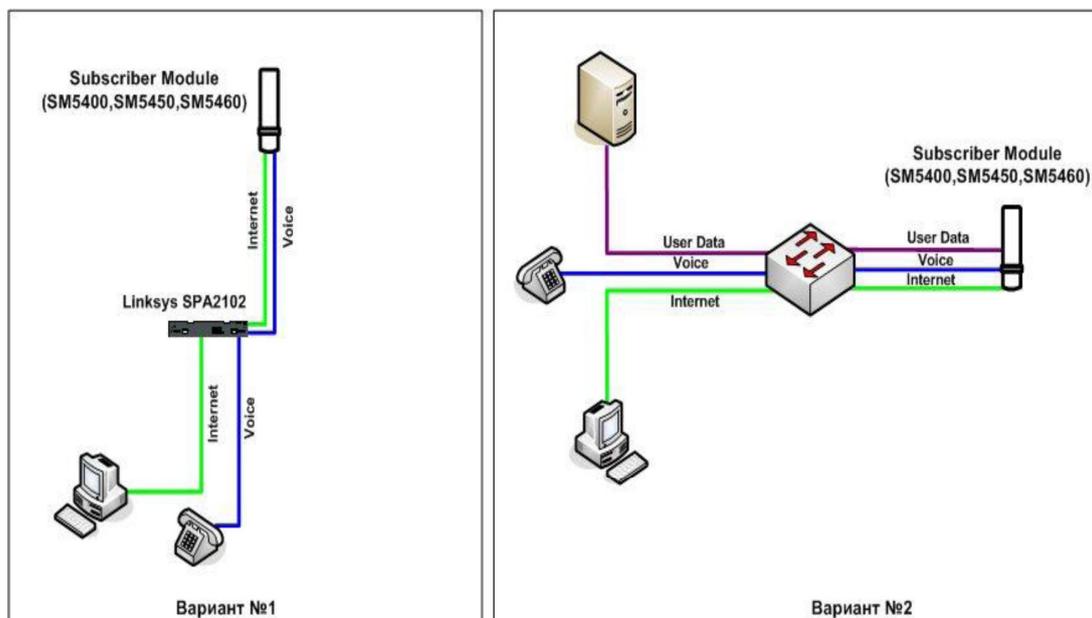


Рисунок 2.6. Схема организации подключения абонентов

Вариант 1. В данном варианте у абонента устанавливается:

- радиомодуль со встроенной антенной, который обеспечивает 2 подключение абонента к базовой станции;
- телефонный адаптер Linksys SPA2102. Linksys SPA2102 имеет 2 порта FXS для подключения аналоговых телефонов, Ethernet port LAN для подключения локальной сети абонента, Ethernet port WAN для подключения к радиомодулю.

Данные Internet и голосовой трафик, для обеспечения безопасности и возможности управления пропускной способностью, помещаются в соответствующие VLAN.

Вариант 2. В данном варианте у абонента устанавливается:

- радиомодуль со встроенной антенной, который обеспечивает подключение абонента к базовой станции;
- коммутатор с поддержкой VLAN протокол 802.1 q;
- телефонный адаптер Linksys SPA2102. Linksys SPA2102 имеет 2 порта FXS для подключения аналоговых телефонов, Ethernet port LAN для подключения локальной сети абонента, Ethernet port WAN для подключения к радиомодулю;
- при необходимости наличия у абонента более двух телефонов, устанавливаются IP телефоны.

Для обеспечения безопасности и управления потоком данных Internet, голосовой и корпоративный трафик помещаются в соответствующие VLAN.

Обеспечение QoS при передаче голоса и данных. Абонентский модуль Aperto PM-100 выполняет приоритезацию трафика используя следующие механизмы:

- распознает поле Low Latency Bit в байте ToS (Type of Service) в получаемых со стороны интерфейса Ethernet IP пакетах;
- когда включена поддержка VLAN, распознает поле 802.1p в заголовке 802.1Q; выполняет сравнение 6-битного поля DSCP в байте ToS в получаемых со стороны интерфейса Ethernet IP пакетах со значениями настроек в таблице DiffServe на абонентском модуле Aperto PM-100.

Дополнительно для трафика, который не имеет идентификатора VLAN ID и который абонентский модуль Aperto PM-100, помещает в определённый VLAN. При этой процедуре абонентский модуль может выполнить приоритезацию этого трафика в соответствии с настройками таблицы DiffServe. При подключении абонента через голосовой шлюз Linksys SPA-2102, весь трафик Internet поступает на абонентский модуль Aperto PM-100, не имея VLAN ID. На абонентском модуле Aperto PM-100 включается поддержка VLAN и указывается какой VLAN ID присваивать трафику, который приходит на SM через интерфейс Ethernet, не тегированным.

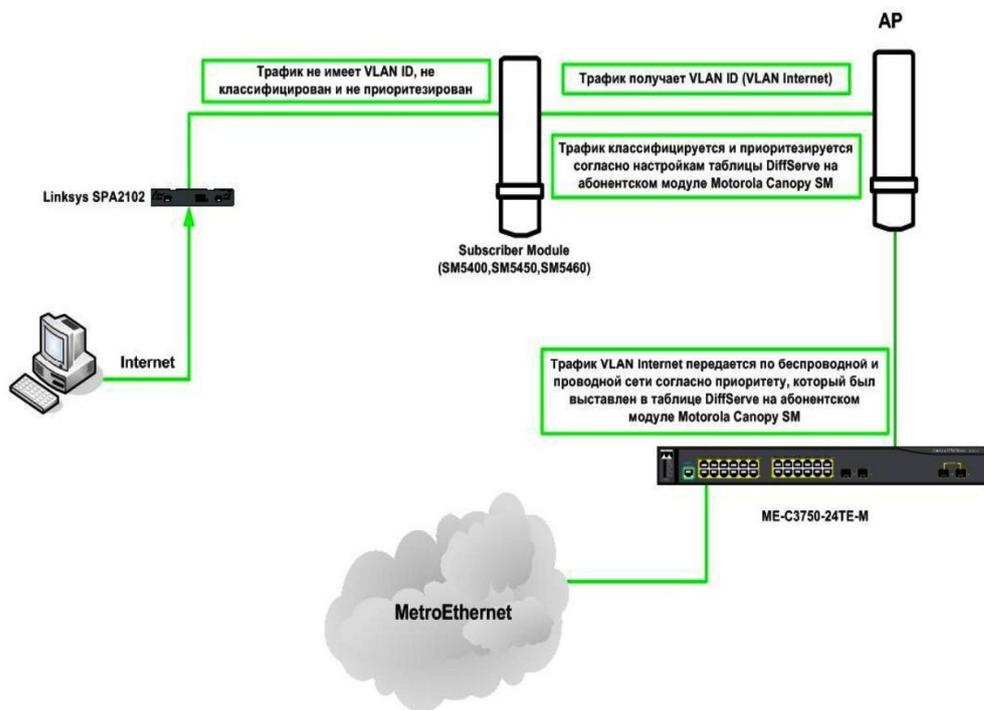


Рисунок 2.8. Обеспечение QoS при передаче голоса и данных.

На абонентском модуле Apero PM-100 в настройках DiffServe можно указать приоритет для входящего не тегированного трафика, а в настройках QoS определить гарантированную полосу для приоритетного трафика.

На голосовом шлюзе Linksys SPA-2102 для того чтобы разделить трафик передачу данных и голосовой трафик, существует возможность поддержки VLAN. Так как весь трафик для передачи голоса генерируется голосовым шлюзом, то при включении поддержки VLAN, весь голосовой трафик будет помещён в VLAN, который настраивается на голосовом шлюзе Linksys SPA-2102. При этом по умолчанию пакеты RTP имеют приоритет 0xb8, что соответствует приоритету 5 (DSCP 10111000) , а пакеты SIP имеют приоритет 0x68, что соответствует приоритету 6 (DSCP 1101000).

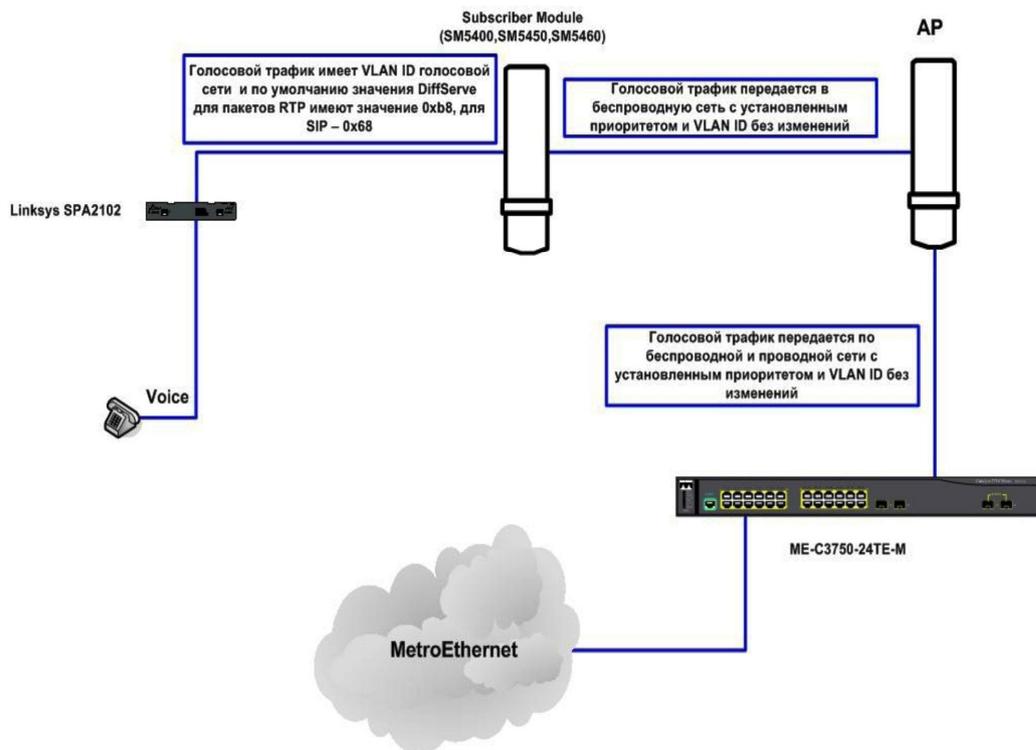


Рисунок 2.9. Обеспечение QoS при передаче голоса и данных.

Голосовой трафик проходит через абонентский модуль Aperto PM-100 без изменения приоритета и использует полосу пропускания, выделяемую в беспроводном спектре для высокоприоритетного трафика. Далее по проводной сети голосовой трафик достигает голосовой сети без изменения приоритета.

Трафик управления беспроводной сетью имеет выделенную полосу пропускания, параметры которой нельзя изменить, и передаётся с наивысшим приоритетом.

2.3. Разработка сети WiMAX для широкополосного доступа.

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.

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.

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.

Принцип действия Mobile WiMAX идентичен сетям сотовой связи: несколько рядом расположенных базовых станций Mobile WiMAX образуют соту, соты объединяются между собой и обеспечивают непрерывное покрытие целого города. Оборудование Mobile WiMAX обеспечивает большую скорость передачи данных, по сравнению с сотовыми сетями, и сравнима со скоростью доступа в проводных сетях. Основные характеристики WiMAX устройства:

Технические характеристики WiMax:

- Дальность действия: до 50 км;
- Максимальная скорость передачи данных: до 70 Мбит/с на сектор одной базовой станции;
- Рабочая частота: 2-11 ГГц;
- Спектральная эффективность: до 5 бит/сек/Гц;
- Покрытие: расширенные возможности работы вне прямой видимости значительно улучшают качество покрытия обслуживаемой зоны;
- Скорость доступа в интернет в пределах сектора базовой станции на клиентских устройствах – до 10 Мбит/с;
- Зона действия одного сектора базовой станции в условиях плотной застройки – от 800 до 1500 метров;
- Мобильность: мгновенное переключение клиентского Mobile WiMAX оборудования между базовыми станциями на скорости движения до 120 км/ч.

Рассмотрим расчет частотных каналов. Общее число частотных каналов, выделенных для развертки сотовой сети связи в данном месте, определяется по формуле

$$N_k = \text{int}(\Delta F / F_k), \quad (10)$$

$$N_k = \text{int}\left(\frac{2,4 \cdot 10^6}{1500}\right) = 128.$$

где $\text{int}(x)$ – целая часть числа x ;

F_k – полоса частот, занятая одним частотным каналом системы (частотный разнос между каналами).

Определения размерности кластера. Для определения необходимой размерности кластера C при заданных значениях ρ_0 и ρ_t используют соотношение

$$p(C) = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{X_1}^{\infty} \exp(-x^2/2) dx \right] \cdot 100, \quad (11)$$

где $p(C)$ – процент времени, в течение которого соотношения мощность сигнала/ мощность помехи на входе приемника MS будет находиться ниже защитного отношения ρ_0 .

Интеграл представляет собой табулированную Q-функцию:

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{X_1}^{\infty} \exp(-x^2/2) dx. \quad (12)$$

Нижний предел этого интервала имеет вид:

$$X_1 = \frac{10 \lg(1/\beta_e) - \rho_0}{\alpha_p}, \quad (13)$$

где ρ_0 и α_p выражены в дБ;

β_e – определяется соотношением

$$\beta_e = \left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right) \exp \left[\frac{\gamma^2 (\alpha^2 - \alpha_e^2)}{2} \right]. \quad (14)$$

В свою очередь значения α_p и α_e определяются по формулам

$$\alpha_p^2 = \alpha^2 + \alpha_e^2, \quad (15)$$

$$\alpha_e^2 = \frac{1}{\gamma^2} \ln \left\{ 1 + \left[\exp(\gamma^2 \alpha^2) - 1 \right] \frac{\sum_{i=1}^M \beta_i^2}{\left(\sum_{i=1}^M \beta_i \right)^2} \right\}, \quad (17)$$

α – параметр, который определяет диапазон случайных флуктуаций уровня сигнала в точке приема:

$$\gamma = 0,1 \ln 10. \quad (18)$$

Коэффициент β_i в (17) представляет собой медианное значение затухания радиоволн на i -му направлении увеличении помехи. Эти коэффициенты обратно пропорциональны четверти ступени расстояния до источника помехи. Величина M обозначает число базовых станций, которые «мешают», расположенных в соседних кластерах.

Сначала рассмотрим случай, для всенаправленной антенны, где

$$\varphi = 360^\circ, N_S = 1, M = 6 \text{ и } \beta_1 = \beta_2 = (q-1)^{-4}, \beta_3 = \beta_4 = q^{-4}, \beta_5 = \beta_6 = (q+1)^4;$$

где N_S - число секторов.

Выберем значение $C=3$.

$$\gamma = 0,1 \ln 10 = 0,23.$$

$$q = \sqrt{3 \cdot C}, \quad (19)$$

$$q = \sqrt{3 \cdot 3} = 3.$$

Определим α_e^2

$$\alpha_e^2 = \frac{1}{0,23^2} \ln \left\{ 1 + \left[\exp\left(0,23^2 \cdot 5^2\right) - 1 \right] \frac{\sum_{i=1}^6 \beta_i^2}{\left(\sum_{i=1}^6 \beta_i\right)^2} \right\} = 16,364 \text{ дБ.}$$

Вычислив квадратный корень, из получившегося значение получаем

$$\alpha_e = \sqrt{16,364} = 4,045 \text{ дБ.}$$

Отсюда следует

$$\alpha_p = \sqrt{5^2 + 4,045^2} = 6,431 \text{ дБ.}$$

$$\beta_e = \left(\sum_{i=1}^6 \beta_i \right) \exp \left[\frac{0,23^2 (5^2 - 4,045^2)}{2} \right] = 643,908 \text{ дБ.}$$

Теперь вычислим нижнюю границу Q-функции:

$$X_1 = \frac{10 \lg(1/643,908) - 10}{6,431} = -5,922.$$

Этому значению в таблице соответствует величина, равная $1 - 0,161 \cdot 10^{-8}$, это значение приблизительно равно единице. Считая по формуле (3.2), получаем $p(C) \approx 1 \cdot 100 = 1$.

Получившееся значение явно больше $\frac{P_c}{P_{III}}(\rho_0)$, которое из задания равно 10. Отсюда следует, что данный тип антенны и выбранное значение кластера не подходит для указанного стандарта.

Теперь рассмотрим случай для направленной антенны, у которой угол диаграммы направленности $\varphi = 120^\circ$, $N_S = 3$, $M=2$ и $\beta_1 = (q + 0,7)^{-4}$, $\beta_2 = q^{-4}$.

Выберем значение $C=4$.

$$q = \sqrt{3 \cdot 4} = 3,464.$$

Определим α_e^2

$$\alpha_e^2 = \frac{1}{0,23^2} \ln \left\{ 1 + \left[\exp\left(0,23^2 \cdot 5^2\right) - 1 \right] \frac{\sum_{i=1}^2 \beta_i^2}{\left(\sum_{i=1}^2 \beta_i\right)^2} \right\} = 17,682 \text{ дБ.}$$

Вычислив квадратный корень из получившегося значение получаем

$$\alpha_e = \sqrt{17,682} = 4,025 \text{ дБ.}$$

Отсюда следует:

$$\alpha_p = \sqrt{5^2 + 4,025^2} = 6,533 \text{ дБ.}$$

$$\beta_e = \left(\sum_{i=1}^2 \beta_i \right) \exp \left[\frac{0,23^2 (5^2 - 4,025^2)}{2} \right] = 0,012 \text{ дБ.}$$

Теперь вычислим нижнюю границу Q-функции:

$$X_1 = \frac{10 \lg(1/0,012) - 10}{6,533} = 1,384.$$

Этому значению в таблице соответствует величина, равная 0,0838. Считая по формуле (3.2), получаем

$$p(C) \approx 0,0838 \cdot 100 = 8,38.$$

Получившееся значение немного меньше $\frac{P_c}{P_{III}}(\rho_0)$, отсюда вытекает, что данный тип антенны является наиболее оптимальным.

Расчет частотных каналов, которые используются для обслуживания абонентов БС. Число частотных каналов, которые используются для обслуживания абонентов в одном секторе, определяется по формуле:

$$n_S = \text{int}(N_k / C \cdot N_S) \quad (20)$$

$$n_S = \text{int}\left(\frac{128}{4 \cdot 3}\right) = 10.$$

где N_S - число секторов.

Расчет допустимой нагрузки БС. Величина допустимой нагрузки в одном секторе определяется соотношением:

$$A = n_0 \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \left(P_B \sqrt{\pi \cdot n_0 / 2} \right)^{\frac{1}{n_0}}} \right]. \quad (21)$$

при условии, что

$$P_B \leq \sqrt{\frac{2}{\pi \cdot n_0}}, \quad (22)$$

где $n_0 = n_S \cdot n_a$;

n_a - число абонентов, которые могут одновременно использовать один частотный радиоканал. В данном случае величина $n_a = 1$, т.к. используется аналоговый стандарт.

$$\sqrt{\frac{2}{\pi \cdot 10}} = 0,252.$$

Подкоренное выражение больше, чем величина P_B , т.к. $0,11 < 0,252$.

$$A = 10 \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \left(0,11 \cdot \sqrt{\pi \cdot 10/2}\right) \frac{1}{10}} \right] = 7,117 \text{ Эрл.}$$

Расчет числа абонентов, обслуживаемых одной БС. При заданной активности одного абонента в час наибольшей нагрузки можно рассчитать число абонентов, которые обслуживаются одной БС по

$$N_{aBTS} = \text{int}(A/\beta) \cdot N_S, \text{ формуле} \quad (23)$$

$$N_{aBTS} = \text{int}(7,17/0,026) \cdot 3 = 828.$$

Расчет количества БС. Необходимое число базовых станций на заданной территории обслуживания определяется соотношением:

$$N_{BTS} = \text{int}(N_a/N_{aBTS}), \quad (24)$$

$$N_{BTS} = \text{int}(3600/828) = 13.$$

где N_a - заданное число абонентов, которых обслуживает сотовая сеть связи.

Расчет радиуса зоны обслуживания БС. Величину радиуса можно определить, используя выражение

$$R = \sqrt{1,21 \frac{S_0}{N_{BTS} \cdot \pi}}, \quad (25)$$

$$R = \sqrt{1,21 \frac{280}{43 \cdot \pi}} = 1,584. \quad \text{км}$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Сети и системы радиодоступа. Изд-во Экотрендз, Москва, 2005. - 385 с.;
- 2 Вишневский В.М., Ляков А.И., Широкополосные беспроводные сети передачи информации. Изд-во Техносфера, Москва, 2005. - 592 с.
- 3 Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети 3-е издание. - СПб.: Изд-во «Питер», 2006. - 958 с.;
- 4 Столлингс В. Современные компьютерные сети. 2-е изд. - СПб: Изд-во «Питер», 2003. - 783 с.;
- 5 Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети. 2-е изд. - СПб: Изд-во «Вильямс», 2003. - 638 с.;
- 6 Тихвинский В.О., Терентьев С.В. Инновационный анализ технологий беспроводного широкополосного доступа/«Телеком/Сети и средства связи». - Специальный выпуск «Сети доступа». - №1.2007, с.86-93.
- 7 Тихвинский В.О., Терентьев С.В. Управление и качество услуг в сетях GPRS/UMTS. - М.: Эко-Трендз, 2007.400 с.
- 8 Электронная версия на сайте www.iskratel.com;
- 9 Электронная версия на сайте www.wireless.ru;
- 10 Электронная версия на сайте www.intel.com;