

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Телекоммуникационные системы

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

« _____ » _____ 20__ г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Проектирование сети радиодоступа
в г. Кустанай по технологии WiMax

Специальность 5В071900 Радиотехника электроника и телекоммуникации

Выполнил (а) Шамишур К.В. МТС-10-1
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Кефизбаев А.У.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:

Бабич А.А. ст. преп.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Бабич « 05 » июль 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Мамонтова С.С. ст. преп.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Мамонтова « 29 » сентябрь 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:

Сейсенова Д.Д. ст. преп.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Сейсенова « 11 » октябрь 2014 г.
(подпись)

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« _____ » _____ 20__ г.

(подпись)

Нормоконтролер: ст. преподаватель ТКС Кондратов А.И.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Кондратов « 10 » октябрь 2014 г.
(подпись)

Рецензент:

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« _____ » _____ 20__ г.

(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет 30 и ТС

Специальность 5В071900 Радиотехника электросвязи и телекоммуникации

Кафедра Телекоммуникационные системы

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Шамшуров Кирилл Валерьевич
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Проектирование сети радиодоступа
в г. Кустанай по технологии WiMax

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 20 13 г.

Срок сдачи законченной работы «25» мая 20 14 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

Проектирование сети радиодоступа в г. Кустанай по технологии WiMax. Технические характеристики базовой станции, антенны. Расчет ожидаемой мощности связи, расчет радиуса зоны для SGN MBO, расчет абонентской нагрузки, оценка эффективности связи.

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

Выбор оборудования широкополосного доступа, разработка схемы MBO, оценка эффективности связи, построение сети беспроводного доступа с использованием четырех базовых станций, исследование возможностей применения высокоскоростной беспроводной широкополосной сети передачи данных на базе технологии WiMax.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Рисунок 2.3 - Организация сети МБД WiMax
 Рисунок 2.8 - Схемы проекционной сети WiMax
 Рисунок 3.2 - Имитационное моделирование
 на платформе Net Stacker 4.1
 Рисунок 3.1 - Кривые распространения радиоволн
 над поверхностью земли в городской зоне
 Рисунок 3.2 - Программы учитывающие поправ-
 ки рельефа местности
 Рисунок 3.4 - График зависимости радиуса
 сети от загрузки сети
 Рисунок 3.5 - Графики зависимости радиуса
 сети от высоты подвеса антенны БС и потерь
 на застроях
 Приложение В - Зона покрытия 2. Кустарная
 Приложение Б - Описание программы Net CAD

Рекомендуемая основная литература

Вилинговский В.М., Басов А.И., Тюртнев С.А., Шапиров И.В.,
 Широкополосные беспроводные сети передачи информации. -
 М.: Техносфера.
 Тюртнев С.А. Теоретико-информационные основы систем широ-
 кополосной беспроводной связи. М. 2004.
 Косарев П., Тисарев Ю. WiMax - универсальное решение
 для последней мили. Тестирование проекта. Wire Less Russia 2005
 Анищенко С.А. Методические указания по дисциплине
 проектирование - Алматы: АИЭС, 2004.
 Белов С.В. Безопасность информации: Учебник. -
 М.: Высшая школа, 2006

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Эконом. часть БЖД	Табач А.А.	03.04 - 05.06	Табач
	Мамаидова С.Э.	30.04 - 29.05	Мамаидова
Техн. часть	Сейменова В.В.	26.05 - 11.06.14	Сейменова

$\frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right) = \frac{1}{2}$

... ..

(Фамилия и инициалы)

(Фамилия и инициалы)

(Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Бұл бітіру жұмысында Қостанай қаласында WiMAX (IEEE 802.16) стандарттарының негізінде сымсыз кежолақты байланыстың желісін құрудың жобасы мен негізделуі ұсынылған.

Жұмыста стандарттың сипаттамалары, оның басқа стандарттардан ерекшелігі, Қостанай қаласы желісінің құрылу сұлбасы және жабдықтар құрамы қарастырылған.

Желі қамту аймағының, абоненттік жүктеме мен сенімділігінің есептеулері негізінде құрылған.

Жұмыста жабдықтарды пайдалану кезіндегі өміртіршілік қауіпсіздігінің шаралары сипатталды.

Экономикалық бөлімде капиталдық және пайдалану шығындардың есептеулері жүргізілді. Ол операторға тарифтік саясатты анықтауға, шығындарды тез өтеуге және табыс табуға көмектеседі.

Аннотация

В выпускной работе представлен план и обоснование построения сети беспроводной широкополосной связи на основе стандартов семейства WiMAX (IEEE-802.16) в городе Кустанай.

В работе рассмотрены характеристики стандарта, отличие его от других стандартов, схема построения сети г. Кустанай и состав оборудования.

Сеть построена на основе расчетов зоны покрытия, абонентской нагрузки и надежности.

В работе описаны меры безопасности жизнедеятельности при эксплуатации оборудования.

В экономической части произведен расчет капитальных затрат и эксплуатационных расходов, который позволит оператору правильно определить тарифную политику, быстро окупить затраты и получить прибыль.

Annotation

In the final paper presents a plan and substantiation of building a network of wireless broadband standards-based family of WiMAX (IEEE 802.16) in the city of Kustanai.

The paper discusses the characteristics of the standard, the difference of it from other standards, design, Kustanai and equipment.

The network is built on the basis of calculations of coverage, customer load and reliability.

The paper describes the measures of safety at operation of the equipment.

In the economic part of the calculation of capital costs and operating costs, which enables the operator to correctly identify the tariff policy, to quickly recoup the costs and make a prof

Содержание

	Введение	10
1	Современное состояние широкополосных сетей беспроводного радиодоступа	11
1.1	Краткие сведения о климатических и территориальных условиях города Кустанай	11
1.2	Развитие беспроводного широкополосного доступа	11
1.3	Основные требования к беспроводному доступу	12
1.4	Принцип работы WiMAX	12
1.5	Режимы работы WiMAX	15
1.6	Особенности технологии WiMax	16
1.7	Основные задачи технологии WiMAX	18
1.8	Стандарты беспроводных сетей	18
2	Выбор оборудования широкополосного доступа	22
2.1	Проектирование схемы ШБД	22
2.2	Оборудования компании Huawei по широкополосному радиодоступу	22
2.3	Беспроводный PacketMAX компании Aperto Network	24
2.4	Беспроводный BreezeMAX компании Alvarion	25
2.5	Основные характеристики оборудования компании Huawei	27
3	Расчетная часть	33
3.1	Расчет ожидаемой дальности связи	33
3.2	Расчет радиуса соты для сети ШБД	37
3.3	Расчет абонентской нагрузки	46
3.4	Оценка эффективности связи	49
4	Безопасность жизнедеятельности	52
4.1	Анализ условий труда обслуживающего персонала базовой станции	52
4.2	Технические решения обеспечения безопасности жизнедеятельности	56
5	Бизнес-план	63
5.1	Резюме	63
5.2	Анализ продукции	63
5.3	Оценка рынка сбыта	64
5.4	Маркетинг	65
5.5	Стадии развития	66
5.6	Организационный план	66
5.7	Производственный план	67

Заключение	79
Список литературы	
Приложение А	
Приложение Б	
Приложение В	
Приложение Г	

Введение

Интернет быстрым стремительным темпам входит в нашу жизнь, тенденции динамичного роста рынка не обходят и Казахстан. По последним показаниям борьба поставщиков Интернета и других телекоммуникационных услуг разворачивается не только на фоне таких характеристик, как скорость и качество подключения, но и период монтажа, защищенность передаваемых данных, качество обслуживания. Новую возможность соперничества связи в Казахстане представляют технологии беспроводного доступа.

WiMAX - Worldwide Interoperability for Microwave Access, технология широкополосной беспроводной связи, включающая линии DSL и кабельные технологии в качестве дополнительного решения проблемы "последней мили" на больших расстояниях. Технологию WiMAX можно использовать для реализации широкополосных соединений "последней мили", развертывания точек беспроводного доступа, организации высокоскоростной связи между филиалами компаний и решения других подобных задач.

Реализацию данной технологии рассмотрена на примере города Актау. Сегодня застройка города ведется "семимильными" шагами, создаются бизнес-центры, появляются новые компании, что соответственно привлекает Интернет провайдеров.

Технология WiMAX позволяет работать в любых условиях, в том числе в условиях плотной городской застройки, обеспечивая высокое качество связи и скорость передачи данных. Сеть позволяет предоставлять услуги телефонии, доступа в Интернет и передачи данных без использования кабельных линий. Также она дает возможность оператору минимизировать первоначальные инвестиции, позволяя легко масштабировать решение при дальнейшем росте числа абонентов. Потенциальным потребителям этих услуг можно отнести как частных пользователей, так и представителей бизнеса.

1 Современное положение сетей беспроводного радиодоступа в городе Кустанай

1.1 Краткие сведения о климатических и территориальных условиях города Кустанай

Город находится в степной зоне на севере Тургайского плато на реке Тобол, в 571 км к северо-западу от Астаны. Климат резко континентальный, с жарким летом и малоснежной зимой. Средняя температура летом: +20,9 °С до максимальной +42,5 С, зимой: –14,5 °С до минимальная –49,7 С; скорость ветра — 3,2 м/с, преимущественно южного направления — зимой, и северного направления — летом. Осадки в среднем в год: 300—350 мм, дождей выпадает в летний период. Среднегодовая влажность воздуха — 71 %.

1.2 Развитие технологии для беспроводного широкополосного абонентского доступа

Развитие современных сетевых технологий привело к значительному увеличению списка и возможных методов соединения персональных компьютеров в сети, и способов подключений к глобальной сети Интернет. Сервером или интерфейсом оснащено абсолютно любое персональное устройство, способное обрабатывать большие текстовые и графические информации, от сервера до карманного компьютера, оснащено тем или иным сетевым интерфейсом, от модемного до WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access).

WiMAX – это широкополосная беспроводная технология, которая предоставляет услуги телефонии, доступ в интернет и передачу данных по беспроводному доступу. В его основе лежит протокол IEEE 802.16. Спецификация WiMAX была разработана IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers). В отличие от существующих технологий беспроводного радиодоступа технология WiMAX дает высокоскоростные соединения на большие расстояния даже в отсутствии прямой видимости объекта. Дальность покрытия: до 50 километров. Частота: от 2 ГГц до 11 ГГц. Возможная скорость передачи данных на сектор одной базовой станции приходится до 70 Мбит/с. Это 6 секторов типовой базовой станции [1].

Технологическое решение WiMAX, основу которого составляет широкополосная связь, возникло достаточно давно.

Отсутствие необходимости проводить в офис кабель может существенно изменить ситуацию на рынке предоставления услуг фиксированной связи. У компаний есть реальная возможность выбора удобного поставщика услуг связи. Кроме того, WiMAX может стать основным решением проблемы связи для

клиентов, чьи офисы расположены в зданиях или районах города, где нет свободных линий, а стоимость прокладки новых слишком высока.

1.3 Основные требования к беспроводному доступу

Причины, которыми обусловлены существенные изменения функций, выполняемых сетью доступа, заключаются в главных тенденциях развития всей системы электросвязи:

- интеграция, затрагивающаяся сети связи, телекоммуникационные услуги, эксплуатационные процессы и т.п.;
- интеллектуализация, подразумевающая использование новых технологий электросвязи и в информатики;
- персонализация, ориентированная на максимальное «приближение» средств связи к пользователю;
- поддержка услуг по обмену видеоинформацией, стимулирующая существенное повышение пропускной способности сети абонентского доступа.

Новые функции сети абонентского доступа, связанные с процессами интеграции:

- сеть доступа становится универсальной в том смысле, что практически исчезает деление ее функций на основную и дополнительные (например, для ТФОП основное назначение АЛ состоит в обеспечении телефонной связи, а дополнительные возможности - это передача данных, обмен факсимильными сообщениями и тому подобное; для сети доступа в ЦСИО практически все виды связи равноправны);
- традиционная конфигурация сети доступа типа «точка – точка» (point-to-point) дополняется новыми топологиями («точка - множество точек» или «множество точек - множество точек», известных по англоязычным терминам point-to-multipoint и multipoint-to-multipoint соответственно).

1.4 Принцип работы WiMAX

Система WiMAX состоит из следующих основных частей.

а) Базовая станция WiMAX: находится на высоком объекте: здании или вышке.

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

Коммутация между базовой станцией и приёмником производится в частотном диапазоне частот 2-11 ГГц. Это соединение в идеальных условиях может передавать информацию со скоростью до 20 Мбит/с и не требует наличия прямой видимости между станцией и объектом. Этот режим работы базовой станции WiMAX может широко использовать со стандартом 802.16 (Wi-Fi), это допускает совместимость уже существующих клиентских устройств и WiMAX (Рисунок 1.1).

Надо помнить, что технология WIMAX применяется не только на "последней миле" - конечном участке между провайдером и пользователем, но и для предоставления доступа региональным сетям: офисным, районным.

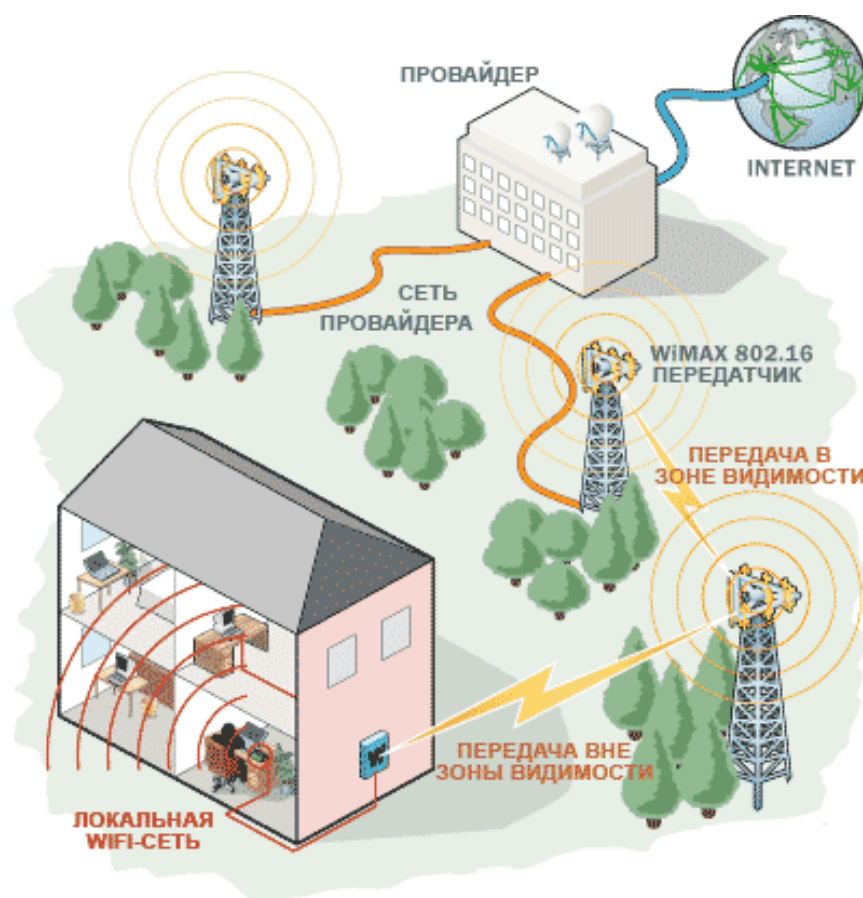


Рисунок 1.1 - Станции и приемники

Между рядом стоящими базовыми станциями устанавливается постоянное соединение с использованием режима СВЧ (сверхвысокие частоты 10-66 ГГц) радиосвязи прямой видимости (line-of-sight). Это соединение в идеальных условиях может передавать информацию со скоростью до 120 Мбит/с. Ограничение только по условию прямой видимости. Однако оно накладывается только на базовые станции, участвующие в общем покрытии района, что вполне возможно решить при соответствующем размещении оборудования.

Хотя бы одна из базовых станций должен быть постоянно связана с сетью провайдера через широкополосное скоростное соединение (ТЗ, или другое, гарантирующее стабильно высокую скорость передачи данных). Практически, чем больше станций имеют доступ к сети провайдера, тем выше скорость и надёжность передачи данных. Но даже при небольшом количестве точек система способна адекватно распределить нагрузку за счёт сотовой топологии (рисунок 1.2).

На основе сотового принципа проектируются также пути построения оптимальной сети, огибающей крупные объекты (например, горные массивы),

когда серия рядом стоящих станций передаёт данные по эстафетному принципу. Такие разработки планируется включить в будущую версию стандарта. Предполагается, что эти изменения позволят существенно поднять скорость передачи.



Рисунок 1.2 – Покрытие WiMAX

По структуре сети стандарта IEEE 802.16 очень похожи на традиционные сети мобильной беспроводной связи: здесь есть базовые станции, которые действуют в радиусе до 50 км, при этом их также не обязательно устанавливать на высоких объектах, вышках - для них вполне подходят крыши домов, требуется лишь соблюдение условия прямой видимости между базовыми станциями. Для соединения базовой станции с абонентом необходимо наличие необходимого оборудования. Далее сигнал может поступать по стандартному Ethernet-кабелю, как непосредственно на конкретный компьютер, так и на точку доступа стандарта 802.11 Wi-Fi или в локальную кабельную сеть стандарта Ethernet.

Это подключение позволяет сохранить существующую инфраструктуру районных или офисных локальных сетей при переходе с кабельного проводного доступа на WiMAX. Это поможет также максимально упростить развёртывание сетей, позволяя использовать имеющиеся технологии для подключения компьютеров.

1.5 Режимы работы WiMAX

Стандарт 802.16 взял в себя все ранее используемые версии и на данный момент предоставляет следующие возможности:

- а) Fixed WiMAX - фиксированный доступ;
- б) Nomadic WiMAX - сеансовый доступ;
- в) Portable WiMAX - доступ в режиме движения;
- г) Mobile WiMAX - мобильный доступ.

Fixed WiMAX. Фиксированный доступ представляет собой альтернативу широкополосным кабельным технологиям (xDSL, T1, т.п.) дан на рисунке 1.3. Стандарт использует диапазон частот 10-66 ГГц. Данный частотный диапазон из-за сильного затухания коротких волн требует прямой видимости между передатчиком и приёмником сигнала. Данный частотный диапазон может избежать одной из главных проблем радиосвязи - многолучевого распространения сигнала. Но при этом ширина каналов связи в этом частотном диапазоне велика (типичное значение - 25 или 28 МГц), это позволяет достигать скоростей передачи информации до 120 Мбит/с. Постоянный режим включался в версию стандарта 802.16d-2004 и уже применяется в ряде стран. Но многие компании, предлагающие услуги Fixed WiMAX, ожидают скорого перехода на портативный и в дальнейшем мобильный WiMAX.

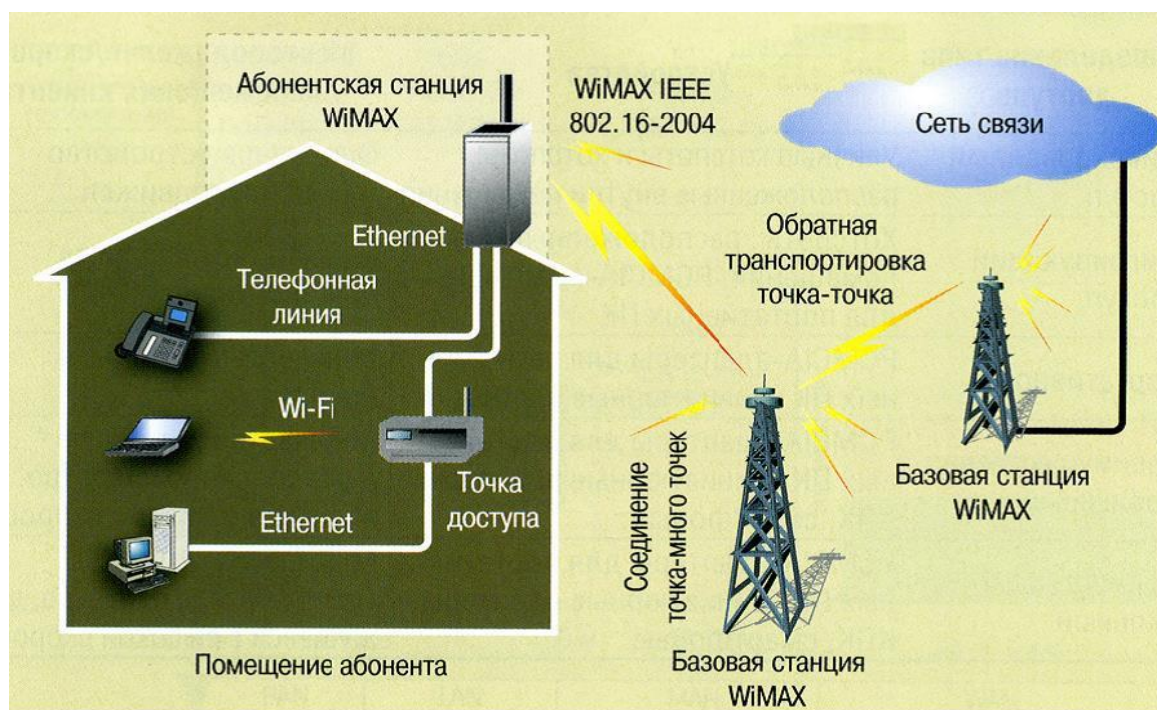


Рисунок 1.3 – Схема услуги Fixed WiMAX

Nomadic WiMAX. Сеансовый (кочующий) доступ добавил понятие сессий к уже используемому Fixed WiMAX. Наличие сессий может свободно перемещать клиентское оборудование между сессиями и восстанавливать соединение помощью других вышек WiMAX, не тех, что были использованы во

время последней сессии. Такой режим разработан в основном для портативных устройств, таких, как ноутбуки, КПК. Введение сессий дает возможность уменьшить расход энергии клиентского устройства, это тоже немаловажно для портативных устройств (ноутбуков).

Portable WiMAX. В режиме Portable WiMAX добавлена новая возможность автоматического переключения клиента от одной базовой станции WiMAX к другой станции без потери соединения. Но для этого режима всё ещё есть ограничения в скорости передвижения клиентского оборудования - 40 км/ч. Но, уже в таком виде можно использовать клиентские устройства при передвижении (в автомобиле, при перемещении по жилым районам города, где скорость ограничена, на велосипеде, двигаясь пешком, т.д.). Введение этого режима сделало целесообразным использование технологии WiMAX для смартфонов и КПК. В 2009 году запущен выпуск устройств, работающих в портативном режиме WiMAX. Считается, что до 2014 года внедрение и продвижение на рынок именно этого режима будет приоритетным.

Mobile WiMAX был использован в стандарте 802.16e-2005 и дал возможность увеличить скорость перемещения клиентского оборудования до более 120 км/ч (рисунок 1.4).

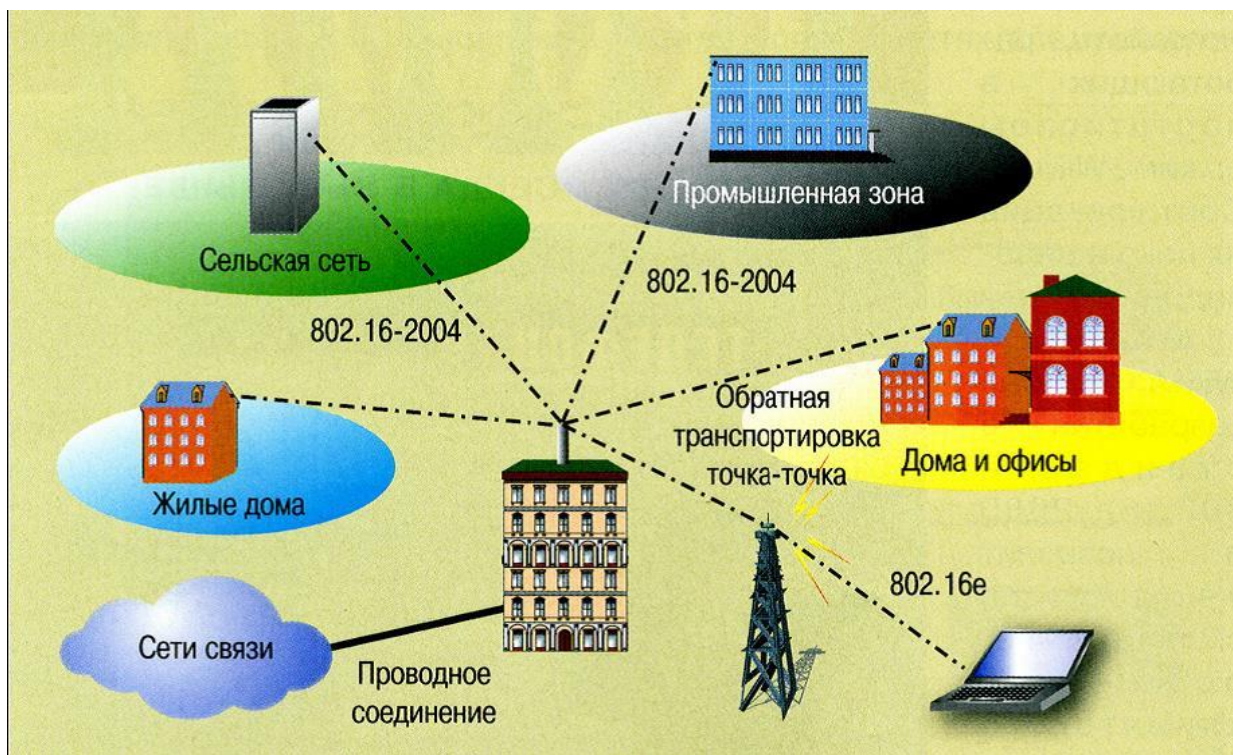


Рисунок 1.4 – Mobile WiMAX

1.6 Особенности технологии WiMAX

На сайте консорциума говорится, что WiMAX - это WiMAX Forum (www.wimaxforum.org/about) базирующаяся на стандартах технология, которые обеспечивают предоставление широкополосного беспроводного доступа (ШБД)

на «последней миле» телекоммуникационных сетей. Кроме того, там утверждается, что технология WiMAX может предоставлять ШБД вне зоны прямой видимости рядом с антеннами абонентской и базовой станций. Зная, что типовая зона покрытия базовой станции (БС) WiMAX будет иметь радиус до 10 км и на этом расстоянии имеющаяся скорость передачи данных (т.е. включая служебную информацию) сможет достигать 40 Мбит/с при использовании фиксированных и портативных терминалов [4].

Главные признаки фиксированного WiMAX оборудования:

- мультиплексирование каналов – OFDM с 256 поднесущими;
- метод многостанционного доступа к среде применения – TDMA;
- доступ к абонентским устройствам возможен также по методу OFDMA;
- используемый диапазон 3400 – 3600 МГц с 2009 года, 2500 - 2690 и 5725 – 5850 МГц;
- ширина спектра радиоканала 3,5; 5/5,5; 7 или 10 МГц;
- разновидность дуплексного режима FDD или TDD.

В итоге широкополосным абонентским доступом смогут пользоваться клиенты, находящиеся не только у себя дома или в офисе, но и в городских зонах (MetroZones) WiMAX. Следующий этап станет возможным и мобильный доступ на скоростях до 15 Мбит/с и дальности до 3 км.

Основные особенности будущего WiMAX-оборудования совсем не техническая новизна: используемая в нем технология ортогонального частотного мультиплексирования каналов (OFDM) используется уже несколько десятилетий и не один год находит применение, например, в устройствах ADSL и стандарта IEEE 802.11a/g (Wi-Fi). Главная отличительная черта WiMAX-оборудования совсем иная - оно сможет работать в одной сети, как минимум с двумя и более системами других поставщиков. Может кто-то не знает, но до сих пор во всем мире не существует систем фиксированного ШБД хотя бы от двух вендоров, которые могли бы применяться в одной и той же сети. Все имеющееся на сегодня оборудование фиксированного ШБД операторского класса (устройства Wi-Fi, ранее называвшиеся RadioEthernet, к таковым не относятся) является фирменным (нестандартным, proprietary). Отсюда главные задачи отрасли ШБД - малые «объемы» оборудования и, как следствие, высокая его цена. Эти две причины, а также требование прямой видимости до сих пор не позволяют ШБД составить реальную конкуренцию таким технологиям широкополосного доступа, как DSL, DOCSIS (используется в наземных сетях КТВ) и Ethernet (широко используется в домашних сетях). Итак, необходимое отличие WiMAX-оборудования от других присутствующих сегодня на мировом рынке систем ШБД операторского класса - соответствие стандарту.

Еще, допускается использование разных диапазонов рабочих частот (2,5; 3,5 или 5,8 ГГц), ширины абонентских радиоканалов (от 1,7 до 10 МГц), разновидность обеспечения дуплексного режима передачи (TDD или FDD) и т.д., и т.п. Другими словами стандарт IEEE 802.16-2004 незначительно приблизил отрасль к основному взаимодействию систем беспроводного доступа в СВЧ-диапазоне (World Interoperability for Microwave Access,

WiMAX). По существу, WiMAX Forum установил свой собственный стандарт (сразу оговорюсь: тоже неоднозначный), используя при этом сокращенный набор спецификаций IEEE 802.16-2004, которые относятся в основном к физическому уровню и частично - к уровню управления доступом к среде передачи (MAC). С одной стороны, WiMAX-устройства нескольких (подчеркиваю - не всех) операторов смогут работать в одной сети, давая при этом базовые параметры быстродействия, дальности действия, качества обслуживания (QoS) и управляемости. С другой стороны - поставщики получают широкий простор для «навешивания» на стандарт WiMAX, начиная с MAC-уровня, своих фирменных разработок и технологий, что даст им бороться друг с другом за приоритет потребителя.

1.7 Основные задачи технологии WiMAX

1. Обеспечить доступ при помощи технологии WiMAX к услугам информационных и коммуникационных технологий для небольших населенных пунктов, удалённых регионов, изолированных объектов, учитывая при этом, что в странах третьего мира 1,5 миллиона небольших поселений с числом жителей более 100 человек не подключены к телефонным сетям и не имеют кабельного сообщения с большими городами.

2. Обеспечить доступ при помощи WiMAX к услугам информационных и коммуникационных технологий для более половины населения планеты в пределах возможной досягаемости, учитывая при этом, что общее число пользователей Интернета в 20012 году составляло приблизительно 1960 млн. человек, или около 20 процентов всего населения Земли.

1.7.1 Цели.

Предоставить возможность пользоваться универсальным беспроводным доступом для широкого спектра устройств (рабочих станций, бытовой техники "умного дома", портативных устройств и мобильных телефонов) и их логического объединения в локальные сети.

1.8 Стандарты беспроводных сетей WiMAX

Основными стандартами, определяющим протоколы, необходимые для создании локальных беспроводных сетей (WLAN) являются семейства стандартов IEEE 802.1x, модернизация которых ведется до сегодняшнего дня.

Стандартами IEEE 802.1x определен единственный подуровень MAC, работающий с тремя типами протоколов физического уровня, соответствующих разным технологиям передачи сигналов - по радиоканалам широкополосной модуляции с прямым расширением спектра (DSSS) и перескоком частоты (FHSS) , а также с помощью инфракрасного излучения. Спецификацией

стандартов IEEE 802.1х предусмотрены широкие диапазоны скорости передачи данных, вплоть до 54 Мбит/с [5].

В 2003 г. был одобрен новый стандарт IEEE 802.11g, который представляет собой развитие стандарта IEEE 802.11 Б с целью увеличения скорости передачи данных до 54 Мбит/с. Достигли этого благодаря использованию более эффективной модуляции сигнала в виде ортогонального частотного мультиплексирования, проверенного ранее при разработке стандарта IEEE 802.11 а [6].

В целом объеме передаваемых данных по сети стандартов семейства 802.11 служебная информация занимает большую долю – где-то свыше половины полосы пропускания. Это позволяет точке доступа стандарта 802.11 Б с документированной производительностью обеспечить 11 Мбит/с, хотя обычно дает реальное быстроедействие менее 6 Мбит/с. Хотя, аппаратные средства стандартов 802.11 а и 802.11 g могут дать пользователю реальную пропускную способность около 18 - 22 Мбит/с (таблица 1.1).

Т а б л и ц а 1.1 – Стандарты семейства 802.11

Стандарты	Диапазон частот	Битовая скорость
IEEE 802.11	2,4 ГГц	До 2 Мбит/с
IEEE 802.11 Б	2,4 ГГц	До 11 Мбит/с
IEEE 802.11 а	5 ГГц	До 54 Мбит/с
IEEE 802.11 g	2,4 ГГц	До 54 Мбит/с

Беспроводные локальные сети (WLAN) строятся на базе семейства стандартов IEEE 802.11 (рисунок 1.5). Основной стандарт IEEE 802.11, разработка которого была завершена в 1997 г., определяет два главных протокола - протокол управления доступом к среде MAC (нижний подуровень канального уровня) и протокол РНУ передачи сигналов в физической среде. В качестве базового метода доступа к среде передачи определен стандартом механизм множественного доступа с обнаружением несущей и предотвращением коллизий (CSMA(CA)). Стандартом пользуется сотовая архитектура, причем проектируемая сеть может состоять как из одной, так и нескольких ячеек. Всеми сотами управляют базовые станции, называемые точками доступа, которые вместе с находящимися в пределах радиуса ее действия рабочими станциями пользователей образуют базовую зону обслуживания. Точки доступа многосотовой сети соединяются между собой через распределительную систему. Вся структура - точки доступа и распределительная система, образует расширенную зону обслуживания.

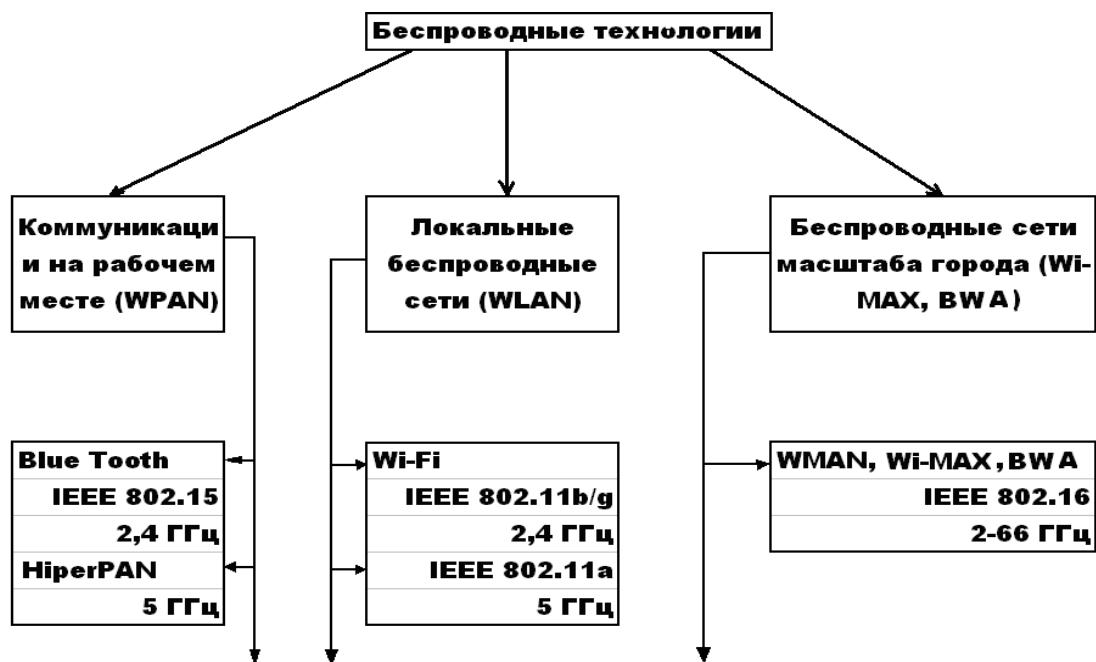


Рисунок 1.5 – Сравнение стандартов беспроводных технологий

Для создания широкополосных сетей доступа организуются городские сети (MAN). Фундаментом для построения таких сетей служит стандарт IEEE 802.16. Он позволяет подключение к Интернету абонентов через публичные точки доступа стандарта 802.11, являясь беспроводным решением медных линий связи и линий DSL на «последней миле» инфраструктуры беспроводного широкополосного доступа. Этот стандарт допускает работу в диапазоне частот 10 - 66 ГГц с максимальной битовой скоростью до 134 Мбит/с. Стандартный типовой радиус действия оставляет 2 - 5 км. Сети доступа строятся по принципу «точка – точка» при наличии между точками зоны прямой видимости. В январе 2003 г. была разработана новая версия стандарта IEEE 802.16a, позволяющая более широкое покрытие с максимально допустимым удалением до 50 км и с организацией сети доступа по принципу «точка - много точек». Стандарт допускает связь в условиях отсутствия прямой видимости в частотном диапазоне 2 - 11 ГГц с битовой скоростью до 70 Мбит/с. Пропускной способности одного сектора базовой станции хватает для поддержки более 60 корпоративных локальных сетей с подключением по типу T1 (1,5 Мбит/с), плюс сотни домашних пользователей, подключенных по типу DSL (таблица 1.2).

Т а б л и ц а 1.2 – Существующие стандарты для городских сетей (MAN)

Стандарты	Диапазон частот	Битовая скорость	Радиус действия
IEEE 802.16	10-66ГГц	До 134 Мбит/с	2-5км (типовой)
IEEE 802.16.a	2-11ГГц	До 70 Мбит/с	6-9км макс до 50км
IEEE 802.16e	2-6ГГц	До 15 Мбит/с	До 15 км
IEEE 802.20	До 3,5ГГц	До 1 Мбит/с	До 5 км

Институт IEEE продолжает усовершенствовать стандарты для городских локальных сетей в направлении обеспечения абонентским доступом мобильных пользователей. Стандарт IEEE 802.16.e предназначен для мобильных пользователей, передвигающихся со скоростью до 125 км/ч, с поддержкой функций хендвера и роуминга. Пропускная способность базовой станции достигает 12,5 Мбит /с. Контакт осуществляется в диапазоне частот 2 - 6 ГГц при расстоянии до 15 км.

2 Выбор оборудования широкополосного абонентского доступа

2.1 Проектирование схемы ШБД

С 2011 года г. Кустанай стал полностью оцифровизированным городом в Республике Казахстан. Городская телефонная связь состоит из 12 автоматических телефонных станций, электронных, международно-междугородних станций.

При расчете сети абонентского доступа на базе оборудования широкополосного доступа воспользовался конкретным предложением поступившем от компании на организацию высокоскоростного беспроводного доступа в Интернет.

Система WiMAX представляет собой систему широкополосного беспроводного доступа:

- выполненную в соответствии со стандартом IEEE 802.16;
- использующую современную технологию OFDM и/или OFDMA;
- работающую в диапазоне 2-11 ГГц;
- прошедшую сертификационные испытания на совместимость по программе WiMAX-форума.

Жители и предприниматели планируют подключиться к сети Интернет через технологию ШБД. WiMAX - одна из самых доступных технологий предоставления услуг с малыми затратами на оборудование доступа и оборудование транспортной. Эта технология дает возможность оператору минимально уменьшить первоначальные затраты и способ обеспечить защиту инвестиций, позволяя легко масштабировать проект при дальнейшем увеличении числа абонентов. В моей дипломной работе для предоставления услуг WiMAX в городе Кустанай планируется внедрение четырех базовых станций.

Выпуском оборудования для систем ШБД в последнее время занимается множество компаний во всем мире. Большой спрос на оборудование беспроводного абонентского доступа и развитие современных технологий привело к появлению большого спектра оборудования, отличающегося как по задачам, которые оно предназначено выполнять, так и по своей цене. Поэтому

для анализа выбора оборудования возьмем перспективные на рынке оборудования беспроводного доступа, производства компании Huawei, Aperto Network и Alvarion.

2.2 Оборудование компании Huawei по широкополосному радиодоступу

Базовая станция BTS3703 (Base Transceiver Station) разработана компанией Huawei поддерживающая передовую платформу WiMAX. Имея современную OFDM технологию и адаптивную модуляцию (до 64QAM) система работает в условиях приближенного к отсутствию прямой видимости (NLOS). Большая спектральная эффективность системы дает операторам начать строительство сети WiMAX уже сегодня. Станция работает в диапазоне частот 2,3; 2,5 и 3,5 ГГц.

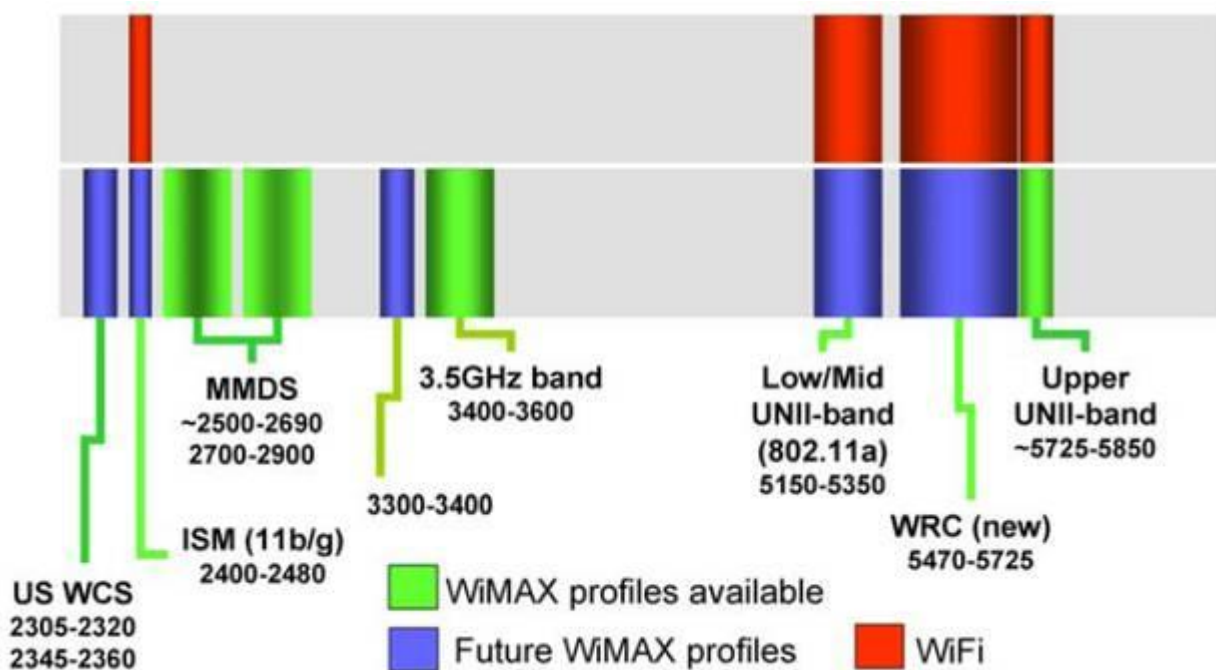
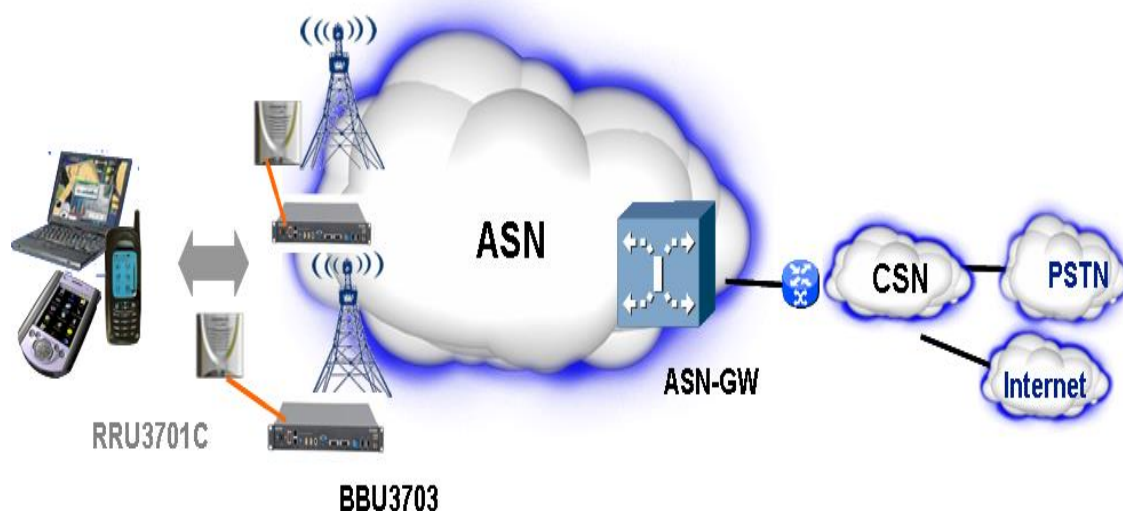


Рисунок 2.1 - Используемые и планируемые частотные диапазоны для WiMAX

Сеть состоит из BBU3703 и его соответствующих элементов шлюза сервера доступа (Access Service Network Gate Way, ASN-GW или WASN9770) и мобильной станции (Mobile Station, MS), которые способны поддерживать все виды услуг BTS3703.

Эта сеть широко применяется для фиксированного и беспроводного широкополосного абонентского доступа, которая может удовлетворить абонентов VOIP, среднего бизнеса, а также SOHO (Small Office Home Office).

Структурная схема элементов сети WiMAX приведена на рисунке 2.1 [7].



BBU3703 – WiMAX Baseband Unit; RRU3701C – WiMAX Remote Radio Unit; ASN-GW - Access Service Network Gate Way; ASN – Access Service Network; CSN – Connectivity Service Network; PSTN – Public Subscriber Telephone Network (СТОП)

Рисунок 2.2 – Широкополосный беспроводный доступ компании Huawei

Достоинством данного решения является:

- использование для различных рынков - подходит для обслуживания абонентов в жилом секторе, бизнес пользователей и организации беспроводных приложений домашних сетей;
- небольшая себестоимость – которая, поддерживает за счет увеличения абонентов простую инсталляцию и «оплату по мере роста абонентов»;
- система операторского класса - большая производительность и доступность, гибкая система управления сетью;
- масштабная конфигурация оборудования Базовой станции. Базовая станция BTS3703 больше подходит для крупномасштабных развертываний в городах и пригородных областях. Большая базовая станция BTS3706 является идеальным и рациональным решением для сельской местности и областей с низкой плотность населения;
- большая производительность и пропускная способность – полнодуплексные и многоканальные функциональные возможности базовой станции дают возможность одиночной базовой станции поддержать очень большое число абонентов.

2.3 Беспроводной комплект оборудования PacketMAX компании Aperto Network

Комплект оборудования PacketMAX производства Aperto Network применяется для построения WiMAX сетей широкополосного фиксированного беспроводного доступа в диапазонах частот 2.5 ГГц, 3.5 ГГц и 5 ГГц. Оно работает в режиме Time Division Duplex и соответствует стандарту IEEE 802.16-2004.

Масштабируемое беспроводное оборудование PacketMAX дает возможность реализовать разные стратегии построения сетевой инфраструктуры, ориентированные на применение национальными и региональными операторами связи, Интернет провайдерами в больших городах и пригородных поселках, сельской местности. Основная стратегия направлена на получение максимальной плотности потока данных (скорости передачи данных приходящейся на один квадратный километр) на заданной территории. Другая направлена на получение максимальной зоны покрытия с обеспечением заданной плотности потока данных.

PacketMAX 5000 является самой производительной базовой станцией семейства PacketMAX, которая успешно реализовывает стратегию увеличения плотности потока данных при минимальных затратах, приходящихся на единицу допустимой плотности потока данных.

Модули устройства PacketMAX 5000 состоят из внешних outdoor блоков и шасси с внутренними блоками. PacketMAX 5000 является многосекторной базовой станцией и может иметь от одного до 12 частотных каналов (секторов) с возможностью повторного использования частот. БС может обслужить до 512 абонентов на одном частотном канале (сектор). Следовательно, PacketMAX 5000 может обслуживать максимально допустимое число абонентов около 6 тыс.

Оборудование PacketMAX 3000 - это базовая станция среднего класса, она предназначена для реализации плана обеспечения максимального покрытия, но при этом устанавливаются достаточно высокие значения плотности потока данных, необходимые для обслуживания значительного количества абонентов и для поддержки мультимедийных сервисов.

PacketMAX 3000 является одноканальной БС, которое состоит из внешнего outdoor и внутреннего indoor блока и обслуживает только одну секторную или всенаправленную антенну. При организации БС с разными секторами внутренние блоки PacketMAX 3000 могут устанавливаться на шасси. Базовая станция PacketMAX 3000 способна обслужить до 512 абонентов. Внутренние блоки PacketMAX 3000 при монтаже много секторной БС могут быть синхронизированы для возможности повторного использования частот. Внешний блок РМ3000 равноценен внешнему блоку РМ5000, Данное оборудование применяется в городах и пригородах с высокой плотностью населения и низким уровнем развития кабельной инфраструктуры при отсутствии высокой конкуренции с системами DSL.

Оборудование PacketMAX 2000 является БС малого класса, состоит из внешнего блока и может реализовывать план максимального покрытия с обеспечением относительно невысокого уровня плотности потока данных, необходимого, для обеспечения доступа в Интернет до 256 абонентов или предоставления телефонных каналов небольшой емкости.

Это оборудование успешно применяется в пригородах и сельских районах с небольшой плотностью населения, а также может применяться в качестве БС в крупных городах на начальном этапе функционирования БС, и которое может быть со временем заменено на более новое оборудование в этом недостаток. На рисунке 2.2 представлена схема организации сети WiMAX на оборудовании Aperto Network.

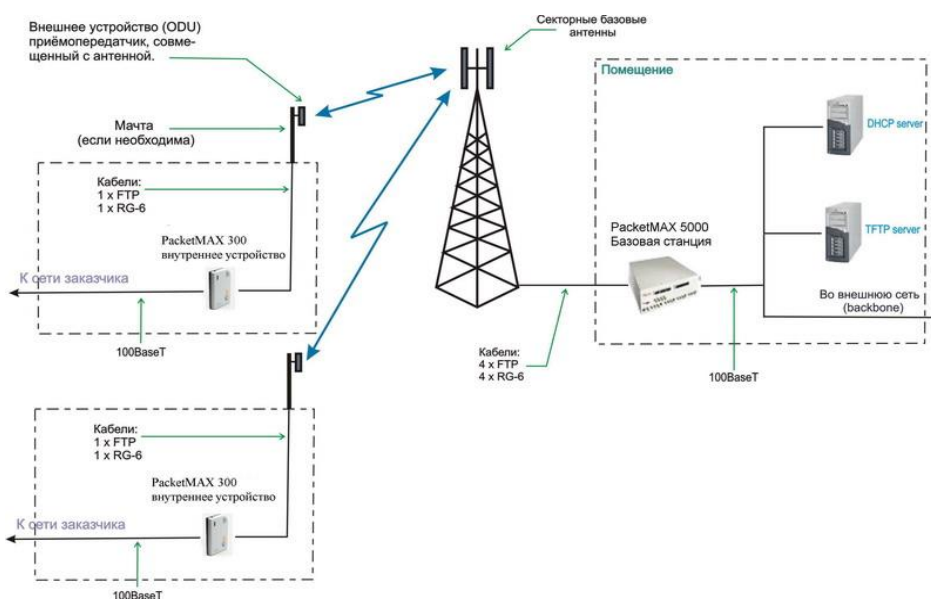


Рисунок 2.3 – Организация сети ШБД WiMAX

2.4 Беспроводный комплект оборудования BreezeMAX компании Alvarion

В начале своего образования, как производителя оборудования беспроводной широкополосной передачи данных, компания Alvarion начала с выпуск высокоскоростных беспроводных модемов BreezeLINK, они и до настоящего времени являются недорогой заменой радиорелейным станциям. Разработки новых технологий и спрос на оборудование широкополосных беспроводных сетей передачи данных привело к созданию оборудования BreezeNET. Сначала это оборудование было рассчитано на применение только для внутренних приложений. Но возросший спрос на оборудование, беспроводного соединения вместо существующих кабельных сетей и создание распределенных беспроводных сетей требовали создания оборудования, которое могло бы работать для наружных приложений. Первоначально это

было такое же оборудование, которое использовалось для внутренних приложений. Но при использовании его для внешних приложений оно помещалось в термоконтейнер, или использовали длинные радиокабели и внешние антенны. Увеличившийся в последние годы спрос на доступ в Интернет, передачу различной мультимедийной информации и требования на обеспечение различных услуг для абонентов, привел к появлению нового типа оборудования - оборудования BreezeMAX™.

Оборудование BreezeMAX™, новейшая разработка компании Alvarion поддерживает передовую платформу WiMAX. Используя новейшую OFDM технологию и адаптивную модуляцию (до 64QAM) система работает в условиях близких к отсутствию прямой видимости (NLOS). Высокая спектральная эффективность системы BreezeMAX™ дает возможность операторам начать строить сети WiMAX уже сегодня. Работая в диапазоне частот 3.5 ГГц, BreezeMAX™ выполняет требования пользователей иметь следующее поколение высоко рентабельной BWA системы с платформой обеспечивающей работу стандартов WiMAX: IEEE 802.16 и HiperMAN. На рисунке 2.3 показана схема организации сети системы BreezeMAX.

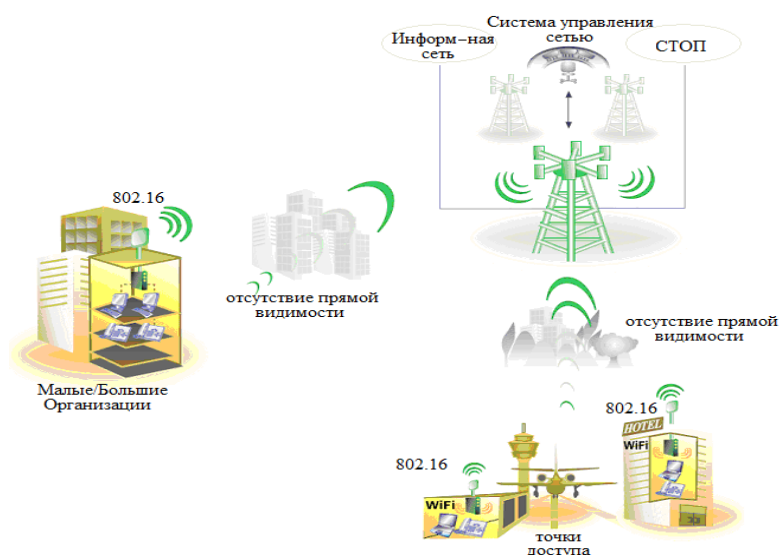


Рисунок 2.4 – Схема сети ШБД компании Alvarion

Достоинства системы BreezeMAX:

- WiMAX архитектура - IEEE 802.16 и ETSI HiperMAN;
- используется для различных рынков – применяется для обслуживания пользователей в жилом секторе, бизнес пользователей, MDU/MTU, горячих точек, Backhauls и организации беспроводных приложений домашних сетей; низкая себестоимость - поддерживает простую инсталляцию по мере роста;
- система операторского класса – большая производительность и доступность, гибкая система управления сетью);

- масштабируемая конфигурация Базовой станции – Базовая станция на основе шасси (High density) более подходит для крупности развертываний в городских и пригородных областях. Маленькая Базовая станция является наилучшим и рентабельным решением для сельской местности и районов с низкой плотностью населения;

- большая производительность и пропускная способность – полнодуплексные и многоканальные функциональные возможности базовой станции дают возможность одиночной базовой станции поддержать очень большое число абонентов;

- NLOS охват – OFDM модуляция может увеличить работоспособность в условиях близким к отсутствию прямой видимости ;

- система управления AlvariSTAR – NMS система операторского класса, она поддерживает полные функциональные возможности.

Анализируя вышеизложенного видно, что продукция компании Alvari представленная разными производителями на рынке телекоммуникаций, по своему является наилучшей. Поэтому, в своей работе для организации сети широкополосного беспроводного доступа в городе Актау будет применена продукция компании Huawei. Эта компания взаимодействует с операторами связи и крупными клиентами, включая разработку и производство специализированных устройств, рассчитанных под их специфические запросы и требования, она быстрее и эффективнее разрабатывает решения по увеличению скорости передачи информации, последовательно открывая новые возможности своими передовыми технологией, постоянно расширяет спектр выпускаемой продукции в отличие от других фирм.

2.5 Основные технические характеристики оборудования WiMAX компании Huawei

Технология широкополосного доступа Mobile WiMAX на базе стандарта IEEE 802.16e дает мобильным пользователям большие скорости передачи данных. Осуществив сертификационные испытания оборудования на совместимость производители готовы поставить операторам Mobile WiMAX-решения.

Первая версия стандарта беспроводного широкополосного доступа (IEEE 802.16) была запущена еще в декабре 2001 г., но работа над его совершенствованием в эксперименте института IEEE продолжалась еще ни один год. Два последних стандарта этого семейства – IEEE 802.16-2004 (802.16d) и IEEE 802.16-2005 (802.16e) – сделали беспроводной широкополосный доступ технологией, которая обратили к себе внимание всего телекоммуникационного сообщества.

Стандарт **802.16d** дает постоянный беспроводной доступ в зону прямой видимости между антеннами базовой и абонентской станций. В этом стандарте используется метод модуляции посредством ортогональных несущих (OFDM). В зоне прямой видимости оборудование работает в диапазоне частот 10–66

ГГц, вне прямой видимости необходимы частоты ниже 11 ГГц.

В стандартах WiMAX Forum, описывающих сертификационные профили для исследований на совместимость оборудования разных производителей, указаны частотные диапазоны 3,5 и 5,8 ГГц. Сертифицированное оборудование WiMAX (базовые и абонентские станции) появилось в середине 2005 г. Сейчас производители создали абонентские устройства в комнатном и уличном исполнении, а также PCMCIA-карты для переносных компьютеров.

Стандарт **802.16e**, является модернизацией предыдущей версии, он используется мобильными пользователями. Стандарт поддерживает функции хэндовера и роуминга и используется в диапазонах частот ниже 6 ГГц, а одно из его основных достоинств – отсутствие требования прямой видимости для связи.

Полосы частот 2,3, 2,5 и 3,5 ГГц выделены как кандидаты для сертификационных профилей Mobile WiMAX (спецификаций WiMAX Forum, применяемых на стандарте IEEE 802.16e). Сертификация оборудования была произведена в 2007 г., и по планам WiMAX Forum сертифицированное Mobile WiMAX - оборудование также доступно в 2007 г.

2.5.1 SOFDMA.

Одна из основных технологий стандарта 802.16e – это SOFDMA (Scalable OFDMA). Разница метода модуляции от применяемого метода в 802.16d OFDMA – в адаптивном изменении ширины радиоканала от 1,25 до 20 МГц. Это дает возможность поддерживать одновременную работу огромного количества абонентов, в то же время увеличивая эффективность использования спектра. Теоретически при ширине радиоканала 10 МГц скорость передачи в прямом канале составляет 63 Мбит/с, в обратном – 28 Мбит/с.

2.5.2 AAS.

Применение адаптивной антенной системы AAS (Adaptive Antenna System) улучшает показатель энергетического потенциала линии связи на границах соты, снижает интерференцию, максимально увеличивая пропускную способность сети. Это обеспечивает уровень QoS, необходимый для работы с чувствительными к этому параметру приложениями. Благодаря гибким механизмам распределения ресурсов и наличию особого подуровня обеспечения конфиденциальности, который определен только на физическом уровне (PHY), системы стандарта 802.16e способны удовлетворить и требованиям безопасности.

2.5.2 Mobile WiMAX от Huawei.

Компания Huawei Technologies заинтересовалась стандартом IEEE 802.16 и начала проводить свои исследования его основных технологий еще в июне 2001 г. В августе 2004 г. Huawei соединила с WiMAX Forum, а в апреле 2005 г. заключила партнерское соглашение с корпорацией Intel. Компания участвует в работе WiMAX Forum и основных групп, занимающихся разработкой стандарта, и имеет основной пакет в этой области. Вложения Huawei в исследования и разработки в сфере WiMAX продолжают возрастать; в настоящее время ими заняты более 600 инженеров.

Стремясь занять основные позиции на рынке оборудования Mobile WiMAX, Huawei создала общее комплексное решение, соответствующее стандарту IEEE 802.16e-2005. В состав комплекта Huawei Mobile WiMAX входят базовые станции, шлюз сети доступа к услугам (ASN-GW), элементы главной сети, системы сетевого управления и абонентские устройства.

Базовые станции (модель BTS3703) работают с протоколами, разработанными рабочей группой NWG (Network Working Group). BTS3703 состоят из блока обработки базовых частот (BBU), выносного радиочастотного блока (RRU) и антенны. Блок RRU соединяются с BBU через стандартный радиointерфейс с общим протоколом (CPRI). Базовые станции имеют малый вес и занимают немного мест. Они допускают разные варианты установки в зависимости от исходных условий, что позволяет экономить пространство автозала.

Шлюз ASN-GW (модель WASN9770), к которому соединяются базовые станции WiMAX, представляет собой платформу операторского класса с большими показателями надежности и пропускной способности. Эта платформа также поддерживает протоколы NWG.

Для того чтобы заказчики могли своевременно получить абонентское оборудование, Huawei заключила договор с производителями устройств беспроводного широкополосного доступа и терминалов. В данное время проводится исследование на совместимость WiMAX-оборудования компании Huawei и терминалов компании ZyXEL (терминалы стандарта 802.16e комнатного и внешнего исполнения, компьютерные PCMCIA-карты).

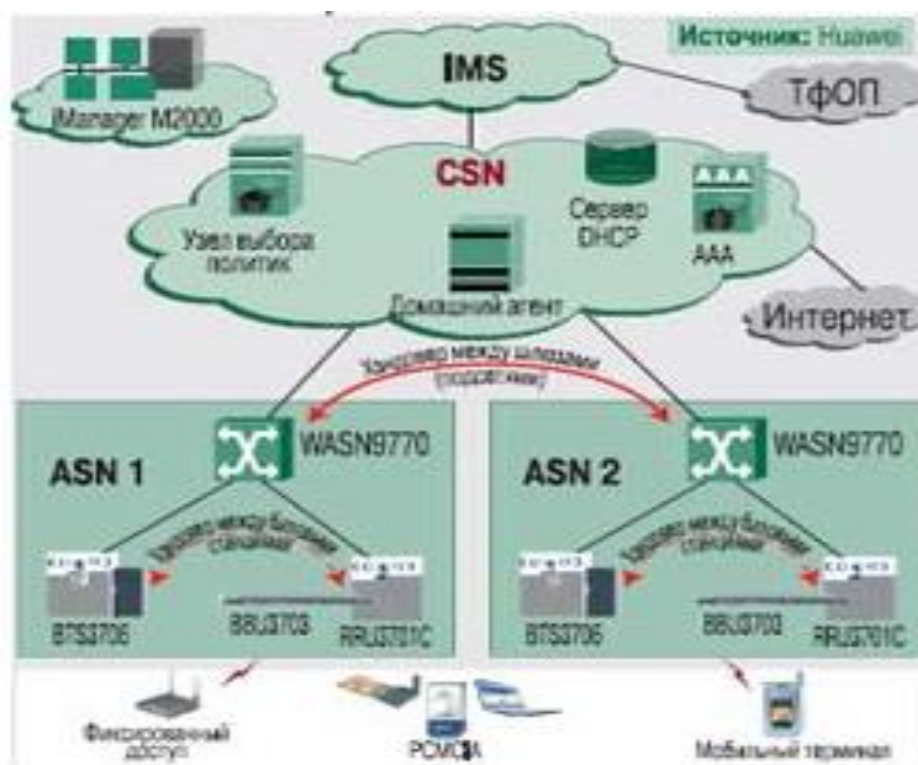


Рисунок 2.5 - Организация сети на базе решения Huawei Mobile WiMAX

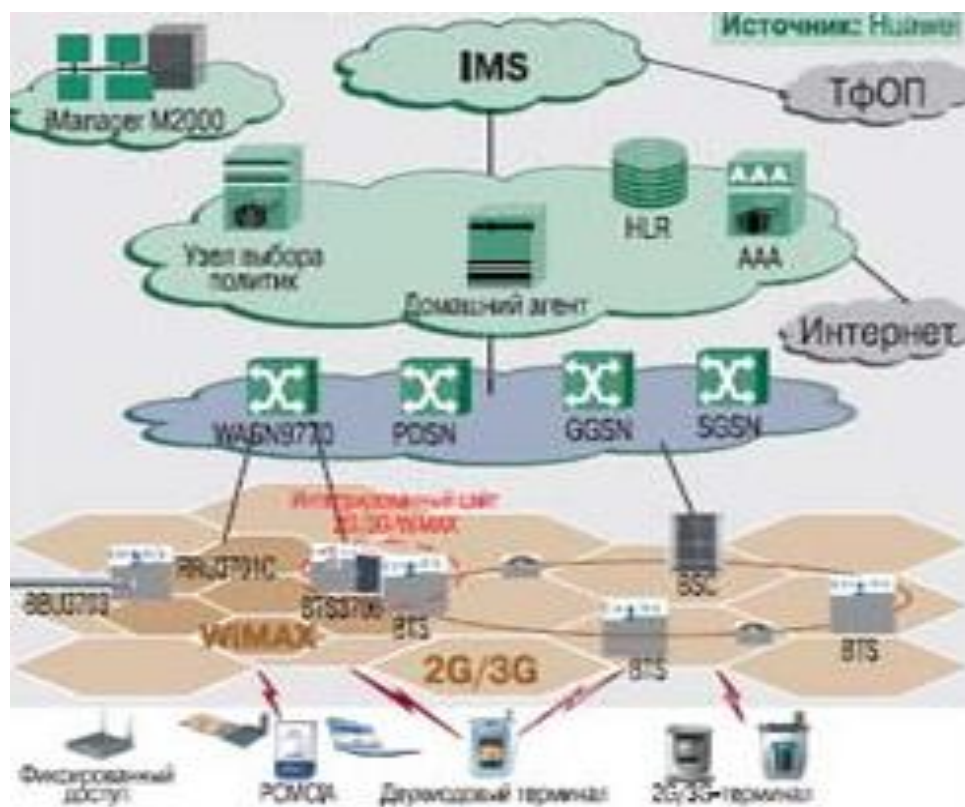


Рисунок 2.6 - Организация гибридной сети на базе решения Huawei Mobile WiMAX

На базе решения Huawei Mobile WiMAX можно построить самостоятельную сеть (рисунок 2.5) или объединить сеть Mobile WiMAX с сетью сотовой связи 2G/3G (рисунок 2.6). В развернутых сетях операторы предоставляют пользователям широкий спектр услуг: голосовые и видеослужбы, игры, отправку сообщений, Push-toX (Push-to-Talk и др.), конференц-связь.

Взяв модель независимой сети Mobile WiMAX, операторы на базе решения Huawei могут построить любую сеть городского (MAN) или регионального (WAN) масштаба. Благодаря совместимости с платформой IMS компании Huawei или других производителей, это решение дает высокую пропускную способность и наименьшую стоимость передачи одного мегабита информации.

Операторы сотовой связи, владея инфраструктурой 2G/3G и создавая гибридную сеть на базе решения Huawei Mobile WiMAX, могут сохранить свои капиталовложения, так как в новой структуре используются многие элементы старой опорной сети – HA, HLR, AAA и др.

Базовая станция BTS3703 – продукт компании Huawei, созданный на основе протокола IEEE 80216e – базовая станция WiMAX. Этот продукт основан на телекоммуникационной платформе. Достоинствами данного решения являются:

- BTS3703, WASN9970 и MS могут быть развернуты в ШБД в стационарном и в мобильном виде;

- ASN обеспечивает услугами ШБД с большой зоной покрытия;
- BTS3703 имеет высокую надежность защищенности.

Базовая станция BTS содержит BBU (Baseband Unit), RRU (Remote Radio Unit) и антенно-фидерной системы. На рисунке 2.7 показаны основные элементы системы базовой станции, в таблице 2.1 приведены ее технические характеристики.

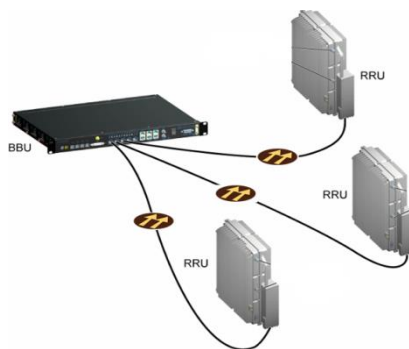


Рисунок 2.7 – Схема базовой станции

Т а б л и ц а 2.1 – Технические характеристики базовой станции

Ширина канала	5 МГц или 10 МГц
Рабочая частота	2,3 ГГц; 2,5 ГГц; 3,5 ГГц
Вес	BBU – 5 кг; RRU – 15 кг
Скорость передачи	30 Мбит/с (10 МГц) и 15 Мбит/с (5 МГц)
Радиус соты	до 5 км

Т а б л и ц а 2.2 – Технические характеристики антенны

Рабочий диапазон частот, МГц	3400-3600
Усиление, дБ	15
КСВ, не хуже	1,5
Поляризация	Вертикальная
Допустимая мощность, Вт	10

Основные функции выполняемые BBU:

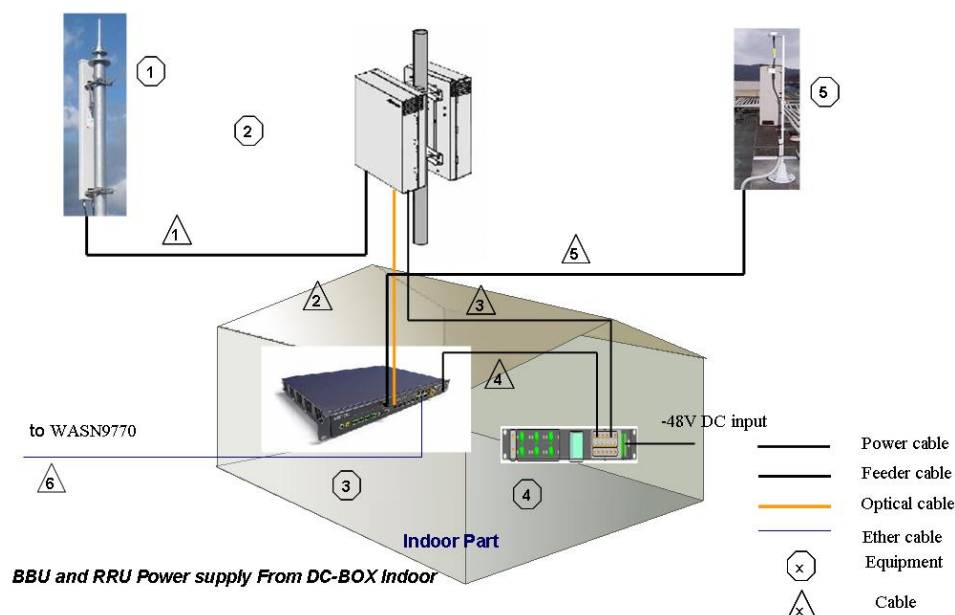
- обеспечение процессов передачи данных;
- функции узкополосной модуляции;
- контроль и управление системы;
- синхронизация во времени.

RRU работает на средней частоте и совершает радиочастотный процесс. BBU соединен с RRU по волоконно-оптическим линиям связи.

В зависимости от проекта установки базовой станции Huawei предлагает:

- BBU и RRU установлены внутри помещения (indoor);
- BBU устанавливать снаружи (outdoor), а RRU – внутри помещения;
- BBU устанавливать внутри помещения, а RRU – снаружи;
- BBU и RRU устанавливать снаружи (outdoor).

В этой работе рассматривается 3-й вид установки, общий вид которой приведен на рисунке 2.7.



1 – антенна; 2 – RRU; 3 – BBU; 4 – DC-Box; 5 – GPS; кабели 1, 5 – фидер;
2, 6 – оптический кабель; 3, 4 – кабель питания

Рисунок 2.7 – Общий вид установки базовой станции

Тогда проектируемая схема сети WiMAX будет выглядеть следующим образом (рисунок 2.8).

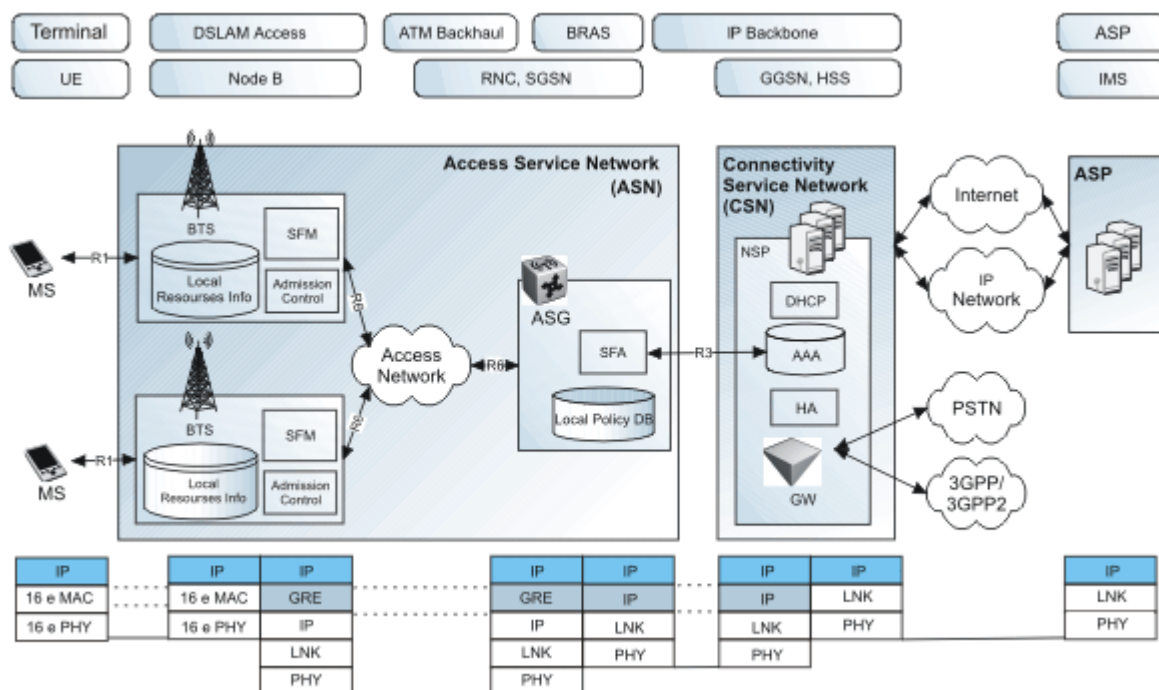


Рисунок 2.8 – Схема проектируемой сети WiMAX

3 Расчетная часть

3.1 Расчет дальности связи

Расчет дальности связи между антенной базовой станции и точками доступа. Рассчитаем ожидаемую дальность связи БС и абонентскими устройствами системы WiMAX на территории города Кустанай.

Исходные данные для расчета:

а) Характеристики таблицы:

- 1) мощность передатчика – 200 мВт;
- 2) минимальный порог уровня на входе приемника – 75 дБм;
- 3) средняя частота приема и передачи – 2,5 ГГц;
- 4) затухание в фильтрах и антенных разделителях – 7 дБ;
- 5) диаграмма направленности антенны – 60°;
- 6) коэффициент усиления антенны БС – 17 дБ;
- 7) высота расположения антенны – 30 м;

б) характеристики блока фиксированного абонентского доступа:

- 1) диаграмма направленности – 6,1°;
- 2) коэффициент усиления антенны – 7 дБм;
- 3) высота приемной антенны – от 3 до 10 м;
- 4) напряженность поля, при которой обеспечивается достаточное качество приема, равна – 50 дБ.

Находим зону покрытия одной БС. Методика расчета состоит на данных о распространении радиоволн над среднепересеченной местностью. В расчете используются статистические кривые распространения радиоволн, которые положены в основу метода расчета (рисунок 3.1).

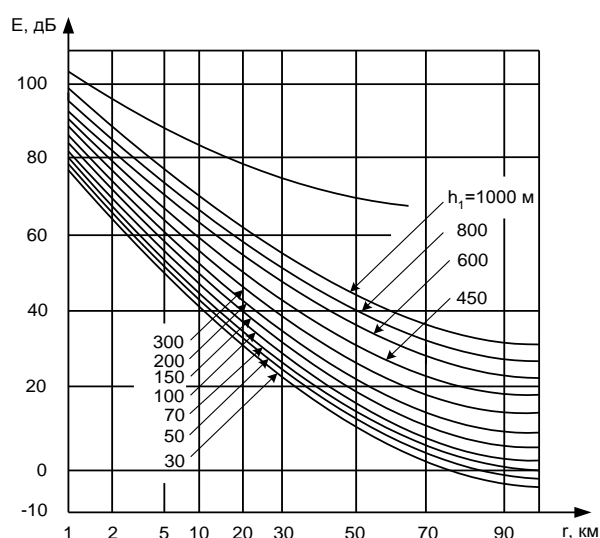


Рисунок 3.1 – Кривые распространения радиоволн над поверхностью земли в городской зоне

Данные кривые построены при использовании передатчика мощностью 1 кВт, который создает в пунктах приема на расстоянии r , напряженность поля E , соответствующие пересечению вертикали с кривой высоты, передающей антенны. Но реальные характеристики передатчиков отличаются от принятых в кривых, поэтому вводятся поправочные коэффициенты, а общая расчетная формула имеет вид:

$$E = E_c + B_{P.H.} + B_{\phi} + B_{h2} + B_{DAE} + (\alpha \cdot l) - D_{AN} - D_{AO} + B_{\theta}, \quad (3.1)$$

где E_c – напряженность поля сигнала, необходимая для получения заданных показателей. E_c заданна из технической документации к оборудованию, $E_c=60$ дБ;

$B_{P.H.}$ – поправка учитывающая отличие номинальной мощности передатчика от мощности 1 кВт, принятой для кривых, дБ;

B_{ϕ} – затухание в резонаторных, мостовых фильтрах и антенных разделителях, дБ. $B_{\phi}=7$ дБ;

B_{h2} – поправка, учитывающая высоту приемной антенны, дБ;

$B_{рел}$ – поправка, учитывающая рельеф местности, дБ;

$\alpha \cdot l$ – затухание в фидере передающей и приемной антенной, дБ. В данном типе оборудования не используется, т.к. соединение с блоком БС происходит с помощью цифровой соединительной линией HDSL;

$D_{БС}$ – коэффициент усиления антенны БС, $D_{БС}=17$ дБ;

$D_{АУ}$ – коэффициент усиления антенны абонентского оборудования, $D_{АУ}=7$ дБ;

B_{θ} – поправка, учитывающая уменьшение восприимчивости к помехам по сравнению с четвертьволновым штырем, дБ.

Определим поправку $B_{P.H.}$ последующей формуле (3.2):

$$B_{P.H.} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1000}{P_H}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{1000}{0,2}\right) = 37, \text{ дБ} \quad (3.2)$$

где P_H – номинальная мощность передатчика, $P_H=200$ мВт.

Определим поправку B_{h2} , учитывающую высоту приемной антенны отличную от 1,5 м, по формуле (3.3):

$$B_{h2} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1,5}{h_2}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{1,5}{10}\right) = -8,2, \text{ дБ} \quad (3.3)$$

где h_2 – высота приемной антенны, $h_2=10$ м, исходные данные.

Поправка, которая учитывает реальный рельеф местности $B_{рел}$ в зоне действия системы радиодоступа, определяется следующим образом. Графики зависимости дальности связи от напряженности поля при различных высотах

передающих антенн БС составлены на основании обработки статистической информации об изменениях в условиях среднeperесеченной местности.

Среднeperесеченной считается такая местность, на которой среднее колебание отметок высот на расстоянии 10 – 15 км от БС не превышает 50 м. График определения рельефа местности, приведен на рисунке 3.2. Для определения колебания уровня местности Δh , рисуют рельеф местности и определяют колебание Δh . Когда Δh отличается от 50 м в любую сторону, следует добавлять поправки, определяемые по графикам рисунка 3.2 для $r < 100$ км. Антенна БС системы WiMAX имеет секторную конструкцию, один сектор имеет зону охвата 60° , т.о. для охвата зоны в 360° используется шесть секторов. Дальность связи на любом секторе определяется из рельефа местности, наличия построек или других препятствий для прохождения сигнала в прямой видимости.

Найдем поправку $V_{\text{рел}}$ для любого сектора при учете рельефа местности и строений. Первый сектор. В зоне радиопокрытия преобладают десяти этажные здания на расстоянии до 5 км. Т.о. поправка $\Delta h_1 = 27$ м. Поправка на рельеф $V_{\text{рел}} = -2,5$ дБ. Второй сектор. Зона радиопокрытия характеризуется двенадцати этажными домами и наличием деревьев высотой до 10 м. Поправка $\Delta h_2 = 35$ м. Поправка на рельеф $V_{\text{рел}} = -2$ дБ. Третий сектор. Зона радиоохвата характеризуется четырех этажными домами. Поправка $\Delta h_3 = 15$ м. Допуск на рельеф $V_{\text{рел}} = -4$ дБ (рисунок 3.2).

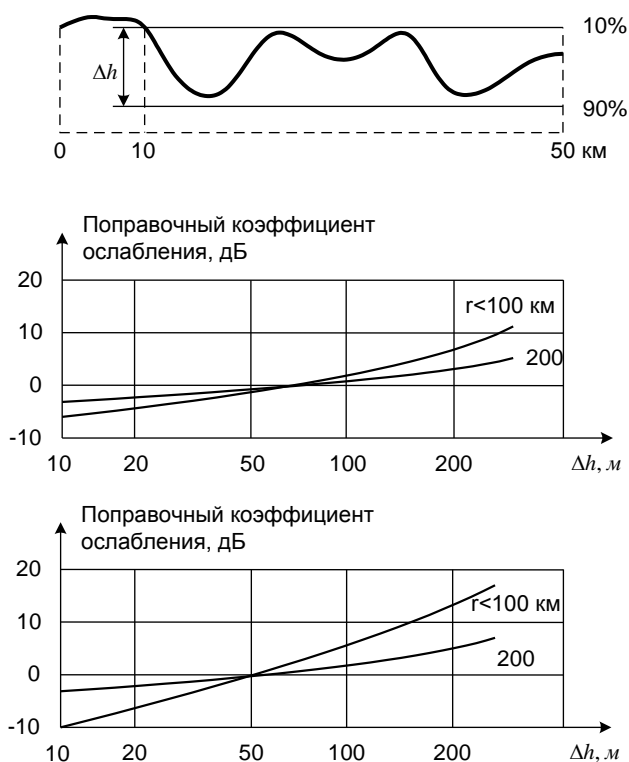


Рисунок 3.2 – Графики учитывающие поправки рельефа местности

Четвертый сектор характеризуется высотой построек до 15 м. На расстоянии пяти километров начинается холмистая местность, высота

местности достигает 50 м, относительно уровня расположения БС. Поправка $\Delta h_4=50$ м. Поправка на рельеф $V_{\text{рел}} = -1$ дБ. В пятом секторе преобладают строения высотой до 35 м. Поправка $\Delta h_5=35$ м. Поправка на рельеф $V_{\text{рел}} = -2$ дБ. Шестой сектор. Характеризуется наличием высотных строений, высотой до 27 м. Поправка $\Delta h_5=27$ м. Поправка на рельеф $V_{\text{рел}} = -2,5$ дБ.

Рассчитаем поправку ΔB_θ , она учитывает уменьшение восприимчивости к помехам по сравнению с четвертьволновым штырем по формуле (3.4):

$$\Delta B_\theta = 10 \cdot \lg \left(\frac{\theta_E}{360} \right) = 10 \cdot \lg \left(\frac{6,1}{360} \right) = -17,7, \text{ дБ} \quad (3.4)$$

где θ_E – угол диаграммы направленности принимающей антенны, $\theta_E=6,1^\circ$

Подставляя значения в формулу 3.1 находим напряженность поля, создаваемое, передающей базовой станцией (БС) в пункте приема абонентской станцией для каждого сектора:

Первый сектор

$$E = 60 + 37 + 7 - 8,2 - 2,5 - 17 - 7 - 17,7 = 51,6 \text{ дБ}$$

Второй сектор

$$E = 60 + 37 + 7 - 8,2 - 2 - 17 - 7 - 17,7 = 52,1 \text{ дБ}$$

Третий сектор

$$E = 60 + 37 + 7 - 8,2 - 4 - 17 - 7 - 17,7 = 50,1 \text{ дБ}$$

Четвертый сектор

$$E = 60 + 37 + 7 - 8,2 - 1 - 17 - 7 - 17,7 = 53,1 \text{ дБ}$$

Пятый сектор

$$E = 60 + 37 + 7 - 8,2 - 2 - 17 - 7 - 17,7 = 52,1 \text{ дБ}$$

Шестой сектор

$$E = 60 + 37 + 7 - 8,2 - 2,5 - 17 - 7 - 17,7 = 51,6 \text{ дБ}$$

По рассчитанным значениям напряженности поля, создаваемое БС в точке приема определим дальность связи для каждого сектора. Дальность связи находится по графику распространение радиоволн над поверхностью земли в

городской зоне, смотрите рисунок 3.3. Поэтому дальность связи для каждого сектора составляет:

- первый сектор: $E=51,6$ дБ, дальность связи составляет 4,3 км;
- второй сектор: $E=52,1$ дБ, дальность связи составляет 4,25 км;
- третий сектор: $E=50,1$ дБ, дальность связи составляет 4,5 км;
- четвертый сектор: $E=53,1$ дБ, дальность связи составляет 4,1 км;
- пятый сектор: $E=52,1$ дБ, дальность связи составляет 4,25 км;
- шестой сектор: $E=51,6$ дБ, дальность связи составляет 4,3 км.

На рисунке 3.3 показана дальность связи на каждом секторе. Полученные результаты могут отличаться от реальных значений.

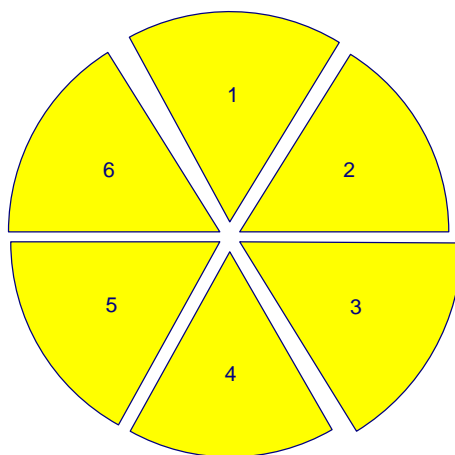


Рисунок 3.3 – Зона покрытия базовой станции города Кустанай

Сравнивая рассчитанные данные дальности связи можно сделать вывод что, средняя дальность связи составляет 4 км, что по технической документации соответствует средней дальности связи.

3.2 Расчёт радиуса соты для сети ШБД

3.2.1 Сетевое планирование.

Сеть ШБД нельзя сравнить с сетями других технологий и работает как единый организм. На практике учитываются три основных параметра сети беспроводного широкополосного доступа, а именно покрытие, качество и емкость, так как они взаимосвязаны и влияют друг на друга. Таким образом, операторы могут обеспечить оптимальным обслуживанием заданной территории, изменяя в основном эти параметры сети.

3.2.2 Проведем анализ прямого соединения.

Пилот-сигнал. Отношение E_s/I_0 (уровень энергии в одном чипе/плотность интерференции), характеризует мощность сигнала пилот канала. Мобильный телефон постоянно меняет E_s/I_0 и сравнивает его с различными порогами чувствительности, такими как порог детектирования пилот - сигнала

T_ADD и пороге сброса пилот - сигнала T_DROP. Результаты этого сравнения отправляются назад к базовой станции, для определения переключения (hand off) мобильной станции с одной базовой станции на другую. Отношение E_c/I_o играет большую роль в определении поиска мобильной станции в зоне покрытия базовой станции. Дополнительно, пилот-сигнал передается базовой станцией с достаточно большей мощностью, чем сигналы других логических каналов прямого соединения (базовая станция – мобильная станция). Соединение не может быть установлено без положительного приема пилот - сигнала мобильной станцией, потому что наряду с другими функциями, пилот-сигнал служит опорой фазы когерентной несущей для демодуляции других логических каналов в прямом соединении.

Канал трафика. На уровне коммутации, в этой работе необходимо учесть отношение E_b/N_0 в трафике канала прямого соединения. В случае, когда соединение поддерживает необходимое отношение E_b/N_0 , гарантируется качество этого соединения.

Обратная коммутация (от мобильной станции к базовой). Так как в обратном соединении нет пилот - канала, в данной работе учитывается лишь отношение E_b/N_0 . Обратное соединение переводит отношение E_b/N_0 непосредственно в BER, которое имеет большое влияние на качество передаваемого контента в обратном направлении. Поддержка нужного значения E_b/N_0 гарантирует высокое качество соединения (таблица 3.1).

Т а б л и ц а 3.1 - Параметры обратного каналов WiMAX

Параметр	Обозначение	Значение
Мощность мобильного терминала	P_m	30 dBm
Потери в кабеле мобильного терминала	L_m	0 dB
Параметр	Обозначение	Значение
Коэффициент усиления антенны мобильного терминала	G_m	8 dBi
Потери при ориентации антенны мобильного терминала	L_p	2 dB
Допуск на проникновения в здания	L_b	10 dB
Коэффициент усиления антенны базовой станции	G_c	17 dBi
Потеря в кабеле базовой станции	L_c	2 dB

3.2.3 Исследование радиуса соты.

Радиус соты как функцию загрузки соты можно найти, определив расстояние, на котором потери при прохождении ведут к уровню сигнала равному требуемому.

Расчет бюджета радиолинии для необходимой соты основан на нахождении величины максимальных потерь при распространении L_{\max} . Так как потери при прохождении пропорциональны длине радиолинии, значение L_{\max} выражает эффективный радиус соты или сектора в данном направлении.

Суммарное выражение для потерь при распространении в дБ как функции расстояния следующее:

$$L(d_{km}) = L_1 + 10\gamma \log_{10} d_{km}, \quad (3.5)$$

где d_{km} - расстояние в километрах;

L_1 - значение потерь для $d_{km} = 1$;

γ - закон распределения энергии.

На краях соты, $d_{km} = R_{km}$, потери равны L_{\max} . Таким образом, полное выражение для радиуса соты в километрах имеет вид:

$$L_{\max} = L(R_{km}) = L_1 + 10\gamma \log_{10} R_{km}, \quad (3.6)$$

Подставив общее выражение относительно R_{km} , получаем следующее выражение:

$$R_{km} = 10^{\frac{L_{\max} - L_1}{10\gamma}}, \quad (3.7)$$

или

$$R_{km} (dBkm) = 10 \log_{10} R_{km} = \frac{L_{\max} - L_1}{\gamma}, \quad (3.8)$$

Далее, для поиска отношения между радиусом соты и количеством трафика в соте, необходимо рассчитать выражения для максимальных потерь при распространении L_{\max} и подставить в (3.8).

Эмпирическая формула для потерь определена МСЭС (ITU-R):

$$\begin{aligned} L(\partial B) = & 69,55 + 26,16 \log_{10} f_{MHz} - a(h_2) - 13,82 \log_{10} h_b \\ & + (44,9 - 6,55 \log_{10} h_b) \log_{10} d_{km} - B, \end{aligned} \quad (3.13)$$

где h_b и h_m - высоты антенн базовой и мобильной станции в метрах;
 f_{MHz} - центральная частота в МГц;

$$a(h_2) = \langle (1,1 \log_{10} f_{MHz} - 0,7)h_2 - (1,56 \log_{10} f_{MHz} - 0,8) \rangle;$$

$V = 30 - 25 \log_{10}$ (процент площади покрытой зданиями) - коррекционный фактор.

Формула преобразована из модели условий распространения Хата для городов и мегаполисов.

Далее получим потери:

$$L(dB) = 69,55 + 26,16 \log_{10} f_{MHz} - [(1,1 \log_{10} f_{MHz} - 0,7)h_2 - (1,56 \log_{10} f_{MHz} - 0,8)] - 13,82 \log_{10} h_b + (44,9 - 6,55 \log_{10} h_b) \log_{10} d_{km} - [30 - 25 \log_{10} (\%)] \quad (3.14)$$

Возьмем значения центральной частоты $f = 2500$ МГц и высоты антенн базовой станции $h_b = 30$ м и мобильного терминала $h_m = 1,5$ м, а так же процент застройки равный 20 процентам.

Подставив данные в (3.6) получим:

$$L(d_{km}) = 113,95 + 35,22 \log_{10} d_{km}, \quad (3.15)$$

Далее, сравнивая выражения (3.15) и (3.6) находим значения для L_1 и γ ,

$$L_1 = 113.95 \text{ дБ и } \gamma = 35,22/10 = 3,522.$$

Далее необходимо найти выражение для максимальных потерь L_{\max} относительно загрузки одной базовой станции. Для этого определим зависимость уровня сигнала от загрузки БС.

Отметим средний уровень сигнала, требуемый при приеме P_s и минимальный необходимый при приеме уровень сигнала при отсутствии интерференции P_s^* .

В соответствии с идеально отрегулированной по мощности моделью, требуемое среднее значение принимаемого сигнала

$$P_s = \frac{P_s^*}{1 - \frac{M}{M_{\max}}}, \quad (3.16)$$

где $\frac{M}{M_{\max}}$ отношение количества абонентов в соте (секторе) к наибольшему количеству абонентов.

С учетом запаса по мощности в dBm

$$P_s(dBm) = P_s^*(dBm) + M_{dB} - 10 \log_{10} (1 - \frac{M}{M_{\max}}), \quad (3.17)$$

где

$$\begin{aligned} P_s \text{ (dBm)} &= (E_b/N_0)_{\text{req}} \text{ (dB)} + (N_0W)_c \text{ (dBm)} - (PG) \text{ (dB)} = \\ &= (E_b/N_0)_{\text{req}} \text{ (dB)} - 129.2 \text{ dBm}, \end{aligned} \quad (3.18)$$

Предположим, что база сигнала $PG = 128 = 21,1 \text{ dB}$ и шумы приемника базовой станции 5 dB , значит $(N_0W)_c = -108,1 \text{ dBm}$.

Наилучшее максимальное количество пользователей с учетом запаса по мощности:

$$M_{\text{max}}(E_b/N_0; M_{\text{dB}}) = \frac{PG}{(E_b/N_0)_{\text{req}} \cdot F \cdot \alpha_r} \cdot \frac{1}{10^{M_{\text{dB}}/10}} \quad (3.19)$$

Отсюда следует, что максимальные потери при распространении, это потери, при которых на максимальной мощности передатчика мобильного терминала и различных усилениях и потерях в обратном канале, на базовой станции принимается требуемый уровень сигнала. Выражение, описывает данное состояние следующее:

$$\begin{aligned} P_s \text{ (dBm)} &= \text{мощность_перед.} + \text{коэф.усиления} - \text{потери} - L_{\text{max}} = \\ &= P_R \text{ (dBm)}_{\text{без_потерь}} - L_{\text{max}}. \end{aligned} \quad (3.20)$$

$$\begin{aligned} P_R \text{ (dBm)}_{\text{без_потерь}} &= \text{мощность_перед.} + \text{коэф.усил} - \text{потери} = \\ &= P_m - L_m + G_m - L_p - L_b + G_c - L_c. \end{aligned} \quad (3.21)$$

где $P_R \text{ (dBm)}_{\text{без_потерь}}$ находит мощность мобильного терминала, которая могла быть принята приемником базовой станции при отсутствии потерь.

Таким образом,

$$L_{\text{max}} = P_R \text{ (dBm)}_{\text{без_потерь}} - P_s \text{ (dBm)}. \quad (3.22)$$

Типовые значения параметров обратного канала, перечисленных в (3.21) даны в таблице 3.1. Подставляя значения этих параметров в (3.21), имеем:

$$P_R \text{ (dBm)}_{\text{без_потерь}} = 30 - 0 + 7 - 2 - 10 + 17 - 2 = 40 \text{ dBm}.$$

Выражение для максимального ослабления при распространении как функции параметра загрузки сети X имеет вид:

$$\begin{aligned} L_{\text{max}} \text{ (dB)} &= P_m \text{ (dBm)} + G_c \text{ (dB)} + G_m \text{ (dB)} - SNR_{\text{req}} \text{ (dB)} - \\ &- (N_0W)_c \text{ (dBm)} + 10 \log_{10}(1 - X). \end{aligned} \quad (3.23)$$

Если добавить в (3.23) детализированные потери из (3.22) с учетом запаса по мощности используемого в (3.17), тогда (3.23) можно выразить как

$$\begin{aligned} L_{\max} (dB) &= P_R (dBm)_{\text{без_потерь}} - P_s (dBm) = \\ &= P_R (dBm)_{\text{без_потерь}} - P_s (dBm) + M_{dB} - 10 \log_{10} (1 - M / M_{\max}). \end{aligned} \quad (3.24)$$

Теперь подставим (3.24) в качестве L_{\max} в (3.8) для того, что бы получить нужное выражение радиуса зона покрытия БС как функцию загрузки сети:

$$\begin{aligned} P_{km} (dBkm) &= 10 \log_{10} R_{km} = \frac{L_{\max} - L_1}{\gamma} = \\ &= \frac{P_R (dBkm)_{\text{без_потерь}} - L_1 - P_s (dBm) - M_{dB} + 10 \log_{10} (1 - M / M_{\max})}{\gamma}. \end{aligned} \quad (3.25)$$

Это выражение дает максимальный радиус соты доступный мобильному передатчику с мощностью полученной в расчетах $P_R (dBm)_{\text{без_потерь}}$.

Найдем цифровое выражение для радиуса соты, основываясь на выражении (3.60), взяв модель МСЭС(ITU-R). Численные значения параметров обратного канала приведенного в Таблице 3.1, а так же выбирая высоту антенны базовой станции $h_b = 30m$ и мобильной станции $h_m = 1,5m$ и 20 процентным покрытием территории зданиями.

Взяв данные таблицы 3.1, рассчитаем принимаемую мощность без потерь при распространении $P_R (dBm)_{\text{без_потерь}} = 40 \text{ dBm}$, из (3.14), необходимая мощность принимаемого сигнала с учетом интерференции и без запаса по мощности будет равна:

$$P_s (dBm) = (E_b / N_0)_{\text{req}} (dB) - 129,2 \text{ dBm}$$

и из (3.11) значения L_1 и γ равны, $L_1 = 113,95 \text{ dB}$ и $\gamma = 35,22/10 = 3,522$

Подставляя всё это в (3.19) мы получаем выражение с параметрами E_b / N_0 , M_{dB} , M , M_{\max} :

$$\begin{aligned} R_{km} (dBkm) &= \frac{1}{3,522} \left[40 - 113,95 - \left(\frac{E_b}{N_0} (dB) - 129,2 \right) - M_{dB} + 10 \log_{10} \left(1 - \frac{M}{M_{\max}} \right) \right] = \\ &= \frac{1}{3,522} \left[55,25 - \frac{E_b}{N_0} (dB) - M_{dB} + 10 \log_{10} \left(1 - \frac{M}{M_{\max}} \right) \right] \end{aligned} \quad (3.26)$$

Что бы показать зависимость радиуса соты от M (количества активных пользователей) при принятых значениях $\frac{E_b}{N_0}$ и запаса по мощности используем (3.26) для записи

$$R_{km} = 10^{R_{km}(dBm)/10} = 10^{55,25/35,22} \left(1 - \frac{M}{M_{\max}}\right)^{10/35,22} \left[\frac{E_b}{N_0} \cdot 10^{M_{dB}/10}\right]^{-1/3,522}$$

$$= 37,07 \left(1 - \frac{M}{M_{\max}}\right)^{0,284} \left[\frac{E_b}{N_0} \cdot 10^{M_{dB}/10}\right]^{-0,284} \quad (3.27)$$

Значения M_{dB} выбираются исходя из заранее выбранной надежности канала. Типичные значения приведены в таблице 3.2

Т а б л и ц а 3.2 - Запас по мощности для различной надежности

P_{rel}	M_{dB}
0,70	0,20dB
0,80	0,93dB
0,90	0,92dB

Взяв выражение идеальной емкости системы (3.19) M_{\max} , для выражения радиуса соты (3.27) строим график (рисунок 3.6) для разных значений M_{dB} и E_b/N_0 .

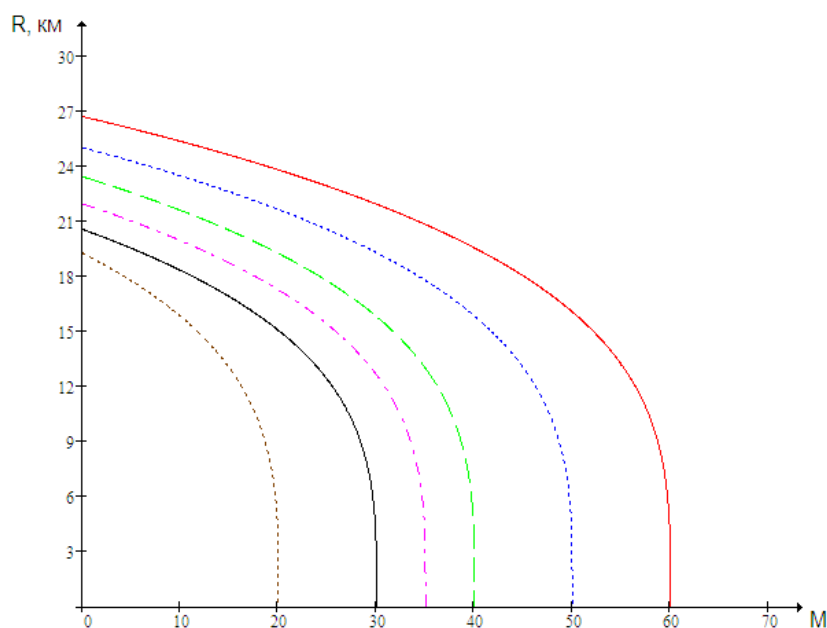


Рисунок 3.4 – График зависимости радиуса соты от загрузки соты

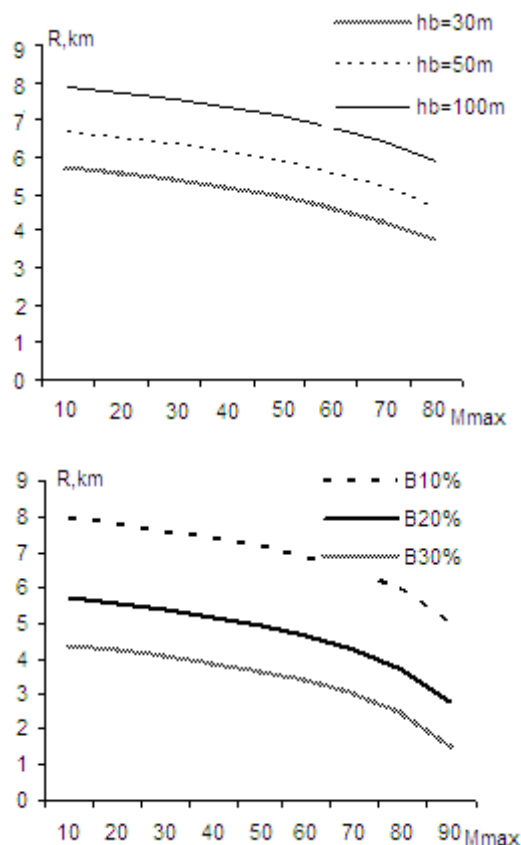


Рисунок 3.5 - Графики зависимости радиуса соты от высоты подвеса антенны БС и плотности застройки

Из графика рисунка 3.6 видно, что требуемые значение E_b/N_0 и M_{dB} , взятые из расчета надежности системы для обратного канала очень сильно влияют на размер радиуса соты. При больших значениях надежности и следовательно отношения сигнал шум и запаса по мощности, радиус соты начинает сильно падать при рассчитанных значениях емкости системы (количества активных пользователей). Так же из графика можно найти уровень снижения радиуса соты при определенном значении активных пользователей.

По графикам зависимости изображенным на рисунке 3.7 можно найти радиус соты для разных вариантов размещения БС в населенном пункте. Часто используемая высота подвеса антенн 30м (9 этажное здание), поэтому радиус соты при плотной загрузке будет составлять 4,9 км при плотности застройки 20 процентов.

Используя приведенные рекомендации, расположим базовые станции по городу Кустанай. Используя проделанные расчеты решено было разместить 4 базовые станции. Это дает возможность покрыть до 95% территории городского массива. Карта покрытия охвата города сетью беспроводного широкополосного радиодоступа на основе стандарта WIMAX приведена на рисунке...

3.2.4 Расчет затухания по модели Хата.

Модель Окамуры состоит из графических представлении экспериментальных данных, полученных Окамурой при измерении уровней радиосигнала в Японии. Для удобства ее реализации Хата предложил эмпирическую модель описания графической информации, представленной Окамурой. Следовательно, модель Хаты в виде математической модели тоже основана на экспериментальных данных Окамуры.

Среднее затухание радиосигнала в городских условиях находится по эмпирической формуле, дБ:

$$\overline{L}_z = 69,55 + 26,16 \lg f - 13,82 \lg h_t - A(h_r) + (44,9 - 6,55 \lg h_t) \cdot \lg d, \quad (3.9)$$

где $f = 150 \dots 1500$ МГц – частота радиосигнала; $h_t = 30 \dots 200$ м – высота передающей антенны; $h_r = 1 \dots 10$ м – высота приемной антенны; $d = 1 \dots 20$ км – расстояние между антеннами; $A(h_r)$ – поправочный коэффициент для высоты антенны подвижного объекта, зависящий от типа местности.

Для малых и средних городов:

$$A(h_r) = (1,1 \lg f - 0,7) h_r - (1,56 \lg - 0,8), \quad (3.10)$$

Для больших городов, мегаполисов:

$$A(h_r) = 3,2 [\lg(11,75 h_r)]^2 - 4,97 \text{ при } f \geq 400 \text{ МГц}, \quad (3.11)$$

Для пригородных районов, дБ:

$$\overline{L}_{np} = \overline{L}_z - 2 [\lg(f / 28)]^2 - 5,4 \quad (3.12)$$

Расчет произведен применив программный продукт Mathcad. Окно программы приведено на рисунке 3.7. График зависимостей показан на рисунке 3.6.

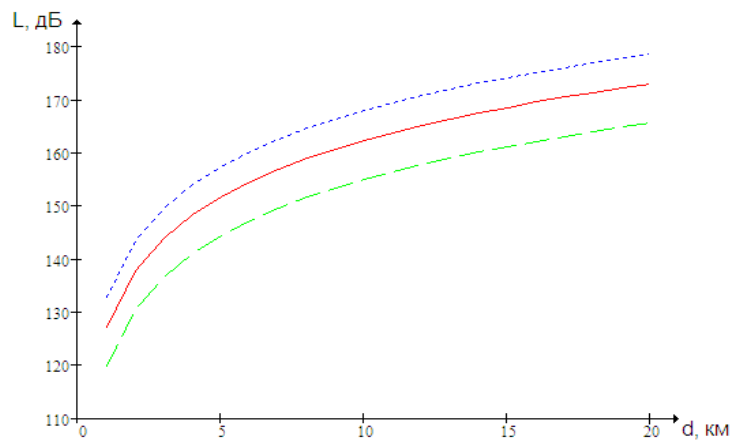


Рисунок 3.6 – График зависимости затухания радиосигнала от расстояния между антеннами

 Малые и средние города, ☐ Крупный город, ☐ Пригород. Кнопки: Очистить, Рассчитать, Закрыть. Результат: Затухание (дБ) - 157,523172047128."/>

Рисунок 3.7 – Окно вывода результатов расчета программы

3.3 Расчет абонентской нагрузки

На начальном этапе расчета базовой станции, обычно прогнозируют предполагаемую нагрузку, поэтому вопрос о нагрузке в соте и во всей сети, является основным. Правильный расчет нагрузки делает систему гибкой, готовой к любым нестандартным ситуациям. Исследованию нагрузки дается много внимания, но в большинстве своем это работы по изучению статистических данных уже работающих сетей. Эта информация, безусловно, важна, но только для дальнейшей эксплуатации сети, так как может позволить повысить пропускную способность базовых станций и избавиться от перегрузок сети.

На сегодняшний день вероятность отказа (блокировки) радиоканала составляет 5 – 10 процентов. Такая вероятность отказа радиоканала является

немного избыточной и поэтому многие производители устанавливают более жесткие требования, способные добиться наилучшего качества с меньшими потерями. Возьмем вероятность потерь 5 процентов.

В данное время при расчете нагрузки принимают данные, принятые в рекомендации Международного союза электросвязи (ITU-T). Предлагаемые в рекомендации нормирование нагрузки берется с точки зрения вероятности отказа в час наибольшей нагрузки (ЧНН) – это 30 наиболее загруженных дней года.

Допустимый порог вероятности потерь, можно определить только после введения в эксплуатацию сеть, когда нагрузка будет создаваться реальными абонентами с реальным трафиком, но, тем не менее, предварительные расчеты нагрузки дают возможность заложить тот фундамент, на котором будет построена вся сеть СПС.

При оценке нагрузки и емкости в сотовых сетях используют распространенную модель Эрланга для систем с отказами (вероятность поступления вызова в момент, когда все каналы заняты).

$$P_q = \frac{\frac{A^n}{n!}}{\sum_{i=0}^n \frac{A^i}{i!}} \quad (3.28)$$

Уравнение (3.28) представляет собой формулу Эрланга и связывает один из важнейших показателей качества функционирования сети - вероятность отказа p_q - со значениями нагрузки A и числа каналов n . Эта формула Эрланга является табулированной. Но, на практике, это не всегда является удобным для расчетов нагрузки. Очевидная сложность процедуры определения нагрузки при помощи формулы не может рекомендовать ее для инженерного использования, а используют рассчитанные на ее основе таблицы зависимости количества каналов от поступающей нагрузки при заданном проценте блокировок.

Мы предполагаем, что исходя из предлагаемого спектра услуг, качества связи и проведении маркетинговых акций за год должны набрать порядка 400 корпоративных пользователей и около 200 индивидуальных пользователей системы.

Для расчета оборудования базовой станции надо рассчитать среднюю нагрузку создаваемую абонентом системы, для этого воспользуемся формулой для расчета нагрузки от абонентов:

$$Y_{\text{общ}} = \frac{N_{ac} \cdot C_{ac} \cdot T_{ac}}{3600}, \text{ Эрланг} \quad (3.29)$$

Подставим в формулу известные для системы статистические данные:

$C_{ac} = 2,3$ вызовов/час - среднее число вызовов в ЧНН от одного абонента системы,

$T_{ac} = 10$ минут - средняя продолжительность вызова абонента системы,
 $N_{ac} = 600$ - число абонентов системы.
 Имеем:

$$Y_{общ} = \frac{600 \cdot 2,3 \cdot 600}{3600} = 230, \text{ Эрл.}$$

Зная общую нагрузку создаваемую абонентами системы и принимая, что количество отказов в системе в ЧНН не должно превышать 5 процентов, по таблицам Эрланга получаем необходимое количество каналов для обслуживания полученной нагрузки. Так для обслуживания нагрузки 230 Эрланг при 5 процентов блокировок необходимо 255 радио каналов.

Данная задача была рассмотрена при помощи программы имитационного моделирования на пакете NetCraker 4.1 (рисунок 3.8).

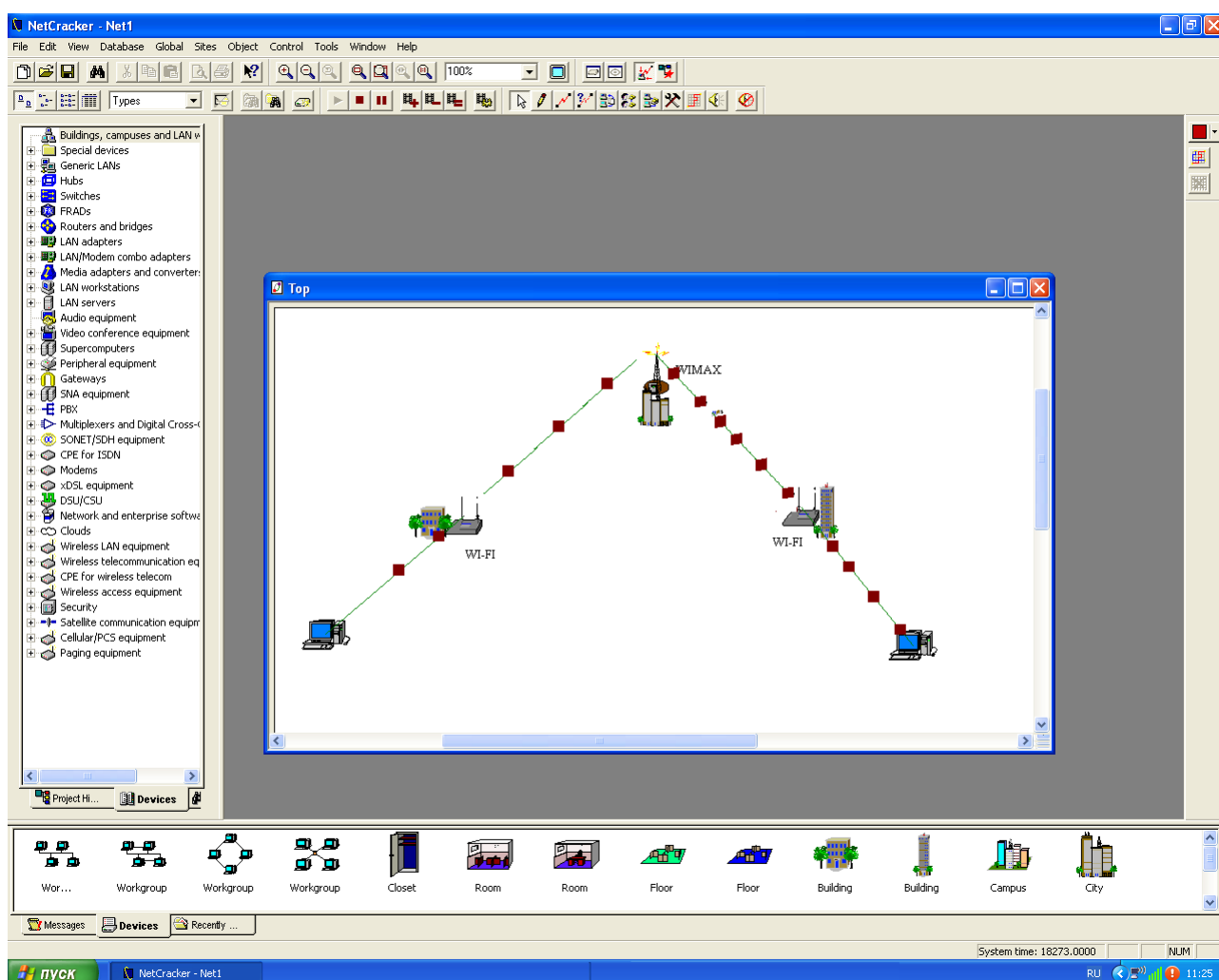


Рисунок 3.8 - Имитационное моделирование на пакете NetCraker 4.1

3.4 Оценка эффективности связи

Для более эффективной связи с помощью высокочастотных волн необходимо обеспечить беспрепятственную линию прямой видимости между передатчиками и приемниками. Встает вопрос: сколько пространства необходимо вокруг прямого тракта между передатчиком и приемником должно быть свободно от преград.

Для этого необходимо применить такое понятие, как зоны Френеля.

Понятие зон Френеля основано на законе Гюйгенса, согласно которому каждая точка среды, до которой доходит возмущение, сама становится источником вторичных волн, и поле излучения рассматривается как суперпозиция всех вторичных волн. На основе этого закона можно показать, что преграды лежащие внутри концентрических окружностей, проведенных вокруг линии прямой видимости двух трансиверов, могут влиять на качество как положительно, так и отрицательно. Все препятствия, попадающие внутрь первой окружности, первой зоны Френеля, оказывают более негативное влияние.

Рассмотрим точку, находящуюся на прямом тракте между передатчиком и приемником, расстояние от точки до передатчика равно S , а расстояние от точки до приемника равно D , т.е. расстояние между передатчиком и приемником равно $S + D$. На рисунке 3.9 показан тракт прямой видимости передатчик приемник.

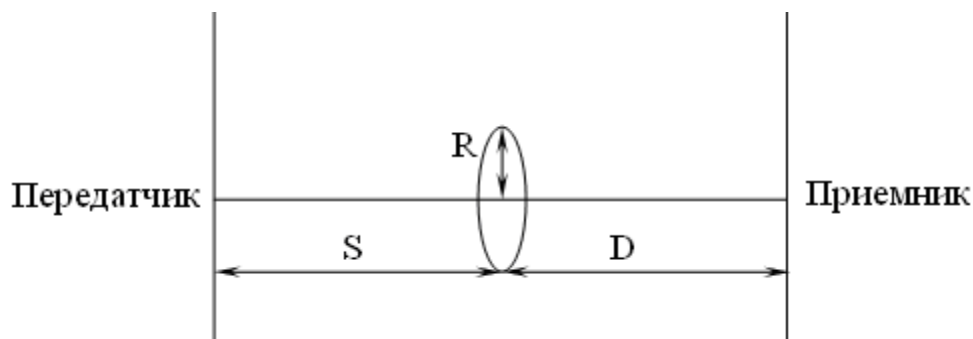


Рисунок 3.9 – Тракт прямой видимости передатчик приемник

Находим радиус первой зоны Френеля в этой точке по формуле (3.30):

$$R = \sqrt{\frac{\lambda SD}{S + D}}, \quad (3.30)$$

где R , S и D измеряются в одних и тех же единицах, а λ обозначает длину волны сигнала в тракте.

Для удобства формулу (3.30) можно представить следующим образом:

$$R_M = 17,3 \sqrt{\frac{1}{f_{ГГц}} \frac{S_{KM} D_{KM}}{S_{KM} + D_{KM}}}, \quad (3.31)$$

где R - выражается в метрах, два остальных расстояния - в километрах, а частота сигнала - в гигагерцах.

Например, пусть расстояние между двумя трансиверами равно 10 км, а частота несущей – 2,5 ГГц.

Тогда радиус первой зоны Френеля в точке, расположенной в середине между трансиверами, равен 24,66 м.

Было установлено, что если внутри окружности, радиус которой составляет примерно 0,6 радиуса первой зоны Френеля, проведенной вокруг любой точки между двумя трансиверами, нет никаких преград, то затуханием сигнала, обусловленным наличием преград, можно пренебречь. Одной из таких преград является земля. Значит, высота двух антенн должна быть такой, чтобы вдоль тракта не было ни одной точки, расстояние от которой до земли было бы меньше, чем 0,6 первой зоны Френеля.

Определим как растительность влияет на прямую видимость между передатчиком и приемником.

Часть тракта канала связи может проходить сквозь растительность, в основном через листву высоких деревьев. В некоторых пригородных областях и в маленьких городах такие преграды устранить не удастся, даже устанавливая антенны на крышах. Проведенное исследование привело к следующим выводам:

- наличие деревьев вблизи месторасположения абонента может привести к замиранию вследствие многолучевого распространения;
- основными многолучевыми эффектами, к которым приводит наличие лиственного покрова, являются дифракция и рассеяние;
- измерения, проведенные в садах с периодической структурой, дали такие результаты: поглощение 12-20 дБ на одно дерево для лиственных пород и до 40 дБ для группы из 1-3 хвойных деревьев, когда листва находится внутри 60 процентов первой зоны Френеля;
- эффекты многолучевого распространения находятся в сильной зависимости от ветра.

На рисунке 3.10 показана схема отображающая эффекты многолучевого распространения.

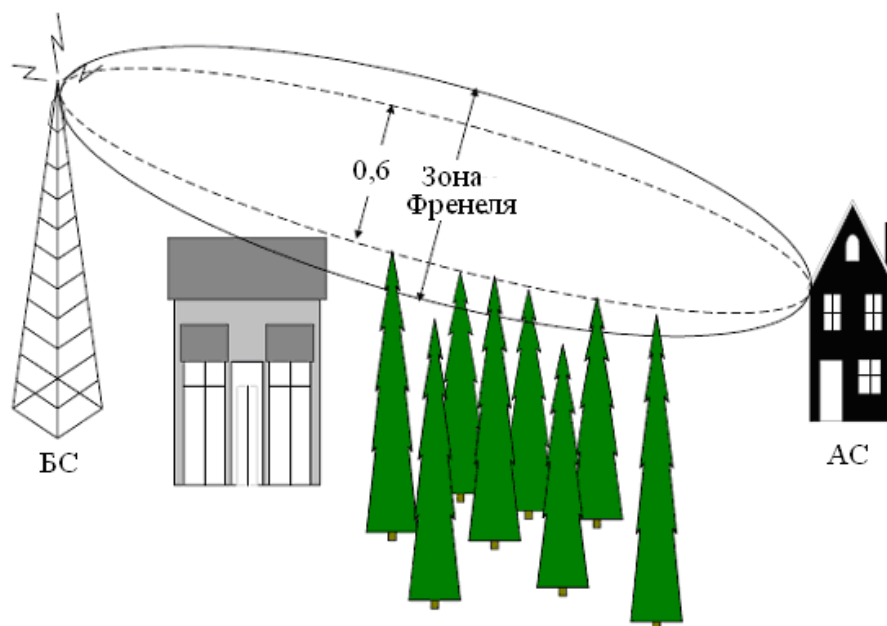


Рисунок 3.10 – Эффект многолучевого распространения сигналов

Таким образом, при установке высокочастотных систем для каждого абонента нужно постараться, чтобы в 60 процентов первой зоны Френеля не было листвы.

4 Безопасность жизнедеятельности

4.1 Анализ условий труда обслуживающего персонала базовой станции

В данном проекте рассматривается построение сети беспроводного доступа в городе Кустанай. Рассмотрим организацию связи подсистемы базовой станции.

Подсистема базовой станции состоит из шлюза базовых станций и приемо-передающих базовых станций. Шлюз базовой станции управляет несколькими приемо-передающими блоками. Базовая станция посредством антенно-фидерного тракта соединена с антенной, которая в свою очередь осуществляет прием и передачу сигналов. Также базовая станция с помощью транковых кабелей соединена со шлюзом, который имеет доступ к сети Интернет или СТОП (сеть телекоммуникаций общего пользования). Непосредственно шлюз базовых станций соединен с сервером, который осуществляет запись возникших аварий в сети.

Мониторинг сети проводится операторами, которые соединены с сервером посредством коммутатора.

Контейнер базовой станции содержит систему бесперебойного электропитания, аккумуляторные батареи и выпрямителя.

Подсистема базовой станции управляет распределением радиоканалов, контролирует соединения, регулирует их очередность, обеспечивает режим работы с прыгающей частотой, модуляцию и демодуляцию сигналов, кодирование и декодирование сообщений, кодирование речи, адаптацию скорости передачи для речи, данных и вызова, определяет очередность передачи сообщений персонального вызова

Параметры помещения по обслуживанию сети.

Операторский зал: 5х7х3,5

План помещения операторской приведен на рисунке 4.1, где учтены требования к планировке и размещению оборудования в вычислительных помещениях.

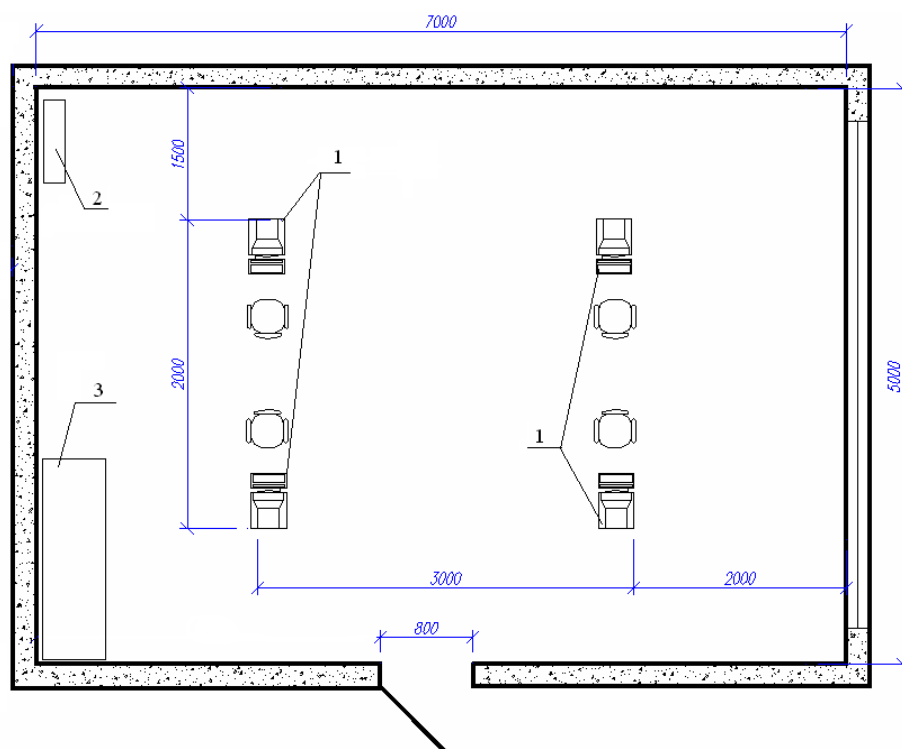


Рисунок 4.1 – Схема расположения рабочего места операторов, где 1 – компьютер; 2 – коммутатор; 3 – шкаф для рабочего персонала (2500x2000x800)

Главная задача оператора пользовательского доступа состоит в приеме и вводе информации, наблюдении и корректировке подсчета задач на ЭВМ по программам и своевременном принятии мер при сбое или неполадках в сети.

Режим труда и отдыха операторов организован в три или две смены по 8 или 12 часов соответственно. Основным перерывом является перерыв на обед. Также дополнительно вводится два-три регламентированных перерыва длительностью 10 мин каждый: два перерыва – при 8-часовом рабочем дне. При 8-часовой рабочей смене с обеденным перерывом через 4 часа работы дополнительные регламентированные перерывы вводятся через 3 часа после начала работы и за 2 часа до ее окончания.

Количество рабочих часов в неделю не превышает 40.

Операторы подвергаются воздействию вредных и опасных факторов производственной среды: недостаточной освещенности, статическому электричеству, недостаточно удовлетворительных метеорологических условий и т.п.

При длительной работе за экраном дисплея, у операторов отмечается выраженное напряжения зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болевые ощущения в глазах, пояснице, в области шеи, руках и др.

Для успешного труда рационально организовывается окружающая среда, ограждающая работника от воздействия посторонних раздражителей.

В цехах с работающей ВТ на рабочих местах оптимальные параметры микроклимата следующие: в холодные периоды года температура воздуха, скорость его движения и относительная влажность воздуха составляют $22\div 24^{\circ}\text{C}$, $0,1$ м/сек, 60 процентов; температура воздуха $21\div 25^{\circ}\text{C}$, при сохранении остальных параметров микроклимата и указанных выше пределах. В теплые периоды года температура воздуха, его подвижности и относительной влажности соответственно составляют $23-25^{\circ}\text{C}$; $0,1\div 0,2$ м/сек; 60÷70 процентов; температура воздуха колеблется от $22\div 26^{\circ}\text{C}$ при сохранении остальных параметров микроклимата в указанных выше пределах. Но не всегда можно получить оптимальные параметры микроклимата, поэтому приведем допустимые значения параметров микроклимата в таблице 4.1 [8].

Т а б л и ц а 4.1 – Допустимые значения параметров микроклимата в холодный/теплый период года

Категория работы	Температура воздуха, С	Относительная влажность, процент	Скорость движения воздуха, м/с - не более
Легкая 1б	21-25/22-28	75/55 при 28°C ⁰	0,1/0,1-0,2

В производственное помещение залов операторов подаются следующие объемы наружного воздуха:

- при кубатуре помещения до 20 мин на одного работающего – не менее 30 мин/час на человека;
- при кубатуре помещения 20 – 40 мин на одного работающего – не менее 20 мин/час на человека;
- при кубатуре помещения более 40 мин на одного работающего, наличии окон и отсутствия выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция помещений, если не требуется соблюдение технологических параметров чистоты воздуха;
- в производственных помещениях без окон и фонарей подача воздуха на одного работающего не менее 60 мин/час при соблюдении норм микроклимата и ПДК вредных веществ и пыли.

Кондиционирование воздуха обеспечивает автоматическое поддержание параметров микроклимата в необходимых пределах в течение всех сезонов года очистку воздуха от пыли и вредных веществ, создание небольшого избыточного давления в чистых помещениях для исключения поступления неочищенного воздуха. Температура воздуха, подаваемого в помещение операторов не ниже 19°C [8]. Поскольку средняя температура летом в городе Актау составляет 30°C , то приведем расчет аспирационной системы.

Базовую станцию обслуживают два специалиста. Режим появления, а также продолжительность нахождения зависит от возникновения аварии на данной базовой станции. Категория их работы на объекте относится к категории 1а (легкая физическая работа), при этом энергозатраты организма менее 138 ккал/ч, производимые работы делаются сидя и не требуют

напряжения. При этом в зависимости от энергозатрат организма согласно Санитарным правилам и нормам по гигиене труда в промышленности предусматривает температуру воздуха в теплый период (22 – 24 С), в холодный период (23 – 25 С) и также скорость движения воздуха не более 0,1 м/с.

С точки зрения пожарной безопасности помещение операционного зала относится к категории D, так как в нем присутствуют несгораемые вещества и материалы в холодном состоянии; степень огнестойкости III – здание с несущими и ограждающими конструкциями из железобетона. Предел огнестойкости 1-2 часа.

Причинами пожаров в операционном зале, являются: искрение в оборудовании; теплота, выделяющаяся при перегрузках электрических сетей, машин и аппаратов, больших переходных сопротивлений (наиболее часто перегрузки возникают при токовых нагрузках, превышающих в течение длительного времени допустимые значения, а большие сопротивления – при плохих контактах); искры при коротких замыканиях – возникают при неправильном подборе и монтаже электросетей, износе, старении и повреждении изоляции электропроводов и оборудования; неисправность отопительных приборов и нарушение технологического процесса, в результате которого выделяются горючие газы, пары или пыль; применение разветвленных систем вентиляции и кондиционирования (поэтому кислород как главный окислитель процессов горения имеется в любой точке помещения в любое время).

Производственная среда, являющаяся предметным окружением человека, сочетает в себе рациональное архитектурно-планировочное решение, оптимальные санитарно-гигиенические условия (микроклимат, освещение, отопление, вентиляция и другие), научно-обоснованную цветовую окраску и создание высокохудожественных интерьеров.

Так как на станции установлена антенна, используется молниезащита.

Для приема электрического разряда молнии и отвода её в землю применяют молниеотводы. Молниеотвод состоит из несущей части – опоры, молниеприемника, токоотвода и заземления [9].

При выполнении молниезащиты для повышения безопасности людей заземленные молниеотводы размещены в редко посещаемых местах, в удалении на 5 метров и более от грунтовых, проезжих и пешеходных дорог.

Для защиты от проявления электростатической индукции металлические корпуса всего оборудования присоединены к специальному защитному заземлению местной электросети.

Степень взрывопожароопасности объектов оценивается по классификации Правил устройства электроустановок (ПУЭ). Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты СН 305— 77 устанавливает три категории устройства молниезащиты (I, II, III) и два типа (А и Б) зон защиты объектов от прямых ударов молнии. Зона защиты типа А обеспечивает перехват на пути к защищаемому объекту не менее 99,5 процентов молний, а типа Б — не менее 95 процентов .

Объекты I категории молниезащиты защищают от прямых ударов молнии отдельно стоящими стержневыми, тросовыми молниеотводами или молниеотводами, устанавливаемыми на защищаемом объекте, но электрически изолированными от него.

Отдельно стоящий стержневой молниеотвод (рисунок 4.2) состоит из опоры 1 (высотой 25 м - из дерева, 5 м - из металла), токоотвод 2 (сечением 50 мм²) и заземлитель 4.

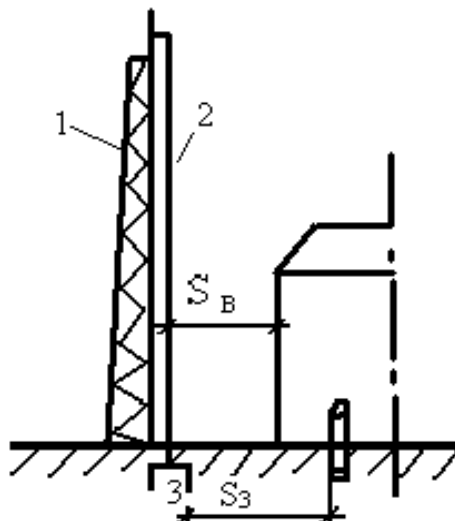


Рисунок 4.2 - Расположение молниеотвода

При установке молниеотвода на здании обеспечивается безопасное расстояние S_b по воздуху между токоотводом и защищаемым объектом, исключающее возможность электроразряда между ними. Кроме того, для предупреждения заноса высоких потенциалов через грунт обеспечено безопасное расстояние S_z между заземлителем и металлокоммуникациями, входящими в здание, оно равно $S_z = 0,5 R_{\text{и}}$ и равно 3 м; $R_{\text{и}}$ — импульсное электросопротивление заземлителя.

В качестве токоотводов используются металлические конструкции зданий и сооружений, вплоть до пожарных лестниц на зданиях. Импульсное сопротивление каждого заземлителя 10 Ом, для наружных установок — 50 Ом.

На центральной базовой станции используется молниезащита отдельно стоящего стержневого молниеотвода.

4.2 Технические решения обеспечения безопасности жизнедеятельности

4.2.1 Расчет искусственного освещения помещения.

Расчет ведем согласно методическому указанию к выполнению раздела «Охрана труда» в дипломном проекте. Производственное освещение [12] и СНиП РК 2.04-05-2002 Естественное и искусственное освещение. — Астана: Комитет по делам строительства МИИТ РК, 2002 [13].

На рабочих местах у компьютеров освещённость нормируется в вертикальной плоскости (плоскости экрана) и в горизонтальной плоскости (плоскости стола в зоне работы с документами, клавиатурой). Нормирование ведется с абсолютных единиц (люксах), вне зависимости от того, естественное или искусственное освещение в помещении (совместное освещение также измеряется в абсолютных единицах). Этот принцип абсолютных единиц введён потому, что для оператора компьютера важна сама величина освещённости, а не его относительное значение, важно как много или мало единиц «люкс» на экране и на столе, не будет ли это мешать работе.

Осветительные установки должны обеспечивать равномерную освещенность с помощью преимущественно отраженного или рассеянного светораспределения; они не должны создавать слепящих бликов на клавиатуре и других частях пульта, а также на экране в направлении глаз оператора. Для исключения бликов отражения на экране от светильников общего освещения, необходимо применять антибликерные сетки, специальные фильтры для экранов, защитные козырьки или располагать источники света параллельно направлению взгляда на экран с обеих сторон. При рядном размещении оборудования не допускается расположение дисплеев экранами друг к другу. Местное освещение обеспечивается светильниками, установленными непосредственно на столешнице стола или на его вертикальной панели, а также вмонтированными в козырек пульта. Если возникает необходимость использования индивидуального светового источника, то он должен иметь возможность ориентации в разных направлениях и быть оснащен устройством для регулирования яркости и защитной решеткой, предохраняющей от ослепления и отражения блеска. Источники света по отношению к рабочему месту следует располагать таким образом, чтобы исключить попадание в глаза прямого света. Защитный угол арматуры у этих источников должен быть не менее 30. Пульсация освещенности используемых люминесцентных ламп не должна превышать 10%.

Помещение имеет размеры: длина $A=5$ м, ширина $B=7$ м, высота $H=3,5$ м, высота рабочего места над уровнем пола $h_{\text{раб}}=0,8$ м, коэффициенты отражения от стены $P_{\text{ст}}=50$ процентов, потолка $P_{\text{пот}}=70$ процентов и пола $P_{\text{пол}}=30$ процентов помещения.

Работа с компьютером является работой средней точности.

Поскольку наименьший размер объекта различия $0,5 \div 1$ мм.

Требуемый световой поток лампы каждого светильника определяется по формуле (4.1):

$$\Phi = \frac{E \cdot K_z \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta}, (\text{лм}) \quad (4.1)$$

где E - наименьшая нормируемая освещенность, лк;

K_z - коэффициент запаса, учитывающий старение ламп, запыление и загрязнение светильников;

S - освещаемая площадь помещения, м^2 ;

z - коэффициент неравномерности освещения, $z = 0.9$;

N - число светильников;

η - коэффициент использования светового потока, т.е. отношение потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп; находится в зависимости от величины индекса помещения i и коэффициента отражения потолков и стен.

Минимальная норма освещенности при общем искусственном освещении для этого класса помещений $E=300$ лк [14]. Индекс помещения i определяется по формуле (4.2):

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (4.2)$$

где A - длина помещения, м;

B - ширина помещения, м;

h - высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

Определим расчетную высоту подвеса по формуле (4.3):

$$h = H - h_p, \quad (4.3)$$

где h_p - высота рабочей поверхности над полом ($h_p = 0.8$ м)

Поэтому $h = 3,5 - 0,8 = 2,7$ (м),

Подставив в формулу (4.2) полученное значение высоты подвеса светильника, найдем индекс помещения

$$i = \frac{5 \cdot 7}{2,7 \cdot (5 + 7)} = 1,08$$

Из таблицы 2.5 [14] находим $\eta = 47$ процентов

Определим наивыгоднейшее расстояние между светильниками по формуле (4.4):

$$L = z \cdot h, \quad (4.4)$$

где $z = 0,9$ - коэффициент неравномерности;

h - высота подвеса.

Поэтому:

$$L = 0,9 \cdot 2,7 = 2,43 \text{ м}$$

Рассчитаем количество светильников по формуле (4.5):

$$N = \frac{S}{L^2}, \quad (4.5)$$

где S - площадь помещения;
 L - расстояние между светильниками.

Тогда:

$$N = \frac{35}{2,43^2} = 6 \text{ ламп.}$$

Расстояние между стенами и крайними рядами светильников определим по формуле (4.6):

$$l = (0,3 \div 0,5) \cdot L \quad (4.6)$$

Поэтому:

$$l = 0,5 \cdot L = 0,5 \cdot 2,43 = 1,215 \text{ м}$$

При $B=7$ м имеем число рядов светильников

$$n = \frac{B}{L} = \frac{7}{2,43} = 3$$

Из таблицы 1.10 [12] выбираем $K_3=1,5$.

Подставляя полученные в результате вычислений значения в формулу (4.1), определяем световой поток каждого светильника.

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 35 \cdot 0,9}{6 \cdot 0,47} = 5026,6 (\text{лм})$$

Получив последнее значение для величины светового потока каждого светильника и определив количество светильников, выбираем тип ламп. На основе полученных данных целесообразно использовать люминесцентные лампы ЛБ мощностью 80 Вт с номинальным световым потоком 5220 лм. Размещаем по одной лампе в каждом светильнике, а светильники располагаем с учетом, что длина лампы 1500 мм.

Всего для создания нормируемой освещенности 300 лк необходимо 6 ламп ЛД мощностью 80 Вт.

План размещения светильников приведен на рисунке 4.4

$$r_0 = (1,1 - 0,002 \cdot 3) \cdot (3 - \frac{1,8}{0,85}) = 0,965 \text{ м}$$

Из расчетов видно, что молниезащита выполнена правильно, и антенна вписывается в конус.

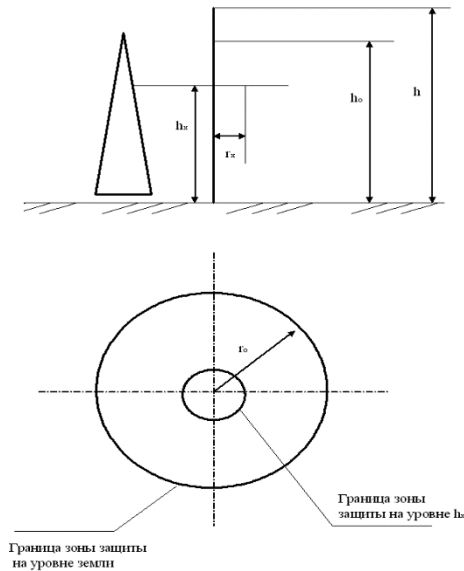


Рисунок 4.3 - Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

Ожидаемое количество N поражений молнией в год антенно-мачтовых сооружений, не оборудованных молниезащитой, определяется по формуле (4.17):

$$N = (S + 6 \cdot h) \cdot (L + 6 \cdot h) \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (4.17)$$

где S и L –размеры антенны, м;

h - наибольшая высота антенны;

n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км^2 земной поверхности в месте расположения антенны, оно характеризуется интенсивностью грозовой деятельности, ч/г ($n = 3$).

Интенсивность грозовой деятельности может быть оценена по карте среднегодовой продолжительности гроз на территории Казахстана или на основании данных местных метеорологических станций.

$$N = (2,4 + 6 \cdot 1,8) \cdot (1,5 + 6 \cdot 1,8) \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 0,00048708$$

Вывод: В этом разделе был проведен анализ используемых помещений на предмет вредного воздействия оборудования на организм человека и

проделаны необходимые расчеты по выполнению норм безопасности и жизнедеятельности рабочего персонала.

5 Бизнес – план

5.1 Резюме

Цель проекта – проектирование сети радиодоступа в г. Кустанай по технологии WI-MAX. Беспроводная сеть зачастую является единственным экономически оправданным решением – когда кабельная система отсутствует или низкого качества, либо подключение по проводному каналу слишком дорого, а ждать прокладки кабеля – слишком долго.

Решение «последней мили» для Казахстана является серьезной задачей, учитывая большие расстояния, невысокую плотность населения, а также слабость и монополизированность проводной инфраструктуры. Беспроводные технологии позволяют решить задачи организации связи быстро, элегантно и, как показывает время, дешевле.

Одной из таких технологий является система WiMAX. WiMAX (семейство стандартов IEEE 802.16) - это радиотехнология, которая обеспечивает двусторонний доступ к Интернету на дальнем расстоянии со скоростями до 75 Мбит/с, а также QoS (собственно, это дальнейшее развитие самых передовых решений Wi-Fi).

Вниманию сегодняшних и будущих операторов предлагаются три бизнес-модели WiMAX: фиксированный доступ, заменяющий кабель или DSL; портативный доступ, охватывающий городские районы, вроде гигантских хот-спотов; и даже полностью мобильная система с сотовой структурой (перспективный стандарт IEEE 802.16e). WiMAX поддерживает возможности голосовой связи.

5.2 Анализ продукции

Основной целью данного бизнес-плана является правильный выбор технологической платформы и пути внедрения беспроводных широкополосных услуг в городе Кустанай.

Организовать сеть беспроводного абонентского доступа, для предоставления высокоскоростного доступа в Интернет, передачи речи и т.д., в сжатые сроки. Выбрать новейшую технологию беспроводного доступа WiMAX. Для осуществления этой задачи необходимо воспользоваться имеющимися линейными сооружениями для присоединения к сети передачи данных базовую станцию, которая позволит предоставлять высокоскоростные услуги передачи данных (до 10 Мбит/с) и передачи голоса в пределах узла.

Предоставление услуг беспроводного широкополосного доступа в Интернет наполняет новым содержанием телефонные медные пары и дает мощнейший толчок развитию новых бизнесов сферы услуг. Главными задачами сети передачи данных становятся организация эффективного обмена

информацией в корпоративной сети или через Интернет, интеграция в единую информационную среду непрерывно растущего числа мультимедийных сетевых приложений и обеспечение эффективной и качественной их работы.

5.3 Маркетинг

Основной задачей успешной реализации любого проекта является обеспечение системы сбыта и реализации услуг предоставления каналов передачи данных и телефонии. Учитывая большое количество конкурентов и возрастающий интерес к Интернет, следует отметить, что в ближайшие несколько лет рынок возрастет в несколько раз. На сегодняшний день прорабатывается стратегия привлечения конечных потребителей. Рассматриваются такие варианты как адресная рассылка коммерческих предложений, создание своего WEB-сайта с размещением основной рекламы на сайте компании. Результаты исследований рынка показывают, что спрос на сайты различных компаний, так как при всех прочих условиях реклама в Интернете намного дешевле и к тому же на своем сайте можно разместить несоизмеримо больше информации, чем в любом печатном издании.

Также в целях на первоначальной стадии привлечения клиентов планируется предоставлять услуги в тестовом режиме на определенный период времени с последующим заключением договоров на подключение и обслуживанием в обычном (платном) режиме.

Организованная для клиентов служба технической поддержки будет работать круглосуточно и без выходных, это делается для оперативного устранения неполадок и, чтобы клиент всегда мог получить квалифицированную помощь при возникновении проблем.

Основной задачей сети ставится развитие услуг доступа в Интернет, сопутствующих услуг с добавленной стоимостью (VAS), а также услуг проектирования и реализации сетей, на базе технологии радиодоступа.

Сеть, построенная на оборудовании Huawei, призвана решить задачу быстрой и простой организации каналов связи для обмена данными между абонентами, расположенными в зоне действия системы, в том числе для предоставления высокоскоростного Интернет сервиса и услуг телефонной связи. Таким образом, продукцией в данном случае будет являться предоставление потребителю транспортных услуг построенной сети, а именно:

- предоставление услуг местной телефонной связи;
- предоставление услуг передачи данных;
- предоставление услуг по сдаче в аренду каналов связи.

В отличие от традиционных операторов местной телефонной связи, данная услуга будет являться дополнительным сервисом к основному пакету услуг (выделенный доступ в Интернет, передача данных и аренда каналов связи). Проектируемая сеть будет ориентирована на корпоративного клиента, а также сегменты среднего и крупного бизнеса.

На сегодняшний день на территории РК действуют 18 лицензированных провайдеров, предоставляющих полный спектр Интернет - услуг. Пять из них, а именно: Nursat, Astel, Kazakhstan-Online, Ducat и Satelcom являются первичными провайдерами, имеющими разветвленную сеть по всему Казахстану. Остальные являются провайдерами второго уровня и испытывают определенные ограничения как по качеству, так и возможностям предоставляемых услуг. Kazakhstan Online является Интернет-провайдером №1 и по уровню вложенных в компанию инвестиций (около 8 млн. долл. США) и по уровню технического оснащения (сеть связи полностью построена на оборудовании Cisco Systems). Основное направление продаж и развития услуг – корпоративный рынок РК.

По схеме предоставления услуг оборудование предоставляется клиенту бесплатно. Клиент оплачивает инсталляционные работы. Далее вносится ежемесячная абонентская плата за определенный объем информации, превышение объема оплаченного трафика тарифицируется отдельно. Тарифы на предоставление услуг приведены в таблице 5.1.

Т а б л и ц а 5.1 – Тарифы на предоставление услуг доступа в Интернет

Пропускная способность порта	Объем входящего/исходящего трафика в счет абонентской платы, Гбайт	Плата за подключение, тенге	Ежемесячная абонентская плата, тенге	Плата за каждые последующие 100 Мбайт входящего/исходящего трафика, тенге
32 Кбит/с	1	400	248	10
64 Кбит/с	2	400	383	10
128 Кбит/с	4	400	608	10
256 Кбит/с	8	400	1 104	10
512 Кбит/с	17	600	2 027	10
1024 Кбит/с	33	600	3 830	10
2048 Кбит/с	66	900	7 547	10

5.4 Стадии развития

Стадия развития производства по проекту организации беспроводной сети абонентского доступа с применением стандарта WiMAX состоит из стадий: подготовительной, основной и заключительной.

Подготовительная стадия предусматривает выбор оборудования и получения кредита на его покупку.

На основной стадии производится его монтаж и тестирование.

Заключительная стадия осуществляет эксплуатацию и погашение кредита по истечении срока окупаемости данного проекта.

5.5 Организационный план

В задачи проекта входит:

- получение лицензий на радиочастоты в диапазоне частот 2,5 ГГц в городе Кустанай;
- создание физической инфраструктуры компании (точек присутствия) с оптимальными операционными затратами в г. Кустанай;
- создание технической службы эксплуатации;
- создание службы маркетинга и продаж;
- создание службы развития;
- эффективное управление компанией с использованием современных информационных технологий.

Проектируемую сеть планируется организовать с использованием базовых станций в комплекте с абонентскими модулями. Помимо этого следует учесть затраты на подключение проектируемой сети к сети Интернет, посредством первичного провайдера, такого как Казахтелеком, Нурсат и пр. Следует также учесть затраты на мебель, оргтехнику. Стоимость оборудования приведена в таблице 5.2.

Т а б л и ц а 5.2 – Оборудование для организации сети

Наименование	Кол-во	Цена, тыс. тг.	Сумма, тыс. тг.
Базовая станция (в полном комплекте)	4	16213,5	64854
Маршрутизатор	1	57648	57648
Сервер	1	48040	48040
Лицензия	1	9608	9608
Блок питания	4	1441,2	5764,8
Абонентское устройство	600	36,03	21618
Итого			207532,8
Доп. неучтенные расходы			20753,28
Всего			228286,08

5.6 Производственный план

Реализация проекта производится по следующим этапам:

- а) разработка построения сети;
- б) монтаж оборудования;
- в) настройка системы;
- г) сдача в эксплуатацию.

Для обслуживания проектируемой сети требуется определенный штат сотрудников (таблица 5.3).

Т а б л и ц а 5.3 – Необходимый штат сотрудников

Наименование должностей	Кол-во единиц	Ежемесячная зар.плата, тыс.тг	Зар.плата в год, тыс.тг.
Директор	1	100	1200
Бухгалтер	1	80	960
Маркетолог	1	78	936
Менеджер по продажам	2	73	1752
Сис.админ	1	65	780
Программист	1	63	756
Инженер	4	60	2880
Оператор	4	45	2160
Офис-менеджер	1	45	540
Итого	16	609	11964

Основная заработная плата за год составит: $ЗП_{\text{ОСН}} = 11964$ тыс.тг.

5.7 Финансовый план

Финансовый план является частью бизнес-плана, который включает в себя расчет общих капитальных затрат, доходов, эксплуатационных расходов, прибыли, рентабельности и срока окупаемости.

Далее представлены расчеты, показывающие стоимость внедрения, экономическую эффективность использования и срок окупаемости.

5.8.1 Расчет капитальных затрат.

Капитальные затраты определим по формуле

$$K = Ц + K_{\text{п}} + K_{\text{д}} + K_{\text{у}}, \quad (5.1)$$

где Ц – цена оборудования сети;

$K_{\text{п}}$ – стоимость перевозки оборудования до города Кустанай на ж/д транспорте;

$K_{\text{д}}$ – стоимость доставки оборудования с железнодорожного тупика до мест установки;

$K_{\text{у}}$ – стоимость монтажа и установки оборудования.

Т а б л и ц а 5.4 – Капитальные вложения на оборудование

Наименование затрат	Стоимость, тыс. тг.
1 Стоимость оборудования, (Ц)	228286,08
2 Перевозка оборудования в г. Кустанай по железной дороге, ($K_{\text{п}}$, составляет 5 процентов от стоимости оборуд.)	11414,304

3 Установка и монтаж оборудования, (Ку, составляет 8 процентов от стоимости оборуд.)	18262,8864
Итого	257963,2704
Доп. неучтенные расходы (10 процентов)	25796,32704
Всего	283759,5974

Т а б л и ц а 5.5 – Расчет затрат на организацию рабочего места

Наименование	Цена, тыс. Тенге	Кол-во	Стоимость, тыс. тг.
Компьютер(стац.)	55	7	385
Ноутбук	110	9	990
Стол офисный	9	16	144
Принтер,ксерокс,сканер	20	3	60
Стул	2,5	20	50
Шкаф	3,5	3	10,5
Итого			1639,5
Доп. неучтенные расходы (10 процентов)			163,95
Всего			1803,45

Т а б л и ц а 5.6 – Капитальные затраты

Наименование вложений	Стоимость, тыс. тг.
1. Капитальные вложения на оборудование, транспортировку и монтаж	283759,5974
2. Капитальные вложения на организацию рабочих мест	1803,45
Всего	285563,0474

Таким образом, капитальные затраты составят

$$K=283759,5974,125 + 1803,45 = 285563,0474 \text{ тыс.тг.}$$

5.8.2 Расчет годовых эксплуатационных расходов.

Эксплуатационные расходы определим по формуле

$$\mathcal{E} = 3П + A + M + C_{\text{ЭЛ}} + C_{\text{ПР}} + C_P + K_{\text{ПЧ}} + K_{\text{АК}} + K_{\text{АП}}, \quad (5.2)$$

где 3П - основная и дополнительная заработная плата персонала с отчислением на социальный налог;

A - амортизационные отчисления;

M - затраты на материалы и запасные части;

C_{ЭЛ} - электроэнергия со стороны производственных нужд;

C_{ПР} - прочие административные управленческие и эксплуатационные расходы;

C_p – затраты на рекламу;
 $K_{ПЧ}$ - стоимость аренды полосы частот в год;
 $K_{АП}$ - стоимость аренды помещений в год;
 $K_{АК}$ - стоимость аренды крыш для расположения приемо-передающих антенн.

Стоимость аренды включает в себя:

- а) аренда полосы частот составляет 100000 тенге в год;
- б) аренда крыш для расположения приемо-передающих антенн 120000 тенге в год;
- в) аренда помещения в год под офис обслуживания сети 450000 тенге.

Для вычисления заработной платы в таблице 5.5 приведем среднемесячные оклады обслуживающего персонала. Основная заработная плата за год составит $ЗП_{ОСН} = 11964$ тыс.тг.

В годовой фонд заработной платы включается дополнительная заработная плата (работа в ночное время, сверхурочные и т.д.) в размере 30 процентов от основной заработной платы.

$$ЗП_{доп} = ЗП_{ОСН} \cdot 0,3 = 11964 \cdot 0,3 = 3589,2 \text{ тыс.тг.}$$

Фонд оплаты труда складывается из основной и дополнительной заработной платы

$$ФОТ = ЗП_{ОСН} + ЗП_{доп} \quad (5.3)$$

$$ФОТ = 11964 + 3589,2 = 15553,2 \text{ тыс.тг.}$$

Социальный налог составляет 11 процентов от фонда оплаты труда без учета отчислений в пенсионный фонд

$$C_H = (ФОТ - C_n) \cdot 0,11 \quad (5.4)$$

$$C_H = (ФОТ - C_n) \cdot 0,11 = (15553,2 - 1555,32) \cdot 0,11 = 1539,7668 \text{ тыс.тг.}$$

Суммарные затраты на заработную плату составят

$$ЗП = ФОТ + C_H \quad (5.5)$$

$$ЗП = 15553,2 + 1539,7668 = 17092,9668 \text{ тыс.тг.}$$

Амортизация оборудования сети варьируется в зависимости от типа и составляет от 7 до 30 процентов. Расчет произведем укрупненным методом и примем среднее значение 15 процентов от цены оборудования:

$$A_1 = 228286,08 \cdot 0,15 = 34242,912 \text{ тыс.тг.}$$

Амортизация компьютеров и комплект. оборудования составляет 30 процентов от цены:

$$A_2 = (385 + 990 + 60) \cdot 0,3 = 430,5 \text{ тыс.тг.}$$

Амортизация офисной мебели составляет 15 процентов от цены:

$$A_3 = (144 + 50 + 10,5) \cdot 0,15 = 30,675 \text{ тыс.тг.}$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3 = 34242,912 + 430,5 + 30,675 = 34704,087 \text{ тыс.тг.}$$

Затраты на электроэнергию складываются из затрат на освещение и производственных затрат, так как затраты на освещение существенно меньше производственных затрат примем затраты на освещение как 5 процентов от производственных затрат. Затраты на электроэнергию рассчитаем по следующей формуле

$$C_{\text{произэл}} = W \cdot T \cdot S, \quad (5.6)$$

где $W=4,9$ кВт - потребляемая мощность;

T - количество часов работы $T=8760$ ч/год;

S - стоимость киловатт-часа электроэнергии $S=15$ тг/квтчас.

$$C_{\text{пр.эл.}} = 4,9 \cdot 8760 \cdot 15 = 643860 \text{ тыс.тг.}$$

Таким образом, затраты на электроэнергию составят

$$C_{\text{эл}} = C_{\text{пр.эл.}} \cdot 1,05 = 643860 \cdot 1,05 = 676053 \text{ тыс.тг.}$$

Затраты на материалы и запасные части принимают в размере 5 процентов от стоимости системы

$$M = 228286,08 \cdot 0,05 = 11414,304 \text{ тыс.тг.}$$

Стоимость прочих расходов определяются по формуле

$$C_{\text{пп}} = (\Phi OT + A + C_n + M + C_{\text{эл}}) \cdot 0,1 \quad (5.7)$$

$$C_{\text{пп}} = (1296,1 + 34704,087 + 151,6437 + 11414,304 + 676053) \cdot 0,1 = 72361,91347 \text{ тыс.тг.}$$

Затраты на рекламу в год составляют 1440 тыс.тг.

Подставив в формулу (5.2) найденные значения, получим

$$C = 17092,9668 + 34704,087 + 11414,304 + 643860 + 72361,91347 + 1440 + 100 + 120 + 450 = 781543,27127 \text{ тыс.тг.}$$

5.8.3 Расчет ожидаемых годовых доходов.

Доходная часть бюджета построена с учетом следующих прогнозов:

- среднемесячный телефонный трафик на 1 клиента составит 90 минут для юридических и 30 минут физических лиц;
- среднемесячный объем трафика на 1 клиента составит 2500 Мбайт при средней стоимости 1 Мбайта 25 тенге для юридических и 800 Мбайт при средней стоимости 1 Мбайта 14 тенге для физических лиц;
- стоимость подключения (инсталляционных работ) составит 45000 тенге для юридических и 15000 тенге для физических лиц;
- абонентская плата составит 1500 тенге ежемесячно для юридических и 500 тенге для физических лиц;
- для расчета доходов по телефонному трафику принят среднестатистический тариф – 15 тенге за 1 полную / неполную минуту для юридических лиц и 12 тенге за 1 полную / неполную минуту для физических лиц.

Расчет доходов от предоставления услуг производится как ожидаемые по результатам маркетингового анализа и планирования. Приблизительная численность абонентов в первый год составит 600 абонентов (400 абонентов – юридические лица, 200 абонентов - физические).

- от услуг международной/междугородной телефонии

$$S_{\text{исх}} = 12 \cdot N \cdot T_{\text{исх}} \cdot t, \quad (5.8)$$

где N – число предполагаемых абонентов сети;

t – среднемесячный телефонный трафик;

$T_{\text{исх}}$ – предлагаемый тариф;

От юридических лиц

$$S_{\text{исх.юр}} = 12 \cdot 400 \cdot 90 \cdot 15 = 6480 \text{ тыс.тг.};$$

От физических лиц

$$S_{\text{исх.физ}} = 12 \cdot 200 \cdot 30 \cdot 12 = 864 \text{ тыс.тг.};$$

Тогда доход от услуг международной/междугородной телефонии составит

$$S_{\text{исх}} = S_{\text{исх.юр}} + S_{\text{исх.физ}} = 6480 + 864 = 7344 \text{ тыс.тг.}$$

- от услуг доступа в Интернет

(5.9)

$$S_{\text{int}} = 12 \cdot N \cdot T_{\text{int}} \cdot V_{\text{int}},$$

где n – число предполагаемых абонентов сети;

V_{int} – объем трафика;

T_{int} – тариф за 1 Мбайт трафика

От юридических лиц

$$S_{\text{int.юр}} = 12 \cdot 400 \cdot 2500 \cdot 25 = 300000 \text{ тыс.тг.};$$

От физических лиц

$$S_{\text{int.физ}} = 12 \cdot 200 \cdot 800 \cdot 14 = 26880 \text{ тыс.тг.};$$

Тогда доход от услуг доступа в Интернет составит

$$S_{\text{int}} = S_{\text{int.юр}} + S_{\text{int.физ}} = 300000 + 26880 = 326880 \text{ тыс.тг.}$$

– от абонентской платы

$$S_{\text{абон}} = 12 \cdot V_{\text{абон}} \cdot T_{\text{абон}}, \quad (5.10)$$

где N – число предполагаемых абонентов сети;

$T_{\text{абон}}$ – тариф абонентской платы.

От юридических лиц

$$S_{\text{абон.юр}} = 12 \cdot 400 \cdot 1500 = 7200 \text{ тыс.тг.};$$

От физических лиц

$$S_{\text{абон.физ}} = 12 \cdot 200 \cdot 500 = 1200 \text{ тыс.тг.};$$

Тогда доход от абонентской платы составит

$$S_{\text{абон}} = S_{\text{абон.юр}} + S_{\text{абон.физ}} = 7200 + 1200 = 8400 \text{ тыс.тг.}$$

Рассчитаем доход от подключения каждого нового абонента к сети.

Доход от подключений юридических лиц

$$S_{\text{под.юр}} = 45000 \cdot 400 = 18000 \text{ тыс.тг.}$$

Доход от подключений физических лиц

$$S_{\text{под.физ}} = 15000 \cdot 200 = 3000 \text{ тыс.тг.}$$

Тогда доход от подключений составит

$$S_{\text{под.}} = S_{\text{под.юр}} + S_{\text{под.физ}} = 18000 + 3000 = 21000 \text{ тыс. тг.}$$

Рассчитаем доход от реализации всех услуг

$$S = S_{\text{исх}} + S_{\text{int}} + S_{\text{абон}} + S_{\text{под}} = 7344 + 326880 + 8400 + 21000 = 363624 \text{ тыс.тг.}$$

Из расчетов видно что основную долю составляет доход от услуг доступа в сеть Интернет, что в процентном эквиваленте равно 90 %. Доход от подключения абонентов составляет 6 %, от телефонии и абонентской платы—2 % (см. рисунок 5.1).

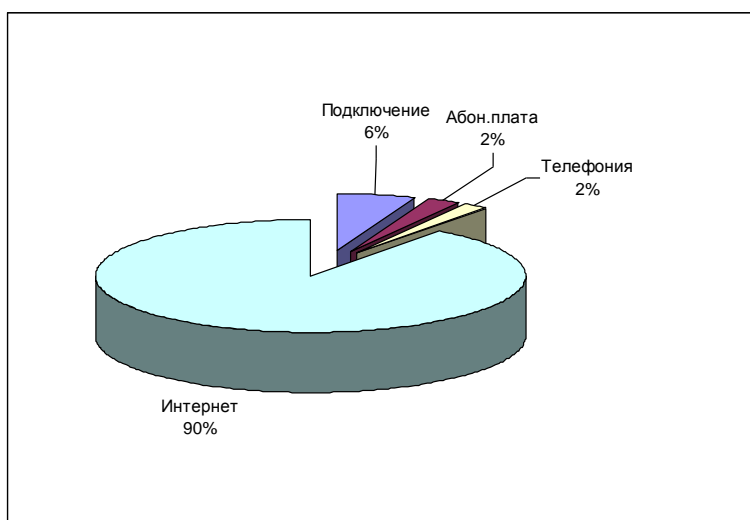


Рисунок 5.1 – Структура доходов от реализации услуг

5.8.4 Расчет срока окупаемости.

Для расчета срока окупаемости необходимо знать величину абсолютной экономической эффективности.

Абсолютная экономическая эффективность определяется как отношение чистого дохода ($D_{\text{чист}}$) к стоимости капитальных вложений:

$$E = \frac{D_{\text{чист}}}{K} \quad (5.11)$$

Доход от основной деятельности:

$$D_{\text{осн}} = D_{\text{реал}} - \text{Эр}, \quad (5.12)$$

$$D_{\text{осн}} = 363624 - 70325,8578 = 293298,1422 \text{ тыс.тг.}$$

Примем $D_{\text{осн}} = D_{\text{доналогообл}}$, таким образом:

$$D_{\text{чист}} = D_{\text{осн}} - 0,2 \cdot D_{\text{осн}} = D_{\text{осн}} \cdot 0,8, \quad (5.12)$$

$$D_{\text{чист}} = 293298,1422 \cdot 0,8 = 234638,51 \text{ тыс.тг}$$

Поэтому

$$E = 234638,51 / 285563,0474 = 0,82$$

Расчетный срок окупаемости определяется как величина, обратная абсолютной экономической эффективности:

$$T = 1/E = 1/0,82 = 1,32 \text{ года.}$$

Таким образом, срок окупаемости проекта внедрения 1,32 года т.е. T_p меньше $T_n = 6,6$ лет, E_n больше $E_p = 0,82$

При таком варианте расчета эффективности капитальных вложений и срока окупаемости данные получаются неточными. Дело в том, что при этом не учитывается изменение ценности денег во времени. Срок окупаемости должен производиться с учетом дисконты.

Поскольку доход от проекта распределен во времени, для обеспечения условия сопоставимости поступлений в различные моменты времени, он дисконтируется с помощью коэффициента дисконтирования – α . Этот коэффициент может устанавливаться аналитиком или инвестором самостоятельно, исходя из ежегодного процента возврата, который он хочет или может иметь на инвестируемый капитал.

Коэффициент дисконтирования рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \frac{1}{(1+r)^t} \quad (5.13)$$

где α_t – коэффициент дисконтирования;

r – норма дисконта (0,14);

t – номер шага.

Пусть делается прогноз, что инвестиция будет генерировать в течение $t=1,2,\dots,n$ лет, годовые доходы в размере $P_1, P_2, P_3, \dots, P_t$.

Определяется величина дисконтированных доходов (PV) по формуле:

$$PV = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{P_t}{(1+r)^t} \quad (5.14)$$

где, r – ставка дисконты (14 процентов)

t – год;

$$1 \text{ год } PV = \frac{Pt}{(1+0,14)^1} = \frac{234638,51}{(1+0,14)^1} = 205823,25 \text{ тыс. тг.};$$

$$2 \text{ год } PV = \frac{Pt}{(1+0,14)^2} = \frac{234638,351}{(1+0,14)^2} = 180546,71 \text{ тыс. тг.};$$

$$3 \text{ год } PV = \frac{Pt}{(1+0,14)^3} = \frac{234638,51}{(1+0,14)^3} = 158374,31 \text{ тыс. тг.};$$

$$4 \text{ год } PV = \frac{Pt}{(1+0,14)^4} = \frac{234638,51}{(1+0,14)^4} = 138924,83 \text{ тыс. тг.};$$

$$5 \text{ год } PV = \frac{Pt}{(1+0,14)^5} = \frac{234638,51}{(1+0,14)^5} = 121863,89 \text{ тыс. тг.};$$

Для определения экономической эффективности проекта рассчитываем чистую текущую стоимость проекта.

Чистая текущая стоимость проекта определяется по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{Pt}{(1+r)^t} - I, \quad (5.15)$$

где I – сумма первоначальных инвестиций;

r – норма дисконта;

n – срок проекта (лет);

Pt – денежный поток в году t.

Далее осуществляется выбор проекта, исходя из следующих случаев:

а) NPV>0, проект прибыльный и его следует принять;

б) NPV<0, проект убыточный и его следует отвергнуть;

в) NPV=0, проект не прибыльный и не убыточный. Такой проект может быть реализован из других соображений (например, престижа).

$$\begin{aligned} \sum_{t=1}^n \frac{Pt}{(1+r)^t} &= 205823,25 + 180546,71 + 158374,31 + 138924,83 + 121863,89 = \\ &= 805532,99 \text{ тыс. тг} \end{aligned}$$

$$NPV = 805532,99 - 285563,05 = 519969,94 \text{ тыс. тг}$$

Индекс рентабельности представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине инвестиционных затрат. Индекс рентабельности (PI) рассчитывается по формуле:

$$PI = \frac{\sum_t \frac{P_t}{(1+r)^t}}{IC} \quad (5.16)$$

$$PI = 805532,99 / 285563,05 = 2,8$$

Из этого показателя так же видно, что проект следует принять, т.к. рентабельность больше единицы.

Срок окупаемости инвестиций – один из самых простых и широко распространен в мировой практике, не предполагает временной упорядоченности денежных поступлений. Он состоит в вычислении количества лет, необходимых для полного возмещения первоначальных затрат, т.е. определяется момент, когда денежный поток доходов сравняется с суммой денежных потоков затрат (расчет чистой текущей стоимости с нарастающим итогом). Если прибыль распределена неравномерно, то срок окупаемости рассчитывается прямым подсчетом числа лет, в течение которых инвестиция будет погашена кумулятивным доходом. Общая формула расчета показателя DPP имеет вид

$$DPP = t, \text{ при котором } P_t > 1, \quad (5.17)$$

где P_t – чистый денежный поток доходов.

Все расчеты производились с использованием персонального компьютера в программе MS Excel и приведены в таблице 5.9. Ставка прибыли (норма дисконты r) равна 14 процентов в год.

Т а б л и ц а 5.7 – Оценка экономической эффективности

Показатели	Проектный период				
	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
Чистый денежный поток (P_t), тыс.тг	234638,51				
Инвестиционные затраты (I), тыс.тг	285563,05				
Норма дисконта	0,14				
Коэффициент дисконтирования, α	0,877	0,770	0,675	0,592	0,519
Чистая текущая стоимость (PV), тг	205823,25	180546,71	158374,31	138924,8	121863,89
Чистая	519969,94				

приведенная стоимость (NPV), тыс.тг					
Индекс доходности (PI)	2,8				
Чистая текущая стоимость с нарастающим итогом, тг	-79739,79	100806,91	259181,22	398106,05	519969,94

Т а б л и ц а 5.8 – Эффективность показателей проекта

Наименование статей затрат	Расчетные данные
Капитальные вложения, тенге	285563,0474
Эксплуатационные расходы, тенге	781543,27127
Доход, тенге	293298,1422
Прибыль, тенге	234638,51
Е (коэффициент экономической эффективности)	0,82
Срок окупаемости без учета дисконтирования, год	6,6
Срок окупаемости с учетом дисконтирования, год	1,32
Норма дисконтирования	14
Чистая приведенная стоимость (NPV), тенге	519969,94
Индекс доходности (PI)	2,8

Таким образом, срок окупаемости проекта беспроводной сети передачи данных, доступа в Интернет и телефонии на территории города Кустанай составит 1,32 года с учетом дисконтирования.

Введение нового оператора услуг передачи данных, телефонии и доступа в Интернет на рынке города Кустанай является целесообразным. Вследствие чего, операторы других компаний будут вынуждены произвести понижение действующих тарифов, а население будет обеспечено более качественными услугами телефонии и передачи данных и более широким выбором услуг.

Срок окупаемости проекта составляет 1,32 года с учетом дисконтирования. Доход покрывает эксплуатационные расходы, таким образом, полученных средств достаточно на расширение сети и установку нового оборудования для увеличения емкости сети и увеличения качества предлагаемых услуг.

Заключение

В данной выпускной работе была исследована возможность применения высокоскоростной беспроводной широкополосной сети передачи данных в городе Актау на базе технологии WiMAX. Выбор оборудования остановился на компании Huawei неслучайно, поскольку компания занимает лидирующее место по выпуску стандартизированной и качественной продукции. Также выбор производился по таким характеристикам как: технические характеристики системы, возможность применения системы в Казахстане, стоимость, надежность и так далее. В технической части рассмотрен вариант построения сети беспроводного доступа с использованием четырех базовых станций. Выбор обусловлен условиями технических параметров оборудования абонентского радиодоступа. В расчетной части выпускной работы произведены расчеты зоны покрытия базовых станций, абонентской нагрузки и оценка эффективности связи.

В разделе безопасности и жизнедеятельности был проведен анализ используемых помещений на предмет вредного воздействия оборудования на организм человека и сделаны необходимые расчеты по выполнению норм безопасности и жизнедеятельности рабочего персонала.

В экономической части выпускной работы был произведен анализ рынка связи. Рассчитанные капитальные затраты и эксплуатационные расходы позволят оператору правильно определить тарифную политику, быстро окупить затраты и получить прибыль.

Список литературы

1. Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: Техносфера, 2005.
2. Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Михайлов П.А. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007.
3. Леонид Урывский, Олег Кононенко, Беспроводные технологии «последней мили», Telecom-Media - Журнал Мир связи и информатики, №3, 1999.
4. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Учебник. – Санкт-Петербург: Питер, 2001.
5. <http://www.wimaxforum.com>
6. <http://www.3dnews.ru>
7. <http://www.huawei.com>
8. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности: Учебник. – М.: Высшая школа, 2006.
9. Хакимжанов Т.Е. Охрана труда. Учебное пособие для вузов. – Алматы, 2006.
10. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
11. Верховский Е.И. Пожарная безопасность на предприятиях радиоэлектроники. – М.: Высшая школа, 1987.
12. Кошулько Л.П., Суляева Н.Г., Генбач А.А. Производственное освещение. Методические указания к выполнению раздела «Охрана труда» в дипломном проекте. – Алма-Ата: АЭИ, 1989.
13. СНиП РК 2.04-05-2002. Естественное и искусственное освещение. – Астана: Комитет по делам строительства МИИТ РК, 2002.
14. Пожарная безопасность. Взрывоопасность. Справочник /Под ред. А.Н.Баратов – М.: Химия, 1988.
15. СНиП РК 2.02-05-2002. Пожарная безопасность зданий и сооружений. – Астана: Комитет по делам строительства МЭИТ РК, 2003.
16. Голубицкая Е.А., Жигульская Г.М. Экономика связи. – М.: Радио и связь, 1999.
17. Алибаева С.А. Методические указания по дипломному проектированию. – Алматы: АИЭС, 2001.
18. Аманжолова К. Б., Алибаева С. А. Экономика предприятий телекоммуникаций: Учебное пособие. - Алматы: АИЭС, 2003.
19. Кочегаров П., Писарев Ю. WiMAX - универсальное решение для последней мили. Частотный ресурс. Проблемы и стратегии внедрения. ж. Wireless Russia, 2005.
20. Портной С.Л. Теоретико-информационные основы систем широкополосного беспроводного доступа. М. 2004.

21. Syed Ahson, Mohammad Ilyas. WiMAX Standards and Security. CRC PRESS, 2007.

Приложение А

Листинг программы

```
unit UnitDiplom;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, Math;

type
  TForm1 = class(TForm)
    Label1: TLabel;
    EditF: TEdit;
    Label2: TLabel;
    EditS: TEdit;
    Label3: TLabel;
    EditH1: TEdit;
    Label4: TLabel;
    EditH2: TEdit;
    RadioGroup1: TRadioGroup;
    ButtonGO: TButton;
    Label5: TLabel;
    EditRes: TEdit;
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    procedure ButtonGOClick(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;
implementation
{$R *.dfm}
procedure TForm1.ButtonGOClick(Sender: TObject);
var
```



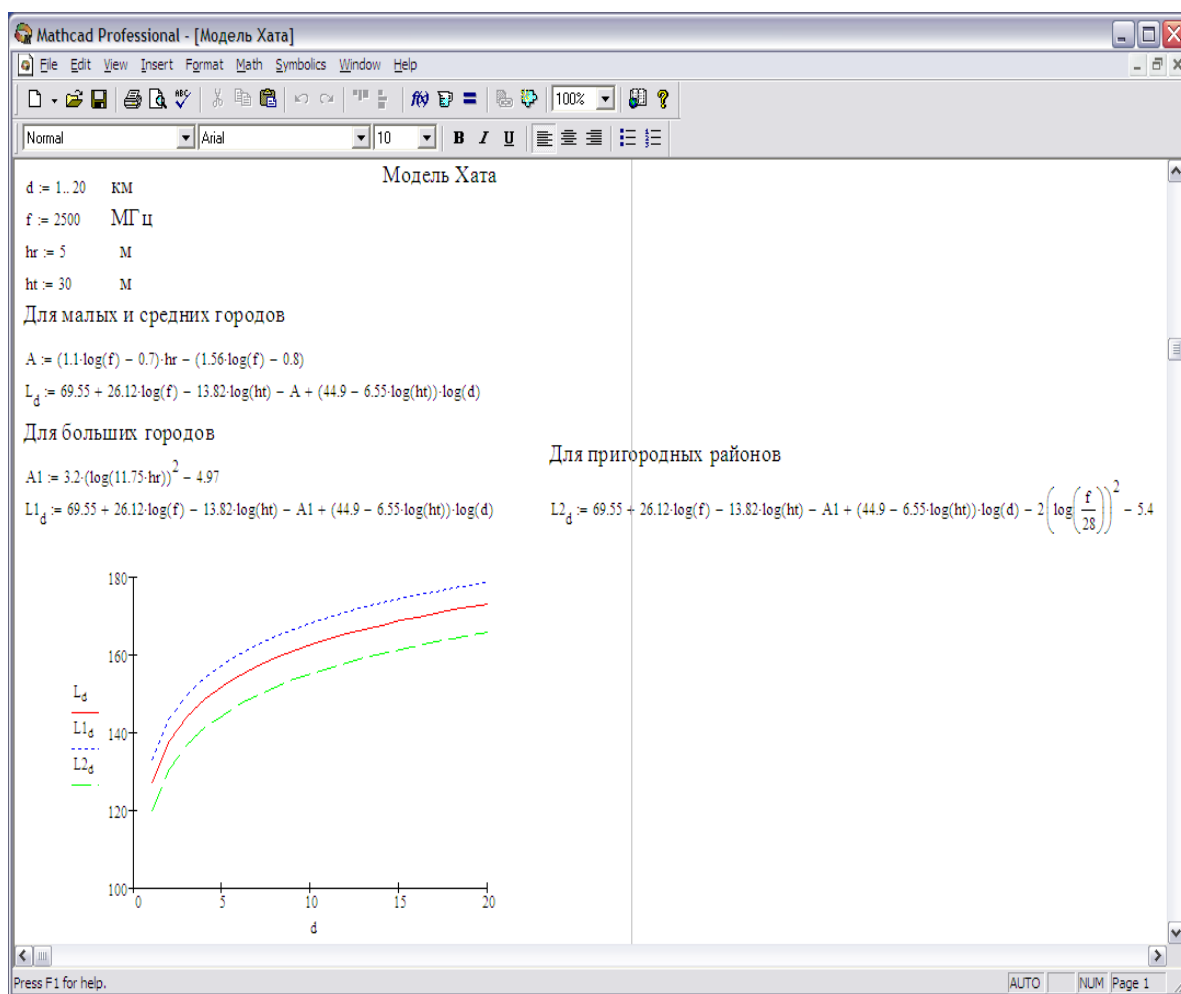
```
A, f, hr, ht, d: real;
begin
f := strtocfloat(editF.Text);
hr := strtocfloat(editH1.Text);
ht := strtocfloat(editH2.Text);
d:= strtocfloat(editS.Text);
if radiogroup1.ItemIndex = 0 then
    begin
        A:= (1.1*log10(f)-0.7)*hr-(1.56*log10(f)-0.8);
        EditRes.Text := floattostr(69.55+26.12*log10(f)-13.82*log10(ht)-A+(44.9-
6.55*log10(ht))*log10(d));
    end
    else
        if radiogroup1.ItemIndex = 1 then
            begin
                A := 3.2*sqr(log10(11.72*hr))-4.97;
                EditRes.Text := floattostr(69.55+26.12*log10(f)-13.82*log10(ht)-A+(44.9-
6.55*log10(ht))*log10(d));
            end
            else
                begin
                    A := 3.2*sqr(log10(11.72*hr))-4.97;
                    EditRes.Text := floattostr(69.55+26.12*log10(f)-13.82*log10(ht)-A+(44.9-
6.55*log10(ht))*log10(d)-2*(sqr(log10(f/28)))-5.4);
                end;
        end;
end;

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
editF.Clear;
editS.Clear;
editH2.Clear;
editH1.Clear;
editres.Clear;
end;
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;

end.
```

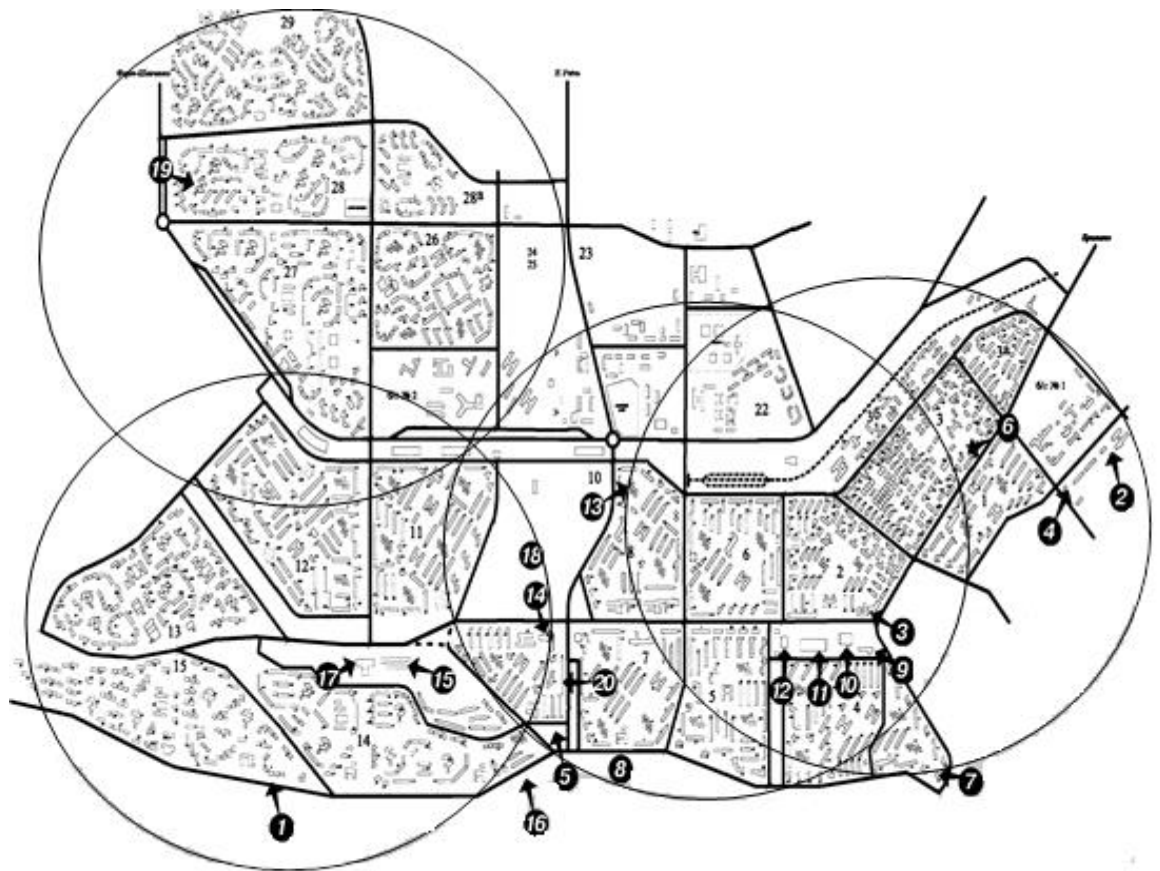
Приложение Б

Окно программы MathCAD



Приложение В

Зона покрытия города Кустанай



Приложение Г

Рабочая схема Wimax

