

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**

Факультет Заочного отделения и переподготовки специалистов
Специальность 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации
Кафедра Автоматической электросвязи

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Мусаканов Азамат Кайратович
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта " Организация сети на базе CDMA-450
в Катон –Карагайском РУТ ВКО "

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.

Срок сдачи законченной работы «25» мая 2014 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта
задействованная емкость – 7229номеров;

радиус действия до 35 км

Частотный диапазон: 463.35 ~ 467.10MHz.

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

1. Анализ и обзор технологий применяемых для сетей сельской связи
2. Существующее положение телекоммуникационной сети Катон-Карагайского РУТ ВКО
3. Возможные сценарии развития CDMA-450 в РК.
4. Проектируемая схема организации связи по Катон-Карагайскому РУТ.
5. Описание выбранной системы. Краткое описание BTS3606C
6. Расчет технических параметров проектируемой сети CDMA
7. Анализ емкости базовой станции
8. Техничко-экономическое обоснование проекта
9. Безопасность жизнедеятельности

с перечнем графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Цель и задачи проекта.
2. Существующая схема организации связи Катон-Карагайского РУТ
3. Область применения технологий беспроводного доступа WLL
4. Рекомендуемые схемы организации связи по радиодоступу
5. Внешний и структурный вид статива базовой станции CDMA WLL BTS3606C
6. Требования к окружению для BTS.
7. Типы хэндовера CDMA2000
8. Планируемая схема организации связи Катон-Карагайского РУТ

Рекомендуемая основная литература

1. Телекоммуникационный рынок Казахстана // Электронная версия на сайте <http://www.newtech.kz/wwwntkz/rinok1.html>.
2. Кудин А.В., Мельник С.В., Кордонский Э.В. Эволюция сетей сотовой связи стандарта CDMA // Вестник связи. – №9. – 2004. – С.65-71.
3. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: Эко-Трендз, 1998. – 239 с.
4. МСЭ Беспроводной доступ абонентских линий. – Том1 Справочник по подвижной наземной связи (включая беспроводной доступ). – Сектор радиосвязи, 1996. – 123 с.
5. Шиллер Й. Мобильные коммуникации. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 384 с.
6. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 640 с.
7. Закиров З.Г., Надеев А.Ф., Фазуллин Р.Р. Сотовая связь стандарта GSM. – М.: Эко-Трендз, 2004. – 264 с.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Экспертная оценка	Байдаев А.А.	04.05.2006	Райбе
БМД	Байдаев А.А.	12.05.2006	Байдаев А.А.
ВТ	Мухомеджанов	16.06.14	Мухомеджанов
Нормы контроля	Кривошапкин С.А.	17.06.14	Кривошапкин

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1.	Анализ и обзор технологий применяемых для сетей сельской связи	10.02 - 12.03	выполнено
2.	Существующее положение телекоммуникационной сети Катон-Карагайского РУТ ВКО	17.03 - 31.03	выполнено
3.	Возможные сценарии развития CDMA-450 в РК.	10.05 - 17.05	выполнено
4.	Проектируемая схема организации связи по Катон-Карагайскому РУТ.	15.05 - 27.05	выполнено
5.	Описание выбранной системы. Краткое описание BTS3606C	15.05 - 27.05	выполнено
6.	Расчет технических параметров проектируемой сети CDMA	29.03 - 30.05	выполнено
7.	Анализ емкости базовой станции	15.05 - 30.05	выполнено
8.	Технико-экономическое обоснование проекта	29.03 - 30.05	выполнено
9.	Технико-экономическое обоснование проекта	29.04 - 30.05	выполнено
10.	Безопасность жизнедеятельности	30.04 - 29.05	выполнено

Дата выдачи задания «24» сентября 2013 г.

Заведующий кафедрой _____ Чежимбаева К.С.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ Казанбасов Е.К.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению студент _____ Мусаканов А.К.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Андатпа

Бұл дипломдық жобада Катон Карагай ауданының ауылдық елді мекендерінің телекоммуникация желілерін WLL сымсыз абоненттік қатынау жолдарын пайдалана отырып, жаңарту мәселелері қарастырылды.

Жобада қолданыстағы жүйелер мен сымсыз абоненттік қатынас желілері қарастырылған. Ауылға телефон орнату бойынша қызметтердің құрастырылған дестесі бар CDMA жүйелері қаралған.

Жобада байланыс қашықтығы мәселелері зерттелген, бөлімдегі пайдаланушылардың саны, энергетика радиожолының және радиотарайтын аймақ саны есептелген.

Сондай-ақ, өміртіршілік қауіпсіздігінің мәселелері және техника-экономикалық негіздеме келтіріліп, бизнес-жоспар ұсынылған.

Аннотация

В данном дипломном проекте рассмотрены вопросы построение сети с применением беспроводного абонентского доступа WLL в сельских населенных пунктах Катон-Карагайского РУТ ВКО.

В проекте рассмотрены существующие системы и сети беспроводного абонентского доступа. С точки зрения телефонизации села рассмотрены системы CDMA с комбинированным пакетом услуг.

В проекте исследованы вопросы дальности связи. Выполнены расчеты количества пользователей в секторе, энергетики радиолиний и зоны радиопокрытия.

Также были рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности и приведено технико – экономическое обоснование и представлен бизнес – план проекта.

Содержание

Введение	9
1 Анализ и обзор технологий применяемых для сетей сельской связи	10
1.1 Существующее положение телекоммуникационной сети Катон-Карагайского РУТ ВКО	10
1.2 Краткое описание проекта	12
1.3 Техническая характеристика проекта	12
1.4 Проблемы традиционных аналоговых технологий на меднопроводных сетях	15
1.5 Беспроводной абонентский доступ как дополнение и как альтернатива традиционному проводному доступу	17
1.6 Краткий сравнительный анализ технологий WLL	18
1.7 Возможные сценарии развития CDMA–450 в РК	19
1.8 Постановка задачи	26
2 Выбор оборудования и проектирование сети	27
2.1 Проектируемая схема организации связи по Катон-Карагайскому РУТ	27
2.2 Описание выбранной системы. Краткое описание BTS3606C	27
2.3 Хэндовер	30
2.4 Конфигурация каналов CDMA2000 1х	30
2.5 BSS/AN локальная система O&M	32
2.6 Интегрированная система управления сетью подвижной связи	33
3 Расчет технических параметров проектируемой сети CDMA	39
3.1 Анализ емкости базовой станции	39
3.2 Исследование радиуса соты	41
3.3 Расчет прямого канала	47
3.4 Расчет обратного канала	53
3.5 Расчет эффективности нагрузки	55
4 Безопасность жизнедеятельности	59
4.1 Анализ условий труда	59
4.2 Оценка микроклимата	60
4.3 Оценка освещения	61
5 Технико-экономическое обоснование	69
5.1 Цель проекта	69
5.2 Продукция – услуги	70
5.3 Характеристика конкурентного окружения	71
5.4 Расчёт технико-экономических показателей	71
5.5 Эффективность проекта и срок окупаемости	76
Заключение	77
Список литературы	78

Введение

Вступление в эпоху глобального информационного общества, который должен быть коренное улучшение телекоммуникационных услуг населению, достигается путем предоставления широкого набора новых услуг связи. Наряду с хорошо зарекомендовавшими себя подходами к решению проблемы «последней мили», в том числе таких, как уплотнение абонентских линий, более популярные решения, основанные на беспроводных технологиях.

Их преимущества неоспоримы в случаях отсутствия или неразвитости кабельной инфраструктуры (отдаленных районах, сельских, пригородных районах). Беспроводные системы или абонент радиосети позволяют развернуть быстрее и в соответствии с фактической потребностью пользователя, в результате чего значительно снижается первоначальной стоимости капитала построения сети, резко сокращает срок окупаемости. Кроме того, значительно снижается затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание сетей.

В сочетании с другими методами построения абонентской сети системы беспроводного доступа позволят экономически и быстро решать вопросы, связывающие практически любой "неудобно" с точки зрения проводных решений, абоненту. Те же беспроводной связи в ближайшие годы готовится перехватить пальму первенства поддерживать огромную армию абонентов традиционной проводной телефонии, тем самым приоритетов на мировой рынок телекоммуникаций обещает изменить коренным образом. Отличительной чертой является использование беспроводного управления несколькими радио доступа вместо кабелей (например, медь или коаксиальный) распределение сети доступа, независимо от того, действительно ли радио (точка-точка радиосвязь) в сети связи с коммутационной станцией.

В общем, любой системе радиосвязи могут быть использованы для фиксированного радиодоступа, и степень пригодности зависит от многих факторов. Преимущества в использовании беспроводной состоят в более низких эксплуатационных расходах, гибкость в проектировании сети и более быстрого развертывания. Для CDMA беспроводного стандарта характерным отличительным качеством звука и низким уровнем фоновых шумов. Эта система основана на очень интересный теоретический. Повышение потенциала системы, что в 10 раз выше, чем у AMPS, и в 3-5 раз больше, чем GSM. CDMA улучшает качество связи в густонаселенных районах и областях с холмистой местности, где есть помехи от отраженных сигналов. В CDMA системы могут быть установлены очень сильный и безопасное соединение, несмотря на значение чрезвычайно низкой мощности сигнала теоретически - сигнал может быть слабее, чем уровень шума.

1 Анализ и обзор технологий применяемых для сетей сельской связи

1.1 Существующее положение телекоммуникационной сети Катон-Карагайского РУТ ВКО

Численность населения в общем количестве с учетом сел и райцентра с.Большенарымское на 1 декабря 2014 г. составила 38000 человек.

По состоянию на 1 января 2014 года в административный регистр юридических лиц по району внесено 569 хозяйствующих и иных субъектов, в том числе малых предприятий – 453 (79,4%), средних – 113 (19,7%), крупных – 3 (0,5%). С государственной формой собственности – 4,7%, с частной – 95,3%, иностранной – 0%.

В Катон-Карагайском регионе, в январе-декабре 2014 года объем сельского хозяйства составил 3209,3 млн. тенге, что составило 104% к аналогичному периоду 2013 года. Объем инвестиции в основной капитал за этот же период составил 268209 тыс. тенге. Присутствие иностранного капитала составляет 0%.

Объем розничной товарооборота за январь-декабрь 2014 г. составил 3381 млн. тенге. и увеличился по сравнению с январем-декабрем 2013 г. на 10,9 %.

Уровень жизни населения средний и выше среднего. Основная масса населения имеет стабильную работу со средним уровнем доходов (в сфере сельского хозяйства, торговли и услуг), достаточным для стабильной оплаты услуг телекоммуникаций.

Большая часть населения села является платежеспособной.

Основными потенциальными клиентами будут являться население, получившим отказ в установке телефона по техническим причинам (в основном это жители удаленных сел). На 01.01.2014 г. количество не удовлетворенных заявлений составило 367 шт. Место реализации проекта: Восточно-Казахстанская ОДТ, филиал АО «Казахтелеком», Катон-Карагайский районный узел телекоммуникации.

Основными видами деятельности филиала являются:

- предоставление услуг местной телефонной связи;
- предоставление услуг междугородной и международной связи;
- предоставление доступа к сетям передачи данных;
- телеграфная связь;
- реализация таксофонных карт;
- услуги интеллектуальной сети;

– численность населения района составляет на 1 января 2014 г. 38000 человек.

Информация по станционной емкости на 1 января 2014 г. по Катон-Карагайскому району:

– монтированная емкость сетей Катон-Карагайского по состоянию на

- 1 января 2014 г. составила 8678 номеров;
- задействованная емкость – 7229 номеров;
 - свободная емкость – 1449 номеров;
 - процент использования емкости АТС 83%
 - процент цифровизации сети – 57%.

Существующая схема организации связи Катон-Карагайского РУТ представлена на рисунке 1.1.

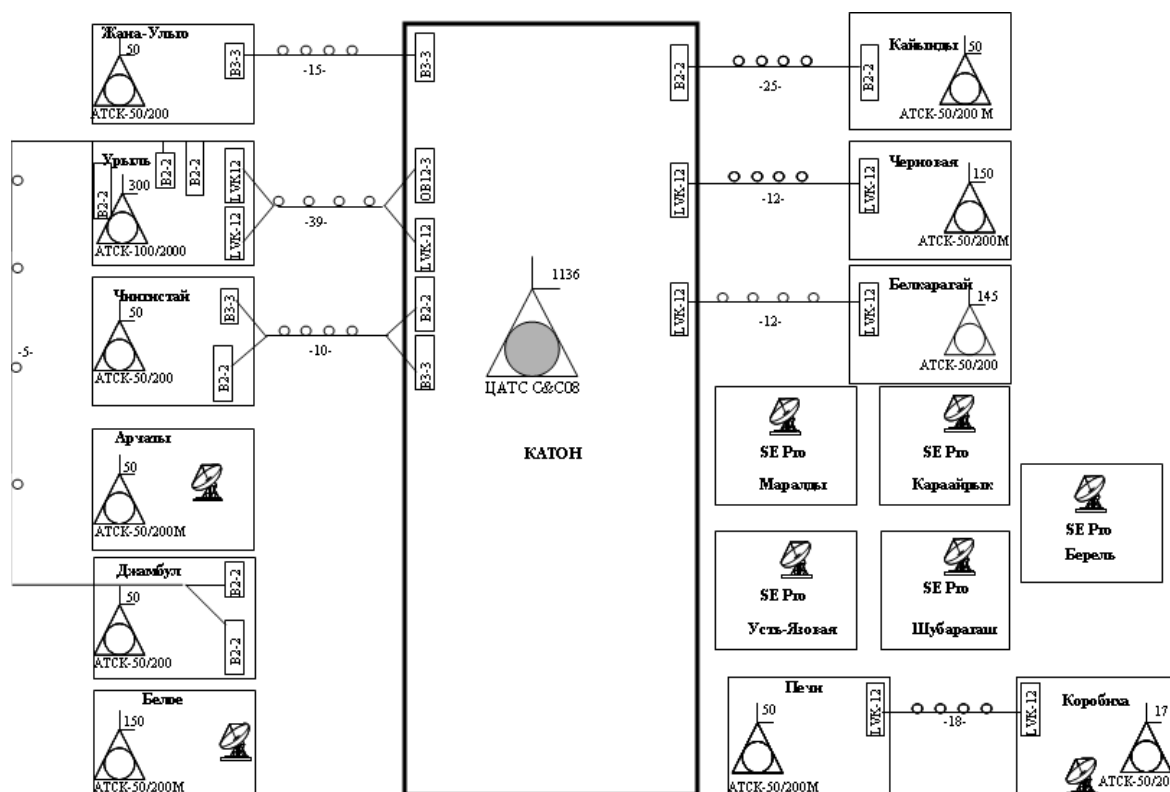


Рисунок 1.1 – Существующая схема организации связи Катон-Карагайского РУТ

В настоящее время развитие традиционных коммутационных систем практически прекращено. В основном идет процесс адаптации к сетям нового поколения. Для максимального захвата рынка и значительного увеличения доходов от услуг телекоммуникаций требуется не только модернизация телекоммуникационной сети, но и внедрение новых технологий, необходимое для предоставления всего спектра современных услуг для всех абонентов. Для этого необходимо провести развертывание сети беспроводного доступа WLL по Катон-Карагайскому району.

Реализация проекта приведет к расширению и удержанию телекоммуникационного рынка, расширению абонентской базы, увеличению доходов Общества.

1.2 Краткое описание проекта

Цель проекта:

- максимальное удовлетворение спроса в услугах телекоммуникаций – 8678 номеров;
- повышение технического уровня телекоммуникаций, повышение качества предоставляемых услуг;
- повышение экономической эффективности капитальных вложений;
- удержание и захват высокодоходных рыночных сегментов;
- увеличение доходов АО «Казахтелеком».

Стратегическая перспективность развертывания сети WLL по Катон-Карагайскому району.

Задачи проекта. Расширение сети беспроводного доступа стандарта CDMA WLL по всей территории района.

Удовлетворение существующего и прогнозируемого спроса на услуги телекоммуникаций в количестве 15000 номеров;

Закрепление положительного имиджа АО «Казахтелеком», как оператора, предоставляющего различные виды услуги телекоммуникаций в нужное время и в нужном месте;

Увеличение доходов Общества. Захват сегмента рынка предоставления услуг мобильного доступа.

Необходимость и актуальность организации сети беспроводного доступа на базе WLL в обусловлена растущим неудовлетворенным спросом населения на присоединение абонентов к сетям АО «Казахтелеком» в результате отсутствия ЛКХ. Для удовлетворения спроса будет использоваться оборудование на базе стандарта CDMA 450 WLL.

Реализация данного проекта планируется на высокодоходном сегменте рынка, где в настоящее время отсутствуют сети телекоммуникаций ВК ОДТ, построение которых запланировано в БКВ 2014 г. Расширение и удержание доли рынка, увеличение доходов Общества.

1.3 Техническая характеристика проекта

Увеличение доходов общества, достижение нового более высокого уровня развития бизнеса, захват сегмента рынка предоставления беспроводного доступа WLL, сокращение затрат по труду и эксплуатации оборудования.

Последовательность мероприятий по реализации стратегии проекта:

- приобретение оборудования беспроводного доступа WLL CDMA 450;
- проведение рекламной кампании;
- подключение и привлечение новых абонентов;

– предоставление широкого спектра услуг телекоммуникаций.

Предпосылки инициации проекта. Вдоль прохождения трассы НИСМ и радиорелейных линий Восточно – Казахстанской области, существуют населенные пункты, в которых предоставление широкого спектра услуг телекоммуникаций затруднительно из-за сложного рельефа местности, а в некоторых случаях требуются большие капитальные затраты. Одним из решением данной проблемы является дальнейшее развитие сети беспроводного доступа WLL стандарта CDMA 450. Планируемая схема организации связи Катон-Карагайского РУТ представлена на рисунке 1.2.

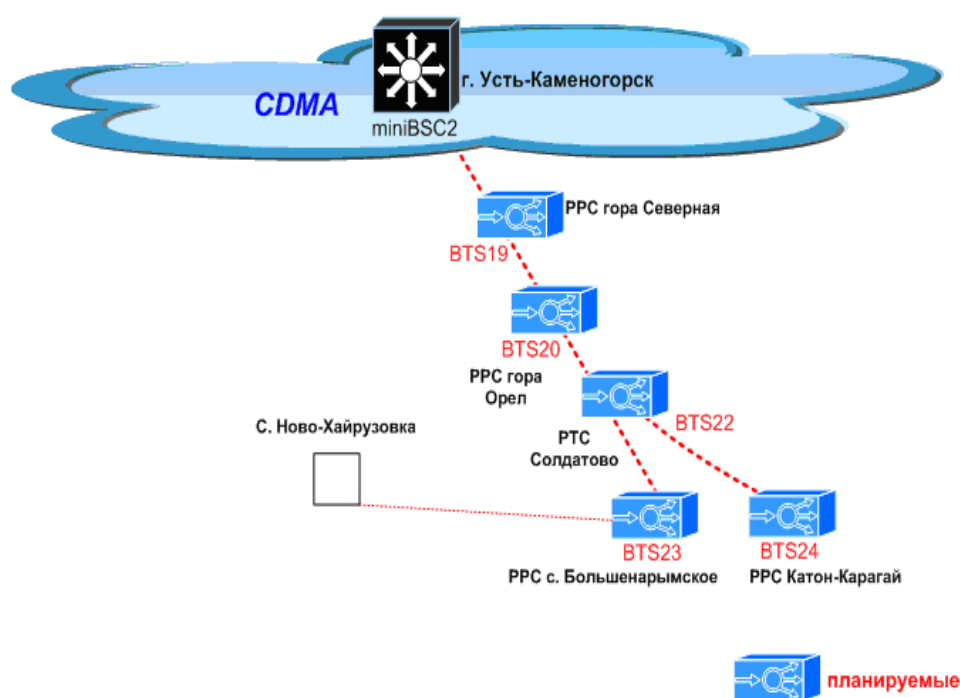


Рисунок 1.2 – Планируемая схема организации связи Катон-Карагайского РУТ

Область применения технологий беспроводного доступа WLL:

- отсутствие технической возможности подключения по проводной линии DSL;
- несоответствие технических параметров абонентской линии (спаренный телефон, высокая дальность, зашумленная линия, воздушная линия, применение аппаратуры уплотнения РСМ и др.);
- экономическая нецелесообразность подключения по проводной линии;
- быстрый захват потенциальных абонентов с дальнейшим переключением их на проводные линии;
- обеспечение относительно высокой скорости передачи данных (153.6 кбит/с);
- возможность телефонизации населенных пунктов находящиеся в зоне охвата.

Предварительный анализ показывает, что стоимость организации проводной линии DSL до потенциальных клиентов WLL зачастую превышает расходы, связанные с организацией сети радиодоступа. Затраты на организацию проводной линии превышают затраты на организацию сети WLL. Кроме того, затраты на ЛКС будут расти с увеличением удаленности абонента от АТС. Затраты по WLL при таком варианте останутся неизменными. Достоинства:

- большой радиус действия до 35 км;
- высокая частотная эффективность;
- интеллектуальный доступ к среде передачи (полоса по запросу, DAMA);
- высокая масштабируемость;
- работа в условиях отсутствия прямой видимости.

Техническое решение по проекту. Для удовлетворения спроса на предоставление услуг телекоммуникаций с использованием оборудования беспроводного доступа на 15000 абонентов, предлагается развитие сети радиодоступа:

а) Организовать дополнительные точки присутствия сети беспроводного доступа, в районах наибольшего спроса на услуги телекоммуникаций, для чего приобрести и смонтировать три базовые станции стандарта CDMA2000 1X (IS-2000). Частотный диапазон: 463.35 ~ 467.10MHz.

б) Оборудование базовой станции CDMA min BTS-22 наружного исполнения, установить на башне высотой H=180 метров РТС Солдатово. Смонтировать трехсекторную антенну (три сектора по 120 градусов) на башне высотой H=180 метров (высота точки подвеса антенн – 180метров).

Подключение базовой станции к существующей сети CDMA в ближайшей точке присутствия на АТС-52 г.Усть-Каменогорск организуется: по существующей ЦРРЛ РТС Солдатово- РРС гора Орел - гора Северная - РРС 1 Усть-Каменогорск, mSDM РРС-1 - городское кольцо SDH mSDM АТС-52- min BSC- АТС -52.

в) Оборудование базовой станции CDMA min BTS-23 установить в помещении аппаратной РРС Большенарымское. Смонтировать трехсекторную антенну (три сектора по 120 градусов) на крыше существующего контейнера на планируемой трубостойке H=3-5 метров (высота точки подвеса антенн – 10-12 метров). Для установки антенны на крыше контейнера предусмотреть трубостойку высотой 3-5 метров.

Подключение базовой станции к существующей сети CDMA в ближайшей точке присутствия на АТС-52 г.Усть-Каменогорск организуется : по существующей ЦРРЛ по ЦРРЛ РРС Большенарымское - РТС Солдатово- РРС гора Орел - гора Северная - РРС 1 Усть-Каменогорск, mSDM РРС-1 - городское кольцо SDH mSDM АТС-52- min BSC- АТС -52.

г) Оборудование базовой станции CDMA min BTS-24 установить в помещении аппаратной РРС Катон - Карагай. Смонтировать трехсекторную антенну (три сектора по 120 градусов) на крыше здания УТ (высота точки подвеса антенн – 15-25 метров). Для установки антенны на крыше здания предусмотреть трубостойку высотой 3-5 метров.

Подключение базовой станции к существующей сети CDMA в ближайшей точке присутствия на АТС-52 г.Усть-Каменогорск организуется: по существующей ЦРРЛ РРС Катон - Карагай - РТС Солдатово - РРС гора Орел - гора Северная - РРС 1 Усть-Каменогорск, mSDM РРС-1 - городское кольцо SDH mSDM АТС-52- min BSC- АТС -52.

д) Произвести подключение 15447 абонентских терминалов в зоне прямой видимости (LOS), а также в зоне отсутствия прямой видимости (NLOS) с использованием внешних (outdoor) и внутренних (indoor) антенн.

ж) Для телефонизации многоквартирных домов и частного сектора закупить оборудование абонентских терминалов в количестве 15500 шт..

1.4 Проблемы аналоговых технологий на меднопроводных сетях

Ни для кого не секрет, что общественные телефонные сети создали в течение многих десятилетий, только предоставлять услуги тем же именем. Сейчас уже трудно представить, но даже все обычные факсы, мол, "идти в массы", только после принятия решения 1972 по японским правительством для позволяя использовать факсимиле на обычных телефонных линиях. То же самое с компьютерной связью. Передача данных по телефонным линиям на самом деле является массовой только в 80-х с появлением персонального компьютера и телефонный модем. Естественно, местные телефонные сети сразу стали использоваться как средство массового доступа к глобальным сетям, таким как Интернет, FidoNet, Global One и другие. Таким образом, на PSTN больше не может говорить только как о телефонной сети, что проявилось в официальном легализации, в том числе в Казахстане, термин "общественной телекоммуникационной сети" (СТОП).

Но если дело ограничилось простым изменением знаков. Проблема в том, что телефонная сеть в Казахстане, а также другие бывшие советские республики в 90-е годы был основан исключительно на аналоговом оборудовании и РВХ ссылки. На Западе, шаг за шагом биржи уже стали экспонаты и технические музеи, но здесь они по-прежнему составляют 20% от станции управления. Алматы телефонные операторы известно, что оборудование находится в центре 62-й , 67-й , 33-й , 32-й (список можно продолжить) АТС уже давно отмечается 50- "юбилей ". Как много лет эксплуатировали эти станции и соответствующие кабельных сооружений . Конечно, это разработано, когда ничто другое для голосовой телефонии исключением, не было даже не упоминается , они изначально рассчитаны на четко определенный электрическая нагрузка или нагрузка на голосовой графику. Судите сами, средняя загрузка на линии , созданной одним квартирных абонентов в сети, мы приняли равной 100 мЭрл, что означает, линия занята 6 минут в течение 1 часа.

Для корпоративных клиентов, эта цифра гораздо выше - 250 мЭрл, т.е. при

занятости линии 15 минут в течение 1 часа.

Для сравнения, в сетях подвижной (сотовой) связи средняя нагрузка равняется 25 мЭрл. Естественно, что для пользователя Интернета такая норма неприемлема (конечно, если речь не идет только о приеме и передаче сообщений электронной почты). Многочасовое занятие телефонной линии типично для фанатов Интернета. К чему подчас принуждает низкая скорость передачи по коммутируемым телефонным линиям, даже с использованием современных модемов стандарта V.34, рассчитанных по максимуму на 33,6 Кбит/с. Получается замкнутый круг: пользователи перегружают и без того низкоскоростные телефонные каналы, а низкие скорости передачи увеличивают и без того длительное время занятия каналов, приводя к еще большей перегрузке сети.

Не способствует нормальной работе городских телефонных сетей и радиально-узловой принцип их построения, а также то, что любая АТС обслуживает гораздо больше абонентов, нежели имеет исходящих соединительных линий к телефонным узлам. Например, одним из нормативных показателей для АТС является число отказов в соединении в часы наибольшей нагрузки (ЧНН). Так вот, этот норматив предусматривает одновременную работу каждого седьмого абонента станции при продолжительности разговора не более 6 минут. Соответственно, даже небольшое число одновременно "севших на Интернет" пользователей могут парализовать работу конкретной АТС.

Таким образом, мы должны признать, что пользователи компьютерных сетей для операторов сетей общего пользования незапланированной и нежелательной категории абонентов, потому что Вы не можете внезапно изменить характер и структуру ноги. Широко известен такой случай. Когда AT&T является первым объявил обеспечению бесплатного доступа к интернету за небольшую фиксированную плату, это вызвало такой большой приток пользователей телефонной сети AT&T стали возникать массовые отказы в соединении. В таких случаях, когда телефонных операторов и провайдеров интернет - различных организаций (как это характерно для Казахстана), претензии абонентов операторов может вызвать вполне понятные конфликты между последним и интернет-провайдеров. Хорошее решение для разгрузки каналов связи общего пользования, будет смены операторов и крупных корпоративных пользователей на современные цифровые технологии проводной доступ xDSL (Digital Subscriber Lines), что позволяет стандартной медной витой пары для передачи данных до нескольких Мбит/сек другое дело, что до массового спроса на это довольно дорогая услуга, еще далеко, соответственно, единого и предложений от операторов.

1.5 Альтернатива традиционному проводному доступу

Бурное развитие мегаполисов и промышленных зон привело к тому, что развивающиеся годы станция-кабельных коммуникаций, инфраструктуры остановился это развитие, во многом из-за присущих ему недостатков:

1. Продолжительность условий сети. Это связано с обязательной ссылкой на строительные работы с многочисленными соглашениями и взаимосвязь : СНиП (строительные нормы и правила) с других сетей электро -, тепло - и водоснабжения, канализации и др.;

2. Большие объемы инвестиций на начальном этапе реализации. Как правило, расчет номерной емкости АТС, кабельные сети, мощности осуществляется с определенным запасом, образно говоря, в землю немедленно "похоронили" большие деньги. Поэтому срок окупаемости проводной сетью может быть 5 или более лет;

3. Ограничения сетевого планирования. При реконструкции старых городских районах значительно легче заменить АТС чем изменить и расширить складывалась годами структура кабельной канализации (здесь могут играть роль экономических, экологических и других факторов). Опять же, большинство видов работ, связанных с заменой кабелей, приводит к нежелательным перерывы для существующих клиентов;

4. Существенные операционные издержки. Поддержание сети в работоспособном состоянии, особенно там, где станции и кабельные линии эксплуатируются десятилетиями, все чаще требует больших человеческих и материальных затрат.

Многие из этих недостатков беспроводной "последней мили", известный как международный термин WLL (Wireless Local Loop). Так, например, подключение новых пользователей, возможно в течение нескольких дней, инвестирование может осуществляться в несколько этапов в соответствии с потребностями и полученных доходов, легко реконфигурация сети сохраняет уже сделанные инвестиции, эксплуатационные расходы значительно ниже.

Это не достаточно, чтобы сделать выбор в пользу WLL, вам нужно выбрать конкретного оборудования. Он должен исходить из следующих принципов:

а) гибкость архитектуры. Это означает, легкой адаптации к различным климатическим и географическим условиям, а также возможность расширения системы в будущем для увеличения ее пропускной способности и внедрения дополнительных услуг;

б) надежность и конфиденциальность связи. Цифровые технологии и специальных защитных мер "по умолчанию" исключает возможность поломки и несанкционированного доступа, а также гарантирует иммунитет сигнала;

в) эффективность использования частотного спектра. Потому что спектр частот ценный национальный ресурс, вопрос лицензирования и использования частот всегда важно;

д) качество голосовой связи и передачи данных. Воздушной среды, что называется, "по определению" предполагает ухудшение качества передачи ВИЧ по сравнению с проводной, но устойчивым развитием цифровой технологии радиовещания влечет ближе, ближе по качеству традиционных проводных технологий.

1.6 Краткий сравнительный анализ технологии WLL

Можно много говорить о технологических и эксплуатационных особенностях WLL стандарта, но в конечном итоге различия между ними:

- разница в полученных от эксплуатации прибыли;
- является удовлетворение потребностей в услугах связи конечным пользователям.

Для чисел в столбце "отчете о прибылях и убытках", особое значение имеют такие характеристики, как способность системы и расширению зоны покрытия сети, так как они в первую очередь Определить объем капитальных затрат и эксплуатационных расходов. Степень удовлетворенности в большой степени зависит от качества голосовой связи и передачи данных, и процент успешных звонков.

Многочисленные статистические исследования показали, что емкость сети, которая определяет количество пользователей, которые смогут работать в радиусе действия одной базовой станции, крупнейшего для CDMA-сетей и низкие для FDMA сетей. Примерное соотношение: технология CDMA позволяет получить мощность в 3-4 раза больше, чем TDMA, которая, в свою очередь, в то же время превышает этот показатель FDMA. Кроме того, CDMA - единственная технология, которая не требует, как правило, частотное планирование, эта константа "пляж" FDMA и TDMA-сетей, необходимых для эффективного использования имеющегося спектра частот и оказание услуг для большего количества абонентов.

Чтобы максимально увеличить емкость сети тесно связано с такими факторами, как максимальная сумма покрытия. И по этому показателю CDMA в 3-4 раза, что его ближайший соперник - TDMA. Ну, меньше ячейки сети означает более быстрое развертывание сети, снижение первоначальных капитальных вложений и последующие эксплуатационные расходы.

В емкости и покрытия сети, предоставляя жизненно важные критерии для оператора, не так важно, однако, для абонентов сети, которые в первую очередь волнует качество и надежность. И на этой стороне преимущество CDMA. Так как это чисто цифровой связи, кроме того, с помощью широкополосной модуляции сигнала, практически устойчивы к узкополосных помех и несанкционированного доступа к информации.

1.7 Развития беспроводной технологии в Республике Казахстан

Предположим, как развивать CDMA - 450 в Казахстане сегодня сложно. Можно говорить о биполярном сценариев: пессимистический и оптимистический.

Согласно пессимистическому сценарию, развитие сетей CDMA - 450 в Казахстане будет медленным и трудным. Из-за проблем с новым терминалом и неоднозначность услуги операторов CDMA -450 сможет конкурировать с GSM-операторами, как только нишевые игроки.

Сеть будет развернута в фокальной принципе, и разрозненные активы, CDMA-операторы будут распределены между несколькими различными финансово - промышленных холдингов. В этом случае CDMA - операторы могут рассчитывать примерно на 10 - 15 % всех продаж в регионах присутствия, что позволит привлечь в среднесрочной перспективе, примерно 5 - 10 % рынка, в зависимости от региона.

В случае успешного создания казахстанского оператора CDMA - 450 развития рынка может пойти по совсем другому сценарию.

Новый оператора с возможностью национального роуминга и качество передачи данных может быть очень эффективной конкурентной силы в работе на казахстанском рынке. Развитие двухмодовый GSM/CDMA - терминалы и возможного стратегического альянса с национальной GSM - операторов позволит оператора new, чтобы выиграть после нескольких лет доля национального рынка.

Процесс создания и развитие республиканской сети CDMA-450 предполагается осуществить в несколько этапов:

- создание нескольких укрупненных региональных групп;
- создание единого Казахстанского оператора CDMA-450;
- стратегический альянс с одним из GSM- оператором.

В настоящее время диапазон 450 МГц является также привлекательным для оказания услуг телефонной связи посредством беспроводного доступа сельскому населению. Целесообразность применения систем абонентского доступа (WWL) в сельской местности обусловлено следующими факторами:

- высокая скорость развертывания. Системы WWL позволяют в короткие сроки развернуть систему большой абонентской емкости;
- простота и быстрота наращивания. Для подключения к системе нового абонента достаточно обеспечить его номером и абонентским терминалом;
- практическое отсутствие ограничений по рельефу местности;
- стоимость системы не растет с увеличением расстояния (в пределах допустимых радиусов зон обслуживания БС) до абонента;
- относительно небольшая стоимость обслуживания. В данном случае исключается случайное или преднамеренное повреждение инфраструктуры

связи, например, кабельных коммуникаций. Система обеспечивает эффективную диагностику неисправностей.

Использование современных цифровых систем радиодоступа позволит решить следующие задачи развития сельской телефонной связи в Республике Казахстан:

- обеспечить предоставление услуг проводные средства связи не являются доступными;

- оперативно организовывать временное обслуживание группы абонентов при самых различных ситуациях (плановые сельскохозяйственные работы, реконструкции действующих сельских сетей связи);

- создавать при необходимости увеличения надежности связи сеть, дополняющую существующие проводные средства сельской телефонной связи.

Радиус покрытия одной базовой станции CDMA-450 достигает до 100 км, что является эффективным в Казахстане в условиях низкой плотности населения и большой протяженности территории. Сельское население будет иметь возможность пользоваться как универсальными услугами связи так и услугами Интернет, телемедицины, телеобучения через мобильный и фиксированный доступ сети CDMA-450.

Реализация сети подвижной связи стандарта CDMA-450 в Республике Казахстан должна проводиться с учетом следующих принципов:

- этапность – постепенное наращивание сетевых ресурсов системы CDMA-450 в соответствии с ростом спроса на услуги связи;

- перспективность – выбор варианта развития, соответствующим общемировым тенденциям развития средств телекоммуникации, в частности поддержке взаимодействия со всеми системами связи в семействе IMT 2000.

1.7.1 Проблемы и риски, связанные со строительством сети.

Покрытие, обеспечиваемое сетью мобильной связи, это один из немаловажных факторов, определяющих выбор абонента в пользу того или иного оператора.

Известно, что диапазон 450 МГц при применении стандарта CDMA2000 позволяет использовать меньшее количество базовых станций для качественного покрытия заданной территории. Необходимость ровного, эффективного покрытия местности с различной плотностью населения и топологией рельефа диктует требования к оборудованию подсистемы радиодоступа, а именно к базовым станциям.

Различные решения по исполнению производителем базовых станций, позволяют значительно сократить сроки развертывания сети и инвестиции в инфраструктуру проекта.

Территорию Казахстана отличают огромные пространства, разнообразие топологии рельефа и плотности населения.

Все это ведет к необходимости использования доступных систем передачи, и порой единственно возможными являются спутниковые системы передачи. В связи с этим необходимо удостовериться у поставщиков о

возможности оборудования поддержки использования спутниковых систем передачи.

Но тут возникает еще одна немаловажная проблема, которая уже успела проявить себя, несмотря на столь короткую историю развития сетей IMT-MS-450. Временные задержки, возникающие из-за использования спутниковых систем связи, могут достигать 400 мс.

Такого рода задержки вносят проблемы в работу сети стандарта CDMA, проявляющиеся как в резком ухудшении качества предоставляемых услуг, так и в полной невозможности предоставления связи.

Готовые решения, а именно специальные алгоритмы компенсации временных задержек в A и A-bis интерфейсе, предложенные поставщиками оборудования, и способны свести риск непредоставления услуг связи к минимуму.

Еще одна проблема, - "загрязненность" диапазона. На данный момент диапазон 400 - 500 МГц является загруженным, так как в нем работает множество ведомственных отделений связи, пейджинговая связь, портативные радиостанции и так далее.

Одним из решений, успевшим себя зарекомендовать, является использование адаптивных режекторных цифровых фильтров на стороне базовых станций, способных динамически фильтровать интерференционные помехи. Это решение минимизирует риски взаимной интерференции, что приводит к исключению проблем с качеством связи и обрыва соединения.

1.7.2 Проблемы, связанные с развитием сети.

Любая сеть требует развития. Оно в свою очередь может определяться как качественное или количественное. Количественное развитие подразумевает численное увеличение элементов сети.

Необходимость количественного инфраструктурного развития сети диктует прирост абонентской базы. В этом случае на первом плане оказываются возможности оборудования: гибкость, масштабируемость, наличие различных решений для пригородных областей, более специфических местностей, таких как автомобильные трассы, аэропорты и вокзалы и тому подобное.

Исходя из возможностей диапазона 450 МГц, к использованию доступны три несущие частоты, поэтому при трехсекторной конфигурации базовой станции (S3/3/3) общее количество передатчиков будет составлять 9.

Исходя из этого примера, можно уже сегодня оградить себя от проблем, связанных с установкой более одного кабинета и соответствующей периферии, а именно обратить внимание на базовые станции, способные поддерживать в одном стативе девять и более передатчиков TRX.

Бурное развитие новых технологий, которое в свою очередь подталкивает развитие новых услуг, качественно отличающихся от услуг, предоставляемых в сетях 2G, требует новых скоростей передачи данных. В сетях стандарта CDMA 2000 - это технологии EV.

Качественное развитие сетей подразумевает переход к следующему

эволюционному стандарту, и по уровню капиталовложений этот переход может сравниться со строительством новой сети.

Производители телекоммуникационного оборудования уже сейчас закладывают технический потенциал для беспрепятственного перехода к следующему эволюционному стандарту, что значительно сократит будущие капиталовложения в развитие сети.

В заключение можно отметить, что своевременное рассмотрение всех потенциальных проблем и рисков, связанных с развертыванием сетей IMT -MC-450, поможет во многом сократить капиталовложения оператора связи в строительство сети и минимизировать риски, связанные с дальнейшим развитием.

1.8 Общие характеристики оборудование радиодоступа WLL CDMA450

Техническое решение по организации радиодоступа WLL CDMA 450 позволит оптимизировать модернизация сельской сети телекоммуникаций и минимизировать количество вновь вводимых соединительных линий.

Стандарт: CDMA 20001X/EV-DO (IS-2000). Частотный диапазон: 450МГц. Состав оборудования радиодоступа стандарта CDMA входят три основных сетевых элемента:

- контроллер базовых станций (BSC , Base Station Control);
- базовые станции (BTS, Base Transceiver Stations);
- узел пакетной передачи данных (PDSN);
- абонентское оборудование (SU, Subscriber Units).

Системы WLL с фиксированным доступом предназначены для обслуживания стационарных абонентов с возможностью предоставления услуг голоса и передачи данных с присоединением к СТОП.

В систему входит контроллер базовых станций (BSC), который является интерфейсом между сетью WLL и СТОП. Соединение между BSC и АТС устанавливается через интерфейс V5.2. BSC обеспечивает обслуживание и поддержку 100 BTS и выше одного региона, по интерфейсу Abis. Для предоставления услуг передачи данных BSC подключается к сетевому узлу для пакетной передачи данных Packet Data Serving Node, которого достаточно на всю сеть радиодоступа РК.

Базовая станция (BTS) содержит один или несколько приемопередатчиков, антенно-фидерных устройств для формирования требуемой конфигурации зоны обслуживания с требуемой абонентской емкостью сети. Обеспечивает обмен информацией с абонентскими станциями по радиоинтерфейсу, в соответствии с протоколом обмена информацией.

По типам BTS делиться на BTS (max) с поддержкой многочастотного режима радиопередачи и BTS (min) с одночастотным режимом радиопередачи.

Станции конструктивно могут быть выполнены для внутренней и уличной установки. Базовые станции внутреннего типа питаются от сети –48V DC, наружного – от сети 220 V AC.

Абонентское оборудование (SU) – оборудование абонента обеспечивает подключение к сети и обмен информацией в соответствии с установленным протоколом обмена и с характеристиками, определенными радиоинтерфейсом. SU обслуживаемые BTS и устанавливаемые у пользователя, имеют различные пользовательские интерфейсы. Порты: два разъема RG11 (для подключения телефона, факса G3), серийный порт com-port (к компьютеру).

SU имеют либо встроенную, либо внешнюю присоединяемую направленную антенну. Каждое абонентское устройство (SU) работает только на свою BTS.

Неотъемлемой компонентой систем беспроводного доступа также являются программные средства сетевого управления.

- максимальное количество абонентов на один сектор (одна несущая)–500 абонентов;

- средняя величина трафика 0,06 Эрл на абонента один сектор при вероятности потери вызова 1%;

- максимальное количество одновременных разговоров на сектор – 45 абонентов.

Зона покрытия:

Город: характерна высокая плотность строений и населения, высокая концентрация транспорта. Радиус радиопокрытия BTS – от двух до 12 км, в условиях отсутствия прямой видимости (Non Line of Site – NLOS).

Пригород: типичные 1—5-этажные железобетонные здания, дачные поселки с низкой плотностью населения; Радиус радиопокрытия BTS – от 8 до 20 км.

Село: типичные строения — 1—3-этажные дома, плотность застройки и населения — низкая. Радиус радиопокрытия BTS – от 20 до 50 км

Площадь зоны покрытия зависит от высоты подвеса антенн базовых станций, тип применяемых антенн (с круговой диаграммой направленности или направленные антенны) и высоты установки выноса антенн абонентских устройств.

Антенны базовых станций могут быть:

- всенаправленными, односекторные с шириной диаграммы направленности 360 град;

- секторные: трехсекторные с шириной диаграммы направленности 120 град; шестисекторные с шириной диаграммы направленности 65 град.;

- контроллер BSC - поддерживает до 250 V5.2 интерфейсов, поддержка технологии ALL-IP, интерфейс –IP.

1.9 Рекомендуемые схемы организации связи по радиодоступу

Вариант 1. Подключение BTS работающих в диапазоне 450 МГц к существующим BSC расположенным в областных центрах, подключение к опорной АТС с сохранением географического кода по цифровым каналам E1 (протокол V5.2, в соответствии с утвержденными спецификациями интерфейса ETSI/ITU V5.1/ V5.2 АО «Казахтелеком»), рисунок 1.3.

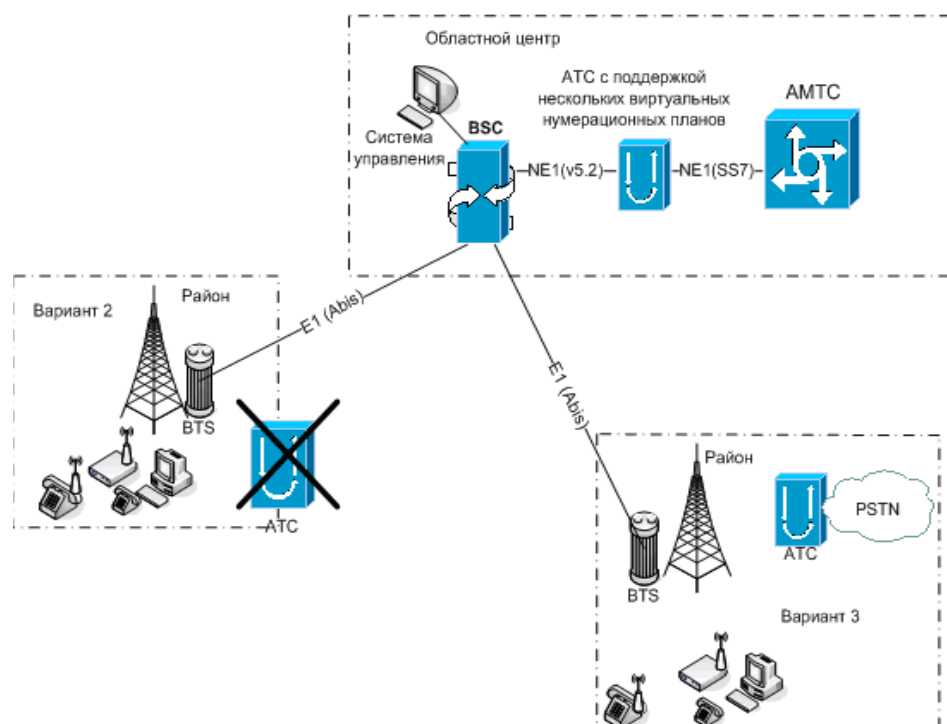


Рисунок 1.3 – Схема организации связи по первому варианту

BTS могут размещаться в любых географических точках на территории данной области, соединение между BTS и BSC выполняется с помощью технологий проводного (медные пары, оптические линии связи) или беспроводного доступа (радиорелейные, либо радиомодемные линии связи типа RadioEthernet) по цифровым каналам E1(протокол Abis).

Вариант 2. Установка BSC в районном центре с подключением к опорной АТС с сохранением географического кода по цифровым каналам E1 (протокол V5.2, в соответствии с утвержденными спецификациями интерфейса ETSI/ITU V5.1/ V5.2 АО «Казахтелеком»), рисунок 1.4.

BTS работающие в диапазоне 450 МГц могут размещаться в любых географических точках на территории данного района, соединение между BTS и BSC выполняется с помощью технологий проводного (медные пары, оптические линии связи) или беспроводного доступа (радиорелейные, либо

радиомодемные линии связи типа RadioEthernet) по цифровым каналам E1(протокол Abis).

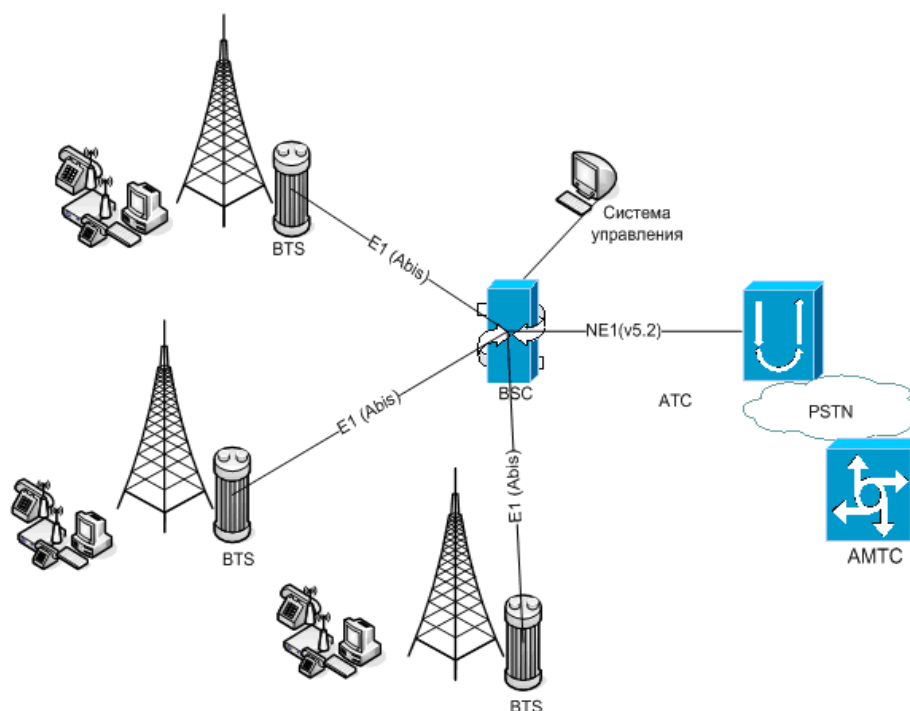


Рисунок 1.4 – Схема организации связи по второму варианту

Построение выделенной сети с территориальным резервированием. Для этого устанавливается три узла с оборудованием BSC, PDSN, VLR, HLR в географически разнесённых населённых пунктах. Все узлы связаны между собой и являются взаимозаменяемыми. Коммутация и управление абонентами производится оборудованием CDMA, стыковка с СТОП осуществляется по цифровым каналам E1 с сигнализацией ОКС 7, рисунок 1.5.

BTS работающие в диапазоне 450 МГц могут размещаются в любых географических точках на территории РК, соединение между BTS и BSC выполняются с помощью технологий проводного (медные пары, оптические линии связи) или беспроводного доступа (радиорелейные, либо радиомодемные линии связи типа RadioEthernet) по цифровым каналам E1 (протокол Abis).

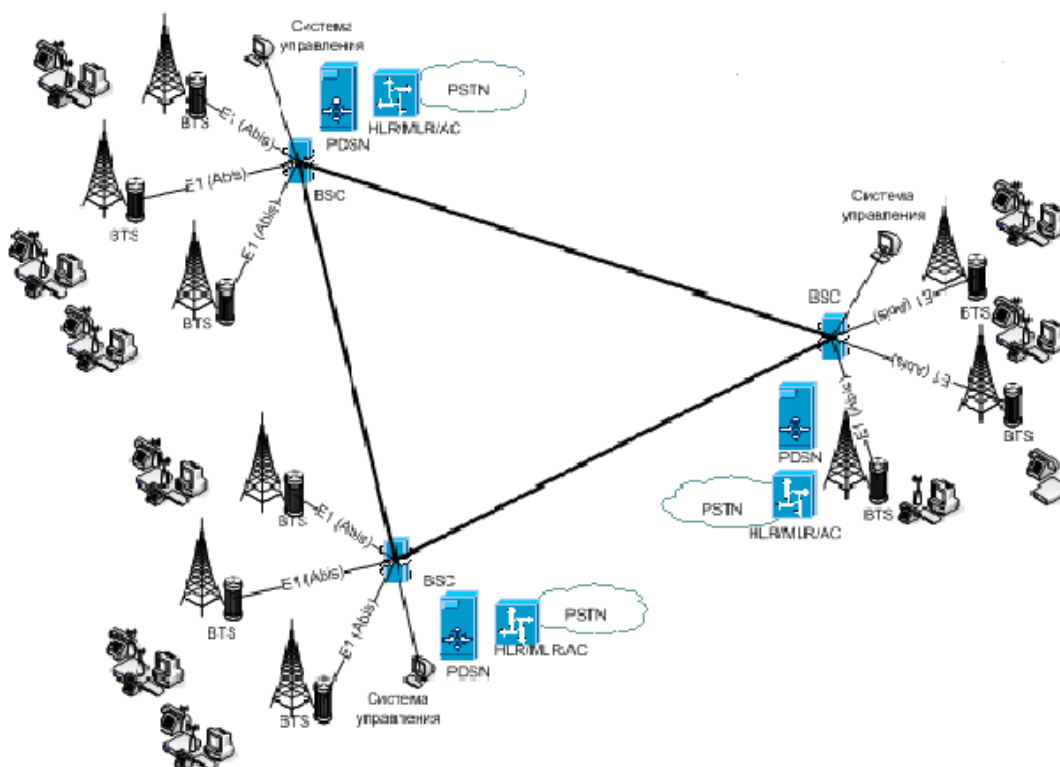


Рисунок 1.5– Схема организации связи по третьему варианту

Услуги:

- услуги местной и внутризоновой телефонной связи;
- предоставление доступа к услугам междугородней и международной телефонной связи;
- услуги передачи данных, высокоскоростного доступа в сеть Интернет.

1.10 Постановка задачи

В данной работе рассмотрены вопросы построение сети с применением беспроводного абонентского доступа WLL в сельских населенных пунктах Катон-Карагайского района.

В работе рассматриваем существующие системы и сети беспроводного CDMA технологий. В работе исследуем вопросы дальности связи. Выполняем расчеты количества пользователей в секторе, энергетики радиолиний и зоны радиопокрытия.

Также рассматриваем вопросы безопасности жизнедеятельности и приведем технико – экономическое обоснование и представим бизнес – план проекта.

2 Выбор оборудования и проектирование сети

2.1 Проектируемая схема организации связи по Катон-Карагайскому РУТ

Исходя из особенностей диапазона 450 МГц и современных функциональных возможностей самой технологии, операторы и администрации связи многих стран рассматривают CDMA-450, как перспективное средство связи и высокоскоростного доступа в Интернет.

В системе IMT-MS-450, работающей в диапазоне 450 МГц, используется низкочастотный широкополосный сигнал, имеющий хорошее распространение в пространстве и позволяющей базовым станциям CDMA-450 удваивать покрытие по сравнению с базовыми станциями, работающими в диапазоне 800-900 МГц. Эта особенность дает оператору возможность добиться лучшего покрытия больших территорий с низкой плотностью населения и сократить вложения в развитие сетевой инфраструктуры путем уменьшения общего количества базовых станций.

Вкупе с широким покрытием немаловажно отметить: высокое качество речи при одновременном снижении излучаемой мощности и уровне шумов (по характеристикам качества передачи речи параметры CDMA сопоставимы с качеством проводных каналов); экологическую чистоту технологии (гораздо меньшее значение выходной мощности в отличие от других, используемых в настоящее время стандартов); высокую степень защищенности (встроенный алгоритм кодирования обеспечивает защиту от несанкционированного доступа и прослушивания); возможность предоставления большого числа новых видов услуг, основанных на высокоскоростной передаче данных. Учитывая вышеперечисленные преимущества использования технологии CDMA с применением оборудования CDMA 450 фирмы Huawei Technologies Co, для телефонизации Катон-Карагайского района выбирается данная технология.

2.2 Описание выбранной системы. Краткое описание BTS3606C

Базовая станция BTS3606C расположена между RAC и мобильным телефоном/абонентским терминалом (MS/AT) сети CDMA2000. Под контролем RAC, BTS обслуживает одну соту или несколько логических секторов одной соты. Подключаясь к RAC по интерфейсу Abis, BTS3606C помогает RAC управлять радиоресурсами, радиопараметрами и интерфейсами. Также BTS осуществляет радиопередачу сигнала через Um интерфейс. BTS3606C является внутренней BTS, поддерживающей multi-cell (многосотовую) конфигурацию.

Особенностями BTS3606C являются высокая емкость, компактный размер, легкая инсталляция, и гибкое покрытие. Она идеальна для

пригородных районов, требующих емкости не более S(2/2/2). BTS3606C имеет улучшенную структуру, которая совместима с CDMA2000 1X и CDMA2000 1xEV-DO (DO Enhancement, DO Rev A). Рисунок 2.2 отображает положение базовой станции в сети CDMA.

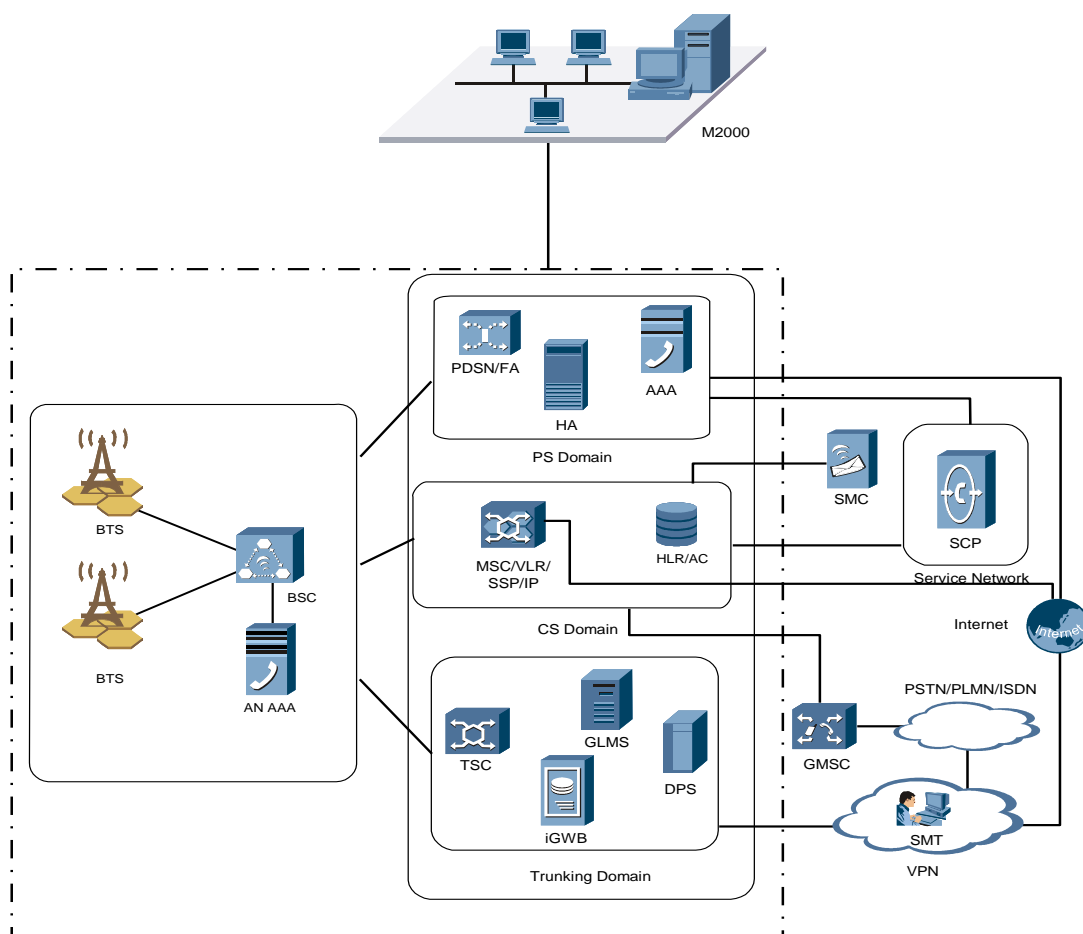


Рисунок 2.2 - Сеть Huawei CDMA 1X/1xEV-DO

Также, BTS3606C поддерживает транкинговую CDMA технологию и может обеспечивать такие услуги как «Нажми и Говори» - Push To Talk (PTT).

BTS3606C находится между RAC и MS/AT в гибридной системе CDMA2000 1x/1xEV-DO. Под контролем RAC, приемо-передающее оборудование BTS3606C обслуживает одну соту или несколько логических секторов. Технические особенности. BTS3606C имеет следующие технические особенности:

- поддержка обоих стандартов CDMA2000 1x и 1xEV-DO;
- поддержка гибридной сети CDMA2000 1x/1xEV-DO. Количество несущих CDMA2000 1x и CDMA2000 1xEV-DO может быть сконфигурировано в любом соотношении.

Обеспечивает совместное сосуществование single-carrier (узкополосных) и multi-carrier(широкополосных) модулей RF. Предоставляет мощные

возможности по сектор-процессингу и поддерживает широкие возможности покрытия единого сектора или высокомоощное покрытие нескольких несущих. Использует дизайн ресурсного пула для улучшения степени использования аппаратных ресурсов и отказоустойчивости системы. Использует цифровую технологию Intermediate Frequency (IF) для повышения доступности системы. Использует интеллектуальную систему регуляции вентиляторных блоков, позволяющую продлить их срок службы и снизить уровень шума в аппаратных залах. Работает на частотах 800 MHz. К базовой станции для улучшения радиопокрытия сети по волоконно-оптическим кабелям может подключаться вынесенное радиочастотное окончание ODU3601CE. Поддерживает конфигурацию комбинирования стативов с использованием оптического кабеля обеспечивается совместимость модулей с различными частотами.

BTS3606C может покрывать обширные области благодаря ее великолепным характеристикам приемопередачи:

- BRC3, чувствительность приемника BTS3606C лучше чем -128 dBm;
- мощность передатчика (измеренная на антенном порту статива);
- максимальная передаваемая мощность, измеренная на антенном порту равна 40Вт.

К BTS3606C по волоконно-оптическим кабелям может подключаться вынесенное радиочастотное окончание ODU3601C.

BTS3606C может быть оборудована максимум 2 SFP интерфейсами. Каждый SFP интерфейс может быть подсоединен к трем уровням ODU3601C или в CDMA2000 1X или в CDMA2000 1xEV-DO режимах. Таким образом, эффективно увеличивается зона покрытия:

- гибкий сетевой режим;
- сетевые интерфейсы.

BTS3606C поддерживает:

- ATM передачу через потоки E1 и T1;
- IP передачу через потоки E1 и T1 и FE.

Обратное мультиплексирование ATM (IMA), User Network Interface (UNI), point to point protocol (PPP), MLPPP, частично ATM, частично IMA.

Abis интерфейс поддерживает функцию резервирования линков, которая повышает надежность системы.

Сетевые топологии. BTS3606C поддерживает топологии цепочка, звезда и дерево, кольцо, частично ATM, каскадирование ODU3601CE.

BTS3606C может использовать сеть передачи совместно с GSM BTS. К тому же, она обеспечивает GSM BTS каналами передачи на Abis интерфейсе в Fractional ATM режиме. Источники синхронизации. BTS3606C поддерживает следующие источники синхронизации:

- Global Position System (GPS);
- Global Navigation Satellite System (GLONASS).

2.3 Хэндовер

Когда MS/AT выходит из текущей обслуживаемой соты/сектора или качество разговора ухудшается до неприемлемого значения, MS будет передана другой соте/сектору для обслуживания продолжающегося разговора.

Также можно инициировать процедуру хэндовера, если передача MS/AT другой соте/сектору помогает повысить качество разговора и характеристики сети. В отличие от CDMA2000 1x, 1xEV-DO вводит функцию виртуального мягкого хэндовера на прямом линке.

Мягкий хэндовер происходит между соседними сотами, которые оперируют на одной частоте и принадлежат различным BTS. Две различных BTS могут принадлежать одной RAC, или двум разным RAC соединенным A3/A7 интерфейсом.

При процедуре мягкого хэндовера, MS поддерживает соединение с предыдущей сотой до тех пор, пока не переключится на новую. MS может устанавливать радио линки с несколькими ячейками, выбирать и комбинировать информацию полученную по этим линкам для повышения качества разговора и предотвращения разрыва соединения.

Более мягкий хэндовер происходит между соседними секторами, которые оперируют на одной частоте и принадлежат одной BTS. Это частный случай мягкого хэндовера. После того, как MS установит радио линки с несколькими секторами одной BTS, BTS может комбинировать различные сигналы, полученные ее секторами от MS. Следовательно, качество разговора при более мягком хэндовере лучше, чем при мягком хэндовере.

Виртуальный мягкий хэндовер (только в прямом линке 1xEV-DO) AT осуществляет мониторинг всех пилотных сигналов в Active Set и выбирает лучший. Затем, AT получает сигнальные сообщения и данные из выбранного сектора. Этот процесс называется виртуальный мягкий хэндовер.

При процедуре *жесткого хэндовера*, MS первоначально разрывает соединение с предыдущей ячейкой, и только затем устанавливает соединение с новой. Поэтому, может произойти потеря вызова.

Жесткий хэндовер включает:

- Intra-frequency жесткий хэндовер: хэндовер между RAC без промежуточного A3/A7 интерфейса;
- Inter-frequency жесткий хэндовер: хэндовер между сотами работающими на разных частотах.

2.4 Конфигурация каналов CDMA2000 1x

Ряд физических каналов был определен Um интерфейсом. Эти физические каналы классифицированы в соответствии с особенностями

каналов. Для поддержки более высокой скорости передачи данных, 1xEV-DO использует модель канала отличную от CDMA2000 1x.

Прямой канал. CDMA2000 1x прямой канал включает Forward Common Channel (Общий прямой канал) and Forward Dedicated Channel (Прямой выделенный канал). Forward Common Channel подразделяется на: Forward Pilot Channel (F-PICH) (Прямой пилот-канал).

Он обеспечивает синхросигналами MS, находящиеся в зоне действия BTS. В отличие от других каналов, F-PICH немодулированный, он всегда находится в состоянии передачи.

Прямой синхроканал (F-SYNCH). Он предоставляет первоначальную синхронизацию для MS, находящихся в зоне действия BTS.

Прямой пейджинговый канал (F-PCH). Он посылает системную информацию и MS-specific сообщения MS, находящимся в зоне действия BTS. Каждый CDMA канал в секторе поддерживать не более семи пейджинговых каналов.

Прямой быстрый пейджинговый канал (F-QPCH). BTS использует этот канал для посылки индикатора пейджинга, для экономии энергии аккумуляторов, каждой MS выделяется определенный временной слот, в котором передаются адресованные ей сообщения.

Прямой общий канал управления (CCCH). BTS использует этот канал для посылки системных сообщений и сообщений для определенной MS.

Прямой выделенный канал подразделяется:

а) Прямой выделенный канал управления (F-DCCH).

Он несет информационный трафик и сигнальную информацию между MS и BTS.

Прямой основной канал (F-FCH)

Он несет информационный трафик между MS и BTS.

Прямой дополнительный канал (F-SCH). Он несет информационный трафик между MS и BTS. Он может использоваться только RC3, RC4 и RC5.

Обратный канал CDMA2000 1x Reverse Common Channel (Общий обратный канал) и Reverse Dedicated Channel (Выделенный обратный канал).

Reverse Common Channel подразделяется:

а) Обратный канал доступа (R-ACH). MS использует этот канал для соединения с BTS и отвечает на пейджинговые каналные сообщения. MS использует случайный протокол доступа для инициации процедуры доступа. Для каждого поддерживаемого пейджинг канала, может поддерживаться не более тридцати двух каналов доступа.

б) Обратный расширенный канал доступа (R-EACH). MS использует этот канал для инициации связи с BTS или для ответа на пейджинговые сообщения выделенного канала (dedicated paging channel message).

2.5 BSS/AN локальная система O&M

Техническое обслуживание на дальнем конце. Локальный терминал технического обслуживания (Local Maintenance Terminal (LMT)) подключен к RAC BAM для реализации технического обслуживания BTS на дальнем конце.

Локальная система эксплуатации и технического обслуживания (ОМС) подсистемы BSS функционирует в режиме Клиент/Сервер (C/S), где LMT является Клиентом и BAM Сервером.

Ошибка! Источник ссылки не найден.Рисунок 2.3 иллюстрирует архитектуру локальной системы O&M подсистемы BSS/AN.

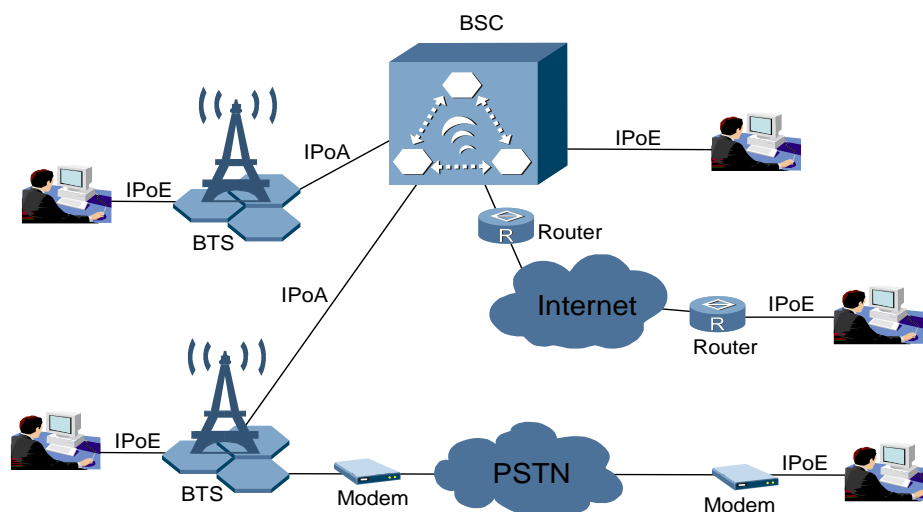


Рисунок 2.3 - Архитектура локальной системы O&M подсистемы BSS/AN

Пользователи вводят управляющие команды с LMT. BAM обрабатывает команды из LMT. После обработки BAM пересылает эти команды в устройства RAC и BTS и ожидает от них ответных сообщений. После приема ответных сообщений BAM записывает результаты выполнения команд (положительный результат, отрицательный результат, тайм-аут, сбой) и транслирует их в определенном формате на LMT. Кроме того, в удаленном терминале может осуществляться сбор информации обо всех BTS в целях централизованного планирования и оптимизации сети. Удаленное техническое обслуживание. LMT инспектирует BTS звонком через модем для осуществления удаленного технического обслуживания. Когда инженеры технического обслуживания по каким-то причинам не могут произвести техническое обслуживание на дальнем конце (например, канал IPOA технического обслуживания не исправен), они могут использовать метод удаленного технического обслуживания BTS. Техническое обслуживание на ближнем конце (локальное). В аппаратной BTS, LMT подсоединен к BTS через сетевой кабель для осуществления локального

технического обслуживания. Пользователь может соединиться с BTS через Telnet Client и использовать команды MML для выполнения операции O&M.

2.6 Интегрированная система управления сетью подвижной связи

Интегрированная система управления сетью подвижной связи выполняет функции централизованного управления. Сервер M2000 является ядром в топологии системы управления сетью, а различные узлы системы подвижной связи (например, RAC, MSC, HLR и т.п.) подключаются через LAN или WAN. RAC подключается к системе M2000 через BAM. Рисунок 2.4 иллюстрирует типичную структуру системы управления сетью подвижной связи M2000.

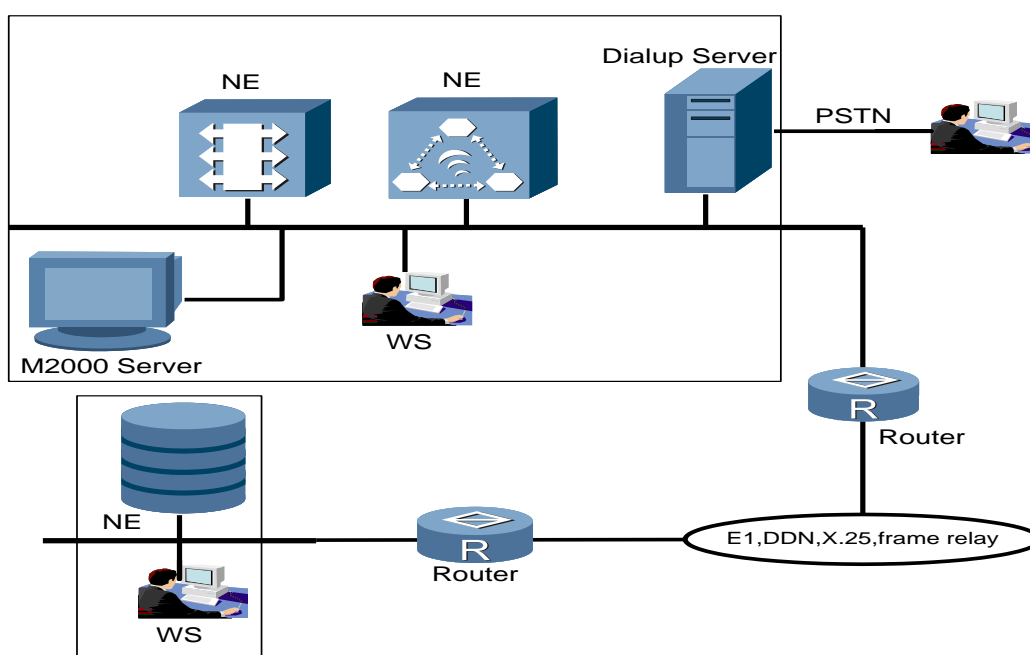


Рисунок 2.4 - Структура интегрированной системы управления сетью M2000

Интегрированная система управления сетью подвижной связи M2000 выполняет следующие основные функции: управление конфигурацией, управление характеристиками и аварийная сигнализация.

Управление конфигурацией: в системе поддерживаются функции отображения, запроса и изменения конфигурации аппаратных средств элементов сети (NE).

Управление характеристиками: пользователь системы из программы клиента может регистрировать задачи измерения трафика всех NE сети, и просматривать результаты выполнения зарегистрированных задач.

Аварийная сигнализация: пользователь системы из программы клиента аварийной сигнализации может задавать различные условия сбора аварийной

информации от всего комплекса оборудования сети, может просматривать результаты сбора аварийной информации и выполнять различные операции по локализации сбоев и их устранению

2.7 Узел PDSN в системе CDMA2000

Являясь одним из передовых стандартов 3G, система CDMA2000 обеспечивает высокоскоростную передачу данных благодаря компактной и четкой архитектуре (рисунок 2.5).

Ниже перечислены компоненты CDMA2000:

Контроллер базовых станций (BSC) выполняет следующие функции:

- контроль и управление BTS;
- установление и разъединение соединения;
- управление радиоресурсами.

Узел PDSN9660 производства компании Huawei обеспечивает непревзойденную масштабируемость и надежность, а также поддерживает широкий спектр функциональных возможностей с высоким качеством рабочих характеристик. Аппаратная платформа PDSN9660 – это универсальный коммутирующий маршрутизатор (USR) NE40 производства компании Huawei. USR NE40 – это компактное устройство carrier-класса, основанное на апробированных отраслевых стандартах и характеризующееся высокой надежностью и производительностью. PDSN9660 предлагает операторам идеальное, гибкое и эффективное решение по построению радиосистемы CDMA2000.

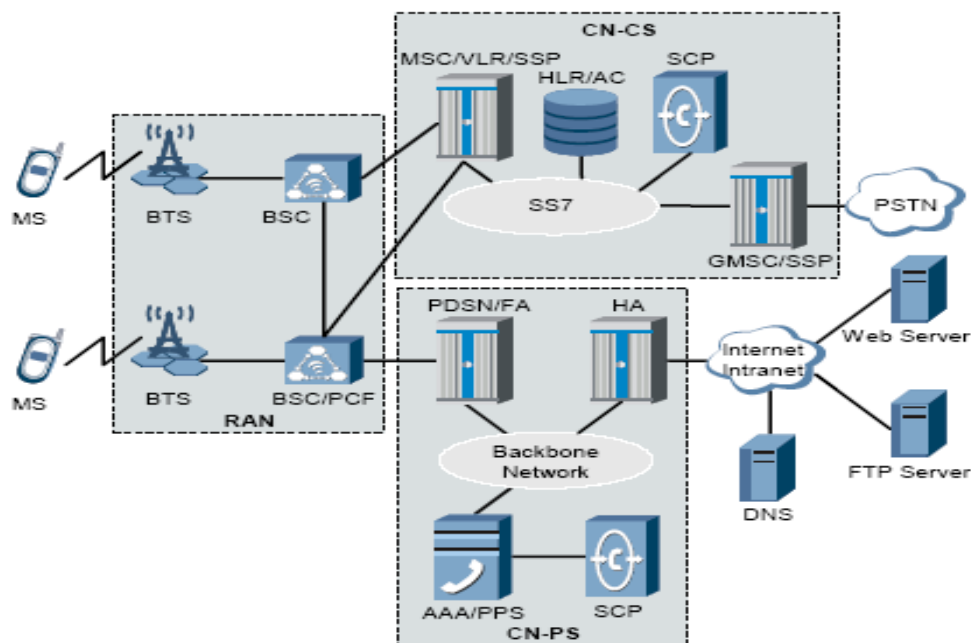


Рисунок 2.5 - Узел PDSN в системе CDMA2000

Функциональные свойства PDSN9660:

- надежная высокопроизводительная платформа: аппаратная платформа USR операторского класса соответствует апробированным отраслевым стандартам. На основе решения компании Huawei для IP-маршрутизаторов эта платформа обеспечивает одновременную обработку 100000 PPP-сеансов;
- простое техобслуживание: горячее резервирование источников питания по схеме 1+1, горячее резервирование SRU и SPU по схеме 1:1, возможность установки и извлечения монтажных плат в процессе работы системы;
- обнаружение неисправностей: PDSN9660 обеспечивает обнаружение неисправностей на ключевых платах. В случае неисправности платы, резервная плата автоматически включается и заменяет неисправную;
- масштабируемость: масштабирование плотности вызовов – неотъемлемое свойство PDSN9660. Количество соединений, одновременно поддерживаемых одним узлом PDSN9660, зависит от того, как сконфигурирована система. При максимальной конфигурации можно поддерживать до 100000 PPP-соединений. На данный момент одна пара SPU в PDSN9660 отвечает требованиям практически любого оператора связи. Возможности системы можно наращивать, либо сокращать, что позволяет увеличивать или уменьшать плотность вызовов;
- поддержка технологий Simple IP и Mobile IP;
- поддержка сжатия по алгоритму Stac LZS, сжатие заголовков TCP/IP по алгоритму Van Jacobson и MPPC для согласования CCP;
- поддержка услуг IP VPN (GRE, L2TP и MPLS);
- поддерживает архитектуру с дифференциацией сервисов (Diff-serv) на базе технологии управления качеством обслуживания (QoS). Поддержка QoS-маркировки, классификации трафика, стратегии использования трафика, управления формой трафика, управления очередями, управления в условиях перегрузки и маршрутизации IP-трафика;
- поддержка функции предварительной тарификации.

2.8 Соответствие стандартам и протоколам

Базовая сеть передачи пакетов CDMA2000 основана на IP-технологии. Применяются также протоколы RFC, разработанные IETF.

Структура CDMA2000 существенным образом отличается от структуры GPRS и WCDMA. Интерфейсы infoX CDMA MN AAA. Описание внешних интерфейсов приведены на рисунке 2.6.

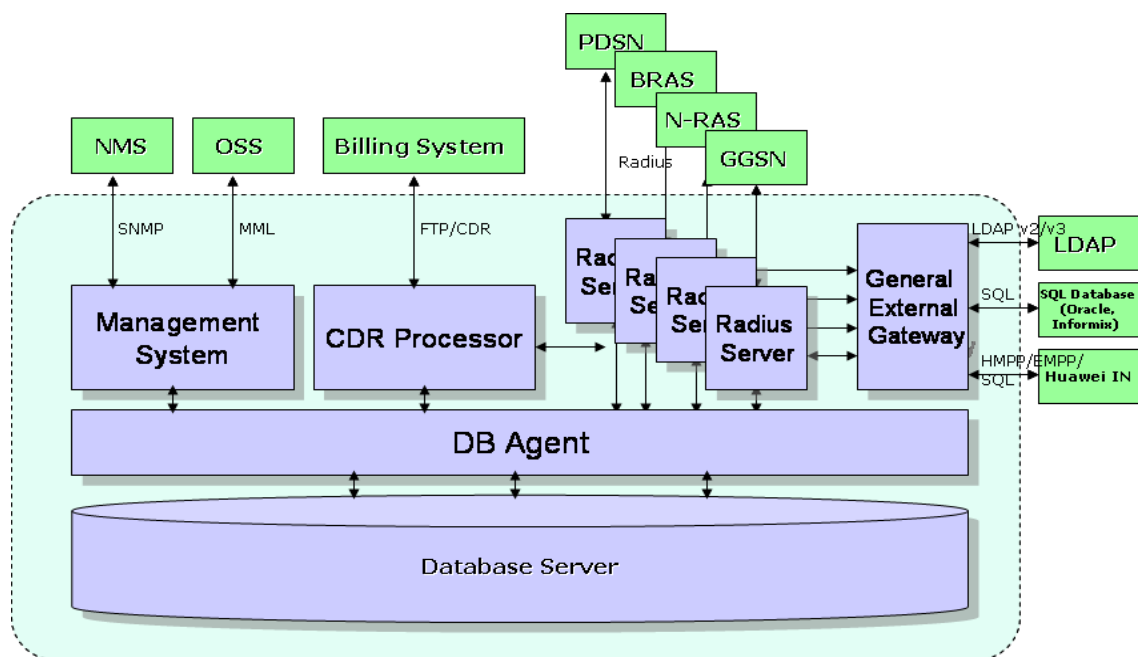


Рисунок 2.6 - Внешние интерфейсы

Интерфейс с PDSN. Этот интерфейс - между Сервером RADIUS и PDSN. Интерфейс принимает протокол RADIUS, чтобы осуществить авторизацию, аутентификацию и биллинг при предоставлении услуг пользователю.

infoX-AAA может работать с оборудованием доступа различных сетей, типа PDSN в сети CDMA, GGSN в сети WCDMA/GPRS.

Протокол RADIUS описан в IETF RFC 2865 и 2866. 3GPP2 протокол описан в 3GPP2 P.S0001-A, 3GPP2 P.S0001-B и 3GPP2 X.S0011-005-C, и т.д.

Интерфейс с другим AAA Radius сервером. Интерфейс между посещенным-AAA и Домашним-AAA принимает протокол RADIUS. Посещенный-AAA передает все сообщения RADIUS, полученное от PDSN, к Домашнему-AAA в неизменном виде.

Интерфейс с OSS/BSS. После биллинга, infoX-AAA генерирует детализированные ценовые счета и передает их модулю бухгалтерского учета.

После обработки счетов обслуживания, infoX-AAA осуществляет объединенную функцию BOSS через открытый интерфейс, используемый с другими специализированными системами учета.

infoX-AAA может легко работать с существующим программным обеспечением OSS/BSS оператора.

Фиксированный беспроводной терминал (ФБТ) серии HUAWEI ETS1000 работающий по протоколу CDMA2000 1X RTT и технологии CDMA обладает следующими возможностями: отчетливая передача речи, высокая обрывоустойчивость и защищенность переговоров, низкое излучение, безвредность для здоровья и т.д.

Беспроводные системы применять в удаленных областях с низкой плотностью населения, они требуют меньше инвестиций по сравнению с проводными решениями и позволяют быстрее окупить их стоимость.

Передача голоса. ФБТ серии HUAWEI ETS1000 поддерживает голосовые услуги по стандарту CDMA2000 1X RTT со скоростью EVRC-кодирования 8 кбит/с. На рисунке 2.7 показано подключение терминала и телефона.



Рисунок 2.7 – Обычный голосовое применение

Как показано на рисунке 2.7 телефон подключен к разъему POTS терминала с помощью кабеля RJ11. Интерфейс POTS обеспечивает питание телефона и передает сигналы вызова и набора. Это соединение может быть использовано не только для голосовых применений, но и для передачи установок телефона таких как громкость, режим работы и др. параметров.

Передача данных. ФБТ серии HUAWEI ETS1000 обеспечивает передачу данных по голосовому и по широкополосному каналу через последовательный интерфейс передачи даннх. На рисунке 2.8 показано подключение терминала и ПК.



Рисунок 2.8 - Передача данных

Широкополосный доступ реализуется следующим образом: сперва установите драйвер USB терминала и соответствующий драйвер модема на

компьютер, затем наберите номер доступа “#777”. Для передачи данных по голосовому каналу различные уровни услуг имеют разные режимы реализации.

Таксофон. ФБТ серии HUAWEI ETS1000 обеспечивает интерфейсы тарификации для подключения тарификатора публичной таксофонной услуги. На рисунке 2.9 показано подключение.



Рисунок 2.9 - Таксофон

В настоящее время ФБТ серии HUAWEI ETS1000 поддерживают следующие стандарты таксации: перемена полярности, 12КС и 16КС.

3 Расчет технических параметров проектируемой сети CDMA

3.1 Анализ емкости базовой станции

CDMA обладает некоторыми атрибутами способствующими к увеличению емкости станции:

а) Учет активности речи. Обычная средняя активность речи абонента составляет 35% от полного времени его разговора. Остальное время занимают паузы, в течении которых абонент слушает собеседника. В CDMA все абоненты занимают один радиоканал. Поэтому когда кто-то из них не разговаривает, то создается меньше помех. Таким образом, сокращение активности речи уменьшает взаимные помехи, что позволяет увеличить емкость канала до трех раз. CDMA – единственная технология, использующая преимущества этого явления.

б) Увеличение канальной емкости за счет использования секторных антенн (секторизация). В FDMA и TDMA каждая сота делится на секторы для того, чтобы влияние интерференционных помех. В результате транкинговая эффективность разделенных каналов в каждой соте ухудшается. В CDMA секторизация применяется для увеличения емкости путем организации трех радиоканалов в трех секторах, и, таким образом, емкость увеличивается в три раза по сравнению с теоретической емкостью при использовании одного радиоканала в соте. Поэтому имеется возможность подключить дополнительного абонента, при этом качество воспроизведения речи ухудшается незначительно по сравнению с обычным режимом. Например если в соте 40 каналов и добавляется еще один, то разница в отношении несущая/интерференция E_b/N_0 составляет всего $10\log(40+1)/40=0.24$ дБ.

в) Большим преимуществом CDMA перед остальными системами является то, что CDMA может многократно использовать полный спектр всех сот.

В случае когда количество абонентов равно N , базовая станция принимает сигнал состоящий из необходимого нам сигнала с мощностью C и $N-1$ интерферирующих сигналов также с мощностью C . Отсюда отношение несущая к интерференции может быть выражено как

$$\frac{C}{I} = \frac{C}{(N-1)C} = \frac{1}{N-1}, \quad (3.1)$$

где C – уровень мощности требуемого сигнала
 I – уровень мощности интерференции.

Из (3.1) можно определить

$$N = \frac{1}{C/I} + 1 \quad (3.2)$$

В отличие от систем FDMA и TDMA, в системе CDMA нас больше интересует отношение E_b/N_0 чем отношение C/I .

Допустим что

R – скорость передачи данных (в нашем случае 9600 bps)

W – ширина канала (1.25 MHz)

Отношение между C/I и E_b/N_0 может быть выражено как

$$\frac{C}{I} = \frac{R \cdot E_b}{W \cdot (N_0 + I_{tr})} \quad (3.3)$$

Перемножая (3.32) и (3.3), получаем

$$N = \frac{W/R}{(E_b/N_0 + I_{tr})} + 1 \quad (3.4)$$

Выражение (3.4) определяет максимальное число абонентов в системе CDMA в зависимости от минимальной величины E_b/N_0 необходимой для нормальной работы системы, которая для передачи цифрового голоса подразумевает BER (Коэффициент Битовой Ошибки) равны 10^{-3} или меньше.

$$N = \frac{W/R}{(E_b/N_0 + I_{tr})} \cdot \frac{1}{VAF} + 1 \quad (3.5)$$

С учетом повторного использования частоты:

$$N = \frac{W/R}{(E_b/N_0 + I_{tr})} \cdot \frac{F}{VAF} + 1 \quad (3.6)$$

С учетом секторизации:

$$N = \left(\frac{W/R}{(E_b/N_0 + I_{tr})} \cdot \frac{F}{VAF} + 1 \right) G \quad (3.7)$$

Формула (3.7) является конечной формулой для расчета емкости одной соты,

где $F=0.65$ - эффективность многократного использования частоты;

$VAF=0.35$ – средняя активность речи абонента;

G – коэффициент секторизации, для 120° секторизации $G=2.55$.

$$N = \left[\frac{1.25 \cdot 10^6 / 9600}{3.43} \cdot \frac{0.65}{0.35} + 1 \right] \cdot 2.55 = (37.96 \cdot 1.86 + 1) \cdot 2.55 \approx 182$$

3.2 Исследование радиуса соты

Радиус соты можно получить, найдя расстояние на котором потери при распространении приводят к уровню сигнала равному требуемому, как функции загрузки соты.

Расчет бюджета радиолинии для конкретной соты ведет к нахождению величины максимальных приемлемых потерь при распределении L_{\max} . Так как потери при распространении пропорциональны длине радиолинии, значение L_{\max} выражает максимальную дистанцию радиолинии или другими словами эффективный радиус соты или сектора в определенном направлении.

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

$$L(d_{km}) = L_1 + 10\gamma \log_{10} d_{km} \quad (3.8)$$

где d_{km} – расстояние в километрах

L_1 – значение потерь для $d_{km} = 1$

γ – закон распределения энергии

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

$$L_{\max} = L(R_{km}) = L_1 + 10\gamma \log_{10} R_{km} \quad (3.9)$$

Решая общее выражение относительно R_{km} получаем

$$R_{km} = 10^{\frac{L_{\max} - L_1}{10\gamma}} \quad (3.10)$$

или

$$R_{km}(\partial Бкм) = 10 \log_{10} R_{km} = \frac{L_{\max} - L_1}{\gamma} \quad (3.11)$$

Таким образом, для нахождения отношения между радиусом соты и количеством трафика в соте, необходимо найти выражения для максимальных потерь при распределении L_{\max} и подставить в (3.11)

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

$$L(\partial B) = 69.55 + 26.16 \log_{10} f_{\text{МГц}} - a(h_m) - 13.82 \log_{10} h_b + (44.9 - 6.55 \log_{10} h_b) \log_{10} d_{km} - B, \quad (3.12)$$

где h_b и h_m высоты антенн базовой и мобильной станции в метрах
 $f_{\text{МГц}}$ центральная частота в МГц

$$a(h_2) = \left\langle (1.1 \log_{10} f_{\text{МГц}} - 0.7) h_m - (1.56 \log_{10} f_{\text{МГц}} - 0.8) \right\rangle$$

$B = 30 - 25 \log_{10}(\%$ площади покрытой зданиями) коррекционный фактор
 Формула преобразована из модели условий распространения Хата для малых и средних городов.

Таким образом

$$L(\partial A) = 69.55 + 26.16 \log_{10} f_{\text{МГц}} - [(1.1 \log_{10} f_{\text{МГц}} - 0.7) h_b - (1.56 \log_{10} f_{\text{МГц}} - 0.8)] - 13.82 \log_{10} h_b + (44.9 - 6.55 \log_{10} h_b) \log_{10} d_{km} - [30 - 25 \log_{10}(\%)] \quad (3.13)$$

Воспользуемся типичными значениями обратного канала покрывающего частоты с 452 МГц по 452 МГц, таким образом, центральная частота $f=453\text{МГц}$ и высотами антенн базовой станции $h_b=30$ м и мобильного терминала $h_m=1,5\text{м}$, а так же процентом застройки равным 10%

Подставив данные в (3.13) получим

$$L(d_{km}) = 48,08 + 35,22 \log_{10} d_{km} + 25 \log_{10}(\%) = 73,08 + 35,22 \log_{10} d_{km}, - 10\% \text{зданий} \quad (3.14)$$

Таким образом, сравнивая выражения (3.13) и (3.14) находим значения для L_1 и γ ,

$$L_1 = 73,08 \text{ дБ и } \gamma = 35.22/10=3.522 \quad (3.15)$$

Теперь необходимо найти выражение для максимальных потерь при распределении L_{\max} относительно загрузки соты. Для этого необходимо определить зависимость уровня сигнала от загрузки соты.

Обозначим средний уровень сигнала, требуемый при приеме P_s и минимальный необходимый при приеме уровень сигнала в отсутствии интерференции P_s^{\sim} .

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

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

где M/M_{\max} отношение количества пользователей в соте (секторе) к максимальному количеству пользователей.

С учетом запаса по мощности в дБм

$$P_s(\partial Бм) = P_s^*(\partial Бм) + M_{\partial Б} - 10 \log_{10}(1 - M/M_{\max}), \quad (3.17)$$

где

$$\begin{aligned} P_s^*(\partial Бм) &= (E_b / N_0)_{req}(\partial Б) + (N_0 W)_c(\partial Бм) - (PG)(\partial Б) = \\ &= (E_b / N_0)_{req}(\partial Б) - 129.2 \partial Бм \end{aligned} \quad (3.18)$$

Предположив, что база сигнала $PG=128=21.1\text{дБ}$ и шумы приемника базовой станции 5дБ , следует что $(N_0 W)_c = -108.1\text{дБм}$, идеальное максимальное количество пользователей с учетом запаса по мощности:

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

Отсюда следует, что максимально приемлемые потери при распределении, это потери, при которых при максимальной мощности передатчика мобильного терминала и различных усилениях и потерях не при распределении в обратном канале, приводят к тому, что на базовой станции принимается требуемый уровень сигнала. Выражение, описывающее данное состояние следующее:

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

где

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

$P_R(\partial Бм)_{\text{без_потерь}}$ определяет мощность мобильного терминала, которая была бы принята приемником базовой станции в отсутствии потерь. Таким образом:

$$L_{\max} = P_R(\partial БМ)_{\text{без_потерь}} - P_S(\partial БМ) \quad (3.22)$$

Типичные значения параметров обратного канала, перечисленных в формулу (3.21) представлены в таблице 3.1. Подставляя значения этих параметров в формулу (3.22), получаем:

$$P_R(\partial БМ)_{\text{без_потерь}} = 23 - 0 + 2.1 - 3 - 10 + 14.1 - 2 = 24.2 \text{ дБм} \quad (3.23)$$

Т а б л и ц а 3.1 - Параметры обратного канала CDMA

Параметр	Обозначение	значение
Мощность мобильного терминала	P_m	23 дБм
Потери в кабеле мобильного терминала	L_m	0 дБ
Коэффициент усиления антенны мобильного терминала	G_m	2,1dBi
Потери при ориентации антенны мобильного терминала	L_p	3 дБ
Допуск на проникновения в здания	L_b	10 дБ
Коэффициент усиления антенны базовой станции	G_c	14.1dBi
Потеря в кабеле базовой станции	L_c	2 дБ

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

$$L_{\max}(\partial Б) = P_m(\partial БМ) + G_c(\partial Б) + G_m(\partial Б) - SNR_{req}(\partial Б) - (N_0 W)_c(\partial БМ) + 10 \log_{10}(1 - X) \quad (3.24)$$

Если добавить в (3.22) детализированные потери из (3.23) с учетом запаса по мощности используемого в (3.21), тогда (3.24) можно выразить как

$$\begin{aligned} L_{\max}(\partial Б) &= P_R(\partial БМ)_{\text{без_потерь}} - P_S(\partial БМ) \\ &= P_R(\partial БМ)_{\text{без_потерь}} - P_S(\partial БМ) + M_{\partial Б} - 10 \log_{10}(1 - M/M_{\max}) \end{aligned} \quad (3.25)$$

Теперь подставим (3.24) в качестве L_{\max} в (3.25) для того, что бы получить желаемое выражение радиуса соты как функции загрузки сети:

$$\begin{aligned} R_{km}(\partial Бкм) &= 10 \log_{10} R_{km} = \frac{L_{\max} - L_1}{\gamma} \\ &= \frac{P_R(\partial Бкм)_{\text{без_потерь}} - L_1 - P_S(\partial Бкм) - M_{\partial Б} + 10 \log_{10}(1 - M/M_{\max})}{\gamma} \end{aligned} \quad (3.26)$$

Это выражение показывает максимальный радиус соты доступный мобильному передатчику с мощностью рассмотренной в расчетах $P_R(\partial Бм)_{без_потерь}$.

Найдем числовое выражения для радиуса соты, основываясь на выражении (3.26), используя модель МСЭС(ITU-R), численные значения параметров обратного канала приведенного в Таблице 3.1, а так же предполагая, что высоты антенн базовой станции $h_b = 30m$ и мобильной станции $h_m = 1.5m$ и 10% покрытием территории зданиями.

Используя данные таблицы 3.1, принимаемая мощность без потерь при распространении равна:

$$P_R(\partial Бм)_{без_потерь} = 24.2 \partial Бм$$

Из (3.24), требуемая мощность принимаемого сигнала с учетом интерференции и без запаса по мощности равна

$$P_s(\partial Бм) = (E_b / N_0)_{req}(\partial Б) - 129.2 \partial Бм$$

и из (3.25) значения L_1 и γ равны,

$$L_1 = 73,08 \text{ дБ} \quad \text{и} \quad \gamma = 35.22/10 = 3.522$$

Подставляя всё это в (3.26) мы получаем выражение с параметрами E_b / N_0 , M_{dB} , M , M_{max} :

$$\begin{aligned} R_{km}(\partial Бкм) &= \frac{1}{3.522} \left[24.2 - 73.08 - \left(\frac{E_b}{N_0}(\partial Б) - 129.2 \right) - M_{dB} + 10 \log_{10} \left(1 - \frac{M}{M_{max}} \right) \right] \\ &= \frac{1}{3.522} \left[80,32 - \frac{E_b}{N_0}(\partial Б) - M_{dB} + 10 \log_{10} \left(1 - \frac{M}{M_{max}} \right) \right] \end{aligned} \quad (3.27)$$

Для того, что бы показать зависимость радиуса соты от M (количества активных пользователей) при принятых значениях $\frac{E_b}{N_0}$ и запаса по мощности используем (3.27) для записи

$$R_{km} = 10^{R_{km}(dBm)/10} = 10^{80.32/35.22} \left(1 - \frac{M}{M_{\max}}\right)^{10/35.22} \left[\frac{E_b}{N_0} \cdot 10^{M_{dB}/10}\right]^{-1/3.522}$$

$$= 190,775 \left(1 - \frac{M}{M_{\max}}\right)^{0.284} \left[\frac{E_b}{N_0} \cdot 10^{M_{dB}/10}\right]^{-0.284} \quad (3.28)$$

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	0,20 dB
0,80	0,93 dB
0,90	0,92 dB

Используя выражение идеальной емкости системы (3.26) M_{\max} , для выражения радиуса соты (3.28) построим график (рисунок 3.1) для различных значений M_{dB} и E_b/N_0 .

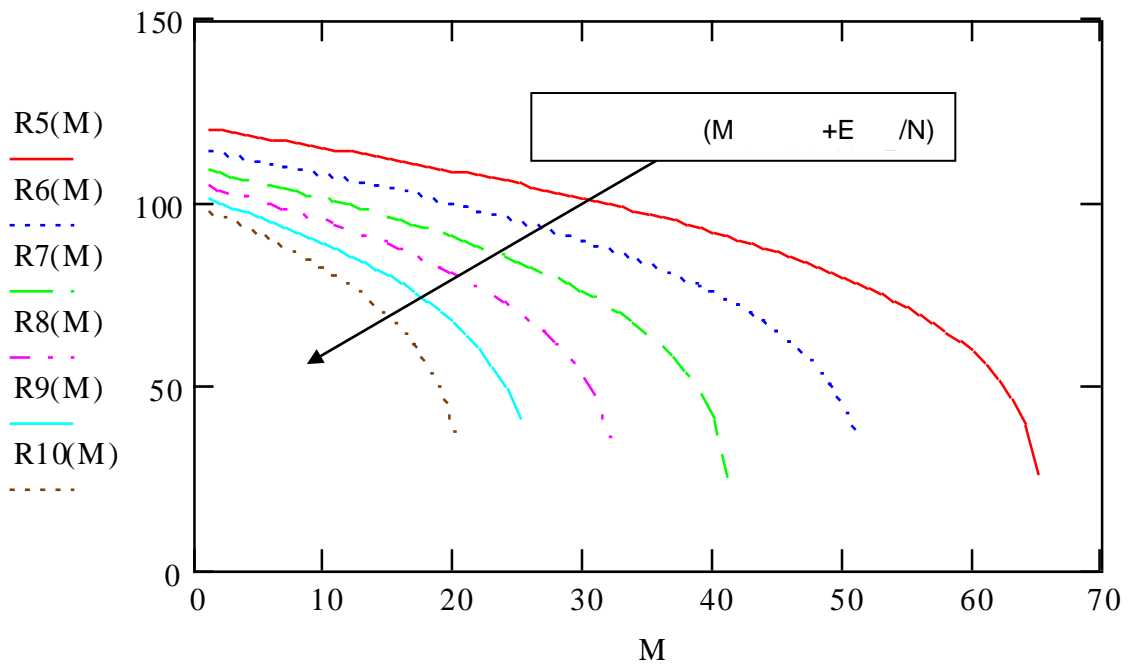


Рисунок 3.1 - График зависимости радиуса соты от загрузки соты

Из графика видно, что требуемые значение E_b/N_0 и M_{dB} , подбираемые из расчета надежности системы для обратного канала сильно влияют на размер соты. При высоких значениях надежности и соответственно отношения сигнал шум и запаса по мощности, радиус соты начинает стремительно падать при определенных значениях емкости системы (количества активных

пользователей). Так же из графика можно определить уровень снижения радиуса соты при определенном значении активных пользователей.

Исследование модели беспроводной сети позволяет спроектировать сеть исходя из типичных входных параметров, таких как: частота, мощности передатчиков, надежность системы, процент застройки и т.д. и спрогнозировать основные её показатели, такие как емкость и зона покрытия.

Сеть CDMA не похожа на сети других технологий и функционирует как единый организм. На практике три основных параметра беспроводной сети, а именно покрытие, качество и емкость, в системе CDMA взаимосвязаны и влияют друг на друга. Таким образом, операторы имеют возможность обеспечения, оптимальным обслуживанием заданной территории, варьируя параметры сети. Все это, вероятно, достаточно сложно для неспециалистов и весьма непривычно для специалистов в области более привычных технологий. Ну и закономерно вызывало и вызывает на первых порах со стороны последних настороженное отношение.

Ниже мы проведем исследование функциональной зависимости параметров сети.

Бюджет линии связи предназначен, для того, чтобы произвести необходимые расчеты: отношения принятой битовой энергии к температурному шуму и плотности интерференции, основанные на мощности передатчика, коэффициентов усиления передающей и приемной антенн, значении принятых шумов, емкости канала, а также распространении сигнала и интерферирующей среды.

Расчет бюджета линии связи необходим для анализа трафик каналов прямого и обратного соединений, пилот - канала, канала поискового вызова и канала синхронизации.

3.3 Расчет прямого канала

Для вычисления эффективного отношения сигнал/шум для пилот - канала, канала синхронизации, канала поискового вызова, необходимо вычислить мощность принятого сигнала и принятой интерференции по каждому каналу. Нижеприведенные расчеты позволят произвести анализ каналов прямого соединения

Эффективная мощность излучения трафик – канала определяется по формуле 3.29.

$$P_t = \frac{P_t}{N_t C_f} \quad (3.29)$$

или

$$p_t = P_t - 10 \log N_t - 10 \log C_f, \text{ дБм} \quad (3.30)$$

где p_t – эффективная мощность излучения (ЭМИ) трафик канала (дБм);
 P_t – ЭМИ всех трафик каналов от передающей антенны базовой станции (дБм);
 N_t – число трафик каналов поддерживаемое одной сотой;
 C_f – коэффициент активности речи.

$$p_t = 57 - 10 \log 20 - 10 \log 0.35 = 57 - 13.01 + 4.56 = 48.55, \text{ дБм}$$

Мощность приходящиеся на одного абонента, формула 3.31.

$$p_u = p_t - G_t - L_c, \text{ дБм} \quad (3.31)$$

где p_u – мощность в трафик канале на одного абонента (дБм);
 G_t – коэффициент усиления передающей антенны базовой станции (дБ);
 L_c – потери в фидере базовой станции (дБ).

$$p_u = 48.55 - 14 + 2.5 = 37.05 \text{ дБм.}$$

Полная мощность базовой станции

$$P_c = 10 \log [10^{0.1 P_t} + 10^{0.1 P_s} + 10^{0.1 P_p} + 10^{0.1 P_{pg}}], \quad (3.32)$$

где p_s – мощность канала синхронизации;
 p_p – мощность пилот канала;
 p_{pg} – мощность поискового канала

$$P_c = 10 \log [10^{0.1 \cdot 57} + 10^{0.1 \cdot 51.5} + 10^{0.1 \cdot 46.94} + 10^{0.1 \cdot 41.5}] = 58.49 \text{ дБм}$$

Усилитель мощности базовой станции

$$P_a = P_c - G_t - L_c, \text{ дБм} \quad (3.33)$$

где P_a – полная мощность всех трафик каналов, пилот канала, поискового канала, и канала синхронизации на выходе усилителя;
 P_c – полная излучаемая мощность базовой станции (дБм);

$$P_a = 58.49 - 14 + 2.5 = 46.99 \text{ дБм}$$

Полная мощность принятая мобильной станцией

$$p_m = P_c + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.34)$$

где p_m – полная мощность принятая мобильной станцией (дБм);
 L_p – средние потери на трассе между базовой станцией и мобильной;
 A_l – допуск на теневые потери (дБ);
 G_m – коэффициент усиления (на приеме) антенны мобильной станции,
 L_m – потери в кабеле мобильной станции (дБ).

$$p_m = 58.49 - 146 - 6.2 + 0 - 3 = -96.71 \text{ дБм}$$

Принятая мощность трафик – канала, формула 3.35.

$$p_{tr} = p_t + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.35)$$

где p_{tr} – принятая мобильной станцией мощность трафик канала от базовой станции.

$$p_{tr} = 48.55 - 146 - 6.2 + 0 - 3 = -106.65 \text{ дБм}$$

Принятая мощность пилот – канала, формула 3.36.

$$p_{pr} = p_p + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.36)$$

где p_{pr} - принятая мобильной станцией мощность пилот канала от базовой станции.

$$p_{pr} = 51.5 - 146 - 6.2 + 0 - 3 = -103.7 \text{ дБм}$$

Принятая мощность поискового канала, формула 3.37.

$$p_{pgr} = p_{pg} + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.37)$$

где p_{pgr} - принятая мобильной станцией мощность поискового канала от базовой станции.

$$p_{pgr} = 46.94 - 146 - 6.2 + 0 - 3 = -108.26 \text{ дБм}$$

Принятая мощность канала синхронизации, формула 3.38.

$$p_{sr} = p_s + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.38)$$

где p_{sr} - принятая мобильной станцией мощность канала синхронизации от базовой станции.

$$p_{sr} = 41.5 - 146 - 6.2 + 0 - 3 = -113.7 \text{ дБм}$$

Интерференция от других пользователей в трафик – канале

$$I_{ut} = 10\log[10^{0.1p_m} - 10^{0.1p_{tr}}] - 10\log B_w, \text{ дБм /Гц} \quad (3.39)$$

где I_{ut} – плотность интерференции создаваемой другими абонентами в трафик канале (дБм /Гц);

B_w – ширина канала (Гц).

$$I_{ut} = 10\log[10^{-9.671} - 10^{-10.665}] - 10\log(1.2288 \cdot 10^6) = -158.07 \text{ дБм/Гц}$$

Интерференция создаваемая другими базовыми станциями в трафик - канале

$$I_{ct} = I_{ut} + 10\log\left[\frac{1}{f_r} - 1\right], \quad (3.40)$$

где I_{ct} – плотность интерференции создаваемой другими базовыми станциями в трафик канале (дБм /Гц),

f_r – коэффициент переиспользования частоты ($f_r = 0.65$).

$$I_{ct} = -158.07 + 10\log\left[\frac{1}{0.65} - 1\right] = -160.76 \text{ дБм / Гц}$$

Плотность интерференции для трафик - канала

$$I_t = 10\log[10^{0.1I_{ut}} + 10^{0.1I_{ct}}], \quad (3.41)$$

где I_t – плотность интерференции в канале трафика (дБм/Гц).

$$I_t = 10\log[10^{0.1 \cdot (-158.07)} + 10^{0.1 \cdot (-160.76)}] = -156.21 \text{ дБм / Гц}$$

Интерференция от других абонентов (той же базовой станции) в пилот - канале

$$I_{up} = p_m - 10\log B_w, \quad (3.42)$$

где I_{up} - плотность интерференции от других абонентов в пилот канале (дБм/Гц).

$$I_{up} = -96.71 - 10\log(1.2288 \cdot 10^6) = -112.19 - 60.89 = -157.61 \text{ дБм/Гц}$$

Интерференция создаваемая другими базовыми станциями в пилот – канале

$$I_{cp} = I_{up} + 10 \log \left[\frac{1}{f_r} - 1 \right], \quad (3.43)$$

где I_{cp} – плотность интерференции создаваемой другими базовыми станциями в пилот канале (дБм/Гц).

$$I_{cp} = -157.61 + 10 \log \left[\frac{1}{0.65} - 1 \right] = -160.3 \text{ дБм/Гц}$$

Плотность интерференции для пилот - канала

$$I_p = 10 \log [10^{0.1 I_{up}} + 10^{0.1 I_{cp}}], \quad (3.44)$$

где I_p – плотность интерференции для пилот канала (дБм/Гц).

$$I_p = 10 \log [10^{0.1 \cdot (-157.61)} + 10^{0.1 \cdot (-160.3)}] = -155.73 \text{ дБм/Гц}$$

Интерференция от других абонентов (той же базовой станции) в поисковом канале,

$$I_{upg} = 10 \log [10^{0.1 p_m} - 10^{0.1 p_{pg}}] - 10 \log B_w, \quad (3.45)$$

где I_{upg} плотность интерференции от других абонентов в поисковом канале.

$$\begin{aligned} I_{upg} &= 10 \log [10^{0.1 \cdot (-96.71)} - 10^{0.1 \cdot (-108.26)}] - 10 \log (1.2288 \cdot 10^6) = \\ &= 10 \log (-8.89 \cdot 10^{-12}) - 60.89 = -157.92 \text{ дБм/Гц} \end{aligned}$$

Интерференция создаваемая другими базовыми станциями в поисковом канале,

$$I_{cpg} = I_{upg} + 10 \log \left[\frac{1}{f_r} - 1 \right], \quad (3.46)$$

где I_{cpg} – плотность интерференции создаваемой другими базовыми станциями в поисковом канале (дБм/Гц).

$$I_{cpg} = -157.92 + 10 \log \left[\frac{1}{0.65} - 1 \right] = -160.61 \text{ дБм/Гц}$$

Плотность интерференции для поискового канала

$$I_{pg} = 10 \log [10^{0.1 I_{upg}} + 10^{0.1 I_{cpg}}], \quad (3.47)$$

где I_{pg} – плотность интерференции для поискового канала (дБм/Гц).

$$I_{pg} = 10 \log [10^{0.1 \cdot (-157.92)} + 10^{0.1 \cdot (-160.61)}] = -156.05 \text{ дБм/Гц}$$

Интерференция от других абонентов (той же базовой станции) в канале синхронизации

$$I_{us} = 10\log[10^{0.1p_m} - 10^{0.1p_{sr}}] - 10\log B_w, \quad (3.48)$$

где I_{us} – плотность интерференции от других абонентов в канале синхронизации (дБм/Гц).

$$I_{us} = 10\log[10^{0.1 \cdot (-96,71)} - 10^{0.1 \cdot (-113,7)}] - 10\log(1,2288 \cdot 10^6) = -96,8 - 60,89 = -157,69 \text{ дБм/Гц}$$

Интерференция создаваемая другими базовыми станциями в канале синхронизации

$$I_{cs} = I_{us} + 10\log\left[\frac{1}{f_r} - 1\right], \quad (3.49)$$

где I_{cs} – плотность интерференции создаваемой другими базовыми станциями в канале синхронизации (дБм/Гц).

$$I_{cs} = -157,69 + 10\log\left[\frac{1}{0,65} - 1\right] = -160,38 \text{ дБм/Гц}$$

Плотность интерференции для канала синхронизации

$$I_s = 10\log[10^{0.1I_{us}} + 10^{0.1I_{cs}}], \quad (3.50)$$

где I_s – плотность интерференции для канала синхронизации (дБм/Гц).

$$I_s = 10\log[10^{0.1(-157,69)} + 10^{0.1(-160,38)}] = -155,582 \text{ дБм/Гц}$$

Температурный шум

$$N_0 = 10\log(290 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23}) + N_f + 30, \quad (3.51)$$

где N_0 – плотность температурного шума (дБм/Гц);

N_f – значение шума в приемнике мобильной станции (дБ).

$$N_0 = 10\log(290 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23}) + 8 + 30 = -165,98 \text{ дБм/Гц}$$

Отношение сигнал/шум + интерференция в трафик – канале

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = p_{tr} - 10\log b_{rt} - 10\log[10^{0.1I_t} + 10^{0.1N_0}], \quad (3.52)$$

где p_{tr} – скорость передачи данных в трафик канале (бит/с).

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = -106.65 - 10\log(9600) - 10\log[10^{0.1(-15621)} + 10^{0.1(-16598)}] = -106.65 - 39.82 + 155.78 = 9.31 \text{ дБ}$$

Отношение сигнал/шум + интерференция в пилот – канале

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = p_{pr} - 10\log B_w - 10\log[10^{0.1I_p} + 10^{0.1N_0}] \quad (3.53)$$

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = -103.7 - 60.69 - 10\log[10^{0.1(-15573)} + 10^{0.1(-16598)}] = -164.39 + 155.34 = -9.05 \text{ дБ}$$

Отношение сигнал/шум + интерференция в поисковом канале

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = p_{pg} - 10\log b_{pg} - 10\log[10^{0.1I_{pg}} + 10^{0.1N_0}], \quad (3.54)$$

где p_{pg} – скорость передачи данных в поисковом канале (бит/с).

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = -108.26 - 10\log(9600) - 10\log[10^{0.1(-15605)} + 10^{0.1(-16598)}] = 7.54 \text{ дБ}$$

Отношение сигнал/шум + интерференция в канале синхронизации

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = p_{sr} - 10\log b_{rs} - 10\log[10^{0.1I_s} + 10^{0.1N_0}], \quad (3.55)$$

где p_{rs} – скорость передачи данных в канале синхронизации (бит/с).

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = -113.7 - 10\log(9600) - 10\log[10^{0.1(-15582)} + 10^{0.1(-16598)}] = -153.5 + 165.61 = 2 \text{ дБ}$$

3.4 Расчет обратного канала

3.4.1 Усилитель мощности базовой станции

$$P_{ma} = P_{me} - G_m - L_m, \quad (3.56)$$

где P_{ma} – выходная мощность на выходе усилителя (дБм);

P_{me} – полная излучаемая мощность антенны мобильной станции (дБм);

G_m – коэффициент усиления передающей антенны мобильной станции (дБ);

L_m – потери в кабеле мобильной станции (дБ).

$$P_{ma} = 20 - 0 - (-3) = 23 \text{ дБм}$$

Мощность принятая базовой станцией от одного абонента

$$P_{cu} = P_{me} + L_p + A_l + G_t + L_t, \text{ дБм} \quad (3.57)$$

где P_{cu} – мощность принятая базовой станцией по каналу трафика от мобильной станции (дБм);

L_p – средние потери на трассе между базовой станцией и мобильной (дБ);

A_l – допуск на теневые потери (дБ);

G_t – коэффициент усиления (на приеме) антенны базовой станции (дБ);

L_t – потери в кабеле базовой станции (дБ).

$$P_{cu} = 20 - 146 - 6.2 + 14 - 2.5 = -120.7 \text{ дБм}$$

Плотность интерференции создаваемой другими абонентами в данной базовой станции

$$I_{utr} = P_{cu} + 10\log(N_t - 1) + 10\log C_a - 10\log B_w, \quad (3.58)$$

где I_{utr} – плотность интерференции создаваемой другими мобильными станциями (дБм/Гц);

C_a – коэффициент активности речи в канале ($C_a = 0.4 - 0.6$);

N_t – число трафик каналов имеющихся в одной базовой станции.

$$I_{utr} = -120.7 + 10\log(20 - 1) + 10\log 0.6 + 10\log(1.2288 \cdot 10^6) = -171.03 \text{ дБм/Гц}$$

Плотность интерференции создаваемой другими абонентами других базовых станций

$$I_{ctr} = I_{utr} + 10\log\left[\frac{1}{f_r} - 1\right], \quad (3.59)$$

где I_{ctr} – плотность интерференции от мобильных станций других базовых станций (дБм/Гц);

f_r – коэффициент повторного использования частот ($f_r = 0.65$).

$$I_{ctr} = -171.03 + 10\log\left[\frac{1}{0.65} - 1\right] = -172.79 \text{ дБм/Гц}$$

Плотность интерференции создаваемой другими абонентами других базовых станций и данной базовой станции

$$I_{tr} = 10 \log [10^{0.1 I_{ur}} + 10^{0.1 I_{cr}}], \quad (3.60)$$

где I_{tr} - плотность интерференции создаваемой другими абонентами других базовых станций и данной базовой станции (дБм/Гц).

$$I_{tr} = 10 \log [10^{0.1(-171.03)} + 10^{0.1(-172.79)}] = -168.8 \text{ дБм/Гц}$$

Плотность температурного шума

$$N_0 = 10 \log (290 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23}) + N_f + 30, \quad (3.61)$$

где N_0 – плотность температурного шума (дБм/Гц);

N_f – значение шума в приемнике мобильной станции (дБ).

$$N_0 = 10 \log (290 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23}) + 5 + 30 = -168.98 \text{ дБм/Гц}$$

Отношение сигнал/шум + интерференция в трафик канале

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = P_{cu} - 10 \log b_{rr} - 10 \log [10^{0.1 I_r} + 10^{0.1 N_0}], \quad (3.62)$$

где b_{rr} – скорость передачи данных в трафик канале обратного соединения (бит/с).

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = -120.7 - 10 \log (9600) - 10 \log [10^{0.1(-168.8)} + 10^{0.1(-168.98)}] = 5.35 \text{ дБ}$$

3.5 Расчет эффективности нагрузки

Система сотовой связи, как и любая система телефонной связи, является типичным примером системы массового обслуживания – со случайным потоком заявок (вызовов), случайной продолжительностью их обслуживания (сеансов связи) и конечным числом каналов обслуживания (физических каналов). Более того: система телефонной связи исторически была первым примером системы массового обслуживания, точнее – тем первым практическим поводом, с которого началось развитие теории систем массового обслуживания; в частности, в качестве первой математически корректной работы по теории массового обслуживания называют работу Эрланга «Теория вероятностей и телефонные разговоры, опубликованную в 1909 г. Наиболее общей характеристикой случайного потока вызовов является средняя частота поступления вызовов λ измеряемая числом вызовов в единицу времени – например, λ выз/ч. Аналогичным образом вводится средняя продолжительность обслуживания одного вызова (средняя продолжительность разговора) T , измеряемая в единицах времени. Произведение указанных

величин дает средний трафик (интенсивность трафика, интенсивность нагрузки, поток нагрузки):

$$A = \lambda T, \quad (3.63)$$

Для измерения λ и T могут использоваться любые единицы времени, но, во избежание недоразумений, удобнее, если в обоих случаях единица времени одна и та же. Характеристики нагрузки – среднюю частоту поступления вызовов λ , трафик A – обычно оценивают для часа пик, т.е. для часового интервала в период наибольшей нагрузки системы связи.

Частота поступления вызовов, являющаяся случайной величиной, обычно описывается распределением Пуассона, определяющим вероятность поступления k вызовов (дискретная случайная величина) за время t :

$$P_k = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, \quad \lambda t > 0, \quad k \geq 0.$$

При этом среднее число вызовов на интервале t и дисперсия числа вызовов на том же интервале равны соответственно $k = \lambda t$, $D_k = \lambda t$, то есть входящий в выражение для P_k параметр λ – это определенная выше средняя частота поступления вызовов (среднее число вызовов в единицу времени). Продолжительность обслуживания одного вызова (длительность занятости канала связи) – непрерывная случайная величина τ – описывается экспоненциальным распределением $w(\tau) = \frac{1}{T} e^{-\tau/T}$, $\tau \geq 0$, которому соответствуют среднее значение и дисперсия: $\tau = T$, $D\tau = T^2$, т.е. среднее совпадает с определенной выше средней продолжительностью обслуживания одного вызова. На рисунке 3.2 приведен график экспоненциального распределения для $T = 0,3$.

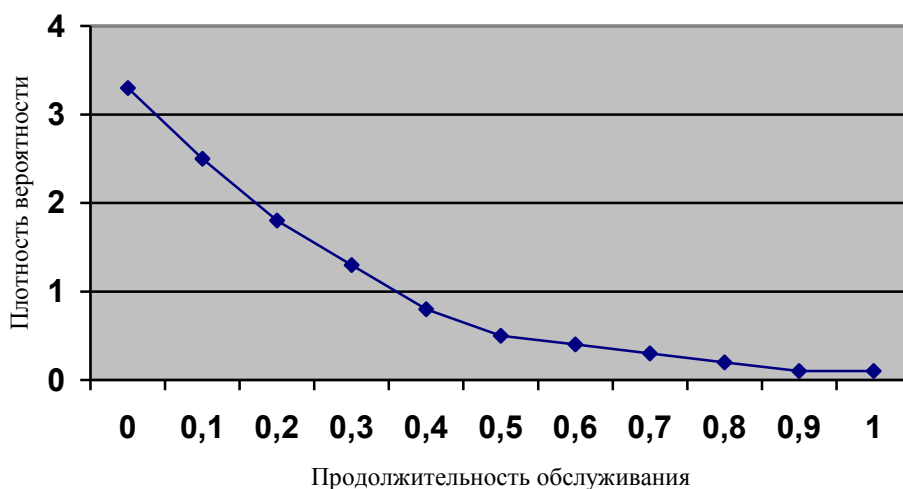


Рисунок 3.2 – Зависимость плотности вероятности от продолжительности обслуживания

Переходя к моделям системы сотовой связи, следует отметить, что во всех моделях поток вызовов принимается подчиняющимся распределению Пуассона, и продолжительность обслуживания вызова – экспоненциальному распределению, а разные модели отличаются одна от другой тем, какая участь постигает вызовы, поступающие в моменты времени, когда все каналы системы заняты. Эти вызовы могут сбрасываться, то есть аннулироваться (система с отказами), или становиться в очередь и ждать освобождения канала неопределенно долгое время, после чего обслуживаться в течение необходимого интервала времени (система с ожиданием), возможны промежуточные случаи, например, модели с ожиданием, но в течение ограниченных интервалов времени.

В системе с отказами (модель Эрланга В; в английской терминологии – lost-calls-cleared conditions, т.е. условия сброса вызовов, получивших отказ) вероятность отказа (вероятность поступления вызова в момент, когда все каналы заняты) определяется выражением:

$$Pb = \frac{A^N / N!}{\sum_{n=0}^N (A^n / n!)}, \quad (3.64)$$

где N – число каналов, A – трафик.

Применив программный продукт Mathcad 2000 Pro, был получен график зависимости вероятности отказа поступившего вызова от числа каналов (рисунок 3.3).

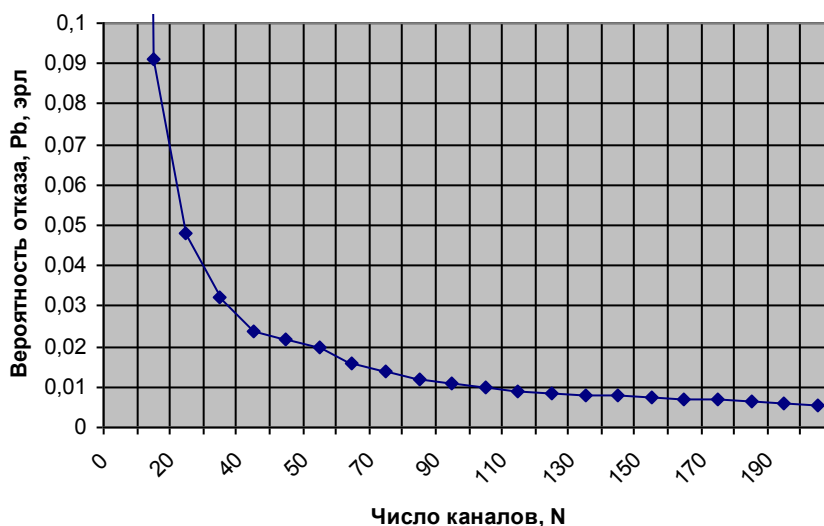


Рисунок 3.3 – Зависимость вероятности отказа поступившего вызова от числа каналов

При оценках емкости систем сотовой связи обычно используется модель Эрланга В (модель системы с отказами). Некоторым оправданием к тому может служить то обстоятельство, что при малых вероятностях отказа модели Эрланга В и С дают достаточно близкие результаты.

Расчет емкости системы обычно производится для значений P_b (вероятности отказа, или вероятности блокирования вызова) в пределах 0,01...0,05. Рассмотрим дополнительные характеристики для модели Эрланга В: вероятность того, что все каналы свободны,

$$P_{OB} = \frac{1}{\sum_{n=0}^N (A^n / n!)}, \quad (3.65)$$

вероятность того, что занято K каналов:

$$P_{KB} = P_{OB} A^K / K!. \quad (3.66)$$

среднее число занятых каналов:

$$K = P_{OB} \sum_{n=1}^N (A^n / (n-1)!). \quad (3.67)$$

Рассчитав с помощью программного продукта Mathcad Pro 2000 по формуле (3.67) значения вероятности блокировки при различных значениях трафика и числа каналов, полученные данные сводятся к таблице 3.2. Опираясь на данные этой таблицы, отметим, что с увеличением числа каналов трафик растет быстрее, чем число каналов, особенно при числе каналов менее 30...40. Поэтому в рационально построенной системе сотовой связи должно быть во всяком случае не менее 30 каналов на ячейку. Зная число каналов, равное 64 необходимо обеспечить вероятность отказа 0,01, можно в соответствии с таблицей 3.2 определить значение трафика: 38,5 Эрл. Общепринятым значением трафика, создаваемым одним абонентом, в сети сотовой связи стандарта CDMA является 0,025 Эрл: $N = 38,5 / 0,025 = 1540$ абонентов,

Такова емкость рассматриваемой системы, рассчитанная в соответствии с общепринятым подходом для часа наибольшей нагрузки. По формуле (3.67) найдем среднее число занятых каналов: $K = 20,1$, а вероятность того, что все каналы свободны по формуле (3.65): $P_{OB} = 1,55 \cdot 10^{-9}$, По формуле (3.66) найдем вероятность того, что 10 и 20 каналов занято: $P_{10B} = 0,055$, $P_{20B} = 0,09$

Т а б л и ц а 3.2 – Модель Эрланга В (система с отказами)

Число каналов, N	Вероятность отказа P_b				
	0,002	0,01	0,02	0,05	0,10
	Трафик A (эрланг)				
1	0,002	0,01	0,02	0,05	0,11
2	0,07	0,15	0,22	0,38	0,60
5	0,9	1,36	1,66	2,22	2,88
10	3,4	4,5	5,1	6,2	7,5
20	10,1	12,0	13,2	15,2	17,6
30	17,6	20,3	21,9	24,8	28,1
40	25,6	29,0	31,0	34,6	38,8
50	33,9	37,9	40,3	44,5	49,6

4 Безопасность жизнедеятельности

4.1 Анализ условий труда в используемом помещении

В данной дипломной работе рассмотрены вопросы построение сети с применением беспроводного абонентского доступа WLL в сельских населенных пунктах Катон-Карагайского РУТ ВКО.

Оборудование станции расположено в одноэтажном здании, площадь которого составляет 54м^2 . В данном разделе рассматриваются вопросы, естественного и искусственного освещения, вентиляции и пожаробезопасности для помещения операторской, так как основную часть времени персонал находится именно там, в серверную дежурный заходит трижды в сутки, чтобы снять отчет о работе оборудования, отчет фиксируется на магнитные носители и сдается в архив. Работа операторов связана с компьютером. Это имеет и определенные к психофизическим возможностям человека – оператора – он отвечает за эффективность функционирования системы, в том числе и в экстремальных ситуациях. Кроме того, для операторской деятельности характерным является снижение двигательной активности в процессе труда, что влияет на здоровье работающих. Так же оператор воспринимает и удерживает в памяти и перерабатывает значительную по объему информацию, принимает решение и управляет состоянием системы, т.е. содержание трудовой деятельности составляют умственные, психические процессы – активное восприятие, запоминание, мышление.

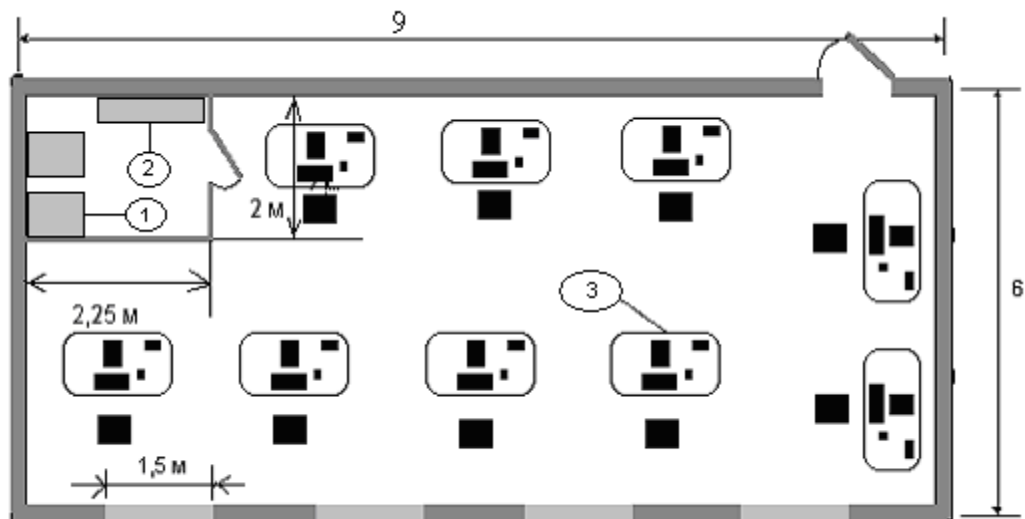
Главная задача оператора состоит в приеме и вводе информации, наблюдении и корректировке подсчета задач на ЭВМ по программам и своевременном принятии мер при сбое или остановке машины, а также в получении информации в выдаче результатов заказчику.

Режим труда операторов организован в три или две смены по 8 или 12 часов соответственно. При круглосуточном сменном режиме труда перерывы для приема пищи и кратковременного отдыха не регламентированы и входят в рабочее время.

План размещения оборудования в помещении показан на рисунке 4.1: длина $A=9\text{м}$, ширина зала $B=6\text{ м}$, высота $H=3\text{ м}$. Высота рабочей поверхности над уровнем пола $0,8\text{ м}$, окна начинаются с высоты 1 м , высота окон $1,5\text{ м}$.

В помещении расположено следующее телекоммуникационное оборудование:

- базовая станция BTS;
- мобильной коммутации MSC/SSP/VLR;
- место оператора (стол, ПК, стул).



- 1- Серверный шкаф (центр мобильной коммутации MSC/SSP/VLR);
- 2- Серверный шкаф (базовая станция BTS);
- 3- Место оператора;

Рисунок 4.1 – План станции

4.2 Оценка микроклимата

Условия работы оператора во многом зависят от микроклимата в помещении операторного зала.

Микроклимат на производстве оценивается в рабочей зоне, т.е. пространстве высотой до 2 м., над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих. Влажность воздуха определяется содержанием в нем водяных паров.

Для комнаты оператора приведены (таблица 4.1) оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха с учетом периода года и категории работ:

– в холодные периоды года температура воздуха, скорость его движения и относительная влажность воздуха соответственно составляет: 23–24°C; 0,1 м/с; 30–60%; температура воздуха колебаться в пределах от 21 до 25°C

– в теплые периоды года температура воздуха, его подвижность и относительная влажность соответственно составляет: 23–25°C; 0,1–0,2 м/с; 30–60%; температура воздуха колебаться от 22 до 26°C.

Т а б л и ц а 4.1 – Оптимальные параметры микроклимата

Норма	Оптимальные параметры		
Период работы	тем – ра воздуха °С	отн – ная влажность %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	23 – 24	30 - 60	0,1
Теплый	23 - 25	40 - 60	0,1

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.

Освещение в операторном зале смешанное (естественным и искусственным). Естественное освещение в операторном осуществляться в виде бокового освещения. Величина коэффициента естественной освещенности (КЕО) и освещенность при искусственном освещении соответствовать нормативным уровням.

Согласно этому документу работа операторов относится категории работы высокой зрительной точности, подразряд «в».

Угловые размеры объектов наблюдения, выраженную в угловых минутах, группируют по их линейным размерам, принимая расстояние от объекта до глаза наблюдателя равным 0,35 – 0,5 м, что позволяет линейный размер 0,1 мм принять эквивалентным угловому размеру в одну угловую минуту.

Объекты различения классифицируется по размерам на шесть разрядов: от 1 – наивысшей точности (размер объекта различения менее 0,15 мм) до VI-грубая работа (размер объекта различения более 5 мм). По разряду зрительной работы помещение относится к IV разряду с наименьшим размером объекта различения от 1 до 10 мм (ГОСТ 12.1.028-80).

В рассматриваемом рабочем помещении имеется естественное боковое освещение в виде двух окон высотой каждая 1,5м. В помещении имеются 4 светильника ВЗГ-100, которые не удовлетворяют нормы освещения необходимого для нормального выполнения работ. Так как для персонала, работающего с дисплеями и ЭВМ установленная норма освещенности 300 лк, требуется пересчет искусственного освещения с дальнейшей заменой имеющихся в эксплуатации ламп на лампы.

4.3 Технические решение обеспечение безопасности и жизнедеятельности

4.3.1 Расчет систем кондиционирования. Расчет выполнен по методическому указанию [4] и СНиП 2.09.04-87.

Кондиционирование воздуха (КВ) – это автоматическое поддержание в закрытых помещениях (кабинах) всех или отдельных параметров воздуха (t , ϕ , ρ и чистоты воздуха) с целью обеспечения оптимальных микроклиматических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса и обеспечения сохранности ценностей культуры .

Определим воздухообмен явного тепла по формуле 4.1:

$$G_{\text{я}} = \frac{Q_{\text{я}}}{C \cdot (t_{\text{yx}} - t_{\text{пп}})} \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (4.1)$$

где $Q_{\text{я}}$ – выделение тепла, Вт;

C – теплоемкость сухого воздуха, удаляемого общей обменной вентиляцией и подаваемого в помещение, $t_{\text{yx}} = 20^\circ \text{C}$, $t_{\text{пп}} = 15^\circ \text{C}$.

Выделяемое тепло определим по формуле 4.2:

$$Q_{\text{я}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, \quad (4.2)$$

где Q_1 – тепловыделение производственного оборудования;

Q_2 – тепловыделение от источников освещения;

Q_3 – тепловыделение от людей;

Q_4 – тепlopоступление от солнечной радиации сквозь окна.

Тепловыделение производственного оборудования определим по формуле 4.3:

$$Q_1 = 860 \cdot P_{\text{об}} \cdot \eta_1, \quad (4.3)$$

где 860 – тепловой эквивалент 1 кВт/ч;

$P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт/ч;

η_1 – коэффициент перехода тепла в помещение, $\eta_1 = 0,75$.

$$Q_1 = 860 \times 0,63 \times 0,75 = 406,35 \text{ Дж}$$

Тепловыделение от источников освещения определим по формуле 4.4:

$$Q_2 = I \cdot N_{\text{осв}}, \quad (4.4)$$

где I – коэффициент, учитывающий количество энергии, переходящей в тепло ($I=0,8$);

$N_{\text{осв}}$ – мощность осветительной установки зала 12 ламп по 40Вт каждая.

$$Q = 0,8 \cdot (12 \cdot 40) = 384 \text{ Вт}$$

Тепловыделение от людей:

$$Q_3 = n \times q, \quad (4.5)$$

где n – число работающих, $n=9$ человек;

q – теплопотери одного человека, равные 80-116Вт.

$$Q = 9 \times 116 = 1044 \text{ Вт}$$

Теплопоступление от солнечной радиации сквозь окна определим по формуле 4.6:

$$Q_4 = F_{\text{окн}} \times q \times m \times k, \quad (4.6)$$

где $F_{\text{окн}}$ – площадь окна, м^2 ;

m – число окон;

k – поправочный множитель, для деревянного переплета 1,25;

q – теплопоступление через 1 м^2 окна, $q=110$ кКал/ч.

$$Q_4 = 6,6 \times 110 \times 3 \times 1,25 = 2722,5 \text{ Вт}$$

деляем выделенное тепло:

$$Q_{\text{я}} = 406,35 + 312 + 348 + 2722,5 = 3788,85 \text{ Вт}$$

Определяем воздухообмен тепла:

$$G_{\text{я}} = \frac{3788,85}{1 \times (20 - 15)} = 757,77 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Находим требуемую производительность кондиционера определим по формуле 4.7:

$$W_K = k_3 \times G_{\text{я}}, \quad (4.7)$$

где k_3 - коэффициент запаса, $k_3=1,3 \div 2,0$;

$$W_K = 2 \times 757,77 = 1515,54 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Исходя из расчетов в операторном зале, для соблюдения требуемых параметров микроклимата следует устанавливать один кондиционер с производительностью не менее 1516 $\text{м}^3/\text{ч}$, марки HITACHI RAS-5142CH.

Т а б л и ц а 4.2 – Технические характеристики HITACHI RAS-5142CH

Характеристики	Параметры
Электропитание	220-240 В; 50 Гц
Хладопроизводительность, кВт	3,60
Теплопроизводительность, кВт	4,65
Потребляемая мощность при охлаждении, кВт	1,29
Максимальный потребляемый ток, А	7,0
Макс. Длина соедин. труб / перепад высот, м	15/5
Расход воздуха (Н/С/В) внутреннего блока, м ³ /час	372/450/540
Расход воздуха наружного блока, м ³ /час	1600
Кол-во выделяемой из воздуха влаги, л/час	2,5
Уровень шума наружного блока, дБ	51
Масса внутреннего блока без упаковки, кг	8
Масса наружного блока без упаковки, кг	38

Вывод: Согласно расчету выбран кондиционер с производительностью не менее 1516 м³/ч, марки HITACHI RAS-5142CH. Микропроцессор и все системы контроля и управления расположены во внутреннем блоке. Внутренние блоки поддерживают заданную температуру, обеспечивают равномерное распределение воздуха в помещении и работают почти бесшумно (уровень шума наружного блока 51 дБ). Потребляемая электромощность при охлаждении 1,29 кВт при обогреве 1,46 кВт и потребляемый ток не менее 7 А. Автоматическое снижение скорости вращения вентилятора внешнего блока позволяет сохранить характеристики работы кондиционера при низких температурах, расход воздуха не выше 1600 м³/ч. Подогрев картера компрессора во внешнем блоке обеспечивает пуск и безопасную работу зимой.

4.3.2 Расчет системы искусственного освещения помещения. Помещение зала имеет естественное освещение через одно боковое окно, и искусственное освещение, которое позволяет вести работы в темное время суток и днем в местах, где показатель КЕО не соответствует нормативам.

Поэтому рассчитаем общее освещение помещения аппаратного зала длиной $A = 6,5$ м., шириной $B = 4,5$ м., высотой $H = 4$ м. С побеленным потолком, светлыми стенами и не завешенными окнами. Разряд зрительной работы – III высокой точности. Нормируемая освещенность – 300 лк. [1]. Для помещения используем люминесцентную лампу ЛБ (белого цвета), мощностью 40 Вт., световым потоком 3120 лм., диаметром 40 мм. и длиной со штырьками 1213,6 мм. [1].

Высота светильника $h_c = 4 - r$, где r - высота лампочки

$$h_c = 4 - 3,2 = 0,8 \text{ м}$$

Высота рабочей поверхности $h_p = 1,2 \text{ м}$.

Определим необходимое расстояние между светильниками [11]:

$$L = \lambda \cdot h_{\text{м.}}, \quad (4.8)$$

где $\lambda = 1,2 \div 1,4$ [1]

Высота светильника над освещаемой поверхностью:

$$h = H - h_p - h_c = 4 - 1,2 - 0,8 = 2 \text{ м.}, \quad (4.9)$$

По этим данным находим, что необходимое расстояние между светильниками равно:

$$L = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ м.}, \quad (4.10)$$

Определим индекс помещения I [1]:

$$I = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{6,5 \cdot 4,5}{3,2 \cdot (6,5 + 4,5)} = 0,824, \quad (4.12)$$

Определим коэффициент использования η по таблице 2.5 [1].

$$\eta = 0,61$$

В качестве светильника возьмем ЛСП02 рассчитанный на две лампы мощностью 40 Вт, диаметром 40 мм и длиной со штырьками 1213,6 мм. Длина светильника 1234 мм, ширина 276 мм. Световой поток лампы ЛБ 40 Фл составляет 3120 лм., световой поток, излучаемый светильником $\Phi_{\text{св}}$ равен:

$$\Phi_{\text{св}} = \Phi_{\text{л}} \cdot 2 = 3120 \cdot 2 = 6240 \text{ лм.} \quad (4.13)$$

Определим число светильников:

$$N = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta}, \quad (4.14)$$

где S – площадь помещения, $S = 29,25 \text{ м}^2$.;

K_3 – коэффициент запаса, $K_3 = 1,5$ [1];

E – заданная минимальная освещенность, $E = 400 \text{ лк.}$; [1]

Z – коэффициент неравномерности освещения, $Z = 1,2$; [1]

n – количество ламп в светильнике, $n = 2$;

η – коэффициент использования, $\eta=0,61$ [11].

показано на рисунке 4.2)

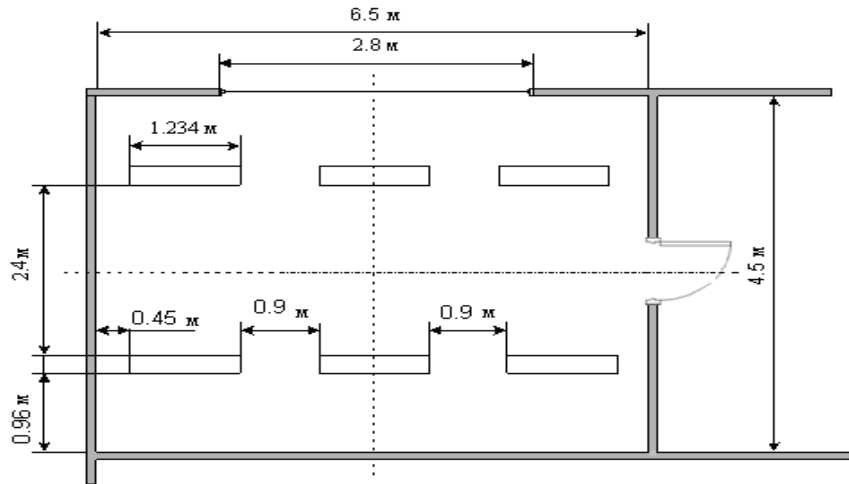


Рисунок 4.2 – Расположение светильников в помещении

Итого, для создания нормированной освещенности нам понадобится 12 ламп в 6-ти светильниках располагающихся в два ряда, в каждом ряду по три светильника, в каждом светильнике по две лампы.

4.4 Оснащение помещений средствами противопожарной безопасности и средствами пожаротушения

Расчет выполнен по методической литературе СНиП РК 2.02.05–2002. Электрическая пожарная сигнализация состоит приборы-извещатели, приёмный пункт пожарной сигнализации в помещении, где осуществляется круглосуточное дежурство персонала.

В качестве извещателя будем использовать дымовой пожарный извещатель ДИП-3. При высоте помещения 3,5м, площадь контролируемая одним извещателем 10 м². Определим количество ДИП-3 по формуле,

$$M = U \cdot (S / S_0) \quad (4.15)$$

где Ц – Округление до ближайшего целого числа;

S – площадь помещения;

S0 – площадь контролируемая одним ДИП-3

$$M = U \cdot (32/10) = 3,2 = 4$$

Разместим в здании 4 извещателя. В качестве пульта извещения установим пульт «Топаз - 3 М». С учётом того, что к пульту будут подключены все помещения. Пульт «Топаз - 3 М» предназначен для контроля 10 зон извещения. В помещении устанавливаем порошковый огнетушитель типа ОПУ-8. Технические характеристики приведены в таблице 4.3

Т а б л и ц а 4.3 - Характеристики огнетушителя ОПУ-8

Наименования параметров	Нормы для типоразмеров огнетушителей
Время приведения огнетушителя в действие, с; не более.	5
Время выхода порошка, с; не менее.	12
Остаток огнетушащего порошка, %; не более.	10
Температура среды доступная для использования, С.	-30 +50
Габаритные размеры: Диаметр, мм Высота, мм	163 570
Масса заряженного огнетушителя, кг.	13,5
Площадь тушения класса В, м ² ; не менее.	3,8
Рабочее давление, М _{па}	1,2
Вместимость корпуса, г	8

Вывод: Согласно расчету выбран кондиционер с производительностью не менее 1516 м³/ч, марки HITACHI RAS-5142CH. Микропроцессор и все системы контроля и управления расположены во внутреннем блоке. Внутренние блоки поддерживают заданную температуру, обеспечивают равномерное распределение воздуха в помещении и работают почти бесшумно (уровень шума наружного блока 51 дБ). Потребляемая электра мощность при охлаждении 1,29 кВт при обогреве 1,46 кВт и потребляемый ток не менее 7 А. Автоматическое снижение скорости вращения вентилятора внешнего блока позволяет сохранить характеристики работы кондиционера при низких температурах, расход воздуха не выше 1600 м³/ч. Подогрев картера компрессора во внешнем блоке обеспечивает пуск и безопасную работу зимой.

По расчету выбран порошковый огнетушитель типа ОПУ-8. Масса огнетушащего вещества (8кг), Габаритные размеры: Диаметр (163мм), высота (570мм) Длина порошковой струи (5м). Огнетушители порошковые унифицированные типа ОПУ предназначены для тушения пожара класса А (твёрдых веществ), класса В (жидких веществ), класса С (газообразных веществ) и электроустановок до 1000 В.

5 Технико-экономическое обоснование

5.1 Цель проекта

Задачей технико – экономической части является доказать эффективность капитальных вложений и внедрение технологии CDMA. Основной целью данного проекта является организация беспроводного доступа в районном центре, который заменит медный кабель и обеспечит абонентский доступ для соединения станции с неподвижными телефонными аппаратами на расстоянии не более 70 км. Построение проектируемой сети может привести к:

- увеличению количественно емкости абонентов во всех направлениях;
- увеличению телефонной плотности на селе;
- сокращению очередности установки телефонов;
- обеспечению предоставления качественных услуг связи;
- упрощению технической эксплуатации;
- повышению трафика с каждого сельского телефона;

Место реализации проекта: Восточно-Казахстанская ОДТ, филиал АО «Казахтелеком», Катон-Карагайский районный узел телекоммуникации.

Основными видами деятельности филиала являются:

- предоставление услуг местной телефонной связи;
- предоставление услуг междугородной и международной связи;
- предоставление доступа к сетям передачи данных;
- телеграфная связь;
- реализация таксофонных карт;
- услуги интеллектуальной сети;

– численность населения района составляет на 1 января 2013г. 38000 человек.

В настоящее время развитие традиционных коммутационных систем практически прекращено. В основном идет процесс адаптации к сетям нового поколения. Для максимального захвата рынка и значительного увеличения доходов от услуг телекоммуникаций требуется не только модернизация телекоммуникационной сети, но и внедрение новых технологий, необходимое для предоставления всего спектра современных услуг для всех абонентов. Для этого необходимо провести развертывание сети беспроводного доступа WLL по Катон-Карагайскому району.

Реализация проекта приведет к расширению и удержанию телекоммуникационного рынка, расширению абонентской базы, увеличению доходов Общества.

Для реализации данного проекта было принято решение использовать беспроводную продукцию Huawei CDMA 450, которая характеризуется полной обратной совместимостью с IS –95 и плавным переходом к 3G. Успешные

решения Huawei не раз доказывали, что они являются самыми рентабельными и конкурентоспособными.

5.2 Продукция – услуги

Беспроводный доступ на базе технологии CDMA имеет ряд преимуществ:

- не надо покупать и поддерживать системы передачи для СТС;
- не надо арендовать и содержать помещения для СТС;
- не надо охранять медный кабель и деревянные опоры;
- не надо поводить кабель к новым абонентам;
- мощное многоуровневое централизованное, сетевое управление;
- устойчивость от стихийных бедствий;
- доступ в Интернет на высокой скорости.

Можно долго говорить о преимуществах той или иной техники, но для коммерческого телекоммуникационного оператора важным является набор услуг, за которые абонент будет платить деньги. Главным достоинством сетей CDMA является очень высокое качество передачи речи, а это главная услуга всех телефонных сетей.

Абоненты сети CDMA могут одновременно разговаривать по сотовому телефону и работать на подключенном к нему компьютере в Интернет.

Абоненты смогут обмениваться факсимильными сообщениями и общаться по электронной почте.

Что же касается различных дополнительных услуг, которые предоставляются абонентам цифровых сотовых сетей (переадресации вызовов, голосовая почта, определение номеров, услуги IN и т.п.), то все они определяются сетевым коммутационным оборудованием.

Преимущества, которые будут получены Обществом в результате успешного завершения проекта:

- получение дополнительных доходов за счет расширения абонентской базы;
- расширение номенклатуры предоставляемых услуг ПД;
- увеличение дальности доставки услуг ПД и телефонии;
- гибкость в подключении конечных пользователей к интерфейсам разнообразных услуг;
- сокращение затрат на эксплуатацию сети (сельских АТС, межстанционных соединительных линий связи, ЛКХ).
- улучшения качества связи.
- увеличение занимаемой доли на рынке услуг телефонии и ПД;
- получение значительных конкурентных преимуществ на рынке услуг ПД района.

5.3 Характеристика конкурентного окружения

Катон-Карагайский РУТ является монополистом в области предоставления услуг телекоммуникаций по району.

Услуги сети передачи данных и доступа к сети Интернет.

- все конкуренты придерживаются стратегии активного захвата рынка;
- пока СГДТ АО «Казахтелеком» удастся удерживать основную долю рынка за счет монопольного владения наземными магистральными сетями, СТОП, наибольшей представленностью по территории области;

- риски СГДТ АО «Казахтелеком» заключаются в развитии сетей конкурентов, воздушных и наземных, их активной деятельности на рынках корпоративных клиентов и физических лиц, развитием сотовой связи и т.д.

Текущее состояние конкурентной среды свидетельствует о нахождении рынка услуг ПД на стадии роста объёмов потребления услуг и усиления конкурентной борьбы. В связи с этим требуется создание конкурентных преимуществ для удержания и последующего увеличения доли рынка услуг ПД.

5.4 Расчёт технико-экономических показателей

Расчёт технико-экономических показателей выполняется в определённой последовательности, и включает следующие этапы:

- расчёт капитальных затрат на приобретение оборудования и ввода его в эксплуатацию;

- расчёт годовых эксплуатационных расходов;

- расчёт годовых доходов;

- расчёт показателей экономической эффективности.

С целью сопоставления эффекта и затрат, в общую сумму капитальных вложений входят:

- затраты на приобретение оборудования (его стоимость);

- затраты на его транспортировку;

- затраты на монтаж оборудования и его настройку;

- затраты на проектирование;

- затраты на линейные сооружения и системы передачи.

Строительство гражданских сооружений не предусматривается, так как разработанное устройство будет располагаться в существующем здании АТС, на площади пригодной для размещения устройства данного типа и отвечающей требуемым нормам.

5.4.1 Инвестиционный план проекта. Согласно договору с фирмой поставщиком электрических материалов поставляется по ценам представленным в таблице 5.1

Т а б л и ц а 5.1 - Стоимость материально-технических ресурсов

Наименование	Стоимость KZT
Оборудование БС (3 шт)	
Контейнеры 4 шт	
Абонентские терминалы 7133 шт	14 436 500
Sky Edge Abis 18 шт	4 446 000
DSL модемы 3 комплекта	600 000
Оптические модемы на 16 Е1 3 комплекта	300 000
Строительство ЦРРЛ 1 пролет	819 000
Расширение контроллера БС (на 10 000 абонентов)	700 000
Лицензии на 10000 абонентов CDMA-450	2 866 900
Расширение NGN	3 288 900
Лицензия на подключение WLL (NGN) 10000 абонетов	2 470 000
Строительство АМС 15 шт	7 500 000
Строительство ответвления от ВОЛС 8,6 км	1 490 000
Подготовка инфраструктуры	1 600 000
Итого по 2014 г.	69 753 800

Кроме цены на электрические материалы в размер капитальных вложений входят затраты на транспортировку оборудования, монтаж и проектирование а также другие статьи.

$$K_{\text{вл}} = K_{\text{об}} + K_{\text{уст}}, \quad (5.1)$$

где $K_{\text{об}}$ – стоимость приобретаемого оборудования для функционирования данной системы связи;

$K_{\text{уст}}$ – Стоимость монтажа составляет 10% от стоимости оборудования.

Итак, $K_{\text{об}} = 69\,753\,800$ тг.

$$K_{\text{уст}} = K_{\text{об}} \cdot 0.1 = 6\,975\,380 \text{ тг} \quad (5.2)$$

Таким образом, капитальные вложения составят в соответствии с формулой (5.1):

$$K_{\text{вл}} = K_{\text{об}} + K_{\text{уст}} = 69753800 + 6975380 = 76729180 \text{ тг}$$

Общие капитальные вложения составят $K_{\text{вл}} = 76\,729\,180$ тг

5.4.2 Расчет эксплуатационных расходов. Производственная стоимость и расходы периода рассчитываются по следующим статьям эксплуатационных затрат.

Т а б л и ц а 5.2 - Оплата труда производственного персонала

Штатная единица	Категория работников	Кол-во единиц	Средняя тарифная ставка, тг.
Инженер по эксплуатации BSC	Инженер	1	80 000
Инженер по эксплуатации BTS и терминалов	Инженер	1	80 000
Инженер по сетевому планированию	Инженер	1	90 000
ИТОГО			250 000

Оплата труда производственного персонала определяется по таблице 5.2. Месячный фонд оплаты труда составляет (ФОТ):

За год составит:

$$T = 250000 \cdot 12 = 3000000 \text{ тг}$$

Фонд оплаты труда определяется по формуле:

$$\text{ФОТ} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (5.3)$$

где $Z_{\text{осн}}$ - основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ - дополнительная заработная плата;

$Z_{\text{осн}} = 3\,000\,000$ тенге.

Дополнительная заработная плата (работа в праздничные дни сверхурочные и премии) составляет 10% от основной заработной платы и рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = 3\,000\,000 \times 0,1 = 300\,000 \text{ тенге}$$

Тогда ФОТ составит:

$$\Phi OT = 3000000 + 300000 = 3\,300\,000 \text{ тенге}$$

На систему связи по существующему положению в настоящее время норма амортизации H_A на оборудование составляет 15% от стоимости всего оборудования. Таким образом амортизационные отчисления A составляют:

$$A = H_A \cdot K_{BL} = 0.15 \cdot 76729180 = 11509377 \text{ тг.}, \quad (5.4)$$

Затраты на электроэнергию для производственных нужд, включают в себя расходы электроэнергии на оборудование и дополнительные.

$$\mathcal{E}_{\text{ЭЛ.ЭН}} = \mathcal{E}_{\text{ЭЛ.ЭН.ОБОР.}} + \mathcal{E}_{\text{ДОП.НУЖ.}}, \quad (5.5)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ЭЛ.ЭН.ОБОР.}} = W \cdot T \cdot S, \quad (5.6)$$

где W – потребляемая мощность, $W=1,5$ кВт;

T – время работы, $T=8760$ ч/год;

S – тариф, 1кВтч=13,45 тг.

$$\mathcal{E}_{\text{ЭЛ.ЭН.ОБОР.}} = W \cdot T \cdot S = 1,5 \cdot 8760 \cdot 13,45 = 176733 \text{ тг}$$

Затраты на дополнительные нужды возьмем по укрупненному показателю 5% от затрат на оборудование:

$$\mathcal{E}_{\text{ДОП.НУЖ.}} = 0,05 \cdot \mathcal{E}_{\text{ЭЛ.ЭН.ОБОР.}} = 0,05 \cdot 176733 = 8837 \text{ тг/год,}$$

Тогда:

$$\mathcal{E}_{\text{ЭЛ.ЭН}} = 176733 + 8837 = 185570 \text{ тг/год.}$$

Расчет социальных отчислений. При расчете фонда заработной платы, нужно учитывать, социальный налог в размере 11% от общего фонда оплаты труда за вычетом пенсионных отчислений.

$$C_H = 0,11(\Phi OT - \Phi OT \cdot 0,1) = 0,11(3300000 - 3300000 \cdot 0,1) = 326700 \text{ тг} \quad (5.7)$$

Налог за использование радиочастотного спектра составляет:

$$H_{\text{СРЧ}} = 30200 \text{ тг. в год.}$$

Расходы на материалы и запасные части составляют 0,5% от стоимости оборудования:

$$\mathcal{E}_M = 0,005 \cdot 69753800 = 348769 \text{ тг} \quad (5.8)$$

Расходы на ремонт устройства в размере 10 % от стоимости устройства:

$$\mathcal{E}_{PEM} = K \cdot 0,1 = 76729180 \cdot 0,1 = 7672918 \text{ тг}$$

Общие эксплуатационные расходы определяются по формуле:

$$\mathcal{E} = \Phi OT + A + \mathcal{E}_H + \mathcal{E}_M + \mathcal{E}_{PEM} + C_H + H_{CPЧ}, \text{ тг} \quad (5.9)$$

$$\mathcal{E} = 3300000 + 11509377 + 185570 + 348769 + 7672918 + 326700 + 30200 = 23373534 \text{ тг}$$

Результаты расчётов годовых эксплуатационных расходов сведены в таблицу 5.3

Т а б л и ц а 5.3 - Общие эксплуатационные расходы

Статья затрат	Величина, тг
ФОТ	3 300 000
Материалы и запасные части	348 769
Амортизация	11 509 377
Расходы на электроэнергию	185 570
Социальный налог	326 700
Расход на ремонт	7 672 918
Налог радиочастотного спектра	30200
Всего,	23 373 534

5.4.3 Оценка доходов:

- доходы от подключения к телефонной сети общего пользования;
- доходы от абонентской платы;
- доходы от междугородного/междугородного трафика.

Доходы от основной деятельности принимаются из расчёта 100% с абонентов квартирного сектора и коммерческих организаций. Абонентами сети будут юридические лица и физические лица в соотношении 70/30 от емкости системы БД, поэтому для расчетов необходимо различать тарифы для физических лиц и юридических лиц. Прогноз доходов проекта

Т а б л и ц а 5.4 - Единовременные и текущие доходы от новых абонентов

Наименование показателей	Итого за год
	2014 год
Местная связь, абонентская плата	12 200 000
Услуги ММТС	450 000
“Зона Интернет”	23 000 000
Прочие доходы	50 000
Местная связь, установочная плата	10 000 000
Ежемесячные доходы	2 975 000
Всего	45 700 000

5.5 Эффективность проекта и срок окупаемости

Прибыль определяется как разница дохода и эксплуатационных расходов:

$$П = Д - Э \quad (5.13)$$

где Д- доходы

Э – эксплуатационные расходы.

$$П = 45700000 - 23373534 = 22\,326\,466 \text{ тг}$$

На прибыль облагается корпоративный налог (20%), т.е чистый доход

$$ЧД = П \times 0,8 = 22326466 \times 0,8 = 17\,861\,172 \text{ тг}$$

$$ОЧДП = ЧД + А = 17861172 + 11509377 = 29370549 \text{ тг}$$

$$E = \frac{ОЧДП}{K} = \frac{29370549}{767\,29180} = 0,38$$

Расчетный срок окупаемости определяется как величина обратная абсолютной экономической эффективности:

$$T = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,38} = 2,6 \quad (5.10)$$

$$T = \frac{1}{0.38} = 2,6 = 2 \text{ года } 6 \text{ месяцев.}$$

При сравнении с нормативными сроками окупаемости $T_n = 5$ и абсолютной экономической эффективностью $E_n = 2,6$ получим:

$$T < T_n, \quad T < E_n.$$

Исходя из этого, можно сделать вывод, что расширение сети в данном направлении экономически выгодно для компании.

5.6 Расчет эффективности проекта с учетом дисконтирования

Для оценки экономической эффективности проекта в условиях рыночной экономики необходимо учитывать изменение стоимости денег во времени, то есть дисконтировании образующихся в ходе реализации проекта денежных потоков.

Все методы оценки эффективности основывается на прогнозировании положительных и отрицательных денежных потоков (расходов и доходов, связанных с реализацией проекта).

Один из основных показателей динамических методов оценки инвестиций - чистая приведенная стоимость (NPV).

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (5.11)$$

где I_0 — сумма первоначальных затрат, т.е. сумма инвестиций на начало проекта;

CF — современная стоимость денежного потока на протяжении экономической жизни проекта.

Если рассчитанная таким образом чистая современная стоимость потока платежей имеет положительный знак ($NPV > 0$), это означает, что в течение своей экономической жизни проект возместит первоначальные затраты I_0 , обеспечит получение прибыли согласно заданному стандарту r , а также ее некоторый резерв, равный NPV . За точку приведения (t_0) разновременных затрат и результатов принимаем начало первого года реализации проекта.

В этом случае коэффициент дисконтирования рассчитываем по формуле:

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+r)^t}, \quad (5.12)$$

где α_t - коэффициент дисконтирования;

r - норма дисконта;

t - номер шага расчета.

$r=20\%$ годовых;

На основании данных, полученных ранее, составляем таблицу, при этом данные на 2, 3, 4 и 5 годы (за исключением инвестиций и их источников)

приравниваются к данным первого года. Это делается с целью минимизации риска и погрешностей при планировании.

Т а б л и ц ы 5.6 – Расчет показателей эффективности проекта с учетом дисконтирования

Показатели	Горизонт расчета				
	2014	2015	2016	2017	2018
Чистый денежный поток, .тг	29370549	29370549	29370549	29370549	29370549
Инвестиционные затраты, .тг	76 729 180				
Норма дисконта	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Коэффициент дисконтирования	0,83	0,69	0,58	0,48	0,40
Чистая текущая стоимость (PV)	24475457,5	20396214,6	16996845,5	14164037,9	11803364,9
Чистый дисконтированный доход (NPV), .тг	11106740,40				
Индекс доходности (PI)	1,14				
Чистая текущая стоимость с нарастающим итогом	- 52253722,50	- 31857507,92	- 14860662,43	-696624,53	11106740,40

Т а б л и ц а 5.7 – Экономическая эффективность внедрения беспроводного доступа

Наименование статей, тенге	Значение
Капитальные затраты	76 729 180
Эксплуатационные затраты	23 373 534
Доходы	45 700 000
Чистый доход	17 861 172
коэффициент экономической эффективности	0.38
Срок окупаемости проекта без учетом дисконтирования	2,6
Чистый дисконтированный доход (NPV)	11106740,4
Индекс доходности (PI)	1,14
Срок ожидаемой с учетом дисконт	4,1 лет

Вывод: Основополагающие политические либо экономические проблемные ситуации не предвидятся, а разрешимость без явных потерь организационных и технических рисков есть вопрос правильного менеджмента и мониторинга внутренней и внешней среды.

Заключение

Беспроводной доступ в качестве средства подключения абонентов к сетям связи в настоящее время приобретает все большую популярность во всем мире. В основном это связано с низкими ценами, короткими сроками и уровнем обслуживания, сопоставимой с уровнем обслуживания проводных коммуникационных технологий. Считается, что WLL-система является оптимальным решением для стран с низким или устаревших инфраструктурных сетей.

Развертывание традиционный проводной доступ к сети (Extension) занимает много времени, а в некоторых случаях, ложится тяжелым финансовым бременем на оператора, как на этапе строительства и на этапе эксплуатации. И если нынешние темпы строительства номерной емкости сети и инфраструктуры, чтобы отвлечь долгий срок столь необходимые средства нежелательно. Однако без доступа к сети абонент не может быть подключен к существующей номерной емкости новых абонентов и, как следствие, оператор не может получить доход, что он имеет право ожидать от своей сети. Беспроводная технология имеет ряд ключевых особенностей, которые делают его развертывания абонентских линий потенциально очень привлекательным: скорость реализации: беспроводные абонентские линии могут быть реализованы в течение примерно пяти - в десять раз быстрее, чем схемы замещения на медных линиях:

- структура расходов: системы беспроводного доступа продемонстрировать независимые обвинения расстояния в пределах зоны покрытия, что особенно важно в районах с относительно низкой плотностью;

- эксплуатационные преимущества: текущие расходы можно снизить как систем беспроводного доступа не влияет на проблемах физических расстройств, характерных для систем, основанных на медных линиях;

- планирование загрузки производственных мощностей и инвестиций кривой для систем беспроводного доступа точнее соответствует росту абонентов по сравнению с проводными системами, то есть. Инвестиции с увеличением числа абонентов могут быть сделаны в меньших дозах;

- планирование количество абонентов: системы беспроводного доступа требуется гораздо меньше сетевого планирования, чем в случае проводных систем. В общем, системы беспроводного доступа, менее чувствительны к действиям оператора, который не имеет детальное знание точного местоположения и абонентской плотности.

Список литературы

1. Телекоммуникационный рынок Казахстана//Электронная версия на сайте <http://www.newtech.kz/wwwntkz/rinok1.html>.
2. Кудин А.В., Мельник С.В., Кордонский Э.В. Эволюция сетей сотовой связи стандарта CDMA // Вестник связи. – №9. – 2004.–С.65-71.
3. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: Эко-Трендз, 1998.– 239 с.
4. МСЭ Беспроводной доступ абонентских линий. – Том1 Справочник по подвижной наземной связи (включая беспроводной доступ). – Сектор радиосвязи, 1996.–123 с.
5. Шиллер Й. Мобильные коммуникации. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002.– 384 с.
6. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.– 640 с.
7. Закиров З.Г., Надеев А.Ф., Фазуллин Р.Р. Сотовая связь стандарта GSM. – М.: Эко-Трендз, 2004. – 264 с.
8. www.in-line.ru
9. Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 384 с.
10. Мясковский Г. М. Системы производственной радиосвязи: Справочник. – М.: Связь, 1993. – 345 с.
11. Корнышев Ю. Н., Фань Г.Л. Теория распределения информации: Учебное пособие. – М.: Радио и связь, 1985. – 182 с.
12. www.connect.ru
13. www.connect.ru
14. Кудин А.В., Мельник С.В. Эволюция сетей сотовой связи стандарта CDMA//Вестник связи. – №4. – 2004.–С.132-136.
15. Мирошников Д.Г. Технологии «последней мили». Сравнительный анализ //Вестник связи. – №10. – 1998.–С.6-16.
16. Huawei C450 CDMA450 Mobile Communication System // Описание системы. – 49 с.
17. Ревичев В.В., Кирильцева М.Ю. CDMA-450 и NGN // Вестник связи. – №3. – 2005.–С.56-59.
18. Бобков В.Ю., Вознюк М.А., Никитин А.Н., Сиверс М.А. Системы связи с кодовым разделением каналов. – СПб.:СПбГУТ, 1999. – 120с.
19. Гольдштейн Б.С., Фрейкман В.А., Витченко А.А. Перспективные услуги сотовых сетей поколений 2,5 и 3G // Мобильные системы. – №5. – 2002. –С.8
20. Скляр Б. Цифровая связь: теоретические основы и практическое применение. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104с.

- 21.Гоцуляк А.Ф., Гавриленко В.П., Орлов С.Н. Анализ энергетического баланса восходящей радиолинии системы передачи данных cdma2000 1xEV-DO//Вестник связи. – №2. – 2004.–С.6-13.
- 22.СНиП 2.01.01 – 82. Строительная климатология. – М.: Издательство стандартов, 1985.– 239 с.
- 23.Методика по определению выбросов вредных веществ в атмосферу на предприятиях Госкомнефтепродуктов РСФСР. – Астрахань., 1988.–239 с.
- 24.Временные рекомендации по расчету выбросов от стационарных дизельных установок. – Ленинград., 1988. – 239 с.
25. Баклашов Н. И., Китаев Н. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды. Учебник. – М.: Радио и связь, 1998. – 282 с.
- 26.Гоцуляк А.Ф., Гавриленко В.П., Орлов С.Н. Особенности анализа энергетического баланса нисходящей радиолинии cdma2000 1xEV-DO // Вестник связи. – №4. – 2004.–С.142-148.
- 27.Ипатов В.П., Орлов В.К., Самойлов И.М., Смирнов В.Н. Системы мобильной связи. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 272 с.
- 28.Алибаева С.А.. Дипломное проектирование. – А.: Алматинский Институт энергетики и Связи, 2001.- 18 с.