**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

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

**кафедра** Телекоммуникационных систем

**«Допущен к защите»**
**Заведующий кафедрой** _____
_____
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ «____» _____ **20__ г.**
(подпись)

# ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

**На тему:** Спецификация использования среды LTE в качестве доступа к IMS

**Специальность** 5В071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации

**Выполнил (а)** Жортуылов А.О.
(Фамилия и инициалы) группа

**Научный руководитель** ст. пр-ль кафкиб Шарнидова
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «16» июня 2016 г.
(подпись)

**Консультанты:**

**по экономической части:**
доцент Боканова Гульназ Шегебаевна
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «25» мая 2016 г.
(подпись)

**по безопасности жизнедеятельности:**
ст. преп. Бегимбетова А.С.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «16» мая 2016 г.
(подпись)

**по применению вычислительной техники:**
к.т.н., ст. преп. Ефремова Ю.И
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «13.» июня 2016 г.
(подпись)

**Нормоконтролер:** Демидова Г.Д., ст. пр-ль
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «17» июня 2016 г.
(подпись)

**Рецензент:** Бахтиярова Елена Ильинична, к.т.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «14» июня 2016 г.
(подпись)

**Алматы 2016 г.**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Некоммерческое акционерное общество**

**АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**

Факультет Радиотехники и связи

Специальность 5В071900-Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Кафедра Телекоммуникационных систем

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Жортуылов Азамат Өмірсерікұлы

(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Спецификация использования среды LTE в качестве доступа к IMS

утверждена приказом ректора № 148 от « 19 » 10 20 15 г.

Срок сдачи законченной работы « 25 » 05 20 16 г.

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

1) Расчет количества абонентов
2) Расчет зон покрытия для сети LTE
3) радиус зоны покрытия базовой станции LTE
4) эффективность модуляции DFDM
5) Определение суммарного затухания
6) Оценка эффективности кода

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

1) Обзор технологии LTE
2) Тенденция развития мультисервисной сети
3) Структурная схема построения сети
4) IMS (IP Multimedia subsystem)
5) Технологии широкополосного мобильного интернета
6) Выбор оборудования
7) Расчеты по широкополосному доступу
8) Безопасность жизнедеятельности
9) Бизнес план

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1) Основной сценарий использования интернета нового поколения
2) Формирование технологии 4G
3) Системная архитектура
4) архитектура SAE в рамках сети LTE
5) Базовая станция в работе
6) Модуляция OFDM
7) Физические ресурсы uplink канала LTE
8) Важнейшие компоненты системы сети LTE
9) Архитектура 3GPP/TISPAN IMS
10) Многоуровневый подход, используемый при построении IMS
11) Логические функции HSS
12) Базовая станция DBS3900
13) Проектируемая схема коммуникационной сети

Рекомендуемая основная литература


1) Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации 2008
2) Сети связи пост NGN Б.С. Гольдштейн, СПб 2014г.
3) Апцик А.А, Гольдштейн А.Б. Расчет и проектирования сетевого оборудования NGN/IMS. СПб/УТ, 2011г.
4) Гольдштейн Б.С. Протокол SIP СПб: БХВ-2005г.


Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

| Раздел | Консультант | Сроки | Подпись |
|---|---|---|---|
| 15 тр | Бегимбетова А.С. | -16.05.16г. | [signature] |
| Бизнес план | Бакалова К.И. | 01.04-25.05.16 | [signature] |
| Вычисл. техники | Ефремова И.М. | 01.02.16-14.06.16 | [signature] |
| Тех. часть | Бахтигирова Е.Н. | 14.06.16 | [signature] |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

# Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

| № п/п | Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов | Сроки представления руководителю | Примечание |
|---|---|---|---|
| 1 | Теоритические сведения | 03.02.16 | |
| 2 | Техническое описание | 02.04.16 | |
| 3 | Расчетная часть | 08.04.16 | |
| 4. | Исследовательская часть | 15.04.16 | |
| 5 | БЖД | 16.05.16 | |
| 6. | Экономическая часть | 25.05.16 | |

Дата выдачи задания «____» _____ 20___ г.

Заведующий кафедрой _____ _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

**Аннотация**

В работе рассматриваются темы, касающиеся работы LTE с платформой IMS. Проведено экспериментальное исследование оценки работы платформы IMS с целью увеличения надежности сети LTE. Была рассмотрена работа сети LTE с платформой IMS.

**Аңдатпа**

Жұмыс LTE IMS платформасында жұмыс істеуге байланысты тақырыптар айналысады. LTE желісінің сенімділігін арттыру мақсатында IMS платформаларды бағалау эксперименттік зерттеу. IMS платформасында жұмыс LTE желісі қаралды.

**Abstract**

The work deals with topics related to work with LTE IMS platform. An experimental study evaluating IMS platforms with the aim of increasing the reliability of the LTE network. work LTE network with IMS platform has been considered.

Содержание

Введение 8
1 Обзор технологии LTE 9
1.1 Long Term Evolution (LTE) 9
1.2 Тенденции развития мультисервисной сети 9
1.3 Технические характеристики 11
1.4 Структурная схема построения сети 14
1.5 Взаимодействие стандарта LTE с UMTS/GSM и стандартами не 3GPP 17
1.6 Технология OFDM и выделение канального ресурса 18
1.7 Основные принципы LTE 20
1.8 Спектр услуг, предоставляемых сетями LTE 21
1.9 Модели трафика и управление перегрузками 22
2 IMS (IP Multimedia Subsystem) 25
2.1 Технология широкополосного мобильного интернета 25
2.2 Составляющие архитектура IMS 26
2.3 Многоуровневый подход в IMS 27
2.4 Стандартизация IMS 29
2.5 Пользовательские базы HSS и SLF 31
2.6 Функция SIP 32
2.7 Выбор оборудования 33
2.8 Техническое решение к проекту 34
3 Расчеты по широкополосному доступу 35
3.1 Расчет количества абонентов 35
3.2 Расчет зон покрытия для сети LTE 39
3.3 Радиус зоны покрытия базовой станцией LTE – eNodeB 43
3.4 Эффективность модуляции OFDM 44
3.5 Определение суммарного затухания на участке ОК 46
3.6 Оценка эффективности кода 47
4 Безопасность жизнедеятельности 49
4.1 Анализ опасных и вредных факторов на рабочем месте 49
4.2 Общие мероприятия по обеспечению безопасности на рабочем месте 52
4.3 Эргономические характеристики 53
4.4 Запыленность и уровень шума 54
4.5 Электробезопасность и пожарная безопасность 54
4.6 Расчет системы кондиционирования воздуха 55
5 Бизнес план 59
5.1 Резюме 59
5.2 Анализ услуги 59
5.3 Маркетинговый план 59
5.4 Производственный план 60
5.5 Финансовый план 60
5.5.1 Капитальные затраты 60
5.5.2 Расчет годовых эксплуатационных расходов 63

5.5.3 Расчет доходов от реализации услуг 64
5.5.4 Расчет экономической эффективности 65
5.5.5 Расчет срока окупаемости капитальных вложений 66
5.5.6 Метод расчет абсолютной величины чистого дохода 66
5.6 Вывод по разделу 68
Заключение 69
Перечень сокращений 70
Список литературы 71
Приложение А Расчеты в программе MathCad (2014 г.) 73

## Введение

Современные устройства мобильной связи требуют широкополосного постоянного доступа в сеть Интернет, который не могут обеспечить сети третьего поколения (3G). Именно по этой причине сегодня так актуальна проблема развертывания сетей четвертого поколения (4G), которое способно решить многие проблемы, связанные с доступом в Интернет. Платформа IMS предоставляет комплексные средства для быстрой разработки и разворачивания сервисов. IMS играет решающую роль при построении сетей 4G с использованием высокоскоростных технологий мобильного доступа, таких как LTE. В борьбе за клиентов операторы расширяют спектр предлагаемых услуг и вынуждены активно работать над повышением их качества. Строится модель для оценки задержек передачи сообщений в подсистеме IMS в виде неоднородной сети массового обслуживания. Получены формулы для расчета вероятностных характеристик, проведен численный анализ.

Концепция IP Multimedia Subsystem (IMS) описывает новую сетевую архитектуру, основным элементом которой является пакетная транспортная сеть, поддерживающая все технологии доступа и обеспечивающая реализацию большого числа инфокоммуникационных услуг. Ее авторство принадлежит международному партнерству Third Generation Partnership Project (3GPP), объединившему European Telecommunications Standartization Institute (ETSI) и несколько национальных организаций стандартизации.

Концепция IMS возникла в результате эволюции базовой сети сотовой подвижной связи третьего поколения UMTS, когда к сети на базе технологии Softswitch была добавлена область управления мультимедийными сеансами на базе протокола SIP. В дальнейшем эта концепция была взята за основу Комитетом ETSI-TISPAN для использования на сетях с различными технологиями доступа (WLAN/Wi-Fi, xDSL, LTE).

Концепция IMS может рассматриваться как возможное решение для построения сетей следующего поколения и как основа конвергенции мобильных и стационарных сетей на платформе IP.

# 1 Обзор технологии LTE

## 1.1 Long Term Evolution (LTE)

Long Term Evolution (LTE) представляет собой беспроводной широкополосной технологии, разработанной в рамках проекта партнерства третьего поколения (3GPP), для достижения еще более высоких пиковых пропускных способностей, чем предлагается современным поколением технологии UMTS 3G.

Эта технология была названа как "Long Term Evolution", потому что он стал очевидным преемником UMTS, технологии 3G на основе GSM. Следовательно, считается, как технология 4G. LTE обеспечивает значительно увеличен пиковые скорости передачи данных, со средним потенциалом обеспечения 100 Мбит вниз по течению и 30 Мбит вверх по течению. Среди основных улучшений, масштабируемая пропускная способность и снижение времени ожидания помогли поддерживать хорошее качество обслуживания. Кроме того, обратная совместимость с существующими GSM и UMTS технологии обеспечивают плавный переход шансов на технологии 4G. Дальнейшее развитие на LTE уже есть планы по улучшению пиковой пропускной способности в порядка 300 Мбит.

Протокол транспортного уровня, используемый всеми верхними слоями LTE базируется на TCP / IP. LTE поддерживает все типы смешанных данных, голоса, видео и трафика передачи сообщений. Технология мультиплексирования, используемый LTE является OFDM (мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов) и, в гораздо более новых версиях MIMO (Multiple Input Multiple Output) вводится. LTE использует UMTS Terrestrial сеть радиодоступа (E-UTRAN), как эфирный интерфейс для обновления достижимости для существующих сетей мобильной связи. E-UTRAN также сеть радиодоступа стандарт, который вводится для замены UMTS, HSDPA и HSUPA технологии, указанные ранее в 3GPP выпускает.

Простая архитектура на основе IP используется в LTE приводит, снизить затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание, а кроме того, емкость E-UTRAN клетки невероятно. Как правило, при рассмотрении охвата одного E-UTRAN ячейку поддерживает в четыре раза больше данных и голосовой емкости, поддерживаемых одной ячейке HSPA.

## 1.2 Тенденции развития мультисервисной сети

Техника будущего – это персональный офис в руке. Будь то смартфон или планшет, он должен поддерживать все стандарты, все технологии, вне зависимости от оператора и производителя, при том на очень высокой скорости. Именно эта тенденция поддерживается мировыми корпорациями в области связи.

И следующим этапом продвижения в будущее стал выпуск стандартов нового поколения мобильной связи, иначе называемый 4G. Прежде всего, в

век высоких технологий, для абонента важны скорость передачи и качество связи. Но имеется одна, но глобальная проблема, это совместимость, ведь зачем иметь устройство, которое может передавать информацию с высокой скоростью только в определенном диапазоне (только своим абонентам, только в границах города).

Новое поколение коммуникаций будет базироваться на принципе высокоскоростных соединений для всех, везде. Где бы вы ни находились, вы будете иметь возможность связаться с пользователями везде Сообщений: не потому, что она совместима со всеми технологиями. В то же время, низкая стоимость (роуминг). Пользователям не нужно каких-либо помех от других сетей без каких-либо проблем, связанных с данными брандмауэра. С точки зрения технологической системы 4G будет характеризоваться: полным переходом на OFDM и (отображение рабочего состояния) OFDMA модуляции; координация совместной работы на радио протокола, физического уровня; высокая гибкость полосы пропускания, пропускная способность перестройки адаптивной модуляции; Желательно использовать канал методы для редактирования кодирования (каскадные коды, коды с разработал систему нескольких уровней переплетения, и т.д.); Поддержка сети / магистральной сети полностью IP-основе (с переходом на IPv6), с возможностью интеграции различных стандартных систем, основанных на одной NGN сети (например, на основе социальной технологии MPLS) для поддержки IMS платформу[1].

Разработка LTE - A предоставит пользователям следующие возможности:

- высокая пропускная способность сети;
- больше каналов мобильного ТВ;
- поддержка онлайн-игр за счет низкого latency;
- высокая интерактивность;
- более высокая скорость загрузки данных;
- возможность передачи голоса по IP/IMS;
- более высокое качество обслуживания;
- OFDMA на линии от базовой станции с модуляцией 64QAM;
- лучше качество изображения мобильного ТВ;
- TDD, и FDD профили;
- полностью IP сеть;
- ширина канала до 20 МГц;
- улучшенная антенная аппаратура.

Технология LTE (Long-Term Evolution) - это основное направление эволюции сетей сотовой связи третьего поколения (3G). В январе 2008 г международное объединение Third Generation Partnership Project (3GPP), разрабатывающее перспективные стандарты мобильной связи, утвердило LTE в качестве следующего после UMTS стандарта широкополосной сети мобильной связи.

Устройства нового поколения со встроенной поддержкой LTE и сценарий их применения показаны на рисунке 1.

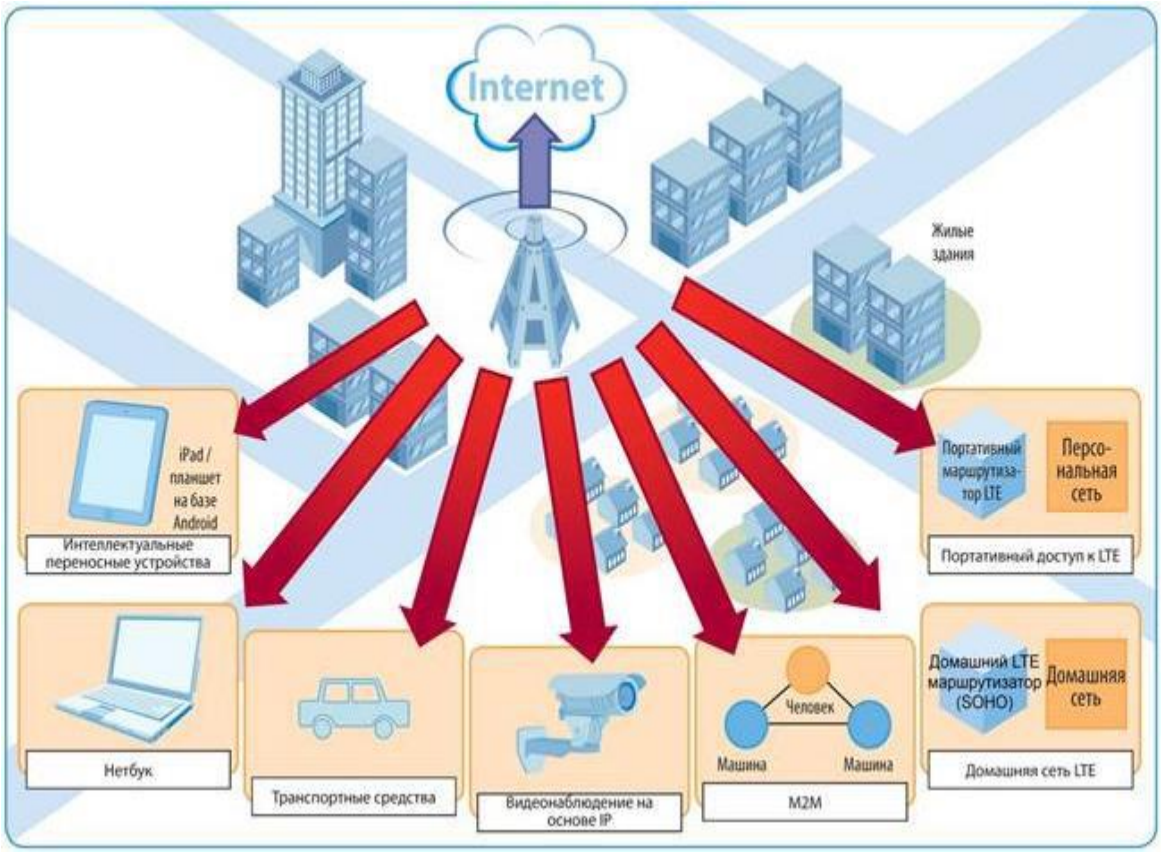


Рисунок 1.1 - Основной сценарий использования интернета нового поколения

### 1.3 Технические характеристики

Совсем недавно операторы начали предлагать своим клиентам технологию LTE, которая теоретически может обеспечить скорость 100 Мбит/с на мобильных устройствах. Покрытие в настоящее время варьируется в зависимости от конкретного оператора, но реалии таковы, что сейчас скорость не намного быстрее, чем HSPA+. Вскоре, при внедрении LTE – A, скорость должна быть до 1 Гбит/с. Еще одним минусом современного переходного 4G (LTE) - это малая скорость отдачи. Но все это решается увеличением количества станций операторов мобильной связи. Но радует хоть одно, что LTE представляет собой временное решение, пока не реализуется полноценный переход на 4G.

Конечно, огромное влияние на развитие широкополосной мобильной связи 4G оказывают (и будут оказывать) такие смежные технологии, как IEEE 802.11, а также технологии цифрового телевизионного и радиовещания. Стандарты 802.11 продолжают активно совершенствоваться, их уже давно нельзя позиционировать только как технологии для беспроводных локальных сетей. Известны многочисленные примеры, когда на основе технологий 802.11 строились сети широкополосного беспроводного доступа городского масштаба, причем с объединением нескольких регионов. А с появлением

стандарта mesh-сетей 802.11s и 802.11 VHT (в перспективе) это направление будет только развиваться.

Разумеется, стандартам IEEE 802.11 нет места в пуле IMT-Advanced. Для это у них отсутствует ряд важных свойств – прежде всего, нет поддержки мобильности и высокой плотности абонентов. Не говоря уже об отсутствии единых частотных полос в лицензируемых диапазонах. Но ведь сети 802.11 специально создавались для работы в безлицензионных диапазонах частот. И их основное свойство, которое неизменно сохраняется во всех новых системах, – простота инсталляции и низкая стоимость. Сегодня эта технология – доминирующая и фактически безальтернативная для беспроводных локальных сетей. Уже крайне сложно найти смартфон без поддержки 802.11 и практически невозможно найти такой ноутбук. Абонентское оборудование стоит порядка 10 долл. и менее, точки доступа (для работы внутри помещений) – порядка 100 долл. Огромная армия пользователей "бесплатно" оснащена адаптерами 802.11, этот интерфейс воспринимается как должное в мобильных устройствах (например, как USB-порт). Поэтому стандарты 802.11 незаменимы для формирования сети доступа в различных локальных зонах (гостиницы, кафе, аэропорты, вокзалы и т.п.).

Кроме того, технология 802.11 – действенное решение для построения сетей фиксированной широкополосной связи в локальных зонах (город с населением порядка 100 тыс. жителей, "горячие зоны", а также регионы, где невозможны проекты с большими объемами инвестиций). Разумеется, в таких проектах, если идет речь о предоставлении операторского качества услуг, необходима работа в лицензируемом диапазоне и с существенно большими мощностями передатчиков, чем в случае домашних/офисных сетей. Вопрос о перспективности таких решений спорен, однако подобный опыт есть. И тут много будет зависеть от дальнейших решений национального регулятора радиочастотного спектра.

В частности, в Казахстане возможны два варианта. Диапазоны 802.11 будут признаны безлицензионными, тогда автоматически возникнут ограничения на уровень эквивалентной изотропной мощности в антенне. Либо будут выделяться частоты для "802.11-образных" сетей в нестандартных диапазонах. Каждое такое решение способно существенно повлиять на судьбу технологии 802.11, но не кардинально. В любом случае сети 802.11 будут продолжать развиваться и сосуществовать с сетями 4G, оказывая на них существенное влияние. Ведь все основные перспективные решения, которые заложены в стандарты 3,5–4G, изначально воплощались в оборудовании 802.11. Это и MIMO, и mesh-сети, и агрегация/фрагментация пакетов, и OFDM – продолжать можно долго.

Может быть, чуть меньшее, но тем не менее существенное влияние на 4G окажут и развивающиеся технологии цифрового вещания. Прежде всего, они в известной мере окажутся конкурентами ряду услуг 4G. Ведь в последних предусмотрена передача видео- и аудиоконтента, включая ТВ- и радиотрансляции. Кроме того, изменяются и сами стандарты цифровых

широковещательных сетей. Они становятся все более мультимедийными, с возможностью обратной связи и т.п. Как будет строиться взаимодействие таких сетей с сетями 4G – тут можно только фантазировать. Возможно, в чуть более отдаленном будущем их ожидает слияние в единую технологию, возможно – возникнут различные интегральные решения. Может сохраниться и существующий паритет. Ведь вещательные технологии специально рассчитаны на возможность приема слабого сигнала, что дает им несомненное преимущество. Но одно несомненно – независимо существовать, не замечая друг друга, они не смогут.

Следует отметить развитие беспроводных технологий и основной - объединение базовых станций в единую сеть. Такая возможность предусмотрена в стандартах и WiMAX и LTE. Очевидно, что существует тенденция развития колеблется 60-80 ГГц с огромной мощностью благодаря большой доступной пропускной способности. OFDM и OFDMA здесь приносят технологии и последние разработки базового элемента обеспечат недорогие устройства, работающие на расстоянии нескольких километров со скоростью нескольких гигабит, а с течением времени - и десятки гигабит в секунду.

И, конечно же, не забывая при разработке технологических сетей пакетной передачи. На самом деле, развитие беспроводных сетей просто отражает основные направления кабельных сетей. И в этом бизнесе на протяжении 20 лет, темпы регулярно производят действительно революционные изменения. И всегда, что все должно было привыкнуть к нему и не больше не рассматривается как революцию. технологии коммутации пакетов пришли в транспортных сетях, поднял мультисервисной транспортной платформы (MSTP) - технология SDH следующего поколения. пакеты Ethernet Контроллер Gigabit (и технологии следующей Ethernet) уже находится в процессе выпуска волоконно-оптических линий непосредственно к основным каналам (волоконно-оптических). Для того, чтобы обеспечить IMS мультимедийную платформу услуг, предназначенных (IP Multimedia Subsystem) и SIP (протокол инициирования сеанса). Сеть NGN для поддержки MPLS (сегодня в качестве наиболее эффективного механизма обеспечения качества обслуживания в мультимедийных сетях) уже получили широкое развитие. И все эти технологии, а также не менее быстро прогрессивная технология волоконной оптики не обеспечивает для беспроводных широкополосных сетей прочный фундамент - как идеологических, так и формирования хорошей наземной сети инфраструктуры. Не удивительно, что поддержка платформы IMS непосредственно не указано в спецификации как LTE и WiMAX. Позвоночник на основе DWDM и волоконной оптики при поддержке IP-MPLS - не исключение, а скорее стандарт для беспроводных широкополосных сетей в развитых (рисунок 1.3).

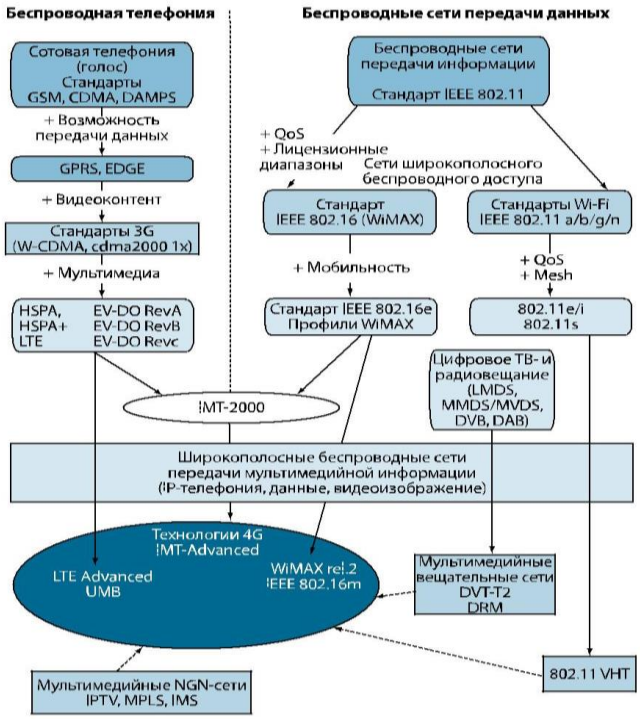


Рисунок 1.2 - Формирование технологий 4G

### 1.4 Структурная схема построения сети

В рамках технологии LTE Advanced для организации сетей LTE была предложена новая сетевая инфраструктура SAE (System Architecture Evolution).

В основу базовой сети SAE положена концепция «все через IP» и то обстоятельство, что доступ к ней может осуществляться как через сети радиодоступа второго и третьего поколений (UTRAN/GERAN), так и через сети не - 3GPP (WiMAX, Wi-Fi), а так же через сети, использующие проводные IP-технологии (ADSL+, FTTH).

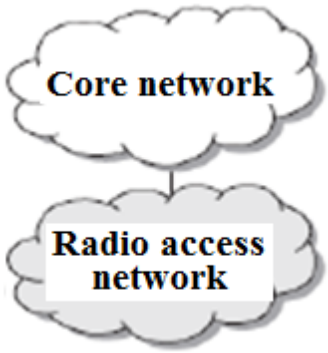


Рисунок 1.3 - Системная архитектура

SAE описывает распределение необходимых функций к логическим узлам и требуемые интерфейсы между узами. Как показано на рисунке 1.4, системная архитектура разделена на две части: сеть радиодоступа (Radio access network - RAN) и core network.

Далее (рисунок 1.4) представлена упрощенная схема реализации архитектуры SAE в рамках сети LTE.

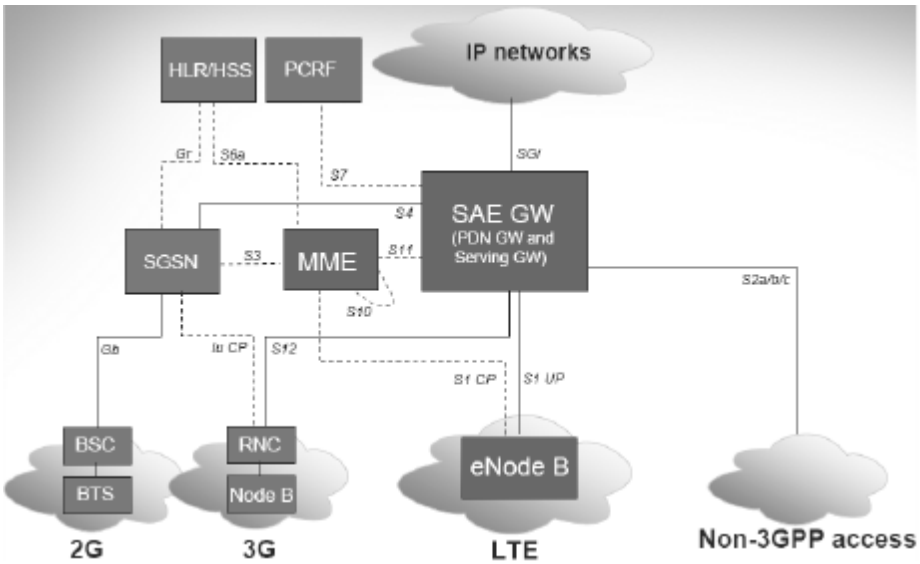


Рисунок 1.4 - Архитектуры SAE в рамках сети LTE

Шлюз способен выполнять функции сети пакетных данных (PDN) и обслуживающего шлюза, при этом может быть настроен как на любую из этих ролей, так и на обе.

Функционально MME отделен от шлюза – для облегчения развертывания сети, для перехода на независимую технологию и для максимально гибкой масштабируемости.

PDN-шлюз служит общей опорной точкой для всех технологий доступа, обеспечивая стабильную IP-точку присутствия для всех пользователей вне зависимости от мобильности.

MME – модуль управления мобильностью (Mobility Management Entity,) обеспечивает хранение служебной информации об абоненте и управление ею. Это основной управляющий элемент в сети LTE. Он осуществляет только функции управления и не работает с пользовательскими данными. Имеет непосредственную связь с UE (областью пользовательского оборудования).

PCRF (Узел выставления счетов абонентам – Policy and Charging Rules Function): Policy Function (управление политикой) также может быть разделено на 2 функции: контроль шлюза (gating control) и контроль качеством.

Под контролем шлюза (gating control) понимается своевременность и безошибочность определения таких событий как начало предоставления, изменение параметров, завершение предоставления услуги и т.п.

Управление качеством включает в себя непрерывный мониторинг и поддержание заданных абонентскими параметрами характеристик качества предоставления услуг (QoS).

HLR/HSS (Home Subscriber Server — сервер абонентских данных сети) представляет собой большую базу данных и предназначен для хранения данных об абонентах.

HLR/HSS служит для хранения следующей информации:

- пользовательских идентификаторов, номеров и адресной информации;
- данные безопасности абонентов: информация для контроля доступа в сеть, аутентификации и авторизации;
- информация о местоположении абонента на межсетевом уровне, т.е. если даже абонент покинет текущую сеть LTE оператора, то в HSS сохранится информация о том в какую сеть он перешел для его поиска в случае входящего звонка;
- информация о профиле абонента.

Формирует данные, необходимые для криптографических процедур, аутентификации и т.д.

Таким образом, LTE основана на "плоской" сети архитектуры, в которой базовые станции (или - eNodeB в терминологии LTE) напрямую связана с пакетной опорной сети WAN (EPC). От подключения пользователя устанавливается с обслуживающим шлюзом (SGW), с контрольной стороны - с системой поддержки мобильности (MME).

3GPP разблокировки, (релиз) 10 поддерживается функцией реле, которое позволяет мобильным терминалам для связи с сетью через узел ретрансляции беспроводное подключение к узлу доноров eNodeB, используя технологию LTE D радиодоступа и спектр LTE, как показано на рисунке 1.5. С точки зрения базовой станции узла реле терминала появится сообщение "нормальной". Это означает, что существующие пользовательские устройства могут быть также подключены к сети через узел ретрансляции. Функция реле может быть одним из способов быстро и экономически эффективно расширить охват сети LTE.

Сюда входят как расширение зоны обслуживания, так и увеличение скорости передачи данных.

Сети радиодоступа в регионе логично делится на два уровня: уровень радиосети (слой РНБ Radio Network) и уровень транспортной сети (слой TNL, сеть передачи). Взаимодействие входящих в сеть радиодоступа на основе X2 интерфейса базовой станции (см. Рисунок 1.5). Кроме того, существует транзитная между базовыми станциями и базовой сетью через блок управления мобильностью (PCB: S1 - MM-интерфейс) или служебный узел (OC). Интерфейс S1 поддерживает множественные связи между набором блоков и BS БУМ / OU.tki LTE.

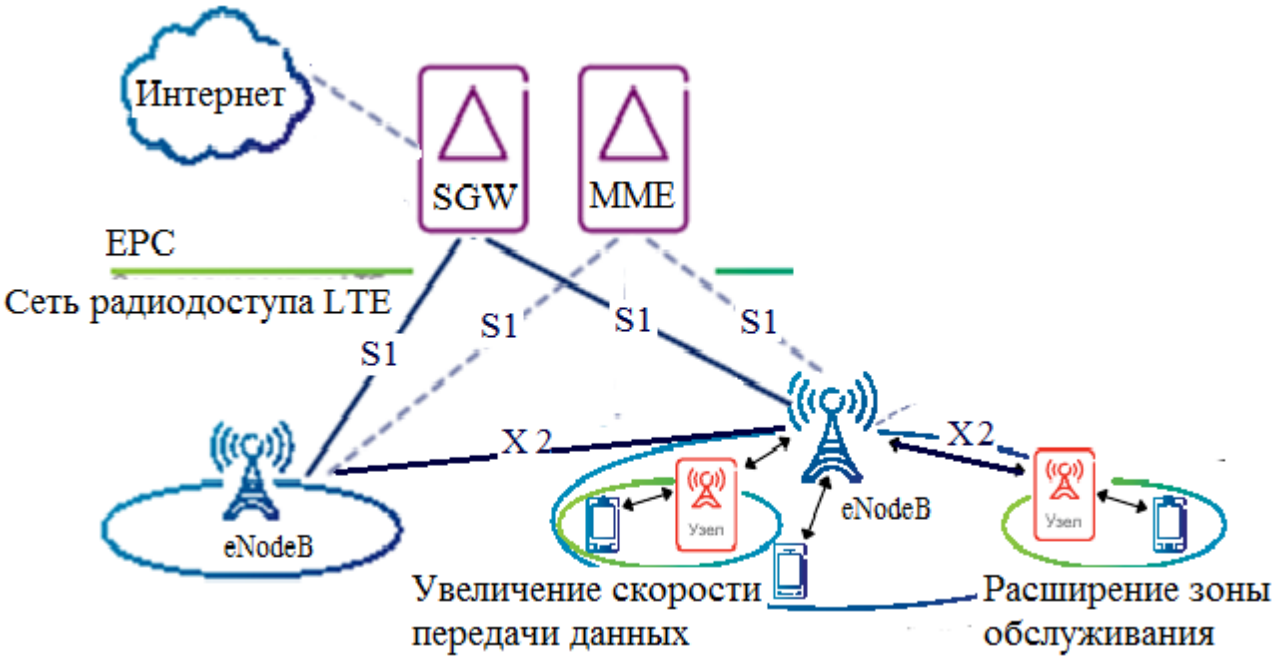


Рисунок 1.5 – Базовая станция в работе

В первой части проекта проводится общее пояснение об интернете нового поколения, структурная схема передачи информации по IP сетям, ставятся цели и задачи проекта. Показывается путь развития сотовых технологий от аналоговых до сетей с поддержкой IP сетей. Объясняется принцип соединения нескольких технологий в одну глобальную сеть.

### 1.5 Взаимодействие стандарта LTE-A с UMTS/GSM и стандартами не 3GPP

Поддержка мобильности абонентского терминала при его перемещении из зоны обслуживания одной сети в зону обслуживания другой – является важной задачей, возникающей при взаимодействии сети LTE с сетями мобильной связи стандартов 3GPP (UMTS/GSM/HSPA+). Взаимодействие сети LTE с сетями 3GPP заключается в обеспечении дискретной мобильности (роуминга) и обеспечения непрерывной мобильной связи (хэндовера).

Основными интерфейсами взаимодействия сети LTE с сетями 3GPP являются интерфейсы S3, S4 и S12. Данные интерфейсы обеспечивают взаимодействие логического элемента управления мобильностью MME и шлюза S-GW сети LTE с сервисным узлом SGSN сетей 3G с помощью туннельного протокола GTP (GPRS Tunnelling Protocol). Протокол GTP предназначен для передачи данных плоскости управления (протокол GTP-C) и для передачи данных плоскости пользователя (протокол GTP-U). В условиях роуминга шлюз S-GW визитной сети взаимодействует с шлюзом P-GW (шлюз взаимодействия с пакетными сетями) домашней сети.

Взаимодействие сети LTE с другими 3GPP для оказания традиционных услуг телефонии осуществляется с помощью как традиционной технологии

коммутации каналов (TDM), так и технологии коммутации пакетов на базе сервисной подсистемы IMS.

Хэндовер между сетью LTE и другой сетью 3GPP при осуществлении голосового вызова происходит с помощью взаимодействия логического элемента MME с сервером MSC по интерфейсу Sv в случае вызовов из сети LTE в традиционный домен коммутации каналов (CS-домен); и с помощью взаимодействия логического элемента MME с узлом SGSN по интерфейсу S3 в случае голосового вызова из сети LTE в домен коммутации пакетов (PS-домен).

Взаимодействие сети LTE с сетями не - 3GPP разделяется на взаимодействие с сетями с гарантированной безопасностью – «надежными» и взаимодействие с сетями с негарантированной безопасностью – «ненадежными». В качестве «надежных» сетей могут выступать присоединенные сети других стандартов (CDMA2000, WiMAX), в качестве «ненадежных» - публичные IP-сети Интернета. Взаимодействие сети LTE с «надежными» сетями стандартов не-3GPP осуществляется посредством шлюза P-GW, взаимодействие с «ненадежными» сетями – посредством шлюза ePDG.

С учетом концепции построения базовой сети EPC «все через IP» мобильность абонентского терминала при взаимодействии сети LTE с сетями не-3GPP основана на протоколах управления мобильностью в IP-сетях:

- протоколы управления мобильностью на базе хостов - HBM (Host Based Mobility) – MIPv4, DSMIPv6;

- протоколы управления мобильностью на базе сети – NBM (Network Based Mobility) – PMIPv6.

Идентификация абонентского терминала по IP-адресу и маршрутизация осуществляется так же как в IP-сетях.

### 1.6 Технология OFDM и выделение канального ресурса

OFDM использует ортогональных разнесенных частот для уменьшения влияния межсимвольной интерференции в широкополосных радиоканалов. Вместо того, передающих N информационных символов цифрового информационного сигнала на несущей частоте, передаваемыми поднесущую N на двух частотах, расположенных в радиочастотной диапазоне. защитные интервалы между знаками, введенных во входящих радиоволн с задержкой из-за многолучевого распространения не ползать по прецеденту.

Передача информационных знаков по каналу связи является передача комплексных чисел.

Передача канала связи по нисходящей линии связи с использованием модуляции OFDM [2].

В uplink канале E-UTRAN могут использоваться схемы кодирования QPSK, 16QAM и 64QAM.

На практике OFDM-сигнал может генерироваться посредством обратного быстрого преобразования Фурье (ОБПФ) (рисунок 1.6).

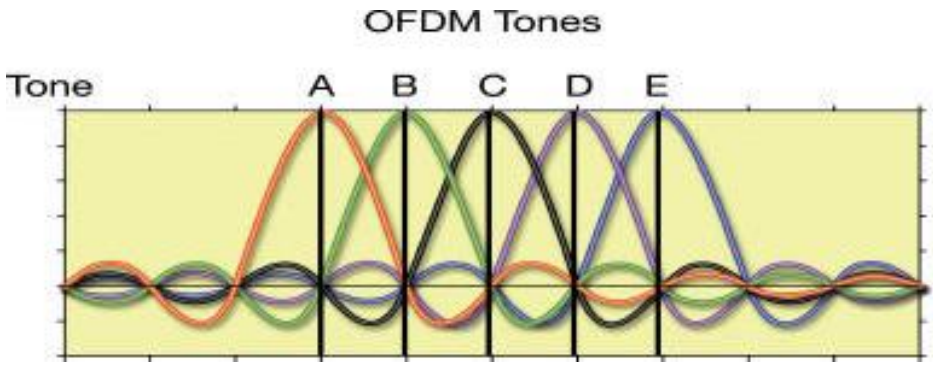


Рисунок 1.6 – Модуляция OFDM

Канал восходящей линии связи LTE физической ресурсной базы может быть представлена в виде сетки в частотно-временной. В интервал поднесущей в частотной области составляет 15 кГц.

OFDM-символы сгруппированы в блоки ресурсов. Двенадцать поднесущие формируют блок ресурсов. его оригинальный размер в частотной области 180 кГц и во времени - 0,5 мс. Такой блок состоит из 84 ресурсных элементов (поднесущую символов OFDM 12 x7). Каждая статья несет 2 бита с системой QPSK модуляции 16QAM 4 бита - и 6 бит - 64QAM (Рисунок 1.7).

OFDMA позволяет нескольким пользователям получать доступ к доступной пропускной способности. Он распространяется на каждого из них число блоков ресурсов в сети частотно-временной. Чем больше этих блоков будет получать пользователю, и как эффективно применять схему модуляции, более высокую скорость передачи данных.

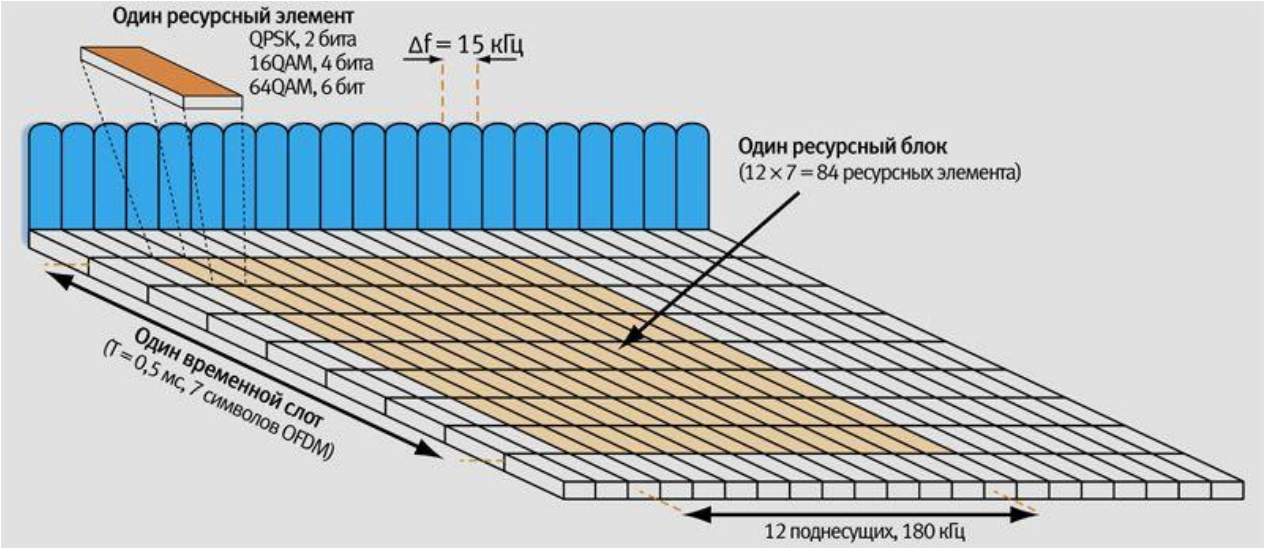


Рисунок 1.7 – Физические ресурсы uplink канала LTE

Что и сколько ресурсов блоков пользователь получает в данный момент времени зависит от планирования механизма повышения частоты и времени. Окончательные планирования ресурсов могут быть изменены каждую миллисекунду, определяющий два блока ресурсов, занимающих диапазон частот от 180 кГц и во времени - 1 мс.

Механизмы, аналогичные тем, которые используются при планировании LTE HSPA, а также оптимизировать производительность различных услуг в различных условиях радио среды. Если система OFDMA, кажется оптимальной для удовлетворения требований LTE нисходящей линии связи, его свойства не приспособлен к такой мере для восходящей линии связи. Это происходит в основном из-за худшего отношения OFDM сигнала средней пиковой мощности, что приводит к меньшему радиусу покрытия. Таким образом, LTE схема передачи в восходящей линии связи на основе одной несущей МДЧР (FDMA с одной несущей, SC-FDMA) с циклическим префиксом.

Основной целью выбора SC-FDMA является лучшим по отношению к пику и средней мощности, чем FDMA. Это достигается путем группирования блоков ресурсов таким образом, что снижает требования потребления и линейности усилителя мощности.

В дуплексной системе LTE может быть использован как с частотным разделением каналов (FDD) и во времени (TDD).

В первом случае восходящий и нисходящий потоки размещаются в разных частотных каналах, тогда как во втором – только в одном, который разделяется во временной области восходящим и нисходящим потоками. Выпуски первых продуктов лидирующих поставщиков поддерживали обе схемы дуплекса. В общем, FDD является более эффективной и при одинаковой с TDD мощностью обеспечивает большее покрытие.

### 1.7 Основные принципы LTE

Особенности LTE выглядит следующим образом:

-совместно применяется LTE нисходящей линии - SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access);

-основное отличие состоит в том, что в то время как в OFDMA на каждой поднесущей одновременно передается символ модуляции, несущая модулируется одновременное и равное в SC-FDMA, но короче, чем символов модуляции;

-символы OFDMA передавать по различным каналам;

-SC-FDMA символы передают на том же канале;

-эта разработка обеспечивает менее соответствующие уровни (уровни максимальной и средней) мощности, в отличие от использования многополосных OFDM обычный метод, который, в свою очередь, повышает эффективность пользовательских устройств вверх и значительно упрощает структуру кодирования;

-каждый пользователь станции, в зависимости от полос частот, распределенных на несколько блоков ресурсов;

-в LTE сети работают без частотного планирования и частотных полос пропускания;

-речь и данные передаются в сети LTE с использованием технологии пакетной передачи.

В таблице 1.1 представлены базовые технические параметры технологии этого оборудования.

Таблица 1.1 – Технические характеристики технологии

| Характеристика | | Значение |
|---|---|---|
| Полоса частот, МГц | | 1,4; 3; 5; 10; 15; 20 |
| Метод многостанционного доступа | Uplink | OFDMA |
| | Downlink | SC-FDMA |
| Символьная скорость, символов/с | | 14000 |
| Помехоустойчивое кодирование | | Сверточные коды<br>Турбокоды |
| Длительность радио фрейма, мс | | 10 |
| Минимальный интервал между фреймами, мс | | 1 |
| Стандартный шаг между поднесущими, кГЦ (down) | | 15 |
| Информационная единица в канале | | Ресурсный блок |
| Количество поднесущих на ресурсный блок | | 12 (180 кГц) |
| Циклический префикс, мкс | Стандартный | 4,7 (5,2 перед 1 символом) |
| | Расширенный | 16,7 |
| Дуплексный режим | | FDD, TDD |
| Модуляция сигнала | | QPSK/16QAM/64QAM |
| Максимальная эффективная излучаемая мощность | UE | |
| | eNodeB | |

### 1.8 Спектр услуг, предоставляемых сетями LTE

Сервисы широкополосной сети этого стандарта, обладают более широким спектром по сравнению с предшествующими 2G/3G. В первую очередь это связано с высокой пропускной способностью сети и повышенной скоростью передачи данных, а так же с переходом на концепцию «все через IP». Основными услугами, предоставляемых сетью LTE являются следующие:

- пакетная передача речи;
- передача Интернет-файлов;
- доставка электронной почты;
- передача мультимедийных сообщений;
- мультимедийное вещание, включающее в себя потоковые услуги, услуги по загрузке файлов, телевизионные услуги;
- потоковое видео;
- VoIP и высококачественные видеоконференции;

- онлайн-игры через мобильные и фиксированные терминалы различных типов;

- мобильные платежи с высокой передачей реквизитов и идентификационной информации.

### 1.9 Модели трафика и управление перегрузками

Консорциум 3GPP стандартизировал технологию 4G LTE, основанной на модуляции OFDM, с шириной полосы пропускания до 25 МГц с передачей на четырех передающих антенн в нисходящем канале.

LTE включает в себя два компонента (рисунок 1.8):

- E-UTRAN;
- базовую сеть SAE или EPC.

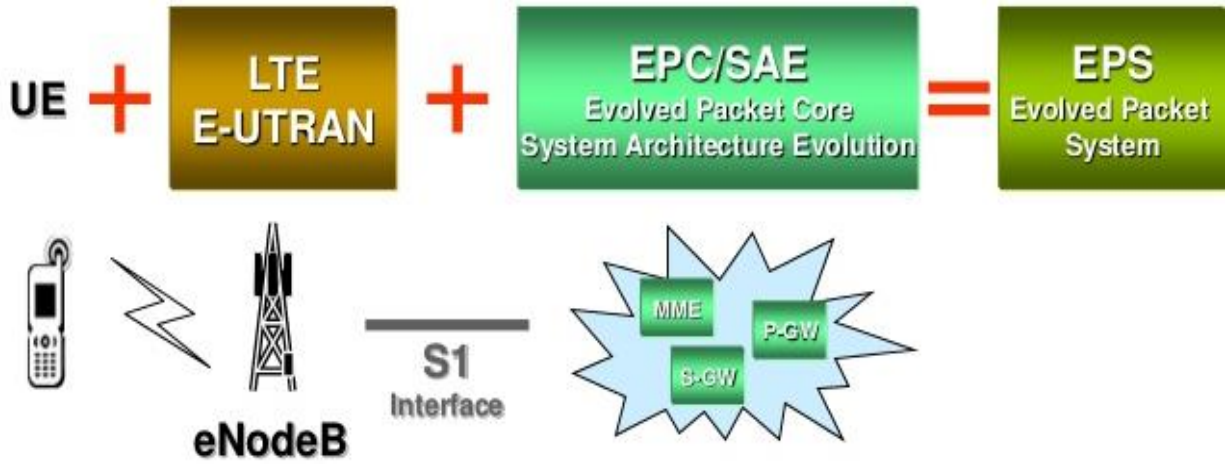


Рисунок 1.8 – Важнейшие компоненты системы сети LTE

В сети LTE протекают разные виды потоков, которые показаны сплошной и прерывистой линиями соответственно:

- поток данных абонента (UP);
- поток данных сигнализации (CP).

Интерфейс S1 поддерживает передачу данных с S-GW и сигнализации через MME. Базовая станция (БС) eNodeB может иметь соединения с несколькими S-GW. Интерфейсы X2 используются для организации хэндоверов между соседними БС, в том числе и при балансировке нагрузки между ними. При этом интерфейсы могут быть логическими, т.е. для их организации не обязательно реальное физическое соединение между eNodeB.

Характеристика архитектуры с очень низкой латентностью существующей архитектуры относится не только тогда, когда данные, передаваемые поток речевой и текстовой информации, но также и при управлении распределением потока, связанного с меньшим количеством промежуточных аппаратных средств реле.

Узлы EPC модули обмена с использованием режима детограммный режим коммутации пакетов IP, что коренным образом отличает сеть сетей предыдущих поколений, которые транслируют сообщения о погоде канала между элементами сети коммутации. В дополнение к сетевым характеристикам, перечисленным выше, и элементы, отвечающие за управление информации сигнализации, реле, коммутации и хранения различных данных.

Базовые станции (eNodeB) сети E-UTRAN берут на себя функции организации интерфейсов радио осуществляют соединительные функции между терминальным пользовательским оборудованием (UE) и сетью EPC. К важной особенности, которая отличает сеть LTE от сетей предыдущих поколений, относится то, что базовые станции eNodeB при обмене друг с другом потоками данных используют стандарт X2 с осуществлением функций управления. В отличие от стандарта GSM, где подсистема базовых станций BSS состояла из базового приемопередатчика BTS и контроллера базовых станций BSC в сети LTE в одном элементе eNodeB объединены функции передатчика и контроллера [3].

Базовая станция (БС, eNodeB) в сети LTE выполняет следующие функций:

- управление радио ресурсами RRM – распределение радиоканалов, динамическое распределение ресурсов в восходящих и нисходящих направлениях (диспетчеризация ресурсов);
- выбор блока управления мобильностью (MME) при включении в сеть пользовательского терминала при отсутствии у того информации о прошлом подключении;
- измерение и составление соответствующих отчетов для управления мобильностью и диспетчеризации;
- маршрутизация в пользовательской плоскости пакетов данных по направлению к обслуживающему устройству (S-GW);
- диспетчеризация и передача вызывной и вещательной информации, полученной от блока управления мобильностью(MME);
- диспетчеризация и передача сообщений PWS, система тревожного оповещения), полученных от блока управления мобильностью(MME);
- сжатие заголовков IP-пакетов, шифрование потока пользовательских данных.

Узел управления мобильностью MME - это основной управляющий элемент в сети LTE. Он осуществляет только функции управления и не работает с пользовательскими данными. Имеет непосредственную связь с UE через протокол сигнализации вне уровня доступа NAS и выполняет функции:

- сигнализация между сетью EPC и UE;
- сигнализация в случае если выполняет хэндовер между различными сетями;
- выбор P- GW и S- GW;

- выбор SGSN в случае когда осуществляется хэндовер в сети 2G или 3G;

- роуминг;

- законный перехват сигнализации;

- аутентификация: при регистрации UE в сети MME сравнивает его постоянный регистрационный номер с номером находящемся в базе данных HSS для проверки его подлинности;

- управление каналами на интерфейсах к другим элементам сети.

Обслуживающий модуль S-GW) - предназначен для обработки и маршрутизации пакетных данных поступающих из/в подсистему базовых станций. SGW маршрутизирует и направляет пакеты с пользовательскими данными, в то же время выполняет роль узла управления мобильностью для пользовательских данных при хэндовер между базовыми станциями (eNodeB), а так же как узел управления мобильностью между сетью LTE и сетями с другими технологиями 3GPP. Когда UE свободен и не занят вызовом, S-GW подключает нисходящий канал данных DL (DownLink) и производит пейджинг, если требуется передать данные по DL в направлении UE. Он управляет и хранит состояния UE (например, требования по пропускной способности для IP-сервисов, внутреннюю информацию по сетевой маршрутизации). Он так же предоставляет копию пользовательских данных при узаконенном перехвате.

S-GW отвечает за выполнение следующих функций:

- выбор точки привязки локального местоположения при хэндовер;

- буферизация пакетов данных в нисходящем направлении, предназначенных для UE, находящихся в режиме ожидания, и инициализация процедуры запроса услуги;

- санкционированный перехват пользовательской информации;

- маршрутизация и перенаправление пакетов данных;

- отправляет различные события в PCRF (начало соединения, завершение соединения);

- формирование учётных записей пользователей и идентификатора класса качества обслуживания для тарификации;

- тарификация абонентов [4].

Пакетный PGW - обеспечивает соединение от UE к внешним пакетным сетям данных, являясь точкой входа и выхода трафика для UE. UE может иметь одновременно соединение с более, чем одним P-GW для подключения к нескольким сетям. PGW выполняет функции защиты, фильтрации пакетов для каждого пользователя, поддержку биллинга, узаконенного перехвата и сортирование пакетов. Другая важная роль P-GW является управление узлом мобильностью между 3GPP и не-3GPP технологиями, такими как WiMAX и 3GPP2 (CDMA 1X и EvDO).

P-GW обеспечивает выполнение следующих функций:

- фильтрация пользовательских пакетов;

- санкционированный перехват пользовательской информации;

- распределение IP-адресов для UE;
- маркировка пакетов транспортного уровня в нисходящем направлении;
- тарификация услуг, их селекция.

Узел выставления счетов абонентам PCRF - (управление политикой) также может быть разделено на 2 функции: контроль преобразования и контроль качеством. Под контролем преобразования понимается своевременность и безошибочность определения таких событий как начало предоставления, изменение параметров, завершение предоставления услуги и т.п. Управление качеством включает в себя непрерывный мониторинг и поддержание заданных абонентскими параметрами характеристик качества предоставления услуг (QoS) причем не только для голосовых соединений, но и для пакетных сессий. Charging Function (управление начислением платы) обязательно предусматривает on-line тарификацию, т.е. абонент и оператор могут в реальном времени отслеживать состояние счета.

PCRF должен поддерживать несколько моделей начисления платы: по предоставленному объему услуг, по затраченному на услугу времени, по факту предоставления услуги, а также комбинированные модели. PCRF должен выполнять указанные выше функции даже когда абонент находятся за пределами операторской сети.

Сервер пользовательских данных сети HSS - представляет собой большую базу данных и предназначен для хранения данных о пользователях. HSS фактически заменяет набор регистров (VLR, HLR, AUC, EIR), которые использовались в сетях 2G и 3G.

HSS служит для хранения следующей информации:
- пользовательских идентификаторов, номеров и адресной информации;
- данные безопасности абонентов: информация для контроля доступа в сеть, аутентификации и авторизации;
- информация о местоположении абонента на межсетевом уровне, т.е. если даже абонент покинет текущую сеть LTE оператора, то в HSS сохранится информация о том в какую сеть он перешел для его поиска в случае входящего звонка;
- информация о профиле абонента.

## 2 IMS (IP Multimedia Subsystem)

### 2.1 Технология широкополосного мобильного интернета

Понятие IP Multimedia Subsystem (IMS) раскрывает новую архитектуру сети, её главным составляющим считается пакетная транспортная сеть, которая работает со всеми технологиями доступа и поддерживает работу большинства инфокоммуникационных услуг. Технология принадлежит международному партнерству Third Generation Partnership Project (3GPP), объединившему European Telecommunications Standartization Institute (ETSI) и несколько национальных организаций стандартизации.

С развитием технологий сложилось, что появление IMS привело к развитию двух технологий: эволюция интеллектуальных систем и улучшение технологии Softswitch.

Технология IMS появилась при развитии базовой сети сотовой подвижной связи третьего поколения UMTS, тогда в сеть построенную на платформе Softswitch была добавлена область управления мультимедийными сеансами на базе протокола SIP. Даннная технология развивалась Комитетом ETSI-TISPAN для дальнейшей работы на сетях с различными технологиями доступа (WLAN/Wi-Fi, xDSL, LTE).

Softswitch и IMS понятия похожи: обе технологии разделены на уровни (плоскости), услуги предоставляются пользователю на основе сети IP, есть функция разделения вызова и переключения функций управления. В технологии IMS появилась новейшая особенность - HSS сервера данных пользователя. Информация хранится в HSS, используемая для подписи пользователя в IMS, аутентификацию пользователей, учет трафика и затрат, определения профиля и настроек для пользовательских сервисов.

Технология IMS рассматривается в качестве возможного решения для построения сетей следующего поколения, а также в качестве основы для конвергенции мобильных и фиксированных сетей на сети IP [5].

### 2.2 Составляющие архитектура IMS

Архитектура IMS состоит из трех уровней: транспортный и устройства подписчика; управления требованиями и сессиями; уровень приложений. Главные составляющие включают распределительные щиты программ, разделенный список подписчиков, ворота СМИ и серверы SIP. Совместная работа с IMS поддерживает большой спектр услуг, которые основаны на гибкости протокола SIP. IMS работу обеспечивает ряд серверов приложений, которые предоставляют людям обычную телефонную связь, без задержек обмен сообщениями, мгновенная многоточечная связь, передача видеоданных, обмен мультимедийными данными и так далее.

Основные элементы основной сети архитектуры IMS:

1) CSCF – элемент с функциями управления сессиями и направлением, состоит из трех блоков:

– P-CSCF – посредник для взаимодействия с терминалами подписчика. Главная идентификация целей подписчика и формирование счета;

– CSCF – посредник для взаимодействия с внешними сетями. Главное определение целей привилегий внешнего подписчика на доступе к услугам, выбору соответствующего сервера приложений и доступа обеспечения к нему;

– S-CSCF – узел сети IMS обрабатывает все сообщения SIP, обмен терминалов.

2) HSS – сервер подписчиков - основа пользовательских данных и обеспечивает доступ к отдельным данным пользователя, связанного с

услугами. В случае, если в сети IMS некоторые серверы HSS используются, добавление SLF, который занят в поисках HSS, необходимо.

3) BGCF – элемент исполнительный директор передачи требований между переключением каналов и сетью IMS. Выполняет направление на основе номеров телефона и выбирает замок в области переключения каналов, через которые сеть IMS будет взаимодействовать от GSM.

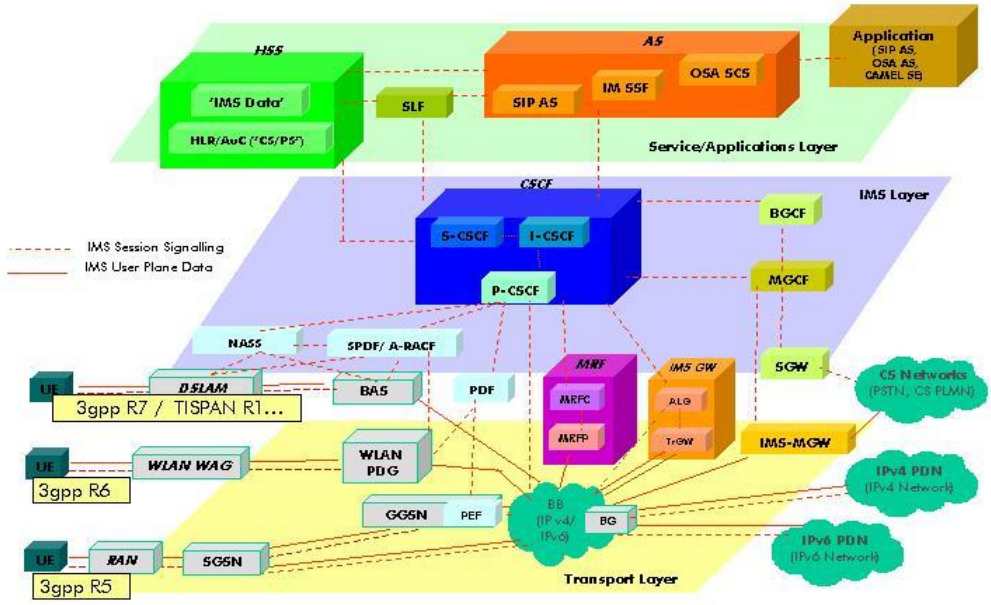


Рисунок 2.1 – Архитектура 3GPP/TISPAN IMS

4) MGCF – управляет транспортными замками.

5) MRFC – управляет процессором мультимедиа ресурсов, обеспечивая реализацию услуг, коммуникацию конференции, уведомление, кодовое преобразование переданного сигнала.

### 2.3 Многоуровневый подход в IMS

Понятие IMS, что доставка любого обслуживания никоим образом не соответствует коммуникационной инфраструктуре. Воплощение этого принципа многоуровневый подход используется при создании IMS. Позволяет понимать открытый механизм доставки услуг, независимых от технологии доступа, возможность вовлечь в сеть приложения сторонних поставщиков услуг.

Транспортный уровень – объединен с сетями доступа различных типов. Могут быть сети пакета радио-доступа, такие как GPRS, UMTS, CDMA2000, WLAN, широкополосный кабель и DSL, традиционная телефония с

переключением каналов. Связь подписчиков с инфраструктурой IMS на транспортном уровне выполнена благодаря мобильному терминалу или посредством замков. В пределах транспортного уровня определены некоторые функции замков. Они должны обеспечить взаимодействие в местах сустава сетей. В частности Media Gateway Function гарантирует функционирование ворот СМИ между IMS и сетью традиционной телефонии.

Рисунок 2.2 – Многоуровневый подход, используемый при построении IMS

Уровень управления - ряд функций IMS, выполните все действия для управления сеансами связи. Функция CSCF устанавливает централизованный механизм направления и определяет политику сети.

Для управления используется протокол SIR. CSCF может ассигновать три специализированных функции – P-CSCF, I-CSCF и S-CSCF.

Функция P-CSCF обеспечивает обмен запросами с мобильным терминалом, и также их передачу в сети. Это используется в ходе разрешения ресурсов сети и учреждения класса обслуживания.

Благодаря службам определения местоположения I-CSCF при необходимости должно пересечься обслуживание в ходе доставки поняты, некоторые области IMS.

S-CSCF определяет механизм направления для системы сигнализации SIP. На его основе есть обмен информацией между подписчиками и серверами приложений согласно сервисному профилю, который содержит в домашнем сервере подписчика.

HSS – важная часть функционального элемента понятия IMS. Это -

централизованная база данных, есть вся информация об этом или том подписчике. Данные по подписчику включают местоположение своей домашней сети, профиль безопасности и профиль обслуживания распространились на те услуги, для которых подписался подписчик.

К централизованной базе данных исключает потребность скопировать информацию для различных услуг и различных типов сети доступа. Это может быть по сравнению с тем, как пользователь создает однородный список контактов, организованных посредством нескольких коммуникационных устройств, чтобы не создать такие списки отдельно для PDA, мобильного телефона, домашнего телефона, компьютера на рабочем месте, домашнего компьютера.

На уровне услуг помещены серверы приложений. Они могут быть несколькими типами, включая SIP, OSA-SCS и IM-SSF. SIP сервер приложений специально для IMS. Большая часть, если не все новые услуги развились для IMS, будет использовать этот тип сервера. OSA и серверы IM-SSF предназначены для взаимодействия с серверами традиционных приложений, согласно OSAFS и CAMEL.

### 2.4 Стандартизация IMS

IMS технология это результат взаимодействия трех международных организаций по стандартизации - 3GPP, 3GPP2 и ETSI.

3GPP стандарт был запущен в конце 1998 г. по приказуИнститута ETSI по разработке технических спецификаций и стандартов для третьего поколения мобильных сетей (UMTS сетей), которые являются следующим шагом в развитии GPRS/GSM сотовых сетей.

3GPP2 появилось также 1998 г., по инициативе ETSI и Международного союза электросвязи (МСЭ) по разработке стандартов в рамках проекта 3G (сети CDMA-2000), созданной под знакомМСЭ IMT-2000. Она была сформирована, по существу, той же организации, в случае 3GPP. Основной вклад в развитие организации стандартов 3GPP2 для мобильных сетей 3G была концепция распределения сети IMS CDMA2000 (IP-транспорта, SIP сигнализации), который описан в спецификации под названием MultiMedia Domain (ММД).

Оба партнерства разрабатывают стандарты для сетей 3G, сосредоточив внимание на широком использовании IP-совместимых протоколов, стандартизованный IETF комитета, и используя основную идею архитектуры сетей связи следующего поколения.

Концепция IMS была впервые представлена в документах 3GPP Release 5 (март 2002 г.). Они сформулированы во время основной части задачи IMS - для поддержки мультимедийных услуг в мобильных сетях на базе абонентов IP и сказал взаимодействие GSM / GPRS протокол сети (2,5 г) и UMTS (3G), а также механизмы взаимодействия между сетями мобильной связи 3G IMS на базе беспроводных сетей с коммутацией каналов архитектуры.

Документы 3GPP Release (декабрь 2003 г.), ряд положений концепции IMS была улучшена, добавлены вопросы взаимодействия с беспроводной локальной сетью и защиты информации (использование ключей, сертификатов конечного пользователя).

3GPP Release 7, взаимодействие мобильных и фиксированных сетей, то есть. Вы сделали первый реальный шаг в конвергенции на борту фиксированных и мобильных сетей.

Выпуск 7 спецификация добавляет две основные функции, которые являются ключом к стационарной сети:

-Network Attachment, которая обеспечивает механизм аутентификации пользователей и необходима в стационарных сетях, поскольку в них отсутствуют SIM - карты идентификации пользователя;

-Resource Admission, резервирующая сетевые ресурсы в стационарных сетях для обеспечения сеансов связи.

Работы, направленные на расширение концепции IMS на стационарные сети, проводятся Комитетом TISPAN. Интерес к архитектуре IMS со стороны ETSI привел к созданию новой рабочей группы (2003 г.), объединившей известную группу TIPHON (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks) и Технический комитет SPAN (Services and Protocols for Advanced Networks), который отвечает за стандартизацию стационарных сетей. С момента своего создания в 2003 году, организация ETSI TISPAN является ключевым органом стандартизации по созданию технических требований к сетям NGN.

TISPAN стандартизация делится на этапы, результатом каждого из которых является очередной Release. В декабре 2005 года был окончательно завершен Release 1 NGN, который утверждает стандарт 3GPP IMS (IP Multimedia Subsystem) для SIP-приложений, а также добавляет дополнительные функциональные блоки и подсистемы для поддержки не SIP-приложений.

Вачале 2008 года был закончен NGN Release 2, который вводит новое ключевой понятие в NGN - IPTV и IPTV на базе IMS.

TISPAN выделяет два варианта реализации IPTV:

-специализированная подсистема IPTV, ориентированная на внедрение существующих на рынке решений в NGN среду;

-решение IPTV на базе IMS, позволяющее объединять телевизионные услуги с различными телекоммуникационными услугами (голосовые услуги, услуги передачи данных и услуга присутствия в сети).

С начала 2008 года TISPAN начал работу над требованиями NGN Release3, уделяя особое внимание усовершенствованию IPTV, взаимодействию IP сетей, повышению безопасности NGN, качеству обслуживания QoS.

Не дожидаясь окончания работ над стандартом 3GPP Release 8, многие ведущие производители телекоммуникационного оборудования уже представили свои первые опытные образцы устройств, поддерживающих LTE.

Так, в феврале 2007 компания Ericsson впервые в мире продемонстрировала работу оборудования LTE со скоростью передачи 144 Мбит/с. В сентябре 2007 компания NTT Docomo представила оборудование LTE со скоростью передачи 200 Мбит/с и потребляемой мощностью менее 100 мВт. В апреле 2008 корпорации LG и Nortel продемонстрировали передачу данных по технологии LTE с пропускной способностью 50 Мбит/с при скорости мобильных абонентов 110 км/ч. 18 сентября 2008 мобильный оператор T-Mobile и Nortel Networks объявили о достжении скоростей передачи 170 Мбит/с для нисходящего соединения и 50 Мбит/с для восходящего соединения. Испытания проводились в машине на средней скорости 67 км/ч в радиусе действия трех базовых станций.

Дальнейшее развитие технологии LTE будет продолжаться в рамках работ над новым стандартом 3GPP Release 10 (LTE Advanced). На сегодня уже сформулированы основные требования, которым должен будет удовлетворять LTE Advanced [6]. По сути, это требования к стандарту мобильных сетей четвертого поколения (4G):

-максимальная скорость передачи данных в нисходящем радиоканале до 1 Гбит/с, в восходящем – до 500 Мбит/с (средняя пропускная способность на одного абонента – в три раза выше, чем в LTE);

-полоса пропускания в нисходящем радиоканале – 70 МГц, в восходящем – 40 МГц;

-максимальная эффективность использования спектра в нисходящем радиоканале – 30 бит/с/Гц, в восходящем – 15 бит/с/Гц (втрое выше, чем в LTE);

-полная совместимость и взаимодействие с LTE и другими 3GPP системами. Для решения этих задач предполагается использовать более широкие радиоканалы (до 100 МГц), ассиметричное разделение полос пропускания между восходящим и нисходящим каналом в случае частотного дуплекса; более совершенные системы кодирования и исправления ошибок; гибридную технологию OFDMA и SC-FDMA для восходящего канала, а также передовые решения в области антенных систем (MIMO).

### 2.5 Пользовательские базы HSS и SLF

Две основные сетевые базы данных обеспечивают поддержку IMS: сервер абонентов домашней сети HSS (Home Subscriber Server) и функция местонахождения абонента SLF (Subscriber Location Function). Каждая IMS-сеть содержит один или более серверов пользовательских баз данных HSS. По сути, HSS представляет собой централизованное хранилище информации об абонентах и услугах и является эволюционным развитием *HLR* (*Home Location Register*) из архитектуры сетей GSM. В HSS хранится вся информация, которая может понадобиться при установлении мультимедийного сеанса: информация о местонахождении пользователя, информация для обеспечения защиты (аутентификация и авторизация), информация о пользовательских профилях, об обслуживающей пользователя S-CSCF, о триггерных точках

обращения к услугам [7]. Функции, выполняемые HSS, показаны в общем виде на рис. 2.3.

HSS размещается информация о пользователе, необходимая сети для поддержки всех функций IMS, связанных с обработкой вызова и установлением сеанса. В числе прочего он содержит информацию об абонировании услуг (часто называемую профилями пользователей) и обеспечивает данные, требующиеся для аутентификации и авторизации пользовательского доступа к услугам.

На основе записей в базе данных идентифицируется, к каким услугам пользователь имеет доступ, с какой сетью он в настоящий момент соединен. HSS поддерживает также локализацию пользователя подобно домашнему регистру местонахождения HLR и визитному регистру местонахождения VLR в мобильных системах предыдущих поколений.

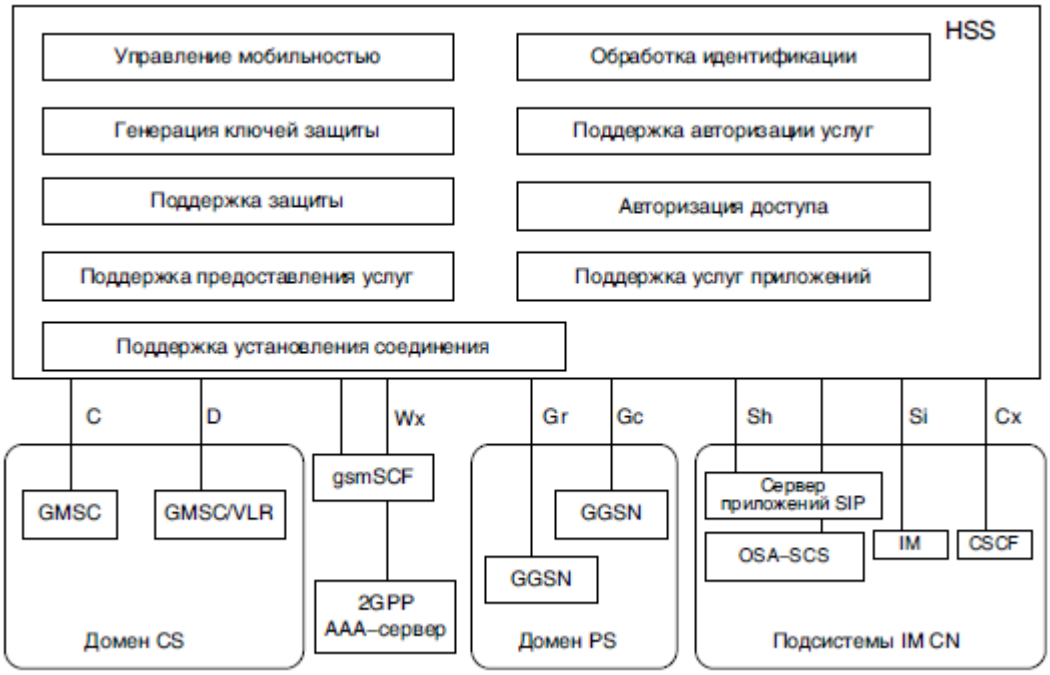


Рисунок 2.3 – Логические функции HSS

Сеть может содержать более одного HSS в том случае, если количество абонентов слишком велико, чтобы поддерживаться одним HSS. Такая сеть, наряду с несколькими HSS, должна будет иметь в своем составе функцию SLF, представляющую собой простую базу данных, которая хранит данные о соответствии информации HSS адресам пользователей. Узел, передавший к SLF запрос с адресом пользователя, получает от нее сведения о том HSS, который содержит информацию об этом пользователе. Как HSS, так и SLF используют для взаимодействия с прочими элементами IMS протокол Diameter [8].

### 2.6 Функция SIP

Функция управления сеансами CSCF (Call Session Control Function) является центральной частью системы IMS, является, по сути, SIP-сервер и обрабатывает SIP-сигнализации в IMS. Существуют три типа функций CSCF: Прокси-CSCF (P-CSCF), опрашивая-CSCF (I-CSCF) и обслуживающая CSCF (S-CSCF).

Первый из них, функция P-CSCF - это первая точка взаимодействия (на уровне сигнала) пользовательского терминала и IMS-сети-IMS. С точки зрения SIP, то есть входящий / исходящий прокси-сервер, через который все запросы, поступающие от терминала IMS или отправить на него. Тем не менее, функция P-CSCF может вести себя как агент пользователя UA RU, необходимо прервать сессию в нестандартных ситуациях и создать независимую SIP-транзакции, связанные с регистрацией процесса [9].

I-CSCF – еще один SIP-прокси, расположенный на границе административного домена Оператора. Когда SIP-сервер определяет следующую пересылку для некоторого SIP-сообщения, он получает от службы DNS адрес I-CSCF соответствующего домена. Кроме исполнения функций SIP-прокси I-CSCF взаимодействует по протоколу Diameter с HSS и SLF, получает от них информацию о местонахождении пользователя и об обслуживающей его S-CSCF. Если никакая функция S-CSCF еще не назначена, функция I-CSCF производит ее назначение.

S-CSCF – центральная интеллектуальная функция на сигнальном уровне, т.е. функция SIP-сервера, который управляет сеансом. Помимо этого, S-CSCF выполняет функцию регистрирующего сервера сети SIP (SIP-registrar), то есть поддерживает привязку местоположения пользователя (например, IP-адресом терминала, с которого пользователь получил доступ в сеть) к его SIP-адресу (PUI-Public User Identity).

Функция S-CSCF взаимодействует по протоколу Diameter с HSS, получает от последнего данные аутентификации пользователя, пытающегося получить доступ к сети, и данные о профиле пользователя, т. е. перечень доступных ему услуг – набор триггерных точек для маршрутизации сообщения SIP к серверам приложений. В свою очередь, функция S-CSCF информирует HSS о том, что этот пользователь прикреплен к нему на срок своей регистрации, и о срабатывании таймера регистрации [10].

### 2.7 Выбор оборудования

Основные производители оборудования оператора LTE сегодня - Ericsson, Alcatel-Lucent, Nokia Siemens Networks, Fujitsu, Huawei Technologies, Motorola, Panasonic, Starent, ZTE.

Поскольку Казахстан в настоящее время все чаще используется Huawei Technologies оборудования компании, поэтому выбирайте технику этой фирмы DBS3900 для беспроводного доступа. Эта базовая станция поддерживает на IP-транспорта, что является очень важной характеристикой. Просто DBS3900 встречает 4 сетей LTE поколения.

Базовая станция DBS3900 состоит из трех частей (рисунок 2.4):

- BBU- это основная часть БС (обрабатывает информацию);
- RRU- это передатчики TRx;
- антенна (сектор, сота).

Секторы, связанные с коаксиальными кабелями RRU (перемычками). блоки УРБ размещаются на верху мачты вблизи сектора. Блоки соединены с оптическим кабелем BBU RRU. BBU помещается на землю в контейнере и BBU-RRU потери сюжета сводится к нулю, так как подсоединена оптика. BBU подключается к любому транспортного оборудования (мультиплексор releyka) и далее на контроллер базовой станции BSC6900 (E1 по IP).

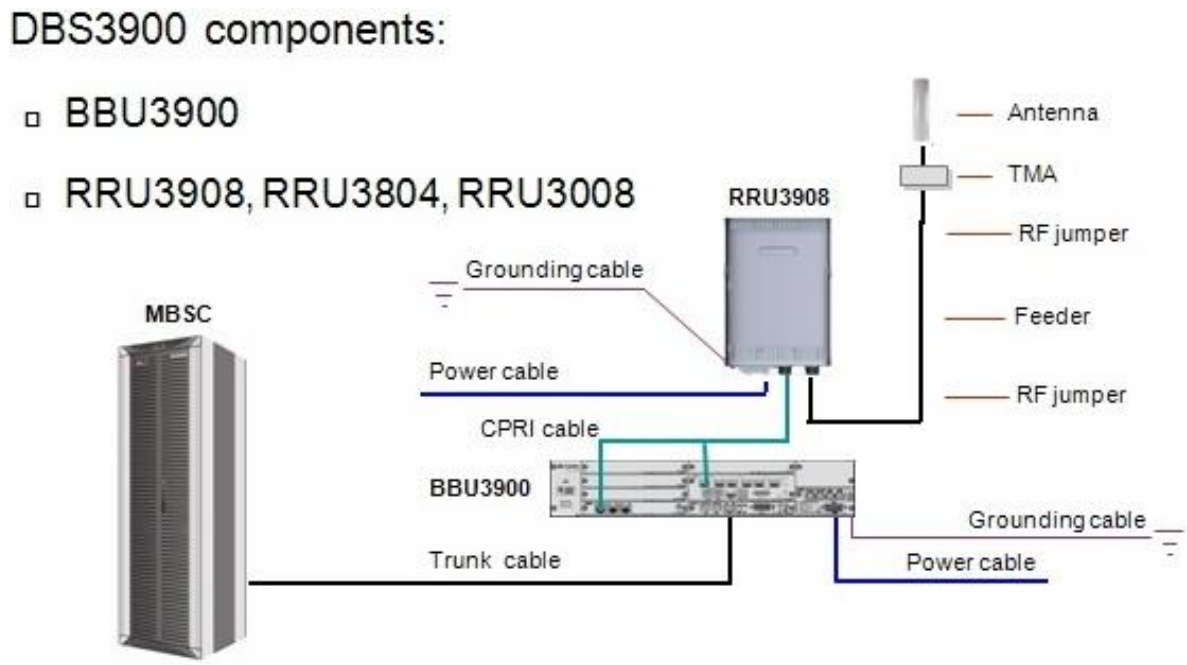


Рисунок 2.4 - Базовая станция DBS3900

**2.8 Техническое решение к проекту**

Для того, чтобы удовлетворить спрос на предоставление медицинских услуг операторов связи по схеме широкополосного беспроводного доступа предлагается организация сети доступа.

Для организации беспроводного доступа присутствия точки сети, необходимо приобрести и установить один базовый узел станции eNodeB DBS3900 РГПТ и шлюзы доступа, а также SGW - сетевой шлюз службы и LTE MME установили в городе Алматы (рисунок 2.5).

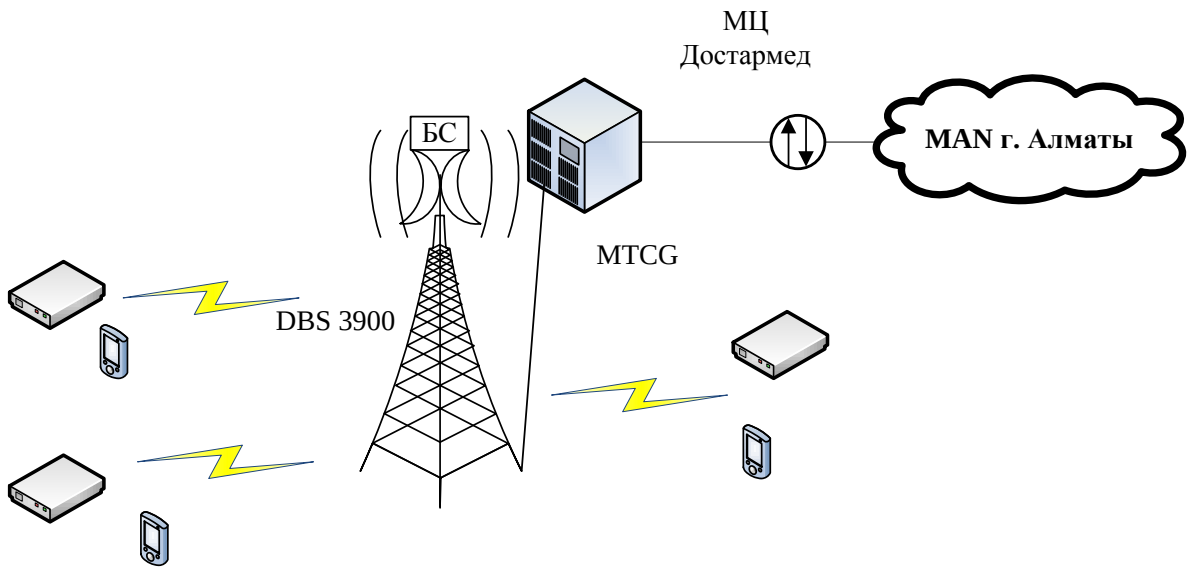


Рисунок 2.5 – Проектируемая схема коммуникационной сети

Требованиями к эксплуатации сети:
- оборудованная специально комната;
- кондиционеры и охладители;
- источник бесперебойного питания электросети;
- снимать данные с сервера о состояние сети, хотя бы раз в неделю;
- повседневное обслуживание оборудования сети.

## 3 Расчеты по широкополосному доступу

### 3.1 Расчет количества абонентов

Процесс планирования радиосети состоит из двух этапов:
- формирование максимальной площади покрытия;
- обеспечение требуемой емкости.

Пропускную способность, или емкость, сети оценивают, базируясь на средних значениях спектральной эффективности соты в определенных условиях.

Спектральная эффективность систем мобильной связи представляет собой показатель, вычисляемый как отношение скорости передачи данных на 1 Гц используемой полосы частот (бит/с/Гц). Спектральная эффективность является показателем эффективности использования частотного ресурса, а также характеризует скорость передачи информации в заданной полосе частот.

Спектральная эффективность может рассчитываться как отношение скорости передачи данных всех абонентов сети в определенной географической области (соте, зоне) на 1 Гц полосы частот (бит/с/Гц/сота), а

также как отношение максимальной пропускной способности сети к ширине полосы одного частотного канала [11].

Средняя спектральная эффективность для сети LTE, ширина полосы частот которой равна 20 МГц, для частотного типа дуплекса FDD на основании 3GPP Release 9 для разных конфигураций MIMO, представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Средняя спектральная эффективность для сети LTE

| Линия | Схема MIMO | Средняя спектральная эффективность (бит/с/Гц) |
|---|---|---|
| UL | 1×2<br>1×4 | 1,254<br>1,829 |
| DL | 2×2<br>4×2<br>4×4 | 2,93<br>3,43<br>4,48 |

Для системы FDD средняя пропускная способность 1 сектора eNB может быть получена путем прямого умножения ширины канала на спектральную эффективность канала:

$$R = S \cdot W. \tag{3.1}$$

где $S$ – средняя спектральная эффективность (бит/с/Гц);

$W$ – ширина канала (МГц); $W$ = 10 МГц.

Для downlink:

$$R_{DL} = 3{,}43\text{x}10 = 34{,}3 \text{ Мбит/с}.$$

Для uplink:

$$R_{UL} = 1{,}829\text{x}10 = 18{,}29 \text{ Мбит/с}.$$

Средняя пропускная способность базовой станции $R_{eNB}$ вычисляется путем умножения пропускной способности одного сектора на количество секторов базовой станции; число секторов eNB примем равное 3, тогда:

$$R_{eNB} = R_{DL/UL} \cdot 3 \tag{3.2}$$

Для downlink a:

$$R_{eNB.DL} = 34{,}3\text{x}3 = 102{,}9 \text{ Мбит/с}.$$

Для uplink:

$$R_{eNB.UL} = 18{,}29\text{x}3 = 54{,}87 \text{ Мбит/с}.$$

Следующим этапом будет определение количества сот в планируемой сети LTE.

Для расчета числа сот в сети необходимо определить общее число каналов, выделяемых для развертывания проектируемой сети LTE. Общее число каналов $N_к$ рассчитывается по формуле:

$$N_k = \left[\frac{\Delta f_{\Sigma}}{\Delta f_к}\right], \quad (3.3)$$

где $\Delta f_{\Sigma}$ - полоса частот, выделенная для работы сети и равная 71 МГц;

$\Delta f_к$ – полоса частот одного радиоканала; под радиоканалом в сетях LTE определяется такое понятие как ресурсный блок РБ, который имеет ширину 180 кГц, $\Delta f_к$ = 180 кГц.

$$N_К = \frac{71000}{180} \approx 395 \text{ (каналов).}$$

Далее определим число каналов $N_{к.сек}$, которое необходимо использовать для обслуживания абонентов в одном секторе одной соты:

$$N_{к.сек} = \left[\frac{N_к}{(N_{кл} \cdot M_{сек})}\right], \quad (3.4)$$

где $N_к$ – общее число каналов;

$N_{кл}$ – размерность кластера, выбираемое с учетом количества секторов eNB, примем равным 3;

$M_{сек}$ – количество секторов eNB, принятое 3.

$$N_{к.сек} = \left[\frac{395}{3 \cdot 3}\right] \approx 43 \text{ канала.}$$

Далее определим число каналов трафика в одном секторе одной соты $N_{кт.сек}$. Число каналов трафика рассчитывается по формуле:

$$N_{кт.сек} = N_{кт1} \cdot N_{к.сек}, \quad (3.5)$$

где $N_{кт1}$ – число каналов трафика в одном радиоканале, определяемое стандартом радиодоступа (для OFDMA $N_{кт1}$ = 1...3), для сети LTE выберем $N_{кт1}$ = 1.

$$N_{кт.сек} = 1 \cdot 43 \approx 43 \text{ канала.}$$

В соответствии с моделью Эрланга, представленной в виде графика на рисунке 3.1, определим допустимую нагрузку в секторе одной соты $A_{сек}$ при

допустимом значении вероятности блокировки равной 1% и рассчитанным выше значении $N_{кт.сек}$. Определим, что $A_{сек}$ = 50 Эрл.

Число абонентов, которое будет обслуживаться одной eNB, определяется по формуле:

$$N_{аб.eNB} = M_{сек} \cdot \left[\frac{A_{сек}}{A_1}\right], \quad (3.6)$$

где $A_1$ – средняя по всем видам трафика абонентская нагрузка от одного абонента; значение $A_1$ может составлять (0,04...0,2) Эрл.

Так как проектируемая сеть планируется использоваться для высокоскоростного обмена информацией, то значение $A_1$ примем равным 0,2 Эрл. Таким образом:

$$N_{аб..eNB} = 3\left[\frac{50}{0{,}2}\right] \approx 750 \text{ абонентов.}$$

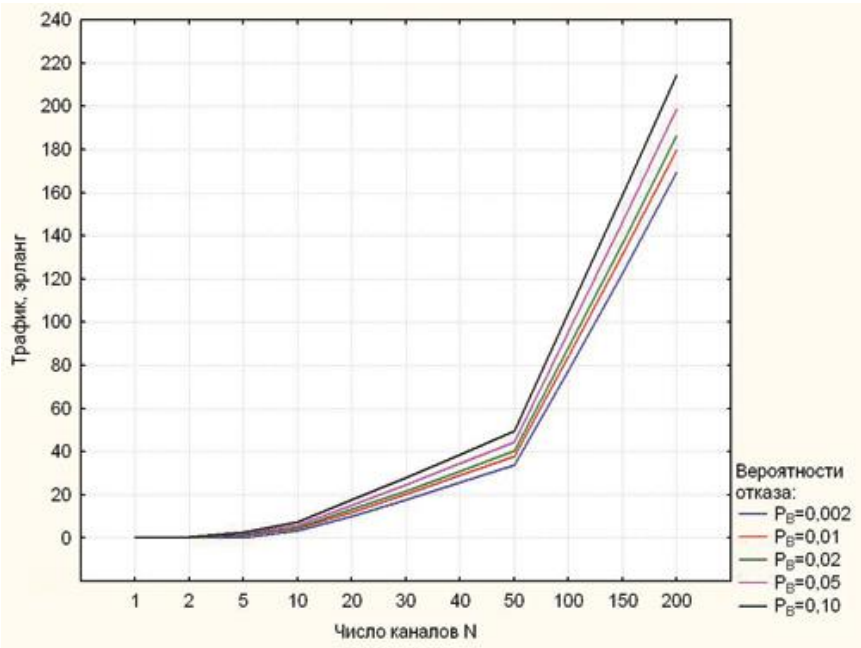


Рисунок 3.1 – Зависимость допустимой нагрузки в секторе от числа каналов трафика и вероятности блокировки

Число базовых станций eNB в проектируемой сети LTE найдем по формуле:

$$N_{eNB} = \left[\frac{N_{аб}}{N_{аб.eNB}}\right] + 1 \quad (3.7)$$

где $N_{аб}$ – количество потенциальных абонентов.

Количество потенциальных абонентов определим как 20% от общего числа жителей. Общее число жителей района составляет 24500 человек. Таким образом, количество потенциальных абонентов составит 4900 человек, тогда:

$$N_{.eNB} = \left[\frac{4900}{750}\right] + 1 \approx 7 \text{ ( eNB).}$$

Среднюю планируемую пропускную способность $R_N$ проектируемой сети определим путем умножения количества eNB на среднюю пропускную способность eNB. Формула примет вид:

$$R_N = (R_{eNB.DL} + R_{eNB.UL}) \cdot N_{eNB}\,, \qquad (3.8)$$

$$R_N = (102{,}9 + 54{,}87) \cdot 7 \approx 1104{,}39 \text{ (Мбит/с).}$$

Далее дадим проверочную оценку емкости проектируемой сети и сравним с рассчитанной. Определим усредненный трафик одного абонента в ЧНН:

$$R_{\text{т.ЧНН}} = \frac{\text{Т}_\text{т} \cdot q}{N_{\text{ЧНН}} \cdot N_\text{д}}\,, \qquad (3.9)$$

где $T_m$ - средний трафик одного абонента в месяц, $T_m$ = 30 Гбайт/мес;
$q$ – коэффициент для городской местности, $q$ = 2;
$N_{ЧНН}$ – число ЧНН в день, $N_{ЧНН}$ = 7;
$N_д$ – число дней в месяце, $N_д$ = 30.

$$R_{т.ЧНН} = \frac{30 \cdot 2}{7 \cdot 30} = 0{,}28 \text{ (Мби/с).}$$

Определим общий трафик проектируемой сети в ЧНН $R_{общ./ЧНН}$ по формуле:

$$R_{общ./ЧНН} = R_{т.ЧНН}\, x N_{акт.аб}\,, \qquad (3.10)$$

где $N_{акт.аб}$ – число активных абонентов в сети.

Определим число активных абонентов в сети как 80% от общего числа потенциальных абонентов $N_{аб}$, то есть $N_{акт.аб}$ = 3920 абонентов.

$$R_{общ./ЧНН} = 0{,}28x3920 = 1097{,}6 \text{ (Мбит/с).}$$

Таким образом, $R_N > R_{общ./ЧНН}$. Это условие показывает, что проектируемая сеть не будет подвергаться перегрузкам в ЧНН.

### 3.2 Расчет зон покрытия для сети LTE

Отличие планирования радиосетей LTE – это использование нового типа многостанционного доступа на базе технологии OFDM, в связи с чем появляются новые понятия и изменяются алгоритмы проектирования.

Планирование радиосети LTE будет производиться в городской местности, а это значит, что плотность абонентов будет невысока и базовые станции должны устанавливаться на максимальном удалении друг от друга с целью закрыть каждой eNB как можно большую территорию. В связи с этим нужно подобрать соответствующий частотный диапазон (791 – 862 МГц вполне подойдет для выполнения этой задачи). Тип дуплекса выберем частотный – FDD [12]. Анализ радиопокрытия начнем с вычисления максимально допустимых потерь на линии (МДП). МДП рассчитывается как разность между эквивалентной изотропной излучаемой мощностью передатчика (ЭИИМ) и минимально необходимой мощностью сигнала на входе приемника сопряженной стороны, при которой с учетом всех потерь в канале связи обеспечивается нормальная демодуляция сигнала в приемнике.

Принцип расчета МДП показан на рисунке 3.2.

При расчетах будем использовать следующие параметры:

- системная полоса: 20 МГц; для FDD = 10/10 (DL/UL);
- eNB – на каждом секторе один TRX, выходная мощность TRX = 40 Вт (46 дБм); работает на линии DL в режиме MIMO 2×2;
- UE – абонентский терминал – USB-модем, класс 4 – ЭИИМ 33 дБм;
- соотношение длительности фреймов DL/UL: 100%/100%.

Расчет максимально допустимых потерь производится по формуле:

$$L_{МДП} = P_{эиим.прд} - S_{ч.пр} + G_{A.пр} - L_{Ф.пр} - M_{прон} - M_{пом} - M_{затен} + G_{хо}. \qquad (3.11)$$

Рисунок 3.2 - Принцип расчета МДП

где $P_{эиим.прд}$ – эквивалентная излучаемая мощность передатчика;

$S_{ч.пр}$ – чувствительность приемник

$G_{A.прд}$ – коэффициент усиления антенны передатчика, $G_{A.прд}$: DL = 18 дБи, UL = 0 дБи;

$L_{Ф.прд}$ – потери в фидерном тракте передатчика, $L_{Ф.прд}$: DL = 0,3 дБ;

$M_{про}$ – запас на проникновение сигнала в операторской для Городской местности, $M_{прон}$ = 12 дБ;

$M_{пом}$ – запас на помехи. $M_{пом}$ определяется по результатам моделирования системного уровня в зависимости от нагрузки в соседних сотах; значение $M_{пом}$ соответствует нагрузке в соседних сотах 70%.$M_{пом}$: DL = 6,4 дБ; UL = 2,8 дБ;

$G_{хо}$ – выигрыш от хэндовера. Значение выигрыша от хэндовера результат того, что при возникновении глубоких замираний в обслуживаемой соте, абонентский терминал можно осуществить хэндовер в соту с лучшими характеристиками приема. $G_{хо}$ = 1,7 дБ.

$P_{эиим.прд}$ рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{эиим.прд}} = P_{\text{вых.прд}} + G_{\text{А.прд}} - L_{\text{ф.прд}}, \qquad (3.12)$$

где $P_{вых.прд}$ - выходная мощность передатчика.

$P_{вых.прд}$ в линии «вниз» (DL) в LTE зависит от ширины полосы частот сайта, которая может колебаться от 1,4 до 20 МГц. В пределах до 5 МГц рационально выбрать передатчики TRX мощностью 20 Вт (43 дБм), а свыше 5 МГц – 40 Вт (46 дБм). $P_{вых.прд}$: DL = 46 дБм, UL = 33 дБм.

Для downlink:

$$P_{эиим.прд} = 46 + 18 - 0{,}3 = 63{,}7 \text{ (дБм)},$$

Для uplink:

$$P_{эиим.прд} = 33 \text{ (дБм)}.$$

$S_{ч.пр}$ рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{ч.пр}} = P_{\text{тш.пр}} + M_{\text{осш.пр}} + L_{\text{пр}}, \qquad (3.13)$$

где $P_{тш.пр}$ - мощность теплового шума приемника, $P_{тш.пр}$: DL = -174,4 дБм, UL = -104,4 дБм;

$M_{осш.пр}$ - требуемое отношение сигнал/шум приемника. Значение $M_{осш.пр}$ взято для модели канала «Enhanced Pedestrian A5».

$M_{осш.пр}$: DL = -0,24 дБ; UL = 0,61 дБ;

$L_{пр}$ - коэффициент шума приемника, $L_{пр}$: DL = 7 дБ, UL = 2,5 дБ;

Для downlink:

$$S_{ч.пр} = -174{,}4 + (-0{,}24) + 7 = -167{,}64 \text{ (дБм)},$$

Для uplink:

$$S_{ч.пр} = -104{,}4 + 0{,}61 + 2{,}5 = -101{,}29 \text{ (дБм)}.$$

С учетом полученных результатов по формулам (3.12) и (3.13), рассчитаем значение МДП. Для downlink:

$$L_{МДП} = 63{,}7 - (-167{,}64) - 12 - 6{,}4 - 8{,}7 - 1{,}7 = 205{,}94 \text{ (дБ)},$$

Для uplink:

$$L_{МДП} = 33 - (-101{,}29) + 18 - 0{,}4 - 12 - 6{,}4 - 8{,}7 + 1{,}7 = 126{,}5 \text{ (дБ)}.$$

В приложении А рисунок А.1 показаны расчеты в Matcad.

Из двух значений МДП, полученных для downlink и uplink выбираем минимальное, чтобы вести последующие расчеты дальности связи и радиуса соты. Ограничивающей линией по дальности связи, как правило, является линия вверх.

Для расчета дальности связи воспользуемся эмпирической моделью распространения радиоволн Okumura – Hata. Данная модель является обобщением опытных фактов, в котором учтено много условий и видов сред. В модели Okumura – Hata предлагается следующее выражение для определения среднего затухания радиосигнала в городских условиях:

$$L_г = 69{,}5 + 26{,}16 \lg f_c - 13{,}82 \lg h_t - A(h_r) + (44{,}9 - 6{,}55 \lg h_t) \cdot \lg d \,. \qquad (3.14)$$

Для городской местности выражение примет вид с поправкой:

$$L_c = L_г - 4{,}78 (\lg f_c)^2 + 17{,}33 \lg f_c - 40{,}94 \,. \qquad (3.15)$$

где $f_c$ – частота от 150 до 1500 МГц;

$h_t$ – высота передающей антенны (подвеса eNB) от 30 до 300 м.;

$h_r$ – высота принимающей антенны (антенны МУ) от 1 до 10 метров;

$d$ – радиус соты от 1 до 20 км;

$A(h_r)$ – поправочный коэффициент для высоты антенны ПС, зависящий от типа местности.

Произведем выбор параметров для расчетов:

- $f_c$ = 800 МГц;
- $h_t$ = 72 метра;
- $h_r$ = 3 метра.

Найдем поправочный коэффициент $A(h_r)$ для городской местности по формуле:

$$A(h_r) = (1{,}1 \lg f_c - 0{,}7) \cdot h_r - (1{,}56 \lg f_c - 0{,}8), \qquad (3.16)$$

$$A(h_r) = (1{,}1 \lg 800 - 0{,}7) \cdot 3 - (1{,}56 \lg 800 - 0{,}8) = 3{,}751 \,.$$

Вычислив из формул (3.14) и (3.15) радиус соты, получим, что $d \approx 7$ км.

Рассчитаем площадь $S_{eNB}$ покрытия трехсекторного сайта по формуле:

$$S_{eNB} = 9\frac{\sqrt{3}}{8} \cdot d^2. \qquad (3.17)$$

$$S_{eNB} = 9\frac{\sqrt{3}}{8} \cdot d^2 \approx 157{,}83\,(\text{км}^2).$$

Главное в данном проекте – это обеспечение устойчивым радиосигналом населения города. Исходя их этого условия, а так же учитывая особенности рельефа местности. Устанавливается одна базовая станция, eNB имеет следующие характеристики:

- мощность каждого передатчика – 40 Вт;
- высота подвеса антенны – 72 метра;
- системная полоса для одного сектора – 20 МГц (10 МГц для аплинка и 10 МГц для downlink);
- downlink поддерживает технологию MIMO 4×2;
- ширина канала: downlink - 102,9 Мбит/с, uplink - 54,87 Мбит/с. Скорость передачи каждой eNB на начальном этапе функционирования сети составит 158 Мбит/с.

### 3.3 Радиус зоны покрытия базовой станцией LTE – eNodeB

Расчет зоны покрытия произведен при помощи расширенной модели Хата (для частоты 2600 МГц), при этом потери при распространении сигнала можно представить в виде:

$$l_{propag}(f_c, h_{ms}, h_{bs}, d, env) = L + G(\sigma) \qquad (3.18)$$

где $l_{propag}$ – общие потери при распространении, дБ;

$f_c$ – частота несущей, МГц;

$h_{ms}$, $h_{bs}$ – соответственно, высоты мобильной и базовой станции, м;

$d$ – расстояние, км (предпочтительно меньше 100 км);

$env$ – фактор учитывающий тип застройки (город, село);

$L$ – медианные потери при распространении, дБ;

$G(\sigma)$ – составляющая Гауссовкого распределения, дБ;

$\sigma$ - стандартная девиация распределения медленных замираний.

Таблица 3.2 – Вычисленные параметры зон покрытия (радиуса) для каждого кодового набора

| № МС | Тип модуляции | Скорость кода | Спектральная эффективность (бит/с/Гц) | SNR, дБ | Радиус зоны покрытия, км | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Город | Пригород | Село |

| S | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | QPSK | 0.077 | 0.1524 | -6,7 | 1,67 | 5,08 | 13,67 |
| 2 | QPSK | 0.13 | 0.2343 | -5,1 | 1,47 | 4,57 | 12,30 |
| 3 | QPSK | 0.18 | 0.3771 | -3,2 | 1,31 | 4,01 | 10,74 |
| 4 | QPSK | 0.31 | 0.6015 | -2,21 | 1,221 | 3,771 | 10,121 |
| 5 | QPSK | 0.45 | 0.8771 | -0,81 | 1,111 | 3,441 | 9,231 |
| 6 | QPSK | 0.58 | 1.1757 | 1,41 | 0,961 | 2,982 | 7,991 |
| 7 | 16QAM | 0.36 | 1.4765 | 3,31 | 0,851 | 2,631 | 7,051 |
| 8 | 16QAM | 0.47 | 1.9140 | 5,31 | 0,731 | 2,313 | 6,191 |
| 9 | 16QAM | 0.61 | 2.4064 | 7,1 | 0,661 | 2,061 | 5,521 |
| 10 | 64QAM | 0.46 | 2.7304 | 10,51 | 0,531 | 1,642 | 4,411 |
| 11 | 64QAM | 0.56 | 3.3224 | 11,61 | 0,491 | 1,531 | 4,101 |
| 12 | 64QAM | 0.66 | 3.9022 | 14,11 | 0,421 | 1,291 | 3,501 |
| 13 | 64QAM | 0.76 | 4.5233 | 16,81 | 0,351 | 1,092 | 2,921 |
| 14 | 64QAM | 0.86 | 5.1151 | 18,1 | 0,321 | 1,003 | 2,701 |
| 15 | 64QAM | 0.92 | 5.5546 | 21,51 | 0,261 | 0,802 | 2,141 |

Вычисления осуществлялись с учетом того, что широкополосная беспроводная сеть LTE – E-UTRAN адаптивно может влиять (зависимость от пороговых значений отношения сигнал-шум SNR и/или значений коэффициентов ошибочных блоков BLER) или изменяя модуляцию поднесущими и скоростью кода. Это трансформация именуется как адаптивная модуляция и кодирование – AMC, а определенная комбинация скорости кода и типа модуляции – модуляционно-кодовой схемой (MCS). В таблице 3.2 приведено сопоставление радиуса зоны покрытия одной БС, в зависимости от типа застройки, к значению SNR для каждой MCS.

### 3.4 Эффективность модуляции OFDM

OFDM – мультиплексирование с разделением по ортогональным частотам. Этот метод применяют для того, чтобы при высокой скорости передачи данных устранить межсимвольную интерференцию.

Если по радиоканалу идет передача с символьной скоростью B=40 Мсимв/с. При передаче на одной несущей частоте длительность символа:

$$\tau_{симв} = \frac{1}{40 \cdot 10^6} = 25 \cdot 10^{-9} c.$$

Для того чтобы прямой и обратный лучи приходили с запаздыванием в 1 символ, разность их хода должна составлять всего $c \cdot \tau_{симв} = 3 \cdot 10^8 \cdot 25 \cdot 10^{-9} = 7{,}5 м.$ Такое запаздывание можно наблюдать даже в достаточно большой комнате. Чтобы снять проблему межсимвольной интерференции, следует увеличить

длину символа в 10, а еще лучше в 100 раз. Тогда межсимвольная интерференция будет заметна при разности трасс в 750 м [13].

Отсюда следует идея, положенная в основу OFDM: расщепить высокоскоростной поток данных на множество отдельных потоков (десятки), передавать каждый из субпотоков на своей частоте (поднесущей), увеличив длину символа до единиц миллисекунд. Обобщенный символ является суммой символов, передаваемых на $N_S$ поднесущих.

$$S(t) = \sum_{i=-\frac{N_S}{2}}^{\frac{N_S}{2}-1} d_{i+\frac{N_S}{2}} \exp\left( j2\pi \frac{i}{T_S}(t - t_S) \right). \qquad (3.18)$$

где $d_{i+N_S/2}$ – комплексная амплитуда одного переданного сигнала;

$t_s$ – время начала каждого отдельного символа;

$T_s$ – длительность символа.

Спектральная картина OFDM сигнала показана на рисунке 3.5.

Чтобы при приеме можно было различать сигналы, передаваемые на соседних поднесущих, все сигналы должны быть взаимно ортогональны. Это условие выполнимо, если расстояние между соседними поднесущими:

$$\Delta F = \frac{1}{T_S}. \qquad (3.19)$$

При передаче (формировании) OFDM сигнала используют обратное БПФ; при приеме – БПФ. Сигнал OFDM формируют на пониженной частоте с последующим переносом спектра на частоту радиоканала. Длительность символа $T_s$=3,2 мкс, длительность паузы $T_p$=0,8 мкс. Расстояние между соседними частотами $\Delta F = \frac{1}{T_S} = 0{,}3125$ МГц. При модуляции 2-ФМ на каждой поднесущей скорость передачи данных (без защитного кодирования):

$$B_{2-ФМ} = 48\frac{1}{T_S + T_\varphi} = 48\frac{1}{(3{,}2 + 0{,}8)\cdot 10^{-6}} = 12 \text{ Мбит/с.}$$

При переходе к многопозиционным методам модуляции:

$$B_{4-ФМ} = 2\cdot 48\frac{1}{T_S + T_\varphi} = 24 \text{ Мбит/с.}$$

$$B_{16-КАМ} = 4\cdot 48\frac{1}{T_S + T_\varphi} = 48 \text{ Мбит/с.}$$

В зависимости от помеховой ситуации предусмотрено использование адаптивных схем модуляции и кодирования (таблицу 3.2).

Длительность OFDM-символа – важнейший параметр системы, определяется длительностью преобразования Фурье и защитного интервала. Длительность защитного интервала выбирается исходя из разброса задержки многолучевого распространения.

Длительность интервала преобразования Фурье выбирается исходя из противоречивых показателей.

С одной стороны требуется как можно меньшее значение длительности преобразования для повышения эффективности использования полосы частот, а с другой стороны, уменьшение длительности ведет к повышенной чувствительности, к фазовому шуму и др. длительность преобразования Фурье составляет от 10 до нескольких сот мкс, а соответствующая полоса на одну поднесущую – от одного до нескольких десятков кГц. Коэффициента использования полосы частот описывается соотношением:

$$K_{эф} = \frac{\Delta F_{под} \cdot N_{исп}}{\Delta F_{OFDM}}, \qquad (3.20)$$

где $\Delta F_{под}$ – полоса частот, занимаемая одним подканалом;

$N_{исп}$ – число подканалов для передачи информации;

$\Delta F_{OFDM}$ – полоса частот OFDM-сигнала.

При модуляции используется алгоритм быстрого преобразования Фурье с количеством поднесущих (точек преобразования) от 64 до 4096. Параметром, обеспечивающим уменьшение влияния многолучевого распространения, является защитный интервал, величина его программно изменяется от 1/64 до 1/4 длительности БПФ.

Для ПД используется от 85 до 95% поднесущих.

$$K_{эф} = \frac{31{,}25 \cdot 64}{21{,}5} = 93.$$

В приложении А рисунок А.2 приведен расчет.

### 3.5 Определение суммарного затухания на участке ОК

Оптические кабели представляют собой среду передачи, близкую к идеальной. По объемам и скорости передачи информации, надежности и дальности ее доставки оптические кабели значительно опережают другие технологические решения. Поэтому, на сегодняшний день альтернативы им нет. Основным элементом оптического кабеля является оптическое волокно (световод), выполненное в виде тонкого стеклянного волокна цилиндрической формы, по которому передаются световые сигналы с длинами волны 0,85…1,6

мкм. Световод имеет двухслойную конструкцию и состоит из сердцевины и оболочки с разными показателями преломления.

Основные параметры оптических кабелей для строительства транспортной сети показаны в таблице 3.4.

Определим суммарное затухание на одном из участков проектируемой транспортной сети между коммутатором и маршрутизатором. Суммарные потери $a_{\sum}$ на участке сети рассчитываются по формуле:

$$a_{\sum} = n_{рс} \cdot a_{рс} + n_{нс} \cdot a_{нс} + a_t + a_в , \qquad (3.31)$$

где $n_{рс}$ – количество разъемных соединителей, $n_{рс} \approx 3$;

$a_{рс}$ – потери в разъемных соединениях, $a_{рс} \approx 0{,}6$ дБ;

$n_{нс}$ – количество неразъемных соединений;

$a_{нс}$ – потери в неразъемных соединениях, $a_{нс} \approx 0{,}02$ дБ;

$a_t$ – допуск на температурные изменения затухания оптического волокна, $a_t = 1$ дБ;

$a_в$ – допуск на изменение характеристик компонентов на участке со временем, $a_в \approx 5$ дБ.

Количество неразъемных соединений рассчитывается по формуле:

$$n_{нс} = \frac{L_{уч}}{l_{сд}} - 1 \qquad (3.32)$$

где $L_{уч}$ – длина участка, $L_{уч} \approx 9$ км;

$l_{сд}$ – строительная длина кабеля, согласно таблице 3.1 $l_{сд} = 2$ км.

$$n_{нс} = \frac{9}{2} - 1 \approx 3{,}5$$

$$a_{\sum} = 3{,}5 \cdot 0{,}6 + 3 \cdot 0{,}02 + 1 + 5 \approx 7{,}87 \text{ (дБ)}$$

Суммарное затухание составило примерно 7,87 дБ.

В приложении А рисунок А.3 показаны расчеты в Matcad.

Таблица 3.4 – Основные параметры оптических кабелей

| Параметры | Тип прокладки кабеля | | |
|---|---|---|---|
| | в канализации | в грунте | подвесной |
| Марка кабеля | ОКС-М | ОКБ-Т | ОКА-Т |
| Число оптических волокон | 4 – 72 | 4 – 24 | 4 – 24 |
| Производитель волокна | Fujikura | Fujikura | Fujikura |
| Тип волокна | ОМ | ОМ | ОМ |
| Число пластмассовых (металлических) модулей | 6 – 12 | 1 (метал.) | 1 (метал.) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Диаметр трубки модуля, мм | 2 | 3,0 – 6,0 | 3,0 – 6,0 |
| Число/диаметр корделей | -/2,0 | -/3,0 – 6,0 | -/3,0 – 6,0 |
| Внешний диаметр кабеля, мм | 15,0 | 18,5 | 18,5 |
| Масса кабеля, кг/км | 190 | 436 | 540 |
| Рабочая температура окружающей среды, °С | -40 - +50 | -40 - +50 | -60 - +60 |
| Минимальный радиус изгиба кабеля, мм | 250 | 250 | 300 |
| Допустимое растягивающее усилие, кН | 1,5 | 7,0 | 3,5 – 7,0 |
| Длина поставки, км | 2,0 | 2,0 | 2,0 |

### 3.6 Оценка эффективности кода

В системе LTE можно выделить два источника шума: канальный и межканальной интерференции. Вероятность ошибки в передаваемой информации, вносимой источником канального шума, может быть снижена за счет увеличения мощности сигнала.

Отношение сигнал/шум ($h$) при межканальной интерференции определяется числом к ПСП, одновременно излучаемых в эфир, характеристикой многолучевости и соотношением лучей, характеристикой фильтров ВЧ блока и диаграммы направленности антенн. Отношение $h$ может быть аппроксимировано относительно выхода корреляционного приемника формулой [14]:

$$h = \left( \frac{K-1}{3N} + \frac{N_0}{2E} \right)^{-1} \tag{3.26}$$

где $h$ - отношение сигнал/шум;

$N_0$ - спектральная мощность канального шума;

$K$ – число ПСП;

$$h \approx \frac{3N}{K-1}. \tag{3.27}$$

Выражение (3.26) справедливо для асинхронных СП и однолучевом распространении сигнала и может быть использовано для оценки характеристики системы в первом приближении.

Задаваясь значениями параметров системы $N$=128, $K$=64 имеем $h$=7,8 дБ. Можно получить существенно заниженную оценку отношения сигнал/шум, если рассмотреть случай асинхронной системы с тремя равнозначными лучами распространения. Три равноценных луча можно эквивалентно свети к

увеличению в 3 раза числа *K*. В этом случае отношение сигнал/шум *h*=3 дБ. Вероятность ошибки $p_e$ при заданном отношении h для гауссовского шума определяется из выражения

$$p_e = Q\left(h\sqrt{2}\right) = 0{,}5\left[1 - F\left(h\sqrt{2}\right)\right], \tag{3.28}$$

где $Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_x^{\infty} e^{-t^2/2}dt$; $F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_0^{x} e^{-t^2/2}dt$ - табулированная функция надежности.

Значение $p_e = 1\cdot 10^{-6}$ достигается при $h = 10{,}28$ дБ. В системе для обеспечения вероятности ошибки на бит $p_b = 1\cdot 10^{6}$ используется код (48,24,11). В блоке кода (48,24,11) производится исправление ошибок во-первых 47 битах. Последний 48 бит используется для цикловой синхронизации и оценки качества канала, то есть является служебным битом. Вероятность ошибки на бит на выходе декодера (47,24,11) определяется выражением

$$p_b = \frac{d}{n} p_n\left(t > t_k\right), \tag{3.29}$$

где d кодовое расстояние (d = 11);

n – длина кода (n = 47);

$p_n(t>t_k) = p_n$ – вероятность возникновения ошибок кратности более $t_k$ = 5 в блоке длины n, или вероятность ошибки на блок $p_n$ на выходе декодера.

Для расчета $p_n$ используется оценка

$$C_n^{\lambda n} p_e^{\lambda n} q_e^{n(1-\lambda)} < p_n < \frac{\lambda q_e}{\lambda - p_e} C_n^{\lambda n} p^{\lambda n} q^{n(1-\lambda)}, \tag{3.30}$$

где $\lambda = \left(t_k + 1\right)/n$, $q_e = 1 - p_e$ и $\lambda > p_e$.

Ошибки вносятся только за счет межканальной интерференции, получаем зависимость вероятности ошибки на выходе декодера от вероятности ошибки на входе ($t_k$ = 5), представленную в таблице 3.3 и на рисунке 3.8.

Таблица 3.3 – Вероятность ошибки на входе декодера

| h, дБ | 2,65 | 4,31 | 4,48 | 4,6 | 5,29 |
|---|---|---|---|---|---|
| $p_e$ | $2{,}75\cdot 10^{-2}$ | $1{,}0\cdot 10^{-2}$ | $9{,}0\cdot 10^{-3}$ | $8{,}0\cdot 10^{-3}$ | $5{,}0\cdot 10^{-3}$ |
| $p_b$ | $4{,}1\cdot 10^{-4}$ | $2{,}0\cdot 10^{-6}$ | $1{,}14\cdot 10^{-6}$ | $5{,}8\cdot 10^{-7}$ | $3{,}9\cdot 10^{-8}$ |

Таким образом, использования кода (48,24) в системе позволяет обеспечить вероятность ошибки на выходе $p_b = 1\cdot 10^{-6}$ при h = 4,6 дБ, что существенно меньше 7,8 дБ.

Таким образом, код обеспечивает запас по помехозащищенности порядка 3,2 дБ. Кроме того, небольшая длина кода обеспечивает задержку менее 6 мс.

В приложении А рисунок А.4 показана зависимость $p_b = f(p_e)$.

## 4 Безопасность жизнедеятельности

### 4.1 Анализ опасных и вредных факторов на рабочем месте

Работа сотрудников связана с обслуживанием оргтехники и прежде всего с ПК, подключенных к локально-вычислительной сети корпорации. Оргтехника с одной стороны повышает производительность труда, а с другой стороны вносит в производство определенные факторы, которые могут быть вредными и опасными.

Вредный фактор – фактор, который влияет на работоспособность и общее состояние обслуживающего персонала.

Опасный фактор - фактор, которые при определенных условиях может вызвать острое нарушение здоровья или гибель обслуживающего персонала.

К неблагоприятным факторам относятся химические, физические, физиологические и биологические. Что касается химических факторов, то они обусловлены воздействием токсичных веществ, которые использованы при обслуживании оргтехники. Предельно допустимые концентрации вредных веществ приведены в СНиП 4617-88. Для предотвращения негативного влияния химических факторов на организм пользователей, вентиляция в операторской с компьютерами должна быть достаточно эффективной.

Физическими вредными факторами являются: напряжение питания; влияние электромагнитного излучения (ЭМИ); не достаточное освещение; загрязненность и ионизация воздуха; некомфортный температурно-влажностный режим; шум и вибрация.

Электробезопасность - это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электротока, электромагнитного поля, статического и атмосферного электричества. Согласно ГОСТ 12.1.038-82 и ПУЭ-85 она обеспечивается реализацией трех принципов: конструкцией СУ; техническими способами и средствами защиты (СЗ); организационными и техническими мероприятиями. В операторской, где находится рабочее место оператора, относятся к категории операторской без повышенной опасности, оборудование относится к классу до 1000 В. Оператор - ПЭВМ работает с оборудованием - 220 В. Современное электрооборудование и оргтехника имеют двойную изоляцию токоведущих частей. Вся электропроводка выполняется закрытой в кабельных коробах. Для предотвращения электротравматизма при попадании напряжения питания на корпус применяется зануление. Наиболее частыми бывают несчастные случаи при попытках самостоятельного ремонта без отключения питания.

Источниками электромагнитных излучений (ЭМИ) служат мониторы

персонального компьютера (ПК), системные блоки, коммутационные устройства, устройства для беспроводной связи, различная множительная и копировальная техника. Последствиями воздействия ЭМИ на человека могут быть физико-химические изменения в организме, ослабление иммунитета организма, развитие заболеваний. Малоинтенсивные ЭМИ незначительно воздействуют на организм, но их длительное воздействие отрицательно сказывается на организме человека. При работе за ПК воздействие ЭМИ сведено к минимуму, благодаря применению различных технологий защиты от ЭМИ. Так, например, ЭМИ от работающего монитора считается не опасным при нахождении на расстоянии от него более 50-80 см. Экраны современных мониторов не испускают гамма-лучей.

Снизить вредные воздействия помогает правильная организация рабочих мест и рациональный график работы.

Недостаточная освещенность операторской с ПК. Одним из важнейших условий комфортной работы человека является рациональное освещение рабочего места. Плохая освещенность, высокая контрастность между светящимся экраном и окружающим фоном могут привести к ухудшению зрения, снижению работоспособности, быстрому утомлению и росту числа ошибок в выполняемой работе. Особенно быстро утомляется зрение от частого перевода взгляда от светящегося экрана к тексту на бумаге и обратно. Требования к уровню освещенности рабочего места оператора изложены в СНиП 23-05-95. Для их реализации рассчитывается уровень естественного освещения и подбирается система общего и при необходимости местного искусственного освещения.

Загрязнение воздуха. Источники пыли в оператора, оборудованные оргтехникой компьютеры, принтер и копировальный аппарат. Во время работы на компьютере, в случае тяжелых частиц пыли оператора пыли может войти в тело оператора, что может привести к побочным эффектам, и трудности с дыханием, в конечном счете, это воздействие высоких уровней оператора пыли аллергии. Для того, чтобы избежать негативных последствий этой необходимости сокращения оператора от пыли, проводить периодическую аэрацию оператора, оператору выполнять влажную уборку, использование системы воздушного охлаждения.

Ионизация воздуха. В процессе работы ПК происходит высушивание воздуха и насыщение его положительными ионами. После отказа от мониторов с электронно-лучевыми трубками, ионизация среды при работе ПК крайне незначительна и соответствует требованиям ГОСТ 12.0.003-74, СН 2152-80. В воздухе рабочего операторской содержится небольшое число положительных ионов, что практически не оказывает влияния на персонал.

Параметры микроклимата. В операторской, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата. В санитарных нормах установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия (ГОСТ12.1.005-88, СН 4088-86). Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового

процесса и характера производственного операторской. Они приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Параметры микроклимата для операторской, где установлены компьютеры

| Период года | Параметр микроклимата | Величина |
|---|---|---|
| Холодный | Температура воздуха в операторской | 22…24°С |
| | Относительная влажность | 40…60% |
| | Скорость движения воздуха | до 0,1м/с |
| Теплый | Температура воздуха в операторской | 23…25°С |
| | Относительная влажность | 40…60% |
| | Скорость движения воздуха | 0,1…0,2м/с |

Объем операторской, в которых размещены работники с ПК, не должен быть меньше 20м$^3$/человека с учетом максимального числа одновременно работающих в смену. Нормы подачи свежего воздуха в операторскую, где расположены ПК, приведены в таблице 4.2.

Для обеспечения комфортных условий используются как организационные методы (рациональная организация проведения работ в зависимости от времени года и суток, чередование труда и отдыха), так и технические средства (вентиляция, кондиционирование воздуха, отопительная система). Расчет системы вентиляции приводится ниже.

Таблица 4.2 - Нормы подачи свежего воздуха в операторской, где расположены ПК

| Характеристика операторской | Объемный расход подаваемого в операторской свежего воздуха, м$^3$ /на одного человека в час |
|---|---|
| Объем до 20м$^3$ на человека | Не менее 30 |
| Объем 20…40м$^3$ на человека | Не менее 20 |
| Объем более 40м$^3$ на человека | Естественная вентиляция |

Шум и вибрация. Основными источниками шума в компьютере оператора на рабочем месте являются вентиляторы и кондиционеры.

Уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА, а также средств обработки данных на компьютерах - 65 дБА. (СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-83).

Для снижения уровня шума стены и потолок оператора, где установлены компьютеры, могут быть покрыты звукопоглощающих материалов. Уровень вибрации в центре обработки данных оператора может быть уменьшена путем установки специального оборудования на молчание.

неблагоприятные физиологические факторы при работе на ПК являются: отсутствие физической активности и психологического и физического напряжения. Хорошая организация труда, по графику регулируется перерывы в работе, физические упражнения, ходьба помогает противостоять физической активности и переутомление.

### 4.2 Общие мероприятия по обеспечению безопасности на рабочем месте

Рассмотрим выполнение санитарных норм на примере рабочих мест менеджера-аналитика, аналитика-букмекера, системного администратора, аналитического отдела. Операторская, в котором расположен аналитический отдел, размещается на первом этаже двухэтажного кирпичного отапливаемого здания (рисунок 4.1). Площадь операторской составляет 32 м$^2$ (8м*4м). Высота – 2,9м. Объем операторской составляет 92,8 м$^3$.

В операторской размещены два рабочих места. Т. о. на каждое рабочее место приходится 10,6 м$^2$ и объем воздуха 30,9 м$^3$, что соответствует требованиям санитарных норм (не менее 6 м$^2$ и не менее 20 м$^3$).

На рабочих местах: три персональных компьютера семейства IPM PC имеющих различные характеристики, 18.5´´дюймовые ЖК мониторы, блок бесперебойного питания, телефонный аппарат.

Для внутренней отделки интерьера операторской, где расположены персональные компьютеры, должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка – 0,7 – 0,8; для стен – 0,5 – 0,6; для пола – 0,3 – 0,5.

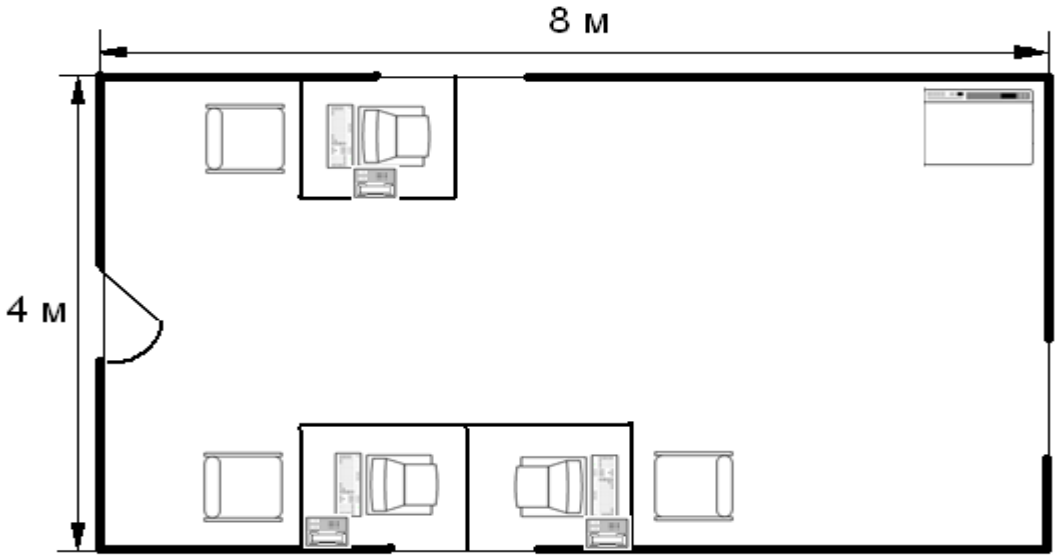


Рисунок 4.1 - Схема кабинета с расположением рабочих мест

В операторской используется искусственное освещение: световые устройства ШОД, каждый из которых содержит по четыре лампы дневного света ЛДС-80.

Общее освещение предназначено в качестве осветительного устройства

3, расположенного на потолке.

На столах установлены в свете локальной системы освещения для освещения документа. Местное освещение устанавливается так, чтобы не создавать бликов на поверхности экрана и не увеличивать освещенность более 300 лк.

Флуоресцентные лампы используются в качестве источников света. Они экономичны, имеют высокую светоотдачу, но они содержат ртуть, мимо к лампам не должны быть выброшены с мусором и должны быть утилизированы отдельно [15].

### 4.3 Эргономические характеристики

Высота рабочей поверхности стола составляет 0,7 м. Стол представляет собой стандартный экземпляр рабочего стола для офиса. Рабочий стол имеет пространство для ног высотой 0,62 м, шириной - 1,2 м. Поверхность сиденья и спинки стула полумягкая, с нескользящим, не электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Экран видеомонитора находится от глаз на расстоянии 650 мм. В операторской ежедневно производится влажная уборка. Имеется кондиционер, поддерживающий постоянную температуру 22-26 градусов Цельсия.

При работе на персональном компьютере предусмотрено:

- расположение устройств ввода-вывода обеспечивает оптимальную видимость экрана;
- расположение экрана персонального компьютера в месте рабочей зоны, обеспечивает удобство зрительного наблюдения в вертикальной плоскости;
- поворот экрана ПК осуществляется в горизонтальной и вертикальной плоскостях [16].

### 4.4 Запыленность и уровень шума

Пыль у данного оператора не превышает 0,5 мг / м3. Не курить в работе оператора. Поскольку золе частицы оседают на поверхности магнитной среды, что приводит к неисправности персонального компьютера.

источники шума в офисе сами компьютер (настольный компьютер Встроенные вентиляторы), кондиционер и телефон. Уровень шума на рабочем месте не превышает 50 дБА. Специальные материалы (подвесной потолок звукопоглощающие материалы) были использованы в оформлении оператора для снижения уровня шума.

Параметры микроклимата на рабочем месте - это сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха.

Для того, чтобы создать нормальные условия для параметров микроклимата персонала в диспетчерской регулируется системой кондиционирования воздуха в соответствии с правилами.

Минимальный расход воздуха определяется скоростью 50-60 м 3 / ч на одного работника, воздух такой свежий, осуществляется с кондиционером регулируется так, чтобы не менее 120м3 / ч. Расчет системы кондиционирования воздуха, необходимой показано ниже.

### 4.5 Электробезопасность и пожарная безопасность

Электробезопасность обеспечивается комплексом плановых организационных и технических мероприятий.

Вся электропроводка выполнена в двойной изоляции в кабельных коробах. Для подключения электроприборов используется трехпроводная схема с занулением корпуса.

Требования, предъявляемые к обеспечению электробезопасности пользователей, работающих на персональных компьютерах:

- все узлы персонального компьютера и подключаемое периферийное оборудование питаются от одной фазы электросети;
- корпуса системного блока и внешних устройств заземлены радиально с одной общей точкой;
- для отключения компьютерного оборудования используется отдельный щит с автоматами защиты и общим рубильником;
- все соединения ПЭВМ и внешнего оборудования производится при отключенном питании.

Пожарная безопасность обеспечивается выполнением комплекса организационных и технических мер. Отделка операторской выполнена из негорючих материалов. Во всех операторских и коридорах имеются огнетушители и датчики пожарной сигнализации.

Весь персонал проходит регулярное обучение и инструктажи. Имеются планы эвакуации людей, оборудован запасной выход.

### 4.6 Расчет системы охлаждения воздуха

Охлаждение - это автоматическое поддержание ограниченным оператора или всех параметров воздуха (т, чистый воздух), чтобы обеспечить оптимальные условия микроклимата. Для этого специальные устройства назначения - охладитель или сплит-системы (в которой холодность блок представляет собой отдельный блок выдается). Они обеспечивают поток воздуха и рециркуляции, его фильтрацию, охлаждение, нагрев, сушка, увлажнение, перемещение и другие процессы. Работа Cooler обычно автоматизирован.

Вычислим систему воздушного охлаждения для самостоятельной кулеров для оператора аналитического отдела исходной таблицы данных. Мы считаем, что эксцессы теплосодержания в зимний период составляют 65% от лета.

Методика предполагает расчет требуемой производительности СКВ по трем параметрам: удаление избыточного тепла, пыли и загрязнения воздуха токсичными веществами, обеспечивая необходимое количество свежего

воздуха для каждого работника в диспетчерской.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия (по заключению органов государственного санитарного надзора) сумма отношений фактических концентраций каждого из них ($К_1$, $К_2$...$К_n$ ) в воздухе к их предельно-допустимой концентрации ПДК ($ПДК_1$, $ПДК_2$... $ПДК_n$) не должна превышать 1.

$$\frac{K_1}{ПДК_1} + \frac{K_2}{ПДК_2} + \ldots + \frac{K_n}{ПДК_n} \leq 1 \qquad (4.1)$$

При работе компьютеров не выделяются вредные вещества, так что расчет необходимо провести по ПДК пыли, источниками которой являются печатающие устройства, бумага, одежда и личные вещи персонала.

Таблица 4.3 – Параметры кондиционеров

| Характеристика | Тип автономного кондиционера | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | БК-1500 | БК-2000 | БК-2500 | БК-3500 | Samsung |
| Производительность по воздуху | 400 | 500 | 630 | 800 | 750 |
| Холодопроизводительность | 1740 | 2300 | 2900 | 3480 | 3000 |

Размеры операторской: ширина А = 4 м; длина В = 8 м; высота Н = 2,9м.

Берется максимальная производительность по всем параметрам и, на ее основе, из таблицы имеющихся агрегатов выбирается минимальное количество, обеспечивающее нужную производительность. Исходные данные для расчета параметров охладителей воздуха представлены в таблице 4.3.

Избытки явного тепла летом - 0.8 кВт (QизбТ).

Избытки явного тепла зимой - 0.52 кВт (QизбХ).

Масса выделяющейся пыли - 0.5 г/ч.

Число работающих в операторской - 3 чел.

Выбор схемы воздухообмена по удельной тепловой нагрузке, Вт на 1 $м^2$ площади пола, определяемой по формуле:

q = QизбТ /S = 800/32 = 25 (Вт/м2)

q = 25 Вт/м2 < 400 Вт/м2, следовательно выбираем схему «сверху-вверх». Это значит, что всасывание рециркуляционного воздуха и поступление свежего происходит в верхней части операторской.

Расчет потребного количества воздуха Lсг, $м^3$/ч, для обеспечения санитарно-гигиенических норм для данного операторской по формулам:

$$Lя=3,6\cdot QизбТ/(1,2(tу-tп)), \qquad (4.2)$$

где Lя – потребный расход воздуха при наличии избытков явной теплоты;

ty и tп - температура воздуха, соответственно удаляемого из операторской и поступающего в это операторской, ОС.

При наличии выделяющихся ВВ (пар, газ или пыль - $m_{вр}$, мг/ч) в операторской потребный расход воздуха, $м^3$/ч:

$$L_{вр}= m_{вр}/(Сд-Сп), \quad (4.3)$$

где Сд – концентрация конкретного ВВ, удаляемого из операторской, мг/$м^2$ (принимают равным ПДК рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005-88);

Сп - концентрация ВВ в приточном воздухе, мг/$м^3$ (принимаем Сп=0 в рабочей зоне для операторской с ПК).

При вычислении потребного расхода воздуха при наличии избытков тепла разницу ty-tп рекомендуется принимать равной $10^o$ С:

$$L_{ЯТ}=3,6\cdot 800/(1,2\cdot 10) = 240\ (м^3/ч).$$

Для зимнего времени года примем QизбХ = 0,65 QизбТ:

$$L_{ЯХ}=3,6\cdot 0,65\cdot 800/(1,2\cdot 10) = 156\ (м^3/ч).$$

По пыли. Соотношение между количеством выделяемой пыли и объемом операторской (500мГ и 44$м^3$) дает концентрацию 11,36мГ/$м^3$. Соотношение между концентрацией и ПДК (от 2 до 8 мГ/$м^3$ для производственных операторских) показывает, сколько раз воздух в операторской должен смениться в течение часа. Получаем среднюю производительность системы:

$$L_{ПВР}= 100\ (м^3/ч)$$

Затем принимаем наибольшую величину из $L_{ЯТ}$, $L_{ЯХ}$, $L_{ПВР}$ и $L_{СВР}$ за Lсг: Lсг= 240 $м^3$/ч, и определим предельное регулирование в зимний период года $L_X$сг (наибольшая величина из $L_{ЯХ}$, $L_{ПВР}$ и $L_{СВР}$): $L_X$сг= 156 $м^3$/ч.

Потребное количество кондиционируемого воздуха для данного операторской я (Lп) - наибольшая величина из Lсг и LБ, т. е. Lп = 240 $м^3$/ч.

Рассчитаем минимальное количество наружного воздуха на работающих данного операторской Lmin по формуле:

$$Lmin=n\cdot m\cdot Z,$$

где n - число работающих в операторской в наиболее многочисленную смену, чел.;

m - норма воздуха на одного работающего, м3/ч (m=50 $м^3$/ч для операторской с ПК); Z - коэффициент запаса (1,1-1,5).

$$Lmin=2\cdot 50\cdot 1,5 = 150 \text{ (м3/ч)}.$$

Lп > Lmin, следовательно Lп=240 м3/ч является потребной производительностью местной СКВ по воздуху с подачей Lmin=150 м3/ч наружного воздуха и регулированием ее до LXсг= 156 м3/ч в зимний период года.

Рассчитаем число охладителей по формулам:

$$nB = Lп\cdot Кп/Lв;$$

$$nX = QизбТ / Lx,$$

где Lп – необходимое число охладителей для операторской, м3/ч;
Кп – коэффициент потерь воздуха, (для охладителей, установленных в кондиционируемом операторской Кп=1);
Lв и Lx - воздухо- и холодопроизводительность выбранных сочетаний охладителей соответственно $м^3$/ч и Вт;
QизбТ.- избытки явного тепла в операторской, Вт.

Осуществим необходимое число охладителей:

БК-1500: $nB_1 = 240\cdot 1/400 = 0,6$ т.е 1;

$nX_1 = 0,8/1,74 = 0,46$ т.е 1.

БК-2000: $nB_2 = 240\cdot 1/500 = 0,48$ т.е 1;

$nX_2 = 0,8/2,3= 0,35$ т.е 1.

БК-2500: $nB_3 = 240\cdot 1/630 = 0,38$ т.е 1;

$nX_3 = 0,8/2,9 =0,28$ т.е 1.

БК-3000: nB6 = 240·1/800 = 0,3 т.е 1;

nX6 = 0,8/3,48 = 0,23 т.е 1.

Samsung $nB_4 = 240\cdot 1/750 = 0,32$ т.е 1;

$nX_4 = 0,8/3,0 = 0,27$ т.е 1.

К установке принимают наибольшее число для каждого сочетания

охладителей воздуха nУ, найденное по воздухо- и холодопроизводительности с округлением, т. е. nУ >= nХ; nУ>= nВ [16].

Каждый охладитель выполнит поддержку соответствующего микроклимата операторской в соответствии санитарных нормативов.

В результате выбран оптимальный по цене бытовой охладитель воздуха БК-1500.

**Выводы** по разделу «Безопасность жизнедеятельности»:

- мы классифицируя возможные риски и побочные эффекты в комнате управления персонального компьютера. Подробности параметров эффектов, связанных с опасностью: характер электромагнитного излучения, высокого напряжения, оператор низкой освещенности с компьютерами, возможные побочные эффекты, психического или эмоционального перенапряжения работника существенных неблагоприятных последствий, ионизации воздуха, температура и влажность может быть уменьшена;

-описание всех требований, предъявляемых к оборудованию с соответствующим режимом работы, которая необходима, чтобы обеспечить комфортные условия работы;

-тщательно описаны методы и средства, необходимые для обеспечения безопасной жизни в комнате управления персонального компьютера;

-выполнение расчетов с конструктивными решениями в области санитарии и гигиены, а также технические стандарты (в расчете системы охлаждения воздуха в комнате управления персонального компьютера.

## 5 Бизнес план

### 5.1 Резюме

В данном дипломном проекте приводится технология LTE с платформой IMS. При выборе той или иной технологии в технико-экономическом обосновании были рассчитаны экономические показатели, также был проведен сравнительный анализ. На основе этого анализа была выбрана наиболее эффективная для использования и внедрения технология.

### 5.2 Анализ услуги

Главной целью данного технико-экономического анализа является проектирования эффективного выбора технологии для осуществления услуг мобильной связи.

Так же, как и проводной широкополосный доступ, который является самым распространенным видом подключения, LTE характеризуется высокой скоростью доступа в интернет — до 380 Мбит/с. Это дает возможность участвовать в online-играх в мобильном режиме, смотреть видеоролики или телепередачи, а также скачивать большие файлы (например, фильмы высокого качества).

### 5.3 Маркетинговый план

В настоящее время индустрия мобильной связи в Казахстане является одной из самых быстро развивающихся отраслей. С каждым годовым объем данных, передаваемых через инфраструктуру телекоммуникации, увеличивается в несколько раз.

Возникают и энергично развиваются новые технологии мобильной связи, стремительно увеличивается информационная часть экономическо активности объектов экономики. Новые технологий влияют на науку, здоровье и интеллектуальный потенциал населения.

Следует отметить, что сохраняющийся рост развития отрасли телекоммуникаций, способствует развитию общества и укреплению государственной безопасности, а также является важным источником стабильного роста экономики всей страны.

По мнению экспертов, спецслужбы пользуются большим спросом. Основными пользователями интеллектуальных услуг будет нести ответственность за крупных предприятий, владельцев малого и среднего бизнеса и туристов, что является зачастую люди из офиса, для которых важно, чтобы всегда принимать звонки. Компании, имеющие несколько филиалов, как и в необходимости интеллектуальных услуг связи. С их помощью клиенты могут, без необходимости запоминать номера всех отраслей, чтобы позвонить по номеру, то они будут выбирать из числа голосового меню филиала, они нуждаются.

### 5.4 Производственный план

В данном проекте будут произведены расчеты по затратам на покупку, доставку, установку, а также развертывание деятельности LTE, производства компании Huawei [17]. Приемлемая стоимость, хорошие технические характеристики, совместимость с оборудованиями других производителей данных технологий были главными характеристиками при выборе именно этих производителей оборудования.

Для сравнения цен и проведения анализа, рассмотрим технологии разных производителей. Данные оборудование не будет нуждаться в дальнейшей модернизации первые два года работы компании.

Таблица 5.1 - Наименование и стоимость необходимого оборудования LTE

| Наименование оборудования | Количество | Цена за еденицу, тыс.тенге | Общая цена, тыс. тенге |
|---|---|---|---|
| LTE (оборудование для базовой станции DBS3900) | 3 | 8200,0 | 24600,0 |
| | | | |
| Антенна (DS-MIMO 16) | 3 | 24,5 | 73,5 |
| | 3 | 84 | 252,0 |
| Персональный компьютер | 5 | 101,5 | 507,5 |
| Кабель (10м. для антенн) | 3 | 7,0 | 21,0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Оптический кросс | 5 | 21,0 | 105,0 |
| Оборудование для центрального пульта слежения | 1 | 690,0 | 690,0 |
| Роутер(Dlink Dir-319) | 3 | 24,1 | 72,3 |
| Итого: | - | - | 26321,5 |

### 5.5 Финансовый план

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

Целью этого развития является получение максимальной прибыли при минимальных затратах и хорошее качество услуг, с учетом разумных цен для пользователей. Затем показывают расчеты, показывающие экономическую эффективность, затраты на внедрение и восстановление.

#### 5.5.1 Капитальные затраты

Формула для капитальных затрат (5.1) [18]:

$$К = Ц + Ктр + Кмон + РС , \quad (5.1)$$

где Ц – капитальные вложения на покупку оборудования (стационарных, линейных и др.);

Ктр– стоимость транспортировки к месту эксплуатации; Кмон– стоимость установки прибора на месте;

РС– стоимость рабочих станций;

Стоимость оборудования и их комплектующих для LTE указаны в таблице 5.1

$$Ц = 26321,5 \text{ тыс.тг.}$$

Стоимость транспортировки к месту эксплуатации Ктр равна 2% от цены всей системы:

$$К\ тр = Ц \cdot 0,02 = 26321,5 \cdot 0,02 = 526,43 \text{ тыс.тг.}$$

Цена монтажа платформы на месте равна 5% от цены системы:

$$К = Ц \cdot 0,05 = 26321,5 \cdot 0,05 = 1316,1 \text{ мон тыс.тг.}$$

Стоимость рабочих станций (РС) [18] – включает стоимость системы управления и рабочих мест операторов. Предусмотрено шесть рабочих мест: место программиста, место управляющего, место инженера БС, место

системы управления, место оператора, место бухгалтера которые включают в себя наименования, приведенные в таблице 5.3.

Стоимостями Кпл и Кзап не значительны и ими можно принебречь

Таблица 5.3 –Затраты на организацию рабочего места

| Наименование | Цена, тыс. тг. | Кол-во | Стоимость, тыс. тг |
|---|---|---|---|
| Компьютер (системный блок, монитор) | 73 | 5 | 365 |
| Лазерный принтер | 30 | 1 | 30 |
| Компьютерный стол | 13 | 5 | 65 |
| Стул | 2,5 | 5 | 12,5 |
| Шкаф | 9 | 3 | 27 |
| Стул на колесиках | 8 | 5 | 40 |
| Телефонный аппарат | 9 | 5 | 45 |
| Стол офисный | 21 | 2 | 42 |
| Итого: | | | 626,5 |

Таблица 5.4 – Капитальные затраты

| Наименование затрат | | Стоимость для LTE, тыс. тг |
|---|---|---|
| Стоимость оборудования, (Ц) | | 26321,5 |
| Стоимость перевозки к месту эксплуатации, (Ктр) | | 526,43 |
| Стоимость монтажа платформы на месте, (Кмон) | | 1316,1 |
| Стоимость рабочих станций, (РС) | | 626,5 |
| Итого: | | 28790,53 |

В таблице 5.4 указаны затраты, которые являются в составной частью капитальных затраты.

Отсюда капитальные затраты равны:28790,53 тыс. тг.

### 5.5.2 Расчет годовых эксплуатационных расходов

Формула эксплуатационных расходов [18]:

$$ЭЭ = ФОТ + Сн + М + Эл + А + Н, \quad (5.2)$$

где ФОТ – фонд оплаты (основная и дополнительная заработная плата);

Сн – социальный налог (11 % от ФОТ);

М – материальные затраты и запасные части. (Расходы на

запасные части и текущий ремонт составляют 0,5% от капитальных вложений);

Эл – электричество для производственных нужд;

А – амортизационные отчисления;

Н – накладные расходы (косвенные расходы, также сюда входят неучтённые расходы: транспортные расходы, хозяйственные, административно-управленческие, затраты за обучение кадров). Примем составляет 30 % от себестоимости.

Для расчета заработной платы приведем среднемесячные доходы обслуживающего персонала, которые укажем в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Заработная плата обслуживающего персонала

| Наименование | Заработная оплата (Тенге) | Число рабочих |
|---|---|---|
| Инженер БС | 110000 | 2 |
| Программист | 90000 | 2 |
| Дежурный оператор | 58000 | 2 |

Основная заработная плата за один год составит:

$$ФОТосн = 12\cdot(110000+110000+90000+90000+ 2\cdot58000) = 6192.0 \text{ тыс.тг.} \quad (5.3)$$

В годовой фонд заработной платы входит дополнительная заработная плата которая составляет 30% от основной заработной платы [18]. ФОТдоп = ФОТосн ·0,3 = 6192,0·0,3 =1857,6 тыс.тг. (5.4) Заработная плата вычисляется путем сложения основной и дополнительной заработной платы:

$$ФОТ = ФОТосн + ФОТдоп , \quad (5.5)$$

$$ФОТ = 6192.0 + 1857.6 = 8049,6 \text{ тыс.тг.}$$

Отчисления в пенсионный фонд равны 10% от общей заработной платы:

$$Сн = ФОТ \cdot 0,1 = 8049.6\cdot0,1 = 804,96 \text{ тыс.тг.}$$

Социальный налог с учетом отчислений в пенсионный фонд составляет 11% от общей заработной платы:

$$Сн = ФОТ \cdot 0,9\cdot0.11 = 8049.6\cdot0,9\times0,11 = 796,910 \text{ тыс.тг.} \quad (5.6)$$

Амортизационные отчисления на компьютеры равны 40% от стоимости оборудования:

$$А = Ц \cdot 0,4 = 507 \cdot 0,4 = 202,8 \text{ тыс.тг.} \quad (5.7)$$

Амортизация на оборудование и машины составляет 25% от стоимости оборудования:

$$А = Ц \cdot 0,25 = 26321,5 \cdot 0,25 = 6580,3 \text{ тыс.тг.}$$

Амортизация стационарные и на мебель объекты составляет 15% от стоимости оборудования [19]:

$$А = Ц \cdot 0,15 = 180 \cdot 0,15 = 27,0 \text{ тыс.тг.}$$

Итого амортизация составляет:

$$А = 202,8 + 6580,3 + 27 = 6810,1 \text{ тыс. тг.}$$

Стоимость прочих расходов равна 30% от годового фонда заработной платы:

$$Н = ФОТ \cdot 0,3 = 8049,6 \cdot 0,3 = 2414,88 \text{ тыс.тг.} \quad (5.8)$$

Затраты на электроэнергию рассчитаем по следующей формуле:

$$Э_{эл} = W \cdot T \cdot S, \quad (5.9)$$

где W используемая мощность станций, W = 25 кВт;

T – количество часов работы оборудования в год, 8810;

S – тариф на киловатт-часа электроэнергии, S =24,30 тг/кВт час. Отсюда:

$Э_{эл} = 25 \cdot 8810 \cdot 24.30 = 5352,07$ тыс.тг.

Таким образом в сумме эксплуатационные расходы составят:

$$\Sigma Э = 8049,6 + 796,910 + 6810,1 + 132,5 + 5352,07 + 2414,88 = 23556,06 \text{ тыс.тг.}$$

Таблица 5.6 – Эксплуатационные расходы для технологий

| Параметр | LTE (тыс.тг.) |
|---|---|

| | |
|---|---|
| Основная заработная плата | 6192,0 |
| Дополнительная заработная плата | 1857,6 |
| ФОТ: | 8049,6 |
| Пенсионный фонд (10%) | 804,96 |
| Социальный налог (11%) | 796,910 |
| Амортизационные отчисления: | 6810,1 |
| на офисную технику и компьютеры 40 на оборудование, машины 25% | 202,8<br>6580,3 |
| на мебель 15% | 27,0 |
| Материальные затраты | 132,5 |
| Электричество | 5352,07 |
| Накладные расходы | 2414,88 |
| Эксплуатационные расходы | 23556,06 |

### 5.5.3 Расчет доходов от реализации услуг

Существующих абонентов разделим на следующие сегменты:

Три группы пользователей являются потребителями интеллектуальных услуг – это индивидуальные предприниматели физические и юридические лица.

Общая сумма абонентской платы определяется как размер абонентской платы в месяц и произведение количества абонентов. Эта сумма указана в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Распределение ёмкости по категориям потребителей

| - | Кол-во абонентов | Доля в % | Абонентская плата в месяц, тг. | Сумма, тыс. тг. |
|---|---|---|---|---|
| Физические лица | 999 | 66 | 999 | 999 |
| Юридические лица | 499 | 33 | 4990 | 2495 |
| Всего: | 1498 | 100 | | 3494 |

Доходы по тарифам определяются на основании количества номеров в каждой абонентской группе и абонентской платы:

$$Дгод = \sum( ti \cdot Ni), \qquad (5.10)$$

Тарифные доходы, получаемые от абонентской платы физических лиц составляют:

$$Дфиз = 12 \cdot 999 = 11988 \text{ тыс. тенге.}$$

Тарифные доходы, получаемые от абонентской платы юридических

лиц составляют:

$$Дюр = 12 \cdot 2495 = 29940 \text{ тыс. тенге.}$$

Доходы от всех категорий абонентов:

$$Дгод = Дфиз + Дюр = 11988 + 29940 = 41928 \text{ тыс. тенге.}$$

### 5.5.4 Расчет экономической эффективности

Расчёт чистой прибыли и прибыли от реализации услуг:

Прибыль от реализации услуг связи вычисляется как разница годовыми эксплуатационными расходами и между доходами. В абсолютном выражении прибыль зависит от деятельности предприятия. Формула для определения прибыли:

$$Пр = Дгод – Σэ, \quad (5.11)$$

$$ПР = 41928 – 23556,06 = 18371,94 \text{ тыс. тг.}$$

Также уплаты в бюджет налога на прибыль, чистая прибыль остается в распоряжении предприятия. На данный момент налог на прибыль составляет 20%.

Формула для вычисления чистой прибыли, Пч:

$$Пч = Пр – (Пр \times 0,20) \quad (5.12)$$

$$Пч = 18371,94 – (18371,94 \times 0,2) = 14697,552 \text{ тыс. тг.}$$

### 5.5.5 Расчёт срока окупаемости капитальных вложений

Коэффициент экономической эффективности рассчитываем по формуле:

$$Е = Пч / ΣК$$

$$Е = 14697,552/23556,06 = 0,62$$

Таблица 5.8 – Сводная таблица экономической эффективности проекта для LTE

| Статьи затрат | Сумма (тыс.тг.) LTE |
|---|---|
| Объем капиталовложений | 28790,53 |
| Эксплуатационные расходы | 23556,06 |
| Доходы от реализации | 41928 |

| | |
|---|---|
| Прибыль чистая | 14697,552 |
| Срок окупаемости | 3,7 года |

### 5.5.6 Метод расчета абсолютной величины чистого дохода NPV

Определим капитальные вложения методом расчета абсолютной величины чистого дохода NPV.

Фактор PV - это коэффициент дисконтирования, или принести норму, чтобы определить, кто должен учитывать инфляционные изменения в покупательной способности валюты в течение периода времени, необходимо обеспечить минимальный гарантированный тариф риск и доходность инвестора.

Общая накопительная величина дисконтированных доходов рассчитывается по формуле:

$$PV = \frac{\text{ЧП}}{(1+r)^{n}}, \tag{5.13}$$

где: r – ставка дисконты; n – год

1 год $PV = \frac{14697,552}{(1+0.15)^1} = 13595,24$ тг;

2 год : $PV = \frac{14697,552}{(1+0.15)^2} = 12595,80$ тг;

3 год $PV = \frac{14697,552}{(1+0.15)^3} = 11869,27$ тг;

Тогда чистая приведенная стоимость проекта будет рассчитываться по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} PV - K_{\text{в.л}}, \tag{5.14}$$

где $NPV$ – чистая приведенная стоимость, тенге;
$PV$ – текущая стоимость доходов, тенге;
E – ставка дисконтирования;
$K_{\text{в.л}}$ – капитальные вложения, тенге.

$$NPV = (13595,24 + 12595,80 + 11869,27) - 28790,53 = 9269,78 \text{ тг.}$$

NPV меньше нуля, следовательно, доходы от инвестиции недостаточно высоки, чтобы компенсировать риск, присущий данному проекту.

Определим индекс рентабельности проекта – отношение суммарного

дисконтированного дохода к суммарным дисконтированным затратам, вычисляется по формуле

$$PI = \sum_{t=1}^{n} PV / K_{вл}, \quad (5.15)$$

$$\text{Для LTE: } PI = \frac{(13595{,}24 + 12595{,}80 + 11869{,}27)}{28790{,}53} = 1{,}32$$

PI > 1,0 – инвестиции

Определим дисконтированный период окупаемости DPP по формуле:

$$DPP = t + \frac{K_{вл} - (П1 + П2 + \cdots + Пn - 1)}{Пn}, \quad (5.16)$$

где – год, за который капитальные вложения окупятся;

$K_{вл}$ – капитальные вложения;

П – прибыль по годам.

В нашем случае, вместо значений прибыли возьмем значение чистой прибыли с учетом дисконтирования. Учитывая, что по результатам вычисления без учета дисконтирования, проект окупится за 5.5 года, возьмем t=6

$$\text{Для } LTE: DPP = 3 + \frac{28790{,}53 - (13595{,}24 + 12595{,}80 + 11869{,}27)}{11869{,}27} = 3.7 \text{ лет}$$

то есть, с учетом дисконтирования, срок окупаемости увеличится до 3.7 лет.

## 5.6 Вывод по разделу

В данном разделе был проведен анализ технологий LTE с технико-экономической точки зрения. Данная технология будет внедряться для построения мобильного широкополосного доступа. В связи с этим а срок окупаемости вложении равна 3,7 для LTE.

Предлагаю использовать технологию мобильной передачи данных LTE для построения сети, так как сделанные мной расчеты показали, что данная технология является наиболее перспективной и эффективной.

**Заключение**

В прошлом году значимый рост доли в IMS среди операторов, несмотря на неоднозначное отношение к этой технологии наблюдается. Некоторые операторы сетей проводной и радиосвязи уже начали расширение IMS и создание квалифицированных зон, их значительную установку планов числа решений IMS.

Тем не менее, остается неясным, будет ли технология IMS в том, что на уровне доступа будет постепенно стирает границы между проволокой и радио, фиксированных и мобильных сетей для предоставления контента для различных типов терминалов комбинации различных технологий и протоколы для использования. инфраструктурных решений профсоюзные сети и

поставщики офисов должны разработать скоординированный настоящую единую архитектуру услуг IMS, поддерживая полный спектр услуг SIP, поскольку они не предназначены ограничиваться формированием "экосистема" вокруг сделают свои выводы. Если производители не ищут поддержки стандартов, использование патентов так интерфейсов, IMS является рекламный слоган. В то же время, как IMS - достижение высокого уровня интеграции для его реализации потребует стандартизации. Ведущие производители будут вынуждены подчиняться требованиям рынка и обеспечить, чтобы решения совместимы с продуктами большинства конкурентов в той же категории.

## Перечень сокращений

АС – абонентская станция
БРБ - базовый радио блок
БС – базовая станция
ГТС – городская телефонная сеть
ИВ – Интернет вещей
ШБД - широкополосный беспроводный доступ
BPSK - двоичная фазовая модуляция
BSC – контроллер базовой станции
BWA - широкополосный беспроводный доступ

CDMA – кодовое разделение каналов
DL – нисходящая линия
DSSS - метод прямого расширения спектра
E-UTRA - универсальная система наземного радиодоступа
ETSI - Европейский институт стандартов по телекоммуникациям
FDMA - частотное разделение каналов
OFDMA - множественный доступ с ортогональным частотным мультиплексированием
OFDM - ортогональное частотное мультиплексирование
IMS - мультимедийная IP-подсистема
IEEE - Институтом инженеров по электротехнике и электронике
HSS – сервер абонентских данных
LOS – прямая видимость
LTE новый стандарт 4-го поколения мобильной связи
MIMO - многоэлементная приёмно-передающая адаптивная антенная решётка
PCRF – элемент сети сотовой связи стандарта LTE
PDN – сеть передачи данных других операторов
TDD – режим временного дуплекса
TDMA - временное разделение каналов
QAM – квадратурная амплитудная модуляция
QoS - качества обслуживания
QPSK – квадратурная фазовая модуляция
FDMA - частотное разделение каналов
S-GW – обслуживающий гейтвей сети LTE
Wi-Fi – привязанность к беспроводному
Wireless Access - беспроводный доступ
WiMAX – беспроводный стандарт
WLL – фиксированный беспроводный доступ
WLAN - беспроводные локальные сети
UE – пользовательский терминал
UL – восходящая линия

## Список литературы

1 Бакланов, И.Г. NGN: принципы построения и организации / И.Г. Бакланов; под ред. Ю.Н. Чернышова. – М.: Эко-Трендз, 2008.

2 http://www.json.ru

3 Proceedings of M2M World Congress // M2M World Congress-2012, London, 2012.

4 Akyildiz, I. F., Jornet, J. M. The Internet of Nano-Things. IEEE Wireless Communications. December 2010, V. 17, № 6.

5 «The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS): Merging the Internet and the Cellular Worlds» by Gonzalo Camarillo, Miguel-Angel García-Martín (John Wiley & Sons, 2006, ISBN 0-470-01818-6).

6 3GPP TR 36.913 V8.0.0. Requirements for Further Advancements for E-UTRA (LTE-Advanced), Release 8. – 3GPP, 06.2008.

7. Сети связи пост NGN. Б. С. Гольдштейн, А. Е. Кучерявый. — СПб.: БХВ Петербург, 2014. —160 с.

8. Гольдштейн, Б.С. Протокол SIP / Б.С. Гольдштейн, А.А. Зарубин, В.В.Саморезов; Серия «Телекоммуникационные протоколы».– СПб.: БХВ – СПб, 2005.

9. Сети связи пост NGN. Б. С. Гольдштейн, А. Е. Кучерявый. — СПб.: БХВ Петербург, 2014. —160 с.

10. Гольдштейн, Б.С. Протокол SIP / Б.С. Гольдштейн, А.А. Зарубин, В.В.Саморезов; Серия «Телекоммуникационные протоколы». – СПб. : БХВ – СПб, 2005.

11 Cobo-Rus, L. C., Akyildiz, I. F. Bacteria-based Communication on Nanonetworks. Nano Communication Networks, v. 1, № 4, December 2010.

12 Akyildiz, I. F., Jornet, J. M. The Internet of Nano-Things. IEEE Wireless Communications. December 2010, V. 17, № 6.

13 Jornet, J. M., Akyildiz, I. F. Graphene-based Nano-Antennas for Electromagnetic Nanocommunications. 4th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP). Proceedings, April, 2010.

14 СНиП 2.01.01 – 82. Строительная климатология. – М.: Издательство стандартов, 1985. -112с.

15 СНиП 2.01.01 – 82. Строительная климатология. – М.: Издательство стандартов, 1985. -112с.

16 Баклашов Н. И., Китаев Н. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды. Учебник. – М.: Радио и связь, 1998. – 282 с.

17 Описание оборудования. Интернет страница НПЦ «Дэйтлайн»: http://www.dateline.ru/oborudovanie/.

18 Аманжолова К. Б., Алибаева С. А. Экономика предприятий телекоммуникаций: Учебное пособие. - Алматы: АИЭС, 2003.

19 Описание оборудования. Интернет страница НПЦ «Дэйтлайн»: http://www.dateline.ru/oborudovanie/.

20 Атцик А. А., Гольдштейн А. Б., Гольдштейн Б. С. «Расчет и проектирование сетевого оборудования NGN/IMS: учебное пособие для курсового проектирования» ГОУВПО СПбГУТ, 2011.

21 «The IMS: IP Multimedia Concepts and Services» by MiikkaPoikselka, Aki Niemi, HishamKhartabil, Georg Mayer (John Wiley & Sons, 2006, ISBN 0-470-01906-9).

22 3GPP TS 23.279. Combining Cirquit Switched and IP Multimedia SubSystem. Техническая спецификация. 2005.