

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН**

**Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ
ИМЕНИ ГУМАРБЕКА ДАУКЕЕВА»**

Кафедра Телекоммуникационных сетей и систем

«Допущен к защите»

Зав.кафедрой Темырканова Э.К., доктор PhD, доц.

(Ф.И.О., ученая степень,
звание)

_____ «____» _____ 2020 г.

(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Модернизация действующей широкополосной радиосистемы WiMax на базе
производителя «Alvarion»

Специальность 5B071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Выполнила Сейдаханова А.Е.

Группа РЭТ-16-3

Научный руководитель Семенякин Н.В, Ph.D. доц.

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

Консультанты по технической части:

Артюхин В.В, доц.

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

_____ «____» _____ 2020 г.
(подпись)

по экономической части:

Ибришев Н.Н., д.э.н., профессор

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

_____ «____» _____ 2020 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Бекбасаров Ш.Ш., д.т.н

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

_____ «____» _____ 2020 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:

Семенякин Н.В, Ph.D. доц.

Нормконтролер:

Гармашова Ю.М., доц.

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

_____ «____» _____ 2020 г.
(подпись)

Рецензент:

Маркосян М.В., д.т.н

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

_____ «____» _____ 2020 г.
(подпись)

Алматы 2020 г.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН**

**Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ
ИМЕНИ ГУМАРБЕКА ДАУКЕЕВА»**

Институт Космической инженерии и телекоммуникаций (ИКИТК)

Кафедра Телекоммуникационных сетей и систем
Специальность
5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникаций

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студенту	<u>Сейдаханова Айбаршын Ерболкызы</u>
Тема проекта	<u>Модернизация действующей широкополосной радиосистемы WiMax на базе производителя «Alvarion»</u>

Утверждена приказом ректора № 147 от «11» 11 2019 г.

Срок сдачи законченного проекта «25» мая 2020 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта: Технология WiMax, пакет прикладных программ «Технический расчет» оборудования Agilent / HP E4446A - Spectrum Analyzer 3Hz to 44 GHz
Технические данные антенны. Компилятор Python 3.81.

Перечень вопросов, подлежащих разработке в дипломном проекте, или краткое содержание дипломного проекта:

Обзор характеристик и структуры технологии WiMax.

Анализ архитектуры и модели сети основанной на этой технологии.

Обзор существующих технологий сотовых связи.

Анализ пропускной способности и зоны покрытия для существующей сети.

Аналогичный расчет пропускной способности и зоны покрытия при модернизации сети.

Безопасность жизнедеятельности.

Бизнес план.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): назначение опорных точек БМ сети WiMax. Зависимость допустимой нагрузки в секторе от числа каналов трафика и вероятности сбоя. Схема расположения базовых станций. Суммарные требования к сети в определенных случаях. Промер базовых станций.

Основная рекомендуемая литература:

1. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи- М.: Техносфера, 2006г
2. Вишневский В., Портной С., Шахнович И. Энциклопедия Wi-Max. Путь к 4G, М 2009
3. Шахнович И. Архитектура сети WiMAX: основные элементы и принципы. – Первая миля, 2009, №1.
4. Э. Таненбаум. Компьютерные сети 4-е издание. СПб Питер, 2003.
5. Варукина Л. Упражнение по планированию радиосетей LTE, а также о технических предпосылках объединения операторов [Электронный ресурс] // Мобильный форум. URL: http://www.mforum.ru/arc/20110520_LTE_RNP_Varukina_180511.pdf

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов проекта

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Техническая часть	Артюхин В.В.	25.05.2020 г.	
Экономическая часть	Ибришев Н.Н	25.05.2020 г.	
Безопасность жизнедеятельности	Бекбасаров Ш. Ш	25.05.2020 г.	
Применение вычислительной техники	Семенякин Н.В.	25.05.2020 г.	
Нормоконтроль	Гармашова Ю.М.	08-10.06.2020 г.	

График
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1	Анализ и обзор технологий WiMax	13.01.-01.02.2020 г.	
2	Анализ пропускной способности и количество каналов	02.02.-21.02. 2020 г.	
3	Анализ количества абонентов для существующей сети	22.02.-03.03.2020 г.	
4	Расчет зоны покрытия	04.03.-20.03.2020 г.	
5	Расчет количество абонентов для модернизированной сети	21.03.-05.04.2020 г.	
6	Расчеты зоны покрытия для модернизированной сети	06.04.-10.04.2020 г.	
7	Написание программы на параметры антенн	01.02.-30.02.2020 г.	
8	Бизнес план	11.04.-23.04.2020 г.	
9	Безопасность жизнедеятельности	24.04.-25.05.2020 г.	

Дата выдачи задания

«29» сентября 2019 г.

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Темырканова Э.К.)

(Ф.И.О.)

Научный руководитель
проекта

(подпись)

(Семенякин Н.В.)

(Ф.И.О.)

Задание принял к
исполнению студент

(подпись)

(Сейдаханова А.Е.)

(Ф.И.О.)

Аңдатпа

Дипломдық жоба, WiMax технологиясын қолдану арқылы Алматыдағы бар желіні жаңғырту. Жаңалаңған желі көбірек абоненттер санын қамтиды және жоғарғы жылдамдықты интернетпен қамтамасыз етеді.

Дипломдық жұмыста осы технология желісінің сипаттамалары мен архитектурасы қарастырылған. Екі желіні салыстыру және талдау үшін есептеулер жасалды. Әр түрлі модуляцияларда антенна параметрлерін анықтайтын код жазылған. Өмір тіршілік қауіпсіздік шаралары сиппаталған . Капиталдық және пайдалану шығындары үшін есептеулер жүргізілді.

Аннотация

Дипломный проект посвящен модернизации существующей сети основанной на технологии WiMax в городе Алматы. Новая сеть обеспечит связью большее количество абонентов, и предоставит высокоскоростной доступ в интернет. В дипломной работе рассмотрены характеристики и архитектура сети данной технологии.

Сделаны расчеты для сравнения и анализа двух сетей. Написан код, который определяет параметры антенны, при разных модуляциях.

Описаны меры безопасности жизнедеятельности при нахождении в офисе. Добавочно произведены расчеты для капитальных и эксплуатационных затрат.

Abstract

Diploma project dedicated to the modernization of using network, which will provide more customers with high-speed internet access in the city Almaty. The thesis describes the characteristics and architecture of the network of this technology.

Calculations are made to compare and analyze the two networks. The code that defines the parameters of the antenna is written for different modulations.

Содержание

Введение.....	7
1 Аналитический раздел.....	8
1.1 Общие сведения о технологии WiMax.....	8
1.2 Принцип работы WiMAX.....	9
1.3 Стандарт IEEE.802.16 стек протоколов.....	11
1.4 Стандарт 802.16: физический уровень.....	12
1.5 Услуги WiMAX.....	14
1.6 Архитектура сетей WiMax и основные принципы архитектуры сети WiMax.....	15
1.7 Mesh-сети.....	18
1.8 Технология MIMO.....	20
1.9 Обзор существующих технологий сотовой связи.....	21
2 Технический раздел.....	24
2.1 Задачи проекта.....	24
2.2 Анализ пропускной способности и количество каналов.....	26
2.3 Анализ количества абонентов для существующей сети.....	28
2.4 Расчет зоны покрытия.....	29
2.5 Расчет количество абонентов для модернизированной сети.....	33
2.6 Расчеты зоны покрытия для модернизированной сети.....	35
3 Раздел охраны труда.....	37
3.1 Расчет естественного освещения. Расчет площади и световых проемов.....	37
3.2 Расчет суммарного освещения.....	40
3.3 Расчет освещенности точечным методом.....	40
3.4 Расчет искусственного освещения.....	43
4 Бизнес план.....	45
4.1 Обоснование выбора и состава оборудования.....	45
4.2 Финансовый план.....	48
4.3 Расчет доходов.....	52
Заключение.....	56
Список литературы.....	57
Приложение А Листинг программы на python 3.8.1.....	59
Приложение Б Справка антиплагиата	
Приложение В Электронная версия ДП и демонстрационные материалы (CD-R)	
Приложение Г Раздаточные материалы (формат А4 – листов)	

Введение

WiMax – это технология связи, спроектированная для обеспечения многосторонней беспроводной связи на дальних расстояниях. Реализована на стандарте IEEE-802.16, иными словами Wireless MAN. Эту технологию можно рассматривать при ряде случаев: обеспечении беспроводного широкополосного доступа как вариант с выделенными линиями aDSL; создания точек доступа, не привязанных к местоположению и т.д. WiMax технология обеспечивает доступ в интернет на высоких скоростях, с значительно выше покрытием, чем у Wi-Fi сетей. Это разрешает применять стандарт в образе «магистральных каналов», где продолжением является ADSL и выделенные линии, а также локальные сети. В результате этого подхода можно расширять высокоскоростную сеть в пределах города.

Набор привилегии свойственен всем версиям WiMax, но его типы достаточно отличаются друг от друга. 802.16d (фиксированный) спецификация была признана в 2004 году. Поддерживает постоянный доступ при отсутствии прямой видимости. Абонентские устройства могут быть фиксированные модемы для размещения внутри и вне апартаментов. В общем использовании в подавляющей части странах является частоты диапазона 3-5 ГГц.

802.16a-это один из видов технологии фиксированного доступа. Эта версия имеет спектральные функции такие как: handover, роуминг, режим ожидания. Частотные диапазоны для Mobile WiMax: 2,3-2,5; 2,5-2,7; 3,4-3,8 ГГц. У нас в стране реализован проект FlyNet с помощью этой технологии.

На сегодняшний день эта технология широко используется среди казахстанских телекоммуникационных компаниях. Целью данной дипломной работы является исследование и анализ существующей сети в Алматы на базе оборудования «alvarion», и модернизация его составляющих элементов. Для этого необходимо выполнить:

- анализ технологий IEEE-802.16 применяемых для обеспечения связью;
- ознакомиться с архитектурой WiMax;
- сделать расчет QoS и зоны покрытия для существующей сети;
- рассчитать QoS и зону покрытия модернизированной сети;
- написать код для расчетов параметров базовых станции на Python;
- устранить проблемы связанные с условиями труда;
- расчет экономической составляющей реализации данного проекта, отражающей финансовые затраты.

1 Аналитический раздел

1.1 Общие сведения о технологии WiMax

WiMax-это специфичный тип беспроводной связи обеспечивающий, зону покрытия на большом расстоянии (десятки и сотни километров), и с высокой пропускной способностью. Передача данных происходит одновременно за счет дуплексного разнесения частот. В основном эта технология используется для:

- создания провайдерами высокоскоростных и беспроводных магистралей;
- каналов «последней мили» и других подобных задач;
- для передачи информации в частных сетях по беспроводным мостам между разными секциями;

Внизу приведен пример использования WiMax технологии в виде рисунка 1.1.

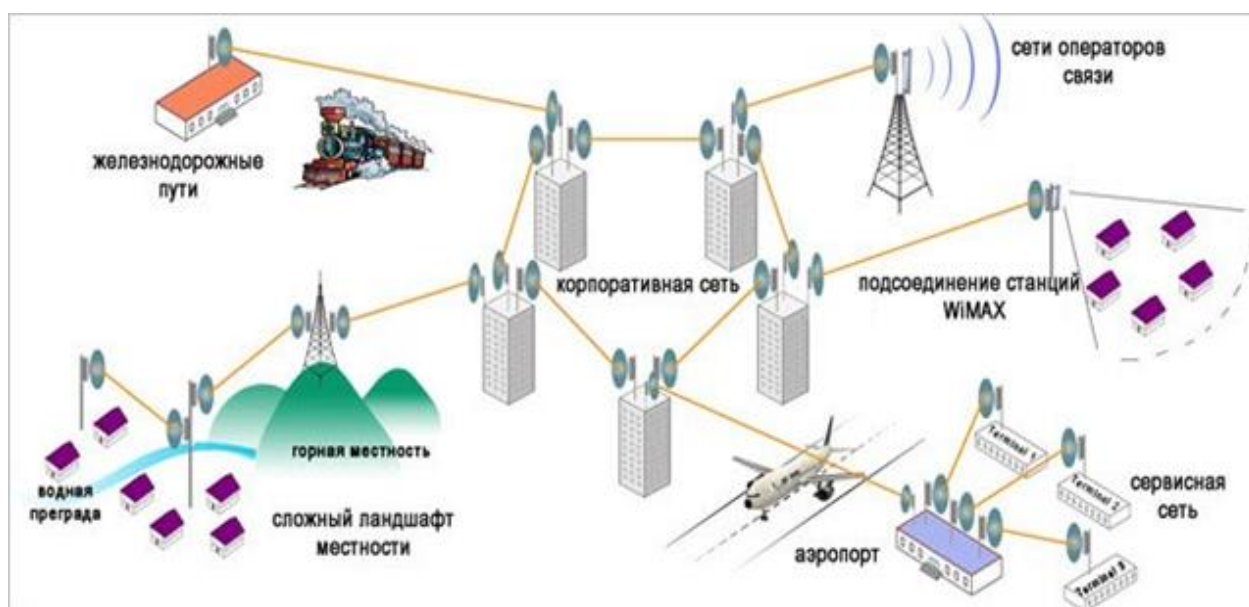


Рисунок 1.1 - Пример использования технологии WiMax

Помимо высокой производительности высокая цена оправдывает и долгосрочность: большинство моделей ведущих вендоров рассчитаны на несколько десятилетий службы(20-30) лет, в том числе в суровых климатических условиях.

Преимущества:

- возможность предоставления связи в местностях с географическими сложностями(горы, болото, ущелья, леса), где прокладка опто-волоконного кабеля не может предусматриваться или экономически затратно;
- быстрота установления и возведения. Для запуска необходимо установить станции в начальных, конечных и возможно промежуточных точках;

- низкая себестоимость беспроводной трассы.

Недостатки:

- по сравнению с оптоволокном в беспроводных сетях связи и в том числе;

WiMax невозможно достичь такой высокой скорости 100 Гбит/с.

- есть вероятность снижения качества передачи данных при определенных погодных условиях. Чем выше используется диапазон частот, тем больше затухание в атмосфере. Внизу приведен рисунок 1.2 график зависимости частот и затухание при определенных осадка;

- низкая скорость по сравнению с технологиями 5G [1].

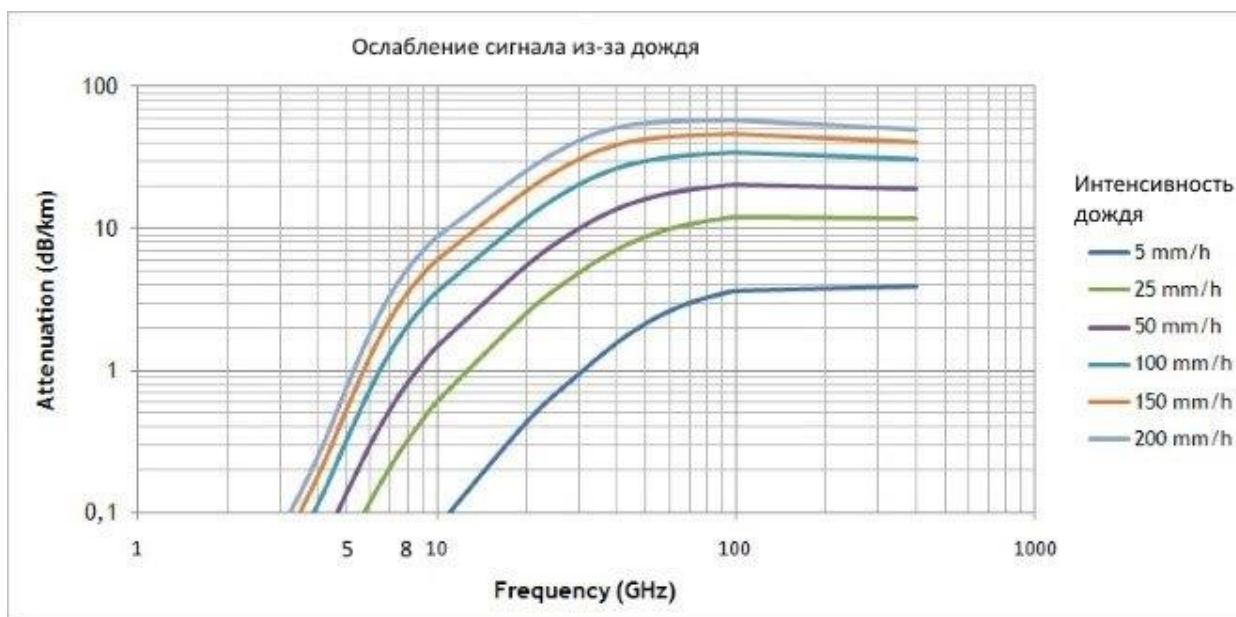


Рисунок 1.2 - График зависимости затухания от интенсивности дождя

1.2 Принцип работы WIMAX

Система WiMAX состоит из двух главных частей:

а) базовая станция, размещается на высотном объекте: строении либо вышке;

б) приёмник: антенна с приёмником, PC Card, карты расширения ПК либо внешней карты.

Подключение базовой станции и приемника происходит в диапазоне от 2-11 ГГц. В безупречных условиях данное соединение может передавать на скоростях до 500 Мбит/с. Режим работы базовой станции имеет сходимость со стандартом IEEE 802.11. Приведен пример в виде рисунка 1.3.

Между соседними базовыми станциями устанавливается соединение с использованием режима СВЧ (сверхвысокие частоты 10-66 ГГц) радиосвязи прямой видимости (line-of-sight). Данное соединение в совершенных условиях позволяет передавать данные со скоростью до 120 Мбит/с. Ограничение по положению прямой видимости, конечно, не является плюсом, впрочем оно

накладывается лишь на базовые станции, участвующие в цельном покрытии района, что совершенно допустимо реализовать при подходящем положении оборудования.



Рисунок 1.3 - Станции и приемники

Как минимум, одна из базовых станций может являться непрерывно связана с сетью провайдера через широкополосное скоростное соединение (ТЗ, либо другое, гарантирующее стабильно большую скорость передачи данных). Действительно, чем больше станций имеют доступ к сети провайдера, тем выше быстрота и надёжность передачи данных. Однако даже при небольшом числе точек система способна корректно распределить нагрузку за счёт сотовой топологии (см. рисунок 1.4).

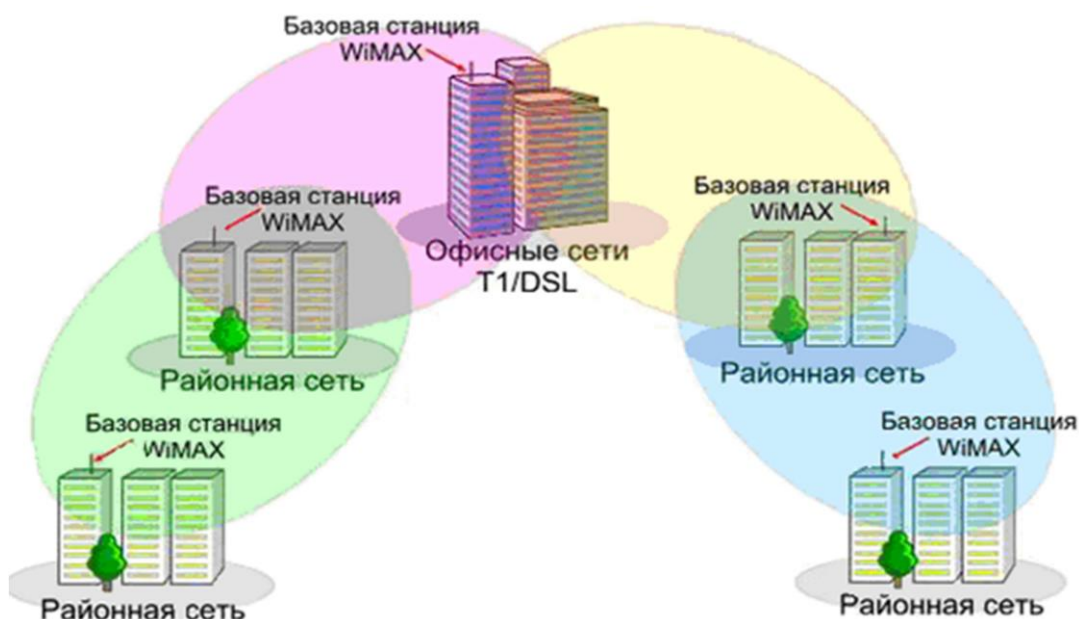


Рисунок 1.4 – Покрытие WiMax

На базе сотового принципа разрабатываются также пути построения оптимальной сети, огибающей крупные объекты (предположим, высокие массивы), если серия последовательных станций передаёт данные по эстафетному закону. Сходные разработки планируется включить в следующую версию стандарта. Ожидается, что эти изменения позволят существенно поднять скорость.

По структуре сети стандарта IEEE 802.16 весьма похожи на традиционные сети мобильной связи: здесь тоже имеются базовые станции, которые влияют в радиусе до 50 км, при этом их также не обязательно устанавливать на вышках - для них совершенно подходят крыши домов, требуется лишь соблюдение положения прямой видимости между станциями [2].

1.3 Стандарт IEEE.802.16 стек протоколов

Протоколы, которые использует стандарт 802.16, приведены на рисунке 1.5 На нижнем уровне происходит физическая передача данных через среду. На нем используется узкополосная система с обычными схемами модуляции сигнала и кодирование данных с помощью алгоритма Рида-Соломона.

Уровень передачи данных состоит из нескольких подуровней. Подуровень защиты информации предназначен для защиты передаваемых данных, путём их шифрования и дешифрования, аутентификация. На этом подуровне производится цифрация, дешифрация данных, а также работает протокол управления ключами доступа.

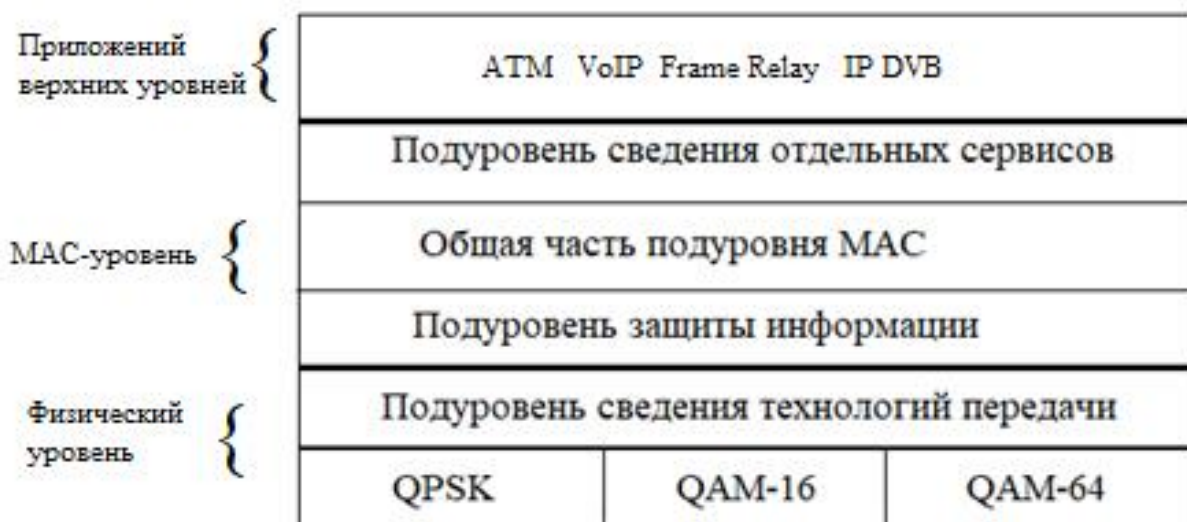


Рисунок 1.5- Стек протоколов

Затем следует подуровень MAC. Именно на этом уровне иерархии располагаются основные протоколы - в частности, протоколы управления каналом, а также выполняет функции с формированием структур и управлением работой системы. Она очень эффективно распределяет

очередность передачи входящего трафика абонентам, немалую роль играет и в управлении исходящим трафиком (от абонента к базовой станции) и выполняет задачу поддержки с верхним уровнем. В подуровне преобразования происходит трансформация потоков данных протоколов верхних уровней и оптимизация потока с учетом особенности приложения верхнего уровня. Ниже приведена рисунок 1.6, где указаны основные отличия между стандартами и их краткие характеристики.

Название стандарта	802.16	802.16a	802.16e
Дата принятия	декабрь 2001	январь 2003	январь 2004
Частотный диапазон	10-66 ГГц	2-11 ГГц	2-6 ГГц
Быстродействие	32-135 Мбит/с для 28МГц-канала	до 75 Мбит/с для 28МГц-канала	до 15 Мбит/с для 5МГц-канала
Модуляция	QPSK, 16QAM, 64QAM	OFDMA, QPSK, 16QAM, 64QAM	OFDMA, QPSK, 16QAM, 64QAM
Ширина канала	20, 25 и 28 МГц	Регулируемая 1,5-20МГц	Регулируемая 1,5-20МГц
Радиус действия	2-5 км	7-10 км макс. радиус 50 км	2-5 км
Условия работы	Прямая видимость	Работа на отражениях	Работа на отражениях

Рисунок 1.6 - Сравнение характеристик технологии WiMax

Технические характеристики 802.16a, работающие на диапазоне частот от 2 до 11 ГГц, предусматривается как расширенный и улучшенный вариант стандарта 802.16.

1.4 Стандарт 802.16: физический уровень

Широкополосным беспроводным сетям необходим широкий частотный диапазон, который можно найти только в спектре от 10 до 66 ГГц. Миллиметровые волны присуща одно свойство, которое отсутствует у более длинных микроволн: миллиметровые волны сами по себе распространяются не во всех направлениях (как например звук), а по прямым линиям (как свет). Из чего следует, что на базовой станции должно быть установлено множество антенн прямой видимости, покрывающих различные секторы обслуживаемой территории как показано на рисунке 1.7. Секторы не зависят друг от друга, в сравнении сотовой связью, в которой сигналы распространяются сразу по всем возможным направлениям.

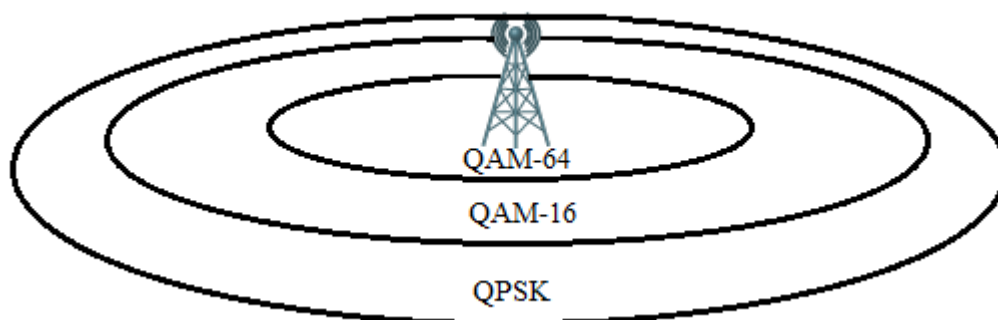


Рисунок 1.7 - Среда передачи данных на физическом уровне

Известно, что мощность сигнала передаваемых миллиметровых волн будет уменьшаться с увеличением расстояния от передатчика (то есть базовой станции), то и соотношение сигнал/шум соответственно будет понижаться. Поэтому стандарт связи 802.16 использует три различные схемы модуляции в зависимости от дальности нахождения абонентской станции [3].

Если абонентская станция расположена недалеко от базовой станции, то применяется QAM-64 (квадратурная модуляция) с шестью битами на отсчет, и если абонентская станция расположена далеко, то работает схема QPSK (фазовая модуляция) с двумя битами на отсчет. На небольшом расстоянии применяется QAM-16 с четырьмя битами на отсчет. Для примера допустим, что при типичной полосе спектра 24 МГц QAM-64 дает скорость 150 Мбит/с, QAM-16 - 100 Мбит/с, а QPSK - 50 Мбит/с. Следовательно, можно сказать, чем дальше находится абонент от базовой станции, тем ниже скорость передачи данных. Стандарт позволяет достичь гибкость распределения полосы пропускания. В стандарте 802.16 применяются две схемы модуляции: FDD (дуплексная связь с частотным разделением) и TDD (дуплексная связь с временным разделением). Дуплексная связь с временным разделением каналов показана на рисунке 1.8. Базовая станция периодически передает кадры, разделенные на временные интервалы. А первая часть временных интервалов отводится под входящий трафик. Затем следует защитный интервал (разделитель), позволяющий станциям переключать режимы приема и передачи, а за ним - интервалы исходящего трафика. Число отводимых тактов может динамически меняться, что в свою очередь позволяет подстроить пропускную способность под трафик каждого из направлений.

Входящий трафик делится на временные интервалы под управлением базовой станцией. Она полностью контролирует направление передачи. Исходящий трафик от абонентов управляется иным образом и зависит от требуемого качества обслуживания. Еще одним свойством физического уровня является его способность упаковывать несколько соседних кадров MAC в одну физическую передачу.



Рисунок 1.8 - Дуплексная связь с временным разделением

Для непрямого исправления ошибок на физическом уровне используется код Хэмминга. Все нынешние технологии просто опираются на контрольные суммы и обнаруживают ошибки с их помощью, запрашивая повторную передачу повреждённых/испорченных фрагментов. Но нужно учитывать, что в широкополосной беспроводной связи на больших расстояниях возникает много ошибок, что их обработкой приходится заниматься физическому уровню, хотя на более высоких уровнях и применяется метод контрольных сумм. Основная задача коррекции ошибок на физическом уровне состоит в том, чтобы заставить канал выглядеть лучше, чем он есть на самом деле [3].

1.5 Услуги WiMAX

Услуги сетей технологии WiMAX предназначены для обслуживания как неподвижных, так и подвижным абонентов. WiMAX поддерживает следующие виды мобильности:

- фиксированный (fixed). В этом случае с оператором согласовывается положение пользователя, в котором он получает обслуживание, например, конкретная сота. Для этого хорошо подходят пользовательские терминалы с закреплённой снаружи здания антенной, направленной на базовую станцию;

- блуждающий (nomadic), т.е. с изменяемым местоположением. Абонент имеет возможность подключиться к сети оператора из любого места, где оператор предоставляет услуги связи. В течение одной сессии абонент должен быть неподвижен, т.е. не должен покидать зоны соты в которой он выходит на связь;

- передвижной (portable). Абонент имеет возможность перемещаться со скоростью до 5 км/ч без потери установленной сессии. Во время handover (т.е. перемещение абонента из соты в соту и поэтапная передача его к другим базовым станциям) допускаются перерывы в передаче данных до 2 с. Так же, следует учесть, что допускаются потери данных во время handover, заданное качество обслуживания, QoS, восстанавливается только после завершения handover;

-ограниченная мобильность (simple mobility). Абонент может перемещаться, в том числе переходить из соты в соту, со скоростью до 60 км/ч без ухудшения качества обслуживания, и до 120 км/ч с допуском постепенным ухудшением качества обслуживания. Для приложений нереального (non-real time) времени (работа с e-mail, с Интернет, просмотр видео с буферизацией данных, передача файлов по FTP, IPsec/VPN) качество обслуживания гарантируется. Время handover не должно превышать 1с при переключении между IP подсетями и 150 мс в пределах одной подсети, время прерывания передачи данных не превышает 150 мс;

- полная мобильность (full mobility). Пользователь может передвигаться, в том числе переходить из соты в соту, со скоростью до 350 км/ч без ухудшения качества обслуживания. Гарантируется качество обслуживания для приложений реального времени (VoIP, видеотелефония, просмотр видео без буферизации) и реального времени. Время handover не превышает 50 мс, время прерывания передачи данных не более 5 мс кадра).

В рассматриваемой сети используется фиксированная мобильность, так как мы устанавливаем базовые станции в определенных местах в городе Алматы.

1.6 Архитектура сетей WiMax и основные принципы архитектуры сети WiMax

Сеть WiMax представляет собой совокупность беспроводного и базового сегментов. Первый описывается в стандарте IEEE 802.16, второй же определяется спецификациями WiMax-форума. Базовый сегмент - это все то что не относится к радиосети, т.е. связь между базовыми станциями и с глобальными сетями (интернет). Спецификации сети WiMax основываются на технологии пакетной коммутации, протоколах IP и Ethernet. Сеть должна быть легко масштабируемой и гибкой к таким параметрам как, к топологии сети, к плотности абонентов, к зоне покрытия сети, а также к мобильности [4].

Базовая модель сети – это логическое представление сетевой архитектуры WiMax (см. рисунок 1.9). При практической реализации одно устройство может включать в себе несколько элементов, или наоборот функция может быть распределена между различными устройствами. БМ включает три основных элемента-множества абонентских станций, совокупность сетей доступа (ASN) и совокупность сетей подключения (CSN). Кроме того, в БМ входят так называемые базовые точки (R1-R8), через которые происходит сопряжение функциональных модулей.

Сеть доступа ASN представляет собой множество базовых станций беспроводного доступа по стандарту IEEE 802.16 и шлюзов для связи с транспортной IP-сетью. ASN включает как минимум один БС и один ASN – шлюз. Сеть доступа ASN представляет собой множество базовых станций беспроводного доступа по стандарту IEEE 802.16 и шлюзов для связи с транспортной IP-сетью к основным функциям CSN относятся:

– доступ абонентов в сеть по радио соединению;

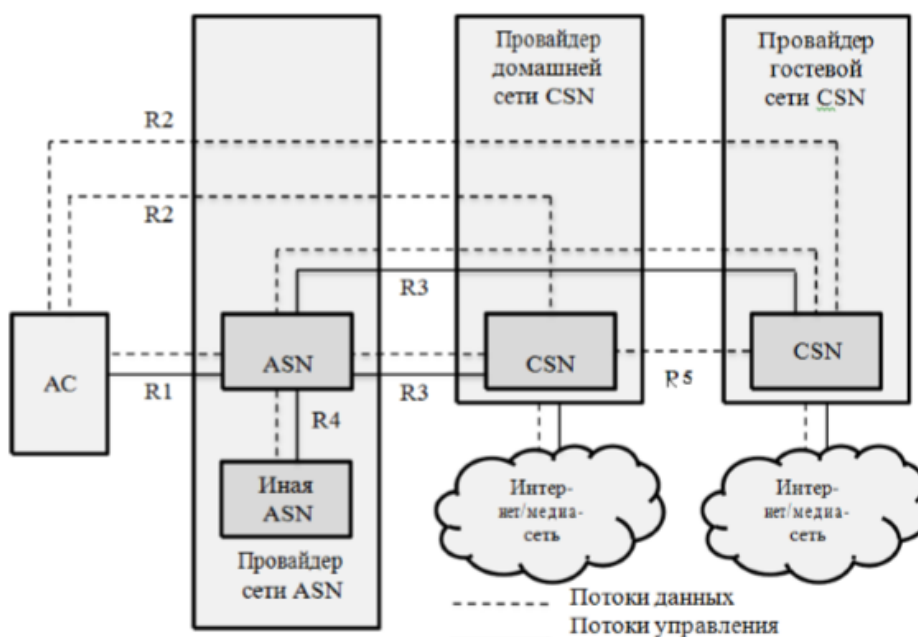


Рисунок 1.9 - Модель сети WiMax

- распределение IP-адресов и параметров между пользователями сети;
- передача AAA сообщений между CSN и абонентским оборудованием для обеспечения функций аутентификации, авторизации и аудита соединений;
- установление сигнальных соединений между и абонентским оборудованием;
- управление радио ресурсами пейджинг, т.е. поиск абонентов в сети при поступлении входящего соединения;
- обеспечение сервисов WIMAX, а именно определение местоположение, предоставление соединений типа "точка-точка", резервирование соединений и т.п.;
- в сеть CSN могут входить такие элементы как роутеры, AAA сервер, базы данных абонентов, устройства преобразования сигнализации;
- мобильность абонентов (управление хэндоверами);
- туннелирование между сетями ASN CSN. В состав сети ASN входят 2 основных элемента.

Структура сети WiMax представлена на рисунке 1.10.

AAA (Authentication, Authorization, Accounting) сервер — устройство обеспечения авторизации, аутентификации и аудита пользователей сети. Служит для контроля доступа абонентов в сеть, назначения ключей шифрования, регистрации параметров соединений. Кроме того, хранит профили качества обслуживания абонентов.

PF (Policy Function) — база данных содержащая сценарии выполнения приложений для различных услуг, предоставляемых сетью WIMAX.

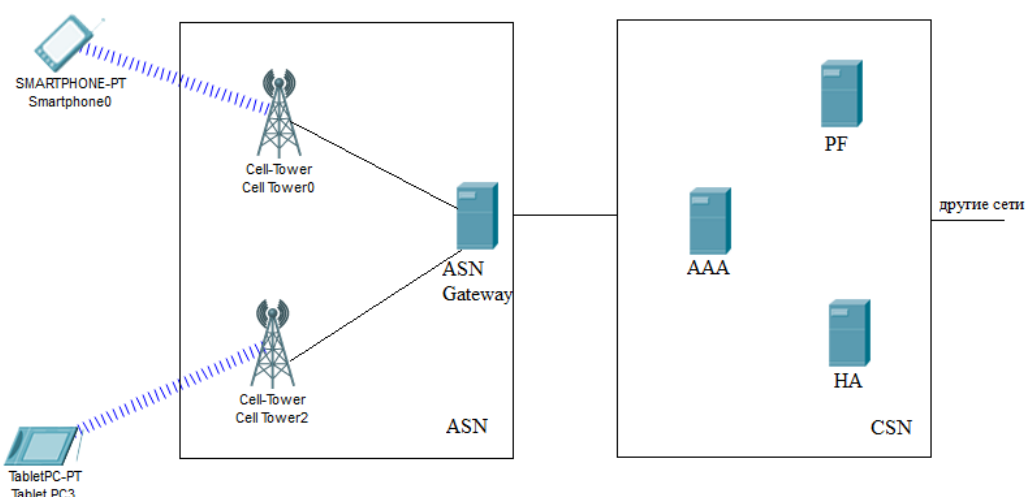


Рисунок 1.10 - Структура сети WiMax

HA (Home Agent) — элемент сети отвечающий за возможность роуминга. Отвечает за обмен данными между сетями разных операторов.

BS (Base Station) — базовая станция. Основной задачей является установление, поддержание и разъединение радиосоединений. Кроме того, выполняет обработку сигнализации, распределения ресурсов среди абонентов. В отличие от сетей LTE, UMTS и GSM базовая станция сети WIMAX берет на себя большую часть функций сети абонентского доступа.

ASN Gateway — предназначен для объединения трафика и сообщений сигнализации от базовых станций и дальнейшей их передачи в сеть CSN. В одной ASN может быть несколько ASN Gateway. Причем к разным ASN Gateway могут быть подключены одни и те же BS для распределения нагрузки. ASN Gateway — это, по сути, агрегатор нагрузки сети доступа. Также неотъемлемым элементом сети Mobile WIMAX является абонентское оборудование. В качестве такового могут выступать мобильный телефон, КПК, ноутбук/стационарный компьютер с встроенным или внешним адаптером и др. Таким образом, сеть Mobile WIMAX является полноценным представителем сетей сотовой связи, предоставляющая большие возможности, высокое качество и безопасность соединений. Это дает возможность предсказывать дальнейшее развитие этого стандарта и широкое распространение на практике

Сети ASN отвечают за передачу данных AC на втором логическом уровне и передают служебные и информационные сообщения AC, поступающие от сетей CSN. Состояния готовности к подключению и обеспечение целостного включения в сеть WiMAX для каждой AC накладывает следующие функциональные требования к ASN:

- обнаружение сети и выбор предпочитаемого абонентом WiMAX NSP;
- подключение AC к сети в соответствии с правилами второго логического уровня IEEE 802.16;

- реализация транслирующей функции для организации подключений АС на третьем логическом уровне (выделение IP-адресов);
- управление радио ресурсами сети;
- управление групповыми и широковещательными рассылками; поддержка мобильности с привязкой к ASN;
- поддержка внешних агентов для мобильности с привязкой к ASN;
- управление персональными вызовами и службами для определения местоположения абонентов;
- продвижение данных;
- авторизация сервисных потоков; поддержка уровней QoS;
- управление доступом и контроль над соблюдением правил.

Перечисленные функции сетей ASN распределяются между БС и шлюзами ASN в соответствии с профилями, определенными в документе Release 1.0 форума WiMAX. На сегодняшний момент описано три таких профиля: А, В и С. Все профили обеспечивают функциональную совместимость между CSN и другими ASN через специальные опорные точки [4].

Опорные точки в рамках базовой модели сети WiMAX - это каналы связи между базовыми модулями. Они определяют собой стандартные интерфейсы, причем не обязательно физические, если соединяемые опорной точкой модули конструктивно находятся в одном устройстве. Опорные точки необходимы для того, чтобы улучшить функциональную совместимость устройств, выпускаемых различными производителями. Опорные точки необходимы для того, чтобы улучшить функциональную совместимость устройств, выпускаемых различными производителям.

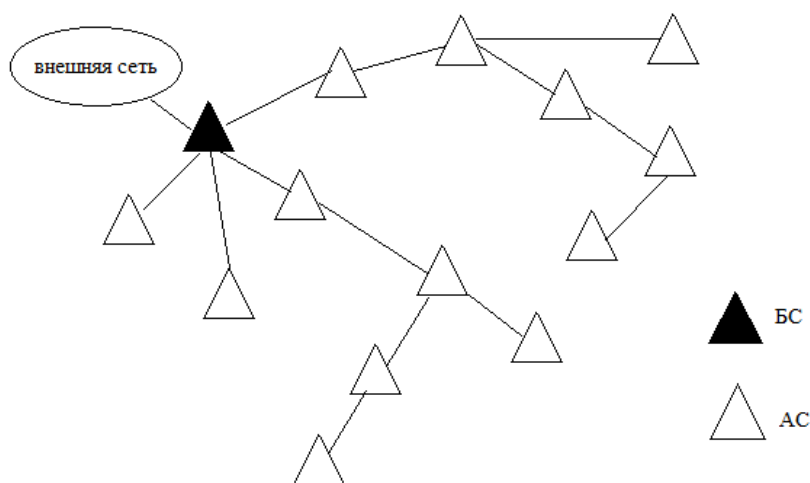
БС WiMAX является логическим объектом, который реализует радио интерфейс и интерфейс к IP-сетям. БС реализует физический уровень и MAC-подуровень стандарта IEEE 802.16, а также одну или несколько функций ASN для взаимодействия со шлюзом ASN и другими БС.

БС может взаимодействовать с несколькими шлюзами ASN для балансировки нагрузки или обеспечения избыточности передаваемых данных. Физически БС может включать в себя несколько объектов БС, так как БС определена как логический объект. Основным элементом БС является планировщик задач, осуществляющий управление частотно - временными ресурсами сети при организации обмена в нисходящем и восходящем каналах связи [4].

1.7 Mesh-сети

Mesh-сети – это вид топологии сети IEEE 802.16 в режиме OFDM, OFDM является физическим уровнем . Эта сеть обеспечивает сквозную передачу (ретрансляцию) трафика. Главное отличие состоит в том, что если в рассматриваемой до сих пор архитектуре «точка-многоточка» АС может общаться только с БС, то в mesh-сети возможно взаимодействие непосредственно между АС. Эти сети вошли в IEEE 802.16 не для того чтобы организовать одноранговые сети, причина в ином – необходим инструмент

для широкополосной сети, в которой трафик может передаваться по цепочке из нескольких станций, ликвидируя тем самым проблемы передачи при отсутствии прямой видимости. Поэтому и все механизмы управления, в принципе позволяющие построить децентрализованную распределенную сеть, ориентированы на древовидную архитектуру (корневой узел- БС) с выделенной базовой станцией и доминирующими потоками БС-АС. В Mesh-сети все станции (узлы) формально равноправны. Однако практически всегда присутствует один узел, через который происходит обмен трафика этой сети с внешним окружением (см. рисунок 1.11). Такой узел называют базовой станцией, именно на него возлагается часть необходимых для управления mesh-сетью функций.



белыми треугольниками обозначены абонентские станции, черными- базовые станции

Рисунок 1.11 - Пример Mesh-сети

При этом управления доступом может происходить на основе распределенного механизма управления, либо централизованным способом под управлением БС. Базовое понятие в mesh-сети – соседи. Под соседями определяются все узлы, которые могут устанавливать с ним непосредственное соединение. Все они образуют соседское окружение [5].

В mesh-сети нет понятия входящих/исходящих каналов. Весь обмен происходит посредством кадров. Станции передают сообщения либо им в отведенные временные интервалы (в соответствии с предшествующим назначением каналов), либо на основе конкурентного доступа. Каждый узел имеет уникальный 48 разрядный MAC-адрес. Каждый узел постоянно хранит список данных обо всех своих соседях (с указанием удаленности, сектора для направленной антенны, примерной необходимой мощности передатчика для связи, задержки распространения сигнала и т.п.) и транслирует его в сеть с заданной периодичностью, на основании совокупности этих списков от каждого из узлов и происходит управление сетью [5].

1.8 Технология MIMO

Технология является беспроводным доступом, предусматривающая применение нескольких передатчиков и приемников, с целью одно временной передачи наибольшего числа данных иначе называемая MIMO (Multiple Input Multiple Output – множественный до ступ, множественный вывод). Технология MIMO в сетях WiMax представляет одну из значимых ролей в обеспечении высоких скоростей передачи данных. Технология MIMO применяет результат передачи радиоволн, именуемый много лучевым распространением, когда передаваемые сигналы отражаются с большого количества предметов и преград, и радио антенна принимает сигналы под различными углами и в разное время. Использование технологии MIMO нам даст возможность повысить помехоустойчивость каналов связи, сократить относительное количество битов, принятых с погрешностью. Работа системы MIMO может быть организована двумя способами: в первом случае согласно принципу пространственного уплотнения и во втором случае по принципу пространственно-временного кодирования.

Конфигурации антенн технологии MIMO имеют возможность принимать симметричные ($2 \times 2, 4 \times 4$) и несимметричные ($1 \times 2, 2 \times 4$) значения. На рисунке 1.12 продемонстрирована структурная схема системы MIMO.

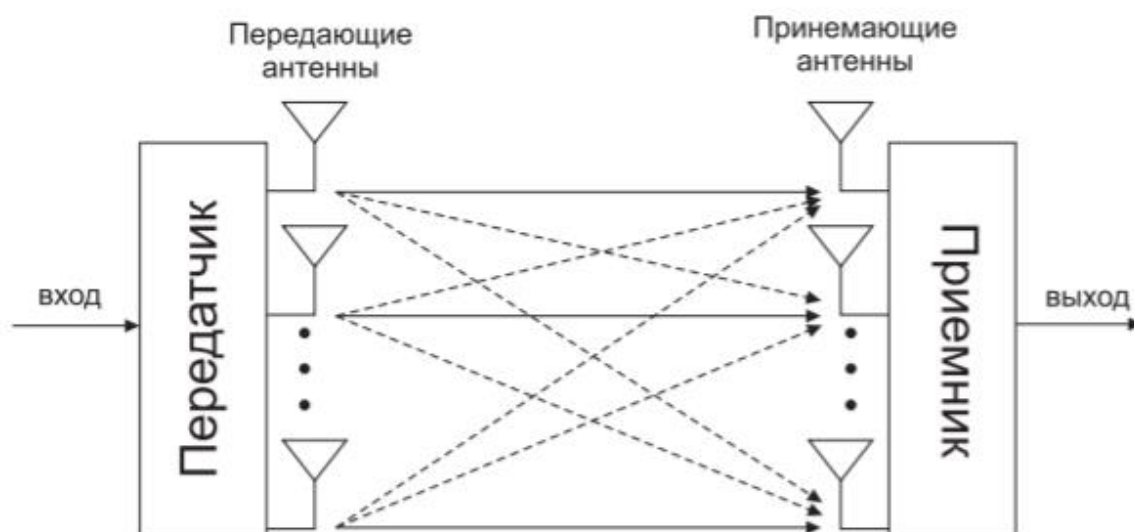


Рисунок 1.12 - Структурная схема системы MIMO

Согласно первому случаю разные передающие антенны передают разные части блока информационных символов либо разные информационные блоки. Передача данных проводится одновременно с двух либо с четырех антенн. В приемной стороне выполняется прием и распределение сигналов разных антенн. Во втором случае, с абсолютно всех передающих антенн осуществляется передача одного и этого же потока данных с применением схемы предварительного кодирования.

1.9 Обзор существующих технологий сотовой связи

На сегодня в мире существует четыре поколения сотовой связи. Но уже сейчас имеется анонс пятого поколения. Ориентировочна сеть 5G будет доступна для мобильных пользователей с этого года. При этом состояние современного рынка свидетельствует о том, что, несмотря на бурное развитие технологий, второе, третье и четвертое поколения существуют параллельно. Причем ко второму поколению и стандарту GSM вопросов нет: количество абонентов, подключенных к нему во всем мире, ежедневно растет. Третье поколение и стандарт Wi-Fi тоже заняли свою нишу. Схематично сравнение возможностей сетей 3G, 4G и 5G показано на рисунке 1.13. Если говорить о скорости передачи данных, то LTE предполагает 150 Мбит/с, что позволяет смотреть фильмы в режиме онлайн, играть в игры, слушать музыку и т. п. когда мы говорим об LTE, то имеем дело с мобильными технологиями, а значит, и со скоростью перемещения абонентов. Система способна сохранять данные характеристики при скорости передвижения до 350 км/ч.

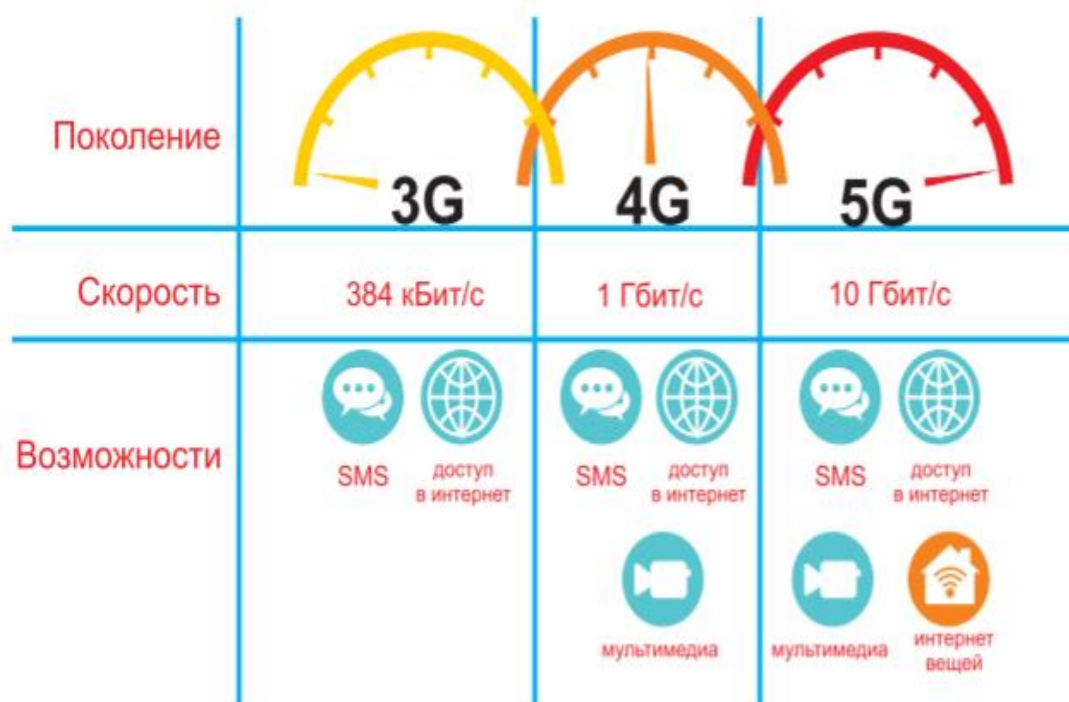


Рисунок 1.13 - Сравнение возможностей 3-х технологии

В целом, представляется, что лучший вариант среди трех технологии является 5G и увеличение текущей пропускной способности сот связан со сверхвысокими частотами. Также в этой технологии существует большой спектр миллиметровых волн в диапазоне частот 3–300 ГГц. Многие диапазоны здесь представляются перспективными, в том числе ближайшее локальное многоточечное распределение сервисов в диапазоне 28–30 ГГц, бесплатные лицензии в диапазоне 60 ГГц и полосы группы E2 71–76, 81–86 и 92–95 ГГц.

Одним из первых тестирование в России начали «Ростелеком» в 2018 году в Сколково, Иннополисе и в Эрмитаже. В Иннополисе сеть была образована на базе оборудования Huawei с элементами технологии 5G Massive-MIMO. Также в этом году в марте ПАО «МТС» установили тестовые базовые станции 5G к транспортной сети XGS-PON, созданной на основе оптического-волокна. Результаты показали высокую надежность конвергентных сетей, что может позволить внедрение в дальнейшем этой технологии на основе уже существующей фиксированной сети. Компания может подключить к магистральной сети любое количество базовых станций, но необходимо сперва решить вопрос с частотным диапазоном.

Сети 5G могут широко использоваться в разных сферах, и к примеру, приведен рисунок 1.14.

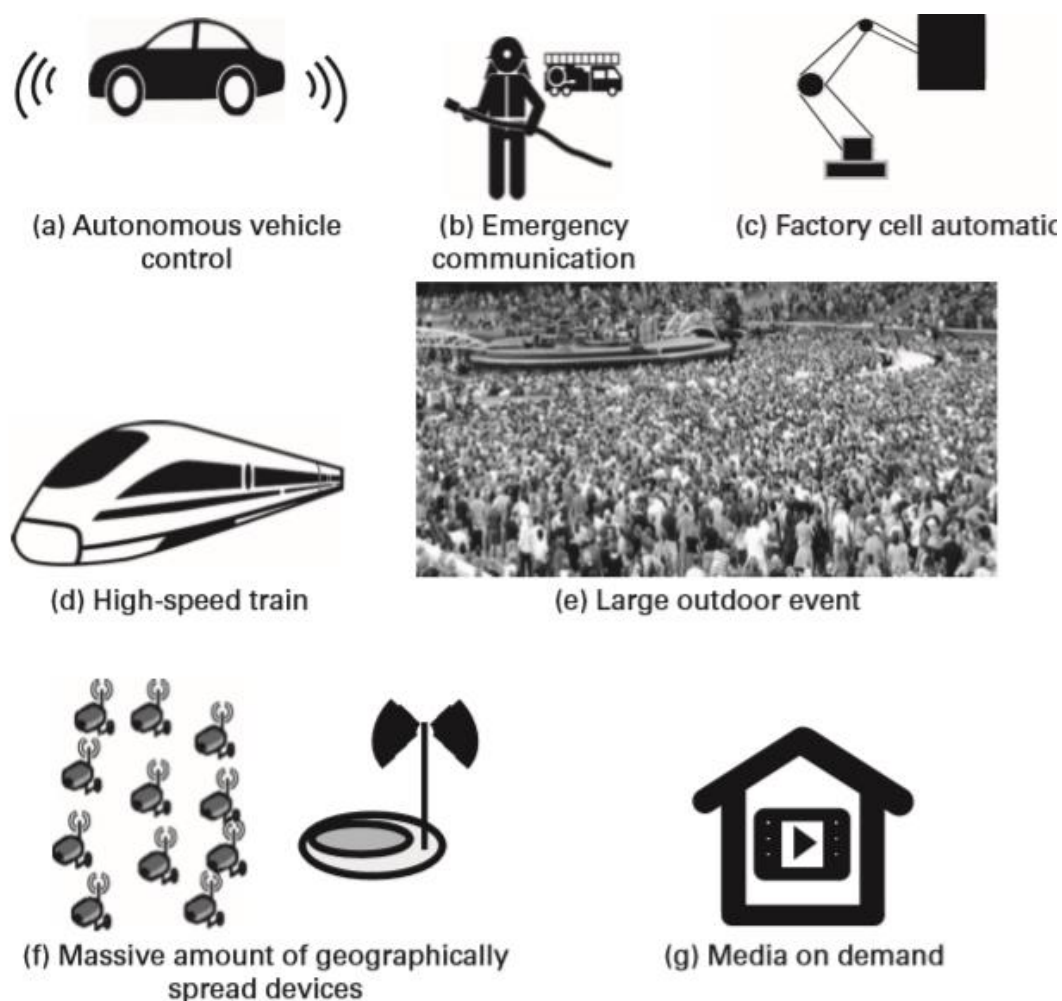


Рисунок 1.14 - Примеры использования 5G сети

Краткое описание ключевых показателей эффективности (КПЭ) в 5G:

- доступность: доступность определяется через то, для чего требования к качеству опыта (QoE) выполняются в пределах определенной географической области;
- плотность соединения: плотность соединения определяется как

количество одновременных активных устройств, обрабатывающих характеристику размера области;

- затраты: затраты обычно связаны с инфраструктурой, оборудованием конечного пользователя и лицензиями на использование спектра. Простая модель может быть основана на предположении, что общая стоимость владения для оператора пропорциональна количеству узлов инфраструктуры, количеству устройств конечного пользователя и спектру услуг;

- потребление энергии: потребление энергии обычно определяется как энергия на единицу информации (как правило, относящаяся к городской среде) и на единицу мощности (часто относящаяся к пригородной/сельской среде).

- пропускная способность опытного пользователя: пропускная способность опытного пользователя определяется как общий объем трафика данных (исключая управляющую сигнализацию) на уровне Мас-устройства пользователя в течение заданного промежутка времени, разделенного на этот промежуток времени;

- задержка: это задержка трафика данных на уровне МАС радиоинтерфейса. Здесь уместны два определения: задержка времени одного рейса (OTT) и задержка времени обратного рейса (RTT). Задержка указывающая, что передается передающим концом, когда она принимается принимающим концом. Задержка RTT определяется как время, которое требуется от момента отправки пакета данных передающей стороной до момента получения подтверждения, отправленного принимающей стороной;

- надежность: надежность обычно определяется как вероятность того, что определенный объем данных был успешно передан с передающей стороны на приемную до истечения определенного срока;

- безопасность: безопасность определенной коммуникации, имеющей место, очень трудно измерить. Одним из возможных способов количественной оценки этого процесса было бы измерение времени, которое потребуется опытному хакеру для получения доступа к информации;

- плотность объема трафика: плотность объема трафика определяется как общее количество трафика, которым обмениваются все устройства в рассматриваемой области в течение заданного промежутка времени, деленного на размер области. Приведена иллюстрация в виде рисунка 1.15 требования к сети 5G;

Несмотря, на то что сети 5G сейчас распространены и является технологией будущего времени, которая обширно будет использоваться. В этом проекте Я использую WiMax технологию так как, она более экономична относительно затратам, и совместима с существующей сетью, в настоящее время уже имеются дополнительные устройства для организации сети (коммутатор, маршрутизатор, терминалы, специальные флешки для антенны).

Use cases	Requirements	Desired value
Autonomous vehicle control	Latency	5 ms
	Availability	99.999%
	Reliability	99.999%
Emergency communication	Availability	99.9% victim discovery rate
	Energy efficiency	1 week battery life
Factory cell automation	Latency	Down to below 1 ms
	Reliability	Down to packet loss of less than 10
High-speed train	Traffic volume density	100 Gbps/km ² in DL, and 50 Gbps/km ² in UL
	Experienced user throughput	50 Mbps in DL, and 25 Mbps in UL
	Mobility	500 km/h
Large outdoor event	Latency	10 ms
	Experienced user throughput	30 Mbps
	Traffic volume density	900 Gbps/km ²
	Connection density	4 subscribers per m ²
Massive amount of geographically spread devices	Reliability	Outage probability < 1%
	Connection density	1,000,000 devices per km ²
	Availability	99.9% coverage
	Energy efficiency	10 years battery life
Media on demand	Experienced user throughput	15 Mbps
	Latency	5 s (start application) 200 ms (after possible link interruptions)

Рисунок 1.15 - Суммарные требования к сети в определенных случаях

2 Технический раздел

2.1 Задачи проекта

Формирование усовершенствованной сети беспроводного широкополосного доступа WiMax; Удовлетворенность ожидаемого спроса на услуги телекоммуникаций в регионах; увеличение технического уровня телекоммуникаций, повышение качества связи; Удержание и захват высокодоходных рыночных сегментов; Подготовительное исследование демонстрирует, то, что цена компании проводного направления DSL, вплоть до возможных покупателей WiMax нередко превышает затраты, сопряженные с системой узлов радиодоступа. Помимо этого, расходы в ЛКС станут увеличиваться с повышением удаленности абонента с АТС. Расходы Wi-MAX присутствие этом виде останутся постоянными. Предварительный анализ показывает, что стоимость организации проводной линии DSL до потенциальных клиентов WiMax зачастую превышает расходы, связанные с организацией сети радиодоступа.

Мой проект состоит в модернизации сети и зоны покрытия беспроводной связью в г. Алматы. Необходимо спроектировать систему широкополосного доступа для оказания услуг интернета и для обеспечения передачи видео от 500 камер наружного наблюдения. Основная застройка

города пришлась на советские 50-е и 60-е гг, в Алматы. Расположение улиц четкое, параллельно-перпендикулярное. Местонахождения Базовых станции по улицам города: проспект Гагарина 135а, Омарова 35, Саялы 118, Стасова 102. Приведен рисунок 2.1.

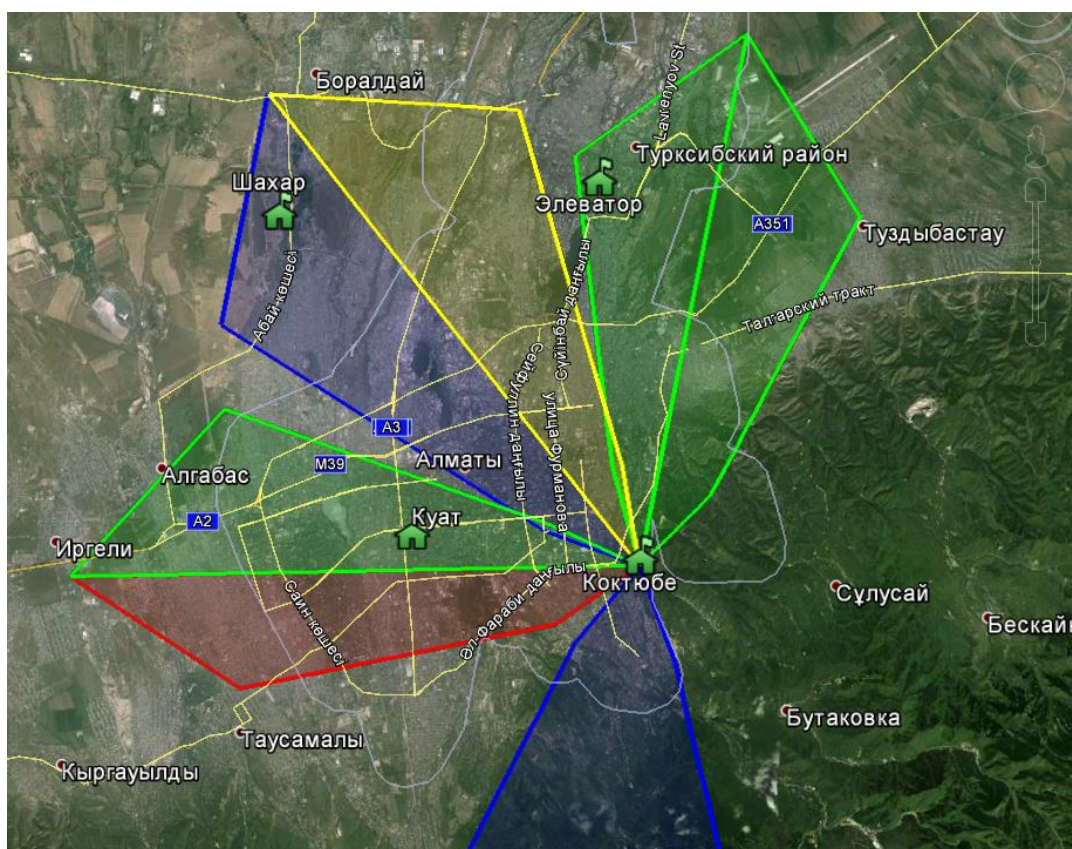


Рисунок 2.1 - Схема расположения базовых станции

Приведена hor-data (в Hor Data приводится информация кому принадлежит БС, тип и высота АМС, координаты размещения БС, высота над уровнем моря и т.п.), в виде таблицы 2.1, где указывается: координаты, азимут, высота БС, и поляризация оборудования.

Таблица 2.1 - Hor-data для базовых станции

БС	Координаты	Азимут	Высота	Поляризация
Кок-тобе	43°13 43.84 С 76°58 34.48 В	60	1100	Вертикальная
Шахар	43°13 6.19 С 76°5039.81В	90	729	Горизонтальная
Куат	43°13 58.85 С 76°53 35.85 В	30	900	Вертикальная
Элеватор	43°19 25.09 С 76°58 32.40 В	150	747	Вертикальная

2.2 Анализ пропускной способности и количество каналов

В рассматриваемой сети используется WiMAX стандарта 802.16e. Где пропускная способность основывается на средних значениях спектральной эффективности соты в конкретных обстоятельствах. Необходимо вычислить спектральную эффективность, количество абонентов и зону покрытия существующей сети. В дальнейшем произвести улучшение сети и установить гипотетически новое оборудование и также рассчитать количество абонентов, зону покрытия, и технические параметры. Сравнить результаты и сделать выводы.

Привиден рисунок 2.2 для дальнейшего расчета пропускной способности нормализованная скорости передачи в системах

Направление канала	Конфигурация ММО	Пиковая скорость, бит/с/Гц
Нисходящий	2×2	8,0
	4×4	15,0
Восходящий	1×2	2,8
	2×4	5,6

Рисунок 2.2 - Нормализованная скорость передачи в системах IEEE 802.16e

Чтобы найти среднюю пропускную способность одного сектора базовой станции для системы FDD нужно воспользоваться методом умножения ширины канала на спектральную эффективность

$$R=S \cdot W, \quad (2.1)$$

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

W- ширина каналы (МГц), W=5 (МГц).

Для восходящей линии

$$R_{dl} = S \cdot W = 2,8 \cdot 5 = 14 \text{ (Мбит/с)}.$$

Для нисходящей линии

$$R_{ul} = S \cdot W = 8 \cdot 5 = 40 \text{ (Мбит/с)}.$$

Для того чтобы вычислить пропускную способность базовой станции R_{eNB} умножим количество секторов базовой станции на пропускную

способность одного сектора.

$$R_{eNB} = R_{ul\ dl} \cdot 4. \quad (2.2)$$

Для линии восходящей

$$R_{eNB} = R_{dl} \cdot 4 = 56 \text{ (Мбит/с)}.$$

Для нисходящей линии

$$R_{eNB} = R_{ul} \cdot 4 = 160 \text{ (Мбит/с)}.$$

Следующим шагом будет вычисление количества сот в сети. Для того чтобы рассчитать следует вычислить общее количество каналов выделяемых для развертывания проектируемой WiMax сети. Общее количество каналов N_k вычисляется по формуле

$$N_k = \left[\frac{\Delta f \Sigma}{f} \right], \quad (2.3)$$

где Δf – выделенная полоса частот для работы сети;

f – полоса частот одного радиоканала.

Сначала вычислим для прежней сети, $\Delta f = 170$ (МГц), $f = 5$ (МГц)

$$N_k = \left[\frac{170}{5} \right] = 34 \text{ (канала)}.$$

После установим количество каналов $N_{k,c}$ для обслуживания одного сектора

$$N_{k,c} = \frac{N_k}{N \cdot M}, \quad (2.4)$$

где N_k – общее число каналов;

N – размерность кластера, равный 3;

M – количество секторов, равный 4.

$$N_{k,c} = \frac{N_k}{N \cdot M} = \frac{34}{12} = 3 \text{ (канала)}.$$

Вычислим количество каналов трафика в одном секторе одной соты $N_{kt,c}$

$$T_{\text{леюс}} = T_{\text{ле1}} \cdot T_{\text{люс}}, \quad (2.5)$$

где N_{kt1} – количество каналов трафика в одном радиоканале, устанавливаемой стандартом радиодоступа (для OFDMA $N_{kt1}=1\dots3$), для WiMax выберем $N_{kt1}=1$.

$$N_{kt,c} = N_{kt1} \cdot N_{k,c} = 3 \text{ (канала)}.$$

В соответствии с моделью Эрланга отображённой в виде графика на рисунке 2.3, установим номинальную нагрузку в секторе одной соты A_c при возможном значении вероятности блокировки ровно 1% и вычисленным выше значении $N_{kt,c}$. Установим то, что $A_c=2$ Эрл (где A -номинальная нагрузка).

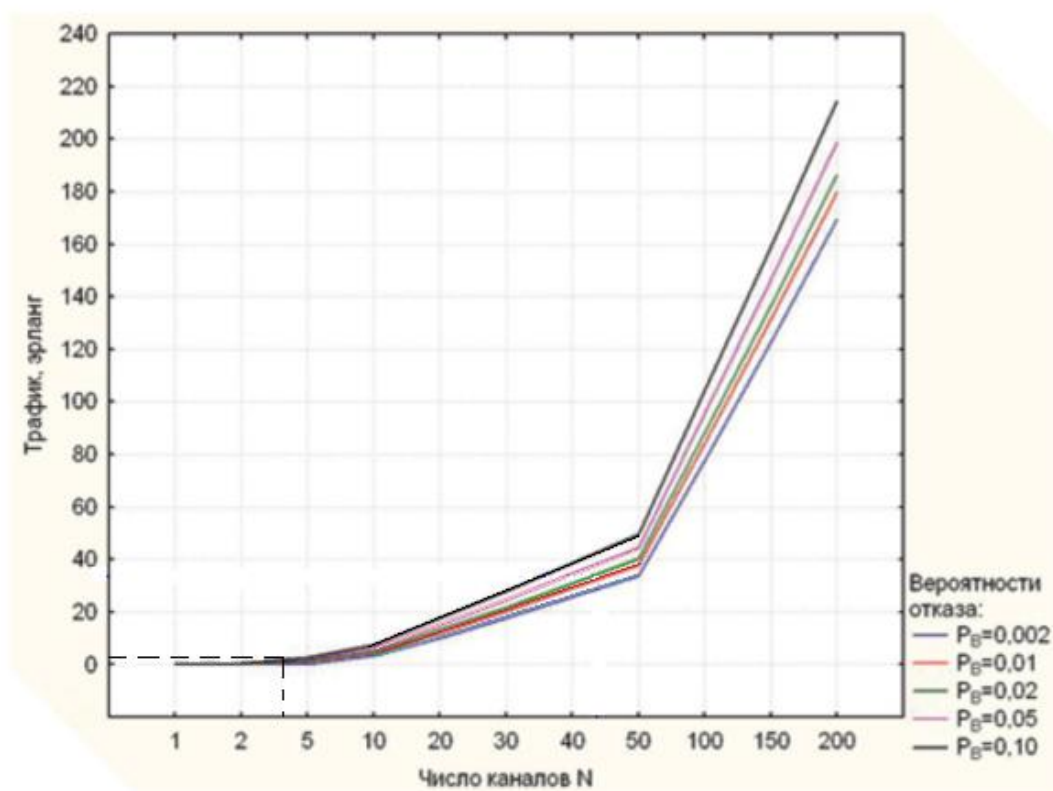


Рисунок 2.3 - Зависимость допустимой нагрузки в секторе от числа каналов трафика и вероятности сбоя

2.3 Анализ количества абонентов для существующей сети

Количество абонентов, обслуживаемой одной базовой станцией будет рассчитываться по данной формуле

$$N_{acNb} = M \cdot \frac{A_c}{A_1}, \quad (2.6)$$

где A_1 - средняя по всем видам трафика абонентская нагрузка от одного абонента, значение может варьироваться (0.04...0.2) Эрл. Так как

проектируемая сеть является высокоскоростной, значит A_1 примем за 0,1 (Эрл);

M - количество секторов на одной базовой станции;

A_c - номинальная нагрузка в секторе одной соты.

$$N_{aeNb} = M \cdot \frac{A_c}{A_1} = 4 \cdot \frac{2}{0,1} = 80 \text{ (абонентов).}$$

2.4 Расчет зоны покрытия

Для составления карты зон покрытия базовыми станциями необходимо рассчитать остаточный запас мощности каждой секторной антенны, который вычисляется на основе полученных данных с каждой промеряемой точки с учетом потери мощности при распространении в свободном пространстве.

Потери мощности при распространении в свободном пространстве определяются как

$$L_d = 20 \log(4\pi d/l) \text{ (дБм)}, \quad (2.7)$$

где l – длина волны, при усредненной частоте 3790 (МГц), будет составлять исходя из того, что d_1 – это расстояние от измеряемой БС до точки промера

$$d_1 = 8800 \text{ (м)},$$

$$l = c/f = \frac{300000000}{3790000000} = 0,00791557 \text{ (м)}.$$

Т.к. количество промеров (контрольных точек) ограничено, большинство зон покрытия секторов построено на основе одной или двух “опорных” линий. Ниже приведены результаты промера между базовой станцией и опорной точкой в виде рисунка 2.4.

Исследование частотного спектра проводилось при помощи оборудования Agilent / HP E4446A - Spectrum Analyzer 3Hz to 44 GHz совместно с измерительной антенной Schwarzbeck BBNA-9120-D. Программа предназначена для создания различных тестовых сигналов линий “вверх” и “вниз” систем cdma2000 и IS-95-A с одной/несколькими несущими на НЧ и ВЧ. Она генерирует кодированные сигналы физического и транспортного уровней, необходимые для оценки параметров усилителей и приёмников мобильных телефонных трубок, и базовых станций. Генераторы сигналов компании Agilent уменьшают время, необходимое для выполнения испытаний за счет самых быстрых скоростей переключения 0 по меньшей мере, в два раза более быстрых, чем у других генераторов сигналов в режиме SCPI. Измерение проводилось в г.Алматы на Гагарина 135а при ясной погоде, количество тестовых измерений-4 приведены усредненные значения.

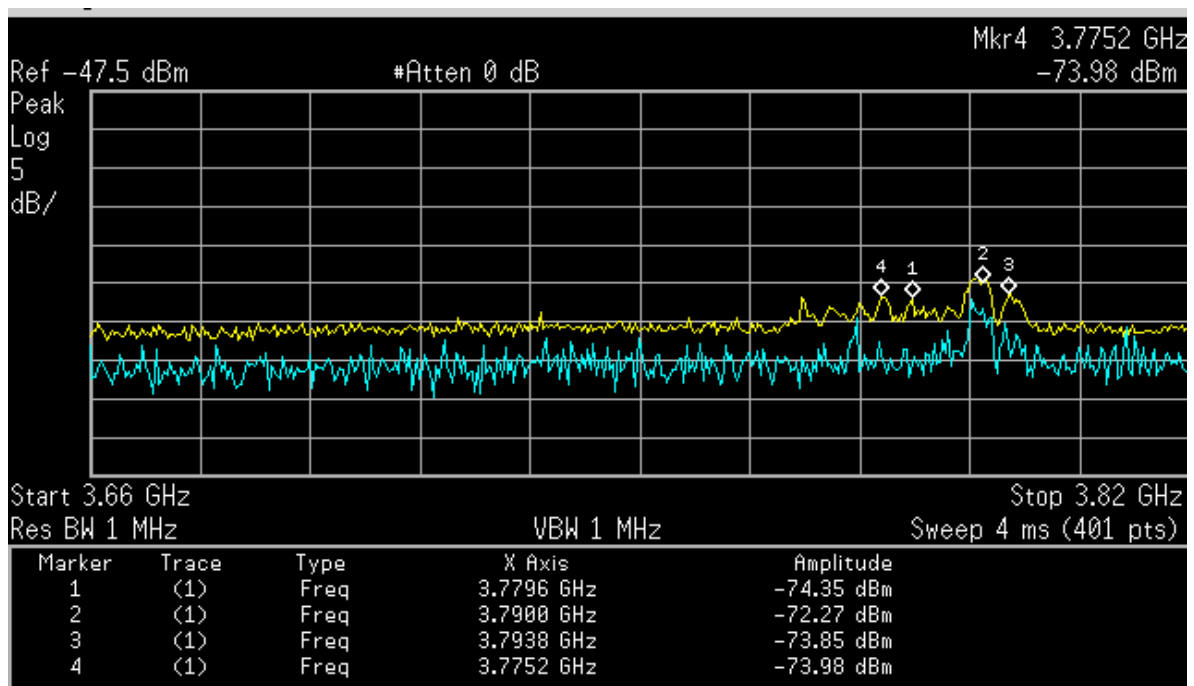


Рисунок 2.4 - Промер БС «Шахар». Исследуемая частота 3789,250 (МГц)

Для того чтобы определить зону покрытия этого сектора, вычислим потерю мощности L_{d1} при распространении радиосигнала в свободном пространстве от БС Шахар до точки промера с помощью формулы (2.6)

$$L_d = 20 \log(4\pi d/l) = 20 \log \left(4 \cdot \pi \cdot \frac{8800}{0,00791557} \right) = 142,9 \text{ (дБм)}.$$

Уровень остаточной мощности сигнала L_o вычисляется как разница между уровнем сигнала в данной точке промера L_t и уровнем шумов L_n .

За уровень шумов L_n была взята мощность -75,0 (дБм).

$$L_o = L_t - L_n = -72,27 - (-75,0) = 2,73 \text{ (дБм)}.$$

Соответственно, дальность d_2 эффективного приема сигнала от сектора соответствующей БС рассчитывается по следующей формуле

$$d_2 = \frac{1}{4\pi} \cdot 10^{\frac{L_{d1} + L_o}{20}}, \quad (2.8)$$

$$d_2 = \frac{0,0791557}{4\pi} \cdot 10^{\frac{142,9 + 2,73}{20}} = 12044 \text{ (м)}.$$

На основе вычисленного расстояния d_2 чертится соответствующая опорная линия и уже с учетом ее – зона покрытия данного сектора.

Ниже приведены результаты промера между базовой станцией и опорной точкой в виде рисунка 2.5.

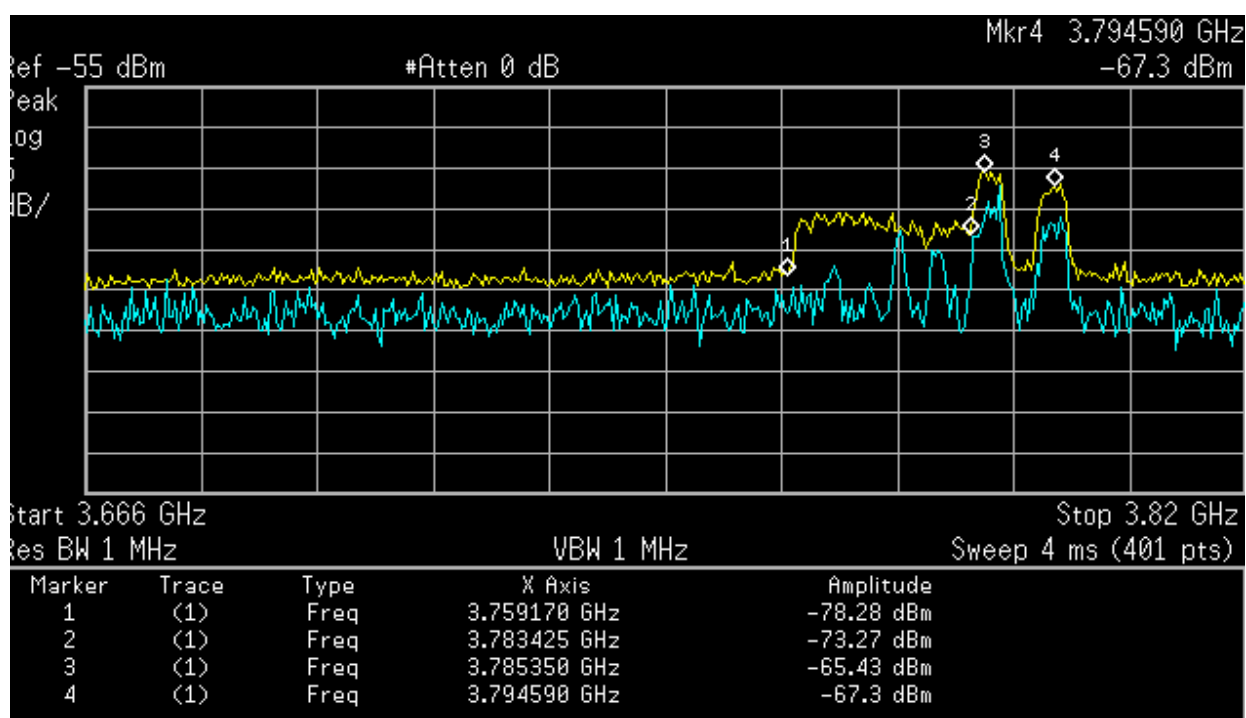


Рисунок 2.5 - Промер БС «Кок-Тобе». Исследуемая частота 3794,250(МГц)

Сигнала мощностью -67,30 (дБм) на частоте 3794,250 (МГц) соответствует сигналу, полученному от БС “Коктубе”, 3-й сектор.

Расстояние от измеряемой БС до точки промера d_1

$$d_1 = 5027 \text{ (м)}.$$

Потеря мощности L_{d1} при распространении радиосигнала в свободном пространстве от БС до точки промера

$$L_{d1} = 20 \log(4\pi d_1 / \lambda) = 20 \log\left(4 \cdot \pi \cdot \frac{5027}{0,00791557}\right) = 138,041 \text{ (дБм)}.$$

Уровень остаточной мощности сигнала L_o

$$L_o = L_t - L_n = -67,3 - (-75,0) = 7,7 \text{ (дБм)}.$$

Дальность d_2 эффективного приема сигнала

$$d_2 = \frac{1}{4\pi} \cdot 10^{\frac{L_{d1}+L_o}{20}} = \frac{0,0791557}{4\pi} \cdot 10^{\frac{138,041+7,7}{20}} = 12200 \text{ (м)}.$$

Ниже приведены результаты промера между базовой станцией и опорной точкой в виде рисунка 2.6.

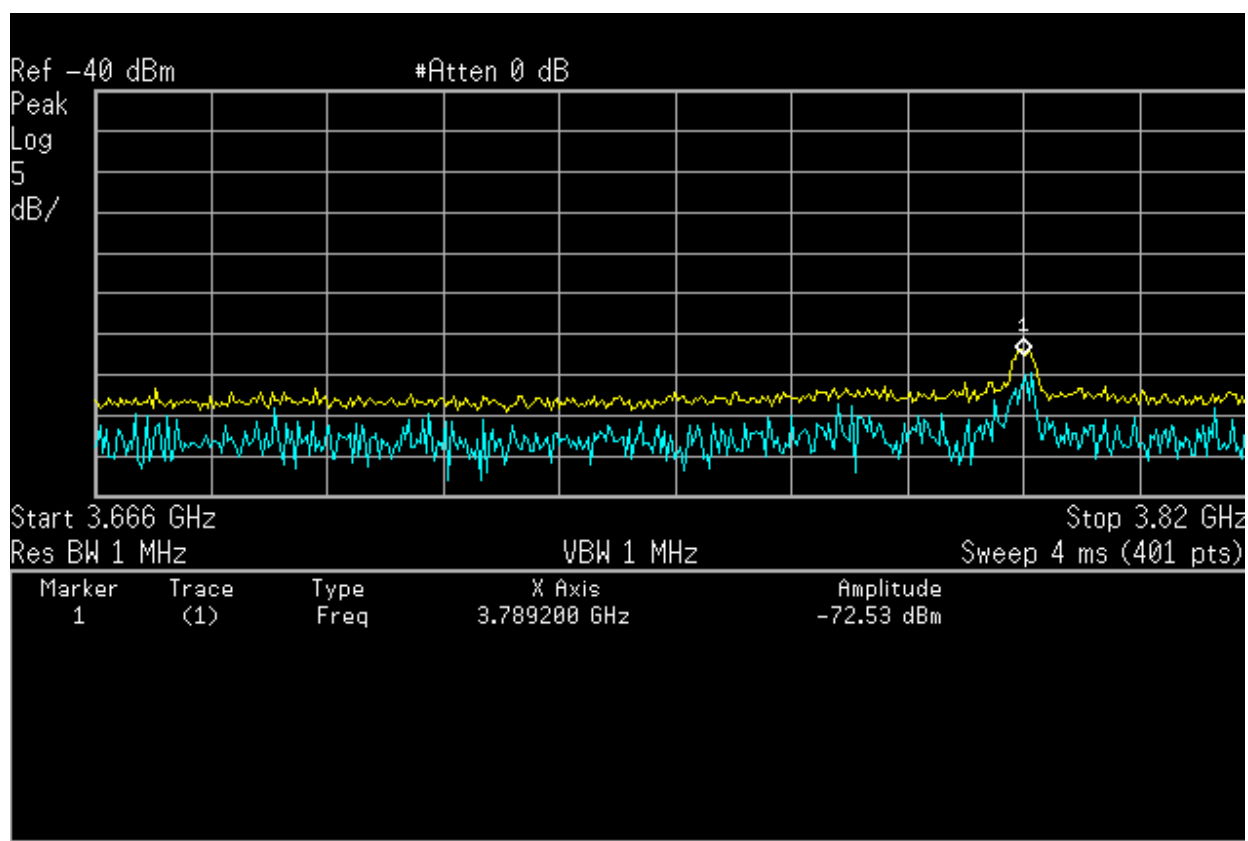


Рисунок 2.6 - Промер сигнала БС «Элеватор»

Сигнала мощностью -72,53 (дБм) на частоте 3785,750 (МГц) соответствует сигналу, полученному от БС “Элеватор”.

Расстояние от измеряемой БС до точки промера d_1

$$d_1 = 4793 \text{ (м)}.$$

Потеря мощности L_{d1} при распространении радиосигнала в свободном пространстве от БС до точки промера

$$L_{d1} = 20 \log(4\pi d_1 / \lambda) = 20 \log\left(4 \cdot \pi \cdot \frac{4793}{0,00791557}\right) = 137,627 \text{ (дБм)}.$$

Уровень остаточной мощности сигнала L_o

$$L_o = L_t - L_n = -72,53 - (-75,0) = 2,47 \text{ (дБм)}.$$

Дальность d_2 эффективного приема сигнала

$$d_2 = \frac{1}{4\pi} \cdot 10^{\frac{L_{d1} + L_o}{20}} = \frac{0,0791557}{4\pi} \cdot 10^{\frac{137,627 + 2,47}{20}} = 4993 \text{ (м)}.$$

С помощью выше приведенных расчетов я узнала значения потерь при распространении в фидере, и дальность эффективного приема для существующей сети, так как это необходимо для дальнейшего сравнения сетей.

2.5 Расчет количество абонентов для модернизированной сети

Первым шагом будет вычисление количества сот в сети. Для того чтобы рассчитать следует вычислить общее количество каналов выделяемых для развертывания проектируемой WiMax сети. Общее количество каналов N_k вычисляется по формуле

$$N_k = \left[\frac{\Delta f \Sigma}{f} \right], \quad (2.9)$$

где Δf – выделенная полоса частот для работы сети;
 f – полоса частот одного радиоканала.

$$\Delta f = 975 \text{ (ГГц)}, \quad f = 5 \text{ (ГГц)},$$

$$N_k = \left[\frac{975}{5} \right] = 195 \text{ (канала)}.$$

После установим количество каналов $N_{k.c}$ для обслуживания одного сектора

$$N_{k.c} = \frac{N_k}{N \cdot M}, \quad (2.10)$$

где N_k – общее число каналов
 N – размерность кластера, равный 3;
 M – количество секторов, равный 4.

$$N_{k.c} = \frac{N_k}{N \cdot M} = \frac{195}{12} = 16 \text{ (каналов)}.$$

Вычислим количество каналов трафика в одном секторе одной соты $N_{kt.c}$

$$N_{kt.c} = N_{kt1} \cdot N_{k.c}, \quad (2.11)$$

где N_{kt1} – количество каналов трафика в одном радиоканале, устанавливаемой стандартом радиодоступа (для OFDMA $N_{kt1} = 1 \dots 3$), для WiMax выберем $N_{kt1} = 1$.

$$N_{kt.c} = N_{kt1} \cdot N_{k.c} = 16 \text{ (каналов)}.$$

В соответствии с моделью Эрланга отображенной в виде графика на рисунке 2.7, установим номинальную нагрузку в секторе одной соты A_c при

возможном значении вероятности блокировки равно 1% и вычисленным выше значении $N_{kt.c}$. Установим то, что $A_c=10$ Эрл

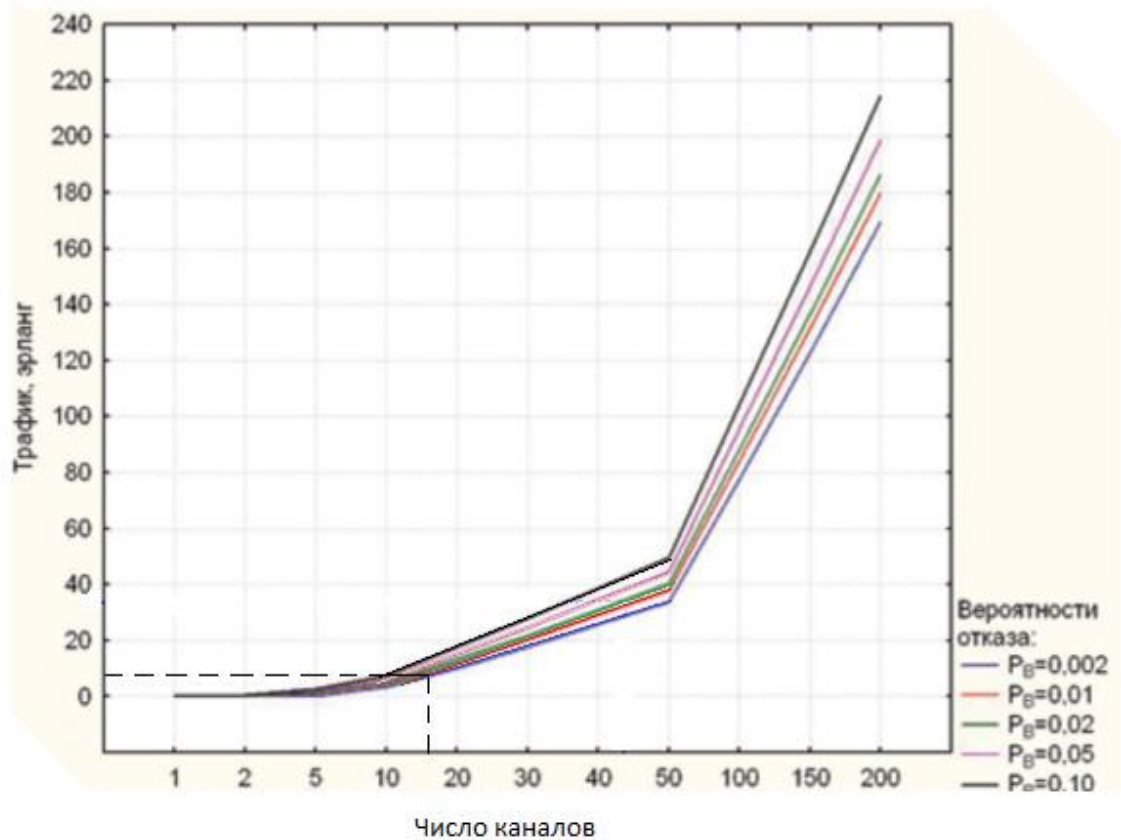


Рисунок 2.7 - Зависимость допустимой нагрузки в секторе от числа каналов трафика и вероятности сбоя

Количество абонентов, обслуживающей одной базовой станцией будет рассчитываться по данной формуле

$$N_{aeNb} = M \cdot \frac{A_c}{A_1}, \quad (2.12)$$

где A_1 - средняя по всем видам трафика абонентская нагрузка от одного абонента, значение может варьироваться (0.04...0.2) Эрл. Так как проектируемая сеть является высокоскоростной, значит A_1 примем за 0,1 Эрл;

M - количество секторов на одной базовой станции;

A_c - номинальная нагрузка в секторе одной соты.

$$N_{aeNb} = M \cdot \frac{A_c}{A_1} = 4 \cdot \frac{10}{0,1} = 400 \text{ (абонентов).}$$

2.6 Расчеты зоны покрытия для модернизированной сети

В наземной связи распространение сопровождается с большими потерями, чем в свободном пространстве за счет неоднородности ландшафта между приёмником и передатчиком. Результативный сигнал складывается из сигналов передающихся через прямые и не прямые пути. Поэтому степень потерь на трассе находится в зависимости от расстояние между приемником и передатчиком.

Для решения расчетов потерь для модернизируемой сети воспользуемся вышеуказанной формулой (3.6) для расчета потерь

$$L_d = 20 \log(4\pi d/l), \text{ (дБм)}, \quad (2.13)$$

где d - расстояние в километрах.

Находим длину волны

$$l = \frac{c}{f} = \frac{300000000}{51000000} = 0,005882 \text{ (м)}.$$

Потеря мощности L_{d1} при распространении радиосигнала в свободном пространстве от БС до точки промера

$$L_{d1} = 20 \log(4\pi d_1/l) = 20 \log\left(4 \cdot \pi \cdot \frac{4793}{0.005882}\right) = 140,2058 \text{ (дБм)},$$

$$L_{d2} = 20 \log(4\pi d_2/l) = 20 \log\left(4 \cdot \pi \cdot \frac{5027}{0.005882}\right) = 140,619 \text{ (дБм)},$$

$$L_{d3} = 20 \log(4\pi d_3/l) = 20 \log\left(4 \cdot \pi \cdot \frac{8800}{0.005882}\right) = 145,4834 \text{ (дБм)},$$

Результаты потерь при определенной дальности расстояния представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Результаты потерь при определенной дальности расстояния

D (км)	L(Дбм)
4793	140,2058
5027	140,6199
8800	145,4834

Также я рассчитала параметры технического оборудования с помощью языка программирования Python 3.8.1. Листинг программы представлен в Приложении А. Приведены результаты расчетов в таблице 2.3 и таблице 2.4. Рассматривались случае с шириной полосы 10 и 20 (ГГц).

Таблица 2.3 - Результаты расчетов параметров оборудования при ширине полосы 10ГГц

Ширина полосы	10 ГГц	10 ГГц	10 ГГц
Вид модуляций	QPSK	16QAM	64QAM
Чувствительность передатчика (дБ)	-146,362	-135,362	-128,862
Тепловой шум (дБ)	-164,368	-164,362	-164,362
Бюджет линии для нисходящего потока	205	197	201
Бюджет линии для восходящего потока	211	197,362	191,862
Скорость (Мбит/с)	21,85	65,55	109,265
Площадь покрытия (км)	48,71	48,71	48,71

Таблица 2.4 - Результаты расчетов параметров оборудования при ширине полосы 20ГГц

Ширина полосы	20 ГГц	20 ГГц	20 ГГц
Вид модуляций	QPSK	16QAM	64QAM
Чувствительность передатчика (дБ)	-143,355	-132,352	-126,852
Тепловой шум (дБ)	-161,355	-161,355	-161,355
Бюджет линии для нисходящего потока	205	197	201
Бюджет линии для восходящего потока	211	197,362	191,862
Скорость(Мбит/с)	43,76	131,11	218,53
Площадь покрытия (км)	48,71	48,71	48,71

В итоге можно сравнить полученные данные в виде таблицы 2.5. Где сеть-1-это существующая, сеть-2 улучшенная.

Таблица 2.5 - Сравнение выведенных расчетов

Обозначение сети	Сеть -1	Сеть-2
Количество абонентов	80	400
Количество каналов	34	195
Скорость (Мбит/с)	До 160	До 218
Усред. Значение в потере мощности (Дбм)	138	141

Выводы расчетной части.

Так как существует потребность в увеличении продуктивности сети необходимо было улучшить сеть и обновить оборудование. Сперва, потребовалось выяснить загруженность канала, также это нужно для дальнейшего сравнения сетей. В результате расчетов выяснилось, что количество абонентов равно-80, а количество каналов-34 при существующей сети. По правилам эмпирического закона при загруженности 70% и более необходимо увеличивать количество каналов для поддержки отличного качества связи. Следовательно, гипотетически при замене оборудования и изменений полосы частот произошло прибавление на 161 канал, тем самым и на 320 потенциальных клиентов, что способствует прогнозируемому

увеличению прибыли. Также можно отметить возрастание пропускной способности на 58 Мбит/с и увеличение потери мощности в усредненном значении- 3 дБ. Таким образом, мы можем улучшить сеть и зону покрытия, а также повысить качество оказываемых услуг и упростить развертывание дополнительных приложений.

3 Раздел охраны труда

Моя работа посвящена анализу нормативным оценкам условий труда работников, и при выявлении неких недочетов связанных с условиями труда их устранению. Офис находится в жилом комплексе на Сатпаева-Гагарина. Этот офис является основным центром мониторинга и управления базовыми станциями. Площадь его составляет 40м². В офисе расположено 3 окна, с площадью 1.2м². Имеется 6 рабочих мест с компьютером и периферийными устройствами. Также в помещений находится два кондиционера. Оборудование и кондиционеры не шумят, и не мешают рабочему процессу. Офис расположен на втором этаже жилого комплекса. Два окна из трех расположены на северной стороне, из-за этого в офисе не хватает естественного света. Моя задача в разделе безопасность жизнедеятельности является проанализировать состояние освещенности и исправить в случае необходимости.

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, искусственное освещение. Необходимо проанализировать и рассчитать параметры естественного освещения, при выявлении проблем решить их.

Моя задача проверить естественное и искусственное освещение на нормативы.

3.1 Расчет естественного освещения. Расчет площади и световых проемов

Площадь боковых проемов при боковом освещении определяется из следующей формулы

$$100 \cdot \frac{S_0}{S_n} = \frac{e_N \cdot K_3 \cdot \eta_0}{\tau_0 \cdot r_1} \cdot K_{зд}, \quad (3.1)$$

где S_0 - площадь световых проемов при боковом освещении, м²;

S_n – площадь пола помещения, м²;

e_N – нормируемое значение КЕО;

K_3 –коэффициент запаса;

η_0 – световая характеристика окон;

τ_0 – общий коэффициент светопропускания;

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении, благодаря свету, отраженному от поверхности помещения и подстилающего слоя, примыкающего к заданию;

$K_{зд}$ – коэффициент, учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями.

Определим площадь пола помещения

$$S_n = L \cdot B, \quad (3.2)$$

$$S_n = 5 \cdot 8 = 40 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Нормируемое значение КЕО, e_N , для заданий, располагаемых в различных районах определять по формуле

$$e_N = e_H \cdot m_N \cdot c, \quad (3.3)$$

где m_N – коэффициент светового климата, определяемый из таблицы 3.1 [11]. Учитывая заданный световой пояс (г. Алматы) приняв ориентацию световых проёмов Алматы определим $m_N = 0,8$;
 e_H – значение КЕО. По таблице 3.12 [11] учитывая IIIб разряд зрительных работ, найдем $e_H = 1,2$.

Следовательно

$$e_N = 1,2 \cdot 0,65 = 0,78.$$

Учитывая тип помещения, найдем коэффициент запаса с помощью таблицы 3.11[11] $K_3 = 1,2$.

Для определения световой характеристики, η_0 , необходимо рассчитать отношение длины помещения к его глубине $\frac{L}{l}$, отношение ширины помещения к расчетной высоте $\frac{1}{h_{расч}}$

$$\frac{L}{l} = \frac{8}{4} = 2 \text{ (м)}.$$

Найдем $h_{расч}$

$$h_{расч} = h_0 - h_{н.о.} - h_{р.пов.}, \quad (3.4)$$

$$h_{расч} = 3 - 1 - 0.5 = 1,5 \text{ (м)},$$

Учитывая найденные отношения примем световую характеристику, $\eta_0 = 9.5$, по таблице 3.2 (см. список литературы первая МУ)[11].

Общий коэффициент светопропускания, τ_0 , рассчитывают по формуле

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4, \quad (3.5)$$

где τ_1 – коэффициент светопропускания материала, принимаемый по таблице 3.3 (см. список литературы первая МУ)[12]. Так как в качестве светопропускающего материала используется стекло листовое двойное, то $\tau_1 = 0,8$;

τ_2 – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема. Определяется с помощью таблицы 3.4 (см. список литературы первая МУ) с учетом использования стальных двойных глухих переплетов, $\tau_2 = 0,8$;

τ_3 – коэффициент, учитывающий потери света несущих конструкций, при верхнем освещении принимаем по таблице 3.5 (см. список литературы первая МУ). Выбираем железобетонные и деревянные формы и арки, $\tau_3 = 0,8$;

τ_4 – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, принимается по таблице 3.6 (см. список литературы первая МУ). Выбираем убирающиеся регулируемые жалюзи и шторы (межстекольные внутренние, наружные), $\tau_4 = 1$.

Следовательно

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 = 0,3456.$$

$$r_1=2,4.$$

Зная значение всех параметров, рассчитываем площадь боковых проемов при естественном освещении по следующей формуле

$$S_0 = \frac{S_n \cdot e_N \cdot K_3 \cdot \eta_0}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1} \cdot K_{зд}, \quad (3.6)$$

$$S_0 = \frac{40 \cdot 0,98 \cdot 24,12 \cdot 1,2 \cdot 1}{100 \cdot 0,3456 \cdot 6,25} = 5,22 \approx 6 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Теперь разделим полученную площадь одного окна на его высоту и получим

$$L_{ок} = \frac{S_{ок}}{h_{ок}} = \frac{7}{1,2} = 5,83 \approx 6.$$

Таким образом, для обеспечения необходимой освещенности в офисе были рассчитаны площадь боковых световых проемов, необходимой для создания нормируемой освещенности на рабочих местах для разряда зрительной работы III, б. Так как в помещении имеются окна площадью $S_{ок}=3,6 \text{ м}^2$, а рассчитанное значение площади боковых проемов получилось равным 6 м^2 , то требуются дополнительные источники света, т.е. необходимо провести расчет искусственного освещения.

3.2 Расчет суммарного освещения

Для помещений, в которых предусматривается общее равномерное освещение горизонтальных поверхностей, освещение рассчитывают методом коэффициента использования светового потока.. Рассчитаем количество светильников методом коэффициента использования, необходимых для создания освещенности в 300 лк, которая является достаточной для обеспечения III -го разряда зрительных работ. Расположение светильников представлена на рисунке 3.1.

Таблица 3 – Исходные данные

Тип помещения	Параметры помещения				Световой пояс
	L, (м)	B, (м)	H, (м)	h _{ок} , (м)	
Офис	8	5	4	1,2	Алматы.

3.3 Расчет освещенности точечным методом

Определим расчетную высоту подвеса

$$h_p = H_{\text{п}} - h_{\text{свеса}} - h_{\text{р.пов}}, \quad (3.7)$$

Принимаем $h_{\text{свеса}} = 0,5$ (м) и $h_{\text{р.пов.}} = 1,0$ (м)

$$h_p = 3 - 0,5 - 1,0 = 1,5 \text{ (м)}.$$

Общая схема помещения представлена на рисунке 3.1.

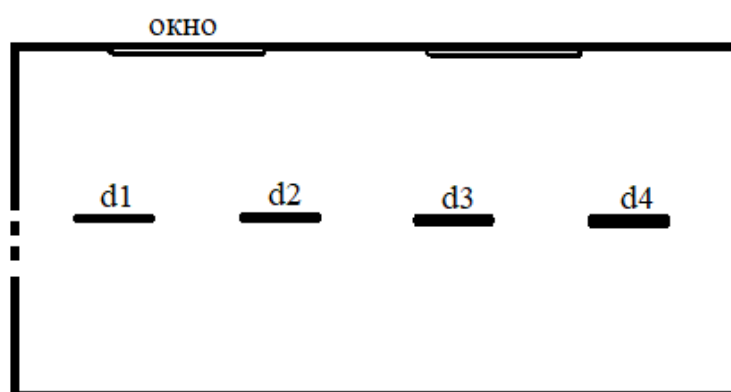


Рисунок 3.1 - Схема размещения светильников до изменения

$$d1 = 2 \text{ (м)},$$

$$d2 = 1 \text{ (м)},$$

$$d3 = 2,5 \text{ (м)}.$$

Найдем

$$d_4 = \sqrt{1 + 2^2} = 2,23 \text{ (м)},$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{d_1}{h_{\text{расч}}} = \frac{2}{1,5} = 1,33 \rightarrow \alpha_1 = 53^\circ, \cos^3 \alpha_1 = 0,217,$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{d_1}{h_{\text{расч}}} = \frac{1}{1,5} = 0,667 \rightarrow \alpha_2 = 33,7^\circ, \cos^3 \alpha_2 = 0,57,$$

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{d_3}{h_{\text{расч}}} = \frac{2,5}{1,5} = 1,667 \rightarrow \alpha_1 = 59^\circ, \cos^3 \alpha = 0,137,$$

$$\operatorname{tg} \alpha_4 = \frac{d_8}{h_{\text{расч}}} = \frac{2,23}{1,5} = 1 \rightarrow \alpha_4 = 45^\circ; \cos^3 \alpha_4 = 0,188.$$

Выбираем тип светильника PRS/RECOLED 300 4000K_{Рн}=2×18 (см. рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Тип светильника PRS/RECOLED 300 4000K

По этому углу находим силу света от каждого источника по рисунку 3.3

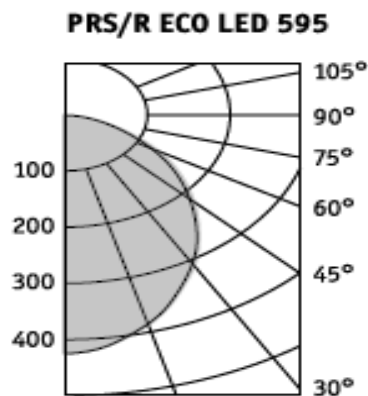


Рисунок 3.3 – КСС

$$I_{\alpha 1}=350 \text{ (кД)},$$

$$I_{\alpha 2}=410 \text{ (кД)},$$

$$I_{\alpha 3}=320 \text{ (кД)},$$

$$I_{\alpha 4}=400 \text{ (кД)}.$$

Освещенность помещения относительно контрольной точки от источника

$$e_{AG} = \frac{n \cdot I_{\alpha} \cos^3 \alpha}{h_p^2}, \quad (3.8)$$

$$e_{AG1} = \frac{1 \cdot 350 \cdot 0,217}{1,25^2} = 12,1592 \text{ (лк)},$$

$$e_{AG2} = \frac{1 \cdot 410 \cdot 0,573}{1,25^2} = 37,582 \text{ (лк)},$$

$$e_{AG3} = \frac{1 \cdot 320 \cdot 0,136}{1,25^2} = 6,96 \text{ (лк)},$$

$$e_{AG4} = \frac{1 \cdot 400 \cdot 0,188}{1,25^2} = 12,592 \text{ (лк)},$$

$$\sum_{i=1}^4 e_{AGi} = e_{AG1} + e_{AG2} + e_{AG3} + e_{AG4} = 12,1592 + 37,582 + 6,96 + 12,592 = 69,13 \text{ (лк)}.$$

Суммарная освещенность

$$E = \frac{\mu \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot n}{1000 \cdot K_3} \cdot \sum_{i=1}^{15} e_{AGi}, \quad (3.9)$$

где μ – коэффициент, учитывающий действие «удаленных» светильников (1,1 ÷ 1,25).

Расчет суммарной освещенности для 4 светильников

$$E_{AG} = \frac{1,2 \cdot 1060 \cdot 4}{1000 \cdot 1,2} \cdot 69,13 = 293,11 \text{ (лк)}.$$

$E_{\min} = 300$ лк берем из таблицы 3.12 [11]/

$E_{AG} \leq E_{\min}$ (т.к. освещенность незначительно больше нормированного освещения нужно увеличить количество светильников).

3.4 Расчет искусственного освещения

Для помещений, в которых предусматривается общее равномерное освещение горизонтальных поверхностей, освещение рассчитывают методом коэффициента использования светового потока. По этому методу расчетную освещенность на горизонтальной поверхности определяют с учетом светового потока, падающего от светильников непосредственно на поверхность и отраженного света от стен, потолка и самой поверхности. Рассчитаем количество светильников методом коэффициента использования, необходимых для создания освещенности в 300 лк, которая является достаточной для обеспечения III -го разряда зрительных работ. Расположение светильников представлена на рисунке 3.4.

Количество светильников можно определить по формуле

$$N = \frac{S \cdot K_z \cdot Z \cdot E_n}{F \cdot \eta \cdot n}, \quad (3.8)$$

где Z – коэффициент минимальной освещенности (отношение средней и минимальной освещенности). В расчетах коэффициент z принимается в пределах $1,1 \div 1,2$;

$n = 1$ – количество ламп в светильнике;

η – коэффициент использования, зависящий от коэффициентов отражения и индекса помещения.

Зависимость η от площади помещения, высоты и формы, возможно, учесть одной комплексной характеристикой – индексом помещения.

Индекс помещения (i) рассчитывается по формуле

$$I = \frac{S}{(L+B) \cdot h}, \quad (3.9)$$

где S , L , B – соответственно площадь, длина и ширина помещения.

Подставим значение в формулу

$$I = \frac{40}{(5+8) \cdot 1,7} = 1,80.$$

Таким образом, по полученному индексу помещения определяем по таблице значение $\eta = 0,67$ (таблица 5.11 [1]).

Используем люминесцентные лампы мощностью 40 (Вт) и световым потоком 3120 лм.

Определим число светильников

$$N = \frac{40 \cdot 1,1 \cdot 1,5 \cdot 300}{3120 \cdot 0,67 \cdot 1} = 9 \text{ (светильников)}.$$

То есть, для создания освещенности в 300 лк с разрядом зрительных

работ III в помещения необходимо установить 9 светильников, с типом ламп – ЛБ-40Вт и световым потоком $\Phi = 3120$ (лм). Так как изначально в помещении было 4 светильников, нам необходимо установить еще 5 светильников. Найдем расстояние между светильниками, учитывая $\lambda=1,2 \div 2,0$.

$$LA = \lambda \cdot hp = 1,8 \cdot 1,5 = 2,7,$$

$$LB = \lambda \cdot hp = 1,2 \cdot 1,5 = 1,8,$$

$$la = (0,4 \div 0,5) \cdot LA \text{ (м)} = 1,35 \text{ (м)},$$

$$lb = (0,4 \div 0,5) \cdot LB \text{ (м)} = 0,72 \text{ (м)}.$$

Внизу приведена схема размещения реконструктурированного помещения с 9 светильниками (см. рисунок 3.4).

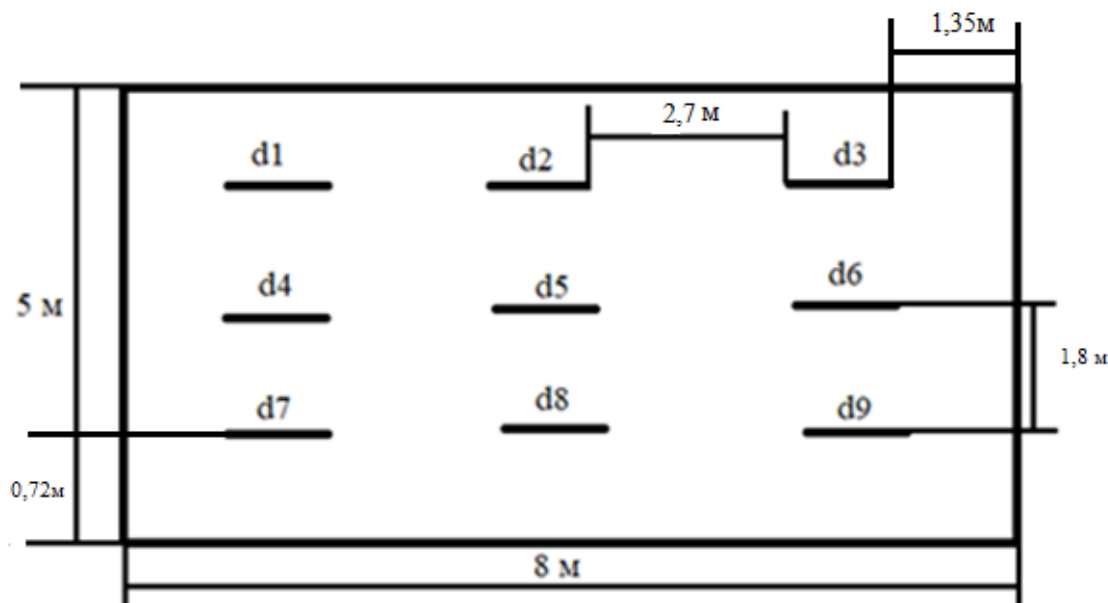


Рисунок 3.4 - Новая схема размещения светильников

Выводы. В разделе безопасность жизнедеятельности я проанализировала нормативные параметры естественного освещения. Выяснила, что существующее освещение не соответствует нормам, так как высчитанная площадь боковых освещений $7 \text{ (м}^2\text{)}$, а имеющаяся площадь $3,6 \text{ (м}^2\text{)}$. Затем суммарное освещение при 4 светильниках. Результат не был удовлетворен так как 297 (лк) меньше чем 300 (лк). В итоге пришлось рассчитать количество светильников для соответствия 3 разряду освещения ($E=300 \text{ лк}$). В результате получилось, что для необходимых параметров трудовых условий, необходимо 9 светильников. Тем самым устранили проблему касающиеся охране труда.

4 Бизнес план

Главной целью данного проекта является модернизация сети беспроводного доступа в городе Алматы, с целью предоставления современных услуг связи: высокоскоростной доступ в Интернет, организовать масштабируемую сеть, обеспечить намного больше количество абонентов, тем самым повысить доход.

Цель технологии Wi-Max заключается в том, чтобы предоставить универсальный беспроводный доступ для широкого спектра устройств (рабочих станций, бытовой техники, портативных устройств и мобильных телефонов) и их логического объединения - локальных сетей.

Wi-Max подходит для решения следующих задач:

- соединения точек доступа Wi-Fi друг с другом и другими сегментами Интернета;
- обеспечения беспроводного широкополосного доступа как альтернативы выделенным линиям и DSL;
- предоставления высокоскоростных сервисов передачи данных и телекоммуникационных услуг;
- создания точек доступа, не привязанных к географическому положению;
- финансирование данного проекта способствует развитию широкополосной связи в нашем государстве, в частности высокоскоростной связи за счет использования базовых станций Wi-Max.

Основными целями, которые ставят перед собой руководство компании, предоставляющих беспроводной доступ, являются:

- а) создание удобств и преимуществ, связанных с локальной мобильностью;
- б) получение прибыли.

4.1 Обоснование выбора и состава оборудования

На сегодняшний день рынок оборудования беспроводного доступа представлен большим разнообразием производителей. Выбор того или иного производителя должен проводиться с учетом множества факторов, основные из них это: годность оборудования для реализации данного проекта, используемая технология, совместимость с другим оборудованием, стоимость оборудования.

При сравнении различных систем радио доступа большое преимущество имеет продукция фирмы Alvarion. Сети доступа, построенные на базе решения Breeze Ultra, дают операторам и поставщикам услуг возможность с наименьшими затратами привлечь миллионы новых потенциальных клиентов и предоставить им услуги широкополосного доступа. Благодаря своей архитектуре, интерфейсам и простоте интеграции с сетью решение Breeze Access может использоваться для обеспечения высококачественной передачи речи и высокоскоростного доступа к сети Интернет, включая реализацию

услуг потоковой передачи данных. На рисунке 4.1 приведен пример оборудование и периферийных устройств. Для реализации данного проекта потребуется использовать различное оборудование. Перечень и краткое описание применения оборудования с соответствующими стоимостными показателями приведены ниже. BreezeUltra от Alvarion-это гибкое и проверенное в полевых условиях решение типа "Точка-многоточечная" (PtMP), обеспечивающее широкополосную беспроводную наружную связь для различных применений в городских и сельских районах. Выпускается в диапазоне частот 4.9 и 5.в диапазоне X ГГц эта широко развернутая платформа предлагает наружную связь операторского класса с повышенной безопасностью и пропускной способностью, а также QoS для передачи данных, голосовых и видеосервисов.



Рисунок 4.1 - Оборудование с периферийными устройствами

Приведен рисунок 4.2 оборудование, которое будет использоваться у нас. Улучшенная конфигурация восходящей / нисходящей линии связи обеспечивает лучшую поддержку бизнес-приложений, включая общественную безопасность и видеонаблюдение.

BreezeUltra поддерживает широкий спектр абонентских устройств, обеспечивая оптимизированное решение для требований производительности и стоимости различных рынков и клиентов.

Она позволяет операторам, муниципалитетам, предприятиям и общинам по всему миру быстро и с минимальными затратами извлекать выгоду из широкого спектра высококачественных широкополосных услуг



Рисунок 4.2 - Базовая станция Breeze Ultra

Внизу приведена таблица 4.1 с характеристиками оборудования

Таблица 4.1 - Характеристики оборудование

Рабочая частота	5,1-5,9 ГГц
Тип радио	MIMO, OFDM TDD
Ширина полосы	5,10,20,40 МГц
Скорость	300-600 Мб/с
Внутреннее сопротивление	50 Ом
Модуляция	QAM16, 64, QPSK, OFDM
Расстояние	До 54 км
Мощность потребления	20-30 Вт
Вид разъёма	N
Габаритные размеры	44x38x13 мм
Выходная мощность	24 дБм
Вид поляризации	Круговая

Главные особенности:

- обеспечивает мобильных широкополосный доступ;
- PHY / MAC совместимые с Mobile Wi-Max (IEEE 802.1p/Q,SNMP v2,CSMA/CD,TCP/UDP port,Ethernet,);
- поддержка OFDMA / TDD на лицензированных частотных диапазонах 5,1-5,9 (ГГц);
- максимальная мощность – 30 (Ватт);
- поддержка 5, 10 и 20,- 40 (МГц);
- поддержка QoS;
- безопасная аутентификация (защищенный пароль, WPA2 AES 128 бит);

- модульная архитектура системы для обеспечения масштабируемости.
- Преимущества:
- направленный ответвитель мощности входного сигнала, т.е.

$$P_{\text{вых}} \approx P_{\text{вх}}, P_{\text{отв}} = P_{\text{вх}} - 24 \text{ (дБ)};$$

- может передавать видео, голосовой, интернет трафик до 600 Мбит/с;
- малогабаритный прочный корпус;
- удобное крепление к любой поверхности;
- хорошее согласование с кабелем во всех сотовых диапазонах.

4.2 Финансовый план

Цель проекта узнать сколько нужно капитального вложения, и рассчитать эксплуатационные расходы и доходы по проекту. Определить примерную величину фонда оплаты труда и вычислить окупаемость проекта. Расчет капитальных вложений затраты по капитальным вложениям на реализацию проекта включает в себя на приобретение основного оборудования и затраты на монтажные работы, транспортные расходы и проектирование[13] и рассчитывается по формуле

$$K = K_o + K_m + K_{\text{тр}} + K_{\text{пр}}, \quad (4.1)$$

где K_o – капитальные вложения на приобретение основного оборудования;
 K_m – расходы по монтажу оборудования;
 $K_{\text{тр}}$ – транспортные расходы;
 $K_{\text{пр}}$ – затраты на проектирование.

Общий перечень необходимого основного оборудования и его стоимость приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Смета затрат на приобретение оборудования

Наименование оборудования	Количество	Цена за единицу, тыс.тенге	Общая цена, тенге
Оборудование Wi-Max Breeze ultra– базовая станция (IDU,ODU)	4	400	1млн 600тыс
АМС	4	40	160тыс
Терминал	4	50	200тыс
Кабель и инжектор питания	4	38	152тыс
Абонентский модуль	4	20	80тыс
Усилитель для антенны	4	400	1млн600тыс
Итого:			3млн 630тыс

Транспортные расходы, составляют 5% от стоимости всего оборудования и рассчитываются по формуле

$$K_{\text{тр}} = 0,05 \cdot K_o = 0.05 \cdot 3\,630\,000 = 181\,500 \text{ (тенге).}$$

Монтаж оборудования, пуско-наладка производится инженерами-монтажниками, расходы составляют 1% от стоимости всего оборудования и рассчитываются по формуле

$$K_{\text{п}} = 0,01 \cdot K_o = 0.01 \cdot 3\,630\,000 = 36\,300 \text{ (тенге).}$$

Расходы по проектированию и разработке проекта составляют 0,5% от стоимости всего оборудования и рассчитываются по формуле

$$K_{\text{п}} = 0,01 \cdot K_o = 0.005 \cdot 3\,630\,000 = 18\,150 \text{ (тенге).}$$

Общая сумма капитальных вложений по реализации проекта составляет:

$$K_{\Sigma} = 3\,630\,000 + 181\,500 + 36\,300 + 18\,150 = 3\,865\,950 \text{ (тенге).}$$

Эксплуатационные расходы.

Текущие затраты на эксплуатацию данной системы связи определяются по формуле

$$Э_{\text{р}} = \text{ФОТ} + O_{\text{с}} + A_{\text{о}} + Э + Н, \quad (4.2)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда;

$O_{\text{с}}$ – отчисления на соц. нужды;

$A_{\text{о}}$ – амортизационные отчисления;

$Э$ – электроэнергия для производственных нужд;

$Н$ – накладные затраты;

В состав накладных затрат входят материалы для прокладки радиочастотного кабеля, для установки оборудования, дополнительные запчасти, используемые в установке оборудования, различные переходники и устройства для соединения кабеля с антеннами и базовой станцией.

В штате данного проекта состоит 1 инженер. Месячная зарплата у инженера составляет 150 000 тенге.

Затраты по оплате труда состоят из основной и дополнительной заработных плат и рассчитываются по формуле

$$\text{ФОТ} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4.3)$$

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

Здоп - дополнительная заработная плата.
Основная заработная плата в год составляет

$$З_{осн} = 1\,800\,000 \text{ (тенге).}$$

Дополнительная заработная плата составляет 10% от основной заработной платы и рассчитывается по формуле

$$З_{доп} = 0,1 \cdot З_{осн}, \quad (4.4)$$

$$З_{доп} = 0,1 \cdot 1\,800\,000 = 180\,000 \text{ (тенге).}$$

Общий фонд оплаты труда за год составит

$$\text{ФОТ} = 1\,800\,000 + 180\,000 = 1\,980\,000 \text{ (тенге).}$$

Расчет затрат по социальному налогу в соответствии со статьей 485 Налогового кодекса РК социальный налог составляет 9,5 % от начисленных доходов[13] и рассчитывается по формуле

$$Ос = 0,95 \cdot (\text{ФОТ} - \text{ПО}), \quad (4.5)$$

где ПО – отчисления в пенсионный фонд;

ФОТ – фонд оплаты труда;

9,5 – ставка на социальные нужды.

Отчисления в пенсионный фонд составляют 10% от ФОТ, социальным налогом не облагаются и рассчитываются по формуле

$$\text{ПО} = 0,1 \cdot \text{ФОТ}, \quad (4.6)$$

$$\text{ПО} = 0,1 \cdot 1\,980\,000 = 198\,000 \text{ (тенге).}$$

Тогда социальный налог будет равен

$$Ос = 0,095 \cdot 1\,782\,000 = 169\,290 \text{ (тенге).}$$

Расчет затрат на амортизацию. Амортизационные отчисления берутся исходя из того, что норма амортизации на оборудование связи составляет 25% и вычисляются по следующей формуле

$$A_o = N_a \cdot \sum K, \quad (4.7)$$

где N_a - норма амортизации;

$\sum K$ – стоимость оборудования.

Тогда амортизационные отчисления составляют

$$A_0 = N_a \cdot \sum K = 0.25 \cdot 2036280 = 509070 \text{ (тенге)}.$$

Расчет затрат на электроэнергию. Затраты на электроэнергию для производственных нужд в течение года, включают в себя расходы электроэнергии на оборудование и дополнительные нужды и рассчитываются по формуле

$$\Xi = \Xi_{\text{доп.нуж}} + \Xi_{\text{эл.обор.}}, \quad (4.8)$$

где $\Xi_{\text{эл.обор.}}$ – затраты на электроэнергию для оборудования;

$\Xi_{\text{доп.нуж.}}$ – затраты на дополнительные нужды.

Затраты электроэнергии на оборудование рассчитывается по формуле

$$\Xi_{\text{эл.обор}} = W \cdot T \cdot S \cdot 21 \cdot 12, \quad (4.9)$$

$$\Xi_{\text{эл.обор}} = 16,8 \cdot 19 \cdot 21 \cdot 12 = 80438,8 \text{ (тенге)},$$

где W – потребляемая мощность, кВт;

$W = 16,8$ (кВт);

T – время работы, (ч/год);

S – тариф, равный 1 кВтч=19 тг;

24 – количество рабочих дней в месяце; 12 – количество месяцев в году[13].

Затраты на дополнительные нужды составляют 5% от затрат на электроэнергию оборудования и рассчитываются по формуле

$$\Xi_{\text{доп.нуж}} = \Xi_{\text{эл.об}} \cdot 0,05, \quad (4.10)$$

$$\Xi_{\text{доп.нуж}} = \Xi_{\text{эл.об}} \cdot 0.05 = 80438 \cdot 0.05 = 4021 \text{ (тенге)}.$$

Тогда суммарные затраты на электроэнергию будут равны

$$\Xi = 80438 + 4021 = 84459 \text{ (тенге)}.$$

Расчет накладных затрат

Накладные расходы составляют 75 % от всех затрат и рассчитываются по формуле

$$N = 0,75 (\text{ФОТ} + O_c + A_0 + \Xi_{\text{эл.обор}}), \quad (4.11)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда. Тогда накладные затраты составят

$$H = 0,75 \cdot (1782000 + 169290 + 509070 + 84459) = 1908614 \text{ (тенге)}.$$

Результаты расчета годовых эксплуатационных расходов проекта по построению сети Wi-Max, представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Годовые эксплуатационные расходы

Показатель	Сумма (тенге)
ФОТ	1782000
Отчисления на социальные нужды (Ос)	169290
Амортизационные отчисления (A_0)	509070
Затраты на электроэнергию (Э)	84459
Накладные расходы (Н)	1908614
ИТОГО	4453433

4.3 Расчет доходов

Рассчитаем условный доход, полученный от внедрения сети. Услуги беспроводного доступа Wi-Max предоставляются компанией «аспан телеком». Средняя стоимость составляет 2,3 тенге за минуту. Предположим, что в среднем торговый центр посещают 1000 человек в час, из них 400 являются пользователями сети Интернет, 400 пользуются предоставляемыми услугами в зоне торгового центра. Предположим, что в среднем в месяц услуги беспроводного Интернета каждый потенциальный пользователь использует по часу в среднем 20 дней в месяц. То есть, месячная абонентская плата составит

$$T = 2.3 \cdot 60 \cdot 20 = 2760 \text{ (тг / мес)}.$$

Доход от реализации услуг рассчитывается по формуле

$$D = (T \cdot n) \cdot N, \quad (4.12)$$

где T – месячная абонентская плата клиентов;

n – число месяцев;

N – количество клиентов.

$$D = (2760 \cdot 12) \cdot 400 = 13 \text{ млн } 248 \text{ тыс (тенге)}.$$

Оценки эффективности от реализации проекта производится на основе следующих показателей:

- доход;
- чистый доход;
- срок окупаемости без дисконтирования;
- срок окупаемости с учетом дисконтирования.

Для расчета срока окупаемости необходимо определить чистый доход и

доход предприятия после налогообложения.

Прибыль от реализации услуг определяется по формуле

$$\text{ЧП} = \text{П} - \text{КПН}, \quad (4.13)$$

где П - прибыль от реализации услуг;

КПН – корпоративный подоходный налог с юридических лиц.

Сумма налога в бюджет составляет 20% от дохода предприятия[14].

Чистый доход предприятия после налогообложения рассчитывается по формуле:

$$\text{КПН} = 0.2 \cdot \text{П}. \quad (4.14)$$

Прибыль от реализации услуг рассчитывается по формуле

$$\text{П} = \text{Д} - \sum \text{Э}, \quad (4.15)$$

где Д - реальный доход от внедрения услуг в год;

$\sum \text{Э}$ – эксплуатационные расходы.

Прибыль от реализации услуг в соответствии с формулой (4.15) составила

$$\text{П} = 13\,248\,000 - 4\,453\,433 = 8\,794\,567 \text{ (тенге)}.$$

КПН в соответствии с формулой (4.14) составил

$$\text{КПН} = 0.2 \cdot 8\,794\,567 = 1\,758\,913 \text{ (тенге)}.$$

Тогда чистая прибыль после налогообложения в соответствии с формулой (4.13) составит

$$\text{ЧП} = 8\,794\,567 - 1\,758\,913 = 7\,035\,654 \text{ (тенге)}.$$

Коэффициент экономической эффективности проекта рассчитывается по формуле

Коэффициент общей – (абсолютной) экономической эффективности капитальных вложений - при строительстве нового объекта, предприятия

$$\text{Еа} = (\text{Д} - \text{Э}) / \text{К} = \text{П} / \text{К}, \quad (4.16)$$

$$\text{Еа} = \text{П} / \text{К} = 8\,794\,567 / 3\,865\,950 = 2,27,$$

где Д – доходы от основной деятельности;

Э – эксплуатационные расходы;

П – чистый доход.

Срок окупаемости капитальных вложений – срок возвратности средств, является показателем, обратным коэффициенту общей (абсолютной) эффективности.

$$T = 1/E, \quad (4.17)$$

$$T=1/2,27=0,44.$$

где E – абсолютная экономическая эффективность;

T- срок окупаемости капитальных вложений.

Если выпускной проект требует осуществления сравнительного эффекта, то рассчитывается сравнительная экономическая эффективность капитальных вложений, новой техники. Условие эффективности вариантов

$$T_p \leq T_n, E_p \geq E_n,$$

где T_p – расчётный срок окупаемости;

T_n – нормативный срок окупаемости;

E_p и E_n – расчётный и нормативный коэффициенты эффективности;

При $T_n=5$ лет и $E_n=0,2$.

Нормативный (плановый) срок окупаемости (возврата) капитальных вложений характеризует период времени в годах, в течение которого вложенные средства полностью возмещаются прибылью, получаемой в соответствии с нормативным коэффициентом сравнительной экономической эффективности. В настоящее время отсутствуют единые директивно установленные нормативы эффективности. В каждом конкретном случае операторы связи вправе сами устанавливать нормативы, как плановые критерии исходя из собственных возможностей по финансированию проектов или с учетом требований привлекаемых инвесторов[14]. Нормативный (плановый) коэффициент сравнительной экономической эффективности чаще всего принимается в размере 0,2, что соответствует сроку окупаемости 5 лет и является наиболее распространенным в международной практике расчетов по экономическому обоснованию оптимального варианта. Результаты занесены в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 - Показатели доходов без учёта дисконтирования

Наименование показателя	1 год
Доходы от реализации услуг, тенге	13млн248тыс
Эксплуатационные расходы, тенге	4453433
Прибыль, тенге	8794567
Чистая прибыль, тенге	7035654
Чистый денежный поток, тенге	1758913
Капитальные вложения, тенге	2036280

Для приведения разновременных затрат к единому моменту времени необходимо произвести оценку эффективности проекта на основе показателей чистого приведенного дохода и срока окупаемости с учетом дисконтирования[13].

Приведенный чистый доход рассчитывается по формуле

$$\text{ПЧД} = \text{Кпр} \cdot \text{ЧД}, \quad (4.18)$$

где ЧД– доход от внедрения проекта;

Кпр – коэффициент дисконтирования, который рассчитывается по формуле

$$\text{Кпр} = 1/(1 + t)^t, \quad (4.19)$$

где t- год после внедрения проекта;

r – ставка дисконта составляет 0.20.

Коэффициент дисконтирования для трех лет

$$\text{Кпр1} = 1/(1 + 0.2)^1 = 0,83,$$

$$\text{Кпр2} = 1/(1 + 0.2)^2 = 0,69.$$

Тогда приведенный чистый доход для первых трех лет будет равен

$$\text{ПЧД1} = 0,83 \cdot 1758913 = 1459897 \text{ (тенге)},$$

$$\text{ПЧД2} = 0,69 \cdot 3517826 = 2427299 \text{ (тенге)}.$$

Выводы в экономической части. В результате проведенных расчетов выяснилось, что срок окупаемости данного проекта является меньше чем год. И при организации проекта необходимо потратить 3млн865тыс (тенге) на расходы оборудования, при учете того что имеется уже коммутатор и другие составляющие элементы. Годовые эксплуатационные расходы составили 4млн400тыс.(тенге) Прибыль при этом проекте 8млн794тыс (тенге), где 7млн (тенге) из них является чистой прибылью. Срок окупаемости по приведенным расчетом составил 0.44 года, когда нормированный срок составляет 5 лет.

Заключение

В заключении этого проекта, необходимо подытожить проделанные расчеты и результаты которые привели к наглядному улучшению сети. Во-первых, я произвела анализ технологии WiMax, и рассмотрела сопоставляющие технические элементы. Мной был произведен обзор существующих сотовых технологий. В разделе расчетов рассчитала зону покрытия (потери при распространении в фидере и дальность расстояния) и количество абонентов, каналов для существующей сети, также написала программу на языке Python 3.8.1, которая находит параметры антенны при определенной ширине полосы и модуляции. Также сделала такие же расчеты для новой сети и при замене оборудования и изменений полосы частот выяснилось, что произошло прибавление на 161 каналов, тем самым и на 320 потенциальных клиентов, что способствует прогнозируемому увеличению прибыли. Можно отметить возрастание пропускной способности на 58 (Мбит/с) и увеличение потере мощности в усредненном значении- 3 (дБ).

Таким образом мы можем улучшить сеть и зону покрытия. В разделе безопасность жизнедеятельности я проанализировала нормативные параметры естественного освещения. Выяснила, что существующее освещение не соответствует нормам, так как высчитанное площадь боковых освещении $7(\text{м}^2)$, а имеющая площадь $3,6(\text{м}^2)$. В итоге пришлось рассчитать количество светильников для соответствия 3 разряду освещение($E=300(\text{лк})$). В результате получилось, что для необходимого параметров трудовых условия, необходимо 9 светильников. Тем самым устранили проблему касающиеся охране труда. При расчете бизнес плана выяснилось, что срок окупаемости данного проекта является меньше чем год. И при организации проекта необходимо потратить 3млн865тыс (тенге) на расходы оборудования. Годовые эксплуатационные расходы составили 4млн400тыс (тенге). Прибыль при этом проекте 8млн794тыс (тенге), где 7млн (тенге) из них является чистой прибылью.

Список литературы

- 1 Средства передачи данных./Современная радиорелейная связь. URL:<https://lantorg.com/article/sovremennaya-radiorelejnaya-svyaz> (дата обращения: 03.01.2020)
- 2 Технология WiMax текущее: состояние/URL: http://www.thg.ru/network/wimax_2007/wimax_2007-01.html (дата обращения: 03.01.2020)
- 3 Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи - М.: Техносфера, 2006г
- 4 4. Вишневский В., Портной С., Шахнович И. Энциклопедия Wi-Max. Путь к 4G, М 2009
- 5 AFIF OSSEIRAN, JOSE F. MONSERRAT, PATRICK MARSCH, «5G Mobile and Wireless Communications Technology» University Printing House, Cambridge CB2 8BS, United Kingdom, 2016.
- 6 Шахнович И. Архитектура сети WiMAX: основные элементы и принципы. – Первая миля, 2009, №1.
- 7 Э. Таненбаум. Компьютерные сети 4-е издание. СПб Питер, 2003.
- 8 Варукина Л. Упражнение по планированию радиосетей LTE, а также о технических предпосылках объединения операторов [Электронный ресурс] // Мобильный форум.// mforum.ru: сервер Mforum. URL: http://www.mforum.ru/arc/20110520_LTE_RNP_Varukina_180511/pdf (дата обращения: 04.03.2020)
- 9 В.Ю. Бабков, М.А Вознюк, П.А Михайлов. Сети мобильной связи частотное территориальное планирование.-Москва, горячая линия телеком, 2007г
- 10 А.В Печаткин. Сети мобильной связи, принципы организации, функционирования и частотного планирования систем мобильной связи.- Рыбинск, 2008г.
- 11 М.К.Дюсебаев. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела в дипломных проектах. - Алматы: АИЭС, 2001. — 11с.
- 12 СНиП РК 2.-04.-5-2002 «Естественное и искусственное освещения. Общие требования».
- 13 Инструкции по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции и услуг на предприятиях - Астана, 2001
- 14 Положением о составе затрат на производство продукции, выполнение работ и оказание услуг, РК - Астана, 2000.
- 15 Берикулы А. Дипломное проектирование. – Алматы.: АИЭС, 2007
- 16 Беспроводный доступ абонентских линий. Том 1. Справочник по подвижной наземной связи.-М.,1997.-с.346
- 17 URL:<http://www.wimaxforum.org/productshowcase>. (дата обращения: 06.05.2020)
- 18 Скрынников, В. Г. Будущий облик 5G / В. Г. Скрынников //

Электросвязь. – 2013. – № 10. – С. 34–37.

19 5G Radio Access. Research and Vision [Text]. – Ericsson White Paper, 2013

20 Первая миля. Оборудование WiMax- решение компании Alvarion. А.Иванов С.Портной// lastmile.su: сервер Lastmile URL: <http://www.lastmile.su/journal/article/2067> (дата обращения: 10.02.2020).

21 Стандарт IEEE 802.16(WiMax)//masters.donntu.org: URL: <http://masters.donntu.org/2009/kita/kusov/library/article4.htm> (дата обращения: 05.02.2020).

Приложение А
Листинг программы на python 3.8.1

```
import math

L=5

bandwith = float(input("Выберите ширину полосы 5,10,20:"))

if bandwith==5:

    Ni=421

    Nv=512

    Ndl=360

    Nul=280

    print(" Тогда: Ni=421,Nv=512,Ndl=360,Nul=280")

elif bandwith==10:

    Ni=841

    Nv=1024

    Ndl=720

    Nul=560

    print(" Тогда: Ni=841,Nv=1024,Ndl=720,Nul=560")

elif bandwith==20:

    Ni=1681

    Nv=2048

    Ndl=1440

    Nul=1120

    print(" Тогда: Ni=1681,Nv=2048,Ndl=1440,Nul=1120")

n=28/25
```

Продолжение приложения А

```
P=-174+10*math.log10(bandwith*n*Ni/Nv)

print(" Тепловой шум равен P=-174+10log(BW*Ni/Nv=)",P,end='\n\n')

v=int(input("Выберите одну из схем модуляций (number) 1)QPSK,
2)16QAM, 3)64QAM: "))

if v==1:

    Kc=5

    K=2.5

    R=1

    print("Вы выбрали схему модуляций QPSK параметры: Kc=5, K=7,
R=1, L=5",end='\n\n')

elif v==2:

    Kc=14

    K=12.7

    R=3

    print("Вы выбрали схему модуляций 16QAM параметры: Kc=14,
K=7, R=3, L=5",end='\n\n')

elif v==3:

    Kc=18

    K=16.9

    R=4.5

    print("Вы выбрали схему модуляций 64QAM параметры: Kc=18,
K=7, R=4.5, L=5",end='\n\n')

else:

    print("введите цифру!!!!")

    print("Чтобы вычислить чувствительность передатчика необходимо
ввести Pp(P,Kc,K,R,L)",end='\n\n')
```

Продолжение приложения А

```
def Pp(P,Kc,K,R,L):

print("P+Kc+K+L+R=Pp")

    return P+Kc+R+L+K

    print("Чтобы рассчитать бюджет линии в городском местности для
нисходящего потока необходимо ввести В(мощность передатчика,
чувствительность приемника)",end='\n\n')

def B(P,Pi):

    print("P-Pi+Gt+Gr-L-F-Idl+Uc=DL")

    return P-Pi+20+25-5-10-2+3


    print("расчитать бюджет линии для восходящего потока введите
Bv(мощность приемника, чувствительность передатчика)", end='\n\n')

def Bv(Pp,Sp):

    print("P-Pi+Gt+Gr-L-F-Idl+Uc=UI")

    return Pp-Sp+20+25-10-3+3

print("вычислить скорость = R()")

def R():

    if v==1 and bandwidth==5:

        print("BWn(Nd/Nu)R(1-Th+T)K")

        return(bandwidth*n*360/512*(1-0.2+1/8)*3)

    elif v==2 and bandwidth==5:

        print("BWn(Nd/Nu)R(1-Th+T)K")

        return(bandwidth*n*3*360/512*(1-0.2+1/8)*3)

    elif v==3 and bandwidth==5:

        print("BWn(Nd/Nu)R(1-Th+T)K")
```

Продолжение приложения А

```
return(bandwidth*n*5*360/512*(1-0.2+1/8)*3)

    elif v==1 and bandwidth==10:

print("BWn(Nd/Nu)R(1-Th+T)K")

return(bandwidth*n*720/1024*(1-0.2+1/8)*3)

    elif v==2 and bandwidth==10:

        print("BWn(Nd/Nu)R(1-Th+T)K")

        return(bandwidth*n*3*720/1024*(1-0.2+1/8)*3)

    elif v==3 and bandwidth==10:

        print("BWn(Nd/Nu)R(1-Th+T)K")

        return(bandwidth*n*5*720/1024*(1-0.2+1/8)*3)

    elif v==1 and bandwidth==20:

        print("BWn(Nd/Nu)R(1-Th+T)K")

        return(bandwidth*n*1440/2048*(1-0.2+1/8)*3)

    elif v==2 and bandwidth==20:

        print("BWn(Nd/Nu)R(1-Th+T)K")

        return(bandwidth*n*3*1440/2048*(1-0.2+1/8)*3)

    elif v==3 and bandwidth==20:

        print("BWn(Nd/Nu)R(1-Th+T)K")

        return(bandwidth*n*5*1440/2048*(1-0.2+1/8)*3)

    else:

        print("oops, problem")

print("чтобы вычислить площадь покрытия трехсекторного сайта S km
необходимо ввести S(d)",end='\n\n')

def S(d):

    return 9/8*math.sqrt(3)*d**2
```