

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Кафедра телекоммуникационных систем

«ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ»

Зав.кафедрой _____

(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

« _____ »

201 _____ г.

(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: проектирование беспроводной связи метрополитена города Алматы

Специальность 5В071900-Радиотехника, телевидение и телекоммуникации

Выполнила Конаев Дамир Арманович

Группа МТС-12-5

(Ф.И.О.)

Научный руководитель к.ф.-м.н., доцент Федуркина И.Н.

(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

И.Н. Федуркина « 10 » мая

2016 г.

(подпись)

Консультанты:

по экономической части:

доцент к.ф.м.н. Боканова Т.Ш.

(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

« 25 »

мая

2016 г.

(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Бегимбетова А.С.

(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

« 16 »

мая

2016 г.

(подпись)

по применению вычислительной техники:

к.т.н., ст.преп. Бурдабай Г.И.

(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

« 25 »

мая

2016 г.

(подпись)

Нормоконтролер: Деймидова Т.Д. ст.пр.-м

(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

« 26 »

мая

2016 г.

(подпись)

Рецензент:

(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

« _____ »

201 _____ г.

(подпись)

Алматы 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Факультет радиотехники, телекоммуникаций и связи

Кафедра телекоммуникационных систем

Специальность 55071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студенту Хохлеву Дамиру Армановичу

(Ф.И.О.)

Тема проекта Проектирование беспроводной связи
метрополитана города Алматы

Утверждена приказом по университету № _____ от « _____ » _____ 201 ____ г.

Срок сдачи законченного проекта « _____ » _____ 201 ____ г.

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

Алматинский метрополитан:

- длина катков подземного метрополитана составляет около 75 метров и сделана она по принципу кольцевой станции кругового движения;
- длина всей сети метро 12 км;
- расстояние между станциями порядка 2 км.

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

- Возможность проектирования беспроводной связи в метрополитане;
- Проектирование схем организации связи;
- Выбор оборудования для проектирования беспроводной связи в метрополитане;
- Расчет дальности связи для скорости 300 Мбит/с на частоте 24 Гц в подземе и наземном варианте;
- Расчет дальности связи для скорости 900 Мбит/с на частоте 6 ГГц в подземе и наземном варианте;
- Расчет дальности связи в эмиторе метрополитана.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Схема проектирования сети
Перспектива использования SPS Wi-Fi в зданиях
интерактивная

Основная рекомендуемая литература:

Гроссман И.И. Линии связи
Дмитрий Е.В., Романов П. Основы построения беспроводных
локальных сетей стандарта 802.11
Степанов В. Беспроводные линии связи и сети

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
В.М.В.	Григорьев И.И.	- 3.05.16	И.И.Григорьев
Визуал. план	Романова Т.И.	01.04-25.05.16	Т.И.Романова
Информацион. и др.	Демидов Т.Д.	26.05.16	Т.Д.Демидов
Рабочие. Технические	Бурдаков И.И.	25.05.16	И.И.Бурдаков
Техническое задание	Резниченко И.И.	10.05.16	И.И.Резниченко

График подготовки дипломного проекта

[illegible]

Дата выдачи задания « » 201 г.

Заведующий кафедрой _____ (подпись) _____ (Ф.И.О.)

Научный руководитель
Проекта Медведев (Редченко С.Н.)
(подпись) (И.О.)

Задание принял к исполнению студент Попов Д.А.
(подпись) (ф.И.О.)

Аңдатпа

Бұл дипломдық жобада Алматы метрополитенде болған сымсыз байланыстарды жобалау мүмкіндігін қарастырды және байланыс схемасы жобаланған.

Дипломда әр түрлі жылдамдықпен және әр түрлі жиілікте байланыс ауқымынан есептеу ұсынады.

Жобада денсаулық сақтау және қауіпсіздік шараларын сипатталған.

Жобаны іске асыру үшін техникалық-экономикалық негіздеме әзірленген.

Аннотация

В данном дипломном проекте рассмотрена возможность проектирования беспроводной связи в метрополитене города Алматы, а также была спроектирована схема организации связи.

В дипломе так же представлен расчет дальности связи для разных скоростей и на разных частотах.

В проекте также описаны меры безопасности жизнедеятельности.

Разработано технико-экономическое обоснование внедрения данного проекта.

Annotation

In this research project examined the possibility of designing wireless communications in the underground of Almaty and was designed scheme of communication.

In the diploma also shows the calculation of the communication range for different speeds and at different frequencies.

The draft also describes the health and safety measures.

Developed feasibility study for the implementation of this project.

Содержание

Введение	12
1 Теоретическая часть	13
1.1 Основные понятия технологии Wi-Fi	13
1.1.1 Преимущества и недостатки Wi-Fi	16
1.2 Основные понятия технологии WiMAX	17
1.2.1 Архитектура	18
1.2.2 Безопасность в WiMAX	20
1.2.3 Wi-Fi и WiMAX	21
1.3 Основные понятия сотовой связи	22
1.3.1 Сотовые системы	24
1.4 Основные понятия технологии Bluetooth	25
1.4.1 Спецификации	26
1.4.2 Протоколы Bluetooth	29
1.4.3 Профили Bluetooth	30
1.4.4 Безопасность Bluetooth	32
1.5 Проектирование связи в метро	35
2 Расчетная часть	38
2.1 Расчет дальности связи	38
2.2 Расчет дальности связи для скорости 300 Мбит/с на частоте 2.4 ГГц в подземном вестибюле метрополитена	42
2.2.1 Расчет дальности связи для скорости 300 Мбит/с на частоте 2.4 ГГц в наземном вестибюле метрополитена	42
2.3 Расчет дальности связи для скорости 300 Мбит/с на частоте 5 ГГц в подземном вестибюле метрополитена	43
2.3.1 Расчет дальности связи для скорости 300 Мбит/с на частоте 5 ГГц в наземном вестибюле метрополитена	44
2.4 Расчет дальности связи для скорости 300 Мбит/с на частоте 2.4 ГГц в эскалаторе метрополитена	44
2.4.1 Расчет дальности связи для скорости 300 Мбит/с на частоте 5 ГГц в эскалаторе метрополитена	45
2.5 Расчет дальности связи для скорости 900 Мбит/с на частоте 2.4 ГГц в подземном вестибюле метрополитена	46
2.5.1 Расчет дальности связи для скорости 900 Мбит/с на частоте 2.4 ГГц в наземном вестибюле метрополитена	46
2.6 Расчет дальности связи для скорости 900 Мбит/с на частоте 5 ГГц в подземном вестибюле метрополитена	47
2.6.1 Расчет дальности связи для скорости 900 Мбит/с на частоте 5 ГГц в наземном вестибюле метрополитена	48
2.7 Расчет дальности связи для скорости 900 Мбит/с на частоте 2.4 ГГц в эскалаторе метрополитена	48
2.7.1 Расчет дальности связи для скорости 900 Мбит/с на частоте 5 ГГц в эскалаторе метрополитена	49

3 Безопасность жизнедеятельности	50
3.1 Условия труда в помещении линейно – аппаратного цеха	50
3.2 Воздействие света на организм человека	50
3.2.1 Расчет искусственного освещения в помещении ЛАЦ	51
3.3 Расчет вентиляции помещения ЛАЦ	53
3.4 Влияние лазерного излучения на организм человека	55
3.5 Условия пожаробезопасности	60
4 Бизнес-план	61
4.1 Резюме	61
4.2 Описание продукции	61
4.3 Организационный план	62
4.4 Производственный план	62
4.5 Маркетинговый план	62
4.6 Финансовый план	63
4.6.1 Расчет капитальных затрат	63
4.6.2 Расчет эксплуатационных расходов	64
4.6.3 Расчет материальных затрат	65
4.6.4 Расчет эксплуатационных расходов на оплату сотрудников	66
4.6.5 Расчет накладных и эксплуатационных расходов	67
4.6.6 Расчет доходов от реализации услуг	68
4.6.7 Расчет экономической эффективности	68
4.6.8 Расчет абсолютной величины чистого дохода с учетом дисконтирования	70
4.7 Выводы экономической части	71
Заключение	73
Список литературы	74
Приложение А Расчет технической части в среде Mathcad 13	75
Приложение Б Расчет технической части в среде Mathcad 13	76
Приложение В Построение организации связи на основе САФС	77
Приложение Г Электронная версия ДП и материалы на (CD-R)	
Приложение Д Раздаточные материалы (Формат А4 – 14)	

Введение

Общая характеристика работы. Число активных пользователей сети интернет с различных устройств растет из года в год. Что немаловажно так это цена мобильного интернета и интернета в целом - она изменяется в обратной пропорции. На сегодняшний день зайти со смартфона или ноутбука в сеть интернет никого не пугает, как с технологической стороны, так и с финансовой. Технологии бурно развиваются и люди привыкли к этому. Большинство тарифных планов представляют собой разделение на дневной и ночной, лимит которых составляет около 2-15 гигабайт, по истечению которых скорость автоматически снижается. Это позволяет контролировать поток людей входящих в сеть и саму нагрузку на сеть. Другой вопрос, а что если выход в сеть есть не везде. Не в любой точке метрополитена. Вот тут и заключается вся сложность проектирования беспроводной связи с полным покрытием всей сети метрополитена (без мертвых зон).

Актуальность темы. Стоит отметить, что современную информационную среду трудно представить без использования Wi-Fi технологии. Беспроводные Wi-Fi сети стали неотъемлемой частью нашей жизни. Численность беспроводных сетей в местах общественного пользования исчисляются десятками. На нынешний день в каждой квартире есть локальная беспроводная сеть.

На производстве большой неувязкой при развертке беспроводных Wi-Fi сетей считается огромная численность помех и надобность скоростных беспроводных сетей. Также актуальна проблема помехоустойчивости на предприятиях. Любое оборудование, создающее излучение, начиная от некоторых дисплеев и радиотелефонов и завершая электрической тягой поездов, создает помехи для работы беспроводной сети Wi-Fi, что сказывается на радиусе работы и скорости передачи данных. На данном этапе проблему с помехоустойчивостью решают за счет роста мощности и численности антенн на точках доступа, что, в конечном счете, усиливает потребление электроэнергии.

Целью настоящей работы считается проектирование оборудования, излучающего кабеля в тоннеле метро и расположение точек доступа для выхода в сеть интернет, чтобы покрыть как можно большую площадь сигнала для благоприятной работы в метро.

1 Теоретическая часть

1.1 Основные понятия технологии Wi-Fi

Wi-Fi был сформирован в 1991 г. NCR Corporation/AT&T (в последствии Lucent и Agere Systems) в Нйивегейн, Нидерланды. Продукты, назначавшиеся изначально для систем кассового сервиса, были внедрены на рынок под маркой Wave LAN и обеспечивали скорость передачи данных от 1 до 2 Мбит/с. Вик Хейз (Vic Hayes) — создатель Wi-Fi — был назван «отцом Wi-Fi» и находился в команде, участвовавшей в разработке таких стандартов, как IEEE 802.11b, 802.11a и 802.11g. В 2003 Вик ушёл из Agere Systems. Agere Systems не смогла соперничать на равных. В трудных рыночных условиях, несмотря на то, что её продукция занимала нишу недорогих Wi-Fi решений. 802.11abg all-in-one чипсет от Agere (кодовое имя: WARP) плохо реализовал, и Agere Systems решила уйти с рынка Wi-Fi в конце 2004 года. Wireless-Fidelity - дословно «Беспроводная Надежность».

Обычно схема Wi-Fi сети хранит не менее одной точки доступа (AP, от англ. Access point) и не менее одного клиента. Точка доступа транслирует свой SSID (англ. Service Set Identifier, Network name — идентификатор сети, сетевое имя) с помощью особых пакетов, называемых сигнальными пакетами, передающихся каждые 100 мс. Сигнальные пакеты передаются на скорости 1 Мбит/с и располагают малым размером, поэтому они не влияют на характеристики сети. Так как 1 Мбит/с — наименьшая скорость передачи данных для Wi-Fi, то клиент, принимающий сигнальные пакеты, может быть уверен, что сможет связаться на скорости не менее, чем 1 Мбит/с. Зная параметры сети (то есть SSID), клиент может выяснить, возможно ли подключение к данной точке доступа.

Программа, встроенная в Wi-Fi карту клиента, также может влиять на подключение. При попадании в зону воздействия двух точек доступа с идентичными SSID программа может отдавать предпочтение между ними на основании данных об уровне сигнала. Стандарт Wi-Fi даёт клиенту полную независимость при выборе критериев для соединения и роуминга. В этом преимущество Wi-Fi, хотя оно означает, что один из адаптеров может осуществлять эти действия гораздо лучше другого. Последние версии операционных систем содержат функцию, называемую zero configuration, которая представляет пользователю все доступные сети и разрешает переключаться между ними «на лету». Это означает, что роуминг будет целиком контролироваться операционной системой. Wi-Fi передаёт данные в эфире, поэтому он обладает свойствами, сходными с некоммутируемой ethernet-сетью, и для него могут появляться такие же проблемы, как при работе с некоммутируемыми ethernet-сетями.

Коммерческий доступ к сервисам на основе Wi-Fi предоставляется в таких местах, как интернет-кафе, аэропорты и кафе по всему миру (обычно эти места называют Wi-Fi-кафе), однако их покрытие можно считать точечным по сопоставлению с сотовыми сетями:

- Ozone;
- Ozone Paris во Франции.

В сентябре 2003 года Ozone начала развёртывание сети Ozone Paris через The City of Lights. Последняя цель — сотворение централизованной сети Wi-Fi, полностью компенсирующей Париж. Основным принцип Ozone Pervasive Network заключается в том, что это сеть национального масштаба:

- WiSE Technologies дает коммерческий доступ в аэропортах, университетах, и самостоятельных кафе на территории США;
- T-Mobile снабжает работу хотспотов для сети Starbucks в США и Великобритании, а так же более 7500 хотспотов в Германии;
- Pacific Century Cyberworks снабжает доступ в магазинах Pacific Coffee в Гонконге;
- Columbia Rural Electric Association старается развернуть сеть 2.4 GHz Wi-Fi на территории площадью 9,500 км, размещенной между округами Уалла-Уалла и Колумбия в штате Вашингтон и Юматилла, Орегон.

В список иных больших сетей в США также входят:

- Boingo, Wayport и iPass, Sify, индийский интернет-провайдер, поставил 120 точек доступа в Бангалоре, в отелях, галереях и правительственных учреждениях;
- Vex имеет большую сеть хотспотов, размещенную по всей территории Бразилии;
- Telefonica Speedy WiFi приступила к предоставлению своих сервисов в новой усиливающейся сети, разнесшейся на территорию штата Sao Paulo;
- BT Open zone обладает многими хотспотами в Великобритании, работающими в McDonald's, и имеет роуминговый договор с T-Mobile UK и Ready To Surf. Их клиенты также имеют доступ к хотспотам The Cloud. Net stop снабжает доступ в Новой Зеландии;
- компания Golden Telecom реализовывает помощь городской Wi-Fi сети в Москве, а также предоставляет личные каналы связи для реализации проекта Яндекс Wi-Fi;

- компания Earth Link планирует в третьем квартале этого года полностью подключить Филадельфию (США) к беспроводной сети интернет. Это будет главный город-мегаполис в США который будет целиком захвачен Wi-Fi. Цена будет в пределах 20-22 долларов в месяц при скорости подключения 1 МБит/сек. Для малоимущих жителей Филадельфии стоимость будет составлять 12-15 долларов в месяц. В данное время центр города и примыкающие к нему районы уже подсоединены. Подключение прочих областей будет совершать по мере установки передатчиков.

Для потребления в промышленности технологии Wi-Fi предполагаются пока узким количеством поставщиков. Так Siemens Automation&Drives дает Wi-Fi решения для собственных контроллеров SIMATIC в согласовании с стандартом IEEE 802.11b в свободном ISM-спектре 2,4-ГГц и обеспечивающем наибольшую скорость передачи 11 Мбит/с. Эти технологии используются в основном для управления устойчивыми объектами и в

складской логистике, а еще в тех вариантах, когда по какому-либо фактору невозможно прокладывать проводные сети Ethernet.

Пока платные сервисы устремляются употреблять существующие бизнес модели для Wi-Fi, почти все категории, общества, города, и частные лица базируют незанятые Wi-Fi сети, нередко используя сплошное пиринговое соглашение для того, чтоб сети имели возможность просто взаимодействовать друг с другом. Свободные беспроводные сети обычно изображаются будущим Интернетом. Почти все муниципалитеты объединяются с локальными обществами, чтоб увеличить свободные Wi-Fi сети.

Отдельные категории базируют собственные Wi-Fi сети, полностью базирующиеся на добровольной поддержке и пожертвованиях. Для покупки наиболее доскональной информации смотрите раздел единые беспроводные сети, где разрешено еще отыскать перечень свободных Wi-Fi сетей, находящихся по всему миру. OLSR — один из протоколов, потребляемых для основания свободных сетей. Отдельные сети используют статическую маршрутизацию, остальные полностью считают на OSPF. В Wireless Leiden спроектировали родное программное обеспечение для маршрутизации под заглавием LVrouteD для соединения Wi-Fi сетей, воздвигнутых на вполне беспроводной базе. Значимая часть сетей сотворена на базе ПО с открытым кодом, либо публикуют собственную схему перед открытой лицензией.

Отдельные маленькие страны и муниципалитеты уже снабжают свободный доступ к Wi-Fi хотспотам и доступ к Интернету чрез Wi-Fi по месту жительства для всех. К примеру, Королевство Тонга или Эстония, которые располагают огромным количеством свободных Wi-Fi хотспотов по всей местности страны. В Париже, Ozone Paris предоставляет свободный доступ в Интернет абсолютно всем, кто содействует развитию Pervasive Network, предоставив крышу собственного здания для монтажа Wi-Fi сети. Unwire Jerusalem — это план установки свободных точек доступа Wi-Fi в больших торговых центрах Иерусалима. Почти все институты снабжают свободный доступ к Интернету чрез Wi-Fi для собственных учащихся, гостей и всех, кто располагаться на местности института. Некие платные организации, к примеру, Panera Bread предоставляют свободный доступ к Wi-Fi устойчивым покупателям. McDonald's Corporation также дают доступ к Wi-Fi под брендом McInternet. Данный сервис был запущен в ресторане в Оук-Брук, Иллинойс; он еще доступен во почти всех ресторанах в Лондоне.

Тем не менее, имеется и 3-я подкатегория сетей, образованных обществами и союзами, таковыми как институты, в каком месте свободный доступ дается членам общества, а тем, кто в него никак не вступает, доступ дается на коммерческой базе. Пример такового обслуживания — сеть Sparknet в Финляндии. Sparknet также помогает Open Sparknet — план, в котором люди имеют все шансы строить собственные собственные точки доступа частью сети Sparknet, получая от данного установленную выгоду. В крайнее время платные Wi-Fi провайдеры сооружают вольные Wi-Fi хотспоты и хотзоны.

Они думают, будто вакантный Wi-Fi-доступ притянет новейших покупателей и инвестиции вернутся.

1.1.1 Преимущества и недостатки Wi-Fi

К преимуществам технологии Wi-Fi относится:

- разрешает развернуть сеть без прокладки кабеля, может понизить цену свертки и расширения сети. Пункты, где запрещается провести кабель, например, вне помещений и в зданиях, обладающих исторической ценностью, могут обслуживаться беспроводными сетями;

- Wi-Fi-устройства обширно разнесены на рынке. А устройства разнообразных производителей могут взаимодействовать на базовом уровне сервисов;

- Wi-Fi сети поддерживают роуминг, поэтому клиентская станция может двигаться в пространстве, переключаясь от одной точки доступа к другой;

- Wi-Fi — это набор глобальных стандартов. В отличие от сотовых телефонов, Wi-Fi оборудование может работать в разнообразных странах по всему миру.

К недостаткам технологии Wi-Fi относится:

- частотный диапазон и эксплуатационные ограничения в всевозможных странах различны; во многих европейских странах разрешены два дополнительных канала, которые запрещены в США. В Японии есть ещё один канал в верхней части диапазона, а другие страны, например Испания, запрещают употребление низкочастотных каналов. Более того, отдельные страны, например Италия, требуют регистрации всех Wi-Fi сетей, функционирующих вне помещений, или требуют фиксации Wi-Fi-оператора;

- сравнительно высокое по сравнению с другими стандартами потребление энергии, что понижает время жизни батарей и увеличивает температуру устройства;

- самый известный стандарт шифрования, Wired Equivalent Privacy или WEP, может быть сравнительно легко взломан даже при точной конфигурации (из-за слабой стойкости ключа). Несмотря на то, что новоиспеченные устройства поддерживают более совершенный протокол Wi-Fi Protected Access (WPA), многие старые точки доступа не поддерживают его и требуют замены. Принятие стандарта 802.11i (WPA2) в июне 2004 делает доступной более безопасную схему, которая доступна в новом оборудовании. Обе схемы требуют более стойкий пароль, чем те, которые обычно назначаются пользователями. Многие организации используют дополнительное шифрование (например, VPN) для защиты от вторжения;

- Wi-Fi имеют ограниченный радиус действия. Типичный домашний Wi-Fi маршрутизатор стандарта 802.11b или 802.11g имеет радиус действия 45 м в помещении и 90 м снаружи. Расстояние зависит также от частоты. Wi-Fi в диапазоне 2.4 ГГц работает дальше, чем Wi-Fi в диапазоне 5 ГГц, и имеет радиус меньше, чем Wi-Fi (и пре-Wi-Fi) на частоте 900 МГц. Наложение сигналов закрытой или использующей шифрование точки доступа и открытой

точки доступа, работающих на одном или соседних каналах может помешать доступу к открытой точке доступа. Эта проблема может возникнуть при большой плотности точек доступа, например, в больших многоквартирных домах, где многие жильцы ставят свои точки доступа Wi-Fi;

- неполная совместимость между устройствами разных производителей или неполное соответствие стандарту может привести к ограничению возможностей соединения или уменьшению скорости.

1.2 Основные понятия технологии WiMAX

WiMAX (англ. Worldwide Interoperabilityfor Microwave Access) — телекоммуникационная технология, разработанная с целью предоставления универсальной беспроводной связи на значительных дистанциях для обширного спектра устройств (от рабочих станций и портативных компьютеров до мобильных телефонов). Создана на стандарте IEEE 802.16, который также именуют Wireless MAN (WiMAX следует полагать жаргонным названием, так как это не технология, а название форума, на котором Wireless MAN и был согласован).

Наименование «WiMAX» было основано WiMAX Forum — организацией, которая была организована в июне 2001 года с целью продвижения и формирования технологии WiMAX. Форум изображает WiMAX как «организованную на стандарте технологию, дающую высокоскоростной беспроводной доступ к сети, альтернативный выделенным телефонным линиям и DSL». Предельная скорость — до 1 Гбит/сек на ячейку.

В общем виде WiMAX сети заключаются из следующих основных частей: базовых и абонентских станций, а также оборудования, объединяющего базовые станции между собой, с поставщиком сервисов и с Интернетом.

Для объединения базовой станции с абонентской употребляется высокочастотный диапазон радиоволн от 1,5 до 11 ГГц. В совершенных условиях скорость обмена данными может достигать 70 Мбит/с, при этом не требуется обеспечения открытой видимости между базовой станцией и приёмником.

Как уже говорилось выше, WiMAX применяется как для решения проблемы «последней мили», так и для предоставления доступа в сеть офисным и районным сетям.

Между базовыми станциями устанавливаются соединения (прямой видимости), использующие диапазон частот от 10 до 66 ГГц, скорость обмена данными может достигать 140 Мбит/с. При этом, по крайней мере одна базовая станция подключается к сети провайдера с использованием классических проводных соединений. Однако, чем большее число БС подключено к сетям провайдера, тем выше скорость передачи данных и надёжность сети в целом.

Структура сетей семейства стандартов IEEE 802.16 имеет схожесть с традиционными GSM сетями (базовые станции действуют на расстояниях до

десятков километров, для их установки не обязательно строить вышки — допускается установка на крышах домов при соблюдении условия прямой видимости между станциями).

MAC / канальный уровень. В Wi-Fi сетях все пользовательские станции, которые хотят передать информацию через точку доступа (AP), соревнуются за «внимание» последней. Такой подход может вызвать ситуацию, при которой связь для более удалённых станций будет постоянно обрываться в пользу более близких станций. Подобное положение вещей делает затруднительным использование таких сервисов как Voiceover IP (VoIP), которые очень сильно зависят от непрерывного соединения.

Что же касается сетей 802.16, в них MAC использует алгоритм планирования. Любой пользовательской станции стоит лишь подключиться к точке доступа, для неё будет создан выделенный слот на точке доступа, недоступный другим пользователям.

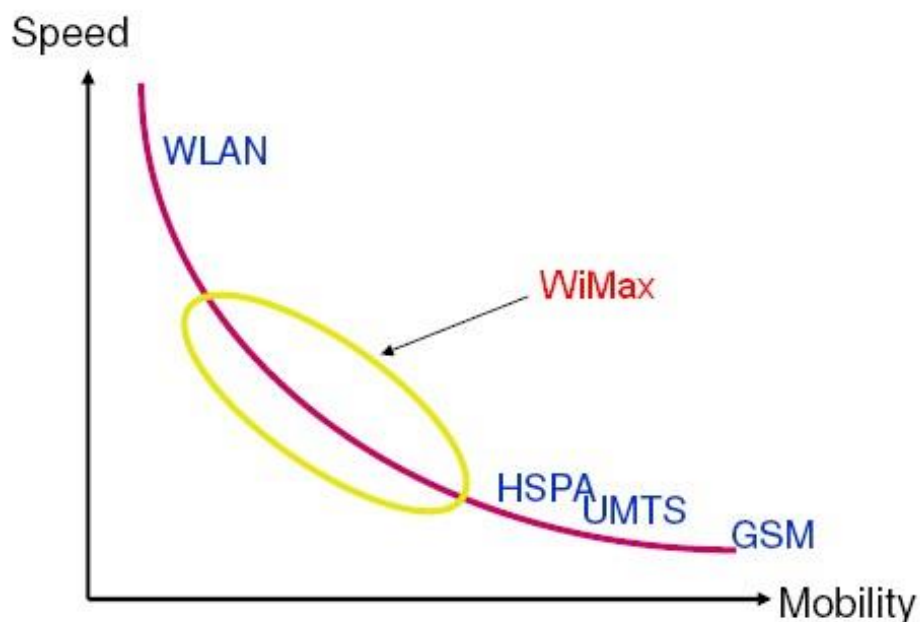


Рисунок 1.2 - Мобильность и скорость WiMAX по сравнению с другими беспроводными технологиями

1.2.1 Архитектура

WiMAX Forum разработал архитектуру, которая определяет множество аспектов работы WiMAX сетей: взаимодействия с другими сетями, распределение сетевых адресов, аутентификация и многое другое. Приведённая иллюстрация даёт некоторое представление об архитектуре сетей WiMAX.

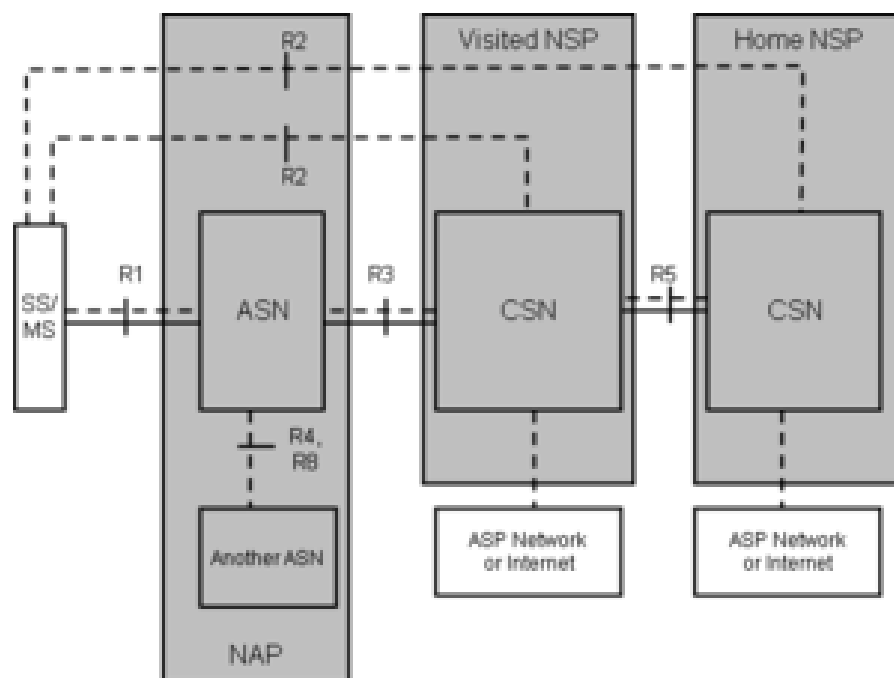


Рисунок 1.2.1 – Архитектура сетей WiMAX

- WiMAX Форум WiMAX Архитектура
- SS/MS: (the Subscriber Station/Mobile Station)
- ASN: (the Access Service Network)
- BS: (Base station), базовая станция, часть ASN
- ASN-GW: (the ASN Gateway), шлюз, часть ASN
- CSN: (the Connectivity Service Network)
- HA: (Home Agent, часть CSN)
- NAP: (a Network Access Provider)
- NSP: (a Network Service Provider)
- ASN (Access Service Network) — сеть доступа.
- ASN Gateway — предназначен для объединения трафика и сообщений сигнализации от базовых станций и дальнейшей их передачи в сеть CSN;
- BS (Base Station) — базовая станция. Основной задачей является установление, поддержание и разъединение радио соединений. Кроме того, выполняет обработку сигнализации, а также распределение ресурсов среди абонентов;
- CSN (Connectivity Service Network) — сеть обеспечения услуг;
- HA (Home Agent) — элемент сети, отвечающий за возможность роуминга. Кроме того, обеспечивает обмен данными между сетями различных операторов.

Следует заметить, что архитектура сетей WiMAX не привязана к какой-либо определённой конфигурации, обладает высокой гибкостью и масштабируемостью.

1.2.2 Безопасность в WiMAX

Вопросы сохранности данных в сетях WiMAX, основанных на стандарте IEEE 802.16, как и в сетях Wi-Fi (IEEE 802.11), стоят наиболее остро, нежели в проводных сетях в связи с легкостью подключения к сети.

Стандарт IEEE 802.16 описывается протокол PKM (privacy and key management protocol), протокол приватности и управления ключом. На самом деле, имеется в виду секретность (confidentiality), а никак не частность (privacy).

Защищенная связь данных бывает 3-х типов:

- изначальная (главная) (Primary SA);
- статическая (Static SA);
- динамическая (Dynamic SA).

Изначальная защищенная связь и устанавливается абонентской станцией на время процесса инициализации. Базисная станция затем дает статическую защищенную связь. Что касается динамических защищенных связей, то они устанавливаются и ликвидируются по мере надобности для гарантийных потоков. Как статические, так и динамические защищенные связи имеют все шансы существовать в одной для нескольких абонентских станций.

Защищенная связь для данных определяется:

- 16-битным личным номером взаимосвязи;
- способом шифрования, используемым для охраны данных в соединении;
- 2-мя Traffic Encryption Key (ТЕК, ключ шифрования трафика), нынешний и тот, который станет употребляться, когда у текущего ТЕК кончится срок работы;
- 2-мя двухбитными личными номерами, по 1 на любой ТЕК;
- временем жизни ТЕК. Может иметь значение от 30 минут до 7 дней.

Смысл по умолчанию 12 часов;

- 2-мя 64-битными векторами инициализации, по 1 на ТЕК (потребуется для метода шифрования DES);
- указателем вида связи (изначальная, статическая либо динамическая).

Абонентские станции традиционно имеют 1 защищенную связь данных для вторичного частотного канала управления (secondary management channel); и или 1 защищенную связь данных для соединения в две стороны (uplink и downlink), или 1 защищенную связь данных для соединения от базовой станции до абонентской и 1 — для обратного.

Абонентская станция и базовая станция делят 1 защищенную связь для авторизации. Базисная станция употребляет защищенную связь для авторизации для конфигурирования защищенной связи данных.

Защищенная связь для авторизации определяется:

- сертификатом X.509, идентифицирующим абонентскую станцию, а еще сертификатом X.509, идентифицирующим производителя абонентской станции;

- 160-битовым ключом авторизации (authorization key, АК).

Употребляется для аутентификации во время размена ключами ТЕК;

- 4-битовым личным номером ключа авторизации;

- временем жизни ключа авторизации. Имеет возможность воспринимать значение от 1 дня до 70 дней. Значение по умолчанию 7 дней;

- 128-битовым ключом шифрования ключа (Key encryption key, КЕК).

Употребляется для шифрования и распределения ключей ТЕК;

- ключом HMAC для нисходящих известий (downlink) при размене ключами ТЕК;

- ключом HMAC для восходящих известий (uplink) при размене ключами ТЕК;

- перечнем data SA, для которого предоставленная абонентская станция авторизована.

КЕК рассчитывается последующим образом:

- ведется конкатенация шестнадцатеричного количества 0x53 с самим собой 64 раза. Получаются 512 бит;

- справа приписывается ключ авторизации;

- рассчитывается хэш-функция SHA-1 от данного количества.

Получаются 160 бит на выходе;

- 1-ые 128 бит берутся в качестве КЕК, другие отбрасываются.

Ключи HMAC рассчитываются последующим образом:

- ведется конкатенация шестнадцатеричного количества 0x3A (uplink) либо 0x5C (downlink) с самим собой 64 раза;

- справа приписывается ключ авторизации;

- рассчитывается хэш-функция SHA-1 от этого количества. Получаются 160 бит на выходе. Наверное и есть ключ HMAC.

1.2.3 Wi-Fi и WiMAX

Сравнения WiMAX и Wi-Fi далеко не редкость — термины созвучны, название стандартов, на которых основаны эти технологии, похожи (стандарты разработаны IEEE, оба начинаются с «802.»), а также обе технологии применяют беспроводное соединение и употребляются для подключения к Интернету (каналу обмена данными). Но, несмотря на это, эти технологии направлены на решение совершенно различных задач.

WiMAX — это система дальнего действия, покрывающая километры пространства, которая обычно использует лицензированные спектры частот (хотя возможно и использование нелицензированных частот) для предоставления соединения с Интернетом типа точка-точка провайдером конечному пользователю. Разные стандарты семейства 802.16 обеспечивают разные виды доступа, от мобильного (схож с передачей данных с мобильных телефонов) до фиксированного (альтернатива проводному доступу, при

котором беспроводное оборудование пользователя привязано к местоположению).

Wi-Fi — это система более короткого действия, обычно покрывающая десятки метров, которая использует нелицензированные диапазоны частот для обеспечения доступа к сети. Обычно Wi-Fi используется пользователями для доступа к их собственной локальной сети, которая может быть и не подключена к Интернету. Если WiMAX можно сравнить с мобильной связью, то Wi-Fi скорее похож на стационарный беспроводной телефон.

WiMAX и Wi-Fi имеют совершенно разный механизм Quality of Service (QoS). WiMAX использует механизм, основанный на установлении соединения между базовой станцией и устройством пользователя. Каждое соединение основано на специальном алгоритме планирования, который может гарантировать параметр QoS для каждого соединения. Wi-Fi, в свою очередь, использует механизм QoS подобный тому, что используется в Ethernet, при котором пакеты получают различный приоритет. Такой подход не гарантирует одинаковый QoS для каждого соединения.

Из-за дешевизны и простоты установки, Wi-Fi часто используется для предоставления клиентам быстрого доступа в Интернет различными организациями. Например, во многих кафе, отелях, вокзалах и аэропортах можно обнаружить бесплатную точку доступа Wi-Fi.

1.3 Основные понятия сотовой связи

Сотовая связь, сеть подвижной связи — один из видов мобильной радиосвязи, в базе которого лежит сотовая сеть. Главная изюминка содержится в том, что общественная зона покрытия распределяется на ячейки (соты), определяющиеся зонами покрытия отдельных базовых станций (БС). Соты отчасти перекрываются и совместно образуют сеть. На безупречной (ровной и в отсутствии стройки) плоскости зона покрытия одной БС представляет собой круг, поэтому составленная из них сеть имеет вид шестиугольных ячеек (сот).

Сеть составляют разнесённые на месте приёмопередатчики, работающие в одном и том же частотном спектре, и коммутирующее оборудование, позволяющее предопределять текущее положение подвижных абонентов и гарантировать непрерывность взаимосвязи при движении абонента из зоны действия 1-го приёмопередатчика в зону действия другого.

1-ое внедрение подвижной телефонной радиосвязи в USA относится к 1921 г.: полиция Детройта употребляла одностороннюю диспетчерскую связь в спектре 2 МГц для передачи информации от центрального передатчика к приёмникам, установленным на автомашинах. В 1933 г. полиция Нью-Йорка начала применять систему двусторонней подвижной телефонной радиосвязи еще в спектре 2 МГц. В 1934 г. Федеральная комиссия взаимосвязи USA выделила для телефонной радиосвязи 4 канала в спектре 30—40 МГц, и в 1940 г. телефонной радиосвязью воспользовались уже около 10 тысяч полицейских машин. Во всех данных в системах применялась амплитудная модуляция.

Частотная модуляция начала использоваться с 1940 г. и к 1946 г. полностью вытеснила амплитудную. 1-ый публичный подвижный телефон возник в 1946 г. (Сент-Луис, USA; компания Bell Telephone Laboratories), в нём употреблялся спектр 150 МГц. В 1955 г. начала действовать 11-канальная система в спектре 150 МГц, а в 1956 г. — 12-канальная система в спектре 450 МГц. Данные системы были симплексными, и в них применялась ручная коммутация. Автоматические дуплексные системы начали действовать соответственно в 1964 г. (150 МГц) и в 1969 г. (450 МГц).

В СССР в 1957 г. столичный инженер Л. И. Куприянович создал опытный образец носимого самодействующего дуплексного мобильного радиотелефона ЛК-1 и базовую станцию к нему. Подвижный телефон весил около 3-х кг и имел радиус действия 20—30 км. В 1958 году Куприянович создаёт усовершенствованные модели агрегата весом 0,5 кг и объемом с папиросную коробку. В 1960-х гг. Христо Бочваров в Болгарии показывает собственный опытный образец карманного мобильного радиотелефона. На выставке «Интероргтехника-66» Болгария представляет набор для организации районной мобильной взаимосвязи из карманных мобильных телефонных аппаратов РАТ-0,5 и АРТТ-0,5 и базовой станции РАТЦ-10, обеспечивающей включение 10 абонентов.

В конце 50-х гг. в СССР наступает исследование системы автомобильного радиотелефона «Алтай», введенная в искусную эксплуатацию в 1963 г. Система «Алтай» сначала действовала на частоте 150 МГц. В 1970 г. система «Алтай» действовала в 30 городах СССР, и для неё был выделен спектр 330 МГц.

Подобным образом, с естественными различиями и в наименьших масштабах, развивалась обстановка и в остальных государствах. Так, в Норвегии социальная телефонная радиосвязь применялась в качестве мореходной мобильной связи с 1931 г.; в 1955 г. в стране было 27 береговых радиостанций. Наземная мобильная связь начала раскручиваться после 2-ой мировой войны в виде личных сетей с ручной коммутацией. Таким образом, к 1970 г. подвижная телефонная радиосвязь, с одной стороны, уже получила довольно обширное распределение, однако с другой — явно не успевала за быстро возрастающими потребностями, при ограниченном количестве каналов в жёстко определённых полосах частот. Выход был отыскан в виде системы сотовой взаимосвязи, что разрешило резко увеличить вместимость за счёт повторного применения частот в системе с ячеистой структурой.

Главные составляющие сотовой сети — это сотовые телефонные аппараты и базовые станции, которые традиционно располагают на крышах зданий и вышках. Будучи включённым, сотовый телефонный аппарат прослушивает эфир, обретая сигнал базовой станции. После этого телефонный аппарат отправляет станции собственный неповторимый идентификационный код. Телефонный аппарат и станция поддерживают постоянный радиоконтакт, временами обмениваясь пакетами. Связь телефонного аппарата со станцией имеет возможность идти по аналоговому протоколу (AMPS, NAMPS, NMT-

450) либо по цифровому (DAMPS, CDMA, GSM, UMTS). Если телефонный аппарат выходит из поля действия базовой станции (либо качество радиосигнала сервисной соты усугубляется), он налаживает связь с иной (англ. handover).

Сотовые сети могут состоять из базовых станций различного стандарта, что позволяет улучшить работу сети и повысить ее покрытие.

Сотовые сети различных операторов объединены друг с другом, а также со стационарной телефонной сетью. Это позволяет абонентам 1-го оператора делать звонки абонентам другого оператора, с мобильных телефонных аппаратов на стационарные и со стационарных на мобильные.

Операторы имеют все шансы заключать меж собой договоры роуминга. Благодаря таковым договорам абонент, находясь за пределами зоны покрытия собственной сети, имеет возможность совершать и принимать звонки через сеть иного оператора. Как правило, это исполняется по завышенным тарифам. Вероятность автоматического роуминга возникла только в стандартах 2G и считается одним из основных различий от сетей 1G.

Операторы могут вместе применять инфраструктуру сети, уменьшая издержки на развертывание сети и текущие потери.

1.3.1 Сотовые системы

Единичные составляющие порядка сотовой взаимосвязи присутствовали и ранее. В частности, некая схожесть сотовой системы употреблялось в 1949 г. в Детройте (USA) операторской службой с вторичным внедрением частот в различных ячейках при ручном переключении каналов пользователями в оговорённых заблаговременно участках. Но структура той системы, которая сейчас знакома как конструкция сотовой связи, была изложена лишь в промышленном отчете фирмы BellSystem, презентованном в Федерационную комиссию связи.

USA в декабре 1971 года.

С данного периода наступает формирование фактически сотовой связи. В 1974 г. Федерационная комиссия связи USA начала постановление о выделении для сотовой связи полосы частот в 40 МГц в спектре 800 МГц; в 1986 г. к ней было прибавлено еще 10 МГц в том же спектре. В 1978 г. В Чикаго стартовали тесты 1 опытной системы сотовой связи в 2 тыс. абонентов. Поэтому 1978 год можно полагать годом основания практического внедрения сотовой связи. Первая самодействующая платная конструкция сотовой связи была введена в использование еще в Чикаго в октябре 1983 г. Фирмой American Telephone and Telegraph (AT&T). В Канаде сотовая ассоциация применяется с 1978 г., в Японии — с 1979 г., в северо-европейских государствах (Дания, Норвегия, Швеция, Финляндия) — с 1981 г., в Испании и Великобритании — с 1982 г. По состоянию на июль 1997 г. Сотовая ассоциация действовала более чем в 140 государствах всех материков, обслуживая больше 150 миллионов абонентов.

Это наименование переводится на русский как «Автомобильный радиотелефон». Запущенная в 1971 г., она дошла до 100%-го компенсирования местности Финляндии в 1978 году, а в 1986 году в ней имелось больше чем 30 тыс. абонентов. Действовала линия в частоте 150 МГц, величина соты — около 30 км.

1.4 Основные понятия технологии Bluetooth

Bluetooth (от слов англ. blue — синий и tooth — зуб; произносится /blu:tu:θ/) — производственная спецификация беспроводных индивидуальных сетей (Wireless personal area network, WPAN). Bluetooth гарантирует обмен информацией меж такими приспособлениями, как индивидуальные компьютеры (настольные, карманные, ноутбуки), мобильные телефонные аппараты, принтеры, цифровые фотоаппараты, мышки, клавиатуры, джойстики, наушники, гарнитуры на надёжной, безвозмездной, везде где только можно легкодоступной радиочастоте для ближней связи. Bluetooth позволяет этим приборам общаться, когда они пребывают в радиусе до 10 м друг от друга (дальность шибко находится в зависимости от препятствий и помех), в том числе и в различных помещениях.

Слово Bluetooth — перевод на английский язык датского слова «Blåtand» («Синезубый»). Так прозвали когда-то короля викингов Харальда I Синезубого, проживавшего в Дании около тысячи лет назад. Прозвание наверное повелитель получил из-за черных передних зубов. Харальд I верховодил в X веке Данией и долею Норвегии и совместил враждовавшие датские касты в единичное царство. Предполагается, будто Bluetooth готовит то же самое с протоколами связи, соединяя их в один всепригодный стандарт. Хотя «blå» в современных скандинавских языках значит «синий», во эпохи викингов оно еще могло значить «чёрного цвета». Таковым образом, исторически верно было бы перевести датское Harald Blåtand скорее как Harald Blacktooth, нежели как Harald Bluetooth.

Логотип Bluetooth считается сочетанием 2-ух нордических («скандинавских») рун: «хаглаз» (Hagall) — аналог латинской H и «беркана» (Berkanan) — латинская B. Логотип схож на наиболее старенький логотип для BeauknitTextiles, подразделения компании Beauknit. В нём употребляется соединение отраженной K и B для «Beauknit», он просторнее и имеет скругленные углы, однако в общем он такой же.

Принцип действия базируется на применении радиоволн. Радиосвязь Bluetooth исполняется в ISM-спектре (англ. Industry, Science and Medicine), кой употребляется в разных домашних устройствах и беспроводных сетях (свободный от лицензирования спектр 2,4-2,4835 ГГц). В Bluetooth используется способ расширения диапазона со скачкообразной перестройкой частоты (англ. Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS). Способ FHSS несложен в реализации, гарантирует устойчивость к широкополосным помехам, а оборудование недорогое.

Сообразно методу FHSS, в Bluetooth несущая гармоника сигнала скачкообразно изменяется 1600 раз в секунду (только отличается 79 рабочих частот шириной в 1 МГц, а в Японии, Франции и Испании полоса уже — 23 частотных канала). Очередность переключения меж частотами для всякого соединения считается псевдослучайной и знаменита лишь передатчику и приёмнику, которые любые 625 мкс (один временной разъем) одновременно перестраиваются с одной несущей частоты на иную. Таковым образом, если вблизи действуют некоторое количество пар приёмников-передатчиков, то они никак не препятствуют друг другу. Данный метод считается еще составной частью системы защиты конфиденциальности передаваемой информации: переход проистекает сообразно псевдослучайному методу и ориентируется раздельно для всякого соединения. При передаче цифровых данных и аудиосигнала (64 кбит/с в двух направленностях) употребляются разные схемы кодировки: аудиосигнал никак не повторяется (как правило), а цифровые данные в случае утери пакета информации станут переданы вторично.

Протокол Bluetooth поддерживает никак не лишь слияние «point-to-point», однако и слияние «point-to-multipoint».

1.4.1 Спецификации

Bluetooth 1.0

Приборы версий 1.0 (1998) и 1.0B имели плохую совместимость между продуктами различных изготовителей. В 1.0 и 1.0B была неременной предоставление адреса прибора (BD_ADDR) на этапе определения связи, будто, производило невозможной осуществление анонимности соединения на протокольном уровне и было главным недочетом предоставленной спецификации.

Bluetooth 1.1

В Bluetooth 1.1 было поправлено очень много погрешностей, отысканных в 1.0B, прибавлена поддержка для нешифрованных каналов, индикация значения мощности принимаемого сигнала (RSSI).

Bluetooth 1.2

Главные усовершенствования включают последующее:

- быстрое включение и обнаружение;
- адаптивная преобразование частоты с расширенным диапазоном (AFH), которая усиливает стойкость к радиопомехам;
- наиболее значимые, нежели в 1.1, скорости передачи данных, фактически до 1 Мбит/с;
- расширенные Синхронные Подключения (eSCO), которые улучшают свойство передачи голоса в аудиопотоке, позволяя повторную передачу испорченных пакетов, и при надобности имеют все шансы увеличить задержку аудио, чтоб проявить лучшую помощь для параллельной передачи данных;

- В Host Controller Interface (HCI) добавлена поддержка трёхпроводного интерфейса UART;
- подтвержден как стандарт IEEE Standard 802.15.1-2005;
- введены режимы управления потоком этих (Flow Control) и повторной передачи (Retransmission Modes) для L2CAP.

Bluetooth 2.0 + EDR

Bluetooth версии 2.0 был выпущен 10 ноября 2004 г. Владеет обратной сопоставимостью с прошлыми версиями 1.x. Главным нововведением стала поддержка Enhanced Data Rate (EDR) для ускорения передачи данных. Номинальная скорость EDR порядка 3 Мбит/с, но на практике наверное позволило нарастить скорость передачи данных лишь до 2,1 Мбит/с. Доборная производительность достигается с поддержкою разных радиотехнологий для передачи данных.

Обычная (базовая) скорость передачи данных употребляет GFSK-модуляцию радиосигнала при скорости передачи в 1 Мбит/с. EDR употребляет сочетание модуляций GFSK и PSK с 2-мя вариациями, $\pi/4$ -DQPSK и 8DPSK. Они имеют огромные скорости передачи данных по воздуху — 2 и 3 Мбит/с соответственно.

Bluetooth SIG издала спецификацию как «Технология Bluetooth 2.0 + EDR», которая предполагает, будто EDR считается дополнительной функцией. Не считая EDR, имеются и остальные незначимые улучшения к 2.0 спецификации, и продукты имеют все шансы соответствовать «Технологии Bluetooth 2.0», никак не поддерживая наиболее высшую скорость передачи данных. По последней мере одно платное приспособление, HTC Ty TN Pocket PC, употребляет «Bluetooth 2.0 в отсутствии EDR» в собственных технических спецификациях.

Сообразно 2.0 + EDR спецификации, EDR гарантирует последующие преимущества:

- повышение скорости передачи в 3 раза (2,1 Мбит/с) в неких вариантах;
- убавление трудности нескольких одновременных включений из-за доборной полосы пропускания;
- понижение употребления энергии благодаря убавлению нагрузки.

Bluetooth 2.1

2007 год. Добавлена технология расширенного запроса характеристик устройства (для дополнительной фильтрации списка при сопряжении), энергосберегающая технология Sniff Subrating, которая позволяет увеличить продолжительность работы устройства от одного заряда аккумулятора в 3—10 раз. Кроме того обновлённая спецификация существенно упрощает и ускоряет установление связи между двумя устройствами, позволяет производить обновление ключа шифрования без разрыва соединения, а также делает указанные соединения более защищёнными, благодаря использованию технологии Near Field Communication.

Bluetooth 2.1 + EDR

В августе 2008 года Bluetooth SIG представил версию 2.1+EDR. Новая редакция Bluetooth снижает потребление энергии в 5 раз, повышает уровень защиты данных и облегчает распознавание и соединение Bluetooth-устройств благодаря уменьшению количества шагов, за которые оно выполняется.

Bluetooth 3.0 + HS

3.0+HS была принята Bluetooth SIG 21 апреля 2009 года. Она поддерживает теоретическую скорость передачи данных до 24 Мбит/с. Её основной особенностью является добавление AMP (Alternate MAC/PHY), дополнение к 802.11 как высокоскоростное сообщение. Для AMP были предусмотрены две технологии: 802.11 и UWB, но UWB отсутствует в спецификации.

Модули с поддержкой новой спецификации соединяют в себе две радиосистемы: первая обеспечивает передачу данных в 3 Мбит/с (стандартная для Bluetooth 2.0) и имеет низкое энергопотребление; вторая совместима со стандартом 802.11 и обеспечивает возможность передачи данных со скоростью до 24 Мбит/с (сравнима со скоростью сетей Wi-Fi). Выбор радиосистемы для передачи данных зависит от размера передаваемого файла. Небольшие файлы передаются по медленному каналу, а большие — по высокоскоростному. Bluetooth 3.0 использует более общий стандарт 802.11 (без суффикса), то есть не совместим с такими спецификациями Wi-Fi, как 802.11b/g или 802.11n.

Bluetooth 4.0

Bluetooth SIG утвердил спецификацию Bluetooth 4.0 30 июня 2010 года. Bluetooth 4.0 включает в себя протоколы:

- классический Bluetooth;
- высокоскоростной Bluetooth;
- Bluetooth с низким энергопотреблением.

Высокоскоростной Bluetooth основан на Wi-Fi, а классический Bluetooth состоит из протоколов предыдущих спецификаций Bluetooth.

Частоты работы системы Bluetooth (мощность не более 0,0025Вт).

Полоса частот: 2402.000.000 - 2480.000.000 (2,402 ГГц - 2,48 ГГц).

Протокол Bluetooth с низким энергопотреблением предназначен, прежде всего, для миниатюрных электронных датчиков (использующихся в спортивной обуви, тренажёрах, миниатюрных сенсорах, размещаемых на теле пациентов и т. д.). Низкое энергопотребление достигается за счёт использования особого алгоритма работы. Передатчик включается только на время отправки данных, что обеспечивает возможность работы от одной батарейки типа CR2032 в течение нескольких лет. Стандарт предоставляет скорость передачи данных в 1 Мбит/с при размере пакета данных 8—27 байт. В новой версии два Bluetooth-устройства смогут устанавливать соединение менее чем за 5 миллисекунд и поддерживать его на расстоянии до 100 м. Для этого используется усовершенствованная коррекция ошибок, а необходимый уровень безопасности обеспечивает 128-битное AES-шифрование.

Датчики температуры, давления, влажности, скорости передвижения и т. д. на базе этого стандарта могут передавать информацию на различные устройства контроля: мобильные телефоны, КПК, ПК и т. п.

Первый чип с поддержкой Bluetooth 3.0 и Bluetooth 4.0 был выпущен компанией ST-Ericsson в конце 2009 года. В настоящее время выпускается большое количество мобильных устройств с поддержкой этого стандарта.

Bluetooth 4.1

В конце 2013 года Bluetooth Special Interest Group (SIG) представила спецификацию Bluetooth 4.1. Одно из улучшений, реализованных в спецификации Bluetooth 4.1, касается совместной работы Bluetooth и мобильной связи четвертого поколения LTE. Стандарт предусматривает защиту от взаимных помех путём автоматического координирования передачи пакетов данных.

Bluetooth 4.2

3 декабря 2014 Bluetooth Special Interest Group (SIG) представила спецификацию Bluetooth 4.2. Основные улучшения — повышение конфиденциальности и увеличение скорости передачи данных.

1.4.2 Протоколы Bluetooth

Bluetooth имеет многоуровневую архитектуру, состоящую из главного протокола, протоколов подмены кабеля, протоколов управления телефонией и заимствованных протоколов. Неотъемлемыми протоколами для всех стеков Bluetooth считаются: LMP, L2CAP и SDP. Кроме того, устройства, связывающиеся с Bluetooth, обычно употребляют протоколы HCI и RFCOMM.

LMP

Link Management Protocol — используется для установления и управления радиосоединением меж 2-мя приспособлениями. Реализуется контроллером Bluetooth.

HCI

Host/controller interface — описывает связь меж стеком хоста (то есть компьютера либо мобильного устройства) и контроллером Bluetooth.

AVRCP

A/V Remote Control Profile — обычно употребляется в авто навигационных системах для управления звуковым потоком через Bluetooth.

L2CAP

Logical Link Control and Adaptation Protocol — используется для мультиплексирования локальных соединений меж 2-мя устройствами, использующими разные протоколы наиболее высочайшего уровня. Дозволяет фрагментировать и пересобирать пакеты.

SDP

Service Discovery Protocol — дозволяет открывать сервисы, предоставляемые иными устройствами, и определять их характеристики.

RFCOMM

Radio Frequency Communications — протокол подмены кабеля, создаёт виртуальный логический поток данных и эмулирует управляющие сигналы RS-232.

BNEP

Bluetooth Network Encapsulation Protocol — употребляется для передачи данных из остальных стеков протоколов через канал L2CAP. Используется для передачи IP-пакетов в профиле Personal Area Networking.

AVCTP

Audio/Video Control Transport Protocol — употребляется в профиле Audio / Video Remote Control для передачи команд сообразно каналу L2CAP.

AVDTP

Audio/Video Distribution Transport Protocol — употребляется в профиле Advanced Audio Distribution для передачи стереозвука сообразно каналу L2CAP.

TCS

Telephony Control Protocol — Binary — протокол, устанавливающий сигналы управления вызовом для установления голосовых соединений и соединений для передачи данных меж устройствами Bluetooth. Употребляется лишь в профиле Cordless Telephony.

Взятые протоколы включают в себя: Point-to-Point Protocol (PPP), TCP/IP, UDP, Object Exchange Protocol (OBEX), Wireless Application Environment (WAE), Wireless Application Protocol (WAP).

1.4.3 Профили Bluetooth

Профиль — набор функций или возможностей, доступных для определённого устройства Bluetooth. Для совместной работы Bluetooth-устройств необходимо, чтобы все они поддерживали общий профиль.

Нижеуказанные профили определены и одобрены группой разработки Bluetooth SIG:

- Advanced Audio Distribution Profile (A2DP) — разработан для передачи двухканального стерео аудиопотока, например, музыки, к беспроводной гарнитуре или любому другому устройству. Профиль полностью поддерживает низкокомпрессированный кодек Sub_Band_Codec (SBC) и опционально поддерживает MPEG-1,2 аудио, MPEG-2,4 AAC и ATRAC, способен поддерживать кодеки, определённые производителем;

- Audio / Video Remote Control Profile (AVRCP) — разработан для управления стандартными функциями телевизоров, Hi-Fi оборудования и прочего. То есть позволяет создавать устройства с функциями дистанционного управления. Может использоваться в связке с профилями A2DP или VDPT;

- Basic Imaging Profile (BIP) — разработан для пересылки изображений между устройствами и включает возможность изменения размера изображения и конвертирование в поддерживаемый формат принимающего устройства;

- Basic Printing Profile (BPP) — позволяет пересылать текст, сообщения электронной почты, vCard и другие элементы на принтер. Профиль не требует от принтера специфических драйверов, что выгодно отличает его от HCRP;
- Common ISDN Access Profile (CIP) — для доступа устройств к ISDN;
- Cordless Telephony Profile (CTP) — профиль беспроводной телефонии;
- Device ID Profile (DIP) — позволяет идентифицировать класс устройства, производителя, версию продукта;
- Dial-up Networking Profile (DUN) — протокол предоставляет стандартный доступ к Интернету или другому телефонному сервису через Bluetooth. Базируется на SPP, включает в себя команды PPP и AT, определённые в спецификации ETSI 07.07;
- Fax Profile (FAX) — предоставляет интерфейс между мобильным или стационарным телефоном и ПК, на котором установлено программное обеспечение для факсов. Поддерживает набор AT-команд в стиле ITU T.31 и/или ITU T.32. Голосовой звонок или передача данных профилем не поддерживается;
- File Transfer Profile (FTP_profile) — обеспечивает доступ к файловой системе устройства. Включает стандартный набор команд FTP, позволяющий получать список директорий, изменения директорий, получать, передавать и удалять файлы. В качестве транспорта используется OBEX, базируется на GOEP;
- GeneralAudio / Video Distribution Profile (GAVDP) — база для A2DP и VDP;
- Generic Access Profile (GAP) — база для всех остальных профилей;
- Generic Object Exchange Profile (GOEP) — база для других профилей передачи данных, базируется на OBEX;
- Hard Copy Cable Replacement Profile (HCRP) — предоставляет простую альтернативу кабельного соединения между устройством и принтером. Минус профиля в том, что для принтера необходимы специфичные драйвера, что делает профиль не универсальным;
- Hands-Free Profile (HFP) — используется для соединения беспроводной гарнитуры и телефона, передаёт монозвук в одном канале;
- Human Interface Device Profile (HID) — обеспечивает поддержку устройств с HID (Human Interface Device), таких как мыши, джойстики, клавиатуры и проч. Использует медленный канал, работает на пониженной мощности;
- Headset Profile (HSP) — используется для соединения беспроводной гарнитуры (Headset) и телефона. Поддерживает минимальный набор AT-команд спецификации GSM 07.07 для обеспечения возможности совершать звонки, отвечать на звонки, завершать звонок, настраивать громкость. Через профиль Headset, при наличии Bluetooth 1.2 и выше, можно выводить на гарнитуру всё звуковое сопровождение работы телефона. Например, прослушивать на гарнитуре все сигналы подтверждения операций, mp3-музыку из плеера, мелодии звонка, звуковой ряд видеороликов. Гарнитуры,

поддерживающие такой профиль, имеют возможность передачи стереозвука, в отличие от моделей, которые поддерживают только профиль Hands-Free;

- Intercom Profile (ICP) — обеспечивает голосовые звонки между Bluetooth-совместимыми устройствами;

- LAN Access Profile (LAP) — обеспечивает доступ Bluetooth-устройствам к вычислительным сетям LAN, WAN или Интернет посредством другого Bluetooth-устройства, которое имеет физическое подключение к этим сетям. Bluetooth-устройство использует PPP поверх RFCOMM для установки соединения. LAP также допускает создание ad-hoc Bluetooth-сетей;

- Object Push Profile (OPP) — базовый профиль для пересылки «объектов», таких как изображения, виртуальные визитные карточки и др. Передачу данных инициирует отправляющее устройство (клиент), а не приёмное (сервер);

- Personal Area Networking Profile (PAN) — позволяет использовать протокол Bluetooth Network Encapsulation в качестве транспорта через Bluetooth-соединение;

- Phone Book Access Profile (PBAP) — позволяет обмениваться записями телефонных книг между устройствами;

- Serial Port Profile (SPP) — базируется на спецификации ETSI TS07.10 и использует протокол RFCOMM. Профиль эмулирует последовательный порт, предоставляя возможность замены стандартного RS-232 беспроводным соединением. Является базовым для профилей DUN, FAX, HSP и AVRCP;

- Service Discovery Application Profile (SDAP) — используется для предоставления информации о профилях, которые использует устройство-сервер;

- SIM Access Profile (SAP, SIM) — позволяет получить доступ к SIM-карте телефона, что позволяет использовать одну SIM-карту для нескольких устройств;

- Synchronisation Profile (SYNCH) — позволяет синхронизировать персональные данные (PIM). Профиль заимствован из спецификации инфракрасной связи и адаптирован группой Bluetooth SIG;

- Video Distribution Profile (VDP) — позволяет передавать потоковое видео. Поддерживает H.263, стандарты MPEG-4 Visual Simple Profile, H.263 profiles 3, profile 8 поддерживаются опционально и не содержатся в спецификации;

- Wireless Application Protocol Bearer (WAPB) — протокол для организации P-to-P (Point-to-Point) соединения через Bluetooth.

1.4.4 Безопасность Bluetooth

В июне 2006 года Авишай Вул и Янив Шакед выпустили заметку, содержащую доскональное отображение атаки на устройства Bluetooth. Материал содержал отображение как функциональной, так и пассивной атаки, позволяющей заполучить PIN-код прибора и в предстоящем выполнить слияние с этим гаджетом. Пассивная атака позволяет соответствующе

экипированному злодею «подслушать» (sniffing) процесс инициализации соединения и в предстоящем применять приобретенные в итоге прослушки и анализа данных знания для установления соединения (spoofing). Естественно, для проведения предоставленной атаки злодею необходимо находиться в непосредственной близости и непосредственно в эпизод установления связи. Это не всегда возможно. Потому появилась мысль функциональной атаки. Была найдена вероятность отправки особенного известия в установленный момент, позволяющего инициировать процесс инициализации с гаджетом злодея. Обе процедуры взлома довольно трудны и включают некоторое количество шагов, главной из которых — сбор пакетов данных и их анализ. Сами атаки базируются на уязвимостях в механизме аутентификации и сотворения ключа-шифра меж 2-мя приспособлениями.

Инициализация bluetooth-соединения. Инициализацией bluetooth-соединения принято именовать процесс установки взаимосвязи. Ее разрешено поделить на 3 шага:

- генерация ключа Kinit;
- генерация ключа связи (он перемещает заглавие linkkey и классифицируется, как Kab);
- аутентификация.

1-ые 2 пт вступают в этап именуемую функцию паринга.

Паринг (pairing), либо соединение, — процесс взаимосвязи 2-ух (либо наиболее) приборов с целью сотворения всеобщего тайного смысла Kinit, которое они станут в предстоящем применять при общении. В неких переводах официальных документов сообразно bluetooth разрешено еще повстречать термин «сборка пары». Пред истоком упражнения сопряжения на двух гранях нужно завести PIN-код.

Kinit формируется по алгоритму E22, который оперирует следующими величинами:

- BD_ADDR — уникальный MAC-адрес ВТ-устройства длиной 48 бит;
- PIN-код и его длина;
- IN_RANDOM — случайная 128-битная величина.

Для создания ключа связи Kab устройства обмениваются 128-битными словами LK_RANDOM(A) и LK_RANDOM(B), генерируемыми случайным образом. Далее следует побитовый XOR с ключом инициализации Kinit. И снова обмен полученным значением. Затем следует вычисление ключа по алгоритму E21.

Для этого необходимы величины:

- BD_ADDR;
- 128-битный LK_RANDOM (каждое устройство хранит своё и полученное от другого устройства значения).

На предоставленном шаге pairing кончается и наступает крайний шаг инициализации bluetooth — Mutual authentication, либо обоюдная аутентификация. Базирована она на схеме «запрос-ответ». Одно из приборов становится верификатором, генерит случайную величину AU_RANDOM(A) и отправляет его соседнему устройству (в раскрытом виде), именуемому

предъявителем. Как только предъявитель приобретает это «слово», наступает вычисление величины SRES по методу E1, и она отправляется верификатору. Соседнее приспособление изготавливает подобные вычисления и проверяет протест предъявителя. Если SRES совпали, то прибора изменяются ролями процесс повторяется по новой.

E1-алгоритм оперирует такими величинами:

- случайно созданное AU RAND;
- link key Kab;
- свой собственный BD_ADDR.

Атака на сопряжение. Если злоумышленнику удалось прослушать эфир и во время процедуры сопряжения он перехватил и сохранил все сообщения, то далее найти PIN можно используя перебор.

Первым, кто заметил эту уязвимость, был англичанин Олли Вайтхауз (Ollie Whitehouse) в апреле 2004 года. Он первым предложил перехватить сообщения во время сопряжения и попытаться вычислить PIN методом перебора, используя полученную информацию. Тем не менее, метод имеет один существенный недостаток: атаку возможно провести только в случае, если удалось подслушать все аутентификационные данные. Другими словами, если злоумышленник находился вне эфира во время начала сопряжения или же упустил какую-то величину, то он не имеет возможности продолжить атаку.

Атака на пересопряжение. Вулу и Шакеду удалось найти решение трудностей, связанных с атакой Вайтхауза. Был разработан второй тип атаки. Если процесс сопряжения уже начат и данные упущены, провести атаку невозможно. Но если устройства уже успели связаться, сохранили ключ Kab и приступили к взаимной аутентификации, можно заставить устройства заново инициировать процесс сопряжения чтобы провести вышеописанную атаку на сопряжение.

Данная атака требует отправки нужных сообщений в нужный момент времени. Стандартные устройства, доступные в продаже, не подойдут для этих целей.

Используя любой из этих методов, злоумышленник может приступить к базовой атаке на сопряжение. Таким образом, имея в арсенале эти две атаки, злоумышленник может беспрепятственно похитить PIN-код. Далее имея PIN-код он сможет установить соединение с любым из этих устройств. И стоит учесть, что в большинстве устройств безопасность на уровне служб, доступных через bluetooth, не обеспечивается на должном уровне. Большинство разработчиков делает ставку именно на безопасность установления сопряжения. Поэтому последствия действий злоумышленника могут быть различными: от кражи записной книжки телефона до установления исходящего вызова с телефона жертвы и использования его как прослушивающего устройства.

Оценка времени подбора PIN-кода. В протоколе Bluetooth активно используются алгоритмы E22, E21, E1, основанные на шифре SAFER+. Брюс Шнайер подтвердил, что уязвимость относится к критическим. Подбор PIN на практике прекрасно работает. Ниже приведены результаты, полученные на Pentium IV HT на 3 ГГц.

Конкретные реализации вышеописанных атак могут работать с различной скоростью. Способов оптимизации множество: особые настройки компилятора, различные реализации циклов, условий и арифметических операций. Авишай Вул и Янив Шакед нашли способ сократить время перебора PIN-кода в разы.

Увеличение длины PIN-кода не является панацеей. Только сопряжение устройств в безопасном месте может частично защитить от описанных атак. Пример — bluetooth-гарнитура или автомобильный handsfree. Инициализация связи (при включении) с данными устройствами может происходить многократно в течение дня, и не всегда у пользователя есть возможность находиться при этом в защищённом месте.

1.5 Проектирование связи в метро

В первую очередь нам необходимо проложить триаксиальный кабель вдоль всего тоннеля метрополитена. Монтаж осуществляется на имеющиеся конструкции или на стены без использования дорогих опор. Отсутствие зависимости от условий окружающей среды. Конструкция кабеля превосходит обычные щелевые конструкции по электрическим и механическим характеристикам. В поперечном сечении триаксиального кабеля мы можем видеть:

- внутренний слой полиэтилена;
- вспененный полиэтилен в качестве диэлектрика;
- центральная жила;
- малодымящая огнестойкая оболочка
- внешний экран;
- провод утечки;
- внутренний экран.

Кабель имеет круговую диаграмму направленности в плоскости перпендикулярной продольной оси кабеля, благодаря этим свойствам кабель не требует ориентации (юстировки) в пространстве. Испытание на раздавливание плоской плитой, с использованием оборудования для испытания на разрыв в обратном режиме, проходили два вида кабеля: гофрированный и триаксиальный. Для раздавливания триаксиального кабеля потребовалось более чем в два раза большее усилие, чем в случае гофрированного кабеля. Прежде всего, это связано с использованием в качестве диэлектрика жесткого вспененного полиэтилена, а также наличием защитных слоев оболочки из полимера.

Кроме прекрасной стойкости к раздавливанию, эластичность данных материалов позволяла триаксиальным кабелям после нагрузки возвращаться

практически в то же состояние, различие в импедансе не превышало половины ома, в то время как гофрированный кабель оставался в раздавленном состоянии. Повышенная стойкость раздавливанию и эластичность могут исключить необходимость замены поврежденного при воздействии внешней силы кабеля в случае триаксиального кабеля в отличие от гофрированного. Триаксиальный кабель оказался также гораздо более гибким, вследствие чего его было легче прокладывать.

Таблица 1.5 – Электрические характеристики триаксиального кабеля

Электрические испытания	TRC500-FR	TRC875-FR	TRC1250-FR
Импеданс	50 Ом	50 Ом	50 Ом
Скорость распространения сигнала	86%	88%	88%
Затухание			
150МГц	1.08	0.52	0.39
450МГц	2.00	0.97	0.78
900 МГц	3.05	1.75	1.23
Продольное затухание			
150 МГц	72	75	74
450 МГц	76	79	79
900 МГц	80	80	80

В тоннелях метрополитена производится:

- установка разъемов на излучающий триаксиальный кабель;
- монтаж сплиттеров;
- измерения уровней сигналов;
- измерения КСВН;
- изоляция и герметизация всех соединений.

Для обеспечения непрерывности радиопокрытия и повышения стабильности связи в протяженных тоннелях метрополитена устанавливаются выносные радиомодули UMTS (3G) и специальные направленные антенны.

Для обеспечения радиопокрытия верхних вестибюлей устанавливаются ретрансляторы TETRA.

Возможна организация работы одновременно нескольких систем подвижной радиосвязи (стандарты TETRA, NMT-450, GSM, UMTS (3G), CDMA2000/EV-DO, LTE (4G), семейства протоколов 802.11/16, а также любых аналоговых систем подвижной радиосвязи).

От базовой станции, работающей в стандарте 2G/3G/4G, вдоль тоннеля проложен излучающий кабель, который обеспечивает покрытие вагонов GSM/UMTS сигналом на всём протяжении пути.

Он представляет собой модернизированный щелевой излучатель. По сути, это оптический кабель с отверстиями на которые накручиваются

дипольные антенны (так называемые «гвозди»).

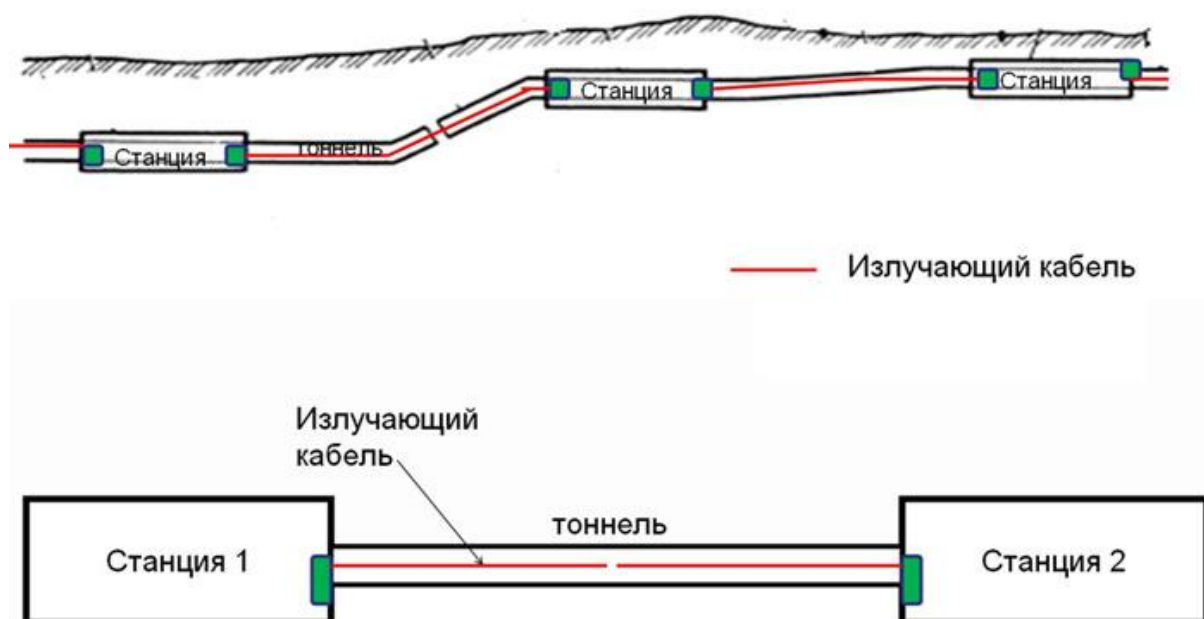


Рисунок 1.5 – Схема проектирования кабеля

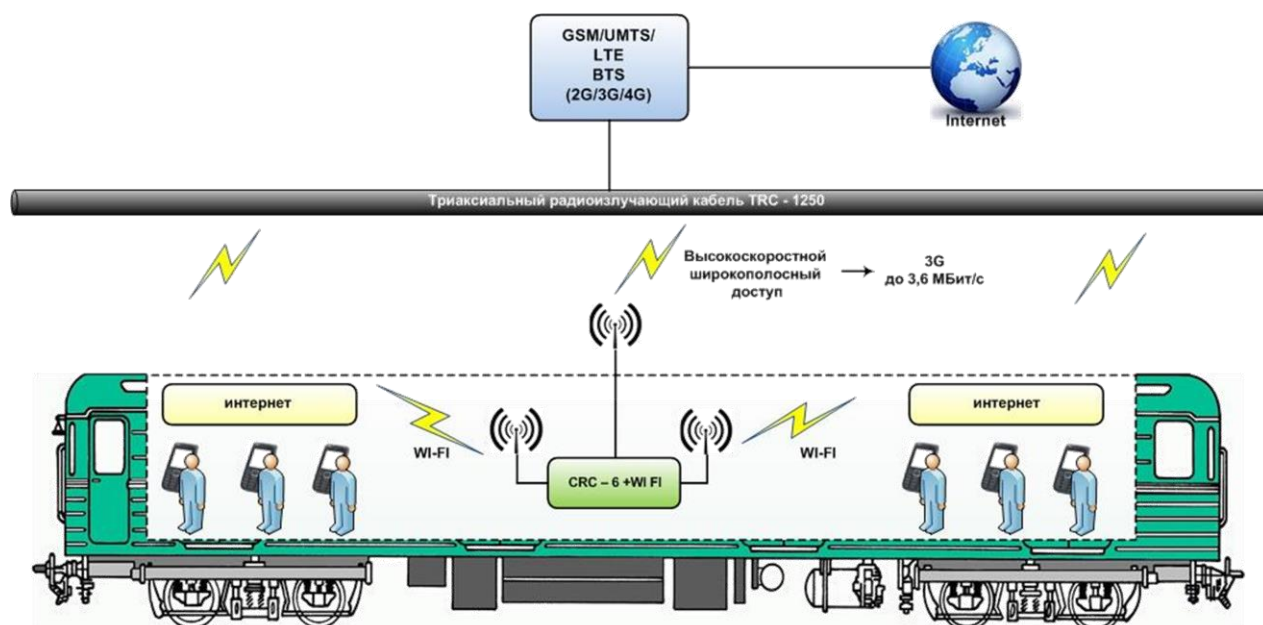


Рисунок 1.6 – Перспективы использования САФС Wi-Fi в вагонах метрополитена

2 Расчетная часть

2.1 Расчет дальности связи

Эта методика позволяет определить теоретическую дальность работы беспроводного канала связи. Следует сразу отметить, что расстояние между антеннами, получаемое по формуле – максимально достижимое теоретически, а так как на беспроводную связь влияет множество факторов, получить такую дальность работы, практически невозможно.

Формула расчета дальности берется из инженерной формулы расчета потерь в свободном пространстве.

$$FSL = 33+20 (1gF + 1gD) \quad (2.1)$$

где, FSL (FreeSpaceLoss) - потери в свободном пространстве (дБ);

F- центральная частота канала, на котором работает система связи(МГц);

D - расстояние между двумя точками (км).

Суммарное усиление системы. Оно считается следующим образом:

$$Y_{дБ} = P_{t,дБмВт} + G_{t,дБи} + G_{r,дБи} - P_{min,дБмВт} - L_{t,дБ} - L_{r,дБ} \quad (2.2)$$

где, $P_{t,дБмВт}$ - мощность передатчика;

$G_{t,дБи}$ - коэффициент усиления передающей антенны;

$G_{r,дБи}$ - коэффициент усиления приемной антенны;

$P_{min,дБмВт}$ - чувствительность приемника на данной скорости;

$L_{t,дБ}$ - потери сигнала в коаксиальном кабеле и разъемах передающего тракта;

$L_{r,дБ}$ - потери сигнала в коаксиальном кабеле и разъемах приемного тракта.

Исходя из формул 2.1 и 2.2, формула потери в свободном пространстве:

$$FSN = Y_{дБ} - SOM \quad (2.3)$$

где, SOM (SystemOperatingMargin) - запас в энергетике радиосвязи (дБ).

Учитывает возможные факторы, отрицательно влияющие на дальность связи, такие как:

- температурный дрейф чувствительности приемника и выходной мощности передатчика;
- всевозможные атмосферные явления;
- рассогласование антенны, приемника, передатчика с антенно-фидерным трактом.

В зависимости от места проведения расчетов, параметр SOM берется из таблицы (таблица 2.1).

Таблица 2.1 - Параметры запаса в энергетике радиосвязи в зависимости от среды (дБ)

Наименование	Значение
Окно в кирпичной стене	2
Стекло в металлической раме, дБ	6
Офисная стена, дБ	6
Железная дверь в кирпичной стене, дБ	12,4
Стекловолокно, дБ	0,5-1
Стекло, дБ	3-20
Дождь и туман, дБ/км	0,02-0,05
Деревья, дБ/м	0,35
Кабельная сборка pigtail, дБ	0,5
Полосовой фильтр NCS F24XXX, дБ	1,5
Коаксиальный кабель, дБ/м	0,3
Разъем N-type, дБ	0,75
Инжектор питания, дБ	0,5

Формула дальности связи:

$$D = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} \quad (2.4)$$

где центральная частота канала F берется из таблиц 2.2, 2.3

Для каждой скорости приемника соответствует определенная чувствительность. Для маленьких скоростей чувствительность наименьшая. Для высоких скоростей чувствительность намного выше (таблица 2.4 -2.5).

Таблица 2.2 – Неперекрывающиеся каналы частотой 2,4 ГГц

Канал	Центральная частота, МГц
1	2412
6	2437
11	2462

Таблица 2.3 – Неперекрывающиеся каналы частотой 5 ГГц

Канал	Центральная частота, МГц
36	5180
40	5200
44	5220

В данном проекте мы проектируем беспроводную связь Wi-Fi в метрополитене и нам необходимо рассчитать дальность беспроводной связи с учетом разных скоростей.

В качестве приемника используются параметры HuaweiDBS3900 (таблица 2.6-2.7)

Таблица 2.4 – Параметры выходной мощности передатчика HuaweiDBS3900 для 2.4GHz стандарта IEEE 802.11n

Скорость, Мбит/с	Чувствительность, дБм
300	14
270	14
240	14
180	14
120	14
90	14
60	14
30	14

Таблица 2.5 – Параметры выходной мощности передатчика HuaweiDBS3900 для 5GHz стандарта IEEE 802.11ac

Скорость, Мбит/с	Чувствительность, дБм
900	13
800	13
750	13
600	13
500	13

Таблица 2.6 – Параметры чувствительности приемника
TETRACWRxxxFO2S для 2.4GHz стандарта IEEE 802.11n

Скорость, Мбит/с	Чувствительность, дБм
300	-61
270	-62
240	-63
180	-67
120	-74
90	-74
60	-76
30	-79

Таблица 2.7 – Параметры чувствительности приемника
TETRACWRxxxFO2S для 5GHz стандарта IEEE 802.11ac

Скорость, Мбит/с	Чувствительность, дБм
130	-73
195	-71
260	-68
390	-64
520	-60
585	-59
650	-58
780	-53
866	-51

2.2 Расчет дальности связи для скорости 300 Мбит/с на частоте 2.4 ГГц в подземном вестибюле метрополитена

В среднем длина каждой платформы метрополитена составляет около 75 метров и сделаны они по принципу колонной станции глубокого заложения.

Суммарное усиление системы:

$$Y_{300} = 32 + 2 + 0 - (-69) = 103 \text{ дБ},$$

Так как расчет производится для метро параметр SOM как железобетонное перекрытие равно 25 дБ:

$$FSL_{300} = 103 - 25 = 78 \text{ дБ},$$

Для каждого канала соответствует центральная частота (таблица 2.2-2.3)

Расчет дальности связи для 1 канала:

$$D_1 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{78}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2441,75\right)} = 0,074 \text{ км} = 75 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 2 канала:

$$D_2 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{78}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2437\right)} = 0,072 \text{ км} = 72 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 3 канала:

$$D_3 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{78}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2412\right)} = 0,076 \text{ км} = 76 \text{ м}.$$

Из расчетов видно, что радиус действия точки доступа на скорости 300 Мбит/с составляет 73 метра. Это означает, что если средняя длина станции метрополитена составляет порядка 75-80 метров в длину и около 20 метров в ширину, то необходимо будет только 1 точка доступа.

2.2.1 Расчет дальности связи для скорости 300 Мбит/с на частоте 2.4 ГГц в наземном вестибюле метрополитена

Суммарное усиление системы:

$$Y_{300} = 32 + 2 + 0 - (-69) = 103 \text{ дБ},$$

Так как расчет производится для метро параметр SOM как железобетонное перекрытие равно 15 дБ:

$$FSL_{300} = 103 - 15 = 88 \text{ дБ},$$

Для каждого канала соответствует центральная частота (таблица 2.2-2.3)

Расчет дальности связи для 1 канала:

$$D_1 = 10^{(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F)} = 10^{(\frac{88}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2441,75)} = 0,023 \text{ км} = 23 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 2 канала:

$$D_2 = 10^{(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F)} = 10^{(\frac{88}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2437)} = 0,022 \text{ км} = 22 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 3 канала:

$$D_3 = 10^{(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F)} = 10^{(\frac{88}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2412)} = 0,024 \text{ км} = 24 \text{ м}.$$

Из расчетов видно, что радиус действия точки доступа на скорости 300 Мбит/с составляет 23 метра. Это означает, что если средняя длина станции метрополитена составляет порядка 75-80 метров в длину и около 20 метров в ширину, то таких точек доступа будет необходимо 3.

2.3 Расчет дальности связи для скорости 300 Мбит/с на частоте 5 ГГц в подземном вестибюле метрополитена

Суммарное усиление системы:

$$Y_{300} = 32 + 2 + 0 - (-89) = 123 \text{ дБ},$$

Так как расчет производится для метро параметр SOM как железобетонное перекрытие равно 25 дБ:

$$FSL_{300} = 123 - 25 = 98 \text{ дБ},$$

Для каждого канала соответствует центральная частота (таблица 2.2-2.3)
Расчет дальности связи для 1 канала:

$$D_1 = 10^{(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F)} = 10^{(\frac{98}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5210)} = 0,34 \text{ км} = 340 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 2 канала:

$$D_2 = 10^{(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F)} = 10^{(\frac{98}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5785,25)} = 0,31 \text{ км} = 310 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 3 канала:

$$D_3 = 10^{(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F)} = 10^{(\frac{98}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5180)} = 0,33 \text{ км} = 330 \text{ м}.$$

Из расчетов видно, что радиус действия точки доступа на скорости 300 Мбит/с составляет 320 метров. Это означает, что если средняя длина станции метрополитена составляет порядка 75-80 метров в длину и около 20 метров в

ширину, то необходимо будет только 1 точка доступа.

2.3.1 Расчет дальности связи для скорости 300 Мбит/с на частоте 5 ГГц в наземном вестибюле метрополитена

Суммарное усиление системы:

$$Y_{300} = 32 + 2 + 0 - (-89) = 123 \text{ дБ},$$

Так как расчет производится для метро параметр SOM как железобетонное перекрытие равно 25 дБ:

$$FSL_{300} = 123 - 15 = 108 \text{ дБ},$$

Для каждого канала соответствует центральная частота (таблица 2.2-2.3)
Расчет дальности связи для 1 канала:

$$D_1 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{108}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5210\right)} = 1,1 \text{ км} = 1100 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 2 канала:

$$D_2 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{108}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5785,25\right)} = 0,97 \text{ км} = 900 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 3 канала:

$$D_3 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{108}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5180\right)} = 1,08 \text{ км} = 1080 \text{ м}.$$

Из расчетов видно, что радиус действия точки доступа на скорости 300 Мбит/с составляет 1000 метров. Это означает, что если средняя длина станции метрополитена составляет порядка 75 метров в длину и около 20 метров в ширину, то необходимо будет только 1 точка доступа.

2.4 Расчет дальности связи для скорости 300 Мбит/с на частоте 2.4 ГГц в эскалаторе метрополитена

Суммарное усиление системы:

$$Y_{300} = 32 + 2 + 0 - (-69) = 103 \text{ дБ},$$

Так как расчет производится для метро параметр SOM как железобетонное перекрытие равно 20 дБ:

$$FSL_{300} = 103 - 20 = 83 \text{ дБ},$$

Для каждого канала соответствует центральная частота (таблица 2.2-2.3)
Расчет дальности связи для 1 канала:

$$D_1 = 10^{(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F)} = 10^{(\frac{83}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2441,75)} = 0,131 \text{ км} = 131 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 2 канала:

$$D_2 = 10^{(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F)} = 10^{(\frac{83}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2437)} = 0,128 \text{ км} = 128 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 3 канала:

$$D_3 = 10^{(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F)} = 10^{(\frac{83}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2412)} = 0,134 \text{ км} = 134 \text{ м}.$$

Из расчетов видно, что радиус действия точки доступа на скорости 300 Мбит/с составляет 133 метра. Это означает, что если самая большая длина эскалатора на станции «Абай» метрополитена составляет порядка 78 метров и 8 метров в ширину, то необходимо будет только 1 точка доступа.

2.4.1 Расчет дальности связи для скорости 300 Мбит/с на частоте 5 ГГц в эскалаторе метрополитена

Суммарное усиление системы:

$$Y_{300} = 32 + 2 + 0 - (-69) = 103 \text{ дБ},$$

Так как расчет производится для метро параметр SOM как железобетонное перекрытие равно 20 дБ:

$$FSL_{300} = 103 - 20 = 83 \text{ дБ},$$

Для каждого канала соответствует центральная частота (таблица 2.2-2.3)

Расчет дальности связи для 1 канала:

$$D_1 = 10^{(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F)} = 10^{(\frac{83}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5210)} = 0,060 \text{ км} = 60 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 2 канала:

$$D_2 = 10^{(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F)} = 10^{(\frac{83}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5785,25)} = 0,055 \text{ км} = 55 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 3 канала:

$$D_3 = 10^{(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F)} = 10^{(\frac{83}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5180)} = 0,062 \text{ км} = 62 \text{ м}.$$

Из расчетов видно, что радиус действия точки доступа на скорости 300 Мбит/с составляет 59 метров. Это означает, что если самая большая длина эскалатора на станции «Абай» метрополитена составляет порядка 78 метров и 8 метров в ширину, то таких точек доступа будет необходимо 2.

2.5 Расчет дальности связи для скорости 900 Мбит/с на частоте 2.4 ГГц в подземном вестибюле метрополитена

Суммарное усиление системы:

$$Y_{900} = 32 + 2 + 0 - (-45) = 79 \text{ дБ},$$

Так как расчет производится для метро параметр SOM как железобетонное перекрытие равно 25 дБ:

$$FSL_{900} = 79 - 25 = 54 \text{ дБ},$$

Для каждого канала соответствует центральная частота (таблица 2.2-2.3)
Расчет дальности связи для 1 канала:

$$D_1 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{54}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2441,75\right)} = 0,005 \text{ км} = 5 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 2 канала:

$$D_2 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{54}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2437\right)} = 0,0045 \text{ км} = 4,5 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 3 канала:

$$D_3 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{54}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2412\right)} = 0,0047 \text{ км} = 4,7 \text{ м}.$$

Из расчетов видно, что радиус действия точки доступа на скорости 900 Мбит/с составляет 4,5 метра. Это означает, что если средняя длина станции метрополитена составляет порядка 75-80 метров в длину и около 20 метров в ширину, то необходимо будет поставить около 80 точек доступа.

2.5.1 Расчет дальности связи для скорости 900 Мбит/с на частоте 2.4 ГГц в наземном вестибюле метрополитена

Суммарное усиление системы:

$$Y_{900} = 32 + 2 + 0 - (-45) = 79 \text{ дБ},$$

Так как расчет производится для метро параметр SOM как железобетонное перекрытие равно 15 дБ:

$$FSL_{900} = 79 - 15 = 64 \text{ дБ},$$

Для каждого канала соответствует центральная частота (таблица 2.2-2.3)
Расчет дальности связи для 1 канала:

$$D_1 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{64}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2441,75\right)} = 0,014 \text{ км} = 14 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 2 канала:

$$D_2 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{64}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2437\right)} = 0,015 \text{ км} = 15 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 3 канала:

$$D_3 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{64}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2412\right)} = 0,15 \text{ км} = 15 \text{ м}.$$

Из расчетов видно, что радиус действия точки доступа на скорости 900 Мбит/с составляет 15 метров. Это означает, что если средняя длина станции метрополитена составляет порядка 75-80 метров в длину и около 20 метров в ширину, то таких точек доступа будет необходимо 7.

2.6 Расчет дальности связи для скорости 900 Мбит/с на частоте 5 ГГц в подземном вестибюле метрополитена

Суммарное усиление системы:

$$Y_{900} = 32 + 2 + 0 - (-45) = 79 \text{ дБ},$$

Так как расчет производится для метро параметр SOM как железобетонное перекрытие равно 25 дБ:

$$FSL_{900} = 79 - 25 = 54 \text{ дБ},$$

Для каждого канала соответствует центральная частота (таблица 2.2-2.3)
Расчет дальности связи для 1 канала:

$$D_1 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{54}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5210\right)} = 0,002 \text{ км} = 2 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 2 канала:

$$D_2 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{54}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5785,25\right)} = 0,0017 \text{ км} = 1,7 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 3 канала:

$$D_3 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{54}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5180\right)} = 0,002 \text{ км} = 2 \text{ м}.$$

Из расчетов видно, что радиус действия точки доступа на скорости 900 Мбит/с составляет 2 метра. Это означает, что если средняя длина станции метрополитена составляет порядка 75-80 метров в длину и около 20 метров в ширину, то необходимо будет поставить около 80 точек доступа.

2.6.1 Расчет дальности связи для скорости 900 Мбит/с на частоте 5 ГГц в наземном вестибюле метрополитена

Суммарное усиление системы:

$$Y_{300} = 32 + 2 + 0 - (-45) = 79 \text{ дБ},$$

Так как расчет производится для метро параметр SOM как железобетонное перекрытие равно 25 дБ:

$$FSL_{300} = 79 - 15 = 64 \text{ дБ},$$

Для каждого канала соответствует центральная частота (таблица 2.2-2.3)
Расчет дальности связи для 1 канала:

$$D_1 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{64}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5210\right)} = 0,006 \text{ км} = 6 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 2 канала:

$$D_2 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{64}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5785,25\right)} = 0,007 \text{ км} = 7 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 3 канала:

$$D_3 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{64}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5180\right)} = 0,007 \text{ км} = 7 \text{ м}.$$

Из расчетов видно, что радиус действия точки доступа на скорости 900 Мбит/с составляет 7 метров. Это означает, что если средняя длина станции метрополитена составляет порядка 75 метров в длину и около 20 метров в ширину, то необходимо будет поставить около 33 точек доступа.

2.7 Расчет дальности связи для скорости 900 Мбит/с на частоте 2.4 ГГц в эскалаторе метрополитена

Суммарное усиление системы:

$$Y_{300} = 32 + 2 + 0 - (-45) = 79 \text{ дБ},$$

Так как расчет производится для метро параметр SOM как железобетонное перекрытие равно 20 дБ:

$$FSL_{300} = 79 - 20 = 59 \text{ дБ},$$

Для каждого канала соответствует центральная частота (таблица 2.2-2.3)
Расчет дальности связи для 1 канала:

$$D_1 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{59}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2441,75\right)} = 0,008 \text{ км} = 8 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 2 канала:

$$D_2 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{59}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2437\right)} = 0,008 \text{ км} = 8 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 3 канала:

$$D_3 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{59}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2412\right)} = 0,009 \text{ км} = 9 \text{ м}.$$

Из расчетов видно, что радиус действия точки доступа на скорости 900 Мбит/с составляет 8 метров. Это означает, что если самая большая длина эскалатора на станции «Абай» метрополитена составляет порядка 78 метров и 8 метров в ширину, то необходимо будет около 9 точек доступа.

2.7.1 Расчет дальности связи для скорости 900 Мбит/с на частоте 5 ГГц в эскалаторе метрополитена

Суммарное усиление системы:

$$Y_{900} = 32 + 2 + 0 - (-45) = 79 \text{ дБ},$$

Так как расчет производится для метро параметр SOM как железобетонное перекрытие равно 20 дБ:

$$FSL_{300} = 79 - 20 = 59 \text{ дБ},$$

Для каждого канала соответствует центральная частота (таблица 2.2-2.3)
Расчет дальности связи для 1 канала:

$$D_1 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{59}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5210\right)} = 0,004 \text{ км} = 4 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 2 канала:

$$D_2 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{59}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5785,25\right)} = 0,005 \text{ км} = 5 \text{ м},$$

Расчет дальности связи для 3 канала:

$$D_3 = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)} = 10^{\left(\frac{59}{20} - \frac{33}{20} - \lg 5180\right)} = 0,005 \text{ км} = 5 \text{ м}.$$

Из расчетов видно, что радиус действия точки доступа на скорости 900 Мбит/с составляет 5 метров. Это означает, что если самая большая длина эскалатора на станции «Абай» метрополитена составляет порядка 78 метров и 8 метров в ширину, то необходимо будет около 16 точек доступа.

3 Безопасность жизнедеятельности

3.1 Условия труда в помещении линейно – аппаратного цеха

В предоставленной дипломной работе рассматривается процесс проектирования беспроводной связи метрополитена г. Алматы. Все оборудование устанавливается в ЛАЦ.

Линейно аппаратный цех оборудован различным оборудованием, обеспечивающей техническую реализацию сети. Обслуживающий персонал дает контроль и непосредственное управление сетью.

В процессе труда на оператора, оказывают действие последующие опасные и вредные производственные причины: завышенные уровни электромагнитного, рентгеновского, ультрафиолетового, инфракрасного излучения, недостаточной освещенности.

Для создания подходящих критерий труда важное значение имеет рациональное освещение. Неудовлетворительное освещение затрудняет проведение работ, ведет к понижению производительности труда и имеет возможность стать предпосылкой несчастных случаев и болезней глаз. Освещение играет огромную роль на трудоспособность работника. Недостаточное освещение может стать предпосылкой несчастных случаев, зрительных заболеваний рабочего персонала, проблем при проведении технических работ. Поэтому нормированное освещение создает подходящие условия для труда. По общепризнанным меркам самым приемлемым уровнем яркости считается до 5000 лк. Поэтому использование искусственного освещения в темное время и при недостающем природном освещении считается очень важным.

Еще важным вопросом считается воздействие лазерного излучения на организм человека, так как лазерное излучение считается основой работы передающего оптического модуля, применяемого в предоставленном плане. А технический персонал соответственно владеет доступом к лазеру, потому стоит изучить то, как лазерное излучение может навредить организму.

3.2 Воздействие света на организм человека

К освещению рабочих мест предъявляются следующие требования:

- освещение рабочего места обязано соответствовать гигиеническим потребностям для предоставленного рода деятельности;
- блеск источников света и блик от вещей не должны бросаться в глаза работнику;
- ненатуральный свет, используемый на рабочих местах, обязан быть схожим на естественный;
- если природное освещение не гарантирует достаточные условия для 100% трудоспособности, то нужен расчет искусственного освещения.

В зависимости от здания и характера проводимой в нем работы ориентируются характеристики освещения для помещения. Все вероятные виды работы разделяются на 8 разрядов зрительной работы. Пристраивание

линейно-аппаратного цеха владеет IV ряд зрительной работы. Геометрические характеристики ЛАЦ приведены в таблице 3.1.

3.2.1 Расчет искусственного освещения в помещении ЛАЦ

Помещение ЛАЦ предусматривает равномерное освещение рабочих поверхностей, такое искусственное освещение рассчитывают методом коэффициента использования светового потока. Поскольку размер объекта различения составляет 0,5 мм, тип данной работы принадлежит к III разряду, проектируемое освещение должно составлять 300 лк (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Норма освещенности при освещении

Разряд работы	Степень точности	Размер объектов различения, мм	Общая освещенность, лк	Предпочитаемый источник света
III в	Высокая	0,3-0,5	300	Люминесцентные лампы

В данном методе расчета искусственного освещения используется отношение светового потока, который падает на рабочую поверхность, к общему световому потоку от всех ламп. Значение данного отношения зависит от характеристик выбранного типа светильника, параметров помещения, степенями отражения стен и потолка.

Для обеспечения помещения ЛАЦ искусственным освещением выбраны люминесцентные лампы. Данные приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Параметры люминесцентного светильника

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение, В	Световой поток, лм
ЛД 80-7	80	99	4250



Рисунок 3.2 – Схема помещения

Значение отношения световых потоков находится по формуле:

$$E = \frac{F \cdot \eta \cdot N \cdot n}{k \cdot S \cdot z}, \quad (3.1)$$

где E – освещенность, лк; $E = 300$ лк;
 F – световой поток лампы, лм; $F = 4250$ лм;
 η – коэффициент использования лампы, %;
 N – число светильников;
 n – количество ламп в светильнике; $n = 2$;
 k – коэффициент запаса; $k = 1,5$;
 S – площадь помещения, м²; $S = 28,5$ м²;
 z – коэффициент поправки, $z = 1,1$ для светильников с люминесцентными лампами.

Для нахождения коэффициента использования лампы зависит от типа выбранного светильника, от коэффициентов отражения потолка, стен, расчетной поверхности и индекса помещения i .

$$i = \frac{S}{h(a+b)}, \quad (3.2)$$

где h – расстояние между светильником и рабочей поверхностью;
 a и b – длина и ширина помещения соответственно.
 h можно найти по следующей формуле:

$$h = H - H_{\text{раб пов}} - H_{\text{св}}, \quad (3.3)$$

где H – высота помещения ЛАЦ,
 $H_{\text{раб пов}}$ – высота раб. поверхности;
 $H_{\text{св}}$ – длина свеса светильника (для выбранного типа 0,1 м).

$$h = 4 - 1,5 - 0,1 = 2,4 \text{ м}$$

Теперь найдем i по формуле 3.2:

$$i = \frac{28,5}{2,4(6 + 3,5)} = 1,25$$

Теперь по таблице можно определить значение коэффициента η для светильника 1 группы, $\eta = 47\%$.

Используем следующую формулу, чтобы определить количество светильников:

$$N = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{F \cdot \eta \cdot n} \quad (3.4)$$

$$N = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 28,5 \cdot 1,1}{4250 \cdot 0,47 \cdot 2} = 3,53 \approx 4 \text{ светильников}$$

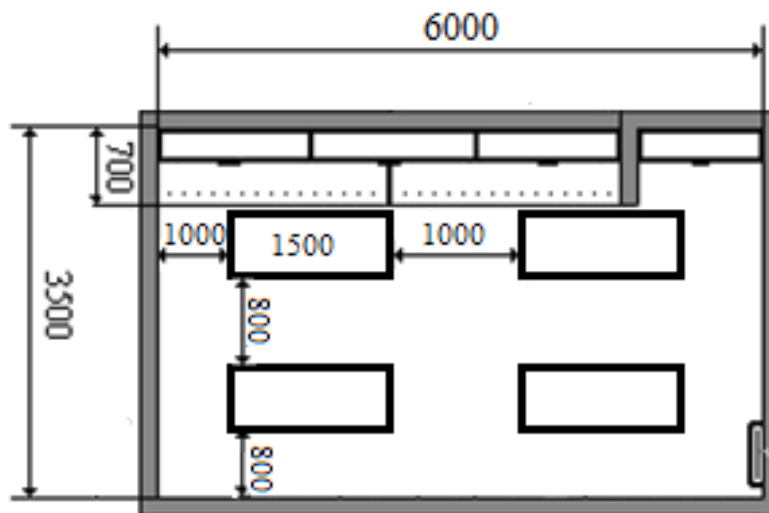


Рисунок 3.2 – Схема размещения светильников

3.3 Расчет вентиляции помещения ЛАЦ

В любом рабочем помещении, где находятся работники, должны быть соблюдены нормы микроклимата, так как он значительно влияет на производительность труда работника.

Температура воздуха оказывает существенное воздействие на человеческий организм. Так, например, некомфортная низкая температура может привести к нежелательным заболеваниям сотрудника, а слишком высокая вызвать потоотделение, уменьшить работоспособность.

Также на организм влияет и влажность воздуха, если она будет повышена, то у человека нарушается терморегуляция, ухудшение состояния человека. Большую роль в условиях микроклимата играет и скорость перемещения воздуха. При скорости более 15 м/с человек начинает ощущать влияние перемещающегося потока воздуха, при этом степень воздействия зависит от температуры перемещающегося воздуха. Поток воздуха оказывает на организм освежающее действие при температуре до 36°C и неблагоприятное – выше 40°C.

Работы, проводимые в ЛАЦ, относятся к категории легкой работы Іб. Оборудование, стоящее в ЛАЦ, работает непрерывно, выделяя тепло, поэтому необходим расчет кондиционирования.

Во первых, необходимо рассчитать избыточное тепло. В помещение общее избыточное тепло поступает от следующих источников:

- $Q_{из61}$ – тепло от электрооборудования и освещения;
- $Q_{из62}$ – тепло от солнечной энергии;
- $Q_{из63}$ – тепло, излучаемое людьми;
- $Q_{из64}$ – тепло, излучаемое оборудованием.

Тепло, излучаемое от освещения, рассчитывается следующим образом:

$$Q_{изб1} = E \cdot p, \quad (3.5)$$

где E – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии на теплоотвод, для люминесцентных ламп $E = 0,55$;

p – общая суммарная мощность светильников; $p = 80 \cdot 2 \cdot 4 = 640$ Вт.

$$Q_{изб1} = 0,55 \cdot 640 = 352$$

Тепло, вносимое солнечной радиацией:

$$Q_{изб2} = m \cdot S \cdot k \cdot Q_c, \quad (3.6)$$

где m – число окон, $m = 0$;

Q_c – количество поступающего тепла от солнечной радиации через 1 м² остекления с учетом ориентации окон на сторону света.

Данные значения подставляем в формулу 3.6:

$$Q_{изб2} = 0 \text{ Вт}$$

Количество тепла, выделяемое человеком, рассчитывается следующим образом:

$$Q_{изб3} = n \cdot q, \quad (3.7)$$

где n – число людей в комнате, $n = 2$ работника на одну смену;

$q = 150$ Вт/чел – тепло выделяемое одним человеком в соответствии с категорией сложности работы.

$$Q_{изб3} = 2 \cdot 150 = 300 \text{ Вт}$$

Количество тепла, выделяемого оборудованием ЛАЦ:

$$Q_{изб4} = 1000 \cdot N \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_4, \quad (3.8)$$

где N – мощность электрогенераторов, $N = 11$ кВт;

$n_1 = 0,6$ – коэффициент утилизации номинальной мощности генераторов;

$n_2 = 0,7$ – загрузка оборудования;

$n_3 = 0,8$ – одновременная работа генераторов;

$n_4 = 0,6$ – доля механической энергии, превратившейся в тепло.

Согласно формуле 3.13, тепловыделение оборудованием равно 2217,6 Вт. Рассчитав суммарное избыточное тепло, получаемое:

$$Q_{изб} = 352 + 0 + 300 + 2217,6 = 2869,6 \text{ Вт}$$

Рассчитаем количество избыточного тепла, которое необходимо вывести из помещения:

$$L_b = Q_{изб} / (C_b \cdot \Delta t \cdot \gamma_{возд}), \quad (3.9)$$

где $Q_{изб}$ – рассчитанное выше избыточное тепло, ккал/ч;
 $C_b = 0,24$ Вт/кг·°С – теплоемкость воздуха;
 Δt – разница между температурами выходящего и поступающего воздуха, °С;
 $\gamma_{возд} = 1,206$ кг/м³ – удельная масса приточного воздуха.
 Δt определяется исходя из значения тепло напряженности воздуха:

$$Q_n = Q_{изб} / V_{пом}, \quad (3.10)$$

где $V_{пом}$ – объем помещения, м³ ($V_{пом} = 6 \cdot 3,5 \cdot 4 = 84$ м³).

$$Q_n = 2869,6 / 84 = 34,2 \text{ Вт/м}^3$$

Подставляем все данные в формулу 3.9:

$$L_b = 2869,6 / (0,24 \cdot 8 \cdot 1,206) = 1242,2 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Согласно проведенным расчетам, в помещении ЛАЦ необходима установка кондиционера. Для установки выбираем кондиционер Panasonic CS/CU-E28RKDS. Данный кондиционер рассчитан на покрытие площади около 30 м², объемом около 100 м³. Мощность охлаждения равна 7650 Вт, потребляемая мощность при охлаждении 1300 Вт, при обогреве – 3300 Вт, мощность обогрева равна 9600 Вт. Данный кондиционер создает потокообмен в 1200 м³/ч. Необходимое количество кондиционеров: $1242,2 / 1200 = 1$ кондиционера.

3.4 Влияние лазерного излучения на организм человека

При действии лазерного излучения на организм человека выделяют 2 био результата: первичный и вторичный.

При первичном результате имеются изменения в непосредственно облучаемых тканях организма.

При вторичных результатах имеются разные второстепенные явления.

Конкретное действие на человека оказывает лазерное излучение любой длины волны, однако, со спектральными чертами поражаемых органов и разными максимально возможными порциями облучения. Обычно распознают действие на глаза и кожные покровы.

При попадании луча лазера в глаз лучи преломляются в оптической системе глаза и фокусируются на сетчатке, где будет сосредоточена большая энергия луча. Основной элемент зрительного аппарата человека – оболочка глаза – может быть поражена только излучением видимого (от 0,4 мкм) и ближнего инфракрасного диапазонов (по 1,4 мкм), что разъясняется спектральными чертами человеческого глаза. При этом хрусталик и глазное яблоко, действуя как доборная фокусирующая оптика, значительно

увеличивает сосредоточивание энергии на сетчатке, что в свою очередь, на несколько порядков убавляет максимально возможную степень облученности зрачка.

Лазерное излучение – вид электромагнитного излучения, а именно электромагнитные волны, распространяющиеся практически синхронно друг другу. Поэтому излучение лазера имеет форму луча, маленькое рассеяние и, соответственно, очень активную емкость действия на облучаемое пространство.

Разными медицинскими исследованиями были изучены некие характеристики воздействия лазерного излучения на человека. Так, источником дефекта может оказаться как прямое излучение, так и рассеянное и отраженное. Как сильно окажется поражение зависит от характеристик электромагнитной волны и от того, на какого рода ткань оказывается действие. Еще может быть разным и род действия – тепловой, световой и т.д.

В первую очередь при небольших и средних действиях страдает кожный покров. Если же напряженность действия возрастет, то на коже появятся отеки, кровоизлияния и отмершие участки. Но если на кожном покрове имеется только дефект целостности, внутренние органы испытывают значимые изменения, происходят патологические изменения жизненно важных органов.

Особенно мощные поражения может нанести лазерное излучение для органов зрения. Генерируемое лазером излучение может вызвать поражение сетчатки, роговицы, радужной оболочки и хрусталика глаза.

Это происходит по последующим факторам. Скорость распространения лазерного излучения очень высокая, потому человек физиологически никак не успевает мигнуть либо прикрыть глаза. Кроме этого, эти зрительные органы как роговая оболочка и хрусталик глаза считаются уязвимыми органами.

Когда лазерное излучение попадает в оптическую систему глаза, излучение фокусируется на глазном дне. Лазерное излучение, попав на сетчатку глаза, имеет возможность закупорить сосуд. Такое повреждение происходит незначительно для человека, так как вслед за тем нет болевых рецепторов. Однако если лазером повредится крупная область, человек имеет возможность ослепнуть, и попавшее на глазное днище изображение пропадает.

При поражении глаз лазером клетки сетчатки не могут восстановиться. Признаки при поражении лазерным излучением таковы: веки отекают, появляются спазмы, в глазах возникает болезнь, замутнение и кровоизлияние сетчатки.

Нужно быть очень осторожным при работе с лазером, так как излучение, которое имеет возможность повредить зрительным органам, существенно меньше той интенсивности излучения, которая может нарушить целостность кожного покрова. Опасны могут быть совершенно всевозможные инфракрасные лазеры, а еще приборы с мощностью излучения заметного диапазона более 5 мВт. Сила действия также находится в зависимости от

длины волны излучения. К примеру, человеческий глаз существенно нежнее к зеленому цвету, нежели красноватому, поэтому глаз отзовется быстрее на зеленый цвет. Поэтому, он считается наиболее безвредным.

Есть достаточно немало специальностей, чья активность связана с генераторами лазерного излучения. В их количество вступают и работники, обслуживающие проектируемую волоконно-оптическую линию связи. Эти работники должны соблюдать нормы техники безопасности для обороны от лазерного излучения.

Производитель лазерного оборудования обязан сориентировать класс угрозы на оборудовании. Всего имеется 4 класса угрозы, для человека опасность представляют 2, 3, 4 классы. При этом непременно назначение человека, ответственного за технику безопасности при эксплуатации.

На рабочем месте могут существовать как коллективные, так и личные средства охраны от излучения. К коллективным средствам относятся разного семейства защитные экраны, кожухи, системы сигнализации и блокировки, огораживание области, где степень излучения превосходит максимально возможный. К индивидуальным средствам охраны относится особый предохранительный набор экипировки. Также непременно ношение очков со особым защитным покрытием.

В предоставленном плане употребляется лазер с распределенной обратной связью 2 класса угрозы, тех. свойства которого приведены в таблице 3.4. Поэтому нужен расчет максимально допустимого расстояния, на котором обязан пребывать работник тех. персонала и максимально возможных уровней излучения лазера.

Таблица 3.4 – Технические параметры лазера с распределенной ОС

Характеристика	Значение
Излучаемая длина волны, нм	1550
Диапазон мощности излучения, мВт	2÷5
Диапазон рабочей температуры, °С	От +5 до +60
Геометрические размеры, мм	50x10x10
Потребляемая мощность, мВт	Не более 2
Размеры выходного луча, мм	3x1, возможно изменения формы

Условия расчета:

- длина волны излучения – 1550 нм;
- R – расстояние от наблюдателя до поверхности - 0,5 м;
- угол между перпендикуляром к поверхности и направлением на наблюдателя θ - 45°;
- I_p – освещенность роговицы – 100 лк;
- диаметр лазерного излучения D_i – 0,2 мм.

Для начала необходимо посчитать угловой размер источника лазерного излучения по формуле для дальнейшего расчета плотности энергии излучения:

$$D = \frac{D_i \cos \theta}{R}, \quad (3.11)$$

$$D = \frac{0,02 \cdot 10^{-2} \cos 45^\circ}{0,5} = 0,28 \cdot 10^{-3}.$$

Далее необходимо найти энергетическую экспозицию H_n для первичных биологических эффектов:

$$H_n = H_1 \cdot K_1, \quad (3.12)$$

где H_1 – энергетическая экспозиция на уровне глаза, зависит от углового размера источника излучения при максимальном значении геометрического диаметра зрачка; $H_1 = 51 \text{ Дж/м}^2$;

K_1 – коэффициент поправки на длину волны излучения и диаметр зрачка, $K_1 = 2,1$.

$$H_n = 51 \cdot 2,1 = 107,1 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}.$$

Для вторичных биологических признаков экспозиция определяется по формуле:

$$H_v = 0,1 \cdot H_2 \cdot I_p, \quad (3.13)$$

где H_2 – экспозиция на роговице глаза, зависит от длины волны и диаметра зрачка, $H_2 = 680 \text{ Дж/м}^2$.

$$H_v = 0,1 \cdot 680 \cdot 100 = 6800 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}.$$

Далее рассчитаем величину энергии излучения E_c , чтобы определить к какому классу опасности относится используемый лазер:

$$E_c = P_{\max} \cdot K_2, \quad (3.14)$$

где P_{\max} – максимальная мощность излучения на выходе, $P_{\max} = 5 \text{ мВт}$;

K_2 – поправочный коэффициент на диаметр пучка, $K_2 = 0,25$.

$$E_c = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,25 = 1,25 \text{ мВт}.$$

Анализируя полученные данные, лазер относится ко 2 классу опасности. На основе найденных значений максимально допустимых уровней излучения, определим максимально допустимое расстояние, на котором можно находиться работнику. Используем дополнительные данные, учитывая, что комплект одежды рабочего белого цвета:

- максимальная мощность излучения $P_{\max} = 5 \text{ мВт}$;

- телесный угол излучения $\varphi = 2^\circ$;
- средняя длительность смены работника $T_{см} = 1$ ч;
- коэффициент отражения $\rho = 0,5$;
- коэффициент пропускания белой одежды $\mu = 0,1$, количество слоев белой ткани $n=1$.

Для нахождения допустимого расстояния для работы технического персонала найдем по формуле:

$$S = \frac{P_{max} \cdot \rho \cdot T_{см}}{E_{обл} \cdot \varphi}; \quad (3.15)$$

где $E_{обл}$ – максимальная энергия облучения для первичных биологических признаков, находится по формуле:

$$E_{обл} = \frac{H_n}{\mu}, \quad (3.16)$$

$$E_{обл} = \frac{107,1}{0,1} = 1071 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}.$$

Максимально допустимое расстояние нахождения работника для первичных эффектов найдем по формуле 3.15:

$$S_n = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 3600}{1071 \cdot 2} = 0,0042 \text{ м.}$$

Для вторичных признаков используем аналогичные формулы:

$$E_{обл} = \frac{6800}{0,1} = 68000 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}.$$

Расстояние нахождения работника для вторичных эффектов находится аналогично по формуле 3.15:

$$S_n = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 3600}{68000 \cdot 2} = 0,000067 \text{ м.}$$

Основываясь на проеденных расчетах, видно, что особых мер по защите от воздействия лазера не требуется. При такой мощности излучения поражение произойдет, только если излучение будет направлено на человека напрямую на кожу или в глаз. Корпус кассеты, в которой размещено все оборудование, позволяет обеспечить защиту от возможно вредного излучения. Также для защиты персонала сама активная среда облучения также помещена в защитный корпус. Внутренняя поверхность корпуса предусмотрена для поглощения лазерного излучения. Также предусмотрена защитная

блокирующая система, которая позволяет допускать к оборудованию только квалифицированных для этого работников.

3.5 Условия пожаробезопасности

Обеспечение пожарной безопасности рабочего персонала и оборудования важна для предотвращения разрушающих пожаров. Под пожарной безопасностью понимается предотвращение возникновения пожара, и обеспечение защиты людей от опасных для жизни факторов, обеспечивается сохранение дорогостоящего оборудования. Для предотвращения пожароопасных ситуаций необходимо исключить образование пожароопасной среды. Эти проблемы решаются как в процессе проектирования, так и в процессе эксплуатации.

В помещении ЛАЦ персонал находится не круглосуточно, поэтому в таком помещении устанавливают систему автоматического пожаротушения. Однако, на случай нахождения работников при возникновении пожара, необходимо иметь в помещении огнетушители.

В помещении необходим дымовой пожарный извещатель (ДИП). При высоте помещения в 4 м, один извещатель контролирует площадь в 10 м². Количество ДИП определяется по формуле:

$$N_{\text{дип}} = S_{\text{пом}}/S_{\text{дип}} \quad (3.17)$$

$$N_{\text{дип}} = 28,5/10=2,85 \approx 3 \text{ извещателя}$$

Используем ДИП ИП 212-45 и пульт извещения «Топаз – 3М». Устанавливаем порошковый огнетушитель ОП-10, его параметры приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Параметры огнетушителя ОП-10

Наименование параметра	Описание параметра
Тип порошка	АВСЕ
Пусковое устройство	Запорно-пусковое устройство рычажного типа
Вытеснение тушащего вещества	Закачанный газом
Возможность восстановления ресурса	Перезаряжаемый
Рабочее давление	1,4
Продолжительность подачи ОТВ	15
Минимальная температура работы	-40°С
Максимальная температура работы	+50°С
Ширина	190
Высота	640
Вес	14
Гарантийный срок	12

Выводы: в данном разделе дипломного проекта был произведен расчет нормируемых условий труда для проектирования беспроводной связи метрополитена города Алматы, в том числе влияние лазерного излучения на человека, условия искусственного освещения, условия кондиционирования помещения линейно-аппаратного цеха. А также были рассмотрены условия, необходимые для пожарной безопасности при монтаже базового оборудования при возникновении пожароопасной ситуации.

4 Бизнес-план

4.1 Резюме

Данный дипломный проект предполагает проектирование беспроводной связи в метрополитене города Алматы. Данная проектируемая сеть не требует аренды или покупки новых помещений, потому что сеть модернизируется на основе готовых сооружений. Соответственно, необходимо закупить новое оборудование и новые технологии для осуществления связи в метрополитене. Новое оборудование даст возможность создания мощной технической базы для предоставления пользователям сети высококачественных услуг связи.

4.2 Описание продукции

Система MotorolaDimetra IP Compact (DIPC) относится к цифровым транкинговым системам стандарта TETRA с централизованным управлением. Система предоставляет пользователям функциональные возможности профессиональной радиосвязи, в сочетании с сервисом передачи данных и беспроводной телефонии. MotorolaDimetra IP Compact является оптимальным вариантом для создания цифровых интегрированных систем малого и среднего масштаба, с возможностью последующего наращивания до регионального и/или национального масштаба.

DIPC использует технологию централизованного управления системой. В основе системы центральный коммутатор, обеспечивающий управление и координацию работы всей системы связи. Применение центрального коммутатора позволяет минимизировать время установления соединения между абонентами, независимо от места нахождения, оптимизировать нагрузку на соединительные линии между базовыми станциями, предоставляет пользователям расширенные возможности по контролю, диагностике и управлению всей системой. Использование самой современной аппаратной платформы, в сочетании с возможностями по наращиванию позволили DIPC стать аналогичной по стоимости системам с распределенным управлением.

Блочный принцип построения, возможность использовать до 20 базовых станций и 60 радиоканалов (до 240 логических каналов) на систему в целом, предоставляют пользователям гибкость при конфигурировании и постепенном увеличении масштабов системы. Благодаря применению в системах DIPC и

Dimetra IP унифицированных технических решений пользователи имеют возможность преобразовать DPC в полномасштабную систему Dimetra IP.

Существующие внедрения системы Dimetra IP и бренд компании Motorola, как мирового лидера в профессиональной мобильной радиосвязи, подтверждают надежность и качество работы системы DPC [13].

4.3 Организационный план

Для осуществления данного дипломного проекта необходимо приобрести оборудование в том количестве, которое приведено в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Необходимое оборудование [15],[16]

Оборудование	Количество, шт
Телекоммуникационная стойка 19" 42U, 600x800x2000мм	17
Базовая станция HuaweiDBS3900	17
Базовая станция ЕЦРС MotorolaDimetraIP	9
Комбайнер GSM900/GSM1800/UMTS2000/LTE2500	18
Панельная антенна TETRA	23
Репитер TETRA	9
Кабели:	
Излучающий триаксиальный кабель, км	12
Высокочастотный коаксиальный кабель, км	5
Волоконно-оптический кабель, км	12

4.4 Производственный план

Сроки модернизации (монтажа и настройки нового оборудования MotorolaDimetraIP): 01.01.2017г. – 01.08.2017г.

Длина сети метрополитена составляет 12 км. Осуществлением проекта будет заниматься компания, являющаяся одной из ведущих телекоммуникационных компаний Казахстана «TEGRA Kazakhstan», которая занимается проектированием систем радиосвязи и поставкой профессионального оборудования. Данной компании необходимо проложить излучающий кабель на протяжении всей длины метрополитена, а также разместить на определенных промежутках базовые станции и панельные антенны [12].

4.5 Маркетинговый план

В договоре с арендатором цены на аренду каналов фиксированы и не подлежат изменению под воздействием спроса и предложения. Изменение цен на аренду предусмотрено только в случае инфляции.

Необходимы мероприятия по предоставлению товара на рынок, привлечение потенциальных пользователей линией связи. Это такие меры, как:

- проектирование и выпуск PR-проекта «TEGRA Kazakhstan»;
- размещение рекламных графический материалов в печатных средствах массовой информации;
- создание видеоматериалов для наглядной демонстрации возможностей модернизированной линии связи;
- заключение договоров об аренде потоков или каналов.

4.6 Финансовый план

4.6.1 Расчет капитальных затрат

В расчетной части дипломного проекта рассмотрены технические вопросы проектирования беспроводной связи метрополитена города Алматы. Проектом предусматривается организация базовых станций, комбайнеров/репитеров и прокладка излучающего триаксиального кабеля вдоль всей линии метрополитена с захватом верхних вестибюлей.

Для того, чтобы оценить экономическую эффективность проекта проектирования необходимо:

- рассчитать капитальные затраты для организации линейно-аппаратных цехов и сооружений;
- произвести расчет доходов сети связи от предоставляемых услуг;
- определить численность рабочего персонала для обслуживания проектируемого участка сети;
- произвести расчет затрат на производство.

Таблица 4.2 – Смета капитальных затрат на оборудование и линейные сооружения [15],[16]

Наименование работ или затрат	Количество, шт	Цена, тг	Стоимость , тг
Телекоммуникационная стойка 19" 42U, 600x800x2000мм	17	150 000	2 550 000
Базовая станция HuaweiDBS3900	17	300 000	5 100 000
Базовая станция ЕЦРС MotorolaDimetraIP	9	500 000	4 500 000
Комбайнер GSM900/GSM1800/UMTS2000/LTE2500	18	45 000	810 000
Панельная антенна TETRA	23	40 000	920 000
Репитер TETRA	9	30 000	270 000
Кабели:			
Излучающий триаксиальный кабель, км	12	5000 тг/м	60 000 000
Высокочастотный коаксиальный кабель, км	5	3500 тг/м	17 500 000
Волоконно-оптический кабель, км	12	500 тг/м	6 000 000

Продолжение таблицы 4.2

Наименование работ или затрат	Количество, шт	Цена, тг	Стоимость, тг
Итого	-	-	97 650 000
Примечание – вышеуказанные цены переводились из USD в KZT согласно курсу валют Национального банка Республики Казахстан на 23.05.2016 год			

Транспортные расходы (5% от общей стоимости оборудования K_0) рассчитываются по формуле [5]:

$$K_{\text{тр}} = 0,05 \cdot K_0 = 0,05 \cdot 97\,650\,000 = 4\,882\,500 \text{ тг} \quad (4.1)$$

Расходы за монтаж оборудования и налаживание пуска работы, производимые инженерами-монтажниками, так же составляют 5% от общей стоимости оборудования [5]:

$$K_{\text{м}} = 0,05 \cdot K_0 = 0,05 \cdot 97\,650\,000 = 4\,882\,500 \text{ тг} \quad (4.2)$$

Расходы на проектирование и разработку проекта равны 2% от общей стоимости оборудования и рассчитываются по следующей формуле [5]:

$$K_{\text{м}} = 0,02 \cdot K_0 = 0,02 \cdot 97\,650\,000 = 1\,953\,000 \text{ тг} \quad (4.3)$$

Общая сумма капиталовложений для реализации проекта составит:

$$K_{\Sigma} = 97\,650\,000 + 4\,882\,500 + 4\,882\,500 + 1\,953\,000 = 109\,368\,000 \text{ тг}$$

4.6.2 Расчет эксплуатационных расходов

К эксплуатационным затратам (\mathcal{E}_p) относятся материальные, эксплуатационные на оплату труда и накладные расходы. К материальным расходам относятся затраты на покупку материалов, электроэнергию, амортизационные отчисления. Эксплуатационные расходы на оплату труда включают в себя социальные налоги и фонд оплаты труда. Накладные расходы – это хозяйственно-управленческие расходы, составляют 75% от эксплуатационных расходов на оплату труда работников.

$$\mathcal{E}_p = \mathcal{E}_m + \mathcal{E}_{\text{ФОТ}} + \mathcal{E}_{\text{нр}}, \quad (4.4)$$

где \mathcal{E}_m – материальные затраты:

$$\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_{\text{мат}} + \mathcal{E}_{\text{э/э}} + A, \quad (4.5)$$

где $\mathcal{E}_{\text{мат}}$ – статья затрат на покупку материалов;

$\mathcal{E}_{\text{э/э}}$ – статья затрат на электроэнергию;

A – амортизационные отчисления.

$$\mathcal{E}_{\text{ФОТ}} = \Phi\text{ОТ} + C_{\text{Н}} \quad (4.6)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ФОТ}}$ – эксплуатационные расходы на оплату сотрудников;
 $\Phi\text{ОТ}$ – фонд оплаты труда;
 $C_{\text{Н}}$ – отчисления на социальный налог.

$$\mathcal{E}_{\text{НР}} = 0,75 \cdot \mathcal{E}_{\text{ФОТ}} \quad (4.7)$$

4.6.3 Расчет материальных затрат

Затраты на покупку материалов составляют 0,5% от общей суммы капиталовложений:

$$\mathcal{E}_{\text{мат}} = 0,005 \cdot K \quad (4.8)$$

$$\mathcal{E}_{\text{мат}} = 0,005 \cdot 109\,368\,000 = 546\,840 \text{ тг}$$

Затраты на электроэнергию – это расходы на электроэнергию производственного оборудования на дополнительные нужды. Так как необходимо, чтобы оборудование работало круглосуточно суммарные затраты рассчитываются по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{э/э}} = W \cdot T \cdot S, \quad (4.9)$$

где W – потребляемая мощность, 0,25 кВт;
 T – общее время работы, 8760 часов в год (круглосуточно);
 S – тариф на электроэнергию, тг/кВтч.
 Тариф на электроэнергию варьируется от времени суток [12]:
 - дневная зона (с 07 до 17 часов) – 16,63 тг/кВтч;
 - вечерняя зона (с 17 до 23 часов) – 30,46 тг/кВтч;
 - ночная зона (с 23 часов до 07 часов) – 5,43 тг/кВтч.

$$\mathcal{E}_{\text{э/э}} = 0,25 \cdot 8760 \cdot \frac{16,63 \cdot 10 + 30,46 \cdot 6 + 5,43 \cdot 8}{24} = 35815,6 \text{ тг}$$

Для отрасли связи норма амортизации составляет 25% [6]. Амортизационные отчисления рассчитываются следующим образом:

$$A = H_A \cdot K_{\Sigma}, \quad (4.10)$$

где H_A – норма амортизации, 25%;
 K_{Σ} – общая сумма капиталовложений.

$$A = 0,25 \cdot 109\,368\,000 = 27\,342\,000 \text{ тг}$$

Согласно формуле 4.5 материальные затраты равны:

$$\mathcal{E}_{\text{м}} = 546\,840 + 35815,6 + 27\,342\,000 = 27\,924\,655,6 \text{ тг}$$

4.6.4 Расчет эксплуатационных расходов на оплату сотрудников

Для вычисления заработной платы приведем среднемесячные оклады обслуживающего персонала, которые сведем в таблицу 4.2

Таблица 4.2 – Заработная плата обслуживающего персонала (на основе средней заработной платы сотрудников “Казактелеком”)

Наименование должности	Количество, чел	Месячная заработная плата, тг	Годовая заработная плата, тг
Системный администратор	1	105 000	1 260 000
Инженер	1	95 000	1 140 000
Оператор	1	75 000	900 000
Итого	3	275 000	3 300 000

Основная заработная плата за год составит:

$$ЗП_{\text{осн}} = 3\,300\,000 \text{ тг} \quad (4.11)$$

В годовой фонд заработной платы включается дополнительная заработная плата (работа в праздничные дни, сверхурочные и т.д.) в размере 20% от основной заработной платы [14].

$$ЗП_{\text{доп}} = ЗП_{\text{осн}} \cdot 0,2 = 3\,300\,000 \cdot 0,2 = 660\,000 \text{ тг} \quad (4.12)$$

При расчете фонда заработной платы следует учесть премии для выплаты рабочим (15%):

$$П = ЗП_{\text{осн}} \cdot 0,15 = 3\,300\,000 \cdot 0,15 = 495\,000 \text{ тг} \quad (4.13)$$

Заработная плата складывается из основной и дополнительной заработной платы:

$$ЗП = 3\,300\,000 + 660\,000 + 495\,000 = 4\,455\,000 \text{ тг} \quad (4.15)$$

Затраты на материалы и запасные части находятся в размере 2% от стоимости коммутационного оборудования:

$$М = К_0 \cdot 0,02 = 97\,650\,000 \cdot 0,02 = 1\,953\,000 \text{ тг} \quad (4.16)$$

Стоимость прочих расходов составляет 30% от годового фонда

заработной платы:

$$C_{\text{adm}} = 3П \cdot 0,3 = 4\,455\,000 \cdot 0,3 = 1\,336\,500 \text{ тг} \quad (4.17)$$

Фонд оплаты труда (ФОТ) вычисляется следующим образом:

$$\text{ФОТ} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}, \quad (4.18)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основной оклад;

$З_{\text{доп}}$ – дополнительный оклад.

Средняя заработная плата в Казахстане составляет 154 577 тенге [17]. Соответственно, вычислим основной оклад за год:

$$З_{\text{осн}} = 154\,577 \cdot 3 \cdot 12 = 5\,564\,772 \text{ тг}$$

Дополнительный оклад – это оклад за работу в праздничные дни, сверхурочные и премии, составляет 20% от основного оклада. Дополнительный оклад рассчитывается следующим образом:

$$З_{\text{доп}} = 5\,564\,772 \cdot 0,2 = 1\,112\,954,4 \text{ тг}$$

Согласно формуле 4.12, ФОТ составляет:

$$\text{ФОТ} = 5\,564\,772 + 1\,112\,954,4 = 6\,677\,726,4 \text{ тг}$$

При расчете эксплуатационных расходов на оплату труда необходимо учитывать отчисление на социальный налог в размере 11% от разности фонда оплаты труда и пенсионных отчислений в размере 10% от ФОТ.

$$C_{\text{н}} = 0,11 \cdot (\text{ФОТ} - 0,1 \cdot \text{ФОТ}) \quad (4.19)$$

Согласно формуле 4.14 отчисления на социальный налог составят:

$$C_{\text{н}} = 0,11 \cdot (6\,677\,726,4 - 0,1 \cdot 6\,677\,726,4) = 661\,094,9 \text{ тг}$$

Итого, эксплуатационные расходы на оплату труда согласно формуле 4.6 равны:

$$Э_{\text{ФОТ}} = 6\,677\,726,4 + 661\,094,9 = 7\,338\,821,3 \text{ тг}$$

4.6.5 Расчет накладных и эксплуатационных расходов

Накладные расходы составляют 75% от эксплуатационных расходов на оплату труда (формула 4.7):

$$\mathcal{E}_{\text{НР}} = 0,75 \cdot 7\,338\,821,3 = 5\,504\,115,9 \text{ тг}$$

$$\mathcal{E}_p = 3\Pi + \mathcal{E}_{\text{э/э}} + A + M + C_{\text{эл}} + C_{\text{адм}} + C_{\text{адм}} \quad (4.20)$$

$$\mathcal{E}_p = 4\,455\,000 + 35\,815,6 + 14\,647\,500 + 1\,953\,000 + 1\,336\,500 = 22\,427\,815,6 \text{ тг}$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Эксплуатационные расходы за год

Виды затрат	Сумма затрат, тг
Материальные расходы	27 924 655,6
В том числе:	
-расходы на приобретение материалов	546 840
-расходы на электрическую энергию	35 815,6
-амортизационные отчисления	27 342 000
Эксплуатационные расходы на оплату труда	7 338 821,3
В том числе:	
-ФОТ	6 677 726,4
-отчисления социального налога	661 094,9
Накладные расходы	5 504 115,9
Итого	76 031 070

4.6.6 Расчет доходов от реализации услуг

В разделе излагается план получения средств для расширения, модернизации университета и других проектов.

Оценка доходов будет происходить следующим образом:

-абонентская плата.

Абонентами сети будут являться студенты и преподаватели, подключившиеся к услуге. Месячная абонентская плата составляет 700 тенге. Количество абонентов в метрополитене составляет около 25-35000 человек. Предположим, что 15000 человек будут пользоваться услугой.

Вычислим доход за абонентскую плату по формуле:

$$D_{\text{абон.пл}} = 12 \cdot N \cdot T_{\text{абон.пл}} \quad (4.21)$$

где $T_{\text{абон.пл}}$ – стоимость абонентской платы, N – количество абонентов [16].

$$D = D_{\text{физ.лиц}} = 12 \cdot 700 \cdot 15000 = 126000\,000 \text{ тг}$$

4.6.7 Расчет экономической эффективности

Прибыль – это разность между вырученной от реализации услуг и затрат на сбыт услуги суммы эксплуатационных затрат на производство, то есть:

$$\Pi = D - C \quad (4.22)$$

Где доход равен 90 000 000 тенге, эксплуатационные затраты составляют 76 031 070 тенге;

$$\Pi = 126\,000\,000 - 76\,031\,070 = 49\,968\,930 \text{ тг}$$

Экономическая эффективность производства показывает, какую часть денежных средств ежегодно возвращает предприятие от суммы вложенных средств.

Для расчета срока окупаемости необходимо знать величину рентабельности.

$$\Pi_{\text{чист}} = \Pi \cdot 0,7 \quad (4.23)$$

$$\Pi_{\text{чист}} = 49\,968\,930 \cdot 0,7 = 34\,978\,251 \text{ тг}$$

Фонд накопления (ФН) состоит из 70% от прибыли:

$$\text{ФН} = \Pi_{\text{чист}} \cdot 0,7 \quad (4.24)$$

$$\text{ФН} = 34\,978\,251 \cdot 0,7 = 24\,484\,775,7 \text{ тг}$$

Ожидаемое чистое денежное поступление:

$$\text{ОЧДП} = \text{ФН} + A, \quad (4.25)$$

$$\text{ОЧДП} = 24\,484\,775,7 + 27\,342\,000 = 51\,826\,775 \text{ тг}$$

Срок окупаемости – это величина, показывающая, за какой период времени произойдет возврат денежных средств (капитальных вложений), затраченных на организацию предприятия [17].

Экономический эффект:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{вл}} / \text{ФН} + A_0 \quad (4.26)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{109\,368\,000}{51\,826\,775} = 2,2 \text{ года}$$

Таким образом, средства, вложенные в организацию проекта беспроводной связи, предприятие окупит за 2,2 года.

4.6.8 Расчет абсолютной величины чистого дохода с учетом дисконтирования

Коэффициент дисконтирования (PV) – это норматив приведения, при установлении которого следует учитывать инфляционное изменение покупательной способности денег в течение рассматриваемого периода времени, необходимость обеспечения минимального гарантированного уровня доходности и риск инвестора.

Величина расчетного срока окупаемости составляет 2,2года, что, в свою очередь, ниже величины нормативного срока окупаемости, который составляет 5 лет.

Так как деньги имеют временную ценность, то в расчетах проекта следует их учесть. Ставка дисконтирования составляет $r_0 = 20\%$

Коэффициент дисконтирования рассчитывается по формуле:

$$PV = \frac{ОЧДП}{(1+0,2)^1} \quad (4.27)$$

где r – ставка дисконты, $r = 0,20$;
 n – год.

$$1 \text{ год} \quad PV = \frac{51\,826\,757}{(1+0,2)^1} = 43\,188\,964,1 \text{ тг}$$

$$2 \text{ год} \quad PV = \frac{51\,826\,757}{(1+0,2)^2} = 38\,990\,803,4 \text{ тг}$$

$$3 \text{ год} \quad PV = \frac{51\,826\,757}{(1+0,2)^3} = 35\,131\,835,4 \text{ тг}$$

Определим капитальные вложения методом расчета абсолютной величины чистого дохода NPV. Чистая приведенная стоимость проекта будет определяться следующей формулой:

$$NPV = \sum_{t=1}^n PV - K, \quad (4.28)$$

где NPV – чистая приведенная стоимость, тг;

PV_t – текущая стоимость доходов за t -ый год, тг;

K – капиталовложения, тг.

$$\begin{aligned} NPV &= (43\,188\,964,1 + 38\,990\,803,4 + 35\,131\,835,4) - 109\,368\,000 \\ &= 7\,943\,602 \text{ тг} \end{aligned}$$

Значение NPV получилось больше нуля, поэтому можно сделать вывод, что проект может возместить первоначальные траты, также приносить прибыль.

Теперь необходимо определить индекс рентабельности данного проекта, то есть отношение суммарного дисконтированного дохода к суммарным дисконтированным затратам. Индекс рентабельности вычисляется по следующей формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n PV/K \quad (4.29)$$

$$PI = \frac{43\,188\,964,1 + 38\,990\,803,4 + 35\,131\,835,4}{109\,368\,000} = 1,27$$

Индекс рентабельности получился больше единицы, это значит, что проект можно принять.

Теперь вычислим дисконтированный период окупаемости(DPP) по формуле:

$$DPP = t + \frac{K - (П_1 + П_2 + \dots + П_{n-1})}{П_n} \quad (4.30)$$

где t – количество лет, за которые капиталовложения окупятся без учета дисконтирования, $t = 2$;

K – капиталовложения;

$П_n$ – прибыль по годам (возьмем значение чистой прибыли с учетом дисконтирования).

$$DPP = 2 + \frac{109\,368\,000 - (43\,188\,964,1 + 38\,990\,803,4)}{35\,131\,835,4} = 2,8 \text{ года}$$

$\approx 2 \text{ года } 10 \text{ месяцев}$

4.7 Выводы экономической части

Исходя из проведенных расчетов и их анализа, можно с уверенностью сделать вывод, что данный дипломный проект будет экономически выгодным и эффективным.

Необходимо отметить, что срок окупаемости не должен превышать 5 лет. В данном проекте срок окупаемости составит 2 года и 3 месяцев, с учетом дисконтирования 2 года и 10 месяцев.

Капиталовложение предприятия составит 109 368 000 тенге, эксплуатационные расходы составят 22 427 815,6 тенге, чистая прибыль предприятия составит 51 826 757 тенге.

Для успешного запуска проекта необходима также рекламная кампания посредством средств массовой информации, Интернет, возможно рассылки предложений крупным компаниям для объединения их филиалов и подразделений.

Данные расчеты позволяют сделать вывод, что проектирование беспроводной связи в метрополитене является экономически эффективной.

Заключение

В данном дипломном проекте было произведено обоснование возможности проектирования беспроводной связи в метрополитене города Алматы. Была спроектирована схема организации связи в метро. Обоснование выбора определенного типа оборудования производилась с учетом технических характеристик, ландшафта и возможности их применения. В расчетной части проекта производился расчет дальности связи с учетом потерь в тоннеле и на станции метро. Не каждое оборудование подойдет к выполнению этой задачи. Это обусловлено сложностью конструкции самого метрополитена (отражение, затухание, потери на многолучевом отражении).

В разделе безопасности жизнедеятельности был произведен расчет нормируемых условий труда для проектирования беспроводной связи, в том числе влияние лазерного излучения на человека, условия искусственного освещения, условия кондиционирования помещения линейно-аппаратного цеха. А также были рассмотрены условия, необходимые для пожарной безопасности при монтаже базового оборудования при возникновении пожароопасной ситуации.

В бизнес плане был произведен расчет срока окупаемости проекта, если бы ежемесячно пассажиры платили абонентскую плату за использование сети и можно с уверенностью сделать вывод, что данный дипломный проект будет экономически выгодным и эффективным.

Список литературы

- 1 Гроднев И.И., Курбатов Н.Д. Линии связи: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Связь, 1980. – 400 с., ил.
- 2 Гроднев И.И., Верник С. М. Линии связи: Учебник для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1988. – 544 с.: ил.
- 3 М.К. Дюсебаев, Бегимбетова А.С. Методические указания к выпускной работе (для студентов всех форм обучения специальностей 050719- Радиотехника, электроника и телекоммуникация, 050704 – Вычислительная техника и программное обеспечение) Алматы: АИЭС, 2008. - 10с. М.К. Дюсебаев, Бегимбетова А.С.
- 4 К.Б. Базылов, С.А. Алибаева, А.А. Бабич. Методические указания для экономической части выпускной работы. – Алматы: АУЭС, 2009.
- 5 Кодекс Республики Казахстан от 10 декабря 2008 года № 99-IV «О налогах и других обязательных платежах в бюджет (Налоговый кодекс)» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 28.04.2016 г.), ст.120.
- 6 Григорьев В.А, Лагутенко О.И., Распаев ЮА. Сети и системы радиодоступа. М.: Эко-Трендз, 2005, 384 с
- 7 Дэвид Полино, Мерит Максим. Безопасность беспроводных сетей. М.: Компания "АйТи"; ДМК Пресс, 2004, 288 с
- 8 Лиэри Дж, Рошан П. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. М.: Издательский дом «Вильямс», 2004, 304 с
- 9 Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети. М.: Издательский дом "Вильямс", 2003, 640 с
- 10 Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Учебник для вузов. 3-е изд. СПб.: Питер, 2006, 958 с
- 11 Хожаев Д.А. Журнал - КазНПУ им. Абая «Вестник», статья «Особенности распространения радиоволн».
- 12<http://www.tegra.kz/#idabout>
- 13<https://akenergосnab.kz/page/tarify/>
- 14http://www.motorolasolutions.com/ru_ru/products/dimetratetra/infrastructure/dimetra-ip-compact.html#tabproductinfo
- 15http://www.r2c-pro.ru/catalog/kombaynery_i_filtry/kombayner_gsm900-_gsm1800_umts2000_lte2500/
- 16<http://almaty.pulscen.kz/price/191018-telekommunikatsionnye-shkafy-i-stoyki>
- 17<http://mojazarplata.kz/>
- 18<http://bourabai.kz/telecom/nets14.htm>
- 19http://www.kaztranscom.kz/ru/services/corporate/hiring/transparent_leased_lines

Приложение А

Расчет технической части в среде Mathcad 13

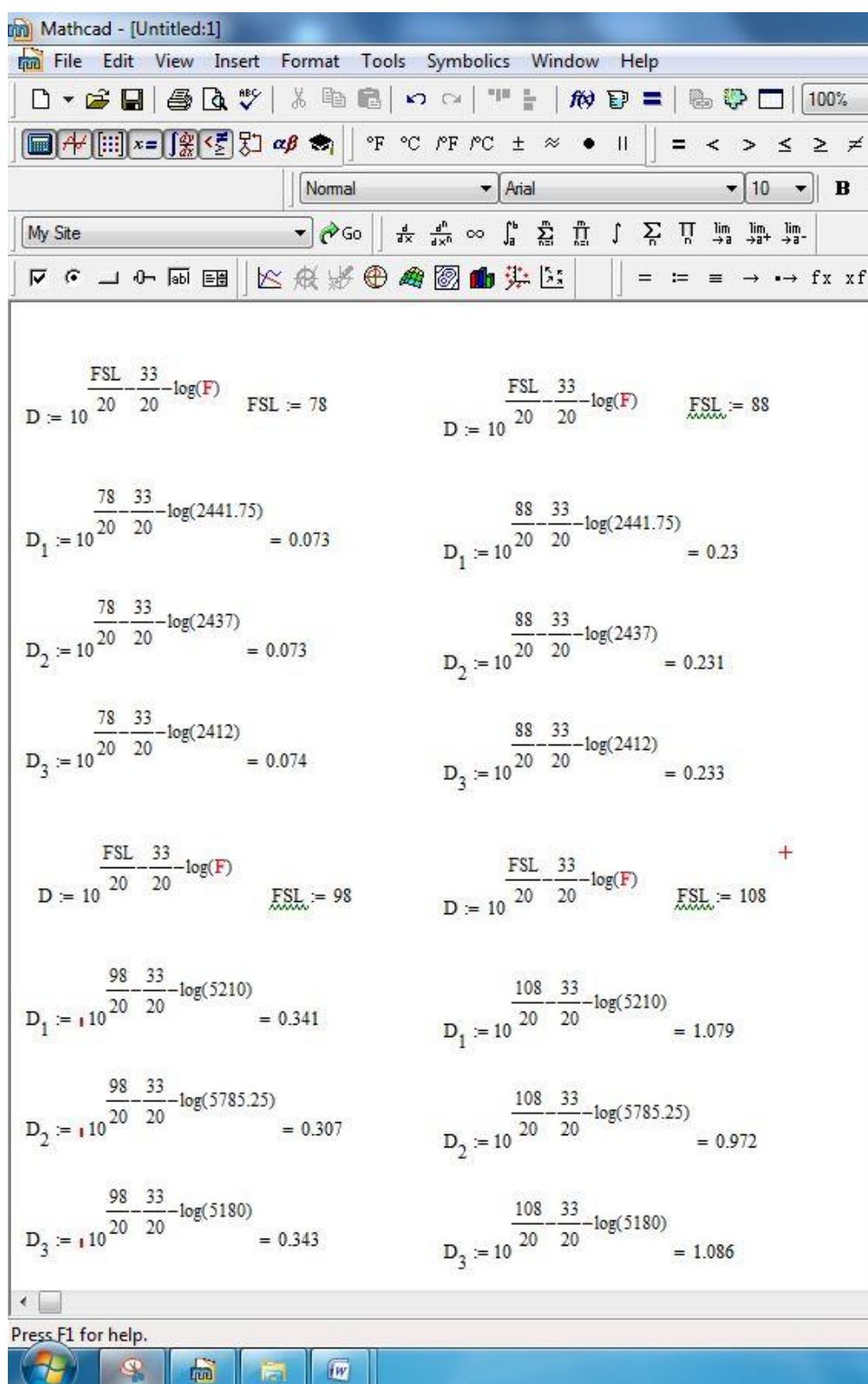


Рисунок А.1 – Расчет дальности связи в метрополитене города Алматы при частоте 2,4 ГГц и 5 ГГц

Приложение Б

Расчет технической части в среде Mathcad 13

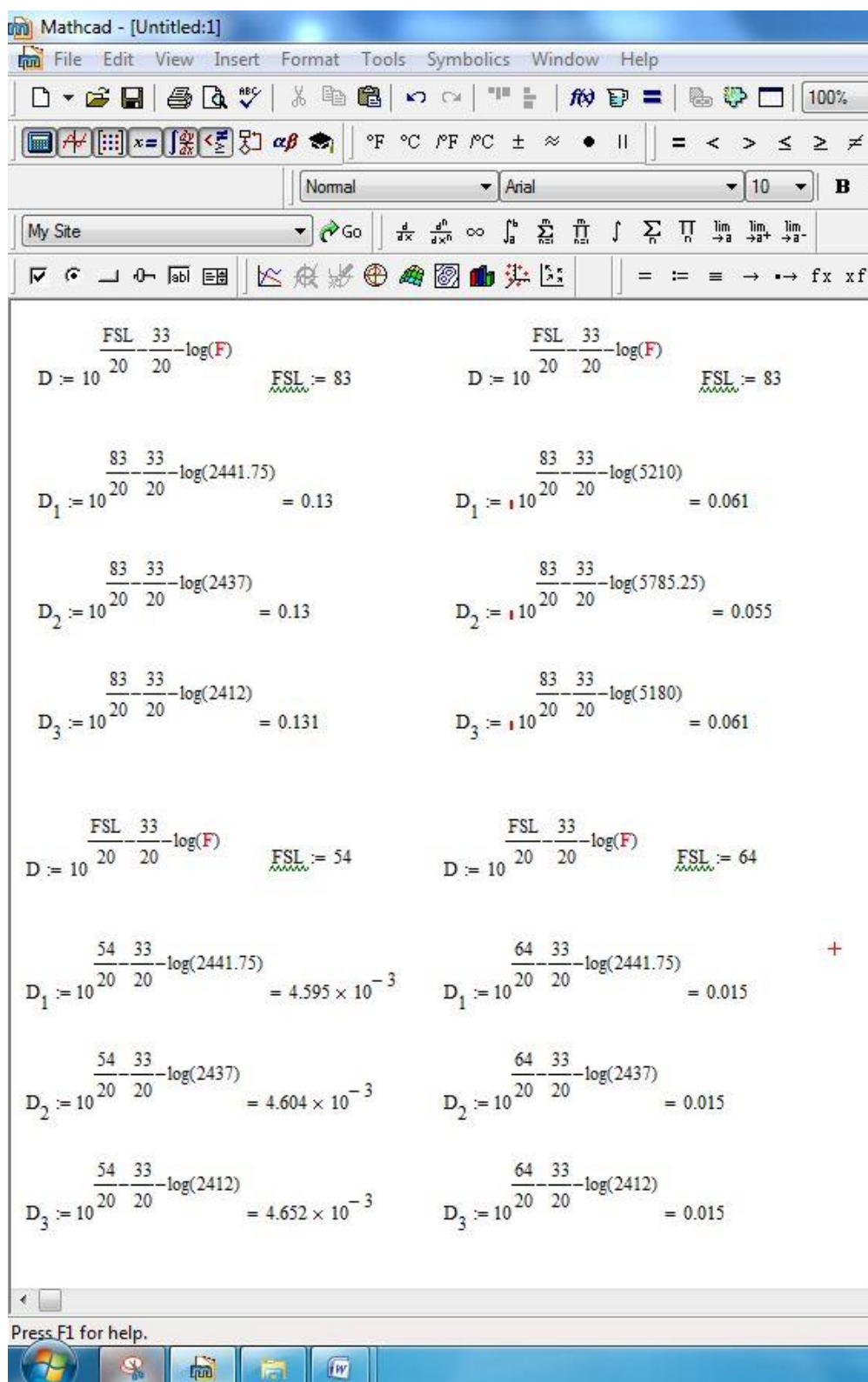


Рисунок Б.1 – Расчет дальности связи в метрополитене города Алматы при частоте 2,4 ГГц и 5 ГГц