

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт автоматики и информационных технологий

Кафедра «Электроника, телекоммуникации и космические технологии»



Башенов Жумабек Кенесович

Организация сети P2P в г. Костанай

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

специальность 5B071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникация

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К. И. Сатпаева

Институт автоматики и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ЭТ и КТ
канд. техн. наук
Е. Таштай
“ 23 ” 05 2022 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: Организация сети Р2Р

По специальности: Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Выполнил:

Башенов Ж. К.

Рецензент
Байкенов А. С.
Профессор, кандидат тех-х наук

Научный руководитель
Джунусов Н. А.
Лектор



подпись Ф.И.О.

“ 23 ” 05 2022 г.



подпись Ф.И.О.

“ 23 ” 05 2022 г.

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И.Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий
Кафедра «Электроники, телекоммуникаций и космических технологий»

5B071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ЭТиКТ

Е.Таштай

« 21 » XII 2021 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Башенову Жумабеку Кенесовичу

Тема: Построения сети P2P в г. Костанай

Утверждена приказом Ректора Университета № 1405 от «24» 01 2022г.

Срок сдачи законченной работы «31» 05 2022г.

Исходные данные к дипломной работе: скорость подключения оптической сети доступа – 100 Мбит/с; в данной работе предполагается подключить 15800 абонентов (из них предусматривается переключение с технологии ADSL 5500 абонентов); шкаф на 216 портов FTTH; полоса пропускания магистрального канала – 10 GE; средняя скорость использования на одного абонента – 2048 кбит/с.

Краткое содержание дипломной работы: а) Анализ сети P2P; б) Обзор состояния сети в г. Костанай; в) Организация сети P2P и GPON в г. Костанай; г) Расчеты основных параметров сети P2P и GPON.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): Схема организации транспортной сети MetroEthernet г. Костанай; 1. Проектируемая схема сети MetroEthernet; 2. Проектируемая схема организации оптической сети доступа г. Костанай; 3. Схема организации сети P2P; 4. Схема организации волоконно-оптической сети Ethernet через Cisco Systems ETTH.

Рекомендуемая основная литература:

- 1) Родина О. В. Волоконно-оптические линии связи. Практическое руководство. - М.: Горячая линия – Телеком, 2016. - 400 с.
- 2). В.Г. Фокин, Ибрагимов Р.З. Оптические системы с терабитными и петабитными скоростями передачи: Учебное пособие/СГУТиИ; Новосибирск, 2015г.-161с.
- 3) Кемельбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф., Хан В.А. Современные проблемы волоконно-оптических линии связи. Том 2. Источники излучения и передающие оптоэлектронные модули. – Томск. Издательство НТЛ. 2001

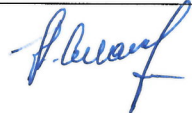
- 4). Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 3. – Мультисервисные сети/ В.В. Величко, Е.А. Субботин. В.П. Шувалов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 592 с.: ил.
- 5) Шнепс-Шнеппе М.А. Интеллектуальные услуги - это ДВО / Информ - курьер-связь. 2000. – № 2.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1. Анализ сети P2P	10.02.2022	Выполнено
2. Обзор состояния сети P2P в городе Костанай	10.03.2022	Выполнено
3. Организация сети P2P и GPON в городе Костанай	10.04.2022	Выполнено
4. Расчёты основных параметров сети P2P и GPON	10.04.2022	Выполнено

ПОДПИСИ

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект)
с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Смайлов Н. К. Ассоциированный профессор	19.06.2022	

Научный руководитель Джунусов Н.А. 
Задание принял к исполнению обучающийся Башенов Ж.К.
Дата "23" "05" 2022 г.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста Қостанай қаласында P2P және GPON желілерін ұйымдастыруды зерттеу қарастырылады.

Huawei жабдығын пайдалана отырып, жаңа желіні ұйымдастырудың нұсқаларын ұсыну: Cloudengine S12700E series Agile Switch, S9300 Series Core Routing Switches, Huawei BRAS, CX600-X16, CX600-X8/X8A, ALU/Data center gateway және басқалар.

Дипломдық жұмыста келесі есептеулер есептелді: P2P желілік моделінің ықтималды сипаттамасы, P2PTV желілік моделінің дискретті сипаттамалары, жобаланған GPON кіру желісінің техникалық есептеулері, GPON абоненттік бөлігінің жұмыс ұзындығын есептеу және ең үлкен жүктеме сағатындағы GPON нақты жүктемесін есептеу.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассматривается исследование организации сети P2P и GPON в городе Костанай.

Предложение вариантов организации новой сети с использованием оборудования компании Huawei: CloudEngine S12700E Series Agile Switch, S9300 Series Core Routing Switches, Huawei BRAS, CX600-X16, CX600-X8/X8A, ALU/Data center gateway и другие.

В дипломной работе были проведены расчеты следующих вычислений: вероятностная характеристика модели сети P2P, дискретные характеристики модели сети P2PTV, технические расчеты проектируемой сети доступа GPON, расчет рабочей длины абонентского участка GPON и расчет реальной нагрузки GPON в час наибольшей нагрузки.

ANNOTATION

This thesis examines the study of the organization of the P2P and GPON network in the city of Kostanay.

Offering options for organizing a new network using Huawei equipment: CloudEngine S12700E Series Agile Switch, S9300 Series Core Routing Switches, Huawei BRAS, CX600-X16, CX600-X8/X8A, ALU/Data center gateway and others.

In the thesis, calculations of the following calculations were carried out: probabilistic characteristics of the P2P network model, discrete characteristics of the P2PTV network model, technical calculations of the projected GPON access network, calculation of the working length of the GPON subscriber section and calculation of the real GPON load per hour of the highest load.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Анализ сети P2P	10
1.1 Общие сведения о сети P2P	10
1.2 Ключевые преимущества использования сети P2P	10
1.3 Разновидности P2P сетей и их применение	11
1.4 Постановка задачи	13
2 Организация сети P2P и GPON в городе Костанай	14
2.1 Сведения о Костанайской области и городе Костанай	14
2.2 Обзор состояния существующей сети в г.Костанай	14
2.3 Реализация проекта	15
2.4 Расчет трафика	16
2.5 Характеристики сети FTTH	18
2.6 Характеристики сети GPON	23
2.7 Технология оптических сетей доступа	27
2.8 Архитектуры оптических сетей доступа	32
3 Расчеты основных параметров сети P2P и GPON	34
3.1 Линеаризация вероятностных характеристик модели сети P2P	34
3.2 Линеаризация характеристик дискретной модели сети P2PTV нормальным законом	35
3.3 Технический расчет проектируемой сети доступа GPON	37
3.4 Расчет рабочей длины абонентского участка GPON	40
3.5 Расчет реальной нагрузки, создаваемой абонентами сети доступа GPON в час наибольшей нагрузки	42
Заключение	44
Список использованной литературы	45
Приложение А	46
Приложение Б	47
Приложение В	48

ВВЕДЕНИЕ

Традиционная модель представления мультимедийных услуг по IP-сетям является моделью типа клиент-сервер, в которой все пользователи напрямую связаны с единым сервером обслуживания. Главным недостатком такой модели является масштабируемость – для обслуживания развивающейся популяции пользователей, ресурсы сервера должны постоянно улучшаться. Сети P2P появились не так давно и стали новой парадигмой в построении приложений распределённой сети. Одноранговая технология Peer-to-peer – делает пользователя одновременной и сервером и клиентом, то есть, пользователь такой сети способен не только загружать данные для себя, но и отдавать уже загруженные данные другим пользователям сети. Таким образом, одновременно с потреблением ресурсов сети, пользователь сам предоставляет сети новые ресурсы. В этом заключается преимущество модели P2P перед обычной (традиционной) моделью клиент-сервер, в котором источником ресурсов является только сервер.

В современном мире успешно P2P-системы функционируют успешно, они быстро распределяют большой объем данных через Интернет, не так давно, мы стали свидетелями того, что технологию P2P используют для предоставления мультимедийных услуг, к примеру, системы потокового видео: PPLive, SoftCast, CoolStreaming, созданы для предоставления услуг потокового видео по требованию и видео в режиме реального времени через Интернет. Сейчас, такие системы обслуживают сотни тысяч пользователей одновременно. Большинство видео потоков в этих сетях являются телевизионными каналами со всего мира, поэтому одноранговые сети с потоковым трафиком иногда называют P2PTV сетями.

В данной работе, будет рассмотрена организация сети P2P в г.Костанай, основные функции и применения данной технологии, расчет параметров (реальная нагрузка на сеть в ЧНН, расчет рабочей длины абонентского доступа, линеаризация вероятностных характеристик, технический расчет сети), анализ структуры сетей. А также, будет представлена информация по технологиям GPON, FTTH, Metro, Access и другое. Расчет некоторых параметров будет предоставлен в программе Mathcad.

1 АНАЛИЗ СЕТИ P2P

1.1 Общие сведения о сети P2P

Сеть peer-to-peer (P2P) – это инфраструктура информационных технологий (ИТ), позволяющая двум или более компьютерным системам подключаться и совместно использовать ресурсы, не требуя отдельного сервера или серверного программного обеспечения. На рабочих местах можно настроить сеть P2P, физически подключив компьютеры к связанной системе или создание виртуальной сети. Также может настроить компьютеры в качестве клиентов и серверов своей сети.

Сеть P2P отличается от сети клиент-сервер, традиционно используемой в компьютерных сетях. Сеть клиент-сервер — это соединение между клиентским компьютером и серверным компьютером для предоставления клиенту ресурсов сервера.

В сети P2P каждое устройство считается одноранговым — таким образом, «одноранговое устройство» – с такими функциями, которые вносят свой вклад в сеть. Каждый компьютер является одновременно клиентом и сервером, и они совместно используют ресурсы с другими сетевыми компьютерами.

Некоторые основные функции сети P2P:

- Каждый компьютер в сети P2P предоставляет ресурсы сети и потребляет ресурсы, предоставляемые сетью. Такие ресурсы, как файлы, принтеры, хранилище, пропускная способность и вычислительная мощность, могут совместно использоваться различными компьютерами в сети.
- Сеть P2P легко настроить. Как только он настроен, доступ контролируется путем контроля разрешений на общий доступ на каждом компьютере. Более строгий доступ можно контролировать, назначая пароли определенным ресурсам.
- Некоторые P2P-сети формируются путем наложения виртуальной сети на физическую сеть. Сеть использует физическое соединение для передачи данных, в то время как виртуальное наложение позволяет компьютерам в сети взаимодействовать друг с другом.

1.2 Ключевые преимущества использования сети P2P

Благодаря своей архитектуре P2P-сеть может предложить своим пользователям множество преимуществ, в том числе:

- Простой обмен файлами: продвинутая P2P-сеть позволяет быстро обмениваться файлами на больших расстояниях. Доступ к файлам можно получить в любое время.

- Снижение затрат: при настройке P2P-сети нет необходимости вкладывать средства в отдельный компьютер для сервера. Для этого не требуется сетевая операционная система или штатный системный администратор.
- Адаптивность: сеть P2P легко расширяется, чтобы включать новых клиентов. Преимущество сети – его масштабируемость, которая делает эти сети более гибкими, чем клиент-серверные сети.
- Надежность: в отличие от сети клиент-сервер, которая может выйти из строя в случае сбоя центрального сервера, P2P-сеть останется функциональной даже в случае сбоя центрального сервера. Если один компьютер выходит из строя, остальные работают в обычном режиме. Это также предотвращает возникновение узких мест, поскольку трафик распределяется между несколькими компьютерами.
- Высокая производительность: в то время как сеть клиент-сервер работает менее эффективно, когда к сети присоединяется больше клиентов, отличие сети P2P в том, что она повышает свою производительность в момент, когда к ней присоединяется больше клиентов. Это связано с тем, что каждый клиент в сети P2P также является сервером, который предоставляет ресурсы сети.
- Эффективность: новые P2P-сети обеспечивают совместную работу между устройствами, имеющими разные ресурсы, что может принести пользу всей сети.

1.3 Разновидности P2P сетей и их применение

Существуют три основных уровня P2P сетей:

- Базовый уровень использует универсальную последовательную шину для создания базовой P2P сети между двумя компьютерными системами.
- Промежуточный уровень требует использования медных проводов для подключения большого количества компьютеров.
- В расширенной сети P2P программное обеспечение устанавливает протоколы, которые управляют прямыми соединениями между несколькими устройствами через Интернет.

При построении сети, можно использовать следующие типы P2P сетей:

1. **Чистая одноранговая сеть:**

Чистая одноранговая сеть известна, как «полностью одноранговая сеть». В этой сети все одноранговые узлы играют одинаковую роль, поскольку эта P2P-сеть не содержит какого-либо централизованного выделенного сервера.

Примером чистой одноранговой сети можно считать протокол «Gntella», этот протокол способен находить и размещать все файлы внутри этой сети.

2. **Неструктурированные P2P сети:**

В этой сети, соединить все устройства сети друг с другом – простая задача. Все устройства должны вносить одинаковый вклад, но из-за отсутствия структуры пользователи могут столкнуться с некоторыми трудностями при поиске редкого контента. Коэффициент оттока данного типа P2P сети стал выше (коэффициент оттока – количество пользователей, которые присоединяются и выходят из сети).

Преимущества данного типа P2P сети:

- Их легко создавать, поскольку устройства могут случайным образом подключаться к сети.
- Каждое устройство может внести равный вклад.
- Отсутствие структуры может затруднить пользователям поиск редкого контента.
- Они устойчивы к высоким показателям оттока. Отток относится к числу пользователей, присоединяющихся к сети и покидающих ее.

3. **Структурированные P2P сети:**

- Программное обеспечение, используемое для настройки структурированной сети P2P, организует виртуальный уровень сети в определённую структуру.
- Хотя структурированные P2P-сети не так легко построить, как неструктурированные сети, они предлагают пользователям лучший доступ к редкому контенту по сравнению с неструктурированными P2P-сетями.
- Структурированные сети менее устойчивы к высоким показателям оттока по сравнению с неструктурированными сетями.

4. **Гибридные P2P сети:**

Гибридные сети сочетают в себе функции P2P-сети с функциями клиент-серверной сети. Существует множество разновидностей гибридных сетей. Примером популярной гибридной сети является сеть, которая помогает пользователям находить друг друга через центральный сервер.

Сеть P2P, благодаря своей простоте и низкой стоимости, имеет широкое распространение:

- Домашняя группа - это небольшая группа компьютеров, соединённых между собой для совместного использования хранилища и принтеров. Это одно из наиболее распространённых применений одноранговой технологии.
- При создании одноранговой сети между двумя компьютерами между ними создается одноранговая сеть. Обмен большими файлами через Интернет часто осуществляется с использованием сетевой архитектуры P2P. Например, платформы онлайн-игр используют P2P для загрузки игр между пользователями.
- Обновления операционной системы Windows, начиная с версии 10, доставляются как с серверов корпорации Microsoft, так и через P2P-сеть.

- Операционные системы Linux распространяются через BitTorrent-загрузки, использующие P2P-передачу. Такими примерами являются Ubuntu, Linux Mint и Manjaro.

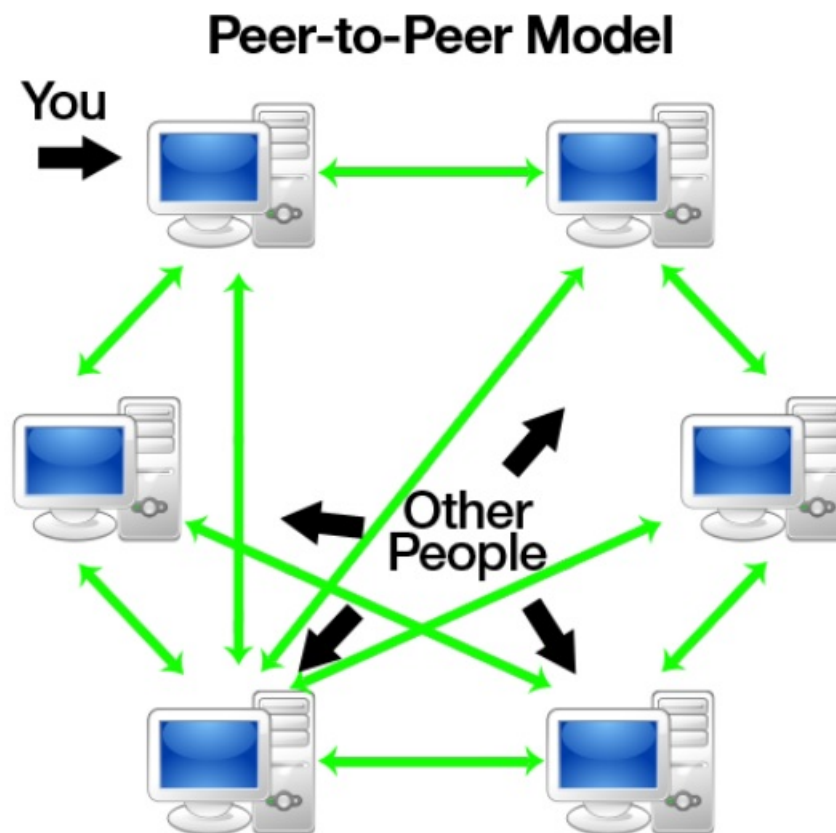


Рисунок 1.1 – Схема организации модели P2P сети

1.4 Постановка задачи

Для реализации поставленной задачи, необходимо следующее:

1. Исследование существующей сети в г. Костанай;
2. Расширение спектра предоставляемых оператором услуг;
3. Организация сетей P2P, MetroEthernet и GPON путём улучшения существующих схем и установки нового оборудования;
4. Расчитать основные параметры сетей P2P и GPON;
5. Предложить новое, качественное и отказоустойчивое оборудование.

2 ОРГАНИЗАЦИЯ СЕТИ Р2Р И GPON В ГОРОДЕ КОСТАНАЙ

2.1 Сведения о Костанайской области и городе Костанай

Костанайская область образовалась на севере Республики Казахстан в 1936 году. Территория составляет 196 тыс. кв. км, население – 864 550 человек, экономически активное население – 487.3 тысячи человек.

Область состоит из 16 районов и 4 городов областного подчинения.

Административный центр – город Костанай.

Город образован в 1879 году, занимает территорию в 242 кв. км.

Численность населения – 251 162 человека, экономически активное – 131.2 тыс. человек.

2.2 Обзор состояния существующей сети в г. Костанай

По состоянию на 01.01.2020 г. в областном центре г. Костанай функционируют 2 цифровые станции, 2 аналоговые станции, развёрнуты сети нового поколения (NGN) и сети беспроводного доступа стандартов GSM, UMTS и LTE с поддержкой технологии VoLTE.

Сеть ПД в г. Костанай построена следующим образом. Основное ядро имеет пропускную способность в 10 Гбит/с и поддержку технологии MPLS, что позволяет обеспечить время сходимости порядка в 50 мс. Это положительно сказывается на надежности сети ПД в целом и даёт возможность пропускать через неё пакетный и голосовой трафик без ограничений. Существующая схема ПД представлена на рисунке 2.1.

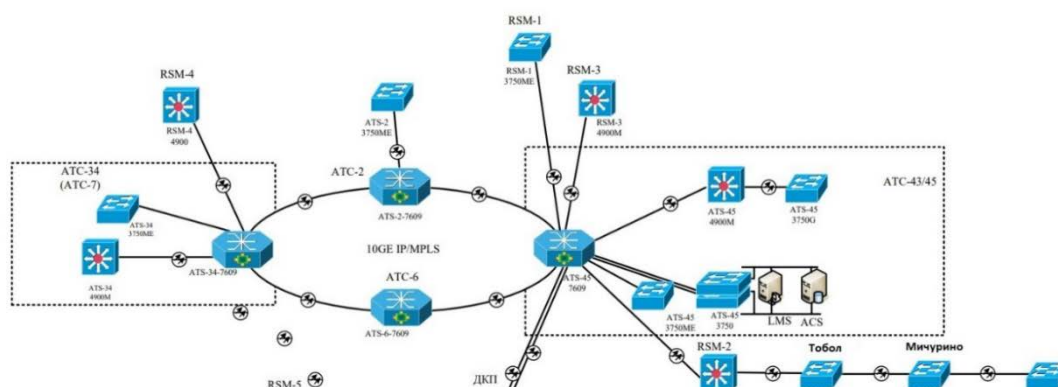


Рисунок 2.1 – Схема организации транспортной MetroEthernet сети г. Костанай.

К тому же, в Костанайской сети передачи данных есть волоконно-оптические линии связи с использованием технологии Fast Ethernet с

выделением в отдельный VLAN. Телекоммуникационные услуги поддерживают скорость до 500 Мбит/с на базе оптоволоконной сети.

2.3 Реализация проекта

Основными предпосылками для реализации проекта, явилась потребность в повышении конкурентоспособности, удержание существующей клиентской базы и её расширение.

Таблица 2.1 – Реализация проекта

№	Районы	Численность населения, чел	Монтируемая емкость, номеров	Задействованная емкость на 01.01.2020 г., номеров	Свободная емкость, номеров
1	г. Костанай	251 162	62754	59694	3060

Сущность стратегии проект заключается в создании оптической сети доступа согласно концепции FTTH, со скоростью передачи данных до 100 Мб/с (на внутренние Казахстанские сайты).

Данным проектом предусматривается строительство абонентского доступа согласно концепции FTTH (на базе технологий GPON и P2P) в г. Костанай. Данным проектом предполагается подключить 15800 абонентов (из них 5500 абонентов предусматривается переключить с технологии ADSL).

Проектом предполагается на сети доступа использовать оборудование GPON и MS (P2P). Применение технологий каждого района обусловлена следующими факторами: наличие инфраструктуры (магистральные ОК существующего оборудования мультисервисного доступа), концентрация абонентов и расстояние от центральных узлов. В обоих случаях до абонента будет доводиться оптическое волокно. Основным преимуществом такого доступа является скорость и защищенность от несанкционированного подключения. Оптические кабели предполагается проложить по существующей канализации. В зданиях проектом предусматривается установка оптических кроссов в каждом подъезде, оптических коробок у каждого абонента, прокладка между подъездами многоволоконных кабельных сборок, которые позволят отказаться при строительстве от сварки оптических волокон, что ускорит реализацию самого проекта, а также оптических патчкордов от кроссов до абонента. При использовании технологии GPON на сети будет использована многокаскадная схема с последовательным размещением сплиттеров. Сплиттеры при этом предусматривается располагать в оптических кроссах (настенных боксах) [1].

Настоящим проектом предусматривается строительство сети с распределением на три уровня: уровень доступа, уровень агрегации и магистральный уровень.

На уровне доступа предусматривается использовать:

1. Технологию P2P – оборудование мультисервисного абонентского доступа производства компании Huawei (шкафы ODU-S с установкой плат оптического доступа FE). Каждый шкаф рассчитан на 216 портов FTTH. Оборудование мультисервисного доступа предусматривается объединять в кольцевые структуры с полосой пропускания магистрального канала 10 GE.
2. Технологию GPON – оборудование OLT, устанавливаемое на центральных узлах. Сеть доступа будет организована по древовидной структуре. При этом предусматривается на одну ветку PON подключать не более 32 абонентов.

2.4 Расчёт трафика

По проекту каждому абоненту предусматривается обеспечить скорость подключения 100 Мб/с, но с учетом использования услуг широкополосной передачи данных расчётную скорость определим как 2048 кб/с. В одно и тоже время в режиме online максимально может находиться 30% абонентов (по сложившейся реальной статистике) [2].

В большинстве случаев основной конечной точкой является Интернет, доступ в Интернет предоставляется через узел ДКП, в г. Костанай.

Таким образом, мы можем рассчитать требования к полосе пропускания трафика передачи данных для пользователей:

$$15800 * 2048 * 0,3 * 1,1 = 10,7 \text{ Гб/с}$$

где 2048 – средняя скорость использования на одного абонента, кБ/с;

0,3 – количество пользователей (30%), одновременно «скачивающих» информацию в сети;

1,1 – накладные расходы IP трафика (PPP, ATM, служебный трафик = 10%).

Исходя из результатов расчёта, пропускную способность магистральной сети МЕ необходимо расширить. Для этого проектом на узлах АТС-43/45, АТС-34 предусматривается установить маршрутизаторы Juniper, которые также будут являться агрегирующими устройствами для уровня доступа. Так же, предусматривается установить на объекте АТС-6 коммутатор CISCO 4900. Для соединения оборудования существующей МЕ сети с маршрутизаторами Juniper проектом предусматривается провести расширение маршрутизаторов CISCO 7609 путем установки карт ES+ (Проектируемая схема сети МЕ представлена на рисунке 2.2).

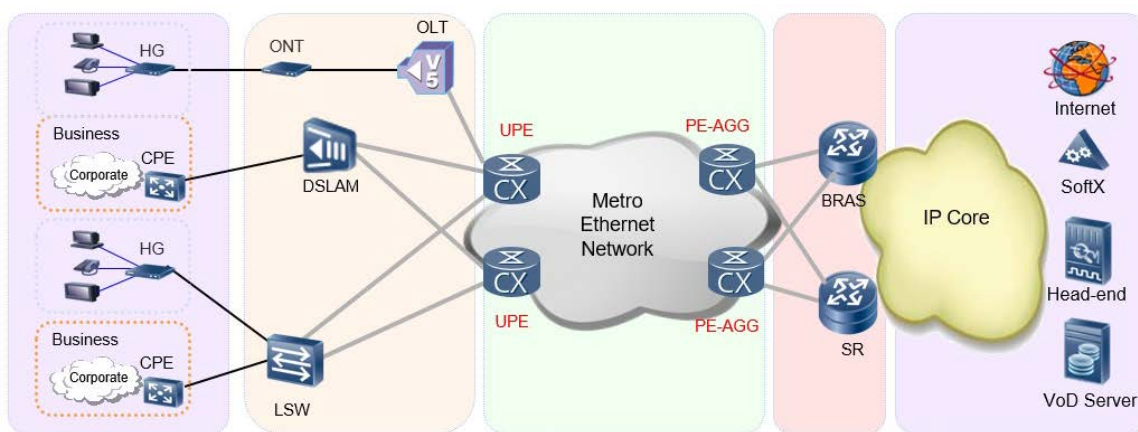


Рисунок 2.2 – Схема организации сети MetroEthernet

Проектируемая сеть Metro Ethernet охватывает несколько городов Костанайской области. В каждом городе есть сеть, показанная здесь.

Расширение оборудования сети Metro Ethernet и установка агрегирующих маршрутизаторов в гермозонах Metro Ethernet, приведёт к увеличению тепловыделения. В связи с этим, проектом предусматривается провести упрочнение оборудования климатехники:

- строительство ВОЛС в г. Костанай с охватом всех многоквартирных домов и доведением ОВ до абонента;
- подготовку инфраструктуры для установки шкафов (энергоснабжения, заземления и т. д.);
- расширение оборудования существующей сети MetroEthernet;
- обеспечение агрегации трафика от зонной сети.

Данный проект реализовать в 3 этапа:

1. этап – в 2023 году предусматривается подключить 2118 абонентов: по технологии GPON – 1948 абонентов (71 веток PON); по технологии P2P – 318 абонентов (2 шкафа MS);
2. этап – в 2024 году предусматривается подключить 7879 абонентов: по технологии GPON – 4097 абонентов (196 веток PON); по технологии P2P – 2618 абонентов (15 шкафов MS);
3. этап – в 2025 году предусматривается подключить 5803 абонентов: по технологии GPON – 2892 абонентов (134 ветки PON); по технологии P2P – 1896 абонентов (10 шкафов MS);

Данным решением предлагается удовлетворение спроса посредством технологии FTTH (P2P). Предполагается подключить 15800 абонентов, установить 88 шкафов МАД с установкой плат FTTH. Провести по городу строительство ВОЛС от центральных узлов до УБ, а также от УБ до абонента и подготовить инфраструктуру для установки шкафов МАД. Обеспечить стыковку ЦБ с Metro Ethernet на скорости 10 Гб/с. Также проектом предусматривается провести расширение пропускной способности сети МЕ и обеспечить стыковку сети МЕ с сетью ДКП со скоростью 10 Гб/с (рисунок 2.3).

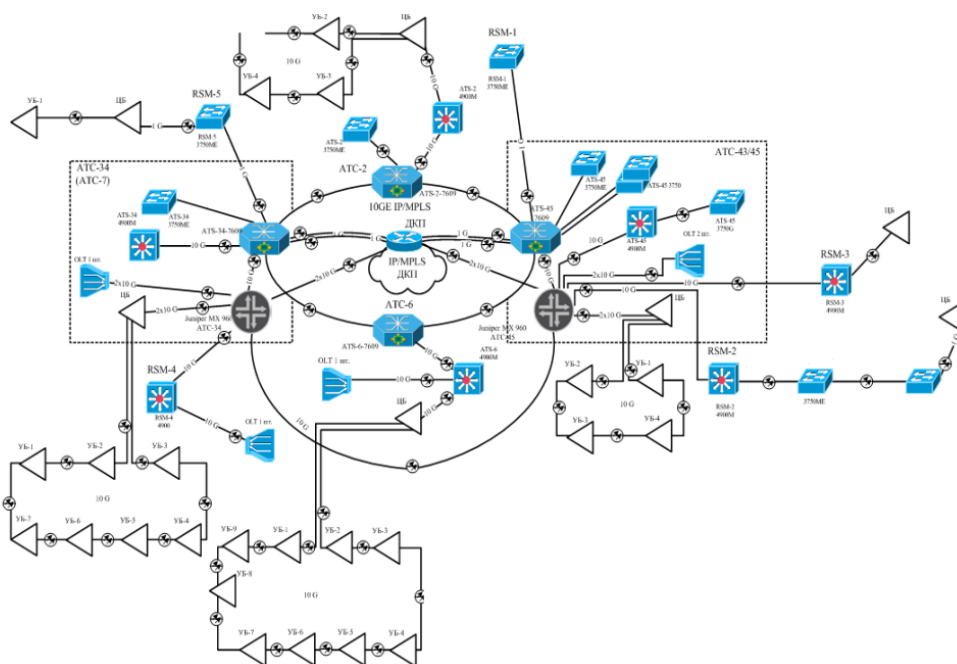


Рисунок 2.3 – Проектируемая схема организации оптической сети доступа г. Костанай.

2.5 Характеристики сети ФТТН

Задача организации широкополосного волоконно-оптического доступа может быть решена разными способами: по схеме «оптическое волокно до здания» (ФТТВ), «до жилища» (ФТТН) или «до распределительной коробки» (ФТТС). В топологии сетей доступа обычно выделяют три основных архитектуры: «кольцо», «точка-точка» (P2P) и «точка-множество точек» (P2MP), выбор которых зависит от требований заказчиков, плотности размещения абонентов и их удаления, от технологий и архитектуры магистральной сети, предоставляемых услуг и ряда других факторов.

По данным аналитической компании IDATE, в отчете об исследовании, которое было опубликовано совместно с Советом Европы ФТТН, отмечается, что ФТТН и ФТТВ в Европе откроют путь к большому росту, который частично связан с полностью оптоволоконными операциями в Великобритании и Германии.

Ссылаясь на прогноз IDATE, по причине влияния пандемии COVID-19 рост пользователей ФТТН/В в период с 2020 по 2026 резко возрастет. В 2021 году в 26 странах будет около 50 миллионов пользователей ФТТН/В, а к 2026 году это число возрастет до 148 миллионов. Предполагается, что в течение этого периода покрытие ФТТН/В домашних хозяйств увеличится со 105 миллионов до 202 миллионов.

Азия продолжает лидировать в развёртывании сетей ФТТН, в Северной Америке также происходит быстрый рост, а активное развитие европейского рынка ФТТН идет хорошо, но не так стремительно [3].

Волоконно-оптические сети призваны со временем заменить медную инфраструктуру доступа. Вместе с тем, очевидно, что потребуются не одно десятилетие, прежде чем волоконно-оптических линий станет больше, чем медных. По сетевой архитектуре и технологической стратегии в Европе, оптика постепенно будет приближаться к потребителям, вытесняя медные линии с участка последней мили.

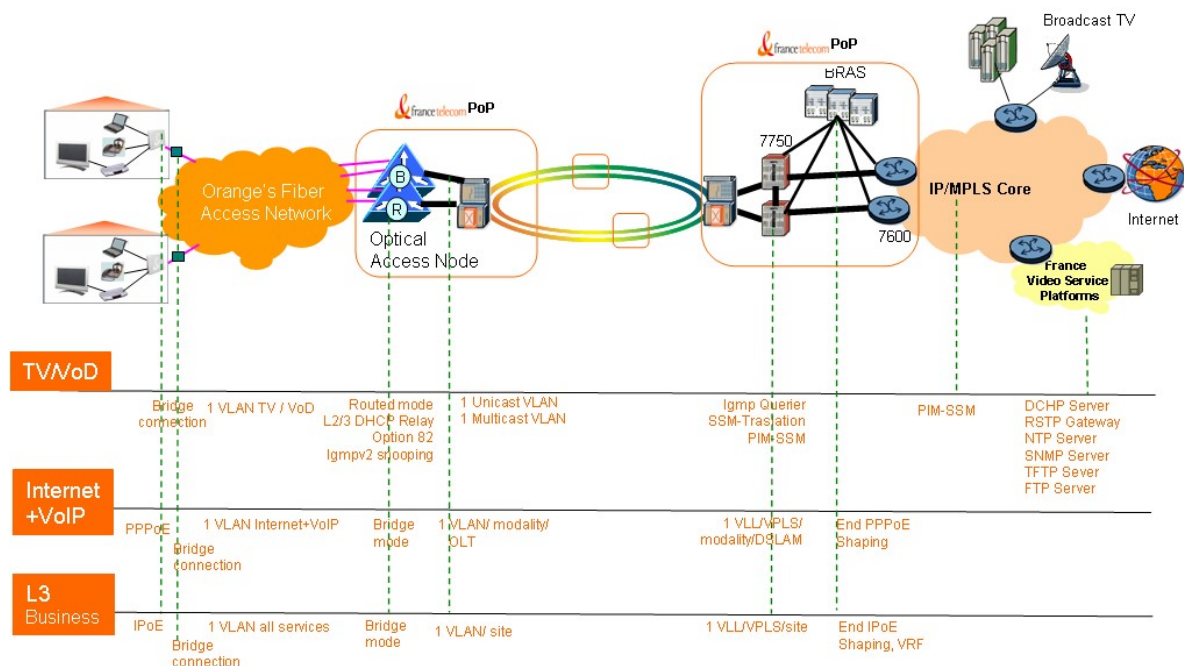


Рисунок 2.4 – Высокоуровневое проектирование ФТТН сети

Рост спроса на услуги широкополосного доступа заставляет операторов модернизировать свои сети, а инвестиции в ФТТН способны давать отдачу в течение долгого времени.

Продукты для решения проблем последней мили, системы и платформы управления, выпускаемые многими производителями, позволяют строить практически любые конфигурации: P2P, P2MP, P2PTV, кольцевые, с выделением/вставкой (add/drop) и их комбинации. Крупные поставщики предлагают наиболее широкий спектр платформ и технологий, отвечающих разнообразным потребностям заказчиков. Остальные работают в области нишевых решений или создают оригинальные новаторские продукты.

Увеличение скорости до 10 Гбит/с, новые возможности в организации мультисервисных услуг благодаря применению таких стандартов и протоколов как: IEEE 802.1Q (VLAN), приоритезация трафика, классы DiffServ для обеспечения QoS, MPLS для быстрой коммутации пакетов в многопротокольных

сетях, превратили Ethernet в технологию операторского класса. На уровне городских сетей это выражается в распространении Metro Ethernet.

Хотя на магистральных региональных и городских сетях по-прежнему доминирует кольцевая инфраструктура ATM/SDH, сегменты Ethernet постепенно появляются и здесь. Применение Ethernet в глобальных сетях и сетях доступа позволяет снизить стоимость услуг и добиться прозрачного соединения удаленных офисов. В новых разработках IP/Ethernet для сетей доступа делается попытка объединить лучшие качества волоконной оптики и технологии Ethernet, причем последняя применяется не только для сетей с коммутацией пакетов, но и для унаследованных магистральных сетей SDH [4].

Концепцию Ethernet To The X (ETTX), где X – жилые здания или корпоративные клиенты, продвигает, в частности, Huawei Technologies (см. Рисунок 2.5).

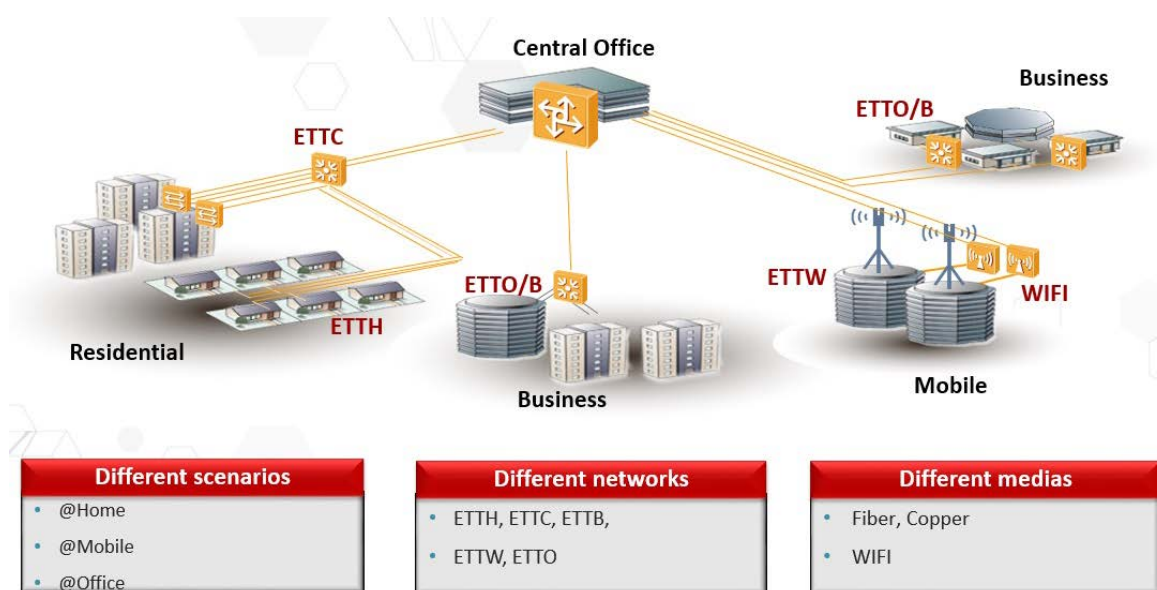


Рисунок 2.5 – В представлении Huawei Technologies ETTX обеспечивает передачу данных, голоса и видео по простой волоконно-оптической сети Ethernet.

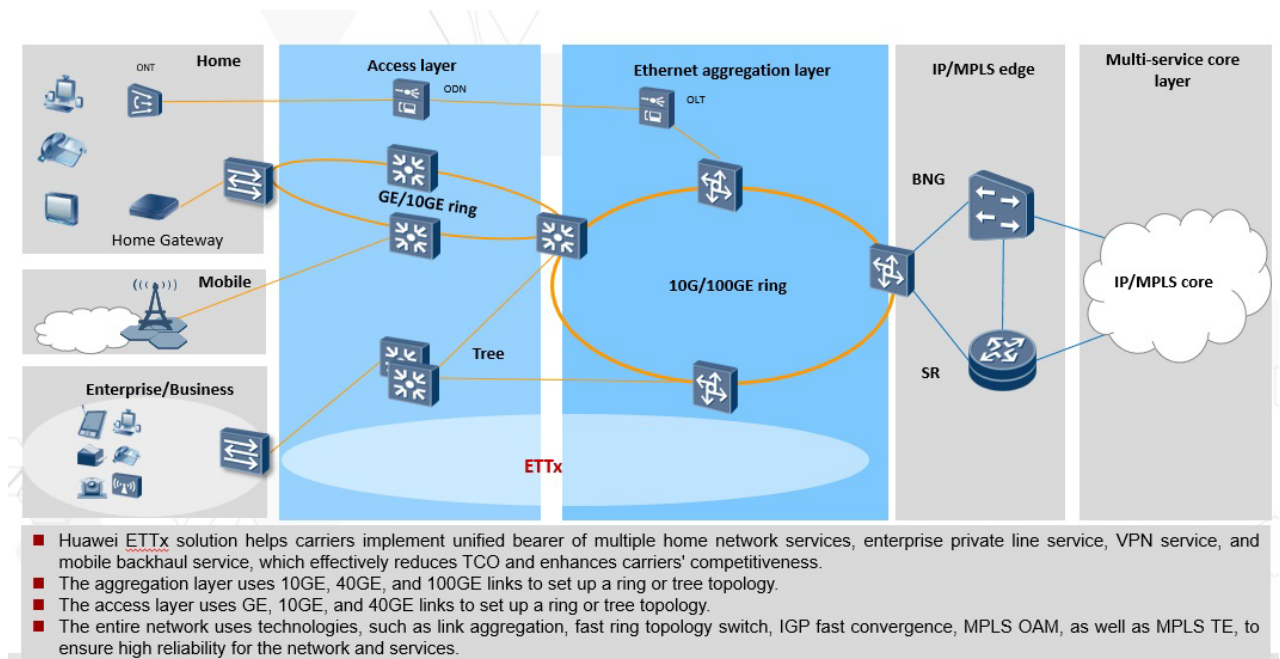


Рисунок 2.6 – Архитектура решения Huawei ETTx

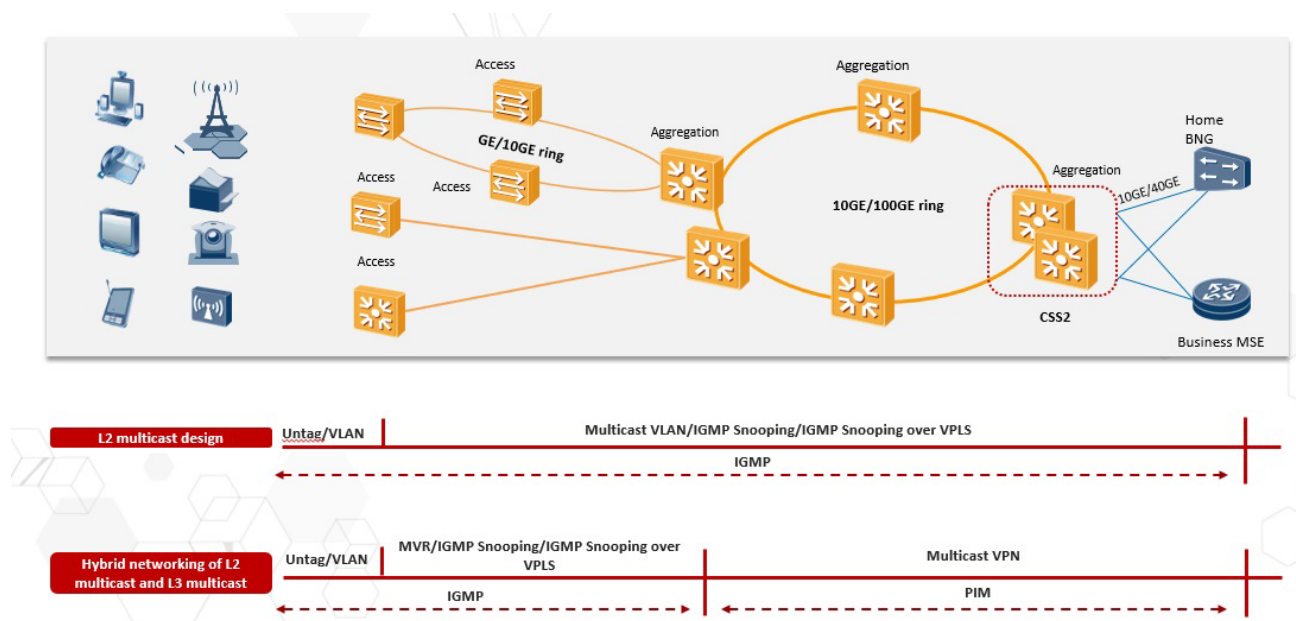


Рисунок 2.7 – Схема решения для ETTx Multicast

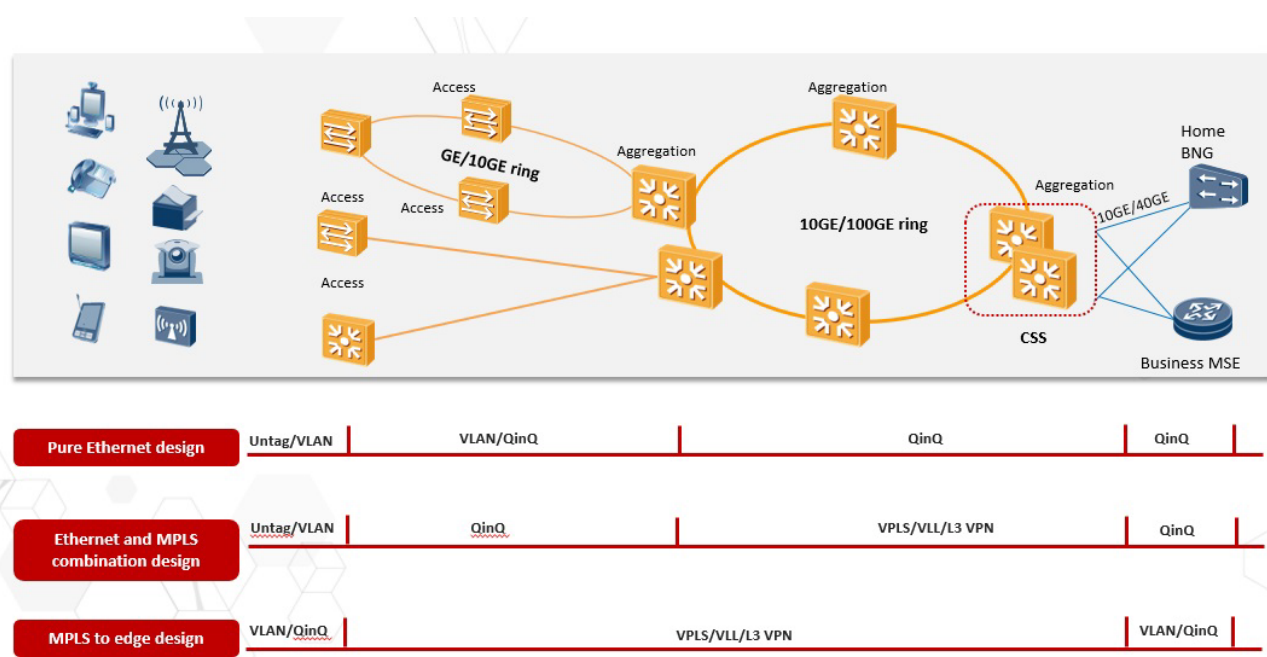


Рисунок 2.8 – Схема решения для ETTX unicast

Многие современные решения строятся в соответствии с рекомендациями альянса Ethernet on the First Mile (EFM) и Metro Ethernet Forum (MEF). Для основных операторов, не имеющих унаследованной инфраструктуры и ориентирующихся на Ethernet/IP, построение последней мили на основе технологий Ethernet особенно актуально.

Простейший вариант организации доступа состоит в применении медиа-конвертеров «медь-оптика», «оптика-медь» и «оптика-оптика». Именно с медиа-конвертеров начинали свой бизнес Allied Telesyn и METRObility Optical Systems. Подобные решения выпускают сегодня многие производители. Ранее медиа-конвертерные платформы не обладали необходимой управляемостью, хотя ведущие производители медиа-конвертерных решений разрабатывали собственные средства управления. Теперь же широкий спектр этих продуктов оснащается не только встроенными средствами администрирования, но и эффективными механизмами восстановления, что повышает надежность сети в целом и поэтому позволяет называть их решениями операторского класса.

С принятием IEEE стандарта 802.3ah, получившего название «Ethernet на первой миле» (EFM), появились расширенные возможности управления и мониторинга удаленных устройств и каналов связи для пакетных сетей Ethernet. Для всех топологий доступа предусматривается общий набор правил управления, администрирования и обслуживания (OAM). Оператор имеет возможность комбинировать оптические и медные сегменты сети и управлять ею посредством единого набора инструментов и процедур. Этот стандарт стал ориентиром для большинства производителей оборудования доступа по оптике и меди.

На решение проблем последней мили с помощью «оптического Ethernet» в соответствии со стандартами IEEE и альянса EFM нацелено семейство медиа-

конверторных платформ METRObility Radiance. Компания METRObility дополняет 802.3ah собственными патентованными технологиями, такими, как управление пропускной способностью канала, измерение мощности оптического сигнала, управление параметрами оборудования (температура, напряжение источника питания). Для организации канала управления используется межкадровые промежутки Ethernet (Inter-Packet Gap, IPG). Расширения не влияют на стандартные возможности управления, а лишь добавляют функциональность и число параметров управления. Система управления основана на базах MIB, использует стек протоколов SNMP и стандарт IEEE 802.3ah. Графический интерфейс системы управления NetBeacon позволяет получать информацию о событиях, соотносить их с сетевыми элементами и каналом связи, о событиях, соотносить их с сетевыми элементами и каналом связи, отображать состояние соединений и условия функционирования портов.

Активные оптические сети доступа получили широкое распространение, однако в некоторых случаях, когда необходимо предоставлять множество услуг большому числу рассредоточенных абонентов, древовидная структура сети и конфигурация «точка-множество точек» (P2MP) оказываются более выгодными по сравнению Ethernet P2P [5].

Чтобы сэкономить на дорогостоящих электронных компонентах и обеспечить недорогой способ развёртывания оптических линий, в приложениях FTTH/FTTB предполагается использовать всегда два лазерных источника на приемном устройстве и два на передающем (для транспортировки трафика в прямом и обратном направлении), а трафик абонентов разделять с помощью временного мультиплексирования. Эта технология с архитектурой P2MP получила название пассивных оптических сетей (Passive Optical Network, PON). Идея PON зародилась в не так далёком 1995 году, а в 1998 году были приняты первые спецификации данной технологии (G.983). Именно за стандартом G.983 исторически закрепился термин «PON», хотя, например, в METRObility его применяют при описании приложения Ethernet-over-CWDM. В решениях Radiance компания использует одноканальные OADM, выходящие (Drop & Pass) или входящие/выводящие (Drop & Add) один канал – оптическая сеть в этом случае пассивна на участке от оператора до клиента.

2.6 Характеристика сети GPON

Обычно «классические» сети PON имеют древовидную топологию (P2MP) с пассивным разветвлением (см. Рисунок 2.10), хотя не исключается кольцевая и линейная схемы (для территориальных сетей).

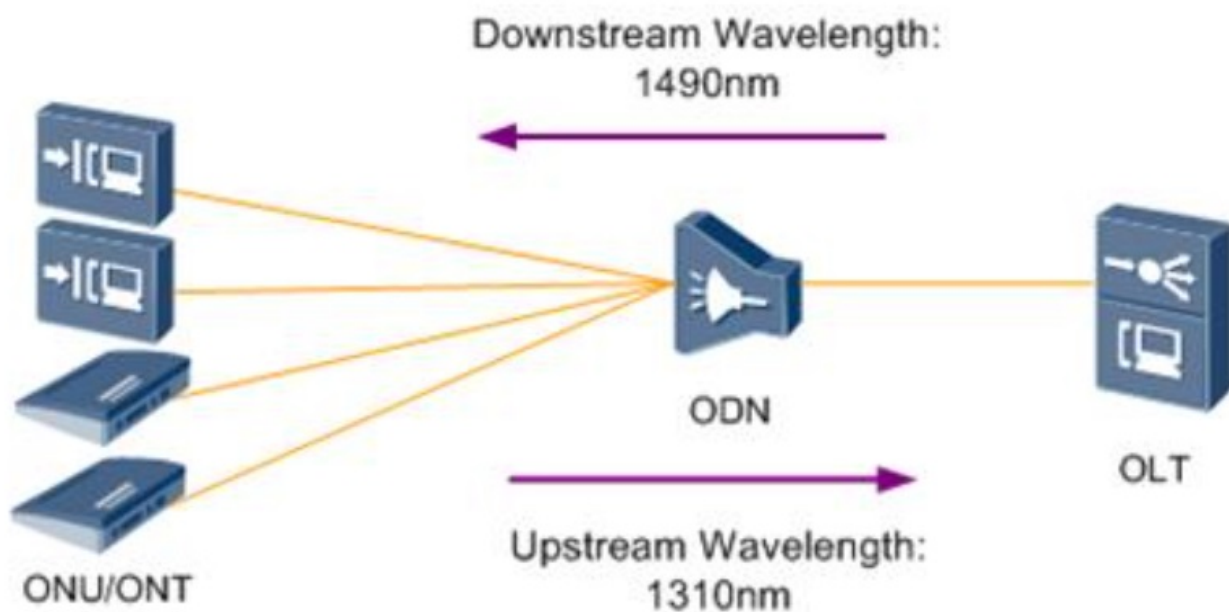


Рисунок 2.9 – Схема принципа работы сети GPON.

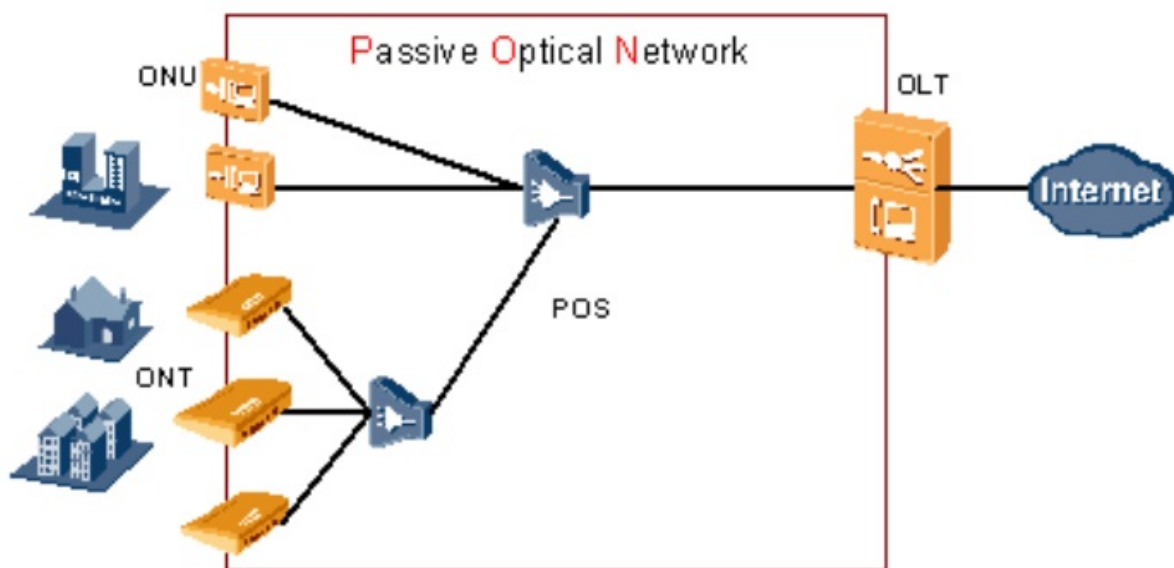


Рисунок 2.10 – Структура сети PON.

К одному порту центрального узла подключается сегмент дерева, охватывающий десятки абонентов. Основа экономичности PON – относительно недорогое оборудование в точке присутствия провайдера (Optical Line Terminal, OLT), клиентские устройства (Optical Network Terminal, ONT) и не требующая обслуживания инфраструктура доступа (см. Рисунок 2.11).

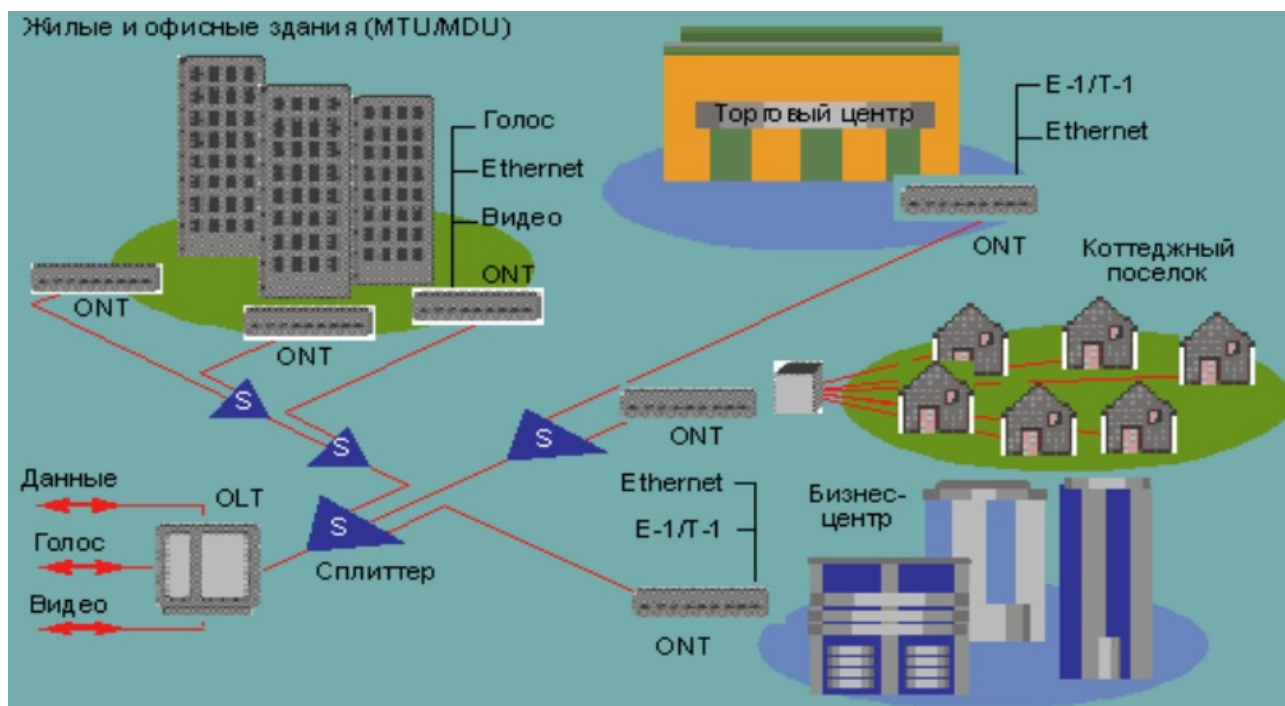


Рисунок 2.11 – Сеть PON для предоставления услуг Triple Play частным и корпоративным клиентам.

В любой технологии PON (см. Таблицу 2.2) пропускная способность делится между абонентами и распределяется согласно политике администрирования. Кроме того, в отличие от SDH, в сети PON свободную пропускную способность можно динамически выделять нуждающемуся в ней абоненту. Обычно одно OLT обслуживает до 32 абонентов, удаленных на расстояние до 20 км.

Таблица 2.2 - Основные характеристики стандартов PON

	BPON	GPON	EPON
Инициаторы стандарта	ITU-T/FSAN	ITU-T/FSAN	IEEE
EFM	G.983	G.984	802.3ah
Стандарт		1.25	2.5 1
Максимальная скорость к абоненту (Гбит/с)	0.622	2.5	1
Максимальная скорость от абонента (Гбит/с)			
Типовой коэффициент разветвления	1:32	1:128	1:16
Трафик	ATM	ATM, TDM, Ethernet	Ethernet
Сетевые интерфейсы	ATM, TDM, GbE	ATM, TDM, GbE	GbE
Интерфейсы доступа	ATM, TDM, 10/100	ATM, TDM, 10/100	10/100

Ожидалось, что массовое внедрение технологии PON начнётся в 2001 году, однако разразившийся тогда кризис в телекоммуникационной отрасли внес свои коррективы. Даже сегодня число пользователей PON не превышает 2 млн. Стандарт ATM PON (APON) был ориентирован в основном на частных лиц и обеспечивал предоставление услуг телефонии, хотя средств доставки видео первоначально не предусматривал. Позднее несколько начинающих компаний выпустили системы APON для корпоративных клиентов. Поддержка видео появилась в версии Broadband PON (BPON) в 2003 году с принятием рекомендации ITU-T G.983.8. Для подачи видеосигнала (аналогового или цифрового) в направлении к абоненту на стороне оператора используется третий лазерный источник.

Разработка GPON (ITU G.984) позволила достичь гигабитных скоростей, но потребовала применения средств для повышения устойчивости работы сети, в частности кодов с коррекцией ошибок. В отличие от CWDM, оптимизированной для городских сетей и больших расстояний, PON специально проектировалась для сетей доступа.

В варианте FTTH на основе PON к жилому дому обычно подводится одноволоконный оптический кабель. ONT на внешней стене здания имеет три пользовательских интерфейса (см. Рисунок 2.12).

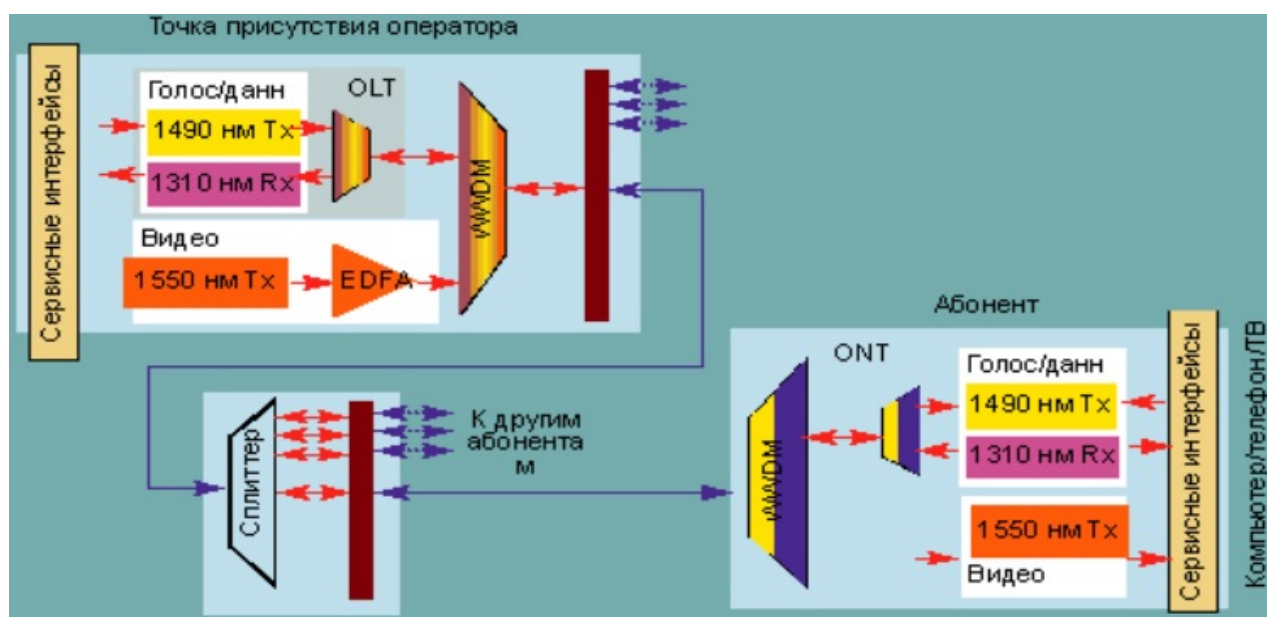


Рисунок 2.12 – В PON одно устройство OLT используется для остановки услуг Triple Play нескольким клиентам (P2MP)

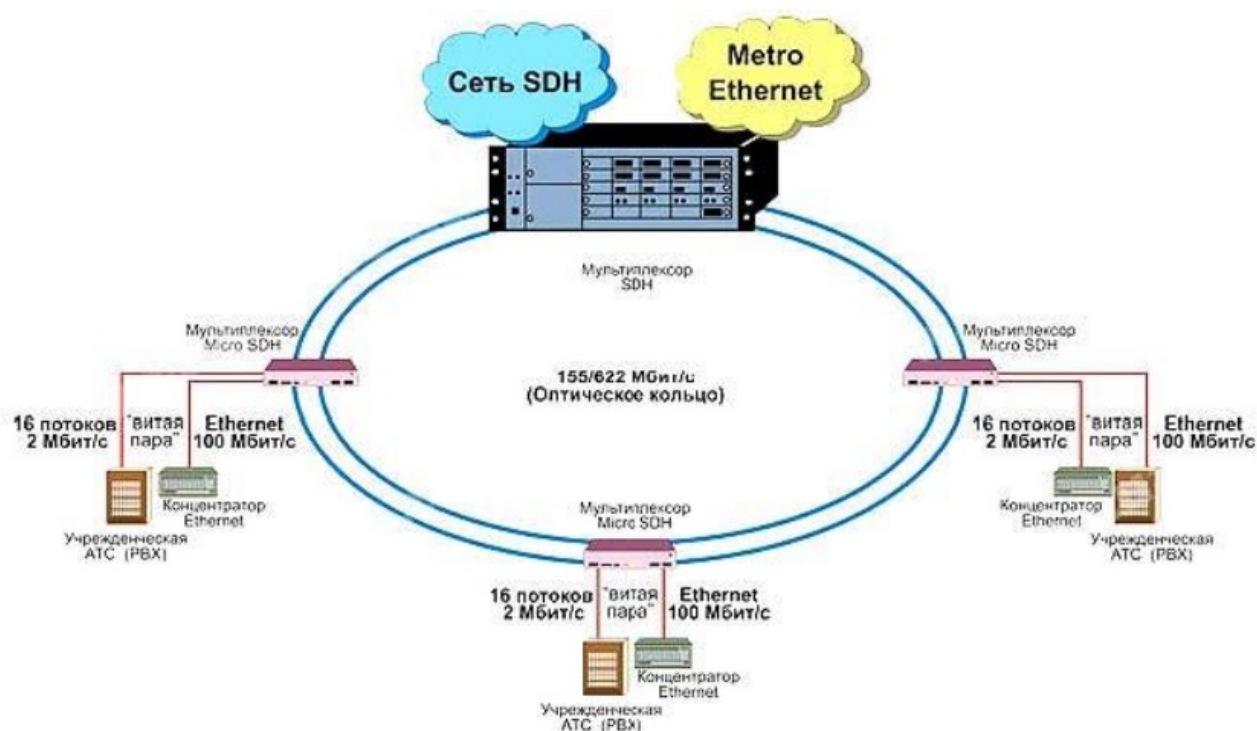
Далее услуги Triple Play (телевидение, компьютерная сеть, телефония) при помощи медного кабеля разводятся по комнатам. В ONT используются недорогие лазер Фабри-Перо, они не требуют контроля температуры, как более дорогие лазерные источники EFB в оборудовании OLT.

2.7 Технология оптических сетей доступа

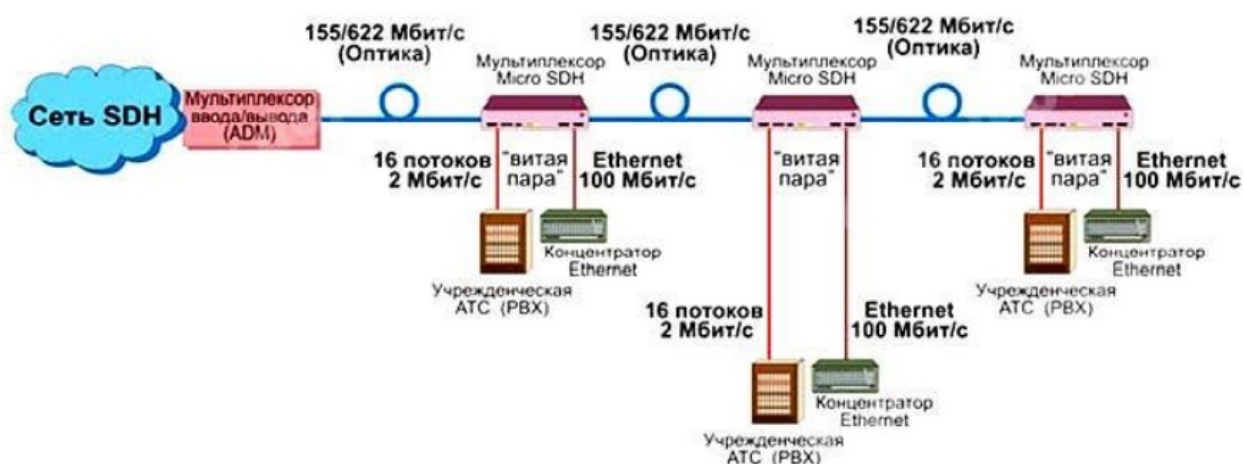
В странах восточной и юго-восточной Азии, а также в США применяют технологию Micro SDH. Одноплатные мультиплексоры уровня STM-1/4- с интеграцией Fast Ethernet и каналов E1 обычно используют топологию «кольцо» (реже «точка-точка» или «шина»). Такая сеть обладает хорошей отказоустойчивостью, управляемостью, удобна в обслуживании. Однако развертывание полноценного кольца при большом количестве пользователей связано со значительными капитальными затратами (стоимость одного мультиплексора – 2500 – 7000 USD), существенные трудности возникают при подключении новых абонентов и создании новых сегментов сети. Размещение мультиплексорного оборудования требует стабильного электропитания, контроля температуры окружающей среды, надежной защиты от несанкционированного доступа. К тому же технология SDH, изначально оптимизированная для передачи телефонного трафика, оказалась не лучшей транспортной технологией для передачи данных (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet) и видеоинформации. Следовательно, такое решение представляется приемлемым либо для бизнес-сектора («кольцо», «точка-точка»), либо для межстационарной городской сети (MAN) («кольцо») (см. Рисунок 2.13).



а) Micro SDH в схеме «точка-точка»



б) Micro SDH в схеме «кольцо»



в) Micro SDH в схеме «линия» («шина»)

Рисунок 2.13 – Транспортные технологии для передачи данных

Хорошо зарекомендовав себя в локальных сетях, технология Ethernet за последние 15-20 лет начинает «выходить из дому» и активно использоваться в операторских сетях различного уровня. Она относительно недорогая, позволяет без замены оборудования программно изменять скорость доступа в широком диапазоне, а также поддерживает все службы связи (данные типа голос и видео) и все типы сред передачи (медные и оптические кабели), поддерживает последовательную иерархию скоростей 10/100/1000 Мбит/с. Новые функциональные способности позволяют легко добавлять новые услуги, такие как IP-телефони, Ethernet-видео, выделенные каналы с гарантированной полосой

пропускания и т.п. Такая технология получала наибольшее распространение в странах северной и центральной Европы (Швеция, Норвегия, Германия, Австрия и др.).

Образованный в 2001 году альянс EFMA (Ethernet in the First Mile Alliance) внес значительный вклад в разработку и стандартизацию различных разновидностей применения Ethernet на сетях доступа. В оптических сетях, как правило, применяются топологии «точка-точка» или «точка-много точек» («звезда»). Такая топология достаточно проста при проектировании и техническом обслуживании сети, позволяет ограничивать или наращивать скорость передачи информации до каждого пользователя. Стоимость активного оборудования колеблется в очень большом ценовом диапазоне (от ста до нескольких тысяч USD) в зависимости от количества портов, функциональных возможностей и показателей надежности.

Однако, технология активных оптических сетей Ethernet имеет несколько существенных недостатков. Затраты на активное оборудование достаточно велики, а его установка требует обеспечения гарантированного электропитания. В оптических кабелях используется большое количество волокон, хотя их стоимость не существенно большая, затраты на строительные-монтажные работы и измерения будут значительны. Может быть проблематичным расширение сети, а закладывать в кабель значительный запас волокон в расчете на подключение новых абонентов не очень экономично.

Практика построения сетей в нашей стране доступа показала, что оптический Ethernet наиболее эффективен по схеме FTTB (точнее, «волокно до подъезда») при новом строительстве, при хорошей кабельной инфраструктуре, когда нет необходимости сильно экономить волокна и если есть возможность размещения и организации электропитания активного оборудования (см. Рисунок 2.14).

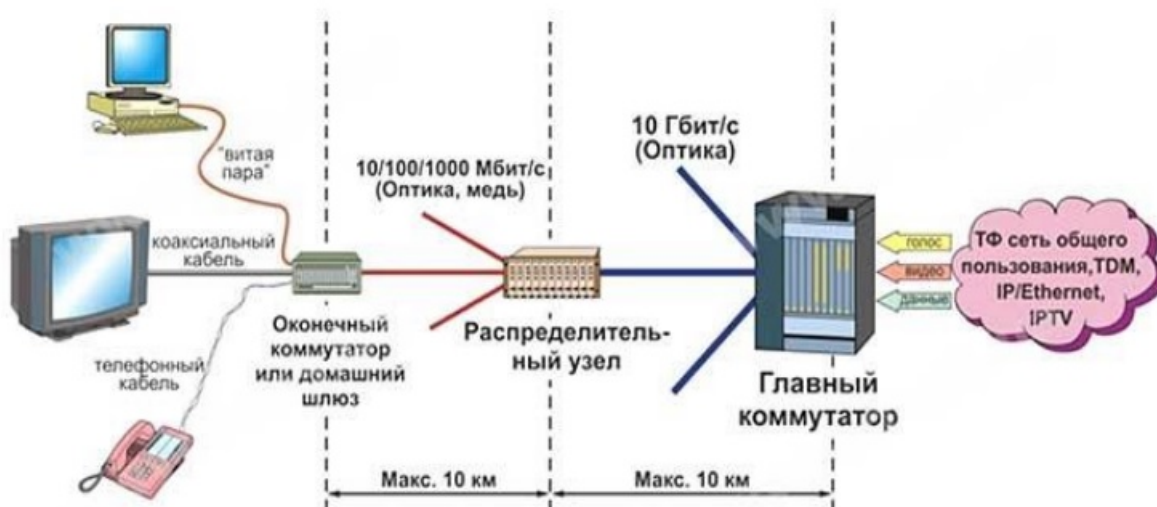


Рисунок 2.14 – Схема построения сетей

Одной из наиболее популярных оптических технологий для сетей доступа является PON (Passive Optical Network). Её идея заключается в построении сети доступа с большой пропускной способностью при минимальных капитальных затратах. Это решение предполагает создание разветвленной сети (преимущественно древовидной топологии) без активных компонентов – на пассивных оптических разветвителях. Информация для всех пользователей передается одновременно с временным разделением каналов от головной станции – оптического линейного терминала (OLT, Optical Line Terminal) – до оконечных оптических сетевых блоков (ONU, Optical Network Unit). Передача и прием в обоих направлениях производится, как правило, по одному оптическому волокну, но на разных длинах волн. В прямом потоке (от абонента к станции) используют длину волны 1310 нм, а в обратном (от станции к абоненту) – 1490 нм или 1550 нм. Оптическая мощность с выхода OLT в узлах сети делится (равномерно или неравномерно) таким образом, чтобы уровень сигнала на входе всех ONU был примерно одинаковым. Достаточно часто одна из длин волн (чаще всего 1550 нм) выделяется для передачи всем абонентам телевизионного сигнала. Тогда на станции устанавливается оптический мультиплексор WDM для объединения передаваемых сигналов 1310 нм (голос, данные) и 1550 нм (видео). Всего возможно подключение до 32 (в некоторых разновидностях до 64) абонентов при максимальной дальности связи – до 20 км (см. Рисунок 2.15).

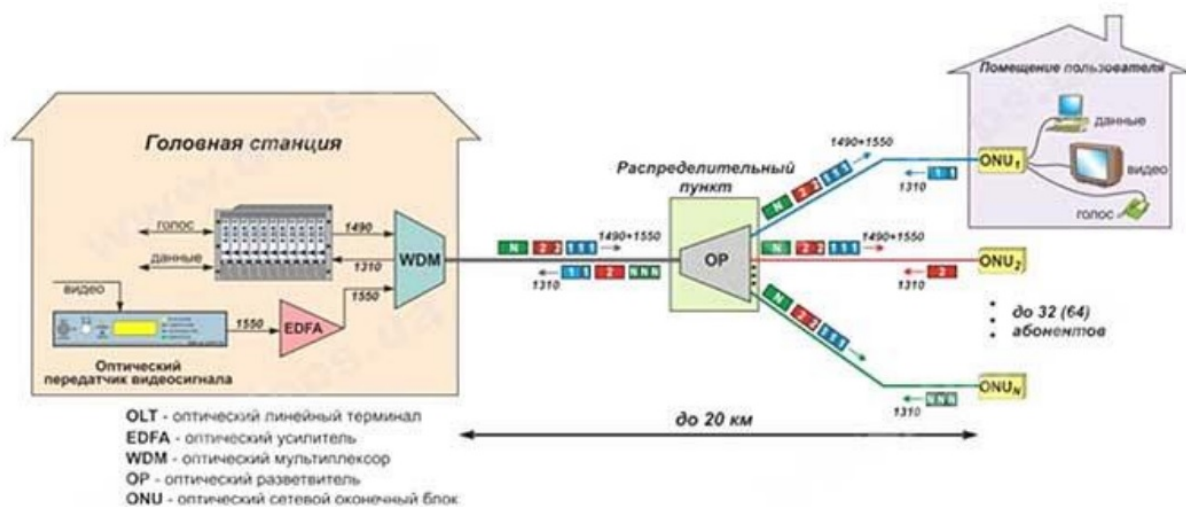


Рисунок 2.15 – Схема применения технологии PON

Как видно из приведенной схемы, прямой поток содержит данные одновременно для всех ONU, но каждое оконечное устройство выделяет информацию только для своего терминала. В обратном направлении от абонентов каждое ONU передает информацию в свой момент времени, а после объединения общий поток уже содержит сигналы от всех пользователей.

Применение технологии PON в сетях доступа имеет большое количество преимуществ:

- экономия волокон в абонентских оптических кабелях;

- значительная экономия оптических излучателей на головной станции;
- возможность предоставления трех видов информации (согласно концепции Triple Play) – голос, видео и данные;
- отсутствие необходимости электропитания сетевых элементов (кроме оконечных);
- небольшие затраты на обслуживание;
- простая возможность подключения абонентов (даже без перерыва связи);
- возможность динамического расширения полосы – увеличение скорости передачи работающих абонентов за счет неработающих в данный момент;
- дальнейшее увеличение скорости передачи (до 10 Гбит/с) и выше без замены оборудования линейного тракта (оптические кабели, разветвители, соединители);
- последующая возможность значительного увеличения скорости передачи для каждого пользователя за счет применения технологии оптического мультиплексирования (CWDM и DWDM).

На сегодняшний день PON является наиболее динамично развивающейся оптической сетевой технологией. В наиболее развитых странах мира количество абонентов PON ежегодно растёт на 30-40%. В нашей стране единственной причиной, что не позволяет активно внедрять PON, является стоимость активного абонентского оборудования, особенно при схеме FTTH.

2.8 Архитектуры оптических сетей доступа

Архитектура построения сетей оптического доступа характеризуется степенью приближения оптического сетевого терминала к пользователю. Сектор стандартизации Международного Союза Электросвязи (ITU-T) выделяет несколько характерных вариантов (см. Рисунок 2.16).

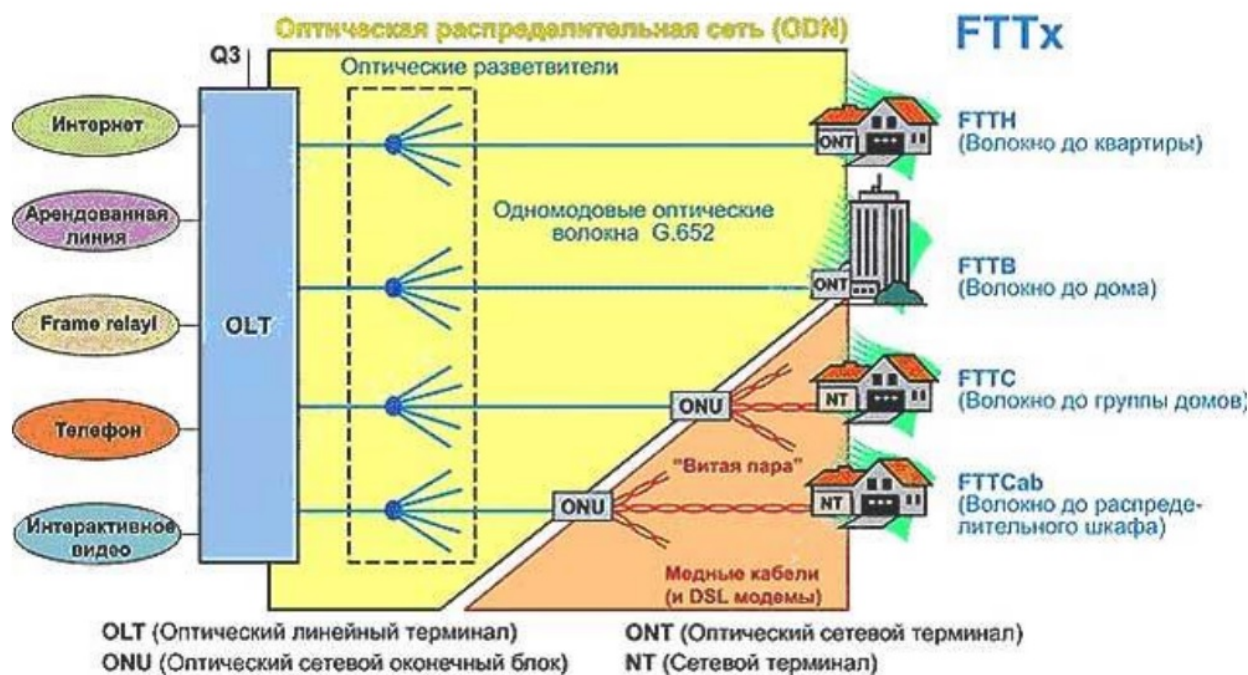


Рисунок 2.16 – Архитектуры FTTx

Как видно из рисунка, все архитектуры FTTx (Fiber to the x) предполагают наличие участка с распределительными медными кабелями, но чем он короче, тем больше пропускная способность сети. Максимальное использование оптических технологий предполагает структура FTTH, при которой оптический сетевой терминал находится в квартире пользователя и соединяется короткими соединительными кабелями с оконечными устройствами – телефоном, компьютером, телевизором и т.д.

Выбор архитектуры зависит от множества условий, и в первую очередь – от плотности размещения абонентов. Но ориентировочно можно высказать за применение системы FTTB для многоэтажных жилых зданий. Для частной застройки или офисов, в зависимости от платежеспособности заказчика и его потребности в высокоскоростных приложениях, больше подойдет FTTC или же FTTH.

В современных оптических сетях доступа могут использоваться различные топологии сети (схемы соединения узлов) (см. Рисунок 2.17).

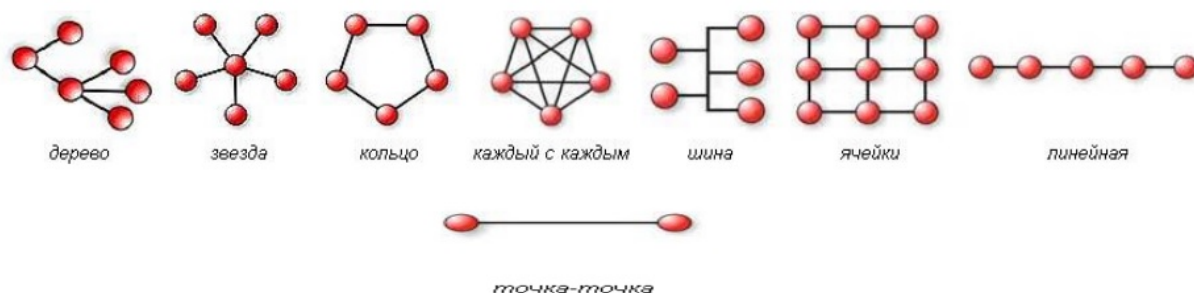


Рисунок 2.17 – Различные топологии сети

Выбор оптимальной топологии зависит от целого ряда факторов, связанных с конкретными условиями проектирования (плотность абонентов, их расположения, виды услуг и т.д.), а также от базовой оптической технологии.

В последнее время на оптических сетях доступа наиболее часто используется три интегральные технологии:

- Микро сеть SDH (Micro SDH);
- Активные сети Ethernet (Active Ethernet, AE);
- Пассивные оптические сети (Passive Optical Network, PON).

3 РАСЧЕТЫ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕТИ P2P И GRON

3.1 Линеаризация вероятностных характеристик модели сети P2P

Традиционная модель предоставления мультимедийных услуг по IP-сетям является моделью типа клиент-сервер, в которой все пользователи напрямую связаны с единым сервером обслуживания. Основной проблемой этой модели является масштабируемость – для обслуживания растущей популяции пользователей, ресурсы сервера должны постоянно расти. Сеть P2P появились не так давно, как новая парадигма для построения приложений распределённой сети. P2P – сеть, в которой клиент исполняет роли как пользователя, так и сервера. В данной сети, клиент как загружает данные, так и отдает загруженные данные другим пользователям сети. По итогу, выходит то, что одновременно с потреблением ресурсов сети пользователь сам предоставляет этой сети новые ресурсы. В наше время, P2P сети функционируют довольно успешно, основной задачей таких сетей – является быстрое распределение больших файлов через Интернет, как: G2, Gnutella, eDonkey network, Bitcoin, Peercoin, Open Garden и многие другие [6,11].

а) Дискретная модель сети P2PTV.

Рассмотрим сеть P2PTV, в которой находятся пользователи множества N , $|N| = N$, причем каждый пользователь может просматривать один из телеканалов сети. В сети транслируются каналы из множества M , $|M| = M$, p_m – популярность m -канала, $\sum_{m=1}^M p_m = 1$. Доля пользователей подразумеваем как популярность канала, которая просматривает m -канал, от общего числа пользователей сети. Каналы и пользователи в сети функционируют независимо друг от друга [8,9]. Состояние сети описывает матрица $x = (x_{nm})_{n \in N, m \in M}$, а пространство состояний сети имеет вид:

$$X = \{x: x_{nm} \in \{0,1\}, \sum_{m \in M} x_{nm} = 1, n \in N\}. \quad (3.1)$$

Можно заметить, что в матрице X сумма $x_m = \sum_{n \in N} x_{nm}$ по m -столбцу соответствует числу пользователей сети, просматривающих m -канал, когда сеть находится в состоянии X . Множество состояний сети, когда m -канал просматривают, равно числу k пользователей и имеет следующий вид:

$$X_m(k) = \{x \in X: x_m = k\}, k=0, N, m \in M. \quad (3.2)$$

Тогда маргинальное распределение $p_m(k)$ числа пользователей, просматривающих m -канал, определяется формулой:

$$p_m(k) = P\{x \in X_m(k)\} = \sum_{x \in X_m(k)} P(x), \quad (3.3)$$

где $k = 0, N, m \in M$.

3.2 Линеаризация характеристик дискретной модели сети P2PTV нормальным законом

Пусть $K = N^h / N^l$ – отношение числа пользователей с высокой скоростью отдачи в сети к числу пользователей с низкой скоростью отдачи: $\varepsilon_m = \frac{R_m - u^l}{u^h - R_m}$ – отношение разницы между скоростью воспроизведения канала и скоростью отдачи пользователя с низкой скоростью отдачи пользователя с высокой скоростью отдачи и скоростью воспроизведения канала; $\delta_m = \frac{S_m}{u^h - R_m}$ – отношение скоростью отдачи сервера к разнице между скоростью отдачи пользователя с высокой скоростью отдачи и скоростью воспроизведения канала.

Теорема 1. Вероятность π_m состояния всеобщей передачи m-канала в сети P2PTV с бесконечным числом пользователей аппроксимируется нормальным законом $N(0, \varepsilon_m + \varepsilon_m^2)$, т.е.

$$\pi_m = P\{(A)\} \xrightarrow{x_m^l \rightarrow \infty} \Phi\left(\frac{d_m}{\sqrt{\varepsilon_m + \varepsilon_m^2}}\right), \quad (3.4)$$

где, $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{y^2/2} dy$ – стандартное нормальное распределение.

Доказательство. Воспользуемся центральной предельной теоремой в условиях Линденберга-Леви. Нормируем случайные величины X_m^h и X_m^l , которые распределены по закону Пуассона, следующим образом:

$$Z_m^h = \frac{x_m^h - y_m^h}{\sqrt{y_m^h}}; Z_m^l = \frac{x_m^l - y_m^l}{\sqrt{y_m^l}}. \quad (3.5)$$

Тогда CBZ_m^h и Z_m^l имеют стандартное нормальное распределение, т.е. $Z_m^h \sim N(0,1)$ и $Z_m^l \sim N(0,1)$.

Таким образом, эта теорема дает приближенный метод расчёта вероятности π_m всеобщей передачи для m-канала для сетей P2PTV большой размерности:

$$\pi_m \approx \Phi\left(\frac{\frac{y_m^h - \varepsilon_m y_m^l}{\sqrt{y_m^l}}}{\sqrt{\varepsilon_m + \varepsilon_m^2}}\right) \quad (3.6)$$

Численный анализ

Ниже исследована зависимость вероятности всеобщей передачи π_m от величины K - отношения числа пользователей с высокой скоростью отдачи к числу пользователей с низкой скоростью отдачи. Вероятность π_m точно

рассчитана и приближена к формуле m-канала для сетей P2PTV большой размерности. Предположим, что в сети P2PTV имеются $N = 4000$ пользователей. Пользователи с низкой скоростью отдачи составляют 50% от всех пользователей в сети. Все каналы в сети имеют одинаковую скорость воспроизведения $R_m = R = 300$ кБит/с, сервер отдает поток видео данных со скоростью канала, т.е. $s_m = R$, $m = 1$, а пользователи отдают поток видео данных со скоростями $u^h = 700$ кБит/с и $u^l = 100$ кБит/с. При таких условиях получаем, что $\varepsilon = 0.5$ [10].

На рисунке 3.1 построены графики зависимости вероятности π_m от величины K для двух каналов сети: А-канал с популярностью $p_A = 30\%$ и Б-канал с популярностью $p_B = 5\%$.

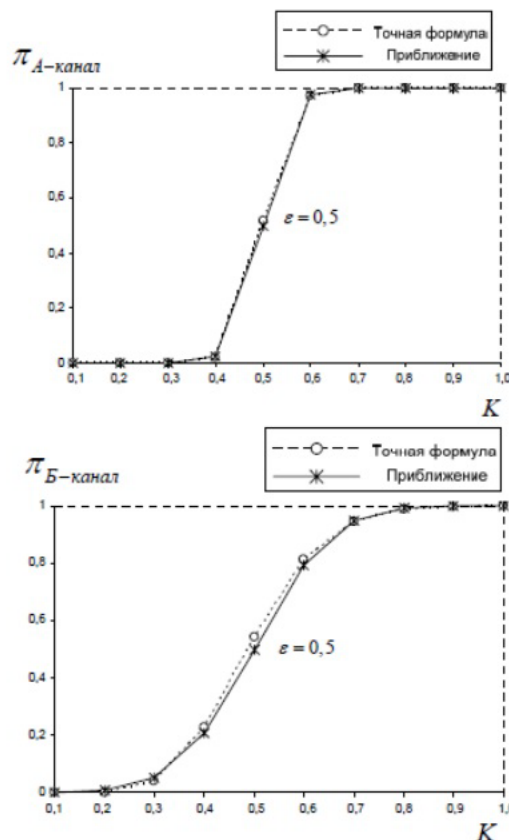


Рисунок 3.1 – Графики зависимости вероятности π_m от K

Из графиков на рисунке 3.1 видно, что для более популярного канала (А – канал) оценка вероятности всеобщей передачи лучше, чем для менее популярного канала (Б – канал). Относительная погрешность в последнем случае около 8%, что делает приближенную формулу пригодной для инженерных расчётов.

Выводы: для модели одноранговой сети (peer-to-peer, P2P-сети) с потоковым трафиком исследована вероятность всеобщей передачи. Вероятность того, что все пользователи загружают видео поток на скорости не ниже требуемой для воспроизведения видео с заданным качеством. Получена

приближенная формула расчета вероятности всеобщей передачи с помощью нормального (гауссова) распределения [7].

3.3 Технический расчет проектируемой сети доступа GPON

Рассчитаем параметры одномодового оптического волокна SNR-LT-B-32
Исходные данные:

- Диаметр оптической сердцевины: $d = 2a = 9$ (мкм);
- Диаметр оптической оболочки: $D = 2b = 125$ (мкм);
- Показатель преломления оптической сердцевины: $n_1 = 1,547$;
- Показатель преломления оптической оболочки: $n_2 = 1,530$.
- Длина волны оптической несущей: $\lambda = 1,31$ (мкм) и ширина спектральной линии излучения лазерного диода: $\Delta\lambda = 0,07$ (нм);
- Удельная материальная дисперсия: $M(\lambda) = 5$ (пс/(км*нм));
- Удельная волноводная дисперсия: $B(\lambda) = 8$ (пс/(км*нм)).

Расчёт выполняется согласно следующему алгоритму:

1 Относительное значение показателя преломления:

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (3.7)$$

$$\Delta = \frac{1,537 - 1,530}{1,537} = \frac{0,007}{1,537} \approx 0,004$$

2 Числовая апертура и апертурный угол:

$$NA = \sin \theta_A = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (3.8)$$

$$NA = \sqrt{(1,537)^2 - (1,530)^2} = \sqrt{2,36 - 2,34} = \sqrt{0,02} \approx 0,147$$

$$\theta_A = \arcsin(NA) \approx 8,4$$

По полученным данным значение числовой апертуры и апертурного угла можно сделать вывод, что параметры данного волокна соответствуют одномодовому режиму, а значение апертурного угла соответствует требованиям ввода излучения в волокно.

3 Нормированная частота:

$$V = \frac{2\pi \cdot NA \cdot a}{\lambda} \quad (3.9)$$

$$V = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,147 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6}}{1,31 \cdot 10^{-6}} = \frac{4,15422}{1,31} \approx 3,2$$

$$f_{\text{кр}} = \frac{P_{mn} \cdot c}{\pi \cdot d \cdot NA}$$

$$f_{\text{кр}} = \frac{2,405 \cdot 3 \cdot 10^8}{3,14 \cdot 0,147 \cdot 9 \cdot 10^{-6}} = \frac{7,215 \cdot 10^8}{4,15 \cdot 10^{-6}} \approx 174 \cdot 10^{12} \text{ (Гц)}$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость распространения света в пространстве;

$P_{mn} = 2,405$ – параметр, характеризующий тип волны для одномодового режима.

Расчет критической частоты позволяет данного волокна позволяет судить о высоких передаточных характеристиках оптического волокна в качестве среды распространения сигнала.

4 Критическая длина волны:

$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot d \cdot NA}{P_{mn} \cdot n_1} \quad (3.10)$$

$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 10^{-6} \cdot 0,147}{2,405 \cdot 1,537} \approx \frac{4,154 \cdot 10^{-6}}{3,696} \approx 1,12 \cdot 10^{-6} \text{ (м)}$$

Далее необходимо рассмотреть потери сигнала на затухании. Они могут быть обусловлены различными причинами: поляризацией материалов оптической сердцевины, ионами переходных металлов, поглощение ионами гидроксильной группы ОН.

5 Коэффициент затухания обусловленный поляризацией материалов оптической сердцевины:

$$\alpha_{\text{п}} = 2,55 \cdot 10^{-3} \cdot \exp \frac{-48,5}{\lambda} \quad (3.11)$$

$$\alpha_{\text{п}} = 7,81 \cdot 10^{11} \cdot \exp \frac{-48,5}{1,3} = 7,81 \cdot 2,72^{-37,3} \cdot 10^{11} = \frac{7,81 \cdot 10^{11}}{2,72^{37,3}} \approx 0,48 \cdot 10^{-4} \text{ (дБ/км)}$$

6 Коэффициент затухания, обусловленный поглощением ионами гидроксильной группы ОН:

$$\alpha_{\text{ОН}} = \begin{cases} \frac{0,1 \text{ dBm}}{\text{km}}, \lambda = 0,85 \mu\text{m} \\ \frac{0,05 \text{ dBm}}{\text{km}}, \lambda = 0,85 \mu\text{m}; \rightarrow \alpha_{\text{ОН}} = 0,05 \\ \frac{0,03 \text{ dBm}}{\text{km}}, \lambda = 1,55 \mu\text{m}. \end{cases} \quad (3.12)$$

Дополнительное включение в затухание сигнала оказывает дисперсия. Дисперсия это размывание во времени импульса при распространении сигнала по волокну. Дисперсия вызывается следующими основными причинами: неоднородностью составляющих материалов, поляризационной составляющей волокна и их зависимостью от ширины спектра излучения.

7 Коэффициент затухания, обусловленный дисперсией сигнала:

$$\alpha_D = \frac{K_D}{\lambda^4} \quad (3.13)$$

$$\alpha_D = \frac{0,7}{1,3^4} = \frac{0,7}{2,8561} \approx 0,245 \text{ (дБ/км)}$$

где, $K_D = 0,63 \dots 0,8 \text{ (мкм}^4 \times \text{дБ/км)}$ – коэффициент удельной дисперсии для кварца (SiO_2)

8 Материальная дисперсия

$$\tau_M = \Delta\lambda \cdot M(\lambda) \quad (3.14)$$

$$\tau_M = 0,07 \cdot (-5) \cdot 10^{-12} = -0,35 \cdot 10^{-12} \text{ (с/км)}$$

9 Волноводная километрическая дисперсия:

$$\tau_B = \Delta\lambda \cdot B(\lambda) \quad (3.15)$$

$$\tau_B = 0,07 \cdot 8 \cdot 10^{-12} = 0,56 \cdot 10^{-12} \text{ (с/км)}$$

10 Суммарная дисперсия

$$\tau = \tau_m + \tau_B \quad (3.16)$$

$$\tau = \tau_m + \tau_B = -0,35 \cdot 10^{-12} + 0,56 \cdot 10^{-12} = 0,21 \cdot 10^{-12} \text{ (с/км)}$$

11 Суммарный коэффициент затухания:

$$\alpha = \alpha_{\Pi} + \alpha_{OD} + \alpha_n + \alpha_D \quad (3.17)$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \alpha_{\Pi} + \alpha_{OD} + \alpha_n + \alpha_D = 89,86 \cdot 10^{-3} + 0,48 \cdot 10^{-4} + 0,05 + 0,245 \\ &\approx 0,8986 + 0,000048 + 0,05 + 0,245 \approx 0,385 \text{ (дБм/км)} \end{aligned}$$

12 Полоса пропускания:

$$\Delta F_1 = B_1 = \frac{1}{|\tau|} \quad (3.18)$$

$$\Delta F_1 = B_1 = \frac{1}{|\tau|} = \frac{1}{0,21 \cdot 10^{-12}} \approx 4,76 \cdot 10^{12} (\text{Гц/км})$$

По расчетам полосы пропускания данного волокна можно сделать вывод о значимых теоретических перспективах скорости передачи информации.

13 Полоса пропускания для тракта длиной L:

$$\Delta F = \frac{\Delta F_1}{L} \quad (3.19)$$

$$\Delta F = \frac{\Delta F_1}{L} = \frac{4,76 \cdot 10^{12}}{20} \approx 238 \cdot 10^9 (\text{Гц})$$

В качестве тракта было взято максимальное расстояние в 20 км, исходя из теоретических требований стандарта GPON.

3.4 Расчёт рабочей длины абонентского участка GPON

Исходные данные

- Протяженность ВОЛС для дерева длинной: $L_d = 1$ км;
- Затухание в оптическом волокне: $\alpha = 0,385$ дБ/км;
- Количество оптических сплиттеров: $ns_{1/4} = 8$;
- Затухание в оптическом сплиттере: $As_{1/8} = 14,3$ дБм;
- Количество разъемных соединений: $n_{рс} = 4$;
- Потери на неразъемных соединениях: $A_{нс} = 0,03$ дБм;
- Потери на разъемных соединениях: $A_{рс} = 0,4$ дБм;
- Эксплуатационный запас для аппаратуры: $A_{эза} = 3$ дБм;
- Эксплуатационный запас для кабеля: $A_{эзк} = 3$ дБм;
- Энергетический потенциал для GPON основан на рекомендациях IEEE 802.3 ah и равен 26 дБм:
 - а) мощность передатчика: $P_{вых} = +2$ дБм;
 - б) чувствительность приемника: $P_{фпр} = -24$ дБм;
 - в) рабочая длина волны: $\lambda = 1310$ нм.

По мере распространения оптического сигнала по волокну происходит его ослабление, т.е. затухание. Это одна из причин, которая может ограничить дальность передачи. Основной параметр GPON – длина рабочего участка: это максимальное расстояние между приемным и передающим оборудованием, при котором обеспечивается заданное качество передачи (коэффициент ошибок, отношение сигнал/шум). Значение этих параметров зависит как от характеристик

аппаратуры (энергетический потенциал), так и от параметров оптического кабеля (коэффициент затухания).

Энергетический потенциал аппаратуры ВОЛС равен разности уровней мощности оптического сигнала на передаче $P_{\text{вых}}$ (дБм) и приеме $P_{\text{фпр}}$ (дБм), при котором обеспечивается заданное качество передачи информации:

$$Q = P_{\text{вых}} - P_{\text{фпр}} = +2 - (-24) = 26 \text{ (дБм)} \quad (3.20)$$

$$L_P = \begin{cases} (Q - \alpha_3 - W)/\alpha - \text{максимальная} \\ (Q - A - \alpha_3 - W) - \text{минимальная} \end{cases} \quad (3.21)$$

Где Q – энергетический потенциал аппаратуры, дБм;

$\alpha_3 = A_{\text{эзк}} + A_{\text{эза}} = 3 + 3 = 6 \text{ (дБм)}$ – эксплуатационный запас кабеля аппаратуры;

$$W_3 = A_{\text{HC}} \cdot n_{\text{HC}} + A_{\text{PC}} \cdot n_{\text{PC}} + A_{\text{S1/5}} \cdot n_{\text{S1/5}} \quad (3.22)$$

$$W_3 = 0,03 \cdot 9 + 0,4 \cdot 4 + 14,3 \cdot 1 = 16,17 \text{ (дБм)}$$

W – затухание сигнала в линии, потери в соединителях неразъемных и разъемных, а также потери в пассивных сплиттерах 1:4;

α – коэффициент затухания оптического кабеля на длине волны $\lambda = 1310$ нм., дБм/км;

$A = 3 \text{ дБм/км}$ – диапазон АРУ приемного оборудования. Минимальная дальность передачи обусловлена перегрузкой (насыщением) ПРОМ

Увеличить длину рабочего участка L_P можно двумя способами. Во-первых, выбором аппаратуры с большим энергетическим потенциалом, использовать передающее и приемное оборудование ВОЛС с лучшим быстродействием; во-вторых, использованием оптического кабеля с меньшим значением коэффициента затухания, с минимальной дисперсией (с одномодовыми волокнами).

Расчетный энергетический запаса выбранной линии (1 км) выполняется согласно формуле:

$$W = Q - W_3 = 26 - 16,7 = 9,83 \text{ (дБм)} \quad (3.23)$$

Было необходимым, также провести расчет максимальной допустимой скорости передачи в данном канале связи. Для конкретной комбинации аппаратура ВОЛС – в кабеле существует критическая скорость передачи V символов в линии:

$$V_{\text{кр}} = \frac{\alpha}{4\tau W} \left(\frac{\text{бит}}{\text{с}} \right) \quad (3.24)$$

Где, $\alpha = 0,385$ (дБм/км) – коэффициент затухания ОВ, дБм/км;
 $\tau = 0,21 \cdot 10^{-12}$ (с/км) – суммарная километрическая дисперсия сигналов в ОВ;

Определение длины рабочего участка для ВОЛС выполняется согласно следующему алгоритму:

а) Определяем максимальную допустимую скорость передачи ($V_{кр}$):

$$V_{кр} = \frac{0,385}{4 \cdot 0,21 \cdot 10^{-12} \cdot 9,83} \approx 46,6 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{бит}}{\text{с}} \right)$$

б) Определение максимальной и минимальной длины рабочего участка GPON: $V_{кр} > V$; максимальная и минимальная длина рабочего участка GPON рассчитывается по формуле:

$$L_{P_{max}} = \frac{Q - \alpha_3 - W_3}{\alpha} = \frac{26 - 6 - 16,7}{0,385} = \frac{3,83}{0,385} \approx 9,94 \text{ (км)}$$

$$L_{P_{min}} = \frac{Q - A - \alpha_3 - W_3}{\alpha} = \frac{26 - 3 - 6 - 16,7}{0,385} \approx 2,15 \text{ (км)}$$

Вывод: согласно приведенному расчету, полученные данные удовлетворяют имеющимся значениям проекта модернизации системы в ряде районов города Костанай.

В данном проекте, минимальное расстояние до абонентского терминала 1,5 км (против 2.15 по расчету) и максимальное расстояние расположения ONT 2,13 км (против 9,94 по расчету).

3.5 Расчет реальной нагрузки, создаваемой абонентами сети доступа GPON в час наибольшей нагрузки.

При организации сервиса IPTV – вещания каналов SDTB/MPEG-2 в сеть, для каждого пользователя в сети доступа не требуется выделения индивидуальной полосы пропускания. До мультисервисного узла (OLT) доходит определённое количество каналов, которые распределяются между заказчиками услуги в режиме мультивещания (multicast)

При организации сервиса IPTV – видео по заказу (VoD) для каждого пользователя в сети доступа требуется выделение индивидуальной полосы пропускания – режим вещания unicast.

Допустим, что в мультисервисной сети предоставляется возможность просмотра K tv = 40 каналам вещания.

Для обеспечения удовлетворительного качества скорость кодирования должна быть порядка 4 Мбит/с. Время просмотра видео в ЧНН составляет $t_{TV} = 60$ минут.

Итак, при скорости передачи $v = 4096$ кбит/с и в размере полезной нагрузки пакета $h = 160$ байт = 1280 бит число пакетов, возникающих при трансляции одного канала равно:

$$n_{TV} = v/h \quad (3.25)$$

$$n_{TV} = \frac{4096000}{1280} = 3200 \left(\frac{\text{пак}}{\text{с}} \right)$$

Количество пакетов, генерируемых 40 каналами в ЧНН, составит:

$$N_{VoD} = K_{tv} \cdot n_{TV} \cdot t_{TV} \cdot 40 \quad (3.26)$$

Где n_{TV} – число пакетов, генерируемых в секунду одним абонентом при использовании видео-сервисов;

K_{TV} – число каналов вещания, организуемых в мультисервисной сети;

t_{TV} – среднее время просмотра каналов в ЧНН, (мин).

Количество пакетов, генерируемых пользователями VoD в ЧНН, составит:

$$N_{VoD} = \pi_1 \cdot M_{\text{общ}} \cdot n_{TV} \cdot t_{TV} \cdot 60 \quad (3.27)$$

Среднее число пакетов в секунду в ЧНН равно:

$$N_{\Sigma_сек} = \frac{N_{\Sigma}}{3600} = \frac{14,162 \cdot 10^8}{3600} \approx 3,94 \cdot 10^5 (\text{пакет/с})$$

С учетом того, что суммарный размер пакета для всех видов услуг является одинаковым и равен 200 байт (1600 бит), получим:

$$N_{\Sigma_сек} = 394000 \cdot 1600 = 630 \left(\frac{\text{Мбит,}}{\text{с}} \right)$$

Из расчетов, можно сделать вывод, что реальная нагрузка, создаваемая абонентами одного дерева сети доступа GPON (одного порта OLT) в час пик составляет примерно 630 Мбит/с, то есть примерно 60%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе, предполагается на сети доступа использовать оборудование GPON и P2P. Применение технологий обусловлено следующими факторами: наличие инфраструктуры (магистральные оптические кабеля существующего оборудования мультисервисного доступа), концентрация абонентов и расстояние от центральных узлов.

Изучены общие сведения о сети P2P, её ключевые преимущества и виды. А также, рассмотрены существующие схемы реализации сети P2P, MetroEthernet и GPON в городе Костанай.

Предложены несколько вариантов развития сети, инновационные схемы и способы реализации с определениями принципа работы таких технологий как: PON, GPON, FTTH, ETTX, P2P, P2PTV, MetroEthernet. Рассмотрены архитектуры сервисной сети и проектирование сети высокого уровня.

Проведен выбор оборудования для реализации обновлений на сети, улучшения скорости обработки и передачи данных, повышения емкости передачи в потоковом вещании.

В данной работе, можно сформулировать следующие выводы:

Сети построенные по технологии FTTH за счет прокладываемой многожильной оптики допускают одновременное наложение перспективных высокоскоростных универсальных Ethernet сетей;

Вновь строящиеся сети целесообразно строить сразу по технологии FTTH с последующим их наращиванием до параллельных сетей;

Для операторов, есть необходимость в замене оборудования и внедрения новых высокоскоростных моделей коммутаторов и маршрутизаторов.

Организация сети P2P и GPON в г. Костанай требует внедрения новых топологий, схем реализации и оборудования для дальнейшего развития и расширения спектра услуг для абонентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Родина О. В. Волоконно-оптические линии связи. Практическое руководство. - М.: Горячая линия – Телеком, 2016. - 400 с.
2. В.Г.Фокин,Ибрагимов Р.З.Оптические системы с терабитными и петабитными скоростями передачи: Учебное пособие/СГУТиИ; Новосибирск, 2015г.-161с.
3. Кемельбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф., Хан В.А. Современные проблемы волоконно-оптических линии связи. Том 2. Источники излучения и передающие оптоэлектронные модули. – Томск. Издательство НТЛ. 2001.
4. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 3. – Мультисервисные сети/ В.В. Величко, Е.А. Субботин. В.П. Шувалов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 592 с.
5. Шнепс-Шнеппе М.А. Интеллектуальные услуги - это ДВО / Информ - курьер-связь. 2000. – № 2.
6. Setton E., Girod B. Peer to Peer Video Streaming // Springer. – 2007.
7. Адаму А., Гайдамака Ю.В., Самуйлов А.К. Анализ производительности одной схемы многоканальной передачи потоковых данных в одноранговых сетях // Труды 4й отраслевой научной конференции форума «Технологии информационного общества» 5-7 апреля 2010 г., Москва, МТУСИ-Т-Comm-Телекоммуникации и Транспорт. 2010. – №7. – С.14-18.
8. Адаму А., Гайдамака Ю.В., Самуйлов А.К. Построение и анализ модели воспроизведения каналов вещательного телевидения в P2P сети.
9. «Вестник РУДН. Серия «Математика. Информатика. Физика»» –М.: Изд-во РУДН. – 2010. – №3(1). С.47-53.
10. Adamu A., Gaidamaka Yu., Samuylov A. Analytical Modeling of P2PTV Network // Proc. of the 2d International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems (IEEE ICUMT 2010), Oct. 18-20, 2010. Moscow, Russia. – 2010. Pp. 1115-1120
11. Wu D., Liu Y., Ross K.W. Queuing Network Models for Multi Channel Live Streaming Systems // IEEE Infocom, Rio de Janeiro, April 2009. Pp. 73-81.

Приложение А

Оборудование для агрегации, ядра и доступа:

CloudEngine S12700E Series Agile Switch



Specifications	S12700E-4	S12700E-8	S12700E-12
Main Processing Unit	MPUA	MPUA	MPUA
Switch Fabric Unit :Slot bandwidth	SFUE : 1.6Tbps/Slot SFUH : 2.4Tbps/Slot (SFUH: 2019.9.30GA)	SFUE : 1.6Tbps/Slot SFUH : 2.4Tbps/Slot (SFUH: 2019.9.30GA)	SFUM : 2.4Tbps/Slot
Height	10U	15U	19U
Maximum port density	192×GE/192×10GE /96×100GE	384×GE/384×10GE /192×100GE	576×GE/576×10GE /288×100GE

S9300 Series Core Routing Switches



Item	S9303	S9306/S9306 PoE	S9312/S9312 PoE
Switching capacity	1.92 Tbps	3.84 Tbps	3.84 Tbps
Packet forwarding rate	1,440 Mpps	2,880 Mpps	2,880 Mpps
Dimensions	4 U	10 U	15 U
MPU slot	2	2	2
LPU slot	3 (horizontal)	6 (horizontal)	12 (horizontal)
Maximum per-slot bandwidth	320 Gbps/slot	320 Gbps/slot	320 Gbps/slot
Maximum port density	144*GE/144*10GE/24*40GE/12*100GE	288*GE/288*10GE/48*40GE/24*100GE	576*GE/576*10GE/96*40GE/48*100GE
Power supply redundancy	AC/DC: 1+1	AC: 2+2; DC: 1+1	AC: 2+2; DC: 1+1

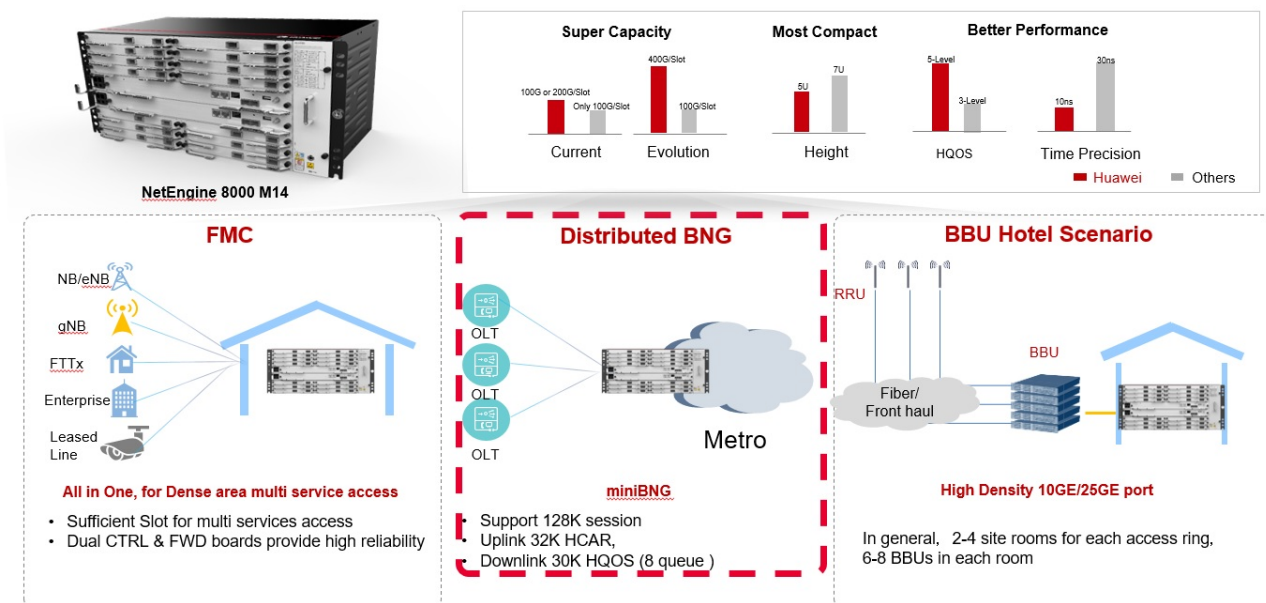
CloudEngine S53XX Series Switches



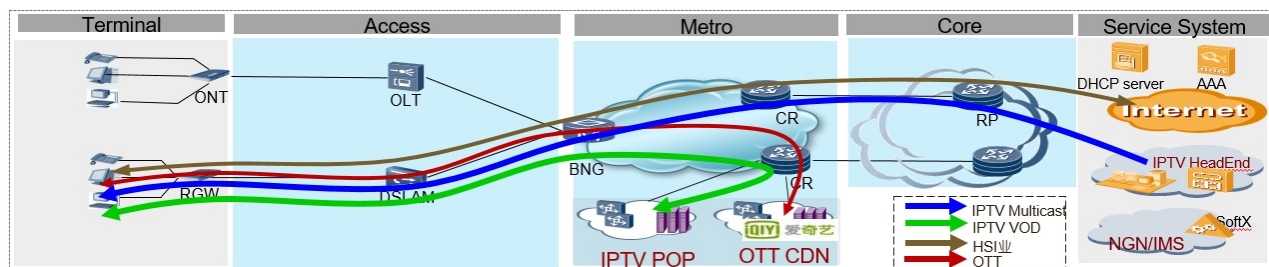
Приложение Б

Маршрутизаторы, используемые в новом решении:

1-й в отрасли AGG маршрутизатор с полным спектром услуг



NetEngine 8000 M14 + IPU-2T: Мини BNG на 128K IPoE/PPPoE

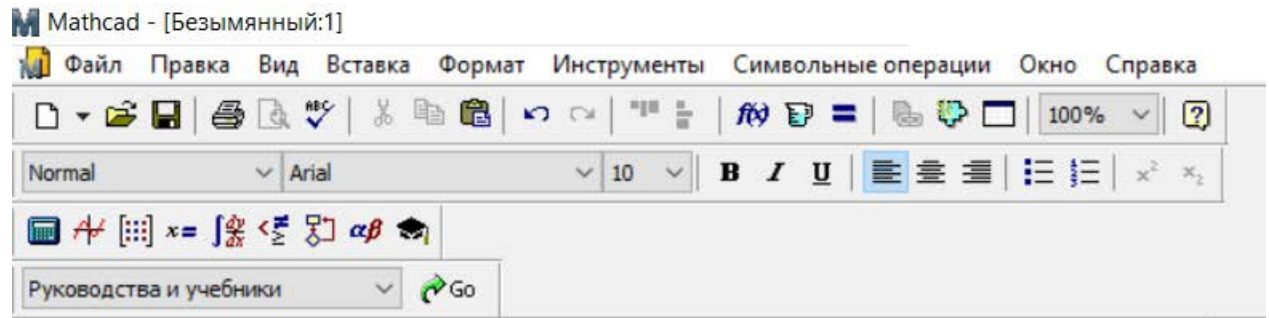


NetEngine 8000 M14

Capacity	IPU-2T: 2Tbps
BNG	IPU-2T support BNG
IPoE/PPPoE Session	128K
Cloud-based BNG (CU Separation)	Y
SQ(board)	Uplink 32K HCAR, Downlink 30K HQOS (8 queue)
Car	2M
CGN Session	2M
CGN Throughput	4.8G(512byte)
VAS	DAA,eDSG
IPSec	Y

Приложение В

Расчет реальной нагрузки, создаваемой в абонентами сети доступа GPON в ЧНН:



Число пакетов, возникающих при трансляции одного канала:

$$n_{TV} = v/h$$

$$n_{TV} = \frac{4096000}{1280} = 3.2 \times 10^3 \left(\frac{\text{пак}}{\text{с}} \right)$$

Количество пакетов, генерируемых 40 каналами в ЧНН:

$$N_{(VoD)} = K_{TV} \cdot n_{TV} \cdot t_{TV} \cdot 40$$

С учетом того, что K_{TV} - число каналов вещания, равное 40 и t_{TV} – среднее время просмотра каналов в ЧНН (мин), равное 75 получим:

$$N_{(VoD)} = 40 \cdot 3200 \cdot 75 \cdot 40 = 384 \cdot 10^6$$

Среднее число пактов в секунду в ЧНН равно:

$$N_{\Sigma_сек} = \frac{N_{\Sigma}}{3600} = \frac{14.162 \cdot 10^8}{3600} = 3.95 \cdot 10^5 \left(\frac{\text{пак}}{\text{с}} \right) +$$

С учетом того, что суммарный размер пакета для всех видов услуг является одинаковым и равен 200 байт (1600 бит), получим:

$$N_{\Sigma_сек} = 394000 \cdot 1600 = 630 \left(\frac{\text{Мбит}}{\text{с}} \right)$$

Отзыв руководителя

Дипломной работы

Башенов Жумабек Кенесович

5B071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Тема «Организация сети P2P в г. Костанай»

Внедрение технологии P2P и GPON в г. Костанай, путём организации сети на оборудовании HUAWEI Technologies, а также изменении решений ЕТТХ и Metro.

В расчетном разделе были рассчитаны и рассмотрены следующие параметры:

1. Линеаризация вероятностных характеристик модели сети P2P
2. Линеаризация характеристик дискретной модели сети P2PTV нормальным законом
3. Технический расчет проектируемой сети доступа GPON
4. Расчет рабочей длины абонентского участка GPON
5. Расчет реальной нагрузки, создаваемой абонентами сети доступа GPON в час наибольшей нагрузки

Общие требования к составлению, изложению, оформлению и содержанию текстовых и графических материалов работы выполнены в соответствии с ГОСТ.

Дипломная работа выполнена на оценку /А/ «отлично», а дипломант, Башенов Ж. К. достоин степени бакалавра специальности 5B071900 – «Радиотехника, электроника и телекоммуникации».

Научный руководитель

Лектор кафедры «ЭТиКТ»

Джунусов Н. А. «»

«23» 05 2022 г.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Башенов Жумабек Кенесович

Тақырыбы: Организация сети Р2Р в г. Костанай

Жетекшісі: Нуридин Джунусов

1-ұқсастық коэффициенті (30): 1.7

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0

Дәйексөз (35): 1.2

Әріптерді ауыстыру: 12

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

23.05.2022
Күні



Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Башенов Жумабек Кенесович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Организация сети P2P в г. Костанай

Научный руководитель: Нуридин Джунусов

Коэффициент Подобия 1: 1.7

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 12

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

23.05.2022
Дата



Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Башенов Жумабек Кенесович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Организация сети P2P в г. Костанай

Научный руководитель: Нуридин Джунусов

Коэффициент Подобия 1: 1.7

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 12

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

23.05.2022
Дата


проверяющий эксперт

