


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОРДОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Н. П. ОГАРЁВА»

Институт электроники и светотехники  
Кафедра инфокоммуникационных технологий и систем связи

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой  
канд. техн. наук, доцент

 В.В. Никулин  
подпись, инициалы, фамилия

11.06.19  
дата

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ  
FTTV В ЖИЛОМ МИКРОРАЙОНЕ Г. САРАНСКА**

Автор бакалаврской работы

 10.06.19  
подпись, дата


И. А. Дудоров  
инициалы, фамилия

Обозначение работы

БР-02069964-11.03.02-04-19

Направление 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Руководитель работы  
старший преподаватель

 10.06.2019  
подпись, дата

Н. С. Соболев  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер  
к. культурологии, доцент

 10.06.19г.  
подпись, дата

Е. А. Кошечкина  
инициалы, фамилия

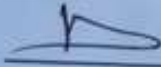
Саранск  
2019

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОРДОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Н. П. ОГАРЁВА»

Институт электроники и светотехники  
Кафедра инфокоммуникационных технологий и систем связи

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой  
канд. техн. наук, доцент

  
В.В. Никулин  
подпись, инициалы, фамилия

15.12.19  
дата

ЗАДАНИЕ НА БАКАЛАВРСКУЮ РАБОТУ

Студент: Дудоров Илья Александрович

1 Тема: «Проектирование сети передачи данных по технологии FTTB в жилом микрорайоне г. Саранска»

Утверждена приказом № 10335-с от 14 декабря 2018 года

2 Срок представления работы к защите 10.06.19

3. Исходные данные для проектирования:

3.1 Район проектирования: г. Саранск

3.2 Материалы проекта по развитию сети доступа FTTB филиала

ПАО «Ростелеком»

4. Содержание выпускной квалификационной работы:

4.1 Введение

4.2 Характеристики сетей доступа

4.3 Обоснование выбранного направления работы

#### 4.4 Проектирование сети FTTB доступа

#### 5 Приложения

Приложение А (обязательное) Кабель магистрالی

Приложение Б (обязательное) Кабель доступа

Приложение В (обязательное) Схема расшивки магистрального кабеля

Приложение Г (обязательное) Схема расшивки кабеля доступа

Руководитель работы  
старший преподаватель

  
подпись, дата 17.12.18

Н. С. Соколев  
инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

  
подпись, дата 17.12.18

И. А. Дудоров

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 95 листов, 26 рисунков, 13 таблиц, 13 источников.





ФТТВ, СПД, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ ВОЛС, ВДРС, ТКШ.

Объектом проектирования является городская сеть г. Саранска.

Цель работы – проектирование городской сети ФТТВ доступа.

В результате проведенной работы была разработана схема организации связи проектируемой сети доступа. Результатом бакалаврской работы являются разработанные проектные решения, произведенные расчёты и выбранная конфигурация оборудования для построения сети ФТТВ доступа в жилом микрорайоне города Саранска.

БР-02069964-11.03.02-04-19

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Дудоров		10.06.19	Проектирование сети передачи данных по технологии ФТТВ в жилом микрорайоне г. Саранска	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Соболев		10.06.19			4	95
Н. Контр.		Кошечкина		10.06.19		ИЭС, ИКТСС, 431		
Утверд.		Нискулин		10.06.19				

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Характеристики сетей доступа	8
1.1 Беспроводной доступ. Wi-Fi	8
1.2 Беспроводной доступ. WiMAX	13
1.3 Доступ по медному кабелю xDSL	19
1.4 Описание технологий DSL	21
1.5 Доступ по оптоволокну	25
1.6 PON	25
1.7 FTTx (Fiber to the x)	26
2 Обоснование выбранного направления работы	32
2.1 Требования, предъявляемые к современной городской сети доступа	32
2.2 Состав основных существующих и перспективных услуг связи	33
2.3 Рассмотрение возможных вариантов технических решений и выбор одного из них в соответствии с техническим и экономическим обоснованием	34
3 Проектирование сети FTTB доступа	39
3.1 Разработка модели построения городской сети передачи данных	39
3.2 Проектирование структуры и схемы организации связи сети FTTB доступа	47
3.3 Распределительная ВОЛС	53
3.4 Разработка схемы организации предоставления услуг	64
3.5 Характеристики и спецификация основного используемого оборудования	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	90
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	91
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Кабель магистралей	92
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) Кабель доступа	93
ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное) Схема расшивки магистрального кабеля	94
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное) Схема расшивки кабеля доступа	95

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

## ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции развития сетей передачи данных можно рассматривать как результат постоянного взаимодействия базовых телекоммуникационных технологий. До недавнего времени основными объектами коммуникационной индустрии были телефонные сети общего пользования и сети передачи данных. Сегодня мы присутствуем при появлении новой концепции – сетей с интеграцией сервисов, которые наследуют лучшие свойства своих предшественников.

Строительство первой глобальной сети передачи данных ARPANET, основанной на коммутации пакетов, началось в США около 40 лет назад. В 1974 г. на базе пятилетних исследований сети ARPANET была разработана модель ТСР/ІР, которая вскоре дополнилась другими протоколами и оказалась «двигателем» Интернет.

С развитием инфраструктуры глобальных сетей, ростом их пропускной способности и уменьшением задержек, связанных с обработкой пакетов, видоизменялись и сетевые приложения. В частности, возросла доля трафика, приходящегося на мультимедиа-объекты, появился ряд совершенно новых мультимедийных сервисов, например, аудио и видео по запросу, ІР-телефония

Современные сети передачи данных (СПД) операторского класса, как правило, строятся на основе нескольких уровней:

- 1) доступа;
- 2) агрегации;
- 3) транспортного;
- 4) пользовательского.

Уровень доступа обеспечивает линии и каналы для подключения оборудования абонента к сети. Объединение абонентских линий и узлов в единую сеть – задача уровней агрегации и транспортного. На пользовательском уровне

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

абоненты получают доступ к одному из видов услуг (данные, видео, голос) и к другим сетями, например, к подобной сети другого региона или Интернет.

Предметом данной бакалаврской работы является построение одного из уровней сети передачи – уровня доступа.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

## 1 Характеристики сетей доступа

Рассмотрим основные технологии, используемые для подключения абонентов к СПД масштаба города или региона. Основные средства доступа в настоящее время можно разделить на три различных вида, зависящие от среды передачи данных:

- 1) беспроводные радиосети (Wi-Fi, WiMax);
- 2) меднокабельные (xDSL);
- 3) оптоволоконные (FTTx).

### 1.1 Беспроводной доступ. Wi-Fi

Wi-Fi – (англ. аббревиатура от Wireless Fidelity – беспроводная точность) – это развивающийся формат передачи цифровых данных по радиоканалам.

#### *Описание технологии*

Существует несколько различных стандартов Wi-Fi. На сегодняшний день основные из них 802.11a, 802.11b и 802.11g. Отличаются эти стандарты как максимально возможной скоростью передачи данных, так и радиусом действия. В соответствии с этими стандартами выбирается и тип оборудования. В России на данный момент в подавляющем большинстве используются только два из них – это 802.11b и 802.11g. Помимо этого разрабатывается новый стандарт 802.11n, который, возможно, в скором времени станет основным. Основные характеристики стандартов приведены в таблице 1.1

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8



Таблица 1.1 – Основные характеристики стандартов

Стандарт	Заявленная скорость	Реальная скорость	Диапазон	Радиус действия	Год внедрения в производство
802.11b	11Мбит/с	4-6Мбит/с	2.4ГГц	50-100 м	1999
802.11a	54Мбит/с	20-25Мбит/с	5ГГц	50-100 м	2007, в России не используется
802.11g	54Мбит/с	20-25Мбит/с	2.4ГГц	50-100 м	2003

Оборудование, предназначенное для работы в стандарте 802.11, в основном делится на два класса – это абонентские терминалы и точки доступа (Access Point, Hot-Spot). Абонентскими терминалами могут быть настольные компьютеры, ноутбуки, КПК, телефоны, принтеры, игровые приставки и прочая портативная и стационарная бытовая техника, оборудованная Wi-Fi-модулем (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Wi-Fi модуль

Точки доступа обычно выполнены в виде отдельного внешнего устройства, подключаемого кабелем к сети Ethernet или к любому другому источнику широкополосного доступа к Интернет. Иногда точки доступа комбинируют с каким-либо другим устройством, например, весьма распространены ADSL-

модемы, совмещенные с точкой доступа Wi-Fi. На точку доступа возлагается основная часть работы по обслуживанию беспроводной сети: она должна поддерживать радиопередачу со всеми пользователями и связывать сеть с внешним миром, регулировать трафик. В некоторых случаях применяется дополнительное оборудование: например, при недостаточном уровне сигнала нужны антенны, а при необходимости соединения между собой двух сетей – мосты. Для координации работы оборудования точек доступа на стороне оператора устанавливается контроллер. Схема организации связи Wi-Fi доступа показана на рисунке 1.2



Рисунок 1.2 – Схема организации связи Wi-Fi

Одной из основных проблем, присущих беспроводным сетям, является защищенность передаваемых данных. Первые годы после появления Wi-Fi большинство беспроводных сетей, построенных по этому стандарту, находились практически в свободном доступе для любого желающего. Применяемый механизм шифрования WEP (Wired Equivalent Privacy) с длиной ключа 64 или 128 бит, быстро доказал свою несостоятельность. Из-за низкого уровня безопасности многие компании были вынуждены отказаться от использования беспроводных

Wi-Fi сетей исключительно из соображений сохранения конфиденциальности информации. Затем на смену WEP был предложен стандарт безопасности WPA (Wi-Fi Protected Access), повышал уровень защиты, но не решал проблему полностью. Уровень защиты существенно повышен в новом стандарте безопасности названном 802.11i. Среди нововведений, появившихся в 802.11i, можно отметить введение нового механизма шифрования, построенного по алгоритму AES (Advanced Encryption Standard). В целом, новой системе удалось создать серьезную проблему для злоумышленников. Конечно, некоторые проблемы с безопасностью до сих пор остаются, но стандарт продолжает совершенствоваться.

В России использование Wi-Fi без разрешения на использование частот от Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ) возможно для организации сети внутри зданий. Для легального использования беспроводной сети Wi-Fi уличного исполнения необходимо получение разрешения на использование частот. Действует упрощенный порядок выдачи разрешений на использование радиочастот в полосе 2400—2483,5 МГц (стандарты 802.11b и 802.11g), для получения такого разрешения не требуется частное решение ГКРЧ.

### *Достоинства и ограничения технологии Wi-Fi*

К достоинствам можно отнести следующее:

- 1) отсутствие кабеля при подключении абонентского терминала;
- 2) широкое распространение, стандартизацию и поддержку рынка;
- 3) небольшие размеры терминалов, простоту инсталляции и эксплуатации: точка доступа размером с книгу, плата-антенна для ноутбука - меньше кредитной карточки;
- 4) приемлемая стоимость: цена комплекта Wi-Fi сравнима с затратами, необходимыми на организацию обычной внутриофисной компьютерной сети;
- 5) поддержка роуминга – абонентский терминал может перемещаться в пространстве, переходя от одной точки доступа к другой.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Из недостатков можно выделить следующие:

1) довольно высокое по сравнению с другими стандартами радиодоступа потребление энергии, что уменьшает время жизни батарей и повышает температуру устройства (актуально для портативного терминального оборудования);

2) часто используемый стандарт шифрования WEP может быть относительно легко взломан даже при правильной конфигурации (из-за слабой стойкости алгоритма);

3) ограниченный радиус действия. Типичный домашний Wi-Fi маршрутизатор стандарта 802.11b или 802.11g имеет радиус действия до 50 м в помещении до 100 м снаружи. Чувствительность к естественным препятствиям и погодным условиям. Например, для уличного доступа возможно уменьшение производительности сети во время дождя;

4) 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;

5) большое количества служебной информации в радиоканале;

б) малая пригодность для работы медиа-приложений использующих потоки в реальном времени (например, протокол RTP, применяемый в IP-телефонии). Качество медийного потока непредсказуемо из-за возможных высоких потерь при передаче данных, обусловленных целым рядом неконтролируемых пользователем факторов (атмосферные помехи, ландшафт и иное, в частности перечисленное выше). Хотя, несмотря на данный недостаток, выпускается масса VoIP оборудования на базе устройств 802.11b\g, которое ориентировано в том числе и на корпоративный сегмент.

## ***Сферы применения Wi-Fi***

Наиболее частые случаи применения технологии следующие:

1) общественный бесплатный или платный доступ к Интернет, предоставляемый в гостиницах, кафе, аэропортах, железнодорожных вокзалах и других местах скопления людей;

2) сети передачи данных городских масштабов (Wi-Fi MetroMesh Networks). Например, в Москве компания Golden Telecom построила самую крупную сеть в Европе – Golden WiFi;

3) организация небольших локальных сетей для передачи компьютерной, голосовой и видео связи и для доступа к Интернет. В последнее время такое решение вполне обосновано, так как стандарт 802.11n обеспечивает высокие надёжность, скорость (300-600 Мбит/сек) и безопасность.

Таким образом, на данный момент Wi-Fi это хорошо отработанная и при этом развивающаяся технология доступа.

## **1.2 Беспроводной доступ. WiMAX**

WiMAX (англ. Worldwide Interoperability for Microwave Access) — телекоммуникационная технология, разработанная с целью предоставления универсальной беспроводной связи на большие расстояния для широкого спектра устройств.

### ***Описание технологии***

Технология основана на стандарте IEEE 802.16 WiMAX представляет модели как для фиксированного, так и для мобильного доступа. Стандарт IEEE 802.16 разработан для работы в условиях частичного или полного отсутствия прямой видимости с базовой станцией оператора при радиусе покрытия сектора от 3 до 10 километров. WiMAX системы обеспечивают пропускную способность до 40 Мбит/с на канал. Мобильные сети обеспечивают пропускную способность до 15

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Мбит/с в пределах сектора с радиусом покрытия до 3 км. Основные характеристики представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Основные характеристики технологии WiMAX

Стандарт	802.16	802.16a / 802.16REVd	802.16e
Дата появления	Январь 2001	Январь 2003 / Осень 2004	Конец 2005
Спектр частот, ГГц	От 10 до 66	<11	<6
Обязательное условие прямой видимости передатчика	Да	Нет	Нет
Средние скорости передачи, Мбит/с	32-134 при ширине канала в 28 МГц	До 75 при ширине канала в 20 МГц	До 15 при ширине канала в 5 МГц
Ширина канала, МГц	20,25,28	Выборочная (от 1,25 до 20)	Выборочная (от 1,25 до 20)

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

Для соединения базовой станции с абонентской используется высокочастотный диапазон радиоволн диапазонах 2,3–2,7, 3,4–6 и 5,8 ГГц. В идеальных условиях скорость обмена данными может достигать 70 Мбит/с, при этом не требуется обеспечения прямой видимости между базовой и абонентской

станциями. WiMAX применяется как для решения проблемы «последней мили», так и для организации сетей.

Между базовыми станциями устанавливаются соединения (прямой видимости), использующие диапазон частот от 10 до 66 ГГц, скорость обмена данными может достигать 120 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 (рисунок 1.3) семейства стандартов IEEE 802.16 схожа 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).

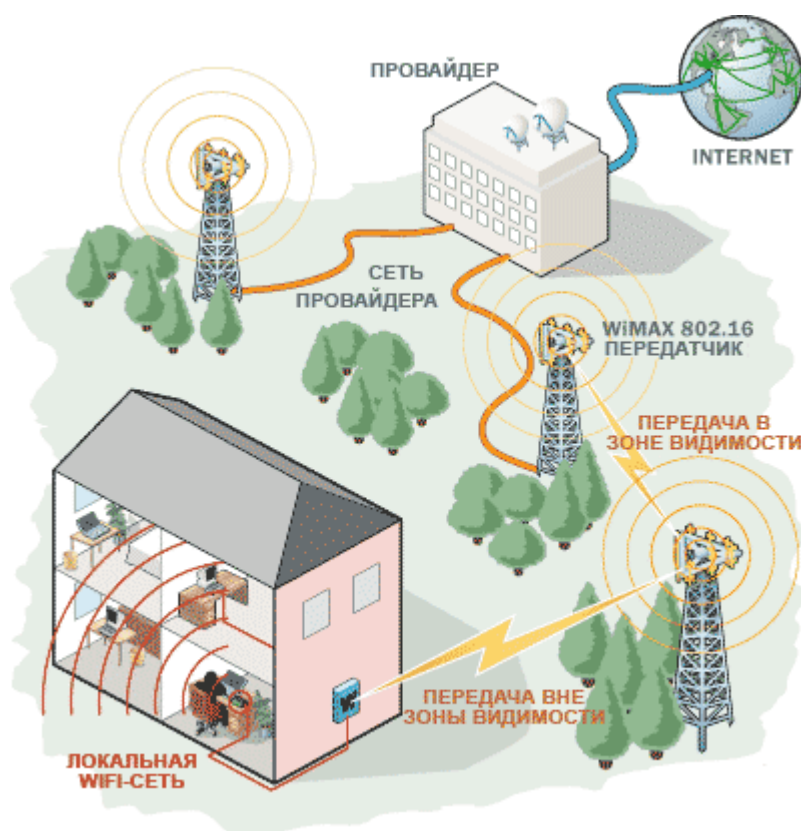


Рисунок 1.3 – Структура сети WiMAX

Абонентская станция WiMAX это антенна с приёмником, в форм-факторе карты PC Card, карты расширения ПК или внешней карты. С изобретением мобильного WiMAX все больший акцент делается на разработке мобильных устройств, в том числе, специальных телефонных трубок (похожи на обычный мобильный смартфон), и компьютерной периферии (USB радио модулей и PC card). Технология WiMAX сегодня активно интегрируется в портативные компьютеры и КПК.

### *Достоинства и ограничения технологии WiMAX*

Данная технология имеет ряд достоинств:

1) возможность установления связи вне зоны прямой видимости. До самого недавнего времени городские широкополосные беспроводные линии требовали не только прямой видимости, но и отсутствия преград в пределах зоны Френеля. Отсюда – необходимость использования мачт, обеспечивающих условия прямой видимости и резкое ограничение круга возможных абонентов. В парадигме WiMAX пользователь сможет сам – точно так же, как он сейчас покупает DSL-модем или сотовую трубку, – прийти в магазин, приобрести коробку с WiMAX-адаптером, быть может, уже с контрактом беспроводной связи, принести домой, установить на подоконнике и с высокой степенью вероятности тут же оказаться в широкополосном Интернете. Оператор освобождается от головной боли, связанной с подключением абонентов, наличием бригад монтажников-высотников и т. д., а абонент получает возможность относительно свободного перемещения (имеются в виду не мобильные сеансы связи) в пределах всей WiMAX-сети одного, а при наличии роуминговых соглашений – и нескольких операторов;

2) возможность передачи практически любых видов трафика и реализация качества обслуживания (QoS) на уровне, сопоставимом с ATM-сетями. WiMAX спроектирован так, чтобы передавать и IP, и ATM, и Ethernet. Для этого на уровне доступа к среде (MAC) пришлось реализовать гибкие механизмы поллинга и, наряду с временным разделением каналов (TDD), разделение частотное (FDD),

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



Оператор, в зависимости от требований задачи или индивидуальных предпочтений, может выбирать FDD, TDD или их сочетание;

3) защита данных. Механизмы шифрования передаваемого трафика предполагают использование протоколов шифрования DES/AES. WiMAX-сети значительно лучше защищены, чем Wi-Fi;

4) спектральная эффективность. Эта величина для WiMAX заявлена на уровне 3 бод/Гц, с использованием адаптивных антенн и когерентной обработки сигналов может быть доведена до 15 Бод/Гц. С учетом того, что WiMAX не оговаривает жестко используемые частотные диапазоны, простор для деятельности открывается необычайный. Работы ведутся во всей полосе частот ниже 11 ГГц, причем особенно перспективными в части возможности становления связи вне зоны прямой видимости и дальности распространения считаются частоты ниже 1 ГГц. Так, например, в США всерьез рассматривают использование диапазона частот 700 МГц, высвобождаемого в связи с переходом на цифровое телевидение. Перспективным считается и диапазон 450 МГц – чем ниже частота, тем выше дальность связи и зона, покрываемая одной базовой станцией. С учетом того, что WiMAX может использовать относительно узкие рабочие полосы частот, частоту можно опускать и дальше. При этом изменения касаются только радиочастотной части – цифровая схемотехника остается прежней;

5) открытость и наличие сертифицирующих институтов WiMAX. Исчерпывающее, занимающее 857 страниц текста описание стандарта можно свободно загрузить на сайте IEEE (<http://standards.ieee.org/getieee802/802.16.html>). Создан комитет, сертифицирующий совместимость продукции;

6) стандарт объединяет технологии уровня оператора связи (для объединения многих подсетей и предоставления им доступа к Интернет), а также технологии "последней мили", что создает универсальность и, как следствие, повышает надежность системы;

7) технология WiMAX подходит для фиксированных, перемещаемых и подвижных объектов сетей на единой инфраструктуре.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Из недостатков можно выделить следующие:

1) имеются проблемы с совместимостью оборудования разных производителей, что обусловлено, как ни странно, быстрым развитием стандарта. Появление новых, принципиально различных версий стандарта WiMAX, приводит к вопросу о неизбежной смене оборудования через несколько лет. Так, станции, сейчас работающие в режиме Fixed WiMAX, не смогут поддерживать Mobile WiMAX. При переходе на следующий стандарт потребуются обновление части оборудования, что отпугивает крупных провайдеров. На данный момент внедрение и использование Fixed WiMAX на коммерческой основе могут позволить себе только небольшие компании, которые не планируют значительного расширения (в том числе территориального) и используют новые технологии для привлечения клиентов;

2) относительно высокая стоимость абонентского оборудования. При развертывании WiMAX сетей там, где доступа к Интернет раньше не было, приходится сталкиваться с проблемой наличия в малонаселенных или удаленных регионах достаточного числа потенциальных пользователей, обладающих необходимым оборудованием или денежными средствами на его приобретение. То же касается и перехода на Mobile WiMAX после его лицензирования, так как, помимо затрат провайдеров на модернизацию операторского оборудования, следует учитывать затраты пользователей на модернизацию клиентского оборудования: приобретение WiMAX-карт и обновление портативных устройств;

3) другим сдерживающим фактором является позиция многих специалистов, которые считают недопустимым использование сверхвысоких частот радиосвязи прямой видимости, вредных для здоровья человека. Наличие вышек на расстоянии десятков метров от жилых объектов (а базовые станции рекомендуется устанавливать на крышах домов) может пагубно сказаться на здоровье жителей, особенно детей. Однако результатов медицинских экспериментов, подтверждающих наличие или высокую вероятность вреда, пока не опубликовано;

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

4) наличие конкурентного стандарта широкополосной связи, использующего близкие диапазоны радиочастот – WBro. Этот стандарт тоже до конца не лицензирован, однако он уже получил определенную известность. А потому всегда существует вероятность, что через несколько лет предпочтительным окажется не WiMAX, а WBro. И компании, вложившие средства в разработку и внедрение WiMAX систем, серьезно пострадают. Впрочем, из-за схожести стандартов существует также вероятность слияния и в дальнейшем использования оборудования, поддерживающего оба стандарта одновременно.

### ***Сферы применения WiMAX***

WiMAX подходит для решения следующих задач:

- 1) соединения точек доступа Wi-Fi друг с другом и другими сегментами Интернета;
- 2) обеспечения беспроводного широкополосного доступа, как альтернативы выделенным линиям и DSL;
- 3) предоставления высокоскоростных телекоммуникационных услуг;
- 4) создания точек доступа, не привязанных к географическому положению.

WiMAX позволяет осуществлять доступ к Интернет на высоких скоростях, с большим покрытием, чем у Wi-Fi сетей. Это позволяет использовать технологию в качестве «магистральных каналов», продолжением которых выступают традиционные DSL и выделенные линии, или Wi-Fi. В результате подобный подход позволяет создавать масштабируемые высокоскоростные сети в рамках городов.

### **1.3 Доступ по медному кабелю xDSL**

Сокращение DSL расшифровывается как Digital Subscriber Line (цифровая абонентская линия). DSL является достаточно новой технологией, позволяющей

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

значительно расширить полосу пропускания старых медных телефонных линий, соединяющих телефонные станции с индивидуальными абонентами. Любой абонент, пользующийся в настоящий момент обычной телефонной связью, имеет возможность с помощью технологии DSL значительно увеличить скорость своего соединения, например, с сетью Интернет. Следует помнить, что для организации линии DSL используются именно существующие телефонные линии; данная технология тем и хороша, что не требует прокладывания дополнительных телефонных кабелей. В результате пользователь получает круглосуточный доступ в сеть Интернет с сохранением нормальной работы обычной телефонной связи. Никто из ваших друзей больше не пожалуется, что часами не может к вам прозвониться. Благодаря многообразию технологий DSL пользователь может выбрать подходящую именно ему скорость передачи данных — от 32 Кбит/с до более чем 50 Мбит/с. Данные технологии позволяют также использовать обычную телефонную линию для таких широкополосных систем, как видео по запросу или дистанционное обучение. Современные технологии DSL приносят возможность организации высокоскоростного доступа в Интернет в каждый дом или на каждое предприятие среднего и малого бизнеса, превращая обычные телефонные кабели в высокоскоростные цифровые каналы. Причем скорость передачи данных зависит только от качества и протяженности линии, соединяющих пользователя и провайдера.

### ***Принцип работы DSL***

Телефонный аппарат, установленный дома, соединяется с оборудованием телефонной станции с помощью витой пары медных проводов. Традиционная телефонная связь предназначена для обычных телефонных разговоров с другими абонентами телефонной сети. При этом по сети передаются аналоговые сигналы. Телефонный аппарат воспринимает акустические колебания (являющиеся естественным аналоговым сигналом) и преобразует их в электрический сигнал, амплитуда и частота которого постоянно изменяется. Так как вся работа

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

телефонной сети построена на передаче аналоговых сигналов, проще всего, конечно же, использовать для передачи информации между абонентами или абонентом и провайдером именно такой метод. При передаче аналоговых сигналов используется только небольшая часть полосы пропускания витой пары медных телефонных проводов. При этом максимальная скорость передачи, которая может быть достигнута с помощью обычного модема, составляет около 56 Кбит/с. DSL представляет собой технологию, которая исключает необходимость преобразования сигнала из аналоговой формы в цифровую форму и наоборот. Цифровые данные передаются на ваш компьютер именно как цифровые данные, что позволяет использовать гораздо более широкую полосу частот телефонной линии. При этом существует возможность одновременно использовать и аналоговую телефонную связь, и цифровую высокоскоростную передачу данных по одной и той же линии, разделяя спектры этих сигналов.

#### **1.4 Описание технологий DSL**

DSL представляет собой набор различных технологий, позволяющих организовать цифровую абонентскую линию. Для того, чтобы понять данные технологии и определить области их практического применения, следует рассмотреть, чем эти технологии различаются. Прежде всего это соотношение между расстоянием, на которое передается сигнал, и скоростью передачи данных, а также разницу в скоростях передачи «нисходящего» (от сети к пользователю) и «восходящего» (от пользователя в сеть) потока данных.

DSL объединяет следующие технологии:

1) ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line – асимметричная цифровая абонентская линия). Данная технология является асимметричной, то есть скорость передачи данных от сети к пользователю значительно выше, чем скорость передачи данных от пользователя в сеть. Такая асимметрия, в сочетании с состоянием «постоянно установленного соединения» (когда исключается

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

необходимость каждый раз набирать телефонный номер и ждать установки соединения), делает технологию ADSL идеальной для организации доступа в сеть Интернет, доступа к локальным сетям (ЛВС) и т.п. При организации таких соединений пользователи обычно получают гораздо больший объем информации, чем передают. Технология ADSL обеспечивает скорость «нисходящего» потока данных в пределах от 1,5 Мбит/с до 8 Мбит/с и скорость «восходящего» потока данных от 640 Кбит/с до 1,5 Мбит/с. ADSL позволяет передавать данные со скоростью 1,54 Мбит/с на расстояние до 5,5 км по одной витой паре проводов. Скорость передачи порядка 6 – 8 Мбит/с может быть достигнута при передаче данных на расстояние не более 3,5 км по проводам диаметром 0,5 мм;

2) R-ADSL (Rate-Adaptive Digital Subscriber Line – цифровая абонентская линия с адаптацией скорости соединения). Технология R-ADSL обеспечивает такую же скорость передачи данных, что и технология ADSL, но при этом позволяет адаптировать скорость передачи к протяженности и состоянию используемой витой пары проводов. При использовании технологии R-ADSL соединение на разных телефонных линиях будет иметь разную скорость передачи данных. Скорость передачи данных может выбираться при синхронизации линии, во время соединения или по сигналу, поступающему от станции;

3) G.Lite (ADSL.Lite) представляет собой более дешёвый и простой в установке вариант технологии ADSL, обеспечивающий скорость «нисходящего» потока данных до 1,5 Мбит/с и скорость «восходящего» потока данных до 512 Кбит/с или по 256 Кбит/с в обоих направлениях;

4) IDSL (ISDN Digital Subscriber Line – цифровая абонентская линия ISDN). Технология IDSL обеспечивает полностью дуплексную передачу данных на скорости до 144 Кбит/с. В отличие от ADSL возможности IDSL ограничиваются только передачей данных. Несмотря на то, что IDSL, также как и ISDN, использует модуляцию 2B1Q, между ними имеется ряд отличий. В отличие от ISDN линия IDSL является некоммутируемой линией, не приводящей к увеличению нагрузки на коммутационное оборудование провайдера. Также линия IDSL является

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

«постоянно включенной» (как и любая линия, организованная с использованием технологии DSL), в то время как ISDN требует установки соединения;

5) HDSL (High Bit-Rate Digital Subscriber Line – высокоскоростная цифровая абонентская линия). Технология HDSL предусматривает организацию симметричной линии передачи данных, то есть скорости передачи данных от пользователя в сеть и из сети к пользователю равны. Благодаря скорости передачи (1,544 Мбит/с по двум парам проводов и 2,048 Мбит/с по трем парам проводов) телекоммуникационные компании используют технологию HDSL в качестве альтернативы линиям T1/E1. (Линии T1 используются в Северной Америке и обеспечивают скорость передачи данных 1,544 Мбит/с, а линии E1 используются в Европе и обеспечивают скорость передачи данных 2,048 Мбит/с.) Хотя расстояние, на которое система HDSL передает данные (а это порядка 3,5 – 4,5 км), меньше, чем при использовании технологии ADSL, для недорогого, но эффективного, увеличения длины линии HDSL телефонные компании могут установить специальные повторители. Использование для организации линии HDSL двух или трех витых пар телефонных проводов делает эту систему идеальным решением для соединения УАТС, серверов Интернет, локальных сетей и т.п. Технология HDSL2 является логическим результатом развития технологии HDSL. Данная технология обеспечивает характеристики, аналогичные технологии HDSL, но при этом использует только одну пару проводов;

6) SDSL (Single Line Digital Subscriber Line – однолинейная цифровая абонентская линия). Также как и технология HDSL, технология SDSL обеспечивает симметричную передачу данных со скоростями, соответствующими скоростям линии T1/E1, но при этом технология SDSL имеет два важных отличия. Во-первых, используется только одна витая пара проводов, а во-вторых, максимальное расстояние передачи ограничено 3 км. В пределах этого расстояния технология SDSL обеспечивает, например, работу системы организации видеоконференций, когда требуется поддерживать одинаковые потоки передачи

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

данных в оба направления. В определенном смысле технология SDSL является предшественником технологии HDSL2;

7) VDSL (Very High Bit-Rate Digital Subscriber Line – сверхвысокоскоростная цифровая абонентская линия). Технология VDSL является наиболее «быстрой» технологией xDSL. Она обеспечивает скорость передачи данных «нисходящего» потока в пределах от 13 до 52 Мбит/с, а скорость передачи данных «восходящего» потока в пределах от 1,5 до 2,3 Мбит/с, причем по одной витой паре телефонных проводов. В симметричном режиме поддерживаются скорости до 26 Мбит/с. Технология VDSL может рассматриваться как экономически эффективная альтернатива прокладыванию волоконно-оптического кабеля до конечного пользователя. Однако, максимальное расстояние передачи данных для этой технологии составляет от 300 метров до 1300 метров. То есть, либо длина абонентской линии не должна превышать данного значения, либо оптиковолокно должен быть подведен поближе к пользователю (например, заведен в здание, в котором находится много потенциальных пользователей). Технология VDSL может использоваться с теми же целями, что и ADSL; кроме того, она может использоваться для передачи сигналов телевидения высокой четкости (HDTV), видео по запросу и т.п.

Технологии DSL, позволяющие передавать голос, данные и видеосигнал по существующей кабельной сети, состоящей из витых пар телефонных проводов, наилучшим образом отражают потребность пользователей в высокоскоростных системах передачи.

Во-первых, технологии DSL обеспечивают высокую скорость передачи данных. Различные варианты технологий DSL обеспечивают различную скорость передачи данных, но в любом случае эта скорость гораздо выше скорости самого быстрого аналогового модема.

Во-вторых, технологии DSL оставляют возможность пользоваться обычной телефонной связью, несмотря на то, что используют для своей работы абонентскую телефонную линию.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



## 1.5 Доступ по оптоволокну

В настоящее время все больше растет интерес к развертыванию сетей доступа с возможностью предоставлением абоненту широкополосного канала связи. Причиной данного интереса служит быстрый рост требований к полосе пропускания сетей связи, обусловленный появлением новых широкополосных услуг. К таким услугам можно отнести услуги для бизнеса (видеоконференц-связь, удаленное обучение, телемедицина) и развлекательные услуги (видео по запросу, цифровое вещание, HDTV, on-line игры и т.д.). Используемые в настоящее время технологии не могут предоставить экономически выгодного решения для удовлетворения растущих потребностей, поэтому всё более становится актуальным применение оптоволокну.

## 1.6 Технология PON

PON (passive optical network) – технология пассивных оптических сетей. Распределительная сеть доступа PON, основанная на древовидной волоконной кабельной архитектуре с пассивными оптическими разветвителями на узлах. Архитектура PON обладает необходимой эффективностью наращивания и узлов сети, и пропускной способности, в зависимости от настоящих и будущих потребностей абонентов.

Преимущества архитектуры PON:

- отсутствие промежуточных активных узлов;
- экономия оптических приемопередатчиков в центральном узле;
- экономия волокон;
- легкость подключения новых абонентов и удобство обслуживания (подключение, отключение или выход из строя одного или нескольких абонентских узлов никак не сказывается на работе остальных);

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

- древовидная топология P2MP позволяет оптимизировать размещение оптических разветвителей исходя из реального расположения абонентов, затрат на прокладку ОК и эксплуатацию кабельной сети.

К недостатку можно отнести возросшую сложность технологии PON и отсутствие резервирования в простейшей топологии дерева.

### ***Топологии сетей доступа***

Существуют четыре основные топологии построения оптических сетей доступа: «кольцо», «точка-точка», «дерево с активными узлами», «дерево с пассивными узлами».

### ***Принцип действия PON***

Основная идея архитектуры PON – использование всего одного приемопередающего модуля в OLT для передачи информации множеству абонентских устройств ONT и приема информации от них.

Число абонентских узлов, подключенных к одному приемопередающему модулю OLT, может быть настолько большим, насколько позволяет бюджет мощности и максимальная скорость приемопередающей аппаратуры.

## **1.7 FTTx (Fiber to the x)**

В семейство FTTx входят различные виды архитектур:

- FTTN (Fiber to the Node) – волокно до сетевого узла;
- FTTC (Fiber to the Curb) – волокно до микрорайона, квартала или группы домов;
- FTTB (Fiber to the Building) – волокно до здания;
- FTTH (Fiber to the Home) – волокно до жилища (квартиры или отдельного коттеджа).

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

Они отличаются главным образом тем, насколько близко к пользовательскому терминалу подходит оптический кабель.

Исторически первыми появились решения FTTH и FTTC. На сегодняшний день FTTH используется в основном как бюджетное и быстро внедряемое решение там, где существует распределительная «медная» инфраструктура и прокладка оптики нерентабельна. Возникают связанные с этим решением трудности: невысокое качество предоставляемых услуг, обусловленное специфическими проблемами лежащих в канализации медных кабелей, существенное ограничение по скорости и количеству подключений в одном кабеле.

FTTC – это улучшенный вариант FTTH, лишенный части присущих последнему недостатков. В случае с FTTC в основном используются медные кабели, проложенные внутри зданий, и они, как правило, не подвержены проблемам, связанным с попаданием воды в телефонную канализацию, с большой протяженностью линии и качеством используемых медных жил, что позволяет добиться более высокой скорости передачи на медном участке.

Архитектура FTTC в первую очередь предназначена для операторов, уже использующих технологии xDSL или PON, и операторов кабельного телевидения: реализация этой архитектуры позволит им с меньшими затратами увеличить и число обслуживаемых пользователей, и выделяемую каждому из них полосу пропускания. В России этот тип подключения часто применяется небольшими операторами Ethernet-сетей. Связано это с более низкой стоимостью медных решений и с тем, что монтаж оптического кабеля требует высокой квалификации исполнителя.

Очевидно, что запланированный набор услуг и необходимая для их предоставления полоса пропускания имеют самое непосредственное влияние на выбор технологии FTTx. Чем выше скорость доступа и чем больше набор услуг, тем ближе к терминалу должна подходить оптика, а именно нужно использовать технологии FTTH. Если же приоритетом является сохранение имеющейся инфраструктуры и оборудования, наилучшим выбором является FTTB.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Технологические ограничения на положение точки «х» оказывает прежде всего ближайший к абоненту участок доступа. В большинстве случаев наблюдается следующая картина: в городе, где оператор подключает в основном многоквартирные и офисные здания, точка «х» располагается внутри здания и FTTx «превращается» в FTTB; при подключении частных домов (сельская местность, коттеджные поселки) используются или системы FTTH (оптика доходит до дома потребителя) на основе технологии PON либо FTTC (оптика до группы домов) – например, с DSL- или Wi-Fi-доступом к абонентам.

Выбор места размещения точки «х» во многом зависит от того, находятся ли абоненты в многоэтажных или в индивидуальных домах: Например, для коттеджных поселков, особенно вновь строящихся, имеет смысл использовать вариант FTTH, а в многоэтажных домах можно использовать архитектуру FTTB, оставляя внутри домов медные кабели. Даже в случае последующей полной замены таких кабелей на более современные затраты будут значительно меньше, чем при подобной замене кабельной системы в частном секторе.

Вопрос размещения оборудования, терминирующего оптическую составляющую линии связи всегда зависит от множества причин: наличия или отсутствия альтернативной инфраструктуры, возможности «войти» в дом с активным оборудованием, числа подключаемых абонентов и т. д. Как правило операторы, владеющие телефонными линиями в домах или коаксиальным кабелем, предпочитают использовать их с целью ускорения возврата инвестиций, и поэтому тяготеют к решениям FTTC, а операторы, ищущие альтернативный путь подхода к абоненту, более склонны к строительству сетей FTTH, базирующихся на разных технологиях, будь то GPON, Ethernet или WDM PON.

В настоящее время уже сформировалась определенная классификация оконечных устройств FTTx, привязанная как раз к точке «х» Набор услуг определяется типом и числом интерфейсов в оконечном устройстве, а также механизмами управления трафиком. Если необходимо сохранить существующую инфраструктуру, лучше ориентироваться на системы FTTC/FTTB, которые имеют

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

оптический uplink-интерфейс и интерфейсы ADSL2+/VDSL, Fast Ethernet и FXS в сторону абонентов. Эти системы используются преимущественно в бизнес-центрах, жилых комплексах, на крупных предприятиях с существующей медной инфраструктурой. При использовании FTTH-систем набор интерфейсов более ограничен: один-два порта Fast/Gigabit Ethernet, столько же портов FXS и, возможно, коаксиальный интерфейс ТВ.

Организация сети FTTx экономически оправдана в случае большой концентрации платежеспособных клиентов или нового строительства, когда вопрос об организации прокладки кабеля (многопарная медь или оптика) еще решается. При этом желательно планировать сеть таким образом, чтобы точка «х» находилась как можно ближе к абоненту. Если рассматривать строительство новых районов и кварталов, то точку «х» целесообразно доводить непосредственно до здания.

В связи с активным продвижением новых услуг, включая «видео по запросу», ТВ высокого разрешения и трехмерное ТВ и видеопочту, точка «х» приближается к абоненту.

Точку «х» можно рассматривать как демаркационную «линию», делящую ответственность между провайдером и потребителем. Если демаркационная «линия» находится на вводе в здание, – например, городской ввод расположен в подвале, куда через канализационные трассы пришла оптика, – тогда получится FTТВ, т. е. оптика до здания. В случае же, когда корпоративный заказчик имеет не просто здание, а большую собственную территорию (технопарк), то, возможно, он предпочтет «отодвинуть» провайдера подальше – например, до границ своего владения, где расположено что-то вроде распределительной будки или антивандального шкафа, а все внутренние магистрали будут обслуживаться его собственными специалистами. Похожая ситуация очень вероятна и в коттеджном поселке, если у него есть собственная служба эксплуатации. Пропускная способность оптики велика, но не всегда и не везде потребителю нужна собственная прямая оптическая линия. Часто вполне достаточно оптики на

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

подходах к зданию или к коттеджному поселку, а дальше можно использовать медь.

В настоящее время в России наиболее популярна архитектура FTTB. Она получила наибольшее распространение, так как при строительстве сетей FTTx на базе Ethernet (ETTx) часто это единственная технически возможная схема. Кроме этого, в структуре затрат на создание сети ETTx разница между вариантами FTTC и FTTB относительно небольшая, при этом операционные расходы при эксплуатации сети FTTB ниже, а пропускная способность выше. Архитектура FTTB станет доминировать во вновь возводимых домах и у крупных операторов связи, тогда как FTTH будет востребована только в новом малоэтажном строительстве. В первую очередь это связано с существенно более высокой стоимостью ее реализации по сравнению со стоимостью сети FTTC/FTTB, отсутствием преимуществ в полосе пропускания для пользователя.

На данный момент развития рынка FTTx буква «x» должна быть заменена буквой «B», это объясняется двумя основными факторами. Первый из них связан со стоимостью окончного оборудования для предоставления услуг Triple Play: если цена оптических приемников ТВ-сигнала уже опустилась ниже «болевого» порога в 100 у.е. (и приближается к 50 у.е.), то шлюзы VoIP и медиа-конверторы Ethernet и уж тем более терминалы ONT GPON остаются все еще достаточно дорогими для массового использования их в решениях FTTH. Второй фактор – это затраты на последующее обслуживание установленного оборудования. В случае построения сети по схеме FTTH оператору связи придется содержать достаточно большой запас резервного оборудования для оперативной замены вышедшего из строя, и не многие компании сейчас готовы к этому.

Понятием FTTx описывается общий подход к организации кабельной инфраструктуры сети доступа, в которой от узла связи до определенного места (точка «x») доходит оптика, а далее, до абонента, – медный кабель (возможен и вариант, при котором оптика прокладывается непосредственно до абонентского устройства). Таким образом, FTTx по большому счету – это только физический

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

уровень. Однако фактически данное понятие охватывает и большое число технологий канального и сетевого уровня. С широкой полосой систем FTТх неразрывно связана и возможность предоставления большого числа новых услуг.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

## 2 Обоснование выбранного направления работы

### 2.1 Требования, предъявляемые к современной городской сети доступа

Эволюция и совершенствование технологий в отрасли телекоммуникаций происходят практически ежедневно. Потребительский спрос на новые услуги постоянно растёт. Тенденция постоянных технологических инноваций и растущих ожиданий конечных пользователей выражается прежде всего в необходимости предоставления им услуг широкополосного доступа (ШПД).

В настоящий момент большая часть полосы пропускания расходуется одноранговыми приложениями и контентом с повышенной требовательностью к сетевым ресурсам (например, видео).

Сети для городской сети доступа характеризуются растущими требованиями со стороны частных и корпоративных заказчиков к повышенной пропускной способности для обеспечения поддержки услуг по передаче речи, данных и видеоинформации.

Развёртывание новых широкополосных сетей сейчас стимулируется в основном требованиями современных приложений, а не будущими потребностями. Наиболее ёмкими со стороны полосы пропускания являются приложения по передаче потокового видео. Так, например, для некоторых приложений требуется стабильный широкополосный доступ:

- 1) загрузка больших видеофайлов;
- 2) взаимодействия приложений у разных пользователей, при которых передаются большие файлы;
- 3) различные системы дистанционного присутствия (Telepresence), включающие параллельную передачу видеоинформации, голосовых данных и служебных данных приложений.

Трафик большинства приложений имеет неравномерный характер, и высокая скорость передачи данных требуется только в течении небольшого промежутка времени. Поэтому они могут совместно использовать сети

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32



агрегирования и магистраль, в которых можно заложить значительную переподписку. В отличие от них, потоковые приложения, такие как видеовещание, видео по запросу или IP-телефония (VoIP), напротив, требуют резервирования полосы пропускания на протяжении всего времени работы приложения. Необходимо так же иметь в виду растущую симметричность трафика. Обмен файлами в одноранговых сетях, удалённая совместная работа, IP-телефония и другие приложения создают изначально симметричные потоки трафика в противоположность клиент-серверным приложениям с ассиметричным трафиком, таким как потоковое видео или просмотр веб-страниц.

Сети агрегирования и магистральные сети должны относительно легко модернизироваться, и повышение пропускной способности должно происходить с относительно небольшими дополнительными затратами. Инвестиции в будущую инфраструктуру доступа нужно рассматривать, как долгосрочные и в связи следует учитывать, не влечёт ли использование технологии доступа ограничения необходимой в будущем пропускной способности.

## 2.2 Состав основных существующих и перспективных услуг связи

В последнее время, в связи с желанием конечных пользователей получать интерактивные и мультимедийные сервисы от одного оператора, всё больше происходит конвергенция технологий. То есть подключившись единожды к широкополосному каналу доступа, потребитель получает сразу несколько сервисов, как, например, Triple Play, вместо одного: передача видео, данных и голоса. Три услуги, это один провайдер, единый счёт и единый сервисный центр. Пользователь получает возможность одновременно смотреть телевизор, обмениваться данными в сети и общаться по телефону. Основные сервисы, получаемые пользователем:

1) высокоскоростная передача данных. Современный Интернет, это уже давно не только текстовая информация. Развитие социальных сетей, наряду с

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

традиционной электронной почтой и ICQ, превращает подключенный к сети компьютер в полноценное средство общения и развлечения;

2) IP-телефония или VoIP (Voice over IP, передача голоса по IP-сетям). Может использоваться как на компьютере – Skype, либо при помощи специальных устройств, которые обеспечивают совмещение обычных аналоговых телефонных аппаратов и IP-сетей. Скорость достаточная для качественной передачи голоса, составляет 64кб/с;

3) цифровое телевидение или IPTV (Internet Protocol Television) (IP-TV, IP-телевидение) – цифровое интерактивное телевидение. Пользователь получает доступ к огромному количеству каналов высокого качества. Главным достоинством IPTV является интерактивность видеослужб и наличие широкого набора дополнительных сервисов. Так, например, один из наиболее популярных – VoD (Video on Demand) – видео по запросу, система индивидуальной доставки абоненту телевизионных программ или видеофильмов. То есть пользователь в любое время может сделать заказ на интересующие его видеоконтент. Или другой не менее удобный сервис – NPVR (Network Personal Video Recorder – сетевой персональный видеомаягнитофон) - позволяет записать любую из транслируемых телепередач и посмотреть сколько угодно раз в удобное время, а также стереть. Необходимая скорость, для качественной передачи одного канала составляет 4 Мбит/с;

4) телевидение высокой чёткости (ТВЧ) или HDTV (High-Definition Television) – позволяет смотреть телепрограммы или фильмы высокого качества с разрешением 1920 на 1080 точек. Скорость достаточная для качественной передачи, составляет 25 Мбит/с.

### **2.3 Рассмотрение возможных вариантов технических решений и выбор одного из них в соответствии с техническим и экономическим обоснованием**

Рассмотрим следующие варианты реализации городской сети доступа:

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		34

1) радиодоступ;

Беспроводные технологии наиболее гибки и просты в развёртывании. При необходимости легко масштабируются, при помощи установки дополнительных точек доступа. Серьёзным недостатком является неполная совместимость между устройствами разных производителей или неполное соответствие стандарту, что приводит к ограничению возможностей соединения или уменьшения скорости.

### **Wi-Fi**

Максимальная скорость до 120 Мбит/с. Радиус действия одной точки доступа 300 м. Стоимость оборудования для подключения от 500 руб.

### **WiMax**

В отличие от Wi-Fi, имеет большую дальность – до 50 км. При использовании режима сверх высокой частоты радиосвязи прямой видимости максимальная скорость передачи данных составляет 120 Мбит/с. Минимальная цена абонентского терминала составляет 5000руб.

2) по витой паре, xDSL.

Зависимость скорости передачи трафика от длины линии для наиболее популярных технологий в семействе xDSL, представлена на графике (рисунок 2.1). Из него видно, что среднее расстояние, при скорости 10 Мбит/с, составляет 2 км.

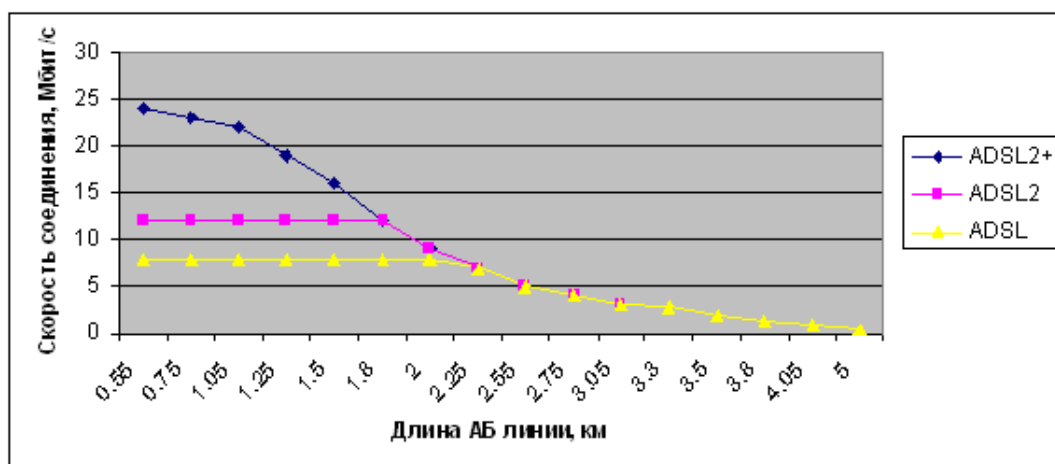


Рисунок 2.1 – Зависимость скорости от расстояния ADSL, ADSL2, ADSL2+

Семейство xDSL достаточно серьезно ограничено по полосе пропускания канала, имеет низкую стабильность при высоких операционных затратах, обусловленных необходимостью поддерживать приемлемое для ADSL качество проводной инфраструктуры. Стоимость абонентского терминала, от 500 руб. Стоимость порта подключения 5000руб.

3) по оптоволокну;

Решениями, лишёнными недостатков, характерных для ADSL, выступили архитектуры доступа, построенные как на базе Ethernet, так и на базе семейства протоколов PON (GEPON). Данные решения объединяют использование оптической линейной транспортной инфраструктуры для поставки трафика пользователям. Скорости передачи данных до 2.5 Гбит/с, при дальности 20 км, без использования повторителей сигнала. Стоимость абонентских терминалов (сетевая карта Ethernet доступа) от 200 руб. Стоимость порта подключения 5000 руб.

### ***PON***

Поддерживаются древовидные и кольцевые технологии организации оптических каналов. Разветвление оптики обеспечивается применением на узловых точках оптических пассивных разветвителей, а разделение каналов – использованием механизмов мультиплексирования. Скорость передачи данных до 2.5 Гбит/с, при дальности, без использования повторителей сигнала 20 км.

### ***FTTx***

В FTTx, исходя из принципа экономической целесообразности, оптическое терминальное оборудование располагается максимально близко к потребителю телематических услуг. В точке, где заканчивается оптический канал, устанавливается активное оборудование доступа: коммутатор доступа, от которого по «медному» каналу «Ethernet» трафик доводится непосредственно до потребителя услуг. Разветвлению транспортных каналов обеспечивается установкой на узловых точках активного оборудования коммутации Ethernet.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		36

Требования, предъявляемые к городской сети доступа:

- 1) радиус действия до 5 км;
- 2) скорость доступа от 40 Мбит/с;
- 3) максимальное количество обслуживаемых абонентов;
- 4) стоимость абонентского терминала;
- 5) доступность терминального оборудования;
- 6) стоимость порта подключения.

Требования к пропускной способности сети основных видов оказываемых услуг, приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Требования к пропускной способности сети основных видов оказываемых услуг

Предоставляемый сервис	Необходимая скорость, Мбит/с
VoIP	0.3
IPTV	7
HDTV	15
HSI	2

Из таблицы видно, что минимальная необходимая скорость составляет 35 Мбит/с.

При сравнении вариантов реализации городской сети доступа с вышеперечисленными требованиями, приходим к выводу, что наиболее подходящим является доступ по оптоволокну, с использованием FTTx.

На базе технологии FTTx для построения и развития сети могут использоваться как GPON, так и Ethernet.

Преимущества GPON по сравнению с Ethernet:

- 1) большую отказоустойчивость, обусловленную применением пассивных оптических разветвителей;

2) отсутствие необходимости установки активного оборудования и соответственно сопутствующих проблем, связанных с электропитанием, охлаждением и т.д. на узлах разветвления транспортных каналов.

Недостатки GPON:

- 1) более высокая стоимость оборудования на начальном этапе внедрения;
- 2) сильная зависимость внедрения новой услуги от возможностей оборудования, так как активное оборудование формирует работу всей сети, и любая модернизация требует замены оборудования, в то время как FTTB коммутатор – универсален и стоимость на порт значительно ниже.

Принимая во внимание вышеуказанные факторы, останавливаемся на сети доступа с решением Ethernet. Как мы рассматривали в Главе 1, архитектура FTTx подразумевает под собой несколько основных технологий: FTTC, FTTH, FTTB. В условиях многоквартирных домов, а также плотности их застройки оптимальной является технология FTTB – оптоволокно до каждого здания.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		38

### 3 Проектирование сети ФТТВ доступа

#### 3.1 Разработка модели построения городской сети передачи данных

Проектом предполагается построить СПД на основе централизованной модели представления сервисов.

Основой любой сети оператора является обеспечение доступа абонентов к предоставляемому набору услуг. Набор необходимых услуг был рассмотрен в главе 2. Одним из основных ресурсов сети, необходимых для обеспечения услуги является объём или скорость потребления трафика.

Определим сегмент пользователей услугами, которых будет обеспечивать проектируемая сеть ФТТВ доступа, как абонентов физических лиц квартирного сектора. Определим также набор услуг, которые им необходимо обеспечить:

- широкополосный доступ в Интернет;
- качественную IP-телефонию общего пользования операторского класса;
- услуги IP телевидения, в том числе и HDTV.

Кроме этого, требуется обеспечить возможность предоставления абонентам одновременной комбинации этих услуг, т.е. услуги «Triple Play». Таким образом, проектируемая сеть должна соответствовать принципам технологии NGN.

Принимаем следующую модель распределения трафика на одну квартиру для абонента, подключающегося к полному набору услуг:

- доступ к Интернет 2 Мбит/с – HSI (High Speed Internet);
- VoIP (3 линии) –  $3 * 0,1 \text{ Мбит/с} = 0,3 \text{ Мбит/с}$ ;
- доступ к локальному контенту (Интернет) – 10 Мбит/с;
- один канал HDTV, в формате MPEG2 – 15 Мбит/с;
- два канала SDTV (формат MPEG2),  $2 * 3,5 \text{ Мбит/с} = 7 \text{ Мбит/с}$ .

Ориентировочная потребность в пропускной способности для данного набора услуг составляет 35 Мбит/с.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

В целях обеспечения снижения затрат на построение и эксплуатацию сети применим централизованную модель предоставления услуг.

Проектируемая сеть будет состоять из следующих уровней:

- 1) PoP ( Point of Present) – уровень предоставления услуг;
- 2) транспортный уровень (IP/MPLS);
- 3) уровень агрегации;
- 4) уровень доступа (сеть FTTB).

Общая структурная схема построения сети передачи данных представлена на рисунке 3.1

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40



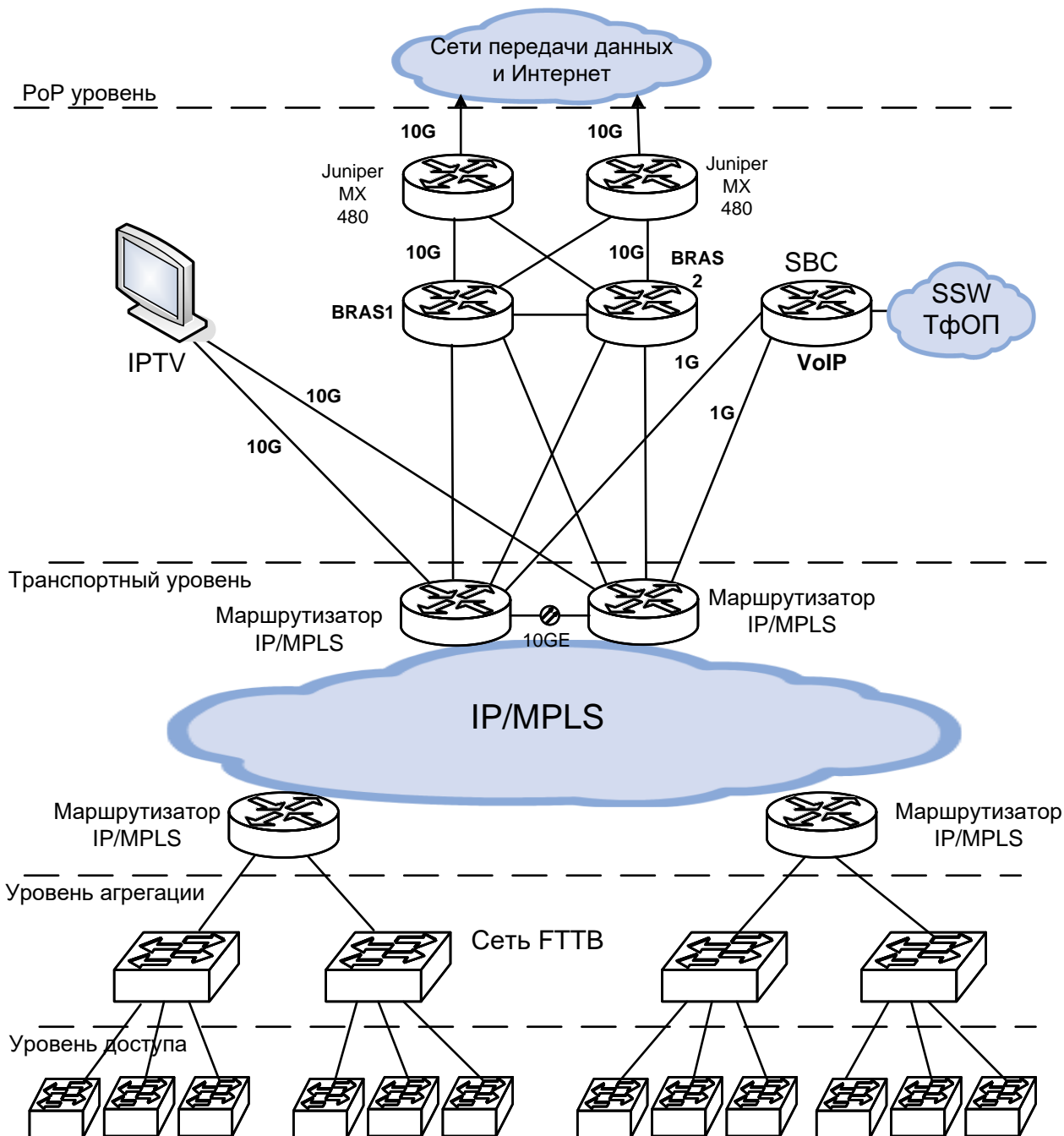


Рисунок 3.1 – Общая структурная схема построения СПД

**РоP. Уровень предоставления услуг**

Оборудование данного уровня располагается на центральном узле СПД г.Саранска, для этих целей подходит АТС-24 (Большевитская, 27) или ЗТУ (Коммунистическая, 34) оператора ПАО «Ростелеком».

На данном уровне генерируются телематические сервисы в соответствии с моделью IP/MPLS:

- HSI;
- IPTV (широковещательное TV и видео по запросу);
- VoIP (передача голоса, IP-телефония).

Каждый из вышеназванных сервисов имеет свои, специфические требования к сети передачи данных.

HIS (High Speed Internet) – сервис, обеспечивающий высокоскоростной доступ к ресурсам сети Internet, коммерческим телематическим сервисам компании, межпользовательский обмен трафиком. На уровне доступа используются протоколы IPoE и PPPoE, сервис в большинстве случаев предоставляется агрегаторами трафика широкополосного доступа (BRAS). Для него обычно обеспечивается базовое качество сервиса.

ВTV (Broadcast TV) – предоставление услуг телевидения, базирующихся на многоадресной рассылке (Multicast). Источником трафика является ВTV-система. Данный тип трафика наиболее критичен к потерям пакетов.

VoD (Видео по запросу) – предоставление услуг телевидения, базирующихся на целевой одноадресной рассылке по запросу со стороны пользователя. Источником трафика является централизованная VoD-система. Также, как и ВTV, данный тип трафика критичен к потерям.

VoIP (IP-телефония) – сервис предоставляется инфраструктурой NGN. Стык с сетью передачи данных осуществляется через (SBC). Данный тип сервиса наиболее требователен к задержкам и джиттеру на сети.

Схема ЦУ СПД с набором PoP представлена на рисунке 3.2.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

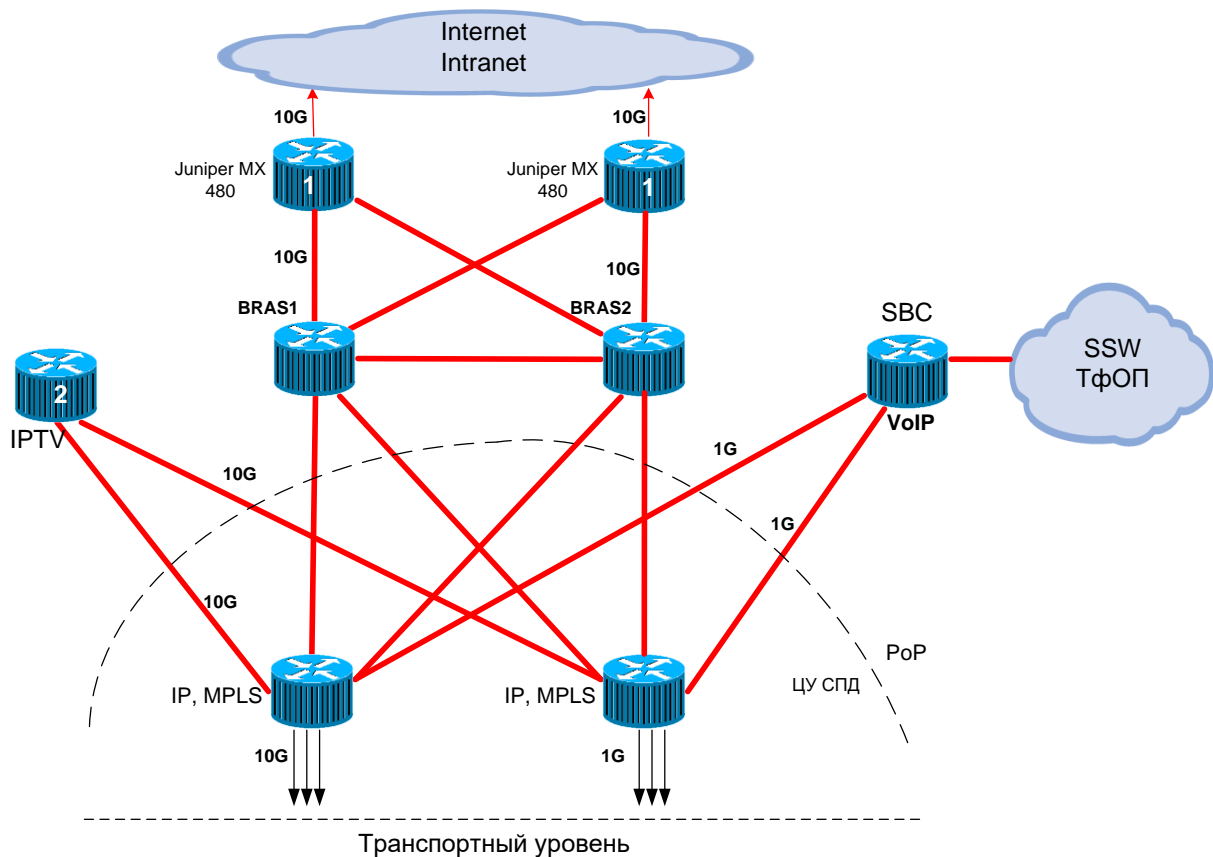


Рисунок 3.2 – Схема уровня PoP

### Транспортный уровень

Основной задачей данного уровня является обеспечение доставки агрегированного трафика с разных районов города, в соответствии с вышеперечисленными требованиями от уровня агрегации до уровня предоставления услуг и обратно. На данный момент, наиболее оптимальным решением для данного уровня является технология IP/MPLS. Пропускная способность каналов данного уровня должна обеспечивать передачу трафика всех абонентов СПД. Проведём расчёт. Количество подключаемых абонентов (квартир) по формуле (1):

$$A_k = D \cdot 80 \cdot 0,6, \quad (1)$$

где D – количество многоквартирных домов в г. Саранске (2000);

80 – среднее количество квартир в доме;

0,6 – коэффициент проникновения услуг в доме.

Таким образом, подставив в формулу, получаем:

$$A_k = 2000 \cdot 80 \cdot 0,6 = 96000 \text{ квартир};$$

2 - 80% (HSI) }  
25 - 20% (HSI, VoIP, TV) }

$$24000 \cdot 0,8 \cdot 2 + 24000 \cdot 0,2 \cdot 25 = 38400 + 120000 = 158000 \cdot 0,025 = 3,950 \approx 4G$$

- +1G – на широковещательный трафик TV;
- +1G – на трафик телефонии;
- ~6G min => 10G;
- -1G – корпоративная сеть;
- -1G – xDSL.

~8G.

Таким образом, определим минимальную полосу пропускания межуровневого трафика 8G и технологии 10G между узлами.

Из соображений меньшей стоимости порта 10G перед 40G, и меньшего влияния отдельного узла на работу других узлов (надёжность), выбираем схему организации транспортного уровня по топологии «звезда» с резервированием соединения с УУ по разнесённым ВОЛС.

Схема транспортного уровня сети представлена на рисунке 3.3.

Вышеперечисленные уровни (PoP и IP/MPLS) не являются темой проекта и представлены для понимания структуры сети города в целом и взаимодействия элементов проектируемой сети доступа. Следующие уровни формируют состав сети ФТТВ доступа.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

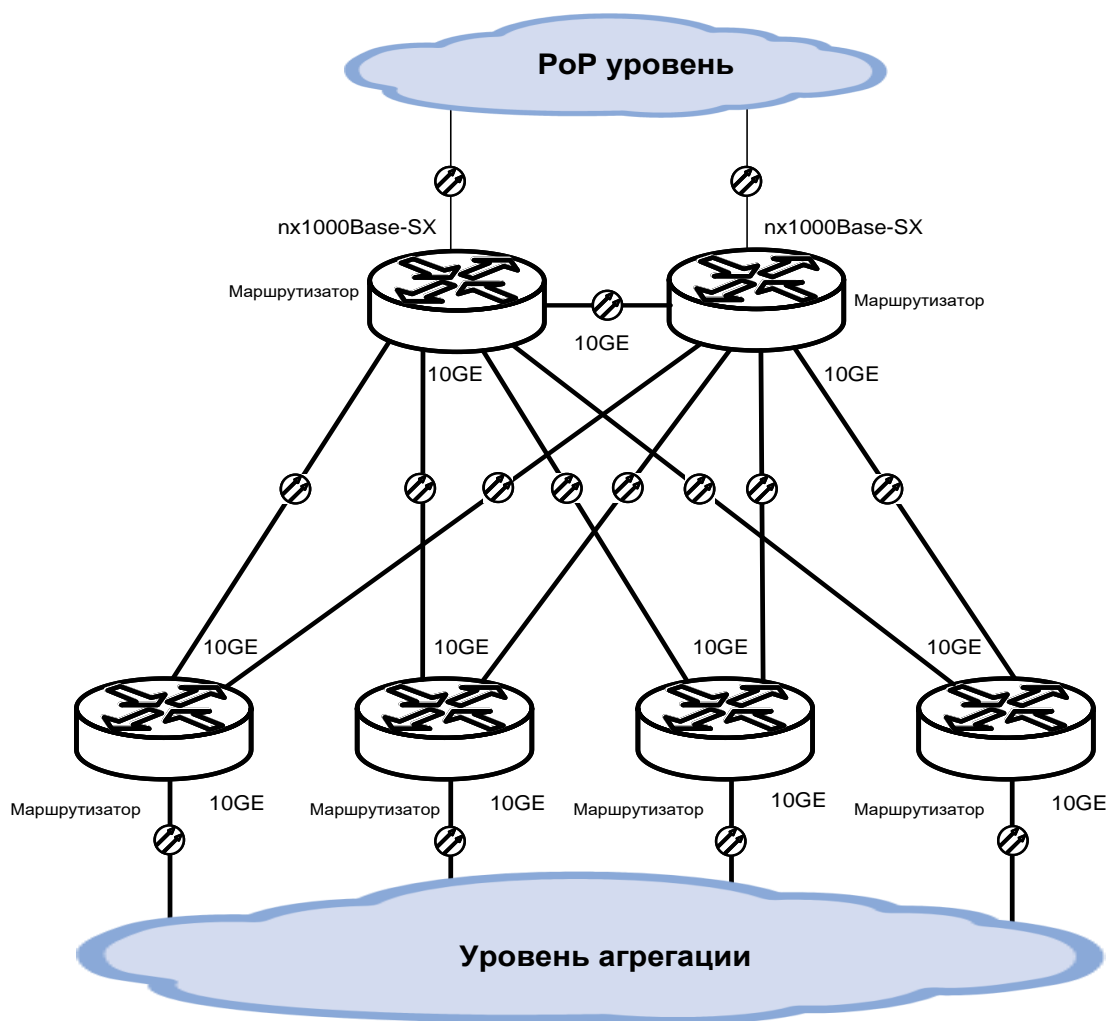


Рисунок 3.3 – Схема транспортного уровня сети IP/MPLS г.Саранска

### ***Уровень агрегации***

Данный уровень решает задачу агрегации (сбора) трафика<sup>1</sup>. Реализован в виде много портовых коммутаторов L2 уровня.

Количество портов уровня агрегации определяется ёмкостью сети доступа.

Схема уровня агрегации представлена на рисунке 3.4

<sup>1</sup> от абонентов поступающих с уровня доступа или, наоборот распределения трафика с вышестоящих уровней (PoP и IP/MPLS) на абонентские линии доступа.

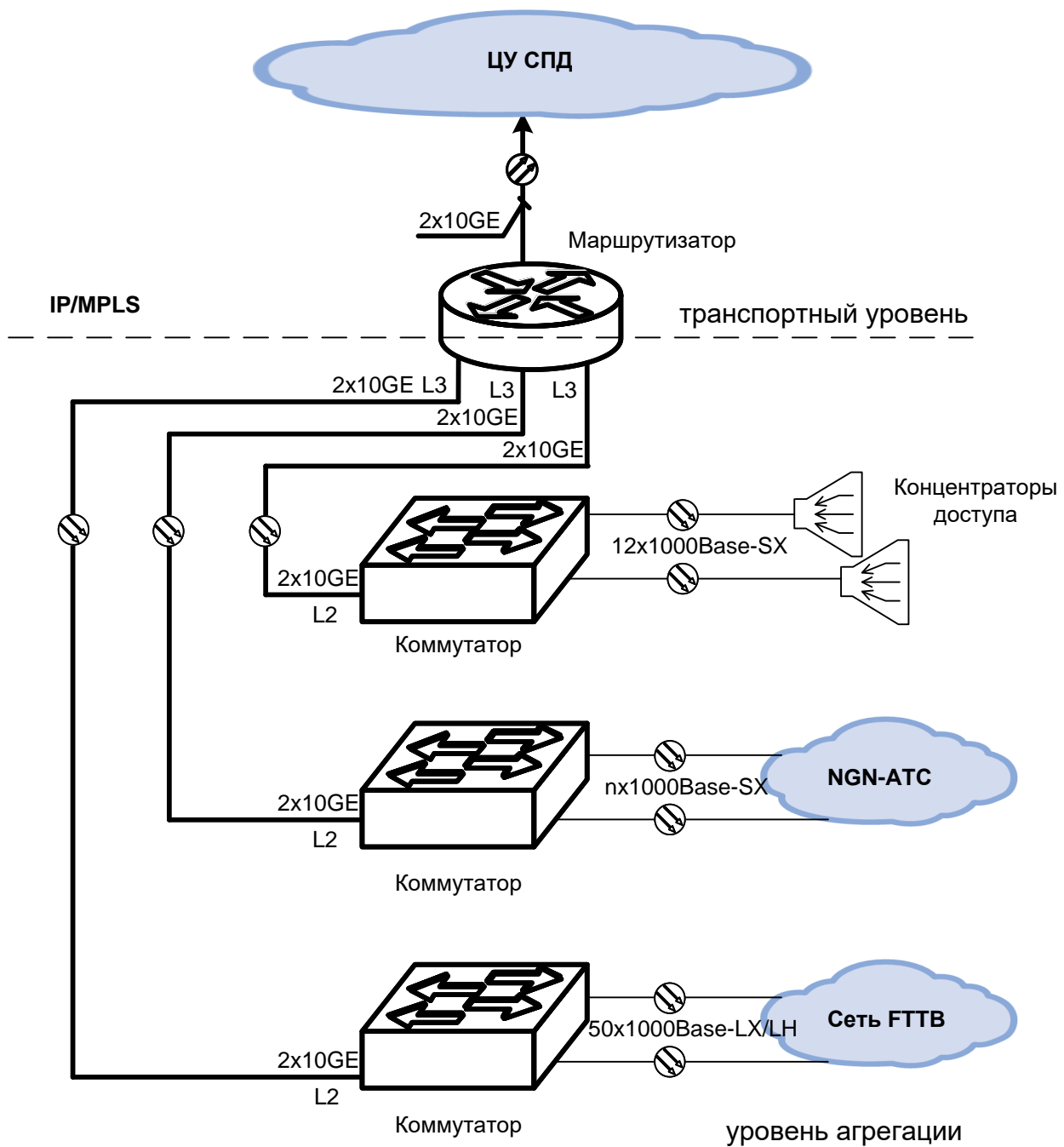


Рисунок 3.4 – Схема уровня агрегации сети

### ***Уровень доступа***

Основной задачей уровня доступа является доставка трафика абоненту. Данный уровень в проектируемой сети реализуется на технологии FTTB. Реализация данного уровня будет подробно описана ниже.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таким образом, модель проектируемой сети доступа можно представить в виде двухуровневой модели, включающей в себя уровень агрегации трафика и уровень доступа.

### **3.2 Проектирование структуры и схемы организации связи сети FTTB доступа**

Структура проектируемой сети состоит из следующих элементов:

- 1) станционная агрегация;
- 2) распределительная ВОЛС;
- 3) внутридомовая сеть:
  - 3.1) активный подуровень;
  - 3.2) пассивный подуровень.

Структура сети представлена на рисунке 3.5.

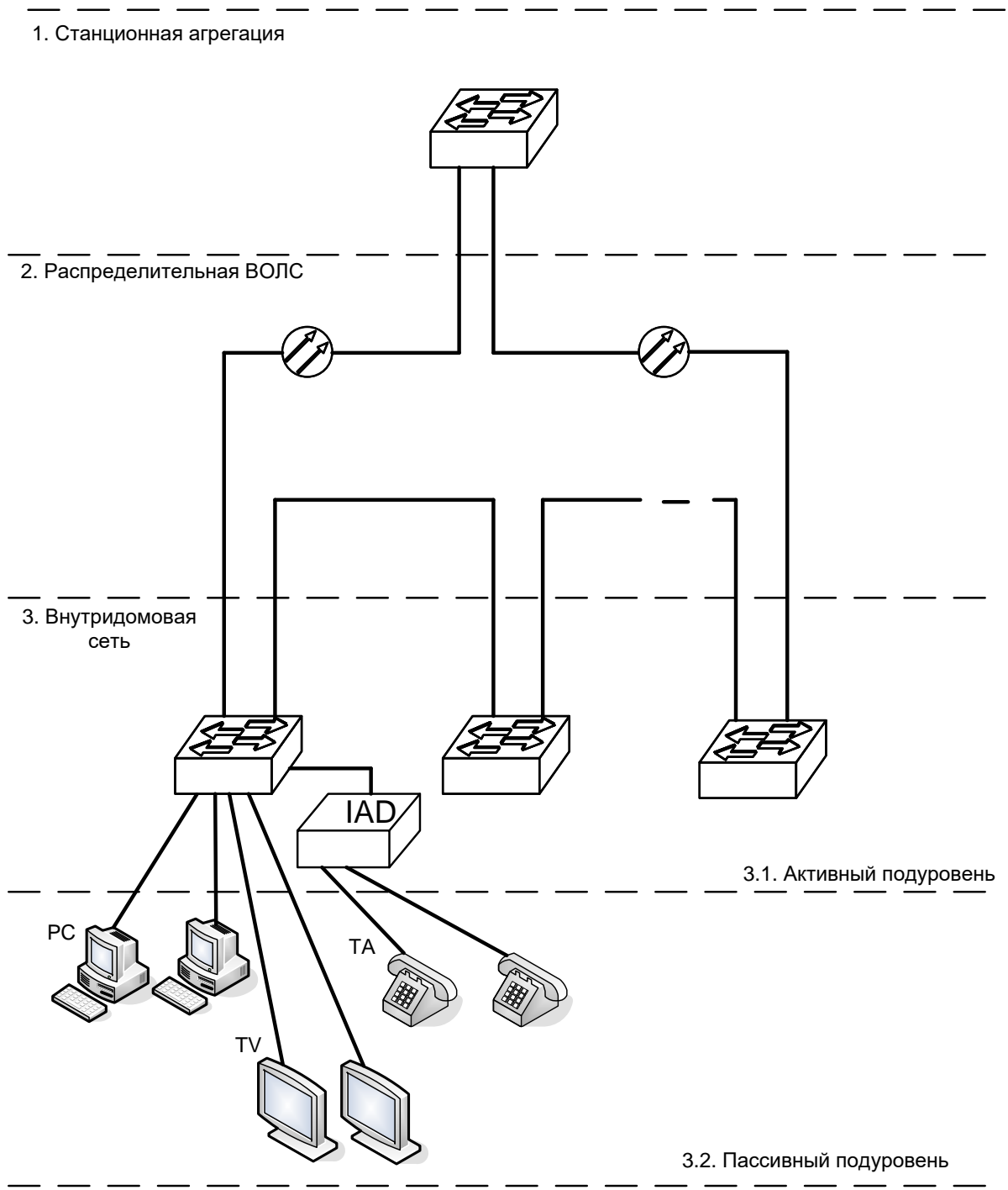


Рисунок 3.5 – Структурная схема сети FTTB доступа

**Станционная агрегация**

Реализована на базе коммутаторов типа Huawei. Состоит из узлов расположенных на площадках телекоммуникационных узлов оператора ПАО «Ростелеком»:



- 1) УА1 – Центр – (АТС - 24/47);
- 2) УА2 – Юго-Запад – (АТС - 32);
- 3) УА3 – Светотехстрой – (АТС - 72);
- 4) УА4 – Химмаш – (АТС - 55);
- 5) УА5 – ТЭЦ-2;
- 6) УА6 – п.Ялга;
- 7) УА7 – п.Луховка;
- 8) УА8 – п.Ремзавод.

Каждый узел агрегации подключается к транспортному уровню СПД города двумя интерфейсами 10G, для обеспечения резервирования.

Единицей оборудования узла агрегации является Ethernet-коммутатор Huawei, имеющий достаточное количество портов GE SFP для подключения оптических каналов от коммутатора уровня внутридомовой сети.

Задачи, выполняемые коммутатором уровня агрегации:

- 1) агрегация оптических каналов от коммутатора уровня ВДС;
- 2) доставка трафика телематических услуг до маршрутизатора транспортного уровня IP/MPLS;
- 3) обеспечение резервирование путей распределительной ВОЛС;
- 4) реализация политик управления пользовательским трафиком.

Произведём расчёт необходимого количества портов GE STP для узлов агрегации.

Расчёт производим по следующей методике.

Определим количество узлов доступа (УД) на одной паре ОК.

Ограничения могут быть определены двумя критериями:

- 1) оптическим бюджетом ОК;
- 2) количеством обслуживаемых абонентов.

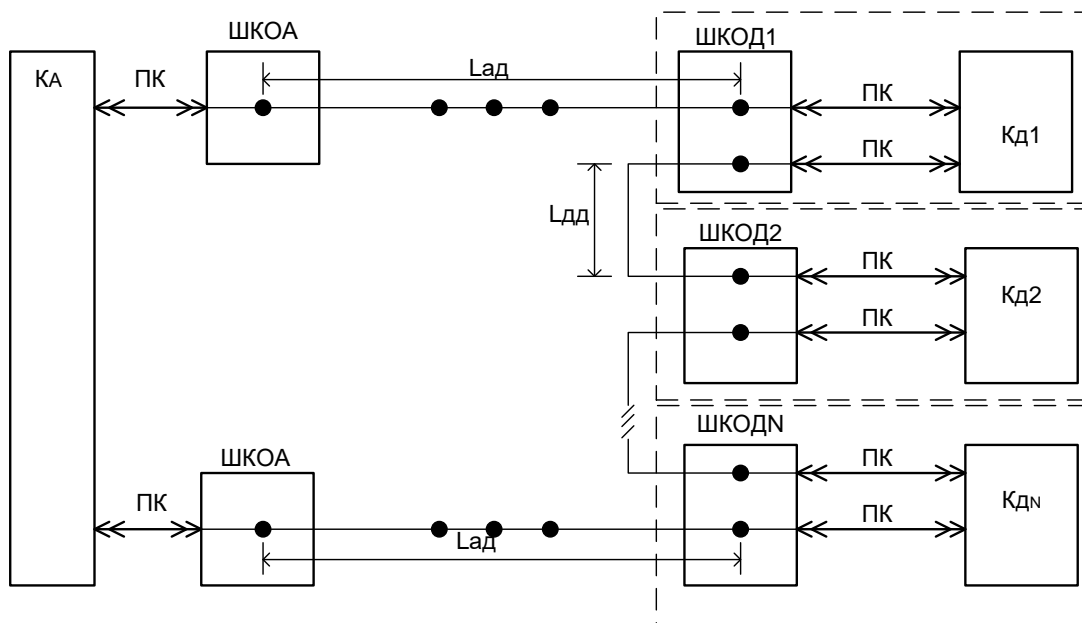
Проведём анализ по этим критериям:

- 1) критерий «Оптический бюджет».

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

В рассматриваемом проекте УД подключены на ОК последовательным образом.

Схема соединений ОК представлена на рисунке 3.6.



Условные обозначения:

⟷ - контакт = 1,0 дБМ

● - сварное соединение 0,1 дБМ

КА - коммутатор агрегации

ПК - патчкорд

ШКОА - кросс оптический узла агрегации

УД - узел доступа

$L_{ад}$  - длина ОК от узла агрегации до ближайшего узла доступа

$L_{дд}$  - длина ОК между узлами доступа

ШКОД - кросс оптический узла доступа

Кд - коммутатор узла агрегации

Рисунок 3.6 – Схема соединений узлов доступа

Из схемы видно, что благодаря последовательной схеме соединения оборудования, количество узлов не имеет критического значения. Единственное

ограничение может возникнуть из-за длины ОК на участке ШКОА (шкаф кроссовый оптический агрегации) – ШКОД (шкаф кроссовый оптический доступа).

Определим критическое значение длины ОК по формуле (2).

$$L_{AD} \max = \frac{10 - (K \cdot 4 + C \cdot 5)}{0,22}, \quad (2)$$

где  $K$  – 1,0 дБМ – затухание на оптическом контакте.

$C$  – 0,1 дБМ – затухание на оптическом сварном соединении.

10 дБМ – оптический бюджет линии.

0,22 дБМ/Км – затухание сигнала на километре ОК.

$$L_{AD} \max = \frac{10 - (1,0 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5)}{0,22} = 25 \text{ км}$$

Понятно, что для города Саранска, такой длинны более чем достаточно. Длина участка кабеля Лдд между узлами доступа определяется расположением между домами одного квартала, и в среднем будет примерно равной 300м.

Таким образом, критерий «оптический бюджет» не создаёт существенных ограничений на количество УД.

2) критерий «Количество обслуживаемых абонентов».

Проведём расчёт по следующей формуле (3).

$$\text{УД} = \frac{\Pi}{\Pi_A \cdot K_A \cdot 24}, \quad (3)$$

где  $\Pi$  – ширина канала порта агрегации, в нашем случае равна 1 Гбит/с.

$\Pi_A$  – требуемая полоса на 1-го абонента (см. п. 3.1), равна 0,025 Гбит/с.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$K_A$  – коэффициент активности абонентов, определён эмпирически, на основе данных оператора ПАО «Ростелеком», равен 0,05.

24 – количество абонентских портов на узел доступа.

Подставим значения в формулу (4).

$$\text{УД} = \frac{1}{0,025 \cdot 0,05 \cdot 24} = 33;$$

С учётом требуемого в перспективе приближения  $\Pi_A$  к максимальному значению 100 Мбит/с, увеличим значение параметра  $\Pi_A$  в 3 раза.

$$\text{УД} = \frac{1}{0,025 \cdot 3 \cdot 0,05 \cdot 24} = 11;$$

Примем значение числа УД для одного ОК равным 10.

Определим количество абонентов на один ОК по формуле (4).

$$A_{OK} = 24 \cdot 10 = 240, \quad (4)$$

где 24 – количество абонентских портов на одном УД;

10 – количество узлов доступа на одном ОК.

Определим потенциальное количество абонентов для узла агрегации.

Расчёт произведём, основываясь на существующей ёмкости ТФоП данного района города по формуле (5)

$$A = E_{ТФоП} \cdot K_{ПР}, \quad (5)$$

где  $E_{ТФоП}$  – ёмкость сети ТФоП данного района узла агрегации;

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

$K_{\text{ПР}}$  – коэффициент проникновения услуги, равен 0,25, определён эмпирически, на основе данных оператора ПАО «Ростелеком».

Результаты расчётов сведены в таблицу 3.2

Таблица 3.2 – Результаты расчётов для каждого узла агрегации

Узел агрегации	Аб. ТФОП, шт.	Число аб. ФТТВ, шт.	Необходимое количество монтированных портов доступа FE, шт.	Необходимое количество портов агрегации GE, шт.
УА1 - центр	28500	7125	7840	88
УА2 - Юго-Запад	18900	4725	5200	58
УА3 - Светотехстрой	25500	6375	7020	78
УА4 - Химмаш	29600	7400	8140	90
УА5 - ТЭЦ-2	1800	450	500	6
УА6 - п.Ялга	2100	525	580	8
УА7 - п.Луховка	1300	325	360	4
УА8 - п.Ремзавод	1300	325	360	4
Всего:		27250	30000	336

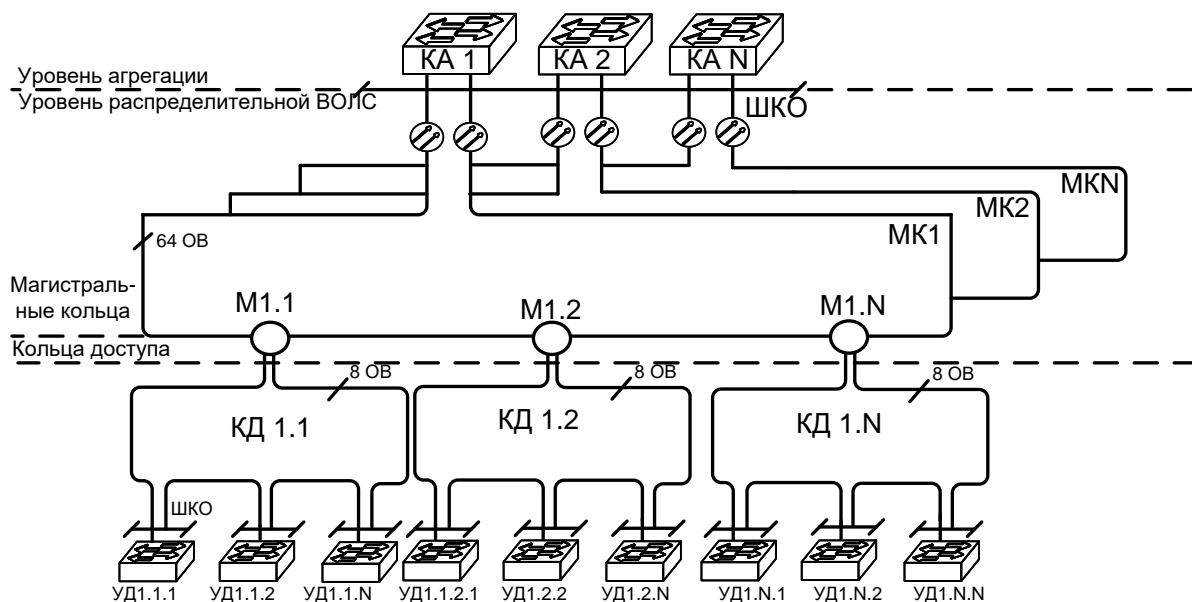
### 3.3 Распределительная ВОЛС

Задачей уровня распределительной ВОЛС является соединение коммутаторов агрегации, расположенных на площадках телекоммуникационных узлов района города и коммутаторов узлов доступа, располагающихся непосредственно в подъездах домов.

Проектом предусматривается построение 2-х уровней распределительной сети:

- 1) уровень магистрали ВОЛС (магистральные кольца);
- 2) уровни ВОЛС доступа (кольца доступа).

Структурная схема уровня распределительная ВОЛС представлена на рисунке 3.7.



Условные обозначения:

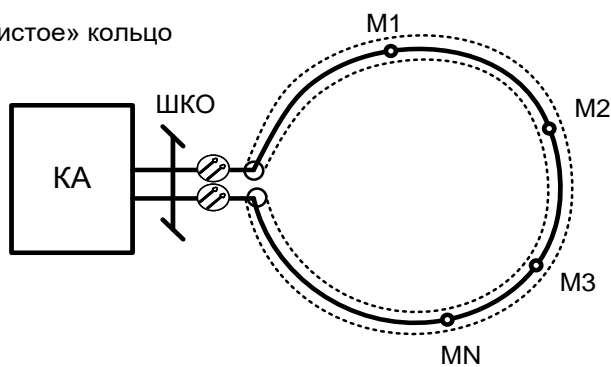
КА – коммутатор агрегации  
 КД – коммутатор доступа  
 УД – узел доступа

МК – магистральное кольцо  
 М - муфта  
 ШКО – кросс оптический

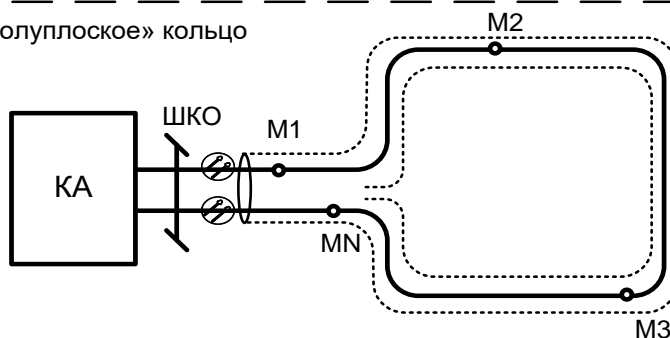
Рисунок 3.7 – Структурная схема уровня распределительной ВОЛС

Магистральная ВОЛС представляет собой оптический кабель кольцевой топологии, замкнутый на узел агрегации, объединяющий участки подключения ВОЛС кабелей доступа. Магистральная ВОЛС может быть выполнена в виде «чистого» кольца, «полуплоского», «плоского» кольца. В зависимости от условий местности (планировки города). Данные варианты представлены на рисунке 3.8.

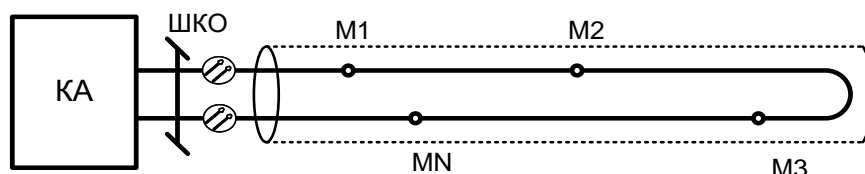
а) «чистое» кольцо



б) «полуплоское» кольцо



в) «плоское» кольцо



Условные обозначения:

( ) - трасса прокладки кабеля

КА – коммутатор агрегации

ШКО - кросс оптический узла агрегации

Рисунок 3.8 – Варианты топологий магистрального кольца

Строительство магистральной ВОЛС производится с использованием существующей коммуникации оператора «Ростелеком» или с помощью воздушно кабельных переходов между зданиями.

Расчёт количества волокон производится по формуле (6):

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$N_{OB} = \sum_{i=1}^{N_{ккы}} \left( \frac{N_{Ethi} \cdot 2}{10} \right) + (N_{куд} \cdot N_{OBP}), \quad (6)$$

где  $N_{куд}$  – количество колец доступа, подключающихся к магистральному кабелю.

$N_{Ethi}$  – количество коммутаторов узлов доступа, подключающихся к кабелю доступа.

$N_{OBP}$  – резерв оптических волокон, оставляемый в каждой разветвительной муфте магистрального кабеля (для подключения юр. лиц, ремонта и т.д.), равен 2.

Определим значения составляющих переменных:

$N_{Ethi}$  :

1) определим, что для ВОЛС кабеля доступа будет использоваться кабель ёмкостью в 8 ОВ;

2) определим, что 2 ОВ в кабеле доступа будут резервными (для целей ремонта, измерений, и т.д.);

3) в п. 5.2.1 определено максимальное количество коммутаторов на одну пару ОВ = 10.

Таким образом, один кабель доступа может обеспечить подключение 30 коммутаторов узлов доступа.

Подставляя эти значения в формулу можно определить количество узлов подключаемых по магистральным кабелям различной ёмкости. Результаты расчёта сведены в таблицу 3.3

Таблица 3.3 – Результаты расчёта количества узлов

Ёмкость Мк,ОВ	№ куд	УД max	Резерв ОВ	Кзов	Плотность УД на ОВ	Плотность ВОЛС / на объём канализации
8	1	30	2	0.75	3,75	min



Исходя из полученных данных определяем условия использования магистральных кабелей различной ёмкости.

- МК–8 ОВ – фактически это вырожденный случай, соответствующий кабелю доступа. Учитывая наименьшую плотность волокна при прокладке данного типа кабеля в канализации, использование последней будет неэффективным. Данный кабель следует использовать в единичных случаях в качестве магистрального и использовать при подключении домов, находящихся в так называемой «зоне прямого питания», т.е. в непосредственной близости от узла агрегации;
- МК–16ОВ – наименее предпочитаемый вариант из всех рассматриваемых. Использовать в качестве магистрального не рекомендуется;
- МК–128ОВ – наиболее эффективный по всем параметрам вариант. Однако, кабели данного типа наиболее сложны в прокладке, размещении в колодцах, разварке (разделке муфтой), ремонте (эксплуатации) из-за наибольшего диаметра изгиба и жёсткости. Поэтому, несмотря на лучшие удельные характеристики данный тип МК следует применять при подключении больших массивов зданий, находящихся на границе обслуживания узла агрегации. В применении к г.Саранску – единичные случаи использования;
- МК–32/64 – наиболее оптимальный вариант для использования в качестве МК.

Таким образом, определяем следующие ёмкости кабелей ВОЛС уровня распределения:

- МК – 32/64 ОВ;
- КР – 8 ОВ.

Учитывая данные расчёта оптического бюджета линии, приведённые выше, а также учитывая характеристики использования оборудования, определим длину участка ВОЛС от узла агрегации до узла доступа не более 10 км.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

ВОЛС кабеля доступа – это кабели кольцевой топологии, соединяющие узлы доступа, как описывалось выше, в вырожденном случае, кабель распределения может замыкаться на узел агрегации. Ввод в здание кабеля доступа должен осуществляться (по возможности) по фактически разнесённым трассам (отдельные вводы). Строительство ВОЛС кабелей доступа производится преимущественно без строительства дополнительной конструкции методом воздушно кабельных переходов. Распределение волокон кабеля доступно следующее:

- 2ОВ – подключение до 10 УД;
- 2ОВ – подключение до 10 УД;
- 2ОВ – подключение до 10 УД;
- 2ОВ – резерв.

всего 8 ОВ – всего 30 УД.

Реальные схемы МК и КД представлены на Приложениях А и Б соответственно.

### ***Уровень внутридомовой распределительной сети (ВДРС)***

Внутридомовая распределительная сеть так же строится на основе двух уровней модели, состоящей из активного и пассивного подуровней.

В активный подуровень входят оборудование узла доступа, устанавливаемое в антивандальный шкаф, подводящих коммуникаций: телекоммуникационный кабель (ВОЛС), электроснабжение и заземление.

К пассивному подуровню относятся внутридомовая медная разводка и вертикальные кабельные каналы.

Структурная схема уровня ВДРС представлена на рисунке 3.9

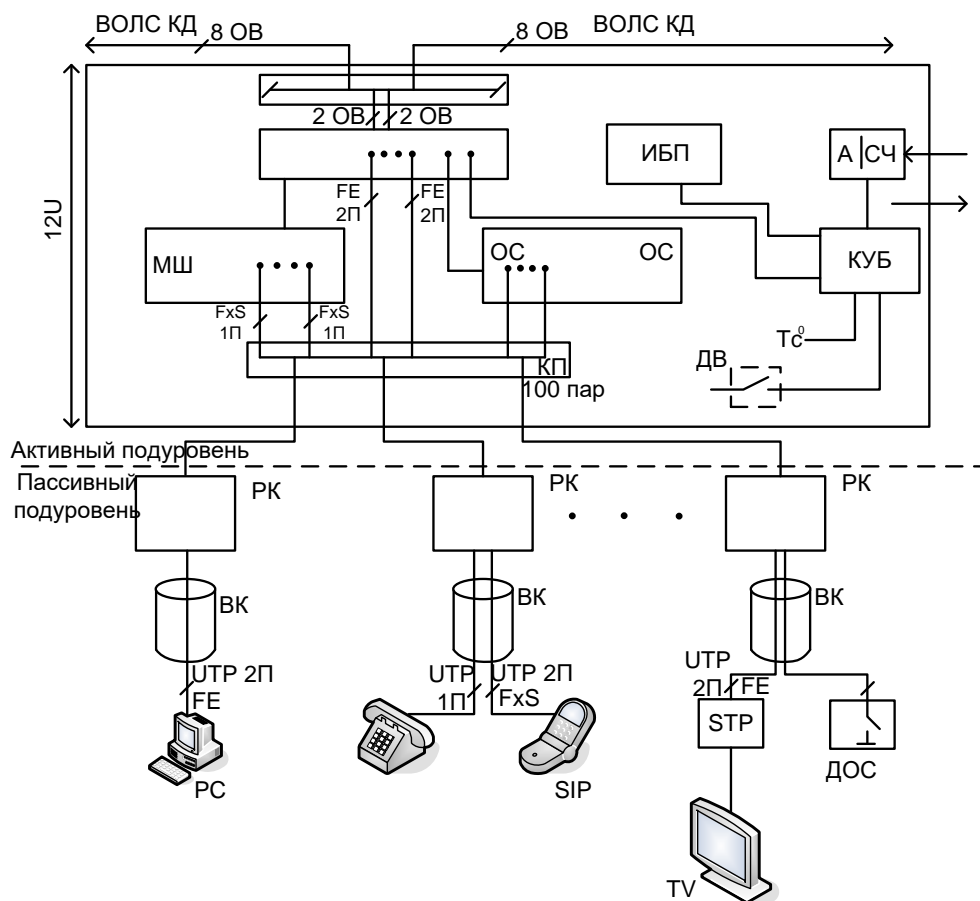
Топологическая схема уровня ВДРС представлена на рисунке 3.10

Проектом предусматривается установка шкафов антивандального исполнения 19”, 12U.

Определим процент проникновения услуги. В конце 2018 года оператор ПАО «Ростелеком» объявил о подключении пятидесятитысячного абонента ШПД.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Учитывая монтируемую ёмкость сети ТФОП этого оператора ~ равную 230 тысячам номеров, процент проникновения услуги в этом случае составляет 20 %. Проведённый анализ количества телефонизированных квартир в многоквартирных домах г.Саранска показывает в среднем значении 80%.



Условные обозначения:

- КУБ – контролирующее устройство блочное
- МШ – медиашлюз (IAD)
- ОС – блок охранной сигнализации
- КП – кросс-панель (распределительный медный кросс)
- FE – порт Ethernet FE
- FxS - аналоговый телефонный порт
- ВК - вертикальный кабельный канал
- SIP - телефонный аппарат, работающий по протоколу SIP
- TV - телевизионный приёмник
- STB - устройство подключения аналогового телевизионного приёмника к IPTV
- ДОС – датчик охранной сигнализации
- РС - персональный компьютер
- РК – распределительная коробка

Рисунок 3.9 – Структурная схема уровня ВДРС

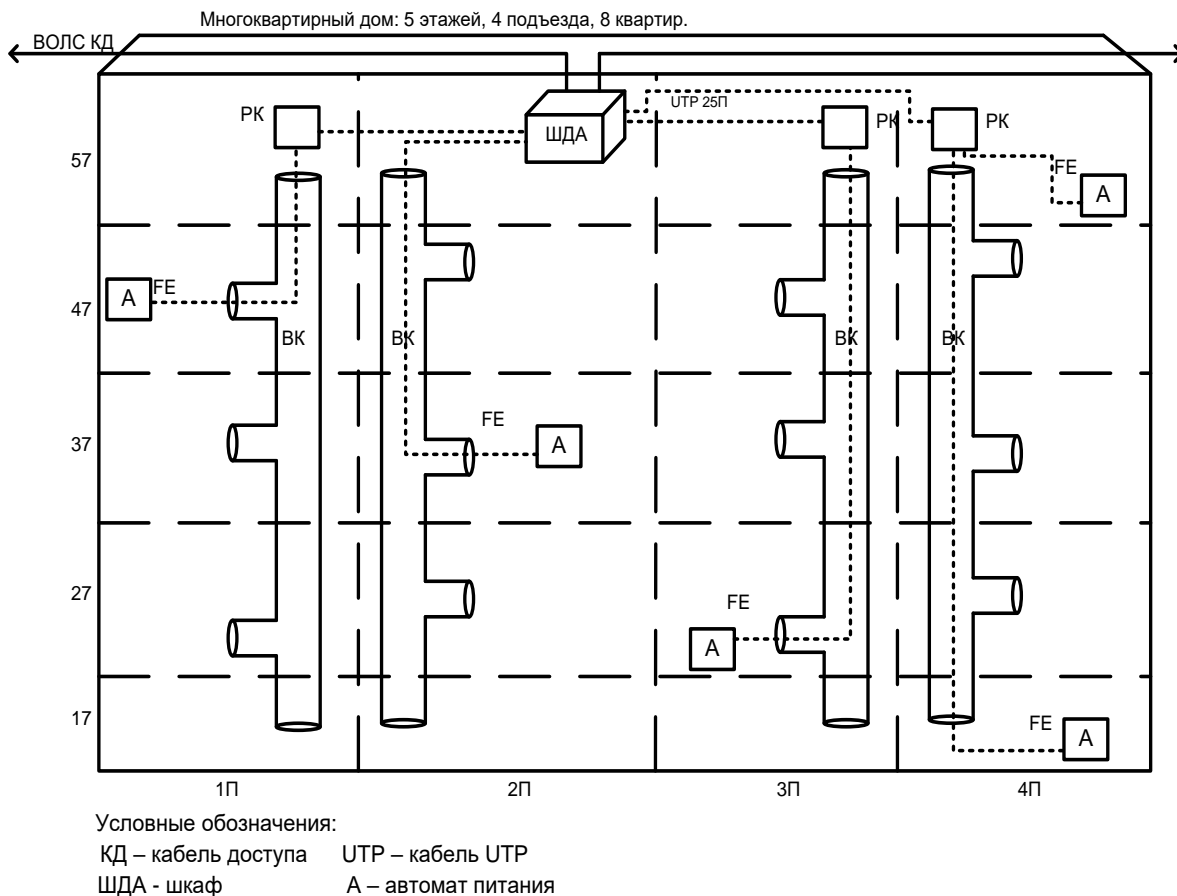


Рисунок 3.10 – Топологическая схема уровня ВДРС

Определи необходимую плотность установки узлов доступа по отношению к количеству квартир. Для начала определяем количество абонентских портов, монтируемых на узле доступа. В качестве коммутаторов доступа проектом предусматривается использование коммутаторов ёмкостью 24 порта Ethernet. С учётом того, что в технологических целях будет задействовано:

- 1 порт – контроллер КУБ;
- 1 порт – МШ (IAD);
- 1 порт – ОС;
- 1 порт – резерв.

Следовательно, для подключения абонентов доступно 20 портов.

Будем считать, что один абонент использует 1 порт FE. Также будем считать, что технология доступа FTTB на начальном этапе внедрения будет дополнять, а в последующем заменять технологию доступа xDSL. Поэтому процент проникновения достигнутый на данный момент для xDSL доступа примем за ориентир для технологии FTTB доступа. Сделаем для этого ряд поправок:

1) 20% это среднее значение. Для городской местности процент проникновения выше, чем для сельской. Поэтому определяем его, как 25%.

2) за прошедший период (0,5 года) проникновение xDSL технологии продолжает расти, поэтому ещё раз его увеличим и определим, как 30%.

Таким образом:

20 портов = 20 квартир = 30% => 100% = 66 квартир.

66 квартир = 80% => 100% = 82,5 квартиры, округляем до 80 квартир.

Исходя из приведённого расчёта определяем норму плотности установки узлов доступа, как:

1 узел на 80 квартир.

При расчёте количества узлов доступа устанавливаемых в многоквартирном доме, необходимо учитывать следующие ограничения. Длина абонентского кабеля не должна превышать 100 м. Поэтому, в домах большой этажности возможно уменьшение плотности установки узлов с целью обеспечения вышесказанного требования.

В целях обеспечения необходимого развития при компоновке ШДА, как будет показано далее, отводится минимум один резервный «юнит» для установки дополнительного коммутатора.

ШДА необходимо размещать в предлифтовых, чердачных помещениях, технических этажах, межэтажных площадках и сухих подвалах.

Высота подвеса ШДА (РК) на этаже и межэтажной площадке должна быть не менее 2200 мм от уровня пола. Для остальных помещений не регламентируется.

В состав оборудования шкафа входит следующее:

1) оптический кросс, ШКО на 4 порта – шт;

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		61

- 2) коммутатор Ethernet: 2 порта – 1GE, 24 порта – FE – 1шт;
- 3) ИБП на 400-450 Вт со встроенным SNMP адаптером в 19" исполнении;
- 4) автоматический выключатель 2\*10А;
- 5) счётчик электроэнергии с функцией дистанционного съёма показаний;
- 6) блок розеток 220В;
- 7) кросс-панели в 19" исполнении на 100 пар;
- 8) блок контроля;
- 9) медиашлюз на 24 порта FxS;
- 10) блок охранной сигнализации (Управлению вневедомственной охраны МВД).

Схема фасада шкафа представлена на рисунке 3.11

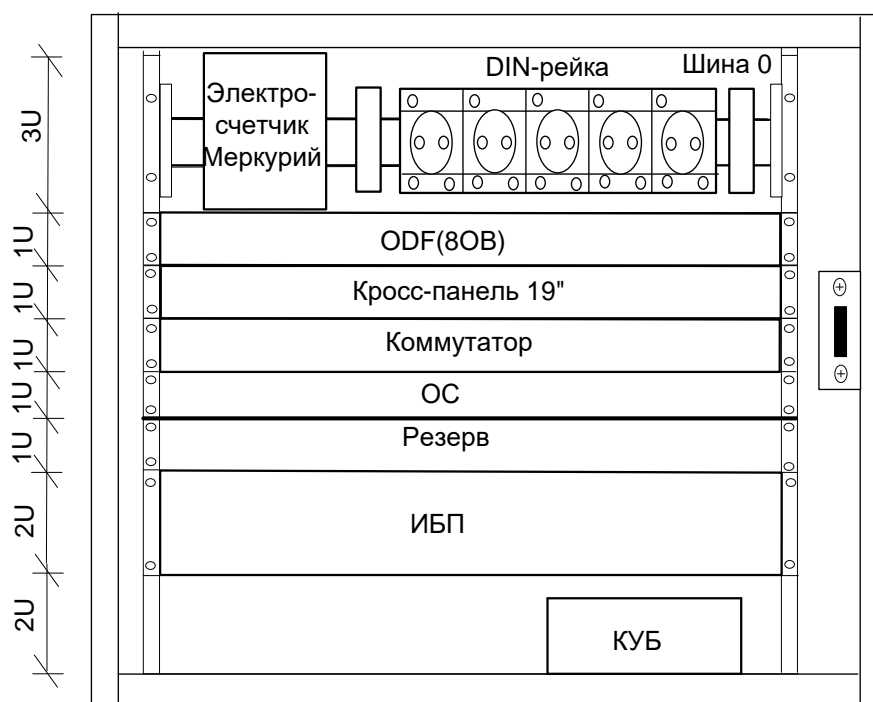


Рисунок 3.11 – Фасад проектируемого шкафа

### ***Электропитание и заземление узлов доступа***

Электропитание проектируемого оборудования производится от источника внешнего питания ~220В/50Гц. Напряжение ~220В/50Гц подаётся в ШДА через кабельный ввод. Подключение производится от этажных щитов распределения, или от ВРУ (вводного распределительного устройства) здания в котором устанавливается узел доступа.

Электропитание узлов доступа организовывается кабелем ВВТ 3\*2,5мм.

Сопротивление заземления оборудования уровня доступа не должно превышать 15 Ом. Если сопротивление, существующее в доме заземляющего устройства не превышает 15 Ом, допускается его использовать. В случае отсутствия в здании заземляющего устройства, или если, не удовлетворяет требованиям, проектируется новое заземляющее устройство, соответствующее ГОСТ464-79.

### ***Пассивный подуровень***

Внутридомовая медная проводка и вертикальные кабельные каналы.

Необходимы для подключения терминального оборудования абонента (компьютера, аналогового или SIP-телефонов, STB IPTV, датчика охранной сигнализации) к оборудованию узла доступа.

Внутридомовая медная разводка выполняется кабелем UTP категории 5е. Состоит из следующих участков:

1) кросс-панель ШДА, до КР (коробка распределительная). Выполняется кабелем UTP ёмкостью 25пар, для осуществления межподъездного перехода. В подъезд, где устанавливается УД, не выполняется (в целях снижения стоимости проекта). Выполняется на этапе строительства сети;

2) от РК по вертикальному каналу до терминала (квартиры) абонента. Выполняется кабелем UTP ёмкостью 2-4 пары, осуществляется по необходимости подключения абонента.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

КР представляет собой корпус ШАН (шкафа антивандального) размером 300\*300\*150мм для размещения кросс-бокса на 25 пар. Как в случае кросс-панели на 100 пар, устанавливаемой в ШКА, так и в случае кросс-бокса, устанавливаемого в КР используется врезные контактные элементы конструктива «тип 110».

Размещение КР производится на верхних или нижних этажах здания, в соответствии с этажом установки ШДА.

Вертикальные каналы необходимы для прокладки абонентских кабелей между этажами до КР. Прокладка ВК выполняется в случае отсутствия или невозможности использовать существующие межэтажные переходы в подъездах домов. Выполняются с помощью гладкой трубы (для облегчения проходы кабеля) трубы ПВХ диаметром 50 мм. В случае, если между этажами возникает необходимость прокладки ВОЛС кабеля доступа, организовывается параллельно дополнительный вертикальный канал.

В целях снижения шума и разрушений, наносимых при выполнении отверстий в бетонных межэтажных перекрытиях, их следует выполнять установкой алмазного бурения с использованием пылесоса. Установку труб предусматривать максимально близко к стене. В случае межподъездной прокладки кабеля по фасадам, чердакам и подвалам, кабель прокладывается в металлической гофрированной трубе диаметром 25 мм. Как было сказано выше, общая длина абонентской линии не должна превышать 100 м.

Схемы расшивки ОВ магистрального кабеля и кабеля доступа приведены в приложениях В и Г соответственно.

### **3.4 Разработка схемы организации предоставления услуг**

Услуги, которые могут быть представлены абонентской сетью FTTB доступа приведены в таблице 3.4

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		64



Таблица 3.4 – Услуги доступа, представленные абонентской ФТТВ-сетью

№	Услуга	Тип интерфейса	Число пар кабеля в квартире абонента	
			без CPE ком	с CPE ком.
1	HSI	FE	2	2
2	IPTV	FE	2	
3	VoIP	FE	2	
4	VoIP	FxS	1	1
5	ОС	-	1	1

Услуги могут быть представлены абоненту, как штучно, так и в виде пакета.

В случае предоставления пакета услуг, в целях уменьшения числа пар заводимых в квартиру абонента (в 2 раза), у последнего может устанавливаться CPE коммутатор.

### **Организация услуг сети**

#### **1) Сервис IPTV**

Среди особенностей трафика IPTV следует отметить следующие:

- ВТV (Broadcast TV) базируется на многоадресной рассылке (Multicast). На сети доступа для доставки трафика пользователям услуги используется механизм Multicast Vlan. Трафик ВТV в направлении сети доступа на пограничном магистральном коммутаторе Metro Ethernet маркируется приоритетом 802.1p CoS 3;
- VoD (Видео по запросу) базируется на целевой рассылке (Unicast). На сети доступа для доставки трафика пользователям услуги используется выделенный сервисный IPTV Vlan. Трафик ВТV в направлении сети доступа на пограничном магистральном коммутаторе Metro Ethernet маркируется приоритетом 802.1p CoS 3.

Служебный трафик DHCP, HTTP, TFTP и т.п. организация транспорта для данного типа трафика полностью аналогична модели VoD. В случае

необходимости использования для SBC протокола DHCP на пограничном магистральном коммутаторе в сервисном Vlan настраивается DHCP relay на платформе IPTV.

### ***Классификация трафика IPTV на коммутаторах доступа***

Клиентские порты на коммутаторах доступа настраиваются в режиме 802.3 (access). Определяются диапазоны MAC-адресов, используемые производителями терминального оборудования IPTV (Set To Box – STB).

На портах доступа в направлении от клиента создаются правила классификации трафика на основе маскируемых списков доступа (MAC, ACL), в которые попадают фреймы с MAC-адресами STB. Для входящего трафика с MAC-адресов, принадлежащих диапазону STB, добавляется внешний тег 802.1q IPTV vlan (например, 10).

Для обеспечения приоритезации служебного трафика данный тип трафика маркируется CoS 3.

Типичный сценарий НСД: пользователь, находящийся в одном бродкастовом домене, подменяет на клиентской стороне MAC – адрес на адрес из диапазона STB. Затем подменяет IP-адрес и пытается использовать сервисный Vlan IPTV для обмена трафиком в бродкастовом домене IPTV.

Предлагаемое решение задачи: в IPTV Vlan на коммутаторе доступа активизируется функция MFF (функционал коммутаторов Huawei S5300, S2300). Данный механизм перехватывает все ARP-запросы и перенаправляет их на MAC-адрес интерфейсной карты магистрального коммутатора Metro Ethernet, где терминируется IPTV Vlan (Mac-адрес шлюза обнаруживается автоматически). На терминирующем IPTV Vlan магистральном коммутаторе, в IPTV Vlan выключается механизм Proxy ARP, что исключает обмен трафиком через магистральный коммутатор. Также на пользовательских портах активизируется механизм Port Isolation (исключает хождение L2 трафика между портами, на

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

которых активизирован данный функционал), что исключает хождение не IP-трафика.

Для данного типа сервиса риск деградации сервисов минимален, поскольку MAC ACL предотвратит попадание MAC-адреса шлюза (PE) в IPTV Vlan. Модель представления сервиса IPTV приведена на рисунке 3.12.

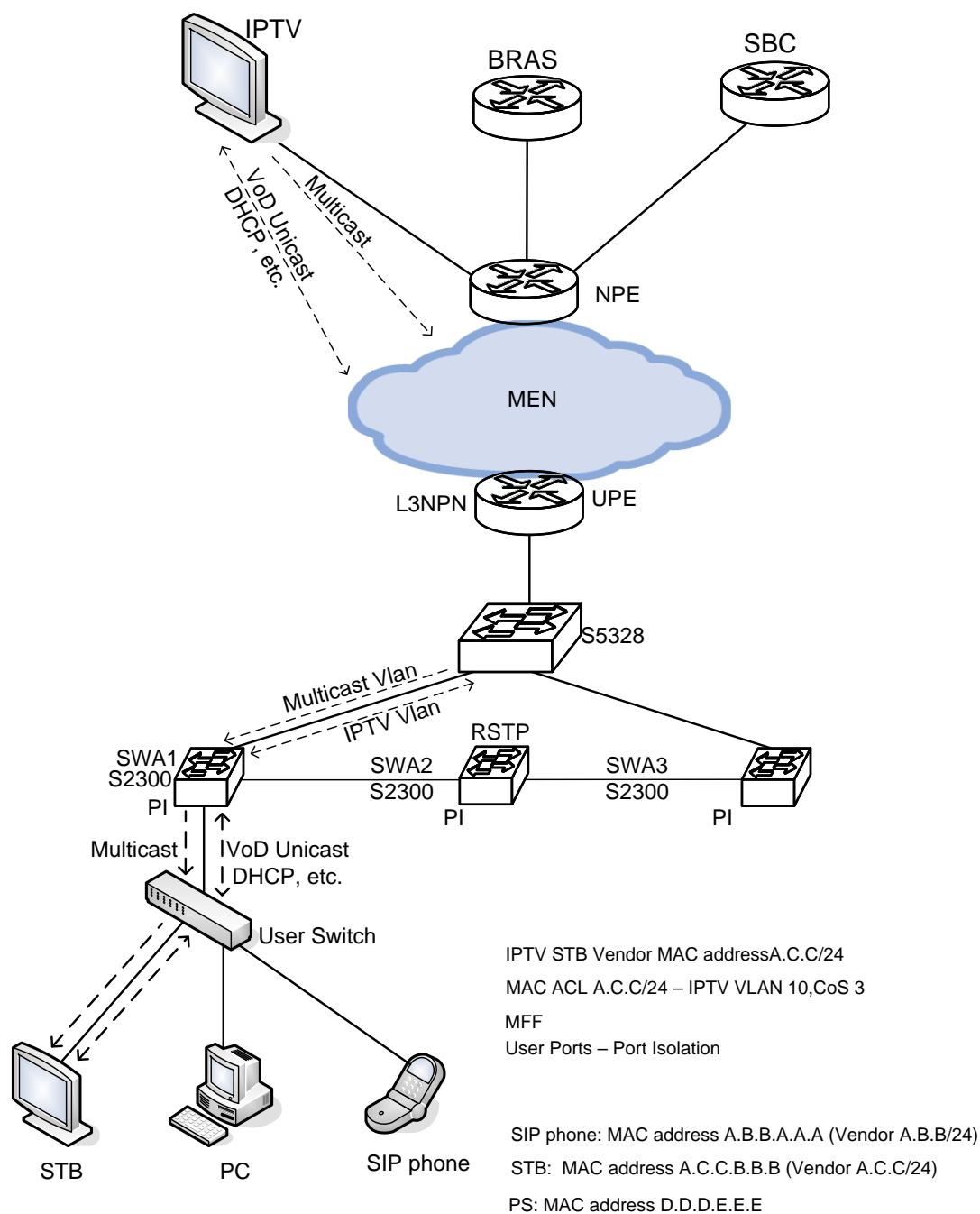


Рисунок 3.12 – Модель предоставления сервиса IPTV

## 2) Сервис VoIP

Типы трафика:

1) SIP (сигнализация) базируется на целевой рассылке (Unicast) от SBC-платформы до пограничного магистрального коммутатора Metro Ethernet. Обычно трафик предоставляется с использованием L3VPN. На сети доступа для доставки трафика пользователям услуги используется выделенный сервисный голосовой Vlan (Voice Vlan). Трафик на магистральном маршрутизаторе в направлении сети доступа в голосовом Vlan маркируется приоритетом 802.1p CoS 5. SBC работает в режиме SIP Proxy;

2) служебный трафик DHCP, HTTP, TFTP и т.п. механизмы доставки и приоритизации для данного типа трафика полностью аналогичны транспортной модели для SIP. В случае необходимости использования для SIP-телефонов протокола DHCP на пограничном магистральном коммутаторе в сервисном Vlan Voice настраивается DHCP relay на платформу SBC;

3) RTP-трафик (голосовой трафик). Механизмы доставки и приоритизации для данного типа трафика полностью аналогичны механизмам доставки SIP-трафика и служебного трафика. Хождение трафика между пользователями на коммутаторах агрегации и доступа блокируются функционалами Port Isolation и MF. Для обмена RTP-трафиком SIP-телефонами на терминирующем пограничном маршрутизаторе в голосовом Vlan, активизируется функционал Proxy ARP.

### *Классификация трафика VoIP на коммутаторах доступа*

Клиентские порты на коммутаторах доступа настраиваются в режиме 802.3 (access). Определяются диапазоны MAC-адресов, используемые производителями терминального оборудования SIP-телефонов. На портах доступа в направлении от клиента создаются правила классификации трафика на основе маскируемых списков доступа (MAC, ACL), в которые попадают фреймы с MAC-адресами SIP-телефонов. Для входящего трафика с MAC-адресов, принадлежащих диапазонам SIP-телефонов, добавляется внешний тег 802.1q Voice Vlan (например, 50).

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Для обеспечения приоритезации голосового трафика данный тип трафика маркируется CoS 5.

Типичный сценарий несанкционированных пользовательских действий аналогичен сценарию НСД для модели IPTV. Решение задачи также полностью аналогично схеме защиты от НСД для IPTV. Решение базируется на функционале MFF и Port Isolation коммутаторов Huawei S5300, S2300.

Модель реализации сервиса приведена на рисунке 3.13

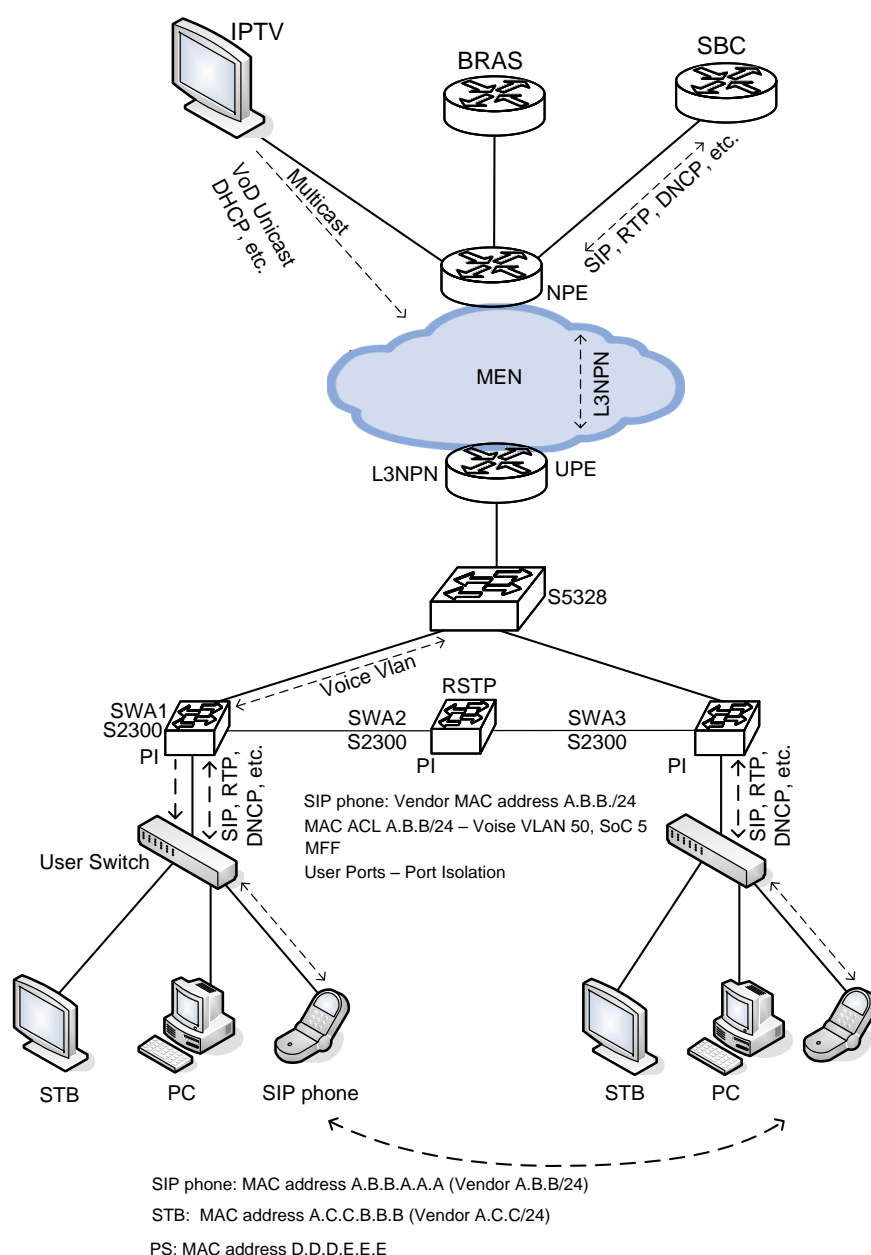


Рисунок 3.13 – Модель реализации сервиса VoIP

### 3) Сервис HSI (передача данных)

Классификация трафика HSI на коммутаторах доступа осуществляется следующим образом.

Клиентские порты на коммутаторах доступа настраиваются в режиме 802.3 (access). Определяются диапазоны MAC-адресов, используемые производителями сервисов широкополосного доступа (BRAS).

На портах доступа в направлении от клиента создаются правила классификации трафика на основе маскируемых списков доступа (MAC ACL), в которые попадают фреймы с любых MAC-адресов за исключением MAC-адресов BRAS. Данное правило важно для предотвращения возникновения петель на уровне доступа. Правило классификации трафика HSI должно работать только после того, как трафик проклассифицирован правилами классификации для IPTV и VoIP-сервисов. Для входящего трафика HIS – добавляется внешний тег 802.1q 300, и устанавливается приоритет 802.1p CoS 0.

Типичный сценарий несанкционированных пользовательских действий аналогичен сценарию НСД для модели IPTV. Решение базируется на функционале MFF и Port Isolation коммутаторов Huawei S5300 и S2300.

Модель реализации сервиса HSI приведена на рисунке 3.14.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

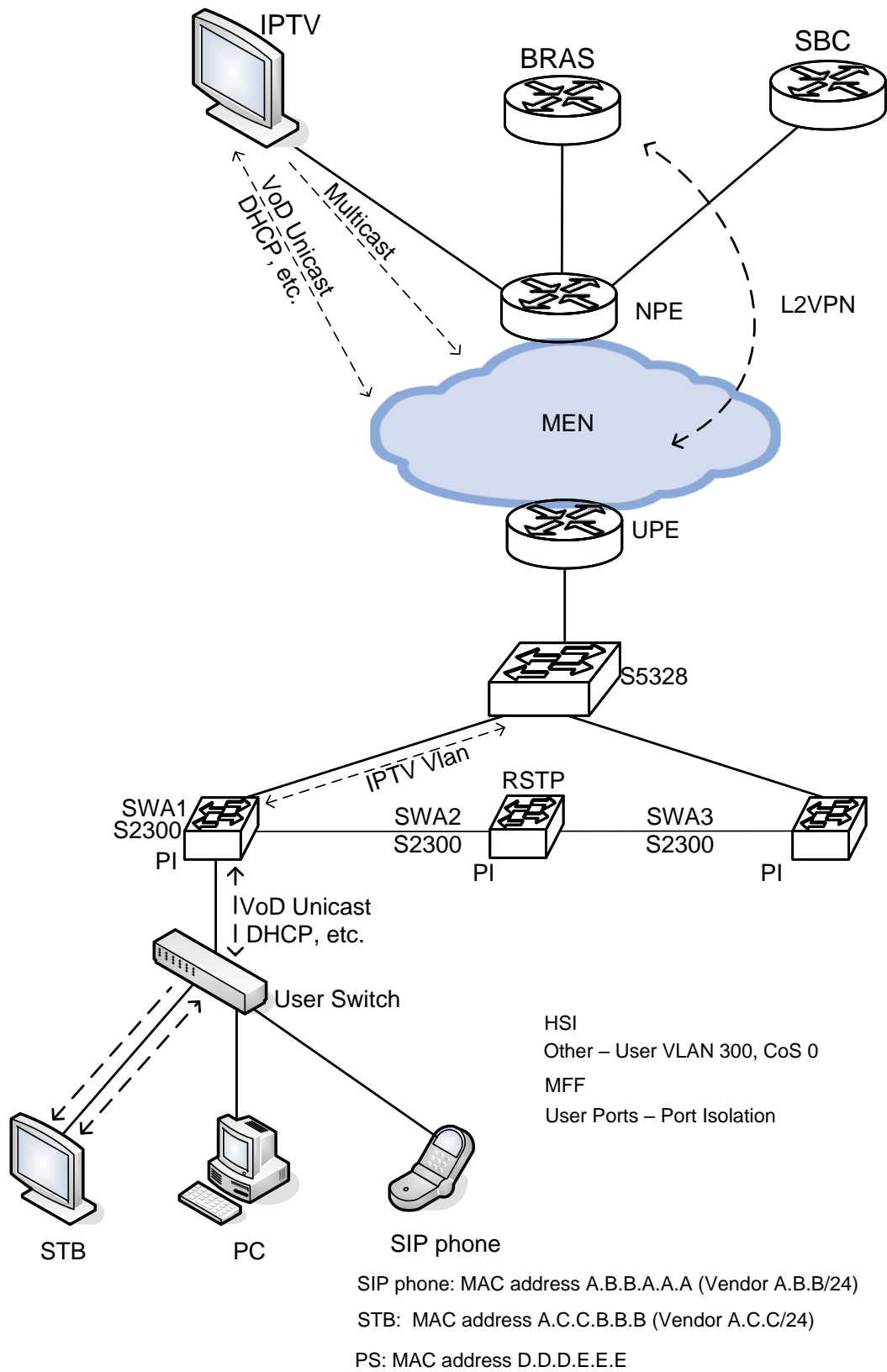


Рисунок 3.14 – Модель реализации сервиса HSI

Безусловно, предложенный вариант реализации услуг Triple Play на сетях доступа Ethernet – не единственный возможный. Существуют альтернативные

варианты решения задачи классификации и разделения трафика, например посредством организации на клиентском интерфейсе коммутатора доступа транка 802.1q, с последующим разделением сервисов по Vlan, но данный вариант, безусловно, гораздо более затратный, поскольку при данном решении весьма сильно удорожается оборудование, устанавливаемое на стороне клиента.

### **3.5 Характеристики и спецификация основного используемого оборудования**

Описание основного используемого оборудования.

#### 1) Медиашлюз

IAD представляет собой медиашлюз для передачи по IP-протоколу голоса (технология VoIP) и факсимильных сообщений (технология FoIP), обеспечивающий эффективную и качественную передачу голоса по глобальной пакетной сети IP (Internet и различные Intranet).

Шлюз VoIP предоставляет аналоговые голосовые интерфейсы для соединения с существующими телефонными аппаратами корпоративных пользователей или учрежденческой АТС, а также интерфейс Ethernet для соединения с магистральной сетью провайдера услуг IP.

IAD поддерживает протокол MGCP, соответствующий стандартам IETF RFC2705 V0.1 и V1.0. Данное оборудование может функционировать совместно с решениями SoftSwitch крупнейших поставщиков с целью развертывания для провайдеров услуг полного решения VoIP с функциями биллинга, учета использования ресурсов и сетевого управления.

Внешний вид и основные характеристики медиашлюза представлены на рисунке 3.15 и таблице 3.5 соответственно.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72





Рисунок 3.15 – Внешний вид IAD

Таблица 3.5 – Характеристики IAD

	Интерфейс сети	Интерфейс пользователя			Прим. Телеф. линия
		POTS	Ethernet	протоколы	
IAD124	1 10M/100M	24FXS/FXO	0	MGCP/H.248	Распр. панель

2) Коммутатор Huawei S2326TP-SI/EI.

S2326TP-SI/EI имеет 24 интерфейса 10/100Base-TX и 2 интерфейса Combo (10/100/1000Base-T или 100/1000Base-X). Устройство S2326TP-EI может работать как от источника переменного, так и постоянного тока. Внешний вид устройства представлен на рисунке 3.16.



Рисунок 3.16 – Внешний вид Huawei S2326TP-SI/EI

Устройства S2300 поддерживают автоматическое конфигурирование и функцию plug-and-play, что позволяет снизить расходы на техобслуживание. Устройство не оснащается вентиляторами, что позволяет сократить число возможных поломок и устранить эрозию, вызванную влагой и пылью. По результатам проведённого исследования 33% всех отказов оборудования вызваны

поломкой вентиляторов. Таким образом, уникальный дизайн устройства позволяет снизить объём работ по техобслуживанию на 53%.

Устройства S2300 поддерживают автоматическое групповое обновление устройств в удалённом режиме, что позволяет упростить процесс эксплуатации и размещения. Поддерживаются различные режимы правления и техобслуживания, включая SNMPv1/v2/v3, режим командной строки, Web NMS, Telnet и HGMP, что позволяет управлять устройствами в гибком режиме. Кроме того, устройства S2300 поддерживают HGMPv2, NTP, SSHv2, HWTACACS+, RMON и статистику трафика по каждому интерфейсу. Устройства также поддерживают функцию NQA (Анализ качества сети), что позволяет упростить процесс планирования и перестройки сети для операторов.

Экономия электроэнергии, низкое излучение и уровень шума В устройствах S2300 применяется новое поколение высокопроизводительных процессоров и интегральные схемы с низким энергопотреблением. В устройстве осуществляется равномерное рассеивание выделяемого в ходе работы тепла. Кроме того, экономия электроэнергии достигается за счёт обесточивания неиспользуемых интерфейсов. По сравнению с аналогичным оборудованием других производителей устройства S2300 характеризуются пониженным на 40% энергопотреблением за счёт отсутствия вентиляторов. Это также обеспечивает пониженный уровень шума при работе. Уровень энергопотребления оборудования аналогичен флуоресцентной лампе средней мощности. Уровень радиационного излучения устройств S2300 аналогичен уровню стандартных бытовых приборов. Таким образом, устройства S2300 не наносят вред организму и могут размещаться в специальных контейнерах в жилых районах. Устройства не наносят вреда окружающей среде и позволяют экономить электроэнергию.

### ***Эффективная молниезащита***

В устройствах S2300 применяется запатентованная компанией Huawei технология защиты от удара молнии, которая обеспечивает защиту устройства от

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		74

перенапряжения. Для всех интерфейсов обеспечивается защита от молнии по стандарту IEC61000-4-5 10/700us 6 КВ. В реальных условиях в отличие от устройств, имеющих стандартное исполнение, оборудование S2300 позволяет значительно снизить масштаб повреждений в результате попадания молнии, даже при размещении в неблагоприятных условиях при отсутствии полноценного заземления.

### ***Управление сервисами по VLAN***

Устройства S2300 поддерживают широкий выбор политик ACL, в рамках которых правила ACL подразделяются по отдельным VLAN. Таким образом, устройства S2300 осуществляют управление несколькими интерфейсами в VLAN и реализуют универсальную диспетчеризацию ресурсов. Устройства S2300-EI поддерживают коммутацию VLAN по схеме 1:1, что позволяет предоставлять сервисы IPTV без шлюза. Кроме того, устройства поддерживают коммутацию VLAN по схеме N:1. Таким образом, агрегирование VLAN выполняется на стороне пользователя, что позволяет снизить количество VLAN. Устройства S2300-EI поддерживают алгоритм QinQ, который позволяет инкапсулировать тэги VLAN частных сетей в тэги VLAN сетей общего доступа. Таким образом, пакеты имеют двойной тэг VLAN, который позволяет им проходить по магистральной сети Интернет-провайдера. Статистика трафика по интерфейсам позволяет осуществлять сбор данных о диапазоне трафика, потребляемого конкретным пользователем или сервисом, что значительно упрощает процесс учёта пользовательского трафика. Устройства S2300 поддерживают различные режимы группирования VLAN, включая группирование по интерфейсам и по MAC-адресам. При группировке VLAN по интерфейсам указывается VLAN, к которой принадлежит интерфейс. Группировка VLAN по MAC-адресам применяется к сетям, имеющим высокие требования в плане защиты и мобильности.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		75

### ***Выверенная политика QoS***

Устройства S2300 поддерживают комплексную классификацию трафика по VLAN, MAC-адресам, IP-протоколам, адресам источников и пунктов назначения, приоритетам, либо интерфейсам, на которых реализуются приложения. Кроме того, устройства S2300 поддерживают ограничение скорости потоков, что позволяет контролировать линейную скорость переадресации на каждом интерфейсе. Таким образом, гарантируется высокое качество голосовых и видео сервисов, а также передачи данных. На каждом интерфейсе поддерживается 4 очереди и широкий набор алгоритмов диспетчеризации, например, WRR, SP и WRR+SP.

### ***Эффективные функции безопасности***

Устройства серии S2300 поддерживают различные функции безопасности и защиты пользовательских данных. Устройства S2300 отслеживают данные о MAC и IP-адресах пользователей, данные аренды, VLAN ID, а также данные об интерфейсах путём создания и поддержания сводной таблицы DHCP-слежения. Таким образом, решаются проблемы распределения IP-адреса и интерфейса пользователей DHCP. Устройства S2300 отбрасывают нелегальные пакеты, включая пакеты имитации ARP-соединения и пакеты с фальсифицированными IP-адресами, которые не числятся в таблице маршрутизации. Таким образом, устройства S2300 обеспечивают защиту учреждений сетей от атак при помощи пакетов ARP, инициированных хакерами. Функция защищенного интерфейса DHCP-слежения используется для обеспечения достоверности сервера DHCP. Устройства S2300 поддерживают строгое распознавание данных ARP. Это позволяет защитить данные ARP устройства S2300 от полного занятия, которое происходит при выполнении атаки с поддельными ARP пакетами. В результате обеспечивается доступ к сети Интернет для обычных пользователей. Устройства S2300 поддерживают проверку источника и защиту от атак DoS при помощи поддельных MAC и IP-адресов. Устройства S2300 поддерживают

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

централизованную аутентификацию MAC-адресов, аутентификацию 802.1X и функции NAC; поддерживается статическое и динамическое увязывание элементов идентификации пользователей, включая учётную запись, IP-адрес, MAC-адрес, VLAN ID, номер интерфейса и клиента в целях защиты от вирусов; реализуется динамическая пользовательская политика, включая политику VLAN, QoS и ACL.

### **Отличная расширяемость**

Устройства S2300 поддерживают объединение в группу до 16 устройств посредством стандартных кабелей. В отличие от традиционных решений, устройства, объединенные в группу, имеют значительные преимущества в плане расширения, надежности и архитектуры.

Технические характеристики Huawei S2326TP-SI/EI представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Технические характеристики Huawei S2326TP-SI/EI

Ёмкость переадресации	6.6 млн. пкт/с
Коммутац. емкость интерфейсов	8.8Гбит/с
Описание интерфейсов	24 интерфейса 10/100 Base-TX, 2 интерфейса S o m b o (10/100/1000Base-T или 100/1000Base-X)

### 3) Коммутатор S5328C-EI.

S5328C-EI: имеет 24 интерфейса 10/100/1000Base-T и 2 интерфейса 10GE XFP или 4 интерфейса 1000Base-X SFP. Внешний вид S5328C-EI представлен на рисунке 3.17.



Рисунок 3.17 – Внешний вид коммутатора S5328C-EI

Гигабитные коммутаторы Quidway серии S5300 представляют собой новое поколение гигабитных коммутаторов Ethernet, разработанных компанией Huawei. Устройства предоставляют услуги широкополосного доступа и конвергенции различных сервисов Ethernet. Кроме того, S5300 предоставляют новейшие функции Ethernet. За счёт высокопроизводительной аппаратной платформы нового поколения и ПО универсальной платформы маршрутизации (VRP) компании Huawei, устройства S5300 обладают большой емкостью и поддерживают гигабитные интерфейсы высокой плотности, предоставляют 10 гигабитных каналов восходящей связи. Устройства S5300 могут использоваться в качестве клиентских устройств восходящей связи за счёт интерфейсов типа 1G и 10 G высокой плотности. На базе устройств S5300 могут быть реализованы различные сценарии, например, конвергенция сервисов университетских и корпоративных сетей, организация взаимодействия между гигабитными устройствами и IDC, а также между гигабитными устройствами и настольными ПК корпоративных сетей. Устройства S5300 имеют исполнение в отдельном корпусе, высотой 1 U. Они имеют стандартную версию (SI) и расширенную версию (EI). Устройства S5300 версии SI поддерживают функции уровня 2 и 3, а устройства версии EI поддерживают протоколы комплексной маршрутизации и широкий набор сервисов.

### ***Особенности устройства***

Эффективная поддержка услуг Устройства S5300 поддерживают расширенную функцию выборочного QinQ. Данная функция не использует ресурсы ACL. Кроме того, устройства S5300 осуществляют преобразование значения CoS внутреннего тега VLAN в аналогичное значение внешнего тега VLAN либо преобразование значения CoS напрямую во внешний тег VLAN. Кроме того, устройства S5300 поддерживают функцию маркировки классов QoS на базе сервисов, что позволяет использовать его в мультисервисных сетях. Устройства S5300 поддерживают слежение IGMP, IGMPv3, фильтрацию IGMP,

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		78

быстрый выход IGMP и IGMP-прокси. Устройства S5300 осуществляют распространение широковещательных пакетов по VLAN на линейной скорости, балансировку широковещательной нагрузки между групповыми интерфейсами и контролируемую широковещательную передачу. Таким образом, устройства S5300 могут работать с услугами IPTV и другими широковещательными сервисами. Устройства S5300 реализуют функцию MCE. Она позволяет осуществлять изоляцию пользователей различных VPN, таким образом, обеспечивая безопасность пользовательских данных и сокращая затраты.

Кроме традиционных протоколов STP, RSTP и MSTP, устройства S5300 поддерживают новейшие технологии Ethernet, включая Smart Link и RRPP, выполняют защитное переключение каналов с длительностью в нескольких миллисекунд, что гарантирует высокое качество работы сети. К тому же, устройства S5300 поддерживают технологию multi-instance для Smart Link и RRPP, а также осуществляют равномерное распределение нагрузки между каналами, что позволяет повысить эффективность использования полосы пропускания. Устройства S5300 поддерживают функцию BFD и распознавание протоколов OSPF, IS-IS, VRRP и PIM в течение нескольких миллисекунд, что повышает надежность сети. Устройства S5300 поддерживают два источника электропитания в режиме резервирования, переменного и постоянного тока, которые могут работать одновременно. Пользователи могут выбрать режим работы модуля электропитания, то есть, одиночное электропитание или двоякую систему электропитания, что улучшает показатели надежности устройств. Устройства S5300 работают с протоколом VRRP и могут образовывать группу резервирования VRRP с другими коммутаторами 3 уровня. На базе устройств S5300 может создаваться топология с резервированием. В случае возникновения неисправности подобная система способна сохранять непрерывность и надежность связи, что значительно повышает надежность сети. На устройствах S5300 для осуществления резервирования маршрутов может быть сконфигурировано множество равнозначных маршрутов. При отказе действующего канала восходящей линии

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

связи, трафик автоматически переключается на резервный маршрут. Таким образом, для маршрутов восходящей линии связи реализуется многоуровневое дублирование.

Устройства S5300 могут осуществлять комплексную классификацию трафика на основе различных данных, включая IP-приоритет, ToS, DSCP, тип IP-протокола, тип протокола ICMP, интерфейс источника TCP, VLAN ID, тип протокола кадра Ethernet и CoS. Устройства S5300 поддерживают двухскоростную функцию CAR с трёхцветной индикацией на основе двух потоков. Каждый интерфейс поддерживает 8 очередей с различным приоритетом и множество алгоритмов диспетчеризации, включая WRR, DRR, SP, WRR+SP и DRR+SP, которые в значительной степени обеспечивают качество представления услуг сети, включая голосовых услуги, видео услуги и услуги по передаче данных. Устройства серии S5300 поддерживают различные функции защиты пользовательских данных. Устройства S5300 отслеживают данные о MAC и IP-адресах пользователей, данные аренды, VLAN ID, данные об интерфейсах путём создания и поддержания сводной таблицы DHCP-слежения. Таким образом, решается проблема назначения IP-адреса и интерфейса пользователю DHCP. Устройства S5300 отбрасывают нелегальные пакеты, включая пакеты имитации ARP-соединения и пакеты с поддельными IP-адресами, которые не числятся в таблице маршрутизации. Таким образом, устройства S5300 обеспечивают защиту учреждений сетей от атак при помощи пакетов ARP, инициированных хакерами. Функция защищенного интерфейса DHCP-слежения используется для обеспечения достоверности сервера DHCP. Устройства S5300 поддерживают строгое распознавание данных ARP. Это позволяет защитить данные ARP устройств S5300 от полного занятия, которое происходит при выполнении атаки с поддельными пакетами ARP. В результате обеспечивается доступ к сети Интернет для обычных пользователей. Устройства S5300 поддерживают проверку источника и защиту от атак DoS с использованием поддельных MAC-адресов и IP-адресов.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80



Устройства S5300 осуществляют централизованную аутентификацию MAC-адресов, аутентификацию 802.1X и функции NAC; поддерживается статическое и динамическое увязывание элементов идентификации пользователей, включая учётную запись, IP-адрес, MAC-адрес, VLAN ID, номер интерфейса и клиента в целях защиты от вирусов; реализуется динамическая пользовательская политика, включая политику VLAN, QoS и ACL.

Устройства S5300 поддерживают установление лимита распознавания источников MAC-адресов на выбранном интерфейсе. Таким образом, устройства S5300 обеспечивают защиту пользователей от атак с использованием поддельных MAC-адресов, а также от лавинной маршрутизации, которая происходит, если пользователь не получает MAC-адрес из таблицы MAC-адресов.

Устройства S5300 отличаются простотой использования и развёртывания. Они поддерживают автоматическое конфигурирование, функцию plug-and-play, автоматическое, групповое и удалённое обновление, что позволяет значительно снизить затраты на техобслуживание. Устройства S5300 поддерживают диверсифицированное управление и различные режимы техобслуживания, включая SNMPv1/v2/v3, управление сетью посредством Web и HGMP, что обеспечивает более гибкие возможности управления устройством. Кроме того, устройства S5300 поддерживают NTP, SSHv2.0, TACACS+, RMON, многоцелевой хост, статистику трафика на базе интерфейсов и NQA, что помогает лучше выполнять планирование и настройку сети.

Устройства S5300 поддерживают двойной стек IPv4/IPv6, туннели IPv6 поверх IPv4 (включая туннели, конфигурируемые вручную, туннели 6to4 и туннели ISATAP), а также переадресацию третьего уровня на скорости линии. Это позволяет размещать устройства S5300 в сетях IPv4, IPv6 и комбинированных сетях IPv4 и IPv6. Это позволяет сделать процесс создания сети более гибким и соответствовать требованиям при переходе от IPv4 к IPv6.

Устройства S5300 поддерживают широкий набор протоколов маршрутизации IPv6, включая RIPng и OSPFv3. Кроме того, поддерживается

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		81

протокол обнаружения соседних узлов (NDP) IPv6, и управление пакетами, пересылаемыми между соседними узлами. Устройства S5300 реализуют механизм распознавания MTU маршрута (PMTU). При этом выбирается наиболее подходящий MTU маршрута от источника до пункта назначения для оптимизации ресурсов сети и получения максимальной пропускной способности.

Устройства S5300 поддерживают функцию интеллектуального объединения устройств в группу и функцию plug-and-play. Достаточно соединить устройства при помощи кабелей и групповая система будет сконфигурирована автоматически. Устройства, входящие в группу (стек), подразделяются на главные, подчинённые и вспомогательные. Если сконфигурирован резервный коммутатор, период прерывания обслуживания при отказе главного коммутатора значительно сокращается. Устройства S5300 поддерживают функцию интеллектуального обновления. Это позволяет не обновлять версию ПО коммутатора при объединении устройств в группу.

Технические характеристики коммутатора S5328C-EI представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Технические характеристики коммутатора S5328C-EI

Производительность переадресации	66 млн. пакетов в сек.
Коммутационная ёмкость интерфейсов	88 Гбит/с

4) Шкаф телекоммуникационный антивандальный OWERINGENGINEERING  
серии ME

Используется в проектах построения сетей Интернет-провайдеров, мультисервисных и беспроводных сетей, а также систем видео наблюдения и кабельного телевидения.

В силу специфики мест и условий установки, шкаф данного типа характеризуется усиленными элементами замочной и дверной группы. Предназначен для установки в помещениях с ограниченным доступом.

Параметры и характеристики представлены в таблице 3.8

Таблица 3.8 – Параметры и характеристики ТКМШ

Тип	шкаф антивандальный 19"
Класс защиты	IP31
Срок службы	не менее 25 лет
Глубина, мм	500
Высота	12U
Нагрузочная способность, кг	150
Толщина металла, мм	1,5
Цвет	RAL7035*
Гарантия, лет	5

Внешний вид представлен на рисунке 3.18



Рисунок 3.18 – Внешний вид ТКМШ

Особенности:

- имеет цельносварочную конструкцию;
- дверь утоплена вовнутрь, что исключает возможность силового вскрытия;
- корпус и дверь шкафа заземлены;
- на двери установлен замок с повышенной секретностью, с трёхточечной фиксацией;
- кабельные вводы осуществляются сверху и снизу шкафа;
- с боковых панелей сделана перфорация для естественной вентиляции шкафа;
- профили состоят из оцинкованного металла и имеют Г-образную форму;
- имеется возможность регулирования профилей по глубине.

5) Источник бесперебойного питания QTECH.

ИБП предназначен для обеспечения бесперебойного электропитания телекоммуникационного оборудования и других электротехнических приборов. А также обеспечивает защиту данных устройств от основных неполадок с электропитанием: высоковольтных импульсов, электромагнитных и радиочастотных помех, понижений и повышений напряжения в электросети.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

#### Технические характеристики:

- технология Line-interactive с выходным напряжением в виде чистой синусоиды;
- синусоидальная форма выходного сигнала во – позволяет подключать оборудование с импульсными, а также с трансформаторными блоками питания;
- широкий диапазон входного напряжения и частоты;
- звуковая и световая сигнализация в моделях LCD ЖК дисплей отображающий параметры входного и выходного напряжения, частоты, уровня нагрузки, уровень заряда аккумуляторных батарей;
- цифровое микропроцессорное управление;
- режим сбережения электроэнергии (Green Energy): ИБП переходит в «спящий» режим, если подключенная к нему нагрузка становится ниже установленного уровня;
- наличие порта RS-232 для сетевого управления и мониторинга одного или группы ИБП;
- защита от короткого замыкания и перегрузки на выходе;
- автоматическая зарядка батарей в выключенном состоянии;
- возможность использования опциональной карты SNMP

#### б) Кросс-панель Hyperline.

Кросс-панель представляет собой панель со множеством сетевых разъемов, расположенных на ее лицевой стороне. На тыловой стороне кросс панели расположены контакты, которые предназначены для фиксированного соединения с кабелями. Кросс-панель может использоваться как точка коммутации между портами активного сетевого оборудования или, в случае т. н. двойного представления порта, попарно, одна из панелей представляет порты активного сетевого оборудования, а другая – порты рабочих мест. Коммутация между панелями осуществляется с помощью коммутационных шнуров.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

Технические характеристики:

- 100 пар;
- 1U.

Внешний вид кросс панели представлен на рисунке 3.19

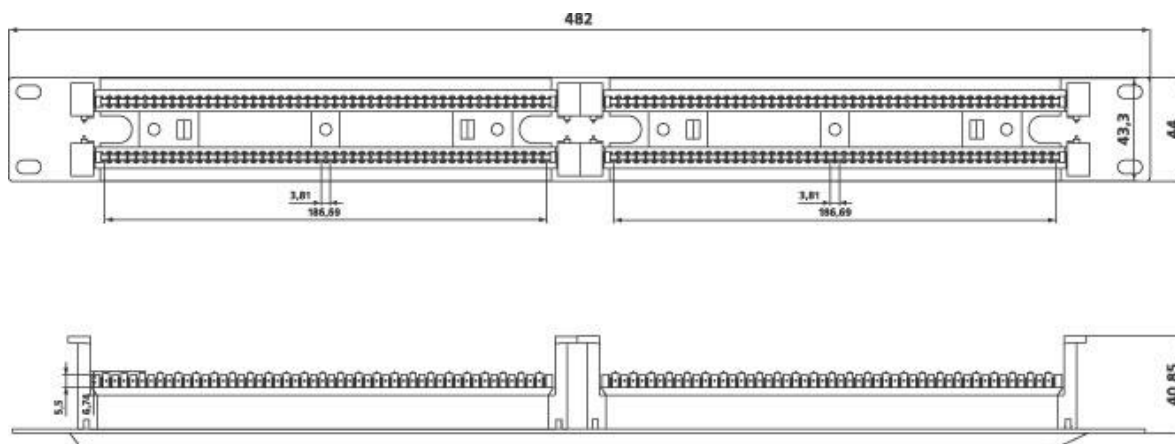


Рисунок 3.19 – Внешний вид кросс-панели.

#### 7) Счетчик электроэнергии Меркурий 201.

Технические характеристики:

- технологический запас по классу точности;
- применение шунта для измерения тока позволяет производить измерение при наличии постоянной составляющей;
- встроенный PLC-модем и импульсный выход позволяют использовать счетчики как автономно, так и в системе АСКУЭ "Меркурий PLC";
- малые габариты;
- безвинтовой корпус;
- защита от хищения электроэнергии;
- крепление на DIN-рейку;
- счетчик комплектуется по заказу потребителя переходной пластиной с присоединительными размерами индукционных счетчиков.

Внешний вид представлен на рисунке 3.20

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86



Рисунок 3.20– Внешний вид электросчётчика

8) Автоматический выключатель ABB SH201L.

Модульные автоматические выключатели ABB SH 200L выполняют защиту установок от перегрузок и коротких замыканий, обеспечивая их надежную и безопасную эксплуатацию. Внешний вид ABB SH201L представлен на рисунке 3.21. Технические характеристики приведены в таблице 4.9.



Рисунок 3.21 – Внешний вид ABB SH201L

Таблица 3.9 - Технические характеристики ABB SH201L

Рабочее напряжение	230-400V ~
Номинальный ток	10A
Максимальный ток	4,5kA
Тип расцепителя	Электромагнитный и тепловой

9) Розетка на DIN-рейку 2PIN 10A 250V.

Служит для подключения переносных электроприборов при выполнении электромонтажных работ. Монтаж розетки производится на DIN-рейку. Внешний вид и технические характеристики представлены на рисунке 3.22 и таблице 3.10 соответственно.



Рисунок 3.22 – Внешний вид розетки

Таблица 3.10 - Технические характеристики розетки

Номинальное напряжение, В	220
Частота сети, Гц	50(60)
Номинальный ток, А	10
Сечение подключаемого провода, мм <sup>2</sup>	25
Температура окружающей среды, С <sup>0</sup>	от -5 до +40

10) DIN-рейка QTECH.

Используются для установки модульных устройств. Материал: оцинкованная листовая сталь. Предназначены для всех типов корпусов. Внешний вид представлен на рисунке 3.23.



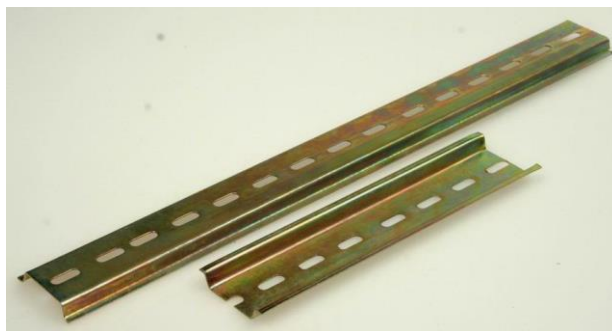


Рисунок 3.23 – Внешний вид DIN-рейки

11) Блочный контроллер управления КУБ-НАНО.

Имеет 4 многофункциональных порта ввода-вывода. Один и тот же вход может быть самостоятельно запрограммирован заказчиком на требуемые ему функции. Все данные в режиме реального времени поступают на диспетчерский центр по Ethernet каналу.

Выполняет следующие функции:

- мониторинг источника бесперебойного питания;
- принудительный аппаратный рестарт (перезапуск) зависшего оборудования;
- контролирует градиент изменения температуры в ТКМШ;
- мониторинг основных параметров ИБП.

Имеет 4 многофункциональных порта ввода-вывода. Один и тот же вход может быть самостоятельно запрограммирован заказчиком на требуемые ему функции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проектирования были получены следующие результаты:

- 1) разработана модель построения городской сети передачи данных;
- 2) разработана сеть ФТТВ доступа;
- 3) разработаны схемы организации связи предоставления услуг;
- 4) составлена конфигурация основного оборудования проектируемой сети;

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		90

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Убайдуллаев Р.Р. NGN: Волоконно-оптические сети / Р.Р. Убайдуллаев – М. : Эко-Трендз, 1998. – 153 с.

2 Реализация услуг Triple Play на сетях доступа FTTx / К. Силивёрстов //Вестник Связи. – 2010. – №4. – С. 45–49.

3 КУБ FTTx / Ю. Суслов // Технотроникс. – 2010. – №6. – С. 14–16.

4 Никульский И. Технологии PON: вчера, сегодня, завтра / И. Никульский //Вестник Связи. – 2009. – №3. – С. 23–27.

5 Власов И. Особенности тестируемых сетей FTTx / И. Власов // ВестникСвязи. – 2009. – №4. – С. 54–55.

6 Шевелев С. Современные решения по модернизации сетей абонентскогодоступа / С. Шевелев // Вестник Связи. – 2008. – №7. – С. 16–18.

7 Анисимов А.С. Оптоволокно на последней миле / А.С. Анисимов //Вестник Связи. – 2008. – №7. – С. 19–21.

8 Воронцов А.С. Российские оптические кабели / А.С. Воронцов // Вестник Связи. – 2008. – №7. – С. 26–31.

9 Ставка на GERON / Д.Н. Толпанов // Вестник Связи. – 2008. – №7. – С. 19–50.

10 Кондратенко В.И. Операторский Ethernet набирает обороты / В.И. Кондратенко // Вестник Связи. – 2010. – №3. – С. 9–12.

11 Анастасьев А.В. Развитие оптических сетей связи / А.В. Анастасьев //LIGHTWAVE. – 2089. – №2. – С. 15–21.

12 Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации / И.Г. Бакланов. – М. : Эко-Трендз, 2008. – 400 с.

13 Власов Е.А., Постнов А.Ю. Безопасность жизнедеятельности: Методические указания к самостоятельной работе. / - СПб.: СПбГИЭУ, 2002. – 36с.

					<b>БР – 02069964 – 11.03.02 – 04 – 19</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

## ОТЗЫВ

*на бакалаврскую работу Дудорова Ильи Александровича, студента 4 курса дневного отделения института электроники и светотехники направления подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» на тему: «Проектирование сети передачи данных по технологии FTTH в жилом микрорайоне г. Саранска».*

Выпускная квалификационная работа выполнена согласно заданию, грамотно, компактно. Материал хорошо структурирован и изложен последовательно в соответствии с требованиями, предъявляемыми к выпускным квалификационным работам.

За время выполнения выпускной квалификационной работы Дудоров И. А. показал наличие теоретических знаний в области инфокоммуникационных технологий, правильное их понимание и использование, продемонстрировал способность квалифицированно решать поставленные задачи. Все аналитические выводы подтверждены материалами, они отличаются хорошим качеством исполнения.

Автор достиг запланированной в исследовании цели и добился позитивных результатов. Работа является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на достаточно высоком уровне.

Считаю, что студент Дудоров И. А. заслуживает оценки «отлично» и присвоения квалификации – бакалавр по направлению подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Руководитель бакалаврской работы



Н. С. Соболев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Н.П. ОГАРЁВА»  
(ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»)

**ОТЧЕТ**

*о результатах проверки бакалаврской работы обучающегося  
на наличие заимствований*

Автор работы: Дудоров Илья Александрович

Тема работы: «Проектирование сети передачи данных по технологии  
FTTB в жилом микрорайоне г. Саранска»

Руководитель: Соболев Николай Сергеевич

Представленная работа прошла проверку на наличие заимствований в  
системе «Антиплагиат. ВУЗ»

Результаты автоматической проверки:	оригинальность	73,55%
	цитирования	0,88%
	заимствования	25,57%

Результаты анализа полного отчета на наличие заимствований:

правомерные заимствование: 25,57%

корректные цитирования: 0,88%

неправомерные заимствования: нет

признаки обхода системы: нет

Общее заключение об итоговой оригинальности работы и возможности ее  
допуска к защите:

итоговая оригинальность работы составляет 73,55% что согласно  
Положению о проверке работ обучающихся ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П.  
Огарёва» на наличие заимствований, позволяет допустить студента Дудорова  
И.А. к предварительной защите и защите ВКР в ГЭК.

Руководитель:

старший преподаватель кафедры инфокоммуникационных  
технологий и систем связи



Н.С. Соболев