

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Телекоммуникационные системы

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

« _____ » _____ 2014г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Проектирование мультисервисной сети с предоставлением услуг Triple Play в г. Павлодар с использованием технологии SDN

Специальность 5B071900 Радиотехника, электроника телекоммуникации

Выполнил (а) Алиев А.Т. МТСу 10-1
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Киргизбаева А.У.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:

Бабич А.А. ст. преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Бабич « 6 » 06 2014г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Маманбаева С.Е. ст. преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
С.Е. « 6 » 06 2014г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:

Сейменова Д.О. ст. преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Сейм « 10 » 06 2014г.
(подпись)

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« _____ » _____ 20 ____ г.
(подпись)

Нормоконтролер: Кондратович А.Т. ст. преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Кондр « 10 » 06 2014г.
(подпись)

Рецензент: _____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« _____ » _____ 20 ____ г.
(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет 30 и Т.С
Специальность 5В071900 Радиотехника, электроника и телекоммуникации
Кафедра Телекоммуникационные системы

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Алихан Ахмат Идрисович
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Проектирование мультисервисной сети с предоставлением услуг Triple Play в г. Тавризатор с использованием технологии SDN

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 20 13 г.

Срок сдачи законченной работы «25» мая 20 14 г.

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

Проектирование мультисервисной сети с предоставлением услуг Triple Play в г. Тавризатор с использованием технологии SDN. Выбор технологии построения сети Gigabit Ethernet. Транспортировка сети осуществляется на базе узлов размещенных на АТС, АМТС и РИЧУ г. Тавризатор.

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

Расчет обфуровки любого коммутируемого ресурса обфуровки каналов, расчет пропускной способности коммутируемых ресурсов

$R_{\text{кан}} = 35 \text{ Мбит/с}$

$R_{\text{ком}} = 5 \text{ Мбит/с}$

Устройства: БТР, ИЗБЗ, МВБР

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

- Рисунок 1.1 - Схема организации сети города Тавриград
 Рисунок 1.6 - Универсальная транспортная сеть
 Рисунок 1.9 - Организация шлюза в сеть DKT
 Рисунок 2.2 - Трёхуровневая модель мультисервисной сети
 Рисунок 2.3 - Сетевое окружение Soft Switch
 Рисунок 2.4 - Схема предоставления услуг в мультисервисной сети
 Рисунок 2.5 - Организация систем доступа для работы в пакетной сети
 Рисунок 3.1 - Общая схема резервирования программных коммутаторов SoftX3000
 Рисунок 3.3 - Проектирование мультисервисной цифровой сети
 2. Тавриград на базе программного продукта NETStroker 4.1
 Рисунок 3.4 - Схема проектирования мультисервисной цифровой сети по технологии SDN для проектируемой сети
 Рисунок 6.1 - Типы серверной с размещением оборудования
 Рисунок 2.1 - Функциональная схема мультисервисных сетей

Рекомендуемая основная литература

1. Engineering and Operations in the Bell System / Prepared by members of the Technical Staff and the Technical Publication Department AT&T Bell Laboratories; RF Key, Technical Editor - AT&T Bell Laboratories, Murray Hill, N.J., 1983
2. Б.С. Толмизеин Протокол сети доступа Том 2. 1-е изд., перераб и доп.: Радио и связь, 2002
3. М.А. Соколов Эволюция местных телефонных сетей. - Издательство ТОО, "Информационные книги", Пермь, 1994
4. М.А. Соколов Телефоннокоммуникационные сети - М.: Альфа-Техинформ, 2003-2004.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Экономическая часть	Григорьев А.А.	03.06 - 06.06	Григорьев А.А.
БЖД	Маслов В.В.	03.06 - 06.06	Маслов В.В.
Вопросы тех.	Вейсман Д.В.	26.05 - 10.06.14	Вейсман Д.В.

Г Р А Ф И К

ПОДГОТОВКИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

[illegible]

Дата выдачи задания «3» октябрь 2013 г.

Заведующий кафедрой _____ Шатахитов Д.Р.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ Куршубаева А.У.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

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

Аңдатпа

Бітіру жұмысында Павлодар қаласын SDH технологиясын пайлана отырып, Triple Play қызметтік мультисервистік желісін құрудың жобасы мен негізделуі ұсынылған.

Жұмыста Павлодар қаласының әрекеттегі желі сараптамасы, құрылғы таңдау, TCP/IP протоколдары, стандарттың сипаттамалары, қаланың желі құрылу сұлбасы қарастырылған.

Желі қамту аймағының, абоненттік жүктеме мен сенімділігінің есептеулері негізінде Triple Play құрылған.

Жұмыста жабдықтарды пайдалану кезіндегі өміртіршілік қауіпсіздігінің шаралары сипатталды.

Экономикалық бөлімде капиталдық және пайдалану шығындардың есептеулері жүргізілді.

Аннотация

В выпускной работе представлен план и обоснование проектирования мультисервисной сети с предоставлением услуг в г. Павлодар с использованием технологии SDH.

В работе рассмотрены анализ существующей сети г. Павлодар, выбор оборудования, протоколы TCP/IP, характеристики стандарта, схема построения сети самого города.

Сеть построена на основе расчетов зоны покрытия, абонентской нагрузки и надежности.

В работе описаны меры безопасности жизнедеятельности при эксплуатации оборудования.

В экономической части произведен расчет капитальных затрат и эксплуатационных расходов.

Annotation

In the final paper presents a plan and justification of the project of multiservice network providing services, in Pavlodar with the use of SDH.

In this work the analysis of the existing network, Pavlodar, choice of equipment, the TCP / IP protocols, features of the standard, the design of the city itself.

The network is built on the basis of calculations of coverage, customer load and reliability.

The paper describes the measures of safety at operation of the equipment.

In the economic part of the calculation of capital costs and operating costs

Содержание

	Введение	08
1	Анализ существующей сети города Павлодар	
1.1	Анализ внешней среды	09
1.2	Анализ внутренней сети связи	10
1.3	Транспортная сеть	13
1.4	Постановка задачи	15
2	Основы мультисервисных сетей	23
2.1	Мультисервисные сети. Архитектура мультисервисных сетей	23
2.2	Стандарт Ethernet (10 BASE – T; IEEE 802.3)	27
2.3	Технология Fast Ethernet	28
2.4	Построение сети с использованием Gigabit Ethernet	29
2.5	Метод доступа CSMA/CD	33
2.6	Среда передачи данных Ethernet	37
3	Проектирование мультисервисной сети с предоставлением услуг Triple Play в г. Павлодар с использованием технологии SDH	39
3.1	Постановка задачи и цель проекта	39
3.2	Общее описание проектируемой сети	39
3.3	Структура сети	41
3.4	Оборудование проектируемой сети	42
3.5	Приложения системы управления сетью	48
3.6	Обеспечение качества обслуживания трафика	49
3.7	Маршрутизация Gigabit Ethernet сети	52
3.8	IP-адресация сети Gigabit Ethernet	53
4	Расчет оборудования гибкого коммутатора	55
4.1	Производительность	55
4.2	Емкостные параметры	56
4.3	Расчет оборудования шлюзов	57
4.4	Расчет производительности коммутаторов пакетной сети	72
5	Бизнес – план	74
5.1	Цель проекта	74
5.2	Анализ внешней среды	74
5.3	Финансовый план	75
6	Безопасность жизнедеятельности	83
6.1	Анализ условий труда рабочего персонала	83
6.2	Технические решения обеспечения безопасности жизнедеятельности	86

Заключение	93
Список литературы	94
Приложение А	96

Введение

Современный этап развития системы электросвязи состоит из двух главных особенностей. Первая особенность - формируется платежеспособный спрос на новые инфокоммуникационные услуги у пользователей, которые приносят провайдеру основные доходы. Вторая особенность - новейшие технологии передачи, коммутации и обработки данных дают возможность эффективно модернизировать сети электросвязи, повышая конкурентоспособность провайдера. Это происходит за счет постепенного перехода к мультисервисным сетям, поддерживают широкий спектр инфокоммуникационных услуг.

Сегодня, телекоммуникационные сети развиваются в направлении роста рынка мультисервисных услуг, внедрения новейших телекоммуникационных и информационных технологий, и их конвергенции. Внедрение новых услуг, как и поддержание уже существующих, требует соответствующих сетевых ресурсов.

Рынок телекоммуникаций требует увеличения качества предоставляемых клиентам услуг и как следствие, увеличения капиталовложений со стороны провайдеров связи на поддержание их качества. Со своей стороны, провайдеры связи заинтересованы в снижении эксплуатационных расходов и повышении эффективности эксплуатации сетей связи и их элементов.

Анализ развития современных сетей связи показывает, что необходимость в передаче трафика в сетях электросвязи, характеризующееся разными видами данных (видео, голос, информация), растет быстрыми темпами, по сравнению с исключительной передачей сообщений одного типа. Такие сети связи, которые получили название мультисервисные сети, вызывают интерес, в первую очередь, своей пропускной способностью и возможностью передачи широкого набора услуг как Triple Play (видео, голос, данные). Одна из технических проблем при передаче голосовых и видео-сообщений по сетям с пакетной коммутацией это - обеспечение гарантированного качества обслуживания (QoS), позволяющего получить звук и изображение без искажений и помех.

В нынешнее время, оператор мультисервисной сети, обеспечивающий своим пользователям широкополосное IP-подключение (со скоростью не менее нескольких мегабит в секунду), может все три сервиса предоставлять одновременно через IP-канал. Технологически такие IP-каналы могут быть различными (на основе xDSL, Ethernet), главное, чтобы они обеспечивали необходимую полосу пропускания и были управляемыми с точки зрения качества: поддерживали приоритизацию разных видов трафика, разные уровни обслуживания.

1 Анализ существующей сети города Павлодар

1.1 Анализ внешней среды

Индустриально-развитая область Казахстана, представленная крупными предприятиями металлургии, машиностроения, энергетики и горнодобывающей промышленности – Павлодарская область. В их число входит Аксуский завод ферросплавов, который входит в ТНК «Казхром», ОАО «Алюминий Казахстана», Экибастузский угольный бассейн и крупнейшие в республике ГРЭС-1 и ГРЭС-2, объединение «Казахстантрактор», комбинат «Майкаинзолото», Павлодарский нефтехимический завод и другие предприятия.

Город Павлодар - административный, промышленный и культурный центр Павлодарской области, с протяженностью вдоль правого берега Иртыша 15 км в северо-восточной части республики. Количество проживающих 306 771 человек.

На ПФ ТОО «Кастинг» объем производства стали составляет 149,8 тыс. тонн (134,8 процентов), прутков и арматуры – 66,2 тыс. тонн (483,9 процентов). Вложенная инвестиция в основной капитал составляет 436,9 млн. тенге.

АО «Алюминий Казахстана» реализует комплексную программу технического перевооружения по увеличению мощности производства 1,5 млн. тонн глинозема в год. АО «Алюминий Казахстана» вложение инвестиций в основной капитал более 6 млрд. тенге.

Сейчас реализуется строительство электролизного завода. Инвестиция в основной капитал составляет 1397,0 млн. тенге.

На Аксуском заводе ферросплавов завершается капитальный ремонт печи номер 23 в цехе номер 2. В цехе переработки шлаков углеродистого феррохрома осваивается пятый комплекс переработки. Ведется строительство напольных печей по производству кокса. Объем инвестиций в основной капитал составляет 5 млрд. тенге.

В ЗАО «Павлодарский нефтехимический завод» произведено 1856,1 тыс. тонн (121,3 процентов) нефтепродуктов, в том числе бензина – 4239,0 тыс. тонн. (117,8 процентов), газойлей – 507,7 тыс. тонн (117,6 процентов). Вложения в основной капитал составляет около 336,2 млн. тенге. Закончен капитальный ремонт оборудования.

Таким образом АО «Казахстантрактор» заключило договор с Республикой Беларусь по сборке колёсных тракторов марки «Беларус» на производственных площадях АО «Казахстантрактор» из тракторокомплектов, которые поставляют Республиканское унитарное предприятие «Минский тракторный завод» (РУП «МТЗ»).

В соответствии с Программой развития предприятия на 2008-2014 годы, ОАО «Павлодарский машиностроительный завод» ведет работу по расширению

производства мостовых и козловых кранов (грузоподъёмностью 50 тонн и выше). За итоговый период было произведено – 40 кранов различных модификаций (142,9 процентов). Производство продукции соответствует с заключёнными договорами. За счет собственных средств вложено 3,7 млн. тенге.

ТОО «Инструментальный завод» осваивает новые виды спецоснастки для запасных частей и инструмента для нефтегазового сектора республики и железнодорожного транспорта.

АО «Казэнергокабель» было произведено 10,4 млн. м кабельной продукции (113,1 процентов) и введена в эксплуатацию компрессорная станция, ведётся монтаж системы обеспечения технологического оборудования сжатым воздухом. Инвестиции в основной капитал за счет собственных средств составляет около 12,9 млн. тенге.

1.2 Анализ внутренней сети связи

Существующая сеть телекоммуникаций г. Павлодара построена по принципу SDH – кольца (STM – 4 и STM – 1) (рисунок 1.1).

Функции опорно-транзитной станции (ОПТС), узла спецслужб (УСС), и узла ведомственных телефонных станций (УВТС) выполняет АМТС/АТСЭ-32/30. У УВТС самостоятельный индекс «39». Абоненты УВТС выходят на городскую сеть посредством набора дополнительного индекса, имеющий разные значения.

На сети организован сельско-пригородный узел (УСП) на основе оборудования DRX-4 с индексом «35Х», который расположен в том же здании АМТС/АТСЭ-32/30, с помощью чего осуществляется связь со станцией сельско-пригородной сети между собой и со станциями городской телефонной сети города Павлодар. Пользователи сельско-пригородного узла на городскую сеть выходят набирая дополнительный индекс «9».

Внутри города роль опорно-транзитной станции (ОПТС) выполняет АТСЭ-54, объединяющая SDH – кольца: STM-1, в которую подключены станции АТСЭ-505, АТСЭ-515 и АТСЭ-500 и STM-4, подключена комбинированная станция АМТС/АТСЭ-32/30, АТСЭ-54, АТСЭ-53, АТСЭ-55/51 типа DMS, АТСК-45/57 и АТСК-47/52, в которую включена цифровая подстанция типа DRX-4.

В данное время на телефонной сети города Павлодар шестизначная система нумерации. Количество АТС, тип, емкость, нумерация показана в таблице 1.1.

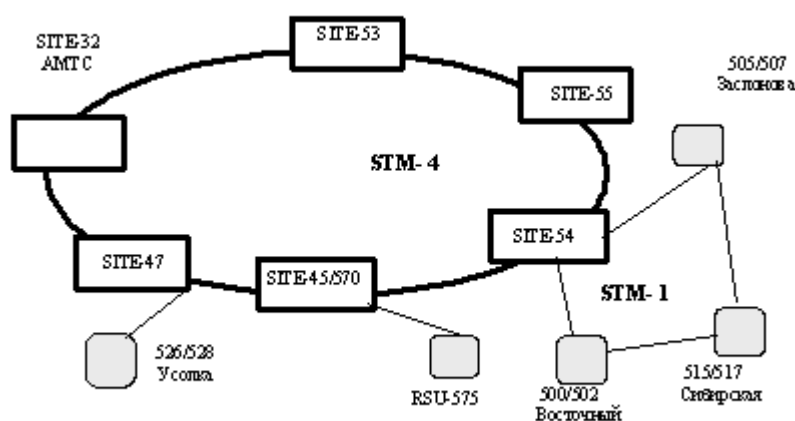


Рисунок 1.1 - Схема организации сети города Павлодар

Т а б л и ц а 1.1 - Типы и монтированная ёмкость действующих АТС

	АТС, ЦБ, УБ	Нумерация	Ёмкость нумерации	Тип станции, системы	Год установки
	АТС-32	320000 - 329999 300000 - 301472 309000 - 309100 050 - 059, 088 - 089, 119 – 120	11587	DMS100/200	1995/2002
	АТС-526	526000 - 528999 525000 - 525194	3195	DMS100/200	2003
	АТС-520	520000 - 524479	4480	DMS100/200	2003
	АТС-515	515000 - 517555	2556	DMS100/200	2003

	ATC-54	540000 - 549999, 504000 - 504999, 507557 - 509336 529000 – 529051	12832	DMS100/200	2001
	ATC-505	505000 – 507495	2496	DMS100/200	2001
	ATC-500	500000 – 503194	3195	DMS100/200	2001
	ATC-570	570000 – 573833	3834	DMS100/200	2001
	ATC-575	575000 – 578833	3834	DMS100/200	2001
	ATC-337	337000 – 338103	1104	DRX-4	2001
	ATC-53	530000 - 538999 539400 - 539984 539000 – 539051	9637	DMS100/200	2002
	ATC-55/51	550000 - 559999 510000 - 512721 519000 – 519051	12774	DMS100/200	2002

Всего цифровых номеров			71524	0	
	АТС-45	450000 – 458999	9000	АТСК- АТСКУ	1978/89
	АТС-46	460000 – 469999	10000	АТСК-У	1982/87
	АТС-47	470000 – 477999	8000	АТСК-У	1988/92
	АТС-56	560000 – 564999	5000	АТСК-У	1990/96
	ПСК-6 Бестужева	478000 – 478999	1000	ПСК-100	1990
Всего аналоговых номеров			33000	0	

1.3 Транспортная сеть

Топология «Кольцо» широко применяется при построении сетей SDH (со скоростями 155 и 622 Мбит/с). Ее главное достоинство - это легкая организация защиты типа 1:1 благодаря наличию в мультиплексоре SMUX двух оптических агрегатных выходов, которые позволяют сформулировать двойное кольцо со встроенными потоками (запад и восток). В случае приема блока происходит сбой в одном из колец, то система управления автоматически выбирает тот же блок из другого кольца.

Есть и другой метод защиты – это возможность переключения с «основного» кольца на «резервное». Изначально блоки TU – п имеют доступ только к основному кольцу. Во время сбоя происходит замыкание основного и резервного колец на границах дефектного участка, т.е. приемник и передатчик агрегатного блока соединяются на соответствующей стороне мультиплексора.

Согласно основной схеме SDH синхронные транспортные модули STM-1 могут мультиплексироваться с коэффициентом N в синхронный транспортный модуль STM- N для дальнейшей передачи информации в канал связи.

Существует множество возможных способов формирования STM-1. В данной схеме выбран способ:

C12-VC12-TU12-TUG22-VC31-YU31-VC4-AU4-AUG-STM+1

Эту схему формирования модуля называют логической, так как она намного проще основной (реальной), где положение отдельных элементов, например указателей (PTR) не соответствует их месту в логической схеме и используется множество запасных или фиксирующих элементов, которые играют роль «наполнителей» (элементов управления или выравнивания) SDH фрейма.

Сперва наполняется контейнер C-12 из канала доступа E1. Его поток (2,048Мбит/с) лучше представить в ходе цифровой 32-байтовой последовательности, циклически повторяющейся с частотой 8 кГц. В эту последовательность можно ввести выравнивающие, а так же фиксирующие и управляющие биты. Образовавшийся виртуальный контейнер VC-12 снабжается указателем TH-12 PTR и преобразуется в блочный канал (трибный блок) TU-12 длиной 36 байт (логически это фрейм формата 9x4). При мультиплексировании (4:1) этот канал преобразуется в группу блочных каналов TU 6-22, у которых суммарная длина $36*4=144$ байт. Мультиплексирование четырех каналов происходит раньше при построении VC-12, со стандартной длиной 140 байтов, к этому виртуальному контейнеру «пристыковывается» поле указателей формирующие TU-12.

Следующий этап – это создание VC – 31. Сначала формируется группа TUG-22 путем мультиплексирования (4:1) блочных каналов TU-12. Длина последовательности вырастает до 576 байт, к C-31 присоединяется заголовок VC – 31 РОН длиной в байт. Организуется блочный канал TU-31. К VC – 31 добавляется указатель TU-31PTR длиной 3 байта. Длина последовательности увеличивается до 585 байт. Дальнейшее мультиплексирование (4:1) блочных каналов TU-31 приводит к образованию последовательности длиной $584*4=2430$ байт. Заметим, что и здесь мультиплексирование происходит раньше – при формировании VC – 31, так как группа из четырех указателей TU-31PTR фиксирована в структуре VC – 4, как представлено на рис.(). Введение указателя VC – 4 РОН преобразует TU-31 в VC – 4 с длиной последовательностью 2349 байт.

И наконец, создается синхронный транспортный модуль STM1: вводится указатель AU-4 PTR и формируется AU-4, за тем группа административных модулей STUG путем формального мультиплексирования (1:1). Такой транспортный модуль длиной 2430 байт (девять фреймов по 270 байт) обеспечивает скорость передачи 155,52 Мбит/с с частотой повторения 8кГц.

Увеличение скорости передачи предполагалось кратко скорости STM 1 с коэффициентами 1,4,8,12,16. Два уровня SDH – иерархий:

STM 1 – 155,52 Мбит/с;

STM 4 – 622,08 Мбит/с – были зафиксированы в стандарте.

1.4 Постановка задачи

1.4.1 Цель проекта.

Целью проекта является - улучшение качества и номенклатуры (xDSL соединения точка-точка, помимо доступа в Интернет, сервера с различным контентом и высокой скоростью доступа) услуг передачи данных, увеличение количества подключённых xDSL пользователей, в том числе трафика и доходов. Увеличение узлов сети передачи данных, что приведёт к уменьшению расстояния до пользователя, следовательно и качества сети и количества абонентов. После выхода на проектные показатели планируется привлечь дополнительно около 30% соответствующего рынка и получать около 5 миллионов тенге доходов в месяц.

1.4.2 Задачи проекта.

В настоящее время ATM DSLAM ДКП установлены на АТС 32 (60 портов xDSL), 54 (30 портов xDSL) и 47,53,55 (16 портов xDSL).

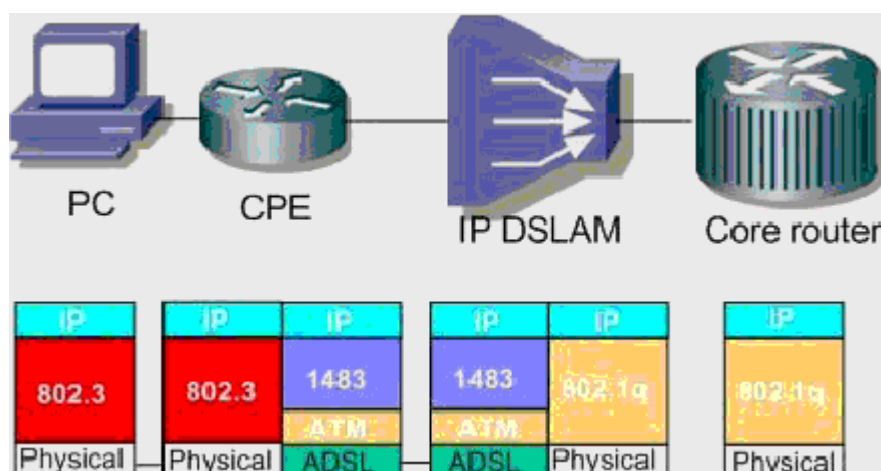


Рисунок 1.2 - Стек протоколов в сети Metro по рекомендации RFC 1483

С появлением новых и более дешевых технологий, предоставляющие xDSL доступ к сети Internet («MetroEthernet», PDH и др.), дальнейшее развитие сети передачи информации использующее ATM транспортную среду, экономически не выгодно.

Передовой технологией для построения операторских сетей является Multiprotocol Label Switching (MPLS), так как является наиболее эффективной архитектурой для передачи IP трафика. Для передачи информации по сети MPLS используется техника коммутация пакетов по меткам. На входе в MPLS домен пакеты получают метки, определяющие маршруты их следования, а на выходе – утилизируются. Внутри сети поддерживается только коммутация по меткам, обеспечивающая решение главной задачи – быстрой передачи пакетов.

Помимо этого, MPLS поддерживает и другие дополнительные сервисы: Traffic Engineering (TE), QoS, VPN, EoMPLS и AToM. Устройство, поддерживающее MPLS, на данном этапе построения Metro Ethernet сети не используется так как, построение сети MPLS на сегодняшний день требует больших капитальных затрат, как:

- замена медного кабеля на оптический кабель до абонента;
- приобретение более дорогостоящего оборудования OLT, ONU и т.д.

В условиях города Павлодар не вполне удовлетворённый спрос со стороны юридических и физических лиц на доступ в Интернет и на передачу информации точка-точка (соединение удаленных офисов).

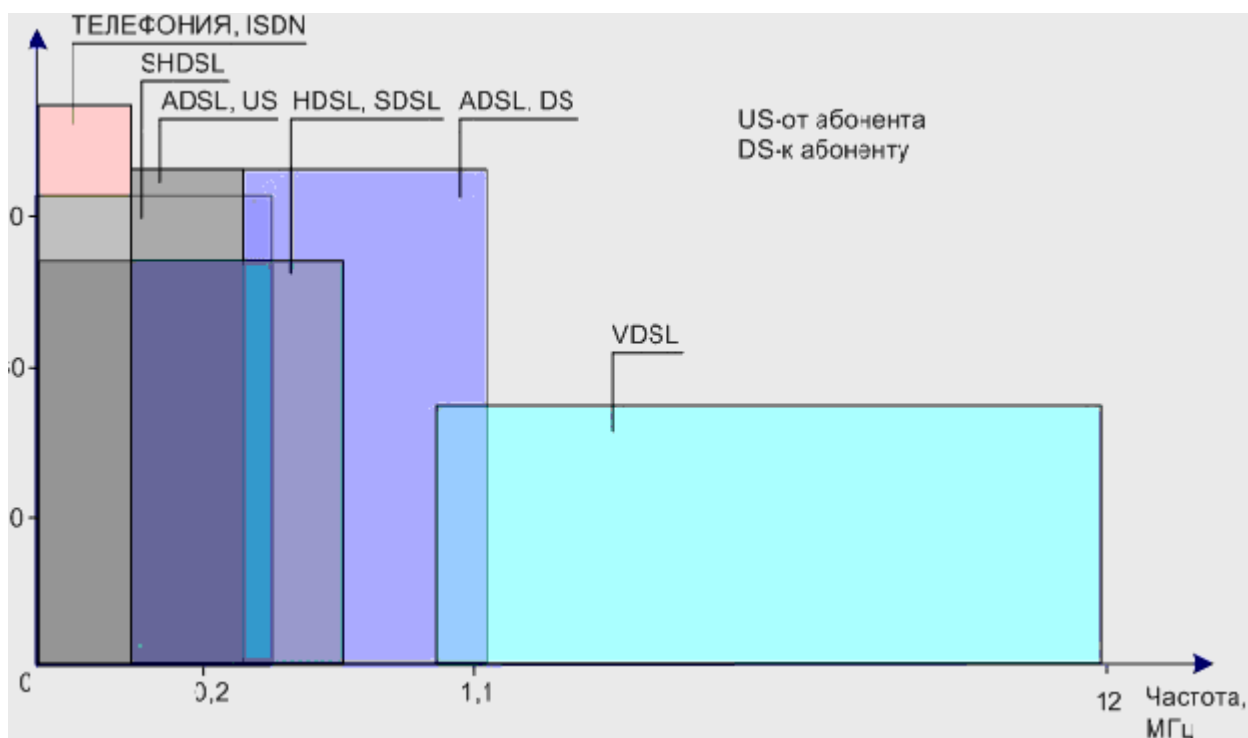


Рисунок 1.4 – xDSL - технологии и используемые ими частоты

Технология xDSL (цифровая абонентская линия) применяется для предоставления услуг, требующие асимметричной передачи информации, к пример, видео по запросу, где требуется передавать огромный поток информации пользователю, а от пользователя передается наименьший объем данных.

В технологии xDSL используется метод разделения полосы пропускания медной телефонной линии на несколько частотных полос (также называемых несущими). Это дает возможность одновременно передавать несколько сигналов по одной линии. При использовании технологии xDSL разные несущие одновременно переносят разные части передаваемой информации. Этот процесс называется частотным уплотнением линии связи (Frequency

Division Multiplexing — FDM). При FDM один диапазон выделяется для передачи «восходящего» потока информации, а другой диапазон для «нисходящего» потока информации. Диапазон «нисходящего» потока делится на один или несколько высокоскоростных каналов и один или несколько низкоскоростных каналов передачи информации. Диапазон «восходящего» потока тоже делится на один или несколько низкоскоростных каналов передачи информации. Кроме того может использоваться технология эхокомпенсации (Echo Cancellation), в которой используются диапазоны «восходящего» и «нисходящего» потоков перекрываются и разделяются посредством местной эхокомпенсации.

Факторы, влияющие на скорость передачи информации — это состояние пользовательские линии (т.е. диаметр проводов, наличие кабельных отводов и т.п.) и ее протяженность. При увеличении длины линии и возрастании частоты сигнала, затухание сигнала в линии увеличивается и уменьшается с увеличением диаметра провода. Практически функциональным пределом для технологии xDSL является абонентская линия длиной 3,5 — 5,5 км при толщине проводов 0,5 мм. xDSL дает скорость «нисходящего» потока информации в пределах от 1,5 Мбит/с до 8 Мбит/с и скорость «восходящего» потока информации от 640 Кбит/с до 1,5 Мбит/с.

Технология xDSL дает возможность по полной мере использовать ресурсы линии. В обычной телефонной связи используется около одной сотой пропускной способности телефонной линии. Технология xDSL позволяет устранять этот «недостаток» и использует оставшиеся 99 процентов для высокоскоростной передачи информации. При этом для различных функций используются различные полосы частот. Для телефонной (голосовой) связи применяются низкие частоты всей полосы пропускания линии (до 4 кГц), а вся оставшаяся полоса применяется для высокоскоростной передачи информации.

Технология xDSL позволяет одновременно передавать информацию и говорить по телефону. Технологию xDSL можно применять в режиме реального времени с необходимостью передавать качественный видеосигнал. Это организация видеоконференций, обучение на расстоянии и видео по запросу. Технология xDSL предоставляет своим абонентам услуги, скорость передачи информации которых более чем в 100 раз превышает скорость самого быстрого на данный момент аналогового модема (56 Кбит/с) и более чем в 70 раз превышает скорость передачи информации в ISDN (128 Кбит/с).

Технология SHDSL (стандарт G.991.2) обеспечивает симметричную дуплексную передачу данных на скоростях от 192 Кб/с до 2,32 Мб/с по обычной медной линии связи. Работа по двум парам в симметричном режиме со скоростью от 384 Кб/с до 4.6 Мб/с.

Для организации доступа по SHDSL технологии необходим прямой провод (физическая двухпроводная линия). SHDSL не может сохранить телефонный канал, новая Voice-over-DSL техника применяется для передачи оцифрованного голоса. Скорость доступа при подключении по SHDSL определяется техническими характеристиками, протяжённостью конкретной

линии связи, соединяющей абонента с провайдером, и конкретной маркой SHDSL модема.

В основу G.shdsl были положены основные идеи HDSL2, получившие дальнейшее развитие. Была поставлена задача, применяя методы линейного кодирования и технологию модуляции HDSL2, снизить взаимное влияние на соседние линии xDSL при скоростях передачи выше 784 Кбит/с. Так как, новая система применяет более эффективный линейный код по сравнению с 2B1Q, то при любой скорости сигнал G.shdsl занимает узкую полосу частот, чем соответствующий той же скорости сигнал 2B1Q. Поэтому помехи от систем G.shdsl на другие системы xDSL имеют наименьшую мощность по сравнению с помехами, создаваемыми HDSL типа 2B1Q. Спектральная плотность сигнала G.shdsl имеет форму, обеспечивающую его идеальную спектральную совместимость с сигналами xDSL.

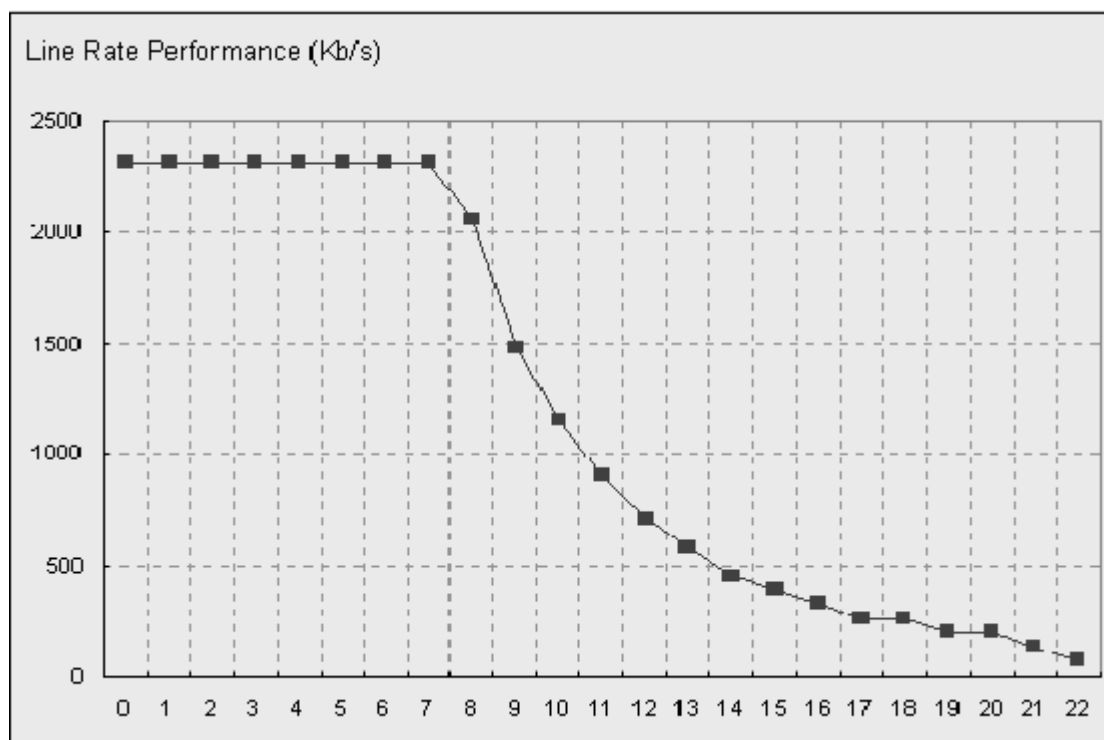


Рисунок 1.4 - Зависимость скорости передачи данных от расстояния для SHDSL

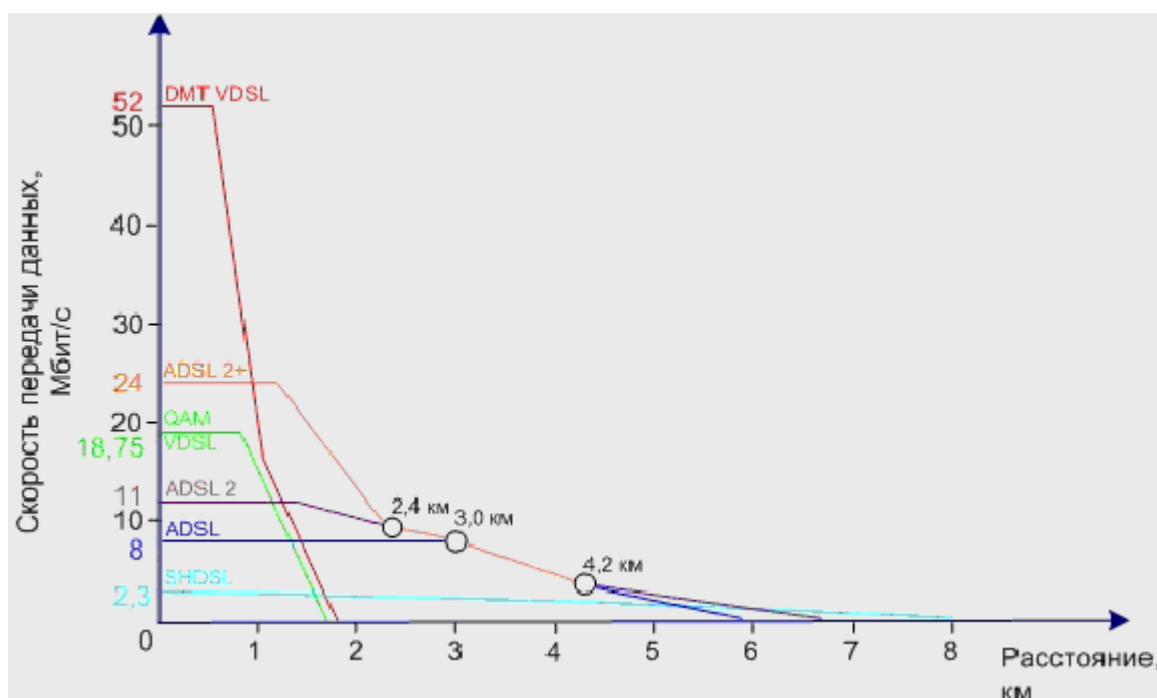


Рисунок 1.5 - Зависимость скорости передачи данных от расстояния для xDSL

Технология SHDSL максимально эффективно решает задачи, которые требуют передачи одинаковых по объему потоков в обе стороны:

- соединение удаленных точек ЛВС-ЛВС;
- подключение учрежденческих АТС к сети общего пользования;
- подключение к сетям Интернет, IP/Frame Relay/ATM;
- удаленный доступ к сети предприятия.

Наиболее востребованными решениями в корпоративном секторе являются:

- подключение офиса к сети Интернет;
- передача данных с выходом в сеть Интернет с возможностью одновременной;
- организации до четырех аналоговых телефонных каналов;
- передача данных с выходом в сеть Интернет в потоке E1, цифровая телефония (от 1 до 30 телефонных линий).

Реализация проекта принесёт следующие преимущества:

- создание высокоскоростной городской магистрали передачи информации Gigabit Ethernet с пропускной способностью 1-10 Гбит/с;
- приближение высокоскоростных технологий последней мили (xDSL) к пользователям;
- использовать существующую инфраструктуру АО «Казахтелеком»;
- охват зоной досягаемости xDSL большей части города;
- значительная экономия средств по сравнению с альтернативными решениями;
- быстрота внедрения;
- возможность разбиения проекта на этапы;

- наличие клиентской базы с высоким потенциалом;
- быстрая окупаемость;
- при этом есть возможность предусмотреть эффективное сопряжение сети с МСПД, использующей технологию IP/MPLS.

Главная цель заключается в организации на существующих в городе Павлодаре ВОЛС кольцо, магистралей GIGABIT ETHERNET. На узлах магистралей размещаются платформы широкополосного доступа xDSL. Магистраль применяет пару волокон в ВОЛС кольце и ETHERNET коммутаторы CISCO CATALYST ME-C3750-24TE-M в качестве устройств доступа к оптике. Коммутаторы размещаются в точках разрыва ВОЛС – на каждой узловой станции – а именно на АТС32,45,46/54,47,53,55 и RLSM 500/502, 505/507, 515/517, 526/528, 575, у оптических кроссов. В тех же шкафах устанавливается 4 местное шасси DSLAM CoreCess6804SPC оснащённые 24-портовыми линейными картами xDSL и G.SHDSL и сплиттеры. Таким образом платформы доступа объединены в три кольцевых сегмента. В узлах сегментов (АТС32, 54/46, 45/570) используются метро коммутаторы CATALYST ME C3750-24TE-M, причём на АТС32 их пара составляет резервированный стек. Остальные платформы строятся на базе таких же но одиночных коммутаторов с стационарным питанием. В качестве терминирующего маршрутизатора используется CISCO7206VXRNPE-G1. В состав оборудования входят управляющие программно аппаратные комплексы CISCO SECURE ACS, SESM и SSG, WORKS включающие компьютеры PC и SUN.

Проект ставит следующие задачи:

- создание универсальной транспортной среды путём установки платформ широкополосного доступа на узлах сети;

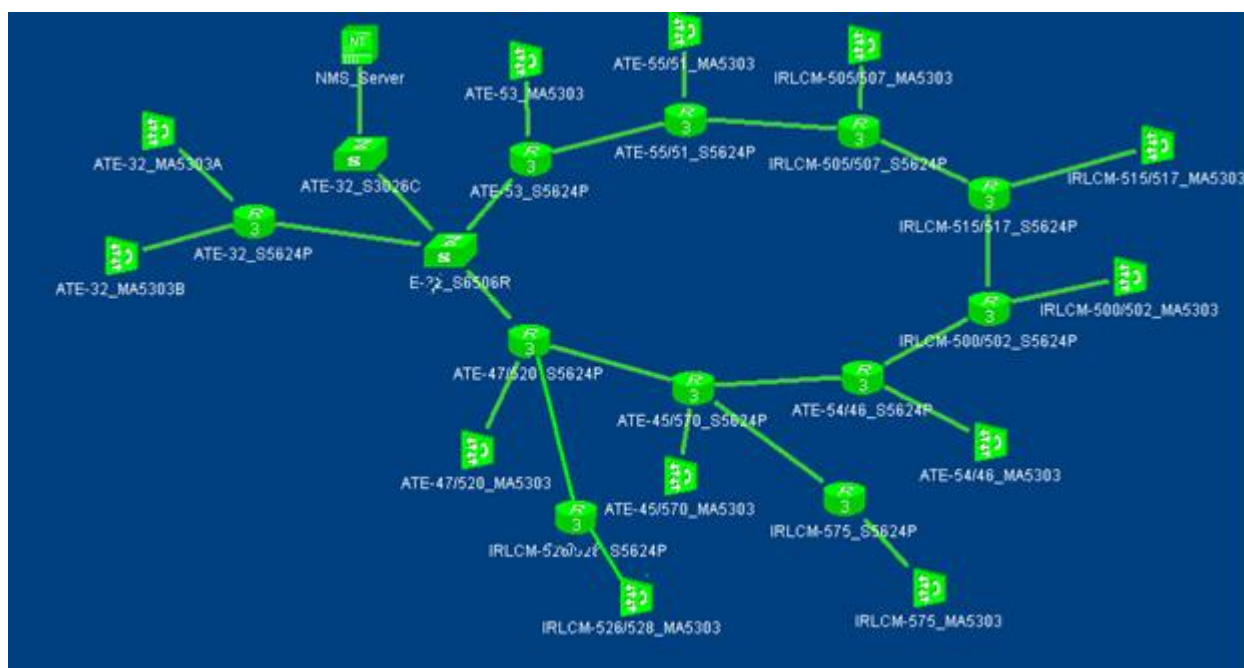


Рисунок 1.6 - Универсальная транспортная среда

- объединение платформ в единую сеть на основе ВОЛС;

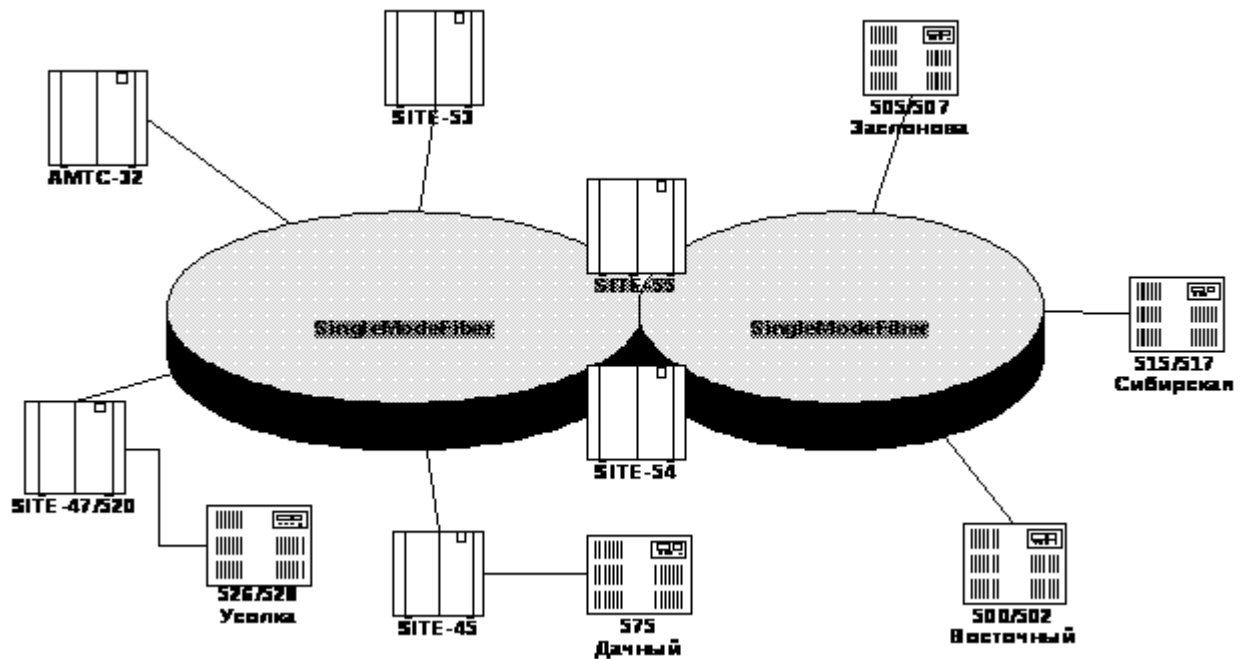


Рисунок 1.7 - Организация сети в городе Павлодар

- организация терминции трафика, управления, мониторинга и биллинга;
- организация виртуальных подсетей VLAN (802.1Q).

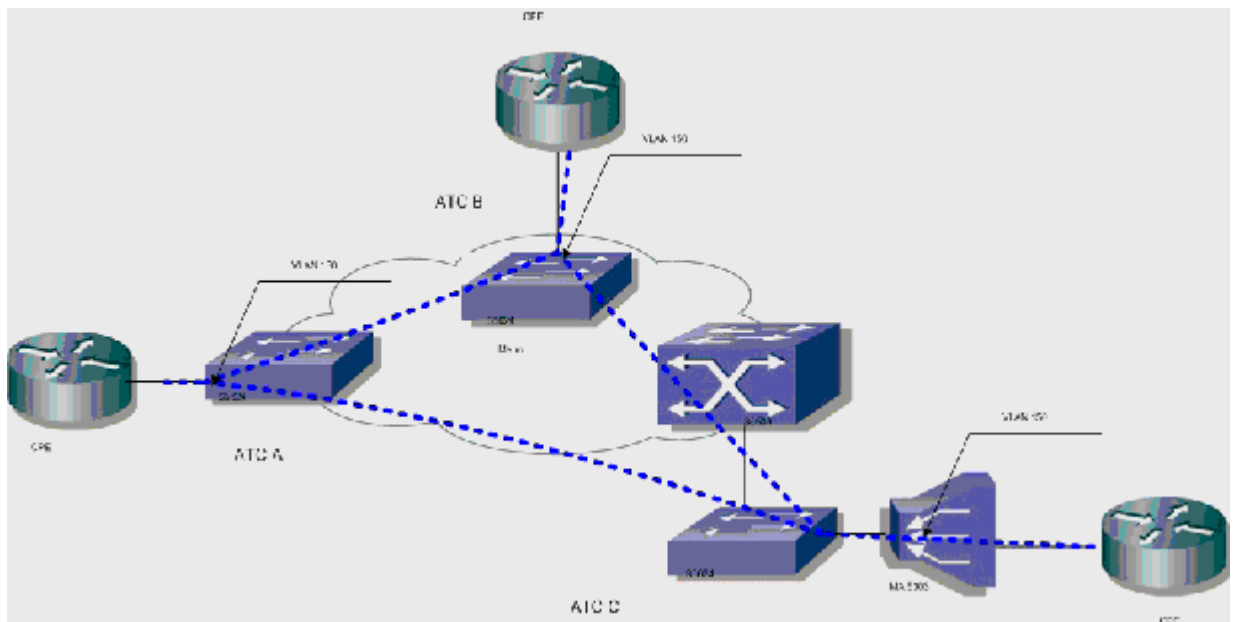


Рисунок 1.8 - Организация виртуальных подсетей VLAN

Клиент имеет 3 офиса: офис 1 подключен к S5624P узла ATC A; офис 2 подключен к S5624P узла ATC B; офис 3 подключен к MA5303 узла ATC C. Для организации услуги оператор выделяется VLAN 150:

- організація шлюза в сеть ДКП;

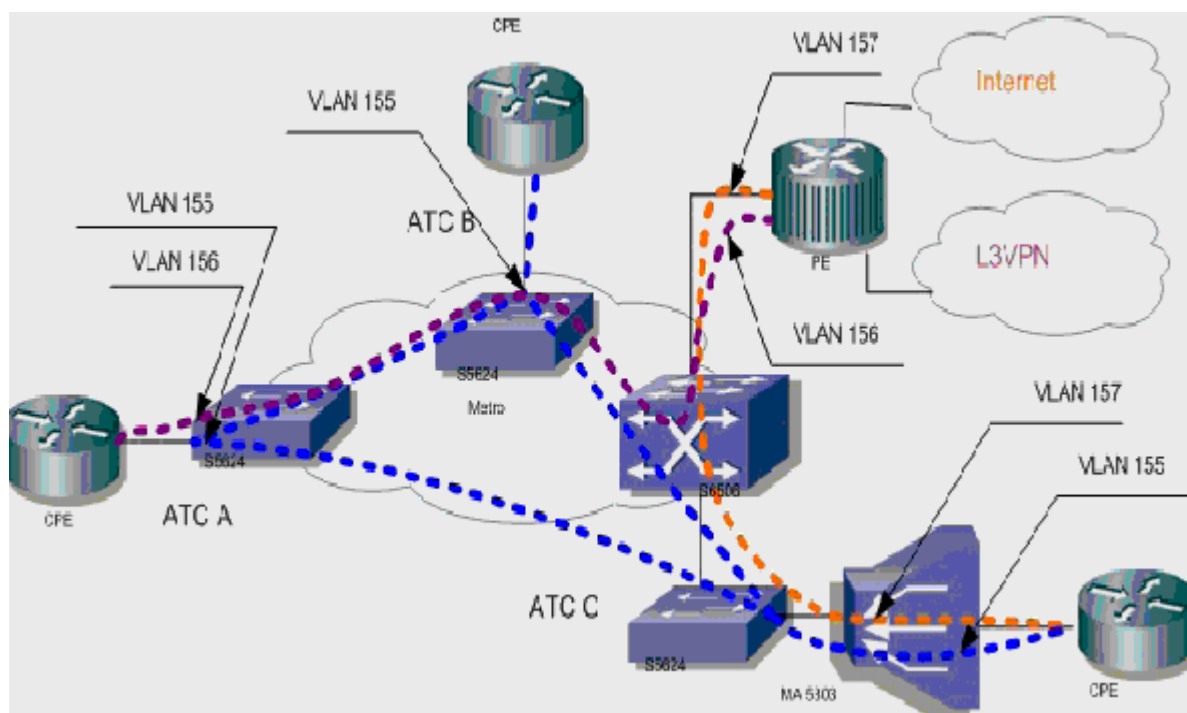


Рисунок 1.9 - Организация шлюза в сеть ДКП

2 Основы мультисервисных сетей

2.1 Мультисервисные сети. Архитектура мультисервисных сетей

Мультисервисная сеть - это универсальная многоцелевая среда, предназначенная для передачи речи, изображения и данных с применением технологии коммутации пакетов. Мультисервисная сеть на базе IP отличается степенью надежности, характерной для телефонных сетей и обеспечивает низкую стоимость передачи.

Главная задача мультисервисных сетей состоит в обеспечении работы разнородных информационных и телекоммуникационных систем и приложений в единой транспортной среде, когда при передаче обычного трафика (данных) и трафика другой информации (речи, видео и др.) используется единая инфраструктура.

Главная идея и основная цель мультисервисных сетей заключается в доступности любых сервисов в любое время, в любом месте. Такая сеть открывает множество возможностей построения многообразных наложенных сервисов поверх универсальной транспортной среды - от пакетной телефонии до интерактивного телевидения и веб-служб. Сеть нового поколения отличается универсальностью обслуживания разных приложений, независимостью от технологий услуг связи и гибкостью получения набора, объема и качества услуг, полной прозрачностью взаимоотношений между поставщиком услуг и пользователями.

Интеграция трафика различных данных и речи позволяет добиться качественного повышения эффективности информационной поддержки управления предприятием, при этом использование интегрированной транспортной среды снижает издержки на создание и эксплуатацию сети. Мультисервисная сеть использует единый канал для передачи различных данных, уменьшает разнообразие типов оборудования, применяет единые стандарты, технологии и централизованно управляет коммуникационной средой.

Архитектурную структуру мультисервисной сети можно представить в виде 3 основных уровней (приложение А):

- транспортного уровня;
- уровня управления коммутацией и передачей данных;
- уровня услуг и управления услугами.

Задачей транспортного уровня являются коммутация и «прозрачная» передача информации абонента.

Уровень управления услугами содержит функции управления логикой услуг и приложений и представляет собой распределенную вычислительную среду, которая обеспечивает:

- предоставление инфокоммуникационных услуг;

- управление услугами;
- создание и внедрение новых услуг;
- взаимодействие различных услуг.

Трехуровневая модель мультисервисной сети показана на рисунке 2.2.

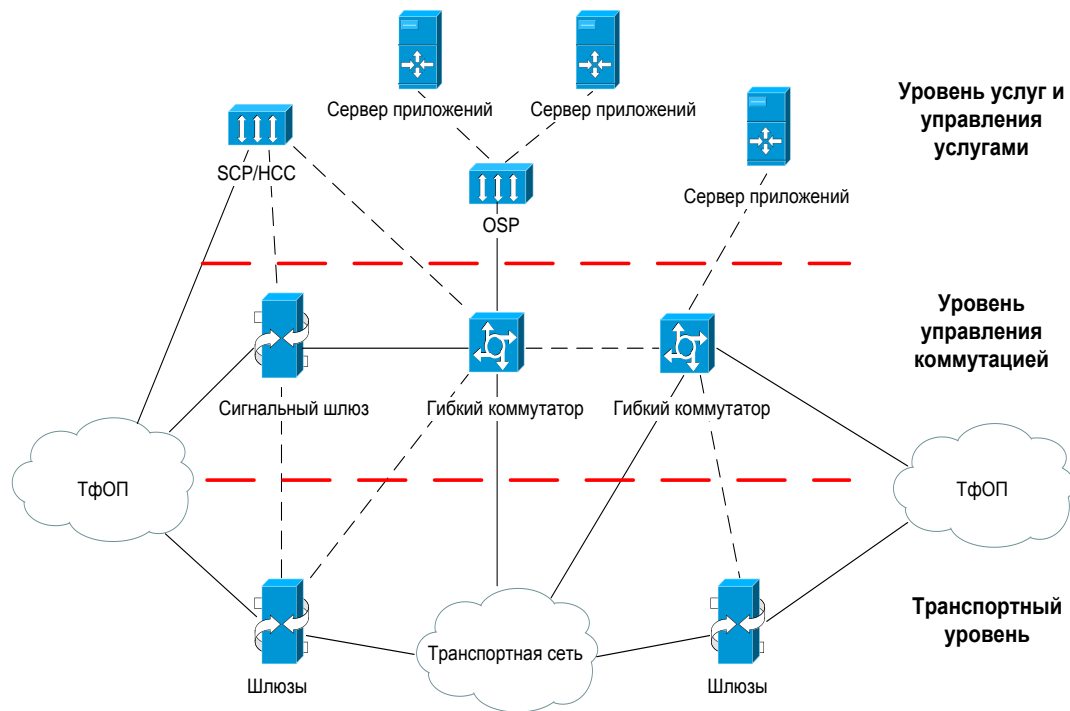


Рисунок 2.2 - Трехуровневая модель мультисервисной сети

Особенность сети – это открытые интерфейсы между транспортным уровнем и уровнем управления коммутацией. Сравнительно с классической АТС это все равно, что разделить оборудование станции на функциональные блоки, когда один блок реализует функции по обработке сигнализации, маршрутизации вызовов, сбору статической информации и т. д., а второй блок (или группа блоков) обеспечивает коммутацию несущих каналов. При этом взаимодействие между блоками реализуется с помощью стандартизированных протоколов.

Транспортный уровень сети строится на базе пакетных технологий передачи данных. Основные применяемые технологии АТМ и IP. В основу транспортного уровня мультисервисной сети входят существующие сети АТМ или IP, т.е. сеть может создаваться как наложенная на существующие транспортные пакетные сети.

Задачей уровня управления коммутацией и передачей является управление установлением соединения в сети.

Установление соединения производится на уровне элементов транспортной сети под внешним управлением устройства гибкого коммутатора. Исключением являются АТС с функциями MGC, которые сами выполняют коммутацию на уровне элемента транспортной сети. При использовании в сети

нескольких гибких коммутаторов они взаимодействуют по межузловым протоколам (как правило, семейство SIP-T) и обеспечивают совместное управление установлением соединения.

Гибкий коммутатор (SoftSwitch) – это основной компонент мультисервисной сети, который осуществляет управление вызовами, управление доступом к медиашлюзам, распределение ресурсов, обработку протоколов, маршрутизацию, аутентификацию и учет стоимости услуг, а также предоставление пользователям основных речевых услуг связи, мобильные услуги, услуги мультимедиа, а также интерфейсы программирования приложений.

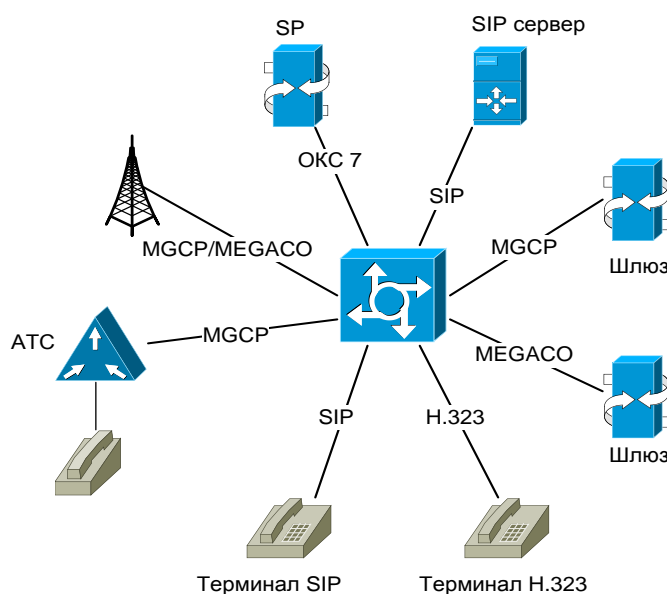


Рисунок 2.3 - Сетевое окружение SoftSwitch

Гибкий коммутатор должен осуществлять:

- обработку всех видов сигнализации, используемых в его домене;
- хранение и управление абонентскими данными пользователей, подключаемых к его домену непосредственно или через оборудование шлюзов доступа;
- взаимодействие с серверами приложений для предоставления расширенного списка услуг пользователям сети;

При установлении сети оборудование гибкого коммутатора осуществляет сигнальный обмен функциональными элементами уровня управления коммутацией. Для передачи информации сигнализации сети СТОП через пакетную сеть используются специальные протоколы.

На основании анализа принятой информации и решения о последующей маршрутизации вызова оборудование гибкого коммутатора, используя соответствующие протоколы, осуществляет сигнальный обмен по установлению соединения с сетевыми элементами назначения и управляет с использованием протокола H.248 (для IP коммутации) или ВСС (для АТМ

коммутации) установлением соединения для передачи пользовательской информации. При этом потоки пользовательской информации не проходят через гибкий коммутатор, а замыкаются на уровне транспортной сети.

Терминальное оборудование пакетной сети взаимодействует с оборудованием гибкого коммутатора с использованием протоколов SIP и H.323. Пользовательская информация от терминального оборудования поступает на уровень узлов доступа пакетной сети и далее маршрутизируется под управлением гибкого коммутатора.

Основной услугой, предоставляемой как в классических сетях связи, так и в мультисервисной сети, является передача информации между пользователями сети. Использование пакетных технологий на уровне транспортной сети позволяет обеспечить единые алгоритмы доставки информации для различных видов связи.

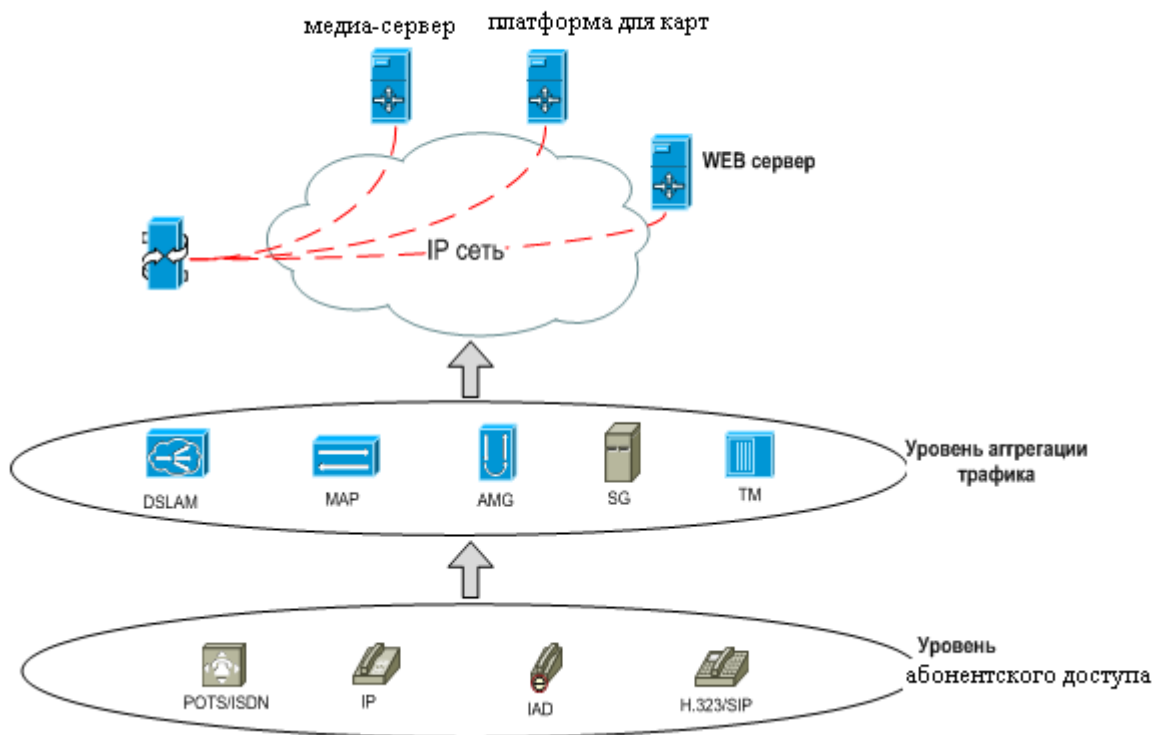


Рисунок 2.4 – Схема предоставления услуг в мультисервисной сети

Использование пакетных технологий позволяет обеспечивать совместное предоставление расширенного списка услуг вне зависимости от типа доступа, используемого пользователем.

Для доступа абонентов к услугам мультисервисной сети используются:

- интегрированные сети доступа, подключенные к оконечным узлам мультисервисной сети и обеспечивающие подключение пользователей как к мультисервисной сети, так и к традиционным сетям (например СТОП);

- традиционные сети (СТОП, СДОП, СПС), пользователи которых получают доступ к мультисервисной сети через узлы, подключенные к шлюзам (Media Gateway).

На СТОП для доступа используется пользовательский участок, для увеличения пропускной способности которого применяется технология xDSL, а на сетях подвижной связи применяется технология GPRS.

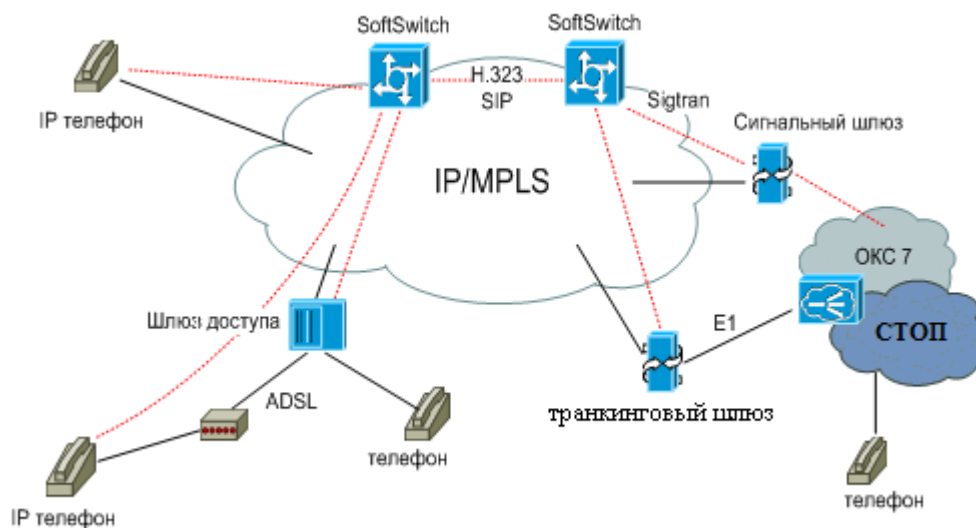


Рисунок 2.5 – Адаптация систем доступа для работы в пакетной сети

Основные преимущества мультисервисной сети:

- высокая масштабируемость;
- модульное расширение;
- поддержка оборудования разных производителей;
- быстрая разработка и внедрение новых видов услуг;
- добавление новых услуг и элементов сети не зависимо от типа транспортной сети и метода доступа;
- низкая стоимость эксплуатации за счет эффективного использования сетевых ресурсов.

2.2 Стандарт Ethernet (10 BASE – T; IEEE 802.3)

В дальнейшем при совершенствовании способов и методов доступа, телекоммуникационные компании пришли к новому стандарту, который является очередным шагом в развитии технологий локальных вычислительных сетей. Этот стандарт называется Ethernet. Сети Ethernet позволяют организовать совместную работу и использование ресурсов, обеспечить универсальность передачи данных и гибкость администрирования. Основные ограничения сети Ethernet максимальная длина линии без дополнительного оборудования -

несколько десятков метров, количество машин в сети - в пределах двухсот - поэтому в более глобальных масштабах стандарт Ethernet не рассматривался. Революцию на рынке телекоммуникаций произвело широкое внедрение волоконно-оптических технологий. Согласно стандарту, сигнал по оптоволокну передается без усиления, а значит и затрат на дополнительное оборудование в пределах 2 км, но современные технологии позволили увеличить это расстояние до 100 и более километров. Институт инженеров по электротехнике и электронике (Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)) - профессиональная организация, которая определяет стандарты сетей. Стандарты IEEE являются преобладающими и наиболее известными стандартами локальных сетей в мире. Рабочая группа из ее членов (относящихся к IEEE 802.3) определила новые стандарты для сетей Ethernet в середине 1980-ых, для определения Ethernet как сети для общего пользования, этот стандарт был назван Ethernet 802.3. Этот стандарт основан на множественном доступе с контролем несущей и обнаружением конфликтов (carrier sense multiple access collision detect (CSMA/CD)). Ethernet 802.3 описывает физический уровень и протокол управления доступом к передающей среде (Media Access Control (MAC)), который является частью канального уровня.

2.3 Технология Fast Ethernet

Технология Fast Ethernet является эволюционным развитием классической технологии Ethernet. Fast Ethernet называется 100BaseT. Это объясняется тем, что: 100BaseT является расширением стандарта 10BaseT с пропускной способностью от 10 М бит/с до 100 Мбит/с. Стандарт 100BaseT включает в себя протокол обработки множественного доступа с опознаванием несущей и обнаружением конфликтов CSMA/CD, который используется и в 10BaseT. Кроме этого, Fast Ethernet может работать на кабелях нескольких типов, в том числе и на витой паре.

Помимо сохранения протокола CSMA/CD, другим важным решением было спроектировать 100BaseT таким образом, чтобы в нем можно было применять кабели разных типов - как те, что используются в старых версиях Ethernet, так и в новых.

Как было отмечено ранее, передающая информацию рабочая станция должна прослушивать сеть в течение времени, позволяющего убедиться в том, что информация дошла до станции назначения. В сети Ethernet с пропускной способностью 10 Мбит/с (например 10Base5) промежуток времени, необходимый рабочей станции для прослушивания сети на предмет конфликта, определяется расстоянием, которое 512-битный кадр (размер кадра задан в стандарте Ethernet) пройдет за время обработки этого кадра на рабочей станции. Для сети Ethernet с пропускной способностью 10 Мбит/с это

расстояние равно 2500 метрам. Максимальная длина сегмента в сети 100BaseT составляет 250 метров, то есть всего 10% от теоретического предела протяженности сети Ethernet.

2.4 Построение сети с использованием Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet применяется прежде всего, в системообразующих частях локальных сетей, то есть для соединения мощных серверов с коммутаторами и коммутаторов друг с другом (см. Рисунок 2.6).

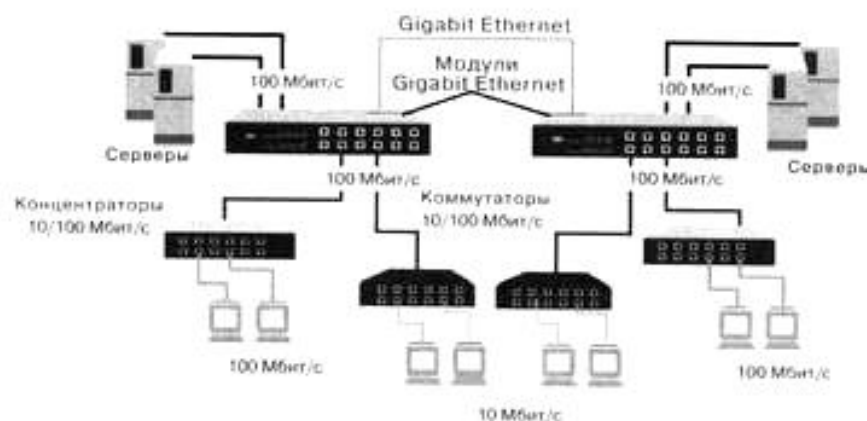


Рисунок 2.6 – Применение Gigabit Ethernet

В первую очередь Gigabit Ethernet будет применяться для соединения коммутаторов и подключения серверов.

Для некоторых коммутаторов выпускаются модули, которые позволяют обеспечить их соединение с Gigabit Ethernet. У новых моделей имеются один или несколько встроенных портов 1000Base-X. Это дает возможность либо путем замены сетевой карты на сервере и установки дополнительного модуля в коммутаторе резко повысить производительность канала, связывающего сервер с сетью, либо после установки дополнительных модулей в коммутаторы повысить производительность главной сетевой магистрали. Наличие коммутаторов с несколькими портами Gigabit Ethernet позволяет комбинировать оба способа, повышая производительность.

1000Base-X - модернизация локальной магистрали Fast Ethernet и территориальной магистрали FDDI. В последнем случае, например, все, что нужно сделать, - это установить новые интерфейсные модули в маршрутизаторы, коммутаторы или концентраторы. И наконец, высокопроизводительные рабочие станции можно будет подключать к концентраторам (если таковые появятся), буферным распределителям и коммутаторам.

2.4.1 Протоколы TCP/IP.

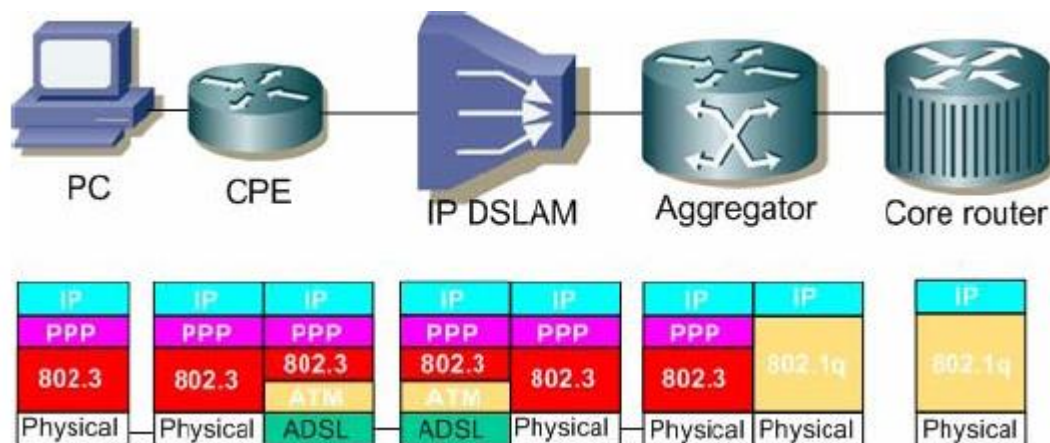


Рисунок 2.7 - Стек протоколов при подключении

Базу транспортных средств стека протоколов TCP/IP составляет протокол межсетевого взаимодействия - Internet Protocol (IP). К главным функциям протокола IP входят:

- перенос между сетями различных видов адресных данных в унифицированной форме,
- сборка и разборка пакетов при передаче между сетями с разными максимальными значениями длины пакета.

Пакет IP состоит из заголовка и поля данных. Заголовок пакета имеет поля:

- Поле Номер версии (VERS) показывает версию протокола IP. В настоящее время повсеместно используется версия 4 и готовится переход на версию 6, которая называется также IPng (IP next generation).
- Поле Длина заголовка (HLEN) пакета IP занимает 4 бита и показывает значение длины заголовка, измеряемое в 32-битовых словах. Обычно заголовок имеет длину в 20 байт (пять 32-битовых слов), но при увеличении объема служебных данных эта длина может увеличиться за счет использования дополнительных байт в поле Резерв (IP OPTIONS).
- Поле Тип сервиса (SERVICE TYPE) занимает 1 байт и задает приоритетность пакета и вид критерия выбора маршрута. Первые три бита этого поля формируют подполе приоритета пакета (PRECEDENCE). Приоритет может иметь значения от 0 (нормальный пакет) до 7 (пакет управляющей информации). Маршрутизаторы и компьютеры могут принимать во внимание приоритет пакета и обрабатывать наиболее важные пакеты в первую очередь. Поле Тип сервиса содержит также три бита, которые определяют критерий выбора маршрута. Установленный бит D (delay) означает, что маршрут должен выбираться для минимизации задержки доставки данного пакета, бит T - для максимизации пропускной способности, а бит R - для максимизации надежности доставки.

- Поле Общая длина (TOTAL LENGTH) занимает 2 байта и показывает общую длину пакета с учетом заголовка и поля данных.

- Поле Идентификатор пакета (IDENTIFICATION) занимает 2 байта и применяется для распознавания пакетов, сформировавшихся путем фрагментации исходного пакета. Все фрагменты должны иметь одинаковое значение данного поля.

- Поле Флаги (FLAGS) занимает 3 бита, оно показывает на возможность фрагментации пакета (установленный бит Do not Fragment - DF - запрещает маршрутизатору фрагментировать данный пакет), а также на то, является ли данный пакет промежуточным или последним фрагментом исходного пакета (установленный бит More Fragments - MF - говорит о том, что пакет переносит промежуточный фрагмент).

- Поле Смещение фрагмента (FRAGMENT OFFSET) занимает 13 бит, используется для указания в байтах смещения поля данных этого пакета от начала общего поля данных исходного пакета, подвергнутого фрагментации. Применяется для сборки/разборки фрагментов пакетов при передачах между сетями с различными величинами максимальной длины пакета.

- Поле Время жизни (TIME TO LIVE) занимает 1 байт и указывает предельный срок, в течение которого пакет может перемещаться по сети. Время жизни этого пакета измеряется в секундах и задается источником передачи посредством IP протокола. На шлюзах и в других узлах сети по окончании каждой секунды из текущего времени жизни вычитается единица; единица вычитается также при каждой транзитной передаче (даже если не прошла секунда). По окончании времени жизни пакет аннулируется.

- Идентификатор Протокола верхнего уровня (PROTOCOL) занимает 1 байт и показывает, какому протоколу верхнего уровня принадлежит пакет (например, это могут быть протоколы TCP, UDP или RIP).

- Контрольная сумма (HEADER CHECKSUM) занимает 2 байта, рассчитывается по всему заголовку.

- Поля Адрес источника (SOURCE IP ADDRESS) и Адрес назначения (DESTINATION IP ADDRESS) имеют одинаковую длину - 32 бита, и одинаковую структуру.

- Поле Резерв (IP OPTIONS) является необязательным и применяется только при отладке сети. Это поле содержит несколько подполей, каждое из которых может быть одного из восьми predetermined типов. В этих подполях можно указывать точный маршрут прохождения маршрутизаторов, регистрировать проходимые пакетом маршрутизаторы, помещать данные системы безопасности, и временные отметки. Так как число подполей может быть произвольным, то в конце поля Резерв должно быть добавлено несколько байт для выравнивания заголовка пакета по 32-битной границе.

Максимальная длина поля данных пакета ограничена разрядностью поля, которая определяет эту величину, и составляет 65535 байтов, но при передаче по сетям различного типа длина пакета выбирается с учетом максимальной длины пакета протокола нижнего уровня, несущего IP-пакеты. Если это кадры

Ethernet, то выбираются пакеты с максимальной длиной в 1500 байтов, вмещающиеся в поле данных кадра Ethernet.

В стеке протоколов TCP/IP протокол TCP (Transmission Control Protocol) работает так же, как и протокол UDP, на транспортном уровне. Он обеспечивает надежную транспортировку данных между прикладными процессами путем установления логического соединения.

Единица данных протокола TCP - это сегмент. Информация, поступающая к протоколу TCP в рамках логического соединения от протоколов наиболее высокого уровня, принимается протоколом TCP как неструктурированный поток байт. Поступающие данные буферизуются средствами TCP. Для передачи на сетевой уровень из буфера "вырезается" некоторая непрерывная часть данных, которая называется сегментом.

В протоколе TCP предусмотрен случай, когда приложение обращается с запросом о срочной передаче информации (бит PSN в запросе установлен в 1). В таком случае протокол TCP, не дожидаясь заполнения буфера до уровня размера сегмента, немедленно передает указанные данные в сеть. Такие данные передаются вне потока - out of band.

Не все сегменты, отправленные через соединение, будут одного и того же размера, но оба участника соединения должны договориться о максимальном размере сегмента, который они используют. Этот размер выбирается так, чтобы при упаковке сегмента в IP-пакет он помещался туда полностью, то есть максимальный размер сегмента не должен превышать максимального размера поля данных IP-пакета. Иначе, пришлось бы выполнять фрагментацию, то есть делить сегмент на несколько частей, чтобы он влез в IP-пакет.

Такие же проблемы решаются и на сетевом уровне. Чтобы избежать фрагментации, необходимо выбрать соответствующий максимальный размер IP-пакета. Но при этом нужно учесть максимальные размеры поля данных кадров (MTU) всех протоколов канального уровня, используемых в сети. Максимальный размер сегмента не должен превосходить минимальное значение на множестве всех MTU составной сети.

В протоколе TCP также, как и в UDP, для связи с прикладными процессами используются порты. Номера портам присваиваются таким же образом: имеются стандартные, зарезервированные номера (например, номер 21 закреплен за сервисом FTP, 23 - за telnet), а мало известные приложения пользуются произвольными локальными номерами.

Но в протоколе TCP порты используются другим способом. Для организации надежной передачи информации предусматривается установление логического соединения между двумя прикладными процессами. В рамках соединения производится обязательное подтверждение правильности приема для всех переданных сообщений, и при необходимости идет повторная передача. Соединение в TCP дает возможность вести передачу информации одновременно в обе стороны, то есть полнодуплексную передачу.

Соединение в протоколе TCP идентифицируется парой полных адресов обоих взаимодействующих процессов (оконечных точек). Адрес каждой из

оконечных точек включает в себя IP-адрес (номер сети и номер компьютера) и номер порта. Одна оконечная точка может участвовать в нескольких соединениях.

При установлении соединения одна из сторон является инициатором. Она посылает запрос к протоколу TCP на открытие порта для передачи (active open).

После открытия порта протокол TCP на стороне процесса-инициатора посылает запрос процессу, с которым требуется установить соединение.

Протокол TCP на приемной стороне открывает порт для приема данных (passive open) и возвращает квитанцию, подтверждающую прием запроса.

Для того чтобы передача могла вестись в обе стороны, протокол на приемной стороне также открывает порт для передачи (active port) и также передает запрос к противоположной стороне.

Сторона-инициатор открывает порт для приема и возвращает квитанцию. Соединение считается установленным. Далее происходит обмен информацией в рамках данного соединения.

2.5 Метод доступа CSMA/CD

В сетях Ethernet применяется метод доступа к среде передачи информации, так называемый методом коллективного доступа с опознаванием несущей и обнаружением коллизий (carrier-sense-multiply-access with collision detection, CSMA/CD).

Данный метод применяется только в сетях с общей шиной (к которым относятся и радиосети, породившие этот метод). Все компьютеры этой сети имеют прямой доступ к общей шине, поэтому она может использоваться для передачи информации между любыми двумя узлами сети. Простота схемы подключения - это один из факторов, определивших успех стандарта Ethernet. Кабель, к которому подключены все станции, работает в режиме коллективного доступа (multiply-access, MA).

Вся информация, передаваемая по сети, помещаются в кадры определенной структуры и снабжаются уникальным адресом станции назначения. Затем кадр передается по кабелю. Все станции, подключенные к кабелю, могут распознать факт передачи кадра, и та станция, которая узнает собственный адрес в заголовках кадра, записывает все его содержимое в свой внутренний буфер, обрабатывает полученную информацию и посылает по кабелю кадр-ответ. Адрес станции-источника также включен в исходный кадр, потому станция-получатель знает, кому следует посылать ответ.

При таком подходе возможна ситуация, когда две станции одновременно пытаются передать кадр информации по общему кабелю. Для уменьшения такой ситуации непосредственно перед отправкой кадра передающая станция слушает кабель (то есть принимает и анализирует возникающие на нем электрические сигналы), чтобы обнаружить, не передается ли уже по кабелю

кадр информации от другой станции. Если опознается несущая (carrier-sense, CS), то станция откладывает передачу своего кадра до окончания чужой передачи, и только потом передает его вновь. Но даже при таком алгоритме две станции одновременно могут решить, что по шине в настоящее время нет передачи, и начать одновременную передачу своих кадров. При этом происходит коллизия, потому, что содержимое обоих кадров сталкивается на общем кабеле, это приводит к искажению информации.

Чтобы правильно обработать коллизию, все станции одновременно наблюдают за возникающими на кабеле сигналами. Если передаваемые и наблюдаемые сигналы различаются, то фиксируется обнаружение коллизии (collision detection, CD). Для увеличения вероятности немедленного обнаружения коллизии всеми станциями сети, коллизия усиливается посылкой в сеть станциями, начавшими передачу своих кадров, специальной последовательности битов, так называемой jam-последовательностью.

После обнаружения коллизии передающая станция должна прекратить передачу и ждать в течении короткого случайного интервала времени, а затем снова попытаться передать кадр.

Из описания метода доступа следует, что он носит вероятностный характер, и вероятность успешного получения в свое распоряжение общей среды зависит от загруженности сети, то есть от интенсивности возникновения в станциях потребности передачи кадров. При разработке такого метода предполагалось, что скорость передачи информации в 10 Мб/с очень высока по сравнению с потребностями компьютеров во взаимном обмене информацией, потому загрузка сети будет всегда небольшой. Это предположение часто справедлив и на сегодня, но уже появились приложения, которые работают в реальном масштабе времени с мультимедийной информацией, для которых требуются более высокие скорости передачи информации. И поэтому наряду с классическим Ethernet'ом растет потребность и в новых высокоскоростных технологиях.

Метод CSMA/CD определяет основные временные и логические соотношения, гарантирующие корректную работу всех станций в сети:

Между двумя последовательно передаваемыми по общей шине кадрами информации должна выдерживаться пауза в 9.6 мкс; эта пауза необходима для приведения в исходное состояние сетевых адаптеров узлов, также для предотвращения монопольного захвата среды передачи информации одной станцией.

При обнаружении коллизии (условия ее обнаружения зависят от применяемой физической среды) станция выдает в среду специальную 32-х битную последовательность (jam-последовательность), которая усиливает явление коллизии для более надежного распознавания ее всеми узлами сети.

При обнаружении коллизии каждый узел, который передавал кадр и столкнулся с коллизией, после некоторой задержки повторно передает свой кадр. Узел делает максимально 16 попыток передачи данного кадра информации, а после отказывается от его передачи. Величина задержки

выбирается как равномерно распределенное случайное число из интервала, длина которого экспоненциально растет с каждой попыткой. Такой алгоритм выбора величины задержки снижает вероятность коллизий и уменьшает интенсивность выдачи кадров в сеть при ее высокой загрузке.

Точное обнаружение коллизий всеми станциями сети - необходимое условие правильной работы сети Ethernet. Если какая-либо передающая станция не обнаружит коллизию и решит, что кадр информации ею передан верно, то этот кадр будет потерян, так как информация кадра исказится из-за наложения сигналов при коллизии, он будет отброшен принимающей станцией (вероятнее всего из-за несовпадения контрольной суммы). Разумеется, искаженная информация будет повторно передана каким-либо протоколом верхнего уровня, например, транспортным или прикладным, который работает с установлением соединения и нумерацией своих сообщений. Но повторная передача сообщения протоколами верхних уровней происходит гораздо дольше по времени (десятки секунд) по сравнению с микросекундными интервалами, которыми оперирует протокол Ethernet. Поэтому, если коллизии не будут надежно распознаваться узлами сети Ethernet, то это приведет к заметному снижению полезной пропускной способности данной сети.

Все параметры протокола Ethernet подобраны таким образом, чтобы при нормальной работе узлов сети коллизии всегда четко распознавались. Именно для этого сама малая длина поля информации кадра должна быть не менее 46 байт (что вместе со служебными полями дает минимальную длину кадра в 72 байта или 576 бит). Длина кабельной системы выбирается так, чтобы за время передачи кадра малой длины сигнал коллизии успел распространиться до самого дальнего узла сети. Поэтому для скорости передачи данных 10 Мб/с, который используется в стандартах Ethernet, максимальное расстояние между двумя любыми узлами сети не должно превышать 2500 метров.

С увеличением скорости передачи кадров, которые имеют место в новых стандартах, основывающихся на таком же методе доступа CSMA/CD, например, Fast Ethernet, максимальная длина сети уменьшается пропорционально увеличению скорости передачи. Если в стандарте Fast Ethernet она составляет 210 м, то в гигабитном Ethernet ограничена 25 метрами.

Вне зависимости от реализации физической среды, все сети Ethernet должны удовлетворять двум ограничениям, связанным с методом доступа:

- максимальное расстояние между двумя узлами не должно превышать 2500 м, а в сети не должно быть более 1024 узлов;
- каждый вариант физической среды добавляет к этим ограничениям свои ограничения, которые также должны выполняться.

Основные параметры операций передачи и приема кадров Ethernet, кратко описанные выше.

Станция, которая хочет передать кадр, должна сперва с помощью MAC-узла упаковать информацию в кадр соответствующего формата. Затем для предотвращения смещения сигналов с сигналами другой передающей станции, MAC-узел должен прослушивать электрические сигналы на кабеле и если

обнаружатся несущие частоты 10 МГц, то отложить передачу своего кадра. По окончании передачи по кабелю станция должна выждать небольшую дополнительную паузу, так называемую межкадровым интервалом (interframe gap), это дает возможность узлу назначения принять и обработать передаваемый кадр, и только после этого начать передачу своего кадра.

Одновременно с передачей битов кадра приемо-передающее устройство узла следит за принимаемыми по общему кабелю битами, для того, чтобы вовремя обнаружить коллизию. В случае не обнаружения коллизии, передается весь кадр, поле этого MAC-уровень узла может принять кадр из сети либо от LLC-уровня.

Если же распознается коллизия, то MAC-узел прекращает передачу кадра и посылает jam-последовательность, усиливающую состояние коллизии. После посылки в сеть jam-последовательности MAC-узел делает случайную паузу и повторно передает свой кадр.

В случае обнаружения повторных коллизий существует максимально возможное число попыток повторной передачи кадра (attempt limit), оно равно 16. По достижении предела зафиксировается ошибка передачи кадра, сообщение о которой передается протоколу верхнего уровня.

Чтобы уменьшить интенсивность коллизий, каждый MAC-узел с каждой новой попыткой случайным образом увеличивает длительность паузы между попытками. Временное расписание длительности паузы определяется усеченным двоичным экспоненциальным алгоритмом отсрочки (truncated binary exponential backoff). Пауза всегда составляет целое число, называемых интервалом отсрочки.

Интервалом отсрочки (slot time) называется время, в течение которого станция гарантированно может узнать, что в сети нет коллизии. Это время тесно связано с другим важным временным параметром сети, то есть окном коллизий (collision window). Окно коллизий равно времени двукратного прохождения сигнала между удаленными узлами сети - наихудшему случаю задержки, при которой станция еще может обнаружить, что произошла коллизия. Интервал отсрочки выбирается равным величине окна коллизий плюс некоторая дополнительная величина задержки для гарантии:

интервал отсрочки = окно коллизий + дополнительная задержка

Т а б л и ц а 2.1 – Значения основных параметров процедуры передачи кадра стандарта 802.3

Битовая скорость	10 Мб/с
Интервал отсрочки	512 битовых интервалов
Межкадровый интервал	9.6 мкс
Максимальное число попыток передачи	10
Максимальное число возрастания диапазона паузы	10
Длина jam-последовательности	32 бита

Максимальная длина кадра (без преамбулы)	1518 байтов
Минимальная длина кадра (без преамбулы)	64 байта (512 бит)
Длина преамбулы	64 бита

В стандартах 802.3 большинство временных интервалов измеряются в количестве межбитовых интервалов, величина которых для битовой скорости 10 Мб/с составляет 0.1 мкс и равна времени передачи одного бита.

Величина интервала отсрочки в стандарте 802.3 равна 512 битовым интервалам, и эта величина рассчитана для максимальной длины коаксиального кабеля в 2.5 км. Величина 512 определяет и минимальную длину кадра в 64 байта, так как при кадрах меньшей длины станция может передать кадр и не успеть заметить факт возникновения коллизии из-за того, что искаженные коллизией сигналы дойдут до станции в худшем случае после завершения передачи. Такой кадр будет потерян.

Время паузы после N-ой коллизии полагается равным L интервалам отсрочки, где L - случайное целое число, которое равномерно распределено в диапазоне [0,2N]. Величина диапазона растет только до 10 попыток, далее диапазон остается равным [0, 210], то есть [0, 1024]. Значения основных параметров процедуры передачи кадра стандарта 802.3 приведено в таблице 2.1.

2.6 Среда передачи данных Ethernet

В Ethernet используются кабели на основе неэкранированной витой пары.

Витая пара — это вид кабеля связи, которая представляет собой одну или несколько пар изолированных проводников, скрученных между собой (с небольшим числом витков на единицу длины), покрытых пластиковой оболочкой. Свивание проводников производится с целью повышения связи проводников одной пары (электромагнитная помеха одинаково влияет на оба провода пары) и последующего уменьшения электромагнитных помех от внешних источников, а так же взаимных наводок при передаче дифференциальных сигналов. Для снижения связи отдельных пар кабеля (периодического сближения проводников различных пар) в кабелях UTP категории 5 и выше провода пары свиваются с различной частотой. Витая пара — это один из компонентов современных структурированных кабельных систем. Применяется в телекоммуникациях и в компьютерных сетях в качестве сетевого носителя в таких технологиях, как Ethernet, ARCNet и Token ring. Сейчас благодаря своей низкой стоимости и лёгкости в установке, является самым распространённым при построении локальных сетей.

Кабель подключается к сетевым устройствам с помощью соединителя RJ45, немного бóльшим, чем телефонный соединитель RJ11.

3 Проектирование мультисервисной сети с предоставлением услуг Triple Play в г. Павлодар с использованием технологии SDH

3.1 Постановка задачи и цель проекта

Для определения задачи данного проекта нужно рассмотреть стратегии перехода к мультисервисной сети, предложенные ведущими мировыми операторами телекоммуникаций. Возможные стратегии перехода целесообразно разделить на три основные группы: революционная, эволюционная и «островная». Первая стратегия применяется в двух случаях: строится новая сеть и вес эксплуатируемого оборудования передачи и коммутации требует замены.

Практическое применение революционной стратегии встречается очень редко. Вторая стратегия подразумевает, что оператор разрабатывает четкий план поэтапного преобразования сети. Аналогом такого подхода служит концепция «наложенной сети», принятая на этапе цифровизации телефонной сети общего пользования (СТОП). Третья стратегия основана на том, что оператор, по мере необходимости демонстрируя устаревшие коммутационные станции, формирует «острова» новой сети. Как видно, разумным вариантом следует считать эволюционную стратегию перехода, которая подразумевает сосуществование в течение некоторого времени двух технологий распределения информации – «коммутация каналов» и «коммутация пакетов» - в основной сети.

В данном проекте существующая сеть СТОП представляет собой узкополосную сеть TDM с коммутацией каналов. В этом случае, можно использовать островную стратегию перехода к сетям следующего поколения. SoftX3000 выполняет функции сигнального коммутатора, а универсальный медиашлюз UMG8900 – функции абонентского доступа и коммутации. Так, благодаря совместимости с существующей сетью TDM появляется возможность шаг за шагом реконструировать сеть СТОП и осуществить постепенную эволюцию к сетям нового поколения.

3.2 Общее описание проектируемой сети

Проектируемая сеть строится на базе узлов, расположенных на АТС, АМТС и РАИУ города Павлодар. Узлы соединяются между собой волоконно-оптическими линиями связи, на базе которых формируются магистральные каналы связи Gigabit Ethernet с пропускной способностью 1 Гбит/с. Подключение абонентов к сети осуществляется по каналам связи, создаваемым

по технологии FastEthernet или GigabitEthernet, так же по проводным телефонным линиям связи с применением технологий xDSL.

Внедрение мультисервисной сети происходит по принципу «расширяющегося ядра», который предполагает постепенное внедрение и увеличение количества элементов сети на всех уровнях сети.

Сперва предполагается внедрение сети VoIP на междугородном уровне для сброса излишков междугородного и местного трафика на сеть с коммутацией пакетов. Такое решение дает возможность значительно уменьшить инвестиции в сеть с коммутацией каналов, а так же создаст технологическую базу для внедрения всех остальных технологий и оборудования мультисервисных сетей. Далее будут установлены медиашлюзы. Подключение медиашлюзов производится по сигнализации ОКС №7.

Точки подключения на местном уровне выбраны исходя из необходимости увеличения канальной емкости АМТС, емкости аналоговых АТС, которые подлежат замене.

Подключение медиашлюзов к сети передачи информации производится по интерфейсам FE или GE на уровне городских сетей Metro Ethernet. Управление медиашлюзами по протоколу H.248. Для управления сетью медиашлюзов должен быть установлен программный коммутатор.

В результате внедрения первого этапа будет создана альтернативная сеть передачи междугородного трафика по технологии VoIP, инфраструктура для внедрения новых видов услуг, уровень конвергенции для внедрения традиционных услуг местной связи с помощью устройства нового поколения.

В процессе внедрения данного проекта должны быть разрешены главные вопросы обеспечения необходимого качества передачи видеосигнала, речи по сети IP, информационной безопасности работы сети, сертификации биллинговой подсистемы, а так же вопросы административного управления всеми элементами мультисервисной сети.

Проектируемая сеть передачи информации Metro Ethernet в городе Павлодар предназначена для предоставления следующих услуг передачи информации:

- xDSL доступ в Интернет для домашних абонентов;
- корпоративный xDSL доступ в Интернет для корпоративных клиентов;
- корпоративный xDSL доступ, построение закрытых виртуальных сетей;
- построение закрытых частных сетей;
- IP-телевидение;
- телефония.

Проектируемая сеть строится на базе оборудования Cisco и Huawei. Применяемые технологии базируются на открытых стандартах, позволяющих расширять и дополнять существующую архитектуру. В рамках проектируемой сети на узлах связи устанавливаются следующие устройства: маршрутизаторы Cisco 7606, Cisco 7609, маршрутизирующие коммутаторы Cisco Catalyst 3750 ME, медиашлюзы Huawei UMG8900, сервер доступа Huawei MA5200G, платформа абонентского доступа Huawei UA5000, программный коммутатор

SoftX3000, головная IP-TV станция MediaPlex 20, каналобразующее устройство.

3.3 Структура сети

Городская сеть передачи информации в г. Павлодар имеет следующие подсистемы:

- уровень агрегации;
- уровень доступа;
- система управления сетью;
- система управления соединениями.

Подсистемы, не входящие в данный проект, но тесно связанные и являющиеся неотъемлемой частью системы предоставления услуг:

- система выбора услуг, контроля доступа и авторизации;
- серверы системы предоставления услуг;
- система защиты информации.

Уровень агрегации сети обеспечивает объединение всех остальных подсистем, и связь с внешними сетями. На этом уровне происходит объединение VLAN уровня доступа для их терминирования на шлюзе выбора услуг, SSG. Этот уровень построен на высокопроизводительных маршрутизирующих коммутаторах Cisco 3750 и маршрутизаторах Cisco серии 7600. Устройства уровня агрегации связаны интерфейсами Gigabit Ethernet и объединены в кольцо. Для связи с другими устройствами также используется Gigabit Ethernet интерфейсы.

Уровень доступа обеспечивает концентрацию трафика абонентов, классификацию и маркировку абонентского трафика с целью обеспечения заданных уровней качества обслуживания для разных видов данных. DSL концентраторы подключаются к коммутаторам интерфейсами Gigabit Ethernet. Коммутаторы уровня доступа объединяются в кольца или полукольца для обеспечения отказоустойчивости.

Система управления сети служит для обеспечения мониторинга сети, конфигурирования устройства и услуг на сети, измерения производительности и поддержание заданного уровня обслуживания.

Система управления обеспечивает:

- непрерывное автоматическое наблюдение (мониторинг) за работой сети;
- упрощение процесса администрирования сети, управления и конфигурирования устройств;
- поиск и локализация неисправностей;
- наглядная визуализация топологии сети с отображением состояния каналов и устройств.

Подсистема выбора услуг, контроля доступа и авторизации проводит авторизацию пользователей и дает возможность пользователю активизировать

необходимые ему сервисы. А также, подсистема ведет учет ресурсов, потребляемых клиентом.

Подсистема защиты информации представляет собой программно-аппаратный комплекс средств, который обеспечивает безопасность сети как относительно доступа к ресурсам публичных сетей (Интернет, сторонние операторы), так и относительно контроля содержания и структуры передаваемых информационных потоков.

Общая схема проектируемой мультисервисной сети MetroEthernet в г. Павлодар приведена в приложении А.

3.4 Оборудование проектируемой сети

Для построения мультисервисной сети с предоставлением услуг Triple Play в г. Павлодар использовано современное оборудование мировых производителей. На уровне агрегации применено оборудование компании Cisco, лидера в производстве и обслуживании оборудования для построения магистральной части современных сетей MetroEthernet. На уровне управления соединениями и уровне доступа применено решение компании Huawei для городских сетей: линейка устройства U-Sys, включающая в себя гибкий коммутатор SoftX3000, универсальный медиашлюз UMG8900, мультисервисный узел доступа UA5000. Для предоставления услуг IP-телевидения использована IP-TV станция компании Mediaplex, а на стороне пользователя устанавливается STB-приставка производства компании Thompson. Ниже приведены краткие описания каждого из оборудования. Месторасположение оборудования по узлам приведено в приложении В.

3.4.1 Оборудование уровня агрегации.

Многоуровневый коммутатор Cisco 3750ME.

Многоуровневый коммутатор Cisco Catalyst серии 3750 Metro предназначен для инфраструктуры городских сетей Ethernet, выполняет функции интеллектуальной коммутации на границе городской сети и обеспечивает поддержку дифференцированных услуг. Коммутатор поддерживает иерархическое управление качеством обслуживания (QoS) и ограничение исходящего трафика, интеллектуальное туннелирование 802.1Q, отображение виртуальных локальных сетей VLAN, мультипротокольную коммутацию на основе меток (MPLS) и Ethernet поверх MPLS (EoMPLS), а также резервирование питания переменного и постоянного тока. Благодаря технологии Cisco StackWise можно объединить до 9 коммутаторов Catalyst 3750ME, которые могут работать как один логический коммутатор. При этом можно получить до 468 портов 10/100TX или до 252 портов 10/100/1000T, добавляя новые коммутаторы в стек по мере надобности. Пропускная способность шины стека составляет 32 Гбит/с. Благодаря технологии Cisco

Express Forwarding (CEF) серия Catalyst 3750 обеспечивает высокопроизводительную маршрутизацию трафика IP, а также имеет аппаратную поддержку маршрутизации IPv6. Поддерживается большинство протоколов маршрутизации – RIPv1, RIPv2 (в версии ПО SMI и EMI), OSPF, IGRP, EIGRP, BGPv4 (только EMI), а также PBR и протоколы маршрутизации multicast-трафика (только EMI) – PIM-SM, PIM-DM, PIM sparse-dense mode, туннелирование DVMRP.

Маршрутизаторы Cisco 7609 и Cisco 7606.

Маршрутизаторы серии Cisco 7600 предназначены для построения территориально распределенных (WAN) и городских (MAN) сетей, и для использования в качестве граничных маршрутизаторов в сетях провайдеров услуг. Их основная задача - обеспечение работы критичных IP приложений на скоростях, равных пропускной способности оптических каналов. Они реализуют надежные и высокопроизводительные функции IP/MPLS. Поддерживая различные интерфейсы и технологию адаптивной обработки сетевого трафика, маршрутизаторы серии Cisco 7600 предлагают интегрированные услуги Ethernet, частных линий и агрегации пользовательских подключений.

Маршрутизаторы серии Cisco 7600 обеспечивают производительность на уровне нескольких Гбит/с в расчете на слот, выпускаются в различных форм-факторах и поддерживают улучшенные модули оптических интерфейсов для предоставления высокопроизводительных услуг. Мультипроцессорный модуль WAN-приложений обеспечивает интеллектуальное агрегирование широкополосных Ethernet-соединений и дает возможность использовать маршрутизатор серии Cisco 7600 в качестве концентратора доступа Ethernet L2TP или в качестве сетевого сервера L2TP с высокой плотностью пользовательских подключений.

3.4.2 Оборудование системы управления соединениями.

Гибкий коммутатор SoftX3000. SoftX3000 является гибким коммутатором (SoftSwitch) с большой емкостью, производительностью и высокими характеристиками, используется на уровне управления сети NGN и осуществляет управление вызовами и соединениями для сеансов речевой связи, передачи информации и услуг мультимедиа через IP-сеть. Оборудование SoftX3000 отличается возможностями предоставления разнообразных услуг и огромными возможностями сетевого взаимодействия. В процессе развития и интеграции традиционных сетей с сетями NGN устройство SoftX3000 может использоваться для различных целей:

- устройство полностью совместимо со всеми возможностями услуг сети PSTN и поддерживает различные протоколы, в том числе протокол управления медиашлюзом (MGCP), протокол H.248, протокол инициации сеанса связи (SIP) и протокол H.323. Традиционные телефонные терминалы PSTN, пакетные терминалы с поддержкой MGCP, H.248, SIP и/или H.323 могут подключаться к SoftX3000, он может обеспечить различные услуги, включая речевую связь,

передачу информации и услуги мультимедиа. Следовательно, устройство SoftX3000 может применяться в качестве оконечной станции услуг мультимедиа;

- устройство SoftX3000 поддерживает традиционную сигнализацию сети PSTN, например систему общеканальной сигнализации OKC7 (SS7), систему сигнализации R2, систему цифровой пользовательской сигнализации No.1 (DSS1) и протокол V5. Благодаря координации со шлюзами SG, TMG, UMG и другими шлюзами, SoftX3000 обеспечивает оборудованию различные способы доступа и технологии транспорта, которыми обладают существующие на сети PSTN станции. Устройство SoftX3000 может работать в качестве конечной станции речевой связи, транзитной станции или междугородной станции. Применяемый в сети MetroEthernet программный коммутатор SoftX3000 поддерживает такие IP сигнальные протоколы, как SIP/SIP-T; H.248; H.323; MGCP; SIGTRAN.

В сети MetroEthernet в г. Павлодар устанавливается два программных коммутатора SoftX3000. Это обеспечивает надежность функционирования подсистемы в сети способом применения решения «двухсвязного подключения» медиашлюзов, устройств доступа и IP-терминалов к двум программным коммутаторам SoftX3000, работающим в режиме взаимной поддержки (dual home). Решение dual-home предусматривает, что два программных коммутатора SoftX3000 обслуживают два различных домена сети. При этом между SoftX3000 организован сигнал синхронизации, который синхронизирует данные по клиентам, медиашлюзам и транкам из соседнего домена сети. В медиашлюзах и пакетных терминалах организуются два сигнальных направления регистрации: на активный и резервный SoftX3000. В обычном режиме каждый медиашлюз регистрируется в SoftX3000, который для него сконфигурирован как активный (первичный). В случае, регистрации медиашлюза от активного SoftX3000 не приходит подтверждения, он регистрируется на резервном (вторичном) SoftX3000. Емкость всех медиашлюзов и терминальных устройств, подключенных к первичному SoftX, работающего в режиме dual-home, для обеспечения достаточного уровня надежности должна быть не более 50% его емкости. Переключение «активный-резервный» может производиться как в автоматическом, так и в ручном режиме (по команде оператора OSS).

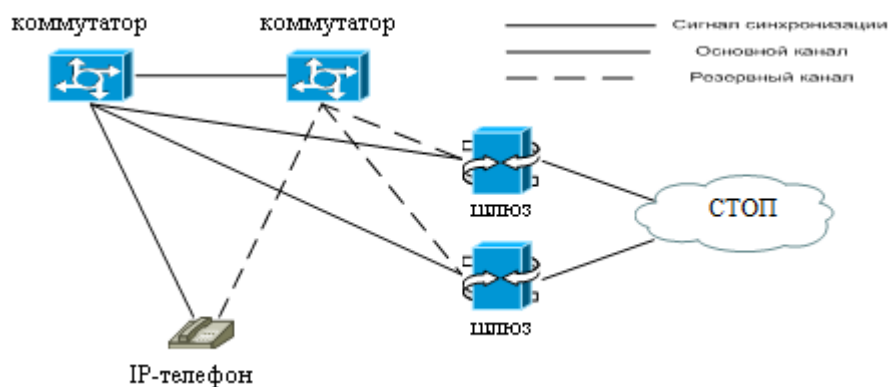


Рисунок 3.1 - Общая схема резервирования программных коммутаторов SoftX3000

3.4.3 Оборудование уровня доступа.

Универсальный медиашлюз UMG8900.

Универсальный медиашлюз UMG8900 применяется для прозрачной интеграции мультисервисных сетей NGN и сетей с коммутацией каналов (напр. СТОП), также для обеспечения приложений оконечной станции класса 5 и функций транзитной станции класса 4. В сочетании с SoftX3000 медиашлюз UMG8900 обеспечивает все функции PSTN, в том числе функции шлюза, пункта коммутации услуг SSP, многосторонней конференцсвязи. UMG8900 поддерживает различные виды речевых кодеков G.711/G.729/G.726/G.723, факс-кодека T.38, факса поверх G.711 и модема поверх G.711. UMG8900 поддерживает различные виды сигнализации, такие, как межстанционная сигнализация SS7/ R2/ No.5, сигнализация доступа ISDN (PRI и BRI)/V5.

UMG8900 в качестве шлюза операторского класса большой емкости поддерживает взаимодействие между различными сетями и обеспечивает функцию преобразования форматов потоков речевых и мультимедийных услуг. UMG8900 может служить шлюзом соединительных линий TMG (Trunk Media Gateway) и шлюзом доступа AG (Access Media Gateway) в сети стелющего поколения NGN, а также поддерживать функцию встроенного шлюза сигнализации SG (Signalling Gateway).

UMG8900 может выполнять функции коммутатора TDM по управлению SoftX3000, в режиме NGN-ориентированного коммутатора для обеспечения всех услуг СТОП и реализации плавного перехода к NGN.

Для перехода к современным мультисервисным NGN сетям с учетом потребностей развития ныне существующей сети, сочетание UMG8900+SoftX3000 в решении Huawei U-SYS с архитектурой NGN, дает возможность реализовать традиционные функции коммутации, SoftX3000 выполняет функции сигнального коммутатора, а UMG8900 выполняет функцию коммутации и доступа пользователей.

UMG8900 дает возможность осуществлять поэтапную модернизацию СТОП, поддерживая совместимость с существующими интерфейсами TDM, обеспечивая плавный переход к NGN.

Платформа абонентского доступа UA5000.

Интегрированная платформа UA5000 выполняет функции оборудования доступа, обеспечивая клиентам услуги передачи речи и широкополосного доступа. Система UA5000 оборудована различными сервисными XDSL и POTS портами. Универсальный модуль доступа Huawei UA5000 предоставляет доступ к традиционным речевым услугам, широкополосный доступ, доступ к услугам VoIP и мультимедийным услугам. UA5000 поддерживает множество услуг, в том числе передачу речи и широкополосных услуг, услуги выделенных линий при помощи различных главных плат управления. Плата PVM или PVU поддерживает речевые услуги и услуги выделенных узкополосных линий. Сеть СТОП поддерживает следующие услуги:

- услуги POTS: UA5000 предоставляет порты POTS для аналоговых клиентов и PBX. UA5000 поддерживает дополнительные услуги, например, CENTREX и определение номера вызывающего абонента (CID);

- услуги ISDN: UA5000 предоставляет порты ISDN BRI (2B+D) и ISDN PRI (30B+D), поддерживает услуги N-ISDN, включая видеоконференц-связь, видеотекст, факсимильная связь G4, электронная почта, передача информации, взаимодействие с локальными сетями, доступ в Интернет;

Речевые услуги следующего поколения: UA5000 в качестве AMG и под управлением MGC поддерживает услуги VoIP для абонентов POTS, Услуги VoIP для абонентов ISDN BRI, Услуги FoIP в режиме сквозной передачи G.711, Услуги FoIP в режиме T.38, Услуги MoIP в режиме сквозной передачи, Услуги прямого набора номера (DDI).

Широкополосные услуги: UA5000 предоставляет XDSL и XDSL 2+, SHDSL, VDSL, Ethernet порты. Широкополосные восходящие IP-порты, включая FE и GE, порты ATM, включая STM-1 ATM, ATM E3, ATM T3 и IMA E1.

Услуги выделенных линий UA5000 предоставляет услуги выделенных линий для нужд корпоративных пользователей.

Сервер доступа MA5200G.

Широкополосный интеллектуальный сервер доступа MA5200G предоставляет абонентам доступ с применением технологий Ethernet, xDSL, HFC, WLAN и поддерживает аутентификацию через Web, PPPoE или через привязку портов. В проектируемой MetroEthernet сети города Павлодар MA5200G выполняет функции BRAS (маршрутизатора широкополосного удалённого доступа). В его функции входит агрегация абонентов от UA5000, обеспечивает пользовательские сессии по протоколам PPP, применение политики качества обслуживания (QoS), маршрутизация трафика в магистральную сеть.

3.4.4 Оборудование решения IP-TV.

IP-TV станция MediaPlex 20.

MediaPlex 20 предлагается операторам как станция высшего класса, обеспечивающая телевидение профессионального вещательного качества по IP-сетям практически любого, сколько угодно большого размера. Станция предоставляет коммутируемые цифровые видеосервисы, видео по заказу и многие другие сервисы современного IP-телевидения. Оператор может использовать станцию для технологического продвижения к IP-телевидению высокой четкости на базе передовых форматов компрессии цифровых видеопотоков. MediaPlex 20 поддерживает оба актуальных передовых технологий сжатия видео – MPEG4 AVC и VC-1 / Windows Media VC-9.

Помимо своей базовой функции - IP-инкапсуляции станция MediaPlex 20 производит:

- Video предпроцессинг (корректировка изображения в части яркости, контрастности, насыщенности, цветового баланса, шумоподавление и т.п.);
- кодирование видеопрограмм в форматах MPEG2 и MPEG4 / H.264 (encoding);
- транскодирование из MPEG2 в MPEG4 / H.264 (transcoding);
- мультиплексирование и демультимплексирование (remultiplexing / demultiplexing);
- трансрейтинг (transrating);
- QoS тэгинг (сопровождение видео-данных тэгами, то есть признаками, по которым определяется тип трафика, требующий приоритета QoS);
- формирование выходного MPEG over IP потока.

Для предоставления оператору возможности получать и передавать контент, взаимодействуя с различными видами транспортных сетей без специальных транспортных конвертеров, станция имеет большой набор входов и выходов, включая:

- двунаправленные интерфейсы ATM OC-3c / STM1 для MM и SM волокна;
- двунаправленные интерфейсы ATM DS-3 / E-3;
- ASI интерфейсы;
- GigabitEthernet (4 порта на шасси);
- 10/100 Ethernet.

Для кодирования входного видео в MPEG транспортный поток станция имеет входы композитного видео, S-video и цифровой вход SDI.

Большим преимуществом по сравнению с другими головными станциями IP-TV является поддержка MediaPlex 20 функции Stream Replications (дублирование потока), которая предоставляет одинаковый по содержанию программ транспортный поток одновременно в форматах ATM, ASI и GigabitEthernet на соответствующих выходах, притом скорость потока на разных выходах может быть различной. Это важное достоинство для операторов, желающих предоставлять сервисы, имеющие высокую скорость потока через волокно или VDSL и одновременно поставлять тот же сервис с

более низкой скоростью через xDSL. Функция Stream Replications может использоваться в гибридной сети, содержащей, например IP- DSLAM'ы и ATM DSLAM.

MediaPlex 20 отличается высокой плотностью интерфейсов и функциональных модулей. Будучи размещенной в стандартной 19" стойке, эта компактная станция высотой всего 19 hu (86 см) в максимальной комплектации может предоставить оператору:

- до 48 энкодеров MPEG2 и/или MPEG4;
- до 48 MPEG4 транскодеров;
- до 64 ASI входов и/или выходов, имеющих до 1000 входных и/или выходных потоков;
- трансрейтинг до 144 потоков.

Станция отличается высокой надежностью. Имеется возможность полного резервирования всего оборудования. Все модули, включая блоки питания и вентиляторы, допускают горячую замену.

Абонентские устройства IP STB.

Для организации доступа к услугам IPTV в ходе реализации проекта проводится интеграция пользовательских устройств с компонентами системы IPTV.

Основные параметры и возможности IP-STB:

- 10/100BaseT Ethernet;
- Mini Din или SCART для НЧ подключения к телевизионным приемникам;
- поддержка выбранных систем MW,CAS,VOD;
- смарт-карт интерфейс ISO-7816;
- форматы 4:3 и 16:9;
- поддержка телетекста, субтитров;
- пульт дистанционного управления;
- поддержка MPEG1 до 10 Мбит/сек;
- видео протоколы IPTV широкого вещания (IGMP), VOD (RTSP);
- расширяемая память, блокируемая функция загрузки программного обеспечения из сети;
- дистанционное управление обновления программного обеспечения;
- защита от копирования Macrovision copy protection;
- встроенный Web браузер с HTML, Java Script с первичной поддержкой пользовательского интерфейса и портала оператора через MW.

В проекте предполагается применять IP-STB типа Thomson IP 921.

3.5 Приложения системы управления сетью

Для управления и администрирования MetroEthernet сети г. Павлодар применяют решения компании Cisco и Huawei Cisco LAN Management Solution,

Cisco VPN Security Management Solution и Huawei iManager N2000 UMS. Ниже приведены краткие характеристики каждого из приложений.

Cisco LAN Management Solution.

Приложение Cisco LAN Management Solution осуществляет управление коммутаторами Cisco (7600, 3750ME, 3400) и обеспечивает:

- отслеживание изменений топологии для сети;
- мониторинг и анализ производительности локальных сетей с применением RMON/RMON2;
- контроль и диагностика состояния сети до абонентского окончания;
- отслеживание абонента по различным атрибутам регистрации.

Cisco VPN Security Management Solution.

Приложение Cisco VPN Security Management Solution осуществляет управление коммутаторами Cisco (7600, 3750ME, 3400) и обеспечивает:

- управление сетевой безопасностью на базе централизованной политики;
- настройку и мониторинг инфраструктуры безопасности;
- графический интерфейс настройки и мониторинга как отдельных устройств, так и сетей из сотен устройств;
- гибкая система отчетности для отображения текущего состояния и истории событий;
- автоматическое обновление ПО и конфигурации на устройствах;
- ведение инвентаризации сетевых устройств;
- централизованная многоуровневая система административного доступа.

Система управления iManager N2000 UMS.

Для удаленного программного управления линейки оборудования Huawei U-Sys используется система управления iManager N2000 UMS. Она выполняет управление следующими устройствами:

- сигнальным коммутатором SoftX3000;
- платформой доступа UA5000;
- универсальным медиашлюзом UMG8900.

3.6 Обеспечение качества обслуживания трафика

Описание классов трафиков.

Для проектируемой Gigabit Ethernet t сети рассматриваются следующие классы клиентских трафиков:

- RT-Vo – голосовой трафик (Voice over IP);
- RT-Vi – видеотрафик (Video over IP);
- D1 – трафик данных приложения, критичного к задержкам (напр. ERP);
- D2 – меж офисный трафик данных (напр. Intranet);
- D3 – трафик данных стандартных (некритичных) приложений (напр. Internet);

В соответствии с классами передаваемого абонентского трафика, предоставляемые абонентам порты характеризуются следующим образом:

- Silver – порт, соответствующий передаче абонентского трафика класса D3;
- Gold – порт, соответствующий передаче абонентского трафика классов D1, D2 и D3;
- Platinum – порт, соответствующий передаче абонентского трафика D1, D2, D3, RT-Vo и RT-Vi.

Условно, можно рассматривать процесс обеспечения качества обслуживания на PE-маршрутизаторах как совокупность двух политик: QoS Policy Input на входном порту и QoS Policy Output на выходном порту. Политика QoS Policy Input на входном порту включает в себя механизмы классификации, раскраски и полисинга трафика. Ниже приводится краткая характеристика каждого из указанных выше механизмов:

- классификация – это идентификация трафика в соответствии с его параметрами (например адреса источника, TCP порта и т.д.);
- раскраска – это установка определенного значения поля ToS заголовка IPv4 пакета. Возможно задание величины для IP Prec поля (3 старших бита поля ToS) или DSCP поля (6 старших битов поля ToS);
- полисинг – это ограничение скорости входящего трафика.

Этапы классификации, раскраски и полисинга, выполняются на SE-оборудовании, то есть в сети MetroEthernet – на оборудовании Huawei. Предполагается, что оборудование Huawei (например, UA5000) может идентифицировать голосовой трафик и установить ему соответствующее значение IP Prec.

В случае невозможности выполнения данных функций SE-оборудованием, классификация, раскраска и полисинг трафика выполняет PE-маршрутизатор.

Для идентификации трафика, как правило, используются расширенные листы доступа (ACL). Соответственно, параметрами, определяющими класс трафика, являются IP адреса источника и назначения, IP протокол, TCP/UDP порты и т.д.

На сети Gigabit Ethernet предлагается использовать IP Precedence-based тип раскраски, то есть устанавливать для различных классов трафика определенное значение поля IP Prec, а именно:

- RT-Vo – IP Prec 5;
- RT-Vi – IP Prec 4;
- D1 – IP Prec 3;
- D2 – IP Prec 2;
- D3 – IP Prec 1.

Раскраска трафика на PE-маршрутизаторах выполняется в соответствии с одним из следующих вариантов:

- при установке IP Prec на оборудовании Huawei PE-маршрутизаторы передают поле IP Prec без изменений (Trust mode);

- при невозможности установки IP Psec на оборудовании Huawei (или при подключении CE-оборудования под управлением сторонней организации), на входном порту PE-маршрутизатора осуществляется классификация, установка или перезапись поля IP Psec.

Главная функция этапа полисинга - ограничение скорости входящего трафика. Рассматриваются два варианта ограничений трафика: суммарной скорости трафика и скорости отдельных классов трафика.

В полисинге для трафика устанавливается определенная пиковая скорость. При превышении пиковой скорости пакеты трафика либо удаляются, либо им понижается значения поля IP Psec.

Политика QoS Policy Output на выходном порту имеет механизмы управления трафиком (scheduling, congestion management) и избежания перегрузки (congestion avoidance).

Ниже приведены краткая характеристика каждого из указанных выше механизмов.

Механизм управления трафиком – это построение очередей пакетов, определение последовательности отправления пакетов.

Механизм избежания перегрузки – это контроль степени заполнения очередей, утилизация пакетов при состояниях очередей, близких к полной загрузке.

Механизм управления трафиком (также называется механизмом управления перегрузками – congestion management) работает построением LLQ очередности, которая условно является гибридом PQ и CB-WFQ.

В LLQ очередности для класса RT-Vo выделяется очередь абсолютного приоритета. Это обеспечивает минимальное значение вариации задержки для голосового трафика.

Для классов RT-Vi, D1, D2 и D3 выделяются очереди относительного приоритета, определяющиеся величиной пропускной способности порта, приписанной данному классу. Условно можно сказать, что чем более класс трафика критичен к параметрам качества обслуживания, тем большее значение пропускной способности порта ему гарантируется.

Во избежание перегрузки очередей пакетов применяется механизм WRED. В этом механизме для класса трафика устанавливается два пороговых значения: минимальное и максимальное.

Когда приходит пакет, вычисляется среднее значение длины очереди. Если вычисленное значение меньше минимального порога очереди, то приходящий пакет ставится в очередь. Если вычисленное значение лежит между минимальным и максимальным порогами, то пакет ставится в очередь или отбрасывается в зависимости от вероятности удаления, установленной для данного класса трафика. Если объем очереди больше максимального порога, пакет отбрасывается.

3.7 Маршрутизация Gigabit Ethernet сети

Маршрутизация IP трафика осуществляется на уровне агрегации и уровне доступа. Маршрутизация осуществляется на оборудовании BRAS MA5200G и на граничных маршрутизаторах Cisco 7606/7609. BRAS обеспечивает терминирование сессий PPPoE для подключения клиентов xDSL, контроль доступа на уровне IP, а также передачу биллинговой информации на систему биллинга. Маршрутизаторы обеспечивают маршрутизацию трафика системы управления, а также обмен информацией сетей клиентов с Интернет через подключение к магистральной сети через соответствующие VLAN.

На шлюзе выбора услуг терминируются виртуальные частные сети, образованные магистральным оборудованием Cisco и обеспечивается маршрутизация IP трафика между этими виртуальными частными сетями. Схема осуществления маршрутизации в MetroEthernet сети приведена на рисунке 3.2.

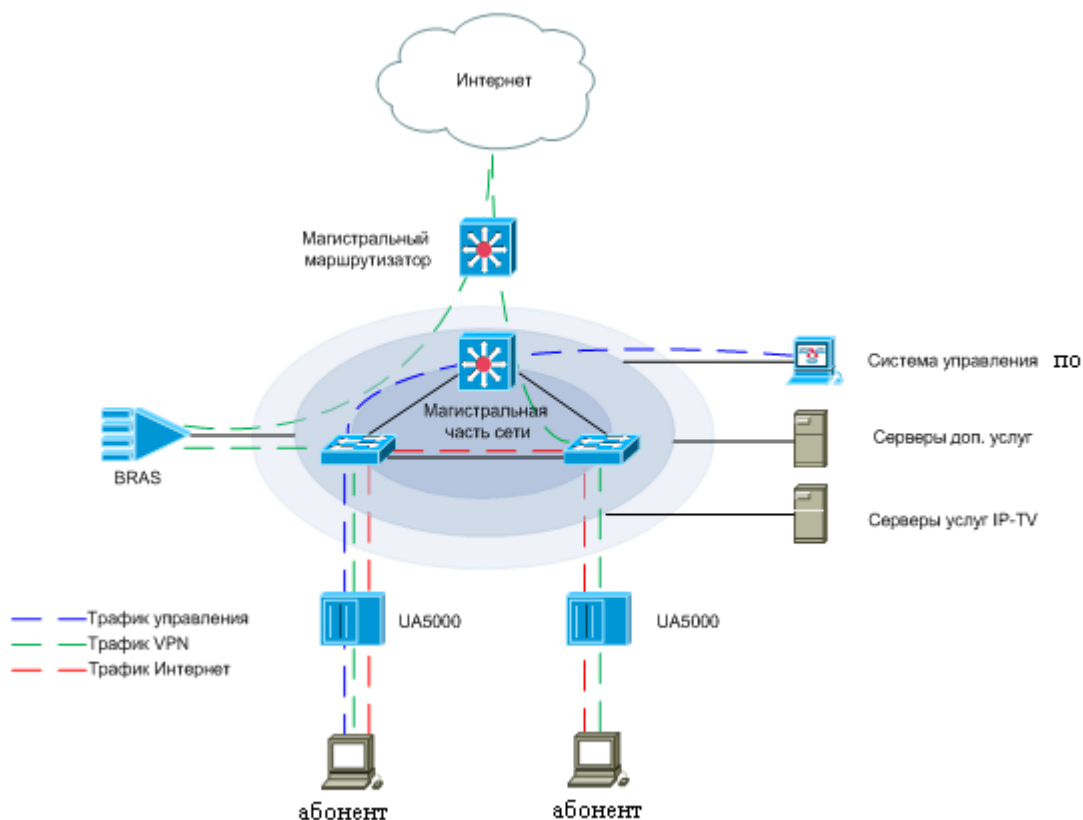


Рисунок 3.2 – Схема организации маршрутизации в сети Gigabit Ethernet

3.8 IP-адресация сети Gigabit Ethernet

Для оборудования, формирующего телекоммуникационную инфраструктуру проектируемой сети, предлагается использование публичных Интернет адресов, зарегистрированных в RIPE. Для пользовательских сетей, клиентов широкополосных линий xDSL и т.д. используются частные IP адреса.

Использование публичных Интернет адресов, гарантирует отсутствие пересечения IP адресных пространств при выполнении следующих технических задач:

- интеграция телекоммуникационной структуры сети MetroEthernet с сетями других операторов;
- обеспечение доступа к разделяемым телекоммуникационным ресурсам из пользовательских VPN сетей, имеющих разную IP адресацию.

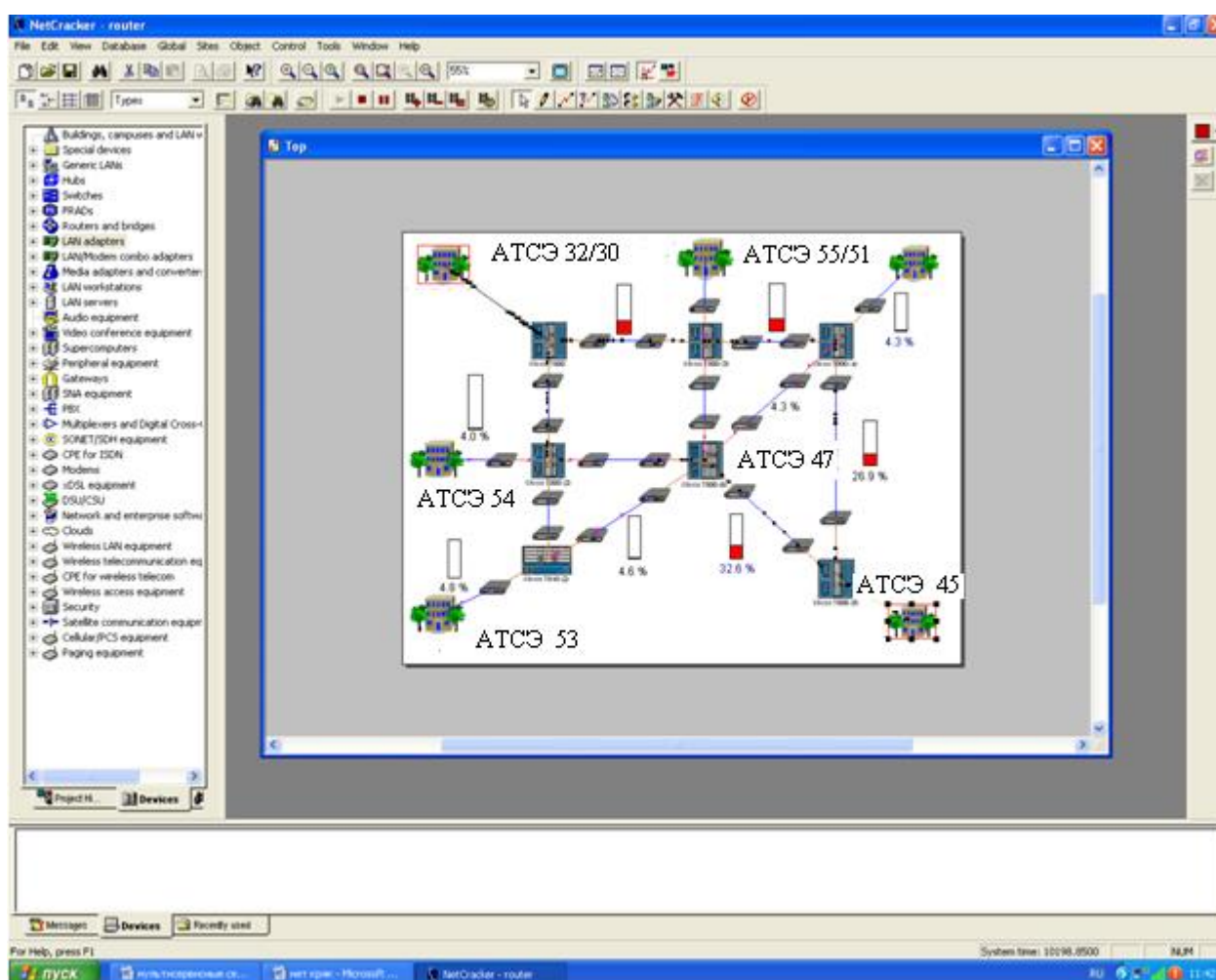


Рисунок 3.3 – Проектирование мультисервисной цифровой сети г. Павлодар на базе программного продукта NETCracker 4.1

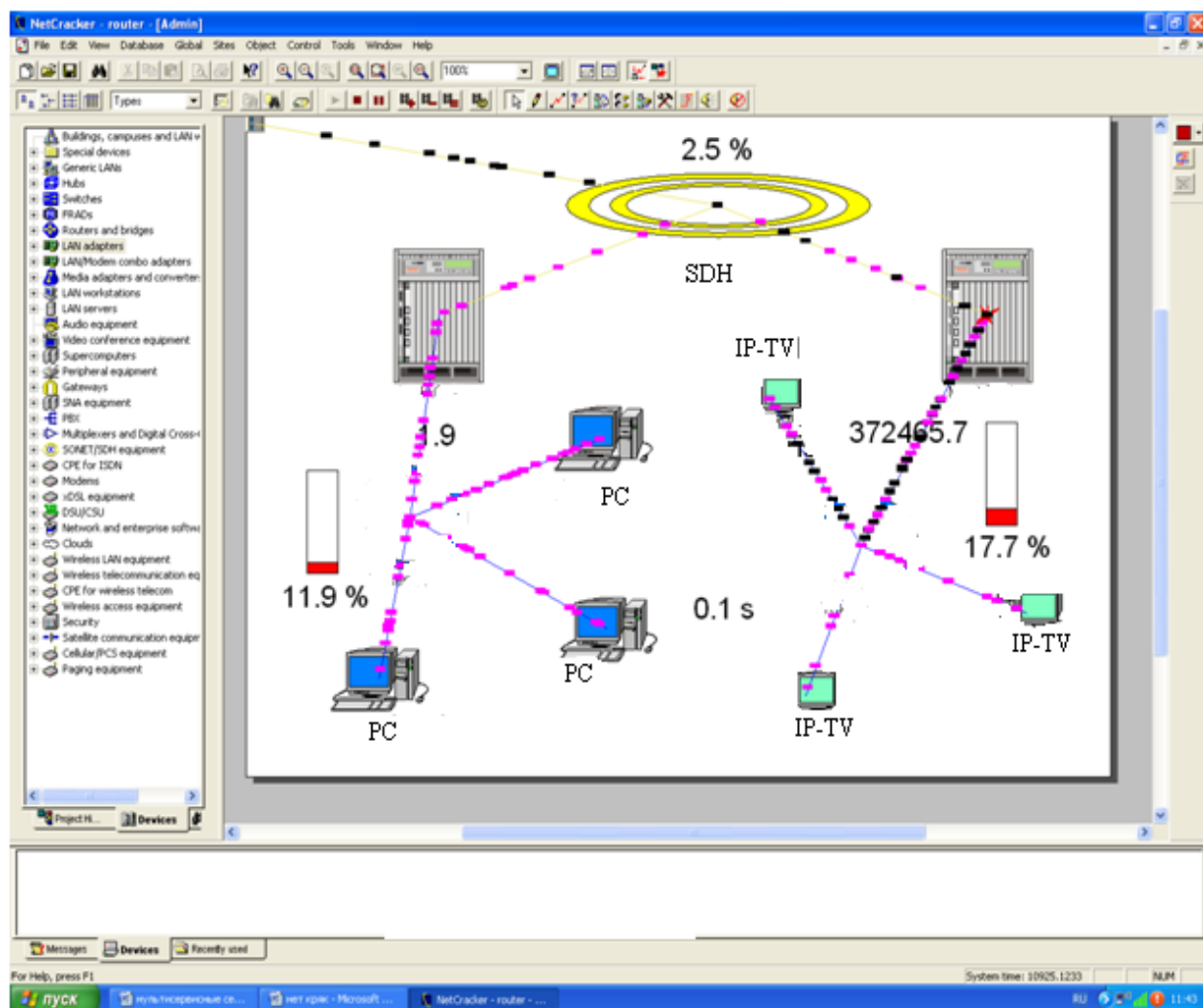


Рисунок 3.4 – Схема прохождения мультисервисного цифрового трафика по технологии SDH для проектируемой сети

4 Расчет оборудования гибкого коммутатора

4.1 Производительность

Главной задачей гибкого коммутатора при построении распределенного абонентского концентратора является обработка сигнальной информации обслуживания вызова и управление установлением соединений.

К сети NGN могут подключаться абоненты разных типов. При этом для обслуживания вызовов используются различные протоколы сигнализации.

Введем следующие переменные:

$P_{СТОП}$ - удельная интенсивность вызовов от абонентов, использующих доступ по аналоговой телефонной линии в ЧНН, примем $P_{СТОП} = 5$ выз/чнн;

P_{ADSL} - удельная интенсивность вызовов от абонентов XDSL в ЧНН, примем $P_{ADSL} = 10$ выз/чнн;

P_{PBX} - удельная (приведенная к одному каналу интерфейса) интенсивность вызовов от УПАТС, подключаемых к пакетной сети, примем $P_{PBX} = 35$ выз/чнн.

P_{SHM} - удельная интенсивность вызовов от абонентов, использующих терминалы SIP, H.323, MGCP, значение P_{SHM} можно принять равным $P_{СТОП}$.

Тогда общая интенсивность вызовов, поступающих на гибкий коммутатор от источников всех типов равна

$$P_{CALL} = P_{СТОП} \cdot \left(\sum_{i=1}^L N_{i_СТОП} + \sum_{i=1}^L N_{i_SHM} \right) + P_{ADSL} \cdot \sum_{i=1}^L N_{ADSL} + P_{PBX} \cdot \sum_{i=1}^L \sum_{k=1}^K N_{k_PBX}, \quad (4.1)$$

где L – число шлюзов доступа, обслуживаемых гибким коммутатором, K – число УПАТС подключенных к шлюзу.

Общая интенсивность вызовов, поступающая на гибкий коммутатор в ЧНН определяется:

$$P_{CALL} = 5 \cdot (448 + 1152 + 768 + 768 + 960 + 1152 + 1152) + 10 \cdot (48 + 96 + 48 + 48 + 96 + 144 + 96) + 35 \cdot 130 = 42310 \text{ выз/чнн};$$

Необходимо отметить, что удельная производительность коммутационного устройства может отличаться в зависимости от типа обслуживаемого вызова, то есть производительность при обслуживании, например, вызовов СТОП и xDSL, может быть разной. В документации на коммутационном устройстве указывается производительность для наиболее “простого” типа вызовов. В связи, с этим при определении требований к производительности можно ввести поправочные коэффициенты, характеризующие возможности системы по обслуживанию этого типа вызовов

относительно “идеального” типа. В нашем случае, при производительности системы для “идеальных” вызовов SIP равной 10 млн. выз/чнн, и вызовов СТОП – 8 млн. выз/чнн, интенсивность следует брать с поправочным коэффициентом $k = 1.25$. Так, нижний предел производительности гибкого коммутатора по обслуживанию потока вызовов с интенсивностью P_{CALL} , с введенной поправкой определен по формуле:

$$P_{SX} = k \cdot (N_{СТОП} \cdot P_{СТОП} + N_{ADSL} \cdot P_{ADSL} + N_{PBX} \cdot P_{PBX} + N_{SHM} \cdot P_{SHM}), \quad (4.2)$$

Предел производительности с поправочным коэффициентом равен:

$$P_{SX} = 1.25 \cdot 42310 = 52887.5 \text{ выз/чнн};$$

Требования по производительности предполагают работу устройства гибкого коммутатора в условиях перегрузки с показателями не ниже определенных в рекомендации Q.543 для нагрузок классов В и С [1].

4.2 Емкостные параметры

Емкостные параметры пользовательской базы гибкого коммутатора позволяют обслуживание всех абонентов разных типов, подключение которых планируется при проектировании сети. Параметры интерфейса подключения к пакетной сети определяются исходя из интенсивности обмена сигнальными сообщениями в процессе обслуживания вызовов. Введем следующие переменные:

L_{MEGACO} - средняя длина сообщения (в байтах) протокола MEGACO, используемого при передаче данных сигнализации по абонентским линиям;

N_{MEGACO} - среднее количество сообщений протокола MEGACO при обслуживании вызова;

L_{V5UA} - средняя длина сообщения протокола V5UA;

N_{V5UA} - среднее количество сообщений протокола V5UA при обслуживании вызова;

L_{IUA} - средняя длина сообщения протокола IUA;

N_{IUA} - среднее количество сообщений протокола IUA при обслуживании вызова;

L_{SH} - средняя длина сообщений протокола SIP/H.323;

N_{SH} - среднее количество сообщений протокола SIP/H.323 при обслуживании вызова;

L_{MGCP} - средняя длина сообщений протокола MGCP, используемого при управлении коммутацией на шлюзе;

N_{MGCP} – среднее количество сообщений протокола MGCP при обслуживании вызова.

Тогда,

$$V_{SX} = k_{sig} \cdot [(L_{MEGACO} \cdot N_{MEGACO} \cdot P_{CTOП} \cdot N_{CTOП} + L_{V5UA} \cdot N_{V5UA} \cdot P_{V5} \cdot N_{V5} + L_{IUA} \cdot N_{IUA} \times \\ \times (P_{ADSL} \cdot N_{ADSL} + P_{PBX} \cdot N_{PBX}) + L_{SH} \cdot N_{SH} \cdot P_{SH} + L_{MGCP} \cdot N_{MGCP} \cdot (P_{CTOП} \cdot N_{CTOП} + \\ P_{V5UA} \cdot N_{V5UA} + P_{ADSL} \cdot N_{ADSL} + P_{PBX} \cdot N_{PBX})] / 450, \quad (4.3)$$

где V_{SX} – минимальный полезный транспортный ресурс, в бит/с, которым гибкий коммутатор должен подключаться к пакетной сети, для обслуживания вызовов в инфраструктуре абонентского концентратора;

k_{sig} – коэффициент использования транспортного ресурса при передаче сигнальной нагрузки. Примем значение $k_{sig} = 5$, что соответствует нагрузке в 0.2 Эрл;

1/450 – результат приведения размерностей “байт в час” к “бит в секунду” ($8/3600 = 1/450$).

В нашем случае, возьмем среднюю длину всех сообщений равной 50 байт, а среднее количество сообщений в процессе обслуживания вызова – 10, формулу (3,3) приведем к виду

$$V_{SX} = 5 \cdot (11 \cdot N_{TфОП} + 78 \cdot N_{PBX} + 22 \cdot N_{ADSL})$$

где V_{SX} – интенсивность обмена сигнальными сообщениями в процессе обслуживания вызовов [1].

$$V_{SX} = 5 \cdot (11 \cdot 6400 + 78 \cdot 130 + 22 \cdot 576) = 1.01 \text{ Мбит/с.}$$

4.3 Расчет оборудования шлюзов

Будем считать, что в результате определения точек размещения оборудования шлюзов доступа и закрепления за шлюзами доступа зон обслуживания была получена конфигурация, которая показана в таблице 4.1

Расчет оборудования шлюзов производится с учетом параметров критичности длины пользовательской линии, топологии первичной сети (если таковая существует), наличия помещений для установки, технологических показателей типов устройства, предполагаемого к использованию [12].

Исходя из критерия критичности длины пользовательской линии, зона обслуживания шлюза доступа должна создаваться так, чтобы максимальная длина пользовательской линии не превышала 3-4 км. Если шлюз производит подключение устройства сети доступа интерфейса V5, LAN или УПАТС, то зона обслуживания шлюза включает в себя и зоны обслуживания подключаемых объектов.

Т а б л и ц а 4.1 - Абонентская емкость

Узел доступа	Число абонентов СТОП	Число абонентов xDSL	Число подключаемых УПАТС/кол-во Е1 от каждой	Итого
MSAN 1	448	48	0	496
MSAN 2	1152	96	0	1248
MSAN 3	768	48	0	816
MSAN 4	768	48	PBX 1/ 5	816
MSAN 5	960	96	0	1056
MSAN 6	1152	144	0	1296
MSAN 8	1152	96	0	1248

Исходя из зоны обслуживания, определяются емкостные показатели шлюза, отражающие общее количество пользователей и емкости каждого из типов подключений. В нашем случае введем следующие переменные:

$N_{\text{СТОП}}$ – число пользователей, использующих подключение по аналоговой пользовательской линии;

N_{xDSL} – число пользователей xDSL;

$U_{\text{СТОП}}$ – удельная нагрузка от абонента СТОП в ЧНН, в соответствии с заданием, будем считать $U_{\text{СТОП}} = 0,15$ Эрл;

U_{xDSL} – удельная нагрузка от абонента xDSL в ЧНН, в соответствии с заданием, будем считать $U_{\text{xDSL}} = 0,8$ Эрл

N_{k_PBX} – число пользовательских каналов в интерфейсе подключения УПАТС k, где k – номер УПАТС;

U_{k_PBX} – удельная нагрузка одного пользовательского канала интерфейса подключения УПАТС, в соответствии с заданием, будем считать, что $U_{k_PBX} = 0,8$ Эрл.

Используя вышеперечисленные переменные, рассчитаем величины нагрузок, поступающих на шлюз от пользователей различного типа:

$$Y_{\text{СТОП}} = N_{\text{СТОП}} \cdot U_{\text{СТОП}}$$

Общая нагрузка, поступающая на шлюз от пользователей СТОП:

$$Y_{\text{СТОП}} = 768 \cdot 0,15 = 115,2 \text{ Эрл};$$

$$Y_{\text{ADSL}} = N_{\text{ADSL}} \cdot U_{\text{ADSL}}$$

Общая нагрузка, поступающая на шлюз от пользователей xDSL:

$$Y_{ADSL} = 48 \cdot 0.8 = 38.4 \text{ Эрл};$$

$$Y_{PBX1} = N_{PBX1} \cdot y_{PBX1}$$

Общая нагрузка, поступающая на шлюз от УПАТС;

$$Y_{PBX1} = 130 \cdot 0.8 = 104 \text{ Эрл};$$

$$Y_{GW} = Y_{CTOII} + Y_{ADSL} + Y_{PBX1}$$

нагрузка на шлюз

$$Y_{GW} = 115.2 + 38.4 + 104 = 257.6 \text{ Эрл};$$

4.3.1 Расчет исходящей нагрузки шлюзов.

Нагрузка на входе шлюза MSAN4 от абонентов разных категорий:

$$Y_4^l = 257.6 \text{ Эрл};$$

Нагрузка на коммутационное поле:

$$Y_4 = 0.9 \cdot 257.6 = 231.84 \text{ Эрл};$$

Нагрузка к специальным службам:

$$Y_{4, \text{cn.cn}} = 231.84 \cdot 0.03 = 6.9552 \text{ Эрл};$$

Внутривансионная нагрузка:

$$Y_{4,4} = Y_4 \cdot \eta / 100\%$$

$$\eta_c = \left(\frac{N_4}{N_{\text{нâðå}}} \right) \cdot 100\%$$

$$\eta_c = \left(\frac{816}{7057} \right) \cdot 100\% = 11.56\% \Rightarrow$$

Коэффициент внутривансионного сообщения:

$$\eta = 28.3\%$$

$$Y_{4,4} = 231.84 \cdot 28.3\% / 100\% = 65.61 \text{ Эрл};$$

Нагрузка к АМТС:

$$Y_{\text{лс}} = 0.003 \cdot 816 = 2.45 \text{ Эрл};$$

$$Y_{4,\text{е}\bar{n}\bar{o}} = Y_4 - Y_{4,\bar{n}\bar{i}\bar{i}.\bar{n}\bar{e}} - Y_{4,4} - Y_{4,i\bar{a}}$$

Исходящая нагрузка:

$$Y_{4,\text{е}\bar{n}\bar{o}} = 231.84 - 6.955 - 65.61 - 2.45 = 156.83 \text{ Эрл};$$

Нагрузка на входе шлюза MSAN 1 от абонентов разных категорий:

$$Y_1^l = 257.6 \cdot \frac{496}{816} = 156.58 \text{ Эрл};$$

Нагрузка на коммутационное поле:

$$Y_1 = 0.9 \cdot 156.58 = 140.9 \text{ Эрл};$$

Нагрузка к специальным службам:

$$Y_{1,\text{сп.сл}} = 140.9 \cdot 0.03 = 4.227 \text{ Эрл};$$

Внутристанционная нагрузка:

$$Y_{1,1} = Y_1 \cdot \eta / 100\%$$

$$\eta_c = \left(\frac{N_1}{N_{\bar{n}\bar{a}\bar{o}\bar{e}}} \right) \cdot 100\%$$

$$\eta_c = \left(\frac{496}{7057} \right) \cdot 100\% = 7.02\% \Rightarrow$$

$$\eta = 22.6\%$$

$$Y_{1,1} = 140.9 \cdot 22.6\% / 100\% = 31.84 \text{ Эрл};$$

нагрузка к АМТС:

$$Y_{\text{лс}} = 0.003 \cdot 496 = 2.4 \text{ Эрл};$$

$$Y_{1,\text{е}\bar{n}\bar{o}} = Y_1 - Y_{1,\bar{n}\bar{i}\bar{i}.\bar{n}\bar{e}} - Y_{1,1} - Y_{1,i\bar{a}}$$

Исходящая нагрузка:

$$Y_{1,\text{вн}} = 140.9 - 4.227 - 31.84 - 2.4 = 102.43 \text{ Эрл};$$

Нагрузка на входе шлюза MSAN 2 от абонентов различных категорий:

$$Y_2^l = 257.6 \cdot \frac{1248}{816} = 393.97 \text{ Эрл};$$

Нагрузка на коммутационное поле:

$$Y_2 = 0.9 \cdot 393.97 = 354.57 \text{ Эрл};$$

Нагрузка к специальным службам:

$$Y_{2,\text{сп.сл}} = 354.57 \cdot 0.03 = 10.64 \text{ Эрл};$$

Внутристанционная нагрузка:

$$Y_{2,2} = Y_2 \cdot \eta / 100\%$$

$$\eta_c = \left(\frac{N_2}{N_{\text{вс}} \cdot \eta} \right) \cdot 100\%$$

$$\eta_c = \left(\frac{1248}{7057} \right) \cdot 100\% = 17.68\%$$

$$\Rightarrow \eta = 38.3\%$$

$$Y_{2,2} = 354.57 \cdot 38.3\% / 100\% = 135.8 \text{ Эрл};$$

Нагрузка к АМТС:

$$Y_{\text{мк}} = 0.003 \cdot 1296 = 3.88 \text{ Эрл};$$

$$Y_{2,\text{вн}} = Y_2 - Y_{2,\text{сп.сл}} - Y_{2,2} - Y_{\text{мк}}$$

Исходящая нагрузка:

$$Y_{2,\text{вн}} = 354.57 - 10.64 - 135.8 - 3.88 = 204.3 \text{ Эрл};$$

Нагрузка на входе шлюза MSAN 3 от абонентов разных категорий:

$$Y_3^l = 257.6 \cdot \frac{816}{816} = 257.6 \text{ Эрл};$$

Нагрузка на коммутационное поле:

$$Y_3 = 0.9 \cdot 257.6 = 231.84 \text{ Эрл};$$

Нагрузка к специальным службам:

$$Y_{3, \text{сп.сл}} = 231.84 \cdot 0.03 = 6.955 \text{ Эрл};$$

Внутристанционная нагрузка:

$$Y_{3,3} = Y_3 \cdot \eta / 100\%$$

$$\eta_c = \left(\frac{N_3}{N_{\bar{n}\bar{a}\bar{o}\bar{e}}} \right) \cdot 100\%$$

$$\eta_c = \left(\frac{816}{7057} \right) \cdot 100\% = 11.56\% \Rightarrow$$

$$\eta = 30.5\%$$

$$Y_{3,3} = 231.84 \cdot 30.5\% / 100\% = 70.71 \text{ Эрл};$$

Нагрузка к АМТС:

$$Y_{\text{лс}} = 0.003 \cdot 816 = 13.05 \text{ Эрл};$$

$$Y_{3, \bar{e}\bar{n}\bar{o}} = Y_3 - Y_{3, \bar{n}\bar{i}. \bar{n}\bar{e}} - Y_{3,3} - Y_{3, \bar{i}\bar{a}}$$

Исходящая нагрузка:

$$Y_{3, \bar{e}\bar{n}\bar{o}} = 231.84 - 6.955 - 70.71 - 13.05 = 141.13 \text{ Эрл};$$

Нагрузка на входе шлюза MSAN 5 от абонентов разных категорий:

$$Y_5^l = 257.6 \cdot \frac{1056}{816} = 332.2 \text{ Эрл};$$

Нагрузка на коммутационное поле:

$$Y_5 = 0.9 \cdot 332.2 = 298.98 \text{ Эрл};$$

Нагрузка к специальным службам:

$$Y_{5, \text{сп.сл}} = 298.98 \cdot 0.03 = 8.97 \text{ Эрл};$$

Внутристанционная нагрузка:

$$Y_{5,5} = Y_5 \cdot \eta / 100\%$$

$$\eta_c = \left(\frac{N_5}{N_{\bar{n}\bar{a}\bar{o}\bar{e}}} \right) \cdot 100\%$$

$$\eta_c = \left(\frac{1056}{7057} \right) \cdot 100\% = 14.96\% \Rightarrow$$

$$\eta = 38.3\%$$

$$Y_{5,5} = 298.98 \cdot 38.3\% / 100\% = 114.5 \text{ Эрл};$$

$$Y_{\text{мз}} = 0.003 \cdot 1056 = 3.68 \text{ Эрл};$$

$$Y_{5, \bar{e}\bar{n}\bar{o}} = Y_5 - Y_{5, \bar{n}\bar{i}. \bar{n}\bar{e}} - Y_{5,5} - Y_{5, i\bar{a}}$$

Исходящая нагрузка:

$$Y_{5, \bar{e}\bar{n}\bar{o}} = 298.98 - 8.97 - 114.5 - 3.68 = 171.83 \text{ Эрл};$$

Нагрузка на входе шлюза MSAN 6 от абонентов разных категорий:

$$Y_6^l = 257.6 \cdot \frac{1296}{816} = 409.12 \text{ Эрл};$$

Нагрузка на коммутационное поле:

$$Y_6 = 0.9 \cdot 409.12 = 368.2 \text{ Эрл};$$

Нагрузка к специальным службам:

$$Y_{6, \text{сп.сл}} = 368.2 \cdot 0.03 = 11 \text{ Эрл};$$

Внутристанционная нагрузка:

$$Y_{6,6} = Y_6 \cdot \eta / 100\%$$

$$\eta_c = \left(\frac{N_6}{N_{\bar{n}\bar{a}\bar{o}\bar{e}}} \right) \cdot 100\%$$

$$\eta_c = \left(\frac{1296}{7057} \right) \cdot 100\% = 18.36\% \Rightarrow$$

$$\eta = 38.5\%$$

$$Y_{6,6} = 368.2 \cdot 38.5\% / 100\% = 141.76 \text{ Эрл};$$

Нагрузка к АМТС:

$$Y_{\text{мг}} = 0.003 \cdot 1296 = 3.888 \text{ Эрл};$$

$$Y_{6,\bar{e}\bar{n}\bar{o}} = Y_6 - Y_{6,\bar{n}\bar{i},\bar{n}\bar{e}} - Y_{6,6} - Y_{6,i\bar{a}}$$

Исходящая нагрузка:

$$Y_{6,\bar{e}\bar{n}\bar{o}} = 368.2 - 11 - 141.76 - 3.88 = 211.56 \text{ Эрл};$$

Нагрузка на входе шлюза MSAN 8 от абонентов разных категорий:

$$Y_8^l = 257.6 \cdot \frac{1248}{816} = 393.97 \text{ Эрл};$$

Нагрузка на коммутационное поле:

$$Y_8 = 0.9 \cdot 393.97 = 354.5 \text{ Эрл};$$

Нагрузка к специальным служба:

$$Y_{8,\text{сп.сл}} = 354.5 \cdot 0.03 = 10.64 \text{ Эрл};$$

Внутривыделенная нагрузка:

$$Y_{8,8} = Y_8 \cdot \eta / 100\%$$

$$\eta_c = \left(\frac{N_8}{N_{\bar{n}\bar{a}\bar{o}\bar{e}}} \right) \cdot 100\%$$

$$\eta_c = \left(\frac{1248}{7057} \right) \cdot 100\% = 17.68\%$$

$$\Rightarrow \eta = 38.3\%$$

$$Y_{8,8} = 354.5 \cdot 38.3\% / 100\% = 135.77 \text{ Эрл ;}$$

Нагрузка к АМТС:

$$Y_{\text{мк}} = 0.003 \cdot 1248 = 3.744 \text{ Эрл;}$$

$$Y_{8,\bar{e}\bar{n}\bar{o}} = Y_8 - Y_{8,\bar{n}\bar{i}.\bar{n}\bar{e}} - Y_{8,8} - Y_{8,i\bar{a}}$$

Исходящая нагрузка:

$$Y_{8,\bar{e}\bar{n}\bar{o}} = 354.5 - 10.64 - 135.77 - 3.744 = 204.35 \text{ Эрл;}$$

4.3.2 Расчет обмена потоками абонентской нагрузки между шлюзами.

$$Y_{1-2} = Y_1 \cdot \frac{Y_2}{Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_8}$$

Нагрузка от MSAN 1 к MSAN 2:

$$Y_{1-2} = 102.43 \cdot \frac{204.3}{204.3 + 141.13 + 156.83 + 171.83 + 211.56 + 204.35} = \frac{20921.94}{1090.08} = 19.19 \text{ Эрл;}$$

$$Y_{1-3} = Y_1 \cdot \frac{Y_3}{Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_8}$$

Нагрузка от MSAN 1 к MSAN 3:

$$Y_{1-3} = 102.43 \cdot \frac{141.13}{204.3 + 141.13 + 156.83 + 171.83 + 211.56 + 204.35} = \frac{14456.37}{1090.08} = 13.26 \text{ Эрл;}$$

$$Y_{1-4} = Y_1 \cdot \frac{Y_4}{Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_8}$$

Нагрузка от MSAN 1 к MSAN 4:

$$Y_{1-4} = 102.43 \cdot \frac{156.83}{204.3 + 141.13 + 156.83 + 171.83 + 211.56 + 204.35} = \frac{16064.56}{1090.08} = 14.74 \text{ Эрл;}$$

$$Y_{1-5} = Y_1 \cdot \frac{Y_5}{Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_8}$$

Нагрузка от MSAN 1 к MSAN 5:

$$Y_{1-5} = 102.43 \cdot \frac{171.83}{204.3 + 141.13 + 156.83 + 171.83 + 211.56 + 204.35} = \frac{17601.07}{1090.08} = 16.15 \text{ Эрл;}$$

$$Y_{1-6} = Y_1 \cdot \frac{Y_6}{Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_8}$$

Нагрузка от MSAN 1 к MSAN 6:

$$Y_{1-6} = 102.43 \cdot \frac{211.56}{204.3 + 141.13 + 156.83 + 171.83 + 211.56 + 204.35} = \frac{21670.73}{1090.08} = 19.88 \text{ Эрл;}$$

$$Y_{1-8} = Y_1 \cdot \frac{Y_8}{Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_8}$$

Нагрузка от MSAN 1 к MSAN 8:

$$Y_{1-8} = 102.43 \cdot \frac{204.35}{204.3 + 141.13 + 156.83 + 171.83 + 211.56 + 204.35} = \frac{20932.183}{1090.08} = 19.2 \text{ Эрл;}$$

Расчет обмена потоками абонентской нагрузки между остальными шлюзами аналогичен.

Результаты расчета сведены в таблице 4.2

Т а б л и ц а 4.2 – Обмен потоками абонентской нагрузки

	MSAN 1	MSAN 2	MSAN 3	MSAN 4	MSAN 5	MSAN 6	MSAN 8
MSAN 1	31.84	19.19	13.26	14.47	16.15	19.88	19.2
MSAN 2	21.18	135.83	29.18	32.42	35.525	43.75	42.24
MSAN 3	13.75	27.43	70.71	21.05	23.07	28.4	27.4
MSAN 4	15.5	30.9	21.37	65.61	26.03	32.05	30.96
MSAN 5	17.25	34.39	23.77	26.41	114.5	35.62	34.41
MSAN 6	22.099	44.06	30.45	33.84	37.07	141.76	44.09

MSAN 8	21.19	42.25	29.19	32.44	35.54	43.76	204.35
--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

4.3.3 Расчет транспортного ресурса взаимодействия коммутаторов пакетной сети.

Транспортный ресурс, выделяемый на шлюз для передачи абонентского трафика, рассчитываем по формуле:

$$V_{GW} = k \cdot (V_{G.711} + x \cdot V_{G.729}) \cdot Y_{GW} \quad (4.4)$$

где x – доля вызовов, обслуживаемых с компрессией пользовательской информации в соответствии с G.729, составляет 10% от общего объема передаваемого трафика;

$V_{G.729}$ – ресурс для передачи информации от кодека G.729A, с учетом подавления пауз составляет 12,12 Кбит/с;

$V_{G.711}$ – ресурс для передачи информации от кодека G.711 без подавления пауз, используемого для эмуляции каналов, составляет 84,4 Кбит/с;

k – коэффициент использования ресурса, $k=1,25$;

Используя значения нагрузки на шлюз, рассчитанные выше получаем:

$$V_{GW4} = 1.25 \cdot (84.4 + 0.1 \cdot 12.12) \cdot 257.6 = 26.86 \text{ Мбит/с};$$

– транспортный ресурс, выделяемый на шлюз MSAN 4;

$$V_{GW1} = 1.25 \cdot (84.4 + 0.1 \cdot 12.12) \cdot 140.9 = 14.72 \text{ Мбит/с};$$

– транспортный ресурс, выделяемый на шлюз MSAN 1;

$$V_{GW2} = 1.25 \cdot (84.4 + 0.1 \cdot 12.12) \cdot 354.57 = 37.054 \text{ Мбит/с};$$

– транспортный ресурс, выделяемый на шлюз MSAN 2;

$$V_{GW3} = 1.25 \cdot (84.4 + 0.1 \cdot 12.12) \cdot 231.84 = 24.23 \text{ Мбит/с};$$

– транспортный ресурс, выделяемый на шлюз MSAN 3;

$$V_{GW5} = 1.25 \cdot (84.4 + 0.1 \cdot 12.12) \cdot 298.98 = 31.23 \text{ Мбит/с};$$

– транспортный ресурс, выделяемый на шлюз MSAN 5;

$$V_{GW6} = 1.25 \cdot (84.4 + 0.1 \cdot 12.12) \cdot 368.2 = 38.48 \text{ Мбит/с};$$

– транспортный ресурс, выделяемый на шлюз MSAN 6;

$$V_{GW8} = 1.25 \cdot (84.4 + 0.1 \cdot 12.12) \cdot 354.5 = 37.05 \text{ Мбит/с};$$

– транспортный ресурс, выделяемый на шлюз MSAN 8.

4.3.4 Расчет транспортного ресурса для передачи сигнального трафика шлюзов.

Для расчета транспортного ресурса шлюзов, необходимого для передачи сигнальной информации, используются те же параметры, что и для расчета транспортного ресурса гибкого коммутатора. Таким образом, для передачи сигнальной информации с целью обслуживания вызовов разных типов требуются следующие объемы полосы пропускания:

$$V_{СТОП} = (P_{СТОП} \cdot N_{ТФОП} \cdot L_{MEGACO} \cdot N_{MEGACO}) / 90 \text{ бит/с}; \quad (4.5)$$

$$V_{ADSL} = (P_{ADSL} \cdot N_{ADSL} \cdot L_{IUA} \cdot N_{IUA}) / 90 \text{ бит/с}; \quad (4.6)$$

$$V_{PBX} = (P_{PBX} \cdot N_{PBX} \cdot L_{IUA} \cdot N_{IUA}) / 90 \text{ бит/с}. \quad (4.7)$$

Значение $1/90$ получается при использовании $k_{sig} = 5 (5 \cdot 1 / 4500 = 1 / 90)$.

Кроме этого, в шлюзе должен быть предусмотрен транспортный ресурс для обмена сообщениями протокола MGCP, используемого для управления шлюзом, который определяется формулой

$$V_{MGCP} = (P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} + P_{ADSL} \cdot N_{ADSL} + P_{PBX} \cdot N_{PBX} + L_{MGCP} \cdot N_{MGCP}) / 90 \text{ бит/с}; \quad (4.8)$$

Таким образом, общий транспортный ресурс шлюза может быть определен как сумма всех необходимых составляющих:

$$V_{GW_SIGN} = V_{GW} + V_{СТОП} + V_{ADSL} + V_{PBX} + V_{MGCP} \dots \quad (4.9)$$

Используя, значения длины сообщений сигнальных протоколов и удельных интенсивностей вызовов, введенные выше рассчитаем транспортный ресурс для шлюза MSAN 4:

Полоса пропускания, выделяемая для передачи сигнальной информации протокола MEGACO, при обслуживании вызовов от пользователей СТОП:

$$V_{СТОП} = (5 \cdot 768 \cdot 500) / 90 = 0.02 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для передачи сигнальной информации протокола IUA, при обслуживании вызовов от пользователей xDSL:

$$V_{ADSL} = (10 \cdot 48 \cdot 500) / 90 = 0.0026 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для передачи сигнальной информации протокола IUA, при обслуживании вызовов от УПАТС:

$$V_{PBX} = (35 \cdot 130 \cdot 500) / 90 = 0.03 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для обмена сообщениями протокола MGCP, при управлении шлюзом:

$$V_{MGCP} = (5 \cdot 768 + 10 \cdot 48 + 35 \cdot 130 + 500) / 90 = 0.102 \cdot 10^{-3} \text{ Мбит/с};$$

Общий транспортный ресурс шлюза MSAN 4.

$$V_{GW_SIGN} = 26.86 + 0.02 + 0.0026 + 0.03 + 0.102 \cdot 10^{-3} = 26.91 \text{ Мбит/с};$$

Таким же способом, рассчитаем транспортный ресурс для передачи сигнального трафика для остальных шлюзов.

Шлюз MSAN 1

Полоса пропускания, выделяемая для передачи сигнальной информации протокола MEGACO, при обслуживании вызовов от пользователей СТОП:

$$V_{СТОП} = (5 \cdot 448 \cdot 500) / 90 = 0.0122 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для передачи сигнальной информации протокола IUA, при обслуживании вызовов от пользователей xDSL:

$$V_{ADSL} = (10 \cdot 48 \cdot 500) / 90 = 0.0026 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для обмена сообщениями протокола MGCP, при управлении шлюзом:

$$V_{MGCP} = (5 \cdot 704 + 10 \cdot 96 + 500) / 90 = 0.0488 \cdot 10^{-3} \text{ Мбит/с};$$

Общий транспортный ресурс шлюза MSAN 1:

$$V_{GW_SIGN} = 14.72 + 0.0122 + 0.0026 + 0.0488 \cdot 10^{-3} = 14.735 \text{ Мбит/с};$$

Шлюз RAGW2:

Полоса пропускания, выделяемая для передачи сигнальной информации протокола MEGACO, при обслуживании вызовов от пользователей СТОП:

$$V_{CTOP} = (5 \cdot 1152 \cdot 500) / 90 = 0.0313 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для передачи сигнальной информации протокола IUA, при обслуживании вызовов от пользователей xDSL:

$$V_{ADSL} = (10 \cdot 96 \cdot 500) / 90 = 0.0052 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для обмена сообщениями протокола MGCP, при управлении шлюзом:

$$V_{MGCP} = (5 \cdot 1152 + 10 \cdot 96 + 500) / 90 = 0.078 \cdot 10^{-3} \text{ Мбит/с};$$

Общий транспортный ресурс шлюза MSAN 2.
Шлюз MSAN 3:

$$V_{GW_SIGN} = 37.054 + 0.0313 + 0.0052 + 0.078 \cdot 10^{-3} = 37.1 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для передачи сигнальной информации протокола MEGACO, при обслуживании вызовов от пользователей СТОП;

$$V_{CTOP} = (5 \cdot 768 \cdot 500) / 90 = 0.02 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для передачи сигнальной информации протокола IUA, при обслуживании вызовов от пользователей xDSL:

$$V_{ADSL} = (10 \cdot 48 \cdot 500) / 90 = 0.0026 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для обмена сообщениями протокола MGCP, при управлении шлюзом;

$$V_{MGCP} = (5 \cdot 768 + 10 \cdot 48 + 500) / 90 = 0.052 \cdot 10^{-3} \text{ Мбит/с};$$

Общий транспортный ресурс шлюза MSAN 3.
Шлюз MSAN 5:

$$V_{GW_SIGN} = 24.23 + 0.02 + 0.0026 + 0.052 \cdot 10^{-3} = 24.25 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для передачи сигнальной информации протокола MEGACO, при обслуживании вызовов от пользователей СТОП:

$$V_{CTOP} = (5 \cdot 960 \cdot 500) / 90 = 0.026 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для передачи сигнальной информации протокола IUA, при обслуживании вызовов от пользователей xDSL:

$$V_{ADSL} = (10 \cdot 96 \cdot 500) / 90 = 0.0052 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для обмена сообщениями протокола MGCP, при управлении шлюзом:

$$V_{MGCP} = (5 \cdot 960 + 10 \cdot 96 + 500) / 90 = 0.068 \cdot 10^{-3} \text{ Мбит/с}$$

Общий транспортный ресурс шлюза MSAN 5.

Шлюз MSAN 6:

$$V_{GW_SIGN} = 31.23 + 0.026 + 0.0052 + 0.068 \cdot 10^{-3} = 31.27 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для передачи сигнальной информации протокола MEGACO, при обслуживании вызовов от пользователей СТОП:

$$V_{СТОП} = (5 \cdot 1152 \cdot 500) / 90 = 0.0313 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для передачи сигнальной информации протокола IUA, при обслуживании вызовов от пользователей xDSL:

$$V_{ADSL} = (10 \cdot 144 \cdot 500) / 90 = 0.0078 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для обмена сообщениями протокола MGCP, при управлении шлюзом:

$$V_{MGCP} = (5 \cdot 1152 + 10 \cdot 144 + 500) / 90 = 0.084 \cdot 10^{-3} \text{ Мбит/с};$$

Общий транспортный ресурс шлюза MSAN 6.

Шлюз MSAN 8:

$$V_{GW_SIGN} = 38.48 + 0.0313 + 0.0078 + 0.084 \cdot 10^{-3} = 38.52 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для передачи сигнальной информации протокола MEGACO, при обслуживании вызовов от пользователей СТОП:

$$V_{СТОП} = (5 \cdot 1152 \cdot 500) / 90 = 0.0313 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для передачи сигнальной информации протокола IUA, при обслуживании вызовов от пользователей xDSL:

$$V_{ADSL} = (10 \cdot 96 \cdot 500) / 90 = 0.0052 \text{ Мбит/с};$$

Полоса пропускания, выделяемая для обмена сообщениями протокола MGCP, при управлении шлюзом:

$$V_{MGCP} = (5 \cdot 1152 + 10 \cdot 96 + 500) / 90 = 0.078 \cdot 10^{-3} \text{ Мбит/с};$$

Общий транспортный ресурс шлюза MSAN 8:

$$V_{GW_SIGN} = 37.05 + 0.0313 + 0.0052 + 0.078 \cdot 10^{-3} = 37.087 \text{ Мбит/с};$$

Результаты расчета транспортного ресурса выделяемого для передачи клиентского и сигнального трафика приведены в таблице 4.3

Т а б л и ц а 4.3 - Транспортный ресурс, выделяемый на шлюзы

Объект	Транспортный ресурс для пользовательского трафика, Мбит/с	Транспортный ресурс для сигнального трафика, Мбит/с
MSAN 1	14.72	0.015
MSAN 2	37.054	0.036
MSAN 3	24.23	0.023
MSAN 4	26.86	0.032
MSAN 5	31.23	0.028
MSAN 6	38.48	0.038
MSAN 8	37.05	0.036

4.4 Расчет производительности коммутаторов пакетной сети

Так, как на уровне шлюзов доступа происходит замыкание пользовательской нагрузки, шлюзы имеют свои собственные коммутаторы, производительность которого вычисляется по формуле:

$$P_{GW} = M_{GW} \cdot V_{GW} / L_{IP}, \quad (4.10)$$

где M_{GW} — доля потока абонентской информации, замыкающейся на уровне шлюза, в среднем 32,5 пакета;

L_{IP} — длина IP-пакета, в среднем составляет 65 кбайт.

Подставляя в формулу (4.4) значения суммарного транспортного ресурса шлюзов получим:

$$P_{RAGW1} = 32.5 \cdot 14.72 / 0.065 = 7360 \text{ пак/с};$$

– производительность по пакетам шлюза MSAN 1

$$P_{RAGW2} = 32.5 \cdot 37.054 / 0.065 = 18527 \text{ пак/с};$$

– производительность по пакетам шлюза MSAN 2

$$P_{RAGW3} = 32.5 \cdot 24.23 / 0.065 = 12115 \text{ пак/с};$$

– производительность по пакетам шлюза MSAN 3

$$P_{RAGW4} = 32.5 \cdot 26.86 / 0.065 = 13430 \text{ пак/с};$$

– производительность по пакетам шлюза MSAN 4

$$P_{RAGW5} = 32.5 \cdot 31.23 / 0.065 = 15615 \text{ пак/с};$$

– производительность по пакетам шлюза MSAN 5

$$P_{RAGW6} = 32.5 \cdot 38.48 / 0.065 = 19240 \text{ пак/с};$$

– производительность по пакетам шлюза MSAN 6

$$P_{RAGW8} = 32.5 \cdot 37.05 / 0.065 = 18525 \text{ пак/с};$$

– производительность по пакетам шлюза MSAN 8

5 Бизнес-план

5.1 Цель проекта

Главной целью данного проекта является проектирование мультисервисной сети, включающих в себя: высокоскоростной доступ в Интернет, цифровую телефонию, цифровое телевидение. Основными задачами проекта являются:

- создание единой, эффективной, универсальной мультисервисной телекоммуникационной структуры в г. Павлодар;
- создание технологической основы для внедрения сети MetroEthernet на базе открытых протоколов;
- получение максимально возможной прибыли от предоставления услуг передачи голоса, видео и доступа в Интернет.

Предпосылки инициации проекта:

- построение республиканской супермагистралей IP/MPLS и перехода к сетям с коммутацией пакетов;
- востребованность использования новых, современных технологий, в том числе в сфере телекоммуникаций;
- недостаточная возможность доступа к информационным ресурсам;
- недостаточно высокий коэффициент проникновения существующих операторов кабельного телевидения при недостаточно высоком качестве предоставляемых услуг;
- достаточно высокая платежеспособность населения;
- средний доход с абонента в данном секторе инфокоммуникационного рынка существенно выше, чем средний доход оператора от других видов клиентов.

5.2 Анализ внешней среды

Сегмент массового платного телевидения в городе Павлодар остается фактически не заполненным (проникновение не более 1%-3%). Это объясняется отсутствием комплексных и сфокусированных маркетинговых усилий, направленных на развитие рынка у игроков, присутствующих в данном сегменте последние 10 лет.

Именно в настоящее время идеальный момент для агрессивного развития платного телевидения ввиду бурного развития технологий и вытекающих способов и преимуществ при просмотре телевидения. Сегодня в городе Семей сложилась крайне благоприятная ситуация для выхода на рынок интерактивного телевидения. Бурное развитие столицы, высокая платежеспособность населения, острая нехватка доступа к информационным ресурсам, передовая востребованность к новым технологиям, наличие в городе современной широкополосной мультисервисной сети с охватом практически

всей территории города, и недостаточно высокий, при этом, коэффициент проникновения существующих операторов кабельного телевидения.

5.3 Финансовый план

Стоимость основных средств.

Рассчитаем объем капитальных вложений, необходимых для организации узла. При этом учтем не только расходы на приобретение оборудования, но и дополнительные средства, необходимые для полноценной работы узла. Стоимость оборудования указана в таблице.

Наиболее капиталоемкой частью оборудования сети является аппаратура решения IP-TV, которая выполняет все функции обеспечения качественного сервиса цифрового интерактивного телевидения, и предоставления преимущественно новых телекоммуникационных услуг реального времени. Таблица стоимости всего оборудования проектируемой сети приведена в приложении Г.

Капитальные затраты определяются по формуле (5.1):

$$K_{\sum_{вл}} = Ц + K_{мон} + K_{пер}, \quad (5.1)$$

где Ц – цена системы (Ц = 123 401 250 тг.);

$K_{мон}$ – стоимость монтажа на месте составляет 5% от цены системы:

$$K_{мон} = Ц \cdot 0,05$$

$$K_{мон} = 123\,401 \cdot 0,05 = 6170,063 \text{ тыс. тг.};$$

$K_{пер}$ – стоимость перевозки к месту эксплуатации составляет 2% от цены системы:

$$K_{пер} = Ц \cdot 0,02$$

$$K_{пер} = 123\,401 \cdot 0,02 = 2468,03 \text{ тыс. тг.}$$

Тогда капитальные затраты составят:

$$K_{\sum_{вл}} = 123\,401 + 6170,063 + 2468,03 = 132\,039 \text{ тыс. тг.}$$

Эксплуатационные расходы определяются по формуле:

$$Эр = ФОТ + Ос + Ао + Н + Ар + Эл, \quad (5.2)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда;

Ос – отчисления на социальные нужды (социальный налог);

Ао – амортизационные отчисления;

Н – накладные расходы;

Ар – выплаты за аренду канала;

Эл – затраты на электроэнергию со стороны производственных нужд.

Фонд оплаты труда.

Для вычисления ФОТ приведем среднемесячную заработную плату работников операторского центра управления сетью, которую сведем в таблицу. Количество обслуживающего персонала берется исходя из того, что

операторы центра управления сетью работают в смену, остальные же имеют 8-часовой рабочий день.

Таблица 5.1 – Фонд оплаты труда сотрудников

Должность	Оклад	Кол-во	Годовая ЗП
Старший инженер СПД	125000	1	1500000
Инженер СПД	95000	1	1140000
Оператор IP-TV	75000	1	900000
Оператор ЦУС	60000	3	2160000
Инженер монтажа	80000	1	960000
Ассистент	55000	1	660000
Итого			7320000

Фонд оплаты труда состоит из основной ($ЗП_{осн}$ и дополнительной ($ЗП_{доп}$) заработной платы персонала, обслуживающего прибор (устройство или систему) или объект связи.

Итого ФОТ в год равен 7 320 000 тенге.

Премияльный фонд определяется из выражения (5.3), представленного ниже:

$$ПрФ = ФОТ_{осн} \cdot 0,2 \quad (5.3)$$

$$ПрФ = 7\,320\,000 \cdot 0,2 = 1\,464\,000 \text{ тенге.}$$

Итого:

$$ФОТ = ФОТ_{осн} + ПрФ \quad (5.4)$$

$$ФОТ = 7\,320\,000 + 1\,464\,000 = 8\,784\,000 \text{ тенге.}$$

На данный момент социальный налог составляет 11 % и рассчитывается по формуле:

$$С_С = 0,11 \cdot (ФОТ - 0,1 \cdot ФОТ) \quad (5.5)$$

Социальный налог составит 11% от ФОТ, тогда с вычетом пенсионного фонда, который составит 10% от ФОТ, получится:

$$С_С = 0,11 \cdot (8\,784 - 0,1 \cdot 8\,784) = 869,616 \text{ тенге}$$

Амортизационные отчисления

Амортизационные отчисления на предприятиях связи составляют 25% от основных производственных фондов. В данном случае амортизационные отчисления составляют 25% от стоимости оборудования:

$$А_о = Ц \cdot 0,25, \quad (5.6)$$

$$А_о = 123\,401 \cdot 0,25 = 30\,850\,300 \text{ тг.}$$

Расходы на электроэнергию.

Расходы на оплату электроэнергии со стороны производственных нужд определяются исходя из мощности, потребляемой оборудованием, времени работы предприятия и тарифов на электроэнергию.

Ввиду необходимости круглосуточной работы оборудования суммарная мощность будет вычисляться по следующей формуле:

$$P = P_{\text{оборуд}} \cdot 365 \cdot 24, \quad (5.7)$$

где P – суммарная мощность, потребляемая основным оборудованием в год, кВт;

$P_{\text{оборуд}}$ – суммарная мощность, потребляемая основным оборудованием в час, кВт.

Получаем что $P = 5.7 \cdot 365 \cdot 24 = 49\,932$ кВт. Учитывая что оборудование проектируемой сети будет устанавливаться на 6 узлах связи, получаем что общая потребляемая мощность будет составлять 299592 кВт. Таким образом общие затраты на электроэнергию составят:

$$\text{Эл} = 299592 \cdot 15 = 4,493,880 \text{ тг.}$$

Накладные расходы.

Накладные расходы в год будет определена по формуле (5.8):

$$H = A_{\Pi} + P + O_{\Pi} + Tr + A_K + P_{\text{хоз}}, \quad (5.8)$$

где A_{Π} – арендная плата за помещение, 21 600 000 тенге в год;

P – затраты на рекламу, 2 500 000 тенге в год;

O_{Π} – затраты на обучение персонала, 450 000 в год на каждого сотрудника, на весь персонал - 3 600 000 тенге

Tr – транспортные расходы, 450 000 тенге в год

$P_{\text{хоз}}$ – хозяйственные расходы на поддержание помещения, 660 000 тенге в год.

A_K – арендная плата за каналы связи, 30 670 000 тенге в год

Сумма накладных расходов составит:

$$H = 21600000 + 2\,500\,000 + 3\,600\,000 + 660\,000 + 30\,670\,000 = 59\,480\,000 \text{ тенге.}$$

Исходя из выше рассчитанных данных, годовые эксплуатационные расходы составят:

$$\text{Э} = 8\,784\,000 + 1\,277\,300 + 30\,850\,300 + 1\,390\,106,88 + 59\,840\,000 = 101\,221\,779,4 \text{ тг.}$$

Оценка доходной части.

Рассчитаем доходы предприятия от реализации услуг, а также прибыль от основной деятельности. Все доходы предприятия делятся на 3 составные части: доходы от реализации услуг IP-TV, доходы от услуг телефонии, доходы от услуг Интернет.

Рассчитаем доход от услуг IP-TV. Рассмотрим, что первоначальное количество абонентов на первый месяц подключения составит 200 абонентов. Данные об увеличении количества абонентов приведены в приложении Д.

Рассчитаем единовременный доход. Стоимость подключения составляет 3000 тнг. Таким образом доход за подключение составит:

$$D_{\text{подкл}} = N_{\text{абон}} \cdot T_{\text{подкл}} \quad (5.9)$$

$$D_{\text{подкл}} = 2400 \cdot 3000 = 7,2 \text{ млн. тнг}$$

Рассчитаем текущие доходы. Рассчитаем доходы от абонентской платы за первый год эксплуатации

где $N_{12\text{м}}$ - количество абонентов за соответствующий месяц, по таблице из приложения Д.

$T_{\text{абон}}$ - тариф абонентской платы 2600 тенге/месяц.

По формуле:

$$D_{\text{абон}} = \sum N_{1\text{м}} \cdot T_{\text{абон}} + N_{2\text{м}} \cdot T_{\text{абон}} + N_{3\text{м}} \cdot T_{\text{абон}} + \dots + N_{12\text{м}} \cdot T_{\text{абон}} \quad (5.10)$$

$$D_{\text{абон}} = (200 \cdot 2600 + 600 \cdot 2600 + 1000 \cdot 2600 + 1400 \cdot 2600 + 1400 \cdot 2600 + 1800 \cdot 2600 + 2200 \cdot 2600)$$

Таким образом:

$$D_{\text{абон}} = 18,72 \text{ млн.тенге}$$

Рассчитаем доходы от реализации дополнительных услуг. Доходы от видео по запросу:

где $N_{\text{абон}}$ - количество абонентов;

$T_{\text{видео}}$ - тариф на видео по запросу, равный 300 тенге/месяц.

$$D_{\text{видео}} = N_{\text{абон}} \cdot T_{\text{видео}} \quad (5.11)$$

$$T_{\text{видео}} = (200 \cdot 300 + 600 \cdot 300 + 800 \cdot 300 + 1000 \cdot 300 + 1400 \cdot 300 + 1800 \cdot 300 + 2200 \cdot 300)$$

Таким образом:

$$T_{\text{видео}} = 4,68 \text{ млн.тенге.}$$

Рассчитаем доход от услуг доступа в Интернет. Рассмотрим, что первоначальное количество абонентов на первый месяц подключения составит 500 абонентов. Данные об увеличении абонентов приведены в приложении Д.

Рассчитаем единовременный доход. Стоимость подключения составляет 3500 тнг. Таким образом, доход за подключение составит:

$$D_{\text{подкл}} = N_{\text{абон}} \cdot T_{\text{подкл}} \quad (5.12)$$

$$D_{\text{подкл}} = 6000 \cdot 3500 = 2,1 \text{ млн. тнг.}$$

Рассчитаем текущие доходы. Рассчитаем доходы от абонентской платы за

первый год эксплуатации по формуле:

$$D_{абон} = \sum N_{1м} \cdot T_{абон} + N_{2м} \cdot T_{абон} + N_{3м} \cdot T_{абон} + + N_{12м} \cdot T_{абон} \quad (5.13)$$

где $N_{12м}$ - количество абонентов за соответствующий месяц, по таблице из приложения Д.

$T_{абон}$ - тариф абонентской платы 2783 тенге/месяц.

$$D_{абон} = (500 \cdot 2783 + 1500 \cdot 2783 + 2500 \cdot 2783 + 3500 \cdot 2783 + 4500 \cdot 2783 + 5500 \cdot 2783)$$

Таким образом:

$$D_{абон} = 500,94 \text{ млн.тенге.}$$

Рассчитаем доход от услуг телефонии. Рассмотрим, что первоначальное количество абонентов на первый месяц подключения составит 250 абонентов. Данные об увеличении абонентов приведены в приложении Д.

Рассчитаем единовременный доход. Стоимость подключения составляет 14850 тнг. Таким образом, доход за подключение составит:

$$D_{подкл} = N_{абон} \cdot T_{подкл} \quad (5.14)$$

$$D_{подкл} = 3000 \cdot 14850 = 44,55 \text{ млн. тнг.}$$

Рассчитаем текущие доходы. Рассчитаем доходы от абонентской платы за первый год эксплуатации по формуле:

$$D_{абон} = \sum N_{1м} \cdot T_{абон} + N_{2м} \cdot T_{абон} + N_{3м} \cdot T_{абон} + + N_{12м} \cdot T_{абон} \quad (5.15)$$

где $N_{12м}$ - количество абонентов за соответствующий месяц, по таблице из приложения Д.

$T_{абон}$ - тариф абонентской платы 495 тенге/месяц.

$$D_{абон} = (250 \cdot 495 + 750 \cdot 495 + 1250 \cdot 495 + 1750 \cdot 495 + 2250 \cdot 495 + 2750 \cdot 495)$$

Таким образом, $D_{абон} = 4,455 \text{ млн.тенге}$

Таблица 5.2 - Общий доход за 1 год эксплуатации

Текущие доходы	Год 1
Доходы от абонентской платы IP-TV	18720000
Доходы от абонентской платы Internet	500940000
Доходы от абонентской платы телефонии	4455000
Доходы от услуг "Видео по запросу"	4680000
Единовременные доходы	
Доходы от сбора за подключения IP-TV	7200000

Доходы от сбора за подключения Internet	2100000
Доходы от сбора за подключения телефонии	44550000
Итого, тнг	582645000

Прибыль от основной деятельности определяет эффект работы предприятия как разницу между полученными доходами от реализации услуг и средствами, израсходованными в процессе создания услуг:

$$Pr_{OCH} = D_{OCH} = D_{PEAL} - \mathcal{E}p \quad (5.16)$$

$$Pr_{OCH} = 234,6 - 105,25 = 129,35 \text{ млн. тнг.}$$

Юридический налог:

$$КПН = H_{CT} * Pr_{OCH}, \quad (5.17)$$

где $H_{CT} = 0,2$ - налоговая ставка.

$$КПН = 0,2 \cdot 129,35 = 25,87 \text{ млн. тнг.}$$

Налогооблагаемая прибыль:

$$Pr_{П/НАЛ/ОБЛ} = Pr_{OCH} - КПН \quad (5.18)$$

$$Pr_{П/НАЛ/ОБЛ} = 129,35 - 25,87 = 103,48 \text{ млн. тнг.}$$

Прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия, может использоваться непосредственно по целевому назначению без образования специальных фондов:

$$Pr_{П/НАЛ/ОБЛ} = Pr_{\text{чист.ост.врасп.предпр.}} = 93,38 \text{ млн. тнг.}$$

Ожидаемое чистое денежное поступление:

$$ОЧД = Pr_{\text{чист.ост.врасп.предн.}} + A_o \quad (5.19)$$

$$ОЧД = 106,72 + 27,61 = 134,33 \text{ млн. тнг.}$$

Расчет срока окупаемости и абсолютного экономического эффекта.

Абсолютная экономическая эффективность данного проекта вычисляется по формуле:

$$E = \frac{ОЧД}{K_{\sum ВЛ}}.$$

Таким образом:

$$E = \frac{134,33}{132,04} = 1,02.$$

Расчетный срок окупаемости определяется как величина обратная абсолютной экономической эффективности:

Таким образом, нормативный (плановый) срок окупаемости (возврата) капитальных вложений характеризует период времени в годах, в течение которого вложенные средства полностью возмещаются прибылью, получаемой в 1 год.

$$Tp = \frac{1}{1,02} = 0,98 \text{ года} - 11,8 \text{ мес}$$

Произведем вычисления для получения дохода на нужный расчетный год, с учетом ставки дисконты 20 %.

$$PV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}, \quad (5.20)$$

где r - норма дисконта;

n - число периодов реализации проекта;

CF_t - чистый поток платежей в периоде t .

$$PV = [124,23/(1+0,2)^1] + [124,23/(1+0,2)^2] + [124,23/(1+0,2)^3] + [124,23/(1+0,2)^4] + [124,23/(1+0,2)^5] = 371,73 \text{ млн. тг.}$$

Текущая стоимость затрат (I_0) сравнивается с текущей стоимостью доходов (PV). Разность между ними составляет чистую текущую стоимость проекта (NPV).

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (5.21)$$

$$NPV = 371,73 - 132,04 = 239,69 \text{ млн. тг.}$$

Рассчитанная таким образом чистая современная стоимость потока платежей имеет положительный знак ($NPV > 0$), это означает, что в течение своей экономической жизни проект возместит первоначальные затраты I_0 , обеспечит получение прибыли согласно заданному стандарту, а также ее некоторый резерв, равный NP .

Индекс рентабельности представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине инвестиционных затрат. Индекс рентабельности (PI) рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_k \frac{CF_t}{(1+r)^k} / I. \quad (5.22)$$

$$\text{Таким образом, } PI = 371,73 / 132,04 = 2,81.$$

Очевидно, что если: $PI > 1$, то проект следует принять.

Логика критерия PI такова: он характеризует доход на единицу затрат.

В отличие от чистого приведенного эффекта индекс рентабельности является относительным показателем.

Внутренняя норма доходности (IRR) определяет максимально приемлемую ставку дисконта, при которой можно инвестировать средства без каких-либо потерь для собственника. Ее значения находят исходя из следующего уравнения:

$$\sum_{t=1}^n \frac{PV_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0 \quad (5.23)$$

IRR определяется методом итерации (перебора) значений норм дисконта (большим, чем заданная r) с тем, чтобы PV приблизительно сравнялось со значением K и затем сравнивается с требуемой инвестором нормой дохода на вкладываемый капитал. Если IRR равна или больше требуемой инвестором нормы дохода на капитал, то инвестиции в данный проект оправданы, в противном случае инвестиции в данный проект нецелесообразны.

$$DPP = t, \text{ при котором } P_t > I,$$

Общая таблица расчетов приведена ниже.

Таблица 5.3 – Расчетные экономические показатели

Наименование статей затрат	Расчетные данные
Капитальные вложения, тенге	132039337,5
Эксплуатационные расходы, тенге	105245480
Общий доход, тенге	582645000
Чистый доход, тенге	134330000
Абсолютный экономический эффект	1,02
Срок окупаемости без учета дисконтирования, год	0,98
Срок окупаемости с учетом дисконтирования, год	1,4
Чистая приведенная стоимость (NPV), тенге	239 690 000
Индекс доходности (PI)	2,81

6 Безопасность жизнедеятельности

6.1 Анализ условий труда рабочего персонала

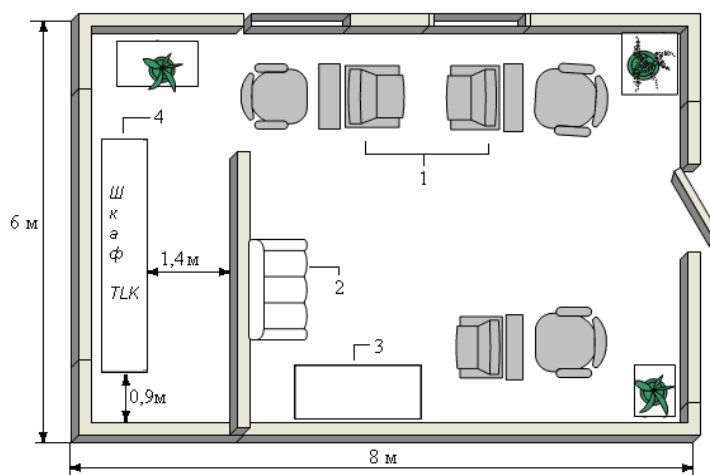
Исследуется организация мультисервисной сети с целью предоставления современных услуг Triple play по единому каналу: высокоскоростной доступ в Интернет, цифровое телевидение и телефония. В рамках данного проекта состав оборудования включает в себя гибкий коммутатор, маршрутизатор и компьютеры для управления оборудованием, расположенные в здании в городе Павлодар.

На данной станции двенадцатичасовой день в три смены для дежурных операторов и восьми часовой рабочий день для инженерного состава. Общее количество работников пять человек:

- инженер первой категории – 1 человек;
- электромонтер – 2 человека;
- монтер – 2 человека.

Электрические показатели: напряжения питания 220 В, 50 Гц и 60 В постоянное. Вес: до 1000 кг. Условия окружающей среды (температура окружающей среды влажность) от минус 30 °С до плюс 50 °С, от 20% до 90%.

Объем и площадь производственного помещения, на каждого работающего по существующим санитарным нормам ГОСТ 12.1.005 - 88,- не менее 15 м³ и 4,5 м². План комнаты представлен на рис. 6.1.



1 – техника, оснащенная специальной программой, 2 – диван, 3 – стол, 4 – шкаф TLK, а- 800 мм, в- 800 мм, с – 2 м

Рисунок 6.1 – План серверной с размещением оборудования

Рассматриваемая в выпускной работе площадь комнаты для обслуживающего персонала составляет 48м² (длина = 8 м, ширина = 6 м). Объем помещения – 153,6 м³. В помещении находиться три рабочих места (2

инженера и оператор). У инженеров восьмичасовой рабочий день и пяти дневная рабочая неделя, а у оператора двенадцатичасовая посменная работа. В качестве средств труда используется оргтехника (3 компьютера и универсальное средство от фирмы Hewlett Packard: принтер-сканер-ксерокс).

В помещении находится металлический телекоммуникационный шкаф TLK серии Multi-purpose (TFM) предназначены для установки серверного, коммуникационного, активного, и пассивного волоконно-оптического оборудования в стандарте 19", 23" и MEP внутри офисных и производственных помещений. Напольные шкафы этой серии являются универсальными и имеют размеры 800x800 мм (ширина/глубина), что позволяет устанавливать в них оборудование различной глубины.

Свет влияет на общее состояние организма. Правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстрее устает и как следствие повышается вероятность производственного травматизма.

При недостаточности или отсутствии естественного света в помещении применяют искусственное освещение. Искусственное освещение осуществляется путем использования таких источников света как лампы накаливания, газоразрядные лампы высокого и низкого давления, плоские и щелевые световоды.

Условия искусственного освещения оказывают большое влияние на зрительную работоспособность, физическое и моральное состояние людей, а, следовательно, на производительность труда, качество труда и производственный травматизм [19].

В нашем помещении искусственное освещение осуществляется путём использования НГ-54 со световым потоком 13100 лм и мощностью 750 Вт. Указанный тип светильников неприменим для обеспечения необходимого уровня освещенности для разряда зрительной работы IV,а, поэтому ниже представлена реконструкция искусственного освещения.

Метеорологические условия внутренней среды рабочей аудитории, определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры поверхностей ограждающих конструкций, технологического оборудования и теплового облучения.

Показателями, характеризующими микроклимат, являются: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха; интенсивность теплового облучения. Обычно микроклимат оценивают в рабочей зоне, представляющей собой пространство высотой до 2 м над уровнем мест постоянного или временного нахождения работников.

Сочетания параметров микроклимата, которые при длительном систематическом воздействии на человека вызывают переходящие и быстро нормализующиеся изменения теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением механизмов терморегуляции, не выходящим

за пределы физиологических приспособительных возможностей, рассматриваются как допустимые климатические условия. При этом не возникает повреждений организма или нарушений состояний здоровья, наблюдаются дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности [20].

Для поддержания условий микроклимата помещение оснащено системой кондиционирования, благодаря чему в любой из периодов года микроклиматические параметры в нашем помещении следующие: температура летнего периода: + 24 °С, температура зимнего периода +21 - +24° С, относительная влажность воздуха – 60% при температуре ниже 36° С.

С точки зрения пожарной безопасности помещение операционного зала относится к категории Д, так как в нем присутствуют несгораемые вещества и материалы в холодном состоянии; степень огнестойкости III – здание с несущими и ограждающими конструкциями из железобетона. Предел огнестойкости 1-2 часа.

Причинами пожаров в операционном зале, являются: искрение в оборудовании; теплота, выделяющаяся при перегрузках электрических сетей, машин и аппаратов, больших переходных сопротивлений (наиболее часто перегрузки возникают при токовых нагрузках, превышающих в течение длительного времени допустимые значения, а большие сопротивления – при плохих контактах); искры при коротких замыканиях – возникают при неправильном подборе и монтаже электросетей, износе, старении и повреждении изоляции электропроводов и оборудования; неисправность отопительных приборов и нарушение технологического процесса, в результате которого выделяются горючие газы, пары или пыль; применение разветвленных систем вентиляции и кондиционирования (поэтому кислород как главный окислитель процессов горения имеется в любой точке помещения в любое время).

6.2 Технические решения обеспечения безопасности жизнедеятельности

Рациональное освещение помещений - один из наиболее важных факторов, от которых зависит эффективность трудовой деятельности человека.

Хорошее освещение необходимо для выполнения большинства задач оператора. Для того чтобы спланировать рациональную систему освещения, необходимо учитывать специфику рабочего задания, для которого создается система освещения, скорость и точность, с которой это рабочее задание должно выполняться, длительность его выполнения и различные изменения в условиях выполнения рабочих операций.

Осветительные установки должны обеспечивать равномерную освещенность с помощью преимущественно отраженного или рассеянного светораспределения; они не должны создавать слепящих бликов на клавиатуре и других частях пульта, а также на экране в направлении глаз оператора. Для исключения бликов отражения на экране от светильников общего освещения, необходимо применять антибликерные сетки, специальные фильтры для экранов, защитные козырьки или располагать источники света параллельно направлению взгляда на экран с обеих сторон. При рядном размещении оборудования не допускается расположение дисплеев экранами друг к другу. Местное освещение обеспечивается светильниками, установленными непосредственно на столешнице стола или на его вертикальной панели, а также вмонтированными в козырек пульта. Если возникает необходимость использования индивидуального светового источника, то он должен иметь возможность ориентации в разных направлениях и быть оснащен устройством для регулирования яркости и защитной решеткой, предохраняющей от ослепления и отражения блеска. Источники света по отношению к рабочему месту следует располагать таким образом, чтобы исключить попадание в глаза прямого света. Защитный угол арматуры у этих источников должен быть не менее 30. Пульсация освещенности используемых люминесцентных ламп не должна превышать 10%.

Расчет выполняется по методическому указанию [22] и СНИП РК 2.04-05-2002 [23]. Метод коэффициента использования. Рассчитаем общее освещение для офисного помещения длиной $A = 8$ м, шириной $B = 6$ м, высотой $H = 3$ м с белым подвесным потолком, побеленными стенами и с окнами с открытыми жалюзи. Нормируемую освещённость выбираем для зрительной работы средней точности, она равна $E = 200$ лк таблица 1.2 (2). Принимаем систему общего освещения люминесцентными лампами ЛД мощностью 40 Вт, со световым потоком $\Phi_{\text{л}} = 2340$ лм, диаметром 40 мм, длиной 1,2 метра таблица 2.2 (2). Светильники типа ЛВО01 (по две лампы в светильнике), встраиваемые в подвесные потолки. Коэффициенты отражения потолка, стен, пола - $\rho_{\text{пот}} = 70\%$, $\rho_{\text{ст}} = 50\%$, $\rho_{\text{пол}} = 30\%$.

Расчётная высота подвеса – рабочая поверхность находится на высоте $h_{\text{рт}} = 1,2$ метра от пола, высота свеса ламп – $h_{\text{сл}} = 0$ метров, следовательно по формуле [5.1]:

$$h = H - (h_{\text{рт}} - h_{\text{сл}}) \quad (6.1)$$

$$h = 3 - (0,8 - 0) = 2,2(\text{м})$$

Наивыгоднейшее расстояние между светильниками определяется как ($\lambda = 1,2 \div 1,4$) по формуле [6.2]:

$$L_a = \lambda \cdot h \quad (6.2)$$

$$L_a = 1,4 \cdot 2,2 = 3,1(\text{м})$$

Найдем расстояние от стены до ближайшего светильника по формуле [6.3]:

$$l_a = 0,4 \cdot L_a \quad (6.3)$$

$$l_a = 0,4 \cdot 3,1 = 1,3(\text{м})$$

При ширине зала $B = 6$ м имеем число рядов светильников по формуле [6.4]:

$$n = \frac{B}{L} \quad (6.4)$$

$$n = \frac{6}{3,1} = 2$$

Определяем индекс помещения по формуле (6.5):

$$I = \frac{A \cdot B}{n(A + B)}, \quad (6.5)$$

$$I = \frac{8 \cdot 6}{2,2 \cdot (8 + 6)} = 1,6 \text{ м}$$

Тогда коэффициент использования [14]:

$$\eta_1 = 80\%$$

Коэффициент запаса для учебных помещений, лабораторий, конструкторских бюро:

$$K_3 = 1,5$$

Необходимое количество светильников по формуле [6.6]:

$$N = \frac{E \cdot K_3 \times S \times Z}{n \times \Phi_{\text{л}} \times \eta_1} \quad (6.6)$$

где E – заданная минимальная освещенность;

K_3 – коэффициент запаса;

S – освещаемая площадь;

Z – коэффициент неравномерности освещения ($Z = 1,1 \div 1,2$);

n – количество ламп в светильнике;

$\Phi_{\text{л}}$ – световой поток лампы.

$$N = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 48 \cdot 1,2}{2 \cdot 2340 \cdot 0,80} = 4шт$$

При длине одного светильника типа ЛВО01 с лампами ЛД-40 $L_{CB} = 1,2м$, их общая длина составит:

$$N \cdot L_{CB} = 1,2 \cdot 2 = 2,4 м$$

Таким образом размещаем в один ряд два светильника с расстоянием между ними 2,4 метра. Всего для создания нормируемой освещённости 200 лк устанавливаются 4 лампы марки ЛД мощностью 40 Вт:

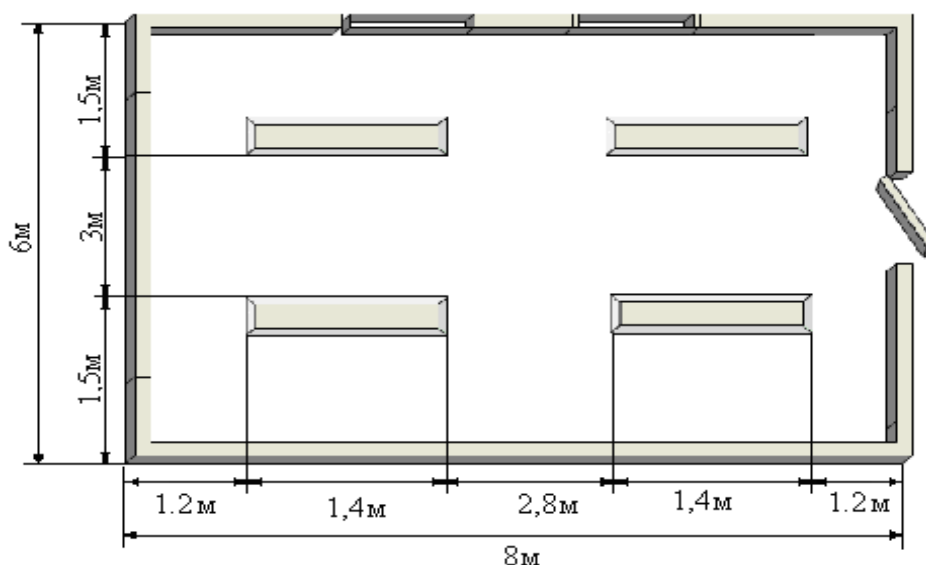


Рисунок 6.2 – Расположение светильников в производственном помещении

6.2.2 Расчет путей эвакуации при пожаре.

Расчет путей эвакуации при пожаре произведен согласно методическим указаниям [24] и СНиП РК 2.02-01-2005 [25].

Общие требования к эвакуационным путям:

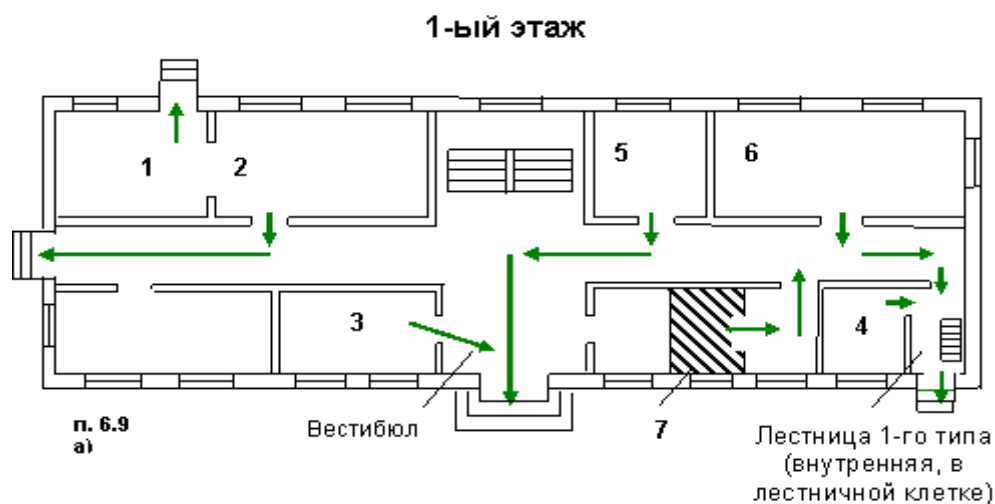


Рисунок 6.3 - Эвакуационные выходы из помещений 1-го этажа

Т а б л и ц а 6.1 – Нумерация и описание маршрута эвакуации

Номера маршрутов	Описание маршрута эвакуации из помещений первого наружу:
1	непосредственно;
2	через коридор;
3	через вестибюль (фойе);
4	через лестничную клетку;
5	через коридор и вестибюль;
6	через коридор
7	в соседнее помещение (кроме помещения категории А и Б), обеспеченное эвакуационными выходами

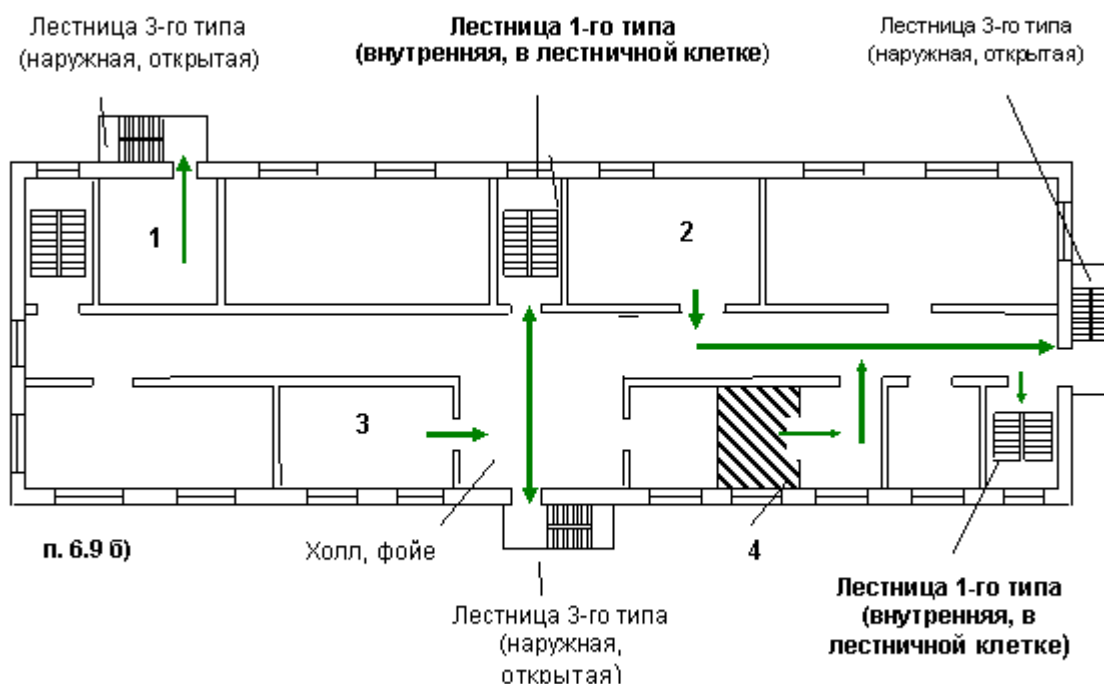


Рисунок 6.4 - Эвакуационные выходы из помещений, расположенных на любых этажах, кроме 1-го.

Т а б л и ц а 6.2 – Нумерация и описание маршрута эвакуации

Номера маршрутов	Описание маршрута эвакуации из помещений любого этажа, кроме первого:
1	непосредственно в лестничную клетку или на лестницу 3-го типа;
2	в коридор, ведущий непосредственно в лестничную клетку или на лестницу 3-го типа;
3	в холл (фойе), имеющий выход непосредственно в лестничную клетку или на лестницу 3-го типа;
4	в соседнее помещение (кроме помещения категории А и Б), обеспеченное эвакуационными выходами

Эвакуационные выходы обеспечивают эвакуацию всех людей, находящихся в помещении в течение необходимого времени.

Согласно формуле 6.7 расчетное время эвакуации t_p не должно быть больше необходимого времени эвакуации $t_{нб}$:

$$t_p < t_{нб} \quad (6.7)$$

где t_p устанавливается по расчету времени движения одного или нескольких потоков через эвакуационные выходы из наиболее удаленных мест размещения людей.

При расчете весь путь подразделялся на участки длиной l_i и S_i – шириной.

Начальные участки – проходы между рабочими местами и оборудованием.

Расчетное время определяется по формуле (6.8):

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i \quad (6.8)$$

где t_1, t_2, t_3 и t_i – время движения людского потока на первом и последующих участках пути, мин.

Время движения по первому участку пути определяется по формуле (6.9):

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1} \quad (6.9)$$

где V_1 значение скорости людского потока по горизонтальному пути на первом участке, определяемое из таблицы в зависимости от плотности потока D_1 , м/мин.

Плотность людского потока на первом участке определяется по формуле (6.10):

$$D_1 = \frac{N_1 * F}{l_1 * S_1} \quad (6.10)$$

где N_1 – число людей на участке, чел.; F – средняя плотность горизонтальной проекции человека, m^2 ; $F=0,1$.

Интенсивность людского потока по каждому последующему участку пути определяется по формуле (6.11):

$$g_i = \frac{g_{i-1} * S_{i-1}}{S_i} \quad (6.11)$$

где S_i, S_{i-1} – ширина рассматриваемого i -го и предшествующего ему $i-1$ – го участка пути, м;

g_i, g_{i-1} – значения интенсивности движения людского потока по рассматриваемому i -му и $i-1$ – му участку пути, м/мин.

Значение интенсивности движения потока на первом участке пути $g_1 = g_{i-1}$ определяется из таблицы по значению D_1 .

В примере расчета определили t_p и $t_{пб}$. Здание с размерами $AB*N$ $(12,78*10,66*3,5)=476,82 \text{ м}^3$.

В операторском отделе 4 человека, серверная – 2 человека. Итого 6 человек.

l_1 (длина помещения) = 8 м;

S (ширина прохода между столами) = 0,5 м;

$$D_1 = \frac{N_1 * F}{l_1 * S_1} = \frac{6 * 0.1}{8 * 1} = 0,075 \text{ м};$$

V (по горизонтальному участку) = 80 м/мин;

g (по горизонтальному участку) = 8 м/мин;

g (дверной проем) = 8,7 м/мин;

$$t_{гор} = \frac{l_1}{V_{гор}} = 8/80 = 0,1 \text{ мин};$$

$$t_{двр} = \frac{l_1}{g} = 8/8,7 = 0,92 \text{ мин};$$

tp = tгор + tдвр = 0.1 + 0.92 = 1.02 мин.

tnб = 1,25 мин;

tp = 1.02 мин.

Таким образом: tnб > tp.

Вывод: проделав расчёт эвакуационного времени получили, что необходимое время эвакуации равно 1.02 мин, что меньше необходимого времени эвакуации, поэтому люди успевают покинуть помещение во время пожара через дверной проём.

Заключение

В данной выпускной работе была исследована возможность проектирования мультисервисной сети с предоставлением услуг Triple Play в г. Павлодар с использованием технологии SDH.

Выбрано оборудование компании Huawei, так как компания занимает лидирующее место по производству стандартизированной и качественной продукции. А также выбор производился по следующим характеристикам: технические характеристики системы, возможность применения системы в Казахстане, стоимость, надежность, высокое качество и эффективность в эксплуатации. Выбор обусловлен условиями технических параметров оборудования абонентского доступа. В расчетной части выпускной работы произведены расчеты оборудования гибкого коммутатора, оборудования шлюзов, производительности коммутаторов пакетной сети, абонентской нагрузки и оценка эффективности связи.

Проделав соответствующие расчеты для проектируемой Gigabit Ethernet мультисервисной сети, приходим к выводу, что проектируемая сеть отвечает всем современным требованиям сетей нового поколения. Расчет пропускной способности каналов сети показал, что ширина полосы пропускания каналов и выбранный способ построения сети доступа полностью удовлетворяет требованиям по пропусканию нагрузки и рассчитанного объема трафика всех интерактивных сервисов проектируемой сети.

В разделе безопасности и жизнедеятельности был проведен анализ используемых помещений на предмет вредного воздействия оборудования на организм человека и сделаны необходимые расчеты по выполнению норм безопасности и жизнедеятельности рабочего персонала.

В экономической части выпускной работы был произведен анализ рынка связи. Рассчитанные капитальные затраты и эксплуатационные расходы позволят оператору правильно определить тарифную политику, быстро окупить затраты и получить прибыль.

Список литературы:

1. Engineering and Operations in the Bell System / Prepared by Member of the Technical Staff and the Technical Publication Department AT&T Bell Laboratories; R.F. Rey, Technical Editor. - AT&T Bell Laboratories, Murray Hill, N.J., 1983.
2. ITU-D. New Technologies for Rural Applications. – Final Report of ITU-D Focus Group 7, 2000.
3. Б.С. Гольдштейн, И.М. Ехриель, Р.Д. Перле. Интеллектуальные сети. – М.: Радио и связь, 2000.
4. Б.С. Гольдштейн, А.В. Пинчук, А.Л. Суховицкий. IP телефония. – М.: Радио и связь, 2001.
5. Б.С. Гольдштейн. Протоколы сети доступа. Том 2. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 2002.
6. Городская телефонная связь: Справочник/ Б.З. Берлин, А.С. Брискер, Л.С. Васильева и др.; Под ред. А.С. Брискера и К.П. Мельникова. – М.: Радио и связи, 1987.
7. Жданов И.М., Кучерявый А.Е. Построение городских телефонных сетей. – М.: Связь, 1972.
8. Б.С. Лившиц, Я.В. Фидлин, А.Д. Харкевич. Теория телефонных и телеграфных сообщений. – М.: Связь, 1971.
9. Потенциальные возможности // под ред. Л.Д. Реймана, Л.Е. Варакина. – М.: МАС, 2001.
10. Сельская телефонная связь: Справочник/ Ю.А. Алексеев, В.А. Бирюков, А.С. Брискер и др.; Под ред. К.П. Мельникова и Ю.А. Парфенова. – М.: Радио и связи, 1987.
11. Н.А. Соколов. Эволюция местных телефонных сетей. – Издательство ТОО "Типография "Книга", Пермь, 1994.
12. Н.А. Соколов. Сети абонентского доступа. Принципы построения.– Пермь, "Энтер-профи", 1999.
13. Н.А. Соколов. Телекоммуникационные сети. – М: Альварес Публишинг, 2003 – 2004.
14. Пожарная безопасность. Взрывоопасность. Справочник /Под ред. А.Н.Баратов – М.: Химия, 1988.
15. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности: Учебник. – М.: Высшая школа, 2006.
16. Хакимжанов Т.Е. Охрана труда. Учебное пособие для вузов. – Алматы, 2006.
17. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
18. Верховский Е.И. Пожарная безопасность на предприятиях радиоэлектроники. – М.: Высшая школа, 1987.

19. Кошулько Л.П., Суляева Н.Г., Генбач А.А. Производственное освещение. Методические указания к выполнению раздела «Охрана труда» в дипломном проекте. – Алма-Ата: АЭИ, 1989.
20. СНиП РК 2.04-05-2002. Естественное и искусственное освещение. – Астана: Комитет по делам строительства МИИТ РК, 2002.
21. <http://www.lucent.ru>
22. <http://www.netcom.ru>.
23. <http://www.niits.ru>.
24. <http://www.xdsl.ru>.
25. <http://www.electrosviaz.com>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

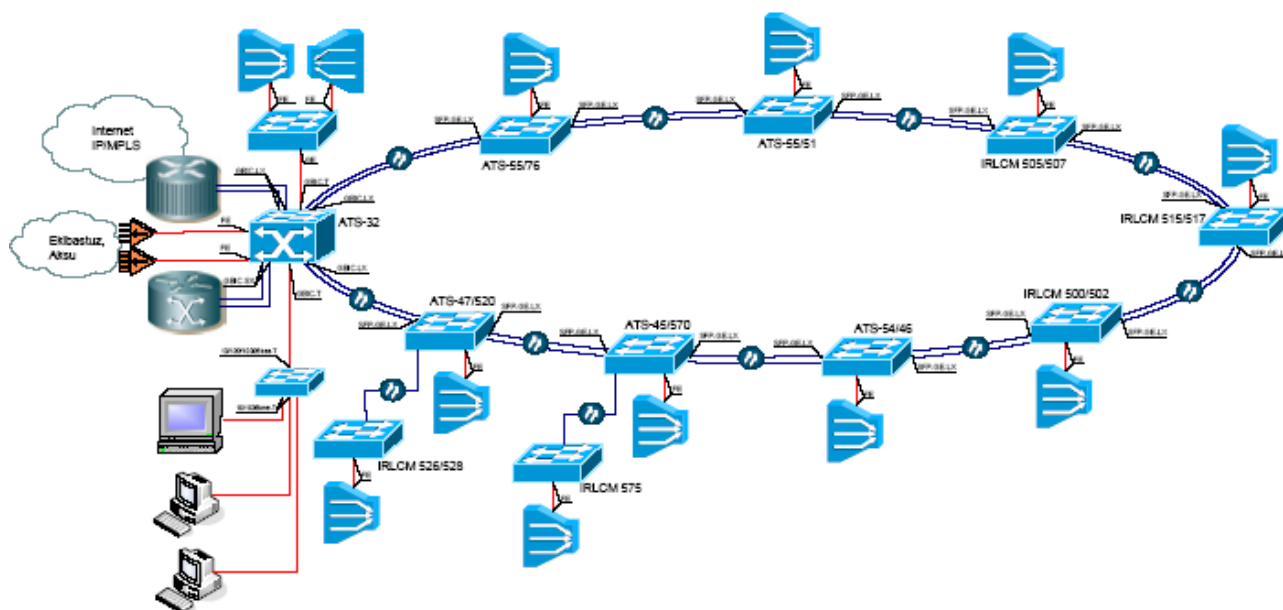


Рисунок 2.1 - Функциональная схема мультисервисных сетей