МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Автоматической электросвязи

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой АЭС
Чежимбаева К.С., к.т.н., доцент
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ «23» 06 2014 г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Анализ организации сети P2P в г.Тараз

Специальность 5В071900-Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Выполнил (а) Абдрахманов Ж.А. ССКу-10-1
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Булешова Г.К. ст.препод.каф.АЭС
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:
по экономической части: Бабич А.А
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «20» июня 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности: Мамонбаев С.Е ст. препод
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «16» 06 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
Мухамеджанова А.Д. ст.пр. каф. АЭС
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «19» 06 2014 г.
(подпись)

Нормоконтролер: Камшева С.А. доцент АУЭС
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «19» 06 2014 г.
(подпись)

Рецензент: Королева Е.Н. вед.инж. ГУП „Алматытелеком
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «19» 06 2014 г.
(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет заочного обучения и переподготовки специалистов
Специальность 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации
Кафедра Автоматической электросвязи

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Студент Абдрахманов Ж.С.
(фамилия, имя, отчество)
Тема проекта Анализ организации сети P2P в г. Тараз

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.
Срок сдачи законченной работы «19» 06 2014 г.
Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта
N = 4000 пользователей
Rm = R = 300 кбит/с
Видео данных со скоростью U^h = 400 кбит/с
λ = 0,85 нм
N_1 = 1.46
N_2 = 1,457

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:
Введение
1 Обзор состояние сети в г. Тараз
2 Организация сети P2P и GPON в г. Тараз
3 Аппроксимация вероятностных характеристик модели сети P2P.
4 Безопасность жизнедеятельности
5 Бизнес-план
Заключение
Список литературы

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных черт

1. Схема организации транспортной сети МЕ г. Тараза
2. Проектируемая схема сети МЕ
3. Проектируемая схема организации оптической сети доступа г. Тараза
4. Развитие сетей доступа
5. Активная и пассивная волоконно-оптическая сеть доступа
6. Схема построения сетей
7. План помещения

Рекомендуемая основная литература

1. Бакланов И.Г. – Технологии ADSL/ADSL2+ теория и практика применения. – М.: Метротек 2007. – 384с
2. Веремно Ш. Качество обслуживания в сетях IP. – М.: Издательский дом, Вильямс", 2003. – 368с
3. Андрюшкин А.М. и др. Волоконно-оптические сети – М.: Радио и Связь 1998
4. Бутусов М.М., Верник С.М. и др. Волоконно-оптические системы передачи. Учебник для вузов. – М.: Радио и Связь, 1992 – 416с

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
ОБЖ	Мамонтов С.Е.	23.04 – 16.06.14	
Экон. часть	Гобан А.А	23.04 – 20.06.14	
ВТ	Мухамеджанова	23.04 – 19.06.14	
Тех. часть	Булешова Т.К.	24.09.13 – 19.06.14	
Норма контроль	Камиева С.А	19.06.14	

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
	Введение	25.10.13	выпол
1.	Обзор состояние сети г. Тараз	25.12.13	выпол
1.1.	Организация сети P2P и	25.01.14	выпол
	GPON в г. Тараз		
1.2.	Расчет трафика	25.02.14	выпол
1.3	Постановка задачи	25.03.14	выпол
1.4.	Характеристика сети FTTH	25.04.14	выпол
1.5	Характеристика сети GPON	25.05.14	выпол
2.	Аппроксимация вх модели	25.04-25.05	выпол
	сети P2P		выпол
	Выбор оптического коммута-		выпол
	тора и расчет параметров		
	коммутатора.		
3	Безопасность жизнедеятельности	16.04	выпол
4	Бизнес план	23.04	выпол
	Заключение		выпол
	Список литературы	25.05	выпол.

Дата выдачи задания «24» сентября 2013 г.

Заведующий кафедрой _____ Чекимбаева К.С.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ Булешова Т.К.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ Абдрахманов Ж.А.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Бұл дипломдық жобада Тараз қаласындағы P2P желісінің ұйымдастыру тапсырмалары қарастырылады.

Қойылған тапсырмаларды шешу үшін Тараз қаласындағы бар желінің үлгісі және жоспарланған ұйымдастырылатын байланыс сұлбасы келтірілген, сонымен қатар айтылып кеткен активті шкафтардың толығымен қажеттілігін көрсететін альтернативті шешімдер ұсынылады. Бұл үшін желі сипаттамалары, құрылымы, технологиясы, құрылғысы таңдалынды.

Сонымен қатар өміртіршілік қауіпсіздігін сақтау, зиянды және қауіпті өндірістік факторларға талдау жүргізілді. Экономикалық бөлімде жүйені енгізуге, жобалауға және өңдеуге кеткен шығындар есептеліп, жоба экономикалық тиімді болып табылды.

Аннотация

В дипломном проекте рассматриваются вопросы организация сети P2P в г. Тараз.

Для решения поставленной задачи приведен обзор существующей сети в г. Тараз и приведены планируемые схемы организации связи, а также предлагаются альтернативные решения, полностью исключающие необходимость в упомянутых активных шкафах. Для этого выбрана характеристика сети, технология сети, архитектура сети и оборудования.

А также производился анализ опасных и вредных производственных факторов и защитных мероприятий по охране труда. В экономической части производится расчет затрат на разработку, проектирование и внедрение системы, из которой видно, что проект является экономически эффективным.

Содержание

Введение…… 7
1 Обзор состояние сети в г. Тараз…… 8
1.1 Организация сети P2P и GPON в г.Тараз ……..... 8
1.2 Расчет трафика……..... 11
1.3 Постановка задачи…… 15
1.4 Характеристика сети FTTH…….. 15
1.5 Характеристика сети GPON……. 19
1.6 Абонентский участок FTTH……. 21
1.7Архитектуры оптических сетей доступа…….. 24
1.8 Технология оптических сетей доступа……... 25
1.9 Активное оборудование PON…….. 30
1.10 Кроссовые и распределительные устройства для PON……... 33
1.11 Оптические соединительные шнуры для PON……. 34
1.12 Оптические разветвители для PON…….. 36
1.13 Оптические сети доступа типа точка – точка……... 36
1.14 Ethernet агрегационная и транспортная сеть…… 38
1.15 Система для поддержки деятельности и эксплуатации – BSS/OSS…… 39
1.16 Городская сеть……. 40
1.17 Особенности технологии FTTH……..... 42
2 Аппроксимация вероятностных характеристик модели сети P2P…….. 45
2.1 Аппроксимация характеристик дискретной модели сети P2PTV нормальным законом…….. 47
2.2 Анализ вероятностей блокировок коммутатора оптической сети при предоставлении услуг различного качества…….. 51
2.3 Выбор оптического коммутатора и расчет параметров коммутатора……. 54
3 Безопасность жизнедеятельности……... 61
3.1 Анализ условий труда……... 61
3.2 Разработка кондиционирования……... 62
3.3 Расчет автоматического пожаротушения…… 64
3.4 Расчет защитного заземления…….. 67
4 Бизнес план……... 70
4.1 Резюме…… 70
4.2 Обзор предоставляемых услуг……. 71
4.3 Анализ рынка…… 72
4.4 Финансовый план 75
Заключение…….. 81
Список литературы……. 82

Введение

Улучшение обслуживания абонентов и повышение в результате этого доходов операторов связи невозможно без построения сетей мультисервисного абонентского доступа и продвижения на их основе новых видов услуг. Наиболее полно, как известно, такие проекты реализуются на основе технологий FTTx. Подобные решения, несомненно, являются лучшими при организации сетей доступа в новых застройках. Однако многообразие местных условий и наличие установленного оборудования предшествующего поколения, срок амортизации которого еще не истек, значительно усложняют задачу. Поэтому желательны технические решения, обеспечивающие конвергенцию сетей с коммутацией каналов и коммутацией пакетов, с одной стороны, и поэтапный переход от абонентских сетей на основе медного кабеля к волоконно-оптическим линиям связи (ВОЛС) – с другой. При этом должна предусматриваться возможность перехода исключительно на пакетный трафик в будущем.

Основным побудительным мотивом для такого решения является желание использовать уже имеющуюся абонентскую проводку, выполненную медным кабелем. В противном случае резонным было бы применение технологии xPON в варианте FTTH. Таким образом, для модернизации существующих абонентских сетей путем организации удаленного ADSL IP-DSLAM необходимо выполнить одновременно два весьма затратных действия – проложить в дополнение к существующим телефонным линиям волоконно-оптический кабель и организовать активный энергонезависимый распределительный шкаф.

Для решения поставленной задачи предлагаются альтернативные решения, полностью исключающие необходимость в упомянутых активных шкафах. Общий подход к построению сети абонентского доступа при этом заключается в следующем. Прежде всего, для организации связи в районах новой застройки можно использовать оборудование типа xPON. В частности, для построения такой сети предлагается оборудование Turbo G-EPON класса FTTH, реализующее сервис Triple Play и опционально CATV. К каждой пассивной оптической линии (PON), поддерживающей суммарную скорость Ethernet-трафика 2 Гбит/с, может быть подключено до 128 оконечных устройств (ONU), обеспечивающих индивидуальное обслуживание соответствующего количества абонентов с решением задачи в наиболее полном виде. В целом, в типовых условиях коттеджной застройки данной технологии нет серьезной альтернативы, в то время как в других условиях возможны более экономичные решения.

В дипломном проекте рассматриваются вопросы анализ организации сети P2P в г. Тараз.

1 Обзор состояние сети в г. Тараз

1.1 Организация сети P2P и GPON в г.Тараз

Жамбылская область образовалась в 1939 году, территория - 144,2 тыс. кв. км, население - 1 040 700 чел. м., экономически активное - 187 326 чел.

Область состоит из 4 городов (Тараз, 3 города районного значения – Жанатас (23 375 жит.), Каратау (28 501 жит.), Шу (33 014 жит.), 10 сельских районов, 153 аульных (сельских) округов.

Областной центр Жамбылской области – город Тараз.

Город образован в 1939 году, занимает территорию 0,1 тыс.кв.км.

Численность населения – 353 622 чел., экономически активное – 63 290 чел.

По областному центру числится 114072 домохозяйства:

– из них по квартирному сектору – 68443;
– по частному сектору - 45 629.

Количество зарегистрированных юридических лиц по области составило 11604, из них действующих 8309, то есть 71,6%. Зарегистрировано 158 предприятий с иностранным участием, которые приносят совокупный доход в государственный бюджет в размере 94 млн. тенге в год.

По состоянию на 01.01.2012 г. в областном центре г.Тараз функционируют 2 цифровые станций, 3 аналоговых станции, развернуты сеть нового поколения (NGN) и сеть беспроводного доступа стандарта CDMA-800. Из общей монтированной ёмкости станций (88627 номеров) на 01.01.2012 г. – 85577 номеров задействовано, т.е. 96,6% (таблица 1.1).

На сети г. Тараз услуги ПД предоставляются по средствам технологии ADSL, с использованием оборудования DSLAM и МАД [1].

Т а б л и ц а 1 . 1 – Характеристика сети

	Монтированная портовая емкость	Задействованная портовая емкость			Свободная портовая емкость	
		Всего	%	Абоненты ДКП	Всего	Бронь ДКП
Всего по г.Тараз	16888	13104	77,6	224	3784	90

Сеть ПД в г. Таразе построена следующим образом. Основное ядро имеет пропускную способность 10Гбит/с и поддержку технологии MPLS, что позволяет обеспечить время сходимости порядка 50мс. Это положительно сказывается на надежности сети ПД в целом и даёт возможность пропускать

через нее голосовой трафик без ограничений. Существующая схема ПД представлена на рисунке 1.1.

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

Жамбылская ОДТ является филиалом АО «Казахтелеком». Реализация проекта планируется в областном центре Жамбылской области – г.Тараз.

Таблица 1.2 - Реализация проекта

№	Районы	Численность населения, чел	Монтированная емкость, номеров	Задействованная емкость на 01.01.2012г., номеров	Свободная емкость, номеров
1	г.Тараз	353 622	88627	85577	3050

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

Данным проектом предусматривается строительство абонентского доступа согласно концепции FTTH (на базе технологий GPON и P2P) в г. Тараз. Данным проектом предполагается подключить 13816 абонентов (из них 4783 абонента предусматривается переключить с технологии ADSL).

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

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

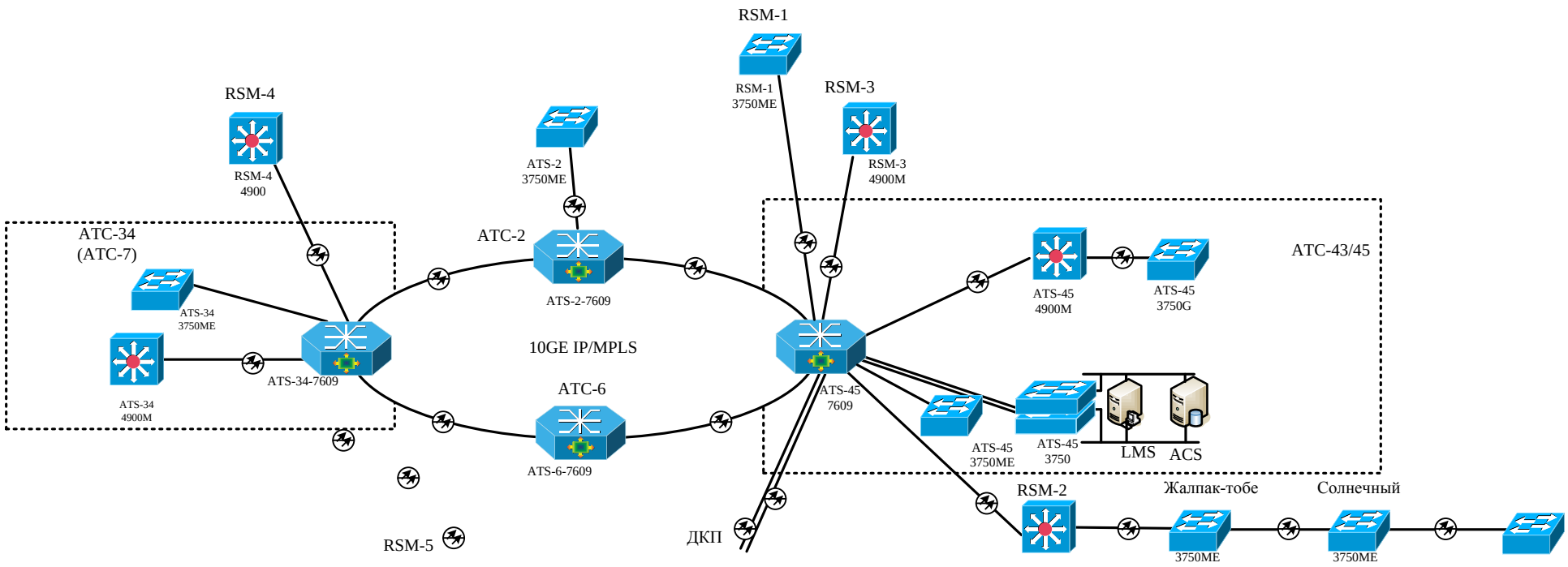


Рисунок 1.1 - Схема организации транспортной сети МЕ г. Тараза

На уровне доступа предусматривается использовать:

1. технологию P2P - оборудование мультисервисного абонентского доступа производства компании Iskratel (шкафы ODU-S с установкой плат оптического доступа FE). Каждый шкаф рассчитан на 216 портов FTTH. Оборудование мультисервисного доступа предусматривается объединять в кольцевые структуры с полосой пропускания магистрального канала 10 GE.

2. технологию GPON – оборудование OLT, устанавливаемое на центральных узлах. Сеть доступа будет организована по древовидной структуре. При этом предусматривается на одну ветку PON подключать не более 32 абонентов.

1.2 Расчет трафика

По проекту каждому абоненту предусматривается обеспечить скорость подключения 100 Мб/с, но с учетом использования услуг ШПД расчетную скорость определим как 2048 кб/с. В одно и тоже время в режиме on line максимально находится 30% абонентов (по сложившейся реальной статистике).

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

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

13816*2048*0,3*1,1= 9,3 Гб/с

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

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

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

Исходя из результатов расчета, пропускную способность магистральной сети МЕ необходимо расширить. Для этого проектом на узлах АТС-43/45, АТС-34 предусматривается установить маршрутизаторы Juniper, которые также будут являться агрегирующими устройствами для уровня доступа. Так же предусматривается установить на объекте АТС-6 коммутатор Cisco 4900. Для соединения оборудования существующей МЕ сети с маршрутезаторами Juniper проектом предусматривается провести расширение маршрутизаторов Cisco 7609 путем установки карт ES+ (Проектируемая схема сети МЕ представлена на рисунке 1.2).

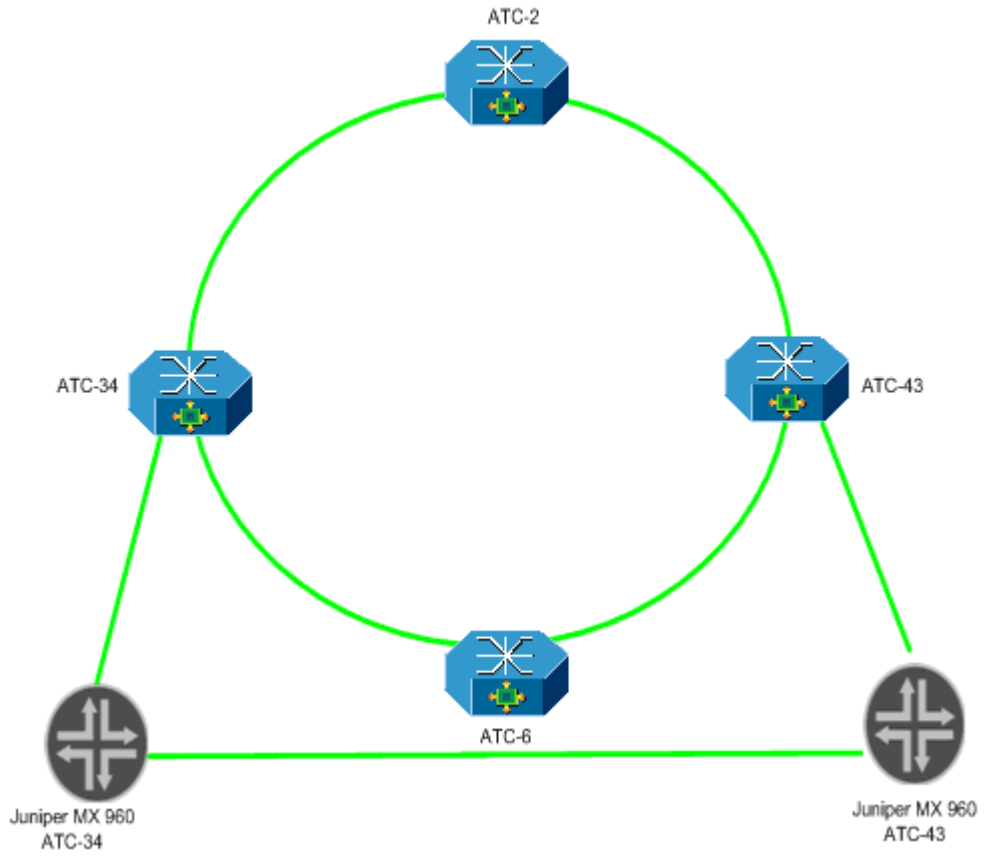


Рисунок 1.2 -Проектируемая схема сети МЕ

Расширение оборудования сети MetroEthernet и установка агрегирующих маршрутизаторов в гермозонах MetroEthernet, приведет к увеличению тепловыделения. В связи с этим, проектом предусматривается провести умощнение оборудования климатехники:

– строительство ВОЛС в г.Таразе с охватом всех многоквартирных домов и доведением ОВ до абонента;

– подготовку инфраструктуры для установки шкафов (энергоснабжение, заземление и т.д.);

– установку агрегирующих маршрутизаторов Juniper (АТС-43/45, АТС-34);

– расширение оборудования существующей сети MetroEthernet;

– организацию двух стыков сети MetroEthernet с сетью ДКП на уровне 10Гб/с с АТС-43/45 и АТС-34;

– обеспечение агрегации трафика от зоновой сети;

– замену прецизионных кондиционеров в гермозоне АТС-43/45 на более мощные, перенос существующих прецизионных кондиционеров из гермозоны АТС-43/45 в гермозону на АТС-34, установку более мощных кондиционеров на АТС-2;

– расширение ЭПУ на объекте АТС-34.

Данный проект предусматривается реализовать в 3 этапа:

1 этап – в 2011 году предусматривается подключить 2047 абонентов: по технологии GPON – 1748 абонентов (68 веток PON); по технологии P2P – 299 абонентов (2 шкафа MS);

2 этап – в 2012 году предусматривается подключить 7339 абонентов: по технологии GPON – 4807 абонентов (181 ветка PON); по технологии P2P – 2532 абонента (14 шкафов MS);

3 этап – в 2013 году предусматривается подключить 4430 абонентов: по технологии GPON – 2582 абонента (124 ветки PON); по технологии P2P – 1848 абонентов (9 шкафов MS).

Данным решением предлагается удовлетворения спроса посредством технологии FTTH (P2P). Предполагается подключить 13816 абонентов, установить **88** шкафов МАД с установкой плат FTTH. Провести по городу строительство ВОЛС от центральных узлов до УБ, а также от УБ до абонента и подготовить инфраструктуру для установки шкафов МАД. Обеспечить стыковку ЦБ с сетью MetroEthernet на скорости 10Гб/с. Также проектом предусматривается провести расширение пропускной способности сети МЕ и обеспечить стыковку сети МЕ с сетью ДКП со скоростью 10 Гб/с (рисунок 1.3).

Т а б л и ц а 1 . 3 - Прогноз спроса на услуги проекта

Номер дома	Кол-во квартир	Задействование портовпо годам (по физ.лиц.) с 2011 по 2014 г.г. (исходя из спроса)	уровень проникновения
Акбулак	1846	518	28
Алатау	3407	1178	35
Аса	4111	1642	40
Астана	965	482	50
Жайляу	1837	803	44
Жансая	600	152	25
Карасу	1007	236	23
Каратау	1956	646	33
Массив карасу	822	248	30
Мынбулак	2286	806	35
Салтанат	2414	614	25
Самал	2216	486	22
Талас	2086	680	33
Центр	13691	5325	39
Итого по г.Таразу	39244	13816	35

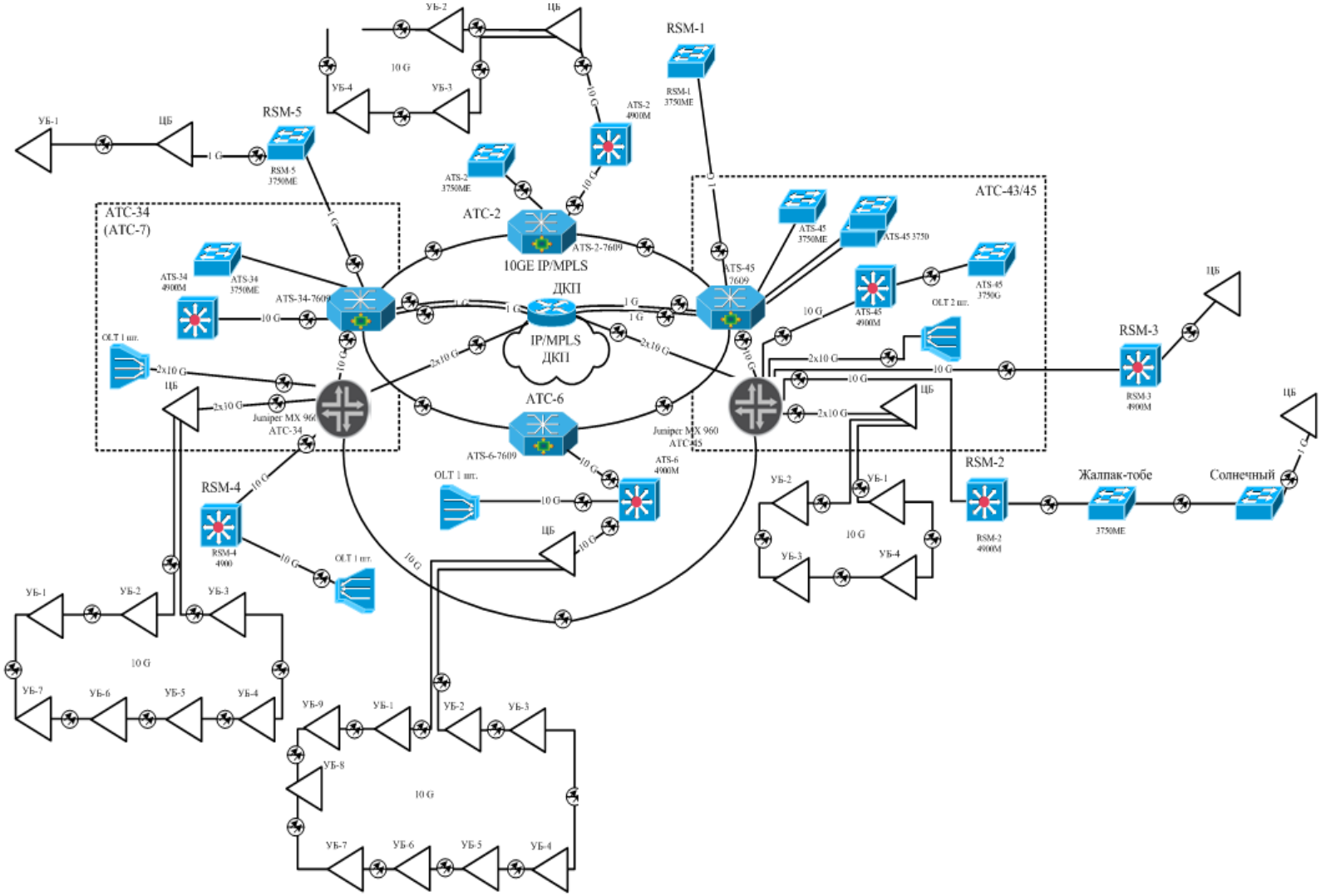


Рисунок 1.3 - Проектируемая схема организации оптической сети доступа г. Тараза

1.3 Постановка задачи

Основная цель проекта - это обеспечение абонентов высокоскоростным симметричным доступом в Интернет.

Для реализации намеченной цели необходимо:

– расширение спектра предоставляемых услуг;
– удержание позиций на рынке предоставления услуг ШПД;
– разработать ПСД;
– заказать и поставить необходимое оборудование;

1.4 Характеристика сети FTTH

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

По данным IDC, уже три года назад на долю оптического волокна приходилось около 3% широкополосных линий доступа. Согласно прогнозам, в текущем году число пользователей FTTH достигнет 4 млн, а в 2012 г. превысит 8 млн (см. Рисунок 1.4).

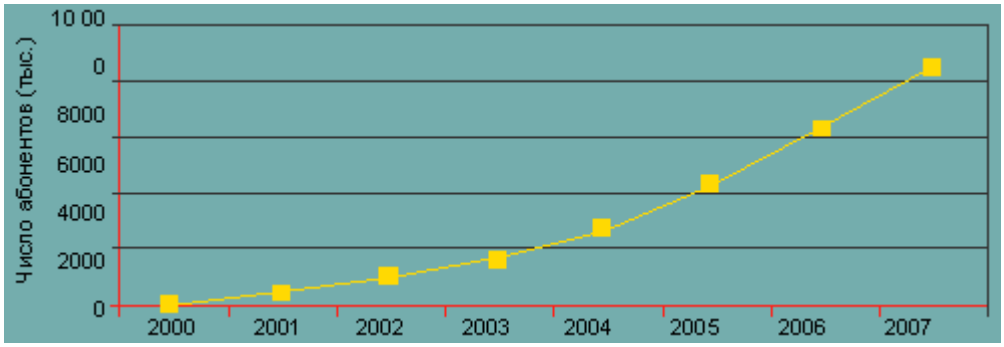


Рисунок 1.4 - Азия продолжает лидировать в развертывании сетей FTTH, в Северной Америке быстрый рост ожидается уже в этом году, а активное развитие европейского рынка FTTH начнется лишь несколько лет спустя

Волоконно-оптические сети призваны со временем заменить медную инфраструктуру доступа. Вместе с тем, очевидно, что потребуется не одно

десятилетие, прежде чем волоконно-оптических линий станет больше, чем медных. По сетевой архитектуре и технологической стратегии в Европе, оптика постепенно будет приближаться к клиентам, вытесняя медные линии с участка последней мили (см. Рисунок 1.5) [2,3,4,5,6].

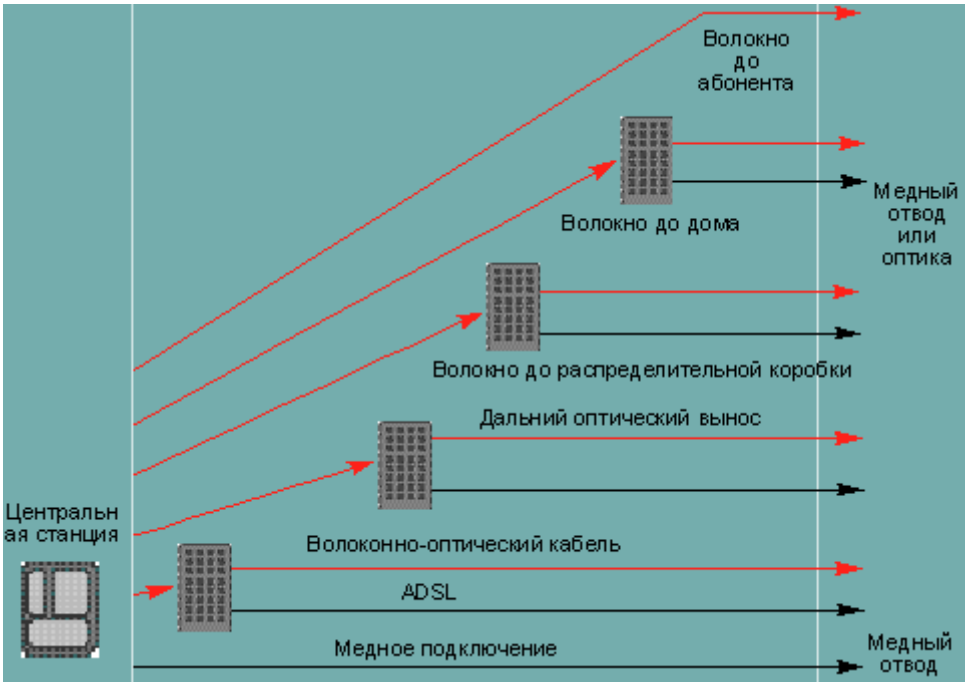


Рисунок 1.5 - Развитие сетей доступа

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

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

ETHERNET до клиента

Увеличение скорости до 10 Гбит/с, новые возможности в организации мультисервисных услуг благодаря применению таких стандартов и протоколов, как IEEE 802.1Q (VLAN), приоритезация трафика, классы DiffServ для обеспечения QoS, MPLS для быстрой коммутации пакетов в многопротокольных сетях, превратили Ethernet в технологию операторского класса. На уровне городских сетей это выражается в распространении Metro Ethernet.

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

Концепцию Ethernet To The X (ETTX), где X — жилые здания или корпоративные клиенты, продвигает, в частности, Cisco Systems (см. Рисунок 1.6).

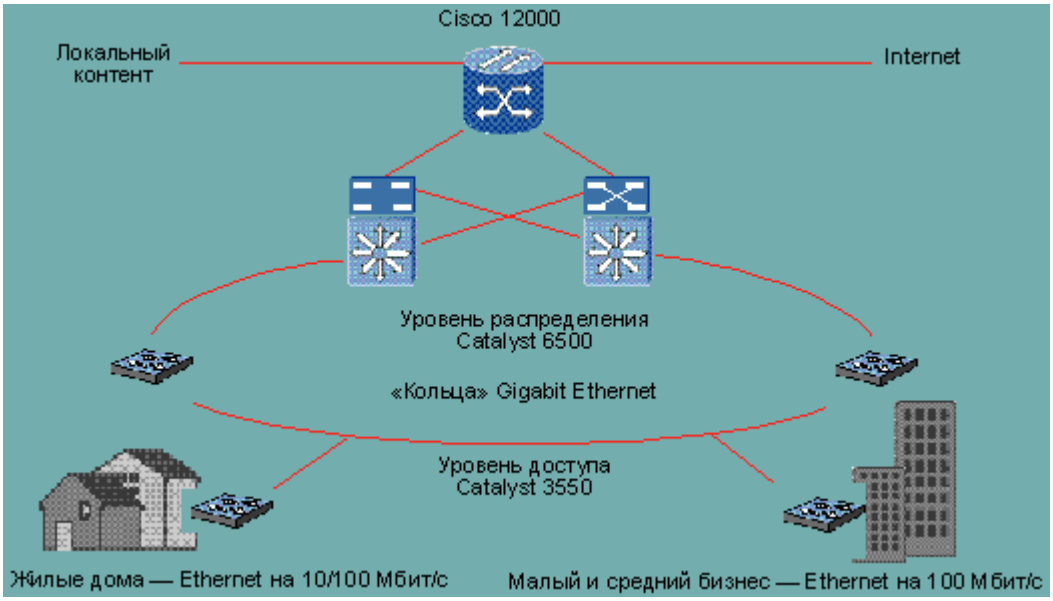


Рисунок 1.6 - В представлении Cisco Systems ETTX обеспечивает передачу данных, голоса и видео по простой и недорогой волоконно-оптической сети Ethernet

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

Простейший вариант организации доступа состоит в применении медиа-конвертеров «медь—оптика», «оптика—медь» и «оптика—оптика». Именно с медиа-конвертеров начинали свой бизнес Allied Telesyn и METRObility Optical Systems. Подобные решения выпускают сегодня многие производители. Ранее медиа-конвертерные платформы не обладали необходимой управляемостью, хотя ведущие производители медиа-конвертерных решений разрабатывали собственные средства управления.

Теперь же широкий спектр этих продуктов оснащается не только встроенными средствами администрирования, но и эффективными механизмами восстановления, что повышает надежность сети в целом и поэтому позволяет называть их решениями операторского класса.

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

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

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

Чтобы сэкономить на дорогостоящих электронных компонентах и обеспечить недорогой способ развертывания оптических линий, в приложениях FTTH/FTTB предполагается использовать всего два лазерных источника на приемном устройстве и два на передающем (для транспортировки трафика в прямом и обратном направлении), а трафик абонентов разделять с помощью временного мультиплексирования. Эта технология с архитектурой P2MP получила название пассивных оптических сетей (Passive Optical Network, PON). Идея PON появилась еще в 1995 г., а в 1998 г. были приняты первые спецификации (G.983). Именно за стандартом G.983 исторически закрепился термин «PON», хотя, например, в METRObility его применяют при описании приложения Ethernet-over-

CWDM. В решениях Radiance компания использует одноканальные OADM, выводящие (Drop & Pass) или вводящие/выводящие (Drop & Add) один канал — оптическая сеть в этом случае пассивна на участке от оператора до клиента.

1.5 Характеристика сети GPON

Обычно «классические» сети PON имеют древовидную топологию (P2MP) с пассивным разветвлением (см. Рисунок 1.7), хотя не исключаются кольцевая (в бизнес-приложениях) и линейная схемы (для территориальных сетей).

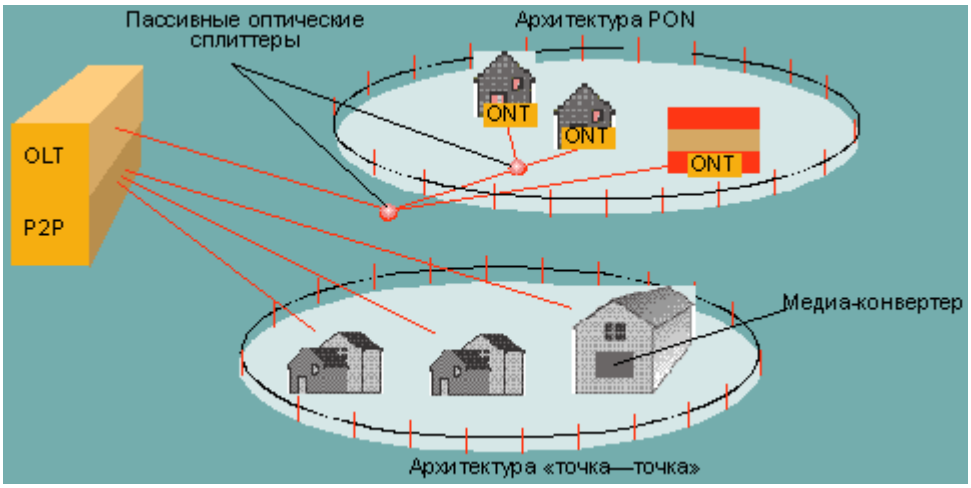


Рисунок 1.7 - Активная и пассивная волоконно-оптическая сеть доступа. В промежуточных узлах PON устанавливаются компактные пассивные сплиттеры

К одному порту центрального узла подключается сегмент дерева, охватывающий десятки абонентов. Основа экономичности PON — относительно недорогое оборудование в точке присутствия провайдера (Optical Line Terminal, OLT), клиентские устройства (Optical Network Terminal, ONT) и не требующая обслуживания инфраструктура доступа (см. Рисунок 1.8).

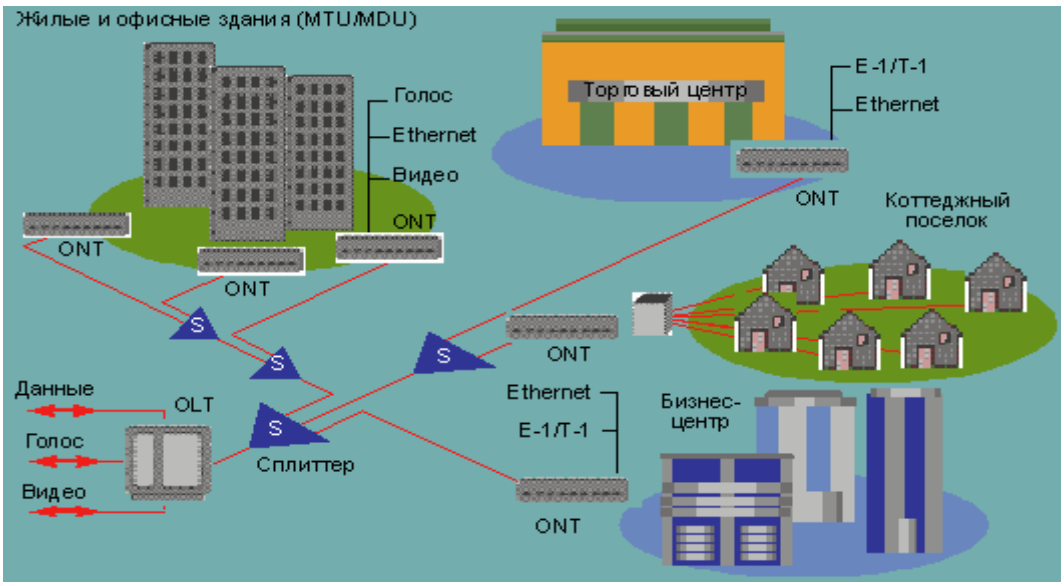


Рисунок 1.8 - Сеть PON для предоставления услуг Triple Play частным и корпоративным клиентам

В любой технологии PON (см. Таблицу 1.4) пропускная способность делится между абонентами и распределяется согласно политике администрирования. Кроме того, в отличие от SDH, в сети PON свободную пропускную способность можно динамически выделять нуждающемуся в ней абоненту. Обычно одно OLT обслуживает до 32 абонентов, удаленных на расстояние до 20 км.

Таблица 1.4 - Основные характеристики стандартов PON

	BPON	GPON	EPON
Инициаторы стандарта	ITU -T/FSAN	ITU -T/FSAN	IEEE
EFM	G.983	G.984	802.3ah
Стандарт		1,25	2,5 1
Макс. Скорость к абонету (Гбит/с)	0,622	2,5	1
Макс. Скорость от абонента			
Типовой коэфф. разветвления	1:32	1:128	1:16
Трафик	ATM	ATM,TDM,Ethernet	Ethernet
Сетевой интерфейсы	ATM,TDM,GbE	ATM,TDM,GbE	GbE
Интерфейсы доступа	ATM,TDM,10/100	ATM,TDM,10/100	10/100

Ожидалось, что массовое внедрение технологии PON начнется в 2001 г., однако разразившийся тогда кризис в телекоммуникационной отрасли внес свои коррективы. Даже сегодня число пользователей PON не превышает

2 млн. Стандарт ATM PON (APON) был ориентирован в основном на частных лиц и обеспечивал предоставление услуг телефонии, хотя средств доставки видео первоначально не предусматривал. Позднее несколько начинающих компаний выпустили системы APON для корпоративных клиентов. Поддержка видео появилась в версии Broadband PON (BPON) в 2003 г. с принятием рекомендации ITU-T G.983.8. Для подачи видеосигнала (аналогового или цифрового) в направлении к абоненту на стороне оператора используется третий лазерный источник.

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

В варианте FTTH на основе PON к жилому дому обычно подводится одноволоконный оптический кабель. ONT на внешней стене здания имеет три пользовательских интерфейса (см. Рисунок 1.9).

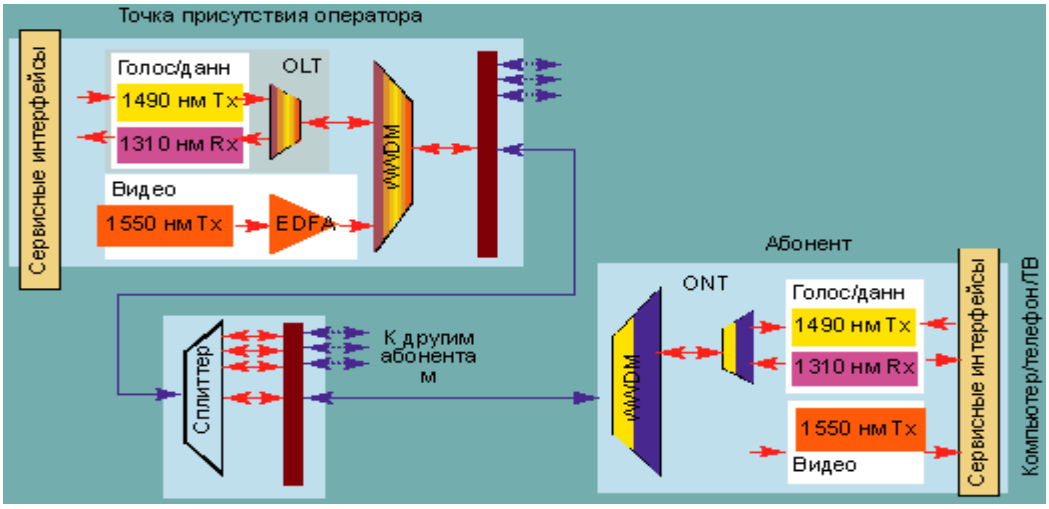


Рисунок 1.9 - В PON одно устройство OLT используется для доставки услуг Triple Play нескольким клиентам (P2MP)

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

1.6 Абонентский участок FTTH

1.6.1 Переход сетей доступа на оптические технологии.

В последние годы сети доступа (СД) являются наиболее динамичным сегментом телекоммуникационной отрасли. Они непосредственно связаны с предоставлением операторских услуг абонентам, поэтому СД хорошо окупаются даже в условиях неблагоприятной экономической ситуации. Здесь постоянно совершенствуются технологии для удовлетворения новых потребностей пользователей, появляются новые, характерные только для этих сетей, технические решения. В отличие от транспортных сетей (межстанционных, междугородных и т.п.), в СД только начинается переход на оптические технологии в фиксированной связи. Поэтому можно с уверенностью сказать, что СД находятся в фазе развития, что делает их технически и финансово привлекательными.

Удовлетворяет ли существующая сетевая инфраструктура новым требованиям? Для ответа на этот вопрос рассмотрим, какие виды и объемы информации мы собираемся довести до пользователя.

Традиционно абонентские кабельные сети состояли из двух видов: телефонные сети на медных НЧ кабелях и распределительные коаксиальные сети кабельного или эфирного телевидения. Хотя телефония и сейчас остается наиболее востребованной услугой, значительно вырос спрос на услуги интернет не только среди офисных центров, но и среди домашних пользователей. Популярная в последнее время концепция «тройной услуги» (Triple Play) предусматривает предоставление пользователям телефонии, передачи данных и видеоинформации через одну сеть. Причем высокоскоростной интернет и видео требуют значительной широкополосности сетевых ресурсов. Кроме того, повышение спроса на широкополосный доступ определяется развитием новых технологий: видео по запросу (VOD), потоковое видео, интерактивные игры, видеоконференции, передача голоса в компьютерных сетях (VoIP), телевидение высокой четкости (HDTV) и другие.

При выборе технологии широкополосного доступа провайдеры должны учитывать потребности пользователей, их расположение, основные запрашиваемые услуги, различные экономические аспекты. Проектируемая сеть должна быть широкополосной, гибкой, надежной, управляемой, масштабируемой, удобной в эксплуатации.

Только временным выходом из сложившейся ситуации можно считать применение на СД модемов xDSL. Экономия на использовании существующих линейных сооружений оборачивается принципиальными ограничениями в скорости передачи цифровых потоков. Проложенные многопарные медные кабели типа ТПП изначально рассчитаны на работу в низкочастотном спектре – не более десятков кГц. Кроме того, существует большая проблема взаимных влияний между парами, усугубленная условиями их эксплуатации (полузатапливаемая кабельная канализация). Поэтому реально xDSL модемы могут работать с максимальной скоростью только по некоторым парам в общем кабеле.

С точки зрения скорости передачи - даже самые современные модемы ADSL-2 ADSL-2+ уже сейчас находятся «на грани» требований пользователей. При интернет обмене неплохо иметь скорость передачи 1-2 Мбит/с, а для потокового видео со стандартным разрешением (SDTV) – 4…6 Мбит/с (в MPEG-2). Этим практически и исчерпываются возможности модема при: а) не большом расстоянии до абонента; б) «хорошей» паре в не сильно замокшем кабеле.

При передаче же сигналов HDTV потребуется обеспечение скорости передачи 20 Мбит/с (в MPEG-2) или 9 Мбит/с (в MPEG-4). И это для одного ТВ канала (см. Рисунок 1.10).

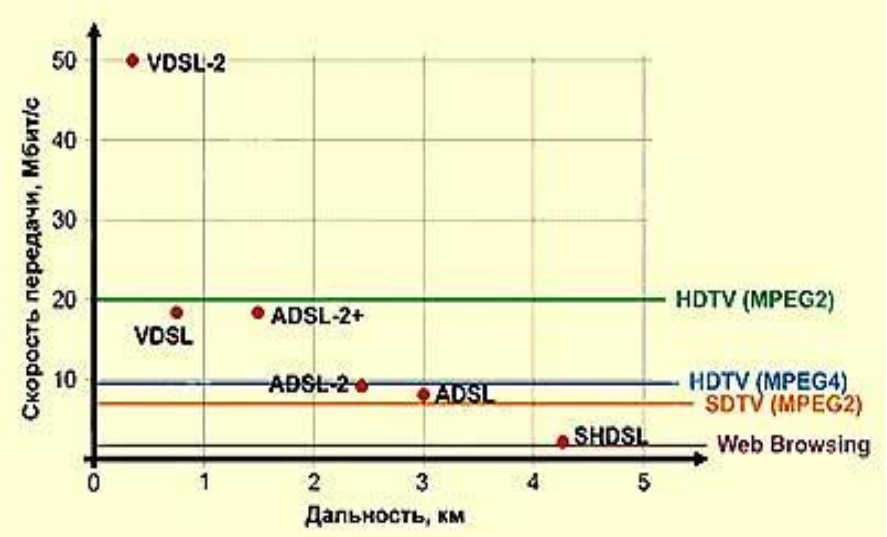


Рисунок 1.10 – График обеспечение скорости передачи

При новом строительстве технология xDSL становится неконкурентноспособной даже экономически. Стоимость одного 400-парного медного кабеля превысит стоимость всей небольшой разветвленной оптической сети.

Что касается применения гибридных волоконно-коаксиальных технологий (HFC), то они достаточно хорошо себя проявили только в сетях кабельного телевидения (КТВ). Использование оптической магистрали в сочетании с распределительной внутридомовой сетью на коаксиальном кабеле успешно используется местными операторами КТВ.

Таким образом, применение оптических решений на сетях доступа становится единственным подходящим способом организации широкополосного фиксированного доступа. Уже сейчас, используя реальные оптические технологии (Passive Optical Network, Active Ethernet, Micro SDH и др.), возможна организация высокоскоростных потоков 1- 2,4 Гбит/с до абонента. А применение технологий волнового мультиплексирования позволит передавать такие потоки на каждой из нескольких оптических

несущих. Причем оптические технологии постоянно совершенствуются и удешевляются.

1.7 Архитектуры оптических сетей доступа

Архитектура построения сетей оптического доступа характеризуется степенью приближения оптического сетевого терминала к пользователю. Сектор стандартизации Международного Союза Электросвязи (ITU-T) выделяет несколько характерных вариантов (см. Рисунок 1.10).

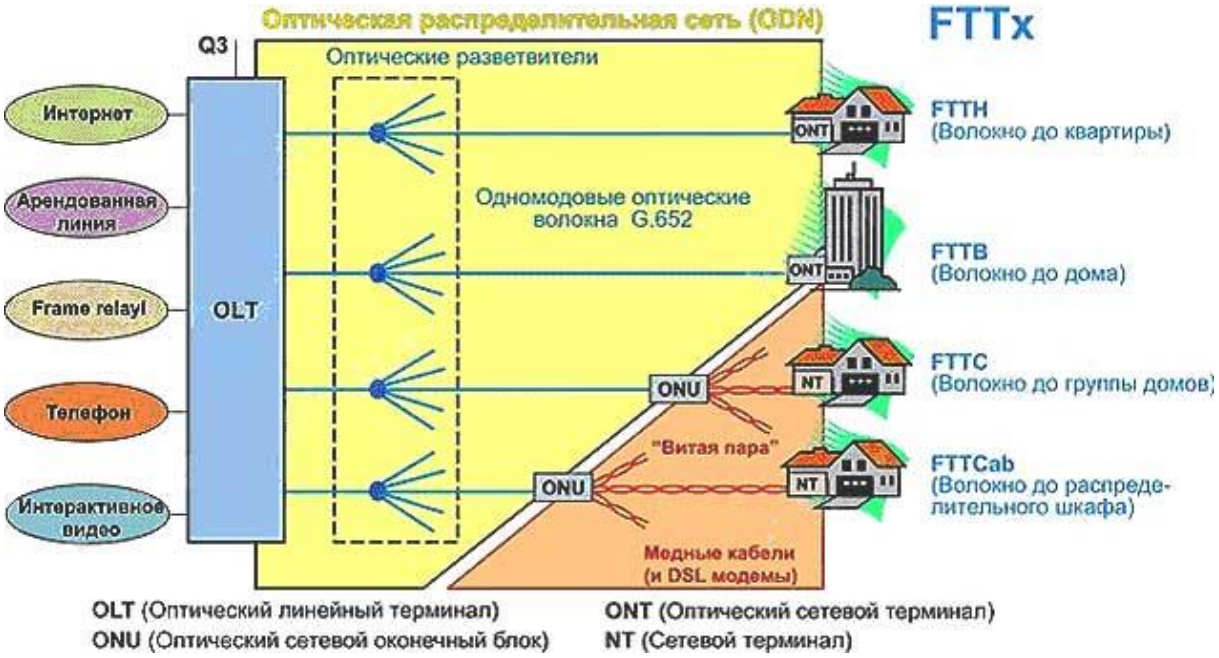


Рисунок 1.10 - Архитектуры FTTx

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

Выбор архитектуры зависит от множества условий, и в первую очередь - от плотности размещения абонентов. Но ориентировочно можно высказаться за применение системы FTTB для многоэтажных жилых зданий. Для частной застройки или офисов, в зависимости от платежеспособности

заказчика и его потребности в высокоскоростных приложениях, больше подойдет FTTC или FTTH.

В современных оптических сетях доступа могут использоваться различные топологии сети (схемы соединения узлов) (см. Рисунок 1.11).

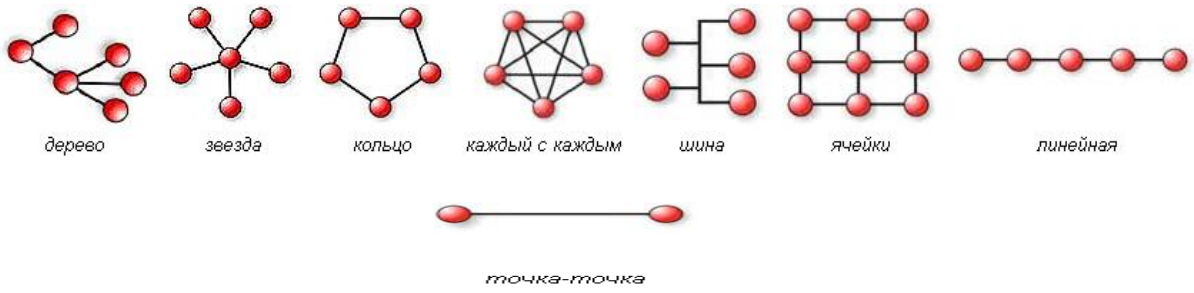


Рисунок 1.12 – Различные топологии сети

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

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

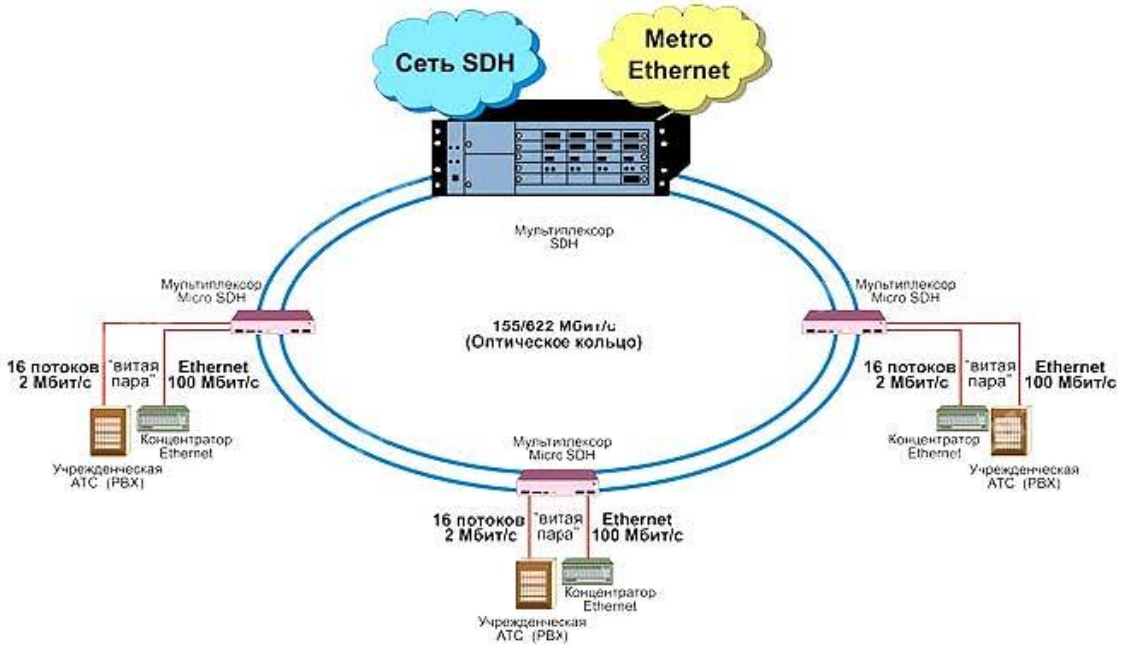
- Микро сеть SDH (Micro SDH);
- Активные сети Ethernet (Active Ethernet, AE);
- Пассивные оптические сети (Passive Optical Network, PON).

1.8 Технология оптических сетейдоступа

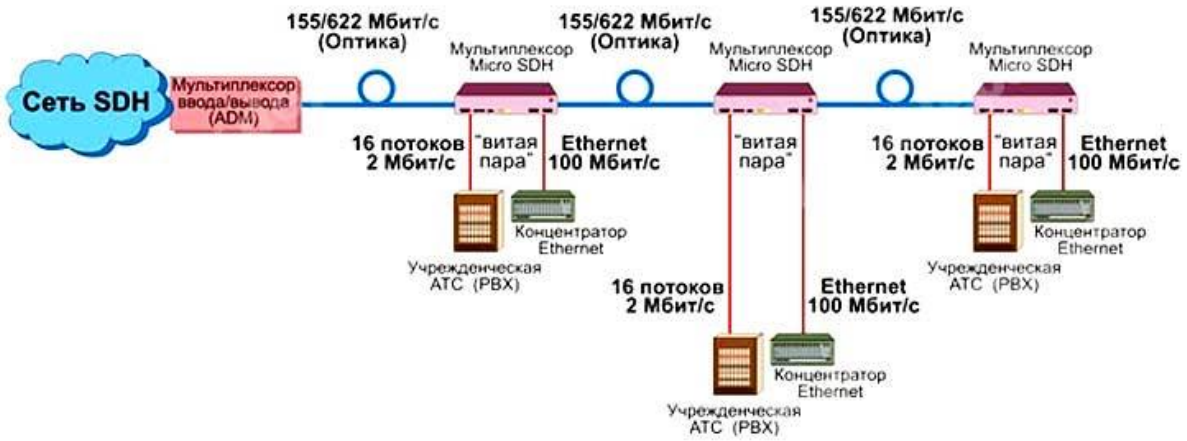
В странах восточной и юго-восточной Азии, а также в США применяют технологию Micro SDH. Одноплатные мультиплексоры уровня STM-1/4 с интеграцией Fast Ethernet и каналов E1 обычно используют топологию «кольцо» (реже «точка-точка» или «шина»). Такая сеть обладает хорошей отказоустойчивостью, управляемостью, удобна в обслуживании. Однако развертывание полноценного кольца при большом количестве пользователей связано со значительными капитальными затратами (стоимость одного мультиплексора – 3000…6000 $), существенные трудности возникают при подключении новых абонентов и создании новых сегментов сети. Размещение мультиплексорного оборудования требует стабильного электропитания, контроля температуры окружающей среды, надежной защиты от несанкционированного доступа. К тому же технология SDH, изначально оптимизированная для передачи телефонного трафика. оказалась не лучшей транспортной технологией для передачи данных (Fast

Ethernet, Gigabit Ethernet) и видеоинформации. Следовательно, такое решение представляется приемлемым либо для бизнес-сектора («кольцо», «точка-точка») либо для межстанционной городской сети (MAN) («кольцо») (см. Рисунок 1.13).

а) Micro SDH в схеме "точка–точка"



б) Micro SDH в схеме «кольцо»



в) Micro SDH в схеме «линия» («шина»)

Рисунок 1.13 - Транспортные технологии для передачи данных

Хорошо зарекомендовав себя в локальных сетях, технология Ethernet за последние 8-10 лет начинает «выходить из дому» и активно использоваться в операторских сетях различного уровня. Она относительно недорогая, позволяет без замены оборудования программно изменять скорость доступа в широком диапазоне, а также поддерживает все службы (данные голос и видео) и все типы сред передачи (медные, оптические кабели), поддерживает последовательную иерархию скоростей 10/100/1000 Мбит/с. Новые функциональные способности позволяют легко добавлять новые услуги, такие как IP-телефония, Ethernet-видео, выделенные каналы с гарантированной полосой пропускания и т.п. Такая технология получила наибольшее распространение в странах северной и центральной Европы (Швеция, Норвегия, Германия, Австрия и др.).

Образованный в 2001г. альянс EFMA (Ethernet in the First Mile Alliance) внес значительный вклад в разработку и стандартизацию различных разновидностей применения Ethernet на сетях доступа. В оптических сетях, как правило, применяются топологии «точка–точка» или «точка–много точек» («звезда»). Такая топология достаточно проста при проектировании и техническом обслуживании сети, позволяет ограничивать или наращивать скорость передачи информации до каждого пользователя. Стоимость активного оборудования колеблется в очень большом ценовом диапазоне (от ста до нескольких тысяч $) в зависимости от количества портов, функциональных возможностей и показателей надежности [7].

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

Практика построения сетей в нашей стране доступа показала, что оптический Ethernet наиболее эффективен по схеме FTTB (точнее, «волокно до подъезда») при новом строительстве, при хорошей кабельной инфраструктуре, когда нет необходимости сильно экономить волокна и если есть возможность размещения и организации электропитания активного оборудования (см. Рисунок 1.14).

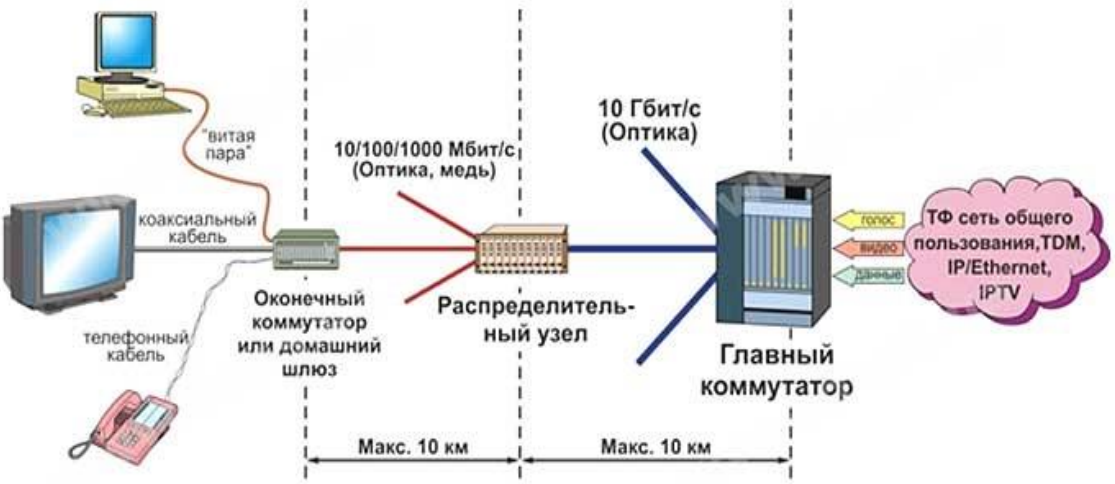


Рисунок 1.14 – Схема построения сетей

Одной из наиболее популярных оптических технологий для сетей доступа является PON (Passive Optical Network). Ее идея заключается в построении сети доступа с большой пропускной способностью при минимальных капитальных затратах. Это решение предполагает создание разветвленной сети (преимущественно древовидной топологии) без активных компонентов – на пассивных оптических разветвителях. Информация для всех пользователей передается одновременно с временным разделением каналов от головной станции – оптического линейного терминала (OLT, Optical Line Terminal) - до оконечных оптических сетевых блоков (ONU, Optical Network Unit). Передача и прием в обоих направлениях производятся, как правило, по одному оптическому волокну, но на разных длинах волн. В прямом потоке (от абонента к станции) используют длину волны 1310 нм, а в обратном (от станции к абоненту) – 1490 нм или 1550 нм. Оптическая мощность с выхода OLT в узлах сети делится (равномерно или неравномерно) таким образом, чтобы уровень сигнала на входе всех ONU был примерно одинаков. Достаточно часто одна из длин волн (чаще всего 1550 нм) выделяется для передачи всем абонентам телевизионного сигнала. Тогда на станции устанавливается оптический мультиплексор WDM для объединения передаваемых сигналов 1310 нм (голос, данные) и 1550 нм (видео). Всего возможно подключение до 32 (в некоторых разновидностях – до 64) абонентов при максимальной дальности связи – до 20 км (см. Рисунок 1.15).

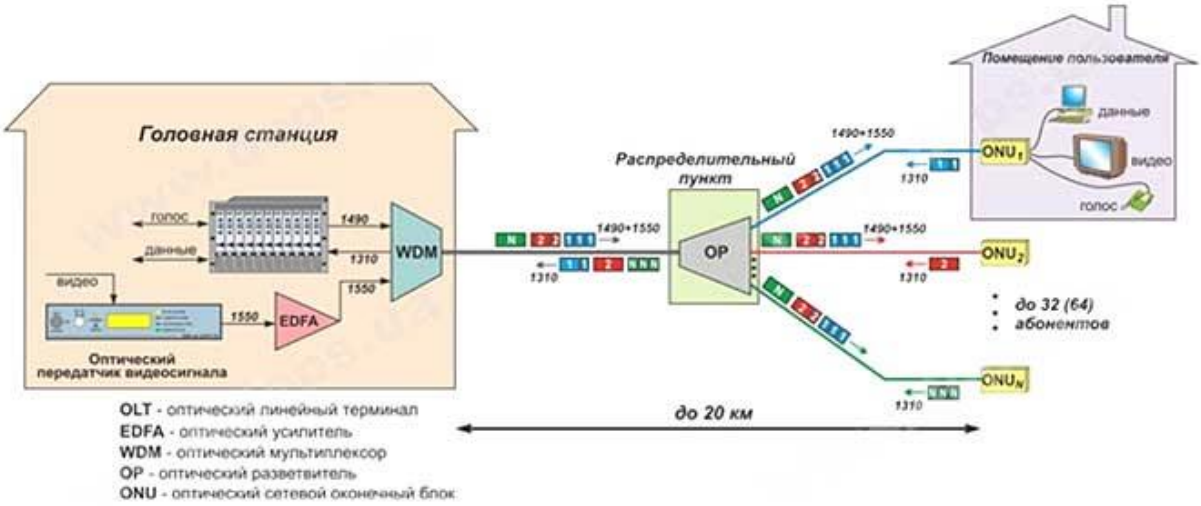


Рисунок 1.15 – Схема применение технологии PON

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

Применение технологии PON в сетях доступа имеет немало преимуществ:

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

На сегодняшний день PON является наиболее динамично развивающейся оптической сетевой технологией. В наиболее развитых странах мира количество абонентов PON ежегодно растет на 30-40%. В Украине в последние годы успешно строились сети PON в Киевской,

Донецкой, Харьковской, Днепропетровской, Ровенской областях. В нашей стране единственным серьезным фактором, сдерживающим активное внедрение PON, является стоимость активного абонентского оборудования, особенно при схеме FTTH.

Можно порекомендовать строительство сетей PON по схеме FTTB для многоэтажной городской застройки или FTTH для частного сектора, коттеджных городков и офисных центров.

Следующим эффективным шагом по увеличению скорости передачи построенных систем PON является применение систем оптического уплотнения WDM (WDM PON). В Рекомендации ITU-T G.983.2 описана возможность передачи сигналов на выделенных для каждого абонента длинах волн. В сети передается общий поток, а каждый абонентский терминал имеет оптический фильтр для выделения своей длины волны. Технически возможно обеспечить производительность системы со скоростями около 4-10 Гбит/с по каждому каналу. После такой реконструкции провайдеры получат возможность настраивать пропускную способность в соответствии с требованиями клиента и успешно добавлять или удалять устройства ONU без вмешательства в общую систему. То есть, в будущем внедрение систем WDM PON принесет реальные преимущества операторам при незначительных затратах.

Отдельные разновидности PON имеют свои преимущества и недостатки, но в целом BPON, основанный на платформе ATM, уже не обеспечивает высокую скорость передачи и практически не имеет перспектив.

Технология GPON удачная для сетей большой протяженности и емкости. Базовая платформа SDH обеспечивает хорошую защиту информации в сети, широкую полосу пропускания и другие преимущества. Однако более сложное и дорогостоящее оборудование хорошо окупается при высокой степени загрузки.

В GEPON, в отличие от GPON, отсутствуют специфические функции поддержки TDM, синхронизации и защитных переключений, что делает эту технологию самой экономичной из всего семейства. Особенно это касается небольших операторов, ориентированных на IP-трафик, а впоследствии и IPTV. К тому же предполагается дальнейшее развитее этого ряда – 10GEPON (по аналогии с 10 Gb Ethernet). Поэтому из-за наилучшего соотношения цена/качество при среднем размере сети, в нашей стране вариант GEPON получил наибольшее распространение.

1.9 Активное оборудование PON

К активному оборудованию относятся оконечные оптические блоки: станционный (OLT) и абонентский.

Рассмотрим вариант активного оборудования американской компании UTSTARCOM – одного из ведущих разработчиков PON-решений. В качестве OLT возможно использование одного из двух оконечных комплектов BBS4000+ и BBS1000+, которые отличаются количеством подключаемых абонентов и некоторыми функциональными особенностями.

Модель BBS4000+ включает в себя три основных типа функциональных блоков. Блоки GEM04 организовывают до 4 каналов Gigabit Ethernet с внешней сетью IP. В качестве оптических приемо-передатчиков используются сменные SFP модули, типы которых зависят от длины участка при использовании стандартных одномодовых волокон (10 км, 20 км и т.д.). Блоки EPM04 предназначены для соединения концентратора с абонентами сети на скорости 1 Гбит/с. Каждый EPM04 обеспечивает подключение до 4 линий GEPON через SFP модули. Прямой канал работает на длине волны 1490 нм, обратный – 1310 нм. Дальность передачи до 20 км для 32 подключений и 10 км для 64 подключений. При установке 11 блоков EPM04 BBS 4000 позволяет максимально подключить до 44 EPON «деревьев» (до 1408 ONU) (см. Рисунок 1.16).

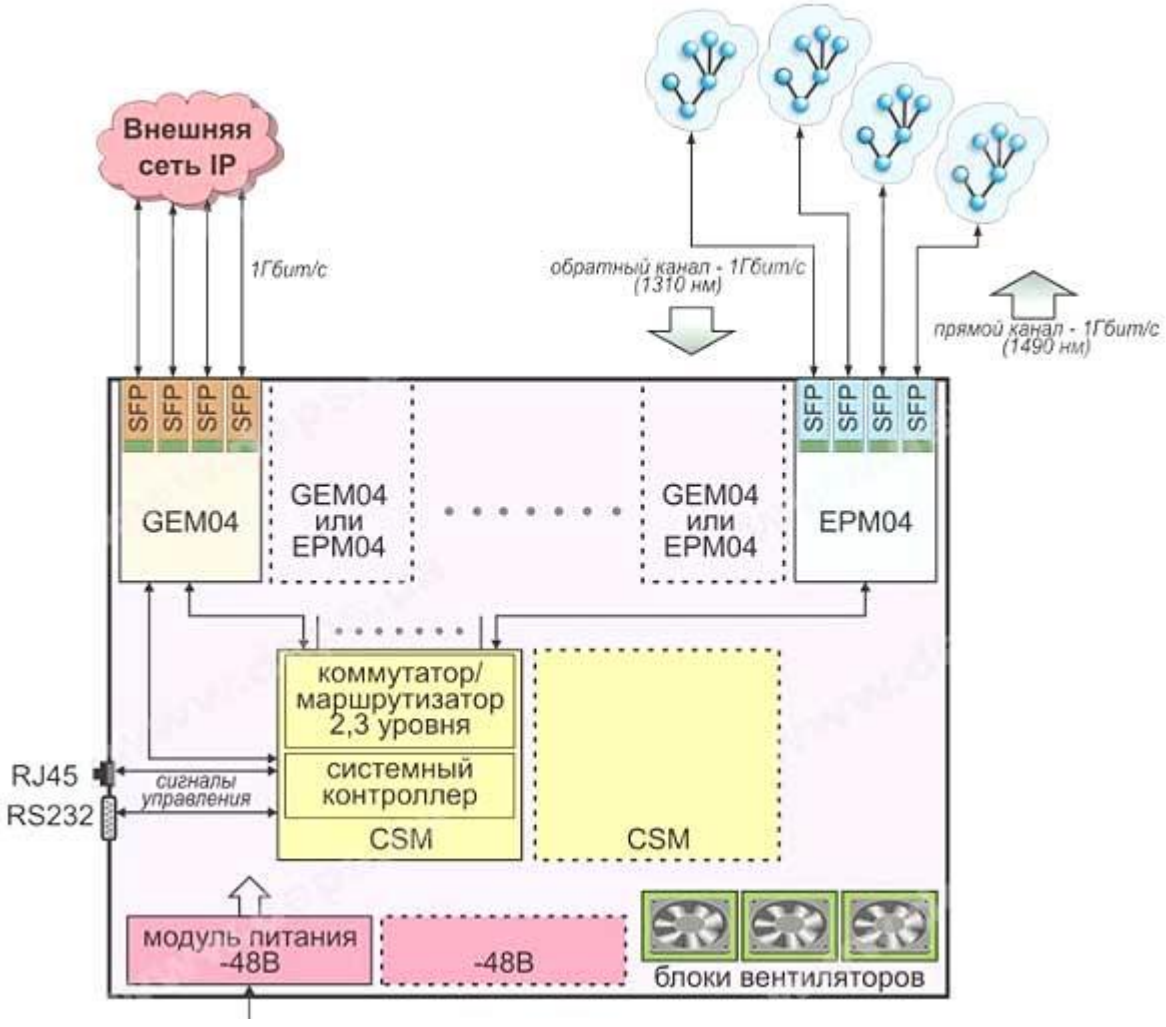


Рисунок 1.16 - Функциональные блоки

При передаче на расстояние до 20 км используется одномодовый лазер Фабри-Перо и фотоприемник на p-in диоде. Если дальность составляет 20 км, то применяют узкополосный одномодовый мощный лазер DFB (с распределенной обратной связью) и APD (лавинный фотодиод) в фотоприемном узле. Динамический диапазон системы – не менее 29 дБ.

Наличие универсальных слотов позволяет гибко оснащать и поэтапно наращивать производительность коммутатора необходимыми портами (GEthernet или EPON).

Два слота концентратора предназначены для установки центральных сервисных блоков (CSM). Каждый такой блок содержит коммутатор/маршрутизатор 2, 3 уровня производительностью 48 Гбит/с.

Системный контроллер позволяет оператору подключиться к системе управления OLT: локально – через порт RS232 (RJ-45) или дистанционно – через внешнюю сеть IP и блок GEM04. Система управления обеспечивает возможность тарификации трафика, установки классов обслуживания групп пользователей, динамическое распределение полосы пропускания (DBA), ограничение выходной полосы пропускания и других функций.

Питание концентратора осуществляется от двух блоков питания (−48 В), температурный режим поддерживается тремя блоками вентиляции. Все модули обладают функцией “горячей” замены. Концентратор выполнен в металлическом корпусе высотой 9U, обеспечивающем монтаж в 19” стойку или настольное размещение.

Концентратор BBS4000+ является достаточно эффективным устройством при установке в сетях большой емкости (не менее 256 абонентских терминалов) или средней емкости с перспективами расширения.

Более экономичным устройством является 1U концентратор BBS 1000+. Его принцип работы аналогичен BBS4000+, однако комплектация более сжатая. Устройство содержит 1 слот для модуля GSM (4 оптических порта Gigabit Ethernet для выхода на IP-сеть и порты управления), 2 слота для двух 4-портовых модулей EPON, 1 слот для модуля вентиляции и 2 слота для модулей питания (−48 В постоянного и 220 В переменного тока).

Дальность передачи до 20 км для 32 подключений и 10 км - для 64 подключений. OLT может обслужить до 512 терминальных устройств. Таким образом, BBS1000+ является оптимальным устройством для построения небольших и средних оптических сетей PON.

Линейка абонентских терминалов компании UTSTARCOM ONU 101i, ONU 404i, ONU 804i, ONU 1001i, ONU 2004i полностью совместимы со станционным оборудованием BBS 4000+ и BBS 1000+ количеством и типами пользовательских портов. Все ONU имеют линейный порт 1310 нм (на передачу), 1490 нм (на прием) с динамическим диапазоном 29 дБ. Пользовательские порты RJ-45 (10/100 BASE-T или 10/100/1000 BASE-T) и концентратор 2 уровня позволяют успешно использовать такие терминалы не только для домашних пользователей, но и для небольшого офиса (SOHO). А радиочастотный порт типа «F» обеспечивает возможность вывода

видеосигнала кабельного ТВ, передаваемого от станции на выделенной длине волны 1550 нм

1.10 Кроссовые и распределительные устройства для PON

Введенные в здания оптические кабели прокладываются по внутренним стоякам и каналам и заканчиваются подключением к оконечным кабельным устройствам (боксам). В боксах производится соединение волокон оптических линейных кабелей с соединительными кабелями или шнурами, подключающимися к абонентским терминалам (ONU). В оптических боксах также может производиться разветвление кабельных линий.

Оптические боксы конструктивно состоят из закрываемого корпуса с кабельными вводами, внутри которого размещаются сплайс-кассеты. В корпусе также имеются отверстия с уплотнителями для вывода соединительных шнуров (пигтейлов, патч-кордов) или одноволоконных кабелей. Боксы могут содержать панель для установки разъемных адаптеров.

Способ размещения боксов зависит от реальных условий в помещениях заказчиков. Устройство может располагаться как в технических нишах, шкафах, так и просто крепиться к стенам, балкам, опорам, колоннам во всех доступных помещениях.

При выборе нужной конструкции в первую очередь следует учитывать количество выводимых одноволоконных кабелей (или шнуров), а также тип их соединений с линейным оптическим кабелем. При сварных соединениях сростки размещаются прямо в сплайс-кассете, а при разъемных – бокс должен содержать лицевую панель с необходимым числом адаптеров. В зависимости от конкретного места и способа установки подбирают габариты боксов и материал корпуса.

С другой, станционной стороны, оптические кабели подключаются к оптическим кроссовым устройствам, обычно устанавливаемым в 19-дюймовые стойки. Обычно такие станционные оптические боксы (ODF, Optical Distribution Frame) конструктивно состоят из корпуса с кабельными вводами, набором сплайс-кассет, организаторов для укладки модульных трубок кабелей и шнуров, и винтовых стоек для крепления металлических силовых элементов. Во фронтальной части корпуса крепятся лицевые панели с адаптерами для разъемов необходимого типа. Пример ODF показан на рисунке ниже (см. Рисунок 1.17).

Рисунок 1.17 - Пример ODF

19" оптические стойки отличаются количеством сплайс-кассет и, соответственно, высотой (1U, 2U и 3U). Максимальное количество соединений волокон – до 72. Кабельные вводы имеют конусно-зажимную конструкцию порта, обеспечивающую плотный ввод независимо от диаметра кабеля. К винтовым стойкам прикреплен заземляющий проводник с клеммой для подключения к корпусу всей стойки. В передней части боксов вырезаны проемы для крепления лицевых панелей под адаптеры с различными типами разъемов (FC, SC, LC либо других). Удобная поворотно-выдвижная конструкция бокса обеспечивает доступ к кассетам и волокнам после установки бокса в стойку. Полная комплектация бокса (гильзы, стяжки, шурупы, провод заземления, шурупы) соответствуют всем необходимым эксплуатационным запросам.

1.11 Оптические соединительные шнуры для PON

Оптические шнуры являются важным элементом PON, поскольку используются в большом количестве и обычно на участках, где происходят различные манипуляции по перекоммутации. Таким образом, от их параметров передачи и надежности во многом зависит качественная работа всей сети.

Для соединения между двумя оптическими портами оборудования используются соединительные шнуры, оконеченные с двух сторон (патч-корды) диаметром 3 мм. Поверх волокна накладывается слой арамидных волокон и плотная наружная оболочка из поливинилхлорида (PVC) или негорючего малодымного безгалогенного пластиката (LSZH).

Для подключения оптических кабелей к оконечному или распределительному оборудованию применяются шнуры с одним коннектором и одним свободным волокном (пигтейлы). В них используются волокна в плотном покрытии диаметром 0,9 мм без наружной оболочки.

Соединительные шнуры имеют большое разнообразие конструкций и различные типы коннекторов (FC, SC, LC и другие), хотя на сетях PON чаще используются коннекторы типа SC.

Коннекторы имеют два типа полировки торцов – обычный сферический физический контакт (PC, UPC) или угловой физический контакт (APC).

Разъемы с коннекторами APC обладают значительно меньшими потерями на отражение за счет высвечивания отраженной мощности, падающей на границу раздела сердцевина/оболочка под углом больше критического. Это особенно важно для сетей, в которых оптический передатчик чувствителен к высокому уровню отраженной мощности. В сетях PON с организацией кабельного телевидения во всех местах соединений должны применяться только коннекторы с полировкой APC, корпус которых маркируется зеленым цветом. В качестве наружных оболочек в патч-кордах применяются материалы, не поддерживающие горение (PVC или LSZH).

Как правило, волоконно-оптическая измерительная техника имеет в оптических портах коннекторы с полировкой PC. Потому при тестировании пассивных оптических сетей нужно использовать комбинированные патч-корды, у которых один из коннекторов имеет полировку типа PC, а второй - APC(см. Рисунок 1.18).

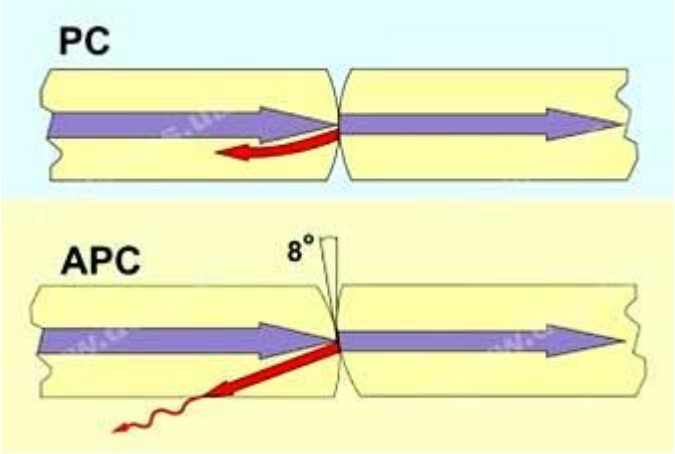


Рисунок 1.18 – Виды коннекторы

При большой плотности портов и ограниченном пространстве для укладки шнуров в кроссовом или распределительном оборудовании патч-корды или пигтейлы могут быть уложены с радиусом изгиба меньше допустимых 30 мм. В месте такого критического изгиба могут возникнуть

дополнительные потери в несколько дБ. Для использования в таких условиях рекомендуется использовать шнуры с волокнами, имеющими уменьшенные потери на изгибах (типа G.657). В таких шнурах, даже при изгибах с радиусом 15-20 мм, вносимые потери будут незначительными (несколько десятых дБ).

1.12 Оптические разветвители для PON

При построении пассивных оптических сетей важнейшим элементом является оптический разветвитель. Именно эти элементы придают сети необходимую гибкость архитектуры, масштабируемость, максимальное соответствие системным требованиям, экономичность. В принципе ОР уже достаточно длительное время успешно применяется на магистральных участках в сетях кабельного телевидения, там, где необходимо создание разветвленной древовидной архитектуры с равномерным или неравномерным делением оптической мощности. Однако именно при внедрении PON разветвители проявили себя ключевым элементом сети.

1.13 Оптические сети доступа типа точка – точка

Одним из типов FTTH оптических сетей доступа является тип связи точка-точка (P2P - *Point-to-Point*), (см. Рисунок 1.19). Речь идет о применении активной Ethernet технологии вплоть до оконечного пользователя.

Это значит, что каждому пользователю выделено отдельное соединение, удовлетворяющее его сегодняшним и будущим потребностям с точки зрения неограниченной емкости и симметричной передачи. P2P особенно эффективное решение для новых городских районов, где, во всяком случае, требуются капитальные вложения в новую инфраструктуру доступа.

В настоящее время P2P очень хорошо разработанная технология, которая обеспечивает скорости передачи величины 100 Мбит/с, с возможностью наращивания до 1 Гбит/с. Кроме того, этот тип связи обеспечивает простое применение модели открытой сети доступа.

Установку оптических кабелей в квартирах жилого здания можно выполнить двумя различными способами. Первый способ – выбор архитектуры FTTB (Fiber To The Buliding – оптоволокно до здания). В этом случае оптический узел доступа, который поддерживает прокладку внутри здания, базирующуюся на Ethernet кабелях категории CAT5, устанавливается внутри здания. Максимальная досягаемость кабеля категории CAT5 равна 100 м, а узел доступа может обслуживать от 20 до 40 квартир. В решении компании Эрикссон для оптических P2P сетей, известном под названием

EDA 1200, в роли оптических узлов доступа используется изделие EFN324 (см. Рисунок 1.20.). Это *Ethernet* коммутатор, обеспечивающий скорости передачи 100 Мбит/с в направлении оконечного пользователя, а существуют варианты для разных интерфейсов (одномодовое оптоволокно, многомодовое оптоволокно, CAT5). EFN324 исключительно гибкое и наращиваемое изделие, которое обеспечивает высокое качество услуги. Поддерживает надежный доступ к услугам, базирующимся на Интернет-протоколе, включая телефонию, быстрый доступ в Интернет, видео и TV распределение.

Решение для концентрации нагрузки в сети доступа в направлении городской сети содержит агрегационный коммутатор (концентратор) и управляющий узел, ECN430 (см. Рисунок 1.21.). Один узел ECN430 может управлять оптическими узлами доступа в количестве до 40, т.е. может обслуживать до 960 оконечных пользователей.

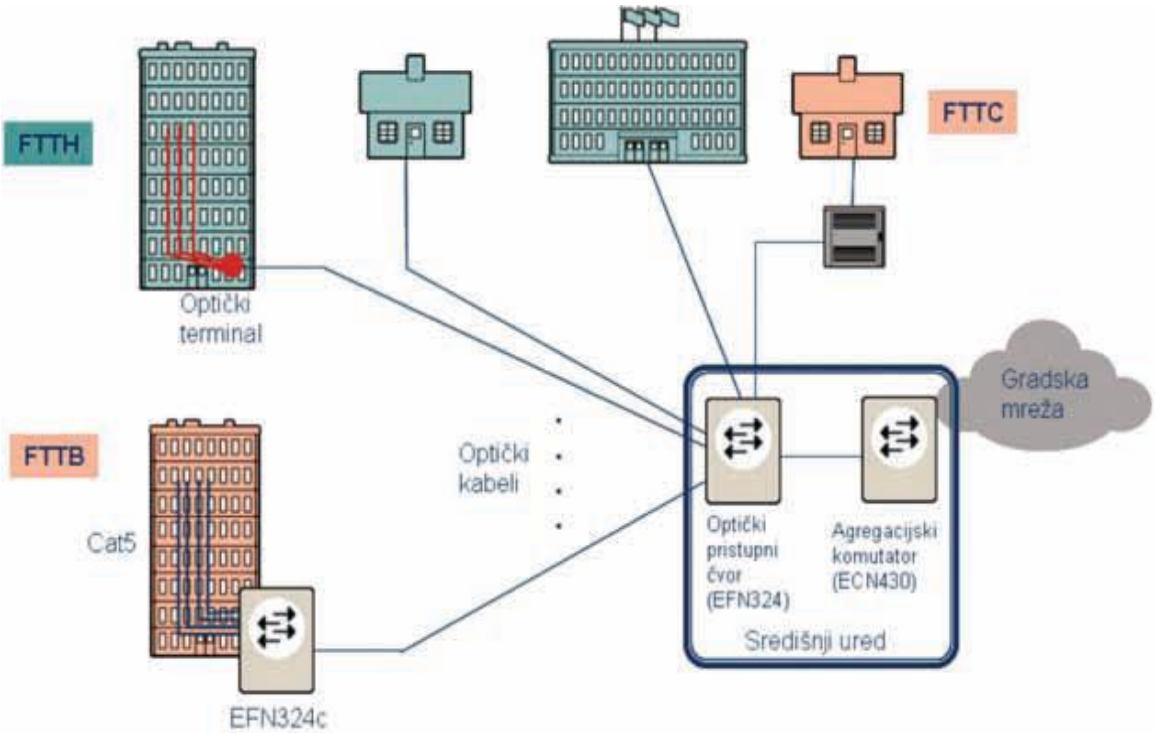


Рисунок 1.19 – Оптические сети доступа типаточка-точка P2P (Point-to-Point)

Рисунок 1.20 –Оптический узел доступа EFN 324

Рисунок 1.21 – Агрегационный коммутатор и управляющий узел ECN430

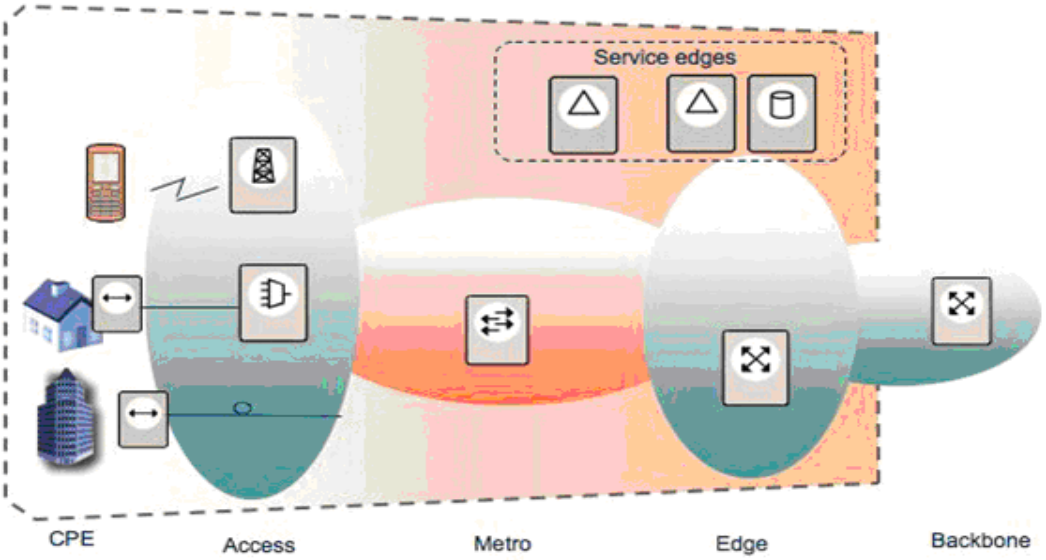


Рисунок 1.22 – Городская агрегационная сеть

Вторая опция это оптический кабель до квартиры оконечного пользователя, т.е. архитектура FTTH (Оптоволокно до квартиры). Оптические кабели от каждого пользователя концентрируются в оптическом терминале доступа (FAT - *Fiber Access Terminal*), который, обычно, устанавливается в помещении, в которое вводятся трубы или оптические кабели с внешней стороны. Таким помещением может быть подвал внутри здания или наружный шкаф. Для прокладки внутри здания, а также для распределительной сети компания Эрикссон предлагает традиционные оптические кабели, а также оптические системы Ribbonet® и Micronet™.

1.14 Ethernet агрегационная и транспортная сеть

Агрегационные сети обеспечивают уровень транспортных услуг между узлами сети доступа и граничными узлами опорной сети. Агрегационная сеть должна быть гибкой для введения новых услуг, расширения и замены пакета услуг оконечному пользователю. Одновременно она должна поддерживать несколько деловых моделей: агрегация розничных услуг для квартирных и

деловых пользователей, оптовые услуги остальным поставщикам услуг, услуги взаимосвязи, а также одноранговые услуги (*peer to peer*).

На рисунке 1.22 представлена позиция агрегационной сети в широкополосной сети, играющей исключительно важную роль в предоставлении широкополосных услуг квартирным, деловым и мобильным пользователям. Узлы услуг можно разместить в любом месте, независимо от

транспортной топологии. Это может быть вблизи границ опорной сети, или вблизи пользователей, что позволяет снижение совокупных затрат.

Для Ethernet агрегации и IP транспорта компания Эрикссон предлагает большой выбор Ethernet агрегационных коммутаторов, граничные маршрутизаторы, а также оптические и микроволновые решения для агрегационной транспортной сети. Решение содержит коммутаторы ECN430 для агрегации/концентрации в направлении Metro Ethernet сети, многофункциональные граничные маршрутизаторы SmartEdge и семейство OMS 2400 для оптической транспортной сети (см. Рисунок 1.23.).

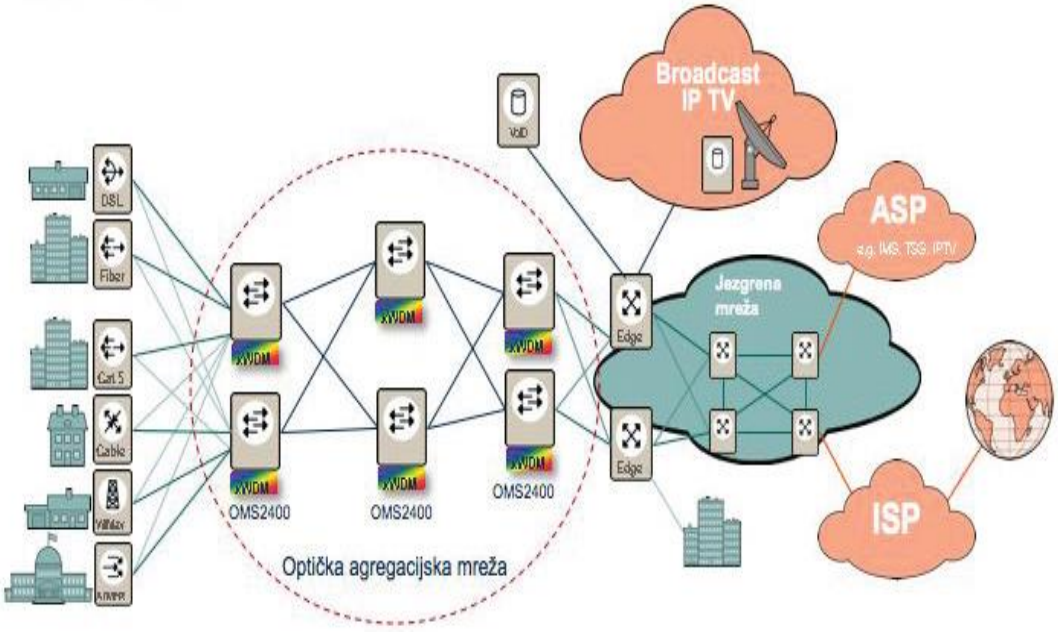


Рисунок 1.23 – Оптическая городская агрегационная сеть

1.15 Система для поддержки деятельности и эксплуатации – BSS/OSS

Компания Эрикссон предлагает интегрированные системы для поддержки деятельности (BSS - *Business Support System*) и системы для поддержки эксплуатации (OSS - *Operation Support System*) с решениями активной сети, с целью обеспечения поддержки из конца в конец для управления и обслуживания. Решение OSS/BSS проектировано для деловой

модели открытого доступа сети, оно обеспечивает операторам связи CO (*Communication Operator*) более эффективное взаимодействие с поставщиками услуг и сетевыми операторами, используя при этом электронные интерфейсы и усваивая гибкие деловые модели.

Компоненты решения для систем OSS/BSS выбраны с большим вниманием, т.к. они должны поддерживать сложные и очень требовательные запросы, задаваемые к сетям следующей генерации.

Решения поддерживают различные размеры организаций операторов связи, а одновременно могут быть усвоены различные деловые модели: проект в рамках которого компания Эрикссон определяет дизайн, установку, интеграцию и перенимает на себя полный процесс установки у оператора связи или услуги управления сетью и ее обслуживание служащими компании Эрикссон, включая и выполнение части заданий, связанных с построением и управлением сетью. На рисунке 1.24 представлены функциональные блоки типичного решения для систем поддержки деятельности и эксплуатации.

В зависимости от величины, сложности и деловой модели оператора связи, выбирается основная программная поддержка для различных организаций операторов связи.

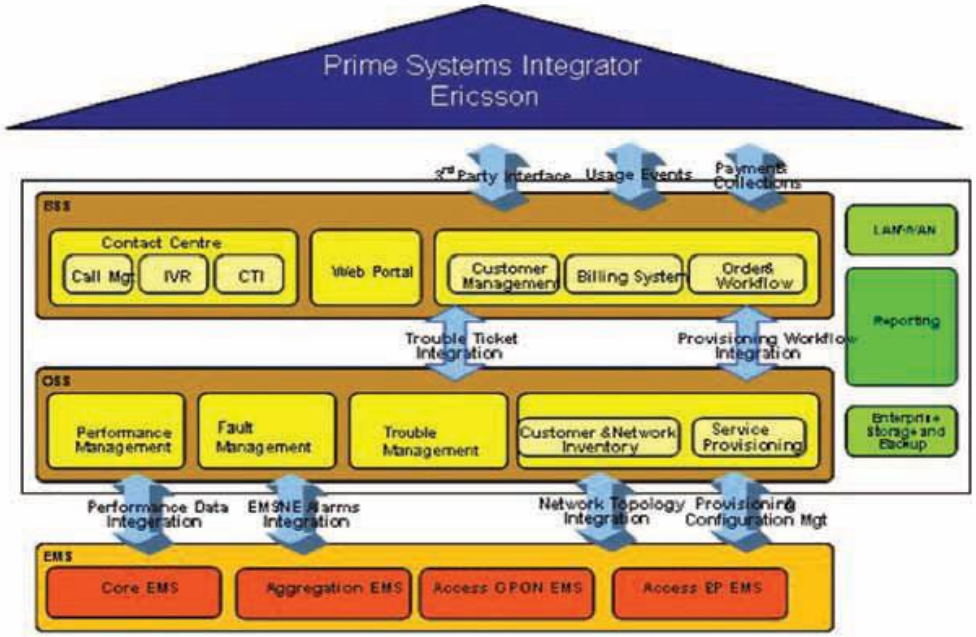


Рисунок 1.24 - Система поддержки деятельности и эксплуатации – BSS/OSS

1.16 Городская сеть

Под городской сетью (MAN - *Metropolitan Area Network*) подразумевается подключение к сети на территории города, или подключение к сети населенных массивов. Речь идет о публичных

широкополосных сетях доступа, в структуре которых в прошедшее время применялись разные технологии. Однако в последнее время, после длительного периода неприкосновенности, *Ethernet* технология, технология построения частных локальных сетей, стала главной транспортной технологией современных городских сетей, а также и сетей, которые охватывают большие пространства (WAN - *Wide Area Network* – Глобальная сеть). Вначале Ethernet технология, вследствие своих недостатков, не была пригодна для поставщиков услуг. Основной причиной ее недостатков было то, что эта технология возникла как “технология с разделяемой пропускной способностью” (*shared media*). А именно это препятствовало ее применению в публичных сетях из-за невозможности изолирования нагрузки, или использования выделенных линий (*private circuits*). Городские сети, базированные на технологии Ethernet, стали привлекательными в конце 90-х лет после наращивания *Ethernet* стандартов (802.3, untagged Ethernet – немеченый *Ethernet*), которые сделали возможными новые функции, например, функцию изолирования нагрузки с помощью виртуальных локальных сетей (802.1q). Комбинируя новые функции, такие как VLAN Stacking (известен и как Queue-in-Queue, 802.1ad), VLAN *Translation* (трансляция из одного VLAN в другой), и VLAN *tunneling* (802.1ah), стало возможным разделение взаимной нагрузки пользователей.

Одним из самых важных преимуществ использования технологии Ethernet является ее распространенность и значительно меньшая стоимость по сравнению с альтернативными технологиями, такими как SONET/SDH и ATM (*Asynchronous Transfer Mode* – Асинхронный режим передачи). Дополнительным преимуществом является возможность высокой грануляции ширины канала передачи, что совершенно невозможно в традиционных SDH (синхронная цифровая иерархия) соединениях. Так как Ethernet уже “старая” и хорошо воспринятая технология передачи, у компаний-поставщиков услуг нет никаких проблем с обслуживающим персоналом. При введении какой-то другой широкополосной технологии (например, ATM) требуются огромные средства для образования и подготовки целой группы специалистов. Введение Ethernet технологии в городах очень хорошо воспринято.

Дополнительным преимуществом технологии *Metro Ethernet* является простота использования и обслуживания, в отличие от предыдущих технологий, таких как, например, SONET/SDH. Так как Ethernet городская сеть применена поверх существующей *Ethernet* инфраструктуры, сопротивляемость сети и ее защиту нужно было бы улучшить. Время восстановления после прерывания соединения сведено к нескольким секундам. Хотя в этом смысле сделаны значительные улучшения, все еще не достигнуты возможности технологии SONET/SDH, где от момента обнаружения прерывания соединения до полного восстановления требуется лишь 50 мс.

Преимущества технологии *Metro Ethernet* значительно превышают ее недостатки, именно поэтому она постепенно станет преобладающей транспортной технологией.

1.17 Особенности технологии FTTH

Под FTTH (оптика до дома) понимаются сети, в которых оптический узел (или оптический приемник) является последним активным элементом. Выход оптического узла (ОУ) непосредственно (т.е. без дополнительных усилителей) связан с телевизором или абонентским терминалом, например STB (Set-Top-Box). Очевидно, что при технологии FTTH используется большее число ОУ в сравнении с технологией FTTB и, особенно, FTTC. Рассмотрим основные особенности FTTH в сравнении с другими технологиями (FTTC и FTTB).

Более высокая надежность технологии FTTH. Действительно, все мультисервисные сети передачи данных и телевидения (МСС) построенные только с использованием оптических активных компонентов, как правило, обладают очень высокой надежностью. Важен и тот факт, что отпадает необходимость в использовании дистанционного (т.е. по коаксиальному кабелю) питания, которое часто доставляет много хлопот кабельным операторам. Более того, если предусмотреть резервные оптические волокна (ОВ) в волоконно-оптическом кабеле (ВОК), появляется возможность реализации ручного и/или автоматического резервирования как по направлениям (кольцевое резервирование), так и по жилам с минимальными затратами.

Простота переконфигурации сети FTTH за счет установки в основных узлах распределения оптических кроссовых шкафов. Перекоммутация осуществляется за счет простейшей переустановки патчкордов по соответствующим направлениям (с помощью пигтейлов). Напомним также нашим читателям, что если их МСС выполнена на оборудовании серии АС от Teleste (Финляндия), то в любой из усилителей достаточно будет доустановить приемный оптический модуль без смены режимов работы самих усилителей.

Простота построения параллельных сетей FTTH является одним из важнейших достоинств. Ведь ВОЛС представляет собой идеальную многоканальную (на физическом уровне) транспортную сеть с великолепными особенностями: сверхширокополосность, помехозащищенность от всех видов электромагнитных наводок, малые погонные потери, низкая чувствительность к температурным воздействиям, высокая защита от несанкционированного подключения и др. Наиболее часто в таких сетях услуги передачи данных (включая доступ в Internet)

реализуются с использованием Ethernet технологии, как наиболее универсальной и скоростной.

Возможность отказа от реверсного канала в традиционных HFC сетях. Такая возможность появляется при наличии параллельных Ethernet сетей, которые изначально являются двунаправленными. Кстати, реализация услуг передачи данных в МСС на базе параллельных Ethernet сетей позволяет добиться дополнительной экономии за счет использования экономичных ОУ без передатчиков реверсного направления, например, ORX-422 или ORX-101 производства “Макротел”, Россия.

Значительное снижение шумов ингрессии в реверсном канале при условии достаточности приемников реверсного направления (Upstream). По грубой оценке можно считать, что реализуемое отношение несущая/шум C/NH, формируемое при технологии FTTH с числом абонентов NH, больше аналогичного C/NC, реализуемого при FTTC с числом абонентов NC на величину:

$$\left(C/N_H - C/H_C \right)[dB] = 10\lg\left(n\frac{N_C}{N_H} \right) \qquad (1.1)$$

Здесь n – число каналов в реверсном направлении, отличающихся по частоте.

Так, для n = 3, NC = 800 и NH = 100, различие составляет 13,8 dB, что позволяет смело перейти на более высокий формат модуляции (например, с QPSK на 16 QAM или даже 64 QAM) и реализовать значительно более высокие скорости информационных потоков (в нашем случае в два раза) при прочих равных условиях.

Более высокие скорости цифровых потоков в реверсном направлении при неизменном числе частотных каналов обязаны исключительно числу upstream - приемников, устанавливаемых в составе головной станции кабельных модемов (CMTS). Иными словами, если при FTTC технологии наращивание числа upstream - приемников не имело практического смысла в силу значительной величины C/NC, то при FTTH технологии имеет явный смысл наращивания таких приемников. Более того, такие приемники могут уже работать как при смешанной оптической технологии на одной частоте, так и при классической архитектуре (upstream - приемник на кластер или сегмент) на нескольких частотах.

Простота реализации новых цифровых технологий, накладываемых на уже существующие FTTH сети. Классическим примером может служить новая перспективная технология EttH (Ethernet to the Home), разработанная компанией Teleste (Финляндия) и получающая все большее и большее распространение по всему миру. На рисунке 1.25 представлен фрагмент решения под названием Ethernet over Coaxial (EoC), которое обеспечивает доставку кадров Ethernet по коаксиальному телевизионному кабелю домовых распределительных сетей. Решение EoC не требует прокладки дополнительного кабеля, например UTP, и обеспечивает доступ к Ethernet

сети на абонентской розетке, подключенной к коаксиальному кабелю оператора КТВ. Кстати, технология EttH от компании Teleste, позволяет и операторам FTTC сетей обойтись без прокладки ВОЛС до дома при строительстве Ethernet сетей. На рисунке 1.26 представлена схема решения Virtual Fiber («виртуальное волокно»), обеспечивающая доставку Ethernet (100Мбит/с) по существующим сетям кабельного телевидения. Более того «виртуальное волокно» может работать в сетях КТВ параллельно с Docsis.

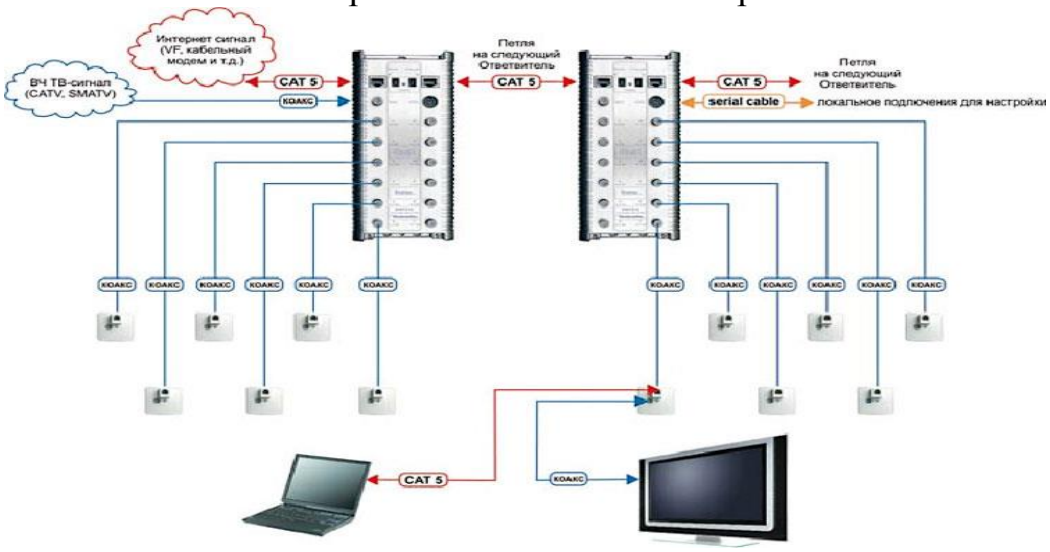


Рисунок 1.25 - FTTH. Ethernet через коаксиальные телевизионные сети (EoC)

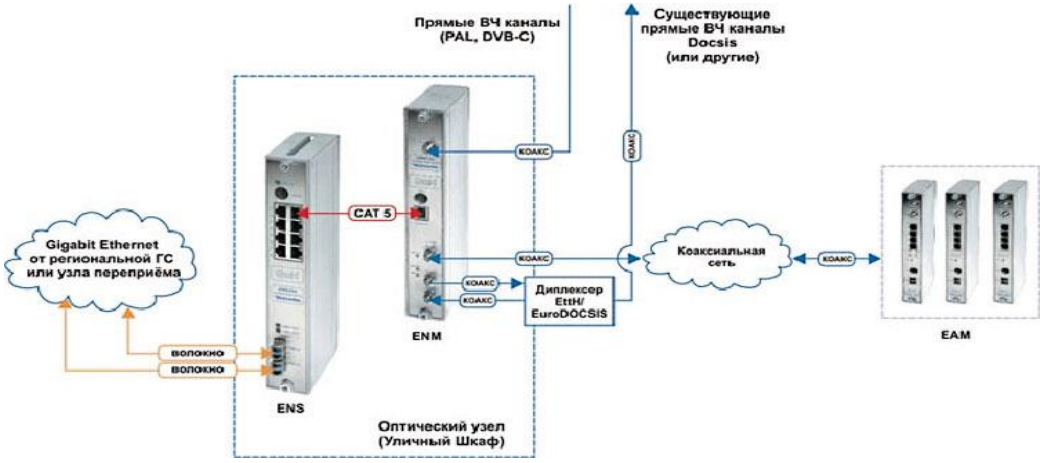


Рисунок 1.26 - FTTH. «Виртуальное волокно» от компании Teleste

Выводы:

Исходя, из выше указанного материала проектом предполагается на сети доступа использовать оборудование GPON и MS (P2P). Применение технологий для каждого района обусловлена следующими факторами: наличие инфраструктуры (магистральные ОК существующего оборудования мультисервисного доступа), концентрация абонентов и расстояние от центральных узлов.

2 Аппроксимация вероятностных характеристик модели сети P2P

Традиционная модель предоставления мультимедийных услуг по IP-сетям является моделью типа клиент-сервер, в которой все пользователи напрямую связаны с единым сервером обслуживания. Основной проблемой этой модели является масштабируемость – для обслуживания растущей популяции пользователей ресурсы сервера должны постоянно увеличиваться. Сети P2P появились недавно как новая парадигма для построения приложений распределенной сети. Технология P2P мотивирует пользователи выступать в роле сервера и клиента: пользователь не только загружает данные для себя, но и отдает загруженные данные другим пользователям сети. Таким образом, одновременно с потреблением ресурсов сети пользователь сам предоставляет сети новые ресурсы. В этом заключается преимущество модели P2P перед традиционной клиент – серверной моделью, где источником ресурсов является только сервер[19]. На сегодняшний день успешно функционируют такие P2P – системы для быстрого распределения больших файлов через Интернет, как BitTorrent, Gnutella, KazaAи другие, а не так давно технология P2P начала использоваться для предоставления мультимедийных услуг. Например, системы потокового видео PPLive, SoftCast,CoolStreamingи другие, созданные для предоставления услуг потокового видео по требованию и видео в режиме реального времени через Интернет, сейчас обслуживают сотни тысяч пользователей одновременно. Большинство видео потоков в этих сетях являются телевизионными каналами со всего мира, поэтому одноранговые сети с потоковым трафиком иногда называют P2PTVсетями .

а) Дискретная модель сети P2PTV.

Рассмотрим сеть P2PTV, в которой находятся пользователи из множества N, $|N|=N$, причем каждый пользователь может просматривать один из телевизионных каналов сети. В сети транслируются каналы из множества M, $|M|= M$, p_m–популярность m–канала, $\sum_{m=1}^{M} p_m=1$. Под популярностью канала понимаем долю пользователей, просматривающихm–канал, от общего числа пользователей сети. Каналы и пользователи в сети функционируют независимо друг от друга.

В предыдущих работах авторов [19] были построены модели такой сети в виде открытой и в виде замкнутой сетей массового обслуживания и получены формулы для расчета одного из показателей качества обслуживания P2P-сети – вероятности того, что все пользователи загружают видео поток на скорости не ниже требуемой для воспроизведения (так называемая вероятность всеобщей передачи). Согласно этим моделям x_{nm}-состояние n- пользователя на m- канале: x_{nm}= 1если n- пользователь

просматривает m- канал, иначе x_{nm}=0. Состояние сети описывает матрица x= $(x_{nm})_{n\in N, m\in M}$,а пространство состояний сети имеет вид:

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

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

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

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

$$p_m(k)= P\{x\in X_m(k)\}=\sum_{X\in X_{m(k)}} P(x), \qquad (2.1)$$

где k= 0, N, m$\in M$.)

В работах [19] был выполнен анализ сети с двумя типами пользователей: пользователи с высокой скоростью отдачи данных u^h и пользователи с низкой скоростью отдачи u^l,$u^l < u^h$. Обозначим соответствующие подмножества пользователей N^h и N^l, где N= $N^h \cup N^l, N^h \cap N^l = \emptyset$и $|N^h| = N^h$, $|N^l|=$ N^l. Для модели сети, в которой пользователи случайным образом подключаются к сети и уходят из нее, а также переключаются с одного канала на другой, случайные величины (СВ) X_m^hи X_m^l числа пользователей с высокой (низкой) скоростью отдачи на m-канале принимают значения 0≤X_m^h≤N^h, 0≤ X_m^l≤ N^l. Случайные величины X_m^hи X_m^l имеют распределение Пуассона с параметрами γ_m^hи γ_m^l соответственно, гдеγ_m^h (γ_m^l) – среднее число пользователей с высокой (низкой) скоростью отдачи на m- канале. При известных популярностях p_mканалов величины γ_m^hи γ_m^lимеют вид γ_m^h=$\lim_{N^h\to\infty} N^h * p_m(N^h)$, γ_m^l=$\lim_{N^l\to\infty} N^l * p_m(N^l)$, где $p_m(N^h)$ и $p_m(N^l)$ – популярности m- канала, когда в сети имеются N^h пользователей с высокой скоростью отдачи.

Пусть s_m– скорость отдачи сервером видео потока m- канала. Видео поток, доступный пользователям, просматривающим m- канал, формируется из потока, отдаваемого сервером, и потоков, отдаваемых всеми пользователями m- канала. Обозначим R_m скорость, необходимую для воспроизведения m- канала с высоким качеством. Для воспроизведения m-

канала с высоким качеством каждому пользователю необходимо загружать видео поток из сети со скоростью не меньше R_m.

Считаем, что m- канал находится в состоянии всеобщей передачи (событие A_m), если все пользователи, просматривающие его, получают видео данные m- канала на скорости не ниже R_m. Для сети с двумя типами пользователей событие A_m имеет вид:

$$A_m = \{s_m + X_m^h * u^h + X_m^l * u^l \geq (X_m^h + X_m^l)R_m\}, \quad (2.2)$$

где $0 \leq X_m^h \leq N^h$, $0 \leq X_m^l \leq N^l$,

а вероятность π_m всеобщей передачи для m- канала сети P2PTV определяется формулой [19]

$$\pi_m = \sum_{X_m^h=0}^{N^h} \sum_{X_m^l=0}^{N^l} I(A_m) * P(X_m^h) * P(X_m^l), \quad (2.3)$$

где $I(A_m)$ – функция-индикатор события A_m, т.е. $I(A_m)$=1, если событие A_m произошло, и $I(A_m)$=0 в противном случае.

В [19] также показано, что маргинальные распределения (2.1) в формуле (2.3) рассчитываются по следующим формулам:

$$P(X_m^h) = e^{-\gamma_m^h} * \frac{(\gamma_m^h)^{X_m^h}}{X_m^h!}; \; P(X_m^l) = e^{-\gamma_m^l} * \frac{(\gamma_m^l)^{X_m^l}}{X_m^l!}. \quad (2.4)$$

Поскольку вычисления по формулам (2.3) и (2.4) являются весьма трудоемкими, то задача состоит в нахождении эффективного приближенного метода для оценки вероятности π_m.

2.1 Аппроксимация характеристик дискретной модели сети P2PTV нормальным законом

ПустьK = N^h/N^l -отношение числа пользователей с высокой скоростью отдачи в сети к числу пользователей с низкой скоростью отдачи;$\varepsilon_m = \frac{R_m - u^l}{u^h - R_m}$–отношение разницы между скоростью воспроизведения канала и скоростью отдачи пользователя с низкой скоростью отдачи пользователя с высокой скоростью отдачи и скоростью воспроизведения

канала;$\delta_m = \frac{s_m}{u^h - R_m}$–отношение скоростью отдачи сервера к разнице между скоростью отдачи пользователя с высокой скоростью отдачи и скоростью воспроизведения канала.

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

$$\pi_m = P\{(A)\} \xrightarrow[x_m^l \to \infty]{} \Phi\left(\frac{d_m}{\sqrt{\varepsilon_m + \varepsilon_m^2}}\right), \tag{2.5}$$

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

$$d_m = (\gamma_m^h - \varepsilon_m \gamma_m^l)/\sqrt{\gamma_m^l}. \tag{2.6}$$

Доказательство. Воспользуемся центральной предельной теоремой в условиях Линденберга-Леви [7]. Нормируем случайные величины X_m^h и X_m^l, которые распределены по закону Пуассона (2.4), следующим образом:

$$Z_m^h = \frac{X_m^h - \gamma_m^h}{\sqrt{\gamma_m^h}}; \quad Z_m^l = \frac{X_m^l - \gamma_m^l}{\sqrt{\gamma_m^l}}. \tag{2.7}$$

Тогда СВZ_m^h и Z_m^lимеют стандартное нормальное распределение, т.е. Z_m^h~N(0,1) и Z_m^l~N(0,1). Из (2.2) с учетом обозначений дляε_m и δ_m событие определяется следующим образом:

$$A_m = \{s_m + X_m^h u^h + X_m^l u^l \geq (X_m^h + X_m^l) R_m\} = \{X_m^h \geq \varepsilon_m X_m^l - \delta_m\},$$

тогда с учетом (3.7) вероятность события A_m имеет вид:

$$P\{A_m\} = P\{X_m^h \geq \varepsilon_m X_m^l - \delta_m\} =$$

$$= P\{\sqrt{\gamma_m^h} Z_m^l + \gamma_m^h \geq \varepsilon_m(\sqrt{\gamma_m^l} Z_m^l + \gamma_m^l) - \delta_m\} =$$

$$= P\{\sqrt{K + \frac{d_m}{\sqrt{\gamma_m^l}}} Z_m^h + (K - d_m)\sqrt{\gamma_m^l} + d_m \geq \varepsilon_m Z_m^l - \frac{\delta_m}{\sqrt{\gamma_m^l}}\} \tag{2.8}$$

Поскольку из (2.6) имеем $\frac{d_m}{\sqrt{\gamma_m^l}} = \frac{\gamma_m^h - K\gamma_m^l}{\sqrt{\gamma_m^l} \cdot \sqrt{\gamma_m^l}} = \frac{\gamma_m^h}{\gamma_m^l} - K$

То из (2.8) следует, что

$$P\{A_m\} = P\left\{\sqrt{K + \frac{\gamma_m^h}{\gamma_m^l}} - K \cdot Z_m^h + (K - \varepsilon_m)\sqrt{\gamma_m^l} + d_m \geq \varepsilon_m Z_m^l - \frac{\delta_m}{\sqrt{\gamma_m^l}}\right\} \quad (2.9)$$

Так как из (2.6) $\lim\limits_{\gamma_m^l \to \infty} \frac{\gamma_m^h}{\gamma_m^l} = K$, то из (3.9) при $K = \varepsilon_m$ и $\gamma_m^l \to \infty$ получаем слеуее соотношение:

$$P\{A_m\} = P\left\{\sqrt{\varepsilon_m Z_m^h} + d_m \geq \varepsilon_m Z_m^l\right\} = P\left\{\varepsilon_m Z_m^l + (-\sqrt{\varepsilon_m}) Z_m^h \leq d_m\right\} \quad (2.10)$$

Поскольку СВ $Z^h{}_m \sim N(0,l)$ и $Z_m{}^l \sim N(0,l)$,то их линейная комбинация также распределена по нормальному закону. Ввиду этого получаем, что СВ $Z = \varepsilon_m Z_m^l + (-\sqrt{\varepsilon_m}) Z_m^h$ имеет нормальное распределение с параметрами $N(0,\varepsilon_m+\varepsilon_m{}^2)$и, следовательно, из (2.10) окончательно получаем следующую формулу

$$P\{A_m\} = P(Z \leq d_m) = \Phi\left(\frac{d_m}{\sqrt{\varepsilon_m + \varepsilon_m^2}}\right) \quad (2.11)$$

Заметим, что формула, аналогичная формуле (2.11), была впервые предложена в [19], а в данной статье мы строго доказали этот факт в виде теоремы 1. Как показывает численный анализ в следующем разделе, эта теорема дает приближенный метод расчета вероятности π_m всеобщей передачи для m-канала для сетей P2PTVбольшой размерности:

$$\pi_m \approx \Phi\left(\frac{\dfrac{\gamma_m^h - \varepsilon_m \gamma_m^l}{\sqrt{\gamma_m^l}}}{\sqrt{\varepsilon_m + \varepsilon_m^2}}\right). \quad (2.12)$$

Численный анализ

Ниже исследована зависимость вероятности всеобщей переачи π_m от величины К – отношения числа пользователей с высокой скоростью отачи к числу пользователей с низкой скоростью отдачи. Вероятность π_mточно рассчитана по формуле (2.3) и приближенно – по формуле (2.12).Полагаем, что в сети транслируется множество |M|=M каналов с разными популярностями $p_m, m = \overline{1,M}$, $\sum\limits_{m=1}^{M} p_m = 1$. Предположим, что в сети P2PTV имеются N = 4000 пользователей. Пользователи с низкой скоростью отдачи составляют до 50% всех пользователей в сети. Все каналы в сети имеют одинаковую скорость воспроизведения R_m= R = 300 кбит/с, сервер отдает поток видео данных со скоростью канала, т.е. $s_m=R$, $m=1,M$, а пользователи отдают поток видео данных со скоростями u^h = 700

кбит/с и u^l=100 кбит/с. При таких исходных данных получаем, что ε = 0,5.

На рисунке 2.1 построены графики зависимости вероятности π_m от величины K для двух каналов сети: А-канал с популярностью p_A=30% и Б-канал с популярностью $P_Б$ = 5%.

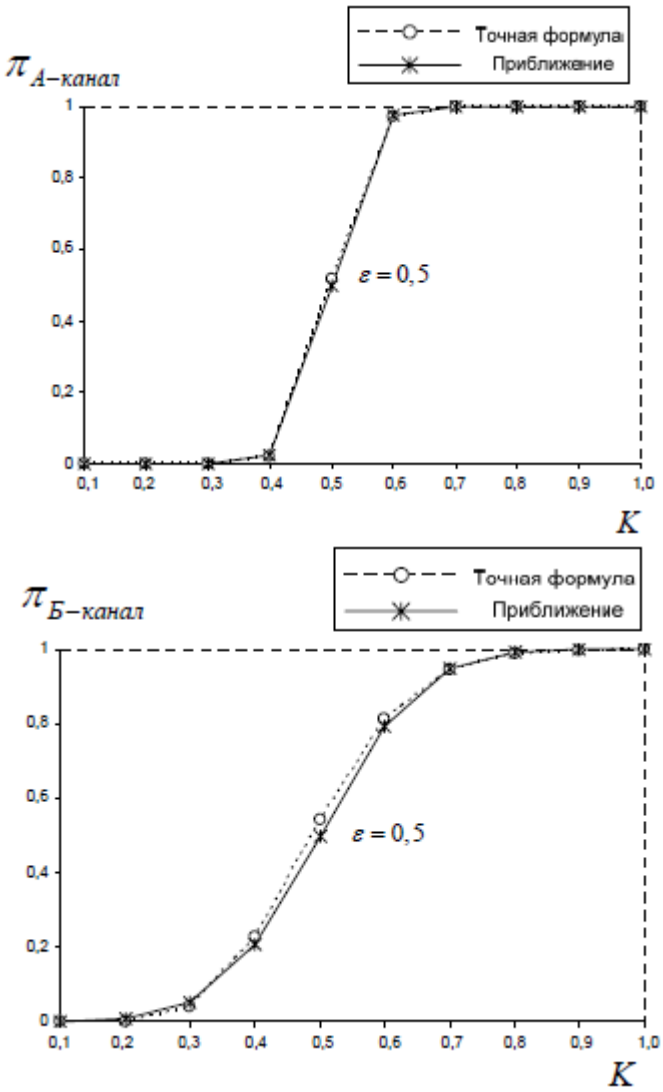


Рисунок 2.1 - Графики зависимости вероятности π_m от K

Из графиков на рисунке 2.1 видно, что для более популярного канала (А - канал) приближение (2.12) оценивает исследуемую вероятность всеобщей передачи лучше, чем для менее популярного канала (Б - канал). Относительная погрешность в последнем случае составляет около 8%, что делает приближенную формулу (2.12) пригодной для инженерных расчетов.

Выводы: Для модели одноранговый сети (peer-to-peer, P2P-сети) с потоковым трафиком исследована вероятность всеобщей передачи

вероятность того, что все пользователи загружают видео поток на скорости, не ниже требуемой для воспроизведения видео с заданным качеством. Получена приближенная формула расчета вероятности всеобщей передачи с помощью нормального (гауссова) распределения.

2.2 Анализ вероятностей блокировок коммутатора оптической сети при предоставлении услуг различного качества

Рассмотрим механизмы обеспечения качества предоставления услуг связи оптическим коммутаторов оптической сети. При исследовании характеристик функционирования таких коммутаторов применяются как классические, так и новые модели теории массового обслуживания и теории телетрафика [20]. Исследованию характеристик функционирования коммутатора оптической сети посвящено значительное число работ (см. например, [21, 22] и литературу, цитируемую в них). В статье далее проводится анализ вероятностей блокировок применяемых в оптических сети коммутаторов при рассмотрении двух алгоритмов представления различных уровней качества услуг в оптической сети с коммутацией пакетов без буферизации.

2.2.1 Алгоритм выделения пулов длин волн.

Первый алгоритм основан на применении выделенных пулов длин волн для передачи трафика данных различных классов качества. В нашем случае мы рассматриваем модель блокировок реального времени.

Выделим два класса услуг:

– Класс 1: передача данных в реальном времени – высокий приоритет;

– Класс 2: не требующий передачи данных в реальном времени – низкий приоритет.

Примем следующие допущения:

1) В коммутатор поступает два пуассоновских потока заявок с параметрами ε_1 и ε_2;

2) Время обслуживания заявок распределено экспоненциально с параметром μ;

3) Буферы отсутствуют. Заявка, которая не может быть обслужена, блокируется и теряется.

4) Модель не учитывает повторных вызовов;

5) Рассматривается равномерное распределение нагрузки;

6) Длины волн назначаются случайно из доступных длин волн.

Будем предполагать выделение пулов длин волн для классов услуг: N_1 - пул длин волн для класса 1, N_2 = n – пул длин волн для класса 2, V = N_1 + N_2 , J = {0,1,…,V} – пространство состояний рассматриваемой СМО.

Динамику функционирования этой СМО описывает одномерный ПРГ. Соответствующая диаграмма интенсивностей переходов между состояниями представлена на рисунке 3.2.

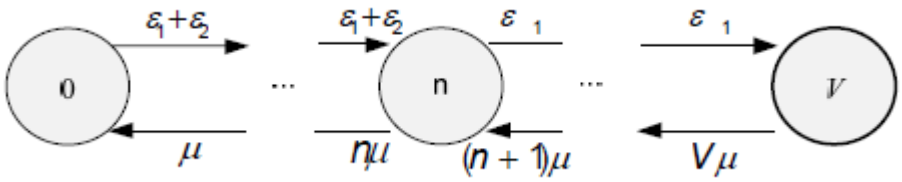


Рисунок 2.2 - Диаграмма интенсивностей переходов

Система уравнений равновесия имеет следующий вид:

$$i\mu p(i) = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)\, p(i-1), 1 \le i \le n$$
$$(i+1)\mu p(i+1) = \varepsilon_1 p(i), n+1 \le i \le V \qquad (2.13)$$

$$\sum_{i=0}^{V} p(i) = 1 \qquad (2.14)$$

2.2.2 Алгоритм обслуживания заявок с выбиванием.

Второй алгоритм основан на возможности принудительного занятия канала передачи данных трафиком с более высоким приоритетом.

Примем описанные допущения для предыдущего алгоритма со следующими поправками. В этой модели пакет данных, поступивший с входной длины волны в коммутатор в момент занятости всех длин волн, будет пребывать обслуживание пакета данных с более низким приоритетом. В модели предполагается, что пакет, обслуживание которого было прервано, теряется и не создает дополнительной нагрузки. Для данной модели все длины волн доступны для обслуживания заявок двух классов услуг.

На рисунке 2.3 представлены возможные варианты обслуживания пакетов данных с различными приоритетами.

Пространство состояний рассматриваемой СМО имеет следующий вид

$$J^{(4)} = \{ (i,j): i = \overline{0,V};\ J = \overline{0,V};\ 0 \le i + j \le V \} \qquad (2.15)$$

Динамика функционирования СМО описывается двумерным Марковским процессом $X(t) = \left\{ \left(x_{ij}(t) \right) : i, j \in J^{(4)} \right\}, t \ge 0$ со структурным параметром (V) и тремя нагрузочными (ε_1, ε_2, μ) параметрами.

Соответствующая диаграмма интенсивностей переходов представлена на рисунке 2.3.

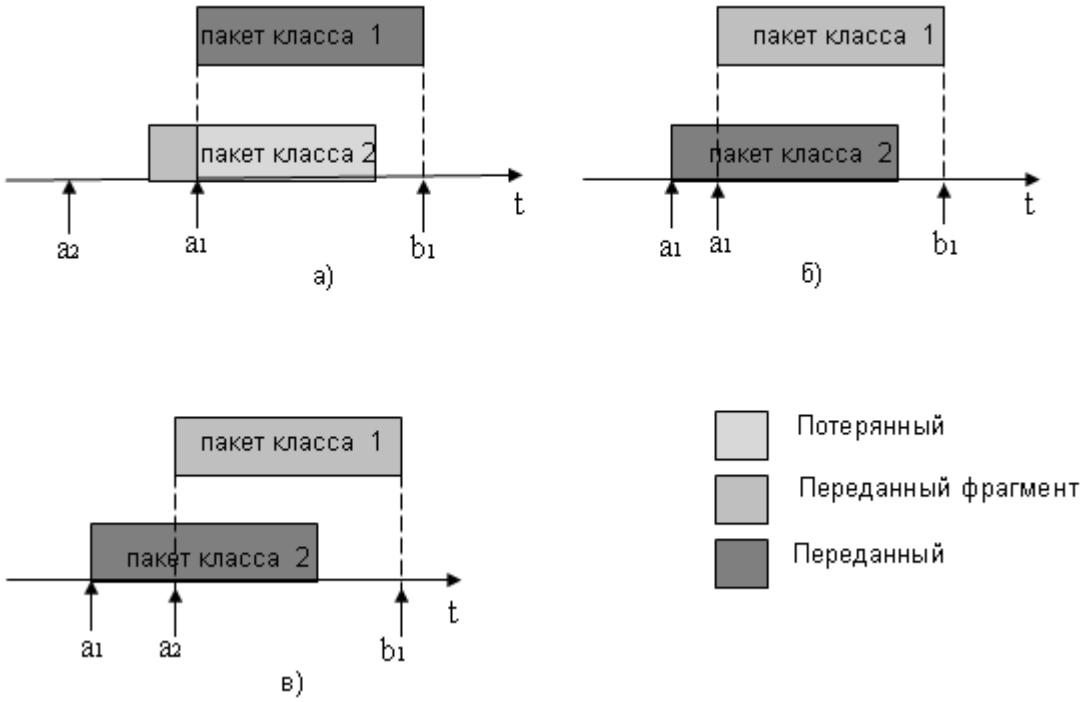


Рисунок 2.3 -Пакет класса 1 прерывает обслуживание пакета данных класса 2

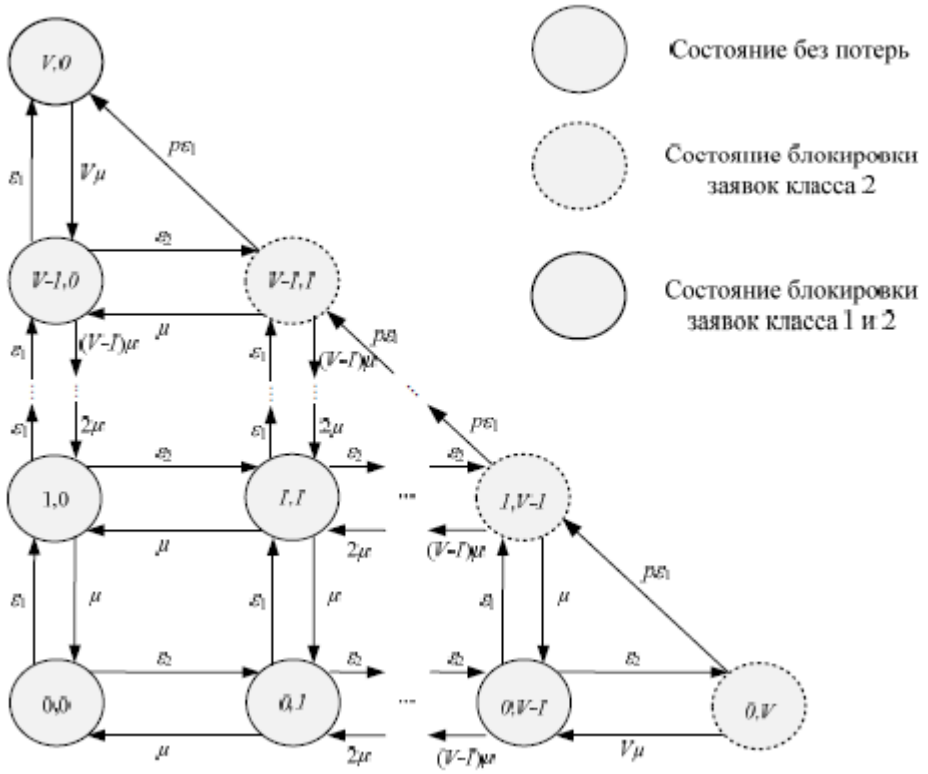


Рисунок 2.4 - Диаграмма интенсивностей переходов модели

СУГБ и нормировочное условие можно записать следующим образом:

$$p(i,j)\left((i+j)\mu+\varepsilon_1+\varepsilon_2\right)=p(i-1,j)\varepsilon_1 u(V-i)+p(i+1,j)(i+1)\mu+p(i,j-1)\varepsilon_2 u(V-j)+p(i,j+1)(j+1)\mu,$$
$$0\le i+j<V$$

$$p(i,j)\left(p\varepsilon_1 u(i)\mu+V\mu\right)=p(i-1,j)\varepsilon_1 u(j)+p(i,j-1)\varepsilon_2 u(i),$$
$$i+j=V \tag{2.16}$$

$$\sum_{i=0}^{V}\sum_{j=0}^{V-i}p(i,j)=1, \tag{2.17}$$

$$u(k)=\begin{cases}1, k<V\\ 0, k=V\end{cases} \tag{2.18}$$

Вероятности блокировок для двух классов могут быть вычислены по следующим формулам:

$$\pi_1=\frac{\varepsilon_1 p(V,0)+\sum_{i=0}^{V-1}(1-p)\varepsilon_1 p(i,V-i)}{\varepsilon_1\sum_{i=0}^{V}\sum_{i=0}^{V-1}p(i,j)}=p(V,0)+\sum_{i=0}^{V-1}(1-p)p(i,V-i) \tag{2.19}$$

$$\pi_2=\frac{\varepsilon_2 p(V,0)+\sum_{i=0}^{V-1}(\varepsilon_2-p\varepsilon_1)p(i,V-i)}{\varepsilon_2\sum_{i=0}^{V}\sum_{i=0}^{V-1}p(i,j)}=p(V,0)+\sum_{i=0}^{V-1}(1+p\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2})p(i,V-i). \tag{2.20}$$

Из уравнений видно, что в случае, когда прерывание обслуживания не доступно (т.е. при p=0) вероятности блокировок для двух классов трафика равны. Если необходимо обеспечить n классов приоритезации трафика, то указанная выше диаграмма должна быть обобщена до n-мерной цепи Маркова.

В соответствии с данной n-мерной цепью Маркова могут быть вычислены вероятности блокировок, хотя рост количества состояний может привести к существенным трудностям в процессе вычислений.

2.3 Выбор оптического коммутатора и расчет параметров коммутатора

Оптический коммутатор принципиально отличается от механической коммутации потоков. При оптической коммутации время срабатывания определяется переходными процессами в электрической цепи управление оптического коммутатора и обычно на несколько порядков меньше.

Большинство основных конструкции оптических коммутаторов должно иметь, по крайне мере, два выхода.

Основными параметрами коммутатора являются: перекрестные помехи, вносимые помехи, скорость переключения, управляющие напряжения. В настоящий время используется разнообразные типы оптических коммутаторов - направленный ответвите ли мостовой балансовый интерферомент и коммутатор на скрещивающихся волноводах.

В основе работы оптического коммутатора используется линейные электрооптический эффект Поккельа (Pockels), который заключается в изменении показателя преломления материала пропорционально напряженности приложенного поля. Эффект Поккельса может наблюдаться только в кристаллах, не обладающих центром симметрии.

Устройства мультиплексирования/демультиплексирования WDM, волновые фильтры и оптические коммутаторы имеют одну общую деталь-

в основе их работы лежат в той или иной степени интерференционный эффекты. Основные принципы работы легче рассмотрим на простейшем четырёхполюснике: разветвителе - коммутаторе

Разветвитель – коммутатор 2x2 (элемент 2x2)

Общая схема сплавного разветвителя X-типа показана на рисунке 2.5,а. Излучение, введенное в один волновод, проникает в другой за счёт перекрытия реактивных полей двух волноводов. Погонный коэффициент связи **k** зависит от параметров волновода, длины волны **λ** и ширины зазора **g** между волноводами. Разветвитель характеризуется разностью постоянных распространения двух волноводов.

$$\Delta\beta = 2\pi\left(N_1 - N_2\right)/\lambda \qquad (2.21)$$

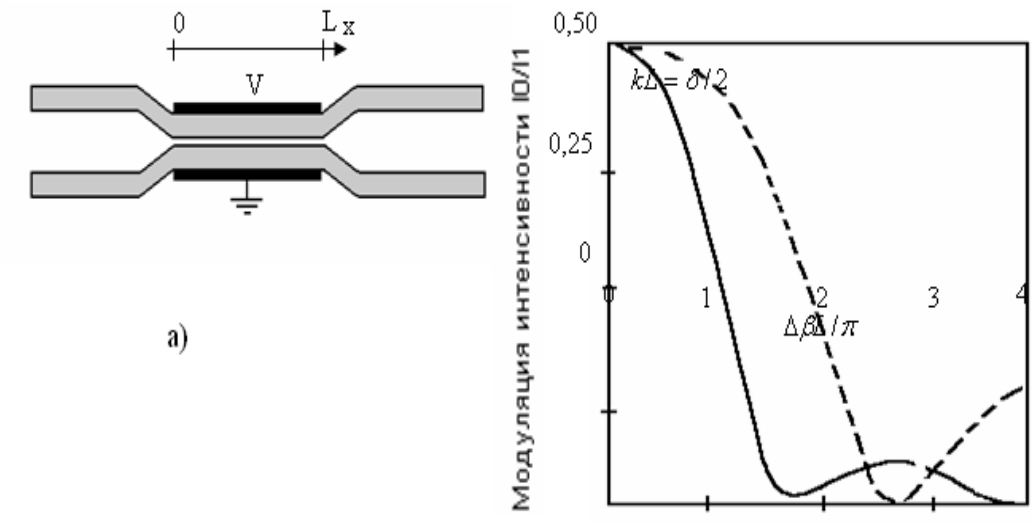
(где N-эффективность показателя преломления) и длиной L.

Прикладывая электрические напряжения к электродам, расположенным по бокам или сверху и снизу волноводов, образующих так называемую ячейку Поккельса, можно регулировать фазовую расстройку за счет линейного электрооптического эффекта.

Программа:

Program z1 ; Var $\Delta\beta$,π,N_1,N_2,λ:Real;

begin;π:=3.14;N_1:=;N_2:=;λ:=; $\Delta\beta$:=((2*π*(N_1-N_2))/ λ); Writeln($\Delta\beta$); end.



а) направленный ответвитель- переключатель
б) модуляционная характеристика направленного ответвителя, действующая как переключатель.

Рисунок 2.5 - Общая схема и характеристика направленного ответвителя

Далее необходимо решить систему двух комплексных дифференциальных уравнений, описывающие взаимосвязанные моды.

$$iR' = -\delta R + kS \qquad (2.22)$$

$$iS' = \delta S + kR \qquad (2.23)$$

где $\delta = \Delta\beta/2$, R и S- комплексные амплитуды волн в двух волноводах, штрих- означает производную по x.

В частном случае, когда только в один волновод вводится единичная мощность т.е.$R(0)=1$, $S(0)=0$, то можно , решая эти уравнения определить мощность, переданную в другой волновод, т.е. величину $/S(L)^2/$, которая также носит название эффективности передачи:

$$\eta = \frac{1}{1+(\delta/k)^2} \cdot \sin^2 kL[1+(\delta/k)^2]^{1/2} \qquad (2.24)$$

Программа для расчёта эффективности передачи:

```
Program z2; Var δ,k,L,η:Real; begin;δ:= ;k:= ;L:= ;
η:=(1/(1+sqr(b/k)))*(sqr(sin(k*L*(1+sqr(b/k)))));   Writeln(η);end.
```

В случае полностью симметричной конструкции на основе двух одинаковых разветвителей (рисунок 2.5, а) в отсутствии напряжения **(δ=0)** мы имеем

$$\eta = \sin^2 kL, \qquad (2.25)$$

Полная передача мощности происходит при $kL = (2n+1)\pi/2k$, где n-целое число, и минимальная длина при этом определится выражением :

$L = \pi/2k$.

В силу полной линейности и однородности системы уравнения (2.24) и (2.23), любая линейная комбинация двух решений, также так же будет решением.

При условии ($\delta=0$ и $L=\pi/2k$), полная (кроссовая) передача мощности будет иметь место для обоих сигналов, входящих в каждый волновод – сигналы должны быть одной и той же длины волны, а именно той, для которой рассчитывался коэффициент передачи k, и соответственно , длина участка взаимодействия L.

Заметим, что при $\delta\neq0$ полная передача мощности невозможно ни при каких значениях kL.

Параллельность прохождения ($\eta=0$) можно обеспечить за счёт подачи электрического потенциала, ввода фазовую расстройку $\Delta\beta$. Легко определить величину необходимой расстройки $\Delta\beta = \sqrt{\frac{3\pi}{L}}$.

В отсутствии напряжения эффективность связи между волноводами коммутатора составляет 100% (оптический сигналы полностью кроссируются – входят в один волновод, выходят из другого), а при подаче необходимого напряжения эффективность связи уменьшается до 0.

Поскольку уравнения (2.23) и (2.24) линейны по обоим аргументам и однородны, то суперпозиция любых двух, являются по отдельности решений, также будет решением.

Таким образом, разветвитель- коммутатор 2х2 осуществляет коммутацию без блокировки.

Ещё одна реализация разветвителя – коммутатора 2х2, состоящая из двух последовательных Х- разветвителей представлена ниже. Оптические сигналы после прохождения по разным плечам интерферируют во втором разветвителе.

Путём изменения напряжения на электродах, охватывающих одно из плеч, можно регулировать разность фаз между приходящими во второй разветвитель сигналами, и тем самым влиять на характер интерференции.

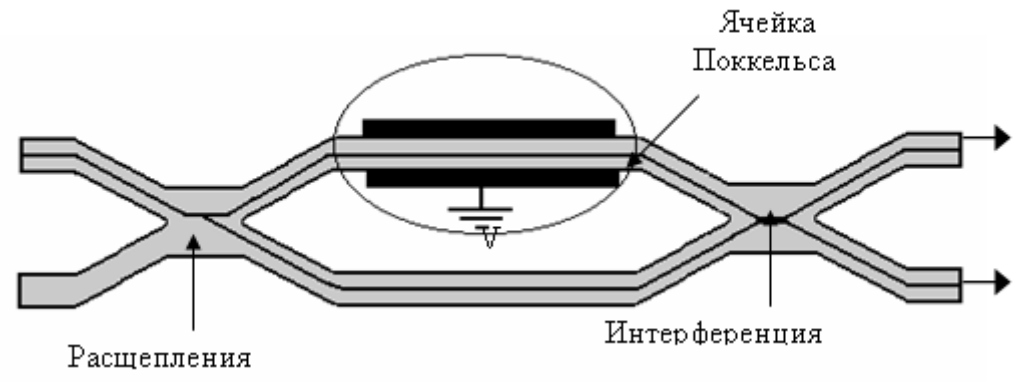


Рисунок 2.6 -Разветвитель – коммутатор 2х2, состоящий из двух последовательных Х- разветвителей

Результаты расчета:

$$N1 := 1.46$$

$$N2 := 1.457$$

$$\lambda := 0.85$$

$$\Delta\beta := \frac{2 \cdot \pi \cdot (N1 - N2)}{\lambda} \qquad L := 0.001, 000.2 .1$$

$$\delta := \frac{\Delta\beta}{2} \qquad k(L) := \frac{\pi}{2L} \qquad n := 1$$

$$kL := (2n + 1)\frac{\pi}{2}$$

$$\eta(L) := \frac{1}{1 + \left(\frac{\delta}{k(L)}\right)^2} \cdot \sin\left[kL \cdot \sqrt{\left[1 + \left(\frac{\delta}{k(L)}\right)^2\right]}\right]^2$$

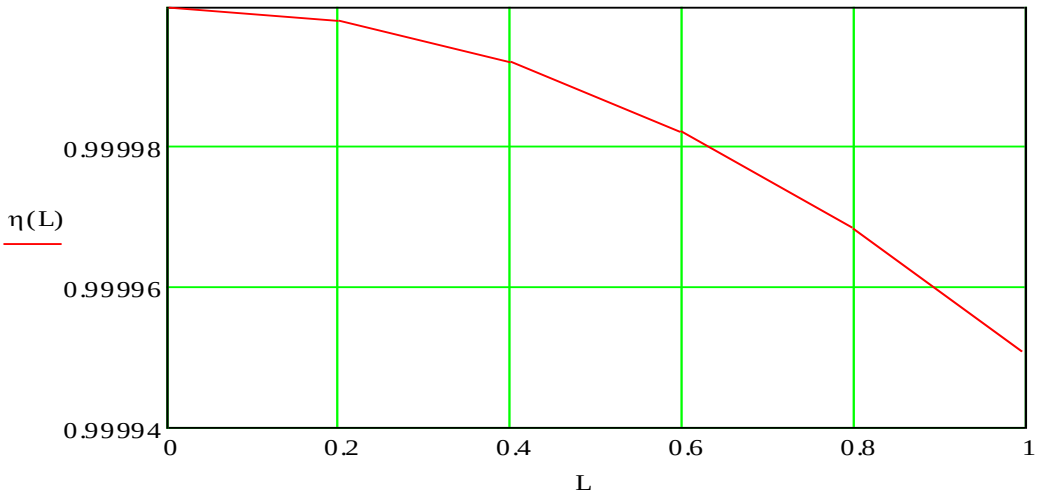


Рисунок 2.7 - Зависимость эффективности передачи: от длины разветвителей

Результаты расчета:

$N1 := 1.46$

$N2 := 1.457$

$\lambda := 0.85$

$k := 0.01, 0.02 .. 1$

$$\Delta\beta := \frac{2 \cdot \pi \cdot (N1 - N2)}{\lambda}$$

$$\delta := \frac{\Delta\beta}{2}$$

$n := 1$

$$kL := (2n + 1)\frac{\pi}{2}$$

$$\eta(k) := \frac{1}{1 + \left(\frac{\delta}{k}\right)^2} \cdot \sin\left[kL \cdot \sqrt{\left[1 + \left(\frac{\delta}{k}\right)^2\right]}\right]^2$$

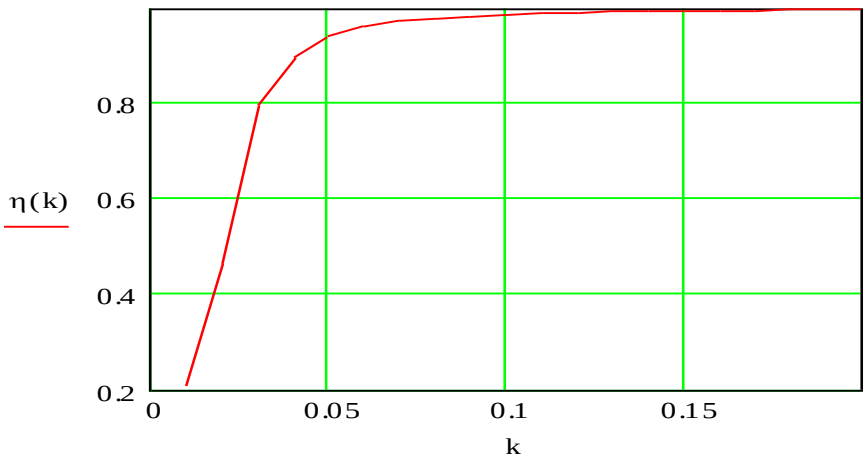


Рисунок 2.8 - Зависимость эффективности передачи от погонного коэффициент связи **k**

$N1 := 1.46$

$N2 := 1.457$

$\lambda := 0.85$

$\delta := 0.01, 0.02 .. 1$

$$\Delta\beta := \frac{2 \cdot \pi \cdot (N1 - N2)}{\lambda}$$

$k := 0.4$

$n := 1$

$$kL := (2n + 1)\frac{\pi}{2}$$

$$\eta(\delta) := \frac{1}{1 + \left(\frac{\delta}{k}\right)^2} \cdot \sin\left[kL \cdot \sqrt{\left[1 + \left(\frac{\delta}{k}\right)^2\right]}\right]^2$$

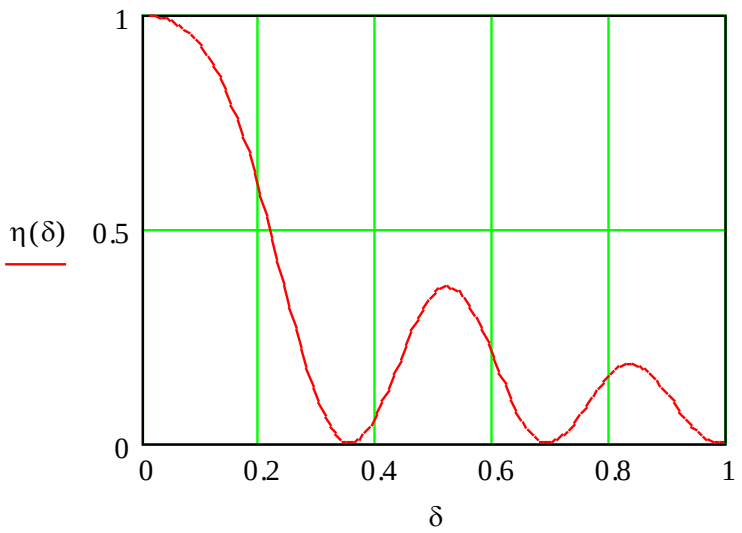


Рисунок 2.9 - Зависимость эффективности передачи от разности постоянных распространения двух волноводов

3 Безопасность жизнедеятельности

3.1 Анализ условий труда

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

Цифровая система GPON будет установлена в здании площадью 25 $м^2$. Помещения удовлетворяют требованиям организации производственного процесса. Их достоинством является уже готовая подводка кабеля и электропитания к оборудованию, освещение и вентиляция.

Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура воздуха в помещении; относительная влажность воздуха; скорость его движения. Эти параметры по отдельности и в комплексе влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Для поддержания необходимых микроклиматических условий в соответствии с требованиями «Санитарных норм, микроклимата производственных помещений» ГОСТ 12.1.005–88 и нормального функционирования оборудования цифровой станции в автозале установлены две климатехнические установки. Нормативные показатели микроклимата приведены в таблице 3.1. Работа в автозале и операторской относятся к работе средней тяжести, т.к управление технологическим оборудованием осуществляется дистанционно с различных устройств ввода–вывода: компьютеров, принтеров, модемов, магнитофонов.

Таблица 3.1 – Нормы микроклимата производственных помещений для работ средней тяжести

Период года	Температура, °С		Оптимальная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Опт.	Доп.	Опт.	Доп.	Опт.	Доп.
Холодный период года	18–20	17–23	40–60	<75	<0.2	Не более 0.1
Тёплый период года	21–23	18–27	40–60	65 при 26 °С	0.3	0.2–0.4

Расчет воздухообмена в операторских помещениях произведен в п 3.2.

Оборудование базовых станций расположено в металлических контейнерах. Корпус выполнен из стальных секций и имеет размеры: высота 2000 мм; ширина 3000 мм; длина 4000 мм. Питание осуществляется постоянным током напряжением 48 В. Для обеспечения безопасности людей от поражения электрическим током оборудование базовых станций заземлено.

По степени поражения людей электрическим током помещение станции относится к помещениям с повышенной опасностью, так как имеется возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землёй металлоконструкций здания, с одной стороны, и металлическим корпусам электрооборудования, с другой [23,24].

Соответствующий расчет заземления базовых станций приведен в п.3.4.

Обслуживание BSC не требует длительного пребывания обслуживающего персонала и осуществляется по плану профилактических работ, поэтому необходимо предусмотреть систему автоматического пожаротушения, основанное на использовании установки газового пожаротушения, что позволит снизить материальные потери.

Опасность возгорания истекает от попадания постороннего напряжения на платы, или же прохождение токов высоких номиналов по проводникам, что вызовет возгорание изоляции. Учитывая тот момент, что оборудование весьма дорогостоящее и критичное к прямому попаданию воды и соли, то автоматическая система пожаротушения должна использовать соответствующие огнетушащие вещества и иметь высокий уровень надежности.

3.2 Разработка кондиционирования

Расчет воздухообмена в операторских помещениях. Для поддержания нормальных микроклиматических условий в помещении управления контроллером предлагается установка бытовых оконных кондиционеров Зима–лето. Для выбора кондиционера нужно для каждого помещения рассчитать суммарные избытки тепла, в которые входят также выделяемое тепло от солнечной радиации, производственного освещения, работающих людей, оргтехники и т.д. Подбирают такие модели кондиционеров, которые в сумме по холоду производительности дают такое же или несколько большее значение.

Избыточное тепло можно найти из выражения:

$$Q_{изб}=Q_{об}+Q_{л}+Q_{р}+Q_{осв}, \quad (3.1)$$

где $Q_{об}$ – тепло, выделяемое оборудованием, кКал/ч.;

$Q_л$ – тепло, выделяемое людьми, кКал/ч.;

$Q_р$ – тепло, вносимое солнечной радиацией, кКал/ч.;

$Q_{осв}$ – тепло, выделяемое искусственным освещением, кКал/ч.

Для помещения BSC:

– площадь $S_П$=25 м^2;

– высота потолков – 3 м;

– остекление, обеспечивающее средний уровень мощности солнечной радиации – 35 Вт;

– количество работающих людей – 1 чел;

– оборудование – 2 ед;

– мощность, потребляемая освещением – 1340 Вт.

Значение тепла, выделяемого оборудованием $Q_{об}$ можно определить из выражения:

$$Q_{об}= n \cdot P_{об} \cdot \eta, \quad (3.2)$$

где n – количество единиц оборудования – 2 ед;

$P_{об}$ – мощность, потребляемая терминалами – 300Вт;

η – коэффициент перехода тепла в помещение – 20%.

$Q_{об}= 2 \cdot 300 \cdot 0.2$=120 ккал/ч;

Значение тепла, выделяемого обслуживающим персоналом $Q_л$ можно определить из соотношения:

$$Q_л= n \cdot Q_ч, \quad (3.3)$$

где n – количество работающих людей –1 чел;

$Q_ч$ – тепло выделяемое одним человеком, определяется по графику тепловыделений человека при 25^{0}С для работников II категории и равно 100 ккал/ч.

$Q_л=1 \cdot 100$=100 ккал/ч

Значение тепла, вносимого солнечной радиацией $Q_р$ можно определить из соотношения:

$$Q_р= m \cdot F \cdot q, \quad (3.4)$$

где m – количество окон в помещении, m=2;

F – площадь одного окна, F = 5.75 м;

q – средний уровень мощности солнечной радиации – 35Вт.

$Q_р= 2 \cdot 5.75 \cdot 35$=402.5 ккал/ч.

Значение тепла, вносимого искусственным освещением $Q_{осв}$ можно определить из соотношения:

$$Q_{осв}= \cos\varphi \cdot \eta \cdot P_{осв}, \quad (3.5)$$

где $\cos\varphi$ – коэффициент =0,7;

η – коэффициент перехода тепла в помещение – 10%;

$P_{осв}$ – мощность освещения – 1340 кВт/ч.

$Q_{осв}=0.7\cdot0.1\cdot1340$=93,8 ккал/ч.

Рассчитаем общее избыточное тепло:

$Q_{изб}$=120+100+402,5+93,8=716,3 ккал/ч.

В помещении, для поддержания благоприятного микроклимата, предлагается установка кондиционеров типа зима–лето. При габаритных размерах помещения: (длина – 5м, ширина – 5м, высота – 3м) для достижения достаточно благоприятных микроклиматических условий достаточна установка 1 оконного кондиционера указанного типа фирмы HITACHI. Технические характеристики HITACHI RAS–5142CH приведены в таблице 3.2.

Т а б л и ц а 3.2 – Технические характеристики HITACHI RAS–5142CH

Электропитание	220–240 В; 50 Гц
Хладопроизводительность, кВт	3,60
Теплопроизводительность, кВт	4,65
Потребляемая мощность при охлаждении, кВт	1,29
Потребляемая мощность при обогреве, кВт	1,46
Максимальный потребляемый ток, А	7,0
Макс. Длина соед. труб / перепад высот, м	15/5
Расход воздуха (Н/С/В) внутреннего блока, $м^3$/час	372/450/540
Расход воздуха наружного блока, $м^3$/час	1380
Кол–во выделяемой из воздуха влаги, л/час	2,5
Уровень шума (Н/С/В) внутреннего блока, дБ	35/39/44
Уровень шума наружного блока, дБ	51
Масса внутреннего блока без упаковки, кг	8
Масса наружного блока без упаковки, кг	38

3.3 Расчет автоматического пожаротушения

Автоматическое пожаротушение подразумевает под собой наличие средств предупреждения пожара, устройств обнаружения пожара, сигнализации и средств пожаротушения. Совокупность перечисленных средств, установленных конечно же специалистами–пожарниками, позволяет считать данный комплекс не иначе как системой автоматического пожаротушение. При этом роль человека сводится к проведению перманентных диагностических работ и замене средств пожаротушения по

истечению сроков годности.

Применение системы автоматического пожаротушения (САП) основано на использовании установки газового пожаротушения, что позволит снизить материальные потери. САП газового пожаротушения использует следующие вещества:

- двуокись углерода;
- хладон 114В(2) / тетрофтордибромэтан;
- хладон 13В(1) / бромтрифторметан;
- комбинированный углекислотно–хладоновый состав;
- азот;
- аргон.

САП должна отвечать следующим требованиям:

- дистанционное и местное включение;
- выполнять функции пожарной сигнализации;
- соответствовать требованиям помещения, где установлена САП.

Тип САП и огнетушащие вещества выбираются с учётом пожарной опасности и физико-химических свойств, а также в зависимости от принадлежности помещения по СниП.

В данном случае необходимо выбрать соответствующую САП, пригодную для применения в условиях наличия установок, находящихся под напряжением и в закрытом помещении.

Наиболее часто используемые газовые САП в нашем случае, это:

- установки объёмного пожаротушения;
- установки локального пожаротушения по площади;
- установки локального пожаротушения по объёму.

При САП локального пожаротушения по объёму используют двуокись углерода и хладон 114В(2), а при САП локального пожаротушения по площади используют двуокись углерода.

Способ запуска САП может быть электрическим или пневмоэлектрическим. Выбираем систему с электрическим пуском.

В составе САП необходимо предусмотреть полный резерв по оборудованию и запасу огнетушащих веществ.

Расчетная масса комбинированного состава для объемного пожаротушения определяется формулой:

$$M = h \cdot q \cdot v, \tag{3.6}$$

где h – коэффициент компенсации не учитываемых потерь состава;

q – нормативная массовая концентрация состава – 0.27 кг/м^3 при времени заполнения помещения – 30с, и 0.4 кг/м^3 при времени заполнения помещения – 60с;

v – объём защищаемого помещения (м^3).

Размеры помещения – 5х5х3 м или 75 м^3, тогда:

$M = 1.13 \cdot 0.27 \cdot 75 = 23$ кг

Количество баллонов – 1 (30 кг).

Внутренний диаметр трубопровода определяется формулой:

$$D1 = d1 \cdot n, \tag{3.7}$$

где d1 – диаметр сифона баллона, мм;

n – количество баллонов .

$D1 = 12 \cdot 1 = 12$ мм

Длину трубопровода определим формулой (4.8):

$$L = K \cdot O, \tag{3.8}$$

где k – коэффициент увеличения длины трубопровода для компенсации не учитываемых потерь;

о– длина трубопровода – 8м.

$L = 1.1 \cdot 8 = 8.8$ м

Площадь сечения выходного отверстия оросителя определим по формуле (4.9):

$$A = \frac{S}{E}, \tag{3.9}$$

где S – площадь сечения трубопровода, мм;

E – число оросителей.

$A = \frac{113}{2} = 57$ м^3

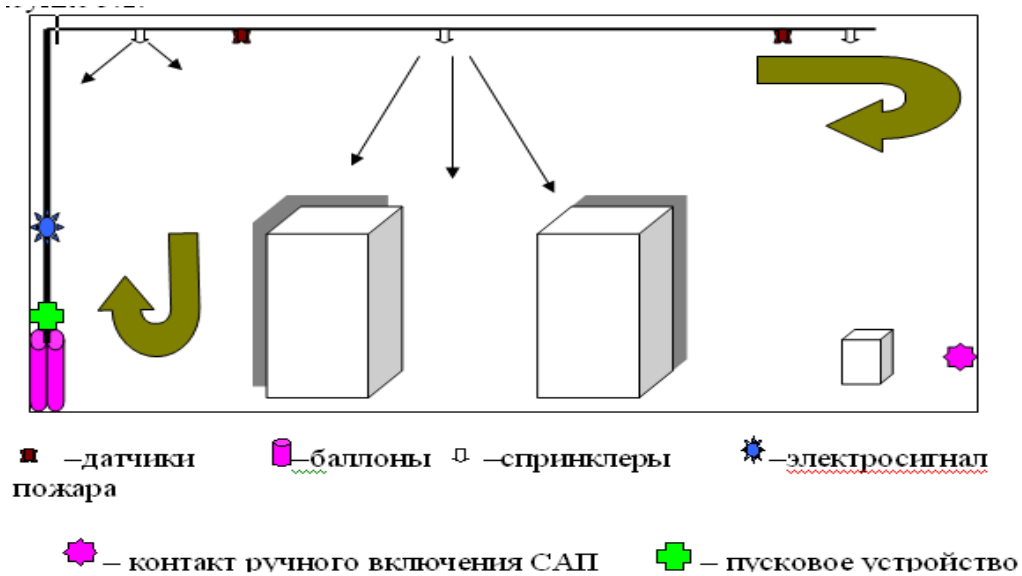


Рисунок 3.1 – Схема системы автоматического пожаротушения

Определим удельный расход q состава:

$q = \frac{Q}{9.62} = \frac{7.2}{9.62} = 0.75$ кг\ см^2

Определим расход Q состава:

$Q = S \cdot q = 11.3 \cdot 0.75 = 8.5$ кг\с

Расчетное время подачи состава t определим формулой:

$t = \frac{M}{60Q} = \frac{23}{60 \cdot 8.5} = 0.05$ мин

Массу основного запаса определим по формуле(4.10):

$$m = 1.1 \cdot M(1 + ks/kd), \qquad (4.10)$$

где ks/kd – коэффициент остатка состава в баллонах и трубопроводах.

$m = 1.1 \cdot 23(1 + \frac{0.2}{1.13}) = 29.854$ кг

3.4 Расчет защитного заземления

Тип заземления – контурный, при котором заземлители располагаются по контуру внутри помещения. Помещение имеет следующие размеры: *A*=4 м, *B*=3 м. План помещения представлен на рисунке 3.2.

1 – помещение, 2 – стена, 3 – дверь.

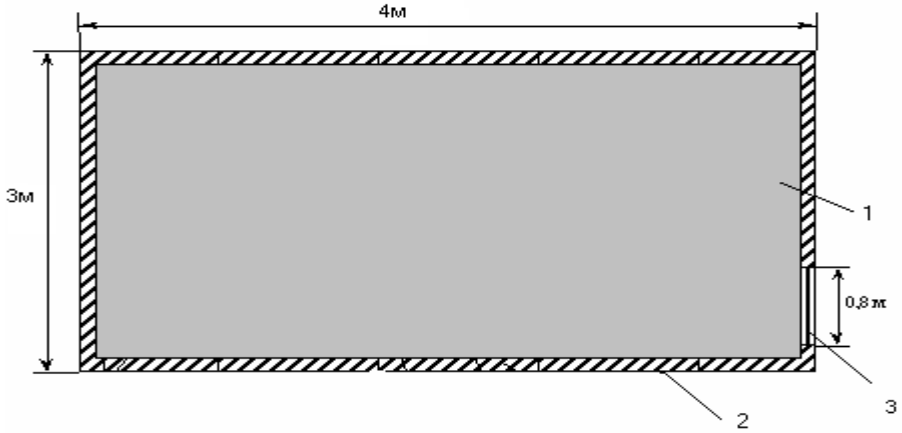


Рисунок 3.2 - План помещения

Контур состоит из вертикальных электродов – стальных труб длиной

$l_в$ = 3 м, диаметром d = 50 мм, соединенных горизонтальной полосой длиной равной периметру контура.

$$I_2 = P_k = (A + B) \cdot 2. \qquad (3.11)$$

Подставляя значения в формулу (3.11) находим:

$I_2 = P_k = (4 + 3) \cdot 2 = 14$ *м.*

В качестве горизонтального электрода применим стальную полосу сечением *40×4 мм.* Глубина заложения электродов в землю t_0 *= 0.5 м.* Удельное сопротивление грунта *P = 80 Ом·м*. В качестве неестественного заземлителя применяются железобетонная арматура сопротивлением R_C *= 20*

Ом.

Ток замыкания на землю $I_З = 70\ А$.

Расчет производим по методу коэффициента использования.

Требуемое сопротивление растеканию заземлителя ПУЭ:

$$R_з = \frac{125}{I_з}, \tag{3.12}$$

$$R_з = \frac{125}{70} = 1.78\ Ом$$

Требуемое сопротивление неестественного заземлителя:

$$R_{ТР} = \frac{(R_E \cdot R_З)}{(R_E - R_З)}, \tag{3.13}$$

$$R_{ТР} = \frac{20 \cdot 1.78}{20 - 1.78} = 1.95\,Ом$$

Число вертикальных электродов:

$$n_в = \frac{P_k}{a}, \tag{3.14}$$

где a – расстояние между вертикальными заземлителями, применяется по условию $a/\,l_в = 1;2;3$, в данном случае принимаем а=1 м.

Подставляя значения в формулу (3.14), получим:

$$n_в = \frac{14}{1} = 14\ шт$$

Определим расчетное удельное сопротивление грунта для вертикальных и горизонтальных электродов:

$$P_{расч} = k_c \cdot P \tag{3.15}$$

где k_C – коэффициент сезонности, учитывающий промерзание и высыхание грунта и зависящий от климатической зоны для Казахстана – $k_C=1.4;\ k_C' = 2.5$.

Подставляя значения в формулу (3.15) получим:

$$P_{расч.в} = 1.4 \cdot 80 = 112\ Ом{\cdot}м,$$

$$P_{расч.г} = 2.5 \cdot 80 = 200\ Ом{\cdot}м$$

Расчетное сопротивление растеканию электродов вертикального $R_в$:

$$R_в = \frac{P_{расч.в}}{2\pi \cdot l_в}\left(\ln\frac{2l_в}{d} + \frac{1}{2}\ln\frac{4t+l}{4t-l}\right), \tag{3.16}$$

$$R_в = \frac{112}{2 \cdot 3.14 \cdot 3}\left(\ln\frac{2 \cdot 3}{0.5} + \frac{1}{2}\ln\frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3}\right) = 17.1 \text{ Ом.}$$

Горизонтального электрода $R_г$:

$$R_г = \frac{P_{расч.г}}{2 \cdot \pi \cdot L_г} \cdot \ln \frac{L_г^2}{dt}, \qquad (3.17)$$

$$R_г = \frac{200}{2 \cdot 3.14 \cdot 150} \cdot \ln \frac{150^2}{0.5 \cdot 0.04 \cdot 0.5} = 3.1 \ Ом.$$

Определим по таблице коэффициенты использования вертикального и горизонтального электродов:

$\eta_в = 0.4;\ \eta_г = 0.21,$

Найдем сопротивление растеканию принятого группового заземлителя:

$$R_{гр} = \frac{(R_в \cdot R_г)}{(R_в \cdot \eta_г + R_г \cdot n_в \cdot \eta_в)}, \qquad (3.18)$$

$$R_{гр} = \frac{(17.1 \cdot 3.1)}{(17.1 \cdot 0.21 + 3.1 \cdot 12 \cdot 0.4)} = 2.86 \ Ом$$

Расхождение между требуемым и расчетным сопротивлением заземлителя равно:

$\Delta R = | R_{тр} - R_{гр} | = | 1.95 - 2.86 | = 0.91 \ Ом.$

На рисунке 3.2 изображена схема расположения заземлителей. Расстояние между заземлителями a = 1 м, количество заземлителей $n_в$ = 14 шт.

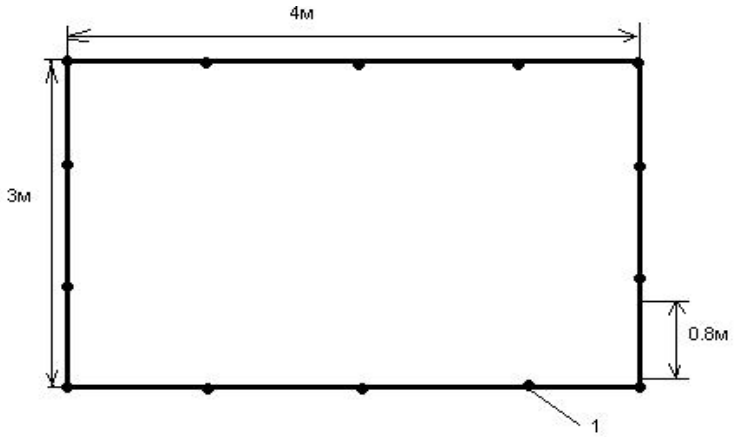


Рисунок 3.2 – Схема расположения заземляющего контура

Вывод по разделу «Безопасности жизнедеятельности»:

В данном разделе дипломного проекта мною были рассчитаны «воздухообмен в операторских помещениях», расчет автоматического пожаротушения и защитного заземления. По полученному результату можно сказать помещения удовлетворяют требованиям организации производственного процесса.

4 Бизнес план

4.1 Резюме

Жамбылская область образовалась в 1939 году, территория - 144,2 тыс. кв. км, население - 1 040 700 чел. м., экономически активное - 187 326 чел., средняя заработная плата по области – 39 155 тнг.

Область состоит из 4 городов (Тараз, 3 города районного значения – Жанатас (23 375 жит.), Каратау (28 501 жит.), Шу (33 014 жит.), 10 сельских районов, 153 аульных (сельских) округов.

Количество зарегистрированных юридических лиц по области составило 11604, из них действующих 8309, то есть 71,6%. Зарегистрировано 158 предприятий с иностранным участием, которые приносят совокупный доход в государственный бюджет в размере 94 млн. тенге в год.

Технология передачи речевой информации по сетям с маршрутизацией пакетов IP очень быстро прошла путь от ранних экспериментов энтузиастов – до коммерческой эксплуатации на глобальных сетях связи. Одной из основных причин этого является выгода, которая для конечных пользователей заключается в экономии на междугородных и международных переговорах, а для операторов в возможности увеличить свою прибыль и повысить конкурентоспособность. Казахстанские операторы традиционной телефонии уже начали внедрять услуги IP-телевидения на своих предприятиях, многие активно интересуются тем, что представляет собой эта технология и что необходимо для ее внедрения.

Основной целью данного экономического проекта является построение сети передачи данных на базе IP-телевидения в городе Тараз. Данная сеть должна использоваться для:

- создания широкополосной сети передачи данных в городе;
- создания первичной сети для построения глобальных компьютерных сетей (WAN);
- создания информационных баз данных различных городских служб;
- предоставления доступа к мировым информационным службам (Интернет);
- обмена деловой информацией между различными компаниями и подразделениями;
- получение максимально возможной прибыли от продажи услуг высокоскоростной передачи данных;
- укрепление позиций компании как оператора телекоммуникационных услуг;
- обучение собственных специалистов компании в области проектирования, монтажа, наладки и эксплуатации широкополосных сетей передачи данных;

- приобретение личного опыта в данной области;
- использование приобретенных знаний и опыта при построении национальной широкополосной сети передачи данных в республике.

Предлагается использовать шлюз «Протей-ITG» и систему обработки телефонных карт «Протей-ТК», разработанные ЛОНИИС, инсталляция и все необходимые пуско-наладочные работы производятся сотрудниками фирмы ЛОНИИС. Данная фирма имеет большой опыт в разработке и производстве интересующего оборудования, а также в Казахстане есть сертифицированные партнеры, которые могут оказать помощь в монтаже, наладке и обслуживании оборудования фирмы ЛОНИИС.

Сумма контракта с данной фирмой составляет 3060000 тг., из которых стоимость оборудования 2448000 тг. и 612000 тг. составляет сумма монтажа, наладки и обучения. Общая стоимость контракта с учетом стоимости доставки – таможенных расходов (30%) и НДС (16%) – составит 2631600 тг. Стоимость монтажа оплачивается из собственных средств компании, осуществляющей данный проект. Срок реализации проекта один год с момента начала работ.

4.2 Обзор предоставляемых услуг

Данным решением предлагается удовлетворения спроса посредством технологии FTTH (P2P). Предполагается подключить 13816 абонентов, установить 88 шкафов МАД с установкой плат FTTH. Провести по городу строительство ВОЛС от центральных узлов до УБ, а также от УБ до абонента и подготовить инфраструктуру для установки шкафов МАД. Обеспечить стыковку ЦБ с сетью MetroEthernet на скорости 10Гб/с. Также проектом предусматривается провести расширение пропускной способности сети МЕ и обеспечить стыковку сети МЕ с сетью ДКП со скоростью 10 Гб/с.

Сеть высокоскоростной широкополосной передачи данных, построенная на базе технологии IP-телевидения обладает следующими особенностями и возможностями:

- универсальность – данная технология обеспечивает поддержку всех типов трафика, интеграцию потоков данных, речи и изображений;
- уникальная масштабируемость – данная технология обеспечивает работу, в принципе, на любой скорости и в сетях любого масштаба – от небольшой локальной (25-50 Мит/с) до глобальной (12,8 Гбит/с);
- автоматический выбор необходимого класса обслуживания – в современной коммуникации можно выделить два вида запросов: передачи данных, устойчивых к некоторым потерям, но критичных к возможным задержкам (системы телевидения высокой четкости – ТВЧ, звуковая информация), и передача данных, не очень критичным к задержкам, о не допускающих потерь информации (межкомпьютерный обмен);

- дешевое решение – более низкая стоимость IP-телевидения по сравнению с традиционными сетями обусловлена рядом причин: во-первых, использование однотипного сетевого оборудования, равно как и его сопровождения, а во-вторых, централизация управления сетью (сеть управляется из одного места) снижает затраты на коммуникационное управление и обслуживание.

Таким образом, если заказчик заказывает себе корпоративную сеть, построенную на базе технологии IP-телевидения, то он получает дешевое решение, удовлетворяющее всем его требованиям: большая производительность, возможность интеграции различных служб – т.е. одно и то же оборудование используется для организации телефонной связи, передачи данных, организации видеоконференций.

4.3 Анализ рынка

Потенциальными покупателями услуг высокоскоростной передачи данных являются следующие категории предприятий:

- крупные и средние торговые центры, промышленные компании и корпорации;
- компании нефтегазовой/ добывающей промышленности;
- офисы, представительства и предприятия иностранных фирм;
- бизнес-центры;
- учебные заведения;
- предприятия международной и междугородной связи;
- предприятия местной связи и других существующих операторов;
- конечные пользователи.

На сегодняшний день крупнейшим поставщиком услуг IP-телевидения в Казахстане является АО «Нурсат», однако также в республике развиваются частные операторы, предоставляющие услуги на качественно новом уровне, и становящиеся реальными конкурентами в этой области рынка.

Предоставлением услуг IP-телевидения сильно заинтересован национальный оператор связи АО “Казахтелеком”, так как построение собственных широкополосным сетей IP-телевидения упрочит положение компании как главного оператора телекоммуникационных услуг, а также позволит конкурировать на должном уровне с другими операторами, предоставляющими аналогичные услуги.

4.3.1 Маркетинг.

Цены на услуги передачи данных складываются из:

- стоимости оборудования;
- эксплуатационных расходов;
- стоимости собственно услуг передачи данных, складывающейся

согласно определенных тарифных единиц.

Предположительно цены на услуги передачи данных будут дифференцированы пропорционально спросу на предоставляемые услуги.

Услуги по передаче данных будут предоставляться в трех возможных формах:

а) розничная продажа. Предоставление услуг передачи данных через местные сети и получение доходов от:

1) предоставления конечным пользователям доступа к мировым и формационным ресурсам (Интернет);

2) предоставления конечным пользователям услуг передачи данных (факс-бюро, электронная почта);

б) оптовая продажа. Продажа оборудования передачи данных другим операторам и получение доходов от:

1) управления и технического обслуживания;

2) наценки на продажу оборудования;

3) доли от доходов;

в) сдача в аренду магистральных каналов передачи данных и получение доходов от:

1) управления и технического обслуживания;

2) арендной платы.

Для продвижения услуг на телекоммуникационный рынок применяется:

- проведение презентаций;
- программы прямых продаж с посещением заказчика;
- проведение на первом этапе рекламной компании по телевидению, в средствах массовой информации (СМИ);
- применение гибкой системы скидок (дневные, ночные, праздничные тарифы);
- применение различных методов воздействия на общественное мнение, связи с общественностью.

Согласно договору с фирмой поставщиком поставляется оборудования. Кроме цены на станционное оборудование в размер капитальных вложений входят затраты на транспортировку оборудования, монтаж и другие статьи, указанные в таблице 4.1 [25].

Т а б л и ц а 4 . 1 - Капитальные затраты

Наименование затрат и работ	Количество единиц	Сметная стоимость единицы, тенге	Сметная стоимость общая, тыс. тенге
1	2	3	4
Раздел А (оборудование):			
Коммутационное оборудование, портов	300	12000	3600,0
Прочее оборудование не учтенное сметой, (от стоимости оборудования), %	1,0	120	36,0
Тара и упаковка (от стоимости оборудования), %	2,0	240	72,0
Транспортные расходы (от стоимости оборудования), %	2,0	240	72,0
Итого по Разделу А:		12600	3780,0
Раздел Б: Монтаж и настройка (от стоимости оборудования), %	10	1200	360,0
Обучение (от стоимости оборудования),%	1,0	120	36,0
Итого по разделу Б:		1320	396,0
Раздел В:			
РШ 600х2, шт	2	25000	50,0
Кабель ТПП 100х2, м	1000	300	300,0
Кабель ТПП 50х2, м	1000	250	250,0
Кабель ТПП 10х2,	2000	150	300,0
ЯКГ 20х2	10	700	7,0
ЯКГ10х2	10	500	5,0
Итого по разделу В		26900	912,0
Вместе по смете (А + Б+В):		40820	5088,0

4.4 Финансовый план

4.4.1 Расчет капитальных затрат

Расчет капитальных затрат.

Капитальные затраты определим по формуле:

$$K = Ц + K_{мон} + K_{пер} \quad (4.1)$$

где Ц – цена системы (Ц = 5851 тыс. тг.);

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

$$К_{мон} = Ц \cdot 0{,}05 \quad (4.2)$$

$К_{мон}$ = 5851,0* 0,05 = 292, 55 тыс. тг.;

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

$$К_{пер} = Ц \cdot 0{,}02 \quad (4.3)$$

$К_{пер}$ = 5851,0 · 0,02 = 117,02 тыс. тг.;

Тогда капитальные затраты составят:

К = 5851,0 + 292,55 + 117,02 = 6260,57 тыс. тг.

4.4.2 Расчет годовых эксплуатационных расходов.

Эксплуатационные расходы определяются по формуле [20]:

$$Эр = ФОТ + Ос + Ао + М + Ар + Эл + Кр, \quad (4.4)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда;

Ос – отчисления на социальные нужды (социальный налог);

Ао – амортизационные отчисления;

М – затраты на материалы и запасные части;

Ар – выплаты за аренду канала;

Эл – затраты на электроэнергию со стороны производственных нужд;

Кр – выплаты по кредиторской задолженности.

Для вычисления ФОТ приведем среднемесячную заработную плату работников IP-телевидения, которую сведем в таблицу 4.2.

Т а б л и ц а 4 . 2 - Среднемесячные оклады работников IP-телевидения

Наименование должностей	Месячная заработная плата, $ЗП_i$ (тг.)	Число работников, n (чел.)	Итого месячная заработная плата, тг.
Директор	150000	1	150000
Ведущий инженер	100000	1	100000
Инженер	60000	1	60000
Инженер монтажа	50000	2	100000
Юрист	50000	1	50000
Менеджер по рекламе	50000	1	50000
Итого		7	510000

Фонд оплаты труда состоит из основной ($ЗП_{осн}$ и дополнительной ($ЗП_{доп}$) заработной платы персонала, обслуживающего прибор (устройство или систему) или объект связи, а также директора предприятия, менеджера по рекламе и юриста и премиальных выплат:

$$ФОТ = ЗП_{осн} + ЗП_{доп} + П, \quad (4.5)$$

Основная заработная плата за год рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{осн} = 12 \times \sum_{i=1}^{n} ЗП_i \quad (4.6)$$

где $ЗП_i$ – месячная заработная плата i-того работника;

n – число работников.

Тогда

$ЗП_{осн} = 12 \cdot 510000 = 6120,0$ тыс. тг.

Дополнительная заработная плата (работа в праздничные дни, сверхурочные работы и т.п.) составляет 30% от основной заработной платы работников:

$$ЗП_{доп} = ЗП_{осн} \cdot 0,3, \quad (4.7)$$

$ЗП_{доп} = 6120,0 \cdot 0,3 = 1836,00$ тыс. тг.

Премиальные выплаты, входящие в ФОТ, составляют 15% от основной заработной платы:

$$П = ЗП_{осн} \cdot 0,15, \quad (4.8)$$

$П = 6120,0 \cdot 0,15 = 918,000$ тыс. тг.

Таким образом, ФОТ составляет:
ФОТ =6120,0 +1836,0+918,000= 8874,0 тыс. тг.

Отчисления на социальные нужды составляют 11% от фонда оплаты труда:

$$Ос =(ФОТ-ФОТ \cdot 0,1)\ 0,11, \quad (4.\ 9)$$

Ос = (8874,0-8874,0 · 0,1)· 0,11 = 878,5 тыс. тг.

Амортизационные отчисления на предприятиях связи составляют 7-14% от основных производственных фондов [25]. В данном случае амортизационные отчисления составляют 15% от стоимости оборудования:

$$Ао = Ц \cdot 0,15, \quad (5.\ 10)$$

Ао = 5851,0 · 0,15 = 877,65 тыс. тг.

Затраты на электроэнергию можно рассчитать по следующей формуле:

$$Эл = W \cdot T \cdot S, \quad (4.11)$$

где W – потребляемая мощность оборудования (W = 1,5 кВТ);
T – количество часов работы оборудования (T = 8760 ч.);
S – стоимость киловатт-часа электроэнергии (S = 12,4 тг/кВТ·ч);
Тогда
Эл = 1,5 · 8760 · 12,4 = 162936 тг.

Аренда каналов составляет 30600 тг. в месяц, тогда годовые затраты на аренду каналов составят:

Ар = 30600 · 12 = 367200 тг.

Исходя из выше рассчитанных данных, годовые эксплуатационные расходы составят:

Эр=8874+878,5 +877,65+162936+367200=5407,66 тыс.тг.

4.4.3 Расчет доходов от внедрения системы

Сумму доходов от внедрения системы определим следующим образом [25]:

а) доходы от подключения вторичных операторов к сети:

$$Д_{оп} = (Т_{вкл} + (Т_{аб} \cdot 12)) \cdot N, \quad (4.12)$$

где $Т_{вкл}$ – единовременная плата за включение в сеть ($Т_{вкл}$ = 3011040 тг.);
$Т_{аб}$ – ежемесячная абонентская плата за аренду порта ($Т_{аб}$ = 30600 тг.);

N – число операторов (N = 4);
Тогда

$Д_{оп}$ = (3011040 + (30600 · 12)) · 4 = 13512,96 тыс.тг.

б) доходы от включения бизнес клиентов в сеть:

$$Д_{бк} = (Т_{вкл} + (Т_{аб} \cdot 12)) \cdot N, \quad (4.13)$$

где $Т_{вкл}$ – единовременная плата за включение в сеть ($Т_{вкл}$ = 918000 тг.);
$Т_{аб}$ – ежемесячная абонентская плата за аренду порта ($Т_{аб}$ = 30600 тг.);
N – число операторов (N = 2);
Тогда

$Д_{бк}$ = (918000 + (30600 · 12)) · 2 = 2570,40 тыс.тг.

в) поскольку система позволяет снизить загрузку аппаратуры и соединительных линий в час наибольшей нагрузки (ЧНН) почти в 9,7 раза (за счет своей широкополосности и маршрутизации), то доходы от предоставления услуг IP-телевидения (трафика) вычисляем по следующей формуле:

$$Д_{усл} = N_{аб} \cdot Т_{ср} \cdot 0{,}097 \cdot 12\ , \quad (4.14)$$

где $N_{аб}$ – количество абонентов, пользующихся услугами IP-телевидения
($N_{аб}$ = 55330 аб.);
$Т_{ср}$ – среднедоходная такса от одного абонента ($Т_{ср}$ = 1,53 тг).

Отсюда

$Д_{усл}$ = 55330 · 1,53 · 0,097 · 12 = 985,38 тыс.тг.

Таким образом, общий доход, получаемый от внедрения системы составит:

$$Д_{общ} = Д_{оп} + Д_{бк} + Д_{усл}\ , \quad (4.15)$$

$Д_{общ}$ = 13512,96 + 2570,40 + 985,38 = 17068,74 тыс.тг.

4.4.4 Расчет срока окупаемости и абсолютного экономического эффекта

Для расчета срока окупаемости необходимо определить чистый доход и доход предприятия после налогообложения.

Чистый доход предприятия определим по формуле:

$$ЧД = Д_{общ} – Эр, \quad (4.16)$$

ЧД = 17068,74 – 5407,66 = 11661,08 тыс.тг.

Сумма налога в бюджет составляет 20% от чистого дохода предприятия. Следовательно, чистый доход предприятия после налогообложения составит:

$$ЧД_н = ЧД \cdot 0,2 , \quad (4.17)$$

$ЧД_н$ = 11661,08 · 0,2 = 2332,22 тыс.тг.

Абсолютная экономическая эффективность данного проекта вычмсляется по формуле:

$$E_p = \frac{ЧД_н}{K} \quad (4.18)$$

$$E_Р = \frac{2332,22}{6260,57} = 0.37$$

Расчетный срок окупаемости определяется как величина обратная абсолютной экономической эффективности:

$$T_p = \frac{K}{ЧД_н} = \frac{1}{E_p} \quad (4.19)$$

Таким образом, нормативный (плановый) срок окупаемости (возврата) капитальных вложений характеризует период времени в годах, в течение которого вложенные средства полностью возместятся прибылью, получаемой в соответствии с нормативным коэффициентом абсолютной экономической эффективности.

Условие эффективности имеет вид:

$$Тр=\frac{1}{0,37} = 2,7 года$$

$$Тр \leq Тн; \; Ер \geq Ен, \quad (4.20)$$

где Тн – нормативный срок окупаемости (Тн=5 лет);
Ен – нормативная абсолютная экономическая эффективность.

Исходя из вышеприведенного финансово-экономического обоснования данного проекта, можно сделать вывод, что данный проект является экономически выгодным и эффективным, так как выполняется условие эффективности:

1,7 года ≤ 5 лет и 0,37 ≥ 0,2.

Вложенные в данный проект средства окупятся уже через один год и 2 месяца после вложения.

Все полученные результаты сведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Расчетные экономические показатели внедрения IPTV в г. Тараз

Наименование статей затрат	Расчетные данные
Капитальные вложения, тенге	2619360
Эксплуатационные расходы, тенге	5407,66
Общий доход предприятия, тенге	17068,74
Чистый доход предприятия, тенге	11661,08
Чистый доход после налогообложения, тенге	2332,22
Абсолютный экономический эффект	0,37
Срок окупаемости, год	2,7

Вывод:

Нормативный (плановый) коэффициент сравнительной экономической эффективности чаще всего принимается в размере 0,2, что соответствует сроку окупаемости 5 лет и является наиболее распространенным в международной практике.

Таким образом, срок окупаемости проекта составляет 2 год и 7 месяца, что не превышает нормативный срок окупаемости.

Заключение

Проектом предполагается на сети доступа использовать оборудование GPON и MS (P2P). Применение технологий для каждого района обусловлена следующими факторами: наличие инфраструктуры (магистральные ОК существующего оборудования мультисервисного доступа), концентрация абонентов и расстояние от центральных узлов.

Для решения поставленной задачи предлагаются альтернативные решения, полностью исключающие необходимость в упомянутых активных шкафах.

В данной работе исходя выше изложенного можно сформулировать следующие выводы:

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

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

– Для операторов, уже эксплуатирующих HFC классическую сеть, не имеет смысла бросаться до тотальной перестройки своей сети до технологии FTTH. Логичнее действовать поэтапно, подтягиваю оптику ближе к абоненту, но при этом сразу резервировать ОВ под будущие перспективные цифровые технологии;

– Построение комбинированных FTTH сетей имеет свои особенности, особенно в рамках жесткой ценовой политики, в связи с чем их расчет и проектирование лучше поручать уже зарекомендовавшей себя проектной организации, особенно в области проектирования ВОЛС.

В разделе расчитан срок окупаемости проекта составляет 1 год и 4 месяца, что не превышает нормативный срок окупаемости.

Список литературы

1. Электронная версия на сайте http://www kazakhtelecom .кz//
2. Бакланов И.Г. – Технологии ADSL/ADSL2+ теория и практика применения. – М.: Метротек, 2007. - 384 с.
3. Bilgehan Erman, Elissa P. Matthews. "Analysis and Realization of IPTV Service Quality", 2009.
4. Вегешна Ш. Качество обслуживания в сетях IP. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. - 368 с.
5. Цитович И.И. Устойчивые модели трафика мультисервисных сетей// Труды РНТОРЭС им АС. Попова. Выпуск LX- 2. М., 2005.-Т.2.- с. 271-273.
6. Сайт http://www.cablemodem.com/specifications.html;
7. Бязров А.С, Гайдамака Ю.В. Имитационная модель процесса установления соединения для одной услуги интеллектуальной сети // Сб. "Современные телекоммуникации и математическая теория телетрафика" // Тр. XLV Всеросс научной конф. факультета физ.-матем наук РУДН, апрель 2009. - М.: Изд-во РУДН, 2009. - 162 с.
8. Кемельбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф., Хан В.А. Современные проблемы волоконно-оптических линии связи. Том 2. Источники излучения и передающие оптоэлектроные модули. – Томск. Издательство НТЛ. 2001
9. Андрушко Л.М. и др. Волоконно-оптические линии связи: Учебное пособие для вузов– М.. Радио и связь.1985
10. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. – М.. Радио и связь. 1998
11. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 3. – Мультисервисняе сети/ В.В. Величко, Е.А. Субботин. В.П. Шувалов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 592 с.: ил.
12. Будников В.Ю., Пономарев Б.А. Технологии обеспечения качества обслуживания в мультисервисных сетях / Вестник связи. – 2000. – №9.
13. Гольштейн А.Б. устройства управления мультисервисными сетями: Softswitch.// Вестник Связи №4, 2002.
14. Шнепс-Шнеппе М.А. Интеллектуальные услуги - это ДВО / Информ - курьер-связь. 2000. – № 2.
15. Гольдштейн Б.С. Протоколы сети доступа. - М.: Радио и связь, 1999. - 415 е.;
16. Бутусов М.М., Верник С.М. и др. Волоконно-оптические системы передачи: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1992 – 415с.
17. Гроднев И. И. Волоконно-Оптические Линии Связи. – М.: Радио и Связь, 1990. – 223 с.
18. Кельберт М.Я., Сухов Ю.М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Том 1. Основные понятие теории вероятносьей и математической статистики // Изд. 2-е, дополнение и исправленное. – М.: МЦНМО. – 2011. – 486с.

20. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания // М.: Машиностроение, 1979. - 432 с.

21. Башарин Г.П. Лекции по математической теории телетрафика // М.: РУДН, 2009. - 342 с.

22. Корнышев Ю.Н., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика // М.: Радио и связь, 1996. - 270 с.

23. Баклашов Н. И., Китаева Н. Ж., Терехов Б. Д. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды: Учебник для вузов – М.: Радио и связь, 1989. – 288 с.

24. Дюсебаев М.К. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела в дипломных проектах. – Алматы: АИЭС, 2001. 11 с.

25. Алибаева С.А. Методические указания по дипломному проектированию (для студентов всех форм обучения) – Алматы: АИЭС, - 2001. –17 с.

26. Волков О.И. Экономика предприятий связи. – М.. Экономика. 1998

27. Сайт http://www.telecom.kz;

28. Сайт http://www.teralink.ru;

29. Сайт http://www.cisco.com.