**Введение**

Первые оптоволоконные сети появились около тридцати лет назад и, в первую очередь, использовались для решения задач, стоящих перед оборонными ведомствами. Системы, разработанные в первом десятилетии, были востребованы в телефонных сетях и военных приложениях, использовали для передачи данных многомодовое градиентное волокно, а данные передавали в первом окне прозрачности — на волнах длиной от 800 до 900 нм. Первые линии передачи были двухточечными, но уже в конце 80-х были разработаны первые пассивно-оптические системы (PON), позволяющие реализовать топологии «точка-многоточка» без использования активных сетевых элементов. Тогда же начались первые пилотные испытания, как в США, так и в Европе.

Сейчас светлое будущее пассивных оптических сетей почти ни у кого не вызывает сомнений. Появление этой технологии заставляет по-новому взглянуть на принципы построения сетей. На смену многоволоконным кабелям, насчитывающим десятки или даже сотни оптоволоконных жил и, как следствие, трудным в прокладке и монтаже, приходят маловолоконные сети. На сегодняшний день сети Ethernet получили самое широкое распространение для предоставления различных услуг связи. Подсчитано, что 95% эксплуатируемых локальных сетей в мире с общим количеством портов более 320 млн. используют технологию Ethernet.

Технология пассивных оптических сетей на базе Ethernet, за которой закрепилось название EPON (Ethernet Passive Optical Networks), лишена подобных недостатков и более эффективно решает задачу «последней мили». Среди прочих достоинств технологии следует отметить существенную экономию оптических волокон, что позволяет значительно снизить затраты. Так, с помощью единственного оптического волокна можно подключить до 64 оконечных устройств и предоставить более 1500 портов Fast Ethernet.

Возможности Ethernet и IP совместно с технологией передачи по волокну позволяют построить настоящие мультисервисные сети, а не только обеспечить широкополосный доступ в Internet. В такой сети объединяется телефонный трафик, трафик данных и вещания со всеми сопутствующими услугами.

Технология GEPON — это разновидность PON, которая является одним из наиболее современных вариантов строительства сетей связи и обеспечивает скорость передачи данных до 1,2 гбит/сек. Но главное достоинство GEPON — технология позволяет максимально экономно использовать ресурс оптического кабеля. Имеет смысл заказать проектирование сети gpon уже сейчас, так как это позволит вам существенно обогнать конкурентов в технологическом плане.

**Глава 1.Цель, обоснование выбора и задачи проекта.**

* 1. **Цель проекта.**

Основной цель данного дипломного проекта является проектирование сети GPON для города Вахдат. На данный момент в сетях доступа преобладающим видом трафика остается голосовой (телефонный). Однако процесс совершенствования кабельных технологий связи идет непрерывно. В связи с этим широкое распространение получают новые технологии и услуги связи, такие как Интернет, электронная почта, IP-телефония, интерактивное цифровое телевидение, передача технологической, юридической, финансовой информации, дистанционные медицинские услуги, использование компьютерных сетей передачи данных Ethernet и т.д. Так как город Вахдат предназначен для состоятельных людей, то и требования к услугам будут высокими, а следовательно нашей задачей является проведение транспортной сети и предоставление широкого спектра телекоммуникационных услуг – в обязательный пакет абонентских услуг будут входить: Телефония, Интернет и кабельное телевидение.

**1.2 Анализ существующие сети.**

**Вахда́т** — город (с [1965](http://ru.wikipedia.org/wiki/1965)) в [Таджикистане](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D0%B4%D0%B6%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD), центр [Вахдатского района](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D1%85%D0%B4%D0%B0%D1%82%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD), население 43 329 (на январь 2011 г.). Город Вахдат административно разделён на несколько единиц: собственно сам город (с кишлаками Рохати, Яккаталь, Кипчок, прилегающими непосредственно к городу) и 10 сельских советов - Ромит, А.Абдулвосиев, Чорсу, Р.Исмоилов, Бахор, Б.Бурунов, Чуянгарон, Дусти, Симиганч и Гулистон.

Жители район в основном заняты сельским хозяйством. В структуру коммерческих организации входят малые и совместные предприятия, в также дехканские хозяйство. Телефонная сет района не так развита и до настоящего времени. Воздушная линия состоит из оцинкованных проводов, протянутые только до административных центров джамоатов.

Телефонная станция типа ZXJ10 в центре города, била установлена в 2007 году. Монтированная емкость станции 1000 номеров, из них задействовано до настоящего времени всего 820. Число установленных телефонов для население составляет 567 номеров. В народно-хозяйственном секторе 144 номеров, из них 117 составляют бюджетные организации и 27 коммерческие структуры.

**1.3 Обоснование для выбора проекта.**

Основа рыночной стратегии среднестатистического телекоммуникационного оператора заключается в сокращении капитальных и эксплуатационных затрат при повышении доходности услуг. Главными препятствиями на пути к поставленной цели, как правило, являются устаревающая сетевая инфраструктура и концептуальная неопределенность в вопросах сетевого развития. В настоящее время растёт спрос на услуги «triple play». При этом многим операторам, предоставляющие эти услуги приходится эксплуатировать две сети – сеть с коммутацией каналов, и сеть с коммутацией пакетов. Отдельной темой может служить вопрос о масштабируемости этих сетей, требующей замены телекоммуникационного оборудования и модернизации всей сети в целом.

Технология GEPON — это разновидность PON, которая является одним из наиболее современных вариантов строительства сетей связи и обеспечивает скорость передачи данных до 1,2 гбит/сек. Но главное достоинство GEPON — технология позволяет максимально экономно использовать ресурс оптического кабеля. Имеет смысл заказать проектирование сети gpon уже сейчас, так как это позволит вам существенно обогнать конкурентов в технологическом плане. В результате всего выше сказанного, упрощается обслуживание сети со стороны оператора, со стороны абонента – предоставляются более полные и качественные услуги связи.

**1.3. Задачи проекта.**

Для достижения цели, в дипломном проекте необходимо рассмотреть следующие задачи:

1. Архитектура и функциональная структура сети GEPON.
2. Рассмотреть транспортный уровень сети GEPON.

4. Выбор топологии сети доступа.

5. Выбор оборудование сетей GEPON.

6. Разработка схема организации связи.

7. Расчет параметров транспортных шлюзов

8. Расчет параметров гибкого коммутатора.

9. Расчет технико-экономические показатели.

10. Разработка вопроса экологии и БЖД.

**Глава 2. Аналитическое обзор технология «пассивная оптическая сеть».**

**2.1. Пассивные оптические сети.**

Оптические сети можно разделить на два класса – **активные** и **пассивные**. Между узлом доступа и оконечным пользовательским оборудованием активной сети имеется какое-либо активное оборудование (например, регенератор или коммутатор). В пассивной сети активное оборудование отсутствует, то есть сеть состоит только из пассивных компонентов. Обычно используются следующие виды пассивных компонентов (не считая оптического волокна): волоконно-оптические соединители, разветвители и мультиплексоры WDM.

Обычно вместо полного названия «пассивная оптическая сеть» используется аббревиатура PON (Passive Optical Network). Общая структура сети PON представлена на рис. 2.1. Активное оборудование в центральном офисе или на узле доступа называется оптическим линейным терминалом (Optical Line Terminal - OLT), а оборудование на абонентском узле – оптическим сетевым устройством (Optical Network Unit - ONU). Некоторые из услуг связи, обычно предоставляемых сетями PON.

**OLT**

ONU 1

ONU 2

ONU 3

ONU N

Разветвитель

1:N

Интернет

Телефон

ТВ

Интернет

Телефон

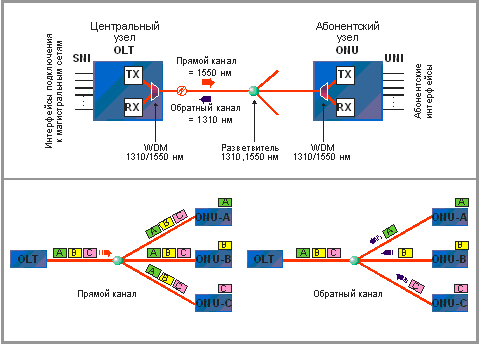
ТВ

Нисходящий поток

Восходящий поток

**Рис. 2.1.** Общая структура сети PON.

Основная идея архитектуры PON — использование всего одного приемо-передающего модуля в OLT для передачи информации множеству абонентских устройств ONU и приема информации от них. Число абонентских узлов, подключенных к одному приемо-передающему модулю OLT, может быть настолько большим, насколько позволяет бюджет мощности и максимальная скорость приемопередающей аппаратуры. Для передачи потока информации от OLT к ONU — **прямого (восходящего) потока**, как правило, используется длина волны 1550 нм. Наоборот, потоки данных от разных абонентских узлов в центральный узел, совместно образующие **обратный (нисходящий) поток**, передаются на длине волны 1310 нм. В OLT и  ONU встроены мультиплексоры WDM, разделяющие исходящие и входящие потоки.



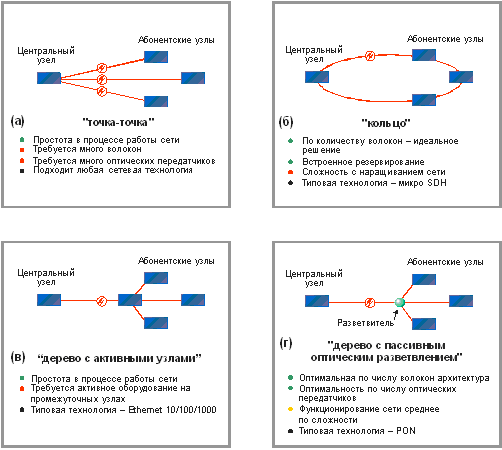
**2.2.** Основные элементы архитектуры PON и принцип действия

В направлении **нисходящего потока** все, передаваемые оборудованием OLT кадры Ethernet, принимаются каждым ONU в сети. Оборудование ONU распознает кадры, адресованные пользователям, которых оно обслуживает, и направляет их соответствующему оконечному оборудованию (или локальной сети). Кадры Ethernet, передаваемые в сети EPON, аналогичны стандартным кадрам Gigabit Ethernet за исключением первых 8 байт, которые специфичны для сети EPON.

В направлении **восходящего потока** оборудование ONU может передавать кадры только в течение выделенного ему интервала времени (time slot). Такое управление трафиком используется во всех пассивных оптических сетях из-за топологии точка-многоточка.

Тип сети PON обозначается дополнительной буквой перед аббревиатурой PON. Наиболее распространенными сетями PON являются:

* APON (ATM PON - пассивная оптическая сеть, использующая технологию ATM),
* BPON (Broadband PON – широкополосная пассивная оптическая сеть),
* GPON (Gigabit-capable PON - пассивная оптическая сеть, обеспечивающая гигабитные скорости передачи данных),
* EPON (Ethernet PON - пассивная оптическая сеть, использующая технологию Ethernet).

**2.2. Сравнение возможных топологий сети  
**

**Рис.2.3.** Топологии оптических сетей доступа

Здесь можно выделить четыре топологии оптических сетей доступа: точка-точка, кольцо, дерево с активными узлами, дерево с пассивными оптическими элементами.

**2.2 Технология GPON.**

Технология GPON — это разновидность PON, которая является одним из наиболее современных вариантов строительства сетей связи и обеспечивает скорость передачи данных до 1,2 гбит/сек. Но главное достоинство GPON — технология позволяет максимально экономно использовать ресурс оптического кабеля. Имеет смысл заказать проектирование сети GPON уже сейчас, так как это позволит вам существенно обогнать конкурентов в технологическом плане.

Технология GPON является наиболее перспективной технологией семейства пассивных оптических сетей PON. PON (Passive Optical Networks) – технология пассивных оптических сетей. Неустанное развитие возможностей сети Internet, появление новых услуг связи способствуют постоянному увеличению объема данных, передаваемого по сети. Это обстоятельство обуславливает желание операторов использовать новые возможности увеличения пропускной способности транспортных сетей.

При выборе новых решений учитываются:

• разнообразие потребностей абонентов

• потенциал для развития сети

• экономичность

Сеть доступа PON основана на древовидной волоконно-кабельной архитектуре с пассивными оптическими разветвителями (сплиттерами) на узлах. Использование данной технологии является одним из самых экономичных способов обеспечения широкополосной передачи информации. При этом архитектура технологии PON обладает необходимой гибкостью расширения структуры сети доступа и увеличения ее пропускной способности в зависимости от потребностей абонентов.

Преимущества архитектуры PON:

• отсутствие промежуточных активных узлов

• экономия оптических приемопередатчиков в центральном узле

• экономия волокон

• легкость подключения новых абонентов и удобство обслуживания (подключение, отключение или выход из строя одного или нескольких абонентских узлов никак не сказывается на работе остальных)

GPON является наиболее перспективной технологией семейства пассивных оптических сетей. Основанная на принятых в последние годы стандартах, GPON предоставляет операторам эффективное решение высокоскоростной сети доступа («последней мили»). GPON обеспечивает существенную экономию оптических волокон за счет древовидной архитектуры сети. Кроме того, использование технологии обеспечивает высокую надежность, благодаря пассивным элементам ветвлений. В общем, архитектуру сети доступа GPON (Gigabit PON) можно рассматривать как органичное продолжение технологии APON.

Поддержка современных технологий волнового мультиплексирования позволяет значительно увеличивать общую пропускную способность сети без модернизации кабельной инфраструктуры. При этом древовидная структура сети «точка – многоточие» дает возможность гибкого управления полосой пропускания для клиентских сервисов.

Поддержка кольцевой и древовидной топологий с возможностью полного резервирования сетевых интерфейсов и каналов связи при малом времени переключения на резервный канал обеспечивает высокий уровень надежности и доступности сетевых сервисов.

При достаточно высокой скорости передачи до 2,5 Гбит/с в обоих направлениях GPON обеспечивает прозрачный транспорт для любых сервисов (АТМ, SDH, TDM, Ethernet). За счет полной изоляции каждого сервиса и поддержки встроенных средств шифрования информации достигается высокий уровень безопасности сети.

GPON предоставляет масштабируемую структуру кадров при скоростях передачи от 622 Мбит/с до 2,5 Гбит/c, и допускает системы как с одинаковой скоростью передачи прямого и обратного потока в дереве PON, так и с разной.

Как отмечает, в среднесрочной и долгосрочной перспективах рынок проводного ШПД стоит на пороге тотального перехода от медных кабелей к оптическим, которые позволяют поддерживать высокие скорости для реализации современных услуг. Ожидается, что «последняя миля» станет полностью пассивной, и технология GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network) постепенно заменит такую популярную технологию, как ADSL2+. В настоящее время при помощи технологии GPON стало возможным обеспечить доступ в интернет на скорости более 1 Гбит/с. Протяженность оптоволоконного кабеля может достигать 20 км (что, например, покрывает 90% потребностей рынка США). При этом ведутся разработки, которые позволят увеличить это расстояние до 60 км. Технология основывается на стандарте G.984.4, который постоянно совершенствуется для добавления новых сервисов и интерфейсов в систему PON. Первые шаги по стандартизации технологии PON были предприняты в 1995 г., когда влиятельная группа из семи компаний (British Telecom, France Telecom, Deutsche Telecom, NTT, KPN, Telefoniсa и Telecom Italia) создала консорциум для того, чтобы претворить в жизнь идеи множественного доступа по одному волокну.

Главными преимуществами GPON являются высокая скорость передачи данных и малое энергопотребление. Из недостатков следует выделить дороговизну этой технологии ввиду высокой стоимости станционного оборудования и необходимости сразу строить всю сеть, без возможности ее наращивания по мере подключения абонентов, а также относительно долгий срок окупаемости.

Переход на технологию GPON целесообразен в качестве оптимистичного сценария развития сети. Однако, из трех перспективных технологий (GPON, FTTB и ADSL2+), GPON на весь период прогнозирования будет наиболее дорогой по сравнению с FTTB и ADSL2+, так как, скорее всего, потребуется финансирование со стороны государства, считают в J&P.

В настоящее время в Таджикистан технология GPON находится на начальной стадии развития. Отечественные провайдеры активно включились в освоение новой технологии, но самые серьезные планы на этот счет имеют операторы «Эстера» и «Таджиктелеком», которые после некоторых колебаний решили отказаться от сильно устаревшего медного кабеля и вести строительство сетей по технологии пассивных оптических сетей.

Технология GPON имеет безусловное преимущество по таким параметрам, как потенциал развития и уровень конкуренции по сравнению с FTTB и ADSL2+. Сети, построенные на базе FTTB, имеют преимущество по стоимости абонентского оборудования, а также по затратам и окупаемости сетей – позиции пассивных оптических сетей здесь, безусловно, хуже. Наряду с этим, следует отметить, что конкуренция среди операторов, предоставляющих услуги передачи данных на базе технологии FTTB, уже достаточно высока в отличие от GPON, где компания «Ростелеком» – это пока единственный крупный игрок.

Традиционные операторы в свою очередь видят в GPON реальную замену устаревшим ADSL-сетям и мощное конкурентное преимущество в случае резкого скачка скорости доступа и объема потребляемого трафика, приходящихся на каждое домохозяйство. Наиболее распространенным способом подключения к ШПД в мире является технология xDSL, на чью долю приходилось 62% подключений (369,9 млн). На технологию FTTx приходится 15% подключений (87,7 млн). Около 5% ШПД подключений в мире были реализованы по технологии DOCSIS. Количество FTTH (GPON) подключений в мире по состоянию на 1 квартал 2012 г. составило 16,5 млн (3% от всех ШПД-подключений). За год количество подключений по данной технологии увеличилось на 24%.

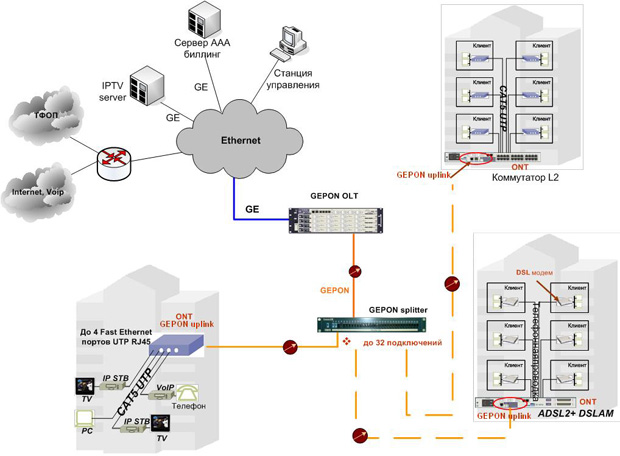
В мире не существует технологии широкополосного доступа в интернет, которая было бы однозначно признана наиболее эффективной. Традиционные операторы во многих странах до сих пор эксплуатируют медные сети доступа с технологией асинхронной передачи данных семейства ADSL. Среди оптических сетей доступа предпочтения по технологиям в разных странах могут диаметрально отличаться. Среди стран мира наибольшее проникновение технологии FTTH (GPON) зафиксировано в ОАЭ – 55%. Далее следуют Япония и Южная Корея – 26% и 16% соответственно. Россия заметно отстает по данному показателю – проникновение составляет примерно 0,5%. Однако в целом по проникновению проводного ШПД Россия по итогам 2011 г. занимала 7 место.

**2.3 Принципы построения сетей GPON.**

PON (пассивные оптические сети) — это бурно развивающаяся технология построения сетей на базе оптического волокна. Название технологии полностью отражает ее суть: сеть строится при помощи сплиттеров, без использования активных компонентов. Проектирование сети PON — задача, с которой сталкиваются многие провайдеры, которые планируют свои сети с заделом на будущее. Любая сеть данного типа состоит из трех основных элементов: стационарный терминал OLT. Служит для связи сети PON с внешними сетями; пассивные оптические сплиттеры для разветвления оптического сигнала; абонентские терминалы ONU. Обеспечивают взаимодействие со стороны абонента.

Возможно построение сетей с использованием топологии «точка-много точка». К порту центрального узла можно подключить целое «дерево» волоконно-оптической сети, охватывающее десятки абонентов. Важное преимущество технологии состоит в том, что в промежуточных узлах дерева устанавливаются пассивные разветвители, которые не требуют обслуживания и электропитания.

Главная идея этой технологии — один приемо-передающий модуль OLT работает с множеством абонентских устройств ONU.



**Рис. 2.4.** Структура сети GPON

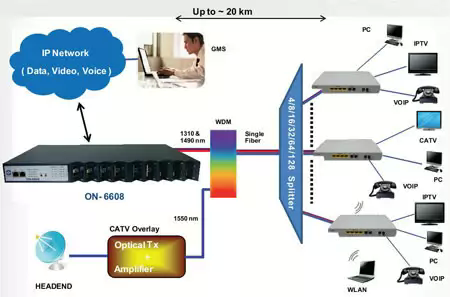
Технология GPON — это разновидность PON, которая является одним из наиболее современных вариантов строительства сетей связи и обеспечивает скорость передачи данных до 1,2 гбит/сек. Но главное достоинство GPON — технология позволяет максимально экономно использовать ресурс оптического кабеля. Имеет смысл заказать проектирование сети gpon уже сейчас, так как это позволит вам существенно обогнать конкурентов в технологическом плане. Среди других преимуществ: стандартные механизмы 802.3ah, которые в перспективе позволят снизить стоимость оборудования; скорость передачи данных 1гбит/сек до абонента; QoS с помощью механизмов 802.1p/TOS. Возможность гарантировать качество предоставления услуг VoIP и VoD; поддержка механизма динамического распределения полосы пропускания в зависимости от нагрузки на сеть; поддержка IGMP Snooping; простота обслуживания.

Технология GPON — это самая современная технология на сегодняшний день для сетей FTTH (волокно в каждый дом). Цифровой поток 2,4 Гбит/с делится динамически между 64 абонентами (домами) и обеспечивает передачу Интернет и телефонии. Кроме того, на отдельной длине волны в том же волокне передается оптический сигнал КТВ. Сеть обеспечивает потребности абонентов на годы вперёд, позволяя передавать цифровые ТВ каналы, HD-контент(телевидение высокой чёткости), видео по требованию и другие современные сервисы.

Магистральный оптический кабель и оптические узлы смонтированы на опорах освещения. Сеть имеет резервирование по волокну до уровня кластеров (кластер — до 32 домов). Отводной (абонентский) оптический кабель идёт от опоры ЛЭП в дом по подземному кабель-каналу. Абонентский участок начинается в отводной муфте на ближайшей к дому опоре. Тонкий бронированный отводной кабель (5 мм) проложен под землёй в защитной полиэтиленовой трубе, заходит в дом на уровне пола, по тонкому кабель-каналу по стене подходит к телекоммуникационному шкафу в прихожей и оканчивается оптической панелью, установленной в шкафу. В шкафу также находится розетка питания ~220 В, подключенная к отдельному автомату, и абонентское устройство сети GPON (ONT Ericsson) с адаптером питания ~220/-12 В. Точка демаркации (разграничения) операторской сети и абонентского участка находится в отводной муфте, на ближайшем к дому столбе освещения.

**2.4 Проектирование сетей GPON (гигабитные пассивные оптические сети).**

GPON – данная аббревиатура расшифровывается, как **«гигабитные пассивные оптические сети».** Технология GPON дарит потребителю ни с чем не сравнимое, качество предоставляемых услуг, а так же высокую эффективность и скорость работы. В качестве OLT покупателям будет показан продукт от компании Zhone Technologies, который уже давно завоевал авторитет на мировом рынке. Это специальная платформа МХК, которая является продуктом операторского класса, обладающая неблокируемым строением. А также резервным питанием, различными интерфейсами и контроллерами.



Для того, чтобы построить сеть с пассивной точкой доступа, можно воспользоваться пассивными оптическими сплиттерами, которые обладают разнообразными коэффициентами деления. В зависимости от желания потребителя данные детали могут быть трансформированы в кроссы и оконцованы абсолютно любыми коннекторами. Технология GPON помогает пользователям в передаче данных, видео и голоса. В комплекте с устройством идут исполнения Indoor и Outdoor, обладающие различной емкостью и портами Fast/Gigabit Ethernet, FXS, E1, RF.

Сеть GPON обладает рядом преимуществ, которые ставят её на порядок выше других технологий, а так же облегчают работу с ней. Например, порт OLT является достаточно экономичным, поскольку во время работы с ним пользователь почти не теряет свои средства. Кроме того, станционное оборудование является очень компактным, что тоже является несомненным плюсом. К слову об экономичности, потребление электроэнергии данным прибором сокращается в разы. Как уже упоминалось выше, архитектура данной сети очень пассивна, а это обеспечивает безопасность и долговечность оборудования.

Multicast прекрасно передаёт видео, поскольку при использовании несколькими людьми одного дерева GPON и просмотра ими же одного и того же канала, он не копируется, а продолжает свою работу на той же полосе. Технология GPON направлена на мультисервисность, а так же прекрасно подходит для передачи информации VoIP, Video, TDM трафиков с помощью QoS. Представленная в статье сеть – это один из вариантов исполнения технологии PON, которая отличается лишь тем, что берет за основу серию ITU-T G.984.

Существуют три главные составляющие, образующие эту сеть:

OLT – оптический линейный терминал

ODN – оптическая распределительная сеть

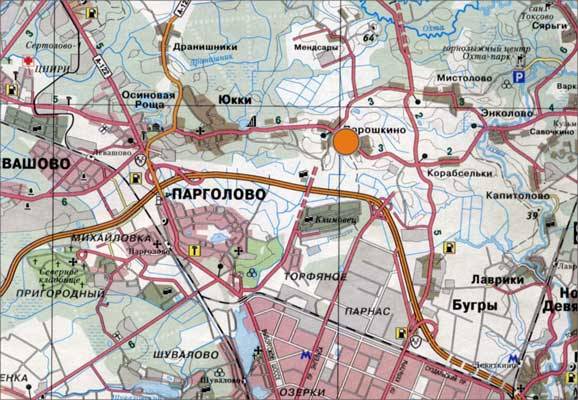
ONT – подготовка устройств непосредственно самим пользователем

**2.5. Выбор топологии и сети**

Основной выбор делается между топологиями точка-точка и точка-многоточка. Я выбираю пассивную оптическую сеть (PON) с топологией точка-многоточка, при этом нужно помнить, что только технологии EPON и GPON позволяют передавать кадры Ethernet. Сети BPON могут передавать только пакеты ATM. Сеть EPON проще, и стоимость оборудования для нее снижается более быстрыми темпами. Сеть GPON обеспечивает лучшие характеристики и более универсальна, но она сложнее и требует больших капитальных вложений. Возможность передачи по сети GPON пакетов ATM и фреймов SDH востребовано, однако, лишь небольшим числом индивидуальных абонентов, так как основной тенденцией является развитие сетей Ethernet. С другой стороны, индивидуальные абоненты - это как раз та группа пользователей, для которых наиболее важно получать услуги широкополосного доступа по умеренной цене. Обе технологии являются новыми, и развитие этих систем только началось, поэтому о реальных тенденциях изменения стоимости оборудования EPON и GPON можно будет говорить только по прошествии некоторого времени.

**Глава 3. Расчётный часть.**

**2.1. Расчёт расстояния до каждого абонента**

****

**Рис. 2.6.** Карта

Коттеджный посёлок Юкки в Порошкино находится в 7 км от Санкт-Петербурга и в 4 км от крупного населённого пункта Юкки. Линия передачи ВОЛС будет проложена от Юкков до Юкков, протяжённостью 4 км.

Кабель начнём прокладывать с сельской телефонной станции, находящейся в самом выгодном положении, т.е. самая близкая к коттеджному посёлку Юкки. Кабель будет проходить вдоль автомобильных дорог по землям, не имеющим сельскохозяйственного значения или по сельскохозяйственным угодьям худшего качества, в местах пересечения с реками кабель будет проложен по мостам. Далее кабель будет подведён к оборудованию, расположенному в здании КПП.

Чтобы рассчитать минимальную длину кабеля, измеряем расстояние от разветвителя до каждого абонента. Для этого я произвожу расчет с разных точек установки разветвителей для нахождения наиболее выгодного места с целью экономии кабеля. Ниже привожу окончательный расчётные данные.

**Таблица 2.3.** Расчёт расстояний

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование | Расстояние |
| 1 | Коттедж № 1 | 283 м |
| 2 | Коттедж № 2 | 444 м |
| 3 | Коттедж № 3 | 800 м |
| 4 | Коттедж № 4 | 912 м |
| 5 | Коттедж № 5 | 997 м |
| 6 | Коттедж № 6 | 630 м |
| 7 | Коттедж № 7 | 1250 м |
| 8 | Коттедж № 8 | 1360 м |
| 9 | Коттедж № 9 | 1333 м |
| 10 | Коттедж № 10 | 1489 м |
| 11 | Коттедж № 11 | 1486 м |
| 12 | Коттедж № 12 | 1313 м |
| 13 | Коттедж № 13 | 1229 м |
| 14 | Коттедж № 14 | 1105 м |
| 15 | Коттедж № 15 | 1016 м |
| 16 | Коттедж № 16 | 833 м |
| 17 | Здание администрации | 620 м |
| 18 | Развлекательный комплекс | 377 м |
| 19 | КПП | 0 м |

В итоге до оборудования используется 4 км кабеля маркировки ОПС, а от оборудования до каждого абонента 17,5 км кабеля маркировки ОПТ.

**3. ВЫБОР ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ**

**З.1. Структура и типы оптических волокон**

**3.3 Классификация оптических кабелей**

Современные проводные системы передачи строятся с использованием практически только оптических кабелей - основа которых оптическое волокно. Оптического кабель (ОК) представляет собой совокупность оптических волокон (ОВ), заключенных в общую влагозащитную оболочку, поверх которой в зависимости от условий эксплуатации могут быть наложены защитные покровы.

**К ОК предъявляются следующие требования:**

1. возможность прокладки в тех же условиях, в каких прокладываются электрические кабели связи;

использование при прокладке методов, техники и оборудования,

**3.3 Классификация оптических кабелей**

Современные проводные системы передачи строятся с использованием практически только оптических кабелей - основа которых оптическое волокно. Оптического кабель (ОК) представляет собой совокупность оптических волокон (ОВ), заключенных в общую влагозащитную оболочку, поверх которой в зависимости от условий эксплуатации могут быть наложены защитные покровы.

**К ОК предъявляются следующие требования:**

1. возможность прокладки в тех же условиях, в каких прокладываются электрические кабели связи;
2. использование при прокладке методов, техники и оборудования, применяемых при прокладке электрических кабелей;
3. возможность сращивания и монтажа в полевых условиях;
4. устойчивость к внешним механическим и климатическим воздействиям в процессе строительства и эксплуатации;
5. эксплуатационная надежность с заданным показателем безотказности, долговечности и ремонтопригодности.

В ОК используется принципиально новая направляющая система электромагнитных сигналов - оптическое волокно.

**Преимущества ОК:**

1. широкополосность и возможность передачи большого потока информации;
2. малое затухание и независимость его от частоты в широком диапазоне частот;
3. высокая помехоустойчивость и защищенность от внешних электромагнитных полей, практическое отсутствие взаимных влияний между отдельным ОВ в кабеле;
4. полная электрическая изоляция между входом и выходом оптической системы связи, что не требует общего заземления передатчика и приемника;
5. отсутствие коротких замыканий между ОВ, что позволяет использовать ОК для пересечения зон, опасных в электрическом отношении;
6. малые масса и габаритные размеры;
7. отсутствие необходимости использовать дефицитные материалов (медь, свинец) для изготовления ОК.

Конструкции ОК в основном определяются назначением и областью их применения. Они различаются видом защитных покровов ОК, характером компоновки ОВ в составе кабельного сердечника, характером и способом упрочнения ОК от продольных и радиационных воздействий.  
В настоящие время выпускается большое типов ВОК в зависимости от назначения, условий прокладки и конструкции составляющих элементов.

По своему назначению ОК подразделяются на:

- междугородные;

- зоновые;

- городские;

- объектовые и монтажные.

Междугородные и зоновые ОК предназначаются для передачи информации на большое расстояние и организации большого числя каналов. Они обладают малым затуханием, дисперсией и большой широкополосностью.

Городские ОК используются в качестве соединений линий между городскими АТС. Они рассчитаны на работу без промежуточных линейных регенераторов, то есть на сравнительно короткое расстояние и относительно небольшое число каналов.

Монтажные ОК предназначаются для монтажа внутри и межблочного монтажа аппаратуры. В зависимости от условий прокладки и эксплуатации ОК разделяются: для внутренней и наружной прокладки; специальные.

Кабели внутренней прокладки используются внутри телефонных станций, офисов, зданий и помещений. По условию прокладки эти кабели подразделяются на: кабели вертикальной и горизонтальной прокладки; шнуры коммуникаций.

Кабели наружной прокладки применяются на любых (сельских, городских, зоновых и магистральных) линиях связи и по условию прокладки их можно разделить на: воздушные, подземные, подводные.

Кабели воздушной подвески подвешиваются на опорах различного типа и в свою очередь подразделяются на:

- самонесущие - с несущим тросом или без него, подвешиваемые на опорах различного типа, в том числе на опорах ЛЭП и контактной сети железных дорог;

- прикрепляемые - крепятся к несущему проводу с помощью специальных зажимов;

- навиваемые - навиваются вокруг несущего провода или грозотроса;

- встраиваемые в грозотрос.

Кабели подземной прокладки подразделяются на:

- прокладываемые в кабельной канализации или туннеля;

- закладываемые в грунт;

- автоматической прокладки в специальных трубах.

Подводные кабели подразделяются на:

- укладываемые на дно несудоходных рек, неглубоких озер и болот;

- укладываемые на дно морей и океанов.

Приведенные выше особенности и требования определяют конструкции и типы оптических кабелей.

**3.4. Анализ существующих кабелей российского производства**

В настоящее время отечественная кабельная промышленность освоила производство оптических кабелей практически любых типов и назначений.

Эти кабели отвечают требованиям международных стандартов, рекомендациям МСЭ (ITU-T) G.651-G.654. Для изготовления ОК применяются как отечественные так и импортные материалы высокого качества.

Оптические волокна поставляются известными фирмами - Lucent Technologies, Corning, Fujikura (Япония), Samsung (Южная Корея), Ericsson.

Оптические кабели в России производят девять отечественных заводов:

1. Армавирский опытный завод (город Армавир);

2. ОАО «Ленсвязь» (город Санкт-Петербург);

3. ЗАО «Москабельмет» (город Москва);

4. АОЗТ «Оптен» (город Санкт-Петербург);

5. ЗАО «Оптика-кабель» (город Москва);

6. ЗАО «Севкабель-Оптик» (город Санкт-Петербург);

7. СП «Эликс-МО» (город Москва);

8. АОНФ «Электропровод» (город Москва);

9. ЗАО «Яуза-кабель» (город Мытищи, Московская область).

Все предприятия оснащены современным технологическим оборудованием, позволяющим производить всю номенклатуру кабелей, необходимых для строительства современных сетей связи различного назначения.

Номенклатура выпускаемых кабелей как по числу ОВ, так и по роду защитных покровов в основном соответствует мировой практике.

Основное назначение оптического кабеля – защита оптических волокон и обеспечение качества передачи информации по волокну. Волокно чувствительно к механическим воздействиям, поэтому, от того, насколько грамотно будет разработана для него защита, зависит срок службы всей оптической линии и, в конечном итоге, экономия средств при эксплуатации ВОЛП.

Проанализировав состав продукции, выпускаемой вышеназванными производителями, ценовые категории, территориальное расположение, условия и сроки поставки, а также соответствие техническим требованиям, я пришла к выводу, что наиболее оптимально использовать кабельную продукцию ЗАО «Севкабель-Оптик» (г. Санкт-Петербург).

Одним из основных требований, предъявляемых к оптическим кабелям, является их соответствие внутригосударственным и международным стандартам. Оптические кабели производства ЗАО «Севкабель-Оптик» отвечают необходимым требованиям МЭК и сертифицированы в соответствии с «Техническими требованиями к оптическим кабелям связи, предназначенным для применения на взаимоувязанной сети связи Российской Федерации» от 21 мая 1998 года: Сертификат соответствия техническим требованиям Госкомсвязи РФ № ОС/1-КБ-126. Также продукция данного завода-изготовителя имеет: Сертификат соответствия системы качества ИСО 9002 Госстандарта РФ, Заключение о гигиенической и экологической безопасности на продукцию Министерства здравоохранения и Министерства Экологии РФ, соответствие заявленным техническим характеристикам по ГОСТ МЭК 794-1-93.

Все оптические кабели связи проходят испытания на соответствующие указанные выше требования по методикам, приведенным в ТУ.

**3.5. Характеристики кабелей**

ЗАО «Севкабель-Оптик» выпускает ОК, предназначенные для использования на линиях передачи магистральных, внутризоновых и местных сетей взаимоувязанной сети связи Российской Федерации.

В данном дипломном проекте используется оптический кабель марки ОПС (см. рисунок 3.5), ОПТ (см. рисунок 3.7).

**Характеристики кабеля марки СКО-ОПС-008Е04-04-М2**

**Область применения кабеля:** при прокладке в грунтах 1-3 групп ножевым кабелеукладчиком (кроме грунтов, подверженных мерзлотным деформациям) и грунтах всех типов в открытую траншею. В кабельной канализации, трубках, блоках, по мостам и эстакадам. В тоннелях и коллекторах в исполнении, не распространяющем горения.

В таблице 3.4 приведены механические характеристики кабеля СКО-ОПС-008Е04-04-М2.

**Таблица 3.4.** Механические характеристики

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование характеристики | Значение |
| Количество оптических волокон в кабеле | 2 – 48 |
| Количество оптических волокон в модуле | 8 – 12 |
| Количество модулей в кабеле | 1 – 4 |
| Количество элементов в повиве сердечника | 4 |
| Номинальный наружный диаметр кабеля, мм | 11,8 – 14,0 |
| Масса кабеля, кг/км | 261 – 340 |
| Минимальный радиус изгиба, мм | 230 – 280 |
| Стойкость к продольному растяжению, кН | 7,0 – 9,0 |
| Стойкость к раздавливающим усилиям, кН/см | 0,5 – 1,0 |
| Стойкость к ударам, Дж | 30 |
| Температурный диапазон при эксплуатации, 0С | -60 … +70 |
| Температурный диапазон при прокладке, 0С | -10 … +50 |

На рисунке 3.6 показано поперечное сечение оптического кабеля марки СКО-ОПС-008Е04-04-М2.

**Дополнительные технические характеристики.**

Толщина наружной оболочки кабеля должна быть не менее 2,0 мм. Толщина внутренней оболочки кабеля должна быть не менее 0,6 мм. Номинальный диаметр служебных жил – 1,2 мм. Толщина изоляции служебных жил не менее 0,3 мм.

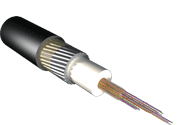
Кабель марки СКО-ОПС-008Е04-04-М2 должен быть стойким:

* к динамической растягивающей нагрузке, величина которой должна быть не менее чем на 15% больше величины статической нагрузки;
* к 10 перемоткам с барабана на барабан с радиусом шейки, равным 20 номинальным наружным диаметрам кабеля, в нормальных климатических условиях;
* к воздействию осевых кручений на угол на длине 4,0 м. Количество осевых кручений – 10;
* к воздействию вибрационных нагрузок частотой от 10 до 200 Гц при ускорении не менее 40 м/с2;
* к воздействию одиночных ударов с начальной энергией не менее 30 Дж;
* к избыточному гидростатическому давлению 9,8 кПа;
* к воздействию повышенной относительной влажности до 98% при температуре до +350;
* к воздействию пониженного атмосферного давления до (400 мм рт.ст.);
* к воздействию атмосферных осадков, плесневых грибов, росы, инея, соляного тумана, солнечного излучения.

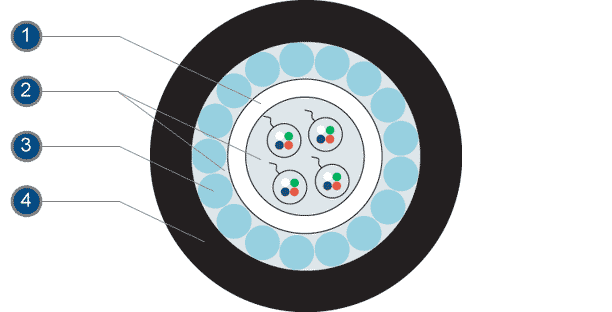
Электрическое сопротивление изоляции цепей «ЦСЭ-жила», «жила-жила», «жила-оболочка», «оболочка-броня» на длине 1 км должна быть не менее 10 000 Мом. Электрическое сопротивление медных жил на длине 1 км должно быть не более 1 Ом при температуре 200С. Внешняя оболочка кабеля должна выдерживать испытание номинальным напряжением, приложенным между металлической броней и водой (землей), 10 кВт амплитудного значения переменного тока частотой 50 Гц или 20 кВ постоянного тока в течении 5 секунд. Кабель без медных жил должен выдерживать воздействие импульсного тока растекания длительностью 60 мкс и величиной 105 кА.

**Указания по монтажу.**  Кабель может прокладываться ручным или механизированным способом при температуре не ниже 100С. При прокладке и монтаже кабеля не должен быть превышены допустимые растягивающие и раздавливающие нагрузки.

Минимальная температура разделки и монтажа кабеля должна быть не ниже -100С. При монтаже кабеля минимальный радиус изгиба ОВ – 3 мм, на время не более 10 минут. Разделка и монтаж кабеля должны проводиться способами и инструментами, исключающими его повреждение. Срок службы кабелей, включая срок хранения, при соблюдении указаний по монтажу и эксплуатации и при отсутствии воздействий, превышающих указанные выше, не менее 25 лет. Срок хранения кабелей в упаковке поставщика в отапливаемых помещениях 25 лет, в полевых условиях под навесом – не менее 10 лет.



**Рис. 3.5.** Конструкция оптического кабеля марки ОПС



**Рис. 3.6**. Поперечное сечение оптического кабеля марки СКО-ОПС-008Е04-04-М2

1. ПБТ-ПА трубка со свободно уложенными оптическими волокнами (волокнами в пучках) и гидрофобным гелем;
2. Межмодульный гидрофобный заполнитель;
3. Армирование круглыми стальными оцинкованными провоками;
4. Наружная черная ПЭ оболочка с маркировкой. Для кабелей в негорючем исполнении оболочка из материала, не распространяющего горение.

**Характеристики кабеля марки СКО-ОПТ-002Е04-04-М2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| opt  **Рис. 3.7.** Поперечное сечение оптического кабеля марки СКО-ОПТ-002Е04-04-М2   1. Одно- или двухслойная полимерная центральная трубка со свободно уложенными оптическими волокнами или пучками волокон и гидрофобным гелем 2. Диэлектрический силовой элемент 3. Наружная оболочка из полиэтилена высокой плотности   **Таблица 3.5.** Технические характеристики   |  |  | | --- | --- | | Количество оптических волокон в кабеле | 2—48 | | Диаметр кабеля, мм | 8—15 | | Масса кабеля, кг/км | 60—100 | | Минимальный радиус изгиба, мм | 120—225 | | Стойкость к продольному растяжению, кН | 1,5—6 | | Стойкость к раздавливающим усилиям, кН/см | 0,4—1,0 | | Стойкость к удару, Дж | 30 | | Температурный диапазон  — эксплуатация, ° С  — прокладка, °С | от минус 60 до плюс 70  от минус 15 до плюс 50 |   **Применение**  Экономичный кабель для сетей доступа, сетей кабельного телевидения, локальных вычислительных сетей, решения задач «последней мили». Монтируется методом подвески на опорах линий электропередач, контактной сети железных дорог, городского электротранспорта, между зданиями и сооружениями или методом прокладки в кабельной канализации (включая метод пневмопрокладки), а также, внутри зданий по стенам, в вертикальных и горизонтальных кабелепроводах и по кабельростам, в тоннелях и коллекторах. |  |

**4. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ**

**4.1. Выбор аппаратуры**

Сегодня, по крайней мере, одиннадцать производителей объявили о наличии у них продуктов PON, в той или иной мере доступных. Среди них – Alcatel, Lucent, Marconi и Fujitsu. Однако наибольшее внимание к себе привлекли две новые компании - UTStarcom и Terawave.

В связи с возросшим интересом к технологии, специалисты компании OlenCom Electronics московского представительства компании-производителя UTStarcom представили последние разработки компании в этой области – концентратор EPON BBS 1000, который поддерживает до 8 интерфейсов, каждый из которых способен передавать трафик со скоростью 1 Гбит/с, распределяющийся между 64 терминальными устройствами. Таким образом, небольшой концентратор в корпусе 1U может обслуживать максимально до 512 абонентов, и, совместно с оптическим терминальным оборудованием UTStarcom серии ONU, является завершенным решением для организации сетей доступа на базе технологии Ethernet с гигабитной пропускной способностью на участке последней мили.

Обеспечение разнообразными сервисами большого числа абонентов, низкая цена на оборудование, а также невысокие затраты, необходимые для развертывания сети на базе технологии EPON, делают BBS 1000 великолепным решением для организации доступа на участке последней мили.

**4.2. Описание аппаратуры**

**4.2.1. BBS 1000, концентратор EPON**

BBS 1000+ - это компактное  высокопроизводительное устройство, предназначенное для построения оптических сетей доступа на базе технологии EPON. Данный концентратор совместно с оптическим терминальным оборудованием [UTStarcom ONU 100](http://www.olencom.net/index.cfm?id=541) является завершенным решением для организации сетей доступа на базе технологии Ethernet с гигабитной пропускной способностью на участке последней мили.

Это решение может успешно использоваться как для построения кампусных и корпоративных сетей, так и для предоставления услуг индивидуальным абонентам частного сектора.

Объединяя экономические выгоды от технологии EPON с возможностью коммутации второго и третьего уровней, а также функциональностью маршрутизатора, BBS 1000+ является оптимальной транспортной платформой для одновременной передачи голоса, видео, данных и других сервисов, для которых необходима высокая пропускная способность.

BBS 1000+ поддерживает до 8 PON интерфейсов. Каждый PON интерфейс способен передавать трафик со скоростью 1.25 Гбит/с, который может распределяться между 64 терминальными устройствами. Таким образом, небольшой концентратор  в корпусе 1U может обслуживать максимально до 512 абонентов.

Обеспечение разнообразными сервисами большого числа абонентов, низкая цена на оборудование, а также невысокие затраты, необходимые для развертывания сети на базе технологии EPON, делают BBS 1000+ великолепным альтернативным решением для организации доступа на отрезке последней мили.

Встроенные механизмы качества обслуживания (QoS) оборудования BBS 1000+ позволяют операторам связи превышать установленную полосу пропускания, но в то же время выделяя и давая приоритеты трафику, для которого задержки неприемлемы. Данная услуга основана на индивидуализированном соглашени об уровне обслуживания (SLA). Динамическое распределение полосы пропускания позволяет операторам связи тарифицировать переданный трафик отрезками в 1 Мбит/с.

Поддержка протокола IGMP предусматривает управление широковещательными сервисами и гарантирует эффективное использование сетевой инфраструктуры для услуг, связанных с передачей видео.

Удаленная диагностика, гибкое управление и реконфигурация платформы BBS 1000+ возможны благодаря богатому набору встроенных функций технического обслуживания и управления (O&M).

**Преимущества:**

* Cisco-подобный интерфейс управления;
* EPON на базе стандарта IEEE 802.3 ah;
* Древовидная структура, поддерживающая до 64 подключений;
* Дальность передачи до 20 км для 32 подключений и 10 кс для 64 подключений;
* До 512 терминальных устройств обслуживаются одним компактным концентратором;
* Расширенные функции L2/L3 коммутации;
* Динамическое распределение полосы пропускания;
* Индивидуализированная тарификация в зависимости от соглашения об уровне обслуживания;
* Поддержка протокола  IGMP Snooping  для услуг, связанных с передачей широкополосного видео;
* Удаленное управление;
* Расширенные функции безопасности.

**Интерфейсы:**

* Архитектура – 2 слота для заменяемых в режиме горячей замены модулей станционного оборудования;
* Консольный порт - порт DB9/RS-232 Craft интерфейс;
* Управление по LAN – 1 порт RG-45 Fast Ethernet;
* Uplink порт – 4 порта 1000-X SFP Gigabit Ethernet.

**Параметры OLT модуля:**

* Количество портов станционного оборудования – 4 порта на один модуль/8 портов на корзину;
* Соответствие стандартам – IEEE 802.3ah, VCCI, UL и FCC part 15B;
* Оптоволокно – одномодовое;
* Разъём – SC;
* Разделение потока от PON интерфейса – до 32 ответвлений;
* Скорость передачи – симметричные восходящий и нисходящий потоки по 1 Гбит/с;
* Оптический бюджет – 29 дБ;
* Длины волн – передача (Tx): 1490 нм, приём (Rx): 1310нм.

**Функции коммутации второго уровня**

Неблокируемая архитектура коммутации:

* Гибкое определение адресов VCCI, UL & FCC part 15B;
* Layer 2 IGMP snooping;
* VLAN 802.1 p & q;
* IEEE 802.3ad link aggregation;
* Зеркалирование пакетов входного/выходного портов;
* Пакетная буферизация и расширенный контроль потока.

**Функции маршрутизации третьего уровня (опционально)**

Протоколы: TCP/IP, ICMP, ARP, Proxy ARP, OSPF v2, BGP-4, RIPv2, PIM-DM, PIM-SM, IGMPv2.

**Встроенные механизмы качества обслуживания (QoS)**

* До 8 CoS очередей на каждого абонента;
* 802.1q & q;
* IPv4 TOS приоритетность;
* Лимитирование выходной полосы пропускания;
* Динамическое распределение полосы пропускания (DBA).

**Безопасность –** список доступа (ACL).

**Авторизация –** IEEE 802.1x/Radius.

**Система управления**

* FTP, SNMP v1 & v2c, DHCP, Telnet, консольный интерфейс с CLI, Cisco подобный CLT;
* In-Band/Out-of-band управление;
* Автоопределение ONUs;
* Мониторинг среды передачи;
* Полная поддержка FCAPS.

**Физические параметры**

Габариты (мм): 43,6 х 482,6 х 420 (В х Ш х Г)

Вес: 6,3 кг.

**Электропитание**

* Постоянный ток: -48 Вольт
* Переменный ток: 100/220 Вольт.

**Энергопотребление**

* При полной загрузке (2 станционных модуля) – максимум 70 Ватт, в среднем 50 Ватт.

**4.2.2. ONU 100, терминальное устройство EPON**

ONU 100 - это бюджетное терминальное устройство, предназначенное для построения оптических сетей доступа на базе технологии EPON. Данное терминальное оборудование совместно с оптическим концентратором [UTStarcom BBS 1000](http://www.olencom.net/index.cfm?id=537) являются завершенным решением для организации сетей доступа на базе технологии Ethernet с гигабитной пропускной способностью на отрезке последней мили.

Это решение может успешно использоваться как для построения кампусных и корпоративных сетей, так и для предоставления услуг индивидуальным абонентам частного сектора.

Объединяя экономические выгоды от технологии EPON с возможностью коммутации второго и третьего уровней, а также функциональностью маршрутизатора, данное оборудование очень хорошо подходит для единой передачи голоса, видео, данных и других сервисов, для которых необходима высокая пропускная способность.

**Особенности:**

* Полная поддержка стандарта IEEE 802.3ah;
* Высокоскоростной интерфейс PON: симметричный поток 1 Гбит/с для передачи данных, VoIP и видео сервисов;
* Автоматическая установка ("Plug-and-play")  через автоматическое обнаружение и конфигурацию;
* Расширенные механизмы качества обслуживания  (QoS), позволяющие тарифицировать с поддержкой SLA;
* Поддержка контрольного списка доступа (ACL);
* Удаленное управление с помощью расширенных OAM функций.

**Оптические характеристики**

* Оптоволокно **–** одномодовое;
* Разъём – SC;
* Разделение потока от PON интерфейса – до 32 ответвлений;
* Скорость передачи – симметричные восходящий и нисходящий потоки по 1 Гбит/с;
* Оптический бюджет – 27 дБ;
* Длины волн - передача (Tx): 1310 нм, приём (Rx): 1490нм.

**Соответствие стандартам:** IEEE 802.3ah

**Авторизация пользователя:** IEEE 802.1X

**Встроенные механизмы качества обслуживания** **(QoS):** IEEE 802.1p IPv4, TOS приоритетность

**Система управления**

* Telnet, консольный интерфейс с CLI;
* Возможность удалённого обновления программного обеспечения

**Сертификаты соответствия:** VCCI, UL and FCC part 15B

**Передняя панель:** Светодиоды (LEDs), Электропитание (Power), Сигнализация (Alarm), Состояние LAN интерфейса (LAN Link Status), Состояние Интерфейса PON (PON Link Status).

**Задняя панель:** 1разъём для электропитания, 1 разъём типа SC интерфейса EPON, 1 разъём типа RF-45 интерфейса Fast Ethernet.

**Физические и электрические параметры**

* Габариты (мм): 36 х 220 х 154 (В х Ш х Г)(стенной монтаж)
* Вес: 280г

**Электропитание**

* Напряжение **–** 12 Вольт постоянного тока
* Мощность – максимум 5 Ватт, в среднем 4 Ватта

**Внешние условия**

* Температура – 0-40
* Относительная влажность: 5%-95%.

**4.2.3. Сплиттеры**

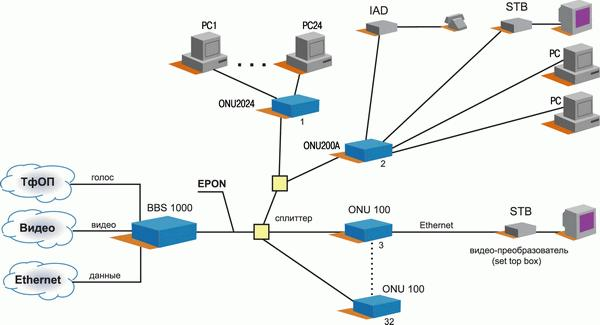
Разветвители – пассивные оптические компоненты, которые используются для разделения сигнала, поступившего во входное волокно, на два или несколько выходных волокон. Входной сигнал разделяется между выходными волокнами поровну. В обратном направлении разветвитель объединяет два или несколько входных сигналов в одно выходное волокно. Число портов разветвителя принято обозначать отношением 1:N, которое называют коэффициентом разветвления.

Выпускаются разветвители, оконцованные с одной (разветвители с пигтейлами) или с двух сторон. Разветвители с пигтейлами могут монтироваться на направляющих для сростков в соединительной муфте, патч-панели или оптическом распределителе. Разветвители, оконцованные с обеих сторон, предназначены для монтажа в распределительных блоках.

В промежуточных узлах ветвления кабельной инфраструктуры сети PON устанавливаются компактные, полностью пассивные оптические разветвители (сплиттеры), не требующие питания и обслуживания. Сплиттер может разделять мощность в любых пропорциях (вносимое затухание зависит от пропорции деления).

Конструктивно сплиттер выполнен  в конструктиве высотой 1U для размещения в 19" стойке, либо как настольное устройство.

За счет оптимизации размещения сплиттеров может достигаться значительная экономия оптических волокон и снижение стоимости кабельной инфраструктуры.



**Рис. 4.1.** Схема применения на базе EPON

Патч-панели или распределительные панели – это устройства для подключения волоконно-оптических кабелей и создания кросс-соединений между их волокнами. Распределительные панели обычно монтируются в 19" шкафу. Патч-панель содержит кабельные вводы, направляющие для волокон и коммутационное поле для подключения оборудования и создания кросс-соединений. Защищенные сростки волокон размещаются и фиксируются в направляющих. Коммутационное поле состоит из адаптеров, к которым внутри панели подключаются коннекторы пигтейлов. Патч-панели часто имеют специальное место для хранения излишних длин соединительных шнуров.

Емкость патч-панели, монтируемой в 19" шкафу, обычно составляет 24 коннектора.

Оптические патч-панели монтируются в шкафы в помещении распределителя. Панели могут располагаться в отдельном шкафу с коммутационным оборудованием или в одном шкафу с активным передающим оборудованием. В больших распределителях, таких как кампусные распределители или оптические распределители сети связи общего пользования, патч-панели должны располагаться в отдельных шкафах. При выборе шкафа необходимо принимать во внимание удобство доступа к волокнам и возможность расширения сети. Шкафы не обязательно должны иметь размер 19”. Во многих случаях хорошим решением является использование шкафа, конструкция которого специально разработана для подключения оптических волокон и создания соединений между ними. В таких шкафах удобство доступа к волокнам и возможность расширения сети уже учтены в конструкции. Эти шкафы отличаются от стандартных 19” шкафов. В них вместо патч-панелей используются специальные коммутационные блоки, в которые устанавливаются адаптеры.

При выборе распределительной коробки, патч-панели или распределительного шкафа необходимо принимать во внимание:

1. простоту конструкции,

2. наличие крепления подключаемых кабелей и заземления (если требуется),

3. удобство обслуживания и внесения изменений в структуру сети,

4. возможность расширения сети,

5. удобство доступа к волокнам и кабелям, когда их число приближается к максимальной емкости распределительного устройства,

6. возможность блокирования доступа (если требуется),

7. совместимость с конкретными коннекторами.

**5. РАСЧЁТ БЮДЖЕТА МОЩНОСТИ**

**5.1. Затухание сигнала**

Под затуханием сигнала понимают уменьшение его оптической мощности при распространении по оптическому волокну. Затухание измеряется в дБ/км. На затухание света в волокне в основном влияют такие факторы как потери на поглощение и потери на рассеивание. Поглощение в оптическом волокне может быть собственным и примесным. Собственное поглощение обусловлено поглощением кварца в инфракрасной (ИК) и ультрафиолетовой (УФ) областях спектра, а примесное - наличием примесей в волокне. Среди примесей, вызывающих наибольшее затухание, выделяют ионы OH (гидроксильные группы). Из-за малых (микроскопических) изменений плотности и, следовательно, изменений показателя преломления материала волокна свет, распространяющийся в определенном направлении, может распределяться (рассеиваться) в разных направлениях, в том числе и в обратном. Это приводит к появлению рассеянного излучения и, следовательно, к потерям. Даже при отсутствии затухания за счет поглощения в волокне всегда будет присутствовать затухание, обусловленное рэлеевским рассеянием, которое составляет приблизительно 0,16 дБ/км на длине волны 1550 нм. Зависимость затухания от длины волны для плавленого кварца приведена на рис. 5.1.

1,0

1,2

1,4

1,6

1,8

Длина волны, мкм

0,8

1,0

2,0

3,0

Коэффициент затухания, дБ/км

850 нм

1310 нм

1550 нм

Водяной пик

0,0

**Рис. 5.1.** Зависимость коэффициента затухания кварцевого волокна от длины волны и используемые окна прозрачности.

Как видно из рис. 5.1., величина затухания минимальна в диапазоне длин волн 800...1700 нм. Поглощение в УФ области на более коротких длинах волн и в ИК на более длинных резко увеличивают затухание.

В системах связи используются три диапазона длин волн или так называемые окна прозрачности:

* Окно прозрачности 850 нм
* Окно прозрачности 1300/1310 нм
* Окно прозрачности 1550 нм

Рабочие окна для многомодовых волокон 850 и 1300 нм, для одномодовых – 1310 и 1550 нм. Одномодовые волокна с низким водяным пиком (ITU-T G.652.D) могут использоваться также при работе на длинах волн в интервале между 1310 и 1550 нм, одномодовые волокна с ненулевой смещенной дисперсией (ITU-T G.656) - на длинах волн L-диапазона (свыше 1550 нм). L-диапазон также показан на рис. 5.1. Области длин волн, на которых могут использоваться одномодовые волокна, поделены еще более плотно на следующие диапазоны:

O-диапазон: 1260 …1360 нм

E- диапазон: 1360 …1460 нм

S- диапазон : 1460 …1530 нм

C- диапазон: 1530 …1565 нм

L- диапазон: 1565 …1625 нм

(U- диапазон: 1625 …1675 нм)

Пик затухания, обусловленный наличием гидроксильных групп, находится между окнами 1310 нм и 1550 нм и называется водяным пиком. У одномодового волокна с низким водяным пиком (LWP) значение затухания на пике так мало, что это волокно может использоваться даже на длинах волн, соответствующих водяному пику. В соответствии с рекомендациями ITU-T G.652.D значение затухания на длине волны 1383 нм такое же или даже ниже, чем нормированное значение для длины волны 1310 нм.

Кривая затухания для одномодового волокна с низким водяным пиком представлена на рис. 5.2., где также показаны O, E, S, C и L - диапазоны.

0,0

0,1

0,2

0,3

0,4

0,5

0,6

0,7

1300

1400

1500

1600

Водяной пик, характерный

для плавленого кварца

Водяной пик

отсутствует

Длина волны, нм

Коэффициент затухания, дБ/км

O-окно

E-окно

S-окно

C-окно

L-окно

**Рис. 5.2.** Зависимость коэффициента затухания одномодового волокна с низким водяным пиком (ITU-T G.652.D) от длины волны.

Дополнительное затухание может быть вызвано макроизгибами (с радиусом изгиба >> 1 мм) и микроизгибами (с радиусом изгиба < 1 мм), а также радиоактивным излучением. Эти факторы, приводящие к дополнительному ослаблению сигнала, должны быть минимизированы или полностью исключены при разработке конструкции кабеля и при последующей его прокладке и монтаже.

**5.2. Расчеты затухания**

Выбор системы передачи определяет максимально допустимое затухание между передатчиком и приемником. Так называемый бюджет затухания представляет собой сумму всех потерь, которые возникают на участке оптической сети доступа между передатчиком и приемником. Рассмотрим следующие источники потерь:

* Полное затухание в оптическом волокне. Оно зависит от коэффициента затухания волокна (дБ/км) на определенной длине волны и от его полной длины (км)
* Полные потери в сростках. Они зависят от потерь в каждом сростке (дБ) и от их общего количества.
* Полные потери в соединителях. Они зависят от потерь в каждом соединителе (дБ) и от их общего количества.
* Потери в разветвителях волокон (например, в пассивных оптических сетях (PON) или в сетях кабельного телевидения). Эти потери зависят от коэффициента разветвления и возрастают примерно на 3,5 дБ каждый раз, когда сигнал делится пополам.

Из всего вышесказанного следует, что максимально допустимые потери или бюджет затухания не могут превышать некоторой величины. Следовательно, и длина линии, и коэффициент разветвления также ограничиваются бюджетом затухания. Следует заметить, что в пассивной оптической сети потери разветвления часто имеют значительную величину и могут превышать половину бюджета затухания.

Другой фактор, ограничивающий длину оптической линии связи и максимальную скорость передачи - это дисперсия. Однако при расчете допустимого расстояния для системы передачи в оптической сети доступа обычно учитывают только бюджет затухания, т.к. именно затухание, а не дисперсия является главным ограничивающим фактором.

Необходимо проводить расчеты полного затухания для каждого отдельного волокна (линии) и сравнивать результаты с максимально допустимым затуханием. Эти расчеты проводятся на стадии проектирования оптической сети доступа.

* 1. **Расчёт затухания для максимально отдалённого дома**

**Таблица 5.1.** Расчёт затухания

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчёты затухания  Тип волокна: G.652 ITU-T D | | Единица измерения | Длина волны, нм | |
| 1310 | 1550 |
| 1 | Коэффициент затухания волокна | дБ/км | 0,40 | 0,25 |
| 2 | Хроматическая дисперсия | пс/нм км | 3,50 | 18,0 |
| 3 | Длина линии | км | 5,5 | 5,5 |
| 4 | Вносимое волокном затухание | дБ | 2,20 | 1,4 |
| 5 | Средние потери в сростке | дБ | 0,05 | 0,05 |
| 6 | Количество сростков | шт. | 4 | 4 |
| 7 | Суммарные потери в сростках | дБ | 0,20 | 0,20 |
| 8 | Потери в сростках при ремонте | дБ | 1,0 | 1,0 |
| 9 | Эксплуатационный запас | дБ | 3,0 | 3,0 |
| 10 | Средние потери в соединителях | дБ | 0,30 | 0,30 |
| 11 | Количество соединителей | шт. | 4 | 4 |
| 12 | Суммарные потери в соединителях | дБ | 1,20 | 1,20 |
| 13 | Потери разветвления 1: 32 | дБ | 17,5 | 17,5 |
| 14 | Общие потери в линии связи | дБ | 25,1 | 24,3 |
| 15 | Допустимые потери | дБ | 26,0 | 24,5 |
| 16 | Остаточный запас по затуханию | дБ | 0,9 | 0,2 |

Затухание, вносимое волокном (Звв) – это произведение коэффициента затухания волокна (Кзв) на длину линии (L):

*Звв = Кзв \* L, (дБ)* (5.3.1)

Суммарные потери в сростках/соединителях (Ssr/Ss) – это произведение количества сростков/соединителей (Nsr/Ns) на средние потери в сростках/соединителях (Psr/Ps):

*Ssr = Nsr \* Psr, (дБ)* (5.3.2)

**Глава 3. Разработка структурной схемы проектируемой сети.**

**3.1 Выбор топологии сети доступа.**

Наиболее перспективными технологиями доступа являются технологии на основе оптических сетей, т.к. они обеспечивают максимальную пропускную способность.

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

"Кольцо"

Кольцевая топология на основе SDH положительно зарекомендовала себя в городских телекоммуникационных сетях. Однако в сетях доступа не все обстоит также хорошо. Если при построении городской магистрали расположение узлов планируется на этапе проектирования, то в сетях доступа нельзя заранее знать где, когда и сколько абонентских узлов будет установлено. При случайном территориальном и временном подключении пользователей кольцевая топология может превратится в сильно изломанное кольцо со множеством ответвлений, подключение новых абонентов осуществляется путем разрыва кольца и вставки дополнительных сегментов. На практике часто такие петли совмещаются в одном кабеле, что приводит к появлению колец, похожих больше на ломаную – “сжатых” колец (collapsed rings), что значительно снижает надежность сети. Фактически главное преимущество кольцевой топологии сводится к минимуму.



Рис. 3.1. Топология кольцо.

"Точка-точка" (P2P)

Топология P2P не накладывает ограничения на используемую сетевую технологию. P2P может быть реализована как для любого сетевого стандарта, так и для нестандартных (proprietary) решений, например, использующих оптические модемы. С точки зрения безопасности и защиты передаваемой информации, при соединении P2P обеспечивается максимальная защищенность абонентских узлов. Поскольку ОК нужно прокладывать индивидуально до абонента, этот подход является наиболее дорогим и привлекателен в основном для крупных абонентов.



Рис. 3.2 Топология точка-точка.

"Дерево с активными узлами"

Дерево с активными узлами – это экономичное с точки зрения использования волокна решение. Это решение хорошо вписывается в рамки стандарта Ethernet с иерархией по скоростям от центрального узла к абонентам 1000/100/10 Мбит/с (1000Base-LX, 100Base-FX, 10Base-FL). Однако в каждом узле дерева обязательно должно находиться активное устройство (применительно к IP-сетям, коммутатор или маршрутизатор). Оптические сети доступа Ethernet, преимущественно использующие данную топологию, относительно недороги. К основному недостатку следует отнести наличие на промежуточных узлах активных устройств, требующих индивидуального питания.



Рис. 3.3. Топология «дерево с активными узлами».

"Дерево с пассивным оптическим разветвлением PON (P2MP)"

Решения на основе архитектуры PON используют логическую топологии "точка-многоточка" P2MP (point-to-multipoint) , которая положена в основу технологии PON, к одному порту центрального узла можно подключать целый волоконно-оптический сегмент древовидной архитектуры, охватывающий десятки абонентов. При этом в промежуточных узлах дерева устанавливаются компактные, полностью пассивные оптические разветвители (сплиттеры), не требующие питания и обслуживания.

Общеизвестно, что PON позволяет экономить на кабельной инфраструктуре, за счет сокращения суммарной протяженности оптических волокон, т.к. на участке от центрального узла до разветвителя используется всего одно волокно. В меньшей степени обращают внимание на другой источник экономии – сокращение числа оптических передатчиков и приемников в центральном узле. Между тем экономия о второго фактора в некоторых случаях оказывается даже более существенной. Так по оценкам компании NTT конфигурация PON с разветвителем в центральном офисе в непосредственной близости к центральному узлу оказывается экономичнее, чем сеть точка-точка, хотя сокращение длины оптического волокна практически нет!



Рис. 3.4. Топология «дерево с пассивными оптическими узлами».

Выбор транспортной технологии.

Технология SDH.

ЦСП-SDH представляет собой набор стандартизованных информационных структур, предназначенных для транспортировки сигналов по сети электросвязи. Главным из них является синхронный транспортный модуль N-гo порядка STM-N. Пропускная способность ЦСП-SDH определяется используемым уровнем иерархии SDH и, соответственно, STM. В табл.3.1 приведены значения скорости передачи В, количество первичных цифровых потоков Е1 (Л/Е1) и основных цифровых каналов (N/оцк) для разных уровней STM (значения В и N/оцк округлены).

На основе рассмотренных технологий приведём структуру сети связи.

Город разбит на районы, каждый из которых обслуживается одним OLT. Районы подключаются к центральной станции по топологии кольцо. Данный способ увеличивает надёжность сети. Район делится на участки. Каждый участок обслуживается одним портом GPON, т.е. на район отводится оптический сплиттер, от которого до каждого дома прокладывается оптический кабель. Для увеличения надёжности, районная сеть построена по топологии точка-точка с резервированием. Для этого используются оптические сплиттеры 2xN.



Рис. 3.5.Структура проектируемый сети связи г. Вахдат.

В этом случая на один участок отводится два порта GPON (при этом один порт GPON - резервный, при пропадании оптического сигнала на одном входе сплиттера, система автоматически переключает порт с основного на резервный). Связь между центральным коммутатором и OLT осуществляется по технологии 10 GEthernet. При увеличении трафика, в будущем, районы разбиваются на более мелкие. При нехватки волокон возможно использование технологии CWDM и в дальнейшем DWDM. Так же предусмотрена возможность подключения абонентов непосредственно волоконно-оптическим кабелем. Центр обработки данных (ЦОД) находится на центральной станции.

Структурная схема центрального узла связи.

Центральный узел связи состоит из магистрального коммутатора, OLT, оборудования цифрового телевидения, SoftSwitch, шлюза в ТфОП, маршрутизатора, обеспечивающего доступ к сети internet и систем обеспечивающих управления и контроль доступа. Все компоненты подключаются к магистральному коммутатору, по интерфейсу Ethernet.



Рис. 3.6. Структурная схема центрального узла связи

**3.2 Оборудование сетей GPON.**

Оборудование для построения сети доступа.

В качестве оборудования GPON выбрано семейство Surpass hix 57xx фирмы Siemens:

Концентратор GPON (OLT) SURPASS hiX 5750 поддерживает до 56 интерфейсов GPON.

Абонентский терминал SURPASS hiX 5701 ESFU – предназначен для индивидуальных абонентов, имеет один порт 10/100/1000 baseT, RJ-45;

Абонентский терминал SURPASS hiX 5703 SFU – предназначен для индивидуальных абонентов, имеет два порта 10/100/1000 baseT, RJ-45 и 4 аналоговых телефонных.

Абонентский терминал SURPASS hiX 5705 MTU – предназначен для корпоративных клиентов, имеет один порт 10/100/1000 baseT, RJ-45, 8 аналоговых телефонных, 2 порта E1.

Абонентский терминал SURPASS hiX 5709 MDU – предназначен для многоквартирных домов, размещает в себе 4 модуля:

* Модуль: 8 POTS, 4 10/100 BaseT;
* Модуль: 12 VDSL2;
* Модуль: 24 POTS;
* Модуль: 24x10/100 BaseT;
* Модуль: 8x10/100 BaseT;

Абонентский терминал G25A – предназначен для установки внутри помещений индивидуальных абонентов, имеет четыре порта 10/100 baseT, RJ-45, 2 аналоговых телефонных и один коаксиальный RF CATV (47 – 860 МГц).

Оборудование цифрового телевидение и видео по запросу.

Приёмник-декодер Codico CID-3100 – принимает спутниковые каналы, и передаёт их на IP-шлюз по интерфейсу ASI. Позволяет дескремблировать цифровые телевизионные каналы. Имеет встроенный DVB-дескремблер.

Шлюз DVB IP IVG-7100 – преобразовывает цифровые каналы в IP-пакеты. Может изменять битовую скорость до 32 программ.

Видеосервер VOD MediaBase XMP. Использует стандарты MPEG-2 и MPEG-4. Скорости цифровых потоков от 64 кбит/с до 19,4 Мбит/с.

STB приёмники:

AmiNET 103 – абонентский приёмник IPTV. Имеет входной интерфейс 10/100 T. Декодирует MPEG-2.

AmiNET 124 – абонентский приёмник IPTV. Имеет входной интерфейс 10/100 T. Декодирует MPEG-2 и MPEG-4.

Сетевое оборудование.

Модульный коммутатор DES 6500 фирмы D-Link. Имеет 8 слотов расширения для модулей:

24 порта Fast Ethernet

12 портов GE Ethernet

2 порта 10GE.