СОДЕРЖАНИЕ

Введение…… 6
1 Технология построения FTTx сетей …… ……..…….. 8
1.1 Технология PON ……9
1.2 Технология Ethernet…..……...15
2 Услуги Triple play…….……17
3 Состав и структура сети……...18
4 Оборудование линейной части …… . .21
4.1 Оптический кабель…….....22
4.2 Оптические муфты……....24
4.3 Оптические разветвители…….…….26
4.4 Оптические передатчики и приемники……29
5 Строительство линейной части ……31
5.1 Волокно……..……..31
5.2 Шкаф наружной установки……....32
5.3 Сращивание волокон……..33
6 Тестирование…….…….36
6.1 Тестирование в процессе строительства… ……..36
6.2 Снятие характеристик линии с использованием рефлектометра……..….52
7 Устранение неисправности в сети……..……..55
8 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности ..……...……60
8.1 Безопасность при работе с оптическим кабелем……..61
9 Заключение……66
10 Список литературы……68

ВВЕДЕНИЕ

Многие компании стали постепенно переходить к использованию технологии FTTx в качестве основной для предоставления услуг в области доступа к сети Интернет. Теперь это уже не так сложно и дорого, как было несколько лет назад. Именно поэтому на рынке активно продвигается соответствующий продукт.

Использование технологии FTTx предполагает привлечение волоконно-оптических решений для построения широкополосных сетей. Стоит описать, что подразумевается под этим новым понятием. FTTx – это термин, при помощи которого описывается общий подход к формированию кабельной сетевой инфраструктуры, в которой от узла связи до конкретного места, обозначаемого как «x», доходит оптика, а далее, непосредственно до абонентов, прокладывается медный кабель. Вполне реально проложить оптику и непосредственно к абонентскому устройству. По большому счету использование технологии FTTx предполагает только физический уровень. Но под данным понятием скрывается и большое число технологий сетевого и канального уровня. Широкополосный доступ позволяет предоставлять огромное количество новых услуг.

На данный момент в качестве основного двигателя рынка FTTx называется массовый спрос на широкополосный доступ, а его очень сложно обеспечить, если использовать только ADSL. Оптические решения стали все активнее внедрять в крупных городах, и тут четко прослеживается тенденция к слиянию мелких операторов с более крупными, которые работают в федеральном масштабе. Технологии FTTx весьма активно используются в поселках, в которых инфраструктура изначально строилась на базе оптического тракта.

Развитие рынка FTTx на российский территории зависит не только от спроса на качественный контент, но и от числа крупных строительных проектов, а также обострения конкуренции среди поставщиков услуг широкополосного доступа. Благодаря динамическому строительству многоквартирных домов прокладка FTTx сетей становится очень быстрой и оправданной в экономическом плане, а конкуренция делает так, что стоимость доступа к Интернету становится все ниже.

Несколько лет назад внимание операторов было направлено на корпоративного потребителя, а теперь все чаще рассматриваются обычные абоненты.

1 ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ FTTH СЕТЕЙ

Fiber To The X (Оптическое волокно до…) — понятие, описывающее общий подход к организации кабельной инфраструктуры сети доступа, в которой от узла связи до определённого места (точка «x») доходит оптоволокно, а далее, до абонента, — медный кабель (возможен и вариант, при котором оптика прокладывается непосредственно до абонентского устройства).

Таким образом, FTTx — это только физический уровень. Однако фактически данное понятие охватывает и большое число технологий канального и сетевого уровня. С широкой полосой систем FTTx неразрывно связана возможность предоставления большого числа новых услуг.

В семейство FTTx входят различные виды архитектур:

FTTN (Fiber to the Node) — волокно до сетевого узла;

FTTC (Fiber to the Curb) — волокно до микрорайона, квартала или группы домов;

FTTB (Fiber to the Building) — волокно до здания;

FTTH (Fiber to the Home) — волокно до жилища (квартиры или отдельного коттеджа).

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

Очевидно, что запланированный набор услуг и необходимая для их предоставления полоса пропускания имеют самое непосредственное влияние на выбор технологии FTTx. Чем выше скорость доступа и чем больше набор услуг, тем ближе к терминалу должна подходить оптика, а именно нужно использовать технологии FTTH.

Однозначно в пользу решений FTTH выступают эксперты, Они сравнивают продолжительность жизненного цикла инвестиций в любую технологию доступа и коррелированный рост требований к пропускной способности каналов доступа. Проведенный анализ показывает, что если технические решения, которые закладываются в основу сегмента доступа сети сегодня, окажутся неспособными

обеспечить скорость 100 Мбит/с в 2013—2015 годах, то моральное устаревание оборудования произойдет до окончания инвестиционного цикла. Оператор должен обязательно учитывать эти данные, иначе он рискует оказаться уязвимым перед лицом конкурентов по мере стремления пользователей к получению услуг все более высокого класса.

- из всех вариантов FTTx она обеспечивает наибольшую полосу пропускания;
- это полностью стандартизированный и наиболее перспективный вариант;
- решения FTTH обеспечивают массовое обслуживание абонентов на расстоянии до 20 км от узла связи;
- они позволяют существенно сократить эксплуатационные расходы — за счет уменьшения площади технических помещений (необходимых для размещения оборудования), снижения энергопотребления и собственно затрат на техническую поддержку. [1]

Существует два часто применяемых типа организации FTTH сетей: на базе технологии Ethernet и на базе технологии PON.

1.1 Технология PON

Первые шаги в технологии PON (passive optical networks) были предприняты 1995 году, когда влиятельная группа из семи компаний (British Telecom, France Telecom, Deutsche Telecom, NTT, KPN, Telefonica и Telecom Italia) создала консорциум для того, чтобы претворить в жизнь идеи множественного доступа по одному волокну. Эта организация, поддерживаемая ITU-T, получила название FSAN (full service access network). Много новых членов, как операторов, так и производителей оборудования, вошло в неё в конце 90-х годов. Целью FSAN была разработка общих рекомендаций и требований к оборудованию PON для того, чтобы производители оборудования и операторы могли сосуществовать вместе на конкурентном рынке систем доступа PON. На сегодня FSAN

насчитывает 40 операторов и производителей и работает в тесном сотрудничестве с такими организациями по стандартизации как ITU-T, ETSI и ATM форум.

PON - технология пассивных оптических сетей. Распределительная сеть доступа PON основана на древовидной волоконно-кабельной архитектуре с пассивными оптическими разветвителями на узлах, представляет экономичный способ обеспечить широкополосную передачу информации. При этом архитектура PON обладает необходимой эффективностью наращивания и узлов сети, и пропускной способности, в зависимости от настоящих и будущих потребностей абонентов.

Число абонентских узлов, подключенных к одному приемопередающему модулю OLT, может быть настолько большим, насколько позволяет бюджет мощности и максимальная скорость приемопередающей аппаратуры. Для передачи потока информации от OLT к ONT – прямого (нисходящего) потока, как правило, используется длина волны 1550 нм. Наоборот, потоки данных от разных абонентских узлов в центральный узел, совместно образующие обратный (восходящий) поток, передаются на длине волны 1310 нм. В OLT и ONT встроены мультиплексоры WDM, разделяющие исходящие и входящие потоки. Реализация этого принципа показана на рисунке 1.

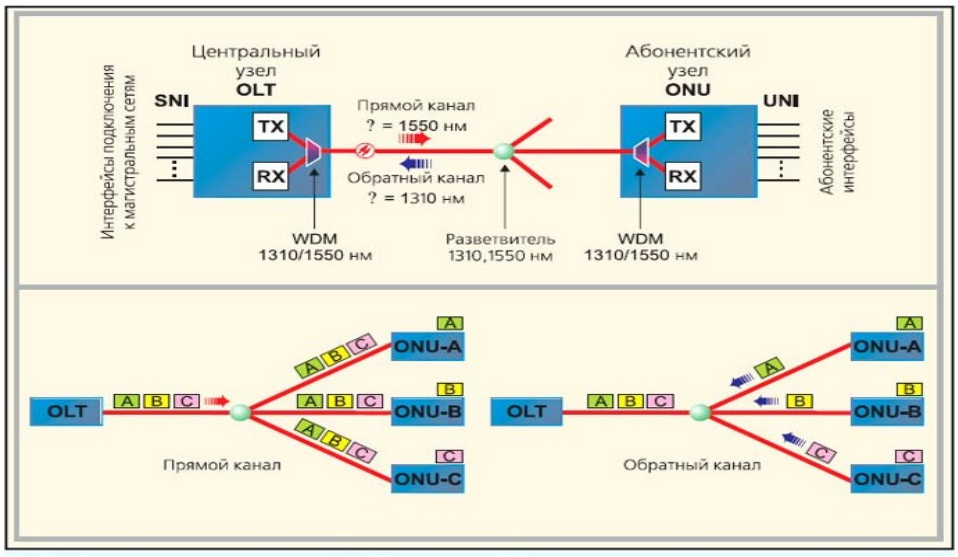


Рисунок 1- Входящие и исходящие потоки PON

Прямой поток на уровне оптических сигналов, является широковещательным. Каждый абонентский узел ONT, читая адресные поля,

выделяет из этого общего потока предназначенную только ему часть информации. Фактически, мы имеем дело с распределенным демультиплексором.

Все абонентские узлы ONT ведут передачу в обратном потоке на одной и той же длине волны, используя концепцию множественного доступа с временным разделением TDMA (time division multiple access). Для того, чтобы исключить возможность пересечения сигналов от разных ONT, для каждого из них устанавливается свое индивидуальное расписание по передаче данных с учетом поправки на задержку, связанную с удалением данного ONT от OLT. Эту задачу решает протокол TDMA MAC

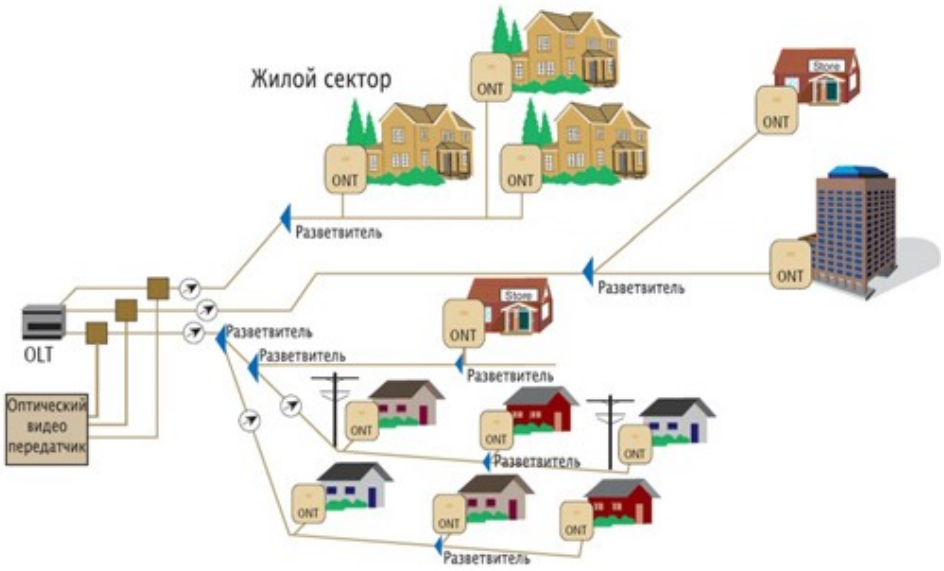


Рисунок 2- Структура сети по технологии PON

На рисунке 2 изображена типичная пассивная оптическая сеть PON, в которой используются различные терминаторы оптической сети (optical network termination, ONT) или устройства оптической сети (optical network unit, ONU). ONT предназначены для использования отдельным конечным пользователем. Устройства ONU обычно располагаются на цокольных этажах или в подвальных помещениях и совместно используются группой пользователей. Голосовые сервисы, а также услуги передачи данных и видео доводятся от ONU или ONT до абонента по кабелям, проложенным в помещении абонента.

Существуют три стандарта сети PON: APON (BPON), GPON и EPON (GePON).

1.1.1 APON

За расширенным стандартом APON закрепляется название BPON (broadband PON).

APON сегодня допускает динамическое распределение полосы DBA (dynamic bandwidth allocation) между различными приложениями и различными ONT и рассчитан на предоставление как широкополосных, так и узкополосных услуг.

Оборудование APON разных производителей поддерживает магистральные интерфейсы: SDH (STM-1), ATM (STM-1/4), Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, видео (SDI PAL), и абонентские интерфейсы E1 (G.703), Ethernet 10/100Base-TX, телефонию (FXS).

Из-за широковещательной природы прямого потока в дереве PON и потенциально существующей возможности несанкционированного доступа к данным со стороны ONT, которому эти данные не адресованы в APON предусмотрена возможность данных в прямом потоке с использованием техники шифрования с открытыми ключами. Необходимости в шифровании обратного потока нет, поскольку OLT находится на территории оператора.

1.1.2 EPON

В ноябре 2000 года комитет LMSC (LAN/MAN standards committee) IEEE создает специальную комиссию под названием "Ethernet первую милю" EFM (Ethernet in the first mile) 802.3ah, реализовав тем самым пожелания многих экспертов построить архитектуру сети PON, наиболее приближенную к широко распространенным в настоящее время сетям Ethernet. Параллельно идет формирование альянса EFMA (Ethernet in the first mile alliance), который создается в декабре 2001 г. Фактически альянс EFMA и комиссия EFM дополняют друг друга и тесно работают над стандартом. Если EFM больше концентрируется на технических вопросах и разработке стандарта в рамках IEEE, то EFMA преимущественно изучает индустриальные и коммерческие аспекты

использования новой технологии. Цель совместной работы – достижение консенсуса между операторами и производителями оборудования, и выработка стандарта IEEE 802.3ah, полностью совместимого с разрабатываемым стандартом магистрального пакетного кольца IEEE 802.17.

Комиссия EFM 802.3ah стандартизировала три разновидности решения для сети доступа:

EFMC (EFM copper) – решение "точка-точка" с использованием витых медных пар

EFMF (EFM fiber) – решение, основанное на соединении "точка-точка" по волокну.

EFMP (EFM PON) – решение, основанное на соединении "точка-многоточка" по волокну. Это решение, являющееся по сути альтернативой APON, получило схожее название EPON.

Аргументы в пользу технологии EPON подкрепляются ориентацией сети Internet исключительно на протокол IP и стандарты Ethernet.

1.1.3 GPON

Архитектуру сети доступа GPON (Gigabit PON) можно рассматривать как органичное продолжение технологии APON. При этом реализуется увеличение как полосы пропускания сети PON, так и эффективности передачи разнообразных мультисервисных приложений. Стандарт GPON ITU-T Rec. G.984.3 GPON был принят в октябре 2003 года.

GPON предоставляет масштабируемую структуру кадров при скоростях передачи от 622 Мбит/с до 2,5 Гбит/с, и допускает системы как с одинаковой скоростью передачи прямого и обратного потока в дереве PON, так и с разной. GPON базируется на стандарте ITU-T G.704.1 GFP (generic framing protocol, общий протокол кадров), обеспечивая инкапсуляцию в синхронный транспортный протокол любого типа сервиса, в том числе TDM. Исследования показывают, что даже в самом худшем случае распределения трафика и

колебаний потоков утилизация полосы составляет 93% по сравнению с 71% в APON, не говоря уже о EPON.

Если в SDH деление полосы происходит статично, то GFP (generic framing protocol), сохраняя структура кадра SDH, позволяет динамически распределять полосу.

Таблица 1- Сравнительные характеристики PON

Характеристики	APON (BPON)	EPON	GPON
Институты стандартизации / альянсы	ITU-T SG15 / FSAN	IEEE / EFMA	ITU-T SG15 / FSAN
Дата принятия стандарта	октябрь 1998	июль 2004	октябрь 2003
Стандарт	ITU-T G.981.x	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984.x
Скорость передачи, прямой/обратный поток, Мбит/с	155/155 622/155 622/622	1000/1000	1244/155,6 22,1244 2488/622,1 244,2488
Базовый протокол	ATM	Ethernet	SDH
Линейный код	NRZ	8B/10B	NRZ
Максимальный радиус сети, км	20	20 (>30[1])	20
Максимальное число абонентских узлов на одно волокно	32	16	64 (128[2])
Приложения	любые	IP, данные	любые
Коррекция ошибок FEC	предусмотрена	нет	необходима

1.2 Технология Ethernet

В решении Ethernet FTTH для коммутации линий подразумевается использование коммутаторов с оптическими портами или оптическими трансиверами. Коммутаторы объединяются либо в «кольцо» Ethernet (GE или 10GE), либо по топологии «звезда» и располагаются на цокольном или чердачном этаже (в зависимости от способа заведения магистрального волокна в дом). К портам коммутатора подключаются устройства конечных пользователей. Такой подход обеспечивает высокий уровень надежности за счет возможности резервирования оптических каналов, и обеспечивает преемственность с существующей «медной» инфраструктурой. К недостаткам Ethernet FTTH можно отнести узкую полосу пропускания и недостаточные возможности масштабирования.

Технология Gigabit Ethernet - это расширение IEEE 802.3 Ethernet, использующее такую же структуру пакетов, формат и поддержку протокола CSMA/CD, полного дуплекса, контроля потока и прочее, но при этом предоставляя теоретически десятикратное увеличение производительности. Поскольку технология Gigabit Ethernet совместима с 10Mbps и 100Mbps Ethernet, возможен легкий переход на данную технологию без инвестирования больших средств в программное обеспечение, кабельную структуру и обучение персонала

Как и в стандарте Fast Ethernet, в Gigabit Ethernet не существует универсальной схемы кодирования сигнала, для стандартов 1000Base-LX/SX/CX используется кодирование 8B/10B, для стандарта 1000Base-T используется специальный расширенный линейный код TX/T2. Функцию кодирования выполняет подуровень кодирования PCS, размещенный ниже среданезависимого интерфейса GMII. 1000Base-T - это стандартный интерфейс Gigabit Ethernet передачи по неэкранированной витой паре категории 5 и выше на расстояния до

100 метров. Для передачи используются все четыре пары медного кабеля, скорость передачи по одной паре 250 Мбит/с. Предполагается, что стандарт будет обеспечивать дуплексную передачу, причем данные по каждой паре будут передаваться одновременно сразу в двух направлениях - двойной дуплекс (dual duplex).

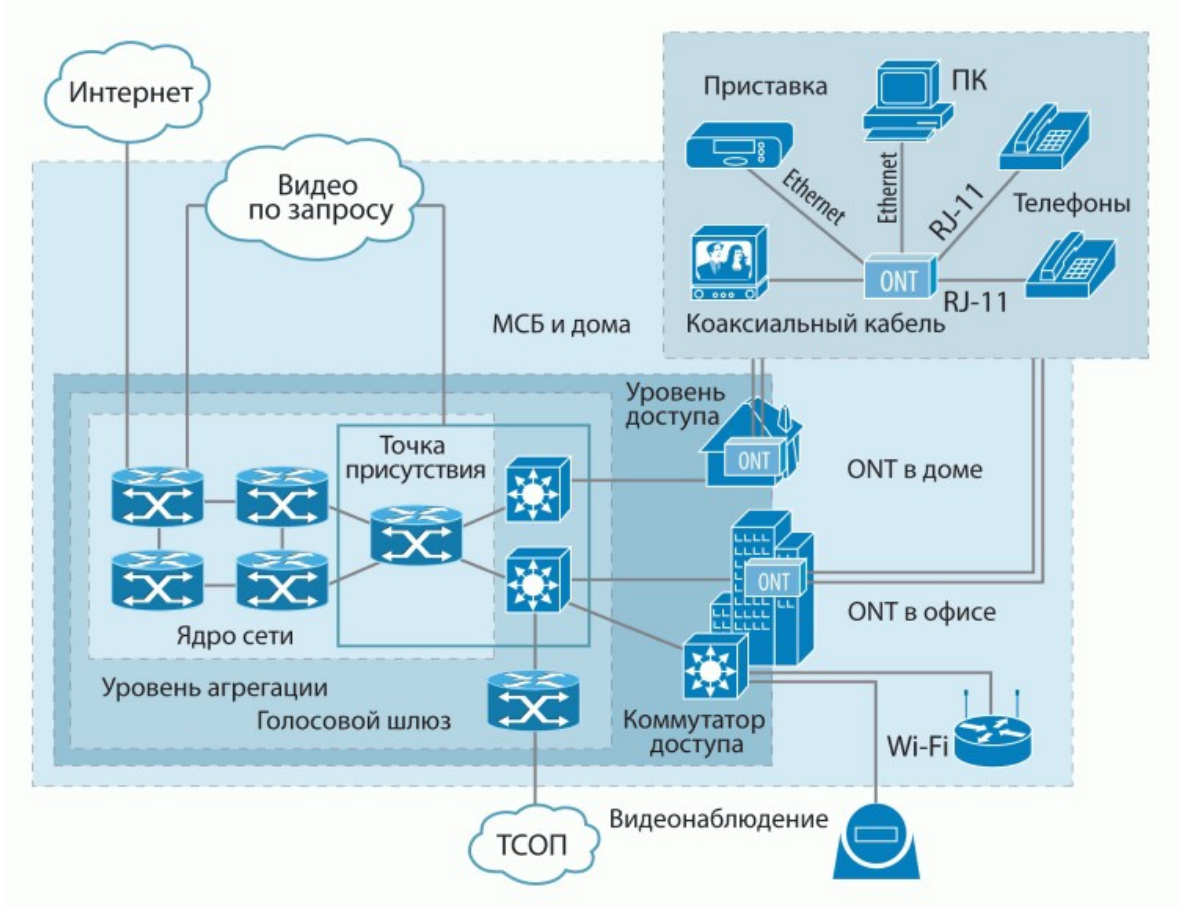


Рисунок 3- Структура сети по технологии Ethernet FTTx топология «звезда»

Ethernet типа «звезда» (см. рисунок 3). Такая архитектура предполагает наличие выделенных оптоволоконных линий (обычно одномодовых, одноволоконных линий с передачей данных Ethernet по технологии 100BX или 1000BX) от каждого оконечного устройства к точке присутствия (point of presence, POP), где происходит их подключение к коммутатору. Оконечные устройства могут находиться в отдельных жилых домах, квартирах или многоквартирных домах, на цокольных этажах которых располагаются

коммутаторы, доводящие линии по всем квартирам с помощью соответствующей технологии передачи.

2 УСЛУГИ TRIPLE PLAY

TriplePlay — маркетинговый телекоммуникационный термин, описывающий модель, когда пользователям по одному кабелю широкополосного доступа предоставляется одновременно три сервиса — высокоскоростной доступ в Интернет, кабельное телевидение и телефонная связь.

Безусловно, наибольшую лепту в загрузку полосы пропускания внесет видеотрафик. С известной долей приближения можно считать, что сегодня один канал телевизионной трансляции или VoD требует скорости передачи порядка 4 Мбит/с. Ситуация заметно улучшится, когда перейдем на стандарт MPEG-4, но в любом случае для получения качественного изображения для видеотрафика нужно будет резервировать порядка 2 Мбит/с.

Другим ресурсоемким приложением с точки зрения пропускной способности абонентского канала является игровой сервис. Для полноценного погружения в сетевые игры, особенно в ролевые, также необходима полоса 2 Мбит/с. Остальные приложения не столь «прожорливы»: для телефонной связи хватит 64 кбит/с, качественное радиовещание обеспечивается 128 кбит/с, даже для «серфинга» в Интернете вполне достаточно тех же 128 кбит/с (хотя все же лучше иметь полосу на порядок больше).

Получаем, что минимальная полоса пропускания должна быть порядка 4 Мбит/с, а еще лучше, если она будет превышать 6 Мбит/с. Для массового клиента такую скорость по привлекательным ценам могут обеспечить только технологии ADSL, PON и Ethernet.

В конце лета 2004 аналитическое агентство Heavy Reading проводило опрос более 300 крупнейших операторов связи по всему миру с целью выяснить

перспективы внедрения услуг triple play. Помимо положительного заключения о целесообразности такого новшества, аналитики пришли к выводу, что для качественного предоставления triple play минимальная пропускная способность абонентского канала должна быть не ниже 20 Мбит/с. Такая скорость по силам только технологиям ADSL2+, PON и Ethernet.

3 СОСТАВ И СТРУКТУРА СЕТИ

На рисунке 4 изображена обобщенная архитектура FTTx сети. Через оптический линейный терминал (OLT) расположенном на центрально узле (CO), также называемом головным окончанием, с помощью оптической распределительной сети (ODN) подключаются обычная телефонная сеть и Интернет. Для передачи данных и голоса используются следующие длины волн: 1490 нм для прямого потока и 1310 нм для обратного. Услуги видео преобразуются в оптический формат с помощью оптического видеопередатчика, работающего на длине волны 1550 нм. Длины волн 1550 нм и 1490 нм объединяются вместе с помощью WDM мультиплексора и передаются в прямом потоке. В настоящее время не планируется передача видео в обратном потоке.

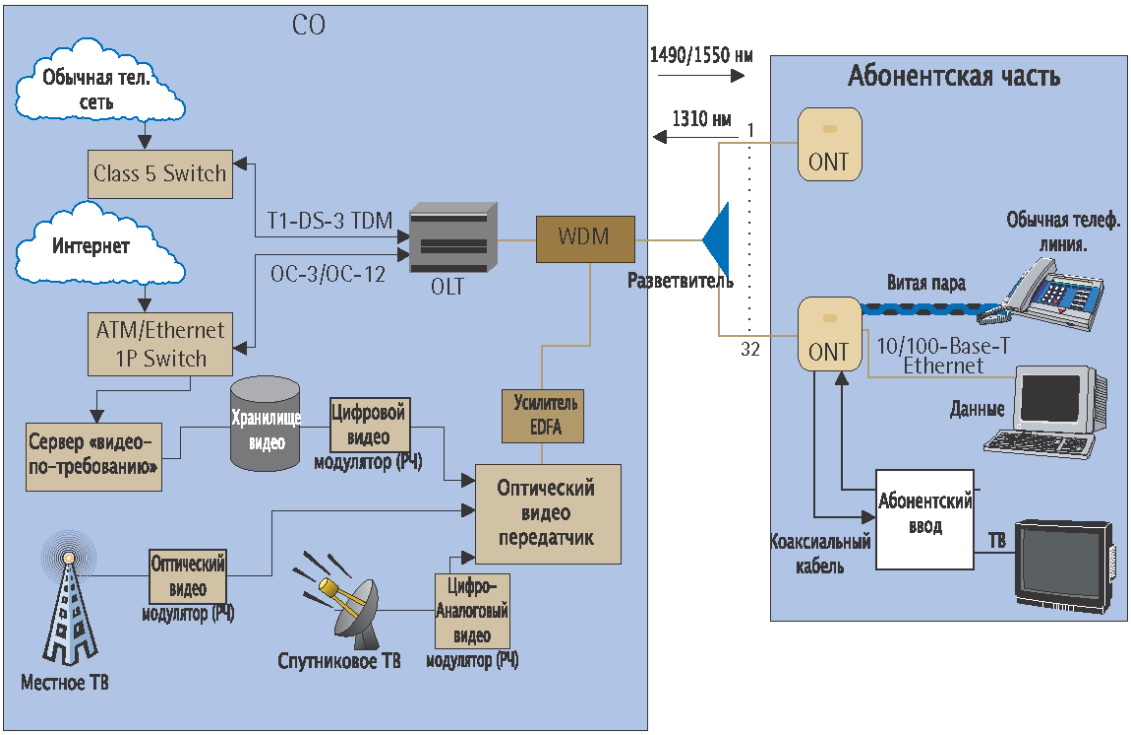


Рисунок 4- Общая архитектура FTTx

В сумме три длины волны (1310,1490 и 1550 нм) одновременно несут различную информацию в разных направлениях по одному и тому же волокну.

Питающий кабель передает оптический сигнал между CO и разветвителем, который используется для подключения нескольких ONT к одному питающему волокну. Каждому абоненту необходим свой ONT, который обеспечивает подключение различных услуг (обычную телефонную линию, Ethernet и видео). Так как одна FTTx сеть обычно обслуживает до 32 абонентов, для обслуживания микрорайона потребуется много таких сетей, берущих начало из одного CO. Для подключения абонентов к PON имеется несколько различных решений. Простейший вариант использует один разветвитель (см. Рисунок 5), однако возможно применение и нескольких разветителей (см. Рисунок 6).

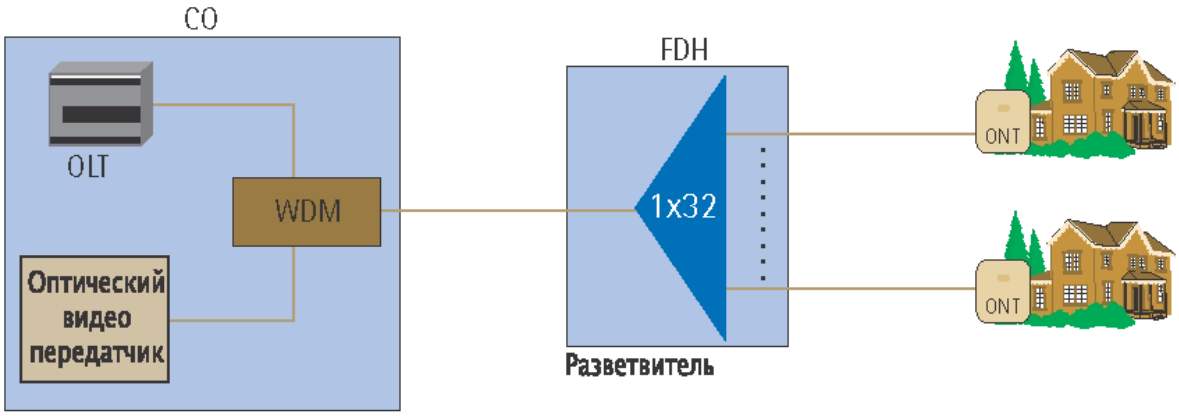


Рисунок 5- Сеть FTTx с одним разветвителем

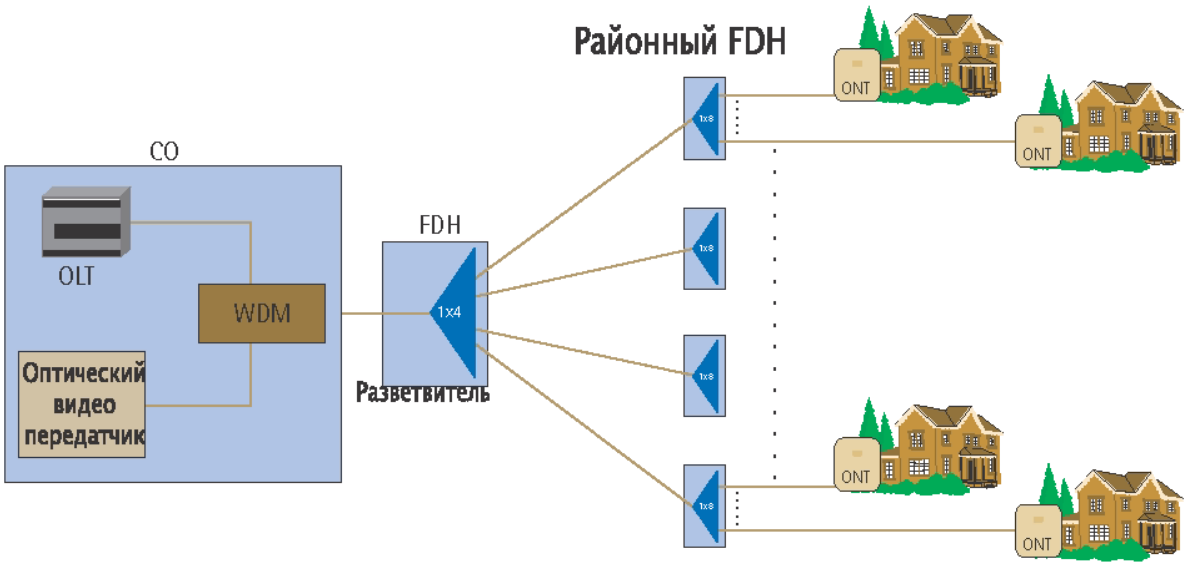


Рисунок 6- Сеть FTTx с несколькими разветвителями

Согласно рисунку 7 возможно существование других конфигураций, таких как звезда, кольцо и шина. В некоторых случаях нет необходимости заводить

волокно непосредственно в помещение каждого абонента сети. В таких случаях волокно подводится к оконечной точке, называемой оптический сетевой блок (ONU), а для оконечного подключения используется участок медной линии (обычно VDSL, что обеспечивает достаточную пропускную способность для услуг три в одном). Эта конфигурация известна как FTTC. Одна PON сеть может использовать комбинации из FTTH, FTTC и других типов подключений.

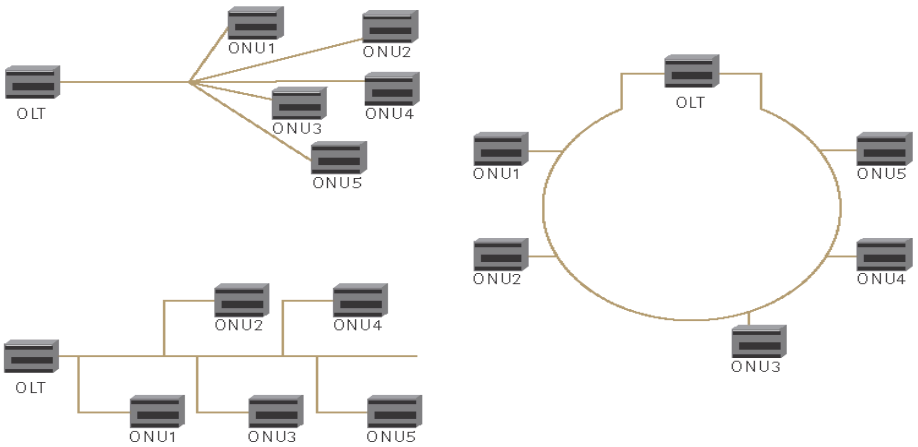


Рисунок 7- Конфигурация построения сети

WDM мультиплексоры используются для объединения прямого потока 1490 нм голос/данные с прямым потоком видео с длиной волны 1550 нм и обратным потоком 1310 нм голос/данные. Для выполнения этой задачи обычно предпочитают применять тонкопленочные WDM мультиплексоры, т.к. они обладают низкими потерями для объединяемых длин волн и имеют широкий диапазон длин волн.

В обратном направлении (т.е. к OLT), PON сеть представляет собой сеть типа много точек-одна точка. Для предотвращения коллизий в передаче данных, прибывающих на разветвитель одновременно от различных ONT, применяется множественный доступ с разделением по времени (TDMA). TDMA позволяет отправлять данные от каждого ONT на OLT в определенный промежуток времени. OLT выделяет временной слот каждому ONT для передачи данных, и таким образом пакеты, приходящие от различных ONT не конфликтуют друг с другом.

4 ОБОРУДОВАНИЕ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ

Линейная часть состоит из оборудования и компонентов, расположенных между СО и помещениями абонента. Она включает в себя как оптические, так и не оптические компоненты сети. Оптические компоненты составляют оптическую распределительную сеть (ODN), которая включает в себя: волоконно-оптические кабели, WDM мультиплексоры, соединительные шнуры, сварные соединения, коннекторы, разветвители и оконечные терминалы. Не оптические компоненты включают в себя: уличные тумбы, колодцы, патч-панели и различное вспомогательное оборудование.

Оборудование линейной части включает следующее:

- Волоконно-распределительные модули (или патч-панели) в СО
- Волоконно-оптические кабели. Питающие кабели составляют участок между СО и первым разветвителем. Распределительные волокна связывают разветвитель с оконечными терминалами, расположенными рядом с абонентами. Оконечные кабели соединяют отдельные ONT с оконечными терминалами.

Примечание: Вследствие влияния Рэлеевского рассеяния, макро и микроизгибов и т.п., волоконно-оптические кабели вносят потери (затухание) сигнала, которые пропорциональны их длине. На Рисунке 8 показано затухание типичного оптического волокна.

- Волоконно-распределительный хаб включающий:
  - Шкафы, тумбы, муфты (воздушные или в грунте)
  - Разветвитель(и) (наиболее важный компонент, см. раздел ниже)
  - Патч-панели
- Оконечные терминалы

• Коннекторы: SC/APC (с углом 8" для уменьшения отражений, типичные потери 0,5 дБ)

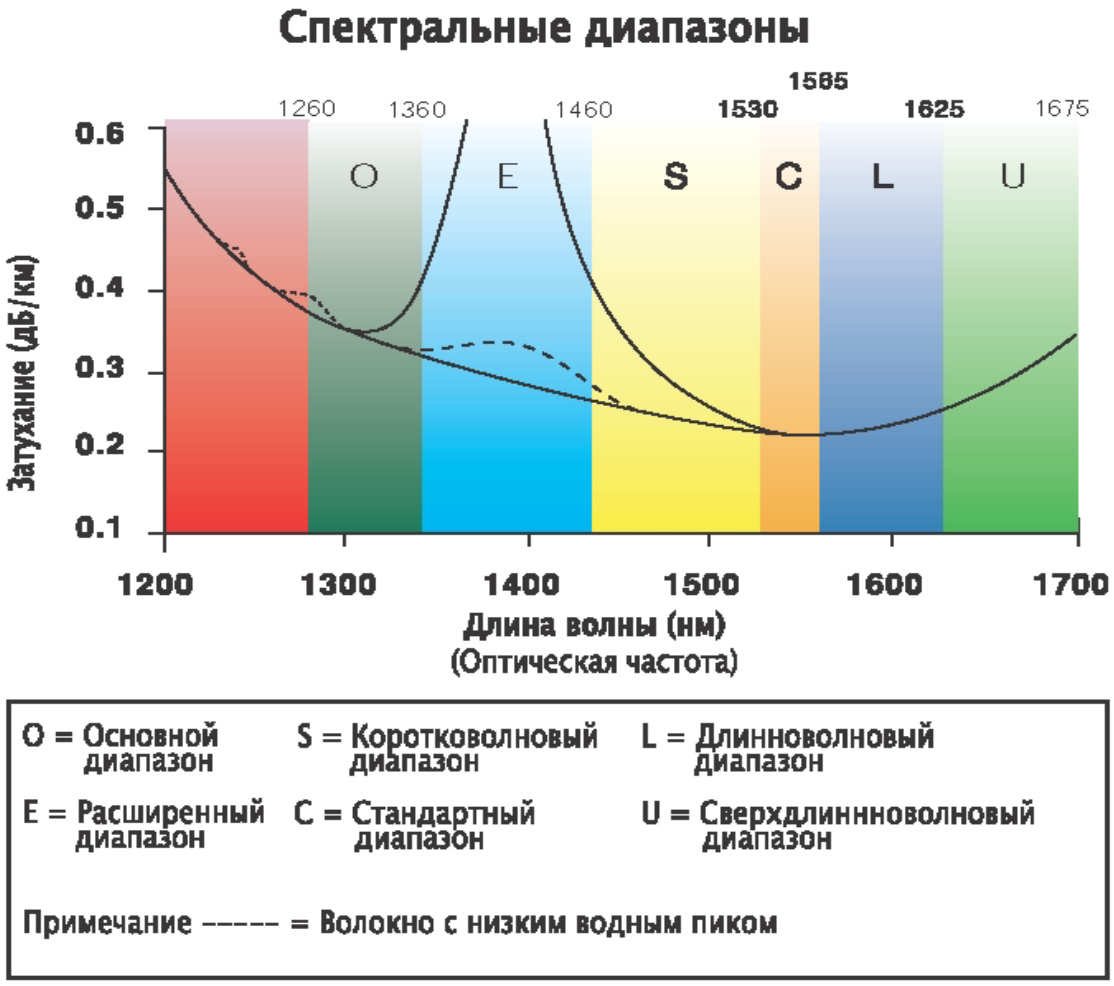


Рисунок 8- Спектральное затухание

4.1 Оптический кабель

Волоконно-оптические коммуникации имеют ряд преимуществ по сравнению с электронными системами, использующими передающие среды на металлической основе. В волоконно-оптических системах передаваемые сигналы не искажаются ни одной из форм внешних электронных, магнитных или радиочастотных помех. Таким образом, оптические кабели полностью невосприимчивы к помехам, вызываемым молниями или источниками высокого

напряжения. Более того, оптическое волокно не испускает излучения, что делает его идеальным для соответствия требованиям современных стандартов к компьютерным приложениям. Вследствие того, что оптические сигналы не требуют наличия системы заземления, передатчик и приемник электрически изолированы друг от друга и свободны от проблем, связанных с возникновением паразитных токовых петель. При отсутствии сдвига потенциалов в системе заземления между двумя терминалами, исключающим искрения или электрические разряды, волоконная оптика становится все более предпочтительным выбором для реализации многих приложений, когда требованием является безопасная работа в детонирующих или воспламеняющихся средах.

Тип волокна идентифицируется по типу путей, или так называемых "мод", проходимых светом в ядре волокна. Существует два основных типа волокна - многомодовое и одномодовое. Ядра многомодовых волокон могут обладать ступенчатым или градиентным показателями преломления. Многомодовое волокно со ступенчатым показателем преломления получило свое название от резкой, ступенчатой, разницы между показателями преломления ядра и демпфера. В более распространенном многомодовом волокне с градиентным показателем преломления лучи света также распространяются в волокне по многочисленным путям. В отличие от волокна со ступенчатым показателем преломления, ядро с градиентным показателем содержит многочисленные слои стекла, каждый из которых обладает более низким показателем преломления по сравнению с предыдущим слоем по мере удаления от оси волокна. Результатом формирования такого градиента показателя преломления является то, что лучи света ускоряются во внешних слоях и их время распространения в волокне сравнивается с временем распространения лучей, проходящих по более коротким путям ближе к оси волокна.

Таким образом, волокно с градиентным показателем преломления выравнивает время распространения различных мод так, что данные по волокну могут быть переданы на более дальние расстояния и на более высоких скоростях

до того момента, когда импульсы света начнут перекрываться и становиться неразличимыми на стороне приемника.

Волокна с градиентным показателем представлены на рынке с диаметрами ядра 50, 62,5 и 100 мкм.

Одномодовое волокно, в отличие от многомодового, позволяет распространяться только одному лучу или моде света в ядре. Это устраняет любое искажение, вызываемое перекрытием импульсов. Диаметр ядра одномодового волокна чрезвычайно мал - приблизительно 5 -10 мкм. Одномодовое волокно обладает более высокой пропускной способностью, чем любой из многомодовых типов.

Таблица 2- Стандарты оптических волокон и области их применения

Многомодовое волокно		Одномодовое волокно
MMF 50/125 градиентное волокно	MMF 62,5/125 градиентное волокно	SF 8/125 ступенчатое волокно
ЛВС(Ethernet, Fast/Gigabit Ethernet, FDDI, ATM)	ЛВС(Ethernet, Fast/Gigabit Ethernet, FDDI, ATM)	Протяженные сети (Ethernet, Fast/Gigabit Ethernet, FDDI, ATM, магистрали SDH)

4.2 Оптические муфты

Муфты ОК различают по назначению: для магистральных и городских сетей связи; для кабелей, прокладываемых в канализации, в грунт, под водой и подвешиваемых на опорах; прямые и разветвительные муфты (перчатки). По конструкции муфты могут быть проходными и тупиковыми.

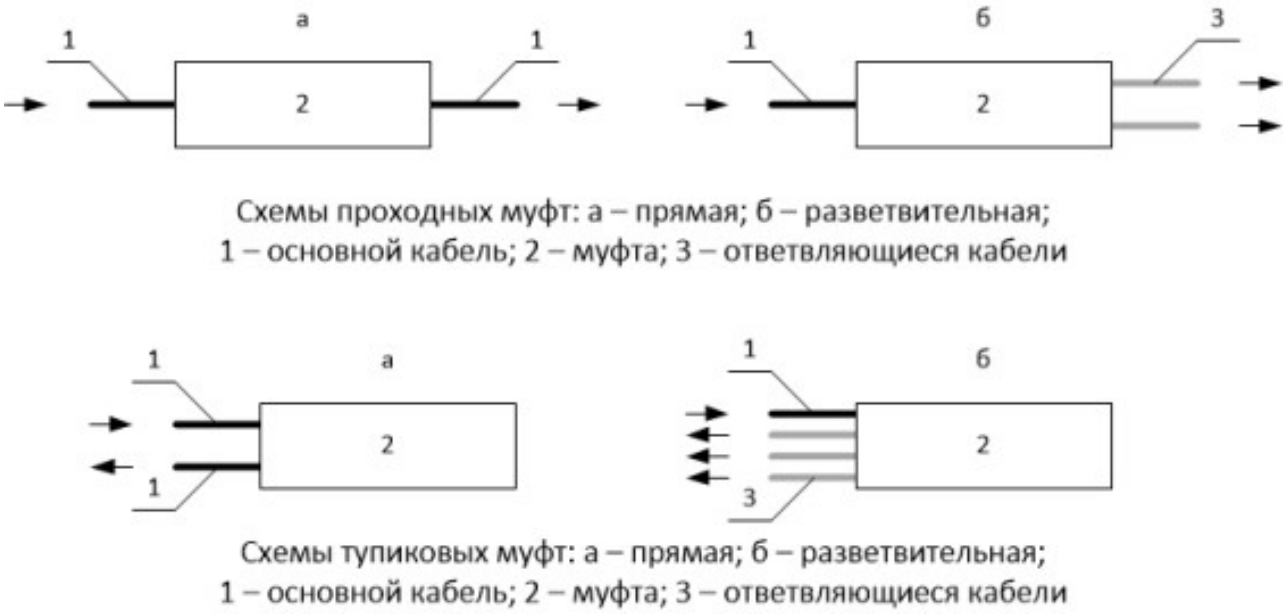


Рисунок 9- Проходная и тупиковая муфта

Поскольку существует большое количество конструкций ОК, а также многообразие условий их прокладки, то и весьма велик перечень оптических муфт, обеспечивающих их соединение.

Ни один изготовитель не в состоянии создать универсальный комплект муфты, который подходил бы для любого кабеля и для любого места установки муфты. Поэтому, как правило, создаются минимальные, так называемые базовые комплекты, которые при необходимости пополняются всеми нужными деталями и материалами. Все дополнительные детали и материалы группирует в специальные комплекты: базовые, монтажные, эксплуатационные, установочные, защитные, заземляющие и ремонтные.

В базовый комплект входит минимальный набор деталей: корпус муфты, внутренний кронштейн и крепежные детали, одна кассета для выкладки оптических волокон и фиксации защитных гильз, материалы и детали для герметизации корпуса. Стандартными являются также ремонтные комплекты для оптической и устанавливаемой в котлованах поверх нее чугунной защитной муфты. Все остальные комплекты составляются из отдельных деталей и узлов с учетом особенностей кабелей и мест установки муфт у конкретного заказчика.



Рисунок 10- Муфта для ОК



Рисунок 11- Укладка соединительных ОВ и защитных гильз в кассете

Очень важным этапом, от которого зависит надежность работы ОВ, являются выкладки их в кассете и фиксация защитных гильз. На рисунке 11 показана укладка ОВ и защитных гильз в кассете. Кассету закрывают крышкой и в двух местах скрепляют липкой лентой. Одновременно к ней прикрепляют паспорт на смонтированную муфту.

4.3 Оптические разветвители

Устройство, работающее в двух направлениях и имеющее один входной порт и несколько выходных портов называется разветвителем. Входящий оптический сигнал (прямой поток) распределяется между выходными портами, что позволяет

многим пользователям совместно использовать одно оптическое волокно и, следовательно, пропускную способность. В обратном направлении оптические сигналы от многих ONT объединяются в одном волокне. Разветвители являются пассивными устройствами, так как они не требуют внешнего источника питания. Они являются широкополосными и вносят потери из-за того, что они разделяют мощность входного (прямого) потока. Эти потери называются потерями на разветвителе или коэффициентом деления, которые обычно выражаются в дБ и зависят в основном от количества выходных портов (см. Таблицу 3). Необходимо отметить, что вопреки тому, что некоторые могут ожидать, разветвитель также добавляет приблизительно те же потери и для сигналов, следующих в обратном направлении.

В зависимости от сетевой топологии в FTTx сети может располагаться один разветвитель или несколько разветвителей соединенных каскадами. В настоящее время рекомендациями ITU-T G.983 разрешается деление до 32, а рекомендации G.984 увеличивают это значение до 64 делений. Независимо от топологии, разветвитель должен соответствовать разрешенному оптическому бюджету (Класс A, B или C).

Таблица 3- Потери на разветвителе

Количество портов	Потери на разветвителе (дБ) (исключая коннекторы и дополнительные потери разветвителя)
2	3
4	6
8	9
16	12
32	15
64	18

Разветвитель представляет собой пассивный оптический многополюсник (n×m) с заданным количеством входных (n) и выходных портов (m). Его задачей является перераспределение энергии, поступающей во входные порты между выходными (смотреть рис. 12).

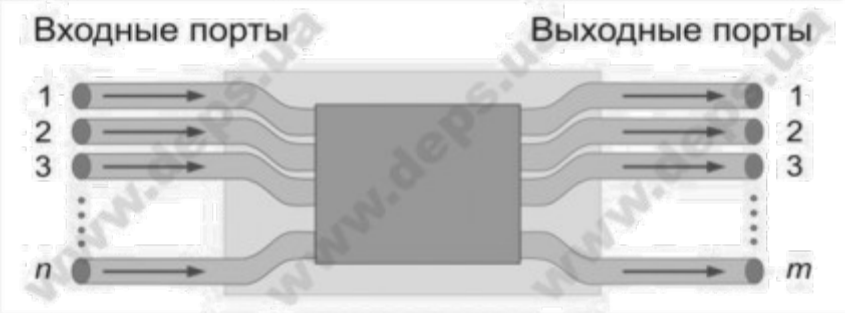


Рисунок 12- Разветвитель

По своей топологии разветвители делятся на X-образные (простейший 2x2) и Y-образные (простейший 1x2). Более часто используются Y-образные ОР, которые еще иногда называют делителями мощности. Последние в свою очередь делятся на симметричные, в которых мощность делится равномерно между всеми выходными портами, и несимметричные (направленные), в которых в каждый выходной порт отводится определенная (обычно в %) часть выходной мощности. В англоязычной литературе для симметричных разветвителей чаще используется термин splitter (разветвитель, разделитель), а для несимметричных -coupler (объединитель).

По своим спектрально-селективным свойствам ОР, применяемые в оптических сетях доступа, делятся на однооконные и двухоконные. Для пропорционального деления мощности в однонаправленных сетях (например, кабельном ТВ) используются однооконные ОР, обеспечивающие заданные параметры передачи только в одном спектральном диапазоне 1310 нм или 1550 нм. При двунаправленной передаче (например, в сетях PON) применяют двухоконные разветвители с примерно равномерной спектральной характеристикой в обоих оптических диапазонах.

Разветвителей делятся на две большие группы: безкорпусные и корпусные «смотреть на рисунке 13».



Рисунок 13- Разветвители

Безкорпусные сплавные разветвители имеют малогабаритное исполнение и предназначены для установки в соединительных кассетах в посадочное место гильзы для защиты сварного соединения (КДЗС). При корпусном исполнении конструкция разветвителя помещается в прочный пластиковый корпус, защищающий ОР от механических, климатических и химических воздействий. В корпусах есть сквозные отверстия диаметром 2÷3 мм для крепления к плоской поверхности.

4.4 Оптические передатчики и приемники

SFP компактный приёмопередатчик (трансивер), используемый для передачи данных и в телекоммуникациях «смотреть рисунок 14». Используется для присоединения платы сетевого устройства (коммутатора, маршрутизатора или подобного устройства) к оптоволокну или неэкранированной витой паре, выступающих в роли сетевого кабеля.



Рисунок 14- SFP модуль

Наиболее распространённые применения — транспортировка 100 Мбит Ethernet; 155 Мбит STM-1;1 Гбит Ethernet; 1, 2, 4, 8 Гбит Fiber Channel; STM4; STM16. Также встречаются универсальные SFP-модули, например, AT-SP2670SR способен транспортировать как 100 Мбит Ethernet, 1 Гбит Ethernet, так и STM4 и STM16-потоки.

SFP трансиверы существуют в вариантах с различными комбинациями приёмника и передатчика, что позволяет выбрать необходимый приёмопередатчик для каждого соединения, исходя из используемого типа оптоволоконного кабеля (многомодового или одномодового). Существует несколько различных категорий SFP: 850 нм 550м MMF (SX), 1310 нм 10км SMF (LX), 1550 нм [40 км (XD), 80 км (ZX), 120 км (EX или EZX)], и DWDM. Существует также CWDM и одноволоконный двунаправленный (1310/1490 нм Upstream/Downstream) SFPs.

Медиаконвертер (также преобразователь среды) - это устройство, преобразующее среду распространения сигнала из одного типа в другой. Чаще всего средой распространения сигнала являются медные провода и оптические кабели.



Рисунок 15- Медиаконвертор

Ethernet медиаконвертеры традиционно делятся на простые (1-й уровень модели ОСИ), которые подчиняются правилу 5-4-3 и на коммутирующие(2-й уровень модели ОСИ), на которые не действуют ограничения по количеству медиаконвертеров на участке сети, соединяющей ее сегменты. У таких медиаконвертеров в описании указывается 10/100TX для Fast Ethernet, либо 10/100/1000T для Gigabit Ethernet, что означает их возможность преобразовывать

не только среду передачи, а также и скорость, что характерно для коммутирующих устройств.

5 СТРОИТЕЛЬСТВО ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ

Строительство линейной части FTTx сети может производиться многими способами и каждое строительство может отличаться от другого в зависимости например от расстояния от СО, плотности жилой застройки, распределения абонентов и т.п. Волоконно-оптические кабели могут быть проложены согласно наиболее подходящей для данного случая технологии (воздушным или подземным способом). Расположение разветвителей и других пассивных компонентов, а также типов используемых тумб или шкафов будет зависеть от географических факторов и топологии PON.

5.1 Волокно

Прокладка волоконно-оптического кабеля наиболее дорогостоящий элемент при строительстве PON, также как и в других видах волоконно-оптических сетей. Имеется несколько методов прокладки. Выбор конкретного метода зависит от

различных факторов, включая стоимость, возможность прокладки в определенной местности, местного законодательства, эстетических соображений и т.п. Независимо от того, каким образом осуществляется строительство, строительство новой сети или строительство по уже существующим маршрутам и коммуникациям, имеется три основные методики строительства:

- Непосредственная прокладка кабеля в грунт. Выполняется с помощью создания траншеи, плуговым кабелеукладчиком или бурением.
- Прокладка по подземной кабельной канализации. Несмотря на то, что строительство кабельной канализации значительно дороже, чем прокладка кабеля непосредственно в грунт, использование канализации сильно упрощает докладку или удаление кабелей.
- Воздушная подвеска. Включает в себя подвеску кабеля на столбах или вышках. Этот тип прокладки обычно используется в местах массовой застройки, применение этого метода экономически выгодно, по сравнению подземной прокладкой, т.к. не требует наличия тяжелой техники. Оптический кабель может быть подвешен на несущий трос или может быть использован самонесущий оптический кабель.
- В густонаселенных районах с определенными законодательными ограничениями возможно применение альтернативных методов прокладки кабеля. Например, прокладка кабеля в каналах вырезанных в мостовой, прокладка внутри водосточных и канализационных труб, а также в газовых трубопроводах.

Разветвители и патч-панели устанавливаются в шкафах или тумбах. Количество, тип и расположение разветвителей зависит от топологии сети.

5.2 Шкаф наружной установки

Современные типы шкафов наружной установки выпускаются различных модификаций и имеют более компактную и менее заметную конструкцию подземной и наземной частей по сравнению со стандартными большими шкафами, которые используются для построения медножильной или VDSL сети.

Однако, компактный размер не является единственным достоинством:

• Стоимость – шкафы наружной установки могут быть достаточно экономичным методом организации точки доступа сети при совместимости со строительной спецификацией и методологией. При модернизации сети модульная конструкция шкафов позволяет наращивать ёмкость без установки дополнительных дорогостоящих конструкций.

• Лёгкость обслуживания – В зависимости от местоположения, монтаж и размещение оптических соединительных муфт в подземных смотровых устройствах обычно не представляет особых трудностей. Однако, в некоторых случаях, длительное воздействие влажной окружающей среды может превратить стандартные колодцы кабельной канализации или подземные смотровые устройства в грязевой бассейн, что значительно усложняет доступ и увеличивает время проведения монтажа. Шкафы наружной установки обеспечивают лёгкий доступ к установленным компонентам во время монтажа и технического обслуживания даже при негативных воздействиях окружающей среды благодаря модульной конструкции, в которой зоны ввода, крепления и оконечивания оптических кабелей разделены на отдельные независимые отсеки.

Типичные шкафы наружной установки выполняют три функции:

1. Распределение каналов кабельной канализации. В нижней части шкафа установлен отсек для ввода, соединения или распределения каналов кабельной канализации. Этот блок может также использоваться как точка доступа к каналам и трубкам при пневмопрокладке кабелей, волоконных модулей и микротрубок.

2. Ввод и крепление кабелей и каналов. В средней части шкафа установлен отсек для ввода, крепления и распределения входящих защитных трубок, волоконно-оптических кабелей или микротрубок.

3. Сращивание и распределение оптических волокон. В верхней части шкафа установлен отсек для сращивания и распределения волокон различных типов оптических кабелей.



Рисунок 16- Шкаф наружной установки

5.3 Сращивание волокон

Сращивание волокон может производиться механическим способом или с помощью сварки. Механические соединители менее дороги, но имеют большие вносимые потери (0,2 дБ) и обратные отражения. Сварные соединения имеют крайне малые потери (0,02 дБ) и почти не имеют обратных отражений, но требуют достаточно дорогостоящего оборудования. Количество соединений зависит от используемой строительной длины кабеля (обычно 2 км, 4 км или 6 км). Соединения защищаются от влияний окружающей среды муфтами.

5.3.1 Сварная технология сращивания волокон

В сварной технологии используется метод расплавления концов волокон под действием электрической дуги, вырабатываемой двумя электродами. Два сколотых волокна помещаются в специальные канавки сварочного устройства друг напротив друга, выравниваются по осям, затем стыкуются и расплавляются под действием электрической дуги, образуя соединение.

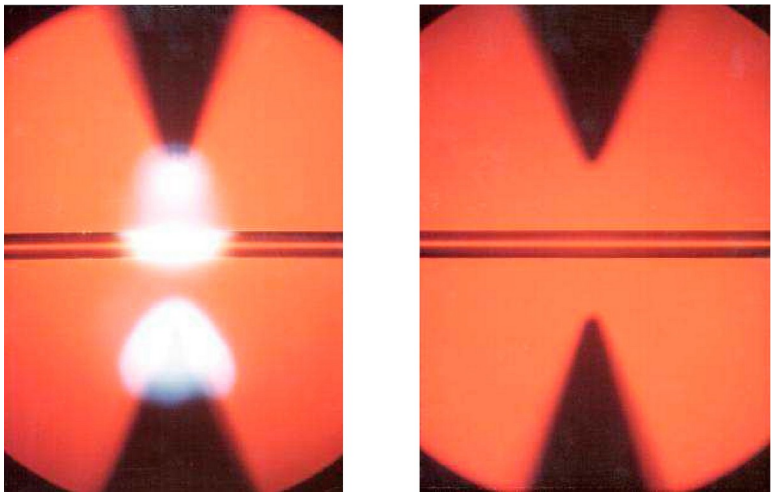


Рисунок 17- Расплавление волокон под действием электрической дуги

Оптические потери на сварном соединении волокон могут быть различными в зависимости от механизма выравнивания волокон. Современные сварочные устройства высокого класса выравнивают волокна по сердцевине (9 мкм) путём введения светового луча в каждое из свариваемых волокон, при этом обеспечиваются минимальные потери на стыке, не превышающие 0,05 дБ.



Рисунок 18. Сварочные аппараты

Сварочные устройства более низкого классса (к примеру, компактные сварочные аппараты) имеют механизм выравнивания волокон по оболочке (125 мкм). При этом, типичные потери на стыке могут достигать до 0,1 дБ.

5.3.2 Механическое соединение волокон

Механическое соединение волокон базируется на механическом способе закрепления, выравнивания и стыковки двух сколотых оптических волокон. В месте стыка волокон должен находиться специальный гель, согласующий показатель преломления. Существуют различные устройства для механического соединения

волокон. Скол волокон при механическом соединении может быть угловым или не угловым. Типичное затухание в месте стыка волокон не больше 0,5 дБ.



Рисунок 19- Примеры устройств для механического соединения волокон

6. ТЕСТИРОВАНИЕ

6.1 Тестирование в процессе строительства

Назначение любой волоконно-оптической сети осуществлять передачу данных безошибочно и на высокой скорости. Тестирование в процессе строительства сети поможет свести к минимуму дорогостоящие и занимающие время усилия по поиску и устранению неисправностей, поиску проблемных соединений, загрязненных или поврежденных коннекторов и других дефектных компонентов, до того как они приведут к перерыву в связи.

Один из наиболее важных факторов, которые позволяют быть в уверенным в возможности передачи данных - это контроль потерь оптической мощности в сети, согласно определенному в спецификациях бюджету потерь в линии. Это делается с самого начала, с помощью определения общего бюджета потерь с определенным запасом между оконечными точками. Также необходимо уменьшить до минимума обратные отражения. Это чрезвычайно важно для аналоговых видеосигналов большой мощности, вырабатываемых с помощью узкополосного лазера, из-за того, что сильные обратные отражения будут ухудшать качество видео передачи. Важно провести измерения потерь и обратных отражений для того, что бы убедиться, что на каждой длине волны:

- потери и отражения между оконечными точками соответствуют спецификациям
- при получении сомнительных результатов каждый сегмент соответствует или превосходит предъявляемые требования.
- Проведение таких тестов крайне необходимо особенно в случае, когда сеть включает старые кабели, т.к. волокна, предназначенные для работы на длине волны 1550 нм, предварительно не тестировались для работы на длине 1490 нм и могут показывать значительно большее затухание, чем ожидается.

Примечание: Соотношение выходной мощности к входной какого-либо компонента называется затуханием и имеет положительное значение. При установке

компонента в систему или сборку затухание называется вносимыми потерями и также имеет положительное значение.

Из-за того, что в сети используются высокие уровни мощности особенно важно следить за чистотой и состоянием всех коннекторов.

Так как одномодовые волокна имеют крайне малый диаметр (обычно 9 мкм), то одна частица грязи или дыма может заблокировать более 10% передающей площади. При подключении коннекторов необходимо выполнять следующие рекомендации:

- никогда не касайтесь неподключенным коннектором любых поверхностей, а также никогда не касайтесь керамического наконечника коннектора, кроме как для чистки

- очищайте и проверяйте каждый коннектор перед его подключением с использованием микроскопа или что еще лучше используйте видеомикроскоп после чистки или перед подключением, даже если это было всего лишь временное отключение. Проводите очистку и проверку коннекторов тестового оборудования каждый раз при его использовании, а после чистки контролируйте качество с помощью микроскопа или видеомикроскопа.



Рисунок 20- Оптический микроскоп

- используйте правильный метод очистки: сжатый воздух, чистящий набор, чистящие салфетки или специальный материал, предназначенный для чистки оптики. Также может быть использован чистый спирт, предназначенный для чистки оптики.

- неиспользуемые порты необходимо держать закрытыми крышками, а неиспользуемые крышки хранить в закрываемом пластиковом пакете.



Рисунок 21- Набор для чистки и тестирования FTTx

В некоторых системах используются APC коннекторы, поэтому при очистке и подключении таких коннекторов необходимо соблюдать специальные меры. Никогда не подключайте APC коннектор к PC или UPC коннектору.

6.1.1 Проведение измерений

В процессе строительства необходимо провести три основных измерения:

- двунаправленное измерение оптических возвратных потерь (0RL)
- двунаправленное измерение оптических потерь между двумя оконечными точками
- двунаправленное снятие характеристик линии

Набор измерительного оборудования может включать следующее: измеритель ORL, измеритель оптических потерь (OLTS), визуальный дефектоскоп (VFL), детектор активного волокна (LFD), оптический рефлектометр (OTDR) и разделяющий длины волн измеритель мощность для P0N. Измеритель мощности для PON должен иметь возможность измерения мощности ATM или Ethernet трафика. VFL вводит излучение от яркого красного лазера в волокно, что позволяет найти дефекты, видные невооруженным глазом, такие как: плохие сварки, обрывы и макроизгибы. LFD используется для обнаружения без разрыва связи, волокон, передающих сигнал. В идеальном случае необходимо проводить тестирование PON после строительства каждого сегмента. Например: после прокладки каждой секции оптического кабеля необходимо провести между оконечными точками измерения ORL и измерения рефлектометром. После установки разветвителя

необходимо провести измерения основного (питающего) волокна между патч-панелью OLT и каждым выходным портом разветвителя. После установки оконечных терминалов проводятся измерения между портом каждого терминала и патч-панелью волоконно-распределительного хаба (распределительное волокно). Этот тест также может быть выполнен между портом оконечного терминала и патч-панелью OLT. В этом случае будет протестирована вся линия. Это выполняется в том случае, когда выходные волокна разветвителя не оконцованы коннекторами, а непосредственно приварены к распределительным волокнам.

6.1.2 Тестирование ORL

Так как связь по волокну производится в обоих направлениях, ORL необходимо измерять также в каждом направлении. Измерение необходимо производить с использованием измерителя ORL или совместимого измерителя оптических потерь (OLTS) расположенных на каждом конце линии, измерение ORL проводится сначала в одном направлении, затем в противоположном. OLTS может быть использован для измерения как оптических потерь так и ORL одновременно.



Рисунок 22- Многофункциональный оптический тестер

Оптические тестеры требуют проведения двух последовательных измерений. На первом этапе проводится взятие опорных значений двух OLTS с использованием их собственных источников. Затем каждый OLTS отправляет с помощью своего источника калиброванное значение излучения по тестируемому участку волокна другому OLTS, который измеряет полученное значение мощности и рассчитывает потери.

Согласно рекомендациям ITU-T C.983 и G.984 максимально разрешенное значение ORL для линии составляет 32 дБ.

Таблица 4 содержит типичные значения ORL для различных типов коннекторов. Большие значения означают меньший уровень отражений и поэтому являются лучшими.

Таблица 4- Типичные значения ORL для коннекторов

Тип коннектора	Типичное значение ORL (дБ)
UPC	50-55
APC	65-70

ORL определяется как отношение отраженной мощности к введенной мощности и измеренной на входе тестируемого устройства (DUT), такого как волоконно-оптический сегмент или линия. ORL выражается в дБ и имеет положительное значение. Отражение, напротив, является отрицательным значением и определяется как отражение от одного интерфейса или события, например от границы волокно (стекло)/воздух.

ORL линии состоит из Рэлеевского обратного рассеяния волокна и отражения от всех интерфейсов, присутствующих в линии. ORL может вызывать проблемы в случае цифровых DWDM систем и систем работающих на высоких скоростях, таких как OC-48 и OC-192, но особенно влияние ORL критично для аналоговой передачи CATV, такой как используется в FTTx системах на длине 1550 нм (т.е. аналоговое видео в PON). Если Рэлеевское рассеяние присуще волокну и его нельзя полностью исключить, то отражение, вызываемое различными сетевыми элементами (в основном коннекторами и компонентами), которые имеют интерфейсы воздух/стекло или стекло/ стекло всегда можно уменьшить с помощью специальных мер или лучшей реализации. Для оптимизации качества передачи, эффекты обратных отражений (т.е. помехи для источника излучения или нестабильность выходной мощности) должны быть взяты под контроль. Поэтому необходимо сфокусировать внимание на качестве сетевых соединений и сделать это можно с помощью тщательных и точных измерений ORL.

Основные проблемы, вызываемые ORL, включают следующее:

- Сильные колебания в выходной мощности лазера
- Помехи на стороне приемника

- Низкое соотношение несущая/шум в аналоговых системах, что приводит к дисторсии видеосигналов
- Более высокий уровень ошибок (BER) в цифровых системах
- Возможен вывод из строя лазера

Рисунок 6-4 изображает установку для измерения ORL и оптических потерь. Измерение ORL проводится с помощью измерителя ORL (или ORL тестера). Измеритель ORL включает в себя источник излучения и измеритель оптической мощности (OPM) для измерения отраженной мощности. Некоторые OLTS могут выполнять это измерение, таким образом, отпадает необходимость в наличии отдельного измерителя ORL. Любой из приборов может провести измерения ORL между оконечными точками системы.

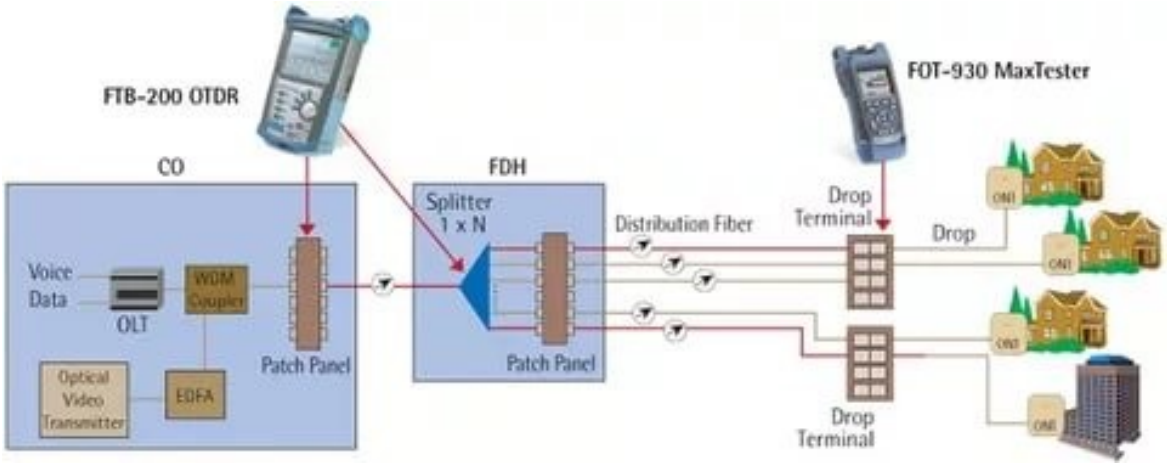


Рисунок 23- Двунаправленное измерение ORL между центральным узлом и оконечным терминалом

6.1.3 Двунаправленные измерения потерь

Оптические потери определяются как разница в уровне мощности между передающим источником и принимающим измерителем мощности. Общие потери оптической линии/системы рассчитываются как сумма вносимых потерь (IL) коннектора OLT, WDM мультиплексора, сварок, затухания в волокне, разветвителя, коннектора ONT и всех плохих соединений. Вносимые потери это потери

оптической энергии в результате установки компонента или устройства на пути распространения света.

При проектировании сети, определяется бюджет потерь - детальный анализ, предназначенный для того, чтобы убедиться, что приемник получит достаточный уровень мощности для безошибочной передачи данных. Бюджет потерь принимает в расчет мощность передатчика и чувствительность приемника, а также ожидаемые потери от каждого оптического компонента в сети. Требования к бюджету потерь для PON основываются на рекомендациях ITU Rec. C.983 и отражены в Таблице 5.

Таблица 5- Требования к энергетическому бюджету для топологии с одним волокном

Класс	Потери ДБ		Рек. ITU-T
	Мин.	Макс.	
A	5	20	983.3
B	10	25	983.3
B	10	22	984.2
C	10	30	983.3
C	15	27	984.2

Разветвитель в PON является причиной неизбежных потерь, т.к. входная мощность делится между несколькими выходами. Потери на разветвителе зависят от коэффициента деления и равны приблизительно 3 дБ для разветвителя 1:2, и увеличиваются на 3 дБ, каждый раз, когда количество выходных портов удваивается. Разветвитель 1:32 имеет потери не менее 15 дБ. Эти потери одинаковы для прямых и обратных потоков. Сварки или коннекторы на портах разветвителя вносят дополнительные потери.

Пример бюджета потерь для PON показан в Таблице 6.

Таблица 6- Типичный сценарий бюджета потерь

	Потери	Количество/ Длина	Общие потери (дБ)
Разветвитель(1:32)	~ 16-17	1	17
WDM мультиплексор (1:2)	-0,7-1,0	1	1
Соединения (сварка)	~ 0,02 - 0,05	4	0,2
Коннектор (APC)	-0,2	2	0,4
Волокно (G.652C)			
1310 нм 1490 нм 1550 нм	-0,35/км -0,27/км -0,22/км	18,2	6,4 4,9 4,0
Общие потери (дБ)			
1310 нм 1490 нм 1550 нм			25,0 23,5 22,6

В этом примере не взяты в расчет потери от дисперсии или любых других нелинейных эффектов (потери в 1 дБ могут ожидаться на длинах волн 1550/1490 нм для очень высокоскоростных систем). Базируясь на наихудшем варианте общие потери, составят 25 дБ, такая система соответствует классу B, но без запаса. Наибольшие потери вызваны разветвителем (68%) и его показатели необходимо улучшить, в противном случае система будет соответствовать классу C, для того чтобы иметь гарантированный запас по потерям.

Потери могут быть измерены, с использованием отдельного источника излучения и измерителя оптической мощности (OPM). Типичный OLTS состоит из источника излучения и измерителя мощности, более продвинутые модели OLTS состоят из источника излучения и измерителя мощности, скомбинированных в одном корпусе и тем самым особенно удобны для двунаправленного тестирования, автоматического измерения опорного значения и анализа результатов. Некоторые еще более продвинутые модели OLTS могут выполнять одновременное автоматическое двустороннее тестирование потерь и ORL, а также оценивать длину линии и хроматическую дисперсию.

При выборе OLTS для работы с PON необходимо принять во внимание следующие соображения:

- Некоторые модели OLTS являются автоматизированными. Автоматическое тестирование уменьшает время измерения и риски связанные с ошибками оператора.
- Большой динамический диапазон прибора позволяет тестировать компоненты с большими вносимыми потерями, такие как разветвители, и /или увеличивает расстояние доступное для тестирования.
- Встроенное переговорное устройство облегчает возможность общения между техниками, выполняющими измерение и находящимися на противоположных концах линии.
- Возможность тестирования на двух или трех длинах волн (1310/1490/1550 нм) является наиболее важной для PON, основанных на старых типах волокон т.к. они показывают больший уровень затухания по сравнению с современными типами.

Перед подключением или сваркой оптических кабелей необходимо измерить оптические потери для каждого участка и каждой ветви разветвителя отдельно. Тест выполняется в обоих направлениях. Необходимо убедится в равномерности показаний на различных ветвях разветвителя.

После того как подключения выполнены, необходимо провести измерения между каждой ветвью и OLT. Общие потери не должны превышать бюджет потерь, в противном случае нельзя гарантировать безошибочную передачу данных.

Измерения всегда должны проводиться на выходных портах патч-панели, для того чтобы принять во внимание потери на соединении.

Для выполнения автоматических измерений потерь с использованием двух OLTS, обычно требуется четыре этапа:

- Обнуление (если прибор его требует). Эта процедура компенсирует шумы детектора и внутренние токи. Некоторые модели измерительных приборов не требуют выполнения этого шага.
- Настройка теста (на обоих приборах). Это позволяет выбрать длины волн и другие параметры теста.

• Измерение опорного значения (на обоих приборах). Этот шаг требуется для измерения потерь только через волокно, а не через соединительные шнуры или аксессуары. Некоторые модели выполняют этот шаг автоматически.

• Запуск теста (на приборе, инициирующем тест). Некоторые модели выполняют этот шаг автоматически на обоих приборах.

Для измерения опорного значения может быть использован метод петли, который должен быть выполнен на обоих приборах. Измерение опорного значения методом петли выполняется на каждом блоке с помощью подключения соединительного шнура между портом источника излучения и измерителя мощности одного и того же прибора. Измеренный детектором уровень мощности сохраняется в памяти как опорное значение.

Другой более точный метод представляет собой измерение опорного значения между двумя блоками - «точка-точка». Измерение выполняется путем подключения источника излучения блока А к порту детектора блока В, а источник излучения блока В подключается к порту детектора блока А.

После измерения опорных значений на обоих OLTS, соединительные шнуры каждого OLTS отключаются от порта детектора и подключаются к тестируемому волокну (FUT). Запуск процедуры тестирования инициируется на одном из OLTS. Источник этого OLTS отправляет изучение через тестируемую линию. Другой OLTS измеряет значение полученной мощности и передает эту информацию блоку, инициировавшему тест, который сравнивает количество полученного излучения с опорным значением. Разница между двумя измерениями представляет собой средние потери линии.

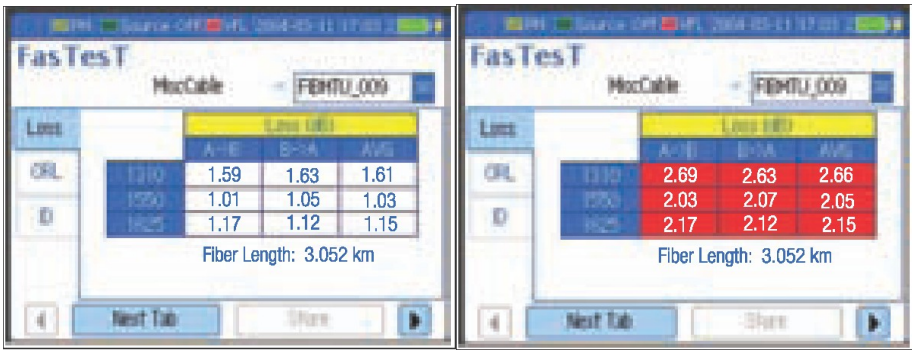


Рисунок 24- Результаты измерения потерь линии хорошего и плохого качества

6.1.4 Снятие характеристик линии с использованием рефлектометра

В процессе строительства необходимо убедиться, что каждый кабельный участок соответствует или превосходит значения указанные в характеристиках кабеля. Наилучший способ выполнить эту задачу это использовать оптический рефлектометр (OTDR). В отличие от OLTS, которые оценивают суммарные потери всей линии при помощи двух блоков, OTDR отображает подробную карту всех потерь всех участков (см. Рисунок 25), что позволяет пользователям обнаружить и оценить каждый отдельный элемент в линии, включая коннекторы, сварки, разветвители, мультиплексоры и дефекты.

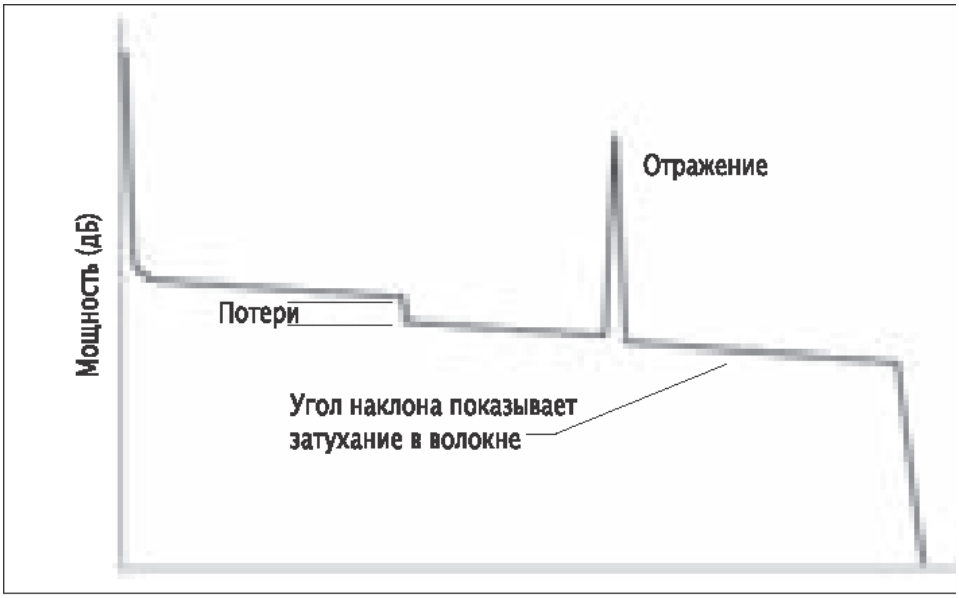


Рисунок 25- Участок кабеля, измеренный от входа к разветвителю к выходу мультиплексора

Работа OTDR основывается на отправке мощного импульса излучения в волокно и измерении отраженного излучения. Каждое событие в линии (каждый оптический компонент и оптический дефект) является причиной отражений или потерь или того и другого. Конец волокна, обрывы, коннекторы и другие компоненты каждый из них отражает небольшую часть изучения назад к OTDR. Для расчета расстояния до каждого события OTDR использует время, которое необходимо каждому отдельному отражению для возврата обратно.

Оптические волокна равномерно рассеивают малую часть света по всей длине, OTDR измеряет это рассеянное излучение, для того чтобы определить затухание волокна. Внезапные падения уровня рассеянного излучения соответствуют оптическим потерям, возникающим из-за сварок или других событий. Например, затухание новых волокон G.652.C может быть измерено в диапазоне длин волн, обычно используемых в PON:

- 0.33 дБ/км на 1310 нм (0.35 дБ/км наихудший случай)
- 0.21 дБ/км на 1490 нм (0.27 дБ/км наихудший случай)
- 0.19 дБ/км на 1550 нм (0.25 дБ/км наихудший случай) Большие спектральные затухания могут наблюдаться в старых волокнах типа C.652.



Рисунок 26- Рефлектометр

Дефекты, которые могут быть обнаружены с помощью OTDR, включают в себя: несовпадение осей, угловые дефекты, загрязнения коннекторов, обрывы волокон и макро изгибы. Макро изгибы являются нежелательными явлениями, они возникают в случае, если волокно имеет радиус изгиба меньший, чем допустимый (слишком плотно уложено и т.п.). Макро изгибы могут быть легко обнаружены, путем сравнения результатов потерь на всех длинах волн 1310,1490 и 1550 нм, так как макро изгибы вызывают наибольшие потери на больших длинах волн (1550 нм), по сравнению с меньшими (1310 нм). Наилучшая длина волны, доступная в OTDR, для обнаружения макро изгибов это 1625 нм (чем длиннее, тем лучше).

Каждое волокно должно быть протестировано от OLT, расположенного в CO до разветвителя, а также от разветвителя до ONT, по возможности в двух направлениях. Некоторые типы событий, такие как несовпадение размеров сердцевин, могут показывать различные уровни (усиление вместо ослабления) в зависимости

от направления распространения света. Двунаправленное тестирование обеспечивает более точные результаты, т.к. результаты измерений, полученные в каждом направлении, усредняются.

Другое важное соображение при использовании OTDR- это мертвая зона. Так как детектор OTDR является крайне чувствительным элементом, он может перейти в режим насыщения от сильного отражения, такого как отражение от выходного коннектора прибора или отражение от первого события (коннектора) в сети. Зачастую наибольшая мертвая зона возникает из-за первого соединения (выходной коннектор OTDR). Т.к. проводить измерения внутри мертвой зоны невозможно, потери из-за сварок и коннекторов, расположенные близко к вводу OTDR не могут быть корректно оценены при обычных обстоятельствах. Однако использование компенсационной катушки (PSB), расположенной между OTDR и тестируемым волокном поможет обойти эту проблему. PSB содержит отрезок волокна, который позволяет включить в измерения потерь линии, первый коннектор и события, которые до этого были скрыты в мертвой зоне. Потери последнего коннектора тестируемого волокна могут быть измерены таким же способом, с помощью подключения к нему PSB. Компенсационная катушка позволяет рефлектометру сравнить уровни обратного рассеяния перед и после события и рассчитать потери на коннекторе.

Для тестирования PON рефлектометр должен иметь возможность проводить тестирование на трех длинах волн (1310,1490 и 1550 нм). Однако, во многих случаях, тестирование на длине 1550 нм рассматривается одновременно как тестирование и в диапазоне 1490 нм. В общем случае принято считать, что затухание волокна на длине 1490 нм приблизительно на 0,02 дБ больше, чем на длине 1550 нм. Такое допущение, в общем, верно для довольно современных типов волокон (начиная с конца 90х и более поздних), особенно для типа С.652С с низким водяным пиком поглощения. Однако, такое утверждение может не подходить для более старых типов волокон (начала 90х и ранее), когда типа G.652C не существовало и водный пик (Е диапазон) не вызывал интереса.

Для тестирования протяженных волокон или компонентов с большими потерями, необходим прибор с большим динамическим диапазоном, при этом для

оценки отдельного элемента зачастую необходим короткий импульс. Эти два требования противоречат друг другу: более длительный импульс обеспечивает больший динамический диапазон, в то время как короткий импульс имеет меньшую пиковую мощность, что ограничивает динамический диапазон.

Программное обеспечение OTDR должно быть хорошо продумано, для того чтобы полностью обнаруживать все возможные типы событий, таких как отражения, вызываемые коннекторами, обрывы и концы волокон, потери, вызываемые сварками или макро изгибами, усиления, вызванные не идеальностью совмещения сердцевин или разницей в диаметрах (отклонения в диаметрах модовых полей). Рефлектометр хорошего качества должен четко указывать все типы событий на трассе, делая их легко узнаваемыми для пользователя, а также отображать их в таблице событий.

Важно выбрать такой вариант, который имеет хорошо продуманный, легкий в использовании интерфейс, такие функции как усреднение, генерация и печать отчетов, а также режим автоматической работы. Некоторые модели OTDR имеют встроенный визуальный дефектоскоп (VFL).

Перед использованием OTDR, важно понимать значение параметров тестирования, для того чтобы правильно их применять. Несмотря на то, что многие OTDR имеют автоматический режим, работая в котором прибор пытается определить оптимальные настройки для тестируемого волокна, в некоторых ситуациях может потребоваться ручная установка параметров для того, чтобы получить желаемый результат. При тестировании на нескольких различных длинах волн возможно использование одинаковых настроек для всех длин волн или индивидуальных настроек для каждой длины волны. Дополнительно всегда имеются варианты выбора для хранения результатов тестирования в базе данных и печати отчетов. Основные параметры тестирования описаны ниже.

- Диапазон расстояний: определят максимальное расстояние, на котором OTDR будет обнаруживать события. Обычно должен быть установлен с таким расчетом, что бы покрыть всю длину линии, если вы только не желаете протестировать только часть линии с высоким разрешением (короткий импульс).

• Ширина импульса: определяет ширину (длительность) импульса, который OTDR отправляет в линию. Более длинный импульс распространяется дальше по волокну и улучшает соотношение сигнал/шум (SNR), но следствием этого является меньшее разрешение, что затрудняет выделение близко расположенных событий. Более длинный импульс также приводит к увеличению мертвой зоны. С другой стороны короткие импульсы обеспечивают лучшее разрешение и меньшие мертвые зоны, но при этом уменьшается расстояние измерения и ухудшается SNR. В общем случае предпочтительнее использовать наименьшую возможную ширину импульса, которая позволяет увидеть все в линии, а затем провести необходимые настройки для оптимизации.

При тестировании FTTx сети в прямом направлении, импульс OTDR должен быть достаточно большой для прохода через разветвитель, и его динамический диапазон также должен быть большой.

• Время накопления: определяет длительность накопления (период времени, в течение которого результаты тестирования усредняются). В общем случае большее время накопления позволяет получить более чистые трассы (особенно для протяженных линий), т.к. при увеличении времени накопления большее количество шумов усредняется. Это усреднение увеличивает SNR и возможности OTDR по обнаружению близко расположенных событий.

При выполнении быстрого тестирования для того, чтобы обнаружить основные дефекты, такие как обрывы, можно использовать малое время (10 сек) накопления. Для полного снятия характеристик линии с оптимальной точностью и для того, что бы убедиться, что линия находится в пределах бюджета потерь, предпочтительнее использовать большее время накопления (45 сек- 3 мин).

• Критерии Годен/Негоден/Предупреждение: Некоторые модели OTDR после проведения анализа могут выдавать сообщение, информирующее пользователя, если одно или несколько событий превышают установленные пороги. Для каждого типа событий (сварка, потери, потери на коннекторах, отражения, затухание участка волокна, общие потери участка, общая длина участка и ORL) могут быть установлены раздельные пороги для сообщений Предупреждение и Негоден.

Эта функция может использоваться для того, чтобы убедиться, что каждый оптический компонент в линии соответствует своим параметрам.

В процессе строительства необходимо выполнять рефлектометрические измерения после установки каждого сегмента сети. Рисунки 6-8,6-9 и 6-10 иллюстрируют выполнение измерений с конца последней построенной линии к OLT в центральном офисе. Важность проведения двунаправленных измерений заключается в том, что в случае некоторых событий, таких как сварка между двумя волокнами с немного различной геометрией, потери, обнаруженные OTDR будут различными для различных направлений. Усреднение результатов двунаправленных измерений устранит влияние геометрии волокон и позволит получить заслуживающие доверия результаты. Иногда полезно проводить тестирование от CO к разветвителю(ям) и далее к ONT. Однако при наличии большого количества распределительных волокон, отражения от каждого отдельного волокна будут складываться, что затруднит, а зачастую сделает невозможным построение трассы OTDR.

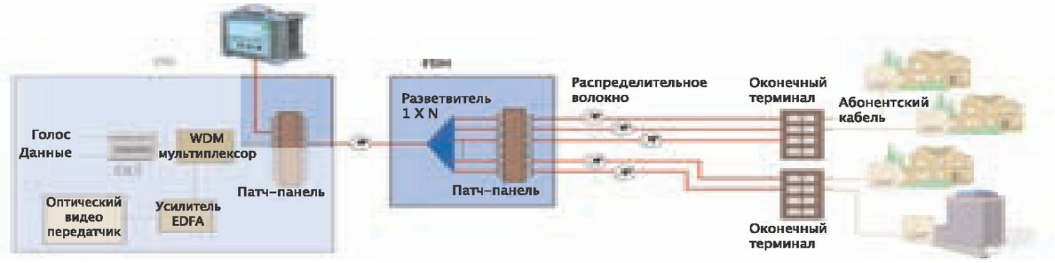


Рисунок 27- Тестирование основного и распределительного волокон от CO к оконечным терминалам

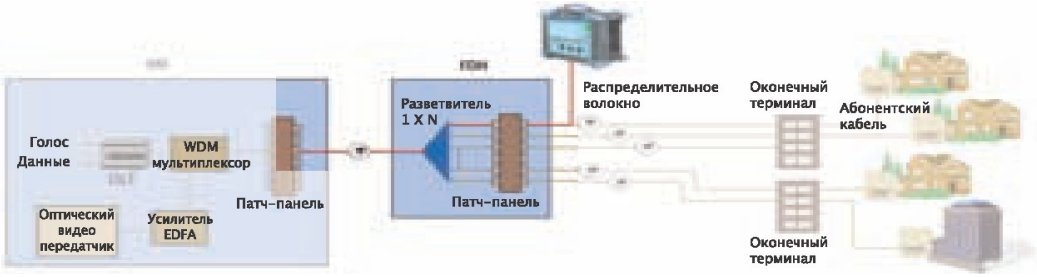


Рисунок 28- Тестирование с выходного порта к CO

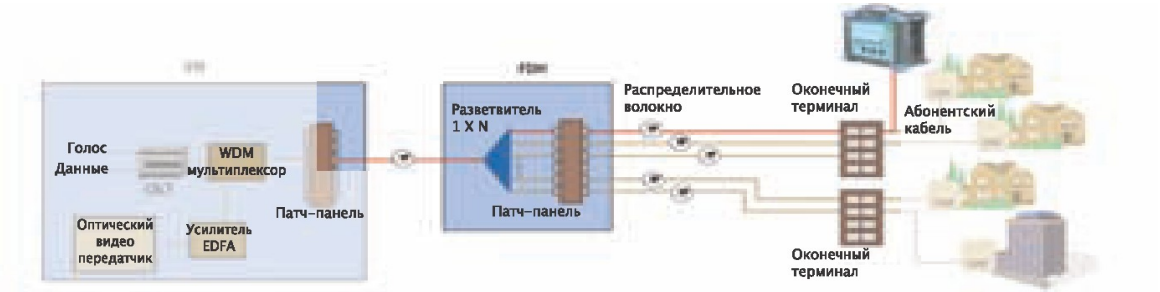


Рисунок 29- Тестирование с выходного порта оконечного терминала или ONT к CO

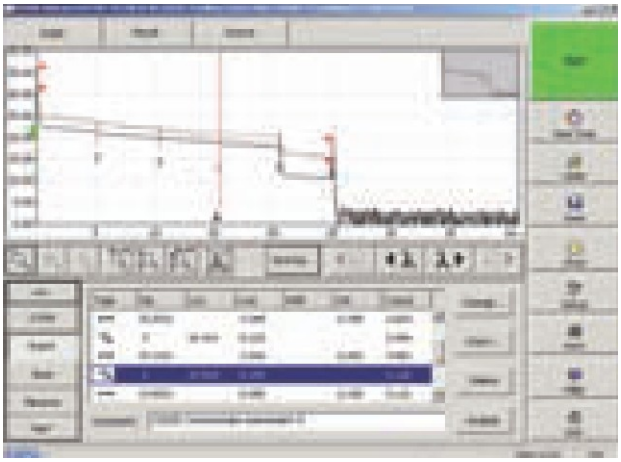


Рисунок 30- Упрощенная рефлектограмма

6.2 Тестирование при запуске в эксплуатацию

При первой активации сети или при подключении ONT необходимо выполнить следующие измерения:

6.2.1 OLT (только при первой активации)

Измерения оптической мощности с помощью OLT требуются для того, чтобы убедиться что, на ONT приходит достаточный уровень мощности. Такое измерение выполняется только при первой активации, т.к. в последствии оно не может быть выполнено без перерыва связи в целой сети. Для выполнения данного измерения отключите основное волокно и измерьте оптическую мощность непосредственно на выходе WDM мультиплексора (объединяющего видео сигнал и сигнал от OLT). При этом могут использоваться два метода:

• Оптический измеритель мощности измеряет полную оптическую мощность. Для измерения мощности каждой длины волны по отдельности могут быть использованы оптические фильтры, одна длина волны за одно измерение.

• Разделяющий длины волн измеритель мощности для PON, измеряет мощность каждой длины волны одновременно. Для получения оценки по критерию Годен/Негоден/Предупреждение, можно установить величину пороговых значений для каждой длины волны.

После подключения основного волокна, выполняются аналогичные измерения на FDH. Мощность измеряется на каждом выходе разветвителя.

6.2.2 Оптический сетевой терминал (ONT)

Каждый раз при добавлении нового ONT в PON, необходимо провести измерения оптической мощности прямого и обратного потоков на этой ветви. Наиболее предпочтительным методом является использование разделяющего длины волн измерителя мощности для PON, который может быть подключен как сквозное устройство. Другим вариантом является использование обычного измерителя мощности и фильтров, однако этот метод не позволяет проводить измерения обратного потока и не позволяет работать в сквозном режиме. На Рисунке 31 изображен измеритель мощности для PON, подключенный как сквозное устройство между отдельной ветвью и ONT. Данный тип прибора одновременно измеряет мощность прямого потока на длинах 1550 и 1490 нм и мощность обратного потока на длине 1310 нм. В отличие от обычного измерителя мощности, который измеряет среднюю мощность оптического сигнала, измеритель мощности для PON позволяет измерять включения ATM трафика (т.к. могут быть длительные периоды тишины или передаются только дежурные сигналы), что позволяет получать точные измерения.



Рисунок 31- Измеритель мощности для PON

Мощность прямого потока на длинах волн 1550 и 1490 нм, должна соответствовать минимальной чувствительности приемника ONT (в зависимости от класса PON). Обратный поток должен соответствовать спецификациям ONT. Если уровень оптической мощности недостаточен, выполните шаги по поиску и устранению неисправностей. Если потребуется, выполните другие действия для устранения проблемы. Таким же образом обратный поток на длине волны 1310 нм должен соответствовать минимальным параметрам для того, чтобы OLT мог соответствующим образом интерпретировать. Зная энергетический бюджет для наихудшего случая, нетрудно определить минимальную оптическую мощность, которую должен иметь сигнал 1310 нм на выходе ONT.

После того как проблема устранена, и измеренный уровень мощности в ветви является достаточным, подключите распределительное волокно непосредственно к ONT. Примечание: Очень важно понимать, что сигнал 1310 нм передаваемый в обратном направлении от ONT по природе прерывистый, а не непрерывный. Именно по этой причине мощность ATM трафика от ONT должна измеряться подходящим прибором.

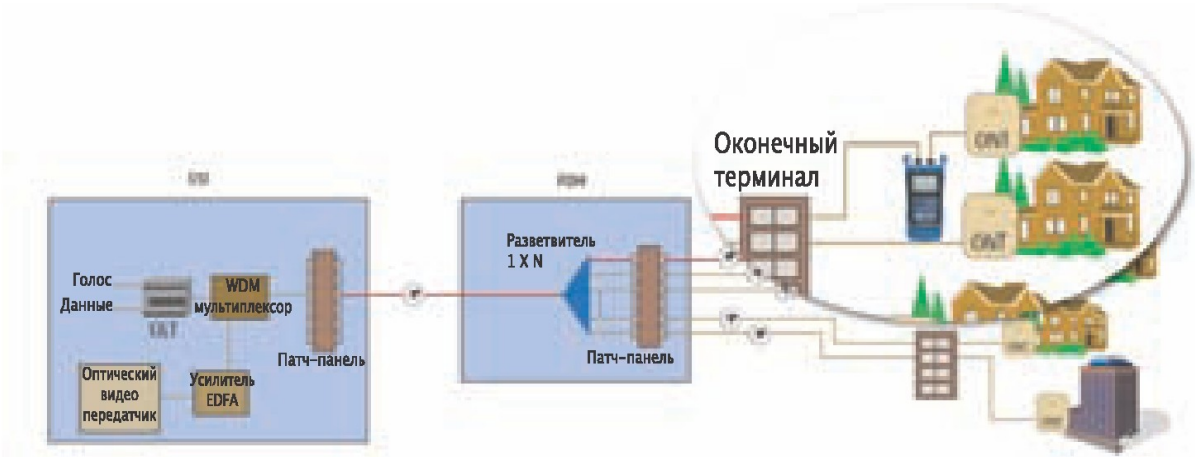


Рисунок 32- Измеритель мощности для PON, подключенный между оконечным терминалом и ONT

7. УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В СЕТИ

Устранение неисправностей в PON включает в себя обнаружение и идентификацию источника оптических проблем в том, что может быть оптической сетью со сложной топологией, включающей несколько разветвителей, волокон и ONT. На Рисунке 33 показана топология сети с несколькими разветвителями. Цифрами обозначены различные зоны, в которых может размещаться источник проблемы. В Таблице 6-1 показано как проблемный ONT, может помочь обнаружить проблему. Если происходит обрыв в кабеле между OLT и разветвителем, находящимся в прямом направлении, все ONT могут не работать. Однако, если возникает проблема, типа макро изгиба или загрязненного коннектора, являющаяся причиной потерь оптической мощности где-то в сети, то только некоторые ONT могут испытывать проблемы. Т.к. затухание в волокне пропорционально его длине, удаленные ONT будут получать ослабленный сигнал, чем те, которые расположены ближе. Оптические сигналы в обратном направлении, получаемые в СО от наиболее

удаленных ONT, также будут слабее и OLT обнаружит такое ухудшение производительности.

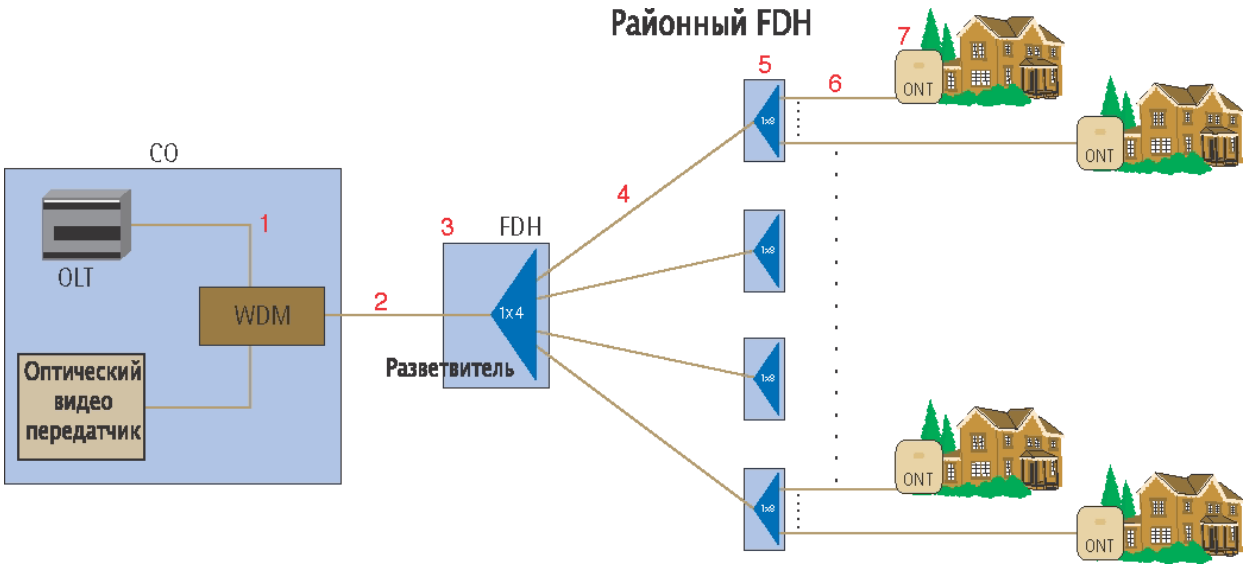


Рисунок 33- Зоны для поиска неисправностей в типичной FTTx сети

Проблемы, которые могут возникнуть в FTTx сети, включают:

- Уровень оптической мощности от одного или нескольких ONT не соответствуют определенному минимальному значению мощности.
- Потеря сигнала (нет мощности)
- Увеличение количества ошибок (BER) или ухудшение сигнала (может произойти из-за недостаточного уровня мощности)
- Проблемы с аппаратным обеспечением активных компонентов (ONT или в CO)

Так как большинство компонентов в сети являются пассивными, в основном проблемы в сети возникают из-за загрязнений, повреждений или плохого подключения коннекторов, а также из-за обрывов или макро изгибов волоконно-оптического кабеля. В зависимости от своего расположения эти причины влияют на некоторых или всех абонентов сети. Большинство проблем может быть обнаружено с использованием следующего оборудования:

- Разделяющий длины волн измеритель мощности для PON. Этот прибор подключается как сквозное устройство, позволяя беспрепятственное прохождение

прямого и обратного потоков. Прибор одновременно измеряет мощность каждой длины волны. Прибор также обнаруживает всплески мощности ATM трафика. Этот измеритель также может применяться для поиска неисправностей в любой точке сети (см. Рисунок 34).

- Оптический измеритель мощности (OPM) и фильтры. Использование фильтров позволяет измерять мощность одной определенной длины волны, за одно измерение. Т.к. измеритель мощности измеряет непрерывный сигнал, он не может быть использован для измерения всплесков мощности трафика ATM от ONT. Измеритель мощности невозможно подключить как сквозное устройство.
- Визуальный дефектоскоп (VFL, может быть встроен в OTDR). Для поиска неисправностей VFL вводит яркое излучение красного лазера в волокно, что позволяет видеть невооруженным глазом некоторые дефекты, такие как плохие сварки, обрывы и макро изгибы.
- Оптический рефлектометр (OTDR). OTDR обеспечивает графическое представление трассы, что позволяет обнаруживать и оценивать каждый элемент линии, включая коннекторы, сварки, разветвители, мультиплексоры и дефекты.
- Детектор активного волокна (LFD) со сменными головками. LFD позволяет вам обнаруживать трафик и измерять интенсивность сигнала в любом месте одномодовых или многомодовых волокон, без необходимости отключать их. Сменные головки позволяют тестировать различные типы волокон.

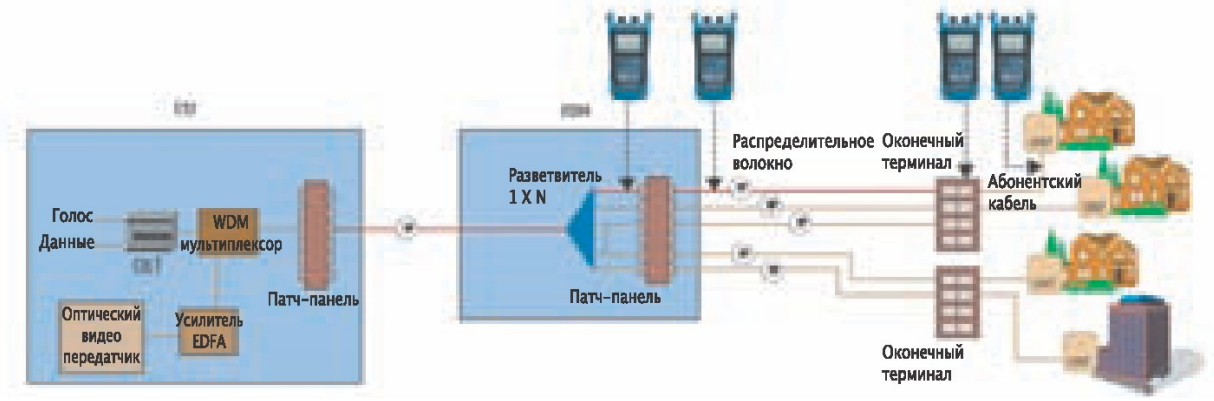


Рисунок 34- Использование измерителя мощности для поиска и устранения неисправностей в различных точках сети

Таблица 7- Расположение проблемы в типичной FTTx сети

Проблемные ONT	Возможное расположение проблемы
Все ONT или несколько ONT (наиболее удаленные) в сети	В CO (зона 1) В районе основного волокна (зона 2) На главном FDH (зона 3)
Все ONT или несколько ONT (наиболее удаленные) в одной ветви	На главном FDH (зона 3) Вдоль промежуточного кабеля (зона 4) На втором FDH (зона 5)
Один ONT	На последнем FDH (зона 5) Вдоль распределительного волокна (зона 6) На оконечном терминале, в абонентской проводке или на ONT (зона 7)

Таблица 8- Поиск и устранение неисправностей

Проблема	Возможная причина	Меры по устранению
Неверная работа одного из ONT. Низкая оптическая мощность на ONT.	Загрязненные/ Поврежденные коннекторы или чрезмерные макро изгибы после последнего разветвителя	На конце абонентской части: □ Измерьте оптическую мощность □ Проверьте коннекторы На оконечном терминале: • Измерьте оптическую мощность • Проверьте коннекторы На выходе разветвителя: • Измерьте оптическую мощность • Проверьте коннекторы
Один из ONT не работает; Нет оптической мощности	Обрыв волокна после последнего разветвителя (в распределительном кабеле или абонентском кабеле)	□ Измерьте оптическую мощность на ONT для того, чтобы убедиться, что нет сигнала ▫ Измерьте оптическую мощность на оконечном терминале Если сигнал есть: Проблема в абонентском

		кабеле. ▫ Протестируйте кабель от ONT или оконечного терминала, используя VFL или OTDR Если сигнала нет: Проблема в распределительном кабеле. ▫ Протестируйте распределительный кабель от оконечного терминала, используя OTDR
Один ONT неверно работает. Уровень мощности на ONT в норме.	Проблемы в аппаратной части ONT	□ Обратитесь к производителю за помощью в устранении неисправностей

Продолжение Таблицы 8

Некоторые или все ONT, подключенные к одному разветвителю имеют проблемы в работе. Уровень мощности на ONT низок.	Загрязненные/ Поврежденные коннекторы или макроизгибы перед разветвителем	На выходе разветвителя: □ Измерьте оптическую мощность □ Проверьте коннекторы Проверьте наличие макроизгибов {внутри и за пределами FDH) На входе разветвителя: • Измерьте оптическую мощность • Проверьте коннекторы
Все ONT, подключенные к одному разветвителю не работают. Нет оптической мощности.	Обрыв волокна перед последним разветвителем.	□ Протестируйте основное волокно (или волокна между разветвителями в случае линии с несколькими разветвителя ми). Для этого используйте OTDR. Тестирование производится с ONT оконечного терминала или разветвителя.
Все ONT не работают. Нет оптической мощности.	Обрыв основного волокна или проблемы на CO.	□ Протестируйте основное волокно с помощью OTDR из FDH или CO ▫Измерьте выходную мощность OLT ▫Измерьте мощность видеосигнала

		перед WDM мультиплексором ▫Измерьте выходную мощность WDM мультиплексора ▫Проверьте оборудование в СО
Увеличение BER	Недостаточный уровень мощности на ONT или проблемы в аппаратной части ONT	□ Выполните необходимые шаги, описанные выше. □ Обратитесь к производителю ONT за помощью в устранении неисправностей
Периодически возникающая проблема	Проблемы в аппаратной части ONT	□ Обратитесь к производителю ONT за помощью в устранении неисправностей

8 ОХРАНА ТРУДА И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

При строительстве, проведении тестирования или ремонта волоконно-оптической линии связи очень важно не пренебрегать правилами техники безопасности, которые должны быть установлены в каждой компании, так или иначе связанной с ВОЛС. Чтобы при работе с оптическими системами связи сотрудники компании могли избежать потенциальных опасностей, они обязаны проходить инструктаж по технике безопасности, а также не забывать о здравом смысле.

1. Все внешние цепи подключенные к системе электропитания должны соответствовать требованиям SELV, сформулированным в стандарте EN60950.

2. При проведении работ внутри шкафа электроустановки, система электропитания должна быть обесточена. Переменное напряжение и АКБ (если они установлены) должны быть отключены.

3. В нормальном состоянии шкафы с оборудованием должны быть заперты и установлены в запираемом помещении. Ключ должен храниться у ответственного лица.

4. Необходимо исключить возможность случайного прикосновения к токоведущим частям. В этих целях устанавливаются соответствующие ограждения или токоведущие части располагают на высоте, недоступной без специальных приспособлений.

5. Устройство таковой защиты цепей питания должны иметь маркировку с четким указанием потребителей, к которым они относятся.

6. При работе с аккумуляторными батареями или оборудованием, находящимся под напряжением необходимо использовать инструмент с изолированными ручками.

7. Распределительные щиты, щитки, распределительные пункты размещают в специальных помещениях.

Кроме этого для обеспечения электробезопасности должны применяться отдельно или в сочетании друг с другом следующие технические способы и средства: малые напряжения; электрическое разделение сетей; контроль и профилактика повреждений изоляции; компенсация емкостной составляющей тока замыкания на землю; обеспечение недоступности токоведущих частей; защитное заземление; двойная изоляция; защитное отключение; изолирующие площадки.

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала и нормальной работы проектируемого оборудования проектом предусматривается заземление оборудования от существующих в помещениях шин защитного заземления с сопротивлением не более 4 Ом, что удовлетворяет требованиям ГОСТ 464-79.

Заземление для стационарных установок проводной связи, радиорелейных станций, радиотрансляционных узлов проводного вещания и антенн систем коллективного приема телевидения.

В целях безопасности эксплуатации все вращающиеся части вентиляционных установок должны иметь ограждение, корпуса двигателей заземления, установлены предохранители от перегрузок.

Противопожарные мероприятия способствуют обеспечению взрывной и пожарной безопасности помещений. Эти мероприятия зависят от категории взрывной и пожарной опасности производства.

Помещение, в которых размещается проектируемое оборудование, оборудованы системами охранно-пожарной сигнализации, которые удовлетворяют требованиям ГОСТ 27990-88.

8.1 Безопасность при работе с оптическим кабелем

Обломки оголенного волокна, т.е. волокна, с которого удалили защитную (вторичную) оболочку, оставив открытой стеклянную поверхность, могут быть очень опасными, если с ними обращаться неправильно. Каждый осколок нужно вовремя увидеть и избавиться от него. Его необходимо удалить, отрезав волокно в области защитной оболочки. Нужно резать волокно в области, содержащей защитное покрытие, а затем оголить участок нужной длины.

Оголенные концы могут легко попасть под кожу и обломаться, вызывая микроповреждения. При извлечении осколки могут ломаться, усугубляя проблему. Осколки волокна могут привести к попаданию инфекции в кожу, серьезным повреждениям глаз или внутренним повреждениям при попадании в легкие или в пищеварительный тракт.

Если в пределах рабочей области оказался осколок волокна, его нельзя упускать из виду. Лучше пометить его чернильной ручкой или чем-нибудь другим. Осколок можно поднять с помощью прозрачной клейкой ленты. Не нужно трогать осколок руками!

Нужно носить защитную одежду, например, защитные очки с боковыми экранами, которые также следует выдать помощнику или любому стороннему наблюдателю, так как волоконные осколки могут отлетать па расстояние около метра и даже более. Но следует помнить, что такие очки не спасают от вредного излучения.

В полевых условиях так же, как и в лабораториях, необходимо избавляться от осколков волокна. На сегодняшний день для этого существует два метода: использование специальных контейнеров и клейкой ленты. Специальные контейнеры, так называемые волоконные «урны», можно приобрести в магазинах: они должны иметь правильную маркировку и защиту от попадания осколков наружу.

Другой способ избавления от этих почти невидимых врагов – помещать их на клейкую сторону кусочка изоляционной ленты. Этот метод подвергается жестокой критике из-за того, что часть осколка волокна может остаться снаружи ленты, что, конечно, опасно.

После этого клейкую ленту с кусочками волокна все же следует поместить в волоконную «урну». Полную осколков волоконную «урну» нужно обмотать широкой изоляционной лентой, затем поместить её в двойной мусорный пакет и только потом выбросить.

Есть и пить на месте работы не рекомендуется, так как это может привести к внутренним повреждениям в результате случайного попадания осколков в еду или напиток. Кроме того, не стоит протирать глаза или просто идти в комнату отдыха, не помыв перед этим руки.

Цветовое оформление рабочего места может помочь сократить число потерянных осколков. Лучше всего подходит черный цвет, так как создает четкий контраст между рабочей поверхностью и голым стеклом.

Обитые тканью виниловые стулья способствуют; попаданию потерянных осколков волокна прямо на подушку сиденья. Лучше использовать гладкий виниловый или кожаный стул с как можно меньшим количеством обивки. Необходимо хорошее освещение, увеличительное стекло должно находиться в оптимальном положении по отношению к волокну, все материалы и инструмент должны быть удобно размещены.

Действие лазерного излучения на живую ткань зависит от мощности светового потока и режима облучения.

Импульсные лазеры, кроме теплового действия, могут вызывать сложные превращения в ткани (взрывные процессы, процессы ионизации и пр.). Лазерное излучение действует также на нервную систему. Но особенно оно опасно для глаз. Даже излучение маломощных газовых лазеров (с мощностью в пределах 1-100 мВт) из-за фокусирующего действия оптической системы глаза может создать на сетчатке плотность мощности намного превышающую норму. Это может привести к серьезнейшим последствиям вплоть до потери зрения.

Практически во всех телекоммуникационных системах для передачи сигналов применяется инфракрасное излучение (ИК). Это значит, что его невозможно обнаружить визуально. Ни в коем случае нельзя «заглядывать» в волокно.

Для определения активности волокна лучше всего использовать датчик инфракрасного излучения.

При соединении волокон можно свести риск к минимуму, если держать конец волокна по направлению от себя.

Конец волокна должен находиться на расстоянии вытянутей руки, что также очень важно.

Следует быть особенно осторожным при тестировании соединителей с помощью специального микроскопа, так как торец волокна находится достаточно близко к глазу в течение длительного интервала времени. Большинство мощных микроскопов (300х) снабжены встроенным инфракрасным фильтром для безопасности, но более дешевые маломощные приоры (100х) могут и не иметь такого фильтра.

Важно помнить, что увидеть и почувствовать опасность, связанную с ИК-излучением, нельзя, поэтому необходимо использовать безопасное измерительное оборудование, быть внимательным и выполнять простые правила, приведенные выше.

Кроме инфракрасного света нужно быть особенно внимательным при работе с ультрафиолетовым излучением (УФ). УФ иногда используется для отверждения клея в разветвителях и соединителях. В этом случае нельзя проводить работу без специальных защитных очков, ослабляющих УФ-излучение.

Химикаты, острые объекты и электричество

В некоторых случаях при работе с оптическим кабелем может потребоваться использование клеев, растворителей и пр.

Необходимо носить защитные рукавицы. При использовании испаряющихся химикатов необходимо тщательно проветривать помещение и не курить. Перед работой с конкретным химикатом ознакомиться с соответствующей техникой безопасности. Бронированные кабели наружной прокладки содержат прочное металлическое покрытие, обычно сделанное из нержавеющей стали. При подготовке

кабеля к соединению или разъединению нужно надевать перчатки для защиты от серьезных порезов, которые может нанести кабельная оплетка. Перчатки должны быть из кожи или кевлара. Большинство кабелей снабжены «вытяжным тросом» для создания разреза в кожухе. Лучше использовать щипцы или перчатки для удерживания троса во избежание получения от него травм.

Необходимо проверять кабель на предмет опасного напряжения, перед тем как работать с ними, и всегда создавать временное заземление кабеля при работе.

Основные требования безопасности при выполнении монтажных работ на оптических линиях передачи

Монтаж линейного оптического кабеля должен проводиться в передвижной монтажно-измерительной лаборатории, расположенной в закрытом салоне автомашины, или в специальных палатках. Салон машины должен быть оборудован обогревом на период холодного времени года, иметь приточно-вытяжную вентиляцию, естественное и искусственное освещение.

В салоне кузова должны быть размещены:

- рабочий стол и стул удобной конструкции для монтажа оптических кабелей;
- ящик с монтажным материалом, чемодан с инструментом;
- приборы для сварки и измерений ОВ;
- средства радио связи;
- средства индивидуальной защиты (СИЗ);
- тары для сбора сколов ОВ и отработанной ветоши;
- спецпалатки для производства работ по монтажу ОК в условиях бездорожья;
- портативная электростанция, средства малой механизации, заземлители;
- первичные средства пожаротушения;
- аптечка первой помощи;
- канистра с водой.

Использовать нагревательные приборы с открытым пламенем, курить в салоне автомобиля и спецпалатках запрещается.

9 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первой части описана технология построение FTTx, концепция развития и хронологическая последовательность. Fiber To The X или FTTx (англ. fiber to the x — оптическое волокно до точки X) — это общий термин для любой телекоммуникационной сети, в которой от узла связи до определенного места (точка X) доходит волоконно-оптический кабель, а далее, до абонента, — медный кабель (возможен и вариант, при котором оптика прокладывается непосредственно до абонентского устройства). Таким образом, FTTx — это только физический уровень. Однако фактически данное понятие охватывает и большое число технологий канального и сетевого уровня. С широкой полосой систем FTTx неразрывно связана возможность предоставления большого числа новых услуг. В процессе строительства сетей FTTx PON необходимо выполнять четыре основных измерения:

- однонаправленное измерение потерь в кабельной секции перед сваркой;

· двунаправленное измерение оптических возвратных потерь (ORL);

· двунаправленное измерение оптических потерь между двумя оконечными точками;

· двунаправленное снятие характеристик линии;

· снятие рефлектограммы каждого участка оптической линии, включая сплиттеры.

На сегодняшний день GPON — самая прогрессивная и перспективная технология доступа в Интернет, способная обеспечить стремительно растущие потребности в скорости обмена информацией. GPON не только полностью отвечает современным требованиям, но и обладает ресурсами и потенциалом для обеспечения развития технологий связи в будущем.

Во второй части рассматривались вопросы диагностика FTTx и виды диагностики.

Тема актуальна, поскольку в настоящее время многие корпоративные клиенты имеют доступ к услугам, предоставляемым волоконно-оптическими сетями типа «точка-точка». В то же время клиенты жилого сектора и малый бизнес зачастую используют цифровые абонентские линии (xDSL) и гибридные волоконно-коаксиальные линии, главным недостатком которых является ограниченная пропускная способность.

Наибольший потенциал для сетей широкополосного доступа сегодня имеют волоконно-оптические технологии под общим термином FTTX (Fiber To The X – оптика до точки X), в которой от узла связи до определенного места (точка X) доходит оптика, а далее, до абонента, — медный кабель (возможен и вариант, при котором оптика прокладывается непосредственно до абонентского устройства).

Список используемой литературы

1. Журнал «Сети и системы связи».
2. Журнал «Технологии и средства связи».
3. «Волоконно-оптические сети и системы связи», Скляров О.К.
4. Открытая энциклопедия «ВикиПедия» .
5. ITU-T G.984 – стандарт GPON
6. IEEE 802.3ah – стандарт EPON (GePON)
7. IEEE 802.3 – стандарт Ethernet
8. Сетевой ресурс www.exfo.com.
9. Сетевой ресурс www.skomplekt.com.
10. Интернет в частный дом: достоинства и недостатки, принцип работы, самостоятельное решение [Электронный ресурс] URL:http://net3g.ru/articles/tag/3g

11. Скоростная связь без проводов, или Стандарт 802.16 [Электронный ресурс]URL:http://compress.ru/article.aspx?id=9948

12. Стандарт WiMAX: техническое описание, варианты реализации и специфика применения [Электронный ресурс] URL:http://www.wirelesse.ru/articles/wifi/2006_3_14.php

13. Официальный сайт Альтегроскай [Электронный ресурс] URL:http://altegrosky.ru/vsat/

14. CanopyPMP100 [Электронный ресурс] URL:http://www.bazinhold.ru/canopyptp-100.php

15 [Электронный ресуср] URL:http://www.gazpromspacesystems.ru/ru/infrastructure/?ELEMENT_ID=3523

16. Видео спец. монтаж [Электронный ресурс] URL:http://www.videomodul.ru/htm/pph-2758-p1t.htm

17. Официальный сайт IRIDIUM [Электронный ресурс] URL: http://iridiumrussian.ru/