

Путеводитель по FTTx PON

Тестирование Пассивных Оптических Сетей

Второе
издание



Контрольно-измерительная техника

ООО "Техэнком"

Украина, г. Киев, 03039, пр. Краснозвездный, 119, оф. 514

Тел.: +38 (044) 455 98 77, 581 64 12

E-mail: info@tehencom.com

www.tehencom.com



EXPERTISE REACHING OUT

Этот карманный путеводитель является введением в технологию FTTH, а также описывает процессы строительства, тестирования, запуска в эксплуатацию и поиска неисправностей в пассивных оптических сетях (PON)

От POTS к PON

Изобретение телефона в 1876 году и основание телефонной компании Bell (Bell Telephone Company) в 1878 создали базу для широкого распространения того, что мы называем обычными услугами телефонной связи (POTS). Двумя годами позже «фототелефон», как его тогда называли, сделал возможным передачу звука по лучу света.

В течение многих лет различные пионеры сделали огромное количество открытий и технологических прорывов, включая лазер и одномодовое оптическое волокно, что сделало реальным передачу больших объемов информации на большие расстояния по оптическому волокну с помощью света. Сегодня более чем 90% междугороднего трафика в США передается с помощью оптических волокон. Однако, медная витая пара по-прежнему широко используется на небольших расстояниях для соединения центральных распределительных узлов с абонентами.

Технология волокно-в-дом (Fiber-to-the-home – FTTH) представляет собой привлекательное решение для обеспечения широкополосных подключений между центральным офисом жилыми помещениями или малыми и средними предприятиями и фирмами. FTTH является экономичным решением из-за применения пассивных оптических сетей (PON).

Что делает применение FTTH еще более интересным – это легкое тестирование, измерение и мониторинг. Эти системы подчиняются тем же базовым принципам, что и обычные волоконно-оптические сети, таким образом, это позволяет использовать для строительства и обслуживания то же самое оборудование.

Содержание

1. Введение FTTx.....	2
1.1 Описание	3
1.2 Почему технология FTTx так актуальна.....	5
1.3 Типы Пассивных Оптических Сетей	7
1.4 Доступные сервисы.....	9
2. Состав и структура сети.....	10
2.1 Типичная архитектура FTTx	11
2.1.1Разрешение коллизий в обратном потоке	14
2.2 Оборудование линейной части.....	14
2.2.1Описание	14
2.2.2Разветвители	16
2.3 Активное оборудование	17
3. Строительство линейной части PON.....	18
3.1 Волокно	19
3.2 Разветвители, патч-панели и распределение волокон	20
3.3 Сращивание волокон	20
3.4 Оконечные терминалы.....	20
4. Тестирование при строительстве PON.....	21
4.1 Проведение измерений	24
4.2 Установка для измерения потерь и ORL	25

4. Тестирование при строительстве PON (продолжение)

4.3 Тест 1: Тестирование ORL.....	26
4.3.1Требуемое оборудование	27
4.3.2Процедура	28
4.4 Тест 2: Двухнаправленные измерения потерь.....	29
4.4.1Требуемое оборудование	30
4.4.2Процедура	31
4.5 Тест 3: Снятие характеристик линии с использованием рефлектометра	33
4.5.1Требуемое оборудование	35
4.5.2Настройки OTDR	36
4.5.3Процедура	37

5. Тестирование при запуске в эксплуатацию ..

5.1 OLT (только при первой активации)	41
5.2 Оптический сетевой терминал (ONT).....	41

6. Устранение неисправностей в сети

7. Аббревиатуры и Сокращения

8. Список рекомендаций ITU-T для PON

Благодарности	61
---------------------	----

1

1. Введение в FTTx

PON

1. Введение в FTTx

1.1 .Описание

Разработка одномодового оптического волокна с его практически неограниченной пропускной способностью, открыла дверь для массового внедрения магистральных и городских волоконно-оптических сетей типа точка-точка. Использование волоконно-оптического кабеля вместо медного кабеля позволило существенно уменьшить стоимость оборудования и эксплуатации и значительно увеличило качество обслуживания (QoS). В настоящее время многие корпоративные клиенты имеют доступ к услугам, предоставляемым волоконно-оптическими сетями типа точка-точка.

Несмотря на свои преимущества волоконно-оптические кабели не используются широко на «последней миле», т.е. на участке сети от центрального узла (CO) до абонента. Из-за того, что этот участок сети обычно медный, клиенты жилого сектора и малый бизнес ограничены возможностями цифровых абонентских линий (xDSL) и гибридными волоконно-коаксиальными линиями (HFC). Их основная альтернатива, беспроводная передача данных прямого вещания (DBS) требует наличия антенны и приемника. Поэтому применяемые в настоящее время технологии имеют следующие недостатки:

- Они имеют ограниченную пропускную способность, в то время как наблюдается взрывной спрос на рост пропускной способности и другие высокоскоростные услуги.
- Они используют различные среды и оборудование, требующие постоянного обслуживания.
- Они не позволяют провайдеру предоставлять одновременно голос, видео, данные и другие высокоскоростные интерактивные услуги абонентам жилого сектора экономически выгодным способом.

Хотя волоконно-оптические кабели лишены всех этих ограничений, имеется одно препятствие мешающее провести волоконно-оптические услуги непосредственно в жилой сектор и к малому бизнесу – это высокая стоимость подключения каждого абонента к CO. Такое огромное количество соединений типа точка-точка потребовало бы большого количества активных компонентов, волоконно-оптических кабелей и тем самым имело бы чрезмерную стоимость строительства и эксплуатации.

Архитектура FTTx (волокну–в-дом, волокну–в-офис и т.д.) предлагает привлекательное решение этих проблем. С помощью FTTx, пассивные оптические сети (PON), позволяют нескольким абонентам совместно использовать одно подключение, без применения активных компонентов (т.е. компонентов, которые создают или преобразуют излучение с помощью опто-электронно-оптических преобразований).

Основное (питающее) волокно располагается между оптическим линейным терминалом (OLT), расположенным на центральном узле (CO) и волоконно-распределительным хабом (FDH), расположенным поблизости от группы абонентов (см. Рисунок 1). В этой точке используется пассивный разветвитель для подключения до 32 абонентов к одному основному волокну. Затем каждое абонентское помещение обеспечивается оптическими сетевыми терминалами (ONT), которые подключаются к ветвям разветвителя. Такая архитектура (точка-много точек) значительно уменьшает стоимость строительства, управления и эксплуатации.

OLT обеспечивает передачу голоса и данных (прямой поток) на длине волны 1490 нм, а ONT обеспечивает обратный поток на длине волны 1310, что позволяет осуществлять передачу в обоих направлениях по одному волокну без взаимного влияния сигналов.

Дополнительно OLT может быть подключен к волновому мультиплексору (WDM) для совместной передачи видеосигнала с голосом и данными (услуга три-в-одном) по одному волокну. Передача видеосигнала происходит только в одном направлении (прямой поток) и обычно на длине волны 1550 нм.

В зависимости от требований заказчика может быть реализована различная пропускная способность. На данный момент запланированы следующие типичные симметричные или асимметричные скорости 155 МБ/с, 622 МБ/с, 1 ГБ/с и 2.5 ГБ/с. Выбранный протокол базируется на режиме асинхронной передачи (ATM) и называется ATM-PON. Также возможно применение других протоколов, включая Ethernet (EPON).

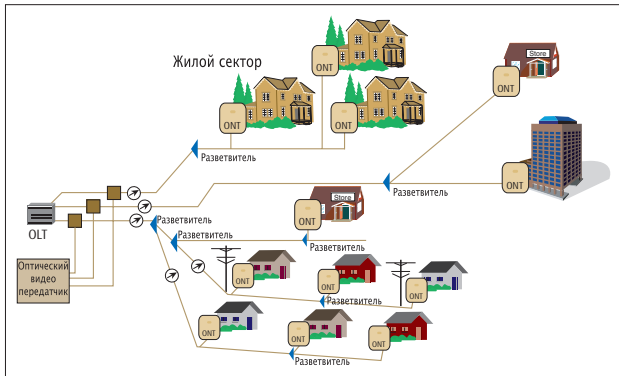


Рисунок 1-1. Передача услуг «три-в-одном» по пассивной оптической сети с высокой пропускной способностью

Имеется много вариаций архитектуры FTTx (см. Рисунок 1-2), включая:

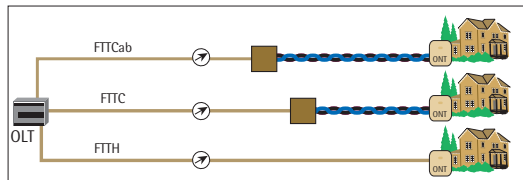


Рисунок 1-2. Типичная сеть FTTx

- Fiber-to-the-Cabinet (FTTCab) – Волокно-в-распределительный шкаф
- Fiber-to-the-Curb (FTTC) – Волокно-в-(колодец, распределительную уличную тумбу, шкаф и т.п.)
- Fiber-to-the-Home (FTTH) – Волокно-в-дом
- Fiber-to-the-Premises (FTTP) – Волокно-в-помещение
- Fiber-to-the-Office (FTTO) – Волокно-в-офис
- Fiber-to-the-User (FTTU) – Волокно-к-пользователю
- и т.д.

1.2. Почему технология FTTx так актуальна

В 1995 году компании British Telecom, Bell South, Bell Canada, NTT и пять других международных телекоммуникационных компаний собрались, чтобы сформировать консорциум Full-Service Access Network (FSAN), который был создан для облегчения развития стандартов для оборудования сетей доступа. В 1996 году в Соединенных Штатах был подписан Телекоммуникационный Акт «для поддержки и уменьшения регулирования, защиты низких цен, повышения качества обслуживания американских потребителей телекоммуникационных услуг и поощрения скорейшего внедрения новых телекоммуникационных технологий».

Международный союз электросвязи (ITU) обратил спецификации FSAN в рекомендации. В 1998 году спецификации FSAN для ATM-PON стали международным стандартом и были приняты ITU как рекомендации G.983.1.

В 2001 году был сформирован Совет FTTH, призванный поддержать развитие FTTH в Северной Америке и выступать в роли консультанта для законодательства США. В результате это привело к появлению в 2001 году акта о доступе к Интернету и широкополосным услугам, который обеспечил налоговые льготы для компаний, которые инвестируют в широкополосное оборудование следующего поколения.

В 2003 году Федеральная комиссия связи США (FCC) отменила требования по развязыванию цен на FTTx сетях (обязательство RBOC разрешать CLEC использовать свою сеть) делая, таким образом, эту технологию более привлекательной для основных операторов. Это означает, что RBOC могут инвестировать в волоконную инфраструктуру на последней миле, без обязательства предоставлять ее своим конкурентам, что должно побудить к массовому развертыванию FTTx сетей. По некоторым оценкам размер рынка составляет один миллиард долларов только для RBOC компаний.

Как результат всех этих последних действий, интерес к FTTx увеличился экспоненциально:

- Малый бизнес и абоненты жилого сектора требуют большую пропускную способность и большее количество услуг
- FTTx имеет большую пропускную способность оптического волокна и предлагает большое разнообразие услуг (передачу данных, телефонию, видео) за умеренную плату, из-за того что большое количество конечных пользователей совместно используют пропускную способность одного волокна, и потому что все полевое оборудование является пассивным.
- Новые стандарты, которые были установлены ITU и институтом инженеров электротехники и электроники (IEEE) значительно улучшили унифицированность, емкость, выживаемость, безопасность и гибкость PON открыли возможность широкомасштабной экономии и резкого снижения стоимости, которые невозможно было представить до этого.
- Теперь FTTx предлагается многими типами операторов:
 - Традиционными операторами местной связи (ILEC) и региональными операторами Белл
 - Сельскими операторами связи (RLEC)
 - Компаниями, предоставляющими коммунальные услуги
 - Муниципалитетами
 - и т.д.

Кроме того, многие страны Азии (Китай, Япония, Корея, Сингапур и Тайвань), а также Европа в настоящее время тестируют или внедряют PON сети, а комитет 802.3ah Института Инженеров Электротехники и Электроники (IEEE) вырабатывает стандарты для пассивных оптических сетей на основе Ethernet (EPON).

1.3 Типы Пассивных Оптических Сетей

Как показано в Таблице 1–1, для PON имеется несколько различных технологий.

Тип	APON (PON с ATM)	BPON (Широкопол. PON)	GPON (Gigabit -PON)		EPON (Ethernet PON)
Протокол	ATM	ATM	ATM	ATM и GEM ¹	Ethernet + FEC ²
Стандарт	ITU-T G.983.1 (включая Поправку 1)	ITU-T G.983.3	ITU-T G.983.1 (Поправка 2)	ITU-T G.984	IEEE 802.3ah
Архитектура	Симметричная: FTTCab/B/C/H Ассиметричная: FTTCab/B/C	Симметричная: FTTCab/B/C/H Ассиметричная: FTTCab/B/C	Симметричная: FTTCab/B/C/H Ассиметричная: FTTCab/B/C	Симметричная: FTTCab/C/H/B для многоквартирных домов (MDU); FTTB для бизнеса Ассиметричная: FTTCab/C/H/B-MDU	1000BASE-PX10 1000BASE-PX20
Сервисы	Телекоммуникационные услуги для малого бизнеса, телеконсультаций, и т.п.: Симметричная FTTCab/C/H/B Цифровые широковещательные услуги, Видео-по-требованию, Интернет, дистанционное обучение, телемедицина и т.п.: Ассиметричная FTTCab/C/H/B Голос: FTTCab/C/H/B	Голос/Данные/Видео/ Дополнительные цифровые услуги (ADS)/ Будущие сервисы	Голос/Данные	Вещание, эл.почта, обмен файлами, дистанционное обучение и т.п. Симметричная: FTTCab/C/H/B- MDU/Business Услуги цифрового вещания, видео-по-требованию, загрузка файлов и т.п. Ассиметричная: FTTCab/C/H/B-MDU Голос: FTTCab/C/H/B-MDU/Business xDSL: FTTCab/C	Услуги «три-в-одном»

Таблица 1-1. Архитектуры PON (продолжение следует) 1 GEM: Метод инкапсуляции GPON

2 FEC: Прямая коррекция ошибок

Тип	APON (PON с АТМ)	BPON (Широкопол. PON)	GPON (Gigabit -PON)		EPON (Ethernet PON)
Тип волокна	ITU-T G.652 (одно или два волокна)	ITU-T G.652 (одно волокно)	ITU-T G.652 (одно или два волокна)	TU-T G.652 (одно или два волокна)	1000BASE-PX10: Одно 1000BASE-PX20: Два (тип волокна не определен)
Макс. физическ. расст. (ONT-OLT)	20 км	20 км	20 км	10 км (Лазерные диоды Фабри-Перо для 1244.16 МБ/с и выше) 20 км >20 км (с различными типами волокон-в процессе изучения)	1000BASE-PX10: 10 км 1000BASE-PX20: 20 км
Деление	До 32	До 32	До 32	До 64 (реально) До 128 (рассматривается)	1:16 До 32
Диапазон длин волн	Одно волокно: Прямой поток: 1480-1580 нм Обратный поток: 1260-1360 нм Два волокна: 1260-1360 нм	Прямой поток: 1260-1360 нм (АТМ-PON) Обратный поток и/или Прямой поток: Диапазон 1360-1480 нм (для использования в будущем). Диапазон 1,5 мкм: Основной диапазон: 1480-1500 нм (прямой поток АТМ-PON) Расширенный диапазон: (1) 1539-1565 нм (ADS) (2) 1550-1560 нм (Услуги видео) Диапазон L: Длины волн не определены (для использования в будущем)	Одно волокно: Прямой поток: 1480-1580 нм Обратный поток: 1260-1360 нм Два волокна: 1260-1360 нм	Одно волокно: Прямой поток: 1480-1580 нм Обратный поток: 1260-1360 Два волокна: Прямой/Обратный 1260-1360 нм	1000BASE-PX10: «три-в-одном» Прямой поток: 1490 нм + PIN Rx; Обратный поток: 1300 нм (недорогая FP оптика и PIN Rx) 1000BASE-PX20: Прямой поток: 1490 нм + APD Rx Обратный поток: 1300 нм (DFB оптика + PIN Rx)

Таблица 1-1. Архитектуры PON (продолжение следует) 1 GEM: Метод инкапсуляции GPON

2 FEC: Прямая коррекция ошибок

Тип	APON (PON с ATM)	BPON (Широкопол. PON)	GPON (Gigabit -PON)		EPON (Ethernet PON)
Скорости передачи	Симметричная: 155.52/622.08 МБ/с (волокна) Ассиметричная: Прямой поток: 622.08 МБ/с Обратный поток: 155.52 МБ/с	Симметричная: 155.52/622.08 МБ/с Ассиметричная: Прямой поток: 622.08 МБ/с Обратный поток: 155.52 МБ/с	Симметричная: 155.52/622.08 МБ/с Ассиметричная: Прямой поток: 622.08/1244,16 МБ/с Обратный поток: 155.52/622.08 МБ/с	1244,16/2488,32 МБ/с 1244,16/2488,32 МБ/с Ассиметричная: Прямой поток: 1244,16/2488,32 МБ/с Обратный поток: 155.52/622.08/1244,16 МБ/с	Симметричная: 1,25 ГБ/с

Таблица 1-1. Архитектуры PON

1 GEM: Метод инкапсуляции GPON

2 FEC: Прямая коррекция ошибок

1.4 Доступные сервисы

В таблице 1-2 приведены возможные сервисы, которые могут быть обеспечены с помощью PON.

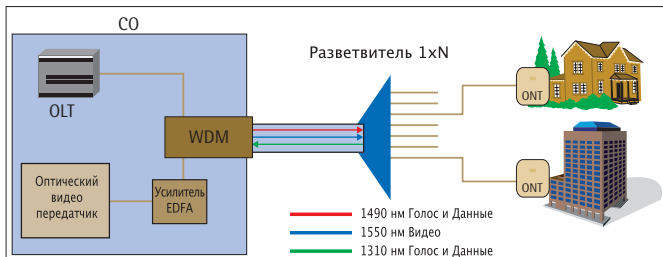


Рисунок 1-3. Длины волн и сервисы в FTTH сети

Услуги	
Данные:	- Высокоскоростной Интернет - Данные корпоративных пользователей - Частные линии - Frame Relay - Соединения ATM - Интерактивные игры - Системы безопасности и мониторинга - Будущие сервисы
POTS:	Одна или несколько телефонных линий
Видео:	- Цифровое и Аналоговое широкоэвещательное видео - Телевидение высокой четкости (HDTV) - Видео-по-требованию (VOD) - Интерактивное TV/Платное TV

Таблица 1-2. Услуги, доступные по PON

2

2. Состав и структура сети

PON

2. Состав и структура сети

2.1 Типичная архитектура FTTx

На рисунке 2-1 изображена обобщенная архитектура FTTx сети. Через оптический линейный терминал (OLT) расположенном на центральном 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.

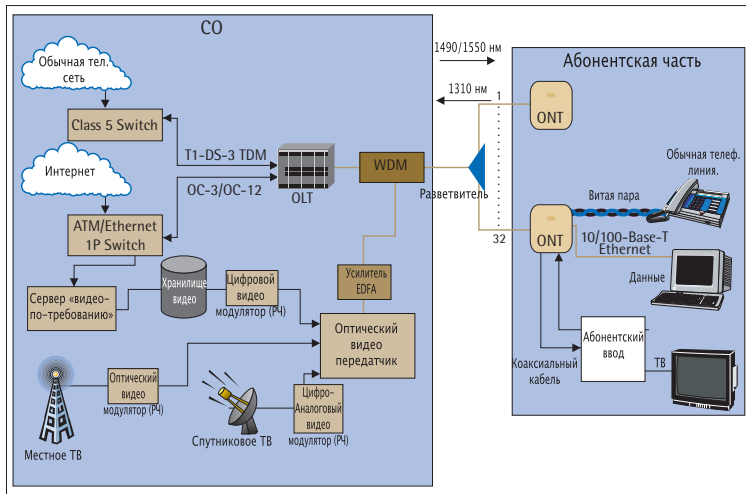


Рисунок 2-1. Общая архитектура FTTx

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 СО 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). Т.к. одна FTTx сеть обычно обслуживает до 32 абонентов, для обслуживания микрорайона потребуется много таких сетей, берущих начало из одного СО.

Для подключения абонентов к PON имеется несколько различных решений. Простейший вариант использует один разветвитель (см. Рисунок 2-2), однако возможно применение и нескольких разветвителей (см. Рисунок 2-3).

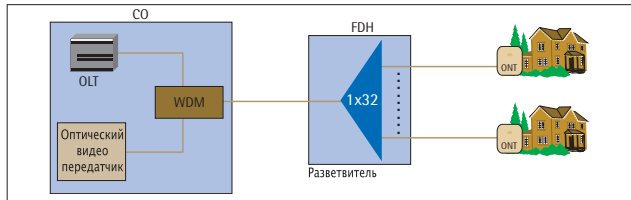


Рисунок 2-2. Сеть FTTx одним разветвителем

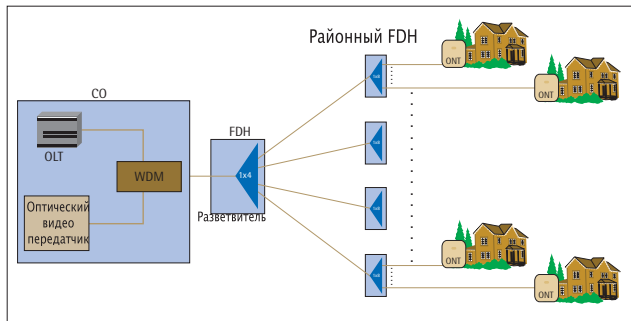


Рисунок 2-3. Сеть FTTx с несколькими разветвителями

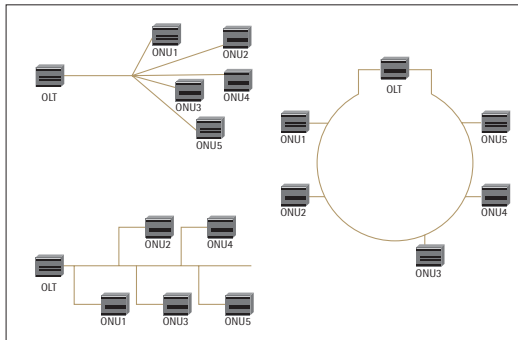


Рисунок 2-4. Топологии PON

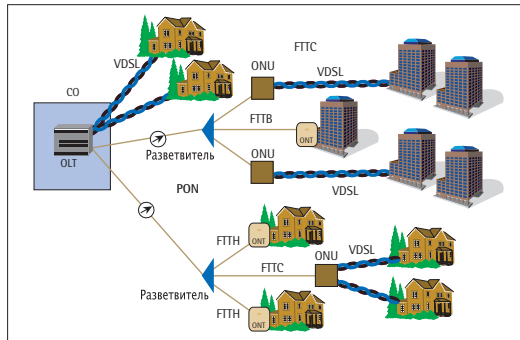


Рисунок 2-5. Сети FTTH, FTTB и FTTC

Согласно рисунку 2-4 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.

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 тонкоплёночные WDM мультиплексоры, т.к. они обладают низкими потерями для объединяемых длин волн и имеют широкий диапазон длин волн.

2.1.1 Разрешение коллизий в обратном потоке

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.

2.2 Оборудование линейной части

2.2.1 Описание

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 (см. Рисунок 2-6).

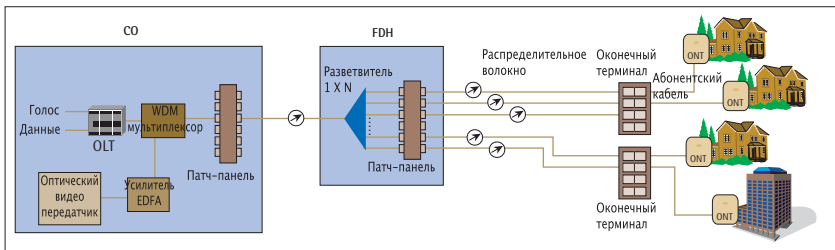


Рисунок 2-6. Оборудование линейной части

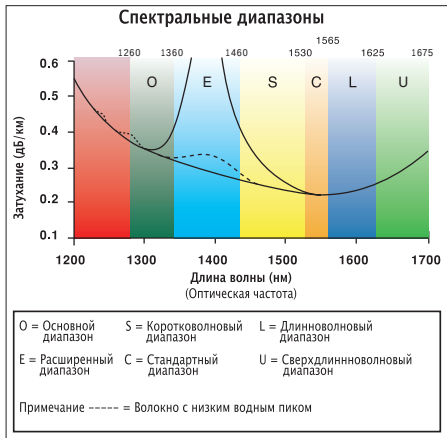


Рисунок 2-7. Спектральное затухание

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 2-7 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)

2.2.2 Разветвители

Устройство, используемое в PON, 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, т.к. 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 2-1). 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 А, В или С).

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

Таблица 2-1. Потери на разветвителе

Разветвители могут иметь различные формы и размеры в зависимости от применяемой технологии изготовления. Наиболее часто встречающиеся типы это плоский волновод (обычно для большого количества ветвлений) сварные биконические разветвители (FBT) (обычно для малого количества ветвлений). Оба типа изготавливаются для монтажа в муфту. Рисунки 2-8 и 2-9 иллюстрируют эти две технологии.

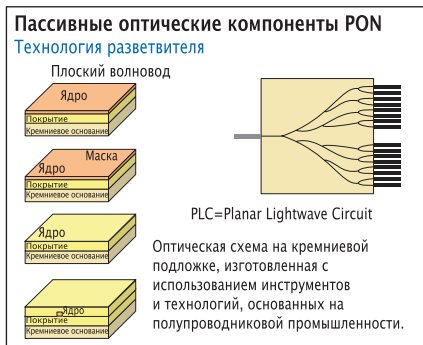


Рисунок 2-8. Плоский волноводный разветвитель

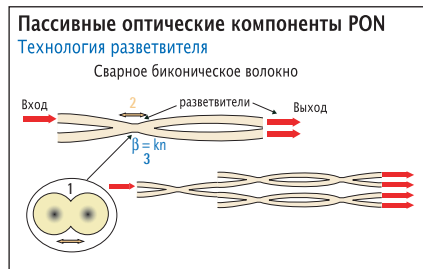


Рисунок 2-9. FBT разветвитель

2.3 Активное оборудование

Активное оборудование включает следующее:

- OLT (приемник/передатчик данных и голоса), расположенный в CO
- Видео оборудование (передатчик) и легированный эрбием волоконный усилитель (EDFA), применяемый для предварительного усиления видео сигнала перед вводом в WDM мультиплексор
- ONT, его источник питания и резервное питание, которые расположены в помещениях абонента

3

3. Строительство линейной части PON

3. Строительство линейной части PON

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.

3.1 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.

3.2 Разветвители, патч-панели и распределение волокон

Разветвители и патч-панели устанавливаются в шкафах или тумбах. Количество, тип и расположение разветвителей зависит от топологии сети (см. оборудование линейной части, Рисунок 2–6, на стр. 14).

3.3 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.

3.4 Оконечные терминалы

Оконечные терминалы могут быть расположены под землей, на опорах или внутри зданий, в зависимости от типа строительства. Кабели между разветвителем и помещениями иногда могут быть предварительно оконцованы и могут быть проложены в грунт или подвешены.

4

4. Тестирование при строительстве PON

PON

4. Тестирование при строительстве PON

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, и
- 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.



Рисунок 4-1. Устройства для проверки

Т.к. 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.
- 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.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ!

Никогда не смотрите прямо в излучающее волокно, если ваши глаза незащищены. Всегда используйте защитную экипировку при проверке кабелей и коннекторов

внимательно соблюдайте все меры по безопасной работе, описанные в инструкции пользователя для измерительного оборудования

никогда не смотрите прямо в волокна, порты приборов или коннекторы, если вы абсолютно не уверены что: источник излучения выключен

при использовании микроскопа всегда предварительно убедитесь, что источник излучения выключен

Если возможно, используйте видеомикроскоп для проверки коннекторов

Не включайте любое оборудование, оснащенное передающей системой, до тех пор, пока вы абсолютно не будете уверены, что все работы на передающей системе завершены, и все оптические кабели очищены и подключены.

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.

4.1 Проведение измерений

В процессе строительства необходимо провести три основных измерения:

- Двухнаправленное измерение оптических возвратных потерь (ORL)
- Двухнаправленное измерение оптических потерь между двумя оконечными точками
- Двухнаправленное снятие характеристик линии

Детальное описание процедуры проведения этих тестов приведено ниже. Каждый раздел описывает установку для проведения тестирования и последовательность действий.

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 мощности для PON. 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, видимые 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.



Рисунок 4-2. Чистящий набор



Рисунок 4-3. FIP-USB



Рисунок 4–4. Волоконно–оптический микроскоп EXFO



Рисунок 4–5. Многофункциональный оптический тестер ORL/OLTS EXFO FOT-930 MaxTester II

4.2 Установка для измерения потерь и ORL

Т.к. 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.

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 G.983 и G.984 максимально разрешенное значение ORL для линии составляет 32 дБ.

Примечание: Пожалуйста, не перепутайте аббревиатуры **OLTS** – измеритель оптических потерь и **OLT** – оптический линейный терминал.

Таблица 4–1 Содержит типичные значения ORL для различных типов коннекторов.

Примечание: Никогда не подключайте APC коннектор к PC или UPC

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

Таблица 4–1. Типичные значения ORL для коннекторов

Примечание: Большие значения означают меньший уровень отражений и поэтому являются лучшими.

4.3 Тест 1: Тестирование ORL

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

4.3.1 Требуемое оборудование

Рисунок 4-6 изображает установку для измерения ORL и оптических потерь. Измерение ORL проводится с помощью измерителя ORL (или ORL тестера). Измеритель ORL включает 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.

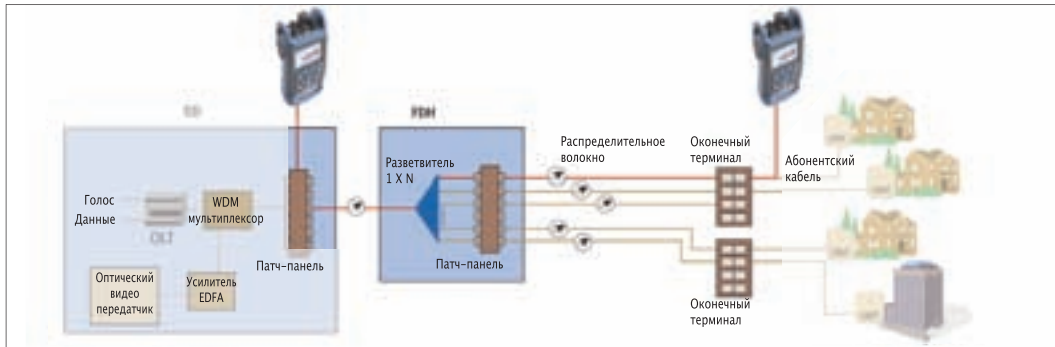


Рисунок 4-6. Двухнаправленное тестирование ORL между СО и оконечным терминалом

4.3.2 Процедура

Перед началом работы, если требуется, необходимо провести калибровку измерителя ORL. Для получения подробной информации обратитесь к инструкции по работе, поставляемой вместе с прибором.

Перед подключением или сваркой кабелей проведите измерение ORL каждой секции и каждой ветви разветвителя отдельно. Выполните измерение ORL в обоих направлениях. Убедитесь в равномерности показаний на всех портах разветвителя.

После того как все подключения выполнены, проведите измерение ORL между каждым окончанием и OLT.

Примечание: Чем выше значение ORL, тем лучше.

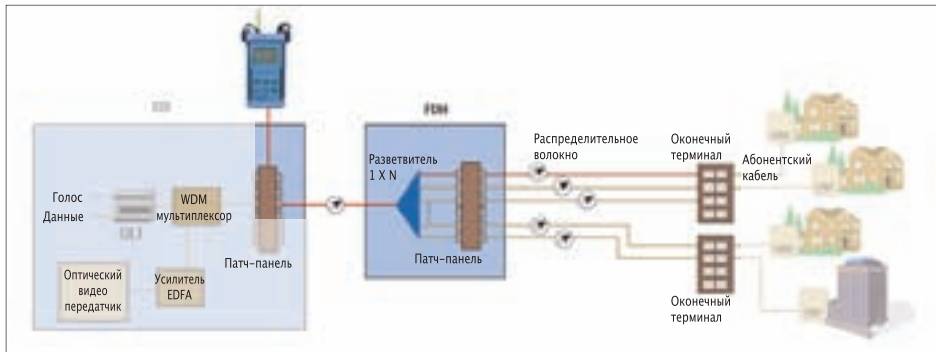


Рисунок 4-7. Тестирование ORL между CO и оконечным терминалом в одном направлении

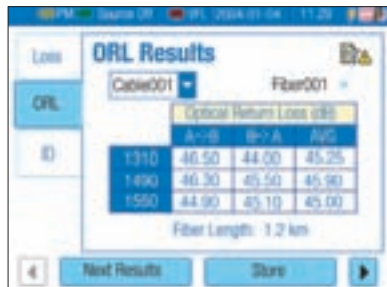


Рисунок 4-8. Хорошие значения ORL



Рисунок 4-9. Плохие значения ORL (согласно спецификации 32 дБ)

4.4 Тест 2: Двухнаправленные 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. G.983 и отражены в Таблице 4-3.

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 4-2. 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 В, но без запаса. Наибольшие потери вызваны разветвителем (68%) и его показатели необходимо улучшить, в противном случае система будет соответствовать классу С, для того чтобы иметь гарантированный запас по потерям.

Компоненты, вносящие вклад в оптические потери PON показаны в Таблице 4-2.

4.4.1 Требуемое оборудование

Потери могут быть измерены, с использованием отдельного источника излучения и измерителя оптической мощности (ОПМ). 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.

	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	~0,35/км	18,2	6,4
1490 нм	~0,27/км		4,9
1550 нм	~0,22/км		4,0
Общие потери (дБ)			
1310 нм			25,0
1490 нм			23,5
1550 нм			22,6

Таблица 4-2. Типичный сценарий бюджета потерь (наихудший случай 18,2 км максимум)

Класс	Потери		Рек. ITU-T
	дБ		
	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

Таблица 4-3. Требования к энергетическому бюджету для топологии с одним волокном

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.

За дополнительной информацией по выбору и использованию OLTS, обратитесь к следующим статьям:

- Как выбрать Оптический Измеритель Потерь – EXFO Application Note 021 <http://documents.exfo.com/appnotes/anote021-ang.pdf>
- Точные измерения потерь — EXFO Product Note 006 <http://documents.exfo.com/appnotes/pnote006-ang.pdf>
- Измерения потерь в волоконно-оптических сетях EXFO Product Note 007 <http://documents.exfo.com/appnotes/pnote007-ang.pdf>

4.4.2 Процедура

Перед подключением или сваркой оптических кабелей необходимо измерить оптические потери для каждого участка и каждой ветви разветвителя отдельно. Тест выполняется в обоих направлениях. Необходимо убедиться 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 (за подробной информацией обратитесь к инструкции по работе, поставляемой с прибором):

- 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(ы) 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.

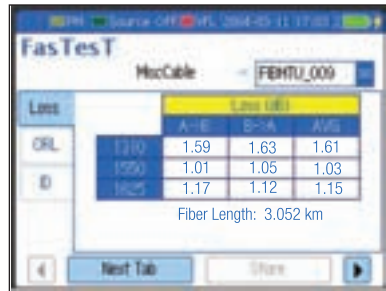


Рисунок 4-10. Результаты измерений потерь линии хорошего качества

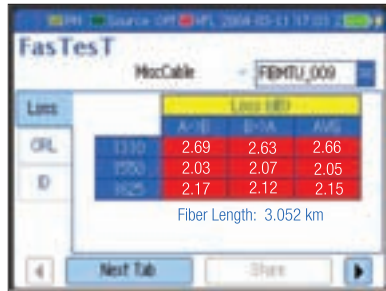


Рисунок 4-11. Результаты измерений потерь линии плохого качества

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 излучение 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.

4.5 Тест 3: 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 4–12), что позволяет пользователям обнаружить и оценить каждый отдельный элемент в линии, включая коннекторы, сварки, разветвители, мультиплексоры и дефекты.

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 излучения назад к OTDR. Для расчета расстояния до каждого события OTDR использует время, которое необходимо каждому отдельному отражению для возврата обратно.



Рисунок 4–12. Участок кабеля, измеренный от входа разветвителя к выходу WDM мультиплексора

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 G.652.

Дефекты, которые могут быть обнаружены с помощью OTDR, включают в себя: несовпадение осей, угловые дефекты, загрязнения коннекторов, обрывы волокон и макроизгибы. Макроизгибы являются нежелательными явлениями, они возникают в случае, если волокно имеет радиус изгиба меньший, чем допустимый (слишком плотно уложено и т.п.). Макроизгибы могут быть легко обнаружены, путем сравнения результатов потерь на всех длинах волн 1310, 1490 и 1550 нм, т.к. макроизгибы вызывают наибольшие потери на больших длинах волн (1550 нм), по сравнению с меньшими (1310 нм). Наилучшая длина волны, доступная в OTDR, для обнаружения макроизгибов 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. Двухнаправленное тестирование обеспечивает более точные результаты, т.к. результаты измерений, полученные в каждом направлении, усредняются.



Рисунок 4-13. Рефлектометр

Другое важное соображение при использовании OTDR – это мертвая зона. Т.к. 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.

4.5.1 Требуемое оборудование

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 G.652C 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 макроизгибами, 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).

За дополнительной информацией по использованию OTDR, обратитесь к следующим статьям:

- Двухнаправленное тестирование с помощью OTDR: Многомодовые и Одномодовые волокна — EXFO Application Note 043

<http://documents.exfo.com/appnotes/anote043-ang.pdf>

- Оптимизация параметров измерения OTDR— EXFO Application Note 076

<http://documents.exfo.com/appnotes/anote076-ang.pdf>

- Проблемы тестирования в PON типа точка-много точек — EXFO Application Note 110

<http://documents.exfo.com/appnotes/anote110-ang.pdf>

4.5.2 Настройки OTDR

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. Для получения подробной информации обратитесь к инструкции по работе с прибором.

- **Диапазон расстояний:** определяют 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), 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 отдельные пороги для сообщений Предупреждение и Негоден. Эта функция может использоваться для того, чтобы убедиться, что каждый оптический компонент в линии соответствует своим параметрам.

4.5.3 Процедура

В процессе строительства необходимо выполнять рефлектометрические измерения после установки каждого сегмента сети. Рисунки 4-14, 4-15 и 4-16 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 устранил влияние геометрии волокон и позволит получить заслуживающие доверия результаты.

Иногда полезно проводить тестирование от СО 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.

За дополнительной информацией обратитесь к статье Проблемы при тестировании PON типа точка-много точек —EXFO Application Note 110.

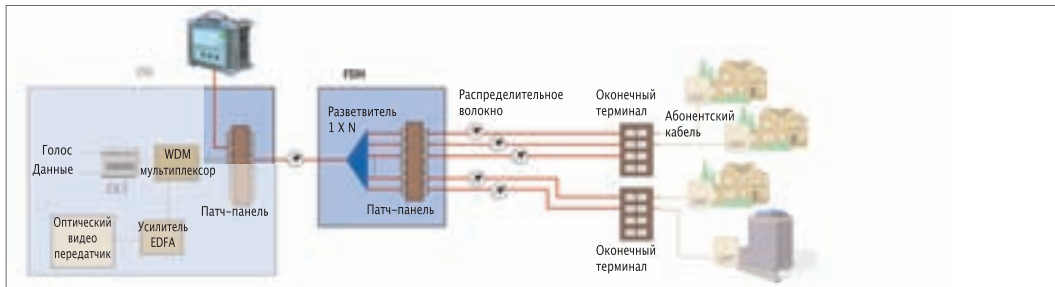


Рисунок 4-14. Тестирование основного и распределительных волокон от СО к оконечным терминалам

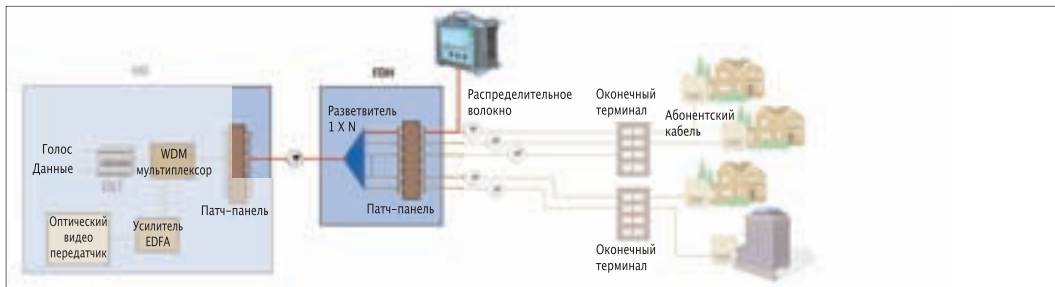


Figure 4-15. Тестирование с выходного порта разветвителя к СО

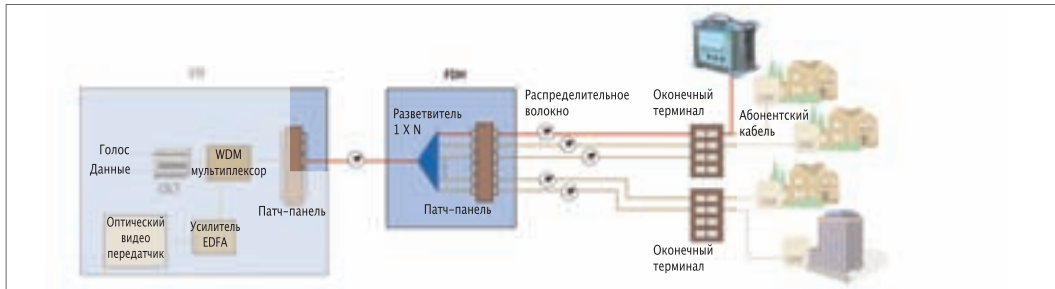


Figure 4-16. Тестирование с выходного порта оконечного терминала или ONT к CO

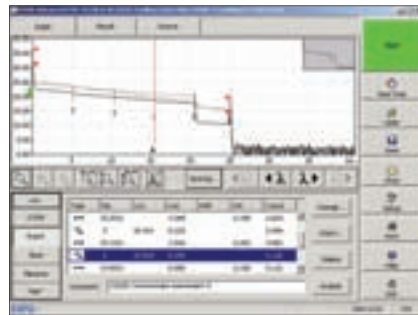


Figure 4-17. Упрощенная рефлектограмма

PON

5

5. Тестирование при запуске в эксплуатацию

5. Тестирование при запуске в эксплуатацию

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

5.1 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 мультимплексора (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.

5.2 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 5–2 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.

Категория	Скорость МБ/с	Класс	Мощность		Рек. ITU-T
			дБм		
			Мин	Макс	
Rx чувствительн.	155	A	-27	-5	984.2
Rx чувствительн.	155	B	-30	-8	984.2
Rx чувствительн.	155	C	-33	-11	984.2
Rx чувствительн.	155	A/B	-30	-8	983.1
Тх мощность	155/622	A	-6	0	983.1
Тх мощность	155/622	B	-4	2	983.1
Тх мощность	155/622	C	-2	4	983.1
Rx чувствительн.	155/622	C	-33	-11	983.1
Rx чувствительн.	622	A/B	-30	-8	983.1
Тх мощность	622	A	-5,5	-1	983.3 Попр.1
Тх мощность	622	B/C	-0,5	4	983.3 Попр.1
Rx чувствительн.	622	A/B	-28,5	-6	983.3 Попр.1
Rx чувствительн.	622	C	-33,5	-11	983.3 Попр.1
Rx чувствительн.	622	A/B	-27	-6	984.2
Rx чувствительн.	622	C	-32	-11	984.2
Тх мощность	1244	A	-4	1	984.2
Тх мощность	1244	B	1	6	984.2
Тх мощность	1244	C	5	9	984.2
Rx чувствительн.	1244	A	-24	-3	984.2
Rx чувствительн.	1244	B	-28	-7	984.2
Rx чувствительн.	1244	C	-29	-8	984.2
Тх мощность	2488	A	0	4	984.2
Тх мощность	2488	B	5	9	984.2
Тх мощность	2488	C	3	7	984.2
Rx чувствительн.	2488	A/B/C	FFS	FFS	984.2



Рисунок 5-1. Измеритель мощности для PON – PPM-350, производства компании EXFO

Таблица 5-1. требования к оптическому бюджету OLT для одноволоконной топологии

Максимальная чувствительность приемника (Rx max.) называется перегрузкой

Категория	Скорость МБ/с	Класс	Мощность		Рек. ITU-T
			дБм		
			Мин	Макс	
Rx чувствителън.	155	A/B	-30	-8	983.1
Tx мощность	155/622	A	-6	0	983.1
Tx мощность	155/622	B	-4	2	983.1
Tx мощность	155/622	C	-2	4	983.1
Rx чувствителън.	155/622	C	-33	-11	983.1
Rx чувствителън.	622	A/B	-28	-6	983.1
Tx мощность	622	A	-7,5	-1	983.3 Попр.1
Tx мощность	622	B/C	-2,5	-4	983.3 Попр.1
Rx чувствителън.	622	A/B	-26,5	-6	983.3 Попр.1
Rx чувствителън.	622	C	-31,5	-11	983.3 Попр.1
Tx мощность	622	A	-6	-1	984.2
Tx мощность	622	B/C	-1	4	984.2
Tx мощность	1244	A	-3	2	984.2
Tx мощность	1244	B	-2	3	984.2
Tx мощность	1244	C	2	7	984.2
Rx чувствителън	1244	A/B	-25	-4	984.2
Rx чувствителън	1244	C	-26	-4	984.2
Tx мощность	2488	A/B/C	FFS	FFS	984.2
Rx чувствителън	2488	A/B	-21	-1	984.2
Rx чувствителън	2488	C	-28	-8	984.2

Таблица 5-2. требования к оптическому бюджету для одноволоконной топологии PON (максимальная чувствительность приемника (Rx тах.) называется перегрузкой)

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, обратитесь к главе 6 и 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 АТМ трафика от ONT должна измеряться подходящим прибором.

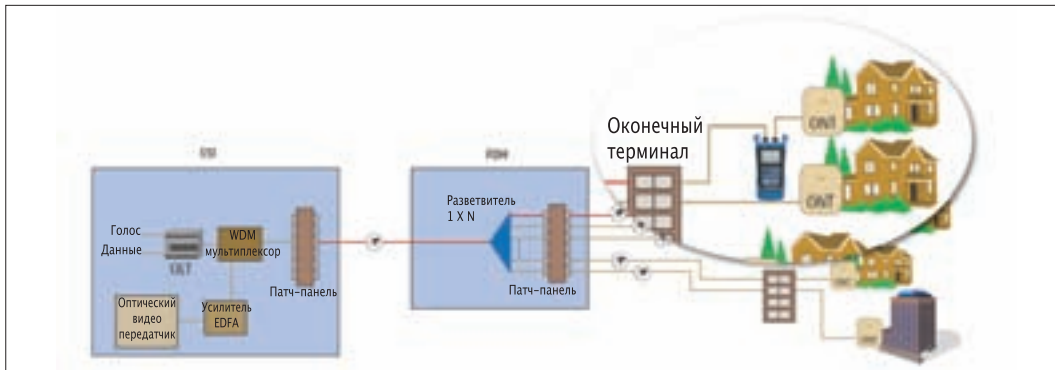


Рисунок 5-2. Измеритель мощности для PON, подключенный между оконечным терминалом и ONT

PON

6

6. Устранение неисправностей в сети

6. 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 6–1 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 макроизгиба 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 CO от наиболее удаленных ONT, также будут слабее и OLT обнаружит такое ухудшение производительности.

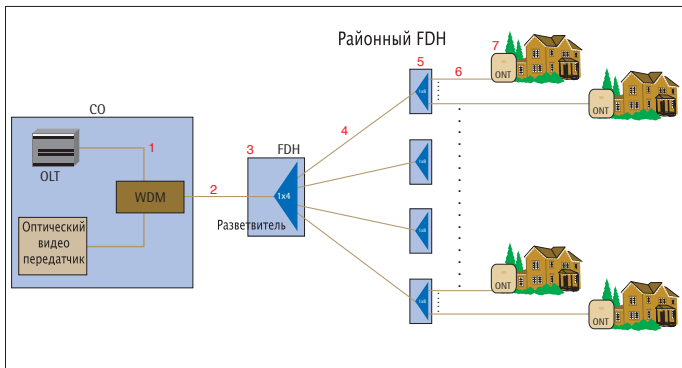


Рисунок 6–1. Зоны для поиска неисправностей в типичной FTTH сети

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)

Т.к. 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 макроизгибов 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 6–2).
- **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 макроизгибы.
- **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.

Проблемные ONT	Возможное расположение проблемы
Все ONT или несколько ONT (наиболее удаленные) в сети	В СО (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 6-1. Расположение проблемы в типичной FTTx сети

Следующая таблица содержит список наиболее общих возможных проблем и шаги по их устранению.

Проблема	Возможная причина	Меры по устранению
Неверная работа одного из ONT. Низкая оптическая мощность на ONT.	Загрязненные/Поврежденные коннекторы или чрезмерные макроизгибы 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

Таблица 6–2. Устранение неисправностей (продолжение на стр. 50)

Проблема	Возможная причина	Меры по устранению
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 разветвителями). 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 CO
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

Таблица 6-2. Поиск и устранение неисправностей

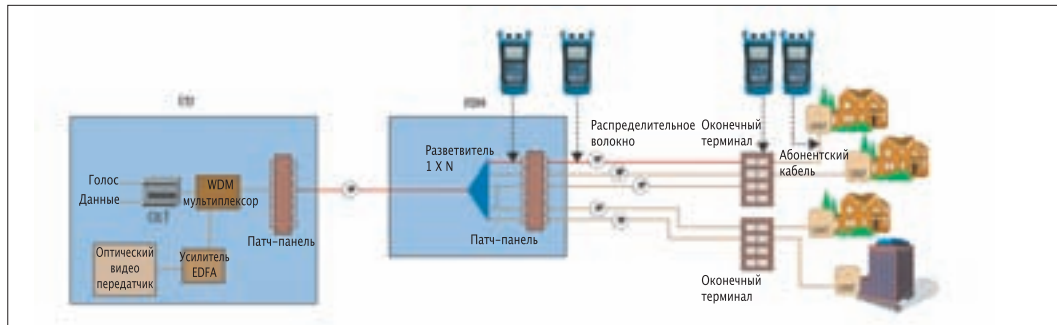


Рисунок 6-2. Использование измерителя мощности PON, для поиска и устранения неисправностей в различных точках сети

РОМ

7

7. Аббревиатуры и Сокращения

7. Аббревиатуры и Сокращения

ADM	Мультиплексор Ввода/Вывода (или мультиплексирование)	DSLAM	Мультиплексор доступа DSL
ADS	Дополнительный Цифровой Сервис	DUT	Тестируемое устройство
ADSL	Асимметричная цифровая абонентская линия	DWDM	Плотное волновое мультиплексирование (уплотнение)
APC	Угловой физический контакт/Коннектор с угловой полировкой	DWS	Динамическое разделение/назначение длин волн
APD	Лавинный фотодиод (детектор)	EDFA	Оптический усилитель на волокне, легированном эрбием
APON	Пассивная оптическая сеть, использующая ATM протокол	EFM	Ethernet на первой миле
ATM	Асинхронный Режим Передачи	EFMA	Альянс Ethernet на первой миле
BER	Коэффициент ошибок	EPON	Пассивная оптическая сеть с поддержкой Ethernet
BLEC	Местный оператор связи объектов недвижимости	FBT	Сварной биконический (разветвитель)
BPON	Широкополосная пассивная оптическая сеть	FCC	Федеральная Комиссия по связи
CD	Хроматическая дисперсия	FDH	Волоконно-распределительный хаб
CLEC	Альтернативный оператор связи	FEC	Прямое исправление ошибок
CO	Центральный офис (узел связи)	FO	Оптическое волокно (волоконно-оптический)
CWDM	Грубое волновое уплотнение	FP	Фабри-Перо (лазер)
DBS	Прямой широкоэвещательный сервис	FSAN	Комплексная сеть доступа
DFB	Распределенная обратная связь (лазер с DFB)	FTTB	Fiber-to-the-Business
DSL	Цифровая абонентская линия	FTTC	Волокно-в-(колодец, распределительную уличную тумбу, шкаф и т.п.)
		FTTCab	Волокно-в-распределительный шкаф

FTTH	Волокно-в-дом	MAN	Городская/Региональная сеть
FTTP	Волокно-в-помещение	MFD	Диаметр модового пятна
FTTx	Волокно-в-, где x = (H) дом, (C) колодец и т.п., (B) .. здание, (P) помещение и т.п.	MLM	(Лазер) с многими продольными модами
FUT	Тестируемое волокно	MM	Многомод
GEM	Режим инкапсуляции GPON	MMF	Многомодовое волокно
GPON	Пассивная оптическая сеть с поддержкой гигабитных скоростей передачи	MWM	Измеритель длин волн
HDD	Horizontal Direct Drilling	NF	Шум-фактор (шум из-за EDFA выражается в дБ)
HDSL	Высокоскоростная цифровая абонентская линия	OC	Оптическая несущая
HDTV	Телевидение высокой четкости	ODN	Оптическая распределительная сеть
HFC	Гибридная волоконно-коаксиальная (линия, сеть)	ODU	Оптический распределительный блок
IEC	Международная Электротехническая Комиссия	OLT	Оптический линейный терминал/окончание
IEEE	Институт Инженеров Электротехники и Электроники	OLTS	Измеритель оптических потерь
ILEC	Традиционный Оператор Местной Связи	ONT	Оптический сетевой терминал/окончание
ITU	Международный Союз Электросвязи	ONU	Оптический сетевой блок
ITU-T	Международный Союз Электросвязи — Сектор стандартизации телекоммуникаций	OPM	Оптический измеритель мощности
I	Длин волн	ORL	Оптические потери на отражение
LFD	Детектор Активных Волокон	OSA	Оптический анализатор спектра
		OSC	Оптический контрольный канал
		OSNR	Оптическое соотношение сигнал/шум

OSP	Линейные (сооружения)/Полевое (оборудование)	SC	Коннектор типа SC
OTDR	Оптический рефлектометр	SDH	Синхронная Цифровая Иерархия
p2mp	точка-много точек	SM	Одномод
p2p	точка-точка	SMF	Одномодовое волокно
PBX	Частная телефонная станция/Офисная АТС	SNR	Соотношение сигнал шум
PC	Полированный коннектор/Физический контакт	SONET	Синхронная Оптическая Сеть
PIN	Positive-Insulator-Negative (PIN-детектор, PIN фотодиод)	TDM	Временное мультиплексирование
PLC	Плоский волновод (волновод)	TDMA	Множественный доступ с разделением по времени
PMD	Поляризационная модовая дисперсия	TIA	Ассоциация Телекоммуникационной Промышленности
PON	Пассивная Оптическая Сеть	Tx	Передатчик
POTS	Обычные услуги телефонной связи	UPC	Коннектор с ультра полировкой (ORL ~50-55 дБ)
PSB	Компенсационная катушка	VDSL	Высокоскоростная цифровая абонетская линия
PSTN	Телефонная сеть общего пользования	VFL	Визуальный локатор повреждений (дефектоскоп)
QoS	Качество обслуживания (сервиса)	VOD	Видео-по-требованию
RBOC	Региональные компании Bell	VoIP	Голос по IP протоколу
RLEC	Сельские операторы связи	WDM	Волновое мультиплексирование
RT	Удаленный терминал	xDSL	Цифровая абонетская линия в общем понимании
Rx	Приемник		

PON

8

8. Список рекомендаций ITU-T для PON

8. Список рекомендаций ITU-T для PON

G.983.1 (10/98) Широкополосные и оптические системы доступа, основанные на пассивных оптических сетях (PON)

G.983.1 (1998) Исправления 1 (07/99)

G.983.1 (1998) Поправка 1 (11/01) Поправка 1

G.983.1 (1998) Поправка 2 (03/03)

G.983.2 (06/02) Спецификации интерфейса для управления и контроля ONT для B-PON

G.983.2 (2002) Поправка 1 (03/03)

G.983.3 (03/01) Широкополосная оптическая система доступа с увеличенными сервисными возможностями с помощью назначения длин волн

G.983.3 (2001) Поправка 1 (06/02)

G.983.4 (11/01) Широкополосная оптическая система доступа с увеличенными сервисными возможностями с динамическим распределением пропускной способности

G.983.5 (01/02) Широкополосная оптическая система доступа с улучшенной живучестью

G.983.6 (06/02) Спецификации интерфейса для управления и контроля ONT для B-PON с функциями защиты

G.983.7 (11/01) Спецификации интерфейса для управления и контроля ONT для B-PON с динамическим распределением пропускной способности (DBA)

G.983.8 (03/03) В-PON OMCI поддержка для IP, ISDN, видео, меток VLAN, VC и других функций. Пассивные оптические сети с поддержкой гигабитных скоростей передачи (GPON): Основные характеристики

G.983.9 (04) Спецификации интерфейса для управления и контроля (MCI) ONT для В-PON с поддержкой беспроводных LAN интерфейсов

G.983.10 (04) Спецификации интерфейса для управления и контроля (MCI) ONT для В-PON с поддержкой цифровых абонентских интерфейсов

G.984.1 (03/03) Пассивные оптические сети с поддержкой гигабитных скоростей передачи (GPON): Основные характеристики

G.984.2 (03/03) Пассивные оптические сети с поддержкой гигабитных скоростей передачи (GPON): Зависимые от физической среды спецификации

G.985 Оптические системы доступа точка-точка с Ethernet 100 Mb/s

IEEE 802.3ah

Комиссия Ethernet на первой миле

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Примечания

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are approximately 20 lines visible. The paper has a slight shadow on the right side, suggesting it's resting on a surface.

Благодарности

Создание этого путеводителя было бы невозможно без энтузиазма и работы всей команды EXFO, особенно без большого вклада и опыта Mr. Benoît Masson, Senior Product Manager, и Dr. André Girard, Senior Member of Technical Staff, который также играет значительную роль в следующих международных организациях:

- Член ITU-T SG15 Оптические и другие транспортные технологии
- Международный председатель IEC SC86B WG7 Пассивные компоненты
- Председатель от Канады в национальном комитете IEC TC86
- Сопредседатель TIA SC FO-4.3 (Соединительные устройства и Пассивные компоненты)
- Canada Liaison to ANSI IEC Группа технических советников

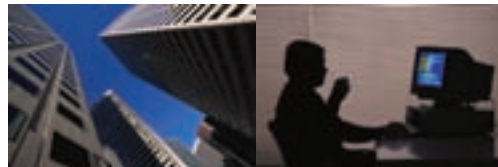
Никакая часть данного путеводителя не может быть воспроизведена в любом виде или любыми средствами без предварительного письменного разрешения Компании EXFO.

Напечатан и переплетен в Канаде

ISBN 1-55342-002-0

Legal Deposit—National Library of Canada 2004

Legal Deposit—National Library of Quebec 2004



За дополнительной информацией по любым продуктам и услугам или для получения технических сведений обращайтесь по адресу: www.exfo.com.

EXFO
EXPERTISE REACHING OUT