

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ GPON/GEAPON

Холод Л.Н.

Отдел эксплуатации объектов связи и метрологии, Харьковский филиал ОАО «Укртелеком», Украина.

E-mail: leonid.kholod@nure.ua

Abstract

The article deals with the issues of metrological support technology using Passive Optical Network – PON, in particular technology GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network) and GEAPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) during the implementation and operation of the network: input control of metrological parameters of linear cable products, terminal equipment and optical splitters for compliance with the quality of the products supplied with the declared passport values according to the requirements SLA (Service Level Agreement) QoS model. In addition, when carrying out installation and construction works for quality control of the carried-out works, identifying and eliminating the cause of the degradation of the quality of transmitted signals. Metrological support of acceptance tests after the completion of installation and construction works to confirm network parameters ensuring the quality of transmitted information. Operational measurements taken during the operation of the network, which are aimed at ensuring the quality parameters of the transmitted information and the timely elimination of problems and damages to the network. For all stages, a set of measuring instruments has been defined, with the help of which the tasks are solved, considered the specificity of point-to-multipoint tree topology measurements in passive optical networks, identified problems arising from the operation of networks GPON/GEAPON and indicate the direction of their decision.

На современном этапе развития и внедрения инфокоммуникационных технологий наиболее перспективными и активно внедряющимися различными операторами и провайдерами фиксированной и мобильной связи являются технологии с использованием пассивных оптических сетей – PON (Passive Optical Network), в частности технологии GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network) и GEAPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network). Обе эти технологии строятся по одному принципу - древовидная топология точка-многоточка, когда для построения сети используется один оптоволоконный канал для нескольких десятков или даже сотен абонентов и используют одни и те же диапазоны рабочих волн - 1490 нм в сторону абонента, 1310 нм со стороны абонента и 1550 нм для услуг IPTV.

Однако это различные технологии, основанные на стандартах - G.982, G.983.1, G.984.2 и G.652 (описывающий оптоволоконные характеристики) для GPON и, соответственно, стандарты IEEE 802.3, IEEE 802.3ah для технологии EPON.

При этом используются разные типы передаваемых кадров – GTC и Ethernet, скорости передачи – до 2,5 Гбит/сек и 1,25 Гбит/сек, а также возможности подключения оконечных оптических сетевых блоков (ONU, Optical Network Unit) – 128 и 64 соответственно. Следовательно, при необходимости конвергенции указанных технологий, оператор/провайдер вынужден осуществлять полную замену оборудования оптических линейных терминалов (OLT, Optical Line Terminal) и ONU.

Актуальность внедрения технологий GPON и GEAPON на современном этапе обусловлена, в первую очередь, экономическими показателями. Дерево сети строится таким образом, чтобы ветка для абонента отделялась от основной магистрали как можно ближе к его расположению и для разделения используется пассивный распределитель - сплиттер. Это принципиальное различие от обычной топологии оптоволоконной сети, имеющей архитектуру точка-точка, где

каждое разветвление линии требует установки активного сетевого оборудования. Таким образом, устанавливая сети GPON/GEAPON оператор/провайдер экономит материальные и энергетические ресурсы в 2-3 раза по отношению к классическим оптоволоконным сетям, построенным по принципу точка-точка.

Кроме того, внедрение технологий новых поколений позволяет обеспечить предоставление услуг широкополосного доступа (ШПД) абоненту гарантированного качества QoS (Quality of Service). На современном этапе развития и внедрения инфокоммуникационных технологий наиболее перспективными и активно внедряющимися различными операторами и провайдерами фиксированной и мобильной связи являются технологии с использованием пассивных оптических сетей – PON (Passive Optical Network), в частности технологии GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network) и GEAPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network). Обе эти технологии строятся по одному принципу - древовидная топология точка-многоточка, когда для построения сети используется один оптоволоконный канал для нескольких десятков или даже сотен абонентов и используют одни и те же диапазоны рабочих волн - 1490 нм в сторону абонента, 1310 нм со стороны абонента и 1550 нм для услуг IPTV.

Однако это различные технологии, основанные на стандартах - G.982, G.983.1, G.984.2 и G.652 (описывающий оптоволоконные характеристики) для GPON и, соответственно, стандарты IEEE 802.3, IEEE 802.3ah для технологии EPON.

При этом используются разные типы передаваемых кадров – GTC и Ethernet, скорости передачи – до 2,5 Гбит/сек и 1,25 Гбит/сек, а также возможности подключения конечных оптических сетевых блоков (ONU, Optical Network Unit) – 128 и 64 соответственно. Следовательно, при необходимости конвергенции указанных технологий, оператор/провайдер вынужден осуществлять полную замену оборудования оптических линейных терминалов (OLT, Optical Line Terminal) и ONU.

Актуальность внедрения технологий GPON и GEAPON на современном этапе обусловлена, в первую очередь, экономическими показателями. Дерево сети строится таким образом, чтобы ветка для абонента отделялась от основной магистрали как можно ближе к его расположению и для разделения используется пассивный распределитель - сплиттер. Это принципиальное различие от обычной топологии оптоволоконной сети, имеющей архитектуру точка-точка, где каждое разветвление линии требует установки активного сетевого оборудования. Таким образом, устанавливая сети GPON/GEAPON оператор/провайдер экономит материальные и энергетические ресурсы в 2-3 раза по отношению к классическим оптоволоконным сетям, построенным по принципу точка-точка.

Кроме того, внедрение технологий новых поколений позволяет обеспечить предоставление услуг широкополосного доступа (ШПД) абоненту гарантированного качества QoS (Quality of Services) и с высокой скоростью передачи данных (Internet, IPTV и др.).

Однако, для обеспечения контроля качества функционирования сети и предоставления услуг оператору/провайдеру необходимо обратить особое внимание на метрологическое обеспечение (МО) устанавливаемых сетей, так как древовидная топология, использование пассивных элементов – сплиттеров и прием-передача сигнала по одному волокну на различных длинах волн обуславливают определенную специфику измерений в сетях GPON/GEAPON.

Метрологическое обеспечение сети проводится на всех этапах ее внедрения и эксплуатации. До начала строительства сети необходимо провести входной контроль метрологических параметров линейно-кабельной продукции, конечного оборудования и оптических разветвителей (сплиттеров) на предмет соответствия качества поставляемой продукции заявленным паспортным значениям по требованиям SLA (Service Level Agreement) модели QoS.

Это важный этап, предполагающий дальнейшую минимизацию измерений при эксплуатации сети, но он остается достаточно затратным и протяженным во времени, что не всегда отвечает текущим интересам инсталлятора, особенно при строительстве больших разветвленных сетей.

При проведенні монтажно-строительних робіт МО дозволяє контролювати якість проводимих робіт, своєчасно виявити і усунути причини деградації якості передаваних сигналів, наприклад, некачественна зварка оптоволокон, надлишок провис кабеля, забруднення конекторів і сердцевини волокна, перевищення допустимого радіуса вигиба волокон і т.д. Для проведення МО на цих етапах цілесообразно використання класического набору засобів вимірельної техніки (СИТ) для проведення вимірювань на оптоволоконних мережах – оптичного рефлектометра (OTDR), візуального дефектоскопа (VFL) і оптичного тестера або вимірельної оптичної потужності (ОПМ), джерела випромінювання і оптичного аттенюатора.

МО прийомо-сдаточних випробувань проводиться після закінчення монтажно-строительних робіт для підтвердження параметрів мережі, забезпечуючих якість передаваної інформації. Експлуатаційні вимірювання проводяться в процесі експлуатації мережі і направлені на забезпечення параметрів якості передаваної інформації і своєчасне усунування виникаючих неполадок і пошкоджень мережі.

На цих етапах цілесообразно і необхідно використання специфічних СИТ для вимірювань на пасивних оптичних мережах – наприклад, тестера PON, що має вбудовані фільтри для кожної довжини хвилі і, відповідно, що має можливість проводити одночасні двонаправлені вимірювання на робочих довжинах хвиль мережі GPON/GEAPON. При цьому тестер повинен включатися в оптичну лінію «в розрив» з одночасним вимірюванням на трьох довжинах хвиль - 1310 нм для зворотного потоку і 1490/1550 нм для прямого потоку. При цьому повинна забезпечуватися висока (більше 30 дБ) взаємна ізоляція каналів на різних довжинах хвиль.

Для вимірювань рівня потужності передаваного сигналу і його згасання в мережах PON зазвичай використовується оптичний джерело випромінювання і оптичний вимірельної потужності. При цьому рівень згасання сигналу в оптичній мережі або її сегменті зазвичай вимірюється методом внесених втрат згідно зі стандартом IEC 61280-4-2, Method 1, СИТ, позначеними вище.

Існує цілий ряд специфічних проблем, пов'язаних з МО експлуатації мереж GPON/GEAPON, це, в першу чергу, необхідність вимірювань одночасно на трьох довжинах хвиль, велика потужність передаваного ТВ-сигналу на довжині хвилі 1550 нм, що не дозволяє застосовувати для вимірювань потужності звичайні ОПМ, складності з вимірюванням потужності ONU і інші. Розв'язання цих проблем напряму пов'язано з можливістю оператора/провайдера використовувати в роботі спеціалізовані СИТ для вимірювань на мережах PON і кваліфікацією персоналу, що здійснює МО мереж GPON/GEAPON.

При цьому всі необхідні вимірювання повинні проводитися на працюючій мережі PON без відключення абонентів (крім, тестуваного). Таке тестування здійснюється на неробочій довжині хвилі з використанням додаткових пристроїв (хвильових мультиплексорів DWDM, фільтрів), щоб випромінювання вимірельної апаратури не вносило перешкоди в корисний сигнал. Як уже згадувалося, в мережі PON для прямого каналу (від центру до абонентів) використовується довжина хвилі 1490 або 1550 нм (для відео), для зворотного каналу - 1310 нм. Для тестування мережі PON зазвичай використовують довжину хвилі 1625 нм.

Випромінювання вимірельної апаратури (тестера, рефлектометра) вводиться в волокно одразу після OLT з використанням хвильового мультиплексора (DWDM). Це випромінювання здатно викликати перешкоди на оптичному приймачі абонентського пристрою, тому перед кожним абонентським пристроєм ONT необхідно встановити фільтр. Для того щоб можна було проводити тестування без відключення мережі, хвильовий мультиплексор і фільтри повинні бути постійно включені в оптичний тракт (рис.1) контролю якості функціонування мережі і надання послуг оператору/провайдера необхідно звернути особливу увагу на метрологічне забезпечення (МО) інсталируваних мереж, так як розгалужена топологія, використання пасивних елементів – сплиттерів і прийом-передача сигналу по

одному волокну на різних довжинах волн обумовлюють певну специфіку вимірювань в мережах GPON/GEAPON.

Метрологічне забезпечення мережі проводиться на всіх етапах її впровадження та експлуатації. До початку будівництва мережі необхідно провести контроль метрологічних параметрів лінійно-кабельної продукції, кінцевого обладнання та оптичних розгалужувачів (спліттерів) на предмет відповідності якості постачаної продукції заявленим паспортним значенням за вимогами SLA (Service Level Agreement) моделі QoS.

Це важливий етап, що передбачає подальшу мінімізацію вимірювань при експлуатації мережі, але він залишається достатньо затратним і тривалим за часом, що не завжди відповідає інтересам інсталятора, особливо при будівництві великих розгалужених мереж.

При виконанні монтажних робіт МО дозволяє контролювати якість виконуваних робіт, своєчасно виявити та усунювати причини деградації якості передаваних сигналів, наприклад, неякісна зварка оптичного волокна, надлишок провису кабелю, забруднення конекторів та сердцевини волокна, перевищення допустимого радіуса вигину волокон тощо. Для виконання МО на цих етапах цілком доцільно використовувати класичний набір засобів вимірної техніки (СИТ) для виконання вимірювань на оптичних мережах – оптичного рефлектометра (OTDR), візуального дефектоскопа (VFL) та оптичного тестера або вимірника оптичної потужності (OPM), джерела випромінювання та оптичного аттенюатора.

МО прийомно-сдаточних випробувань проводиться після закінчення монтажних робіт для підтвердження параметрів мережі, що забезпечують якість передаваної інформації. Експлуатаційні вимірювання проводяться в процесі експлуатації мережі та спрямовані на забезпечення параметрів якості передаваної інформації та своєчасне усунювання виникаючих неполадок та пошкоджень мережі.

На цих етапах цілком доцільно та необхідно використовувати спеціальні СИТ для вимірювань на пасивних оптичних мережах – наприклад, тестера PON, що має вбудовані фільтри для кожної довжини хвилі та, відповідно, має можливість проводити одночасні двонаправлені вимірювання на робочих довжинах хвиль мережі GPON/GEAPON. При цьому тестер повинен включатися в оптичну лінію «в розрив» з одночасним вимірюванням на трьох довжинах хвиль – 1310 нм для зворотного потоку та 1490/1550 нм для прямого потоку. При цьому повинна забезпечуватися висока (більше 30 дБ) взаємна ізоляція каналів на різних довжинах хвиль.

Для вимірювань рівня потужності передаваного сигналу та його згасання в мережах PON зазвичай використовується оптичний джерело випромінювання та оптичний вимірник потужності. При цьому рівень згасання сигналу в оптичній мережі або її сегменті зазвичай вимірюється методом внесених втрат згідно зі стандартом IEC 61280-4-2, Method 1, СИТ, позначеними вище.

Існує цілий ряд спеціальних проблем, пов'язаних з МО експлуатації мереж GPON/GEAPON, це, в першу чергу, необхідність вимірювань одночасно на трьох довжинах хвиль, велика потужність передаваного ТВ-сигналу на довжині хвилі 1550 нм, що не дозволяє застосовувати для вимірювань потужності звичайні OPM, складності з вимірюванням потужності ONU та інші. Розв'язання цих проблем напряму пов'язане з можливістю оператора/провайдера використовувати спеціалізовані СИТ для вимірювань на мережах PON та кваліфікацією персоналу, що виконує МО мереж GPON/GEAPON.

При цьому всі необхідні вимірювання повинні проводитися на працюючій мережі PON без відключення абонентів (крім тестуваного). Таке тестування здійснюється на неробочій довжині хвилі з використанням додаткових пристроїв (хвильових мультиплексорів DWDM, фільтрів), щоб випромінювання вимірної апаратури не вносило перешкоди в корисний сигнал. Як уже згадувалося, в мережі PON для прямого каналу (від центру до абонентів)

используется длина волны 1490 или 1550 нм (для видео), для обратного канала - 1310 нм. Для тестирования сети PON обычно используют длину волны 1625 нм.

Излучение измерительной аппаратуры (тестера, рефлектометра) вводится в волокно сразу после OLT с использованием волнового мультиплексора (DWDM). Это излучение способно вызвать помехи на оптическом приемнике абонентского устройства, поэтому перед каждым абонентским устройством ONT необходимо установить фильтр. Для того чтобы можно было проводить тестирование без отключения сети, волновой мультиплексор и фильтры должны быть стационарно включены в оптический тракт (рис.1).

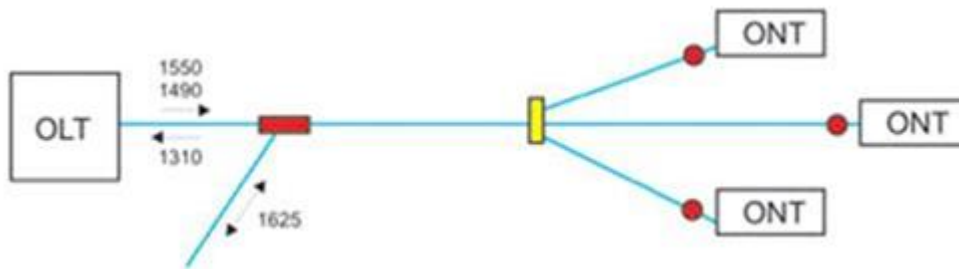


Рис. 1. Схема подключения волнового мультиплексора и фильтров к PON

Для измерения затухания в оптической линии между OLT и ONT используется оптический тестер на 1625 нм. Передатчик тестера подключается к свободному концу волнового мультиплексора на OLT. Приемник тестера подключается к свободному концу волокна перед фильтром (рис. 2).

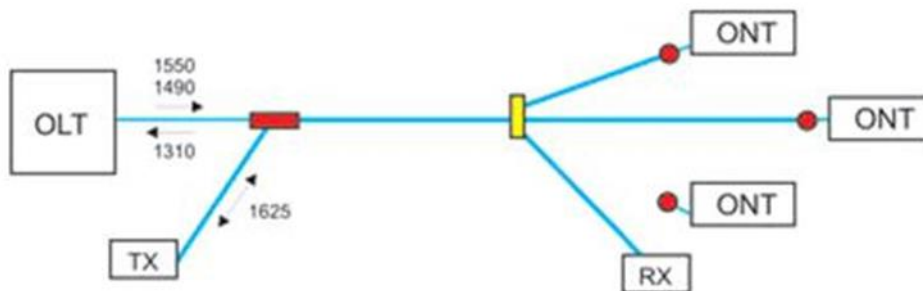


Рис. 2. Измерение затухания с отключением абонентского устройства

Представлен вариант без отключения абонентского устройства. Для этого на ONT нужно использовать не фильтр, а волновой мультиплексор, как на центральном узле, (рис. 3).

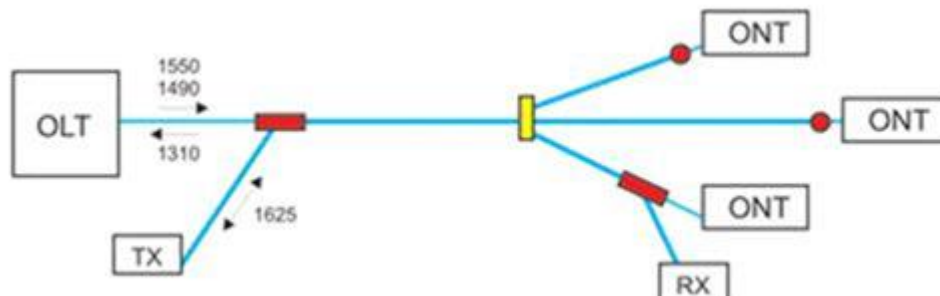


Рис. 3. Снятие рефлектограммы дерева PON

Тестирование сети PON с использованием рефлектометра заключается в следующем. После каждого изменения топологии сети (подключения нового абонента, замены сплиттера и т.п.) снимается опорная (эталонная) рефлектограмма, которая соответствует нормальному состоянию сети. При обнаружении проблем в сети (например, если затухание, измеренное опти-

ческим тестером, оказалось выше расчетного) снимается новая рефлектограмма, которая сравнивается с опорной. Новые события на рефлектограмме локализуют местоположение проблемного участка (рис.4).

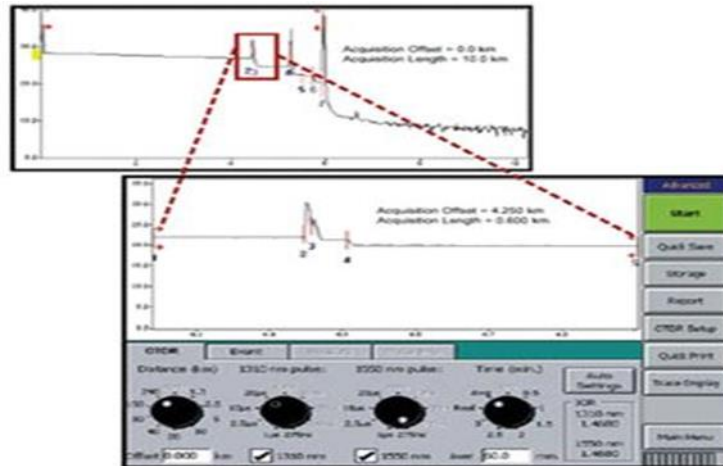


Рис. 4. Анализ новых событий на рефлектограмме

С помощью рефлектометра можно вести мониторинг сети PON и обнаруживать деградации волокна еще до того, как возникнут проблемы. Для этого необходимо регулярно (например, раз в неделю) снимать рефлектограмму сети и сравнивать ее с опорной рефлектограммой. При появлении любых отклонений и тем более новых событий на рефлектограмме необходимо анализировать их возможные причины и при необходимости проводить адекватные профилактические мероприятия.

Выводы

Для автоматизации метрологического обеспечения испытаний (validation tests) в анализаторе протоколов GPON/GEAPON, например Xpert компании TraceSpan Communications предусмотрены более 40 встроенных сценариев тестирования, определенных в соответствии с рекомендациями МСЭ-Т G.984.3 (GPON MAC), G.984.4/G.988 (OMCI) и G.984.4 Implementer's Guide. Выводя показатели типа «прошел/не прошел», эти сценарии позволяют быстро оценивать правильность функционирования различных процессов и сервисов в сети GPON/GEAPON. Кроме того, данный анализатор выдает информацию о маршрутизации VLAN, анализирует динамическое распределение полосы пропускания (DBA) и генерирует настраиваемые отчеты. К его важным преимуществам относится поддержка непрерывного анализа сети в реальном масштабе времени. Этот режим особенно полезен для диагностики перемежающихся проблем и/или проблем, которые возникают спустя большой промежуток времени после установления соединения между OLT и ONT/ONU.

Литература:

1. Русакова Е.А. Проектирование сети доступа на базе технологии PON, Екатеринбург, УрГУПС, 2015. – 40 с.
2. Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. Пассивные оптические сети PON Часть 2. Ethernet на первой миле., к.ф.-м.н., «Телеком транспорт», 2014 – С. 1-8. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/40117591-Passivnye-opticheskie-seti-pon.html>
3. IEEE, IEEE Std 802.3, "Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications," March 2002. – 316 p.
4. IEEE 802.3ah OAM Helps Bridge Ethernet Management Gap – 627 p.
5. Khernmoh L. RFC-4837. Managed Objects of Ethernet Passive Optical Networks (EPON). July 2013 – 91 p.
6. Бейли Д., Райт Э. Волоконная оптика: теория и практика/Пер. с англ. - М: КУДИЦ-ПРЕСС, 2008. – 320 с.