



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ТҰҢҒЫШ ПРЕЗИДЕНТІ - ЕЛБАСЫНЫҢ ҚОРЫ

«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ – 2017»

студенттер мен жас ғалымдардың
XII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

XII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ – 2017»

PROCEEDINGS

of the XII International Scientific Conference
for students and young scholars
«SCIENCE AND EDUCATION - 2017»



14th April 2017, Astana



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**«Ғылым және білім - 2017»
студенттер мен жас ғалымдардың
XII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2017»**

**PROCEEDINGS
of the XII International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2017»**

2017 жыл 14 сәуір

Астана

УДК 378

ББК 74.58

Ғ 96

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2017» студенттер мен жас ғалымдардың XII Халықаралық ғылыми конференциясы = The XII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2017» = XII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2017». – Астана: <http://www.eni.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2017. – 7466 стр. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-827-6

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 378

ББК 74.58

ISBN 978-9965-31-827-6

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2017

23 ноября 2012 г., г. Астана. Стр. 258 - 262

5. Жармакин Б.К. - Обучающие схмотехнические решения реализации некоторых электронных схем по дисциплине «Схмотехника». «Научно-инновационное развитие как фактор модернизации высшего образования» Материалы Международной научно – методической конференции -14 февраля 2013 г., г. Астана. Стр. 298 - 303
6. Короблев В. – С и С++. К.Ж Издательская группа BHV, 2002. – 432 с.

УДК 004.722

ТЕХНОЛОГИЯ ПАССИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ PON

Мырзалиев Нурболат Бахытович

Сейлов Амирали Ажибекович

Жайылханова Акбота Нурланкызы

Магистрант ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.Ж. Абдыкерова

Когда количество переходит в качество, это именуют первым законом диалектики. Преимущества пассивных оптических сетей (PON) начинают проявляться при реализации больших проектов, начиная от нескольких тысяч подключенных абонентов. Но лишь после преодоления рубежа в пару десятков тысяч портов достоинства PON становятся бесспорными, и последние скептики превращаются в сторонников этой технологии. К тому же PON оказалась очень гибкой, что позволяет использовать ее для решения самых различных операторских задач.

На рисунке 1 представлена архитектура PON в соответствии с Рекомендацией ITU-T G.984.1. Оптическая линия заканчивается у абонента оптическим линейным терминалом (OLT), расположенным, как правило, в помещении оператора, в то время как оптические сетевые устройства (ONU) и сетевые терминалы (ONT) располагаются вблизи точек присутствия пользователей.

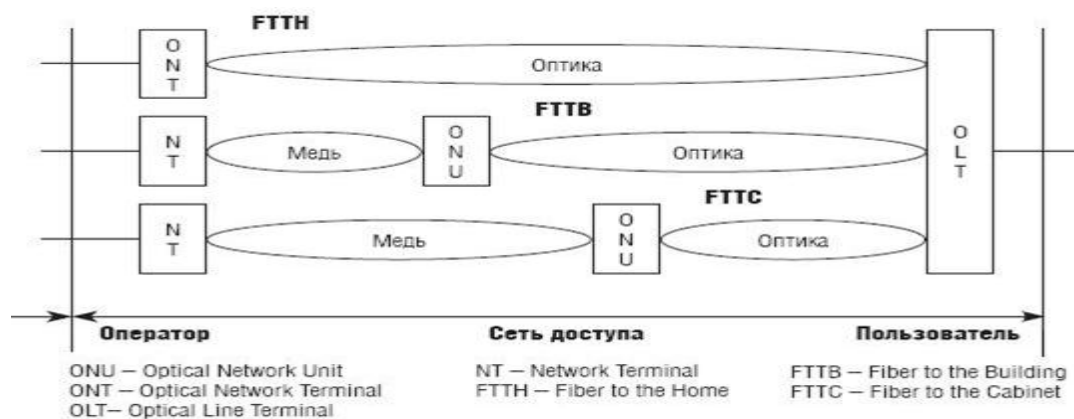


Рисунок 1 – Архитектура сети PON

На практике оператор вынужден решать вопрос о конечной точке подведения оптики. Это может быть распределительный шкаф, единый для группы домов (FTTC), многоквартирный дом или офисный центр (FTTB), либо частное владение (FTTH). В зависимости от количества новых подключаемых абонентов (коэффициент проникновения) зависит применение того или иного решения и его эффективность. В настоящее время коэффициент проникновения для многоквартирных домов чаще всего лежит в диапазоне 0,1–0,15 [1].

Традиционная технология FTTB решает задачу подвода оптики к многоквартирному

дому или офису. Разводка внутри дома может выполняться с использованием медных симметричных пар (самое распространенное решение) либо VDSL-модемов (решение более характерно для FTTC). Оптический канал используется для подключения к операторам, предоставляющим интернет-услуги для офисных центров либо Triple Play для жилого многоквартирного сектора.

Технология FTTB не предусматривает установки специального стационарного оборудования либо пользовательских терминалов. Внутри здания применяется активное сетевое оборудование и «медная» разводка к помещениям. В жилом секторе — телевизионные приставки STB, если оператор предоставляет услуги Triple Play/IP-TV.

FTTB традиционно ассоциируется с технологией Ethernet, и мало кто догадывается, что подвести информационные потоки к зданию можно также с помощью PON. При этом нужно лишь применить специальные коммутаторы (они же — многопользовательские PON-терминалы), и потребитель (домашний либо корпоративный) получит не только традиционный Интернет, но и голосовые каналы связи, а также телевидение [2].

Для реализации концепции «Оптика в квартиру или частное владение» (FTTH) предлагается использовать активные (AON) либо пассивные (PON) оптические сети. PON, будучи изначально операторским решением, предусматривает на самом начальном этапе доведение к потребителю всего комплекса услуг Triple Play — телевидения, Интернета и телефонии. Поскольку при этом используется древовидная архитектура разводки волокна с применением оптических разветвителей (сплиттеров), это решение требует специального оборудования как на операторской стороне (OLT), так и на стороне пользователя (ONU). Реализация соединения «точка–многоточка» (именно так построен PON) требует определенных усилий, чтобы корректно разделить интервалы активности каждого терминала. Это немного напоминает работу компьютеров в локальных сетях с применением концентраторов, когда приходилось бороться с коллизиями (одновременным занятием канала различными абонентами). В PON эта задача решена более корректно — здесь каждому абоненту выделяется свой интервал времени, в течение которого он может формировать запросы к OLT.

Одно из важных достоинств PON — возможность предоставления потребителю всех услуг (голос, Интернет, телевидение) из одних рук по одному оптическому волокну. Собственно, это один из способов реализации концепции Triple Play.

Пассивные оптические сети (PON) появились на свет в далекой «заокеании» на завершающем этапе «файберизации» городов, когда оптические волокна уже были подведены к большинству зданий (решения FTTB). Как потребитель поступит с этим волокном, это уже другой вопрос. В простейшем случае — подключится к Интернету.

Решение FTTH (оптика в дом) изначально предназначалось для подвода одномодового оптического волокна к частным владениям (загородным домам), в которых как раз и проживает большая часть зажиточного населения Западной Европы и США. Это именно тот случай, когда разветвленная планировка коттеджных участков совпадает с древовидной PON-архитектурой. Поэтому здесь все, как у классиков: мы говорим PON, а подразумеваем FTTH, говорим FTTH — PON.

Однако гибкость PON-технологии оказалась настолько высокой, что на практике пассивные сети начинают успешно предлагаться для решения задач FTTB. Это вполне приемлемо на начальном этапе внедрения PON-сети, а также для подключения офисов и бизнес-центров. Применение PON в этом случае снижает риски первичных капиталовложений в сеть. Потому что построить сразу сеть на 10 или 500 тысяч пользователей очень трудно, и далеко не все операторы могут себе позволить такие затраты.

В настоящее время для построения PON-систем оператор может использовать оборудование, базирующееся на двух группах стандартов. Системы GPON опираются на Рекомендации ITU-T серии G.984. Вторая группа решений (GEPON) строится на стандартах IEEE 802.3ah. Оборудование GPON или GEPON имеет важные технические отличия, особенно с точки зрения оператора. Но потребитель найдет больше сходных черт. Например,

отличить терминальное оборудование GPON или GEPON не представляется возможным. Они обладают одними и теми же наборами интерфейсов и функций, обеспечивая возможность подключения пользователя к одним и тем же портам терминального оборудования с помощью таких же разъемов [3].

По мнению экспертов украинского рынка, технология GPON, базирующаяся на стандартах ITU-T, обеспечивает лучшее использование пропускной способности оптического канала связи и гарантирует качество предоставляемых услуг (QoS), что очень важно для передачи видеоинформации. Поскольку транспортный протокол GEPON основан на Ethernet, то непредсказуемая длина пакетов может оказаться существенным фактором, снижающим качество предоставления услуг, критичных к задержкам.

В то же время некоторые производители выпускают двухстандартное оборудование, поддерживающее обе технологии. Причин для этого несколько. Во-первых, сделать это достаточно просто, поскольку менять приходится в основном ПО. Во-вторых, рынок сбыта GPON- и GEPON-решений приходится на различные регионы мира. GPON популярен главным образом в Европе и Америке, GEPON — в странах Азии. Хотя это утверждение весьма условно: хорошо известны достаточно большие внедрения GPON в Китае и Индии. Тем не менее, чтобы не терять рынки сбыта, производители стараются работать на всех направлениях. Известны случаи, когда в одном станционном конструктиве производитель одновременно допускает применение плат обоих типов — как GPON, так и GEPON.

Аналогичное утверждение относится и к терминальному оборудованию. Путем «заливки» различного программного обеспечения терминалы выпускаются как для сетей GPON, так и GEPON.

В настоящее время скорости, обеспечиваемые этими технологиями, достигли 10 Гбит/с. Анонсированы решения 10G-EPON на скорость 10 Гбит/с. По другую сторону баррикад — тот факт, что в ноябре 2009 года ITU-T принял анонсированную ранее серию Рекомендаций G.987, описывающих технологию XG-PON со скоростью 10 Гбит/с в нисходящем потоке и 2,5 Гбит/с — в восходящем. Определен также и симметричный по скорости передачи вариант системы XG-PON — 10 Гбит/с в обоих направлениях.

PON — это решение, изначально ориентированное на использование технологии FTTH, а это значит, что к потребителю (частный дом или коттедж) должен быть подведен полный комплекс услуг. Неважно, как это будет именоваться — Tripple Play, Multi Play или как-то еще. Важно, что оператор должен сразу предложить потребителю весь спектр услуг, пока не нагрянули «альтернативные» операторы со своими отдельными предложениями. Именно с таким прицелом разрабатывалось станционное и терминальное оборудование [4].

Производители терминального оборудования предлагают достаточно широкий спектр решений. Сегодня пользовательский PON-терминал среднего класса имеет два выходных порта для подключения аналоговых телефонов, разъем RJ-45 — для компьютера и коаксиальный радиочастотный выход (RF) для телевизора (Рисунок 2). При этом терминал может содержать несколько разъемов RJ-45 для подключения компьютеров или телевизионной приставки (Set-Top-Box) в случае трансляции телевидения или IP-TV по IP-каналу.

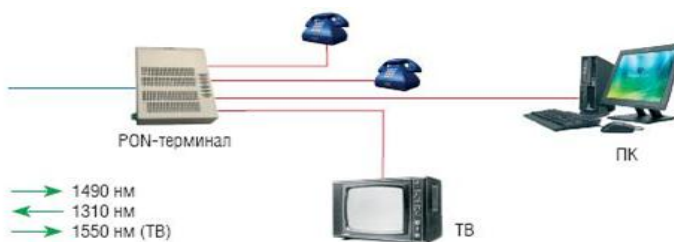


Рисунок 2 – Подключение терминального оборудования PON с использованием оптической поднесущей 1550 нм

Отметим, что наличие либо отсутствие телевизионной оптической несущей зависит исключительно от оператора, который при необходимости может добавить ее в сигнал, генерируемый станционным оборудованием PON.

Но оператор может запустить ТВ-сигнал и в IP-поток основного u1082 канала. Однако в этом случае у пользователя должно стоять уже два терминальных устройства — PON-терминал и STB для приема IP-TV (Рисунок 3).

Если в квартиру подводится оптический кабель, на другом конце которого, предположим, стоит Ethernet-коммутатор, — это одно решение. В таком случае пользователь все возникающие у него проблемы решает самостоятельно. Например, ставит в компьютер оптическую сетевую карту и наслаждается высокоскоростным интернет-трафиком. Либо устанавливает Set-Top-Box с оптическим входом, получая на выходе Ethernet-порт для подключения к компьютеру и выход для телевизора. Ethernet-портов, в принципе, бывает несколько, но это не меняет сути дела. STB-приставка может быть более сложной, и тогда к ней можно подключить аналоговый или IP-телефонный аппарат.

Таким образом, пользователь получает относительную свободу. Он как бы сам принимает решение, что ему поставить в своей квартире. Конечно, свобода эта весьма условна. Ведь оператор может подводить оптику в квартиру на определенных условиях, например, установки STB.

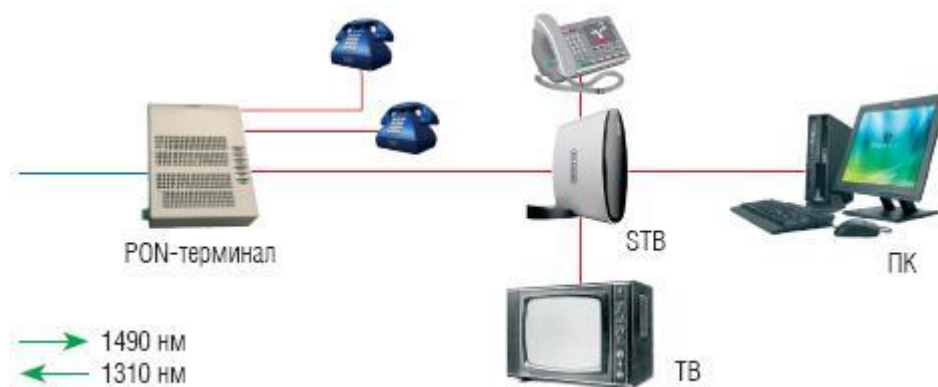


Рисунок 3 – Предоставление комплекса мультимедийных слуг по IP

Другое дело, когда строится решение PON. В этом случае потребитель должен разместить у себя PON-терминал, не имея которого, просто невозможно выделить сигнал. И уже в этот терминал сами производители встраивают различные интерфейсы, которые позволяют абоненту подключиться к услугам Интернета (Ethernet-порты), телефонии (два аналоговых телефонных порта RJ-11), аналогового телевидения (коаксиальный разъем).

Технология PON изначально разрабатывалась, чтобы обеспечить домовладельцев, собственников коттеджных поместий, отдельно стоящих домов сразу всеми видами услуг. Конечно, решение FTTN предназначено для значительной части населения США и Западной Европы, где зажиточные слои живут в собственных домах. Понятно, что для подключения таких поместий нужно предоставлять сразу все услуги. Что и было сделано.

Но в крупных городах ситуация несколько иная. На Западе FTTB-решения давно уже повсеместно используются. В отечественных условиях (опять-таки, для крупных городов), в старых застройках проживают люди, избалованные наличием телефона, Интернета, вещательного и кабельного телевидения, спутниковыми антеннами на балконах. В этих условиях очень трудно говорить о достоинствах либо недостатках PON, поскольку зачастую все «старые» услуги в квартиру уже подведены. Речь может идти лишь о «новых» услугах, том же IP-TV, либо HDTV.

Таким образом, обсуждать детали применения PON-технологии мы можем лишь для новых застроек, коттеджных городков и населенных пунктов в сельской местности.

Среди производителей оборудования PON наблюдается определенное разделение труда. Некоторые специализируются на станционном оборудовании, другие — на абонентских терминалах. Действительно, задачи эти разные. В первом случае основное внимание приходится уделять качеству и надежности, во втором — снижению стоимости терминалов. Но это не значит, что у производителей станционного оборудования отсутствуют линейки терминалов. Они, конечно же, есть, но зачастую выпускаются по OEM-соглашению с другими производителями.

Решения для пассивных оптических сетей предлагают многие компании, среди которых наиболее известны Alcatel-Lucent, Alphion, Corecess, D-Link, Ericsson, Huawei, NEC, Nokia Siemens Networks, ZTE, ZyXEL.

Системы PON — это, прежде всего, решения операторского класса с жесткими требованиями к надежности оборудования. В станционном OLT-оборудовании резервируется большинство компонентов. Так, например, в одной корзине OLT, как правило, размещены по две платы управления и внешних интерфейсов — обе работают в горячем резерве. Блоки питания и вентиляторы также в общем случае дублируются.

Более того, часто резервируется даже само волокно, которое идет к ближайшему разветвителю по двум различным путям. Сигнал подается по одному из направлений, выбираемому по умолчанию. При нарушении связи происходит быстрое переключение на второе волокно. Общие же тенденции, присущие производителям OLT-оборудования, состоят в снижении стоимости линейного порта, увеличении плотности портов на платах, а также повышении надежности решений. Последнее достигается за счет множества различных факторов, среди которых — использование оптических SFP-модулей, горячее резервирование практически всех плат OLT, надежная и гибкая система управления и т.д.

Пользовательские PON-терминалы предназначены для подключения индивидуальных потребителей услуг. Это достаточно небольшие по размеру устройства, хотя пока и не очень дешевые (\$150–200), но достаточно функциональные. Обычный «домашний» терминал AONT-100 компании Alphion содержит четыре порта 10/100-Base-T, два аналоговых телефонных порта и радиочастотный разъем для подключения телевизора.

Аналогичные терминалы есть практически у всех производителей. Например, компания Ericsson предлагает на рынке терминал T063G. Абонентский терминал GPON ONU G25A компании Cambridge Industries Group (CIG) имеет четыре интерфейса 10/100 Base-T, два порта аналоговых ТА (протокол SIP), один порт RF для подключения телевизора. Эти терминалы применяются в PON-решениях компании Nokia Siemens Networks.

Приведенные примеры демонстрируют системный подход, применяемый большинством ведущих мировых производителей PON-оборудования при выпуске комплекса оборудования для построения законченных решений класса FTTH, FTTB и FTTC на оборудовании PON.

Таким образом, технология PON с успехом может применяться для реализации как FTTH-решений, так и FTTB/FTTC. Если учесть, что терминальное оборудование может быть отдалено от OLT на расстояние до 20 км, то задача доставки трафика, к примеру, для Киева может быть решена установкой всего одного станционного комплекса в одной точке.

Список использованных источников

1. Кирби Р. «Новый отсчет времени для пассивных оптических сетей», LAN Журнал Сетевых Решений, № 9, 2013, с. 50–55.
2. Некучаев А., Убайдуллаев Р. «Последняя миля, последний СЕКАМ», ТЕЛЕСпутник, № 2(64), 2014, с. 80–82.
3. Гаскевич Е., Убайдуллаев Р. «PON – широкополосная мультисервисная сеть доступа», ТелеМультиМедиа, № 2(12), 2014, с. 29–32.
4. Harstead E., van Heyningen P. H. «Optical Access Networks», Chap. 10 in «Optical Fiber Telecommunications», Vol. IVB, 2014, pp. 438–513.