



**Мясин
Николай Игоревич,**
сотрудник Академии ФСО России, к.т.н.

За последнее десятилетие наблюдается значительный рост объемов передаваемой информации. Коммерческая доступность и самая большая на сегодняшний день пропускная способность оптического волокна обеспечила достаточно быстрое внедрение волоконно-оптических линий связи (ВОСП) на транспортных сетях, как в России, так и за рубежом. Однако на сетях доступа достаточно долгое время основным камнем преткновения была так называемая проблема «последней мили» — предоставление потребителю требуемых телекоммуникационных услуг с высокой скоростью. Появление и развитие технологии PON (*Passive Optical Network*) позволило решить данную задачу.

Вообще PON — технология пассивных оптических сетей, основанная на древовидной волоконно-кабельной архитектуре с пассивными оптическими разветвителями на узлах. Данная технология позволяет обеспечить экономичный способ предоставления широкого спектра инфокоммуникационных услуг. Архитектура PON обладает необходимой эффективностью наращивания узлов сети и пропускной способностью, в зависимости от настоящих и будущих потребностей абонентов [1].

Основная идея PON заключается в использовании одного приемопередающего модуля в OLT (*Optical Line Terminal*) для передачи информации

Анализ возможности применения PON в интересах органов внутренних дел

множеству абонентских устройств ONU (*Optical Network Unit*). Принцип построения PON поясняется рис. 1.

Количество абонентских терминалов, подключаемых к одному приемопередающему модулю OLT, определяется бюджетом мощности ВОЛС и максимальной скоростью приемопередающей аппаратуры.

С точки зрения обеспечения возможности передачи информации от множества пользователей ключевым моментом стало применение технологии спектрального мультиплексирования (WDM — *Wavelength Division Multiplexing*). Так, по аналогии с технологией xDSL выделяют *прямой* (нисходящий) поток, то есть поток из сети в сторону потребителей информационных контентов, и *обратный* (восходящий) — поток от абонента в сеть (поток заявок на требуемый сервис и т. д.). [2]. Передача и прием информации осуществляются по одному и тому же оптическому волокну, но на различных длинах волн: для прямого потока используется длина волны 1490 нм, а для обратного — 1310 нм, что отражено на рис. 2.

Прямой поток является широкоэмиттерным, т. е. каждый ONU, анализируя заголовки фреймов, выделяет из

общего потока информацию, предназначенную именно для данного узла. Именно на этом этапе и реализуется WDM. Обратный поток от всех абонентских терминалов осуществляется на одной длине волны поочередно (реализуется временное разделение — TDM).

В настоящее время сформировано несколько стандартов PON:

- APON (*ATM PON*) — пассивная оптическая сеть, ориентированная на технологию ATM, описана рекомендацией ITU-T G. 983;
- BPON (*Broadband PON*) — широкополосная пассивная оптическая сеть, описана рекомендацией ITU-T G. 983;
- GPON (*Gigabit PON*) — пассивная оптическая сеть, обеспечивающая скорость передачи до 1 Гбит/с, описана рекомендацией ITU-T G. 984;
- EPON (*Ethernet PON*) — пассивная оптическая сеть, ориентированная на передачу Ethernet-трафика, описана рекомендацией IEEE 802.3ah;
- 10GEPON (*10 Gigabit Ethernet PON*) — пассивная оптическая сеть, адаптированная для передачи Ethernet-трафика со скоростью 10 Гбит/с, описана рекомендацией IEEE 802.3 av.

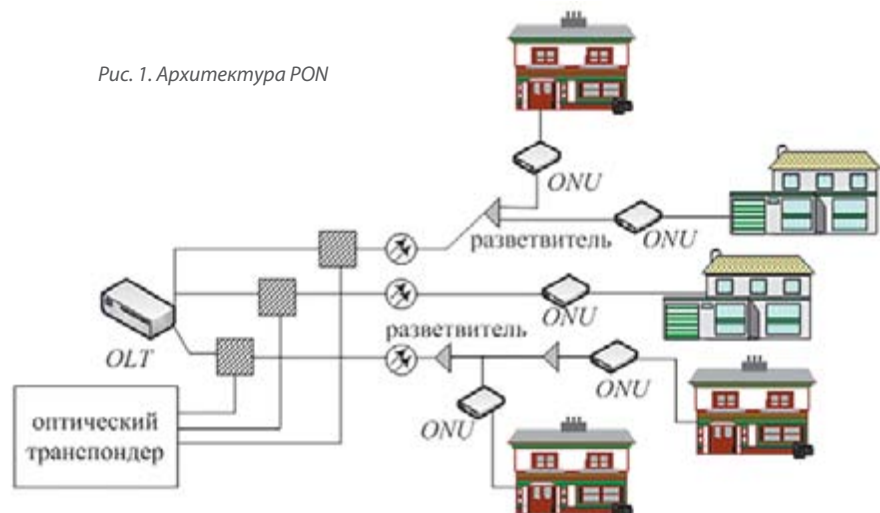


Рис. 1. Архитектура PON



Исходя из реального состояния развития телекоммуникационных технологий стандарты APON и BPON потеряли свою актуальность и фактически не используются.

Следует отметить еще одну важную тенденцию в развитии современных инфокоммуникаций — переход к сетям следующего поколения (NGN — Next Generation Network).

Интенсивное развитие телекоммуникационных сервисов реального времени и рост спроса на доступ к ресурсам сети Internet привели к смещению акцента в сторону развития сетей с коммутацией пакетов. Данная тенденция обусловила пристальный интерес, как операторов сетей связи общего пользования, так и инженеров сетей связи специального назначения, к технологиям EPON и GPON.

Необходимо учесть еще одну особенность PON. Общая пропускная способность делится между всеми абонентами сети, а следовательно, сети EPON, обеспечивающие суммарную скорость передачи информации до 1/1 Гбит/с (до 30 Мбит/с на каждого абонента), достаточно быстро исчерпали ресурс пропускной способности. Технология GPON, лидирующая преимущественно на азиатском рынке телекоммуникационных услуг, обеспечивает скорость передачи 2,5/1,25 Гбит/с с устойчивой скоростью 80 Мбит/с каждому абоненту. Однако прогнозирование требуемой пропускной способности на ближайшие пять лет показывает, что на сетях связи общего пользования скоро будет исчерпан ресурс и этой технологии.

Именно это и обусловило появление стандарта 10GEPON, ориентированного на стандарт 10 GE (10 Giga-bit Ethernet). На базе этого стандарта предполагается формирование «PON следующего поколения» — NG PON. Так, в настоящее время существуют рекомендации ITU-T G. 987, которые описывают общие требования к XG-PON1, спецификации ВОЛС, сходимость передачи, а также рекомендация G. 988, регламентирующая интерфейс управления и администрирования ONU.

Система связи отечественных правоохранительных органов отличается достаточной гибкостью и меньшей консервативностью по сравнению с инфокоммуникационными системами других силовых ведомств Российской Федерации. В рамках развития единой системы информационно-аналитического обеспечения деятельности (ИСОД) МВД России проведен

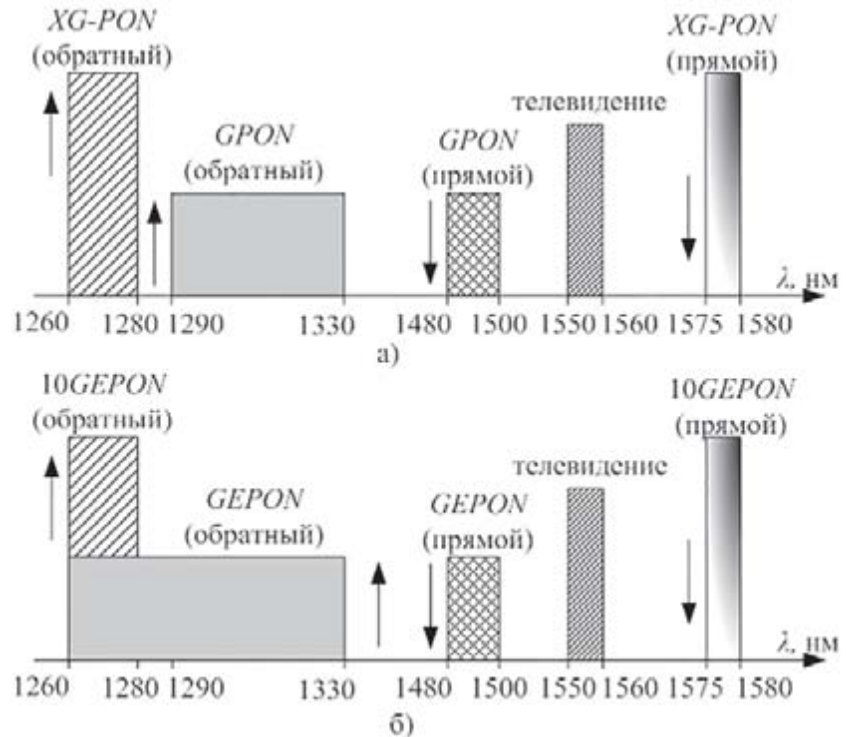


Рис. 2. Распределение длин волн между различными стандартами PON:

а) GPON и XG-PON;
б) GEPON и 10GEPON

ряд мероприятий по созданию интегрированной мультисервисной телекоммуникационной системы (ИМТС), выполняющей основные транспортные функции. На официальных сайтах территориальных органов МВД России имеется информация о том, что большинство объектов имеют подключение к ИМТС ИСОД МВД России по волоконно-оптическим линиям связи. В данных условиях технологии PON прекрасно подходят для формирования фрагментов ведомственной телекоммуникационной сети. Кроме того, имеется опыт применения уже существующих фрагментов PON в интересах подразделений вневедомственной охраны в крупных городах, таких как Москва и Санкт-Петербург [3].

Однако следует отметить ряд сложностей и недостатков технологии PON, о которых довольно редко упоминается, но которые играют ключевую роль при использовании PON для строительства ИМТС ИСОД МВД России [4].

Общая полоса пропускания. Полоса пропускания в дереве оптоволоконных линий сети PON используется как можно большим числом абонентов, что позволяет получить прибыль за счет снижения затрат на каждого абонента.

Хотя технология GPON обеспечивает общую пропускную способность нисходящего потока, равную 2,5 Гбит/с, она не может соответствовать росту сервисов и будущих требований абонентов в долгосрочной перспективе, поскольку потребности в пропускной способности растут экспоненциально. Более того, некоторую часть полосы пропускания необходимо резервировать для потоковых услуг (например, видеоконференция), что приводит к сокращению общей полосы пропускания.

Шифрование. Поскольку PON — это технология с общей средой передачи, а в интересах различных служб территориальных органов внутренних дел может передаваться различная оперативная информация, то очевидно необходимость шифрования всех потоков данных.

В технологии GPON проводится шифрование только нисходящего потока, а использование надежного усовершенствованного стандарта шифрования (Advance Encryption Standard, AES) с 256-разрядными ключами позволяет повысить безопасность личной информации конечных пользователей и предоставляет сервис-провайдерам возможность предотвратить хищение услуг. Однако надежность стандарта AES обуслови-



вает снижение производительности. Кроме того, для реализации криптографической защиты необходима передача существенного объема служебной информации вместе с каждым пакетом, что может привести к заметному снижению полезной скорости передачи данных в PON (в зависимости от сочетания различных видов трафика).

Организации, предъявляющие повышенные требования к защите передаваемой информации, обычно категорически отвергают возможность подключения к любой сети связи общего пользования — даже при наличии шифрования, поскольку нет никакой гарантии, что код не будет рано или поздно взломан.

Высокая рабочая скорость передачи данных. В связи с использованием в сетях PON общей передающей среды, каждое оконечное устройство (ONU или OLT) вынуждено работать на совокупной скорости передачи данных. Даже если клиент заплатит только за 25 Мбит/с, каждая конечная точка оптической сети (ONU) в этом дереве PON должна работать на скорости 2,5 Гбит/с (GPON). Работа электронных и оптических устройств со скоростью, в 100 раз превышающей необходимую скорость передачи данных, повышает цену компонентов, особенно в том случае, если объемы производства не слишком большие.

Необходимость большей мощности оптического сигнала. При каждом разветвлении в соотношении 1:2 энергетический потенциал линии связи падает на 3,4 дБ. Следовательно, при разветвлении в соотношении 1:64 энергетический потенциал линии связи уменьшается на 20,4 дБ (эквивалентно отношению мощностей 110). Значительное повышение мощности приводит к появлению различного рода нелинейных эффектов (например, вынужденное Рамановское рассеяние), более быстрой деградации полупроводникового лазера [5].

Доступ к абонентским линиям. Отделение абонентских линий (*Local Loop Unbundling* — LLU) — это метод, применяемый в настоящее время в сетях связи зарубежных операторов телефонии в обязательном порядке для обеспечения доступа альтернативным операторам к абонентским медным линиям связи. Такой подход позволил значительно увеличить проникновение на рынок услуг *xDSL* и снизить цены на сервисы широкополосного доступа для абонентов за счет конкуренции провайдеров.

Сети PON пока не удовлетворяют требованиям LLU, поскольку имеется только одна оптоволоконная линия для подключения группы абонентов, которая, следовательно, не может быть разделена на физическом уровне, а только на логическом уровне. Эта особенность пассивной оптической сети на базе PON предполагает массовую продажу услуг основного оператора без предоставления прямого абонентского доступа посредством отделения абонентских линий (LLU). Безусловно, в условиях, когда подразделения информационных технологий, связи и защиты информации территориальных органов МВД России в субъектах Российской Федерации прокладывают собственные ВОЛС, данная проблема не является актуальной, однако в условиях аренды оптических волокон или кабелей связи возможность реализации LLU позволила бы снизить затраты на предоставление инфокоммуникационных услуг.

Обслуживание, поиск и устранение неисправностей. Пассивные оптические разветвители не могут передавать информацию о неисправностях в центр управления сетью. Поэтому с помощью обычного оптического временного рефлектометра очень сложно обнаружить какую-либо неисправность оптоволоконной линии между разветвителем и ONU абонента. Это значительно усложняет поиск и устранение неисправностей в сетях PON и повышает затраты на их эксплуатацию.

Устойчивость. При повреждении ONU она может передавать в дерево ВОЛС постоянный световой сигнал, что приводит к нарушению связи для всех абонентов этой пассивной оптической сети, причем найти поврежденное устройство очень трудно. Даже если удастся в некоторой степени предотвратить такое повреждение с помощью какой-либо схемы защиты, эта проблема может возникнуть вследствие действий злоумышленника, который в состоянии прервать работу всей системы связи в дереве, просто передав в него непрерывный световой сигнал.

Миграция технологий. Через какое-то время наступит момент, когда необходимо будет обновить развернутое оборудование PON новой технологией, обеспечивающей большую полосу пропускания. Ведущие организации в области стандартизации (IEEE и ITU-T) уже работают над созданием требований для XG-PON. Вероятнее

всего, эти решения не будут обратно совместимы с существующими технологиями PON (GPON или EPON).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что технология PON позволяет реализовать все существующие в настоящее время виды инфокоммуникационных услуг. Данная технология пригодна и легко может быть адаптирована к различным информационным ресурсам ИСОД МВД России для построения сетей доступа территориальных органов МВД России. Однако существует целый ряд проблем при строительстве PON, решение которых потребует при развертывании конкретных фрагментов сети.

Список литературы:

1. Семенов Ю. А. Пассивные оптические сети. [Электронный ресурс] Информационный сервер ИТЭФ-МФТИ — Режим доступа://<http://book.itep.ru/4/41/pon.htm>
2. Ткаченко, В. Новый PON не за горами / В. Ткаченко // Сети & Бизнес. — 2011. — №4 (59). — С. 72–86
3. Организация централизованной охраны объектов, юридических и физических лиц с применением технических средств охраны, функционирующих по цифровым каналам связи. [Электронный ресурс] Официальный сайт Управления вневедомственной охраны ГУ МВД России по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области — Режим доступа://<http://www.uvo.spb.ru/3296>
4. Недостатки сети PON. [Электронный ресурс] Официальный сайт НТЦ «Энергия» — Режим доступа // <http://www.ftth.ru/networks-fftх/pon-passiv-optic-networks/network-lacks-pon/>
5. Саитов, И. А. Теоретические основы построения средств связи оптического диапазона / И. А. Саитов, В. М. Щекотихин. — Академия ФСО России, Орел, 2008. — 491 с.