



Архитектура оптических сетей доступа FTTH (Fiber-to-the-Home)

Растет интерес к развертыванию оптических сетей доступа с прокладкой кабеля до дома (абонента), особенно в европейских странах. Такую архитектуру построения оптических сетей называют FTTH (Fiber to the Home). Сначала развертыванием сетей FTTH в Европе в основном занимались муниципалитеты и коммунальные службы, но в настоящее время ее начали внедрять крупные операторы связи. В США и Японии развертывание сетей FTTH в основном производится на базе технологии пассивной оптической сети (Passive Optical Network, PON). В Европе обычно применяются топологии «точка-точка» и «кольцо» с использованием технологии Ethernet (Ethernet FTTH или EFTTH), сети PON FTTH встречаются реже.

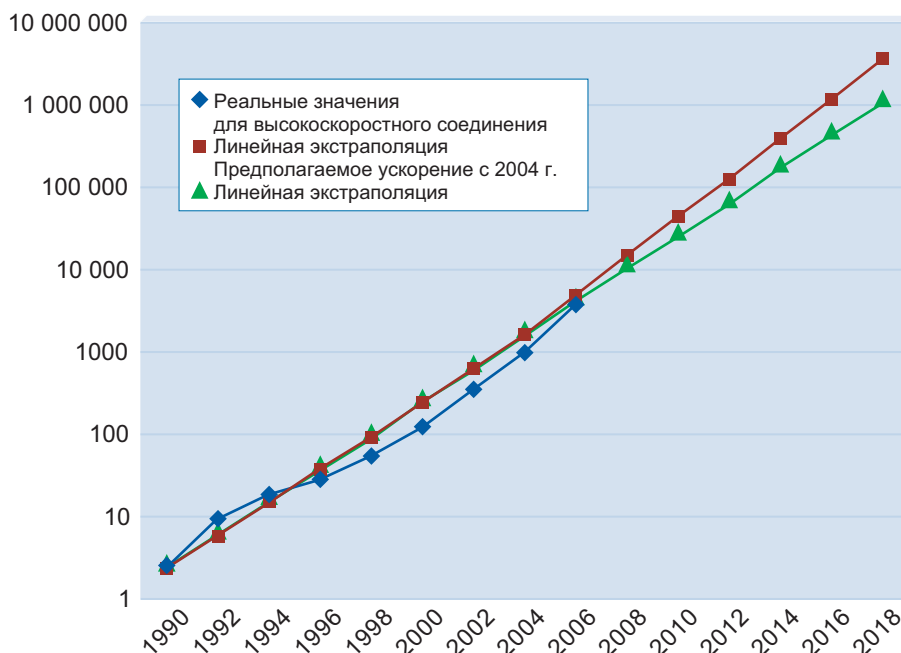
В этом документе описываются различные архитектуры сетей доступа, рассматриваются протоколы доступа, а также анализируются их характеристики. Данный документ показывает, что рациональность развертывания сетей PON FTTH становится все менее очевидной, что видно по инвестиционным планам большинства организаций, которые вкладывают средства в оптические сети доступа FTTH.

Услуги и требования к полосе пропускания

Скорости доступа в Интернет стремительно растут. Это связано как с соответствующими требованиями приложений, так и с возможностями сервис-провайдеров и индустрии в целом. Большая часть полосы пропускания большинства современных широкополосных сетей расходуется одноранговыми приложениями (peer to peer) и контентом с повышенной требовательностью к сетевым ресурсам (например, видео). Эта гонка между запросами приложений и техническими возможностями похожа на ту, которая имела место в отрасли производства ПК, когда на каждом этапе увеличения скорости процессора и объема памяти моментально появлялись приложения, полностью поглощающие новые ресурсы, например системы обработки приложений или видеомонтажа.

И все же развертывание новых широкополосных сетей стимулируется в основном требованиями современных приложений, а не будущими потребностями. Наиболее емкими с точки зрения использования полосы пропускания являются приложения по передаче потокового видео. Может показаться, что для использования потокового телевидения высокого разрешения (HDTV) и просмотра страниц в Интернете полосы пропускания в 20-25 Мбит/с хватит надолго. Однако данные за прошлый период и прогноз на ближайшую перспективу (см. рисунок 1) показывают, что рост требований к полосе пропускания имеет экспоненциальный характер. В настоящее время в некоторых европейских странах отдельные сервис-провайдеры уже предлагают для частных абонентов доступ со скоростью 1 Гбит/с, и там созданы обширные сети со скоростью 100 Мбит/с. Такие скорости подключения абонентов возможны только на базе технологии FTTH.

Рисунок 1. Рост полосы пропускания (по данным отчета компании Heavy Reading «FTTH Worldwide Market & Technology Forecast» (Прогноз мирового рынка и технологии FTTH на 2006-2011), июнь 2006 года)



Для работы некоторых приложений требуется стабильный широкополосный доступ:

- Загрузка больших видеофайлов для монтажа и заключительной обработки.
- Совместный видеомонтаж или другие формы взаимодействия, при которых передаются очень большие файлы.
- Системы дистанционного присутствия (Telepresence), включающие параллельную передачу видеoinформации, голосовых данных и данных приложений.

Трафик большинства приложений имеет неравномерный характер, и высокая скорость передачи данных требуется только в течение небольшого промежутка времени. Потому они могут совместно использовать сети агрегирования и магистраль, в которых можно заложить значительную переподписку. В отличие от них, потоковые приложения, такие как видеовещание, видео по запросу или IP-телефония (VoIP), напротив, требуют резервирования полосы пропускания на протяжении всего времени работы приложения. Необходимо также иметь в виду растущую симметричность трафика. Обмен файлами в одноранговых сетях, удаленная совместная работа, IP-телефония и другие приложения создают изначально симметричные потоки трафика в противоположность клиент-серверным приложениям с асимметричным трафиком, таким как потоковое видео или просмотр веб-страниц.

Сети агрегирования и магистральные сети относительно легко модернизируются, и повышение пропускной способности возможно с относительно небольшими дополнительными затратами. Инвестиции в инфраструктуру доступа, однако, следует рассматривать как долгосрочные. В связи с этим проектировщики сети должны определить, не влечет ли использование выбранной технологии доступа ограничения необходимой в будущем пропускной способности.

Архитектуры сетей FTTH

Анализ затрат

Строительство сети FTTH — это очень трудоемкий и, соответственно, дорогостоящий процесс. Опыт подсказывает, что основные затраты при развертывании сети FTTH приходятся на строительные работы, а стоимость самого оптоволоконного кабеля составляет относительно небольшую часть. Это означает, что в случае необходимости проведения строительных работ количество прокладываемого оптоволоконного кабеля уже не имеет большого значения.

Более того, хотя жизненный цикл сети FTTH и ее электронных компонентов составляет несколько лет, оптоволоконный кабель и оптическая распределительная сеть имеют более длительный срок службы (по крайней мере, 30 лет). Такая долговечность и большие затраты на построение предполагают высокие требования к правильному проектированию оптоволоконных линий. После того как прокладка кабеля завершена, внесение изменений потребует больших затрат.

Архитектуры развернутых сетей FTTH можно разделить на три основные категории:

- «Кольцо» Ethernet-коммутаторов.
- «Звезда» Ethernet-коммутаторов.
- «Дерево» с использованием технологий пассивной оптической сети PON.

Архитектуры на базе Ethernet

Необходимость быстрого вывода на рынок и снижения стоимости для абонентов привели к появлению сетевой архитектуры на базе Ethernet-коммутации. Передача данных по сети Ethernet и Ethernet-коммутация стали приносить доход на рынке корпоративных сетей и привели к снижению цен, появлению законченных продуктов и ускорению освоения новых продуктов.

В основе первых европейских проектов сетей Ethernet FTTH лежала архитектура, при которой коммутаторы, расположенные на цокольных этажах многоквартирных домов, были объединены в кольцо по технологии Gigabit Ethernet.

Эта структура обеспечивала прекрасную устойчивость к различного рода повреждениям кабеля и была весьма рентабельной, но к ее недостаткам можно было отнести разделение полосы пропускания внутри каждого кольца доступа (1 Гбит/с), что давало в перспективе сравнительно небольшую пропускную способность, а также вызывало трудности масштабирования архитектуры.

Затем широкое распространение получила архитектура Ethernet типа «звезда» (см. рисунок 2). Такая архитектура предполагает наличие выделенных оптоволоконных линий (обычно одномодовых, одноволоконных линий с передачей данных Ethernet по технологии 100BX или 1000BX) от каждого оконечного устройства к точке присутствия (point of presence, POP), где происходит их подключение к коммутатору. Оконечные устройства могут находиться в отдельных жилых

домах, квартирах или многоквартирных домах, на цокольных этажах которых располагаются коммутаторы, доводящие линии по всем квартирам с помощью соответствующей технологии передачи.

Архитектуры на базе PON

При использовании архитектуры на базе пассивной оптической сети PON для развертывания сетей FTTH оптоволоконная линия распределяется по абонентам с помощью пассивных оптических разветвителей с коэффициентом разветвления до 1:64 или даже 1:128.

Архитектура FTTH на базе PON обычно поддерживает протокол Ethernet. В некоторых случаях используется дополнительная длина волны нисходящего потока (downstream), что позволяет предоставлять традиционные аналоговые и цифровые телевизионные услуги пользователям без применения телевизионных приставок с поддержкой IP.

На рисунке 3 изображена типичная пассивная оптическая сеть PON, в которой используются различные терминаторы оптической сети (optical network termination, ONT) или устройства оптической сети (optical network unit, ONU). ONT предназначены для использования отдельным конечным пользователем. Устройства ONU обычно располагаются на цокольных этажах или в подвальных помещениях и совместно используются группой пользователей. Голосовые сервисы, а также услуги передачи данных и видео доводятся от ONU или ONT до абонента по кабелям, проложенным в помещении абонента.

Рисунок 2. Архитектура Ethernet FTTH с топологией «Звезда»

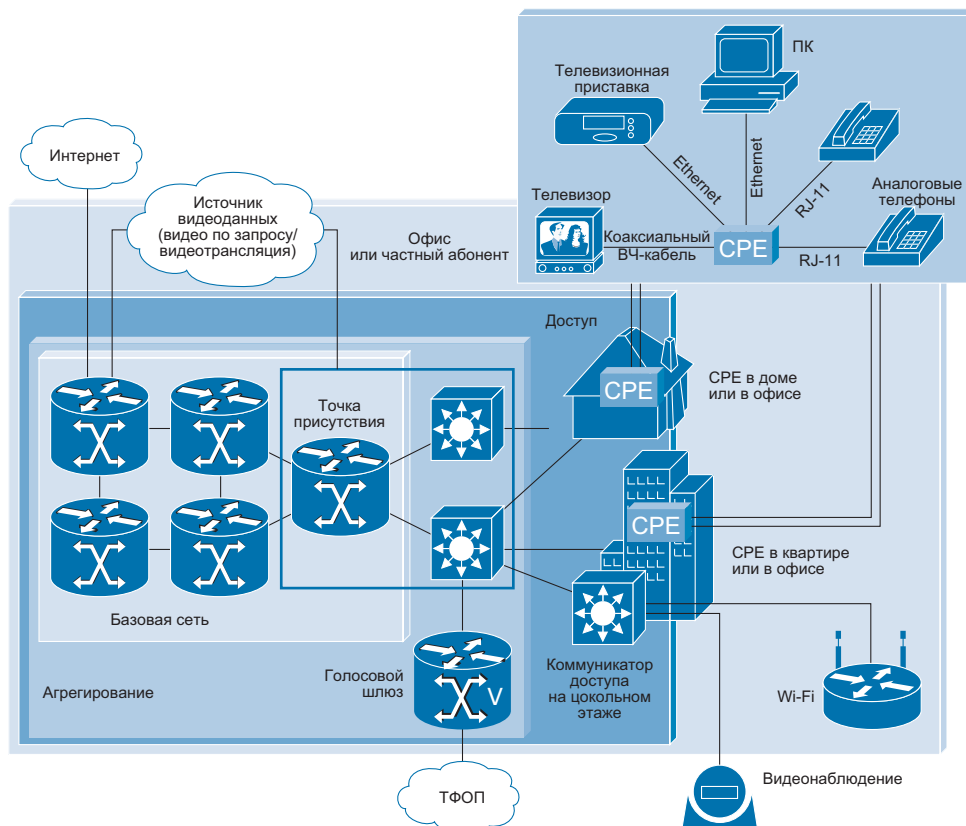
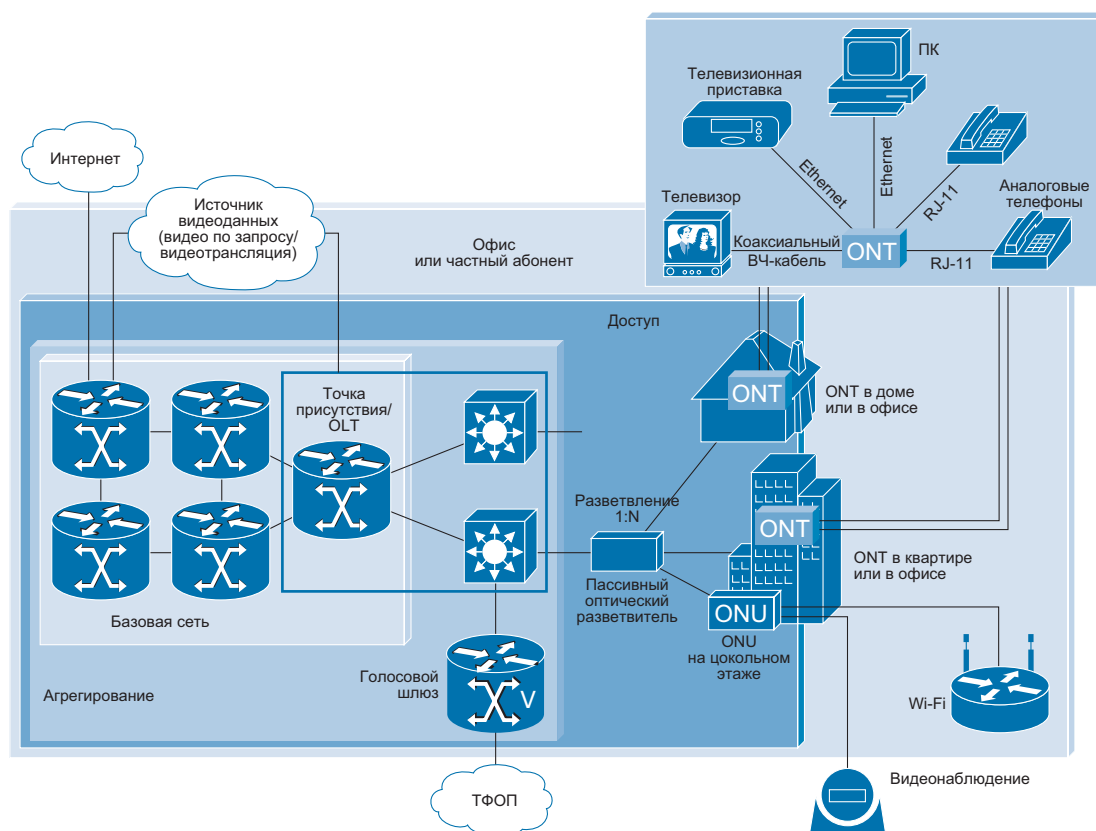


Рисунок 3. Архитектура пассивной оптической сети (PON)



В настоящее время существует три различных стандарта сети PON, которые приведены в таблице 1. Параметры полосы пропускания обозначают совокупную скорость передачи данных в нисходящем и восходящем потоках. Эта скорость передачи данных делится между 16, 32, 64 или 128 абонентами, в зависимости от плана развертывания.

Таблица 1. Разновидности PON

	BPON	EPON	GPON
Стандарт	ITU-T G.983	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984
Пропускная способность	Нисходящий поток — до 622 Мбит/с Восходящий поток — 155 Мбит/с	Симметричный, до 1,25 Гбит/с	Нисходящий поток — до 2,5 Гбит/с Восходящий поток — до 1,25 Гбит/с
Длина волны нисходящего потока	1490 и 1550 нм	1550 нм	1490 и 1550 нм
Длина волны восходящего потока	1310 нм	1310 нм	1310 нм
Передача	ATM	Ethernet	Ethernet, ATM, TDM

Архитектура BPON — это традиционная технология, которая в настоящее время все еще применяется некоторыми сервис-провайдерами в США, однако она быстро вытесняется другими архитектурами. В то время как EPON была разработана с целью снижения стоимости путем использования технологии Gigabit Ethernet, архитектура GPON разрабатывалась, чтобы обеспечить более высокую скорость передачи данных нисходящего потока, снизить накладные расходы и обеспечить возможность передачи трафика ATM и TDM. Несмотря на добавленную поддержку старых протоколов, эта возможность пока редко используется на практике. Вместо этого архитектура GPON используется в качестве транспортной платформы Ethernet.

Преимущества и недостатки PON-архитектуры

Есть три основных преимущества для сервис-провайдеров, которые развертывают сети доступа на базе PON-архитектуры вместо оптоволоконных сетей с топологией «точка-точка» (P2P FTTH), хотя эти преимущества не всегда являются важными критериями выбора.

Экономия оптоволоконного кабеля

Наиболее существенным аспектом развертывания сетей FTTH на базе PON является экономия оптоволоконных линий на участке от оптических разветвителей до центральной АТС или точки присутствия. Если у сервис-провайдера имеются резервные оптические пары в кабеле или место в колодцах для прокладки дополнительных кабелей между АТС и уличным шкафом, то это может избавить его от необходимости рыть новые траншеи. Однако опыт показывает, что доступность оптоволоконной инфраструктуры часто переоценивается, что в конечном итоге приводит к большему объему земляных работ в будущем, чем предполагалось первоначально.

Более того, при использовании воздушных линий имеются естественные ограничения протяженности оптоволоконного кабеля между столбами, что стало одной из причин развертывания сетей EPON в Японии. При отсутствии существующей инфраструктуры или развертывании сети в новых районах экономия оптоволоконного кабеля нецелесообразна, поскольку предельные затраты на дополнительный кабель ничтожно малы по сравнению со стоимостью рытья траншей или необходимостью получения права на пользование чужой инфраструктурой, например канализационными коллекторами.

Экономия портов на центральной АТС или в точке присутствия, где выполняется агрегирование

Экономия портов имеет три аспекта для обсуждения.

Во-первых, в топологии «точка-точка» используется выделенный оптический интерфейс для каждого абонента, что значительно удорожает эту архитектуру по сравнению с той, где порты совместно используются большим числом абонентов. Однако опыт реализации большого числа проектов показал, что использование выделенных Ethernet-портов вполне может конкурировать по цене с использованием портов PON из-за высокой стоимости последних. Стоимость портов Ethernet весьма невысока из-за огромного числа поставок таких портов для корпоративных сетей и сетей сервис-провайдеров, в то время как порты GPON используются только для этой технологии и выпускаются в существенно меньшем количестве.

Во-вторых, если предположить наличие 100-процентной подписки на сервис FTTH, то для точки присутствия сети на базе PON потребуется в половину меньше оборудования, чем для сети Ethernet FTTH. В то же время, если принять во внимание реальный процент подписки на сервисы (как описано ниже), то различие стирается. Это происходит из-за того, что для первого же абонента сети на базе PON потребуется порт терминирования оптической линии (OLT), поэтому количество портов OLT нельзя уменьшить в связи с низким процентом подписки на сервисы.

В-третьих, обслуживание большого числа оптоволоконных линий представляется очень сложной задачей, если отсутствуют новейшие оптические распределительные стойки, которые позволяют строить точки присутствия с несколькими тысячами оптоволоконных линий, идущих от линейных сооружений. На рисунке 4 показана типовая оптическая распределительная стойка. Такие узлы разворачиваются в настоящее время в Европе в сетях FTTH с использованием архитектуры «точка-точка» (P2P FTTH). Такой узел может содержать около 2000 оптических линий сети в каждой стойке.

Рисунок 4. Распределительный узел для оптических линий высокой плотности (источник: Huber&Suhner)

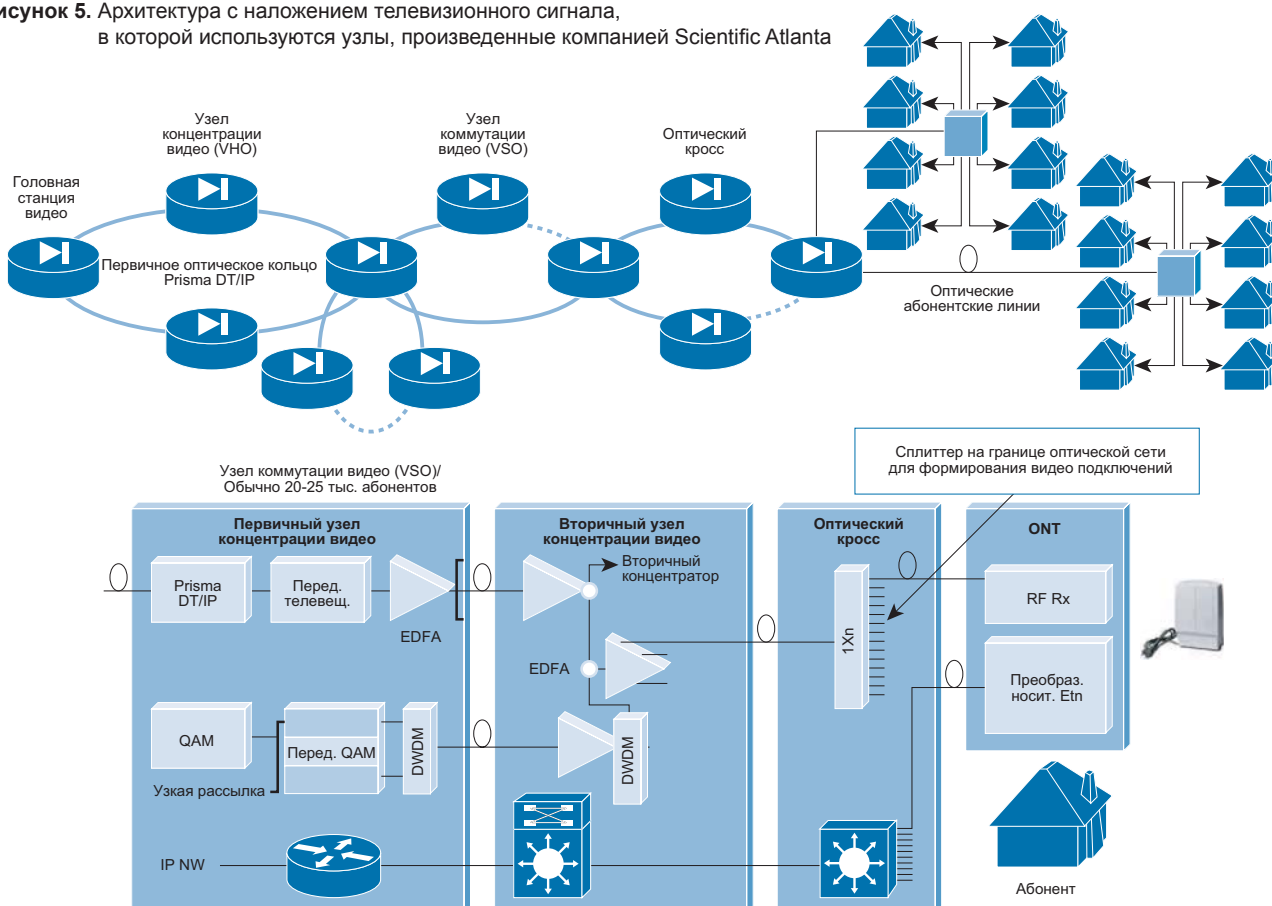


Наложение аналогового видеосигнала

Поскольку PON по своей природе является широкополосной средой, некоторые сервис-провайдеры находят ее привлекательной для видеовещания, что позволяет использовать коаксиальную разводку у абонента для передачи аналогового или цифрового телевизионного сигнала.

Однако широкое распространение получило добавление второй оптоволоконной линии к топологии P2P FTTH «точка-точка» (см. рисунок 5). В настоящее время сервис-провайдеры развертывают гибридные архитектуры, использующие топологию «точка-точка» для всех интерактивных услуг, включая IP-телевидение, и топологию с наложением дополнительной пассивной оптической сети для распространения видеовещания. Такую структуру можно затем оптимизировать для большего числа абонентов по сравнению с использованием сети PON для интерактивных услуг.

Рисунок 5. Архитектура с наложением телевизионного сигнала, в которой используются узлы, произведенные компанией Scientific Atlanta



Проблемы PON-архитектуры

При развертывании архитектуры пассивной оптической сети PON сервис-провайдеры сталкиваются с несколькими проблемами.

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, IPTV), что приводит к сокращению общей полосы пропускания.

Шифрование

Поскольку PON — это технология с общей средой передачи, то необходимо шифрование 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 обуславливает снижение производительности. Для шифрования 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).

Коммерческие организации, предъявляющие повышенные требования к конфиденциальности (например, финансовые учреждения), обычно категорически отвергают возможность подключения к любой общественной передающей среде, даже при наличии шифрования канала связи, поскольку нет никакой гарантии, что код не будет рано или поздно взломан.

Высокая рабочая скорость передачи данных

В связи с использованием в пассивных оптических сетях PON общей передающей среды, каждое оконечное устройство (ONT или OLT) вынуждено работать на совокупной скорости передачи данных. Даже если клиент заплатил только за 25 Мбит/с, каждая конечная точка оптической сети (ONT) 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). Таким образом, в этой модели все оптические передатчики в архитектуре PON должны обеспечивать в 110 раз большую мощность оптического сигнала по сравнению с архитектурой FTTH «точка-точка» при передаче на то же расстояние.

Доступ к абонентским линиям

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

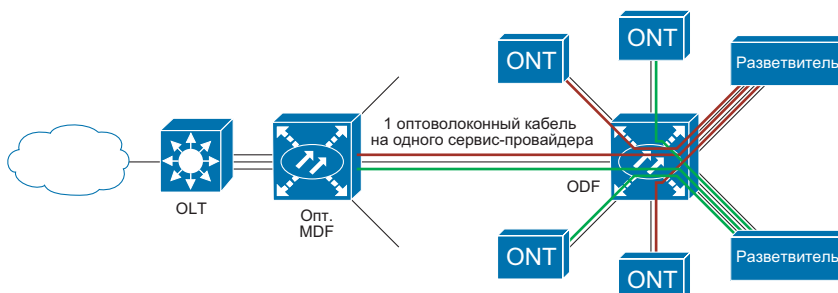
Сети PON пока не удовлетворяют требованиям LLU, поскольку имеется только одна оптоволоконная линия для подключения группы абонентов, которая, следовательно, не может быть разделена на физическом уровне, а только на логическом уровне (см. рисунок 6). Эта особенность пассивной оптической сети на базе PON предполагает массовую продажу услуг основного оператора без предоставления прямого абонентского доступа посредством отделения абонентских линий (LLU). Большинство новых сетей FTTH в Европе предлагают некоторые формы отделения абонентских линий, что открывает новые возможности для бизнеса, хотя и не является обязательным для исполнения требованием регулятора.

Теоретически можно повысить гибкость переключения клиентов между оптическими разветвителями PON за счет комбинирования разветвителя с оптическим кроссом в распределительном шкафу участка (см. рисунок 7). Эта функция полезна в том случае, когда трудно предсказать процент подписки абонентов на сервисы, например при слишком большой застройке, и при необходимости выполнять требования отделения абонентских линий. Во втором случае распределительный шкаф участка содержит разветвитель обслуживаемого сервис-провайдера и соответствующие линии передачи, идущие к точке присутствия. Однако такая гибкость отражается на стоимости здания, затратах на поддержку оптического распределительного узла на участке и текущих расходах. При каждом переключении абонента потребуются услуги специалиста для коммутации оптоволоконных линий на каждой точке доступа.

Рисунок 6. Ограничения выполнения LLU для архитектуры на базе разветвителя PON



Рисунок 7. Оптоволоконная линия с оптическим распределительным узлом для выполнения требований LLU



Доступ абонента

Обычно при развертывании сети FTTH выполняется одновременное подключение оптоволоконных линий связи для всех потенциальных абонентов в данном районе. В случае пассивной оптической сети все эти оптоволоконные линии затем подключаются к разветвителям и стягиваются фидерным оптическим кабелем к центральной АТС или точке присутствия. Абоненты могут подписаться на сервис FTTH только после развертывания всех оптоволоконных линий.

При развертывании услуг для частных абонентов сервис-провайдеры редко достигают 100-процентной подписки. Обычно этот показатель близок к 30 процентам, что означает, что структура PON сети используется не оптимально, а стоимость оборудования OLT для каждого абонента значительно возрастает. Одним из решений этой проблемы является использование удаленных оптических распределительных узлов (как описано в разделе, посвященном отделению абонентских линий). Однако применение этого оборудования предполагает дополнительные затраты, которые обычно не компенсируются улучшением загрузки пассивной оптической сети PON.

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 (OTDR) очень сложно обнаружить какую-либо неисправность оптоволоконной линии между разветвителем и точкой терминирования оптической сети (ONT) абонента. Это значительно усложняет поиск и устранение неисправностей в сетях PON и повышает затраты на их эксплуатацию.

Устойчивость

При повреждении точки терминирования оптической сети (ONT) она может передавать в дерево оптоволоконных линий 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 технологии

Через какое-то время наступит момент, когда необходимо будет обновить развернутое оборудование PON новой технологией, обеспечивающей большую полосу пропускания. Организации IEEE и ITU-T работают над стандартизацией требований для пассивных оптических сетей следующего поколения со скоростью передачи данных 10 Гбит/с PON. Вероятнее всего эти решения не будут обратно совместимы с существующими технологиями PON (GPON или EPON). В этом случае возможно два способа миграции с одной технологии PON на другую:

- Вывести из сервиса все оптическое дерево целиком, заменить все оконечные устройства, а затем вернуть структуру назад в сервис. Поскольку точки терминирования оптической сети (ONT) обычно расположены на территории абонента, к которой у сервис-провайдера нет прямого доступа, этот процесс миграции может вызвать организационные проблемы и стать весьма трудоемким.
- Использовать уплотнение с разделением по длине волны, чтобы реализовать новую технологию PON с использованием тех же оптоволоконных линий, но на другой длине волны. Поскольку используемые в настоящее время приемники PON не поддерживают избирательность по длине волны, для этого необходимо перед началом миграции установить на всех оконечных устройствах фильтры длины волны.

Преимущества архитектуры Ethernet FTTH (P2P) перед пассивной оптической сетью

Решение Ethernet FTTH имеет множество преимуществ перед архитектурой на базе PON.

Практически неограниченная дискретная полоса пропускания

Прямая оптоволоконная линия может обеспечить практически неограниченную полосу пропускания, что позволяет достичь максимальной гибкости при развертывании сервиса в будущем, когда потребность в пропускной способности возрастет.

Архитектура Ethernet FTTH позволяет сервис-провайдеру гарантировать каждому абоненту необходимую пропускную способность и создавать в сети профили полосы пропускания для каждого клиента индивидуально. Каждый частный или корпоративный пользователь может в любой момент получить симметричную полосу пропускания любой необходимой ему ширины.

Большой радиус действия

В типовых конфигурациях сетей доступа Ethernet FTTH применяются недорогие одноволоконные линии, использующие технологию 100BX или 1000BX, с заданным максимальным радиусом действия 10 км. Для работы на больших расстояниях имеются оптические модули, позволяющие увеличить мощность оптического сигнала, а также оптоволоконные пары с оптическими модулями, которые можно подключить к порту любого Ethernet-оборудования. В малонаселенных районах могут использоваться различные типы подключения Ethernet FTTH, которые не влияют на других абонентов на том же коммутаторе Ethernet.

Гибкий рост

Использовать порты на коммутаторе доступа Ethernet FTTH могут только те абоненты, которые оформили подписку у сервис-провайдера. В случае появления новых абонентов можно добавить дополнительные линейные карты Ethernet с высокой степенью модульности. Напротив,

при использовании архитектуры на базе PON подключение первого абонента к оптическому дереву требует наличия наиболее дорогостоящего порта OLT, а при добавлении абонентов к тому же дереву PON стоимость подключения каждого абонента только увеличивается за счет приобретения ONT.

Технологическая независимость

Хотя текущие конфигурации Ethernet FTTH могут использовать технологию Gigabit Ethernet, она может стать неактуальной в течение последующих 30-40 лет. Однако одномодовая оптоволоконная линия является средой, способной поддерживать любую новую технологию передачи. Более того, в отдельных случаях для подключения корпоративных абонентов используются оптоволоконные технологии, например SONET/SDH или Fibre Channel. Эти технологии могут быть легко развернуты по тем же оптоволоконным линиям, что и Ethernet FTTH, а во многих случаях с использованием той же Ethernet-платформы агрегирования.

Миграция полосы пропускания

Поскольку одномодовые оптоволоконные линии не зависят от используемой технологии и скорости передачи данных, можно легко увеличить скорость для одного абонента, не влияя на работу других. Это означает, например, что абонент, использующий в настоящее время технологию Fast Ethernet, может в следующем году перейти на Gigabit Ethernet за счет простого переключения оптоволоконной линии абонента на другой порт коммутатора и замены только Ethernet-устройства в помещении абонента. Это изменение никак не повлияет на работу остальных абонентов сетей доступа Ethernet FTTH.

Отделение абонентских линий

Отделение абонентских линий — это свойство, присущее архитектурам Ethernet FTTH. Оно трудно реализуется в архитектуре пассивной оптической сети из-за общего характера передающей среды в дереве PON. Реализация принципа отделения абонентских линий явилась главным критерием выбора технологии FTTH некоторыми новыми компаниями в Европе, поскольку они стремились построить сети, где доступ к инфраструктуре оптоволоконной сети доступа могли бы иметь несколько сервис-провайдеров.

Безопасность

На сегодняшний день выделенная оптоволоконная линия является самой защищенной средой (на физическом уровне), особенно в сравнении с общими передающими средами. Кроме того, коммутаторы Ethernet, используемые в средах сервис-провайдеров, призваны обеспечить разделение физического уровня портов и логического уровня абонентов и имеют множество надежных функций защиты, которые в состоянии предотвратить практически все попытки вторжений.

Оборудование в помещении клиента

Архитектуры Ethernet FTTH предполагают использование на территории абонента простых устройств подключения к сети (customer premise equipment, CPE), обладающих достаточной функциональностью для обеспечения связи с сетью доступа и доставки всего спектра услуг каждому абоненту. Эти устройства Ethernet CPE стоят очень недорого и обычно размещаются в квартирах или домах абонентов.

При использовании архитектуры на базе пассивной оптической сети (PON) устройство CPE (ONT) является неотъемлемой частью архитектуры PON, поскольку оно взаимодействует с другими устройствами при работе с общей передающей средой. Кроме функций простого устройства Ethernet CPE (интегрированный маршрутизатор/коммутатор, поддержка VoIP, функции управления), устройство архитектуры PON должно также поддерживать следующие функции:

- Протокол управления доступом к среде PON
- Лазеры пакетного режима (burst-mode lasers), призванные обеспечить передачу данных устройством ONT только в определенные отрезки времени, определяемые устройством OLT
- Высокая мощность оптического сигнала (на 20,4 дБ выше, чем оптические интерфейсы Ethernet)
- Сильное шифрование
- Очень высокая скорость

Эти дополнительные функции обуславливают значительно более высокую стоимость устройства ONT для архитектуры PON, чем устройства Ethernet FTTH CPE, используемого в топологии «точка-точка».

Поскольку технология GPON еще не полностью отработана, взаимодействие между устройствами OLT и устройствами ONT сторонних производителей не слишком устойчиво. Это похоже на положение дел с использованием технологии ADSL на ранних стадиях ее внедрения.

В связи с описанными выше проблемами обеспечения безопасности сервис-провайдеры обычно сами приобретают и развертывают устройства ONT для пассивной оптической сети, не позволяя абонентам приобрести в розницу более дешевые устройства, так как это может поставить под угрозу целостность сети доступа.

Если не требуется развертывание вне помещений, то в качестве устройств Ethernet FTTH CPE могут использоваться недорогие массовые устройства. Более того, это не создает проблем с обеспечением безопасности, поскольку любой нежелательный режим работы можно мгновенно обнаружить и отключить соответствующий порт коммутатора доступа. Сервис-провайдеры могут по желанию сами приобрести и развернуть устройства Ethernet CPE, чтобы обеспечить целостность эксплуатационных характеристик на всех абонентских устройствах в своей сети (например, для централизованного управления).

Развитие функциональности устройств CPE для частного сектора соответствует циклам разработки нового оборудования для потребителей. Чтобы устройство ONT для сети PON также развивало функциональность, сервис-провайдеру придется развертывать новые устройства ONT теми же темпами. Во избежание трудовых затрат на замену устройств CPE, будет целесообразно разделить устройства Ethernet CPE и PON ONT. Это даст возможность клиенту или сервис-провайдеру легко менять устройство CPE. Хотя такая модель уже существует для сетей Ethernet FTTH, она не обусловлена требованиями технологии. Наоборот, с распространением этой технологии появится большое количество разнообразных устройств CPE (Residential Gateway), и абоненты смогут приобретать и подключать устройства по своему выбору.

Затраты на эксплуатацию

Для компаний, рассматривающих возможность развертывания сетей FTTH, затраты на эксплуатацию имеют большое значение наряду с капитальными затратами на приобретение и развертывание оптоволоконных линий и оборудования.

Хотя на сегодняшний день недостаточно данных для прямого сравнения архитектур по этому параметру, очевидно, что затраты на эксплуатацию сетей Ethernet FTTH в топологии «точка-точка» ниже, чем сетей с архитектурой PON FTTH. Наиболее важные аспекты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Проблемы, связанные с расходами на эксплуатацию архитектур

Проблема	«Точка-точка» Ethernet FTTH	Пассивная оптическая сеть PON
Планирование ресурсов при доступе	Просто: выделенная оптоволоконная линия	Сложно: общая передающая среда, абоненты взаимозависимы
Правила проектирования	Просто: выделенная оптоволоконная линия	Сложно: необходимость выполнения работ для всех абонентов в дереве PON
Поиск и устранение неисправности оптоволоконной линии	Просто: однозначное определение места сбоя посредством измерения методом отраженных волн (рефлектометром)	Сложно: трудно определить местонахождение сбоя за разветвителем
Управление ключом шифрования	Не требуется	Требуется
Эффективность использования полосы пропускания	Оптимальная: нет ограничений	Ограниченная: передача служебных данных протокола управления (циклов синхронизации), передача служебных данных шифрования
Модернизация технологии или полосы пропускания	Просто: может выполняться для каждого абонента индивидуально	Сложно: одновременная замена всего активного оборудования или наложение другой длины волны
Переход клиента к другому провайдеру	Переключение линии на оптической распределительной стойке (кроссе) или изменение конфигурации (перевод трафика)	Изменение конфигурации (перевод трафика)
Подключение нового абонента	Подключение линии на оптической распределительной стойке и конфигурирование коммутатора, что компенсируется экономией капитальных затрат	Конфигурирование OLT
Перерыв в работе вследствие обрыва кабеля	Больше, если ближе к точке присутствия (больше оптоволоконных линий надо восстанавливать), меньше, если ближе к абоненту (более простая диагностика)	Меньше, если ближе к точке присутствия (меньше оптоволоконных линий надо восстанавливать), больше, если ближе к абоненту (сложная диагностика)

Одним из не обсужденных ранее аспектов является влияние обрывов кабеля вследствие строительных работ. С точки зрения сети Ethernet, наихудшим вариантом является обрыв большого кабеля с несколькими сотнями оптоволоконных линий вблизи точки доступа или АТС. Для восстановления этого кабеля потребуется гораздо больше времени, чем для кабеля, передающего трафик PON, поскольку в нем значительно меньше линий. Такая ситуация, однако, ничем не отличается от используемых в настоящее время медных сетей, которые также построены по топологии «точка-точка». Такие аварийные ситуации возникают очень редко. Кроме того, эту проблему можно уменьшить, распределив трафик по большому числу кабелей меньшего размера, которые могут быть размещены на большей площади. Таким образом, при повреждении одного кабеля пострадает относительно небольшое число абонентов.

Кроме того, необходимо определить соотношение оптоволоконных кабелей, составляющих передающую часть, и тех кабелей, которые составляют кабельную инфраструктуру на границе к абоненту. В большинстве конфигураций граничная часть распределена по очень большой площади, что обуславливает большую вероятность повреждения кабеля. С точки зрения топологии, в этой части сети доступа нет существенной разницы между архитектурами. Однако поиск и устранение неисправностей в этой зоне представляет большую сложность для архитектуры на базе пассивной оптической сети PON, поскольку измерения с использованием оптического временного рефлектометра в сети PON выполнить значительно труднее из-за оптических разветвителей.

Резюме

Развертываемые в настоящее время оптоволоконные сети доступа базируются на различных архитектурах и технологиях. Тщательно продуманные стандарты для этих технологий и доступность необходимого оборудования обуславливают развертывание сетей сервис-провайдеров без значительного риска. Успешность их деятельности является стимулом к динамичному развитию этой отрасли. Можно предположить, что конкурентное давление со стороны такого типа сетей будет стимулировать крупных операторов связи инвестировать средства в оптоволоконные сети доступа.

В Северной Америке крупные традиционные операторы (в особенности Verizon) внедряют технологии пассивной оптической сети (PON), что обусловлено в основном их существующей инфраструктурой, консолидацией, потенциальным сокращением количества точек присутствия и прогнозируемым большим процентом подписки абонентов на многие сервисы. В Японии наиболее широко распространенной является архитектура EPON. Это обусловлено использованием в этой стране преимущественно воздушных линий, которые имеют ограничения на размер развертываемого кабеля.

В других регионах, особенно в Европе, используются в основном конфигурации на базе Ethernet FTTH по топологии «точка-точка», а также небольшое число более ранних конфигураций Ethernet-сервисов по топологии «кольцо». В настоящее время архитектуры на базе PON получили небольшое распространение в Европе, поскольку большая часть европейских проектов FTTH осуществляется муниципалитетами, коммунальными службами и жилищными кооперативами. Основными факторами большинства конфигураций Ethernet FTTH является гибкость бизнес-модели и способность поддерживать будущие сервисы.

Развертывание оптоволоконных линий связи в жилых районах — это огромные инвестиции, которые будут приносить отдачу в течение следующих 30-40 лет. Хотя каждая схема развертывания сети FTTH имеет свои достоинства, велик риск того, что экономия в краткосрочной перспективе на затратах в оптоволоконную инфраструктуру при использовании архитектуры FTTH на базе PON может существенно ограничить на будущее использование дорогостоящей оптоволоконной инфраструктуры, если не будут проведены дополнительные инвестиции. В целом речь больше не идет о самом использовании сетей FTTH, а только о том, когда и как быстро они будут развертываться.





Cisco
Россия, 115054, Москва,
бизнес-центр
«Риверсайд Тауерс»
Космодаминская наб., 52,
стр. 1, этаж 4
Тел.: +7 (495) 961-14-10
Факс: +7 (495) 961-14-60
www.cisco.ru
www.cisco.com

Cisco
Россия, 191186,
Санкт-Петербург,
бизнес-центр «Регус»
Невский проспект, 25,
этаж 2, офис 30
Тел.: +7 (812) 346-77-17
Факс: +7 (812) 346-78-00
www.cisco.ru
www.cisco.com

Cisco
Казахстан, 480099,
Алматы,
бизнес-центр «Самал 2»
Ул. О. Жолдасбекова, 97,
блок А2, этаж 14
Тел.: +7 (327) 244-21-01
Факс: +7 (327) 258-46-60
www.cisco.ru
www.cisco.com

Cisco
Украина, 03038, Киев,
бизнес-центр
«Горизонт Парк»
(Horizon Park)
Ул. Николая Гринченко, 4В
Тел.: +38 (044) 391-36-00
Факс: +38 (044) 391-36-01
www.cisco.ua
www.cisco.com

Cisco
Азербайджан,
AZ 1065, Баку,
бизнес-центр «Карат»
Ул. М. Мухтарова, 201,
этаж 2
Тел.: +994 (50) 250-99-94
Факс: +994 (12) 437-48-20
www.cisco.ru
www.cisco.com

Cisco
Узбекистан, 100000,
Ташкент, бизнес-центр
«Инконель»
Ул. Пушкина, 75,
офис 605,
Тел.: +998 (71) 140-44-60
Факс: +998 (71) 140-44-65
www.cisco.ru
www.cisco.com

Cisco has more than 200 offices in the following countries and regions. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the **Cisco Website at www.cisco.com/go/offices.**

Argentina • Australia • Austria • Belgium • Brazil • Bulgaria • Canada • Chile • China PRC • Colombia • Costa Rica • Croatia • Cyprus • Czech Republic • Denmark • Dubai, UAE • Finland • France • Germany • Greece • Hong Kong • SAR • Hungary • India • Indonesia • Ireland • Israel • Italy • Japan • Korea • Luxembourg • Malaysia • Mexico • The Netherlands • New Zealand • Norway • Peru • Philippines • Poland • Portugal • Puerto Rico • Romania • Russia • Saudi Arabia • Scotland • Singapore • Slovakia • Slovenia • South Africa • Spain • Sweden • Switzerland • Taiwan • Thailand • Turkey • Ukraine • United Kingdom • United States • Venezuela • Vietnam • Zimbabwe