

Оптические технологии в сетях доступа

Д.В. Долотов

старший специалист по маркетингу компании OlenCom Electronics

В последние годы границы между различными сегментами рынка услуг связи становятся все более прозрачными. Операторы сотовой связи активно выходят на рынок Интернет-услуг, в то время как компании, предоставляющие услуги фиксированной связи (владельцы каналов передачи данных и провайдеры Интернет-услуг) осваивают новые для себя направления в области предоставления услуг телефонии и кабельного телевидения. В свою очередь операторы кабельного телевидения ведут поиск возможностей расширения спектра предлагаемых ими услуг в сфере телефонии и организации доступа Интернет. Дальновидность стратегии развития любого игрока на рынке услуг связи сегодня определяется степенью освоения конвергентных услуг.

Наличие развитой телекоммуникационной инфраструктуры является одним из ключевых факторов, определяющих конкурентоспособность предприятий.

Выбор топологии сети связи и определение нужного набора функциональных возможностей, которые будут оптимально соответствовать текущим и будущим требованиям заказчика, специфике его деятельности и региональным условиям развития его бизнеса, становится одним из главных условий быстрой окупаемости и эффективного использования телекоммуникационной сети. При построении или реорганизации сети связи необходимо оценивать и учитывать перспективы дальнейшего технологического развития и роста емкости сети.

Сети доступа являются, пожалуй, самым затратным звеном операторских сетей связи. В настоящее время на участке доступа используются преимущественно медные кабели (витые пары). Пропускная способность и канальная емкость таких кабелей не позволяет в полной мере реализовать современные мультисервисные услуги, то есть услуги по передаче речи, данных и мультимедийного трафика, включая видеоинформацию. Для предоставления новых мультисервисных услуг требуется определенная полоса пропускания, обычно более широкая, чем та, которую могут обеспечить существующие технологии в медно-кабельной инфраструктуре. Поэтому для организации доступа к широкополосным услугам часто приходится прокладывать кабели с высокой пропускной способностью. Наиболее эффективным в таких случаях является построение волоконно-оптической кабельной инфраструктуры.

Концепция FTTx

Идея использования волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) для предоставления услуг частным и корпоративным пользователям не нова. Она реализуется в рамках концепции FTTx (Fiber to the x -- "волокно до ..."). Однако широкое внедрение этой концепции в сетях абонентского доступа сдерживается из-за медленного становления новых широкополосных мультимедийных приложений и услуг, а также из-за неготовности рынка к их потреблению. Когда оптические сети доступа получат достаточное развитие и распространение, востребованность услуг приобретет массовый характер и абоненты, как частные, так и корпоративные, смогут пользоваться широкополосными мультисервисными услугами за умеренную плату.

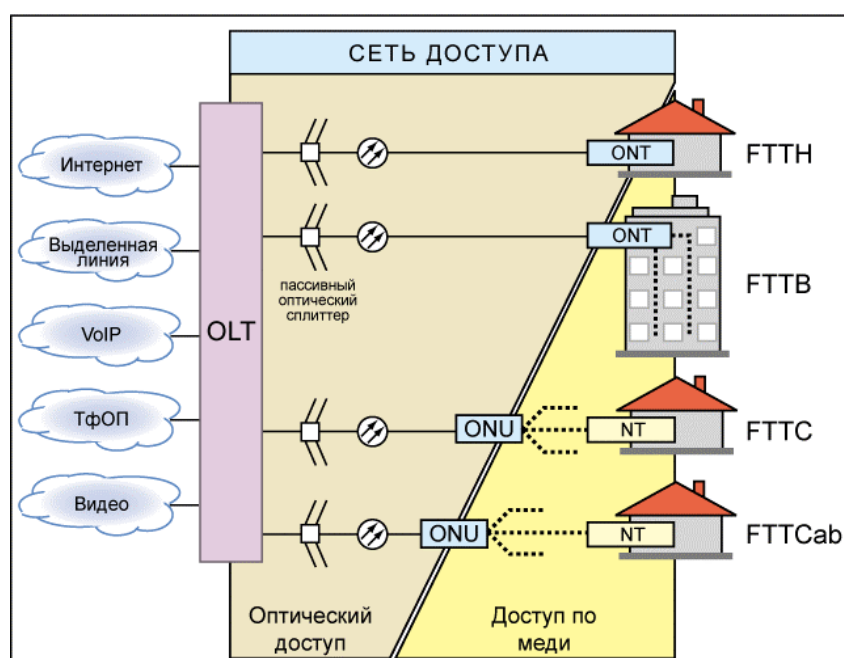
Под широкополосными понимаются приложения и услуги, отличные от традиционных. К последним относятся передача речи, данных и организация выделенных каналов. Широкополосные услуги и приложения по назначению можно разделить на две группы. В первую входят те из них, которые используются в деловых

и практических целях (электронный бизнес, телемедицина, видеоконференц-связь, удаленное обучение, удаленный домашний офис, высокоскоростной доступ в Интернет, осуществление on-line-платежей и т.д.), во вторую -- приложения и услуги развлекательного характера (игры в режиме on-line, интерактивное телевидение, видео по требованию, цифровое вещание и т.п.).

В настоящее время для предоставления пользователям широкополосных и мультимедийных услуг используются обычно смешанные медно-оптические сети доступа. Существует несколько концепций разворачивания сети доступа смешанного типа. Одна из них называется HFC (Hybrid Fiber Coaxial) и предполагает доведение оптики до точки концентрации, при этом распределительная абонентская сеть строится на основе коаксиальных кабелей. Данная архитектура не получила широкого распространения и используется обычно лишь операторами кабельного телевидения. Другая концепция является разновидностью концепции FTTx и носит название FTTB (Fiber To The Building -- "волокно к зданию", то есть доведение ВОЛС до офисного здания). Согласно концепции FTTB распределение сигналов по абонентам внутри здания осуществляется по витым медным парам с использованием преимущественно технологии VDSL.

Ниже перечислены другие варианты концепции FTTx (рис. 1):
 FTTN -- Fiber To The Home (доведение ВОЛС до жилого дома);
 FTTP -- Fiber To The Premises (обобщенное понятие, объединяющее, по сути, варианты FTTN и FTTB);
 FTTO -- Fiber To The Office (понятие, аналогичное FTTB);
 FTTC -- Fiber To The Curb (доведение ВОЛС до места, в котором установлен кабельный шкаф);
 FTTCab -- Fiber To The Cabinet (понятие, аналогичное FTTC);
 FTTR -- Fiber To The Remote (доведение ВОЛС до удаленного модуля, концентратора);
 FTTOpt -- Fiber To The Optimum (доведение ВОЛС до оптимального, с точки зрения оператора, пункта).
 Наряду с FTTx существует подобная ей концепция организации распределительной сети внутри здания -- FITB (Fiber In The Building).

Рис. 1. Технологии оптического доступа



Сравнение технологий доступа

На участке оптического доступа (рис. 1) традиционно использовались и используются по сей день технологии плезиохронной и синхронной цифровой иерархии (PDH и SDH). Однако эти технологии имеют ряд недостатков, самым главным из которых является сложность, а подчас и невозможность передачи широкополосного трафика данных. С целью доведения оптоволокна до абонента могут также применяться частные решения на базе конвертеров интерфейсов (медиаконвертеров) для передачи потоков E1 или Ethernet 10/100 BaseT. Данные решения, ввиду их невысокой стоимости, в настоящее время достаточно распространены. При построении конфигураций FTTB, FTTH на участке оптического доступа также могут быть задействованы коммутаторы FastEthernet/GigabitEthernet (FE/GE), использующиеся для построения сетей LAN, MAN, WAN. Коммутаторы FE/GE, имеющие высокую скорость передачи, пропускную способность и производительность, позволяют строить сети разветвленной архитектуры, в которых возможна транспортировка широкополосного трафика. Оборудование Ethernet отличается относительной простотой обслуживания и невысокой стоимостью единицы переданной информации. В настоящее время технологии FE/GE чаще используются на локальном или магистральном уровне.

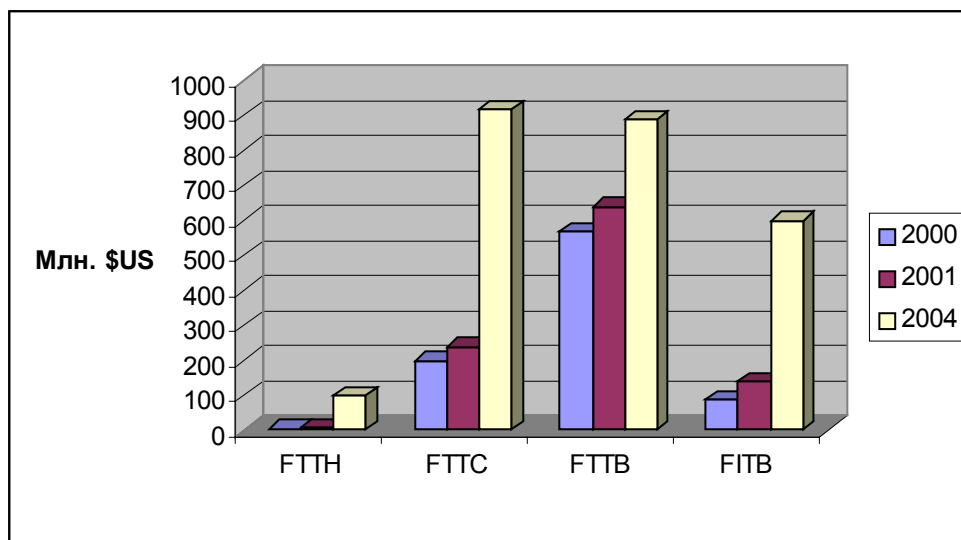
Распределительная оптическая сеть доступа может быть построена также на основе технологии PON (Passive Optical Networking), которая более подробно будет описана ниже. Если сравнить между собой технологии GigabitEthernet и PON, то можно отметить, что несмотря на то, что скорости передачи технологий примерно равны, PON имеет явные преимущества при использовании именно на участке абонентского доступа. Это связано с тем, что технология GE использует распределительную сеть, построенную на активном оборудовании, а PON реализуется в пассивной одноволоконной распределительной сети, построение и обслуживание которой обходится значительно дешевле. Кроме того, технология GE разрабатывалась для применения на транспортном уровне для передачи трафика данных, а трафик реального времени в сетях GE адаптируется специальными алгоритмами QoS. Технология PON, напротив, изначально предназначалась для передачи мультисервисного трафика и рассматривается как наиболее перспективная технология развертывания оптических сетей доступа и доведения оптического волокна до абонента.

Перспективы реализации концепции FTTx

Стоит отметить, что варианты доступа FTTH и FTTB пока не получили широкого распространения. Связано это в основном с тем, что их реализация требует от оператора значительно больших инвестиций, чем построение DSL-инфраструктуры, поскольку для предоставления абоненту высокоскоростного канала (до нескольких Гбит/с) необходимо во много раз увеличить пропускную способность опорных сетей, протянуть оптоволокно до абонента, разработать немало новых приложений и, самое главное, убедить абонента платить за это деньги. Поэтому многие операторы до сих пор стараются использовать имеющуюся меднокабельную инфраструктуру. Причем эта ситуация характерна не только для России, но и для других европейских стран.

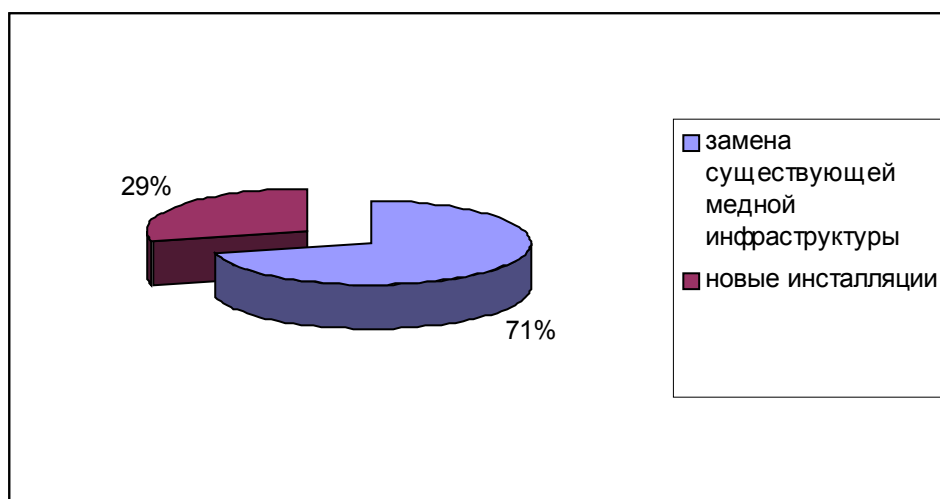
В Северной Америке ситуация несколько иная. Там достаточно развиты сети операторов кабельного телевидения HFC и внедрение концепций FTTH и особенно FTTB набирает обороты вслед за ростом спроса на широкополосные мультимедийные услуги (рис. 2).

Рис. 2. Волоконно-оптические технологии доступа на рынке США
 Источник: *Communications Information Researchers*



Вариант доступа FTTH является наиболее затратным, но в то же время и наиболее востребованным, а значит и перспективным, среди всех типов доступа FTTx. По мнению аналитиков, время готовности рынка к массовому внедрению услуг FTTH наступает тогда, когда количество замен существующей медной инфраструктуры превышает количество новых инсталляций ВОЛС. Исследования компании *Render Vanderslice & Associates* свидетельствуют о достаточной зрелости североамериканского рынка к внедрению этих услуг (рис. 3).

Рис. 3. Развертывание концепции FTTH в Северной Америке
 Источник: *Render Vanderslice & Associates*



Другая исследовательская компания *Infonetics Research* отмечает в своем отчете за март 2004 г., что широкополосные решения достаточно быстро распространяются в Азиатско-тихоокеанском регионе, особенно в Японии. В апреле 2004 г. японские компании KDDI, Japan Telecom, NEC, Hitachi и Matsushita Electric объявили о создании консорциума *Broadband Japan*, целью которого будет расширение рынка услуг широкополосных сетей. В число основных задач

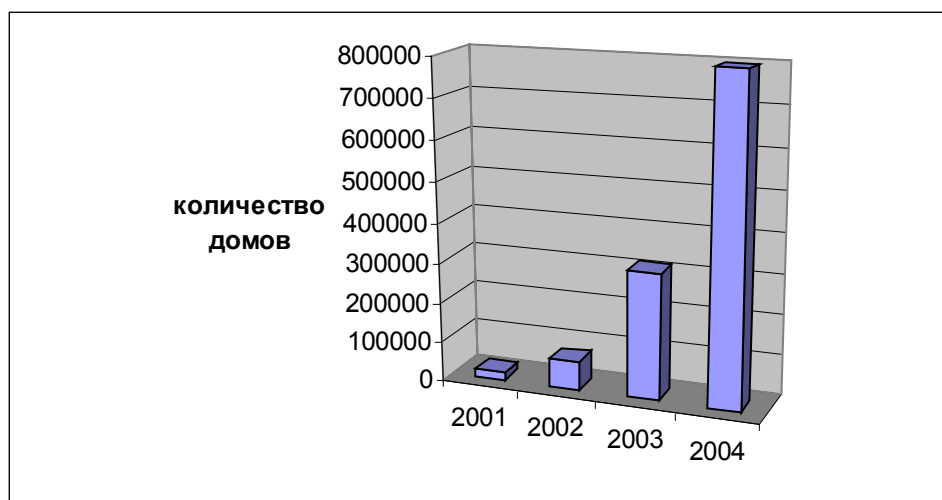
консорциума BB Jарап входит построение инфраструктуры, создание контента, реализация концепции FTTN, установление широкого партнерства с компаниями, которые представляют другие сектора экономики, но могут стать потребителями широкополосных услуг.

Таким образом, ситуация с внедрением оптических технологий доступа в последние годы меняется. Особенно явно и динамично это происходит в Северной Америке (рис. 4). В России также наметилась тенденция по построению оптических сетей FTTx, что наглядно демонстрируют ряд российских операторов связи, заложивших основу своих оптических сетей абонентского доступа и развивающих их в соответствии с концепциями FTTx.

Любая волоконно-оптическая кабельная жила теоретически имеет неограниченную пропускную способность. Опыты по передаче информации по оптоволокну со скоростью порядка терабит в секунду демонстрировались не раз. Известно, что скорость передачи ограничивается лишь активным оборудованием с обоих концов волоконно-оптического кабеля. В настоящее время сети на основе медных пар распространены повсеместно и в большинстве регионов остаются доминирующим видом кабельной инфраструктуры. Однако волоконно-оптические сети более просты, надежны и требуют меньших затрат при обслуживании по сравнению с медными сетями. Принимая в расчет эти и перечисленные выше аргументы, можно сделать вывод, что вложения в инфраструктуру ВОЛС являются эффективными и долговременными, а внедрение технологий FTTx становится оправданным и весьма перспективным направлением, в том числе и в России.

Рис. 4. Количество домов охваченных технологией FTTN в Северной Америке

Источник: Render Vanderslice & Associates



Технология PON

PON – это семейство быстро развивающихся, наиболее перспективных технологий широкополосного мультисервисного множественного доступа по оптическому волокну. Суть технологии пассивных оптических сетей, вытекающая из ее названия, состоит в том, что ее распределительная сеть строится без каких-либо активных компонентов: разветвление оптического сигнала осуществляется с помощью пассивных делителей оптической мощности – сплиттеров. Следствием этого преимущества является снижение стоимости системы доступа, уменьшение объема необходимого сетевого управления, высокая дальность передачи и отсутствие необходимости в последующей модернизации распределительной сети.

Структурно любая пассивная оптическая сеть состоит из трех главных элементов -- оптического станционного терминала OLT, пассивных оптических сплиттеров и оптического сетевого абонентского терминала/устройства ONT/ONU.

Терминал OLT обеспечивает взаимодействие сети PON с внешними сетями, сплиттеры осуществляют разветвление оптического сигнала на участке тракта PON, а ONT/ONU имеют необходимые интерфейсы взаимодействия с абонентской стороны. Технология PON может использоваться для реализации различных вариантов концепции FTTx (см. рис. 1).

История развития технологии PON началась весной 1995 г., когда группа из семи крупных операторов основала консорциум FSAN (Full Service Access Networks), главной целью которого стала разработка основ для стандартизации этой технологии и активное выведения ее на рынок. В настоящее время при активном участии этого консорциума были определены несколько разновидностей PON, основные из которых впоследствии были стандартизованы Международным союзом электросвязи (см. таблицу).

Технологии PON

Технология	ATM PON (APON), Broadband PON (BPON)	Ethernet PON (EPON)	Gigabit PON (GPON)
Скорость нисходящего потока, Гбит/с	0,155 или 0,622	1,25	1,25 или 2,5
Скорость восходящего потока, Гбит/с	0,155 или 0,622	1,25	0,155; 0,622; 1,25; 2,5
Особенности	Транспортировка мультисервисного трафика (речь, выделенные линии, Ethernet, видео); асимметричный или симметричный режим работы	Возможность транспортировки мультисервисного трафика (основное назначение -- транспортировка трафика Ethernet); симметричный режим работы	Транспортировка мультисервисного трафика (речь, выделенные линии, Ethernet, видео); расширенные возможности по передаче IP-трафика; асимметричный или симметричный режим работы
Стандарт МСЭ	G.983	Не стандартизована	G.984

APON -- самый первый вариант технологии, основанный на использовании протокола ATM. Скорость нисходящего непрерывного потока ATM в технологии APON достигает 155 Мбит/с. Протокол ATM используется в качестве протокола 2-го уровня. Позже стандарт был усовершенствован: увеличена скорость передачи (622 Мбит/с), реализовано динамическое распределение ресурсов полосы пропускания и т.п.

Для того чтобы название стандарта более полно отражало сущность обновленной технологии, консорциум принял решение ввести новое наименование -- Broadband PON (BPON). Технология BPON, стандартизованная МСЭ (Рек. G.983), реализует помимо традиционных TDM-услуг большое количество широкополосных услуг, включая доступ Ethernet и трансляцию аналогового и цифрового видео.

В 2001 г. в институте IEEE была образована рабочая группа Ethernet in the First Mile (EFM), основные усилия которой направлены на стандартизацию симметричной технологии Ethernet Passive Optical Networking (EPON), обеспечивающей скорость передачи до 1,25 Гбит/с и предназначенной для транспортировки преимущественно Ethernet-трафика. Результатом деятельности

группы является создание стандарта EPON (IEEE 802.3ah), который должен быть утвержден летом 2004 г.

Недавно консорциум FSAN, продолжающий работы по стандартизации высокоскоростных (свыше 1 Гбит/с) сетей PON, предложил новое решение для построения оптических сетей доступа – GPON (Gigabit PON). Данная технология, обладающая очень высокой производительностью, стандартизована МСЭ (Рек. G.984) и предназначена для реализации мультисервисных услуг, причем не только на базе протокола IP, но и на основе TDM.

В одном волокне сетей PON для нисходящего и восходящего потоков задействуются разные длины волн (метод WDM). Теоретически могла бы использоваться и одна длина волны, но, во-первых, две частоты обеспечивают лучшую оптическую изоляцию между передатчиком и приемником, а во-вторых, при задействовании двух частот можно применять недорогие планарные лазеры (PLC), которые позволяют значительно снизить стоимость всей системы.

Сплиттеры, устанавливаемые в узлах разветвления сети PON, могут разделять мощность в любых пропорциях. Оптимизация размещения сплиттеров позволяет достичь значительной экономии оптических волокон и снизить стоимость кабельной инфраструктуры. Конструктивно сплиттеры могут быть выполнены в виде либо компактного устройства, размещаемого в кабельной муфте, либо конструктива высотой 1U для размещения в стойке 19"; либо настольного прибора.

Преимущества технологии PON

Технология PON имеет ряд перечисленных ниже неоспоримых преимуществ.

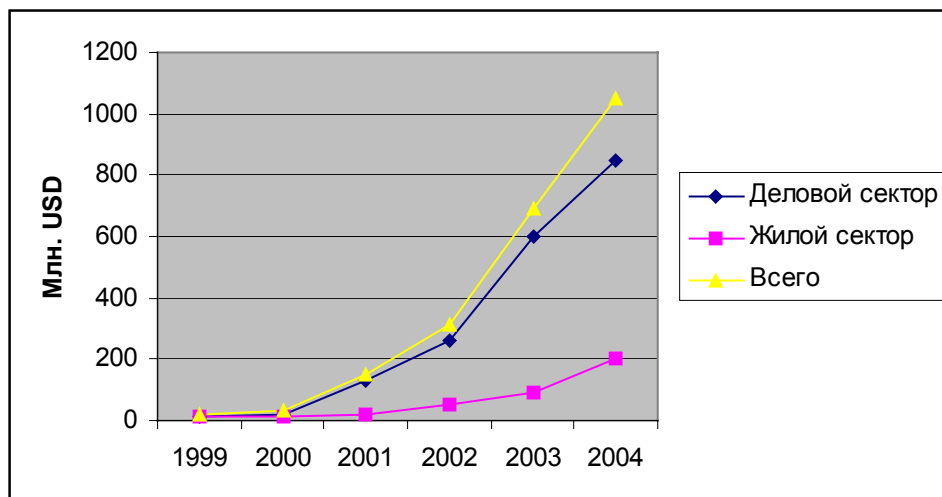
- **Невысокая стоимость построения сети.** Технология реализует возможность подключения через одно оптоволокно большого количества абонентских терминалов, что способствует значительной экономии волокон.
- **Низкие расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание сети.** Преимущество обусловлено использованием пассивного оборудования в распределительной сети.
- **Возможность постепенного наращивания сети.** Ввод новых узлов не оказывает влияния на действующую сеть.
- **Перспективность создания распределительной инфраструктуры.** Строительство оптической распределительной сети закладывает хорошую и долговременную основу для дальнейшего развития и предоставления в будущем любых мультимедийных услуг с практически неограниченной полосой пропускания
- **Надежность.** Использование меньшего числа активных элементов в сети обеспечивает ее надежность, а кроме того, способствует как снижению чувствительности к влиянию смежных линий связи, так и уменьшению воздействия на них.
- **Высокая гибкость.** Построение распределительной сети по технологии PON требует применения всего лишь одного оптического волокна, а не пучка волокон, как при использовании других оптоволоконных технологий. Благодаря этому можно строить сеть по шинной или древовидной топологии, что весьма выгодно с экономической точки зрения. Гибкость технологии позволяет использовать ее в любых сетевых конфигурациях семейства FTTx.

По общему мнению аналитиков, рынок систем PON будет поступательно развиваться в течение ближайших трех–четырёх лет, после чего наступит переломный момент и начнется их массовое внедрение в жилищном секторе. Компания CIBC World Markets прогнозирует, что общий объем рынка оборудования

пассивных оптических сетей в 2004 году достигнет отметки 1 млрд дол. На рис. 5 показана динамика развития мирового рынка PON в последние годы.

Рис. 5. Динамика развития мирового рынка оборудования пассивных оптических сетей

Источник: CIBC World Markets



* * *

Очевидно, что в ходе развития и внедрения концепций FTTx в сетях доступа технологии DSL будут на протяжении какого-то периода сосуществовать с ними. Однако все эксперты сходятся во мнении, что со временем технологии доступа FTTH и FTTB все-таки полностью заменят DSL. И тогда в телекоммуникационных сетях действительно наступит эра triple-play: пользователи смогут получать из одной абонентской розетки мультимедийные услуги передачи видео, данных и голоса.