**Введение**

Первые оптоволоконные сети появились около тридцати лет назад и, в первую очередь, использовались для решения задач, стоящих перед оборонными ведомствами. Системы, разработанные в первом десятилетии, были востребованы в телефонных сетях и военных приложениях, использовали для передачи данных многомодовое градиентное волокно, а данные передавали в первом окне прозрачности — на волнах длиной от 800 до 900 нм. Первые линии передачи были двухточечными, но уже в конце 80-х были разработаны первые пассивно-оптические системы (PON), позволяющие реализовать топологии «точка-многоточка» без использования активных сетевых элементов. Тогда же начались первые пилотные испытания, как в США, так и в Европе.

Сейчас светлое будущее пассивных оптических сетей почти ни у кого не вызывает сомнений. Появление этой технологии заставляет по-новому взглянуть на принципы построения сетей. На смену многоволоконным кабелям, насчитывающим десятки или даже сотни оптоволоконных жил и, как следствие, трудным в прокладке и монтаже, приходят маловолоконные сети. На сегодняшний день сети Ethernet получили самое широкое распространение для предоставления различных услуг связи. Подсчитано, что 95% эксплуатируемых локальных сетей в мире с общим количеством портов более 320 млн. используют технологию Ethernet.

Технология пассивных оптических сетей на базе Ethernet, за которой закрепилось название EPON (Ethernet Passive Optical Networks), лишена подобных недостатков и более эффективно решает задачу «последней мили». Среди прочих достоинств технологии следует отметить существенную экономию оптических волокон, что позволяет значительно снизить затраты. Так, с помощью единственного оптического волокна можно подключить до 64 оконечных устройств и предоставить более 1500 портов Fast Ethernet.

Возможности Ethernet и IP совместно с технологией передачи по волокну позволяют построить настоящие мультисервисные сети, а не только обеспечить широкополосный доступ в Internet. В такой сети объединяется телефонный трафик, трафик данных и вещания со всеми сопутствующими услугами.

Абонент мультисервисной сети может получать любые виды услуг, ограниченные исключительно его платежеспособностью. При этом имеется возможность затребовать новую услугу или отказаться от используемой в любой момент. Именно в оперативном, безотказном и повсеместном выполнении этих требований и заключается основная задача функционирования мультисервисных сетей.

В соответствии с заданием к дипломному проекту требуется организовать сети доступа по технология EPON в городе Вахдат, которая и обеспечит население города и коттеджного посёлка всеми возможными телекоммуникационными услугами и даст возможность быстрого перехода к мультисервисным сетям связи.

**Глава 1.Цель, обоснование выбора и задачи проекта.**

* 1. **Цель проекта.**

Основной цель данного дипломного проекта является проектирование сети доступа компании Телеком Технолоджи на базе технология EPON в городе Вахдат. На данный момент в сетях доступа преобладающим видом трафика остается голосовой (телефонный). Однако процесс совершенствования кабельных технологий связи идет непрерывно. В связи с этим широкое распространение получают новые технологии и услуги связи, такие как Интернет, электронная почта, IP-телефония, интерактивное цифровое телевидение, передача технологической, юридической, финансовой информации, дистанционные медицинские услуги, использование компьютерных сетей передачи данных Ethernet и т.д. Так как город Вахдат предназначен для состоятельных людей, то и требования к услугам будут высокими, а следовательно нашей задачей является проведение транспортной сети и предоставление широкого спектра телекоммуникационных услуг – в обязательный пакет абонентских услуг будут входить: Телефония, Интернет и кабельное телевидение.

**1.2 Анализ существующие сети.**

**Вахда́т** — город (с [1965](http://ru.wikipedia.org/wiki/1965)) в [Таджикистане](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D0%B4%D0%B6%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD), центр [Вахдатского района](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D1%85%D0%B4%D0%B0%D1%82%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD), население 43 329 (на январь 2011 г.). Город Вахдат административно разделён на несколько единиц: собственно сам город (с кишлаками Рохати, Яккаталь, Кипчок, прилегающими непосредственно к городу) и 10 сельских советов - Ромит, А.Абдулвосиев, Чорсу, Р.Исмоилов, Бахор, Б.Бурунов, Чуянгарон, Дусти, Симиганч и Гулистон.

Жители район в основном заняты сельским хозяйством. В структуру коммерческих организации входят малые и совместные предприятия, в также дехканские хозяйство. Телефонная сет района не так развита и до настоящего времени. Воздушная линия состоит из оцинкованных проводов, протянутые только до административных центров джамоатов.

Телефонная станция типа ZXJ10 в центре города, била установлена в 2007 году. Монтированная емкость станции 6000 номеров, из них задействовано до настоящего времени всего 4520. Число установленных телефонов для население составляет 3567 номеров. В народно-хозяйственном секторе 953 номеров, из них 500 составляют бюджетные организации и 453 коммерческие структуры. Несмотря на высокие темпы внедрения современных технологий, процент охвата населения Республики Таджикистан новыми видами связи, такими как сотовая связь, Интернет остается низким.

В связи с тем, данный проект необходим для устранения всех недостатков работы сети телекоммуникаций, что повлияет на увеличение количества абонентов, каналов и принесет оператору стабильный финансовый рост, дополнительно позволит увеличить рынки по предоставлению услуг телекоммуникаций, и соответственно увеличит денежный поток.

Следовательно, своевременное внедрение данного проекта позволить расширение рынка по предоставлению услуг телекоммуникаций, обеспечит существенное превосходство в конкурентной борьбе с компаниями, которые в настоящее время предоставляют аналогичные услуги.

**1.3 Обоснование для выбора проекта.**

На данный момент в сетях доступа преобладающим видом трафика остается голосовой (телефонный). Однако процесс совершенствования кабельных технологий связи идет непрерывно. В связи с этим широкое распространение получают новые технологии и услуги связи, такие как Интернет, электронная почта, IP-телефония, интерактивное цифровое телевидение, передача технологической, юридической, финансовой информации, дистанционные медицинские услуги, использование компьютерных сетей передачи данных Ethernet и т.д. Так как город и коттеджный посёлок предназначен для состоятельных людей, то и требования к услугам будут высокими, а следовательно нашей задачей является проведение транспортной сети в посёлке и предоставление широкого спектра телекоммуникационных услуг – в обязательный пакет абонентских услуг будут входить:

* Телефония
* Интернет
* кабельное телевидение.

Основа рыночной стратегии среднестатистического телекоммуникационного оператора заключается в сокращении капитальных и эксплуатационных затрат при повышении доходности услуг. Главными препятствиями на пути к поставленной цели, как правило, являются устаревающая сетевая инфраструктура и концептуальная неопределенность в вопросах сетевого развития. В настоящее время растёт спрос на услуги «triple play». При этом многим операторам, предоставляющие эти услуги приходится эксплуатировать две сети – сеть с коммутацией каналов, и сеть с коммутацией пакетов. Отдельной темой может служить вопрос о масштабируемости этих сетей, требующей замены телекоммуникационного оборудования и модернизации всей сети в целом.

Технология EPON — это разновидность PON, которая является одним из наиболее современных вариантов строительства сетей связи и обеспечивает скорость передачи данных до 1,2 гбит/сек. Но главное достоинство EPON — технология позволяет максимально экономно использовать ресурс оптического кабеля. Имеет смысл заказать проектирование сети gpon уже сейчас, так как это позволит вам существенно обогнать конкурентов в технологическом плане. В результате всего выше сказанного, упрощается обслуживание сети со стороны оператора, со стороны абонента – предоставляются более полные и качественные услуги связи.

**1.3. Задачи проекта.**

Для достижения цели, в дипломном проекте необходимо рассмотреть следующие задачи:

1. Архитектура и функциональная структура сети EPON.
2. Рассмотреть транспортный уровень сети EPON.

4. Выбор топологии сети доступа.

5. Выбор оборудование сетей EPON.

6. Разработка схема организации связи.

7. Расчёт затухания для максимально отдалённого дома.

8. Расчет параметров оптического кабелья..

9. Расчет технико-экономические показатели.

10. Разработка вопроса экологии и БЖД.

**Глава 2. Аналитическое обзор технология «пассивная оптическая сеть».**

**2.1. Пассивные оптические сети.**

Оптические сети можно разделить на два класса – **активные** и **пассивные**. Между узлом доступа и оконечным пользовательским оборудованием активной сети имеется какое-либо активное оборудование (например, регенератор или коммутатор). В пассивной сети активное оборудование отсутствует, то есть сеть состоит только из пассивных компонентов. Обычно используются следующие виды пассивных компонентов (не считая оптического волокна): волоконно-оптические соединители, разветвители и мультиплексоры WDM.

Обычно вместо полного названия «пассивная оптическая сеть» используется аббревиатура PON (Passive Optical Network). Общая структура сети PON представлена на рис. 2.1. Активное оборудование в центральном офисе или на узле доступа называется оптическим линейным терминалом (Optical Line Terminal - OLT), а оборудование на абонентском узле – оптическим сетевым устройством (Optical Network Unit - ONU). Некоторые из услуг связи, обычно предоставляемых сетями PON.

**OLT**

ONU 1

ONU 2

ONU 3

ONU N

Разветвитель

1:N

Интернет

Телефон

ТВ

Интернет

Телефон

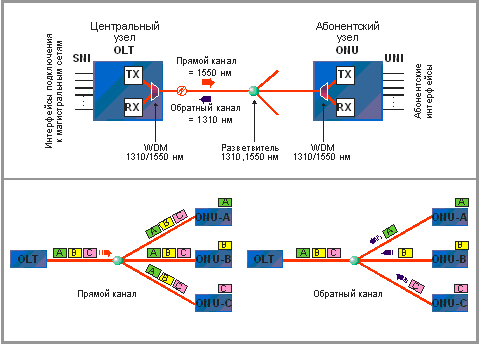
ТВ

Нисходящий поток

Восходящий поток

**Рис. 2.1.** Общая структура сети PON.

Основная идея архитектуры PON — использование всего одного приемо-передающего модуля в OLT для передачи информации множеству абонентских устройств ONU и приема информации от них. Число абонентских узлов, подключенных к одному приемо-передающему модулю OLT, может быть настолько большим, насколько позволяет бюджет мощности и максимальная скорость приемопередающей аппаратуры. Для передачи потока информации от OLT к ONU — **прямого (восходящего) потока**, как правило, используется длина волны 1550 нм. Наоборот, потоки данных от разных абонентских узлов в центральный узел, совместно образующие **обратный (нисходящий) поток**, передаются на длине волны 1310 нм. В OLT и  ONU встроены мультиплексоры WDM, разделяющие исходящие и входящие потоки.



**2.2.** Основные элементы архитектуры PON и принцип действия.

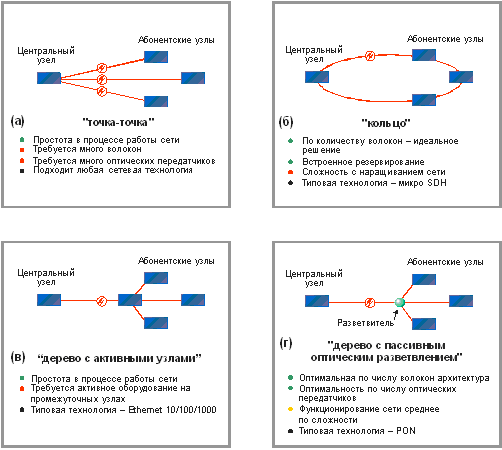
В направлении **нисходящего потока** все, передаваемые оборудованием OLT кадры Ethernet, принимаются каждым ONU в сети. Оборудование ONU распознает кадры, адресованные пользователям, которых оно обслуживает, и направляет их соответствующему оконечному оборудованию (или локальной сети). Кадры Ethernet, передаваемые в сети EPON, аналогичны стандартным кадрам Gigabit Ethernet за исключением первых 8 байт, которые специфичны для сети EPON.

В направлении **восходящего потока** оборудование ONU может передавать кадры только в течение выделенного ему интервала времени (time slot). Такое управление трафиком используется во всех пассивных оптических сетях из-за топологии точка-многоточка.

Тип сети PON обозначается дополнительной буквой перед аббревиатурой PON. Наиболее распространенными сетями PON являются:

* APON (ATM PON - пассивная оптическая сеть, использующая технологию ATM),
* BPON (Broadband PON – широкополосная пассивная оптическая сеть),
* GPON (Gigabit-capable PON - пассивная оптическая сеть, обеспечивающая гигабитные скорости передачи данных),
* EPON (Ethernet PON - пассивная оптическая сеть, использующая технологию Ethernet).

**2.2. Сравнение возможных топологий сети**

Здесь можно выделить четыре топологии оптических сетей доступа: точка-точка, кольцо, дерево с активными узлами, дерево с пассивными оптическими элементами. ****

**Рис.2.3.** Топологии оптических сетей доступа

**Точка-точка (P2P), рис.2.3 -а**

Наиболее простая архитектура. Основной минус связан с низкой эффективностью кабельных систем. Необходимо вести отдельный ВОК из центрального офиса в каждое здание или каждому корпоративному абоненту. Данный подход может быть реализуем в том случае, когда абонентский узел (здание, офис, предприятие), к которому прокладывается выделенная кабельная линия, может использовать эти линии рентабельно.

Топология P2P не накладывает ограничения на используемую сетевую технологию. P2P может быть реализована как для любого сетевого стандарта, так и для нестандартных (proprietary) решений, например оптические модемы. С точки зрения безопасности и защиты передаваемой информации при соединении P2P обеспечивается максимальная защищенность абонентских узлов. Поскольку ОК нужно прокладывать индивидуально до каждого абонента, этот подход является наиболее дорогим и привлекателен в основном для абонентов в лице крупных корпоративных клиентов.

**Кольцо, рис.2.3 -б**

Кольцевая топология на основе SDH положительно зарекомендовала себя в городских телекоммуникационных сетях. Однако в сетях доступа не все обстоит так же хорошо. Если при построении городской магистрали расположение узлов планируется на этапе проектирования, то в сетях доступа нельзя заранее знать где когда и сколько абонентских узлов будет установлено. При случайном территориальном и временном подключении пользователей кольцевая топология может превратиться в сильно изломанное кольцо с множеством ответвлений. Подключение новых абонентов осуществляется путем разрыва кольца и вставки дополнительных сегментов. На практике часто такие петли совмещаются в одном кабеле, что приводит к появлению колец, похожих больше на ломаную. Так называемые «сжатые» кольца (collapsed rings) значительно снижают надежность сети. А фактически главное преимущество кольцевой топологии сводится к минимуму.

**Дерево с активными узлами, рис. 2.3-в**

Дерево с активными узлами — это экономичное с точки зрения использования волокна решение. Оно хорошо вписывается в рамки стандарта Ethernet с иерархией по скоростям от центрального узла к абонентам 1000/100/10 Мбит/с (1000Base-LX, 100Base-FX, 10Base-FL). Стандарт IEEE 802.3 Ethernet давно перестали ограничивать нишей корпоративных сетей. Строящиеся по этому принципу сети могут иметь достаточно сложную и разветвленную древовидную архитектуру. Однако в каждом узле дерева обязательно должно находиться активное устройство (применительно к IP-сетям коммутатор или маршрутизатор). Оптические сети доступа Ethernet, преимущественно использующие данную топологию, относительно недороги. К основному недостатку следует отнести наличие на промежуточных узлах активных устройств, требующих индивидуального питания.

**Дерево с пассивным оптическим элементами PON-P2MP, рис. 2.3-г**

Частным случаем, когда в качестве пассивного оптического элемента выступает оптический разветвитель, является сеть PON, использующая топологию «точка-многоточка» P2MP (point-to-multipoint). К одному порту центрального узла может быть подключен целый волоконно-оптический сегмент древовидной архитектуры, охватывающий десятки абонентов. При этом оптические разветвители, устанавливаемые в промежуточных узлах дерева, полностью пассивны и  не требуют питания и специализированного обслуживания.

В топологии P2MP за счет оптимизации размещения разветвителей можно достичь значительной экономии оптических волокон и снижения стоимости кабельной инфраструктуры. Абонентские узлы не влияют на работоспособность сети в  целом. Подключение, отключение или выход из строя одного или нескольких абонентских узлов никак не сказывается на работе остальных.

Преимущества архитектуры PON сводятся, во-первых, к отсутствию промежуточных активных узлов и экономии волокон. Во-вторых, экономятся оптические приемопередатчики в центральном узле. В-третьих, нужно отметить легкость подключения новых абонентов и удобство обслуживания (подключение, отключение или выход из строя одного или нескольких абонентских узлов никак не  сказывается на работе остальных).

Древовидная топология P2MP позволяет оптимизировать размещение оптических разветвителей, исходя из реального расположения абонентов, затрат на  прокладку ОК и эксплуатацию кабельной сети. К недостаткам можно отнести возросшую сложность технологии PON и отсутствие резервирования в простейшей топологии дерева.

**2.3. Физическая топология**

Топологии оптических сетей доступа, представленные выше, являются логическими топологиями для трафика данных. Топология сети на физическом уровне представляет собой схему соединения оптических волокон в кабелях. Физическая сеть должна иметь большой срок службы и поддерживать большое число систем передачи и различные логические топологии. Следовательно, при проектировании сети нельзя опираться на одну выбранную систему передачи и соответствующую ей логическую топологию. При проектировании физической сети необходимо придерживаться следующих принципов:

* Инфраструктура сети с ее физической топологией должна поддерживать как активные, так и пассивные сети доступа;
* Линии передачи должны иметь такие характеристики, чтобы и в будущем как можно дольше поддерживать существующие и вновь появляющиеся телекоммуникационные технологии;
* Пропускная способность сети доступа (например, число волокон, предоставляемых абоненту) должна быть достаточной для поддержания различных видов услуг и различных технологий оказания этих услуг;
* Физическая сеть должна быть спроектирована так, чтобы легко устанавливалось требуемое для различных услуг оборудование, для которого должно быть выделено достаточное пространство и обеспечены нормальные условия для работы.

**2.4. Выбор топологии и сети**

Основной выбор делается между топологиями точка-точка и точка-многоточка. Я выбираю пассивную оптическую сеть (PON) с топологией точка-многоточка, при этом нужно помнить, что только технологии EPON и GPON позволяют передавать кадры Ethernet. Сети BPON могут передавать только пакеты ATM. Сеть EPON проще, и стоимость оборудования для нее снижается более быстрыми темпами. Сеть GPON обеспечивает лучшие характеристики и более универсальна, но она сложнее и требует больших капитальных вложений. Возможность передачи по сети GPON пакетов ATM и фреймов SDH востребовано, однако, лишь небольшим числом индивидуальных абонентов, так как основной тенденцией является развитие сетей Ethernet. С другой стороны, индивидуальные абоненты - это как раз та группа пользователей, для которых наиболее важно получать услуги широкополосного доступа по умеренной цене. Обе технологии являются новыми, и развитие этих систем только началось, поэтому о реальных тенденциях изменения стоимости оборудования EPON и GPON можно будет говорить только по прошествии некоторого времени.

Максимальная скорость передачи в сети EPON по существующему стандарту составляет 1 Гбит/с. Весной 2006 года в институте IEEE началась разработка нового стандарта сети EPON со скоростью передачи 10 Гбит/с. Этот стандарт планируется утвердить в 2009 году. Пропускная способность сети EPON может быть увеличена при использовании технологии CWDM. Это значит, например, что в сети EPON, состоящей из 16 абонентских узлов, каждому узлу может быть выделена своя длина волны, на которой он будет передавать и получать данные со скоростью 1 Гбит/с.

**Ethernet для «последней мили» и сеть EPON**

Ethernet для «последней мили» (EFM - Ethernet in the First Mile) – это общее наименование технологий доступа, описанных в стандарте IEEE 802.3ah. Все технологии EFM относятся к Ethernet-технологиям и предназначены для использования в сетях доступа.

Технология Ethernet является основной для локальных сетей. В настоящее время она используется также в глобальных (WAN - wide area networks) и городских сетях (MAN - metropolitan area networks). Стандарт EFM, изданный в 2004 году, окончательно узаконил возможность использования Ethernet в сетях доступа. Использование Ethernet в сетях доступа дает следующие преимущества:

* непрерывный канал связи: LAN - MAN - WAN,
* менее сложная иерархия протоколов в сети доступа,
* использование меньшего количества оборудования, которое к тому же является более простым,
* использование меньшего количества преобразований протоколов, уменьшение задержек и увеличение пропускной способности,
* более низкая стоимость.

Стандарт IEEE 802.3ah определяет три разновидности EFM:

* EFM на основе медных кабелей (EFM copper - EFMC):
  + - 10 Мбит/с по одной паре телефонного кабеля на расстояние до 750 м,
    - 2 Мбит/с по одной паре телефонного кабеля на расстояние до 2700 м;
* EFM на основе волоконно-оптических кабелей (EFM fibre - EFMF):
  + - 100 и 1000 Мбит/с по одномодовому волокну на расстояние до 10 км;
* EFM для пассивных оптических сетей (EFM PON - EFMP):
  + - 1000 Мбит/с по пассивной оптической сети (на основе одномодовых волокон) на расстояние до 20 км.

**Технология EPON (точка-многоточка, P2MP)**

Пассивная оптическая сеть, описанная в стандарте IEEE 802.3ah, называется пассивная оптическая сеть Ethernet (Ethernet Passive Optical Network - EPON). Сеть EPON также как сети BPON и GPON имеет топологию точка-многоточка (point-to-multipoint - P2MP).

Структура сети EPON показана на рис. 2.4. Скорость передачи в сетях EPON составляет 1 Гбит/с. Важнейшие физические характеристики EPON приведены в табл. 2.1.

Как видно из табл. 2.1. сеть EPON использует для связи одно волокно. Скорость передачи в обоих направлениях составляет 1000 Мбит/с или 1 Гбит/с. Для передачи сигналов в разных направлениях используются разные длины волн. Как и во всех пассивных оптических сетях PON сетевое оборудование узла доступа сети EPON называют оптическим линейным терминалом (optical line terminal – OLT), а оборудование абонентского узла – оптическим сетевым устройством (optical network unit - ONU).



**Рис. 2.4.** Структура сети EPON

**Таблица 2.1.** Физические характеристики сети EPON

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1000BASE-  PX10-U | 1000BASE-  PX10-D | 1000BASE-  PX20-U | 1000BASE-  PX20-D |
| Тип волокна | Одномодовое волокно IEC 60793-2: B1.1, B1.3 (ITU-T G.652.D) | | | |
| Число волокон | 1 | | | |
| Длина волны | 1310 нм | 1490 нм | 1310 нм | 1490 нм |
| Направление передачи | Восходящий поток | Нисходящий поток | Восходящий поток | Нисходящий поток |
| Максимальное расстояние | 10 км | | 20 км | |
| Максимальное  затухание | 20 дБ | 19,5 дБ | 26 дБ | 24,5 дБ |
| Минимальное затухание | 5 дБ | | 10 дБ | |

Для управления трафиком сети EPON необходим дополнительный протокол канального уровня (2 уровень модели OSI), в качестве которого используется протокол Multipoint MAC Control (MPMC). Протокол MPMC использует для управления трафиком три типа сообщений длиной 64 байта: GATE (строб), REPORT (уведомление) и REGISTER (регистрация). Сообщение GATE передается от оборудования OLT к ONU и содержит информацию о начале и длительности временного интервала, зарезервированного для посылаемых оборудованием ONU кадров. В сообщении GATE используется информация, полученная в сообщении REPORT, которое посылается оборудованием ONU. Сообщение REPORT содержит информацию о количестве байт данных в буфере ONU и предупреждает оборудование OLT, что ONU подключилось к сети. Оборудование OLT также использует протокол MPMC для определения времени распространения и расстояния до каждого ONU. Информация о времени распространения необходима для выделения временных интервалов оборудованиию ONU.

Сильной стороной сети EPON является естественная поддержка всех приложений Ethernet без преобразования протоколов или расщепления кадров с их последующей инкапсуляцией (сравните с сетями BPON и GPON). Поэтому данная технология является очень подходящей для оптических сетей доступа, благодаря ей работа IP-приложений в сети Ethernet становится легкой, гибкой и экономически эффективной. Такими IP-приложениями являются:

* Широкополосный Интернет и связанные с ним приложения и услуги.
* IP-телефония (VoIP).
* IP-телевидение (IPTV) – действительно цифровое телевидение.
* Основанные на протоколе IP услуги видео по требованию (VoD).

Будучи частью стандарта IEEE 8002, семейство технологий EPON совместимо с:

* Классификацией и системой приоритетов услуг, описанными в стандарте IEEE 802.1D.
* Виртуальными локальными сетями (Virtual Local Area Network - VLAN), описанными в стандарте IEEE 802.1Q.

Классификация услуг основана на использовании информации о приоритете длиной 3 бита, с помощью которых можно определить 23 = 8 классов услуг. Стандартом IEEE 802.3D рекомендуются классификация и система приоритетов услуг, приведенные в табл. 2.2.

**Таблица 2.2.** Приоритеты услуг в соответствии со стандартом IEEE 802.1D.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Приоритет | Биты, определяющие приоритет | Услуга |
| 1 | 2 | 3 |
| Наивыс  ший | 111 | Управление сетью. Передача данных для поддержания сетевой инфраструктуры (кадры маршрутных протоколов, например, SNMP, RIP) |
|  | 110 | Речь. Передача данных, критичных к задержке (< 10 мс), например, при интерактивных переговорах (VoIP) |
|  | 101 | Видео. Передача данных, критичных по задержке (< 100 мс), например, при интерактивных видео обменах (IPTV, VoD). |
| 1 | 2 | 3 |
|  | 100 | Гарантированная доставка (Controlled load). Работа в ситуации некритической к задержке, но критической по потерям (например, деловой трафик, поточный трафик с резервированием). |
|  | 011 | Нормальная (не гарантированная) доставка с более высоким приоритетом, чем Best effort (Excellent effort). Работа в ситуации некритической к задержке, но критической к потерям. Этот режим может использоваться для привилегированных клиентов. |
|  | 000 (по умолчанию) | Нормальная (не гарантированная) доставка (Best effort). Это обычный трафик локальных сетей, например, web-сервис |
|  | 010 | Зарезервирован на будущее |
| Наиниз  Ший | 001 | Фоновый режим (Background). Массовые пересылки данных. |

Согласно стандарту IEEE 802.3ah сеть EPON предназначена только для цифровой связи, а именно для передачи кадров Ethernet. Однако, поскольку сети EPON являются оптическими, они физически могут использоваться и для других приложений, в том числе для аналоговой передачи видео (например, телевидения). Для этой цели используется диапазон длин волн 1550 - 1560 нм.

**OLT**

ONU 2

ONU 3

ONU 16

Разветвитель

1:16

Ethernet

Кабельное телевидение

Спутниковое телевидение

Видеосервер



ТВ

компью-терная приставка к ТВ

оптоэлектронный преобразователь



ПК

Ethernet

Ethernet

Ethernet

WDM

WDM

1550 - 1560 нм

1490 нм

1310 нм

**Рис. 2.5.** Сеть EPON, предоставляющая услуги аналогового (AM-VSB) или цифрового (DVB-C) телевидения.