

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ СЕТИ ШИРОКОПОЛОСНОГО АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА (ШПАД)

Существующие технологии ШПАД, такие как DSL по витой паре и по коаксиальному кабелю, в данный момент уже на пределе своих возможностей: они могут обеспечить максимально 10...20 Мбит/с в сторону конечного пользователя на сравнительно небольшое расстояние передачи (до 1 км). Объём строительства сетей волоконно-оптических сетей ШПАД с каждым годом растёт. При этом операторы в разных регионах страны используют различные технологии ШПАД. Более того, даже в развитых странах нет единого мнения, какая технология лучше. Здесь много причин: текущие затраты, окупаемость сети, предоставляемые услуги, возможность быстрой модернизации в недалеком будущем, информационная безопасность и надёжность сети и др. Рассмотрим основные топологии ШПАД на основе ВОЛС.

1. Топология точка-точка PtP (стандарт IEEE 802.3ah EFMF)

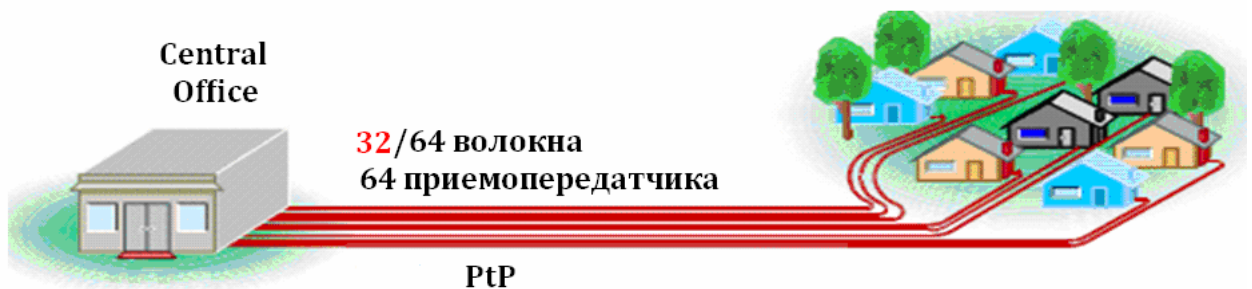


Рис.1. Топология точка-точка (PtP).

Преимущества этой топологии:

- Минимальная стоимость клиентского оборудования
- Возможности модернизации сети практически неограниченные
- Обеспечение максимальной информационной защищенности абонентов
- Низкий уровень сложности при обнаружении неисправностей на сети
- Топология не накладывает ограничения на используемую сетевую технологию и может быть реализована для любого стандарта
- Обеспечение максимальной скорости передачи

Недостатки топологии:

- ОК нужно прокладывать индивидуально до абонента, поэтому топология является наиболее дорогой.

Топология PtP привлекательна для корпоративных крупных клиентов, для которых надёжность и информационная безопасность являются определяющими.

2. Топология PtP с применением Ethernet-коммутаторов.

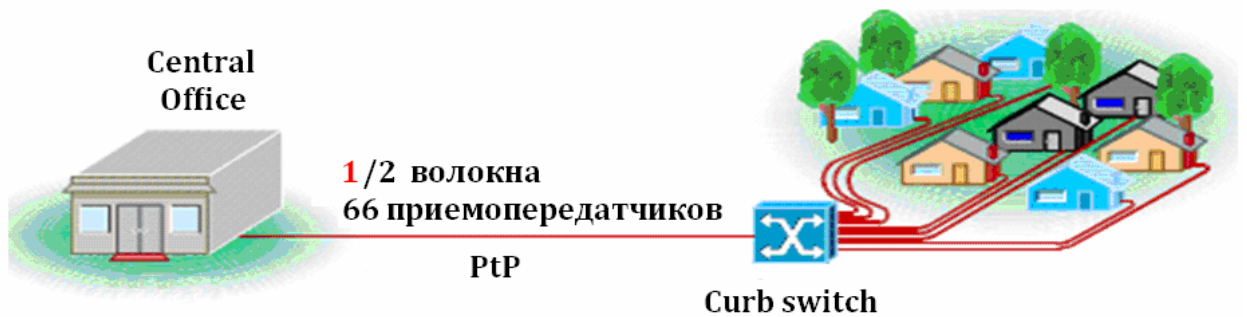


Рис.2. Топология точка-точка с применением Ethernet-коммутаторов.

Преимущества топологии:

- Экономичность с точки зрения использования волокна
- Оптимальная совместимость в рамках стандарта Ethernet
- Оптимальная по стоимости топология

Недостатки топологии:

- В каждом узле дерева должно быть активное устройство: коммутатор или маршрутизатор
- Наличие на промежуточных узлах активных устройств, требующих электропитания (основной недостаток)

3. Топология точка-многоточка (PtMP)

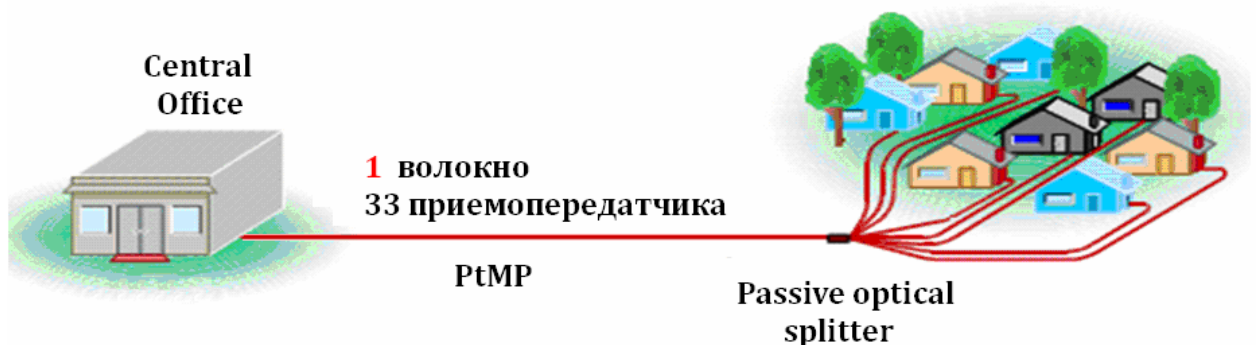


Рис.3. Топология точка-многоточка (PtMP), использующая древовидную сеть без активных узлов (пассивная оптическая сеть PON)

Преимущества топологии:

- Возможность экономии на кабельной инфраструктуре за счет сокращения количества оптических волокон
- Сокращение числа оптических передатчиков и приемников в центральном узле. Иногда экономия здесь оказывается даже более существенной
- Оптимальная топология для многоквартирных домов
- Легкость подключения новых абонентов и удобство обслуживания

Недостатки топологии:

- Необходимость шифрования всех потоков данных, приводящая к снижению объема полезной информации [1]

- Избыточная стоимость клиентских узлов – Optical Network Terminal (ONT)
- Небольшой динамический диапазон
- Уязвимость сети, сложность диагностики неисправностей в сети
- Несмотря на стандартизацию, есть проблемы совместимости оборудования разных производителей (в принципе недостаточная база нормативной документации отрасли «Связь», касающаяся применения стандартов PON на территории РФ)
- Трудность модернизации сети (через 5 лет сеть устареет)

Существует большое количество книг и статей, посвященных принципу действия пассивных оптических сетей, поэтому рассмотрим только некоторые практические аспекты, связанные с эксплуатацией PON. Преимущества PON хорошо известны [2], однако некоторые операторы не торопятся строить домовые сети на основе PON, даже, несмотря на их привлекательность. Их осторожность обусловлена указанными недостатками. Рассмотрим их более подробно.

Суммарная информация для всех абонентов сети поступает на входы всех абонентских узлов ONT (broadcast downstream). Каждый абонентский узел ONT, читая адресные поля, выделяет из этого общего потока предназначенную только ему часть информации. Поэтому прямой поток содержит определенное количество служебной (адресной и другой) информации, что, в итоге, снижает объем полезной информации. Так, технология EPON со скоростью передачи общего потока 1.25 Гбит/с может реально предложить каждому из 32 абонентов поток информации со скоростью около 20...25 Мбит/с [3,4]. Если количество абонентов в дереве возрастет в два раза (до 64), соответственно в два раза сократится и объем информации, передаваемой каждому абоненту. Это даже на сегодняшний день ограничивает предоставляемые клиентам услуги, а лет через пять этой скорости будет явно недостаточно.

Несмотря на то, что ONT принимает полезную информацию со скоростью 20...25 Мбит/с, приемник ONT работает в полосе частот общего сигнала, т.е. 1.0...1.5 ГГц. Это приводит не только к избыточной стоимости ONT, но и к избыточному шуму, что совместно с потерями в пассивном сплиттере приводит к уменьшению динамического диапазона примерно на 25 дБ.

То, что PON наиболее уязвима из всех известных топологий, не подлежит сомнению. К примеру, любой абонент имеет несложную техническую возможность вывести из строя всю сеть, причем «вычислить» вандала сложно.

И, наконец, разворачивая строительство PON сейчас, необходимо быть готовым к модернизации сети в недалеком будущем. Здесь есть ряд возможностей. Прежде всего – это переход на более мощное оборудование 10GE PON с заменой всех ONT. Но магистральным путем модернизации PON является применение спектрального мультиплексирования WDM-PON.

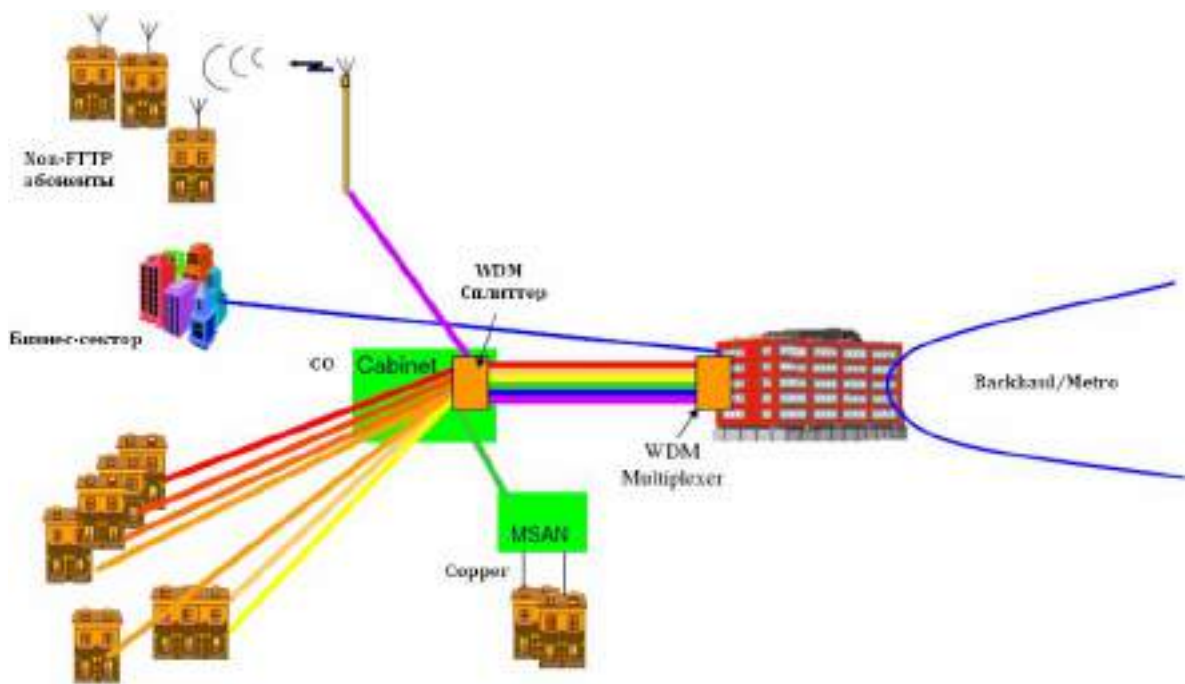


Рис.4. Схема WDM-PON

Основные преимущества WDM-PON:

- Предоставление пользователю выделенной полосы (нет распределения на конкурентной основе); сигналы абонентов физически изолированы;
- Эффективно используется волокно (до 64 абонентов на волокно, как и в TDMA PON);
- Возможность значительного увеличения дальности связи (используя AWG (Arrayed Waveguide Grating) с низкими потерями вместо неэффективных с точки зрения потерь сплиттеров при стандартном для Time Division Multiplexing Access (TDMA) PON бюджете в 28 дБ – можно подключать абонентов на расстоянии порядка 80 км).

Недостаток

- Высокая стоимость сети.

Интересной является гибридная сеть (рис.5), обладающая максимальной гибкостью и оптимальная по стоимости. В этой конфигурации разделение абонентов производится как по длине волны, так и по существующему принципу пассивного разделения с помощью обычных сплиттеров.

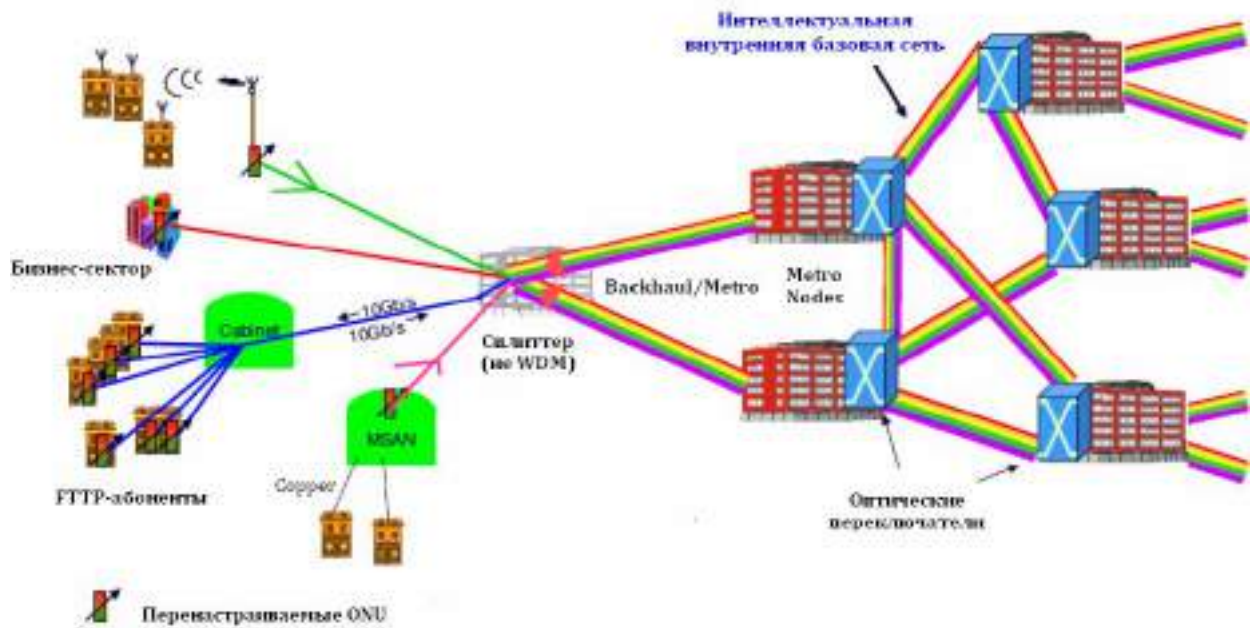


Рис.5. Гибридная TDM/WDM PON сеть.

В заключение отметим неоспоримость развертывания волоконно-оптических домовых сетей. Что касается выбора типа сети, то здесь много зависит от разных факторов: связи с поставщиками оборудования, готовность к крупным инвестициям, сроки окупаемости, **техническая грамотность ведущих специалистов**, личные качества руководства и многое другое.

Список используемой литературы

1. D. Gutierrez, J. Cho, and L. G. Kazovsky. TDM-PON Security Issues: Upstream Encryption is Needed. National Fiber Optic Engineers Conference, OSA Technical Digest Series (CD) (Optical Society of America, 2007), paper JWA83.
2. А.В. Никитин, И. Е. Никульский, А. А. Филиппов. Особенности внедрения технологий PON на сети оператора занимающего существенные рыночные позиции // Вестник связи. - 2009. - №4. - С. 18-24.
3. G. Kramer. What is Next for Ethernet PON? Proceedings of COIN 2006, July 2006.
4. Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. Пассивные оптические сети PON. Часть 2. Ethernet на первой миле. Lightwave Russian edition», 2004, № 2.