

Оптимизация затрат на кабельные системы в сетях FTTP

Марио С.Росси и Стивен Рейс
msrossi@ofsoptics.com , smrace@ofsoptics.com

Компания OFS
Норкросс, США

Введение

Для того, чтобы сохранить или увеличить доходы, провайдеры услуг связи и передачи данных должны предлагать постоянно увеличивающийся объем высокоскоростной связи. Для обеспечения таких услуг необходимо все более широкое внедрение оптического волокна. Это дало толчок к появлению волоконно-оптических линий типа «fiber-to-the-premises» (FTTP). В связи с этим, проектировщики и конструкторы сетей занялись поисками наиболее эффективного способа создания таких сетей и развития поддерживающих инфраструктур. Широкий диапазон изделий и технологий, имеющихся на рынке, обеспечивает массу возможностей, но усложняет оценку затрат.

В последнее время стоимость волоконно-оптических сетей приблизилась к такой точке, когда оптическое волокно становится экономически более выгодным выбором по сравнению с традиционными гибридными волоконно-коаксиальными линиями (HFC) и линиями, где используется медный провод. Более того, оптическое волокно является более перспективным, благодаря способности поддерживать технологии и услуги нового поколения.

При планировании новой сети или модернизации старой часто основное внимание уделяется только капитальным затратам (CAPEX). Однако при этом не следует игнорировать и эксплуатационные расходы (OPEX), поскольку они играют решающую роль в развитии бизнеса, особенно если сравнить затраты при использовании оптического волокна и медного провода. Обычно волоконно-оптические сети требуют меньших затрат на обслуживание, чем медно-проводные или коаксиальные.

В этой статье приводится оценка разных типов архитектуры сети, компонентов и конструкций и сравнение затрат, что может помочь при выборе типа сети. Поскольку затраты на работы и материалы могут значительно колебаться в зависимости от места, технических характеристик и масштабов проекта, оценки представлены в относительном выражении, а не в абсолютном (в долларах). Эта статья не претендует на использование ее в качестве точного инженерного руководства для разработчиков сетей. Однако в ней освещаются ряд аспектов и предпринимается попытка прояснить некоторые неясные моменты, с которыми сталкиваются специалисты при планировании сети на основе оптического волокна.

Выбор метода прокладки кабеля

Для строительства сетей следует использовать волоконно-оптические кабели. Существует три основных способа прокладки кабеля: воздушный, подземный непосредственно в грунт и подземный в кабельной канализации. Кабели, предназначенные для специальных целей, такие как кабель с воздушной задувкой в защитных мини- и микро-трубах, кабели с несущими тросами, оптическое волокно в трубке и оптическое волокно в газовой среде, предоставляют широкий выбор возможностей при планировании сети, в том числе возможность комбинировать различные типы кабеля в одной сети.

Воздушная подвеска кабеля сопряжена с наименьшими затратами, поскольку является наиболее простой. Однако новые технологии задувки в мини- и микро-трубки позволяют прокладывать линии на более значительные расстояния при меньшей численности персонала и сокращении количества сращений. Такой тип прокладки кабелей особенно подходит в случаях, когда нет разрешения на воздушную подвеску или на земляные работы, например, в больших городах. Кроме того, в пассивных оптических сетях (PON), где бюджет оптической мощности может быть одним из ценных приобретений, важно также иметь качественные срастки, так как это позволяет строить более протяженные линии.

Общая стоимость прокладки кабеля играет решающую роль в структуре затрат. Поэтому до принятия окончательного решения, следует рассмотреть все варианты маршрута прокладки и получения права прохода через чужую территорию. В качестве примера, на диаграммах 1 и 2 показана доля затрат на прокладку кабеля, оборудование и кабель в общей структуре затрат при воздушной подвеске и прокладке непосредственно в грунт. Следует отметить, что воздушная сеть требует более значительных расходов на оборудование и арматуру, а при прокладке кабеля непосредственно в грунт наиболее существенны затраты на прокладку. Далее рассматривается относительная стоимость разных методов прокладки кабеля.

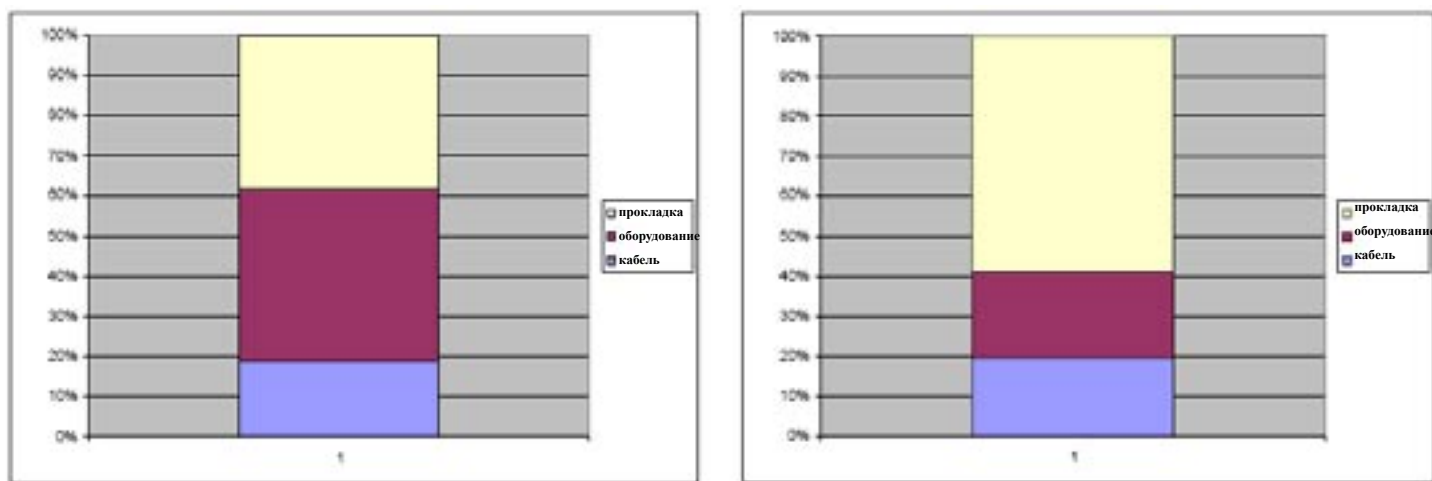


Диаграмма 1. Структура затрат на воздушную подвеску кабеля Диаграмма 2. Структура затрат на прокладку кабеля непосредственно в грунт

Стоимость прокладки кабеля

Далее будут представлены оценки относительной стоимости трех методов прокладки кабеля:

- Подвеска на опорах полностью диэлектрического кабеля с несущим тросом
- Прокладка непосредственно в грунт полностью диэлектрического кабеля модульного типа
- Прокладка под землей методом задувки полностью диэлектрического мини-кабеля с модульного типа

Метод прокладки кабеля по воздуху известен, как быстрый и не требующий больших затрат. Однако воздушные сети очень проигрывают по эстетическим показателям. Кроме того, на некоторых участках отсутствуют опоры, на которые можно прикрепить стренги и вспомогательные устройства. Вторым по популярности методом прокладки кабеля является прокладка непосредственно в грунт. Прочный кабель и оптическая аппаратура позволяют создать устойчивую сеть, которая может служить несколько лет, если только не будет нарушена несанкционированными экскаваторными работами. Однако это техническое решение гораздо дороже, чем подвеска кабеля на опорах.

Технология прокладки кабеля методом задувки, которая становится все более популярной, используется для специального разработанных кабелей и аппаратуры, позволяющих достичь расстояния более 1,3 миль (~2 км) от одной точки. Это расстояние может колебаться, в зависимости от проекта сети, канала прокладки, типа кабеля и других факторов. Среди других факторов, определяющих преимущества этого метода, следует отметить возможность отсрочки инвестирования в инфраструктуру, если использовать оптическое волокно только по мере необходимости, а также возможность увеличения или уменьшения скорости прокладки и сокращения численности занятого в работах персонала.

Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, поэтому сравнение не должно основываться только на структуре затрат. На диаграмме 3 сравниваются высокие затраты для соединения 500 домов с прилегающими участками в пределах 100 футов (~300 м) в «зеленой зоне».

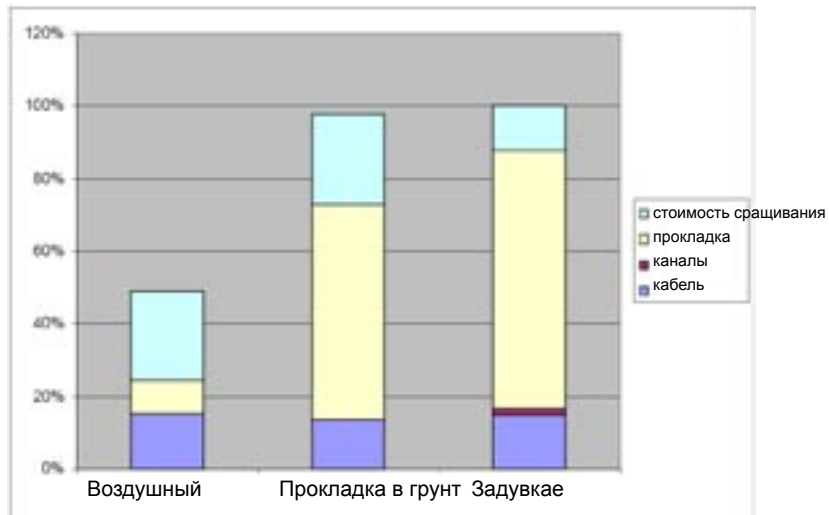


Диаграмма 3. Сравнение затрат на три метода прокладки кабеля.

Следует отметить, что метод задувки имеет еще одно преимущество: для него требуется гораздо меньше сростков (сварок), что позволяет экономить затраты на прокладку и мощность оптического излучения, поскольку каждая точка сращивания добавляет в среднем от 0,01 до 0,05 дБ потерь. Эти значения, хотя они кажутся и небольшими, могут оказаться проблемой при критическом запасе по бюджету оптической мощности. Более того, если инфраструктура кабельной канализации уже существует, стоимость технического решения прокладки кабеля методом задувки может сократиться до уровня стоимости подвески на опорах. Метод задувки позволяет также проложить кабель в каналах, где уже имеется кабель, в то время, как традиционный метод протягивания кабеля в таких случаях не применим.

Еще одним способом оптимизации капитальных затрат является перебор различных вариантов топологии сети. При этом пассивные оптические сети обеспечивают особую гибкость, поскольку приемные разветвители можно установить в любом месте сети от головной станции до здания заказчика, как показано на рис. 1. (1) При передаче на короткие расстояния разветвители можно установить в головной станции, что позволит максимально эффективно использовать порты OLT. Хотя при этом потребуются больше оптического волокна, чем в случае установки разветвителя в зоне за пределами вне помещений, такая процедура позволяет значительно сократить расходы на электронику, снижая общий размер инвестиций. (2) Для абонентов, рассеянных по обширной территории, использование 1x8 разветвителей в комбинации с 1x4 разветвителями вместо 1x32 разветвителей может дать значительную экономию средств. (3) Для многоквартирных домов и деловых зданий прокладка «внутридомовой» линии кабеля может значительно сократить затраты на приобретение оптического кабеля.

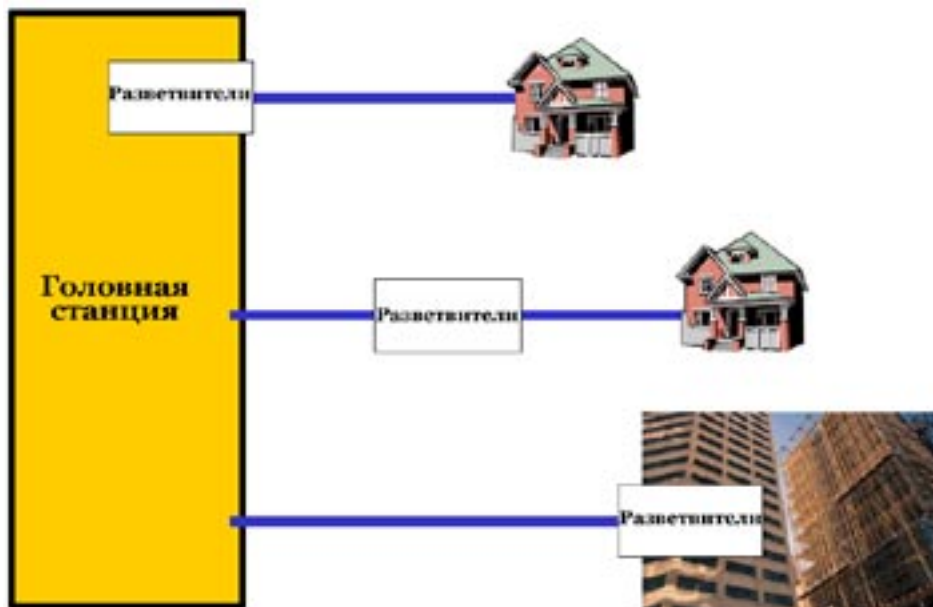


Рис. 1 Размещение разветвителей в разных точках сети

Элементы сети

Помимо выбора метода прокладки кабеля, элементы сети также играют очень важную роль в сетях типа FTTP. Из-за небольшой протяженности таких сетей, затраты на муфты сращивания, оптические коммутационные щиты, разъемы и другое оборудование, стоимость которого обычно составляет 5-10% от стоимости оптического волокна в сетях большой протяженности, могут вырасти до 35%.

Кроме того, проектировщикам сетей необходимо предусмотреть такие параметры сети, которые обеспечат адекватные требованиям эксплуатационные характеристики. В таблице 1 приведены основные требования для пассивных волоконно-оптических сетей разного назначения. При подборе компонентов сетей следует иметь в виду эти требования.

Таблица 1. Варианты пассивных волоконно-оптических сетей (PON) и их основные технические характеристики

| Тип и протокол | Скорость передачи данных | Разветвления | Стан-дарт | Энергетический потенциал OLT-ONT | Тип оптического волокна |
|---|---|--------------|--|--|---|
| BPON - широкополосная пассивная волоконно-оптическая сеть ATM | 622 или 155 Мбит/с нисходящ. 155 Мбит/с восходящ. 20 км макс. | 32 | МЭК G. 983.3 2001 | Вносимые потери канала Оптика класса А 20дБ Оптика класса В 25 дБ Оптика класса С 30 дБ | Одномодовое ITU G.652.c (с низким или нулевым водяным пиком) ITU G.652 (станд. SMF) |
| GPON – Гигабит-пассивная волоконно-оптическая сеть ATM или Ethernet | 2.488 или 1.244 Мбит/с нисходящ. 2.488 или 1.244 Мбит/с восходящ. 20 км макс. | 64 | МЭК G. 984.2 проект 10/2003 спец. публикация | Оптика класса А 20дБ Оптика класса В 25 дБ Оптика класса С 30 дБ | Одномодовое ITU G.652.c/d (с низким или нулевым водяным пиком) ITU G.652 (станд. SMF) |
| EPON – пассивная волоконно-оптическая сеть Ethernet | 1.25 Мбит/с нисходящ. и восходящ. 10 км миним. 14 км восходящ. 20 км нисходящ. | 16 | МЭК G. 802.3 проект 04/2004 спец. публикация | PX-10U 23 дБ PX-10D 21 дБ PX-20U 26 дБ PX-20D 26 дБ | Одномодовое ITU G.652.c (с низким или нулевым водяным пиком) ITU G.652 (станд. SMF) |

В таблице 2 приводятся типичные эксплуатационные характеристики элементов сети, таких как разъемы и разветвители. Рынок предлагает несколько типов изделий, которые могут привлечь разработчиков сети своей низкой ценой. Однако на первом месте должны быть эксплуатационные характеристики и надежность, поскольку даже малые на первый взгляд значения характеристик могут очень быстро накапливаться и влиять на работу сети и устойчивость соединения.

Таблица 2. Типичные значения затухания для различных элементов

| Элементы | нм | Типичные значения затухания |
|---------------------------------|------|-----------------------------|
| Разветвители | 1x4 | 7дБ |
| | 1x8 | 10дБ |
| | 1x16 | 13дБ |
| | 1x32 | 18дБ |
| Разъемы | | 0.06 to 0.4дБ |
| Сплавные сращения | | 0.01 to 0.1дБ |
| Волокно с нулевым водяным пиком | 1310 | 0.32 to 0.34дБ/км |
| | 1383 | 0.29 to 0.31дБ/км |
| | 1550 | 0.19 to 0.21дБ/км |
| | 1625 | 0.23 to 0.24дБ/км |

Элементы сети могут также помочь управление сетью в будущем, облегчая идентификацию оптических линий и защищая их. В пассивных волоконно-оптических сетях типа FTTP с разветвлением 1x32, монтажник может отсоединить от сети сразу 32 абонента, случайно обрезав не то волокно. Точки объединения, например, монтажные шкафы и щиты, могут превратиться в «ночной кошмар оператора», если провайдер услуг не наладит соответствующее ведение учета.

Выбор элементов сети с целью экономии места и средств при прокладке

Разъемы – это гораздо больше, чем просто соединение и снижение потерь. На рынке базового оборудования для прокладки сетей лидируют разъемы SC. Однако новое поколение малогабаритных разъемов могут оказаться более удачным выбором, когда ограничено монтажное пространство. Малые форм-факторные разъемы типа LC имеют лучшие эксплуатационные характеристики, по сравнению со стандартными разъемами SC, и позволяют удвоить количество портов в пределах одной зоны обслуживания. Поскольку стоимость аренды площадей и получение разрешений на установку в зоне OSP (OSP – зд. OutSide Plant - зона размещения эл-в линии связи за пределами помещений/сооружений и пр.) могут значительно возрасти в ближайшее время, стоит рассмотреть применение именно малогабаритных разъемов для этих применений.



Рис. 2. Сравнение размеров разъемов SC и LC.

Еще одной особенностью элементов сетей, устанавливаемых в OSP –зоне, является уже имеющаяся выполненная предварительная разделка концов кабелей (оконцовка), что позволяет избежать выполнения сращивания кабелей в шкафах, на щитах и в других точках соединения и управления. На диаграмме 4 проводится сравнение затрат при использовании стандартного кабеля и шнуров типа «pigtail» для сращивания и кабеля с предоконцовкой, не требующего дополнительного сращивания.

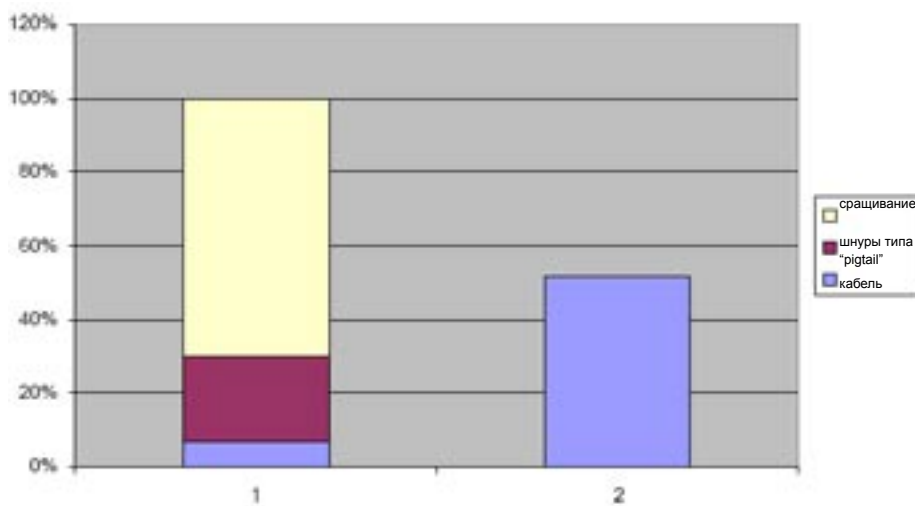


Диаграмма 4. Сравнение конечных затрат на стандартный кабель и кабель с оконцовкой

Кабель с предоконцовкой не только позволяет экономить затраты на сращивание, поскольку разъемы уже смонтированы в заводских условиях, но также экономят монтажное пространство в элементах сети. Кабель с предоконцовкой не требует применения отдельных выдвижных блоков (полок) сращивания, занимающих дополнительное место в стойках и пр., позволяет использовать меньшую площадь и быстрее вводить в действие сеть. Кроме того, заводские оконцовки отличаются более высоким качеством.

Выбор элементов сети и общие характеристики сети

Тщательный анализ затрат позволяет определить, какие характеристики изделия наиболее подходят для сети. Уникальность каждой сети FTTP требует проведения самостоятельного анализа и технической разработки в каждом конкретном случае. Однако в таблице 3 показано, как затухание в отдельных элементах сети может повлиять на диапазон оптического сигнала. Потенциальные преимущества вложения денег в приобретение элементов «Premium» с низким затуханием очевидны, поскольку они позволяют увеличить диапазон расстояний передачи при одинаковом бюджете потерь.

Таблица 3. Диапазон действия пассивной оптической сети с элементами, характеризующимися разным затуханием

| Широкополосная пассивная оптическая сеть – OLT (1310 нм) – бюджет оптической мощности 25дБ – стандарт ITU оптика класса В – 155 Мб/сек | | | |
|--|------------|---|------------|
| Стандартное оборудование для прокладки кабеля в сети FTTP | | Оборудование Premium для прокладки кабеля в сети FTTP | |
| 4 стандартных разъема SC | 2.40 дБ | 4 Premium разъема LC | 0.48 дБ |
| 6 сварных соединений | 0.44 дБ | 6 сварных соединений | 0.33 дБ |
| 1x32 стандартный разветвитель | 18.3 дБ | 1x32 Premium разветвитель | 17.0 дБ |
| Эксплуатационный запас | 1.0 дБ | Эксплуатационный запас | 1.0 дБ |
| Остающийся оптический бюджет | 2.86 дБ | Остающийся оптический бюджет | 6.19 дБ |
| Затухание стандартного волоконно-оптического кабеля | 0.40 дБ/км | Затухание Premium волоконно-оптического кабеля | 0.34 дБ/км |
| Максимальная расчетная дальность | 7.15км | Максимальная расчетная дальность | 18.2км |

Таблица 4. Пояснения к оценкам в таблице 3.

| Статистические максимальные потери оконцовок/сростков (модель 2 станд.откл.) | | | | |
|--|--------|---------|-------------|-------|
| Вносимые потери | Кол-во | Средняя | Станд.откл. | Общее |
| Разъемы LC (OFS) | 4 | 0,06 | 0,06 | 0,48 |
| Станд.разъемы SC | 4 | 0,3 | 0,3 | 2,40 |
| Сростки высшего качества | 6 | 0,03 | 0,03 | 0,33 |
| Стандартные сростки | 6 | 0,04 | 0,04 | 0,44 |

Заключение

В этой статье приведен обзор различных архитектур, элементов и вариантов конструкции сетей FTTP, разработка которых пока еще находится на начальной стадии. Однако несколько коммерческих сетей в США показали, что именно приверженцы высокой технологии могут сэкономить на затратах и в тоже время получить прибыль от реализации конечных услуг высокого уровня..

Рассмотренные технологии и модели затрат не должны рассматриваться в качестве детального руководства к действию для планирования сетей, но они отражают опыт, приобретенный строителями и операторами сетей. По мере продвижения RBOC (региональные телефонные компании США) на этот обширный рынок, можно будет проследить появление новых технологий и дополнительных возможностей, сократить затраты, что, возможно, повлияет на сегодняшние оценки затрат и модели эксплуатационных характеристик сетей.

Имеется один очень важный аспект, который следует иметь в виду: прокладка кабеля может составлять менее половины стоимости сети FTTP. Однако он может стать главным виновником сбоев в работе сетей и высоких эксплуатационных расходов. Поэтому тщательный анализ и последующие за этим адекватные инженерные руководства, а также применение высококачественных изделий смогут гарантировать надежную работу сети на долгие годы.