

Почему оптоволокно?

Администраторы сетей относятся часто с некоторым опасением к волоконно–оптическим технологиям. Однако волоконная оптика гораздо проще, чем кажется.
Джеймс Джонс

Если вы спросите у сетевого администратора, что он думает о волоконно–оптических кабелях и технологиях, то вы, скорее всего, услышите, что они очень дороги, сложны и требуют постоянного контроля и наблюдения.

Реально это выглядит совершенно по–другому: оптоволокно недорого, очень надежно и обеспечивает поистине огромные скорости передачи данных. Если вам приходилось работать с кабелем UTP Категории 5 или, по крайней мере, с коаксиальным кабелем, то вы без особого труда освоитесь с волоконной оптикой.

Такая область, как волоконно–оптические кабели и технологии, слишком обширна для одной статьи. Поэтому сосредоточим свое внимание исключительно на доводах в пользу применения оптоволокна в вашей сети. Затем мы коротко обоснуем пользу оптоволоконных решений и рассмотрим некоторые отличия стандартного оптоволокна от оптического волокна семейства GIGAlite II компании Nexans.

Почему оптоволокно?

Зачем вместо медного кабеля прокладывать оптоволокно? Оптический кабель может передавать данные с очень высокой скоростью. Пропускная способность такой оптической системы будет измеряться в Тбит/с.

Оптоволокно обладает отличными характеристиками передачи, большой емкостью передаваемых данных, потенциалом для дальнейшего увеличения пропускной способности и прекрасной электромагнитной совместимостью ЭМС.

Оптический световод состоит из сердечника и защитного внешнего слоя (оболочки). Оболочка служит в качестве отражающего слоя, с помощью которого световой сигнал удерживается внутри сердечника.

Оптический кабель может состоять только из одного оптического световода, но на практике он содержит множество оптических волокон. Волокна уложены в мягкий защитный материал (буфер), а он, в свою очередь, защищен жестким покрытием.

В большинстве оптических волокон диаметр оболочки составляет 125 мкм. Размер сердечника в распространенных типах оптических волокон составляет 50 мкм и 62,5 мкм для многомодового оптоволокна и 8 мкм для одномодового оптоволокна. Впрочем–то, световоды характеризуются соотношением размеров сердечника и оболочки, например 50/125, 62,5/125 или 8/125.

Сигналы оптического излучения передаются через оптоволокно и принимаются электронным оборудованием на другом конце кабеля. Такое оборудование называется оконечным оборудованием волоконно–оптической линии связи. Оно преобразует электрические сигналы в оптические, и наоборот.

Одно из преимуществ оптоволокна состоит в том, что пропускную способность сети на базе оптоволокна можно увеличить простой заменой оконечного оборудования на обоих концах волоконно–оптической линии связи.

Многомодовое или одномодовое?

Многомодовое и одномодовое оптоволокно отличаются способом распространения оптического излучения в волокне. Самое простое отличие заключается в размерах сердечника световода. Более конкретно, многомодовое волокно может передавать несколько мод (независимых световых путей) с различными длинами волн или фазами, однако больший диаметр сердечника приводит к тому, что вероятность отражения света от внешней поверхности сердечника повышается, а это приводит к модовой дисперсии (рассеиванию) и, как следствие, уменьшению пропускной способности и расстояния между повторителями сигнала.

Грубо говоря, пропускная способность многомодового оптоволокна составляет около 2,5 Гбит/с. Одномодовое оптоволокно передает световую энергию только одной моды. Однако меньший диаметр сердечника такого оптоволокна означает и меньшую модовую дисперсию. В результате сигнал может передаваться на большие расстояния без повторителей. Проблема заключается в том, что само одномодовое оптоволокно и электронные компоненты для передачи и приема оптического сигнала стоят дороже.

Одномодовое волокно имеет очень тонкий сердечник (диаметром 10 мкм и менее). Из-за малого диаметра сердечника световой пучок отражается от его поверхности реже, а это приводит к меньшей модовой дисперсии. Термин «одномодовый» означает, что такой тонкий сердечник может передавать только один световой несущий сигнал (или моду). Пропускная способность одномодового оптоволокна превышает 10 Гбит/с.

Физическая топология сети

Волоконно–оптическая кабельная проводка, как и проводка UTP, имеет физическую и логическую топологии. Физическая топология — это схема проводки оптического кабеля между зданиями и внутри каждого из них для создания основы гибкой логической топологии.

Одним из лучших, если не самым лучшим, источником практической информации по физической проводке кабелей является руководство BICSI Telecommunications Distribution Method (TDM) за 1995 год. TDM представляет основу для формирования топологии сети с проводкой из оптического кабеля в соответствии с принятыми стандартами.

TDM, американский стандарт на Телекоммуникационную проводку для коммерческих зданий (ANSI/TIA/EIA–568A) и международный стандарт на Универсальную кабельную систему для зданий и территорий заказчика ISO/IEC IS 11801 рекомендуют физическую топологию типа «звезда» для соединения между собой волоконно–оптических магистралей как внутри, так и вне зданий.

Физическая топология во многом определяется взаимным расположением и внутренней планировкой зданий, а также наличием готовой кабельной канализации. Несмотря на то что иерархическая звездообразная топология обеспечивает наибольшую гибкость, она может оказаться невыгодной по чисто финансовым соображениям. Но даже физическое кольцо лучше, чем полное отсутствие оптической кабельной магистрали.

Число используемых оптических волокон в кабеле

Число оптических световодов в кабеле определяет число оптоволокон. К сожалению, ни один опубликованный стандарт не определяет, сколько оптоволокон должно быть в кабеле.

Поэтому проектировщик должен сам решить, сколько оптоволокон будет в каждом кабеле. При выборе оптоволоконного кабеля помните, что производители оптического кабеля, как правило, изготавливают его с числом волокон кратным 6 или 12.

Общее правило таково: волокон в кабеле между зданиями должно быть столько, сколько позволяет ваш бюджет. Но, все же, каков практический минимум для числа оптических волокон?

Подсчитайте, сколько волокон вам нужно для начальной поддержки сетевых приложений, а затем умножьте это число на два, и вы получите необходимый минимум. Например, если вы собираетесь задействовать в кабеле между двумя зданиями 31 волокно, то надо округлить это число до ближайшего кратного шести (в большую сторону), что равняется 36. В нашей ситуации потребуется кабель, по крайней мере, с 72 волокнами.

Если вы привыкли к работе с кабелями UTP, то 72 волокна могут показаться вам слишком большим числом. Однако помните, что цена кабеля с 72 волокнами отнюдь не вдвое больше цены кабеля с 36 волокнами. В действительности, он стоит всего лишь на 20% дороже кабеля с 32 волокнами. Кроме того, помните, что затраты и сложность прокладки кабеля с 72 волокнами будут практически такими же, как и у кабеля с 36 волокнами, а дополнительные волокна могут вполне пригодиться вам в будущем.

Спецификация на оптоволокно

Спецификаций на оптоволокно существует сотни, они охватывают все возможные аспекты — от физических размеров до пропускной способности, от прочности на разрыв до цвета материала защитной оболочки. Защитная оболочка (буфер) предохраняет оптоволокно от повреждения, и она обычно маркируется разным цветом из соображений простоты.

Практические параметры, которые необходимо знать, — это длина, диаметр, окно прозрачности (длина волны), затухание, пропускная способность и качество оптоволокна.

В спецификациях на оптоволокно длина указывается в метрах и километрах. При получении заказанного оптического кабеля проверьте, чтобы поставляемый кабель имел требуемую длину. Кроме того, на случай, скажем, перестановки стойки с оборудованием в пределах комнаты приобретение дополнительной катушки кабеля для комнаты с оконечным оборудованием вполне оправдано.

Многомодовое оптоволокно может быть нескольких диаметров, но наиболее распространено из них оптоволокно с соотношением диаметров сердечника к оболочке 62,5 на 125 мкм. Именно это многомодовое оптоволокно будет использоваться во всех примерах данной статьи. Размер 65,2/125 называется в спецификации ANSI/TIA/EIA-568A стандартным для проводки в зданиях.

Одномодовое оптоволокно имеет один стандартный размер — 9 мкм (плюс-минус один мкм). Помните, если ваше оконечное оборудование волоконно-оптических линий связи предусматривает применение оптоволокна специального диаметра и вы собираетесь и дальше его использовать, то, скорее всего, оно не будет работать с оптоволокном обычного диаметра.

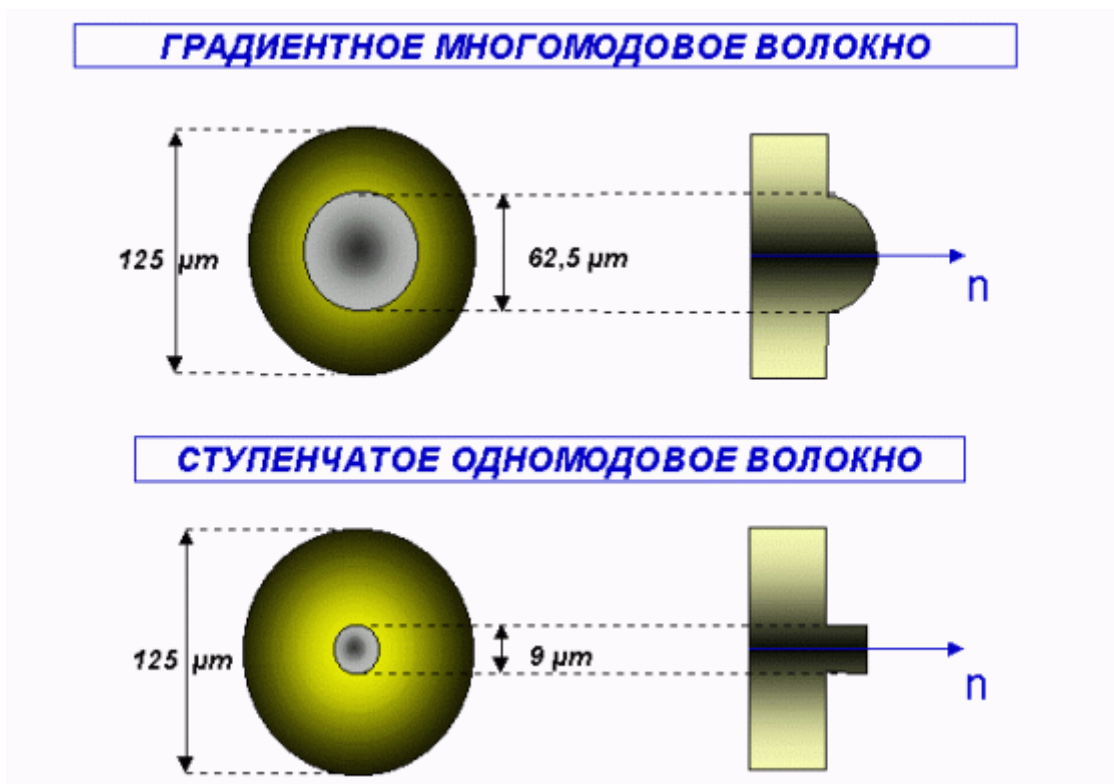


Рис. 1 Одномодовое и многомодовое оптическое волокно

Окно прозрачности — это длина световой волны излучения, которую волокно передает с наименьшим затуханием. Длина волны измеряется обычно в нанометрах (нм). Самые распространенные значения длины волны — 850, 1300, 1310 и 1550 нм. Большинство волокон имеет два окна — т. е. оптическое излучение может передаваться на двух длинах волн. Для многомодовых оптических волокон это 850 и 1310 нм, а для одномодовых — 1310 и 1550 нм.

Затухание характеризует величину потерь сигнала и действует аналогично сопротивлению в медном кабеле. Затухание измеряется в децибелах на километр (дБ/км). Типовое затухание для одномодового волокна составляет 0,5 дБ/км при длине волны в 1310 нм и 0,4 дБ/км при 1550 нм. Для многомодового волокна эти величины равны 3,0 дБ/км при 850 нм и 1,5 дБ/км при 1300 нм. Благодаря тому, что оно тоньше, одномодовое волокно позволяет передавать сигнал с тем же затуханием на большие расстояния, чем аналогичное многомодовое волокно.

Спецификацию на кабели надо составлять, исходя из максимально допустимого затухания (т. е. наихудшего случая), а не типовой величины потерь.

Так, максимальная величина затухания при указанных длинах волн составляет для одномодового 1,0/0,75 дБ/км и 3,75/1,5 дБ/км для многомодового. Чем шире окно прозрачности, т. е. чем больше длина волны оптического излучения, тем меньше затухание для кабелей обоих типов.

Спецификация затухания может выглядеть, например, так:

1. максимальное затухание одномодового волокна должно быть 0,5 дБ/км при окне 1310 нм или максимальное затухание многомодового волокна должно быть 3,75/1,5 дБ/км для окна прозрачности 850/1300 нм;
2. скорость передачи данных, передаваемых по оптоволокну, прямо пропорциональна затуханию. Таким образом, чем меньше затухание (дБ/км), тем шире граничная частота полосы пропускания в МГц. Минимально допустимая граничная частота полосы пропускания для многомодового волокна должна быть 160/500 МГц при длине волны 850/1300 нм и максимальном затухании 3,75/1,5 дБ/км. Эта спецификация отвечает требованиям FDDI, Ethernet и Token Ring.

Волокно может быть трех различных типов в зависимости от необходимых характеристик оптической передачи: стандартное, высококачественное и премиумное. Волокно более высокого качества используется обычно для удовлетворения более жестких требований к протяженности канала в СКС и затуханию сигнала.

Способы ввода оптического излучения в оптоволокну

Ввод оптического излучения в оптоволокну может осуществляться различными способами.

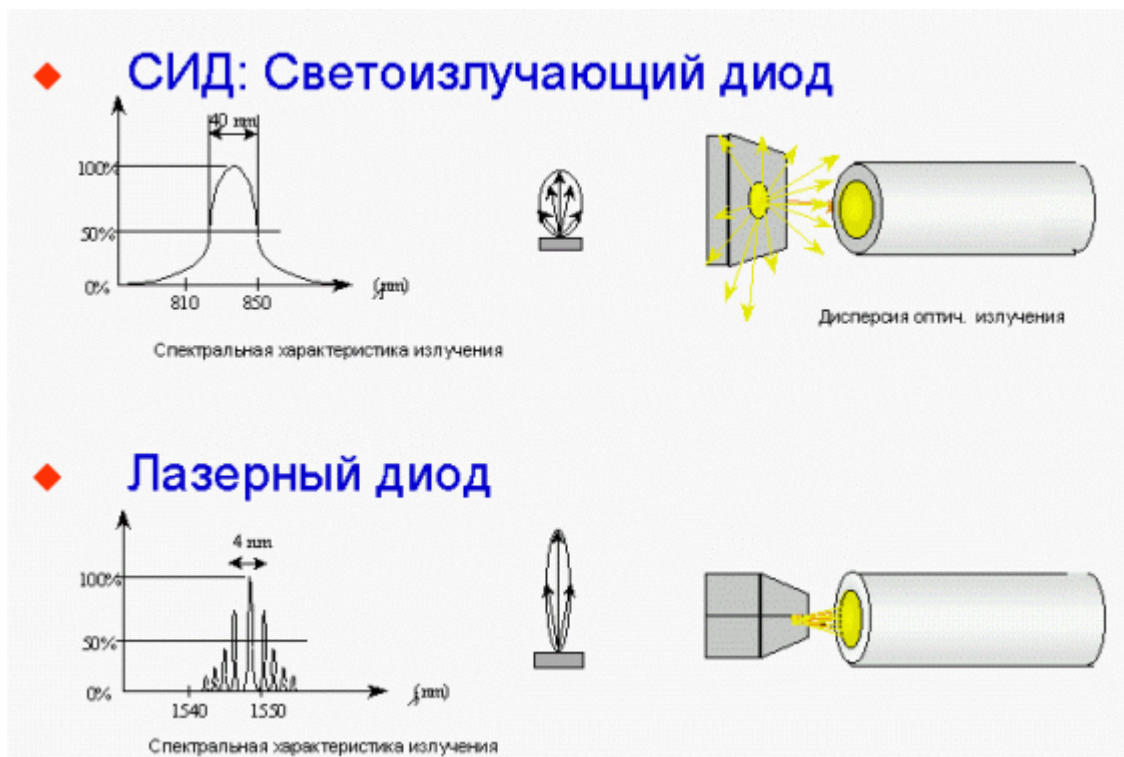


Рис. 2 Лазерный диод и светодиод

Ввод излучения для одномодового оптоволокну осуществляется узким лучом точно вдоль оси сердечника оптоволокну. В качестве оптического источника излучения здесь применим только лазерный диод.

Для многомодовых волокон может использоваться и более дешевый светодиодный излучатель, имеющий более широкую диаграмму направленности излучения.

Возможно применение и новых дешевых излучателей, но имеющих более узкую диаграмму направленности с большой интенсивностью излучения. Таким источником оптического излучения является **VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) — Лазер поверхностного излучения с**

вертикальным объемным резонатором, работающий на длине волны 850 нм и 1300 нм. Применение данного источника излучения будет особенно экономически выгодным на длине волны 850 нм.



Рис. 3 Лазер поверхностного излучения с вертикальным объемным резонатором (VCSEL)

Достоинствами VCSEL являются:

1. Технологичность производства излучателя;
2. Снижение цены по сравнению с лазерным диодом;
3. Узконаправленный и интенсивный спектр оптического излучения.

Все эти характеристики излучателя являются чрезвычайно важными при расчете экономической эффективности применения СКС, работающих на оптоволокне.

Линейные системы, строящиеся на основе оптоволокна позволили значительно повысить скорость передачи информации и увеличить длину участка прокладки оптоволокна без промежуточной регенерации.

Практический опыт многих лет создавал иллюзию, что существующие многомодовые волокна могут обеспечить почти неограниченную полосу пропускания в магистралях локальных вычислительных сетей, позволяя использовать все более высокую скорость передачи данных.

Однако проведенные недавно испытания показали, что традиционные многомодовые магистрали просто не в состоянии были обеспечить требуемую полосу пропускания на расстоянии свыше 275 м.

Появление нового поколения оптических излучателей типа VCSEL, работающих на длине волны 850 нм, заставляет выбрать многомодовый оптоволоконный кабель, оптимизированный для лазерной накачки, чтобы получить требуемую полосу пропускания на больших расстояниях. Кабельные решения GIGALite II компании Nexans, рекомендованные Сонет Текнолоджис — это выбор сегодняшнего дня; они предлагаются с оптоволокном стандарта 50/125 мкм и 62,5/125 мкм.

В чем же преимущества технологии GIGALite II фирмы Nexans?

На сегодняшний день — это, пожалуй, единственный оптоволоконный кабель, который в состоянии обеспечить требуемую полосу пропускания информационного сигнала на больших расстояниях.

В ходе разработки технологии Gigabit Ethernet было обнаружено искажение сигнала с длиной волны 1300 нм (1000Base-LX) на некоторых многомодовых кабелях низкого качества, имеющих физический дефект в самом центре оптоволокна.

Проведенные испытания показали, что можно избежать искажения сигнала, используя специальные соединительные шнуры, получившие название «соединительный шнур с равновесным модовым распределением», которые обеспечивают смещение при лазерной накачке в многомодовый кабель.

Высокое качество оптоволокна в кабелях GIGALite II позволяет обойтись без использования этих дорогостоящих специальных соединительных шнуров.

До настоящего времени метод измерения полосы пропускания был основан на условиях OFL (Over Fill Launch — Накачка с модовым переполнением), характерных для светодиодной накачки.

Передатчики типа VCSEL и лазерные диоды обеспечивают неполное заполнение оптоволоконна: уменьшение количества мод, поступающих в оптоволоконно, должно вести к увеличению полосы пропускания, но только если профиль показателя преломления оптоволоконна оптимизирован в самом его центре.

Как известно, явление модовой дисперсии значительно снижает скорость передачи оптического сигнала по оптоволокону. Получается, что при передаче идеального остроконечного импульса он не только претерпевает «уширение», но и теряет часть энергетического спектра за счет эффекта «провала» вершины импульса. Такой эффект провала вызван профилем искажений DIP (Distortion Index Profile) оптоволоконна, по которому осуществляется передача (рис. 4,5).

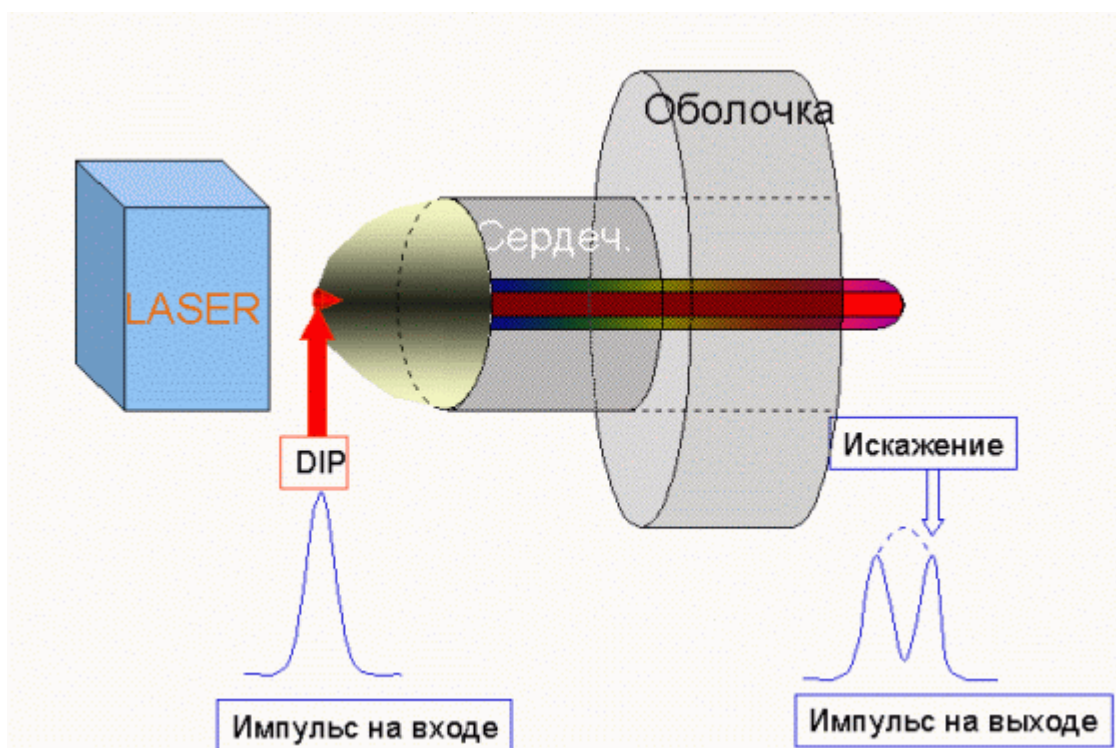


Рис. 4 Профиль DIP оптоволоконна и искажение импульса на приеме

Профиль DIP, который изображен на рисунке вызывает возникновение временной задержки распространения оптического сигнала в многомодовом волокне.

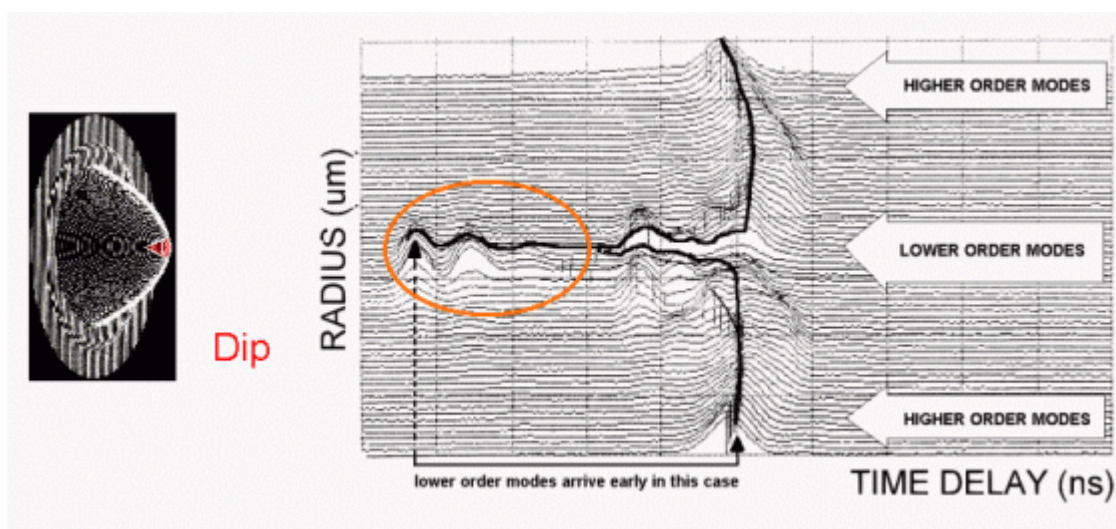


Рис. 5 Влияние профиля DIP на распространение мод в оптоволоконне

В этом случае моды оптического излучения низкого порядка будут приходить быстрее мод более

высокого порядка, что неизбежно отразится на качественных характеристиках канала передачи в СКС.

Оптоволокно технологии GIGAlite II позволяет избежать задержек сигнала в канале СКС. При использовании данного многомодового волокна расстояния, определяемые максимальной дальностью передачи информационного сигнала для сетевого приложения GAGAbit Ethernet могут быть увеличены более, чем вдвое (рис.6)

IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet)	GIGAlite™ II Рабочие характеристики
Расстояния :	Расстояния :
▶ 62.5/125 @ 850 nm : 275 m	▶ 62.5/125 @ 850 nm : 600 m
▶ 62.5/125 @ 1300 nm : 500 m	▶ 62.5/125 @ 1300 nm : 1200 m
▶ 50/125 @ 850 nm : 500 m	▶ 50/125 @ 850 nm : 1000 m
▶ 50/125 @ 1300 nm : 500 m	▶ 50/125 @ 1300 nm : 2000 m
Рекомендуется соединительный оптоволоконный шнур с равновесным распределением мод	НЕ требуется соединительный оптоволоконный шнур с равновесным распределением мод
Мах. 3 коннектора на канал	До 6 коннекторов на канал

Рис. 6 Максимальная дальность передачи в канале СКС по оптоволокну GIGAlite II

Могут быть предложены универсальные оптоволоконные решения для магистралей распределителей уровня кампуса, вертикальных участков и свернутых магистралей, а также для оснащения рабочего места.

В связи с этим, интерес представляют несколько кабельных решений, которым компания Сонет Текнолоджис уделяет особое внимание.

Это кабельные решения на основе оптоволокна, получившие сокращения FTTW — оптоволокно до рабочего места, соединяющие в себе решения FTTO — оптоволокно в офис и FTTD — оптоволокно до рабочего стола. Технология FTTW пришла на смену существовавшей до недавнего времени популярной технологии — кабельного решения CTTD — медный кабель до рабочего места (см. рис.7).

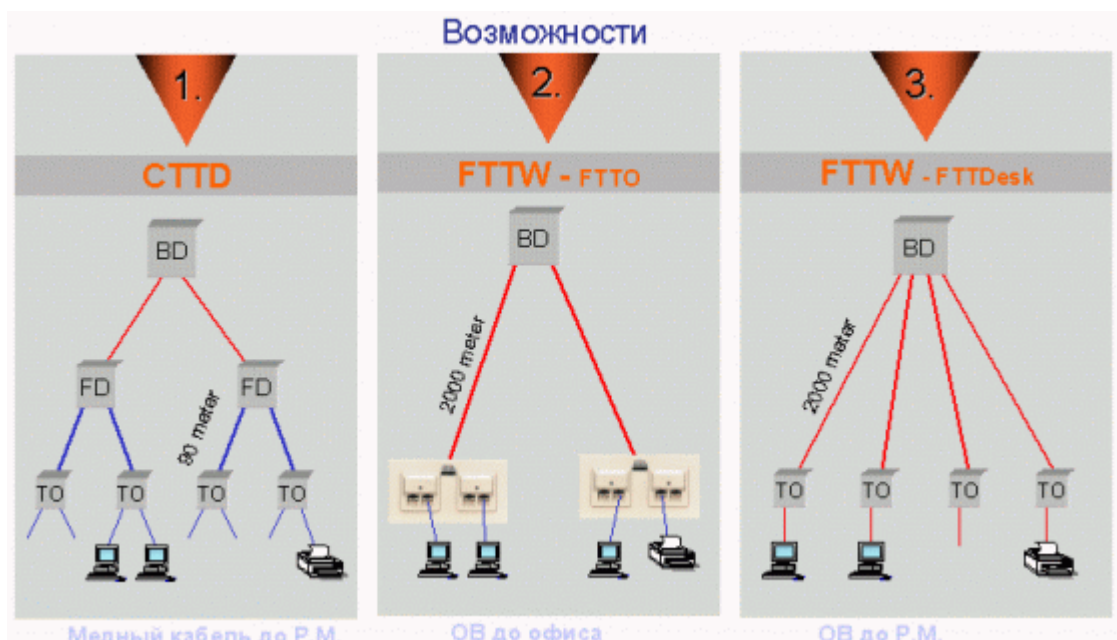


Рис.7 Сравнение кабельных решений на базе медного кабеля и оптоволокна

Кабельные решения FTTW объединяют два направления, работающие на базе оптоволоконных кабелей: FTTD и FTTO (рис.8)

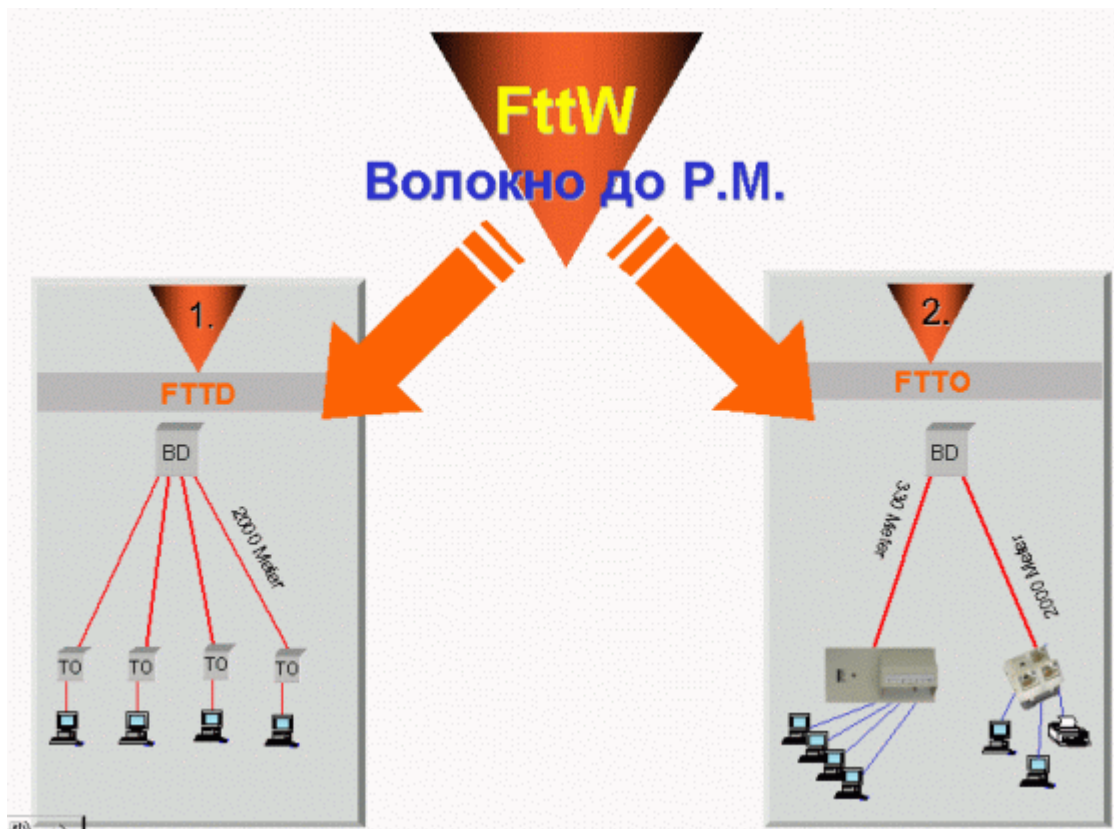


Рис. 8 Оптоволоконное кабельное решение FTTW

Преимущества такого оптоволоконного кабельного решения перед известными, базирующимися на основе медного кабеля будут следующие факторы:

1. Оптоволокну подходит к розетке рабочего места минуя уровни распределения этажа здания, что позволяет сэкономить на установке коммутационных коробок зонавого распределения;
2. Возможность доведения до офиса оптоволоконной магистрали высокоскоростных сетевых приложений, таких, как ATM 155 Мбит/с и GIGAbit Ethernet 1000 Мбит/с;
3. Организация офисных концентраторов на базе оптоволокна с последующим зонавым распределением в офисе или преобразованием оптического излучения в электрический сигнал с доводкой сетевого приложения до рабочего места по медному кабелю.

И, наконец, доводка оптоволоконного кабеля до рабочего места потребует от монтажника выполнения только оконцевания волокна в разъеме.

Одним из новых направлений организации оптоволоконного доступа в офис служит технология FTTO – оптоволокну в офис.

Отличие данного кабельного решения на базе оптоволокна от уже рассмотренного заключается в комбинировании решений FTTD и FTTO. При этом пользователи получают возможность работы с сетевым приложением по стандартным медным витым парам.

Оптические коннекторы

Типов оптических коннекторов столько, сколько существует производителей оборудования. Рекомендуемым типом оптического коннектора согласно спецификации ANSI/TIA/EIA-568A на телекоммуникационную проводку для коммерческих зданий является двойной защелкивающийся SC коннектор.

Однако наиболее часто используемым типом оптического коннектора в патч панелях стал коннектор ST.

Несмотря на использование стандартных коннекторов для оптической патч панели, вы наверняка

столкнетесь с множеством оптических коннекторов в оконечном оборудовании. Если коннектор на оконечном оборудовании не соответствует тому, что установлен на патч панели, то вам придется покупать двустороннюю оптическую переемычку с требуемыми коннекторами.

Сращивание волокон

Сращивание оптоволоконных кабелей — процедура неизбежная. Наиболее распространены два метода сращивания: механическое сращивание (сплайсинг) и сварка, каждый из которых имеет своих единомышленников.

При механическом сплайсинге концы волокон соединяются друг с другом при помощи муфты–зажима. При сварке концы волокон стыкуются при помощи сварочного аппарата.

Начальные затраты на оборудование для сварки волокон могут быть весьма значительными, но в результате вы получите сварной шов, практически не имеющий затухания. Механическое сращивание будет по качеству хуже сварки.

Неудачное сращивание многомодового волокна имеет меньшие последствия, нежели одномодового, потому что пропускная способность сигнала, передаваемого по многомодовому волокну несколько ниже и волокно не так чувствительно к отражениям в результате механического сращивания. Если сетевое приложение чувствительно к отражениям, то в качестве метода сращивания необходимо применить сварку.

Тестовое оптическое оборудование

Если вы уже приобрели оптоволоконный кабель и собрались делать проводку, то тогда не забудьте приобрести и измеритель мощности оптического сигнала. Такие измерители нуждаются в калибровке для обеспечения точности замера уровня мощности сигнала на волне заданной длины. Некоторые модели измерителей позволяют при замерах мощности выбирать длину волны.

Чтобы генерировать оптический сигнал для выполнения измерений, нам потребуется источник оптической энергии с соответствующей длиной волны. Он излучает оптический сигнал с известной длиной волны и уровнем мощности. Если источник излучения не генерирует оптическую энергию заданной длины волны, что и оконечное линейное оборудование, то измеренные значения оптических потерь не будут соответствовать действительным оптическим потерям волоконно–оптической линии связи.

При прокладке оптоволоконного кабеля вам не обойтись без рефлектометра OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) или аналогичного оборудования измерений. Если вы не можете приобрести такое оборудование самостоятельно, то его можно арендовать в компании Сонет Текнолоджис на время прокладки кабеля. OTDR поможет вам определить характеристики волокна и обеспечить вывод результатов с их графическим представлением. Принцип работы OTDR–рефлектометра похож на оптический радар: он посылает оптические импульсы, а затем измеряет время и амплитуду отраженного сигнала. Помните, однако, что хотя такие рефлектометры и позволяют измерить величину затухания в дБ, эта величина, как показывает опыт, не очень точна. Для измерения затухания вы должны использовать измеритель мощности оптического сигнала и источник с эталонной длиной волны.

Вместо заключения

Нашей целью было познакомить специалистов из мира компьютерных сетей с волоконно–оптической технологией. Этим, однако, проблемы с волоконной оптикой не исчерпываются, — остаются, например, радиус изгиба оптоволоконного кабеля, материалы для изготовления кабеля, выбор оконечного оборудования. Но если нам удалось убедить вас в том, что мир оптического кабеля не так уж сильно отличается от более привычного медного кабельного мира, то наша задача выполнена.

Эти советы помогут вам при работе с оптоволоконном

Наиболее важные советы по оптоволокону

Внимание! Никогда не смотрите непосредственно в оптическое волокно! Уважайте оптические приемопередатчики! Передаваемая по оптоволокону оптическая энергия не видима человеческим глазом,

она может необратимо повредить сетчатку глаза.

Внимание! Обрезки волокна, образующиеся при сращивании волокон, представляют собой осколки стекла. Эти мелкие, практически невидимые "стекляшки" могут повредить кожу или попасть в глаз. Собрать их поможет клейкая двусторонняя лента или скотч.

Внимание! Следите за пожаробезопасностью во время сращивания волокон. При зачистке волокон обычно используется спирт, а он легко воспламеняется, и, кроме того, его горение бесцветно!

Общие советы

Документируйте тестирование оптоволокон. Тесты, проводимые во время прокладки кабеля, дают очень ценные данные. На случай возникновения проблем в будущем сохраните копии измерений потерь и волновых форм.

Затухание сигнала. Установите и запишите затухание каждого волокна на используемой длине волны. Если оконечное оборудование работает с волной 780 нм, то затухание надо проверить на 780 нм — затухание на 850 нм будет отличаться от искомого.

Число волокон. Число волокон в кабеле между зданиями и внутри зданий должно быть максимально возможным.

Четырехкратный допуск на мощность. Делайте допуск по крайней мере в 2 дБ на оптическое затухание по оптоволокну и даже, если это позволяет бюджет, больше.

Не курите! Не курите во время сращивания волокон.

Описание оптоволоконной линии. Составьте описание оконечного оптического канала, включая мощность оптического излучения при передаче, оптические потери, местоположение патч панели, тип коннектора для каждого соединения и мощность оптического излучения при приеме.

Коннекторы для одномодового волокна. Если вы используете как одномодовое, так и многомодовое волокно в кабельной проводке, то одномодовые коннекторы и муфты следует держать отдельно от многомодовых. Во-первых, одномодовые компоненты обходятся дороже. А во-вторых, многомодовый компонент, установленный вместо одномодового, не так-то просто обнаружить даже с помощью специальных приборов.

Топология «звезда». По возможности, физическая проводка должна иметь топологию «звезда».

Использование оптоволоконна 62,5/125. Для внутренних приложений наиболее предпочтительно применение многомодового волокна 62,5/125 мкм, к тому же оно рекомендовано стандартом ANSI/TIA/EIA-568A.

Сведения об авторе: Запорощенко Евгений Кадарович, к. т. н., эксперт СКС Alcatel, Nexans.