

# Фундамент сетевого здания

Проводные соединения



Кабельная система является базовым компонентом физического уровня всех компьютерных сетей, своеобразным фундаментом сетевого здания. Хотя в последнее время все большее распространение получают беспроводные и гибридные сети, кабель был, остается и еще долго будет оставаться основной средой передачи данных.

**С**уществует три типа материальных сред передачи данных: коаксиальный кабель, витая пара и оптоволоконный кабель. Каждый из них имеет свою специфическую область применения.

## Коаксиальный кабель

В коаксиальном кабеле оба проводника тока, образующие электрическую цепь, представляют собой два соосных цилиндра (отсюда его название: coaxial — имеющий общую ось). Обычно такой кабель состоит из одной проводящей медной жилы, окруженной диэлектрическим материалом; он, в свою очередь, экранируется еще одним проводником, который может быть сплошным или переплетенным. Поверх этого проводника следует еще один слой изоляции, а дальше — внешняя оболочка из ПВХ или тефлона.

Электромагнитное поле коаксиального кабеля сосредоточено в пространстве между проводниками тока, то есть внешнее поле отсутствует и поэтому потерь при излу-

чении в окружающее коаксиальный кабель пространство практически нет. Так как внешний проводник одновременно служит электромагнитным экраном, защищающим электрическую цепь тока от влияний извне, коаксиальный кабель обладает высокой помехозащищенностью и имеет относительно малые потери энергии передаваемых сигналов. Коаксиальные кабели делятся на различные классы по сопротивлению, для чего используется шкала RG (Radio Grade). Например, сопротивлению 50 Ом в проводнике толщиной 0,25 дюйма (6,35 мм) соответствует маркировка RG-58.

Коаксиальный кабель стал первой средой передачи данных Ethernet, однако позднее был вытеснен различными спецификациями физического уровня с использованием витой пары. Его преимуществом является способность поддерживать высокоскоростные соединения на значительном расстоянии без использования повторителей. Однако есть и целый ряд достаточно весомых недостатков. Во-первых, его кон-

»



» структура является довольно хрупкой, и почти любое механическое воздействие способно повредить структуру кабеля и сделать передачу сигналов невозможной или затрудненной. Вторым минусом такого кабеля является его размер. Диаметр обычного коаксиального кабеля составляет 95 мм и более, что делает его достаточно громоздким. Приходится выделять дополнительное пространство даже при относительно небольшой концентрации коаксиальных устройств. Третий минус — относительно высокая стоимость, связанная со сложностью его структуры.

Коаксиальный кабель в настоящее время устарел и применяется в основном только в небольших сетях или местах, где сетевая инфраструктура не обновлялась очень давно. Его вытеснили другие, более практичные и эффективные способы соединения — витая пара и оптоволоконный кабель.

### Витая пара

Наиболее распространенной средой передачи данных в настоящее время является витая пара. Она состоит из двух относительно тонких проводов диаметром от 4 до 9 мм. Эти провода свиты друг с другом и покрыты слоем ПВХ. Важным свойством витой пары является то, что она позволяет компенсировать любые электромагнитные помехи, которые в противном случае могли бы повлиять на сигналы.

Толщина провода связана с его производительностью. Кабель потолще предлагает более широкий диапазон частот, что означает повышенную пропускную способность и большую возможную длину. Однако при повышении пропускной способности увеличивается и затухание. Следовательно, в каждом случае необходимо искать оптимальное

Разъемы для соединения устройств коаксиальным кабелем



сочетание между пропускной способностью и длиной. Их соотношение является одним из ключевых элементов спецификаций физического уровня, в которых хотя и не описывается траектория прокладки кабеля, но регламентируются его толщина, типы нагрузки на концах, максимальные расстояния и пропускная способность.

Существует множество разновидностей витой пары, отличающихся по форме и размеру: от одиночной пары, используемой для передачи голосовых пакетов, до магистральных кабелей, содержащих до шестисот пар. Некоторые виды, в частности связанные с увеличением количества пар, предназначены для повышения производительности, другие же применяются для улучшения пропускной способности. Для этого используются следующие методики: увеличение толщины проводника, повышение интенсивности скручивания, в том числе в связке из нескольких пар, и экранирование пар оплеткой. В ЛВС обычно используется кабель из четырех витых пар в оболочке из ПВХ или тефлона. Тефлон является более дорогостоящим и жестким материалом по сравнению с ПВХ, однако и более экологически безопасным, поскольку не выделяет токсичных газов при сгорании. Двумя основными разновидностями

витой пары являются экранированная и неэкранированная.

### Экранированная пара

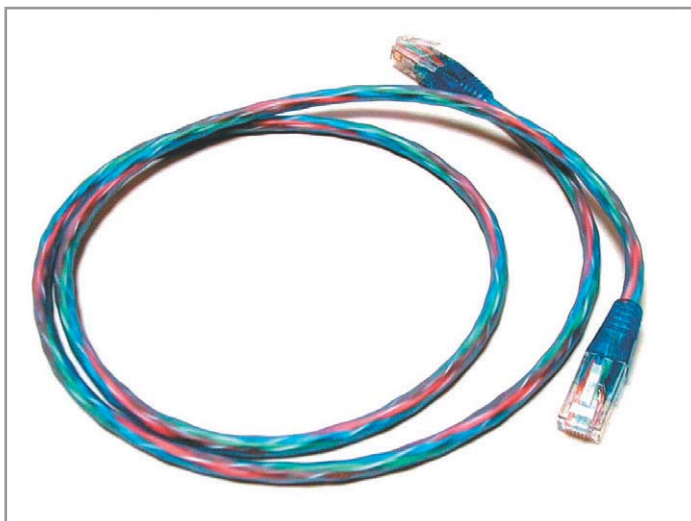
В экранированной витой паре проводники покрываются дополнительной оплеткой или металлической фольгой, располагающимися непосредственно под внешней оболочкой кабеля. Такой тип витой пары предназначен для прокладки кабеля в средах, подверженных воздействию электромагнитных или радиопомех, что препятствует нормальному режиму функционирования. Экранирование витой пары защищает сигналы от воздействия внешних излучений, способствующих затуханию или искажению сигналов.

Покрытие проводника металлическим экраном защищает передаваемые сигналы от помех, вызываемых внешними излучениями. Однако экранирование также может привести к отражению сигнала проводника на самого себя, и поэтому для витой пары оно не имеет большого значения, в частности потому, что здесь применяется механизм коррекции ошибок, позволяющий нейтрализовать воздействие помех.

### Неэкранированная пара

Гораздо более распространена неэкранированная разновидность витой пары, различные варианты которой имеют самые разнообразные форму, размер и качество. В локальных сетях обычно используется кабель из четырех витых пар. В таком кабеле обычно восемь проводов, разделенных на две группы по два — отрицательный и положительный. Одна пара проводников поддерживает передачу, а другая — прием. Другие две в низкоскоростных сетях не используются и выполняют резервные или вспомогательные функции. В сетях же со скоростью передачи 100 Мбит/с и выше используются все четыре пары.

Витая пара — это стандартизированный тип кабеля, делящийся на пять категорий по »



Простейшая витая пара с разъемами для подключения на концах

» производительности. Категории имеют номера от 1 до 5 (а соответствующие кабели обозначаются как кабели категории N, или просто CAT-N), причем при определении категории используется только неэкранированная витая пара.

Кабель категории 1 задействован при передаче голосовых данных в аналоговых телефонных линиях и не сертифицирован для передачи информации.

Кабель категории 2 позволяет передавать информацию со скоростью не более 4 Мбит/с и используется только в самых старых сетях, не обновлявшихся уже более 7-8 лет.

Кабель категории 3 используется в основном в сетях с архитектурой Ethernet 10base-T и позволяет передавать информацию со скоростью до 16 Мбит/с. Такие сети в настоящее время также считаются устаревшими.

Кабель категории 4 теоретически может применяться в сетях с кольцевой архитектурой или Ethernet 10base-T/Ethernet



◀ Для соединения между различными физическими средами требуются конвертеры

100base-T и поддерживать скорость до 16 Мбит/с. Однако на практике такие кабели никогда не используются. Кабель пятой категории является самой распространенной средой передачи данных Ethernet, поддерживает скорость до 100 Мбит/с и используется в сетях с архитектурой 100base-T и 10base-T. Его тактовая частота — 100 МГц.

### Оптоволоконный кабель

Оптоволоконный кабель позволяет передавать гораздо более высокочастотные электромагнитные волны, чем уже описанные типы проводов — коаксиальный кабель и витая пара. Это световые волны. Разнообразие оптоволоконных кабелей, а также их форм, размеров и технических характеристик огромно.



## Основные инструменты

### Диагностика и тестирование

Существует много инструментов, позволяющих собирать и анализировать данные о состоянии кабельной системы в реальном времени. В их число входят цифровые вольтметры, рефлектометры, осциллографы и специальные кабельные тестеры или сканеры.

#### Цифровые вольтметры

Цифровой вольтметр — это электронное измерительное устройство, определяющее напряжение по отношению к известному сопротивлению. В сетевых средах цифровые вольтметры используются для проверки целостности кабелей, определяя, проходит ли ток от одного конца кабеля до другого. Если кабель обладает бесконечно малым сопротивлением, то ток проходит по нему беспрепятственно. Также цифровой вольтметр может использоваться для определения короткого замыкания проводников кабеля. Для этого необходимо подключить оба проводника к контактам вольтметра. Если прибор зашкалит, то это означает, что тестируемые проводники контактируют друг с другом в какой-либо точке. С помощью цифровых вольтметров можно тестировать только электрические кабели.

#### Рефлектометры

Рефлектометр — это прибор, посылающий с определенной периодичностью импульсы по кабелю с целью определения разрывов или других препятствий, не позволяющих сигналам распространяться по кабельной системе сети. Рефлектометр анализирует возвращенные кабелем импульсы и при необходимости позволяет определить примерное расстояние до предполагаемого разрыва, измеряя интервалы времени, необходимые импульсам для достижения места разрыва или короткого замыкания и возврата обратно. Различие между рефлектометром и цифровым вольтметром заключается в том, что с помощью рефлектометра возможно определить не только сам факт разрыва или короткого замыкания, но и приблизительное место. Кроме того, рефлектометр может использоваться для тестирования не только электрических, но и оптоволоконных кабелей.

#### Осциллографы

Осциллограф — это электронный измерительный прибор для представления формы сигнала в графическом виде. При использовании совместно с рефлектометром он позволяет определять короткие замыкания, раз-

рывы, изгибы, перекручивания и другие геометрические характеристики сигналов. Осциллографы могут использоваться как в электрических, так и в оптоволоконных кабелях.

#### Кабельные тестеры и сканеры

Функциональные возможности специальных кабельных тестеров и сканеров значительно шире, чем у более простых приборов. Они позволяют собрать те же данные, что и другие устройства, а также информацию о сопротивлении, импедансе и аттенюации кабеля. Кроме того, с помощью кабельных тестеров и сканеров в реальном времени можно определять количество ошибочно переданных кадров, а также кадров, содержащих служебную информацию, уровень сигналов, количество ошибок, вызванных снижением производительности, конфликтом сигналов, а также число этих конфликтов. Лучшие модели подобных устройств способны отслеживать трафик между двумя конкретными сетевыми устройствами или специально тестировать определенный кабель или сетевой адаптер. Таким образом, функции этих приборов даже выходят за рамки диагностики и тестирования кабельной системы.



» Оптоволоконный кабель обладает тремя основными преимуществами перед остальными типами проводной связи. Во-первых, центральную ось кабеля занимает оптический материал, с помощью которого возможно передавать световые импульсы на огромные расстояния. Во-вторых, отсутствие электрических сигналов и проводников делает передачу данных более защищенной. При давлении оптический материал разрушается, и поэтому несанкционированное подключение к оптоволоконному кабелю практически невозможно. Защита же оптического материала (обычно стекловолокна) осуществляется с помощью лакирования концентрического защитного слоя пластика.

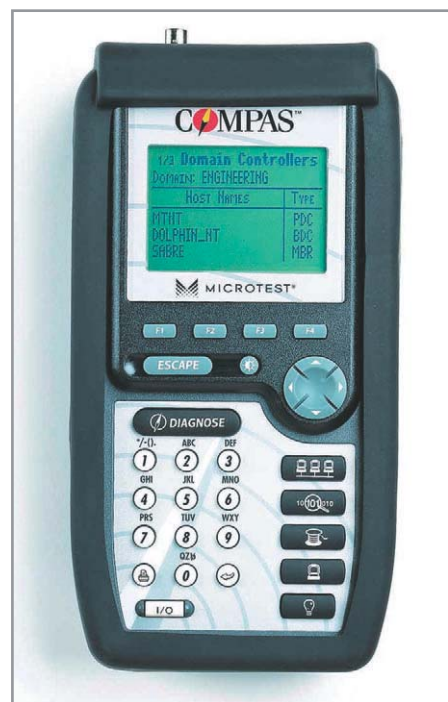
Диаметр оптоволоконного кабеля варьируется от 5 до более чем 100 микрон. В локальных сетях обычно используются кабели диаметром 62,5 микрон, поддерживающие многомодовую связь с использованием светоизлучающих диодов. Обычно оптоволоконные кабели описываются с помощью двух чисел. Первое число означает диаметр оптического материала в микронах, а второе — диаметр защитного покрытия.

Обычно такие кабели прокладываются парами — один для передачи и один для приема. Существует два типа передачи информации по оптоволоконному кабелю — многомодовый и одномодовый.

Многомодовая передача данных осуществляется с помощью светодиодов. Многомо-

довой она называется потому, что из-за дисперсии в оптическом материале помимо основного луча переносятся и его отражения, называемые модами, причем время достижения конечного пункта, в связи с тем, что им приходится преодолевать приличное расстояние, больше времени центрального луча. Использование светодиодов при передаче данных приводит к ограничению максимальной длины оптоволоконного кабеля, связанного с рассеиванием света. Кроме того, в связи с недостаточной концентрацией света пропускная способность таких кабелей ограничена. Однако у них есть и преимущества, в частности они дешевле в сравнении с одномодовыми и удобнее при подключении в связи с тем, что диаметр оптического материала достаточно велик.

Одномодовая передача данных осуществляется с помощью лазеров. Концентрация света в лазерном луче на несколько порядков выше, чем при использовании светоизлучающих диодов. Хотя лазерный луч тоже рассеивается, это происходит на расстояниях, не сравнимых с обычной длиной локальных сетей. В одномодовых оптоволоконных кабелях лазер используется для передачи сигнала через стекло. В такой системе центральный луч не рассеивается и достигает места назначения сразу, то есть в одном моде. Одномодовые кабели имеют диаметр от 5 до 10 микрон и диаметр покрытия 125 микрон. Из-за высокой



▲ Кабельный тестер предоставляет богатые возможности диагностики

стоимости одномодовая технология обычно не применяется в локальных сетях, а используется в более крупных структурах.

Вообще оптоволоконные кабели из-за высокой цены и сложности прокладки используются в локальных сетях в основном для связи между серверами или концентраторами. Скорость передачи в оптоволоконных кабелях может достигать 4 Гбит/с и выше. ■ ■ ■ Иван Новоселов

Тип кабеля	Преимущества	Недостатки	Сфера применения
Коаксиальный кабель	Относительно высокая скорость при передаче данных на коротких расстояниях	Неудобство в развертывании (большой диаметр), более высокая стоимость, чем у витой пары, недостаточная безопасность, низкая помехоустойчивость	Используется в устаревших и небольших локальных сетях из нескольких компьютеров
Экранированная витая пара	Низкая стоимость, удобство в развертывании, защита от внешних помех	Невысокая защита от внутренних помех. Недостаточная безопасность	Используется в средах, подверженных воздействию электромагнитных помех
Неэкранированная витая пара	Низкая стоимость, удобство в развертывании, отсутствие внутренних помех, механизм коррекции ошибок	Недостаточная безопасность	Наиболее распространенный тип кабеля. Используется в большинстве локальных сетей
Многомодовый оптоволоконный кабель	Высокая скорость передачи данных на значительные расстояния. Иммунитет к электромагнитным излучениям. Источник света — светоизлучающий диод	Высокая стоимость. Сложности при развертывании. Повышение нагрузки на системные ресурсы	Используется в локальных сетях для связи между серверами и концентраторами
Одномодовый оптоволоконный кабель	Очень высокая скорость передачи данных (до 4 Гбит/с) на значительные расстояния (до 10 км). Иммунитет к электромагнитным излучениям. Источник света — лазер	Очень высокая стоимость. Сложности при развертывании	Глобальные инфраструктуры

▲ Табл. 1. Сравнительный анализ возможностей основных стандартов передачи данных