Глава 22 : Витая пара (Twisted Pair)

Наиболее популярным материалом для построения современных компьютерных сетей является витая пара. На сегодня это недорогой и универсальный кабель для создания локальных коммуникаций практически любого уровня сложности. Постараемся объяснить, почему она получила такое широкое распространение.

Общее понятие о витой паре

Витая пара - это изолированные проводники, попарно свитые между собой некоторое число раз на определенном отрезке длины, что требуется для уменьшения перекрестных наводок между проводниками. Такие линии как нельзя лучше подходят для создания симметричных цепей, в которых используется балансный принцип передачи информации.

[Глава 22 : Витая пара (Twisted Pair)]

Рис. 7.4. Симметричная цепь

Приемник и передатчик гальванически развязаны друг от друга согласующими трансформаторами. При этом во вторичные обмотки (сетевые адаптеры) подается только разность потенциалов первичной обмотки (непосредственно протяженной линии). Из-за этого необходимо отметить два важных момента.

- Токи в любой точке идеальной витой пары равны по значению, и противоположны по направлению. Следовательно, векторы напряженности электромагнитного поля каждого из проводников противоположно направлены, и суммарное ЭМИ отсутствует. Под идеальной витой парой понимается линия, в которой проводники бесконечно плотно прилегают друг к другу, имеют бесконечно малый диаметр, и ток, протекающий через них, стремится к нулю.
- Метод накладывает некоторые ограничения на протокол передачи (невозможность передачи постоянной составляющей), но значительно более устойчиво к внешним влияниям (по сравнению, например, с несимметричным RS-232). Из рисунка 5.5. видно, что результирующее напряжение наводки на вторичной обмотке будет синфазным, соответственно не передастся на вторичную обмотку (сетевой адаптер).

Разновидности витопарных кабелей

Витая пара не была новым изобретением. До этого она уже многие десятки лет успешно использовалась в телефонии, и остается только удивляться, почему ее перенос на почву Ethernet прошел только сентябре 1990 года, когда был официально принят стандарт 10baseT. Вполне естественно, что это была витая пара 3 категории, с очень большим, в десятки сантиметров, шагом скрутки проводов в паре, и небольшой, до 20 МГц, полосой пропускания (т.е. были взяты прямо из телефонной проводки). Компьютерные кабеля отличало только оформление - 4 пары под одной оболочкой.

Немного позже, одновременно с появлением Fast Ethernet в 1995 году, был введен новый стандарт на кабель Категории 5 (Level 5), с шагом скрутки, меняющемся для разных пар от 12 до 32 мм (например, ряд от Lucent - 15, 13, 20, 24 мм). Делается это для уменьшения перекрестных наводок, о которых будет рассказано ниже. Такой кабель обеспечивает передачу сигналов с частотой до 100 Мбит. Далее, несколько лет назад, появилась Категория 5e (до 125 МГц), в разработке Категоря 6 (до 200 МГц) и Категория 7 (до 600 МГц).

[Глава 22 : Витая пара (Twisted Pair)]

Рис. 7.5. Конструкция витой пары

Предполагаю, что подробно пояснять конструкцию витопарного кабеля нет необходимости - все понятно из рисунка. Как правило, кабель имеет 4 пары в одной оболочке. Немного реже встречаются 2-х парные варианты, которые можно применять с ограниченным числом сетевых протоколов.

Проводники изготовлены из монолитной медной проволоки толщиной 0,5 - 0,65 мм. Кроме метрической, применяется система AWG, в которой эти величины составляют 24 или 22 соответственно. Толщина изоляции - около 0,2 мм, материал обычно поливинилхлорид (английское сокращение PVC), для более качественных образцов 5 категории - полипропилен (PP), полиэтилен (PE). Особенно высококлассные кабеля имеют изоляцию из вспененного (ячеистого) полиэтилена, которые обеспечивают низкие диэлектрические потери, или тефлона, который обеспечивающий уникальный рабочий диапазон температур.

Разрывная нить (обычно капрон) используется для облегчения разделки внешней оболочки - при

вытягивании она делает на оболочке продольный разрез, которы открывает доступ к кабельному сердечнику, гарантированно не повреждая изоляцию проводников.

Внешняя оболочка имеет толщину 0,5-0,6 мм, и обычно изготавливается из привычного поливинилхлорида с добавлением мела, который повышает хрупкость. Это необходимо для точного облома по месту надреза лезвием отрезного инструмента. Кроме этого, начинают применяться так называемые "молодые полимеры", которые не поддерживают горения, и не выделяют при нагреве галогенов. Их широкому внедрению пока мешает только более высокая (на 20-30%) цена.

Самый распространенный цвет оболочки - серый. Оранжевая окраска, как правило, указывает на негорючий материал оболочки, который позволяет прокладывать линии в закрытых областях. В общем случае, цвета не обозначают особых свойств, но их применение позволяет легко отличать коммуникации с разным функциональным назначением, как при монтаже, так и обслуживании.

Отдельно нужно отметить маркировку. Кроме данных о производителе и типе кабеля, она обязательно включает в себя метровые или футовые метки

Конструкция кабельного сердечника достаточно разнообразна. В недорогих кабелях пары уложены в оболочке "как попало". Более качественные варианты предусматривают парную (по две пары между собой) или четверочную скрутку (все четыре пары вместе). Последний вариант позволяет уменьшить толщину сердечника и достигнуть лучших электрических характеристик. Но относительно высокая стоимость не позволила этим типам кабеля получить широкое распространение в России (и тем более, в недорогих домашних сетях).

Форма внешней оболочки так же может быть различна. Чаще других применяется самая простая - круглая, а для 2-х парных кабелей - овальная. Только для прокладки под половым покрытием, по очевидной причине, используется плоский кабель.

Отдельно стоят кабеля для наружной прокладки. Они обязательно имеют влагостойкую оболочку из полиэтилена, которая наносится (как правило) вторым слоем поверх обычной, поливинилхлоридной. Кроме этого, возможно заполнение пустот в кабеле водоотталкивающим гелем, и бронирование с помощью гофрированной ленты.

По наличию (или отсутствию) экрана, различают несколько типов кабелей:

- UTP (unshielded twisted pair), что означает незащищенная витая пара (НЗВП), то есть кабель, витые пары которого не имеют индивидуального экранирования;
- FTP (Foiled Twisted Pair) - фольгированная витая пара. Имеет общий экран из фольги, однако у каждой пары нет индивидуальной защиты;
- STP (shielded twisted pair) - защищенная витая пара (ЗВП), каждая пара имеет экран;
- ScTP (Screened Twisted Pair) - экранированный кабель, который может как иметь, так и не иметь защиту отдельных пар;

Экран выполняется либо плетеным из медной проволоки (хорошая защищает от низкочастотных наводок), либо из токопроводящей фольги (пленки), которая блокирует высокочастотное электромагнитное излучение. Так же на практике часто используют двойные экраны (HIGHT Screen), в которых используются оба способа.

Эффект от применения экрана на первый взгляд достаточно прост - уменьшение внешних наводок на экранированную пару (или несколько пар), и снижение уровня их электромагнитного излучения "наружу".

Но общий экран вызывает рост NEXT (перекрестных наводок, подробно рассмотренных ниже) из-за отражения от экрана, на 10-20%. Далее, экранирование увеличивает затухание в кабеле вследствие добавочной емкости между экраном и витыми парами. Но и это не все. Монтаж экранированной системы значительно более сложен (дорог), требует хорошего подбора всех элементов. А самые незначительные ошибки способны ухудшить, а не улучшить параметры линии.

Это достаточно, что бы большинство производителей СКС отказалось от применения FTP или ScTP. Но это не снижает значение экрана в условиях очень высокого уровня внешних помех, или при большой вероятности "грозовой" наводки. Последнее существенно практически для всех внешних прокладок.

Однако, нужно подчеркнуть - в домашних сетях (с использованием любого типа кабеля) не создается экранированной кабельной системы. При заземлении экрана появляются лишь отдельные экранированные линии. Наиболее хорошей аналогией будет прокладка обычной витой пары в металлической трубе (этот способ часто применяют в условиях монтажа сетей в промышленных помещениях).

Экран, индивидуальный для каждой пары, действительно позволяет улучшить электрические показатели кабеля, но вызывает значительный рост стоимости, а так же веса и объема. Поэтому, такой вариант имеет смысл использовать в самых крайних случаях.

По вышеизложенным причинам, а именно, благодаря низкой цене, удобному и легкому монтажу, широкое распространение получила только незащищенная витая пара (UTP). Именно она является основой всех современных компьютерных сетей.

Параллельно с уже рассмотренными, используется еще два основных типа кабелей, имеющих несколько другое функциональное применение.

Для магистральных прокладок часто используют кабеля с 10, 25, 50, 100 и более, парами в одной оболочке. Тут ассортимент производителя достаточно широк, что бы удовлетворить любые требования. Есть многоэлементные кабеля, объединяющие одной оболочкой множество 2-х или 4-х парных элементов. Есть многопарные, в которых все витые пары находятся под одной оболочной, и для удобства монтажа разделены на пучки полиэтиленовыми ленточками.

Для подключения абонентского оборудования, и коммутации используются гибкие кабеля (шнуры, патч-корды). Из-за необходимости устойчивости к постоянным изгибам, проводник у них выполнен не из одной, а из семи более тонких медных проволок толщиной около 0,2 мм каждая (многопроволочная конструкция). Той же цели служит более толстая (до 0,25 мм) изоляция, и внешняя оболочка повышенной гибкости.

Из-за большего, в сравнении с обычным, затухания использовать кабель для шнуров оправдано только на небольшие расстояния, как правило, не более 5 метров с каждой стороны линии.

Параметры, определяющие электрические свойства витой пары

Электрические свойства витой пары, как обычной направляющей системы электромагнитных колебаний характеризуются сопротивлением R, индуктивностью проводников L, емкостью C, и проводимостью изоляции G.

[Глава 22 : Витая пара (Twisted Pair)]

Рис. 7.6. Упрощенная эквивалентная электрическая схема витой пары

Величины R и G обуславливают тепловые потери в меди и диэлектрике соответственно. L и C определяют реактивность системы, или, иначе говоря, ее частотные свойства.

Активное сопротивление R постоянному току зависит от материала проводника, его геометрических размеров, и его температуры. По распространенному стандарту EIA/TIA-568A это значение не должно превышать 19,2 Ом на короткозамкнутом шлейфе длиной в 100 метров при температуре 20° C. Эту величину можно легко измерить простым омметром.

С увеличением частоты сигнала, активное сопротивление растет. Это обусловлено прохождением тока в основном по части, обращенной к другому проводнику (эффект близости). Вытеснение тока к поверхности проводника (скин-эффект) для проводов тоньше 0,8 мм мало заметен, но какое-то минимальное влияние на уменьшение эффективного сечения то же оказывает.

Проводимость изоляции G является мерой качества материала и его нанесения на поверхность отдельного проводника. Сопротивление току утечки связанное с несовершенством диэлектрика, может достигать нескольких единиц гигаом, и на сегодня его можно не учитывать. Поэтому, в основном на проводимость изоляции влияют затраты на поляризацию диполей материала диэлектрика.

Особенно много их содержится в поливинилхлориде, часто используемом для витой пары низкой категории. В более качественных кабелях обычно используются полиэтилен или тефлон, рассеяние энергии в которых гораздо ниже. Еще ниже этот показатель для вспененных материалов, применяемых для кабелей высшего класса.

Индуктивность L можно разделить на внешнюю (определяемую геометрией и магнитными свойствами проводника), и внутреннюю (создаваемую магнитным полем протекающего тока). Внутренняя индуктивность имеет слабую тенденцию к уменьшению с ростом частоты.

Два проводника, составляющих пару, можно рассматривать как конденсатор, емкость которого, C, не зависит от частоты. Она определяется материалом изоляции, геометрическими размерами проводников, и расстоянием между ними. По стандарту, для современных кабелей, величина емкости составляет не более 5,6 нФ.

Особо нужно отметить, что применение экрана вызывает рост емкости примерно на 30%, что существенно снижает его эксплуатационные свойства такого кабеля.

[Глава 22 : Витая пара (Twisted Pair)]

Рис. 7.7. Частотная зависимость электрических свойств витой пары

На основании перечисленных электрических параметров, может быть рассчитано волновое сопротивление. Сделать это можно по формуле $Z = v(R+jwL)/(G+jwC)$, которую для высоких частот Ethernet можно упростить до $Z = vL/C$. В рабочем диапазоне кабеля эта величина должна составлять 100 ± 15% Ом.

Волновое сопротивление хорошо характеризует однородность тракта передачи электромагнитной энергии. Его неоднородности неизбежно вызывают отражения части сигнала, и ухудшение качества линии. Поэтом, достаточно очевидно, что все составляющие, включая сетевые адаптеры, должны иметь одинаковое волновое сопротивление. Иначе, можно сказать, должны быть согласованы.

Как правило, неоднородности волнового сопротивления на реальных коммуникациях являются следствием некачественного монтажа (изгиб, давление, растяжение, перекручивание). Более подробно этот вопрос будет рассмотрен в разделе, посвященном рефлектоскопии.

Предыдущая глава **Содержание**