**Раздел 2. КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И СЕТЕВЫЕ УСТРОЙСТВА**

**ЛЕКЦИЯ 4, 5**

ФИЗИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ. Среда передачи данных

Среда передачи данных [1], [2], [3]

1. *Типы линий связи. Кабели связи, линии связи, каналы связи*

2. *Основные характеристики линий связи.*

3. *Типы кабелей, их характеристики***.**

1. Типы линий связи

На физическом уровне находится носитель, по которому передаются данные. *Среда передачи*  данных может включать как кабельные, так и беспроводные технологии. Хотя физические кабели являются наиболее распространенными носителями для сетевых коммуникаций, беспроводные технологии все более внедряются благодаря их способности связывать глобальные сети.

Физический уровень, выполняющий передачу битов по физическим каналам связи, определяет параметры электрических сигналов, а, следовательно, и характеристики физических сред передачи.

**Кабели связи, линии связи, каналы связи**

Для организации связи в сетях используются следующие понятия**:**

- кабели связи;

- линии связи;

- каналы связи.

*Кабель* связи - это длинномерное изделие электротехнической промышленности. Из кабелей связи и других элементов (монтаж, крепеж и т.д.) строят *линии* связи. Прокладка линии - задача довольно серьезная. Длина линий связи колеблется от десятков метров до десятков тысяч километров. В линию связи, кроме кабелей, входят**:** траншеи, колодцы, муфты, переходы через реки, моря и океаны, а также грозозащита (равно как и другие виды защиты) линий. Очень сложны охрана, эксплуатация, ремонт линий связи**;** содержание кабелей связи под избыточным давлением, профилактика (в снег, дождь, на ветру, в траншее и в колодце, в реке и на дне моря). Большую сложность представляют собой юридические вопросы, включающие согласование прокладки линий связи, особенно в городе. Всем этим понятие *линии связи* отличается от понятия *кабеля*.

По уже построенным *линиям* организуют *каналы* связи. Причем если линию, как правило, строят и сдают сразу всю, то каналы связи вводят постепенно. Уже по линии можно дать связь, но такое использование крайне дорогостоящих сооружений очень неэффективно. Поэтому применяют аппаратуру каналообразования (или *уплотнения* линии). По каждой электрической цепи, состоящей из двух проводов, обеспечивают связь не одной паре абонентов (или компьютеров), а сотням или тысячам**:** например, по одной коаксиальной паре в междугороднем кабеле может быть образовано до 10800 каналов тональной частоты (0,3 – 3,4 КГц) или почти столько же цифровых с пропускной способностью 64 Кбит/с.

Линии связи и каналы связи подводятся к *узлам* связи. Линии, каналы и узлы образуют *первичные сети* связи.

2. Основные характеристики линий связи

**Основные параметры кабелей**, принципиально важные для использования в локальных сетях:

* **Полоса пропускания** кабеля (частотный диапазон сигналов, пропускаемых кабелем) и **затухание** сигнала в кабеле. Два этих параметра тесно связаны между собой, так как с ростом частоты сигнала растет затухание сигнала. Затухание измеряется в *децибелах* и пропорционально длине кабеля.

Единица, названная **децибелом**, была введена для зашумленных каналов с целью оценки степени зашумленности, поскольку от нее зависят такие параметры канала, как максимальная скорость передачи данных в канале, максимальная полоса пропускания и др. . Децибелом называют величину, равную десятичному логарифму отношения сигнал\шум в данной линии, умноженному на 10**:** **10 lg S/N** . Например, если отношение сигнал/шум равно 10, то это соответствует 10 децибелам; отношение 100 равно 20 децибелам (дБ), отношение 1000 равно 30 дБ и т.д. Часто производители звуковой аппаратуры указывают *полосу частот, в которой их аппаратура имеет линейность амплитудно – частотной характеристики в 3 Дб*, поскольку это отклонение соответствует ослаблению сигнала в два раза**:** потому что lg 3 примерно равен 0,5.

* **Помехозащищенность** кабеля и обеспечиваемая им секретность передачи информации. Эти два взаимосвязанных параметра показывают, как кабель взаимодействует с окружающей средой (реагирует на внешние помехи) и насколько просто прослушать информацию, передаваемую по кабелю.
* **Скорость распространения сигнала** по кабелю или обратный параметр – **задержка сигнала на метр длины кабеля**. Этот параметр имеет принципиальное значение при выборе длины сети. Типичные величины скорости распространения сигнала – от 0,6 до 0,8 от скорости распространения света в вакууме. Соответственно типичные величины задержек – от 4 до 5 нс/м.
* Для электрических кабелей очень важна **величина волнового сопротивления** кабеля. Волновое сопротивление важно учитывать при согласовании кабеля для предотвращения отражения сигнала от концов кабеля. Волновое сопротивление зависит от формы и взаиморасположения проводников, от технологии изготовления и материала диэлектрика кабеля. Типичные значения волнового сопротивления – от 50 до 150 Ом.

**В настоящее время действуют следующие стандарты на кабели**:

EIA/TIA 568 (Commercial Building Telecommunications Cabling Standard) – американский;

ISO/IEC IS 11801 (Generic cabling for customer premises) – международный;

CENELEC EN 50173 (Generic cabling systems) – европейский.

Эти стандарты описывают практически одинаковые кабельные системы, но отличаются терминологией и нормами на параметры.

3. Типы кабелей

Кабели, используемые для построения компьютерных сетей, представляют собой сложную конструкцию, состоящую, в общем случае, из проводников, изолирующих и экранирующих слоев. В современных сетях используются три типа кабеля**:**

- электрические кабели **на основе** **витых пар** проводов, которые делятся на *экранированные* (shielded twisted pair, **STP**) и *неэкранированные* (unshielded twisted pair, **UTP**);

- электрические **коаксиальные** кабели;

- **оптоволоконные** кабели (fibre optic).

Каждый тип кабеля отличается от других внутренним устройством и обладает целым набором технических характеристик, влияющих на основные потребительские параметры сетей. В общем случае это**:**

**Тип кабеля Характеристика**

Максимальное расстояние Максимальная скорость

передачи передачи

Коаксиальный кабель 185 – 500 м 10 Мбит/с

"Витая пара" 30 – 100 м 10 Мбит/с – 1 Гбит/с

Оптоволоконный кабель 2 км и более 10 Мбит/с – 2 Гбит/с

Каждый тип кабеля имеет свои преимущества и недостатки, так что при выборе учитываются как особенности решаемой задачи, так и особенности конкретной сети, в том числе и используемую топологию.

**Кабели на основе витых пар**

Витые пары проводов используются в дешевых и сегодня, пожалуй, самых популярных кабелях. Кабель на основе витых пар представляет собой несколько пар скрученных попарно изолированных медных проводов в единой диэлектрической (пластиковой) оболочке. Он довольно гибкий и удобный для прокладки. Скручивание проводов позволяет свести к минимуму индуктивные наводки кабелей друг на друга и снизить влияние переходных процессов.

Обычно в кабель входит две (рис. 1) или четыре витые пары.

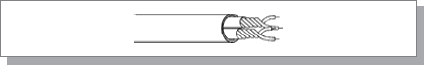


Рис.1. Кабель с витыми парами



**Неэкранированные витые пары** **(UTP)** характеризуются слабой защищенностью от внешних электромагнитных помех, а также от подслушивания.

В случае **экранированной витой пары** (**STP** и **FTP**) они помещается в металлическую оплетку-экран для уменьшения излучений кабеля, защиты от внешних электромагнитных помех и снижения взаимного влияния пар проводов друг на друга (перекрестные наводки). Для того чтобы экран защищал от помех, он должен быть обязательно заземлен. Естественно, экранированная витая пара дороже, чем неэкранированная. Ее использование требует специальных экранированных разъемов.

Экранированные кабели подразделяются на две разновидности**:** с экранированием каждой пары и общим экраном (**STP** – Shielded Twisted Pair) и с одним только общим экраном (**FTP** – Foiled Twisted Pair). Неэкранированные кабели подходят для прокладки в помещениях внутри офисов, а экранированные лучше использовать для установки в местах с особыми условиями эксплуатации, например, рядом с сильными источниками электромагнитных излучений, которых в офисах обычно нет.

Кабели классифицируются по категориям. Основанием для отнесения кабеля к одной из категорий служит максимальная частота передаваемого по нему сигнала.

**Согласно стандарту EIA/TIA 568, существуют пять основных и две дополнительные категории кабелей на основе неэкранированной витой пары (UTP):**

* Кабель категории 1 – это обычный телефонный кабель (пары проводов не витые), по которому можно передавать только речь. Этот тип кабеля имеет большой разброс параметров (волнового сопротивления, полосы пропускания, перекрестных наводок).
* Кабель категории 2 – это кабель из витых пар для передачи данных в полосе частот до 1 МГц. В настоящее время он используется редко. Стандарт EIA/TIA 568 не различает кабели категорий 1 и 2.
* Кабель категории 3 – это кабель для передачи данных в полосе частот до 16 МГц, состоящий из витых пар с девятью витками проводов на метр длины. Кабель тестируется на все параметры и имеет волновое сопротивление 100 Ом. Это самый простой тип кабелей, рекомендованный стандартом для локальных сетей. Еще недавно он был самым распространенным, но сейчас повсеместно вытесняется кабелем категории 5.
* Кабель категории 4 – это кабель, передающий данные в полосе частот до 20 МГц. Используется редко, так как не слишком заметно отличается от категории 3. Стандартом рекомендуется вместо кабеля категории 3 переходить сразу на кабель категории 5.
* Кабель категории 5 – в настоящее время самый совершенный кабель, рассчитанный на передачу данных в полосе частот до 100 МГц. Состоит из витых пар, имеющих не менее 27 витков на метр длины (8 витков на фут). Кабель тестируется на все параметры и имеет волновое сопротивление 100 Ом. Рекомендуется применять его в современных высокоскоростных сетях типа Fast Ethernet и TPFDDI. Кабель категории 5 примерно на 30—50% дороже, чем кабель категории 3.
* Кабель категории 6 – перспективный тип кабеля для передачи данных в полосе частот до 200 (или 250) МГц.
* Кабель категории 7 – перспективный тип кабеля для передачи данных в полосе частот до 600 МГц.

**Второй после полосы частот важнейший параметр, задаваемый стандартом, – это максимальное затухание сигнала, передаваемого по кабелю, на разных частотах.** В таблице приведены предельные значения величины затухания в децибелах для кабелей категорий 3, 4 и 5 на расстояние 1000 футов (то есть 305 метров) при нормальной температуре окружающей среды 20°С.

Таблица . Максимальное затухание в кабелях

Частота, МГц Максимальное затухание, дБ

Категория 3 Категория 4 Категория 5

0,064 2,8 2,3 2,2

0,256 4,0 3,4 3,2

0,512 5,6 4,6 4,5

0,772 6,8 5,7 5,5

1,0 7,8 6,5 6,3

4,0 17 13 13

8,0 26 19 18

10,0 30 22 20

16,0 40 27 25

20,0 — 31 28

25,0 — — 32

31,25 — — 36

62,5 — — 52

100 — — 67

Из таблицы видно, что величины затухания на частотах, близких к предельным, для всех кабелей очень значительны. Даже на небольших расстояниях сигнал ослабляется в десятки и сотни раз, что предъявляет высокие требования к приемникам сигнала.

**Еще один специфический параметр, определяемый стандартом, - это величина так называемой перекрестной наводки на ближнем конце** (NEXT – Near End CrossTalk). Он характеризует влияние разных проводов в кабеле друг на друга. Сигнал, передаваемый по одной из витых пар кабеля, наводит индуктивную помеху на другую витую пару кабеля. Две витые пары в сети обычно передают информацию в разные стороны, поэтому наиболее важна наводка на ближнем конце воспринимающей пары, так как именно там находится приемник информации. Перекрестная наводка на дальнем конце (FEXT – Far End CrossTalk) не имеет такого большого значения.

**Стандарт определяет также максимально допустимую величину рабочей емкости каждой из витых пар кабелей категории 4 и 5.** Она должна составлять не более 17 нФ на 305 метров (1000 футов) при частоте сигнала 1 кГц и температуре окружающей среды 20°С.

Для присоединения витых пар используются разъемы (коннекторы) типа **RJ-45**, похожие на разъемы, используемые в телефонах, но несколько большие по размеру. Разъемы RJ-45 имеют восемь контактов вместо четырех в телефонах. Присоединяются разъемы к кабелю с помощью специальных обжимных инструментов. При этом золоченые игольчатые контакты разъема прокалывают изоляцию каждого провода, входят между его жилами и обеспечивают надежное и качественное соединение. Надо учитывать, что при установке разъемов стандартом допускается расплетение витой пары кабеля на длину не более одного сантиметра.

Чаще всего **витые пары** используются для передачи данных в одном направлении (точка-точка), то есть в топологиях типа звезда или кольцо. Топология шина обычно ориентируется на коаксиальный кабель. Поэтому *внешние терминаторы*, согласующие неподключенные концы кабеля, для витых пар практически никогда не применяются.

Кабели выпускаются с двумя типами внешних оболочек:

- Кабель в поливинилхлоридной (ПВХ, PVC) оболочке дешевле и предназначен для работы в сравнительно комфортных условиях эксплуатации.

- Кабель в тефлоновой оболочке дороже и предназначен для более жестких условий эксплуатации.

**Еще один важный параметр любого кабеля**, который жестко не определяется стандартом, но может существенно повлиять на работоспособность сети, – это скорость распространения сигнала в кабеле или, другими словами, **задержка распространения сигнала в кабеле** в расчете на единицу длины.

Производители кабелей иногда указывают величину задержки на метр длины, а иногда – скорость распространения сигнала относительно скорости света (или NVP – Nominal Velocity of Propagation, как ее часто называют в документации). Связаны эти две величины простой формулой:

tз =1/(3 × 108 × NVP)

где tз – величина задержки на метр длины кабеля в наносекундах. Например, если NVP=0,65 (65% от скорости света), то задержка tз будет равна 5,13 нс/м. Типичная величина задержки большинства современных кабелей составляет около 4—5 нс/м.

Стоит также отметить, что каждый из проводов, входящих в кабель на основе витых пар, как правило, имеет свой цвет изоляции, что существенно упрощает монтаж разъемов, особенно в том случае, когда концы кабеля находятся в разных комнатах, и контроль с помощью приборов затруднен.

**Коаксиальные кабели**

Коаксиальный кабель представляет собой электрический кабель, состоящий из центрального медного провода и металлической оплетки (экрана), разделенных между собой слоем диэлектрика (внутренней изоляции) и помещенных в общую внешнюю оболочку (рис. 2).



Рис. 2. Коаксиальный кабель

Коаксиальный кабель до недавнего времени был очень популярен, что связано с его **высокой помехозащищенностью** (благодаря металлической оплетке), более широкими, чем в случае витой пары, **полосами пропускания (свыше 1ГГц**), а также **большими допустимыми расстояниями передачи (до километра**). Монтаж и ремонт коаксиального кабеля существенно сложнее, чем витой пары, а стоимость его выше (он дороже примерно в 1,5 – 3 раза). Сложнее и установка разъемов на концах кабеля. Сейчас его применяют реже, чем витую пару. Стандарт EIA/TIA-568 включает в себя только один тип коаксиального кабеля, применяемый в сети Ethernet.

**Основное применение коаксиальный кабель находит в сетях с топологией типа шина**. При этом **на концах кабеля обязательно должны устанавливаться терминаторы** для предотвращения внутренних отражений сигнала, причем **один (и только один!) из терминаторов должен быть заземлен**. Без заземления металлическая оплетка не защищает сеть от внешних электромагнитных помех и не снижает излучение передаваемой по сети информации во внешнюю среду. Но при заземлении оплетки в двух или более точках из строя может выйти не только сетевое оборудование, но и компьютеры, подключенные к сети. Терминаторы должны быть обязательно согласованы с кабелем, необходимо, чтобы их сопротивление равнялось волновому сопротивлению кабеля. Например, если используется 50-омный кабель, для него подходят только 50-омные терминаторы.

Реже коаксиальные кабели применяются в сетях с топологией звезда (например, пассивная звезда в сети Arcnet). В этом случае проблема согласования существенно упрощается, так как внешних терминаторов на свободных концах не требуется.

**Существует два основных типа коаксиального кабеля:**

* **тонкий**  кабель, имеющий диаметр около 0,5 см, более гибкий;
* **толстый** кабель, диаметром около 1 см, значительно более жесткий. Он представляет собой классический вариант коаксиального кабеля, который уже почти полностью вытеснен современным тонким кабелем.

Тонкий кабель используется для передачи на меньшие расстояния, чем толстый, поскольку сигнал в нем затухает сильнее. Подключение к тонкому кабелю (с помощью разъемов BNC) проще и не требует дополнительного оборудования. А для подключения к толстому кабелю надо использовать специальные довольно дорогие устройства, прокалывающие его оболочки и устанавливающие контакт как с центральной жилой, так и с экраном. Толстый кабель примерно вдвое дороже, чем тонкий, поэтому тонкий кабель применяется гораздо чаще.

Типичные величины задержки распространения сигнала в коаксиальном кабеле составляют для тонкого кабеля около 5 нс/м, а для толстого – около 4,5 нс/м.

Существуют варианты коаксиального кабеля с двойным экраном (один экран расположен внутри другого и отделен от него дополнительным слоем изоляции). Такие кабели имеют лучшую помехозащищенность и защиту от прослушивания, но они немного дороже обычных.

В настоящее время считается, что коаксиальный кабель устарел, в большинстве случаев его вполне может заменить витая пара или оптоволоконный кабель. И новые стандарты на кабельные системы уже не включают его в перечень типов кабелей.

**Оптоволоконные кабели**

Оптоволоконный (он же волоконно-оптический) кабель – это принципиально иной тип кабеля по сравнению с рассмотренными двумя типами электрического или медного кабеля. Информация по нему передается не электрическим сигналом, а световым. Главный его элемент – это прозрачное стекловолокно, по которому свет проходит на огромные расстояния (до десятков километров) с незначительным ослаблением.

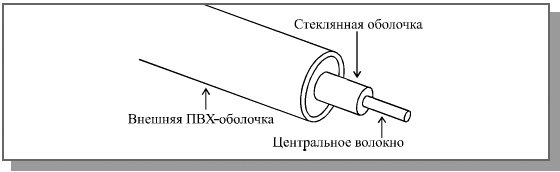


Рис. 4. Структура оптоволоконного кабеля

Структура оптоволоконного кабеля очень проста и похожа на структуру коаксиального электрического кабеля (рис. 4). Только вместо центрального медного провода здесь используется тонкое (диаметром около 1 – 10 мкм) стекловолокно, а вместо внутренней изоляции – стеклянная или пластиковая оболочка, не позволяющая свету выходить за пределы стекловолокна. В данном случае речь идет о **режиме так называемого полного внутреннего отражения света от границы двух веществ с разными коэффициентами преломления** (у стеклянной оболочки коэффициент преломления значительно ниже, чем у центрального волокна). Металлическая оплетка кабеля обычно отсутствует, так как экранирование от внешних электромагнитных помех здесь не требуется. Однако иногда ее все-таки применяют для механической защиты от окружающей среды (такой кабель иногда называют броневым, он может объединять под одной оболочкой несколько оптоволоконных кабелей).

Оптоволоконный кабель обладает исключительными характеристиками по помехозащищенности передаваемой информации. Никакие внешние электромагнитные помехи в принципе не способны исказить световой сигнал, а сам сигнал не порождает внешних электромагнитных излучений. Подключиться к этому типу кабеля для несанкционированного прослушивания сети практически невозможно, так как при этом нарушается целостность кабеля. Теоретически возможная **полоса пропускания** такого кабеля достигает величины 1012 Гц, то есть **1000 ГГц**, что несравнимо выше, чем у электрических кабелей. Стоимость оптоволоконного кабеля постоянно снижается и сейчас примерно равна стоимости тонкого коаксиального кабеля.

Типичная величина затухания сигнала в оптоволоконных кабелях на частотах, используемых в локальных сетях, составляет от 5 до 20 дБ/км, что примерно соответствует показателям электрических кабелей на низких частотах. Но в случае оптоволоконного кабеля при росте частоты передаваемого сигнала затухание увеличивается очень незначительно, и на больших частотах (особенно свыше 200 МГц) его преимущества перед электрическим кабелем неоспоримы, у него просто нет конкурентов.

Однако оптоволоконный кабель имеет и некоторые недостатки.

Самый главный из них – **высокая сложность монтажа** (при установке разъемов необходима микронная точность, от точности скола стекловолокна и степени его полировки сильно зависит затухание в разъеме). Для установки разъемов применяют сварку или склеивание с помощью специального геля, имеющего такой же коэффициент преломления света, что и стекловолокно. В любом случае для этого нужна высокая квалификация персонала и специальные инструменты. Поэтому чаще всего оптоволоконный кабель продается в виде заранее нарезанных кусков разной длины, на обоих концах которых уже установлены разъемы нужного типа.

Также надо помнить, что использование оптоволоконного кабеля требует специальных оптических приемников и передатчиков, преобразующих световые сигналы в электрические и обратно, что порой существенно увеличивает стоимость сети в целом.

Оптоволоконные кабели допускают разветвление сигналов (для этого производятся специальные пассивные разветвители на 2—8 каналов), но, как правило, их используют для передачи данных только в одном направлении между одним передатчиком и одним приемником. Ведь любое разветвление неизбежно сильно ослабляет световой сигнал, и если разветвлений будет много, то свет может просто не дойти до конца сети. Кроме того, в разветвителе есть и внутренние потери, так что суммарная мощность сигнала на выходе меньше входной мощности.

Оптоволоконный кабель менее прочен и гибок, чем электрический. Типичная величина допустимого радиуса изгиба составляет около 10 – 20 см, при меньших радиусах изгиба центральное волокно может сломаться. Плохо переносит кабель и механическое растяжение, а также раздавливающие воздействия.

Чувствителен оптоволоконный кабель и к ионизирующим излучениям, из-за которых снижается прозрачность стекловолокна, то есть увеличивается затухание сигнала. Резкие перепады температуры также негативно сказываются на нем, стекловолокно может треснуть.

Применяют оптоволоконный кабель только в сетях с топологией звезда и кольцо. Никаких проблем согласования и заземления в данном случае не существует. Кабель обеспечивает идеальную гальваническую развязку компьютеров сети. В будущем этот тип кабеля, вероятно, вытеснит электрические кабели или, во всяком случае, сильно потеснит их. Запасы меди на планете истощаются, а сырья для производства стекла более чем достаточно.

**Существуют два различных типа оптоволоконного кабеля**:

- **многомодовый** или мультимодовый кабель, более дешевый, но менее качественный;

- **одномодовый** кабель, более дорогой, но имеет лучшие характеристики по сравнению с первым.

Суть различия между этими двумя типами сводится к разным режимам прохождения световых лучей в кабеле.

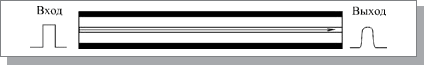


Рис. 5. Распространение света в одномодовом кабеле

В одномодовом кабеле практически все лучи проходят один и тот же путь, в результате чего они достигают приемника одновременно, и форма сигнала почти не искажается (рис. 5). Одномодовый кабель имеет диаметр центрального волокна около 1,3 мкм и передает свет только с такой же длиной волны (1,3 мкм). Дисперсия и потери сигнала при этом очень незначительны, что позволяет передавать сигналы на значительно большее расстояние, чем в случае применения многомодового кабеля. Для одномодового кабеля применяются лазерные приемопередатчики, использующие свет исключительно с требуемой длиной волны. Такие приемопередатчики пока еще сравнительно дороги и недолговечны. Однако в перспективе одномодовый кабель должен стать основным типом благодаря своим прекрасным характеристикам. К тому же лазеры имеют большее быстродействие, чем обычные светодиоды. Затухание сигнала в одномодовом кабеле составляет около 5 дБ/км и может быть даже снижено до 1 дБ/км.

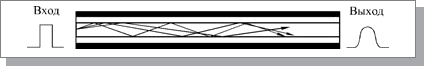


Рис. 6. Распространение света в многомодовом кабеле

В многомодовом кабеле траектории световых лучей имеют заметный разброс, в результате чего форма сигнала на приемном конце кабеля искажается (рис. 6). Центральное волокно имеет диаметр 62,5 мкм, а диаметр внешней оболочки 125 мкм (это иногда обозначается как 62,5/125). Для передачи используется обычный (не лазерный) светодиод, что снижает стоимость и увеличивает срок службы приемопередатчиков по сравнению с одномодовым кабелем. Длина волны света в многомодовом кабеле равна 0,85 мкм, при этом наблюдается разброс длин волн около 30 – 50 нм. Допустимая длина кабеля составляет 2 – 5 км. **Многомодовый кабель – это основной тип оптоволоконного кабеля в настоящее время,** так как он дешевле и доступнее. Затухание в многомодовом кабеле больше, чем в одномодовом и составляет 5 – 20 дБ/км.

Типичная величина задержки для наиболее распространенных кабелей составляет около 4—5 нс/м, что близко к величине задержки в электрических кабелях.

Оптоволоконные кабели, как и электрические, выпускаются в исполнении plenum и non-plenum.

**Бескабельные каналы связи**

Кроме кабельных каналов, в компьютерных сетях иногда - и чем дальше, тем больше - используются также бескабельные каналы. Их главное преимущество состоит в том, что не требуется никакой прокладки проводов (не надо делать отверстий в стенах, закреплять кабель в трубах и желобах, прокладывать его под фальшполами, над подвесными потолками или в вентиляционных шахтах, искать и устранять повреждения). К тому же компьютеры сети можно легко перемещать в пределах комнаты или здания, так как они ни к чему не привязаны.

**Радиоканал использует передачу информации по радиоволнам**, поэтому теоретически он может обеспечить связь на многие **десятки, сотни и даже тысячи километров**. Скорость передачи достигает **десятков мегабит в секунду** (здесь многое зависит от выбранной длины волны и способа кодирования).

Особенность радиоканала состоит в том, что сигнал свободно излучается в эфир, он не замкнут в кабель, поэтому возникают проблемы совместимости с другими источниками радиоволн (радио- и телевещательными станциями, радарами, радиолюбительскими и профессиональными передатчиками и т.д.). **В радиоканале используется передача в узком диапазоне частот и модуляция информационным сигналом сигнала несущей частоты**.

Главным недостатком радиоканала является его плохая защита от прослушивания, так как радиоволны распространяются неконтролируемо. Другой большой недостаток радиоканала – слабая помехозащищенность.

Для локальных беспроводных сетей (WLAN – Wireless LAN) в настоящее время применяются подключения по радиоканалу на небольших расстояниях и в пределах прямой видимости. Чаще всего используются два частотных диапазона – **2,4 ГГц** и **5 ГГц**. Скорость передачи – до 54 Мбит/с. Распространен вариант со скоростью 11 Мбит/с.

Сети WLAN позволяют устанавливать беспроводные сетевые соединения на ограниченной территории (обычно внутри офисного или университетского здания или в таких общественных местах, как аэропорты). Они могут использоваться во временных офисах или в других местах, где прокладка кабелей неосуществима, а также в качестве дополнения к имеющейся проводной локальной сети, призванного обеспечить пользователям возможность работать, перемещаясь по зданию.

Популярная технология Wi-Fi (Wireless Fidelity) позволяет организовать связь между компьютерами **числом от 2 до 15 с помощью концентратора** (называемого точка доступа, Access Point, **AP**), или нескольких концентраторов, если компьютеров от 10 до 50. Кроме того, эта технология дает возможность связать две локальные сети на расстоянии до 25 километров с помощью мощных беспроводных мостов. Для примера на рис. 7 показано объединение компьютеров с помощью одной точки доступа. Важно, что многие мобильные компьютеры (ноутбуки) уже имеют встроенный контроллер Wi-Fi, что существенно упрощает их подключение к беспроводной сети.

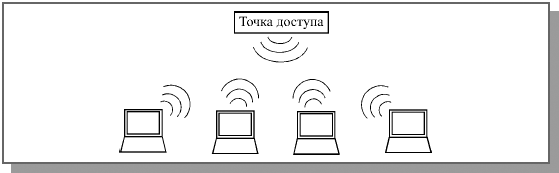


Рис. 7. Объединение компьютеров с помощью технологии Wi-Fi

Радиоканал широко применяется в глобальных сетях как для наземной, так и для спутниковой связи. В этом применении у радиоканала нет конкурентов, так как радиоволны могут дойти до любой точки земного шара.

**Инфракрасный канал** также не требует соединительных проводов, так как использует для связи инфракрасное излучение (подобно пульту дистанционного управления домашнего телевизора). **Главное его преимущество по сравнению с радиоканалом – нечувствительность к электромагнитным помехам**, что позволяет применять его, например, в производственных условиях, где всегда много помех от силового оборудования. Правда, в данном случае требуется довольно высокая мощность передачи, чтобы не влияли никакие другие источники теплового (инфракрасного) излучения. Плохо работает инфракрасная связь и в условиях сильной запыленности воздуха.

Скорости передачи информации по инфракрасному каналу обычно не превышают **5—10 Мбит/с, но при использовании инфракрасных лазеров может быть достигнута скорость** **более 100 Мбит/с.** Секретность передаваемой информации, как и в случае радиоканала, не достигается, также требуются сравнительно дорогие приемники и передатчики. Все это приводит к тому, что применяют инфракрасные каналы в локальных сетях довольно редко. В основном они используются для связи компьютеров с периферией (интерфейс **IrDA**).

**Инфракрасные каналы делятся на две группы:**

- **Каналы прямой видимости**, в которых связь осуществляется на лучах, идущих непосредственно от передатчика к приемнику. При этом связь возможна только при отсутствии препятствий между компьютерами сети. Зато протяженность канала прямой видимости может достигать нескольких километров.

- **Каналы на рассеянном излучении**, которые работают на сигналах, отраженных от стен, потолка, пола и других препятствий. Препятствия в данном случае не помеха, но связь может осуществляться только в пределах одного помещения.

Если говорить о возможных топологиях, то **наиболее естественно все беспроводные каналы связи подходят для топологии типа шина**, в которой информация передается одновременно всем абонентам. **Но при использовании узконаправленной передачи и/или частотного разделения по каналам можно реализовать любые топологии (кольцо, звезда, комбинированные топологии) как на радиоканале, так и на инфракрасном канале.**

*Дополнительнно****:*** *некоторые технические детали*

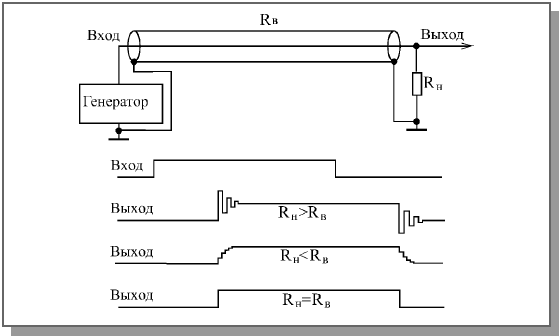
**Согласование, экранирование и гальваническая развязка линий связи**

Как уже отмечалось, электрические линии связи (витые пары, коаксиальные кабели) требуют проведения специальных мер *согласования и развязки*, без которых невозможна не только безошибочная передача данных, но и вообще любое функционирование сети. Оптоволоконные кабели решают все подобные проблемы автоматически.

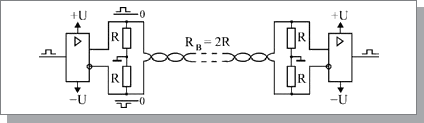
Согласование электрических линий связи применяется для обеспечения нормального прохождения сигнала по длинной линии без отражений и искажений. Следует отметить, что в локальных сетях кабель работает в режиме длинной линии даже при минимальных расстояниях между компьютерами, так как скорости передачи информации и частотный спектр сигнала очень велики.

Принцип согласования кабеля прост: на его концах необходимо установить согласующие резисторы (терминаторы) с сопротивлением, равным волновому сопротивлению используемого кабеля. Обычно требуется, чтобы отклонение величины согласующего резистора не превышало 10% в ту или другую сторону.

Если согласующее, нагрузочное сопротивление Rн меньше волнового сопротивления кабеля Rв, то фронт передаваемого прямоугольного импульса на приемном конце будет затянут, если же Rн больше Rв, то на фронте будет колебательный процесс.



Снизить влияние наведенных помех можно и без экрана, если использовать дифференциальную передачу сигнала. В этом случае передача идет по двум проводам, причем оба провода являются сигнальными. **Передатчик формирует противофазные сигналы, а приемник реагирует на разность сигналов в обоих проводах**. Условием согласования является равенство сопротивлений согласующих резисторов R половине волнового сопротивления кабеля Rв. Если оба провода имеют одинаковую длину и проложены рядом (в одном кабеле), то помехи действуют на оба провода примерно одинаково, и в результате разностный сигнал между проводами практически не искажается. **Именно такая дифференциальная передача применяется обычно в кабелях из витых пар.** Но экранирование и в этом случае существенно улучшает помехоустойчивость.



Дифференциальная передача сигналов по витой паре

Гальваническая развязка компьютеров от сети при использовании электрического кабеля совершенно необходима. Дело в том, что по электрическим кабелям (как по сигнальным проводам, так и по экрану) могут идти не только информационные сигналы, но и так называемый выравнивающий ток, возникающий вследствие неидеальности заземления компьютеров.

Когда компьютер не заземлен, на его корпусе образуется наведенный потенциал около 110 вольт переменного тока (половина питающего напряжения). Его можно ощутить на себе, если одной рукой взяться за корпус компьютера, а другой за батарею центрального отопления или за какой-нибудь заземленный прибор.

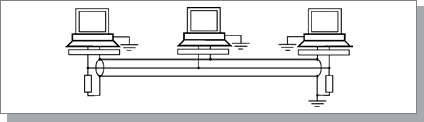
При автономной работе компьютера отсутствие заземления, как правило, не оказывает серьезного влияния на его работу. Правда, иногда увеличивается количество сбоев в работе машины. Но при соединении нескольких территориально разнесенных компьютеров электрическим кабелем заземление становится серьезной проблемой. Если один из соединяемых компьютеров заземлен, а другой нет, то возможен выход из строя одного из них или обоих. Поэтому компьютеры крайне желательно заземлять.

В случае использования трехконтактной вилки и розетки, в которых есть нулевой провод, это получается автоматически. При двухконтактной вилке и розетке необходимо принимать специальные меры, организовывать заземление отдельным проводом большого сечения. Стоит также отметить, что в случае трехфазной сети желательно обеспечить питание всех компьютеров от одной фазы.

Но проблема осложняется еще и тем, что "земля", к которой присоединяются компьютеры, обычно далека от идеала. Теоретически заземляющие провода компьютеров должны сходиться в одной точке, соединенной короткой массивной шиной с зарытым в землю массивным проводником. Такая ситуация возможна, если компьютеры не слишком разнесены и заземление действительно сделано грамотно. Обычно же заземляющая шина имеет значительную длину, в результате чего стекающие по ней токи создают довольно большую разность потенциалов между ее отдельными точками. Присоединенные к одной и той же шине, но в разных точках, компьютеры имеют на своих корпусах разные потенциалы. В результате по электрическому кабелю, соединяющему компьютеры, потечет выравнивающий ток (переменный с высокочастотными составляющими).

**Именно поэтому экран всегда должен быть заземлен только в одной точке.**

Однако если каждый из компьютеров самостоятельно заземлен, то заземление экрана в одной точке становится невозможным без гальванической развязки компьютеров от сети. Таким образом, не должно быть связи по постоянному току между корпусом ("землей") компьютера и экраном ("землей") сетевого кабеля. В то же время, информационный сигнал должен передаваться из компьютера в сеть и из сети в компьютер. Для гальванической развязки обычно применяют импульсные трансформаторы, которые входят в состав сетевого оборудования (например, сетевых адаптеров). Трансформатор пропускает высокочастотные информационные сигналы, но обеспечивает полную изоляцию по постоянному току.



Правильное соединение компьютеров сети (гальваническая развязка условно показана в виде прямоугольника)

**Грамотное соединение компьютеров локальной сети электрическим кабелем обязательно должно включать в себя следующее**:

- оконечное согласование кабеля с помощью терминаторов;

- гальваническую развязку компьютеров от сети;

- заземление каждого компьютера;

- заземление экрана (если, конечно, он есть) в одной точке.

Не стоит пренебрегать каким-либо из этих требований. Например, гальваническая развязка сетевых адаптеров часто рассчитывается на допустимое напряжение изоляции всего лишь 100 В, что при отсутствии заземления одного из компьютеров может легко привести к выходу из строя его адаптера.

Следует отметить, что для присоединения коаксиального кабеля обычно применяются разъемы в металлическом корпусе. Этот корпус не должен соединяться ни с корпусом компьютера, ни с "землей" (на плате адаптера он установлен с пластиковой изоляцией от крепежной планки). Заземление экрана кабеля сети лучше производить не через корпус компьютера, а отдельным специальным проводом, что обеспечивает лучшую надежность. Пластмассовые корпуса разъемов RJ-45 для кабелей с неэкранированными витыми парами снимают эту проблему.

Важно также учитывать, что экран кабеля, заземленный в одной точке, является радиоантенной с заземленным основанием. Он может улавливать и усиливать высокочастотные помехи с длиной волны, кратной его длине. Для снижения этого "антенного эффекта" применяется многоточечное заземление экрана по высокой частоте. В каждом сетевом адаптере "земля" сетевого кабеля соединяется с "землей" компьютера через высоковольтные керамические конденсаторы.