

# Лекция

*Тема лекции:*  
**«СТАНДАРТНЫЕ ЛОКАЛЬНЫЕ  
СЕТИ»**

# Сверхвысокоскоростные сети

Быстродействие сети Fast Ethernet, других сетей, работающих на скорости в 100 Мбит/с, в настоящее время удовлетворяет требованиям большинства задач, но в ряде случаев даже его оказывается недостаточно.

Например, все более широко применяется сетевая обработка трехмерных динамических изображений.

Работы по достижению скорости передачи в 1 Гбит/с (1000 Мбит/с) ведутся в последние годы довольно интенсивно в нескольких направлениях.

Скорее всего, наиболее перспективной окажется сеть Gigabit Ethernet.



Сеть Gigabit Ethernet – это естественный, эволюционный путь развития концепции, заложенной в стандартной сети Ethernet.

Сохранение преемственности позволяет довольно просто соединять сегменты Ethernet, Fast Ethernet и Gigabit Ethernet в единую сеть и, самое главное, переходить к новым скоростям постепенно, вводя гигабитные сегменты только на самых напряженных участках сети.

Если же говорить о конкурирующих гигабитных сетях, то их применение может потребовать полной замены сетевой аппаратуры,.

В сети Gigabit Ethernet сохраняется все тот же хорошо зарекомендовавший себя в предыдущих версиях метод доступа CSMA/CD, используются те же форматы пакетов (кадров) и те же размеры, то есть никакого преобразования протоколов в местах соединения с сегментами Ethernet и Fast Ethernet не потребуется.

С появлением сверхбыстродействующих серверов преимущества Gigabit Ethernet будут становиться все более явными.

Работы по сети Gigabit Ethernet ведутся с 1995 года. В 1998 году принят стандарт, получивший наименование IEEE 802.3z. Разработкой занимается специально созданный альянс (Gigabit Ethernet Alliance), в который, в частности, входит такая известная фирма, занимающаяся сетевой аппаратурой, как 3Com.



Номенклатура сегментов сети Gigabit Ethernet в настоящее время включает в себя следующие типы:

- 1000BASE-SX – сегмент на мультимодовом оптоволоконном кабеле с длиной волны светового сигнала 850 нм.
- 1000BASE-LX – сегмент на мультимодовом и одномодовом оптоволоконном кабеле с длиной волны светового сигнала 1300 нм.
- 1000BASE-CX – сегмент на экранированной витой паре.
- 1000BASE-T – сегмент на счетверенной неэкранированной витой паре.

Специально для сети Gigabit Ethernet предложен метод кодирования передаваемой информации 8В/10В.

Этот код позволяет сохранять самосинхронизацию.

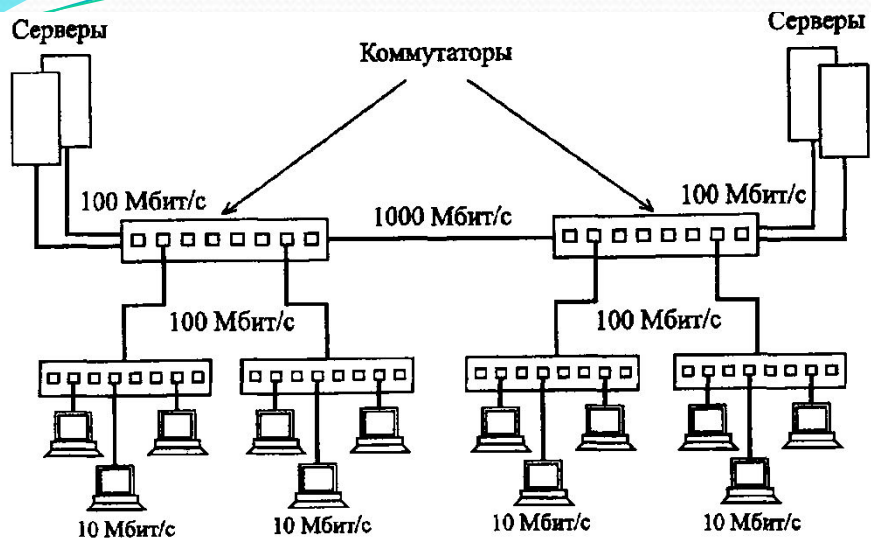
Для увеличения 512-битного интервала сети Ethernet, соответствующего минимальной длине пакета, разработаны специальные методы.

В частности, минимальная длина пакета увеличена до 512 байт (4096 бит).

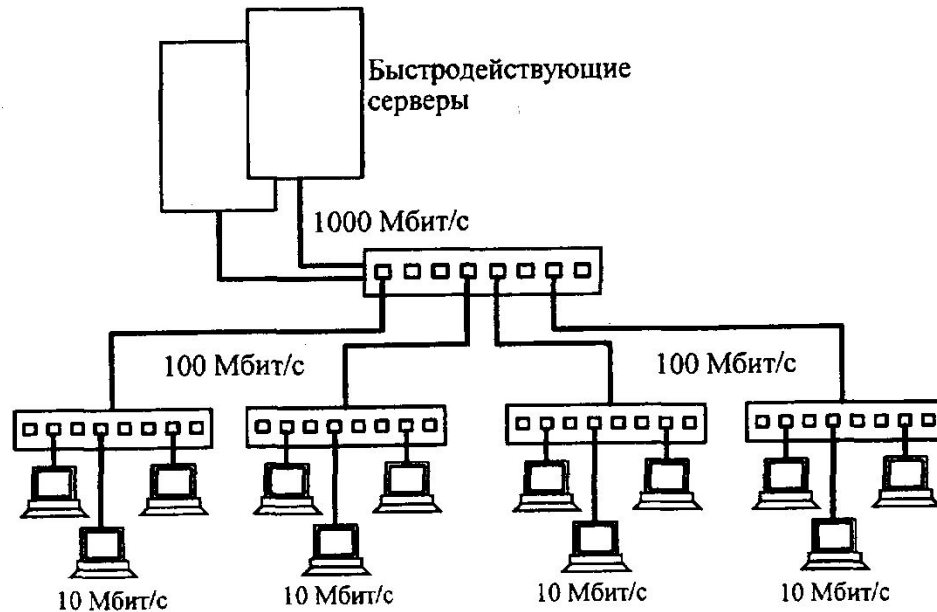


Предполагается поддерживать передачу в сети Gigabit Ethernet как в полудуплексном режиме (с сохранением метода доступа CSMA/CD), так и в более быстром полнодуплексном режиме (как и в предшествующей сети Fast Ethernet).





Использование сети Gigabit Ethernet для соединения групп компьютеров



Использование сети Gigabit Ethernet для подключения быстродействующих серверов

В настоящее время сеть Gigabit Ethernet вытеснила оптоволоконную сеть FDDI, которая использовалась для объединения в единую сеть нескольких локальных сетей, в том числе, и сетей Ethernet. FDDI может связывать абонентов, находящихся на гораздо большем расстоянии друг от друга, но по скорости передачи информации Gigabit Ethernet существенно превзошла FDDI.



## **ATM (Asynchronous Transfer Mode)**

Основная ее идея – передача цифровых, голосовых и мультимедийных данных по одним и тем же каналам. Строго говоря, жесткого стандарта на аппаратуру ATM не предполагает.

Первоначально была выбрана скорость передачи 155 Мбит/с (для настольных систем – 5 Мбит/с), затем – 662 Мбит/с, а сейчас ведутся работы по повышению скорости до 2488 Мбит/с.

По скорости ATM успешно конкурирует с Gigabit Ethernet.

В качестве среды передачи информации в локальной сети технология АТМ предполагает использование оптоволоконного кабеля и неэкранированную витую пару. Используемые коды – 4В/5В и 8В/10В.

Принципиальное отличие АТМ от всех остальных сетей состоит в отказе от привычных пакетов с полями адресации, управления и данных.

- информация передается упакованной в микропакеты (ячейки, cells)
- ячейка имеет идентификатор типа данных
- идентификатор позволяет сортировать ячейки
- минимальный размер ячеек позволяет осуществлять коррекцию ошибок



Главный недостаток сетей с технологией АТМ состоит в их полной несовместимости ни с одной из существующих сетей.

Плавный переход на АТМ в принципе невозможен, нужно менять сразу все оборудование, а стоимость его пока что очень высока.

# Лекция

*Тема лекции:*

*«Алгоритмы сети Ethernet/Fast Ethernet»*



Метод управления обменом (метод доступа) **CSMA/CD** и метод вычисления циклической контрольной суммы пакета **CRC**.

Эти же самые алгоритмы используются во многих других локальных сетях. Например, метод доступа CSMA/CD применяется в сетях IBM PC Network, AT&T Starlan, Corvus Omninet, PC Net, G-Net и др.

Что касается алгоритма вычисления циклической контрольной суммы CRC, то он стал фактическим стандартом для любых локальных сетей.

# Метод управления обменом CSMA/CD

Метод управления обменом CSMA/CD (*Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection* – множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий) относится к децентрализованным случайным (точнее, квазислучайным методам).



# История...

В ранней сети типа Alohanet, работавшей с 1970 г. на Гавайских островах, использовался радиоканал и установленный на спутнике ретранслятор, а также сравнительно простой метод доступа CSMA (без обнаружения коллизий).

В сетях типа Ethernet и Fast Ethernet в качестве несущей выступает синхросигнал, «подмешиваемый» к передаваемым данным таким образом, чтобы обеспечить надежную синхронизацию на приемном конце за счет организации (при необходимости) дополнительных принудительных переходов сигнала между двумя или тремя электрическими уровнями.

По сравнению с классическим методом CSMA в методе CSMA/CD добавлено обнаружение конфликтов (коллизий) во время передачи.

- **IPG** (interpacket gap, межпакетная щель) – минимальный промежуток времени между передаваемыми пакетами (9,6 мкс для Ethernet/0,96 мкс для Fast Ethernet). Другое название – межкадровый интервал.
- **BT** (Bit Time, время бита) – интервал времени для передачи одного бита (100 нс для Ethernet/ 10 нс для Fast Ethernet).
- **PDV** (Path Delay Value, значение задержки в пути) – время прохождения сигнала между двумя узлами сети (круговое, то есть удвоенное).



- **Collision window** – максимальное значение PDV для данного сегмента.
- **Collision domain** – часть сети, на которую распространяется ситуация коллизии, конфликта.
- **Slot time** – максимально допустимое окно коллизий для сегмента (512 x BT).
- **Minimum frame size** – минимальный размер кадра (512 бит, или 64 байта).
- **Maximum frame size** – максимальный размер кадра (1518 байт).
- **Maximum network diameter** – максимальная допустимая длина сегмента, при которой его окно коллизий не превышает slot time, времени канала.

- **Truncated binary exponential back off** (усеченная двоичная экспоненциальная отсрочка) – задержка перед следующей попыткой передачи пакета после коллизии. Вычисляется она по следующей формуле:

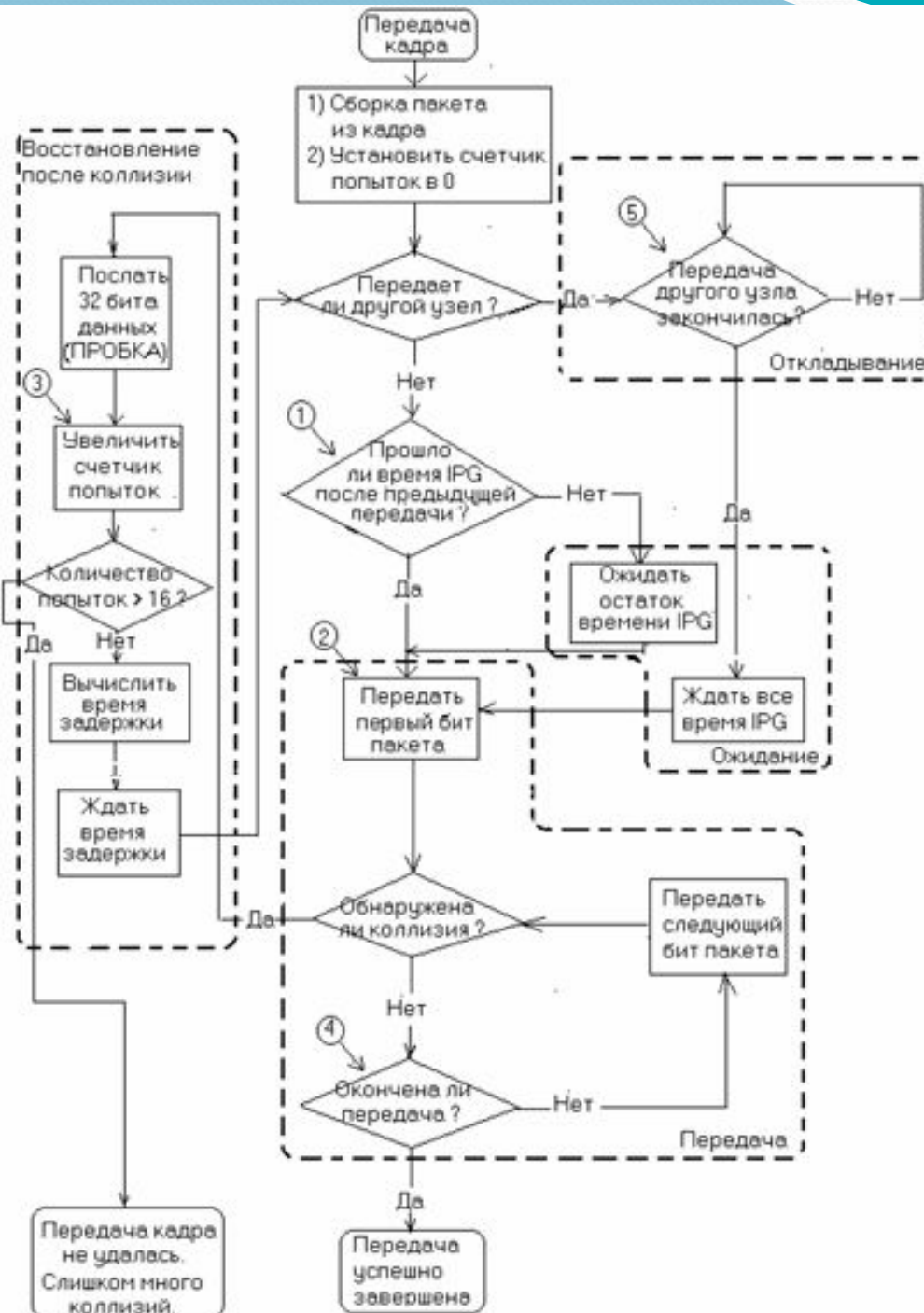
$$\text{RAND}(0, 2^{\min(N, 10)}) \cdot 512 \cdot \text{BT}$$

где  $N$  – значение счетчика попыток,  $\text{RAND}(a, b)$  – генератор случайных нормально распределенных целых чисел в диапазоне  $a...b$ , включая крайние значения.



# Алгоритм доступа к сети

Структурная схема алгоритма доступа к сети в соответствии с методом CSMA/CD



Например, если заявки на передачу возникли у нескольких абонентов во время занятости сети, то после ее освобождения все эти абоненты одновременно начнут передачу и образуют коллизию.

Коллизия возникает и в случае свободной сети, если заявки на передачу возникают у нескольких абонентов одновременно.

В пределах 512-битовых интервалов обнаруживаются все коллизии в сети.



Если коллизия обнаруживается раньше 480-битового интервала, то такие пакеты (кадры) называются карликовыми (*runt frames*).

Если же коллизия обнаруживается в конце 512-битового интервала (после 480-битового интервала), то такие пакеты называть карликовыми не совсем правильно.

Сигнал ПРОБКА, образующий 32 последних бита пакета, выступает в виде контрольной суммы пакета. Однако вероятность того, что ПРОБКА будет соответствовать правильной контрольной сумме пакета, крайне мала.

Коллизии могут и должны обнаруживаться до окончания передачи. Действительно, анализ принятого в конце каждого пакета поля FCS, фактически содержащего помехоустойчивый циклический код CRC (*Cyclic Redundancy Check*), привел бы к неоправданному снижению скорости передачи.

Практически коллизии обнаруживаются либо самим передающим абонентом, либо повторителями в сети, возможно, задолго до окончания передачи заведомо испорченного пакета.



Признаки связаны с неверным форматом пакетов, передача которых была досрочно прекращена из-за возникновения коллизии:

- длина пакета меньше 64 байт (512 бит);
- пакет имеет неверную контрольную сумму FCS (точнее, неверный циклический код);
- длина пакета не кратна восьми.

Даже при загруженной сети для одного абонента число подряд следующих коллизий обычно не превышает 2-3. Этому способствует случайный характер возникновения запроса на передачу и случайная дискретная величина отсрочки следующей попытки передачи в случае возникновения коллизии.



# Оценка производительности сети

Существует три связанные между собой показателя, характеризующие производительность сети в идеальном случае - при отсутствии коллизий и при передаче непрерывного потока пакетов, разделенных только межпакетным интервалом IPG.

Такой режим реализуется, если один из абонентов активен и передает пакеты с максимально возможной скоростью.

Пакет максимальной длины является наименее избыточным по относительной доле служебной информации. Он содержит 12304 бит (включая интервал IPG), из которых 12000 являются полезными данными.

Поэтому максимальная скорость передачи пакетов (или, иначе, **скорость в кабеле** – *wire speed*) составит в случае сети Fast Ethernet:

$$10^8 \text{ бит/с} / 12304 \text{ бит} \approx 8127,44 \text{ пакет/с.}$$



**Пропускная способность** представляет собой скорость передачи полезной информации и в данном случае будет равна:

**8127,44 пакет/с x 1500 байта  $\approx$  12,2 Мбайт/с.**

**Эффективность использования** физической скорости передачи сети, в случае Fast Ethernet равной 100 Мбит/с, по отношению только к полезным данным составит:

$$8127,44 \text{ пакет/с} \times 12000 \text{ бит} / 10^8 \text{ бит/с} \approx 98\%.$$



При передаче пакетов минимальной длины (с учетом интервала IPG –  $84 \times 8 = 672$  бит, из которых только  $46 \times 8 = 368$  бит несут полезную информацию) возрастает скорость в кабеле (148809,52 пакет/с вместо 8127,44 пакет/с), что означает всего лишь факт передачи большого числа коротких пакетов.

В то же время пропускная способность (6,8 Мбайт/с вместо 12,2 Мбайт/с) и эффективность (55% вместо 98 %) заметно ухудшаются.

Для реальных сетей типа Fast Ethernet с большим числом активных абонентов  $N$  пропускная способность на уровне 12,2 Мбайт/с для какого-либо абонента является пиковым.

При одинаковой активности всех абонентов средняя пропускная способность для каждого из них составит  $12,2/N$  Мбайт/с.

Влияние помех, так же как и поздних конфликтов (*late collision*) в некорректных сетях, отслеживается с помощью анализа поля FCS пакета.



Показатель **использования сети** (*network utilization*), который представляет собой долю в процентах от суммарной пропускной способности.

Он учитывает коллизии и другие факторы. Ни сервер, ни рабочие станции не содержат средств для определения показателя использования сети.

Считается, что для загруженных систем Ethernet и Fast Ethernet хорошим значением показателя использования сети является 30%.

Если показатель использования сети значительное время составляет 80...90% и более, то это свидетельствует о практически полностью используемых (в данное время) ресурсах, но не оставляет резерва на будущее.





Зависимость показателя использования сети от времени при линейном увеличении предложенной нагрузки (1 – наилучшая область работы, 2 – приемлемая, 3 – плохая)

Некоторые авторы предлагают использовать для широко распространенного понятия «перегрузка» (*overload*) сетей на основе метода доступа CSMA/CD следующее определение: сеть перегружена, если она не может работать при полной нагрузке в течении не менее 80% своего времени. После точки насыщения наступает крах Ethernet (Ethernet collapse), когда возрастающая предложенная нагрузка заметно превышает возможности сети.



Любой детерминированный метод доступа не может обеспечить реализацию сколь угодно большой предложенной нагрузки, существующей продолжительное время.

Если данный вариант детерминированного метода доступа не предусматривает, как и метод CSMA/CD, систему приоритетов, то никакой из абонентов не может захватить сеть более чем на время передачи одного пакета, однако передача данных отдельными пакетами с долгими паузами между ними ведет к снижению скорости передачи для каждого абонента.

# Аппаратура 10BASE2

Стандарт *10BASE2* определяет сегмент Ethernet на основе тонкого коаксиального кабеля с топологией шина длиной до 185 метров.



## Тонкий коаксиальный кабель:

- диаметр (около 5 мм),
- более гибкий,
- удобен в монтаже,
- стоимость.

Тонкий кабель, как и толстый, имеет волновое сопротивление 50 Ом и требует такого же 50-омного оконечного согласования.

Тонкий кабель вполне может быть проложен навесным монтажом.

Самым большим недостатком тонкого кабеля является меньшая допустимая длина сегмента (до 185 метров).

Иногда производители сетевых адаптеров указывают допустимую длину сегмента 200 или даже 300 метров.

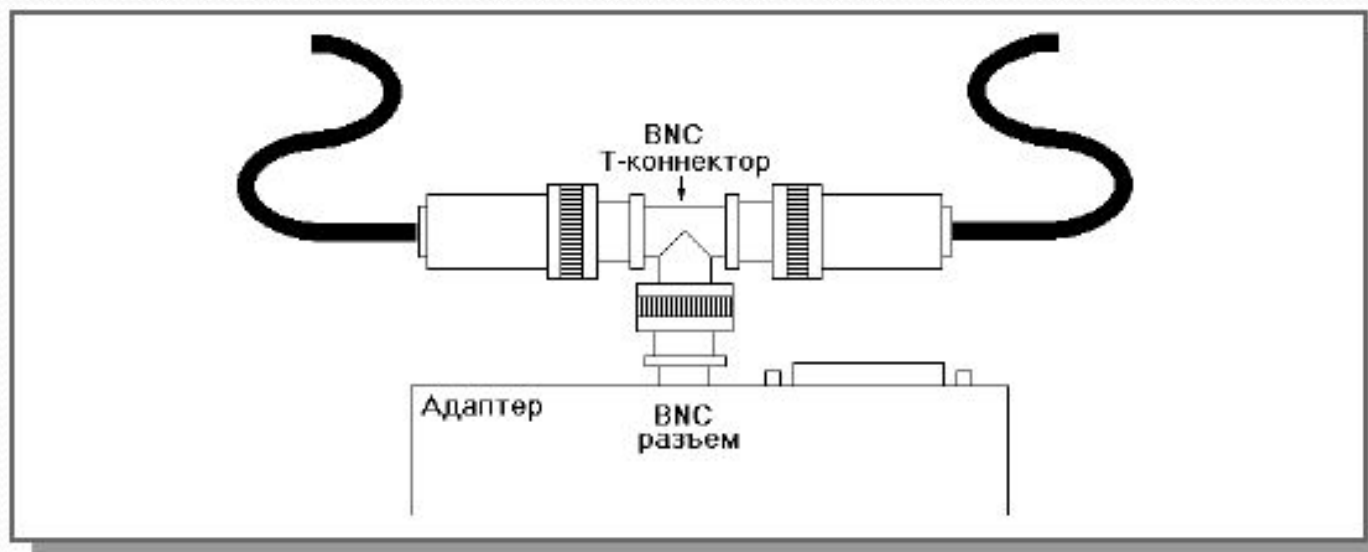


Аппаратура для работы с тонким кабелем гораздо проще, чем в случае толстого кабеля.



**Аппаратура 10BASE2**

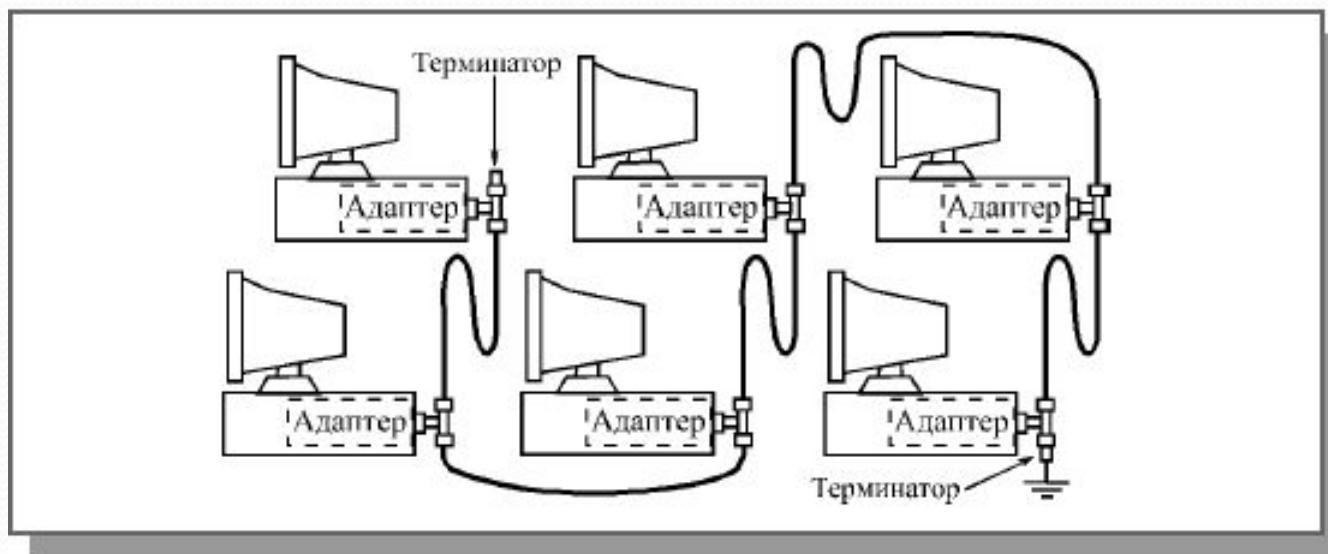
На плате адаптера должен находиться *BNC*-разъем, к которому присоединяется *BNC T-коннектор*, связывающий плату с двумя кусками кабеля. Гальваническую развязку осуществляет сам адаптер, напряжение изоляции составляет 100-150 вольт, что значительно меньше, чем в случае толстого кабеля. Металлический корпус *BNC*-разъема гальванически развязан с корпусом компьютера. Соединять их нельзя.



**Присоединение адаптера к тонкому коаксиальному кабелю**



## Пример соединения компьютеров в сеть с помощью тонкого кабеля

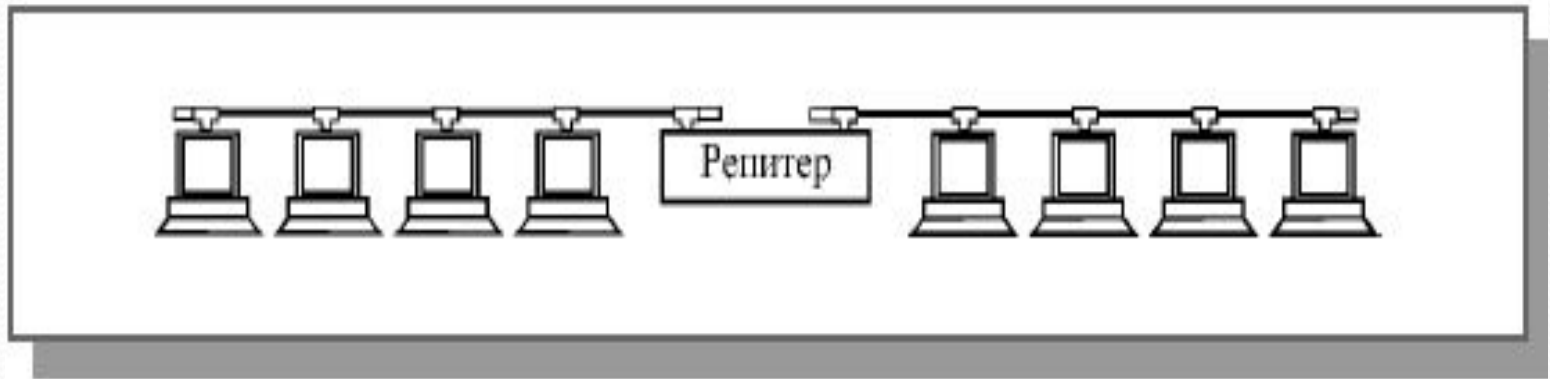


**Соединение компьютеров сети тонким кабелем**

Следует отметить, что разъемы отечественного производства типа СР-50 подходят для соединения с импортными разъемами *BNC*.



При необходимости увеличения длины сети можно использовать репитеры.



**Объединение сегментов 10BASE2 с помощью репитеров**

Минимальный набор оборудования для односегментной сети на тонком кабеле должен включать в себя следующие элементы:

сетевые адаптеры;

отрезки кабеля с *BNC*-разъемами на обоих концах;

*BNC T-коннекторы* (по числу сетевых адаптеров);

один *BNC* терминатор без заземления;

один *BNC* терминатор с заземлением.



- если сеть создается из нескольких сегментов с использованием репитеров и концентраторов,
- если же встроенных терминаторов нет, то надо использовать внешние терминаторы на каждом конце сегмента.

В принципе, реализация какого-то сегмента сети на базе отрезков кабелей разного типа (толстого и тонкого) возможна. В этом случае для расчета допустимой длины сегмента кабеля рекомендуется пользоваться следующим соотношением:

$$(3,28 \times L_{тн}) + L_{тл} < 500 \text{ м,}$$

где  $L_{тн}$  и  $L_{тл}$  – соответственно длина тонкого и толстого кабеля.

До недавнего времени аппаратура *10BASE2* была самой популярной. Кабели, разъемы, адаптеры для нее выпускались наибольшим количеством производителей, что приводило к регулярному снижению цен. Но сейчас ее все больше вытесняет *10BASE-T*.



# Аппаратура 10BASE-T

Стандарт *10BASE-T* определяет сегмент Ethernet на основе неэкранированных витых пар. Это самый поздний стандарт Ethernet на основе электрического кабеля.

Он считается перспективным, и практически вытеснил сегменты *10BASE5* и *10BASE2*.

Данный тип сегмента Ethernet имеет все преимущества и недостатки пассивной звезды.

С одной стороны, он заметно дороже шинного сегмента *10BASE2*.

Суммарное количество кабеля, необходимого для объединения такого же количества компьютеров, оказывается гораздо больше, чем в случае шины.

С другой стороны, обрыв кабеля не приводит к отказу всей сети.

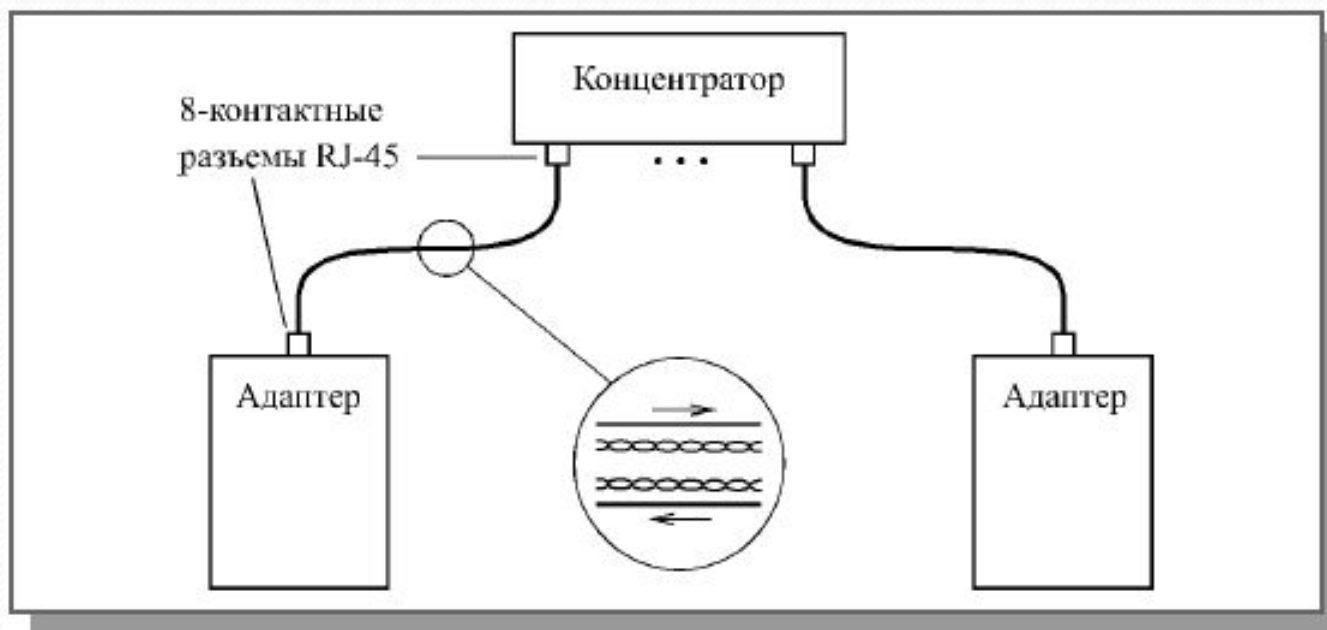


Однако главное преимущество *10BASE-T* в том, что только данный стандарт благодаря использованию передачи "точка-точка" позволяет выполнить плавный перевод сети Ethernet в сеть Fast Ethernet.

В сегменте *10BASE-T* передача сигналов осуществляется по двум витым парам проводов.

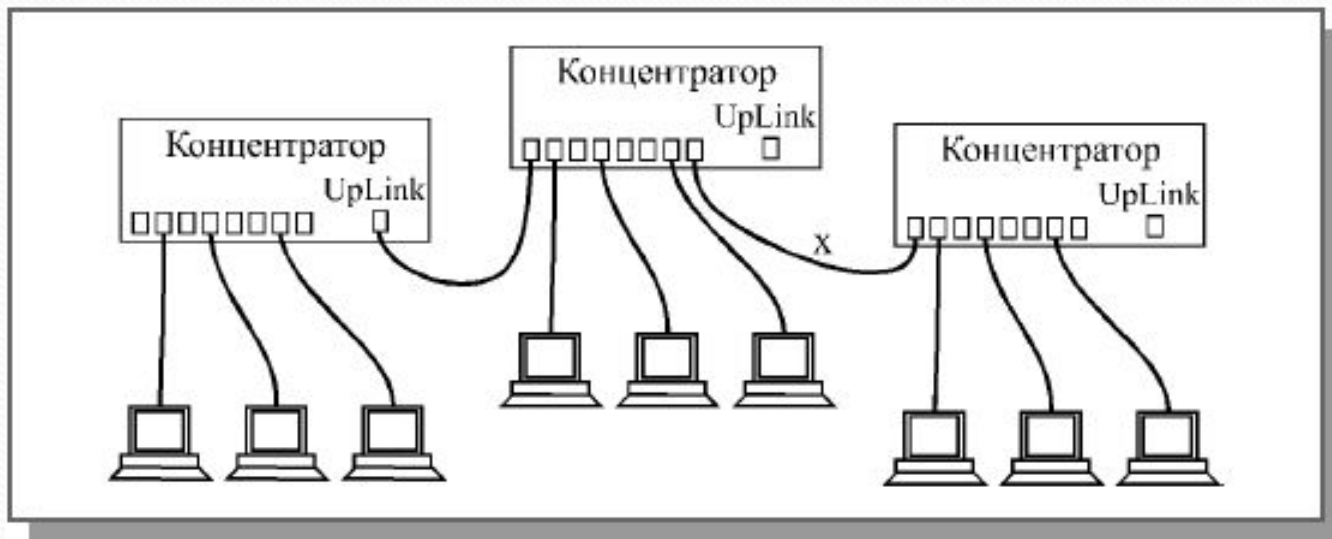
- Кабелем, содержащим такие двойные витые пары, каждый из абонентов сети присоединяется к концентратору (хабу).
- Концентратор производит смешение сигналов от абонентов для реализации метода доступа CSMA/CD, то есть в данном случае реализуется топология пассивная звезда.

Использование двух встречно направленных витых пар упрощает задачу детектирования коллизий. Коллизия детектируется тогда, когда имеется входной сигнал во время передачи.



**Подключения абонентов 10BASE-T с помощью витой пары**





**Соединение абонентов 10BASE-T с помощью концентраторов**

Гальваническая развязка осуществляется аппаратурой адаптеров и имеет типовое напряжение изоляции 100 В, что соответствует параметрам *10BASE2*.

Назначение контактов разъема приведено в таблице. Провода передающей пары обозначены TX+ и TX-, а приемной пары – RX+ и RX-.

### **Назначение контактов разъема RJ-45 сегмента 10BASE-T**

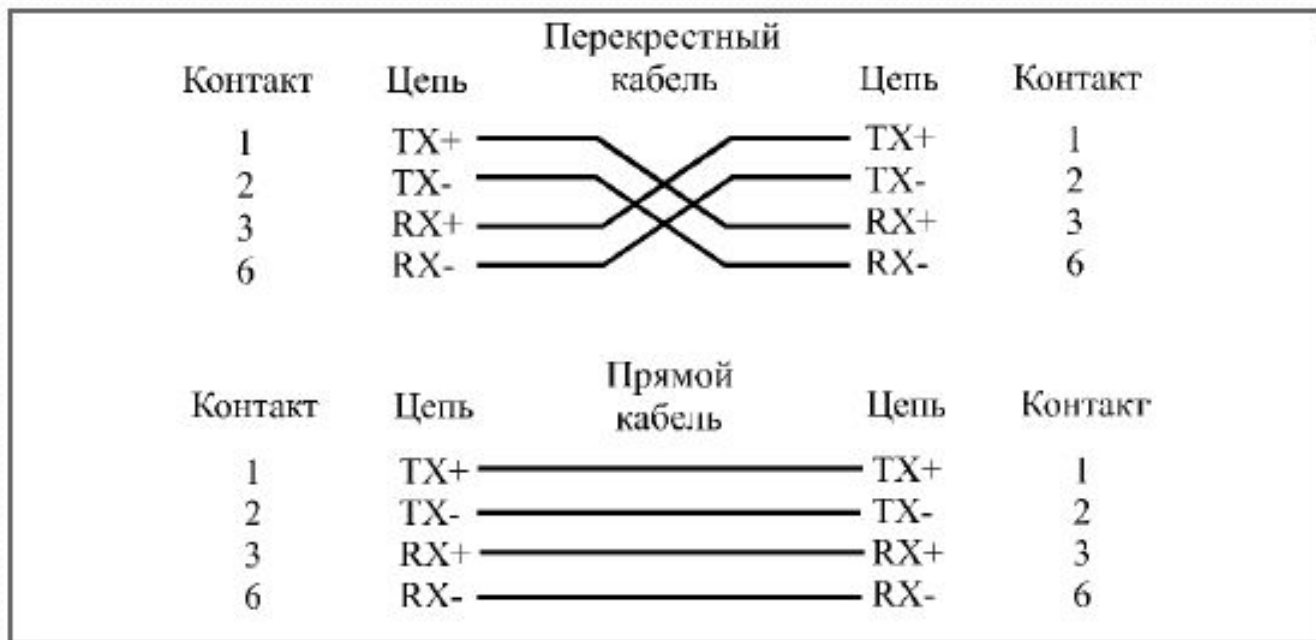
| <b>Контакт</b> | <b>Назначение</b> | <b>Цвет провода</b> |
|----------------|-------------------|---------------------|
| 1              | TX+               | Белый/оранжевый     |
| 2              | TX-               | Оранжевый/белый     |
| 3              | RX+               | Белый/зеленый       |
| 4              | Не используется   |                     |
| 5              | Не используется   |                     |
| 6              | RX-               | Зеленый/белый       |
| 7              | Не используется   |                     |
| 8              | Не используется   |                     |



В сети *10BASE-T* применяются два вида соединения проводов кабеля.

**перекрестный кабель** (crossover cable), который соединяет передающие контакты одного разъема *RJ-45* с приемными контактами другого разъема *RJ-45* и наоборот.

**прямой кабель** (direct cable), в котором соединяются между собой одинаковые контакты обоих разъемов. На такой *прямой кабель* рассчитано большинство концентраторов.



**Соединение проводов прямого и перекрестного кабелей сегмента 10BASE-T**



Особенность адаптеров и концентраторов, рассчитанных на работу с витой парой, как наличие в них встроенного контроля правильности соединения сети.

В отсутствии передачи информации они периодически передают тестовые импульсы (NLP– Normal Link Pulse).

Для визуального контроля правильности соединений предусмотрены специальные светодиоды «Link».

Это очень удобно и выгодно отличает сегмент *10BASE-T* от *10BASE2*.

Минимальный набор оборудования для сети на витой паре  
включает в себя следующие элементы:

сетевые адаптеры (по числу объединяемых в сеть компьютеров), имеющие UTP-разъемы *RJ-45*;

отрезки кабеля с разъемами *RJ-45* на обоих концах (по числу объединяемых компьютеров);

один концентратор, имеющий столько UTP-портов с разъемами *RJ-45*, сколько необходимо объединить компьютеров.