

8. Сетевые технологии

Современная концепция построения автоматических и автоматизированных систем управления заключается в том, что все большее значение приобретает возможность оперативного доступа к достоверной и точной информации из любой точки управления. Решение этих задач базируется на сетевых технологиях сквозного доступа, позволяющих интегрировать как компьютеры и контроллеры, так и элементы (датчики, исполнительные механизмы, регуляторы и т.п.).

На верхних уровнях системы взаимодействие компонентов реализуется посредством локальных вычислительных сетей (ЛВС). На уровне устройств, физически связанных с объектом управления, сети имеют ряд отличительных признаков и их называют локальными промышленными сетями (ЛПС). В переводной литературе используется термин “полевая шина” (Fieldbus).

Сетевая технология - это согласованный набор стандартных протоколов и реализующих их программно-аппаратных средств (сетевых адаптеров, кабелей, разъемов и пр.), достаточный для построения сети. Сетевые технологии базируются на общих принципах передачи данных.

В зависимости от способа управления различают сети типа:

- “клиент-сервер”, в которых выделяется один или несколько узлов (серверов), выполняющих в сети управляющие или специальные обслуживающие функции (предоставляют услуги), а остальные узлы являются клиентами, запрашивающими некоторые услуги;
- “одноранговые” - все узлы равноправны, каждый может быть и клиентом, и сервером.

Варианты соединения сетевых устройств:

- радиальное (“точка-точка”) – между двумя сетевыми устройствами (например, компьютерами, ПРК и т.п.);
- магистральное (“многоточка”) - сетевые устройства независимо выходят на общую линию передачи.

Каждое из соединений может существовать постоянно (некоммутируемые или выделенные линии) или устанавливается временно (коммутируемые линии).

Обмен данными может осуществляться в симплексном, полудуплексном или дуплексном режиме.

Сети характеризуются: топологией; физической средой передачи данных (СПД); методом доступа к физической СПД; программным обеспечением.

Топология сети - способ объединения различных сетевых устройств. Геометрически она описывается конфигурацией графа, вершинам которого соответствуют источники и приемники данных (например, компьютеры), называемые узлами, а ребрам – физические связи между ними (рис. 8.1). Компьютеры, включенные в сеть, часто называют рабочими станциями.

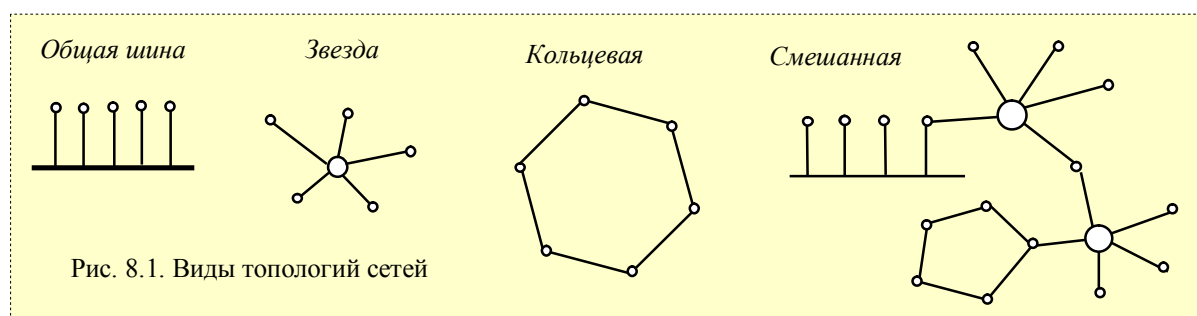


Рис. 8.1. Виды топологий сетей

Практически же топология – это конфигурация физических соединений компонентов ЛВС, которая во многом определяет характеристики сети, например: способ доступа к сети, возможность ее расширения, надежность и др. При выборе типа топологии необходимо учитывать, что конфигурация физических связей определяется электрическими соединениями узлов между собой и может отличаться от конфигурации логических связей между узлами сети, которые представляют собой маршруты передачи данных в сети и образуются путем соответствующей настройки коммуникационного оборудования. Во многих случаях физическая и логическая топологии сети совпадают.

К наиболее распространенным топологиям относят: *шинную, кольцевую и звездообразную*.

Физическая среда передачи данных (СПД) - это совокупность *сред и средств*, с помощью которых осуществляется *пересылка данных*: каналы на основе *коаксиального кабеля, витой пары, волоконной оптики, радио- и инфракрасного каналов*, а также *телефонных и телеграфных линий*.

Метод доступа к физической СПД – это метод взаимодействия *узла сети с СПД* для обмена информацией с другими узлами. Чаще всего СПД является общей для всех узлов, поэтому каждый узел должен руководствоваться некоторой *процедурой*, обеспечивающей упорядоченную, корректную передачу данных, ее называют *управлением доступом* к СПД.

Программное обеспечение (ПО) сети - на его основе реализуется взаимодействие между узлами или между локальными подсистемами путем передачи друг другу данных. Это решается с помощью специальных управляющих программ и правил - *протоколов*, стандартизирующих обмен данными в сети: определяют правила обмена информацией и электрические соединения в сети.

Сетевое оборудование: *компьютеры* - рабочие станции, автоматизированные рабочие места; *серверы* - выполняют функции *управления распределением сетевых ресурсов общего доступа*; *сетевые адаптеры* (СА); *приемопередатчики/трансиверы* - для подключения узла к основной магистрали сети; *концентраторы (hub)* – коммутирующие устройства в сетях звездной архитектуры; *коммутаторы (switcher)* – коммутуют приходящие пакеты, т.е. ретранслируют их по сегментам, выделенным на основе анализа адресной информации; *мосты (bridge)* – служат для соединения двух *различных сетей*; *маршрутизаторы (router)* – определяют пути передачи данных в сети; *коннекторы* – обеспечивают механическое и непосредственно электрическое подключение узлов к кабелю; *терминаторы* – для согласования сопротивления на концах моноканалов и исключения искажающих отражений сигналов; *кабели*.

Основные топологии физических связей в сети

«Звезда» (star). Каждый узел подключается *отдельным* кабелем к общему устройству (*рис. 8.1, 8.2*) - *концентратору (hub)*. Тип соединения - *“точка-точка”*. Прямые соединения между двумя терминальными узлами отсутствуют. Информация передается через *концентратор*.

Выход из строя терминального узла или одного канала связи отключает только один узел и *не влияет на работоспособность остальной сети*. Однако концентратор должен отличаться повышенной надежностью, т.к. выход его из строя *останавливает всю сеть*. Кроме того, *возможности по наращиванию числа узлов* в сети ограничиваются количеством портов *концентратора*, т.к. дополнительное включение в сеть возможно только в случае, если *он* имеет свободный порт.

Важно, что концентратор может играть роль *интеллектуального фильтра* информации, поступающей от узлов, и при необходимости блокировать запрещенные передачи. Иногда строят сеть с несколькими концентраторами, иерархически соединенными между собой связями типа звезда, в настоящее время это широко распространено.

К *преимуществам «звезды»* относят также относительную простоту ее логической и программной структуры, к *недостаткам* - более высокую стоимость оборудования из-за концентратора.

Концентратор *Ethernet* повторяет входные сигналы на всех своих портах, кроме того, с которого сигналы поступают (*рис. 8.2, а*). А концентратор *Token Ring* (топология «кольцо») повторяет входные сигналы, поступающие с некоторого порта, только на одном порту – на том, к которому подключен следующий в кольце узел (*рис. 8.2, б*).

«Кольцо» (ring). Сеть образует неразрывное кольцо (сети *Token Ring*). Тип соединения – *“точка-точка”*. Кольцо представляет собой удобную конфигурацию для организации обратной связи и контроля процесса доставки данных адресату (*рис. 1, 2, 3*). Данные, сделав полный оборот, возвращаются к узлу-источнику, который *удалит их из кольца*. Часто это свойство используется для тестирования связности сети и поиска узла, работающего некорректно (в сеть посылаются специальные тестовые сообщения).

Шинная топология требует жесткой регламентации доступа к среде передачи.

Для современных приложений, использующих видео- и мультимедиа-данные, предпочитают применять сети со *звездообразной архитектурой*.

В табл. 8.1 приведены сравнительные характеристики основных типов топологий.

Табл. 8.1. <i>Сравнительные характеристики основных топологий</i>			
<i>Характеристика</i>	<i>Звезда</i>	<i>Кольцо</i>	<i>Шина</i>
<i>Режим доступа</i>	Доступ и управление через центральный узел	Децентрализованное управление. Доступ от узла к узлу	Централизованный и децентрализованный доступ
<i>Надежность</i>	Сбой центрального узла – сбой всей сети	Разрыв линии связи - сбой всей сети	Ошибка одного узла не приводит к сбою всей сети
<i>Расширяемость</i>	Ограничено число физических портов на центральном узле	Возможно расширение числа узлов	Возможно расширение числа узлов

Физическая и логическая структура сети

Физическая структура сети не всегда решает проблему перераспределения потоков данных между различными сегментами сети. Поэтому в ряде случаев применяют логическую *структуризацию* сети - используют специальные методы и оборудование (*повторители, концентраторы, мосты* и др.), обеспечивающие взаимодействие сегментов сети между собой.

Примерами несовпадения *физической и логической топологий* сети являются сети, показанные на *рис. 8.2, 8.3*. В сети на *рис. 8.3,а* физическая и логическая топологии совпадают. Узлы этой сети получают доступ к кабелям кольца за счет передачи друг другу *специального кадра – маркера*, причем этот маркер также передается последовательно от узла к узлу в том же порядке, в котором узлы образуют физическое кольцо, т.е. узел А передает маркер узлу В, узел В – узлу С и т.д.

Однако для сети на *рис. 3,б* физическая и логическая топологии не совпадают. Физически узлы соединены по топологии *общая шина*. Доступ же к шине происходит не по *алгоритму случайного доступа*, применяемому в *Ethernet*, а путем *передачи маркера в кольцевом порядке*: от узла А – узлу В, от узла В – узлу С и т.д. Здесь порядок передачи маркера уже не повторяет физические связи, а определяется логическим конфигурированием *драйверов сетевого адаптера (СА)*. Ничто не мешает настроить СА и их драйверы так, чтобы узлы образовали кольцо в другом порядке, например: от В к А и т.д.. При этом физическая структура сети никак не изменится.

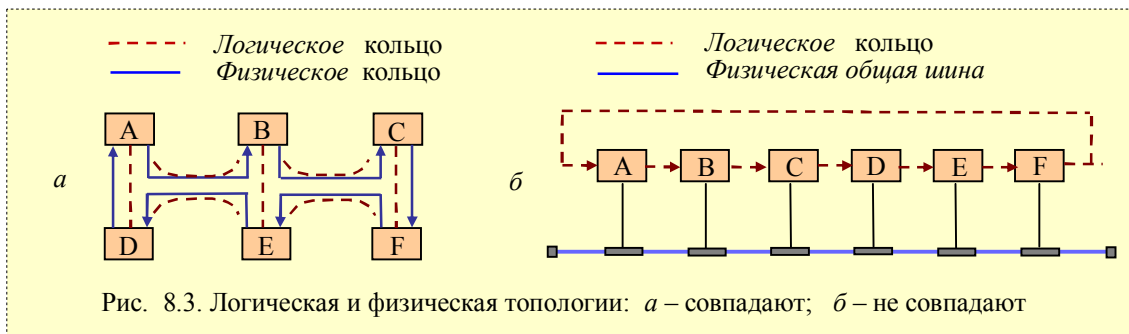


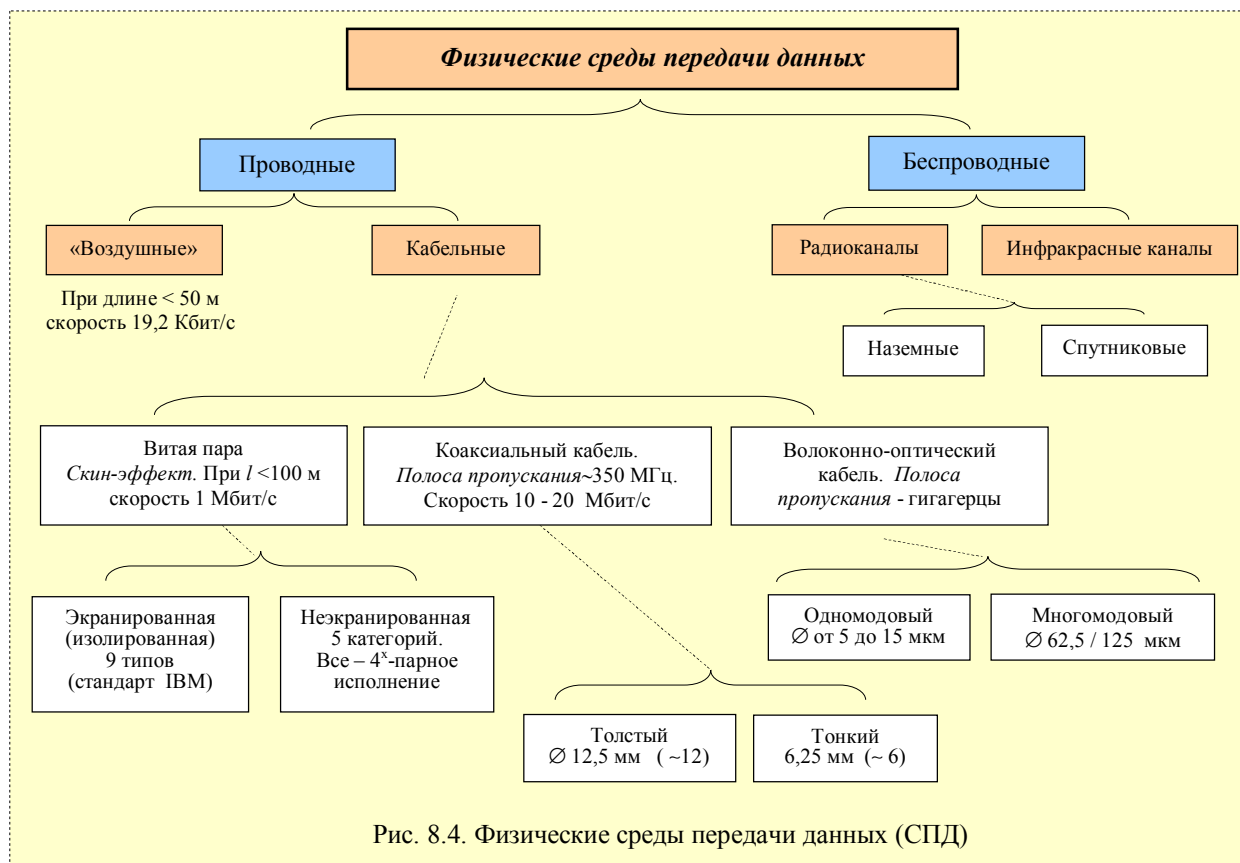
Рис. 8.3. Логическая и физическая топологии: *а* – совпадают; *б* – не совпадают

Физические среды (линии связи) передачи данных (рис. 8.4, табл. 8.2)

Собственно *пересылка данных* происходят с помощью сред и средств, объединяемых названием *среда передачи данных* (СПД) - это совокупность *линий* передачи данных и *блоков взаимодействия* (т.е. сетевого оборудования, не входящего в узлы).

Проводные/воздушные СПД - это провода без каких-либо изолирующих или экранирующих оплеток, проложенные между столбами и висящие в воздухе. По ним традиционно передаются *телефонные* или *телеграфные* сигналы, но при отсутствии других возможностей они используются и для передачи компьютерных данных. Эти линии вытесняются кабельными и другими.

Кабельные линии (*витая пара, коаксиальный кабель и волоконно-оптический кабель*) – это достаточно сложные конструкции, которые состоят из проводников, заключенных в *несколько слоев изоляции*: электрической, электромагнитной, механической. Они оснащены также разъемами, позволяющими быстро выполнить присоединение к ним различного оборудования.



Витая пара (ВП) - состоит из двух (или более) пар изолированных проводов, скрученных друг с другом (и помещенных в общую диэлектрическую оболочку) для повышения устойчивости к помехам от блуждающих сигналов, которые в отсутствие скрученности могли бы исказить передаваемый сигнал. При этом внешнее воздействие влияет на оба провода, и поэтому искажение разности сигналов снижается. Более того, если несколько скрученных пар заключены в один кабель, то скручивание каждой пары внутри кабеля еще более ослабляет воздействие взаимных наводок. Скорость до 10 Мбит/с; длина кабеля не более 1000 м при скорости передачи 1 Мбит/с.

Типы ВП: **неэкранированная** (НВП/UTP - Unshielded Twisted Pair) и **экранированная/изолированная** (ЭВП/STP - Shielded Twisted Pair). Основным фактором, сдерживающим использование ВП, обусловлен **скин-эффектом** – при росте скорости передачи данных (а следовательно, и частоты передачи сигналов), ток в проводнике вытесняется к его наружной поверхности, повышается электрическое сопротивление проводов, что в свою очередь вызывает дополнительное затухание сигналов. На высоких частотах возрастают также потери мощности сигнала, вызванные эффектом радиации.

Преимущества: низкая стоимость, легкость подключения новых узлов, возможность наращивания длины через **повторители**. **Однако:** низкая скорость передачи данных (до 1 Мбит/с).

Коаксиальный кабель (КК) - это центральный медный токоведущий провод (окруженный слоем диэлектрика), проходящий **концентрически/коаксиально** внутри сплошного/плетеного внешнего **кругового** проводника. Пространство между двумя проводниками заполняется электрически изолирующим составом, поэтому внутренний проводник эффективно защищен от внешних помех. Минимизируются потери от электромагнитной радиации и скин-эффекта. КК используется тогда, когда требуется высокая скорость передачи на большие расстояния (несколько км) - от 1 до 10 Мбит/с, а иногда может достигать 50 Мбит/с. Имеет волновое сопротивление 50 Ом.

Типы КК: **тонкий** – 6,25 мм (10Base2) и **толстый** – 12,5 мм (10Base5). Достоинство толстого кабеля – **возможность прямых ответвлений** путем прокалывания изоляционного слоя (поэтому сеть может легко наращиваться), а также **помехозащищенность**.

Кабель применим как в **двухточечных**, так и в **многоточечных** топологиях. Достаточно просто и непосредственно обеспечивается физическое соединение (отводы) с кабелем. Такое условие является обязательным, например, при топологии типа **шина**.

Волоконно-оптический кабель (ВОК) состоит из отдельных стекловолокон (или волокон из специального пластика) для каждого передаваемого сигнала; все они содержатся в защитном покры-

тии, которое экранирует их от внешних источников света. Световой сигнал генерируется специальным *оптическим передатчиком* (ПД), преобразующим электрические сигналы в оптические, соответственно на другом конце линии *оптический приемник* осуществляет обратное преобразование. Обычно ПД использует для преобразования *светоизлучающий диод*, полупроводниковые *лазеры* (для одномодовых), а приемник – *фотодиод* или *фототранзистор*.

Мода – угол отражения луча (светового), характеризует режим распространения световых лучей во внутреннем сердечнике такого кабеля.

Типы оптоволокон: 1) с параллельной передачей нескольких световых сигналов (*многомодовый*), применяется для передач на расстояние до 2000 м, источник сигнала – *диод*;

2) с одиночным режимом передачи (*одномодовый*), применяется для передачи сигнала на расстоянии до 5000 м, источник сигнала – *лазер*.

Применение такого кабеля повышает *степень безопасности* связи, так как из него физически трудно перехватить информацию.

Для ВОК *характерна* потенциально *широкая полоса пропускания*, *высокая скорость передачи данных*, а также *высокая устойчивость к искажениям* другими источниками электрической энергии. Скорость – несколько Гбит/с. Допустимое удаление более 50 км. Однако, как правило, системы с ВОК дороже КК. Кроме того, в силу своей структуры они механически слабее, что затрудняет их установку. Системы с ВОК трудно соединять (что связано с большими потерями при их сцеплении). Более высокая стоимость.

Радио-канал (РК) - образуется с помощью передатчиков и приемников радиоволн (наземная и спутниковая связь). РК различаются как используемым частотным диапазоном (короткие, средние и длинные волны), так и дальностью канала. *Например*, при спутниковой радиосвязи направленный микроволновый луч, содержащий информацию, посылается с Земли спутнику, который принимает этот луч и ретранслирует его заранее определенным пунктам назначения.

Обычно для связи используют *геостационарный спутник* - за 24 часа он делает один оборот вокруг Земли с постоянной скоростью, с Земли он кажется неподвижным (стационарным).

Инфракрасный канал (ИК) - используется для организации связи между узлами, расположенными друг от друга в пределах прямой видимости на небольшом расстоянии.

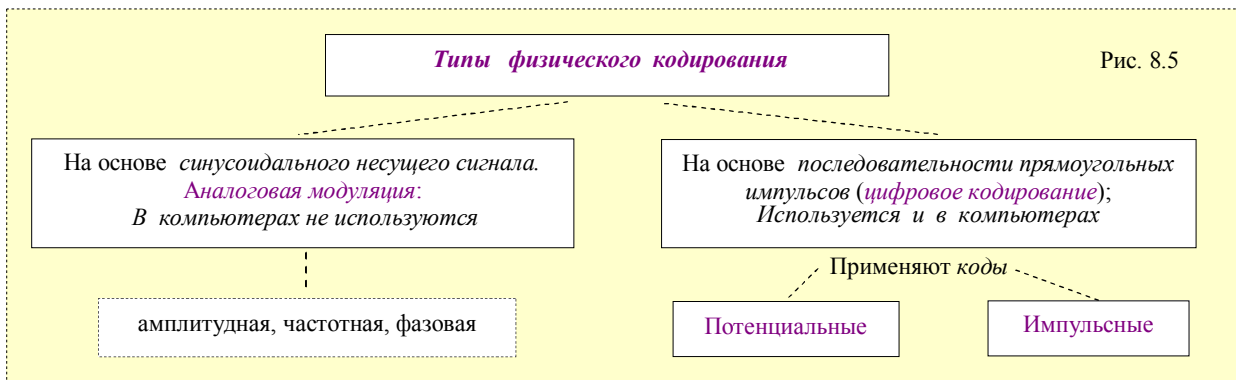
Тип среды передачи данных	Скорость передачи, Мбит/с	Длина сетевого сегмента, м
Витая пара	До 100	100
Тонкий коаксиальный кабель	До 10	185
Толстый коаксиальный кабель	До 100	500
Оптоволокно	100 и выше	2-5 км

Физическая передача данных в сетях (рис. 8.5)

В зависимости от *типа аппаратуры* и *способа представления* информации электрическими сигналами *линии/каналы* связи делятся на *аналоговые* и *цифровые*. В *аналоговых* аппаратура предназначена для *усиления* аналоговых сигналов, имеющих *непрерывный диапазон значений*. В *цифровых* каналах сигналы имеют *конечное число состояний*. Элементарный сигнал, передаваемый за один такт работы передающей аппаратуры, имеет 2 или 3 состояния, которые передаются в линию связи импульсами прямоугольной формы. Таким способом в настоящее время передаются как данные, так и оцифрованная речь и изображение. В *цифровых* каналах для *передачи данных* применяют *самосинхронизирующиеся* коды, а для *передачи аналоговых сигналов* – *кодowo-импульсную модуляцию*.

При передаче данных реализуются те или иные *методы*:

- представления двоичных 1 и 0 с помощью *импульсных* или *синусоидальных* сигналов в линиях связи различной физической природы,
- обнаружения и коррекции ошибок,
- коммутации и компрессии данных.



Способы физического кодирования данных (в компьютере и в сети)

Представление данных в виде электрических или оптических сигналов называют кодированием. Существуют различные способы кодирования двоичных цифр 1 и 0, например:

- *потенциальный* - единице соответствует один уровень напряжения, а нулю – другой,
- *импульсный* - цифры представляются импульсами различной или одной полярности.

При организации связи *между компьютерами* могут использоваться аналогичные подходы для кодирования данных, однако эти линии связи отличаются по своим электрическим характеристикам от тех, которые существуют внутри компьютера.

Проблемы, которые необходимо решать при передаче сигналов

1. Выбор способа кодирования и скорости передачи данных.
2. Синхронизация передатчика (ПД) одного компьютера с приемником (ПР) другого.
3. Меры повышения надежности передачи данных – способ кодирования должен обладать способностью распознавать ошибки и низкой стоимостью реализации.

Эти задачи решают: *в локальных сетях* - сетевые адаптеры (СА); *в глобальных* – аппаратура передачи данных, к которой относятся, например, устройства, выполняющие модуляцию и демодуляцию дискретных сигналов, - *модемы*.

1) Выбор способа кодирования и скорости передачи данных. Применяют как *потенциальное*, так и *импульсное* кодирование, а также специфический способ представления данных (не используется *внутри компьютера*), - *модуляцию*.

Потенциальное или *импульсное* кодирование применяется на каналах высокого качества, а *модуляция* на основе синусоидальных сигналов в том случае, когда канал вносит сильные искажения в передаваемые сигналы.

2) Синхронизация ПД одного компьютера с ПР другого. При организации взаимодействия модулей внутри компьютера все модули синхронизируются от общего тактового генератора. Проблема синхронизации при связи компьютеров может решаться разными способами, как с помощью обмена специальными тактовыми синхроимпульсами *по отдельной линии*, так и с помощью *периодической синхронизации* заранее обусловленными кодами или импульсами характерной формы, отличающейся от формы импульсов данных.

3) Меры повышения надежности передачи данных – необходимо выбрать способ кодирования, обеспечивающий распознавание ошибок, например, посредством осуществления подсчета контрольной суммы (КС) и передачи ее по линии связи после каждого байта или после некоторого блока байтов. Часто в протокол обмена данными включается как обязательный элемент *сигнал-квитанция*, подтверждающий правильность приема данных.

Задачи надежного обмена решает определенный класс оборудования, обеспечивающего: кодирование и декодирование каждого бита; синхронизацию передачи электромагнитных сигналов по линии связи; проверку правильности передачи по контрольной сумме и ряд др. операций.

Методы передачи данных на физическом уровне

В общем случае при передаче данных по линии связи могут применяться два типа *физического кодирования*: 1) на основе *синусоидального несущего сигнала*; 2) на основе *последовательности прямоугольных импульсов*. *Первый* способ часто называют также *аналоговой модуляцией*, под-

черкивая тот факт, что кодирование осуществляется за счет изменения параметров *аналогового* сигнала. *Второй* способ обычно называют *цифровым кодированием*.

Эти способы отличаются *шириной спектра* результирующего сигнала и *сложностью аппаратуры*, необходимой для их реализации.

При использовании прямоугольных импульсов спектр результирующего сигнала получается весьма широким (спектр идеального импульса имеет бесконечную ширину).

Применение синусоиды приводит к спектру гораздо меньшей ширины при той же скорости передачи данных. Однако, реализация такой модуляции более сложна и дорога.

В настоящее время все чаще данные, изначально имеющие *аналоговую* форму, – *речь, телевизионное изображение* - передаются по линии связи в *цифровом* виде.

Аналоговая модуляция – это способ физического кодирования на основе синусоидального несущего сигнала - применяется для передачи цифровых данных по каналам с узкой полосой частот, представителем которого является канал *тональной частоты* (телефонный канал). В этом случае информация кодируется изменением *амплитуды, частоты* или *фазы* синусоидального сигнала несущей частоты. При *амплитудной модуляции* спектр состоит из синусоиды несущей частоты и двух боковых гармоник. При *фазовой* и *частотной* модуляции спектр сигнала получается более сложным, чем при амплитудной модуляции, т.к. боковых гармоник здесь образуется более 2, но они также симметрично расположены относительно основной несущей частоты, а их амплитуды быстро убывают. Наиболее распространенными являются методы *квадратурной амплитудной модуляции*.

При цифровом кодировании – способе физического кодирования на основе последовательности *прямоугольных импульсов* - применяют *потенциальные* и *импульсные* коды.

В *потенциальных кодах* для представления логических 1 и 0 используется только значение потенциала сигнала, а его перепады во внимание не принимаются. *Импульсные коды* позволяют представить двоичные данные либо *импульсами* определенной полярности, либо *частью импульса* – перепадом потенциала определенного направления.

Следует отметить, что *более узкий спектр сигналов* позволяет на одной и той же линии (с одной и той же полосой пропускания) добиваться более высокой скорости передачи данных. Кроме того, часто к спектру сигнала предъявляется требование отсутствия постоянной составляющей, т.е. наличия постоянного тока между ПД и ПР. Однако применение различных *трансформаторных схем гальванической развязки* препятствует этому.

Синхронизация ПД и ПР нужна для того, чтобы ПР точно знал, в какой момент времени необходимо считывать новую информацию.

Распознавание и коррекцию искаженных данных сложно осуществить средствами физического уровня, поэтому чаще всего эту работу берут на себя протоколы, лежащие выше: *канальный, сетевой, транспортный или прикладной*. С другой стороны, распознавание ошибок на физическом уровне экономит время, так как ПР не ждет полного помещения кадра в буфер, а отбраковывает его сразу при распознавании ошибочных бит внутри кадра.

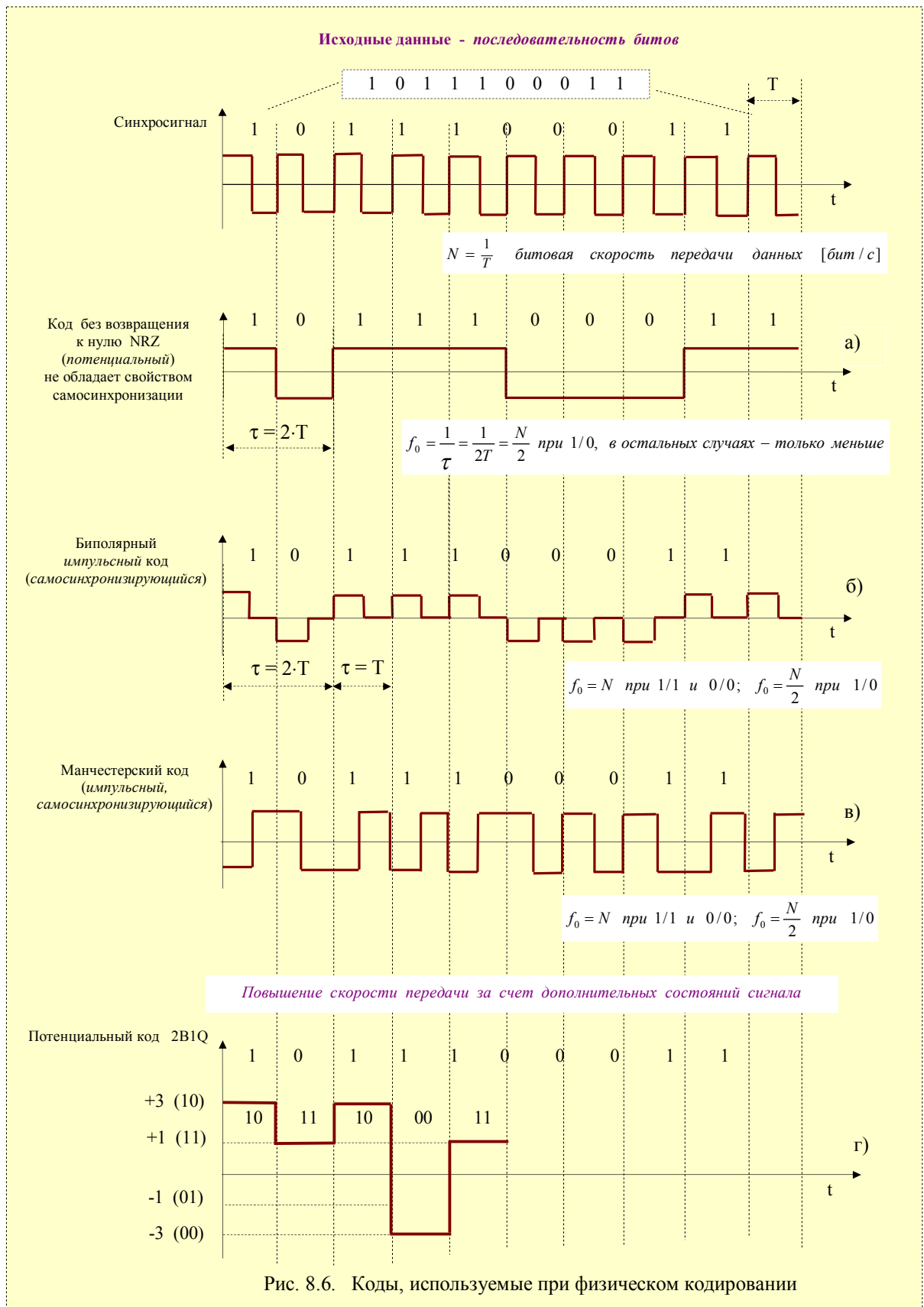
Требования, предъявляемые к методам кодирования, являются взаимно противоречивыми, а каждый из методов цифрового кодирования обладает своими преимуществами и недостатками.

Некоторые коды для физического кодирования данных (рис. 8.6)

Потенциальный код без возвращения к нулю - NRZ (Non-Return-to-Zero) (*рис. 8.6,а*) – при передаче последовательности единиц (или нулей) сигнал не возвращается к нулю в течение всего такта. *Метод* прост в реализации, обладает хорошей распознаваемостью ошибок, *но не обладает свойством самосинхронизации*.

Достоинство этого кода состоит в использовании достаточно низкой частоты основной гармоники f_0 ($N/2$ Гц). Например, у манчестерского кода она более высокая.

Биполярный импульсный код (*рис. 8.6,б*), в котором 1 представлена импульсом одной полярности, а 0 - другой. Каждый импульс длится половину такта. Такой код является *самосинхронизирующимся*, но постоянная составляющая может присутствовать, например, при передаче длинной последовательности единиц или нулей. Кроме того, спектр у него шире, чем у потенциальных кодов. Так, при передаче всех нулей или единиц частота основной гармоники кода будет равна N Гц, что в два раза выше основной гармоники кода NRZ. Из-за слишком широкого спектра биполярный импульсный код используется редко.



Манчестерский код (рис. 8.6,в) - для кодирования 1 и 0 используется *перепад* потенциала - *фронт* импульса. При этом каждый такт делится на 2 части. 1 кодируется перепадом от низкого уровня сигнала к высокому (*передний фронт*), а 0 – обратным перепадом (*задний фронт*). В начале

каждого такта может происходить служебный перепад сигнала, если нужно представить несколько 1 или 0 подряд.

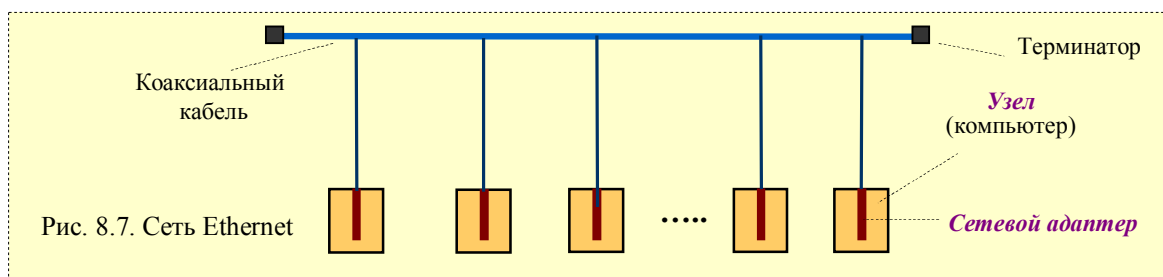
Потенциальный код 2В1Q (рис. 8.6,г) - имеет 4 уровня сигнала. Каждые 2 бита (2В) передаются за 1 такт сигналом, имеющим 4 состояния (1Q). Паре бит 00 соответствует потенциал $-2,5$ В, паре 01 – $0,833$ В, паре 11 - $+0,833$ В, а паре 10 - $+2,5$ В. При таком кодировании требуются дополнительные меры по борьбе с длинными последовательностями одинаковых пар бит (сигнал превращается в постоянную составляющую).

С помощью кода 2В1Q можно по одной и той же линии передавать данные в 2 раза быстрее, чем с помощью кода АМІ или NRZI. Однако для его реализации мощность передатчика должна быть выше, чтобы 4 уровня четко различались приемником на фоне помех.

Сетевая технология Ethernet

Основные **преимущества** сетей Ethernet: *экономичность*; достаточно *простые алгоритмы доступа к СПД*, *адресации и передачи данных*; *лёгкость подключения новых узлов*.

В качестве СПД может использоваться толстый или тонкий КК, а также ВП, ВОК или РК. Для всех вариантов обеспечивается пропускная способность 10 Мбит/с, используется **манчестерский код**. **Узлы** подключаются к разделяемой СПД в соответствии с типовой топологией “**шина**” (рис. 8.7).



Все стандарты *Ethernet* используют один и тот же **метод разделения СПД – множественный доступ с контролем несущей и обнаружением конфликтов/коллизий** (МДКН/ОК).

Управление доступом к СПД осуществляется сетевым адаптером (СА). Часто он может быть настроен на различные скорости передачи данных: 10 Мбит/с (*Ethernet*) и 100 Мбит/с (*Fast Ethernet*). Большинство СА имеет **разъемы** для подключения различных видов кабелей: разъем RJ-45 для ВП и BNC для тонкого КК, некоторые СА имеют также разъемы АUI (15-контактные) для толстого КК.

Каждый СА (компьютер) имеет **уникальный 48-битный адрес – аппаратный адрес (Ethernet-адрес)**. Фирма, выпускающая сетевые адаптеры, располагает собственным диапазоном аппаратных адресов *Ethernet*, так что в мире не должно быть двух СА с одинаковыми адресами. По традиции *Ethernet*-адрес СА записывается в 16-ричном виде как 6 байтов, разделенных двоеточием или тире, **например**: 8:0:2b:29:e2:bf или 8-0-2b-29-e2-bf.

Каждый СА имеет также **4-байтовый IP-адрес – сетевой адрес**. Работающий компьютер с установленным протоколом TCP/IP всегда знает свой *Ethernet*-адрес и свой IP-адрес. Для взаимного преобразования IP-адресов в *Ethernet*-адреса и обратно служат специальные протоколы - ARP (Address Resolution Protocol – протоколы разрешения адресов) и RARP (Reverse ARP).

Структуризация сетей

Физическая структуризация сети полезна во многих отношениях, однако в ряде случаев нельзя обойтись без логической **структуризации** сети, позволяющей перераспределить трафик между различными физическими сегментами сети.

Структуризация - это средство построения более крупных сетей. В сетях с небольшим (10 - 30) числом узлов чаще всего используется одна из **типовых топологий – шина, кольцо, звезда**, которые обладают свойством однородности (за исключением топологии *звезда*). Однородность структуры делает простой процедуру наращивания числа узлов, облегчает обслуживание и эксплуатацию сети. Однако при построении более крупных сетей однородная структура связей превращается из преимущества в недостаток. В таких сетях использование типовых структур порождает различные **ограничения**: на длину связи между узлами; на количество узлов в сети; на интенсивность трафика, порождаемого узлами сети.

Например, Ethernet на тонком КК позволяет использовать кабель длиной не более 185 м, к которому подключается не более 30 компьютеров. Однако если они интенсивно обмениваются информацией между собой, иногда нужно снижать это число до 20, а то и до 10.

Для снятия этих ограничений используют специальные методы структуризации сети и *специальное оборудование* (повторители, маршрутизаторы и др.), называемое *коммуникационным*.

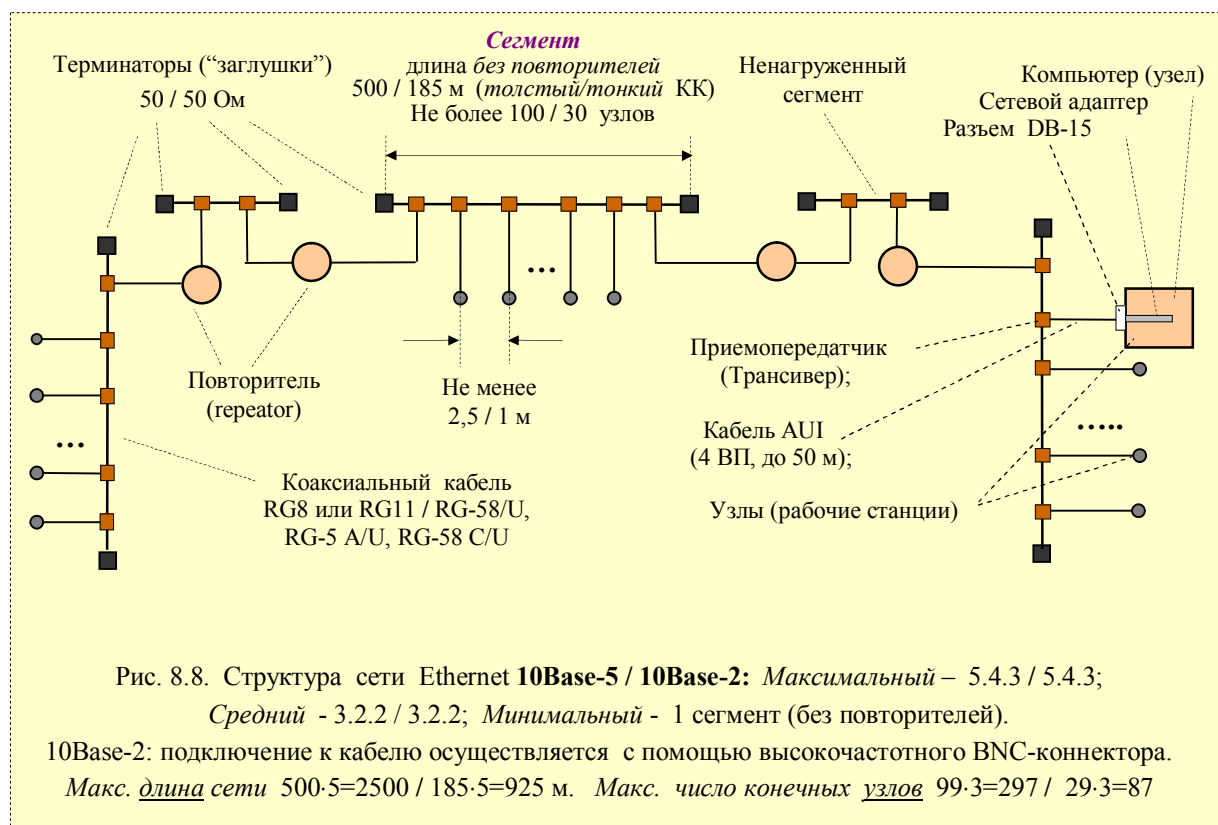
В настоящее время унифицировано несколько *стандартов сети Ethernet*.

Стандарт 10Base-5 (рис. 8.8) - шина с "толстым кабелем" (Thick Ethernet), диаметр 0,5". В настоящее время её редко применяют (дорого), предпочитают сети стандарта 10Base-2.

Элементы в обозначении: "10" - скорость передачи данных 10 Мбит/с; *Base* – метод передачи данных на одной базовой частоте 10 МГц (в отличие от методов, использующих несколько несущих частот); "5" - означает максимальную длину сегмента кабеля (в сотнях метров), т.е. 500 м (без повторителей). Кабель используется как *моноканал* для всех узлов и должен иметь на концах согласующие *терминаторы* ("заглушки") сопротивлением 50 Ом, поглощающие распространяющиеся по кабелю сигналы и препятствующие возникновению отраженных сигналов.

Здесь под сегментом понимается часть кабеля, используемая в качестве линии передачи данных и имеющая на концах согласующие элементы (*терминаторы*).

Узел должен подключаться к КК при помощи *приемопередатчика*, который питается от СА компьютера и устанавливается непосредственно на кабеле: а) методом прокалывания (физический контакт), или б) бесконтактным методом.



Приемопередатчик (ПД/ПР) – это часть СА, выполняющая *функции*: прием и передача данных с кабеля на кабель; определение конфликтов на кабеле; электрическая развязка между кабелем и остальной частью СА; защита кабеля от некорректной работы СА. Соединяется с СА интерфейсным кабелем AUI (*Attachment Unit Interface*) длиной до 50 м, состоящим из 4 витых пар.

ПД и ПР присоединяются к одной точке кабеля, например по трансформаторной схеме, позволяющей организовать одновременную передачу и прием сигналов с кабеля.

Для объединения в одну сеть нескольких сегментов кабеля используются *повторители* (*repeater*), которые принимают сигналы из одного сегмента кабеля и побитно синхронно повторяют их в другом, улучшая форму и мощность импульсов, а также синхронизируя импульсы.

Необходимо соблюдать правило применения повторителей в сети, которое носит название **“правило 5-4-3”**: *5 сегментов, 4 повторителя, 3 нагруженных сегмента.*

Достоинства стандарта 10Base-5: хорошая защищенность кабеля от внешних воздействий; сравнительно большое расстояние между узлами; возможность простого перемещения узла в пределах длины кабеля АUI. **Недостатки**: высокая стоимость кабеля; сложность его прокладки из-за большой жесткости; потребность в специальном инструменте для заделки кабеля; останов работы всей сети при повреждении кабеля или плохом соединении; необходимость заранее предусмотреть подводку кабеля ко всем возможным местам установки компьютеров.

Стандарт 10Base-2 (рис. 8.8) - шина с “тонким коаксиальным кабелем” (*Thin Ethernet*), диаметр $0,25'' \approx 5$ мм; использует в качестве СПД коаксиальный кабель (RG-58) с волновым сопротивлением 50 Ом. СА содержит буферную память, порты ввода-вывода, использует систему прерываний и иногда может иметь канал прямого доступа к памяти.

Максимальная длина сегмента 185 м (без повторителей), сегмент должен иметь на концах согласующие терминаторы 50 Ом. Тонкий кабель дешевле толстого, но за дешевизну приходится расплачиваться качеством – тонкий обладает худшей помехозащищенностью, худшей механической прочностью и более узкой полосой пропускания.

Узлы подключаются к кабелю с помощью высокочастотного BNC T-коннектора, который представляет собой тройник, один отвод которого соединяется с СА, а 2 других – с двумя концами разрыва кабеля. Максимальное число узлов, подключенных к одному сегменту, - 30. Минимальное расстояние между узлами – 1 м. Кабель имеет разметку для подключения узлов с шагом в 1 м.

Этот стандарт предусматривает использование повторителей по тому же **“правилу 5-4-3”**. В этом случае сеть будет иметь максимальную длину в $185 \times 5 = 925$ м.

Стандарт 10Base-2 очень близок к стандарту 10Base-5. Но приемопередатчики в нем объединены с СА за счет того, что более гибкий тонкий кабель может быть подведен непосредственно к выходному разъему платы СА, установленной в компьютере. Кабель в данном случае «висит» на СА, что затрудняет физическое перемещение компьютеров.

Наиболее просто решается проблема построения кабельной сети, т.к. для соединения компьютеров требуется только СА, T-коннекторы и терминаторы 50 Ом. Однако это кабельное соединение сильнее *подвержено авариям и сбоям*: кабель более восприимчив к помехам, чем “толстый” кабель, имеется большое количество механических соединений (каждый T-коннектор дает 3 механических соединения, 2 из которых имеют жизненно важное значение для всей сети), пользователи имеют доступ к разъемам и могут нарушить целостность канала.

Общий **недостаток** стандартов 10Base-5 и 10Base-2 - отсутствие оперативной информации о состоянии моноканала. Повреждение кабеля обнаруживается сразу же (*сеть перестает работать*), но для поиска отказавшего отрезка кабеля необходим специальный прибор.

Стандарт 10Base-T (рис. 8.9) - с топологией “звезда” на основе *концентратора/распределителя* или *хаба (hubs)*; СПД - 2 неэкранированные витые пары - ВП (НВП/УТР). Конечные узлы соединяются по топологии «точка-точка» с *концентратором* двумя ВП:

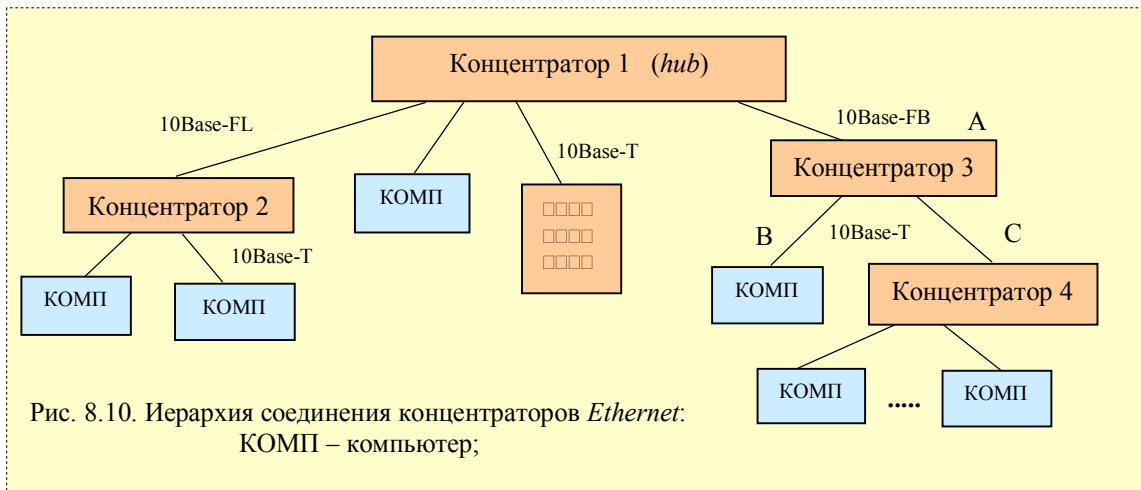
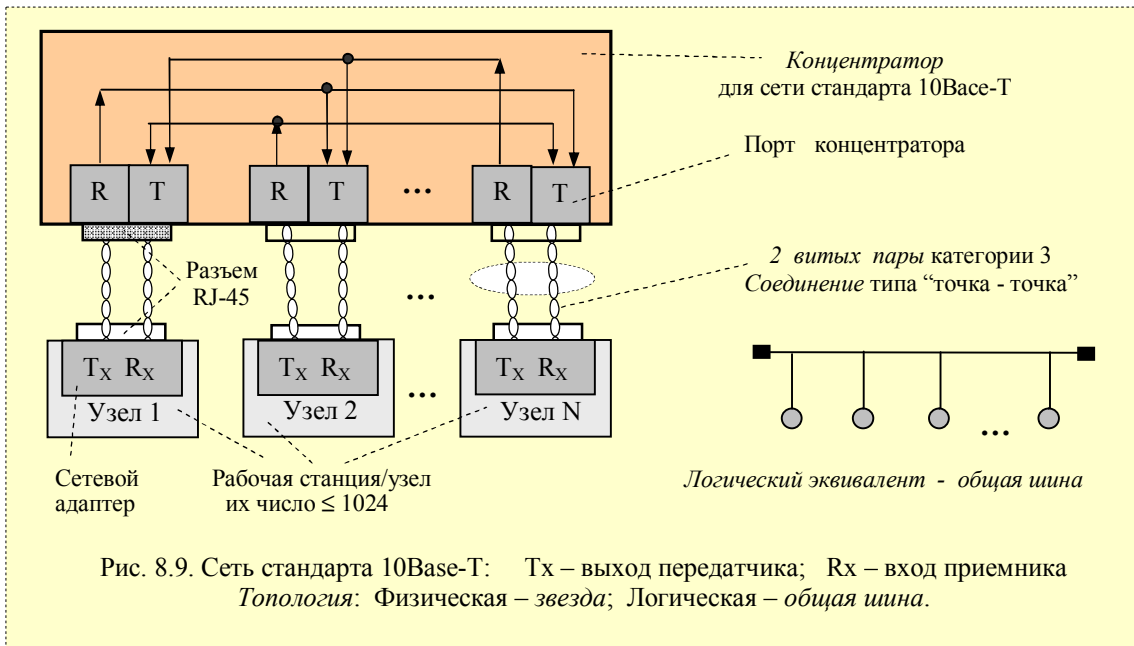
- одна для передачи данных от компьютера к повторителю (выход T_x сетевого адаптера),
- другая для передачи данных от повторителя к узлу (вход R_x сетевого адаптера).

На **рис. 8.9** приведен пример 3-портового концентратора, который принимает сигналы от одного из конечных узлов и синхронно передает их на все свои остальные порты, кроме того, с которого поступили сигналы. Концентратор реализует функции повторителя сигналов на всех отрезках ВП, подключенных к его портам, так что образуется единая СПД – *логический моноканал* (логическая *общая шина*). Стандарт определяет скорость передачи данных 10 Мбит/с и максимальное расстояние отрезка ВП между двумя непосредственно связанными узлами не более 100 м. Это расстояние определяется приемопередатчиком витой пары – на длине 100 м она позволяет передавать данные со скоростью 10 Мбит/с при использовании *манчестерского* кода.

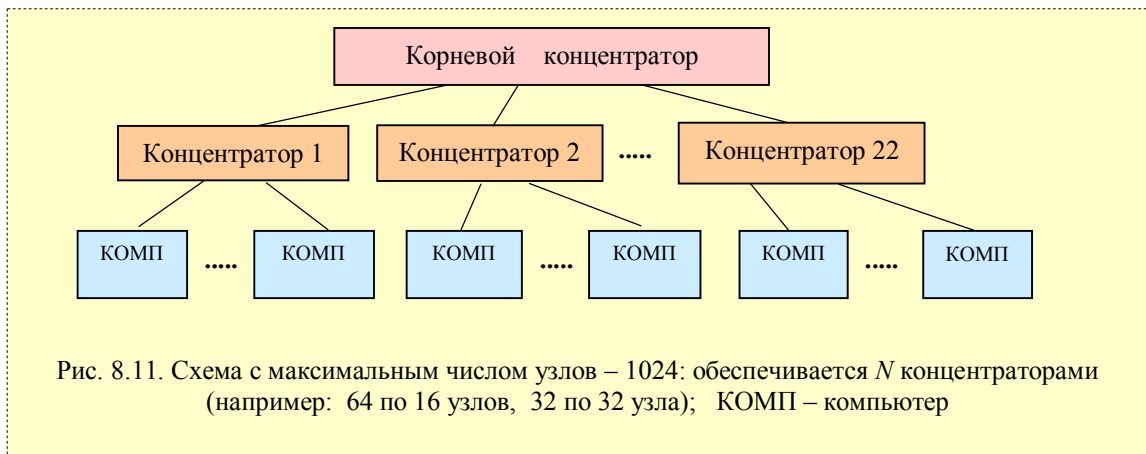
Концентраторы 10Base-T можно соединять друг с другом с помощью тех же портов, которые предназначены для подключения конечных узлов.

Для обеспечения синхронизации станций при реализации процедур доступа МДКН/ОК и надежного распознавания станциями конфликтов в стандарте определено *максимальное число концентраторов* между любыми двумя узлами, а именно 4. Это правило носит название **“правила 4-х повторителей”** (*хабов*) и заменяет “правило 5-4-3”, применяемое к сетям на основе КК. При создании

сети 10Base-T с большим числом узлов концентраторы можно соединять друг с другом иерархическим способом, образуя древовидную структуру (рис. 8.10).



Можно создать 2-уровневую иерархию концентраторов, расположив на нижнем уровне достаточное количество концентраторов с общим количеством портов 1024 (рис. 8.11).



Конечные узлы нужно подключить к портам концентраторов нижнего уровня. Правило 4-х *хабов* при этом выполняется – между любыми конечными узлами 3 концентратора.

Максимальная длина сети 2500 м здесь принимается как максимальное расстояние между любыми двумя конечными узлами сети. Очевидно, что если между любыми двумя узлами сети не должно быть больше 4-х повторителей (*хабов*), то максимальный диаметр сети 10Base-T составляет $5 \times 100 = 500$ м. (рис. 10).

Сети на основе стандарта 10Base-T обладают по сравнению с *Ethernet* на КК *преимуществами*, обусловленными разделением общего физического кабеля на *отдельные сегменты*, подключенные к концентратору. И хотя логически эти отрезки по-прежнему образуют общую разделяемую среду, такое физическое разделение позволяет контролировать их состояние и отключать в случае обрыва, короткого замыкания или неисправности СА на индивидуальной основе.

В стандарте 10Base-T определена процедура тестирования физической работоспособности двух отрезков витой пары, соединяющих приемопередатчик конечного узла и порт повторителя.

Появление между конечными узлами активного устройства, которое может контролировать работу узлов и изолировать от сети некорректно работающие, является главным *преимуществом* технологии 10Base-T. Благодаря концентраторам сеть *Ethernet* приобрела некоторые черты отказоустойчивой системы.

Стандарт 10Base-F - шина на *оптоволоконной* основе (*Fiber Optic*). В качестве основного типа кабеля рекомендуется достаточно дешевое многомодовое оптическое волокно, *обладающее широкой полосой пропускания*. Допустимо и более дорогое одномодовое волокно с полосой пропускания в несколько ГГц, но при этом нужно *применять специальный тип трансивера*.

Применяется для соединений «точка-точка», например, для соединения двух конкретных распределителей в кабельной сети. Максимальные длины – в пределах 2...4 км. Функционально такая сеть состоит из тех же элементов, что и сеть стандарт 10Base-T: сетевых адаптеров (СА), многопортового повторителя и отрезков кабеля, соединяющих СА с портом повторителя. Как и в случае витой пары, для соединения СА с повторителем используется 2 оптоволокна – одно соединяет выход Tx СА со входом Rx повторителя, а другое - вход Rx СА с выходом Tx повторителя.

Стремление повысить скорость передачи данных привело к разработке соответствующего стандарта - **Fast Ethernet** (высокоскоростная сеть Ethernet), который иначе называют 100BaseX или 100Base-T. Скорость 100 Мбит/с. Используется для подключения серверов на расстоянии до 200 м. В ней применен метод доступа МДКН/ОК. Практически можно использовать до 250 узлов, теоретически – до 1024. Подсетями могут быть обычные Ethernet с 10 Мбит/с.

Домен коллизий. В технологии *Ethernet*, независимо от применяемого стандарта физического уровня, существует понятие *домена коллизий* (*collision domain*) – это часть сети, все узлы которой распознают коллизию независимо от того, в какой части этой сети коллизия возникла. Сеть, построенная на повторителях, всегда образует *один домен* коллизий. Он соответствует *одной разделяемой среде*. **Мосты, коммутаторы и маршрутизаторы делят сеть Ethernet на несколько доменов коллизий.**

Приведенная на **рис. 10** сеть представляет собой 1 домен коллизий. Если, например, столкновение кадров произошло в концентраторе 4, то в соответствии с логикой работы концентраторов 10Base-T сигнал коллизии распространится по всем портам всех концентраторов. Если же вместо концентратора 3 поставить в сеть *мост*, то его порт С, связанный с концентратором 4, воспримет сигнал коллизии, но не передаст его на свои остальные порты, т.к. это не входит в его обязанности. **Мост** просто отработает ситуацию коллизии средствами порта С, который подключен к общей среде, где эта коллизия возникла. Если коллизия возникла из-за того, что мост пытался передать через порт С кадр в концентраторе 4, то зафиксировав сигнал коллизии, порт С приостановит передачу кадра и попытается передать его повторно через случайный интервал времени.

Если порт С принимал в момент возникновения коллизии кадр, то он просто отбросит полученное начало кадра и будет ожидать, когда узел, передавший кадр через концентратор 4, не сделает повторную попытку передачи. После успешного принятия данного кадра в свой буфер мост передаст его на другой порт в соответствии с таблицей продвижения, например на порт А. Все события, связанные с обработкой коллизий портом С, для остальных сегментов сети, которые подключены к дру-

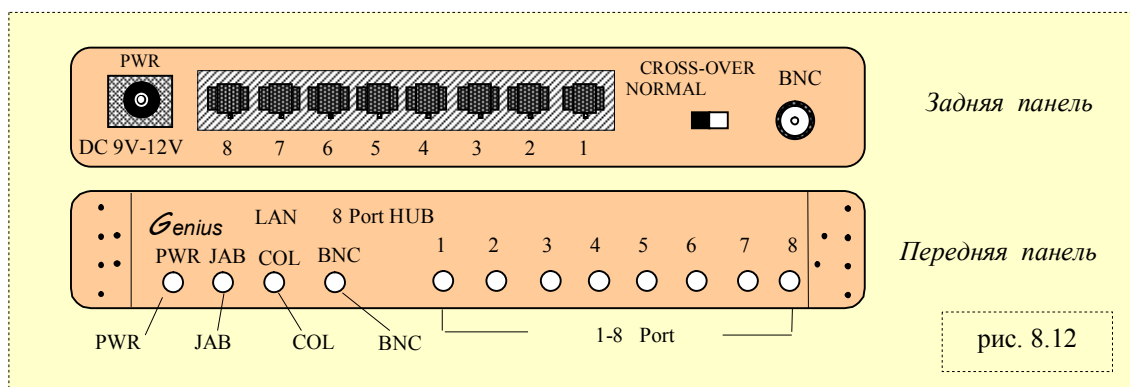
гим портам моста, останутся просто неизвестными. Узлы, образующие 1 домен коллизий, работают синхронно, как единая распределенная электронная схема.

Ниже рассмотрен конкретный концентратор (Hub) - Genius LAN GH4080SE, предназначенный для работы в сети Ethernet; он содержит 8 портов 10BASE-T; соответствует стандартам IEEE 802.3 10BASE-T, 10BASE-2 и спецификациям повторителей.

Концентратор имеет 8 *портов для подключения* компьютеров к сети Ethernet с использованием кабеля STP/UTP (витая пара) с телефонными разъемами типа RJ-45 (рис. 8.12). При подключении 8 и менее компьютеров можно использовать все 8 портов. Однако если один концентратор подключен к другому посредством своего *перекрестного* порта (*порт 1*), то для подключения компьютеров можно использовать только порты 2-8.

Концентратор имеет порт вида RJ-45 (*перекрестный*), предназначенный для соединения кабелем STP/UTP с другими концентраторами. Связанный с ним переключатель позволяет установить порт либо в *перекрестный режим* для подключения другого концентратора, либо в *нормальный режим* для подключения компьютеров. Для подключения другого концентратора переключатель необходимо перевести в положение "Cross-over".

Порт BNC необходим для подключения концентратора к сегменту сети, основанному на тонком коаксиальном кабеле RJ-58.



На передней панели имеются *светодиодные индикаторы* для контроля за состоянием сети:

*PWR *Цвет* – зеленый. Индикатор загорается при наличии напряжения питания и гаснет при его отсутствии; *JAB *Цвет* – красный. Обычно при работе устройства этот индикатор не горит, однако он загорается, если время передачи порта превышает 2.6 мс.; *COL *Цвет* – желтый. Обычно при работе устройства этот индикатор не горит, однако он загорается, если происходит столкновение; *BNC *Цвет* - зеленый/красный. Индицирует состояния порта BNC: горит *красным* светом, если порт BNC не подключен, в противном случае загорается *зеленым* светом.

Замечание: Если используется тонкий КК, и концентратор является окончательным устройством в сегменте, то к разъему T-connector необходимо подсоединить заглушку 50 Ом.

*1-8 *Цвет* - зеленый/красный. Индикаторы состояния портов UTP.

Применения концентратора

Конфигурации с одним концентратором

С помощью одного концентратора можно создать 10 Мбит/с сегмент сети Ethernet, основанный на кабелях STP или UTP и содержащий до 8 ПК. Размер такого кабеля не должен превышать 100 м. К порту BNC м.б. подсоединен еще один ПК или сегмент сети Ethernet, основанный на тонком КК RJ-58.

Конфигурации с несколькими концентраторами (рис. 8.13)

1. С использованием кабеля STP/UTP. С помощью неэкранированной витой пары (НВП), подсоединенной к перекрестному порту, пользователи могут соединить несколько концентраторов в конфигурацию, напоминающую ромашку.

Сеть может поддерживать до 7 концентраторов в различном порядке, объединяющих рабочие станции посредством связей STP/UTP. При этом ни один из таких концентраторов не может быть подсоединен к сегменту, основанному на тонком коаксиальном кабеле.

Обычный кабель STP/UTP можно использовать для увеличения расстояния вплоть до 100 м. На приведенном ниже рисунке показан пример соединения "ромашкой".

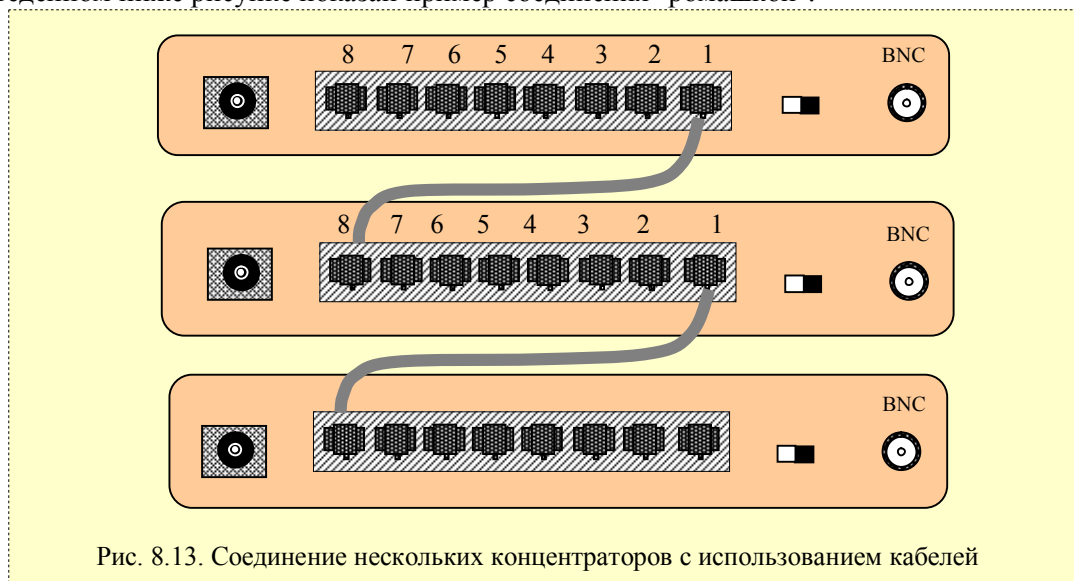


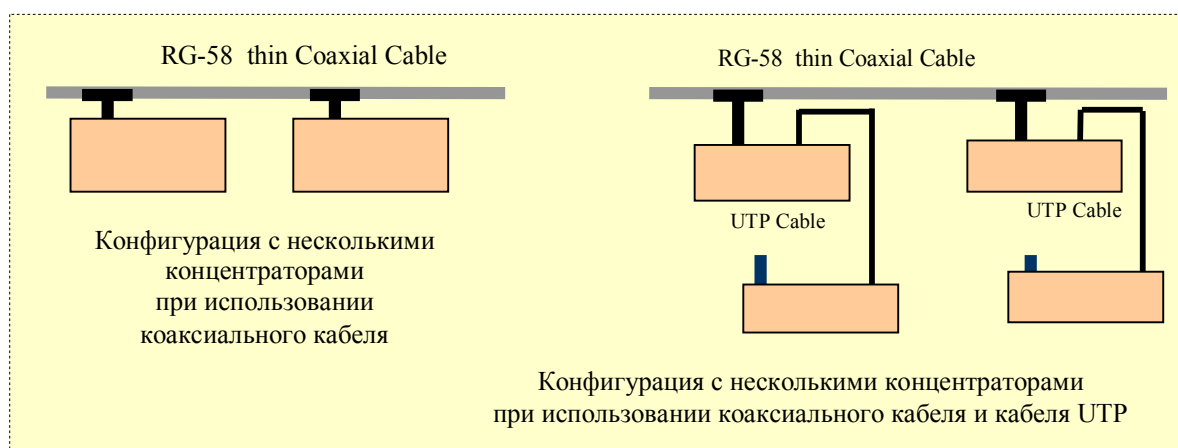
Рис. 8.13. Соединение нескольких концентраторов с использованием кабелей

2. С использованием КК. С помощью разъема BNC можно присоединить несколько концентраторов к магистральному тонкому КК, создав, таким образом, 10 Мбит/с сегмент сети Ethernet. Преимущество - возможность увеличения числа рабочих станций на сегменте до 240. Максимальная длина сегмента на тонком КК - 185 м. Максимальная длина кабеля UTP, соединяющего компьютер и концентратор, составляет 100 м.

3. Одновременное использование кабелей STP/UTP и КК. В этой конфигурации используется как порт 10BASE-2, так и перекрестный порт UTP. Это удобно при создании больших сетей, состоящих из нескольких сегментов.

Установка концентратора

Подключение к сегменту КК. К порту BNC концентратора подключается разъем T-connector. Затем подсоединяется T-connector к любому из концов КК RG-58. Если концентратор является оконечным устройством на сегменте, то необходимо использовать заглушку BNC.



Конфигурация с несколькими концентраторами при использовании коаксиального кабеля

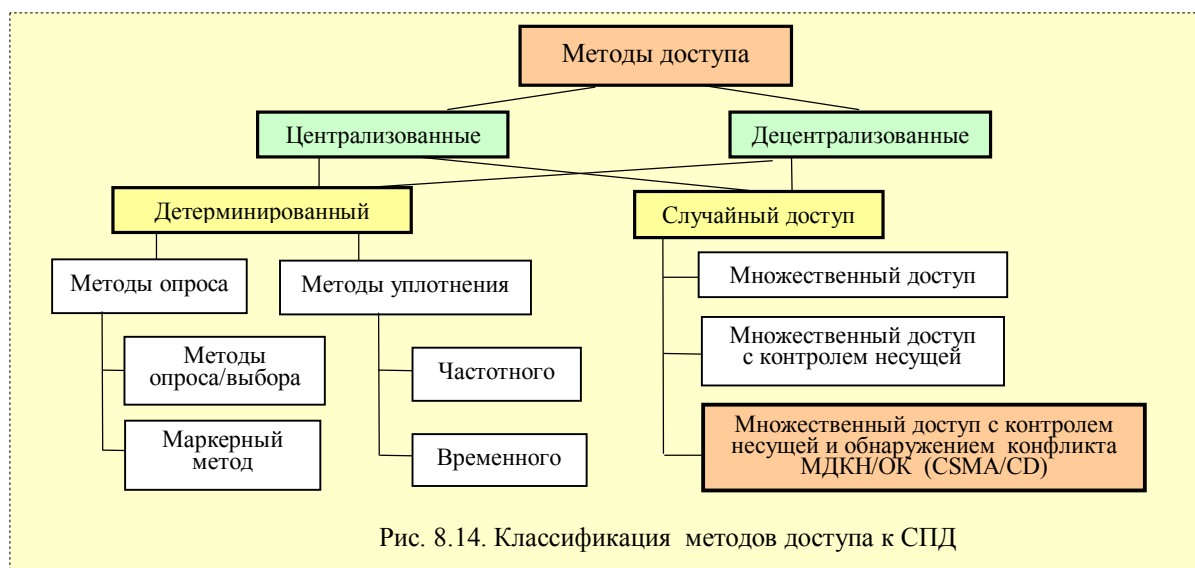
Конфигурация с несколькими концентраторами при использовании коаксиального кабеля и кабеля UTP

Соединение "ромашкой" с другим концентратором. Один конец кабеля STP/UTP с разъемом RG-45 подсоединяется к порту 1 и переключатель устанавливается в "cross-over". Второй конец кабеля подсоединяется к любому порту RG-45 другого концентратора. Если второй конец кабеля подсоединен к порту 1, то переключатель должен быть установлен в положение "normal".

Подсоединение компьютеров к концентратору. В компьютере установить сетевую карту Ethernet с разъемом типа "витая пара", нужен кабель STP/UTP с разъемами RG-45 на обоих концах. Длина каждого кабеля не должна превышать 100 м. Один разъем кабеля STP/UTP подключается к порту RG-45 сетевой карты компьютера, а другой - к свободному порту концентратора.

Методы управления доступом к среде передачи данных (СПД)

Одна из основных целей создания сети – совместное использование ресурсов узлов. *Разделяемым ресурсом* во многих сетях является также и СПД, так как запросы на обмены у узлов появляются *асинхронно*. Поэтому необходимы четкие правила доступа к ней (рис. 8.14).



Методы доступа зависят от выбранной топологии сети, а каждая топология обычно использует определенные СПД. Наиболее широкое применение и развитие получили *децентрализованные* методы доступа, например: модель с передачей маркера (*The Token Passing Method*, стандарт IEEE 802.4); модель *множественного доступа с контролем несущей и обнаружением конфликтов* (МДКН/ОК или CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Acces/Collision Detection), она основана на *контроле несущей* в линии передачи, например, в Ethernet (стандарт IEEE 802-3).

Для совместной работы сетей с CSMA/CD и сетей с передачей маркера необходим так называемый *межсетевой шлюз*.

Метод передачи маркера - основан на передаче полномочий передающему узлу с помощью специального *информационного объекта*, называемого *маркером*. Под *полномочиями* понимается право инициировать определенные действия, динамически предоставляемые объекту, например, станции данных в информационной сети. *Маркер*, т.е. *право на доступ к шине*, передается в цикле от устройства к устройству. Каждому участнику сети доступно "*справедливое*" разделение шинных ресурсов в соответствии с их запросами. Принцип передачи маркера используется в системах, где реакция на события, возникающие в распределенной системе, должна проявляться за определенное время.

Метод множественного доступа с контролем несущей и обнаружением конфликтов/коллизий (МДКН/ОК) - основан на *контроле несущей* в линии передачи данных и *устранении конфликтов*, возникающих из-за попыток одновременного начала передачи несколькими узлами.

Рассмотрим этот метод применительно к сетевой технологии Ethernet

Множественный доступ – означает, что любой узел может передавать информацию. **Контроль несущей** – имеется возможность определить, занят канал или нет. **Конфликт/коллизией** называется ситуация, при которой два или более узла «одновременно» пытаются захватить линию.

Обнаружение конфликта – передающий узел может определить, перебивает ли он какой-нибудь другой узел или нет.

Метод является *широковещательным*. Все узлы при его применении *равноправны по доступу* к сети. Если линия передачи данных свободна, то в ней *отсутствуют электрические колебания*, что легко распознается любым узлом и он может захватывать линию. Любой другой узел, желающий начать передачу в некоторый момент времени t , если обнаруживает электрические колебания в линии, то откладывает передачу до момента $t+t_d$, где t_d - задержка.

При работе сети каждый узел анализирует адресную часть передаваемых по сети кадров с целью обнаружения и приема кадров, предназначенных для него.

Таким образом, узлы могут передавать данные по сети, только если сеть свободна, т.е. если никакой другой узел в данный момент не занимается обменом – в этом суть процедуры управления доступом к СПД.

Компьютеры в сети обмениваются единицами данных, называемых *кадром* (рис. 8.15), который наряду с полем данных содержит различную служебную информацию. В стандарте Ethernet минимальная длина поля данных кадра - 46 байт (вместе со служебными полями - 64 байтов, а вместе с преамбулой – 72 байта или 576 бит). Отсюда может быть определено ограничение на расстояние между узлами.

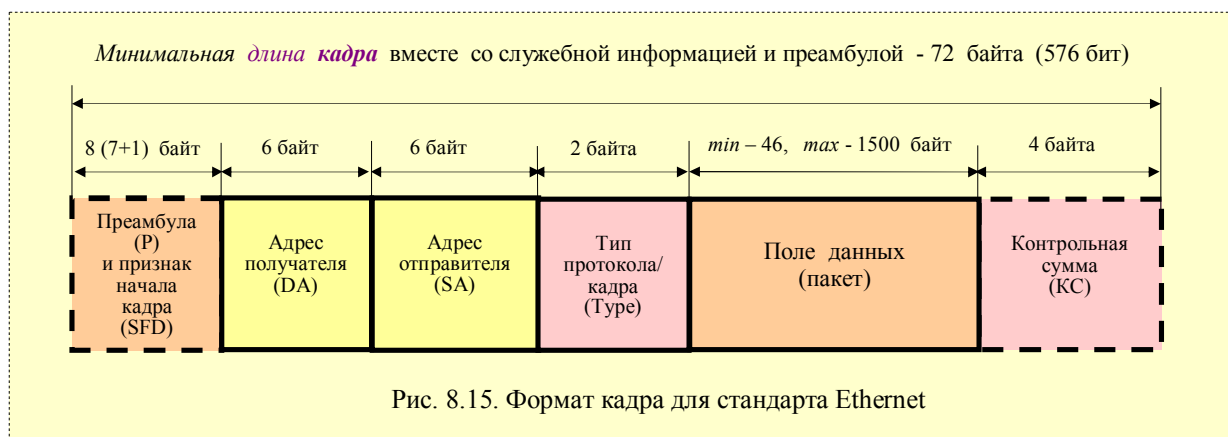


Рис. 8.15. Формат кадра для стандарта Ethernet

Стек протоколов (*канальный уровень*) регламентирует правила упаковки данных в пакет для передачи и управления связью на логическом уровне без учета особенностей конкретной СПД. *Физический уровень* обеспечивает кодирование и декодирование, а также прием и передачу данных. Он учитывает физические особенности среды.

Поля кадра передаются в определенной *последовательности*: преамбула, адрес приемника, адрес передатчика, тип протокола (кадра), данные, контроль правильности (КС).

Преамбула (P) – последовательность из 7 байт, каждый из которых имеет вид: $AA_{16} - 10101010_2$. Она предназначена для синхронизации приемного и передающего узлов.

Признак начала кадра (SFD – Start Frame Delimiter) - $AB_{16} - 10101011_2$.

Адреса получателя (DA – Destination Address) и отправителя (SA – Source Address) – по 6 байт – представляют собой физические адреса сетевых адаптеров Ethernet и являются уникальными. Первые 3 байта адреса назначаются каждому производителю Ethernet-адаптеров (для сетевого адаптера фирмы Intel это будет значение 00AA00h, а для сетевого адаптера фирмы 3Com - 0020AFh), последние 3 байта определяются самим производителем.

Адрес получателя может быть *физическим* (однозначно определяющим узел сети) или *многоточечным* (относящимся к нескольким узлам).

Пакет – передаваемые данные (в минимальном варианте – это квитанция).

Тип протокола – тип протокола сетевого уровня, пакет которого переносится этим кадром.

Контрольная сумма (КС) – сумма всех полей кадра (за исключением полей преамбулы, признака начала кадра и самой КС).

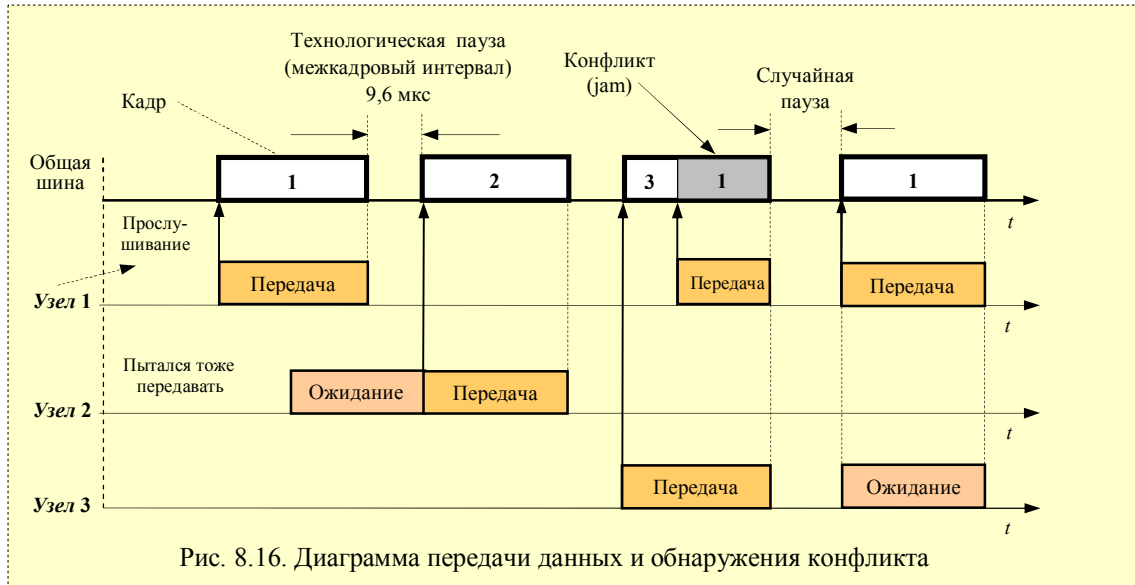
Если длина кадра передаваемых данных меньше минимальной величины, сетевой адаптер автоматически дополняет его до 46 байт. Этот процесс называют *выравниванием*.

Каждый узел начинает принимать кадр с преамбулы. Затем сравнивает значение адреса получателя со своим адресом.

Если адреса одинаковы, или пришел широковещательный кадр, или задана специальная программа обработки, то кадр *копируется* в буфер узла. Если нет, то кадр *игнорируется*.

Этапы доступа к среде (рис. 8.16)

Все данные, передаваемые по сети, помещаются в *кадры*. Получив заявку на передачу данных, сетевой адаптер (СА) начинает передавать данные только в том случае, если в это время не ведет передачу другой СА, что определяется по наличию несущей частоты в канале (достигается прослушиванием несущей частоты). Таким образом, признаком незанятости среды является отсутствие несущей частоты, которая при *манчестерском* способе кодирования равна 5-10 МГц. Если *среда свободна*, то узел имеет право начать передачу кадра.



Если в сети обнаруживается передача данных, то данный СА откладывает передачу данных до исчезновения несущей частоты, после чего СА выдерживает межкадровый интервал 9,6 мкс для восстановления состояния всей аппаратуры после передачи и начинает передачу.

Сеть Ethernet *устроена так*, что при попадании кадра в разделяемую СПД все СА *одновременно* начинают принимать этот кадр. Все они анализируют адрес назначения и, если этот адрес совпадает с их собственным, кадр помещается во внутренний буфер СА. Таким образом узел-адресат получает предназначенные ему данные.

В качестве *примера* рассмотрим диаграмму, приведенную на *рис. 14*. Узел 1, прослушивая, обнаружил, что СПД свободна, он «захватывает» ее и начинает передавать свой кадр. *Время монопольного использования разделяемой среды* одним узлом ограничивается временем передачи одного кадра.

В классической сети Ethernet на коаксиальном кабеле *сигналы передатчика узла 1* распространяются в обе стороны, так что все узлы сети их получают. Узлы могут распознать факт передачи кадра, и тот узел, который узнает свой адрес в заголовках кадра, записывает его содержимое в свой внутренний буфер, обрабатывает полученные данные, передает их вверх по своему стеку, а затем посылает по кабелю *кадр-ответ*. Адрес узла-источника содержится в исходном кадре, поэтому узел-получатель знает, кому нужно послать ответ.

Узел 2 во время передачи кадра узлом 1 также пытался начать передачу своего кадра, однако обнаружил, что среда занята (на ней присутствует несущая частота), поэтому он вынужден ждать, пока узел 1 не прекратит передачу кадра.

После окончания передачи кадра все узлы сети обязаны выдержать технологическую паузу в 9,6 мкс (*межкадровый интервал*), которая нужна для приведения СА в исходное состояние, а также для предотвращения монопольного захвата среды одним узлом. После окончания этой паузы узлы имеют право начать передачу своего кадра, т.к. среда свободна.

Из-за задержек распространения сигнала по кабелю не все узлы строго одновременно фиксируют факт окончания передачи кадра узлом 1. В приведенном примере узел 2 дождался окончания передачи кадра узлом 1, сделал паузу в 9,6 мкс и начал передачу своего кадра.

Возникновение конфликта - иногда может возникать ситуация, когда одновременно 2 или более узла решают, что сеть свободна, и начинают передавать информацию. Такая ситуация, *называется*

мая *конфликтом* (коллизией), препятствует правильной передаче данных по сети. В стандарте Ethernet предусмотрен алгоритм обнаружения и корректной обработки конфликтов. Вероятность возникновения конфликта зависит от интенсивности сетевого трафика.

При одновременной работе нескольких передатчиков возникает наложение сигналов, взаимная помеха, которую необходимо устранить. Наложение обнаруживается по искажению передачи информации узлом. Он проверяет наличие наложений в начале передачи – в окне наложения, минимальная длина которого составляет 512 бит.

Если в окне не было наложения, то при нормальной работе всех станций сети не возникнут новые помехи и данный передатчик может передавать весь кадр.

Если наложение обнаружено, то данный ПД прекращает работу, предварительно подкрепляя наложение передачей помехи в сеть. Длительность помехи равна 32-48 бит. В качестве помехи может быть выбран произвольный код, отличный от 32-разрядного циклического контрольного кода.

При наличии *конфликта* разрешается сделать еще 15 попыток повторной передачи данных. Если все 16 попыток неудачны, то выдается сигнал об ошибке. Узел может ввести и *большие задержки* между повторными передачами.

Конфликт – это нормальная ситуация в работе сетей Ethernet. В примере на рис. 3 конфликт породила одновременная передача данных узлами 3 и 1. Для возникновения конфликта не обязательно, чтобы несколько узлов начали передачу абсолютно одновременно, такая ситуация маловероятна. Гораздо вероятней, что конфликт возникает из-за того, что один узел начинает передачу данных раньше другого, но до второго узла сигналы первого просто не успеют дойти к тому времени, когда второй узел решает начать передачу своего кадра. Т.е. конфликт – это следствие распределенного характера сети.

Чтобы корректно обработать конфликт, все *узлы* одновременно наблюдают за возникающими на кабеле сигналами. Если передаваемые и наблюдаемые сигналы отличаются, то фиксируется *обнаружение конфликта*. Для увеличения вероятности скорейшего обнаружения конфликта, *узел*, который обнаружил конфликт, прерывает передачу своего кадра и усиливает ситуацию конфликта посылкой в сеть специальной последовательности из 32 бит.

После этого обнаруживший конфликт передающий *узел* обязан прекратить передачу и сделать паузу в течение короткого случайного интервала времени. Затем он может снова предпринять попытку захвата среды и передачи кадра.

Случайная пауза выбирается по следующему алгоритму: Пауза = L × (интервал отсрочки),

где (*интервал отсрочки*) равен 512 битовым интервалам; в Ethernet принято все интервалы измерять в битовых интервалах - **bt**, который соответствует времени между появлением 2 последовательных бит данных на кабеле; для скорости **10 Мбит/с** величина **bt** равна **0,1 мкс** или **100 нс**;

L – целое число, выбранное с равной вероятностью из диапазона $[0..2^N]$, где N – номер повторной попытки передачи данного кадра: N=1,2,...,10. После 10-й попытки интервал, из которого выбирается пауза, не увеличивается. Таким образом, случайная пауза может принимать значения от 0 до 52,4 мс.

Если 16 последовательных попыток передачи кадра вызывают конфликт, то передатчик должен прекратить попытки и отбросить этот кадр.

Следует отметить, что этот метод доступа вообще не гарантирует *узлу*, что он когда-либо сможет получить доступ к среде - при большой загрузке сети ! Это недостаток метода – плата за его чрезвычайную простоту, которая сделала технологию Ethernet самой недорогой.

После того как компьютер убедился, что сеть свободна, он «захватывает» среду.

Время монопольного использования разделяемой среды одним узлом ограничивается временем передачи *одного кадра*.

На *рис. 8.17* приведены алгоритмы приема и передачи данных/кадров в одном из узлов сети Ethernet (метод МДКН/ОК).

В общем случае при выборе метода доступа необходимо учитывать: объем передаваемых данных; время передачи фиксированного объема данных; удовлетворение требованиям задач реального времени; максимальную длину шины; допустимое число узлов на шине; помехозащищенность и др.

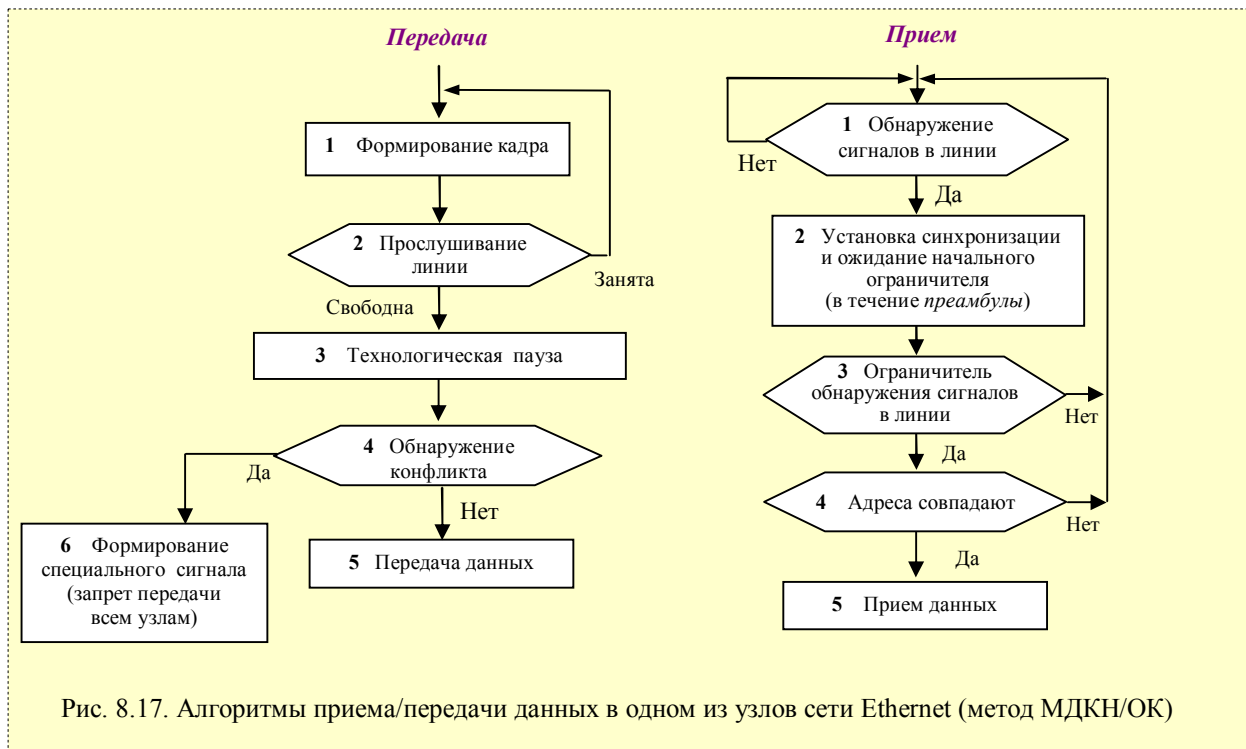


Рис. 8.17. Алгоритмы приема/передачи данных в одном из узлов сети Ethernet (метод МДКН/ОК)