

## **Особенности локальных, глобальных и городских сетей**

К локальным сетям - Local Area Networks (LAN) - относят сети компьютеров, сосредоточенные на небольшой территории (обычно в радиусе не более 1-2 км). В общем случае локальная сеть представляет собой коммуникационную систему, принадлежащую одной организации. Из-за коротких расстояний в локальных сетях имеется возможность использования относительно дорогих высококачественных линий связи, которые позволяют, применяя простые методы передачи данных, достигать высоких скоростей обмена данными порядка 100 Мбит/с. В связи с этим услуги, предоставляемые локальными сетями, отличаются широким разнообразием и обычно предусматривают реализацию в режиме on-line.

Глобальные сети - Wide Area Networks (WAN) - объединяют территориально рассредоточенные компьютеры, которые могут находиться в различных городах и странах. Так как прокладка высококачественных линий связи на большие расстояния обходится очень дорого, в глобальных сетях часто используются уже существующие линии связи, изначально предназначенные совсем для других целей. Например, многие глобальные сети строятся на основе телефонных и телеграфных каналов общего назначения. Из-за низких скоростей таких линий связи в глобальных сетях (десятки килобит в секунду) набор предоставляемых услуг обычно ограничивается передачей файлов, преимущественно не в оперативном, а в фоновом режиме, с использованием электронной почты. Для устойчивой передачи дискретных данных по некачественным линиям связи применяются методы и оборудование, существенно отличающиеся от методов и оборудования, характерных для локальных сетей. Как правило, здесь применяются сложные процедуры контроля и восстановления данных, так как наиболее типичный режим передачи данных по территориальному каналу связи связан со значительными искажениями сигналов.

Городские сети (или сети мегаполисов) - Metropolitan Area Networks (MAN) - являются менее распространенным типом сетей. Эти сети появились сравнительно недавно. Они предназначены для обслуживания территории крупного города - мегаполиса. В то время как локальные сети наилучшим образом подходят для разделения ресурсов на коротких расстояниях и широкоэмитательных передач, а глобальные сети обеспечивают работу на больших расстояниях, но с ограниченной скоростью и небогатым набором услуг, сети мегаполисов занимают некоторое промежуточное положение. Они используют цифровые магистральные линии связи, часто оптоволоконные, со скоростями от 45 Мбит/с, и предназначены для связи локальных сетей в масштабах города и соединения локальных сетей с глобальными. Эти сети первоначально были разработаны для передачи данных, но сейчас они поддерживают и такие услуги, как видеоконференции и интегральную передачу голоса и текста. Развитие технологии сетей мегаполисов осуществлялось местными телефонными компаниями. Исторически сложилось так, что местные телефонные компании всегда обладали слабыми техническими возможностями и из-за этого не могли привлечь крупных клиентов. Чтобы преодолеть свою отсталость и занять достойное место в мире локальных и глобальных сетей, местные предприятия связи занялись разработкой сетей на основе самых современных технологий, например технологии коммутации ячеек SMDS или ATM. Сети мегаполисов являются общественными сетями, и поэтому их услуги обходятся дешевле, чем построение собственной (частной) сети в пределах города.

## **Тенденция к сближению локальных и глобальных сетей**

Если принять во внимание все перечисленные выше различия локальных и глобальных сетей, то становится понятным, почему так долго могли существовать раздельно два сообщества специалистов, занимающиеся этими двумя видами сетей. Но за последние годы ситуация резко изменилась.

Специалисты по локальным сетям, перед которыми встали задачи объединения нескольких локальных сетей, расположенных в разных, географически удаленных друг от друга пунктах, были вынуждены начать освоение чуждого для них мира глобальных сетей и телекоммуникаций. Тесная интеграция удаленных локальных сетей не позволяет рассматривать глобальные сети в виде «черного ящика», представляющего собой только инструмент транспортировки сообщений на большие расстояния. Поэтому все, что связано с глобальными связями и удаленным доступом, стало предметом повседневного интереса многих специалистов по локальным сетям.

С другой стороны, стремление повысить пропускную способность, скорость передачи данных, расширить набор и оперативность служб, другими словами, стремление улучшить качество предоставляемых услуг - все это заставило специалистов по глобальным сетям обратить пристальное внимание на технологии, используемые в локальных сетях.

Таким образом, в мире локальных и глобальных сетей явно наметилось движение навстречу друг другу, которое уже сегодня привело к значительному взаимопроникновению технологий локальных и глобальных сетей.

Одним из проявлений этого сближения является появление сетей масштаба большого города (MAN), занимающих промежуточное положение между локальными и глобальными сетями. При достаточно больших расстояниях между узлами они обладают качественными линиями связи и высокими скоростями обмена, даже более высокими, чем в классических локальных сетях. Как и в случае локальных сетей, при построении MAN уже существующие линии связи не используются, а прокладываются заново.

Сближение в методах передачи данных происходит на платформе оптической цифровой (немодулированной) передачи данных по оптоволоконным линиям связи. Из-за резкого улучшения качества каналов связи в глобальных сетях начали отказываться от сложных и избыточных процедур обеспечения корректности передачи данных. Примером могут служить сети frame relay. В этих сетях предполагается, что искажение бит происходит настолько редко, что ошибочный пакет просто уничтожается, а все проблемы, связанные с его потерей, решаются программами прикладного уровня, которые непосредственно не входят в состав сети frame relay.

За счет новых сетевых технологий и, соответственно, нового оборудования, рассчитанного на более качественные линии связи, скорости передачи данных в уже существующих коммерческих глобальных сетях нового поколения приближаются к традиционным скоростям локальных сетей (в сетях frame relay сейчас доступны скорости 2 Мбит/с), а в глобальных сетях АТМ и превосходят их, достигая 622 Мбит/с.

В результате службы для режима on-line становятся обычными и в глобальных сетях. Наиболее яркий пример - гипертекстовая информационная служба World Wide Web, ставшая основным поставщиком информации в сети Internet. Ее интерактивные возможности превзошли возможности многих аналогичных служб локальных сетей, так что разработчикам локальных сетей пришлось просто позаимствовать эту службу у глобальных сетей. Процесс переноса служб и технологий из глобальных сетей в локальные приобрел такой массовый характер, что появился даже специальный термин - intranet-технологии (intra - внутренний), обозначающий применение служб внешних (глобальных) сетей во внутренних - локальных.

Локальные сети перенимают у глобальных сетей и транспортные технологии. Все новые скоростные технологии (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, 100VG-AnyLAN) поддерживают работу по индивидуальным линиям связи наряду с традиционными для локальных сетей разделяемыми линиями. Для организации индивидуальных линий связи используется специальный тип коммуникационного оборудования - коммутаторы. Коммутаторы локальных сетей соединяются между собой по иерархической схеме, подобно тому, как это делается в телефонных сетях: имеются коммутаторы нижнего уровня, к которым непосредственно подключаются компьютеры сети, коммутаторы следующего уровня соединяют между собой коммутаторы нижнего уровня и т. д. Коммутаторы более высоких уровней обладают, как правило, большей производительностью и работают с более скоростными каналами, уплотняя данные нижних уровней. Коммутаторы поддерживают не только новые протоколы локальных сетей, но и традиционные - Ethernet и Token Ring.

В локальных сетях в последнее время уделяется такое же большое внимание методам обеспечения защиты информации от несанкционированного доступа, как и в глобальных сетях. Такое внимание обусловлено тем, что локальные сети перестали быть изолированными, чаще всего они имеют выход в «большой мир» через глобальные связи. При этом часто используются те же методы - шифрование данных, аутентификация пользователей, возведение защитных барьеров, предохраняющих от проникновения в сеть извне.

И наконец, появляются новые технологии, изначально предназначенные для обоих видов сетей. Наиболее ярким представителем нового поколения технологий является технология АТМ, которая может служить основой не только локальных и глобальных компьютерных сетей, но и телефонных сетей, а также широкополосных видеосетей, объединяя все существующие типы трафика в одной транспортной сети.

### **Причины структуризации локальных сетей**

Первые локальные сети с небольшим (10-30) количеством компьютеров использовали только одну общую для всех подключенных к сети устройств разделяемую среду. При этом в соответствии с ограничениями технологий сети имели типовые топологии — общая шина (звезда) для Ethernet, кольцо для FDDI и Token Ring. Все перечисленные топологии обладают свойством однородности, то есть все компьютеры в такой сети неразличимы на уровне физических связей. Такая однородность структуры делает простой процедуру наращивания числа компьютеров, облегчает обслуживание и эксплуатацию сети.

Однако при построении больших сетей однородная структура связей превращается из достоинства в недостаток. В таких сетях использование типовых структур порождает различные ограничения, важнейшими из которых являются ограничения:

- на длину связи между узлами;
- на количество узлов в сети;
- на интенсивность трафика, порождаемого узлами сети.

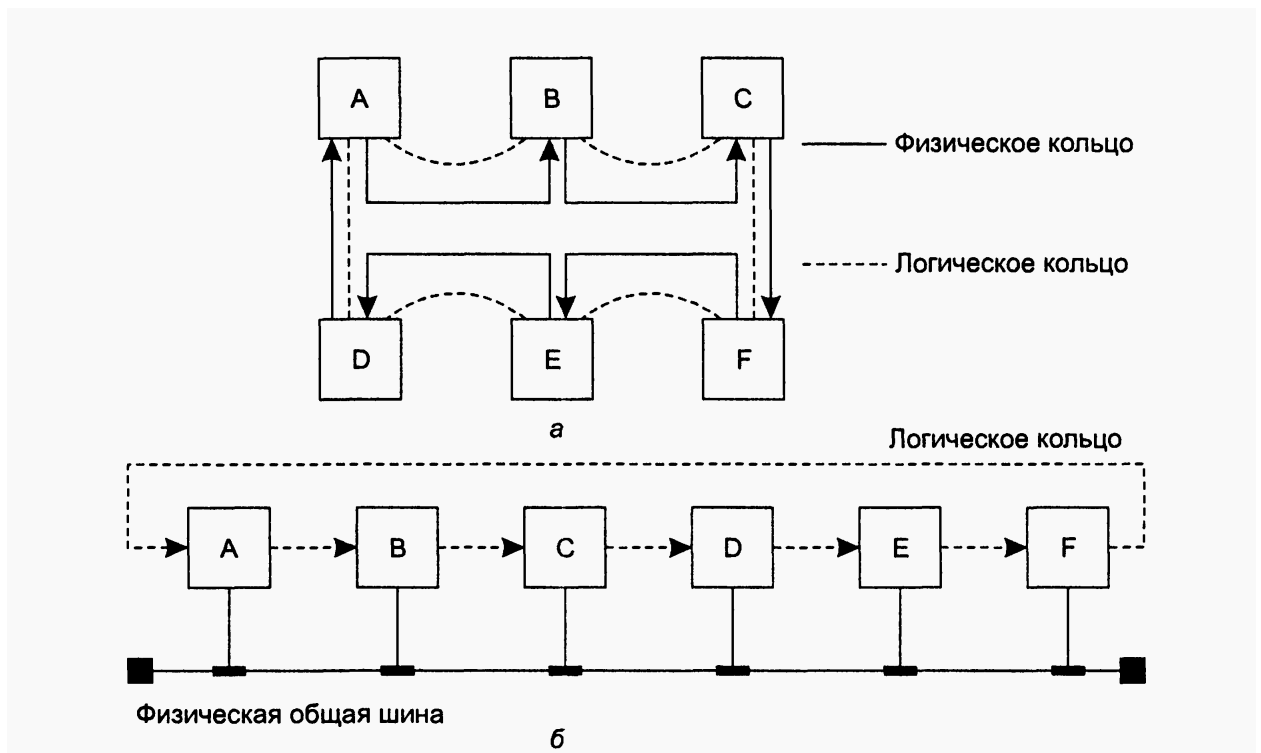
Например, технология Ethernet на тонком коаксиальном кабеле позволяла использовать кабель длиной не более 185 метров, к которому можно было подключить не более 30 компьютеров. Однако если компьютеры начинали интенсивно обмениваться информацией между собой, тогда приходилось снижать число подключенных к кабелю компьютеров до 20, а то и до 10, чтобы каждому компьютеру доставалась приемлемая доля общей пропускной способности сети.

Для снятия этих ограничений стали использовать структуризацию сети на основе специального структурообразующего **коммуникационного оборудования**, в том числе повторителей, концентраторов, мостов, коммутаторов.

### **Физическая структуризация локальной сети**

Различают топологию физических связей (физическую структуру сети) и топологию логических связей сети (логическую структуру сети).

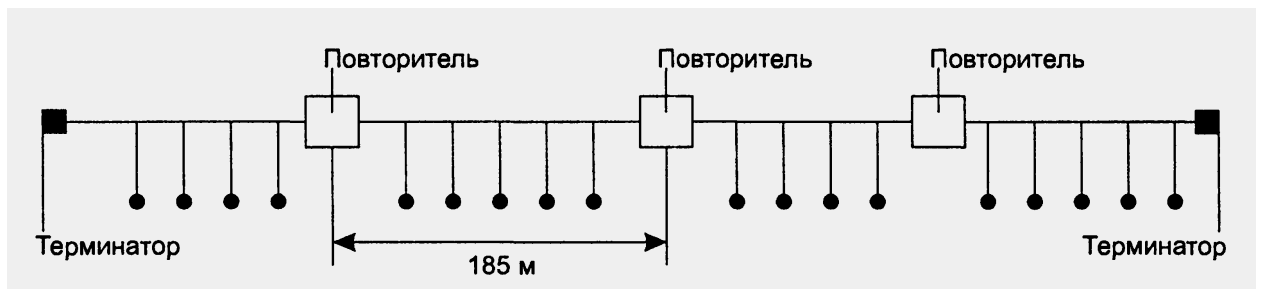
В некоторых случаях физическая и логическая топологии сети совпадают. Например, сеть, представленная на рис. 16.1а, имеет физическую кольцевую топологию. Пусть компьютеры этой сети используют метод детерминированного доступа. Причем токен всегда передается последовательно от компьютера к компьютеру в том же порядке, в котором компьютеры образуют физическое кольцо: то есть компьютер А передает токен компьютеру В, компьютер В — компьютеру С и т. д. В этом случае логическая топология сети также является кольцом.



Сеть, показанная на рис.15.1,**б**, является примером несовпадения физической и логической топологий. Физически компьютеры соединены по топологии общая шина (звезда). Доступ же к шине происходит не по алгоритму случайного доступа, а путем передачи токена в кольцевом порядке: от компьютера А — компьютеру В, от компьютера В — компьютеру С и т. д. Здесь порядок передачи токена уже не повторяет физические связи, а определяется логическим конфигурированием драйверов сетевых адаптеров. Ничто не мешает настроить сетевые адаптеры и их драйверы так, чтобы компьютеры образовали кольцо в другом порядке, например: В, А, С... При этом физическая структура сети никак не меняется.

Физическая структуризация единой разделяемой среды была первым шагом на пути построения более качественных локальных сетей. Цель физической структуризации — обеспечить построение сети не из одного, а из нескольких физических отрезков кабеля. Причем эти различные в физическом отношении отрезки должны были по-прежнему работать как единая разделяемая среда.

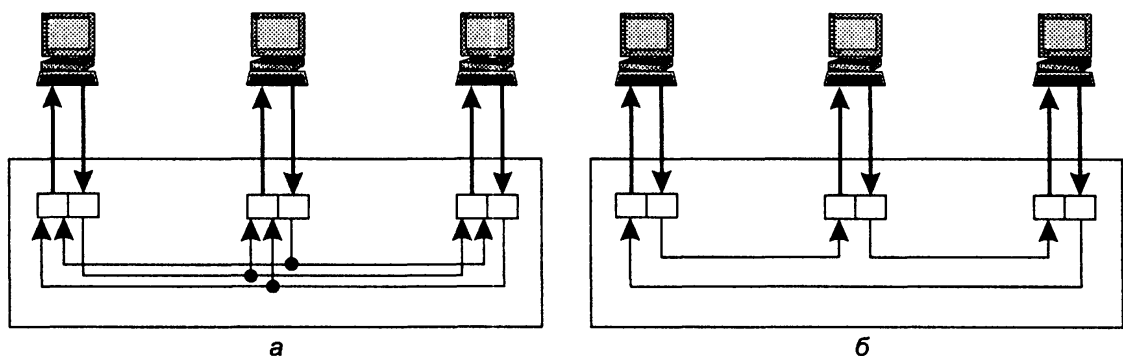
Простейшее из коммуникационных устройств — повторитель — используется для физического соединения различных сегментов кабеля локальной сети с целью увеличения общей длины сети. Повторитель повторяет сигналы, приходящие из одного сегмента сети в другие ее сегменты (рис. 15.2), улучшая их физические характеристики — мощность и форму сигналов, а также синхронность следования (исправляет неравномерность интервалов между импульсами). За счет этого повторитель позволяет преодолеть ограничения на длину линий связи. Так как поток сигналов, передаваемых узлом в сеть, распространяется по всем отрезкам сети, такая сеть остается сетью с единой разделяемой средой.



Повторитель, который имеет несколько портов и соединяет несколько физических сегментов, часто называют концентратором, или хабом. Эти названия отражают тот факт, что в данном устройстве сосредоточиваются все связи между сегментами сети.

**Добавление в сеть повторителя всегда изменяет ее физическую топологию, но при этом оставляет без изменения логическую топологию.**

Концентраторы являются необходимыми устройствами практически во всех базовых технологиях локальных сетей — Ethernet, ArcNet, Token Ring, FDDI, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, IOOVG-AnyLAN. В работе концентраторов любых технологий много общего — они повторяют сигналы, пришедшие с одного из своих портов, на других своих портах. Разница состоит в том, на каких именно портах повторяются входные сигналы. Так, концентратор Ethernet повторяет входной сигнал на *всех* своих портах, кроме того, с которого этот сигнал поступил (рис. 15.3, а). А концентратор Token Ring (рис. 15.3, б) повторяет входной сигнал только на *одном, соседнем* порту.



## Сетевая топология

Термин топология может употребляться для обозначения двух понятий – физической топологии и логической топологии.

Физическая топология – способ физического соединения компьютеров с помощью среды передачи, например, участками кабеля.

Логическая топология определяет реальные пути движения сигналов при передаче данных по используемой физической топологии. Таким образом, логическая топология описывает пути передачи потоков данных между сетевыми устройствами. Логическая топология определяет направление и способ передачи, а не схему соединения физических проводников и устройств.

### Топология физических связей

Как только компьютеров становится больше двух, возникает проблема выбора конфигурации физических связей или топологии. Под топологией сети понимается конфигурация графа, вершинам которого соответствуют конечные узлы сети, а ребрам — электрические и информационные связи между ними.

Топология сети обуславливает ее характеристики. В частности, выбор той или иной топологии влияет:

- на состав необходимого сетевого оборудования;
- характеристики сетевого оборудования;
- возможности расширения сети;
- способ управления сетью.

Если Вы поймете, как используются различные топологии, Вы сумеете понять, какими возможностями обладают различные типы сетей. Чтобы совместно использовать ресурсы или выполнять другие сетевые задачи, компьютеры должны быть подключены друг к другу. Для этой цели в большинстве сетей применяется кабель.

Однако просто подключить компьютер к кабелю, соединяющему другие компьютеры, не достаточно. Различные типы кабелей в сочетании с различными сетевыми платами, сетевыми операционными системами и другими компонентами требуют и различного взаимного расположения компьютеров.

Каждая топология сети налагает ряд условий. Например, она может диктовать не только тип кабеля, но и способ его прокладки. Топология может также определять способ взаимодействия компьютеров в сети. Различным видам топологий соответствуют различные методы взаимодействия, и эти методы оказывают большое влияние на сеть.

### Базовые топологии

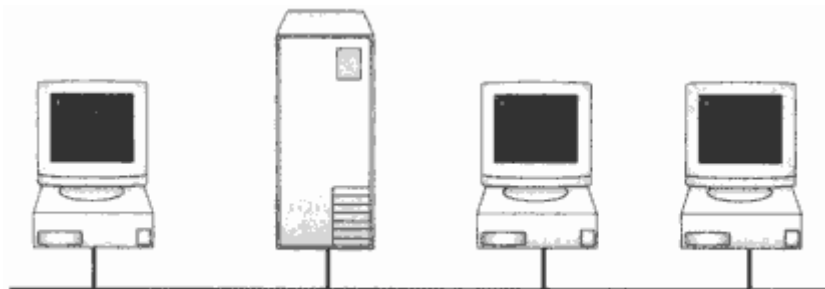
Все сети строятся на основе трех базовых топологий:

- общая шина (bus);
- звезда (star);
- кольцо (ring).

Хотя сами по себе базовые топологии несложны, в реальности часто встречаются довольно сложные комбинации, объединяющие свойства нескольких топологий.

### **Общая шина**

Топологию «общая шина» часто называют «линейной шиной» (linear bus). Данная топология относится к наиболее простым и широко распространенным топологиям. В ней используется один кабель, именуемый магистралью или сегментом, вдоль которого подключены все компьютеры сети (рис. 3.1).



### ***Взаимодействие компьютеров***

В сети с топологией «общая шина» компьютеры адресуют данные конкретному компьютеру, передавая их по кабелю в виде электрических сигналов. Чтобы понять процесс взаимодействия компьютеров по шине, Вы должны уяснить следующие понятия:

- передача сигнала;
- отражение сигнала; терминатор.

### ***Передача сигнала***

Данные в виде электрических сигналов передаются всем компьютерам сети; однако информацию принимает только тот, адрес которого соответствует адресу получателя, ' зашифрованному в этих сигналах. Причем в каждый момент времени только один компьютер может вести передачу.

Так как данные в сеть передаются лишь одним компьютером, ее производительность зависит от количества компьютеров, подключенных к шине. Чем их больше, т.е. чем больше компьютеров, ожидающих передачи данных, тем медленнее сеть.



Однако вывести прямую зависимость между пропускной способностью сети и количеством компьютеров в ней нельзя. Ибо, кроме числа компьютеров, на быстродействие сети влияет множество факторов, в том числе:

- характеристики аппаратного обеспечения компьютеров в сети;
- частота, с которой компьютеры передают данные;
- тип работающих сетевых приложений;
- тип сетевого кабеля;
- расстояние между компьютерами в сети.

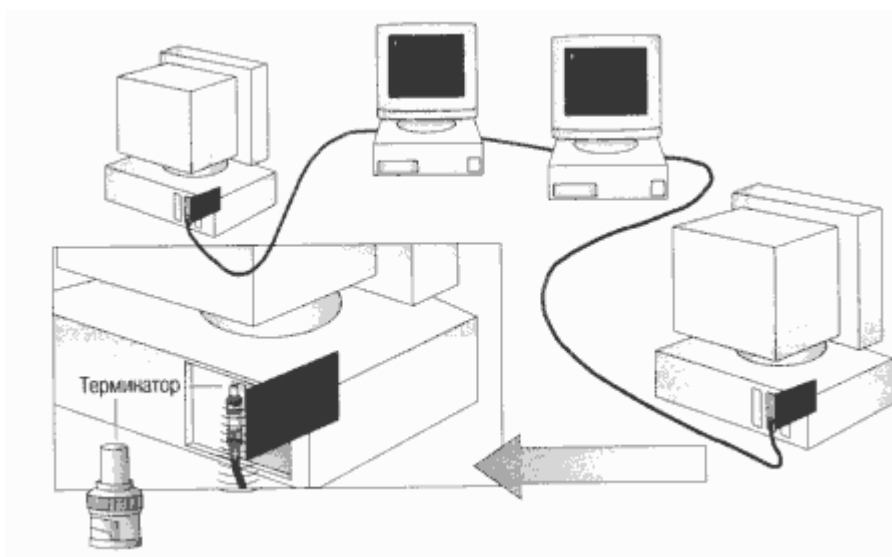
Шина — пассивная топология. Это значит, что компьютеры только «слушают» передаваемые по сети данные, но не перемещают их от отправителя к получателю. Поэтому, если один из компьютеров выйдет из строя, это не скажется на работе остальных. В активных топологиях компьютеры регенерируют сигналы и передают их по сети.

#### Отражение сигнала

Данные, или электрические сигналы, распространяются по всей сети -- от одного конца кабеля к другому. Если не предпринимать никаких специальных действий, сигнал, достигая конца кабеля, будет отражаться и не позволит другим компьютерам осуществлять передачу. Поэтому, после того как данные достигнут адресата, электрические сигналы необходимо погасить.

#### Терминатор

Чтобы предотвратить отражение электрических сигналов, на каждом конце кабеля устанавливают терминаторы (terminators), поглощающие эти сигналы (рис. 3.2). Все концы сетевого кабеля должны быть к чему-нибудь подключены, например к компьютеру или к баррел-коннектору — для увеличения длины кабеля. К любому свободному — неподключенному — концу кабеля должен быть подсоединен терминатор, чтобы предотвратить отражение электрических сигналов.



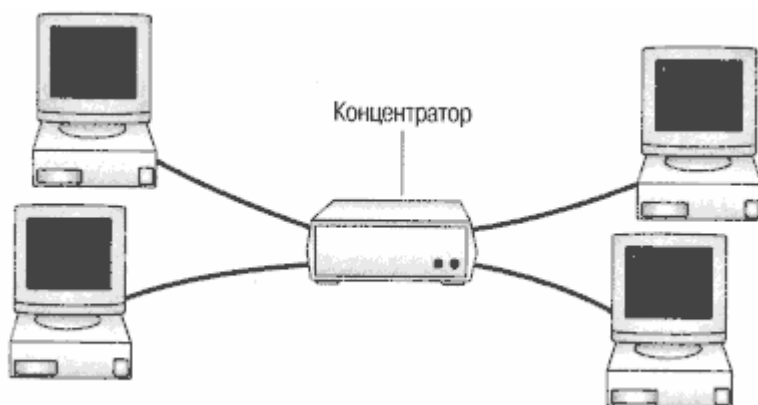
## *Нарушение целостности сети*

Разрыв сетевого кабеля происходит при его физическом разрыве или отсоединении одного из его концов. Возможна также ситуация, когда на одном или нескольких концах кабеля отсутствуют терминаторы, что приводит к отражению электрических сигналов в кабеле и прекращению функционирования сети. Сеть «падает».

Сами по себе компьютеры в сети остаются полностью работоспособными, но до тех пор, пока сегмент разорван, они не могут взаимодействовать друг с другом.

### **Звезда**

При топологии «звезда» (рис. 3.3) все компьютеры с помощью сегментов кабеля подключаются к центральному компоненту, именуемому концентратором (hub). Сигналы от передающего компьютера поступают через концентратор ко всем остальным. Эта топология возникла на заре вычислительной техники, когда компьютеры были подключены к центральному, главному, компьютеру.



В сетях с топологией «звезда» подключение кабеля и управление конфигурацией сети централизованы. Но есть и недостаток: так как все компьютеры подключены к центральной точке, для больших сетей значительно увеличивается расход кабеля. К тому же, если центральный компонент выйдет из строя, нарушится работа всей сети.

Так же одним из основных недостатков этой топологии являются коллизии. В определённый момент времени только одна машина в сети может пересылать данные. Если на концентратор одновременно приходят два пакета, то происходит коллизия: обе посылки оказываются не принятыми, а отправителям нужно будет подождать случайный промежуток времени, чтобы возобновить передачу данных. Этот недостаток отсутствует на сетевом устройстве более высокого уровня - коммутаторе, который, в отличие от концентратора, подающего пакет на все порты, подает лишь на определенный порт - получателю. Одновременно может быть передано несколько пакетов. Сколько - зависит от коммутатора.

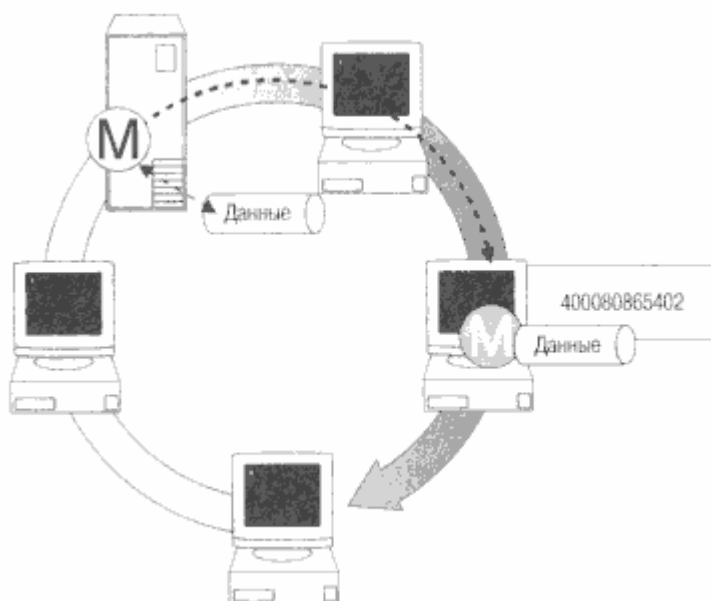
Но, если выйдет из строя только один компьютер (или кабель, соединяющий его с концентратором), то лишь этот компьютер не сможет передавать или принимать данные по сети. На остальные компьютеры в сети это не повлияет.

## Кольцо

В сетях с кольцевой конфигурацией данные передаются по кольцу от одного компьютера к другому. Главное достоинство "кольца" в том, что оно по своей природе обладает свойством резервирования связей. Действительно, любая пара узлов соединена здесь двумя путями — по часовой стрелке и против. "Кольцо" представляет собой очень удобную конфигурацию и для организации обратной связи — данные, сделав полный оборот, возвращаются к узлу-источнику. Поэтому отправитель в данном случае может контролировать процесс доставки данных адресату. Часто это свойство "кольца" используется для тестирования связности сети и поиска узла, работающего некорректно. В то же время в сетях с кольцевой топологией необходимо принимать специальные меры, чтобы в случае выхода из строя или отключения какой-либо станции не прерывался канал связи между остальными станциями "кольца".

### Передача маркера

Один из принципов передачи данных в кольцевой сети носит название передачи маркера (рис. 3.4). Суть его такова: маркер последовательно, от одного компьютера к другому, передается до тех пор, пока его не получит тот, который «хочет» передать данные. Передающий компьютер изменяет маркер, помещает электронный адрес в данные и посылает их по кольцу.

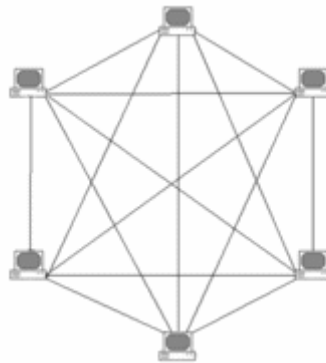


Данные проходят через каждый компьютер, пока не окажутся у того, чей адрес совпадает с адресом получателя, указанным в данных. После этого принимающий компьютер посылает передающему сообщение, где подтверждает факт приёма данных. Получив подтверждение, передающий компьютер создаёт новый маркер и возвращает его в сеть.

На первый взгляд кажется, что передача маркера занимает много времени, однако на самом деле маркер передвигается практически со скоростью света. В кольце диаметром 200 м маркер может циркулировать с частотой 10 000 оборотов в секунду.

## Полносвязная топология

Полносвязная топология — топология компьютерной сети, в которой каждая рабочая станция подключена ко всем остальным (рис. 3.5). Этот вариант является громоздким и неэффективным, несмотря на свою логическую простоту. Для каждой пары должна быть выделена независимая линия, каждый компьютер должен иметь столько коммуникационных портов сколько компьютеров в сети. По этим причинам сеть может иметь только сравнительно небольшие конечные размеры. Чаще всего эта топология используется в многомашинных комплексах или глобальных сетях при малом количестве рабочих станций.



### Адресация узлов сети

Еще одной проблемой, которую нужно учитывать при объединении более 2-х компьютеров, является проблема их адресации, точнее сказать адресации их сетевых интерфейсов. Один компьютер может иметь несколько сетевых интерфейсов.

Адреса могут использоваться для идентификации:

- отдельных интерфейсов;
- групп интерфейсов групповые адреса С помощью групповых адресов данные могут направляться сразу нескольким узлам.;
- всех интерфейсов широковещательные адреса(broadcast) Данные, направленные по такому адресу, должны быть доставлены всем узлам сети.

Адреса могут быть:

- числовыми и символьными;
- аппаратными и сетевыми;
- плоскими и иерархическими.

Множество всех адресов, которые являются допустимыми в рамках некоторой схемы адресации, называется адресным пространством. Адресное пространство может иметь плоскую (линейную) или иерархическую организацию.

Примеры:

## Плоский

Множество адресов никак не структурировано.

Примером плоского числового адреса является MAC-адрес, используемый для однозначной идентификации сетевых интерфейсов в локальных сетях.

## Иерархический

При иерархической схеме адресации оно организовано в виде вложенных друг в друга подгрупп, которые, последовательно сужая адресуемую область, в конце концов определяют отдельный сетевой интерфейс.

Типичными представителями иерархических числовых адресов являются сетевые IP- и IPX-адреса. В них поддерживается двухуровневая иерархия, адрес делится на старшую часть — номер сети — и младшую — номер узла. Такое разделение позволяет передавать сообщения между сетями только на основании номера сети, а номер узла используется после доставки сообщения в нужную сеть; точно так же, как название улицы используется почтальоном только после того, как письмо доставлено в нужный город.

## Символьный

Символьные адреса или имена предназначены для запоминания людьми и поэтому обычно несут смысловую нагрузку.

### Как это выглядит в сетях

В современных сетях для адресации узлов, как правило, применяются все три приведенные выше схемы одновременно. Пользователи адресуют компьютеры символьными именами, которые автоматически заменяются в сообщениях, передаваемых по сети, на числовые номера. С помощью этих числовых номеров сообщения передаются из одной сети в другую, а после доставки сообщения в сеть назначения вместо числового номера используется аппаратный адрес компьютера.

### Установление соответствия между адресами

Проблема установления соответствия между адресами различных типов, которой занимаются протоколы разрешения адресов, может решаться как централизованными, так и распределенными средствами.

Распределенный подход хорош тем, что не предполагает выделения специального компьютера, на котором к тому же часто приходится вручную вводить таблицу соответствия адресов. Недостатком распределенного подхода является необходимость широковещательных сообщений — такие сообщения перегружают сеть, так как они требуют обязательной обработки всеми узлами, а не только узлом назначения. Поэтому распределенный подход используется только в небольших локальных сетях. В крупных сетях распространение широковещательных сообщений по всем ее сегментам становится практически нереальным, поэтому для них характерен централизованный подход. Наиболее

известной службой централизованного разрешения адресов является система доменных имен (Domain Name System, DNS) сети Internet.

### Обобщенная задача коммутации

Если топология сети не полносвязная, то обмен данными между произвольной парой конечных узлов (абонентов) должен идти в общем случае через транзитные узлы.

Последовательность транзитных узлов (сетевых интерфейсов) на пути от отправителя к получателю называется маршрутом.

В самом общем виде задача коммутации — задача соединения конечных узлов через сеть транзитных узлов — может быть представлена в виде нескольких взаимосвязанных частных задач:

1. Определение информационных потоков, для которых требуется прокладывать пути.
2. Определение маршрутов для потоков.
3. Сообщение о найденных маршрутах узлам сети.
4. Продвижение — распознавание потоков и локальная коммутация на каждом транзитном узле.
5. Мультиплексирование и демультиплексирование потоков.

### Определение информационных потоков

Понятно, что через один транзитный узел может проходить несколько маршрутов, Транзитный узел должен уметь распознавать поступающие на него потоки данных, чтобы обеспечивать их передачу именно на те свои интерфейсы, которые ведут к нужному узлу.

Информационным потоком (data flow, data stream) называют последовательность данных, объединенных набором общих признаков, который выделяет эти данные из общего сетевого трафика.

Поток от одного компьютера может быть разделен на подпотоки.

Понятие потока используется при решении различных сетевых задач и, в зависимости от конкретного случая, определяется соответствующий набор признаков. В задаче коммутации, суть которой — передача данных из одного конечного узла в другой, при определении потоков в роли обязательных признаков потока, очевидно, должны выступать адрес отправителя и адрес назначения данных. Тогда каждой паре конечных узлов будет соответствовать один поток и один маршрут.

Однако не всегда достаточно определить поток только парой адресов. Если на одной и той же паре конечных узлов выполняется несколько взаимодействующих по сети приложений, которые предъявляют к ней свои особые требования, поток

данных между двумя конечными узлами должен быть разделен на несколько подпотоков, так чтобы для каждого из них можно было проложить свой маршрут. В таком случае выбор пути должен осуществляться с учетом характера передаваемых данных. Например для файлового сервера важно, чтобы передаваемые им большие объемы данных направлялись по каналам с высокой пропускной способностью, а для программной системы управления, которая посылает в сеть короткие сообщения, требующие обязательной и немедленной отработки, при выборе маршрута важнее надежность линии связи и минимальный уровень задержек. В таком примере набор признаков потока должен быть расширен за счет информации, идентифицирующей приложение.

Кроме того, даже для данных, предъявляющих к сети одинаковые требования, может прокладываться несколько маршрутов, чтобы за счет распараллеливания добиться одновременного использования различных каналов и тем самым ускорить передачу данных. В данном случае необходимо "пометить" данные, которые будут направляться по каждому из этих маршрутов.

Определить потоки – это значит задать для них набор отличительных признаков, на основании которых коммутаторы смогут направлять потоки по предназначенным для них маршрутам.

#### Определение маршрутов

Определение пути, то есть последовательности транзитных узлов и их интерфейсов, через которые надо передавать данные, чтобы доставить их адресату — сложная задача, особенно когда конфигурация сети такова, что между парой взаимодействующих сетевых интерфейсов существует множество путей.

Задача определения маршрутов состоит в выборе из всего этого множества одного или нескольких путей.

И хотя в частном случае множества имеющихся и выбранных путей могут совпадать, чаще всего выбор останавливают на одном оптимальном по некоторому критерию маршруте.

В качестве критериев выбора могут выступать, например:

- номинальная пропускная способность;
- загруженность каналов связи;
- задержки, вносимые каналами;
- количество промежуточных транзитных узлов;
- надежность каналов и транзитных узлов.

Заметим, что даже в том случае, когда между конечными узлами существует единственный путь, его определение при сложной топологии сети может представлять собой нетривиальную задачу.

Маршрут может определяться эмпирически ("вручную") администратором сети.

Однако эвристический подход к определению маршрутов для большой сети со сложной топологией не подходит. В этом случае такая задача решается чаще всего автоматически. Для этого конечные узлы и другие устройства сети оснащаются специальными программными средствами, которые организуют взаимный обмен служебными сообщениями, позволяющий каждому узлу составить свое представление о топологии сети. Затем на основе этого исследования и математических алгоритмов определяются наиболее рациональные маршруты.

Определить маршрут — однозначно задать последовательность транзитных узлов и их интерфейсов, через которые надо передавать данные, чтобы доставить их адресату.

#### Оповещение сети о выбранном маршруте

После того, как маршрут определен (вручную или автоматически), следует "сообщить" о нем всем устройствам сети. Сообщение о маршруте должно нести каждому транзитному устройству примерно такую информацию: "Если придут данные, относящиеся к потоку  $n$ , то нужно передать их на интерфейс  $F$ ".

Сообщение о маршруте обрабатывается транзитным устройством, в результате чего создается новая запись в таблице коммутации, в которой локальному или глобальному признаку (признакам) потока (например, метке, номеру входного интерфейса или адресу назначения) ставится в соответствие номер интерфейса, на который устройство должно передать данные, относящиеся к этому потоку.

Конечно, структура сообщения о маршруте и содержимого таблицы коммутации зависит от конкретной технологии, однако эти особенности не меняют сущности рассматриваемых процессов.

Передача информации о выбранных маршрутах так же, как и определение маршрута, может осуществляться и вручную, и автоматически. Администратор сети может зафиксировать маршрут, выполнив конфигурацию устройства вручную, например, жестко скоммутировав на длительное время определенные пары входных и выходных интерфейсов.

Оповестить сеть о найденных маршрутах — это значит вручную или автоматически настроить каждый коммутатор таким образом, чтобы он "знал", в каком направлении следует передавать каждый поток.

#### Продвижение — распознавание потоков и коммутация на каждом транзитном узле

Когда сеть оповещена о маршрутах, она может начать выполнять свои функции по соединению или коммутации абонентов. Для каждой пары абонентов эта операция может быть представлена совокупностью нескольких (по числу транзитных узлов) локальных операций коммутации. Отправитель должен выставить данные на тот свой порт, из которого выходит найденный маршрут, а все транзитные узлы должны соответствующим образом выполнить "переброску" данных с одного своего порта на другой, другими словами — выполнить коммутацию.



Устройство, предназначенное для выполнения коммутации, называется коммутатором (switch). Коммутатор производит коммутацию входящих в его порты информационных потоков, направляя их в соответствующие выходные порты.

Однако, прежде чем выполнить коммутацию, коммутатор должен распознать поток. Для этого поступившие данные проверяются на предмет наличия признаков какого-либо из потоков, заданных в таблице коммутации. Если произошло совпадение, то эти данные направляются на тот интерфейс, который был определен для них в маршруте.

Коммутатором может быть как специализированное устройство, так и универсальный компьютер со встроенным программным механизмом коммутации, в этом случае коммутатор называется программным. Компьютер может совмещать функции коммутации данных, направляемых на другие узлы, с выполнением своих обычных функций конечного узла.

### Мультиплексирование и демультиплексирование

Прежде чем выполнить переброску данных на определенные для них интерфейсы, коммутатор должен понять, к какому потоку они относятся. Эта задача должна решаться независимо от того, поступает ли на вход коммутатора только один поток в "чистом" виде, или "смешанный" поток, который объединяет в себе несколько потоков. В последнем случае к задаче распознавания добавляется задача демультиплексирования.

Задача демультиплексирования (demultiplexing) — разделение суммарного агрегированного потока, поступающего на один интерфейс, на несколько составляющих потоков.

Как правило, операцию коммутации сопровождает также обратная операция — мультиплексирование.

Задача мультиплексирования (multiplexing) — образование из нескольких отдельных потоков общего агрегированного потока, который можно передавать по одному физическому каналу связи.

Операции мультиплексирования/демуплексирования имеют такое же важное значение в любой сети, как и операции коммутации, потому что без них пришлось бы все коммутаторы связывать большим количеством параллельных каналов, что свело бы на нет все преимущества неполносвязной сети.

### Разделяемая среда передачи данных

В телекоммуникационных сетях используется и другой вид подключения, когда к одному каналу подключается несколько интерфейсов. Такое множественное подключение интерфейсов порождает уже рассматривавшуюся выше топологию "общая шина", иногда называемую также шлейфовым подключением. Во всех этих случаях возникает проблема согласованного использования канала несколькими интерфейсами.

Совместно используемый несколькими интерфейсами физический канал называют разделяемым (shared). Часто используется также термин "разделяемая

среда" (shared media) передачи данных. Разделяемые каналы связи используются не только для связей типа коммутатор-коммутатор, но и для связей компьютер-коммутатор и компьютер-компьютер.

Существуют различные способы организации совместного доступа к разделяемым линиям связи. В одних случаях используют централизованный подход, когда доступом управляет специальное устройство — арбитр, в других — децентрализованный. В сетях организация совместного доступа к линиям связи имеет свою специфику из-за существенно большего времени распространения сигналов по линиям связи. Из-за этого процедуры согласования доступа к линии связи могут занимать слишком много времени и приводить к значительному снижению производительности сети.