

## Лекция 4. ПРОБЛЕМЫ СВЯЗИ НЕСКОЛЬКИХ КОМПЬЮТЕРОВ

### Топология физических связей

Как только компьютеров становится более двух, возникает проблема выбора конфигурации физических связей или топологии. Под топологией сети понимается конфигурация графа, вершинам которого соответствуют конечные узлы сети (например, компьютеры) и коммуникационное оборудование (например, маршрутизаторы), а ребрам - электрические и информационные связи между ними.

Число возможных конфигураций резко возрастает при увеличении числа устройств, связываемых. Так, если три компьютера мы можем связать двумя способами, то для четырех компьютеров можно предложить уже шесть топологически различных конфигураций (при условии неразличимости компьютеров).

Мы можем соединять каждый компьютер с каждым или связывать их последовательно, предполагая, что они будут общаться, передавая друг другу сообщения "транзитом". При этом транзитные узлы должны быть оснащены специальными средствами, позволяющими выполнять эту специфическую посредническую операцию. В качестве транзитного узла может выступать как универсальный компьютер, так и специализированное устройство.

От выбора топологии связей зависят многие характеристики сети. Например, наличие между узлами нескольких путей повышает надежность сети и делает балансировку загрузки отдельных каналов. Простота присоединения новых узлов, свойственная некоторым топологиям, делает сеть легко расширяемой. Экономические соображения часто приводят к выбору топологий, для которых характерна минимальная суммарная длина линий связи.

Среди множества возможных конфигураций различают полносвязи и неполносвязи.

Полносвязная топология соответствует сети, в которой каждый компьютер непосредственно связан со всеми остальными. Несмотря на логическую простоту, это вариант громоздкий и неэффективный. Действительно, каждый компьютер в сети должен иметь большое количество коммуникационных портов, достаточное для связи с каждым из остальных компьютеров. Для каждой пары компьютеров должна быть выделена отдельная физическая линия связи. (В некоторых случаях даже две, если невозможно использование этой линии для двусторонней передачи.) Полносвязи; топологии в крупных сетях применяются редко, так как для связи  $N$  узлов нужно  $N(N-1) / 2$  физических дуплексных линий связи, то есть имеет место квадратичная зависимость. Чаще этот вид топологии используется в многомашинных комплексах или в сетях, объединяющих небольшое количество компьютеров.

Все остальные варианты основаны на неполносвязных топологиях, когда для обмена данными между двумя компьютерами может потребоваться промежуточная передача данных через другие узлы сети.

Ячеистая топология (mesh) получается из полносвязной путем удаления некоторых возможных связей. Ячеистая топология допускает соединение большого количества компьютеров и характерна для крупных сетей.

В сетях с кольцевой конфигурацией данные передаются по кольцу от одного компьютера к другому. Главное достоинство "кольца" в том, что оно по своей природе имеет свойство бронирования

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 этом 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 прерывалось канал связи между остальными станциями "кольца".

Топология "звезда" образуется в том случае, когда каждый компьютер с помощью отдельного кабеля подключается к общему центральному устройству, называемого концентратором. В функции концентратора входит направление передаваемой компьютером информации одному или всем остальным компьютерам сети. В качестве концентратора может выступать как компьютер, так и специализированное устройство, такое как многоходового повторитель, коммутатор или маршрутизатор. К недостаткам топологии типа "звезда" относится более высокая стоимость сетевого оборудования, связана с необходимостью приобретения специализированного центрального устройства. Кроме того, возможности наращивания количества узлов в сети ограничиваются количеством портов концентратора.

Иногда имеет смысл строить сеть с использованием нескольких концентраторов, иерархически соединенных между собой связями типа "звезда". Получаемую в результате структуру называют также деревом. В это время дерево является самым распространенным типом топологии связей, как в локальных, так и в глобальных сетях.

Особой частным случаем конфигурации звезда конфигурация "общая шина". Здесь в качестве центрального элемента выступает пассивный кабель, к которому по схеме "монтажного ИЛИ" подключается несколько компьютеров (такую же топологию имеют много сетей, использующих беспроводная связь - роль общей шины здесь играет общая радиосреда). передана информация распространяется по кабелю и доступна одновременно всем присоединенным к нему компьютерам.

Основными преимуществами такой схемы являются низкая стоимость и простота наращивания, то есть присоединения новых узлов к сети.

Самым серьезным недостатком "общей шины" является ее недостаточная надежность: любой дефект кабеля или какого-нибудь из многочисленных разъемов полностью парализует всю сеть. Другой недостаток "общей шины" - невысокая производительность, так как при таком способе подключения в каждый момент времени только один компьютер может передавать данные по сети, поэтому пропускная способность канала связи всегда делится между всеми узлами сети. До недавнего времени "общая шина" была одной из самых популярных топологий для локальных сетей.

В то время как небольшой сети, как правило, имеют типичную топологию - "звезда", "кольцо" или "Общая шина", для крупных сетей характерно наличие произвольных связей между компьютерами. В таких сетях можно выделить отдельные произвольно связанные фрагменты (подсети), имеющие типовую топологию, поэтому их называют сетями со смешанной топологией.

## Адресация узлов сети

Еще одной проблемой, которую нужно учитывать при объединении трех и более компьютеров, является проблема их **адресации**, точнее сказать адресации их сетевых интерфейсов. Один компьютер может иметь несколько сетевых интерфейсов. Например, для образования **физического** кольца каждый компьютер должен быть оснащен как минимум двумя сетевыми интерфейсами для связи с двумя соседями. А для создания полносвязной структуры с N компьютеров необходимо, чтобы у каждого из них был N-1 интерфейс.

Адреса могут быть числовыми (например, 129.26.255.255) и символьными (site.domain.ru). Тот самый адрес может быть записан в различных форматах, скажем, числовой адрес в предыдущем примере 129.26.255.255 может быть записан и в шестнадцатеричном формате цифрами - 81.1a.ff.ff.

Адреса могут использоваться для идентификации не только отдельных интерфейсов, но и их групп ( **групповые** адреса). С помощью групповых адресов данные могут направляться сразу нескольким узлам. Во многих технологиях компьютерных сетей поддерживаются так называемые широковещательные адреса. Данные, направленные по такой адресу, должны быть доставлены всем узлам сети.

Множество всех адресов, которые являются допустимыми в рамках некоторой схемы адресации, называется **адресным пространством**. Адресное пространство может иметь **плоскую (линейную)** или **иерархическую организацию**. В первом случае множество адресов никак не структурировано.

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

Трехуровневая структура адресного пространства, при которой адрес конечного узла задается тремя составляющими: идентификатором группы (K), в которую входит данный узел, идентификатором подгруппы (L) и, наконец, идентификатором узла (n), однозначно определяют его в подгруппе. Иерархическая адресация во многих случаях оказывается более рациональной, чем плоская. В больших сетях узлов, состоящих из многих тысяч, использование плоских адресов может привести к большим затратам - конечным узлам и коммуникационному оборудованию придется работать с таблицами адресов, состоящих из тысяч записей. А иерархическая система адресации позволяет при перемещении данных до определенного момента пользоваться только старшей составляющей адреса, затем для дальнейшей локализации адресата следующей по старшинству частью, и в конечном итоге - младшей частью. Примером иерархически организованных адресов служат обычные почтовые адреса, в которых последовательно уточняется местонахождение адресата: страна, город, улица, дом, квартира.

К адреса сетевого интерфейса и схеме его назначения можно предъявить несколько требований:

- адрес должен уникально идентифицировать сетевой интерфейс в сети любого масштаба;
- схема назначения адресов должна сводить к минимуму ручной труд администратора и вероятность дублирования адресов;

- желательно, чтобы адрес имела иерархическую структуру, удобную для построения больших сетей;
- адрес должен быть удобен для пользователей сети, а это значит, что он должен

допускать символьную представление, например Server3 или www.cisco.com;

- адрес должен быть по возможности компактным, чтобы не перегружать память коммуникационной аппаратуры - сетевых адаптеров, маршрутизаторов и т.п.

Нетрудно заметить, что эти требования противоречивы - например, адрес, имеющий иерархическую структуру, скорее всего, будет менее компактным, чем плоский. Символьные имена удобны, но через переменный формат и потенциально большой длины их передача по сети не очень экономична. Потому что все перечисленные требования трудно совместить в рамках какой-либо одной схемы адресации, на практике обычно используется сразу несколько схем, так что сетевой интерфейс компьютера может одновременно иметь несколько адресов-имен. Каждый адрес используется в той ситуации вид, когда отвечает, адресации наиболее удобен. А для преобразования адресов с одного вида в другой используются специальные вспомогательные протоколы, которые называют иногда протоколами разрешения адресов (address resolution).

Примером плоской числовой адреса есть MAC-адрес, используемый для однозначной **идентификации сетевых интерфейсов в локальных сетях**. Такой адрес обычно применяется только аппаратурой, поэтому его стараются сделать по возможности компактным и записывают в виде двоичного или шестнадцатеричного значения, например 0081005e24a8. когда задаются Масс-адреса вручную ничего делать не нужно, так как они обычно встраиваются в аппаратуру компанией-изготовителем; их называют еще аппаратными (hardware) адресам. Использование плоских адресов является твердым решением - при замене аппаратуры, например сетевого адаптера, меняется и адрес сетевого интерфейса компьютера.

Типичными представителями иерархических числовых адресов являются сетевые IP- и Ipx-адреса. У 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 доставлен в нужный город. В последнее время, чтобы сделать маршрутизацию в крупных сетях более эффективной, предлагаются более сложные варианты числовой адресации, в соответствии с которыми адрес имеет три и более составляющих. Такой подход, в частности, реализован в новой версии протокола Ipv6, предназначенного для работы в Internet.

Символьные адреса или имена предназначены для запоминания людьми и поэтому обычно несут смысловую нагрузку. Символьные адреса можно использовать как в небольших, так и в больших сетях. Для работы в больших сетях символьное имя может иметь иерархическую структуру, например ftp-arch1.ucl.ac.uk. Этот адрес говорит о том, что данный компьютер поддерживает Ftp-архив в сети одного из колледжей Лондонского университета (University College London - ucl), и данная сеть относится к академической отрасли (ac) Internet Великобритании (United Kingdom - uk). При работе в пределах сети Лондонского университета такое длинное символьное имя

явное избыточно и вместо него можно пользоваться коротким символьным именем, на роль которого хорошо подходит самая младшая составляющая полного имени, то есть ftp-arch1.

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. Сегодня такая схема характерна даже для небольших автономных сетей, где, казалось бы, она явно избыточна - это делается для того, чтобы при включении сети в большую сеть НЕ нужно было менять состав операционной системы.

Проблема установления соответствия между адресами различных типов, которой занимаются протоколы разрешения адресов, может решаться как централизованными, так и распределенными средствами. В случае централизованного подхода в сети выделяется один или несколько компьютеров (серверов имен), в которых хранится таблица соответствия друг другу имен различных типов, например символьных имен и числовых номеров. Все остальные компьютеры обращаются к серверу имен, чтобы по символьному имени найти числовой номер компьютера, с которым необходимо обменяться данными.

При распределенном подходе каждый компьютер сам решает задачу установления соответствия между адресами. Например, если пользователь указал для узла назначения числовой номер, то перед началом передачи данных компьютер-отправитель посылает всем компьютерам сети широковещательное сообщение с просьбой познать это числовое имя. Все компьютеры, получив такое сообщение, сравнивают заданный номер со своим собственным. Тот компьютер, у которого оказался совпадение, посылает ответ, содержащий его аппаратный адрес, после чего становится возможной отправки сообщений по локальной сети.

Распределенный подход хорош тем, что не предполагает выделения специального компьютера, на которому 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.

Адреса могут использоваться для идентификации:

- отдельных интерфейсов;
- их групп (групповые адреса)
- сразу всех сетевых интерфейсов сети (широковещательные адреса).

Адреса могут быть:

- числовыми и символьными;

- аппаратными и сетевыми;
- плоскими и иерархическими.

Для преобразования адресов с одного вида в другой используются протоколы разрешения адресов (Address resolution).

До сих пор мы говорили об адресах сетевых интерфейсов, которые указывают на порты узлов сети (Компьютеров и коммуникационных устройств), однако конечной целью данных, пересылаемых по сети, является не компьютеры или маршрутизаторы, а выполняемые на этих устройствах программы - процессы. Поэтому в адресе назначения наряду с информацией, идентифицирует порт устройства, должен указываться адрес процесса, которой предназначены данные, посылают. После того, как эти данные достигнут указанного в адресе назначения сетевого интерфейса, программное обеспечение компьютера должно их направить соответствующему процессу. Понятно, что адрес процесса не обязательно должен задавать его однозначно в пределах всей сети, достаточно обеспечить его уникальность в пределах компьютера. Примером адресов процессов могут служить номера портов TCP и UDP, используемые в стеке TCP / IP.