

Для определения компонент вычислительных сетей приведем их общую классификацию. Для неё используются различные признаки, но чаще всего сети делят на типы по территориальному признаку, то есть по величине территории, которую покрывает сеть. И для этого есть веские причины, так как отличия технологий локальных и глобальных сетей очень значительны, несмотря на их постоянное сближение.

Делятся сети по степени территориальной распределенности на: глобальные (WAN), городские (MAN) и локальные (LAN).

К локальным сетям – Local Area Networks (LAN) – относят сети компьютеров, сосредоточенных 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. 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 связывает значительные искажения сигналов.

Городские сети (или сети мегаполисов) – Metropolitan Area Networks (MAN) – являются

менее распространенным типом сетей. Появились они сравнительно недавно и изначально предназначались для обслуживания территории крупного города – мегаполиса. В то время, как локальные сети наилучшим образом подходят для разделения ресурсов на коротких расстояниях и широковещательных 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, 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 интегральные передачи 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.

Рассмотрим основные отличия локальных сетей от глобальных более детально.

*Протяженность, качество и способ прокладки линий связи.* Класс локальных вычислительных сетей по определению отличается от класса глобальных сетей небольшим расстоянием между узлами сети. Это в принципе делает возможным использование в локальных сетях качественных линий связи: коаксиального кабеля, витой пары, оптоволоконного кабеля, которые не всегда доступны (из-за экономических ограничений) на больших расстояниях, свойственных глобальным сетям. В глобальных сетях часто применяются уже существующие линии связи (телеграфные или телефонные), а в локальных сетях они прокладываются заново.

*Сложность методов передачи и оборудования.* В условиях низкой надежности физических каналов в глобальных сетях требуются более сложные, чем в локальных сетях, методы передачи данных и соответствующее оборудование. Так, в глобальных сетях широко применяются модуляция, асинхронные методы, сложные методы контрольного суммирования, квитирование и повторные передачи искаженных кадров. С другой стороны, качественные линии связи в локальных сетях позволили упростить процедуры передачи данных за счет применения немодулированных сигналов и отказа от обязательного подтверждения получения пакета.

*Скорость обмена данными.* Одним из главных отличий локальных сетей от глобальных является наличие высокоскоростных каналов обмена данными между компьютерами, скорость которых сравнима со скоростями работы устройств и узлов компьютера – дисков, внутренних шин обмена данными и т. п. За счет этого у пользователя локальной сети, подключенного к удаленному разделяемому ресурсу (например, диску сервера), складывается впечатление, что он пользуется этим диском, как «своим». Для глобальных сетей типичны гораздо более низкие скорости передачи данных и только на магистральных каналах используются высокоскоростные соединения.

*Разнообразие услуг.* Локальные сети предоставляют, как правило, широкий набор услуг – это различные виды услуг файловой службы, печати, службы передачи факсимильных сообщений, услуги баз данных, электронная почта и другие, в то время как глобальные сети в основном предоставляют почтовые услуги и иногда – файловые услуги с ограниченными возможностями: передачу файлов из публичных архивов удаленных серверов без предварительного просмотра их содержания.

*Оперативность выполнения запросов.* Время прохождения пакета через локальную сеть обычно составляет несколько миллисекунд, время же его передачи через глобальную сеть может достигать нескольких секунд. Низкая скорость передачи данных в глобальных сетях затрудняет реализацию служб для режима on-line, который является обычным для локальных сетей.

*Разделение каналов.* В локальных сетях каналы связи используются, как правило, совместно сразу несколькими узлами сети, а в глобальных сетях - индивидуально.

*Использование метода коммутации пакетов.* Важной особенностью локальных сетей является неравномерное распределение нагрузки. Отношение пиковой нагрузки к средней может составлять 100:1 и даже выше. Такой трафик обычно называют пульсирующим. Из-за этой особенности трафика в локальных сетях для связи узлов применяется метод коммутации пакетов, который для пульсирующего трафика оказывается гораздо более эффективным, чем традиционный для глобальных сетей метод коммутации каналов. Эффективность метода коммутации пакетов состоит в том, что сеть в целом передает в единицу времени больше данных своих абонентов. В глобальных сетях метод коммутации пакетов также используется, но наряду с ним часто применяется и метод коммутации каналов, а также некоммутируемые каналы – как унаследованные технологии некомпьютерных сетей.

*Масштабируемость.* «Классические» локальные сети обладают плохой масштабируемостью из-за жесткости базовых топологий, определяющих способ подключения станций и длину линии. При использовании многих базовых топологий характеристики сети резко ухудшаются при достижении определенного предела по количеству узлов или протяженности линий связи. Глобальным же сетям присуща хорошая масштабируемость, так как они изначально разрабатывались в расчете на работу с произвольными топологиями.

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 нередко 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.

Рассмотрим, каким образом описанные выше общие подходы к решению наиболее важных проблем построения сетей воплощены в наиболее популярной сетевой технологии – Ethernet.

Сетевая технология – это согласованный набор стандартных протоколов и реализующих их программно-аппаратных средств (например, сетевых адаптеров, драйверов, кабелей и разъемов), достаточный для построения вычислительной сети. Эпитет «достаточный» подчеркивает то обстоятельство, что этот набор представляет собой минимальный набор средств, с помощью которых можно построить работоспособную сеть. Возможно, эту сеть можно улучшить, например, за счет выделения в ней подсетей, что сразу потребует кроме протоколов стандарта Ethernet применения протокола IP, а также специальных коммуникационных устройств – маршрутизаторов. Улучшенная сеть будет, скорее всего, более надежной и быстродействующей, но за счет надстроек над средствами технологии Ethernet, которая составляет базис сети.

В сетях с небольшим (10 – 30) количеством компьютеров чаще всего используется одна из типовых топологий – общая шина, кольцо, звезда или полносвязная сеть. Все перечисленные топологии обладают свойством однородности, то есть все компьютеры в такой сети имеют одинаковые права в отношении доступа к другим компьютерам (за исключением центрального компьютера при соединении «звезда»). Такая однородность структуры делает простой процедуру наращивания числа компьютеров, облегчает обслуживание и эксплуатацию сети.

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

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

Например, технология Ethernet на тонком коаксиальном кабеле позволяет использовать кабель длиной не более 185 м., к которому можно подключить не более 30 компьютеров. Однако, если компьютеры интенсивно обмениваются информацией между собой, иногда приходится 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 используются специальные методы структуризации сети и специальное структурообразующее оборудование - повторители, концентраторы, мосты, коммутаторы, маршрутизаторы. Оборудование такого рода также называют коммуникационным, имея в виду, что с помощью него отдельные сегменты сети взаимодействуют между собой.

Простейшее из коммуникационных устройств – повторитель (repeater) – используется для физического соединения различных сегментов кабеля локальной сети с целью увеличения общей длины сети. Повторитель передает сигналы, приходящие из одного сегмента сети, в другие ее сегменты; повторитель позволяет преодолеть ограничения на длину линий связи за счет улучшения качества передаваемого сигнала – восстановления его мощности и амплитуды, улучшения фронтов и т. п.

Концентраторы характерны практически для всех базовых технологий локальных сетей – Ethernet, ArcNet, Token Ring, FDDI, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, 100VG-AnyLAN.

Нужно подчеркнуть, что 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 входные сигналы на всех своих портах, кроме того, с которого сигналы поступают. А концентратор Token Ring повторяет входные сигналы, поступающие с некоторого порта, только на одном порту – на том, к которому подключен следующий в кольце компьютер.

Концентратор всегда изменяет физическую топологию сети, но при этом оставляет без изменения ее логическую топологию.

Напомним, что под физической топологией понимается конфигурация связей, образованных отдельными частями кабеля, а под логической – конфигурация информационных потоков между компьютерами сети. Во многих случаях физическая и логическая топологии сети совпадают. Компьютеры сети, имеющей топологию кольцо, получают доступ к кабелям кольца за счет передачи друг другу специального кадра – маркера, причем этот маркер также передается последовательно от компьютера к компьютеру в том же порядке, в котором компьютеры образуют физическое кольцо, то есть компьютер А передает маркер компьютеру В, компьютер В – компьютеру С и т. д.

Существуют сети, демонстрирующие несовпадения физической и логической топологии. Например, физически компьютеры соединены по топологии общая шина. Доступ же к шине происходит не по алгоритму случайного доступа, применяемому в технологии Ethernet, а путем передачи маркера в кольцевом порядке: от компьютера А – компьютеру В, от компьютера В – компьютеру С и т. д. Здесь порядок передачи маркера 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 изменяется.

Другим примером несовпадения физической и логической топологий сети служит сеть, концентратор Ethernet, которой поддерживает в сети физическую топологию «звезда». Однако логическая топология сети остается без изменений – это общая шина. Так как концентратор повторяет данные, пришедшие с любого порта, на всех остальных портах, то они появляются одновременно на всех физических сегментах сети, как и в сети с физической общей шиной. Логика доступа к сети совершенно не меняется: все компоненты алгоритма случайного доступа – определение незанятости среды, захват среды, распознавание и обработка коллизий – остаются в силе.

Физическая структуризация сети с помощью концентраторов полезна не только для увеличения расстояния между узлами сети, но и для повышения ее надежности. Например, если какой-либо компьютер сети Ethernet с физической общей шиной из-за сбоя начинает непрерывно передавать данные по общему кабелю, то вся сеть выходит из строя, и для решения этой проблемы остается только один выход – вручную отсоединить сетевой адаптер этого компьютера от кабеля. В сети Ethernet, построенной с использованием концентратора, эта проблема может быть решена автоматически – концентратор отключает свой порт, если обнаруживает, что присоединенный к нему узел слишком долго монопольно занимает сеть. Концентратор может блокировать некорректно работающий узел и в других случаях, выполняя роль некоторого управляющего узла.

Физическая структуризация сети полезна во многих отношениях, однако в ряде случаев, обычно относящихся к сетям большого и среднего размера, невозможно обойтись без логической структуризации сети. Наиболее важной проблемой, не решаемой путем физической структуризации, остается проблема перераспределения передаваемого трафика между различными физическими сегментами сети.

В большой сети естественным образом возникает неоднородность информационных потоков: сеть состоит из множества подсетей рабочих групп, отделов, филиалов предприятия и других административных образований. Очень часто наиболее интенсивный обмен данными наблюдается между компьютерами, принадлежащими к одной подсети, и только небольшая часть обращений происходит к ресурсам компьютеров, находящихся вне локальных рабочих групп. (До недавнего времени такое соотношение трафиков не подвергалось сомнению, и был даже сформулирован эмпирический закон «80/20», в соответствии с которым в каждой подсети 80 % трафика является внутренним и только 20 % - внешним.) Сейчас характер нагрузки сетей во многом изменился, широко внедряется технология intranet, на многих предприятиях имеются централизованные хранилища корпоративных данных, активно используемые всеми сотрудниками предприятия. Все это не могло не повлиять на распределение информационных потоков. И теперь не редки ситуации, когда интенсивность внешних обращений выше интенсивности обмена между «соседними» машинами. Но независимо от того, в какой пропорции распределяются внешний и внутренний трафик, для повышения эффективности работы сети неоднородность информационных потоков необходимо учитывать.

Сеть с типовой топологией (шина, кольцо, звезда), в которой все физические сегменты рассматриваются в качестве одной разделяемой среды, оказывается неадекватной структуре информационных потоков в большой сети. Например, в сети с общей шиной взаимодействие любой пары компьютеров занимает ее на все время обмена, поэтому при увеличении числа компьютеров в сети шина становится узким местом. Компьютеры одного отдела вынуждены ждать, когда окончит обмен пара компьютеров другого отдела, и это при том, что необходимость в связи между компьютерами двух разных отделов возникает гораздо реже и требует совсем небольшой пропускной способности.

Этот случай иллюстрирует сеть, построенная с использованием концентраторов. Пусть компьютер А, находящийся в одной подсети с компьютером В, посылает ему данные. Несмотря на разветвленную физическую структуру сети, концентраторы распространяют любой кадр по всем ее сегментам. Поэтому кадр, посылаемый компьютером А компьютеру В, хотя и не нужен компьютерам отделов 2 и 3, в

соответствии с логикой работы концентраторов поступает на эти сегменты тоже. И до тех пор, пока компьютер В не получит адресованный ему кадр, ни один из компьютеров этой сети не сможет передавать данные.

Такая ситуация возникает из-за того, что логическая структура данной сети остается однородной – она никак не учитывает увеличение интенсивности трафика внутри отдела и предоставляет всем парам компьютеров равные возможности по обмену информацией.

Решение проблемы состоит в отказе от идеи единой однородной разделяемой среды. Например, в рассмотренном выше примере желательно было бы сделать так, чтобы кадры, которые передают компьютеры отдела 1, выходили бы за пределы этой части сети в том и только в том случае, если эти кадры направлены какому-либо из компьютеров других отделов. С другой стороны, в сеть каждого из отделов должны попадать те и только те кадры, которые адресованы узлам этой сети. При такой организации работы сети ее производительность существенно повысится, так как компьютеры одного отдела не будут простаивать в то время, когда обмениваются данными компьютеры других отделов.

Нетрудно заметить, что в предложенном решении отказались от идеи общей разделяемой среды в пределах всей сети, хотя и оставили ее в пределах каждого отдела. Пропускная способность линий связи между отделами не должна совпадать с пропускной способностью среды внутри отделов. Если трафик между отделами составляет только 20 % трафика внутри отдела (как уже отмечалось, эта величина может быть другой), то и пропускная способность линий связи и коммуникационного оборудования, соединяющего отделы, может быть значительно ниже внутреннего трафика сети отдела.

Распространение трафика, предназначенного для компьютеров некоторого сегмента сети, только в пределах этого сегмента, называется локализацией трафика. Логическая структуризация сети – это процесс разбиения сети на сегменты с локализованным трафиком.

Для логической структуризации сети используются такие коммуникационные устройства, как мосты, коммутаторы, маршрутизаторы и шлюзы.

Мост (bridge) делит разделяемую среду передачи сети на части (часто называемые логическими сегментами), передавая информацию из одного сегмента в другой только в том случае, если такая передача действительно необходима, то есть если адрес компьютера назначения принадлежит другой подсети. Тем самым мост изолирует трафик одной подсети от трафика другой, повышая общую производительность передачи данных в сети. Локализация трафика не только экономит пропускную способность, но и уменьшает возможность несанкционированного доступа к данным, так как кадры не выходят за пределы своего сегмента и их сложнее перехватить злоумышленнику.

Сеть может быть получена из сети с центральным концентратором путем его замены на мост. Сети 1-го и 2-го отделов состоят из отдельных логических сегментов, а сеть отдела 3 – из двух логических сегментов. Каждый логический сегмент построен на базе концентратора и имеет простейшую физическую структуру, образованную отрезками кабеля, связывающими компьютеры с портами концентратора.

Мосты используют для локализации трафика аппаратные адреса компьютеров. Это затрудняет распознавание принадлежности того или иного компьютера к определенному логическому сегменту – сам адрес не содержит никакой информации по этому поводу. Поэтому мост достаточно упрощенно представляет деление сети на сегменты – он запоминает, через какой порт на него поступил кадр данных от каждого компьютера сети, и в дальнейшем передает кадры, предназначенные для этого компьютера, на этот порт. Точной топологии связей между логическими сегментами мост не знает. Из-за этого применение мостов приводит к значительным ограничениям на конфигурацию связей сети – сегменты должны быть соединены таким образом, чтобы в сети не образовывались замкнутые контуры.

Коммутатор (switch, switching hub) по принципу обработки кадров ничем не отличается от моста. Основное его отличие от моста состоит в том, что он является своего рода коммуникационным мультипроцессором, так как каждый его порт оснащен специализированным процессором, который обрабатывает кадры по алгоритму моста независимо от процессоров других портов. За счет этого общая производительность коммутатора обычно намного выше производительности традиционного моста, имеющего один процессорный блок. Можно сказать, что коммутаторы – это мосты нового поколения, которые обрабатывают кадры в параллельном режиме.

Ограничения, связанные с применением мостов и коммутаторов – по топологии связей, а также ряд других, - привели к тому, что в ряду коммуникационных устройств появился еще один тип оборудования – маршрутизатор (router). Маршрутизаторы более надежно и более эффективно, чем мосты, изолируют трафик отдельных частей сети друг от друга. Маршрутизаторы образуют логические сегменты посредством явной адресации, поскольку используют не плоские аппаратные, а составные числовые адреса. В этих адресах имеется поле номера сети, так что все компьютеры, у которых значение этого поля одинаково, принадлежат к одному сегменту, называемому в данном случае подсетью (subnet).

Кроме локализации трафика, маршрутизаторы выполняют еще много других полезных функций. Так, они могут работать в сети с замкнутыми контурами, осуществляя при этом выбор наиболее рационального маршрута из нескольких возможных.

Другой очень важной функцией маршрутизаторов является их способность связывать в единую сеть подсети, построенные с использованием разных сетевых технологий, например, Ethernet и X.25.

Кроме перечисленных устройств, отдельные части сети может соединять шлюз (gateway). Обычно основной причиной, по которой в сети используют шлюз, является необходимость объединить сети с разными типами системного и прикладного программного обеспечения, а не желание локализовать трафик. Тем не менее шлюз обеспечивает и локализацию трафика в качестве некоторого побочного эффекта.

Крупные сети практически никогда не строятся без логической структуризации. Для отдельных сегментов и подсетей характерны типовые однородные топологии базовых технологий, и для их объединения всегда используется оборудование, обеспечивающее локализацию трафика, - мосты, коммутаторы, маршрутизаторы и шлюзы.