

Базовые технологии локальной сети

1. Топологии сети.

- 1.1. Полносвязная топология.
- 1.2. Ячеистая топология.
- 1.3. Шинная топология.
- 1.4. Звездообразная топология.
- 1.5. Кольцеобразная топология.
- 1.6. Деревообразная топология.
- 1.7. Двойное кольцо
- 1.8. Решетчатая топология.
- 1.9. Смешанная топология.
- 1.10. Комутирующая топология.
- 1.11 Выбор топологии.
- 1.12. Сложные топологии.

2. Логическая структура сети.

3. Базовые технологии локальной сети.

Литература

- [Олифер 00] Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы, СПб: Издательство “Питер”, 2000 - 672 с.
- [Бертсекас 89] Бертсекас Д., Галлагер Р. Сети передачи данных. -М.Мир, 1989.
- [Блэк 90] Блэк Ю. Сети ЭВМ: протоколы, стандарты, интерфейсы. - М.:Мир, 1990.
- [Якубайтис 80] Якубайтис Э.А. Архитектура вычислительных сетей. - М.:Статистика, 1980.

1. Базовые технологии локальных сетей

1.1.Топология сети

Сетевая технология – это согласованный набор стандартных протоколов и реализующих их программно-аппаратных средств (например, сетевых адаптеров, драйверов, кабелей и разъемов), достаточный для построения

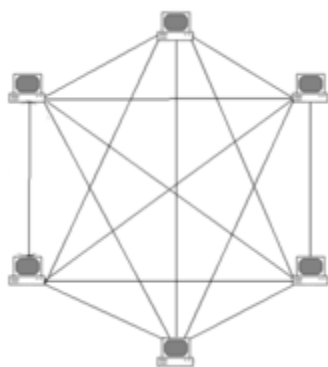
вычислительной сети. Иногда сетевые технологии называют *базовыми технологиями*, имея в виду, что на их основе строится базис любой сети.

При построении сети в первую очередь необходимо выбрать способ организации физических связей, т.е. *топологию*. Под топологией вычислительной сети понимается конфигурация графа, вершинам которого соответствуют компьютеры сети (иногда другое оборудование), а ребрам – физические связи между ними. Компьютеры, подключенные к сети, часто называют *станциями* или *узлами сети*. Конфигурация физических связей определяется электрическими соединениями компьютеров между собой и может отличаться от логических связей. Логические связи образуются путем соответствующей настройки оборудования.

Рассмотрим наиболее часто встречаемые топологии.

1.1. Полносвязная топология соответствует сети, в которой каждый компьютер связан со всеми остальными. Несмотря на логическую простоту, этот вариант оказывается громоздким и неэффективным. Действительно, каждый компьютер сети должен иметь большое количество портов, достаточное для связи с остальными компьютерами. Для каждой пары компьютеров должна быть выделена своя электрическая линия связи. Полносвязные топологии применяются редко, в основном при небольшом количестве узлов в сети.

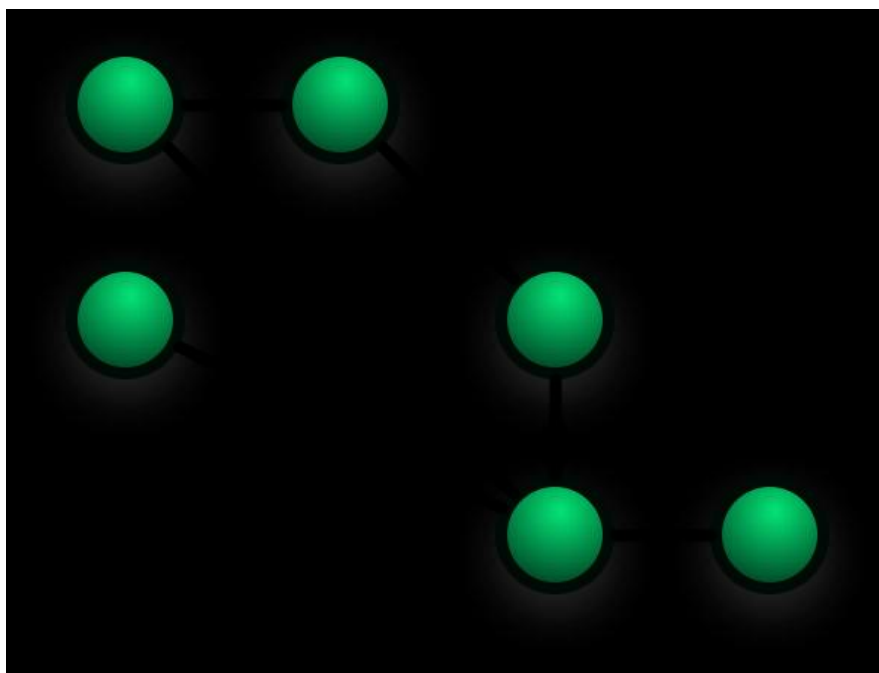
Полносвязная топология — [топология компьютерной сети](#), в которой каждая [рабочая станция](#) подключена ко всем остальным. Этот вариант является громоздким и неэффективным, несмотря на свою логическую простоту. Для каждой пары должна быть выделена независимая линия, каждый компьютер должен иметь 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.



Недостатки Очень много проводки

Все другие варианты основаны на неполносвязных топологиях, когда для обмена данными между двумя компьютерами сети могут понадобиться промежуточные передачи данных через другие компьютеры сети.

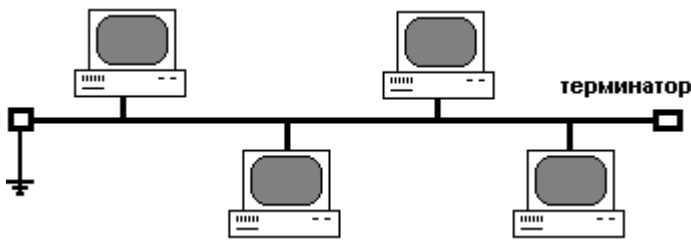
1.2. Ячеистая топология — базовая полносвязная [топология компьютерной сети](#), в которой каждая [рабочая станция сети](#) соединяется со всеми другими рабочими станциями этой же сети. Характеризуется высокой отказоустойчивостью, сложностью настройки и преизбыточным расходом [кабеля](#). Каждый компьютер имеет множество возможных путей соединения с другими компьютерами. Обрыв [кабеля](#) не приведёт к потере соединения между двумя компьютерами.



Ячеистая топология (mesh) получается из полносвязной путем удаления некоторых возможных связей. В сети с ячеистой топологией непосредственно связывают только те компьютеры, которые ведут интенсивный обмен данными. Эта топология используется, как правило, в глобальных сетях.

1.3. Общая шина является очень распространенной, а до недавнего времени самой распространенной, топологией для локальных сетей. В этом случае компьютеры последовательно соединяются разомкнутым коаксиальным кабелем, образуя длинную цепочку. Передаваемая информация может распространяться в обе стороны. Применение общей шины снижает стоимость проводки, унифицирует подключение различных модулей, обеспечивает возможность широковещательного обращения ко всем станциям сети. Таким образом, основным преимуществом такой топологии является дешевизна и простота разводки кабеля по помещениям. Самый серьезный недостаток общей шины заключается в ее низкой надежности: любой дефект кабеля или какого-либо из многочисленных разъемов парализует всю сеть. Общий кабель является узким местом сети не только по надежности. Но и по производительности, так как он разделяется всеми станциями сети.

Топология типа шина, представляет собой общий кабель (называемый шина или магистраль), к которому подсоединены все рабочие станции. На концах кабеля находятся терминаторы, для предотвращения отражения сигнала.



Работа в сети

Отправляемое рабочей станцией сообщение распространяется на все компьютеры сети. Каждая машина проверяет — кому адресовано сообщение и если ей, то обрабатывает его. Для того, чтобы исключить одновременную посылку данных, применяется либо «несущий» сигнал, либо один из компьютеров является главным и «даёт слово» остальным станциям.

Шина самой своей структурой допускает идентичность сетевого оборудования компьютеров, а также равноправие всех абонентов. При таком соединении компьютеры могут передавать только по очереди, потому что линия связи единственная. В противном случае переданная информация будет искажаться в результате наложения (конфликту, коллизии). Таким образом, в шине реализуется режим полудуплексного (half duplex) обмена (в обоих направлениях, но по очереди, а не одновременно).

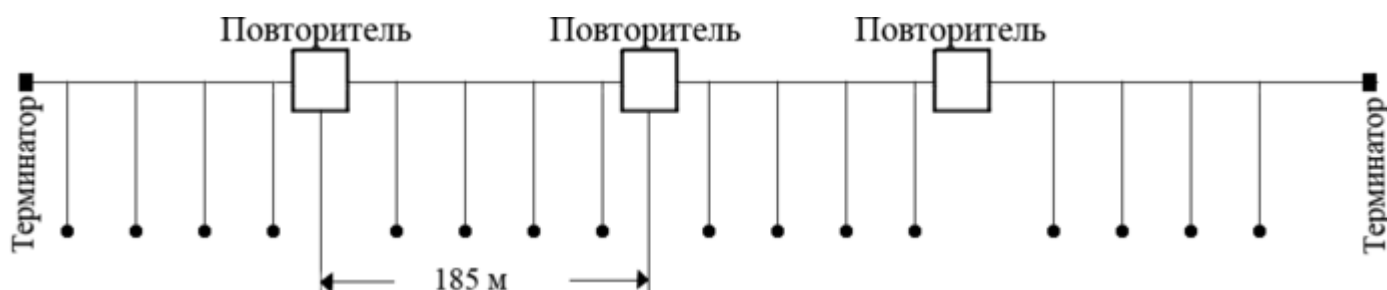
В топологии «шина» отсутствует центральный абонент, через которого передается вся информация, которая увеличивает ее надежность (ведь при отказе любого центра перестает функционировать вся управляемая этим центром система). Добавление новых абонентов в шину достаточно простое и обычно возможно даже во время работы сети. В большинстве случаев при использовании шины нужно минимальное количество соединительного кабеля по сравнению с другой топологией. Правда, нужно учесть, что к каждому компьютеру (кроме двух крайних) подходит два кабеля, что не всегда удобно.

Шине не страшны отказы отдельных компьютеров, потому что все другие компьютеры сети могут нормально продолжать обмен. Может показаться, что шине не страшен и обрыв кабеля, поскольку в этом случае мы одержимо две полностью работоспособных шины. Однако из-за особенности распространения электрических сигналов по длинным линиям связи необходимо предусматривать включение на концах шины специальных устройств — терминаторов (Терминатор (электроника)) — поглотитель

энергии (обычно резистор) на конце длинной линии, сопротивление которого равно волновому сопротивлению линии.).

Без включения терминаторов сигнал отражается от конца линии и искажается так, что связь по сети становится невозможной. Так что при разрыве или повреждении кабеля нарушается согласование линии связи, и прекращается обмен даже между теми компьютерами, которые остались соединенными между собой. Короткое замыкание в любой точке кабеля шины выводит из строя всю сеть. Любой отказ сетевого оборудования в шине очень трудно локализовать, потому что все адаптеры включены параллельно, и понять, который из них вышел из строя, не так-то просто.

При построении больших сетей возникает проблема ограничения на длину связи между узлами, в таком случае сеть разбивают на сегменты. Сегменты соединяются различными устройствами — повторителями, концентраторами или хабами. Например, технология Ethernet позволяет использовать кабель длиной не более 185 метров.



Сравнение с другими топологиями

Достоинства

- Небольшое время установки сети;
- Дешевизна (требуется меньше кабеля и сетевых устройств);
- Простота настройки;
- Выход из строя рабочей станции не отражается на работе сети.

Недостатки

- Любые неполадки в сети, как обрыв кабеля, выход из строя терминатора полностью уничтожают работу всей сети;
- Сложная локализация неисправностей;
- С добавлением новых рабочих станций падает производительность сети.

Шинная топология представляет собой топологию, в которой все устройства локальной сети подключаются к линейной сетевой среде передачи данных.

Такую линейную среду часто называют каналом, шиной или трассой. Каждое устройство, например, рабочая станция или сервер, независимо подключается к общему шинному кабелю с помощью специального разъема. Шинный кабель должен иметь на конце согласующий резистор, или терминатор, который поглощает электрический сигнал, не давая ему отражаться и двигаться в обратном направлении по шине.

Преимущества и недостатки шинной топологии

Типичная шинная топология имеет простую структуру кабельной системы с короткими отрезками кабелей. Поэтому по сравнению с другими топологиями стоимость ее реализации невелика. Однако низкая стоимость реализации компенсируется высокой стоимостью управления. Фактически, самым большим недостатком шинной топологии является то, что диагностика ошибок и изолирование сетевых проблем могут быть довольно сложными, поскольку здесь имеются несколько точек концентрации. Так как среда передачи данных не проходит через узлы, подключенные к сети, потеря работоспособности одного из устройств никак не сказывается на других устройствах. Хотя использование всего лишь одного кабеля может рассматриваться как достоинство шинной топологии, однако оно компенсируется тем фактом, что кабель, используемый в этом типе топологии, может стать критической точкой отказа. Другими словами, если шина обрывается, то ни одно из подключенных к ней устройств не сможет передавать сигналы.

Примеры

Сегмент компьютерной сети, использующей коаксиальный кабель в качестве носителя и подключенных к этому кабелю рабочих станций. В этом случае шиной будет являться отрезок коаксиального кабеля, к которому подключены компьютеры.

1.4. Звезда – это вариант топологии, когда каждый компьютер подключается отдельным кабелем к общему устройству, называемому *концентратором*, который находится в центре воображаемой звезды. В функции концентратора входит обеспечение доступа станциям к среде передачи данных. Для подсоединения компьютера к концентратору используется, как правило, витая пара. Главное преимущество этой топологии перед общей шиной – значительное увеличение надежности. Любые неприятности с кабелем касаются лишь того компьютера, к которому этот кабель подсоединен, и только неисправность концентратора может вывести из строя всю сеть. К недостаткам топологии типа звезда относится более высокая стоимость сетевого оборудования из-за необходимости приобретения концентратора.

Звезда — базовая [топология компьютерной сети](#), в которой все [компьютеры](#) сети присоединены к центральному узлу (обычно [сетевой концентратор](#)), образуя **физический [сегмент сети](#)**. Подобный [сегмент сети](#) может функционировать как отдельно, так и в составе сложной [сетевой топологии](#) (как правило "дерево"). Весь обмен информацией идет исключительно через центральный компьютер, на который таким способом ложится очень большая нагрузка, потому ничем другим, кроме сети, оно заниматься не может. Как правило, именно центральный компьютер является самым мощным, и именно на него возлагаются все функции по управлению обменом. Никакие конфликты в сети с топологией звезда в принципе невозможны, потому что управление полностью централизовано.



Работа в сети

[Рабочая станция](#), с которой нужно послать данные, отправляет их на концентратор, а тот определяет адресата и отдаёт ему информацию. В определённый момент времени только одна машина в сети может пересылать данные, если на концентратор одновременно приходят два пакета, обе посылки оказываются не принятыми и 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

Активная звезда

В центре сети содержится [компьютер](#), который выступает в роли сервера.

Пассивная звезда

В центре сети с данной топологией содержится не [компьютер](#), а концентратор, или [хаб](#) (hub), что выполняет ту же функцию, что и [репитер](#). Он возобновляет сигналы, которые поступают, и пересылает их в другие линии связи.

Сравнение с другими типами сетей

Достоинства

- выход из строя одной рабочей станции не отражается на работе всей сети в целом;
- хорошая [масштабируемость](#) сети;
- лёгкий поиск неисправностей и обрывов в сети;
- высокая производительность сети (при условии правильного проектирования);
- гибкие возможности администрирования.

Недостатки

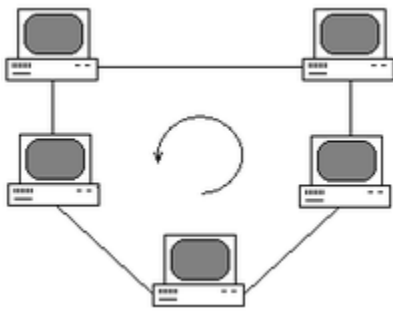
- выход из строя центрального концентратора обернётся неработоспособностью сети (или сегмента сети) в целом;
- для прокладки сети зачастую требуется больше кабеля, чем для большинства других топологий;
- конечное число рабочих станций в сети (или сегменте сети) ограничено количеством портов в центральном концентраторе.

Применение

Одна из наиболее распространённых топологий, поскольку проста в обслуживании. В основном используется в сетях, где носителем выступает кабель [витая пара](#). [UTP](#) категория 3 или 5.

Кольцевая технология предусматривает передачу сигналов по кольцу от одной станции к другой, как правило, в одном направлении. Если станция не распознает пакет как “свой”, то она передает его следующей в кольце станции. В сети с этой топологией необходимо принимать специальные меры, чтобы в случае выхода из строя или отключения какой-либо станции не прервался канал связи между остальными станциями. Топология типа кольцо применяется, в основном, в локальных сетях.

1.5. Кольцо — это [топология](#), в которой каждый компьютер соединен линиями связи только с двумя другими: от одного он только получает информацию, а другому только передает. На каждой линии связи, как и в случае [звезды](#), работает только один передатчик и один приемник. Это позволяет отказаться от применения внешних [терминаторов](#).



Работа в сети

Важная особенность кольца заключается в том, что каждый компьютер ретранслирует (возобновляет) сигнал, то есть выступает в роли репитера, потому что затухание сигнала во всем кольце не имеет никакого значения, важно только затухание между соседними компьютерами кольца. Четко выделенного центра в этом случае нет, все компьютеры могут быть одинаковыми. Однако достаточно часто в кольце выделяется специальный абонент, который управляет обменом или контролирует обмен. Понятно, что наличие такого управляющего абонента снижает надежность сети, потому что выход его из строя сразу же парализует весь обмен. Компьютеры в кольце не являются полностью равноправными (в отличие, например, от [шинной топологии](#)). Одни из них обязательно получают информацию от компьютера, который ведет передачу в этот момент, раньше, а другие – позже. Именно на этой особенности топологии и строятся методы управления обменом по сети, специально рассчитанные на «кольцо». В этих методах право на следующую передачу (или, как еще говорят, на захвата сети) переходит последовательно к следующему по кругу компьютеру. Подключение новых абонентов в «кольцо» обычно совсем безболезненно, хотя и требует обязательной остановки работы всей сети на время подключения. Как и в случае топологии [«шина»](#), максимальное количество абонентов в кольце может быть достаточно большая (до тысячи и больше). Кольцевая топология обычно является самой стойкой к перегрузкам, она обеспечивает уверенную работу с самими большими потоками переданной по сети информации, потому что в ней, как правило, нет конфликтов (в отличие от шины), а также отсутствует центральный абонент (в отличие от [звезды](#)).

В кольце, в отличие от других топологий ([звезда](#), [шина](#)), не используется конкурентный метод посылки данных, [компьютер](#) в сети получает данные от стоящего предыдущим в списке адресатов и перенаправляет их далее, если они адресованы не ему. Список адресатов генерируется компьютером, являющимся генератором маркера. Сетевой модуль генерирует маркерный сигнал (обычно порядка 2-10 байт во избежание затухания) и передает его следующей системе

(иногда по возрастанию MAC-адреса). Следующая система, приняв сигнал, не анализирует его, а просто передает дальше. Это так называемый нулевой цикл.

Последующий алгоритм работы таков — пакет данных GRE, передаваемый отправителем адресату начинает следовать по пути, проложенному маркером. Пакет передаётся до тех пор, пока не доберётся до получателя.

Сравнение с другими топологиями

Достоинства

- Простота установки;
- Практически полное отсутствие дополнительного оборудования;
- Возможность устойчивой работы без существенного падения скорости передачи данных при интенсивной загрузке сети, поскольку использование маркера исключает возможность возникновения коллизий.

Недостатки

- Выход из строя одной рабочей станции, и другие неполадки (обрыв кабеля), отражаются на работоспособности всей сети;
- Сложность конфигурирования и настройки;
- Сложность поиска неисправностей.

Применение

Наиболее широкое применение получила в [оптоволоконных](#) сетях. Используется в стандартах [FDDI](#), [Token ring](#).

1.7. Двойное кольцо - это [сеть](#) построенная на двух [оптоволоконных](#) кольцах, соединяющих [компьютеры](#) с двумя [сетевыми картами](#) кольцевой [топологией](#). Для повышения отказоустойчивости, сеть строится на оптоволоконных кольцах образующих основной и резервный путь для передачи данных. Первое кольцо используется для передачи данных, а второе не используется. При выходе из строя 1-го кольца оно объединяется со 2-м и сеть продолжает функционировать. Данные при этом по первому кольцу передаются в одном направлении, а по второму в обратном. Используется маркерный метод доступа. Примером может быть сеть двойного кольца [FDDI](#).

1.8. Решётка — понятие из теории организации [компьютерных сетей](#). Это [топология](#), в которой узлы образуют регулярную многомерную решетку. При этом каждое ребро решетки параллельно ее оси и соединяет два смежных узла вдоль этой оси.

Одномерная «решётка» — это цепь, соединяющая два внешних узла (имеющие лишь одного соседа) через некоторое количество внутренних (у которых по два соседа — слева и справа). При соединении обоих внешних узлов получается топология «[кольцо](#)». Двух- и трехмерные решетки используются в архитектуре [суперкомпьютеров](#).

Сети, основанные на [FDDI](#) используют топологию «[двойное кольцо](#)», достигая тем самым высокую надежность и производительность. Многомерная решётка, соединенная циклически в более чем одном измерении, называется «[тор](#)».

Сравнение с другими топологиями

Достоинства

- высокая надежность

Недостатки

- сложность реализации

1.9. Смешанная топология используется для крупных сетей, для которых характерно наличие произвольных связей между компьютерами. В таких сетях можно выделить отдельные произвольно связанные фрагменты (подсети), имеющие типовую топологию — звезда, кольцо или общая шина.

1.10. Коммутируемая топология

Коммутатор (switch) является многопортовым устройством канального уровня (второй уровень справочной модели OSI). Коммутатор «изучает» MAC-адреса и накапливает данные о них во внутренней таблице. Между автором кадра и предполагаемым получателем коммутатор создает временное соединение, по которому и передается кадр.

В стандартной локальной сети, реализующей коммутируемую топологию, все соединения устанавливаются через коммутирующий концентратор (switching hub), что и проиллюстрировано на рисунке 5.5. Каждому порту, а следовательно, и подключенному к порту устройству, выделена собственная полоса пропускания. Первоначально принцип действия коммутаторов основывался на передаче кадров в соответствии с MAC-адресами, однако технологический прогресс внес свои коррективы. Современные устройства в состоянии коммутировать ячейки (пакеты кадров, имеющие фиксированную длину и соответствующие второму уровню структуры передачи данных). Кроме того, коммутаторы поддерживают протоколы третьего уровня, а также распознают IP-адреса и физические порты коммутатора-концентратора.

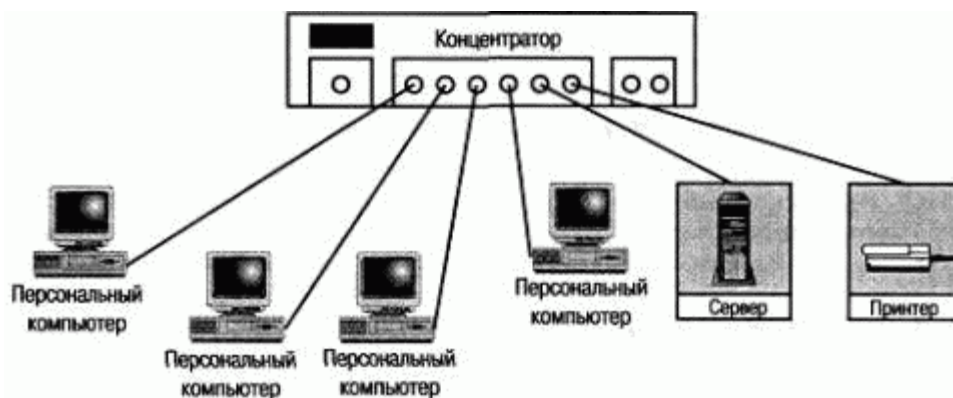


РИСУНОК 5.4. Звездообразная топология.

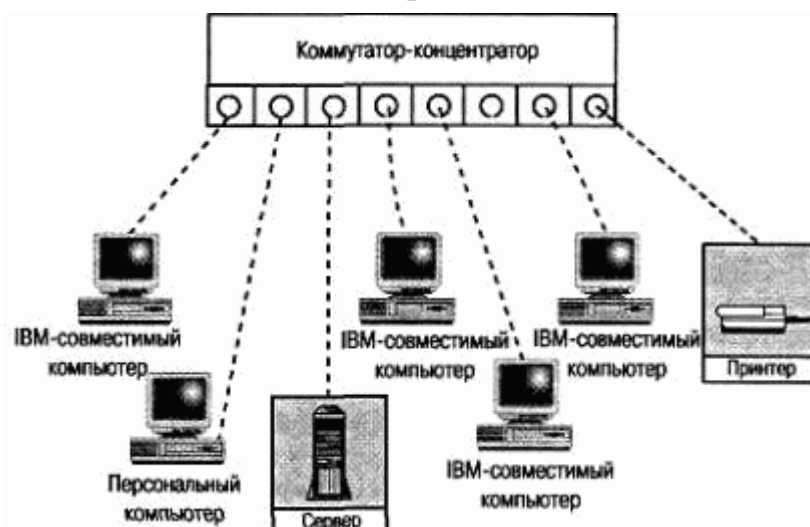


РИСУНОК 5.5. Коммутируемая топология.

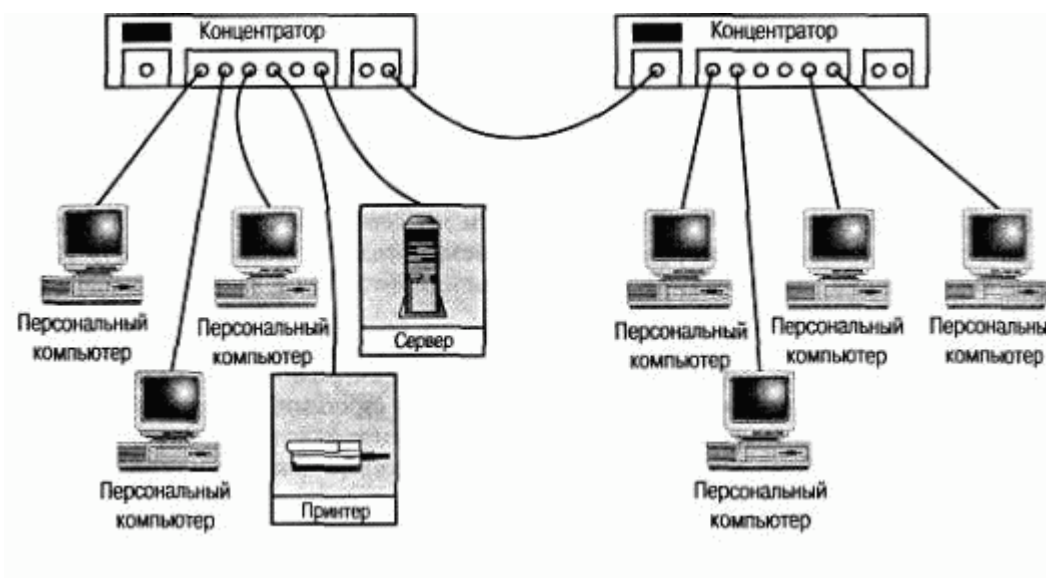


РИСУНОК 5.6. Объединенные в последовательную цепочку концентраторы.

Коммутаторы повышают производительность локальной сети двумя способами. Первый способ заключается в расширении полосы пропускания, доступной сетевым устройствам. Например, коммутатор-концентратор Ethernet

с восемью портами обладает таким же количеством отдельных доменов по 10 Мбит/с каждый, обеспечивая суммарную пропускную способность 80 Мбит/с.

Второй способ повышения производительности локальной сети сводится к уменьшению количества устройств, которые вынуждены использовать все сегменты полосы пропускания. В каждом выделенном коммутатором домене находятся только два устройства: собственно сетевое устройство и порт коммутатора-концентратора, к которому оно подключено. Вся полоса пропускания 10 Мбит/с принадлежит двум устройствам сегмента. В сетях, которые не поддерживают конкурирующие методы доступа к среде передачи, например, в Token Ring или FDDI, область циркуляции маркера будет ограничена меньшим количеством сетевых устройств.

Открытым вопросом остается изоляция трафика в больших сетях. Приемлемая производительность поддерживается исключительно сегментацией конфликтных, но не передающих доменов. Чрезмерно насыщенный трафик в значительной степени снижает производительность локальной сети.

1.11. Выбор подходящей топологии

Четыре рассмотренные топологии можно считать элементарными блоками для построения локальных сетей. Их можно комбинировать всевозможными способами и расширять. При выборе топологии следует учитывать в первую очередь требования к производительности сети конкретных приложений-клиентов. Вполне вероятно, что идеальным вариантом окажется комбинация основных топологий.

1.12. Сложные топологии

Сложные топологии являются расширениями и/или комбинациями основных физических топологий. Сами по себе основные топологии целесообразно использовать только в небольших локальных сетях. Возможность расширения сетей основных топологий чрезвычайно ограничена. Гораздо выгоднее оказывается создать сложную топологию, объединив для этого в одну локальную сеть сегменты различных топологий.

1). Последовательная цепочка

Простейшая из сложных топологий последовательно соединяет все концентраторы сети (см. рис. 5.6). Подобная схема получила название *последовательной цепочки (daisy chaining)*. Соединения между концентраторами устанавливаются с помощью их же портов. В результате построение объединяющей магистрали такого типа не связано с дополнительными расходами.

Создание связи между концентраторами небольших локальных сетей представляет собой довольно привлекательный способ объединения небольших локальных сетей. Последовательную цепочку несложно построить, для ее администрирования не нужны специальные навыки. Исторически сложилось так, что именно эта топология чаще всего использовалась для объединения локальных сетей первого поколения.

Естественно, что последовательная цепочка в состоянии объединить ограниченное количество сегментов. Спецификации локальных сетей, в частности, 802.3 Ethernet, пытаются определить максимальный размер сети исходя из количества концентраторов и/или повторителей, которые могут быть объединены в последовательную цепочку. Предложенные спецификациями физического уровня ограничения на расстояние между устройствами, умноженные на количество устройств, и определяют максимальный размер локальной сети. Эта величина называется *максимальным диаметром сети* (*maximum network diameter*). Превышение диаметра отрицательно влияет на работоспособность локальной сети. Количество концентраторов, которые могут быть соединены в последовательную цепочку, чаще всего определяется именно максимальным диаметром сети. Особенно это касается современных высокопроизводительных локальных сетей, например Fast Ethernet, которые накладывают жесткие ограничения на диаметр сети и количество соединенных концентраторов.

В сетях с топологией последовательной цепочки, которые поддерживают конкурирующий метод доступа к среде передачи, проблемы начинают возникать еще до достижения максимального диаметра. Последовательная цепочка увеличивает число соединений и соответственно устройств локальной сети. При этом суммарная полоса пропускания не расширяется и количество доменов конфликтных сегментов не увеличивается. Рассмотренная топология просто увеличивает количество машин, пользующихся общей полосой пропускания. Машины, конкурирующие за доступ к среде передачи, создают конфликтные ситуации и быстро ставят локальную сеть на колени.

Специалисты рекомендуют использовать эту топологию в локальных сетях с ограниченным количеством концентраторов в небольших глобальных сетях.

2). Иерархии

Иерархические топологии предполагают использование более чем одного уровня концентраторов. Каждый уровень выполняет отдельную сетевую функцию. На нижний ярус концентраторов возлагается задача обработки запросов на соединение между рабочими станциями и серверами. Ярусы более высоких уровней агрегируют низшие ярусы. Иерархическое упорядочение оптимальным образом подходит для локальных сетей среднего и большого

размера при условии, что предполагается их дальнейшее расширение и повышение интенсивности трафика.

А). Иерархические кольца

Реализующие кольцевую топологию сети расширяются путем установления соединения между несколькими кольцами способом, проиллюстрированным на рисунке 5.7. Для соединения рабочих станций и серверов используется столько колец, сколько необходимо для поддержки необходимой производительности. Кольцо второго яруса, будь то Token Ring или FDDT, используется для межсоединения всех колец пользовательского уровня и обеспечения доступа к глобальной сети.

Небольшие локальные сети расширяются путем установления иерархических соединений между несколькими кольцами. На этом рисунке представлено эстафетное кольцо 16 Мбит/с (логически показано как кольцо, хотя на самом деле является архитектурой типа «звезда»), которое используется для объединения пользовательских станций, а также кольца FDDI, которые используются на уровне серверов и магистрали.

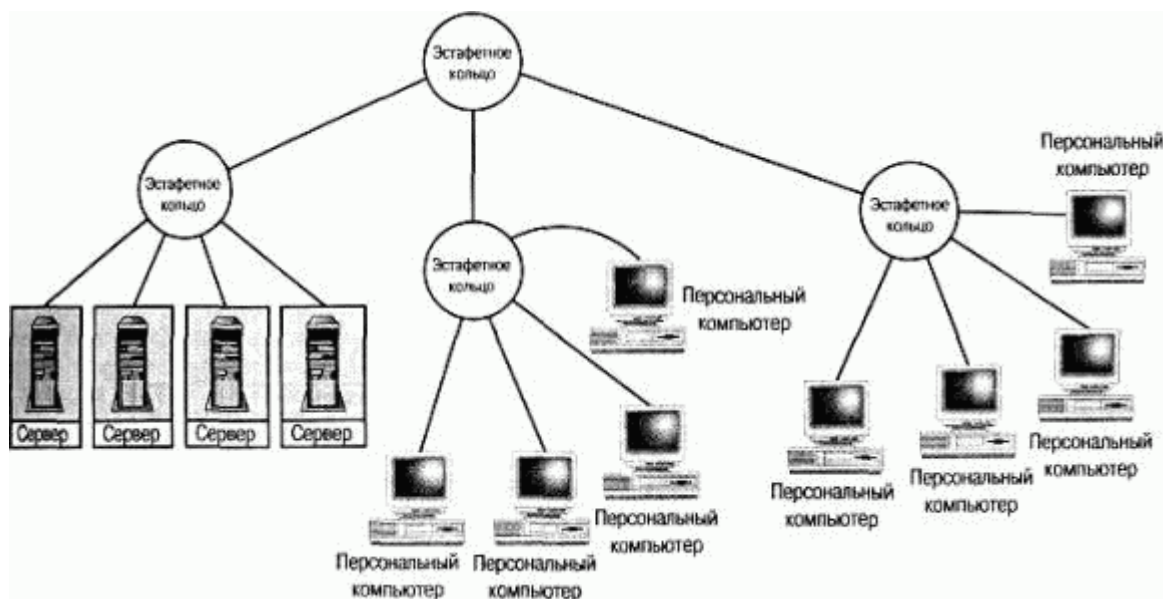


РИСУНОК 5.7. Топология иерархического кольца.

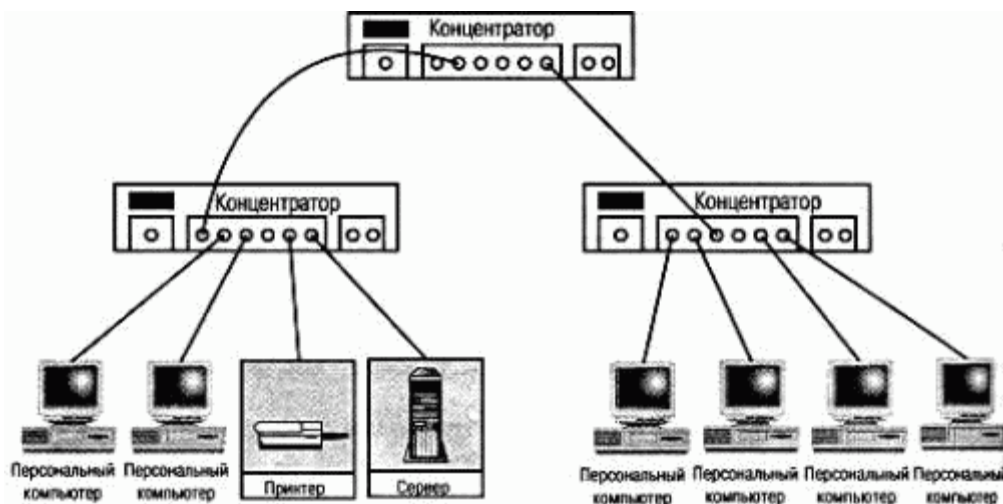


РИСУНОК 5.8. *Топология иерархической звезды.*

Б). Иерархические звезды

Звездные топологии также могут быть созданы путем иерархического объединения нескольких несложных сетей такой же архитектуры (см. рис. 5.8). Иерархические звезды могут состоять из единственного конфликтного домена или с помощью коммутаторов и мостов сегментированы на несколько конфликтных доменов.

Топология иерархической звезды предполагает использование одного яруса концентраторов для обеспечения возможности соединения пользователей и сервера и второго яруса концентраторов, поддерживающих магистраль передачи данных.

В). Иерархические комбинации

Общая производительность сети может быть повышена только в случае соблюдения всех требований, которые накладываются на отдельные компоненты. Современные коммутирующие концентраторы позволяют одновременно использовать преимущества нескольких технологий. Для поддержки новой топологии достаточно вставить в концентратор соответствующую плату. Иерархическая топология представляет собой комбинацию различных топологий (см. рис. 5.9).

В этом примере комбинированной иерархической топологии магистраль, поддерживающая асинхронный режим передачи (Asynchronous Transfer Mode - ATM), используется для соединения пользовательских концентраторов. Серверы объединены в кольцо FDDI, в то время как пользовательские станции используют стандарт Ethernet.

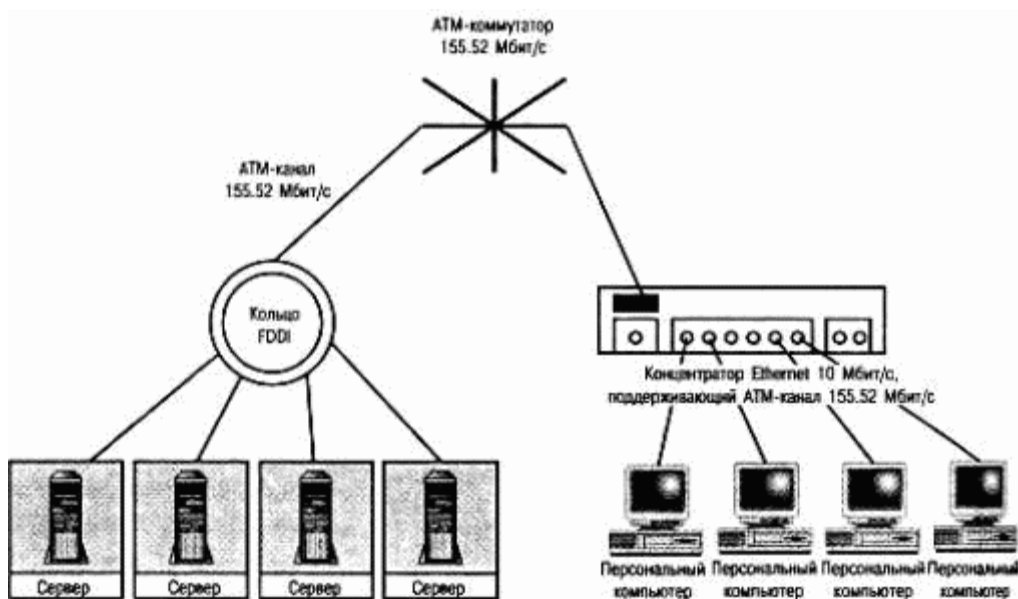


РИСУНОК 5.9. Комбинированная иерархическая топология.

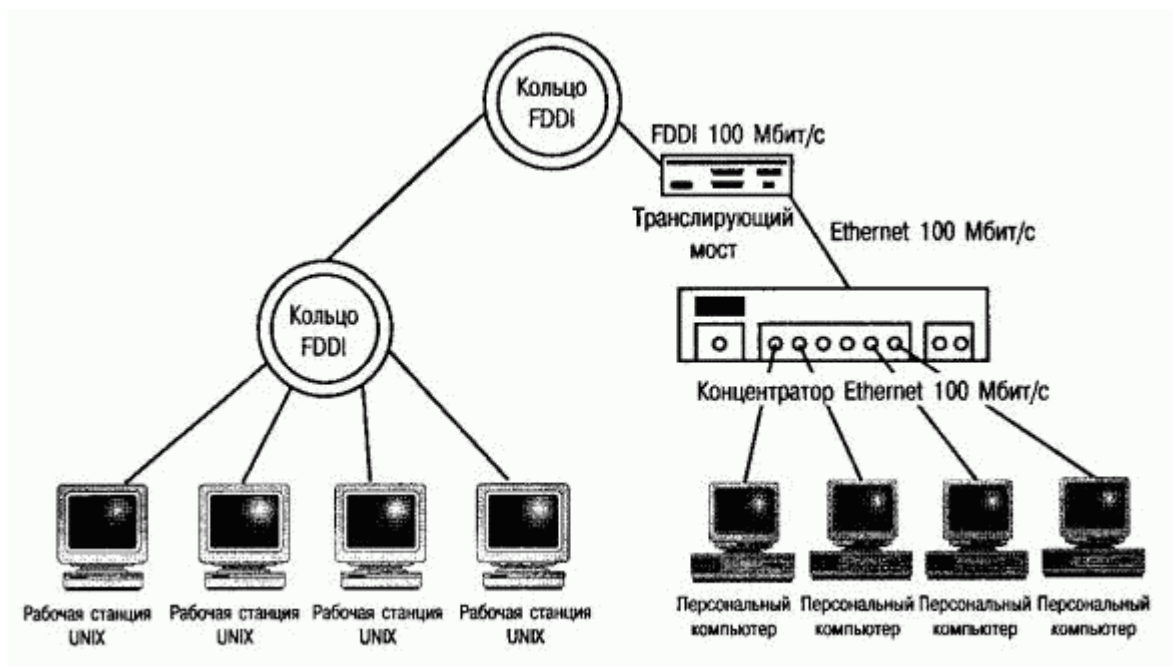


РИСУНОК 5.10. Область рабочих станций локальной сети.

Функциональные области локальных сетей

Изменения топологии могут играть важную роль в процессе настройки каждой функциональной области локальной сети. Локальная сеть состоит из четырех отдельных функциональных областей: области рабочих станций, области серверов, области соединения с глобальной сетью и магистральной. Каждая из областей наилучшим образом справляется с определенным кругом задач.

Область рабочих станций

Основной задачей большинства локальных сетей является обеспечение возможности связи между рабочими станциями. На область связности рабочих станций локальной сети не накладываются строгие требования производительности. Очевидными исключениями являются рабочие станции систем САПР, рабочие станции для проведения видеоконференций и т.п. В общем случае компромисс между стоимостью и производительностью этой части локальной сети вряд ли будет решен в пользу производительности.

Объединение машин, обладающих различной сетевой производительностью, может потребовать использования различных технологий (см. рис. 5.10). К счастью, большинство изготовителей современных концентраторов интегрируют в одном устройстве поддержку различных топологий.

Локальные сети обеспечивают возможность соединения рабочих станций и периферийных устройств. Вследствие различных требований к производительности сетевого оборудования возникает необходимость использовать различные топологии.

Область серверов

Поскольку серверы обслуживают запросы нескольких рабочих станций, а также других серверов, они вынуждены обрабатывать довольно интенсивный трафик. Серверы с большим объемом дисковой памяти (high-volume servers) требуют учитывать возможность интенсивного трафика при выборе топологии локальной сети. В противном случае обработка запросов клиентов и других серверов в значительной степени снизит производительность сети. Естественно, что серверы должны обладать более высокой производительностью по сравнению с рабочими станциями и поддерживать более ошибкоустойчивый метод доступа к среде передачи.

Воздействуя на топологию локальной сети, можно добиться оптимального соответствия производительности самого сервера и его кластеров сформулированным требованиям. На рисунке 5.11, например, реализована комбинированная иерархическая топология. Набор серверов объединен в небольшое кольцо FDDI, в то время как рабочие станции используют стандартную архитектуру Ethernet.

Область соединения с глобальной сетью

Область локальной сети, предназначенная для установления соединения с глобальной, часто упускается из виду. В большинство случаев единственным устройством этой области является канал связи между магистралью и маршрутизатором (см. рис. 5.12).

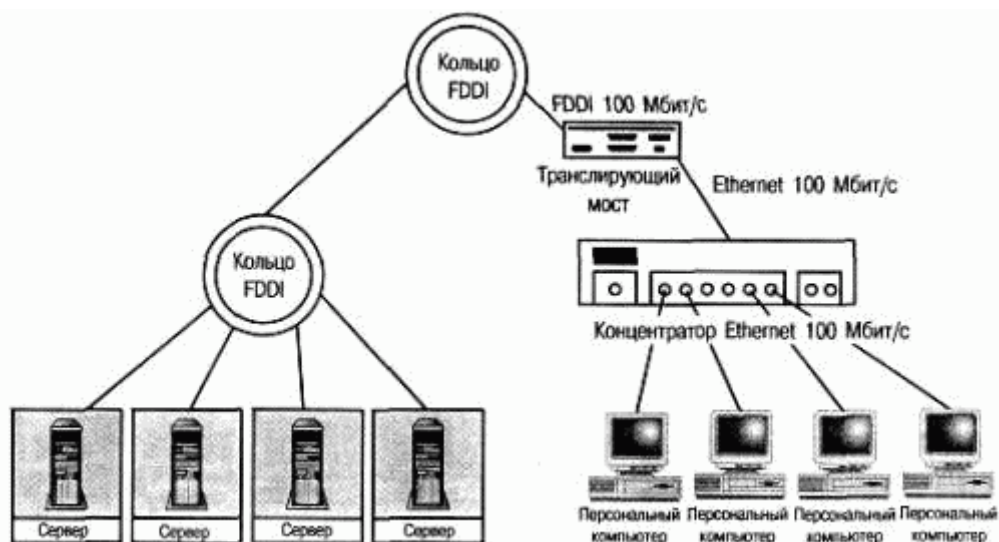


РИСУНОК 5.11. Область серверов локальной сети.

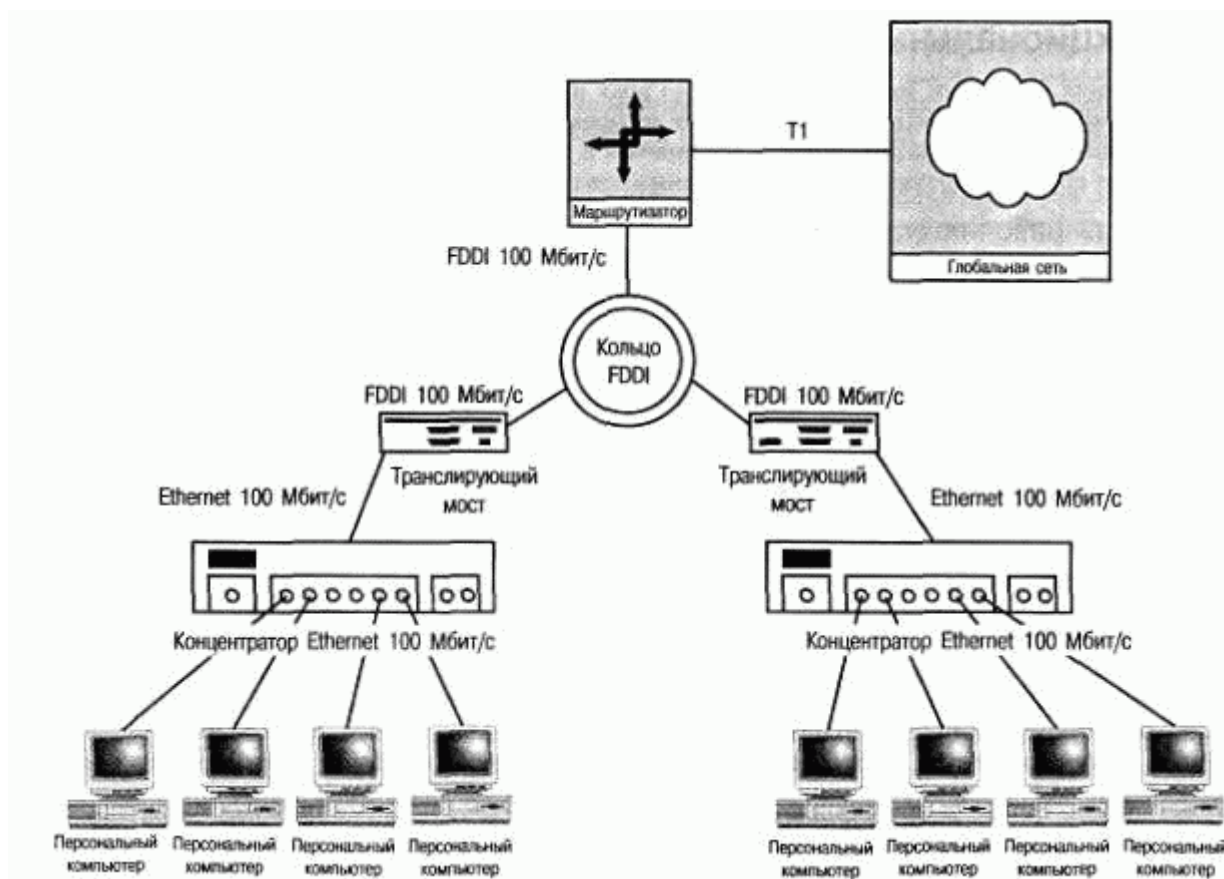


РИСУНОК 5.12. Область соединения с глобальной сетью.

Соединение с маршрутизатором, предоставляющим доступ к глобальной сети, является критическим звеном в общей топологии локальной сети. Некорректное конструктивное решение приведет к снижению эффективности обработки исходящего и входящего трафика. Не рекомендуется использовать технологии локальных сетей, которые используют конкурирующие методы доступа к среде передачи.

Поддерживающие интенсивный трафик между локальной и глобальной областью сети выгодным образом отличаются здоровым методом установления соединения. Выбранная технология должна быть здоровой с точки зрения номинальной скорости передачи данных и метода доступа к среде. Технологии конкурирующего метода доступа к среде использовать нецелесообразно. В этом случае даже если выделить для канала связи отдельный порт коммутатора, область связи с глобальной сетью превратится в самое узкое место системы.

Магистраль

Магистраль (backbone) локальной сети выполняет функции межсоединения всех концентраторов. Область магистрали можно построить в различных топологиях с помощью нескольких сетевых компонентов (см. рис. 5.13).

Магистраль локальной сети выполняет очень важную функцию, объединяя все локальные сетевые ресурсы и, если это возможно, глобальную сеть. Логическое определение магистрали можно дать несколькими способами.

Выбор корректной топологии магистрали локальной сети представляет собой далеко не простую задачу. Некоторые варианты весьма привлекательны с точки зрения стоимости, их проще реализовать и настроить. Другие требуют дополнительных вложений и сложны в реализации. Следует также учитывать возможность расширения различных магистральных топологий. Некоторые топологии даже после расширения требуют дополнительных затрат на обеспечение приемлемого уровня производительности. Все возможные варианты должны быть тщательно проанализированы исходя из конкретных требований.

Последовательная магистраль

Представленная на рисунке 5.14 *последовательная магистраль (serial backbone)* представляет собой не что иное, как набор концентраторов, соединенных в последовательную цепочку. Как уже указывалось в предыдущих разделах, подобную топологию целесообразно использовать только в небольших сетях.

Концентраторы, объединяющие в сеть рабочие станции и серверы, могут быть последовательно соединены друг с другом, образуя таким образом своего рода примитивную магистраль. Как упоминалось выше, подобный способ соединения называется последовательной цепочкой.

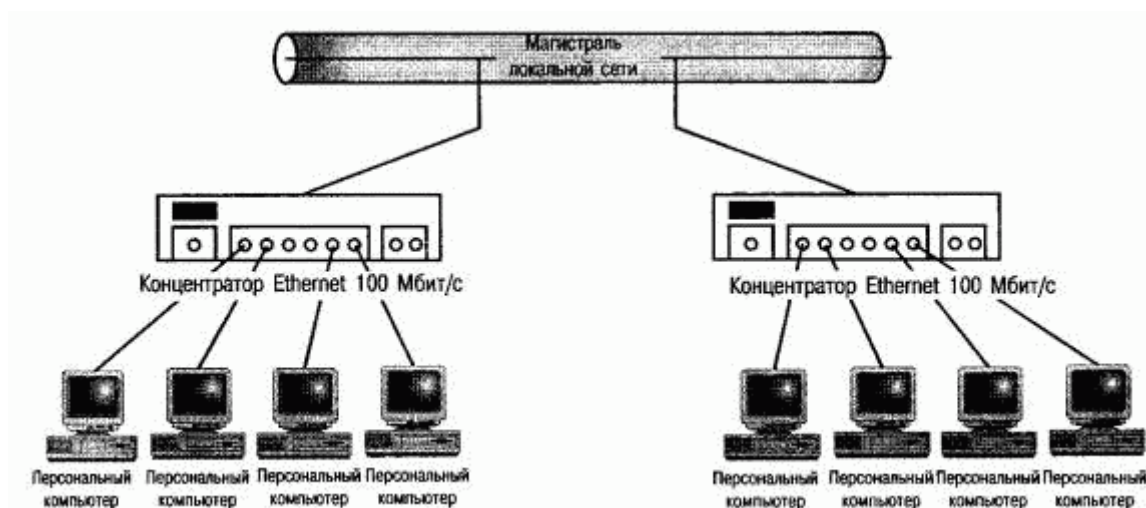


РИСУНОК 5.13. *Магистраль локальной сети.*

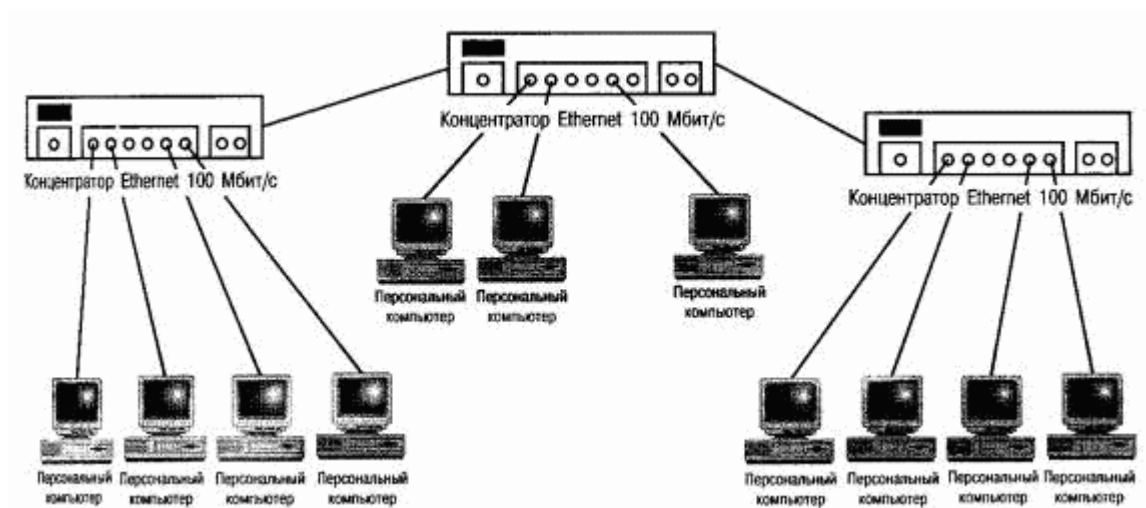


РИСУНОК 5.14. *Последовательная магистраль или последовательная цепочка.*

Распределенная магистраль

Распределенной магистрали (distributed backbone) соответствует иерархическая топология, в которой магистральный концентратор занимает центральное местоположение. В роли магистрального концентратора обычно выступает телефонная станция учреждения с выходом в глобальную сеть. Если учитывать схему проводки в здании, телефонная станция занимает идеальное положение. Центральный концентратор соединен с другими концентраторами здания (см. рис. 5.15).

В отличие от последовательной магистрали такая топология позволяет локальной сети охватывать большие здания, не превышая при этом максимальный диаметр сети.

Распределение магистрали подобным образом требует знания топологии проводки здания и ограничений, диктуемых различными средами передачи. Идеальным вариантом при построении распределенной магистрали в достаточно больших сетях является использование волоконно-оптической проводки.

Локализованная магистраль

Топология *локализованной магистрали (collapsed backbone)* предполагает использование центрального маршрутизатора, соединяющего все сегменты локальной сети. Маршрутизатор эффективно создает конфликтные и передающие домены, увеличивая таким образом производительность каждого сегмента локальной сети.

Маршрутизаторы функционируют на третьем уровне справочной модели OSI и проигрывают в быстродействии концентраторам. В результате существует некоторая вероятность снижения скорости передачи данных между сегментами локальной сети.

Локализованная магистраль является наиболее уязвимым местом (single point of failure) локальной сети (что наглядно иллюстрирует рисунок 5.16). Это не столь существенный недостаток - использование многих других топологий также связано с возможностью выхода из строя всей локальной сети после отказа единственного элемента. Тем не менее это обстоятельство обязательно следует учитывать при выборе топологии сети.

Сегменты локальной сети вполне могут быть объединены маршрутизатором, который выступает в качестве локализованной магистрали. Такая топология поддерживает централизованное управление сетью, но одновременно характеризуется задержками в передаче данных и возможностью выхода из строя всей сети после отказа единственного элемента.

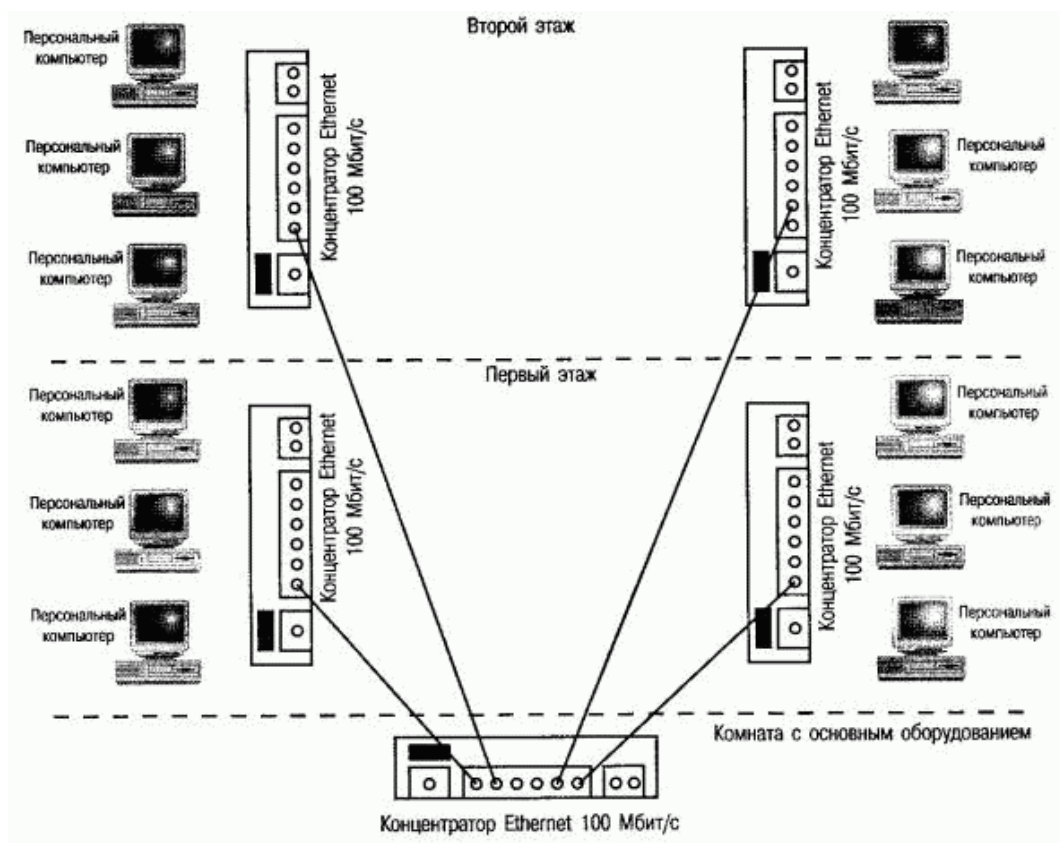


РИСУНОК 5.15. *Распределенная магистраль.*

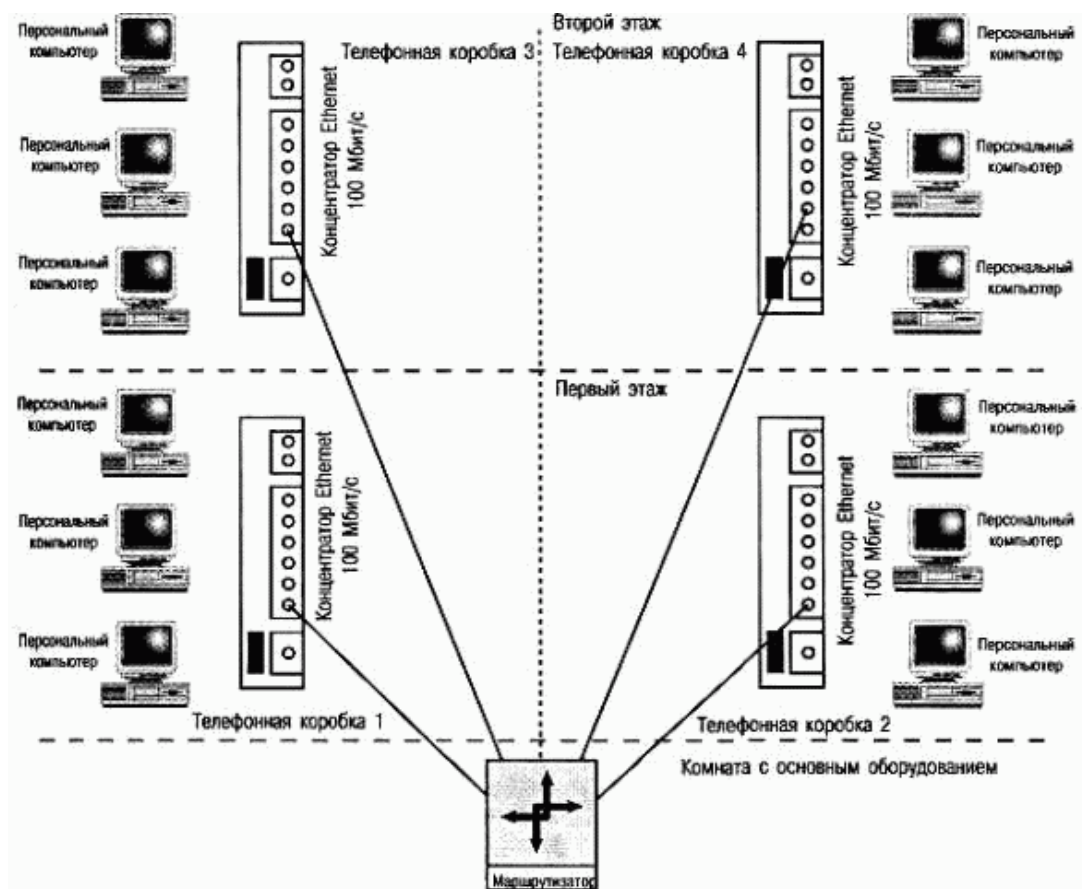


РИСУНОК 5.16. *Локализованная магистраль.*

Обязательно следует учитывать тот факт, что рабочие станции пользователей очень редко бывают распределены по зданию удобным способом. Скорее всего, возникнет необходимость выделения в сети нескольких сегментов. Вполне вероятно, что некоторые сегменты будут расположены в непосредственной близости. Топологии локализованных магистралей следует планировать с особой тщательностью. Опрометчиво и неудачно спланированные топологии окажут отрицательное влияние на производительность сети.

Параллельная магистраль

В некоторых случаях, когда использовать локализованные магистрали не представляется возможным, приходится идти на некоторый компромисс. Довольно часто этот компромисс приводит к необходимости реализации параллельной магистрали. Существует немало причин для создания магистрали рассматриваемого типа. Рабочие станции пользователей могут быть в значительной степени рассеяны в здании, некоторые рабочие группы и/или приложения могут выдвигать строгие требования к безопасности. Кроме того, может возникнуть необходимость постоянной доступности среды передачи. В любом случае заведение параллельных связей от маршрутизатора локализованной магистрали ко всем телефонным коробкам позволит поддерживать множественные сегменты каждой коробки (см. рис. 5.17).

Топологию параллельной магистрали можно считать модификацией локализованной топологии. В одной телефонной коробке или комнате с оборудованием поддерживается несколько сегментов. В результате несколько увеличиваются затраты на развертывание сети, но одновременно повышается производительность каждого сегмента и его соответствие таким дополнительным критериям, как безопасность.

Выводы по функциональным областям локальных сетей

Глубокое понимание требований к производительности, выдвигаемых покупателями и функциональными областями локальных сетей, является обязательным условием для разработки идеальной топологии, удовлетворяющей всем нуждам пользователя. Потенциальные комбинации ограничены только фантазией разработчика. Технические новинки постоянно расширяют диапазон возможных решений.

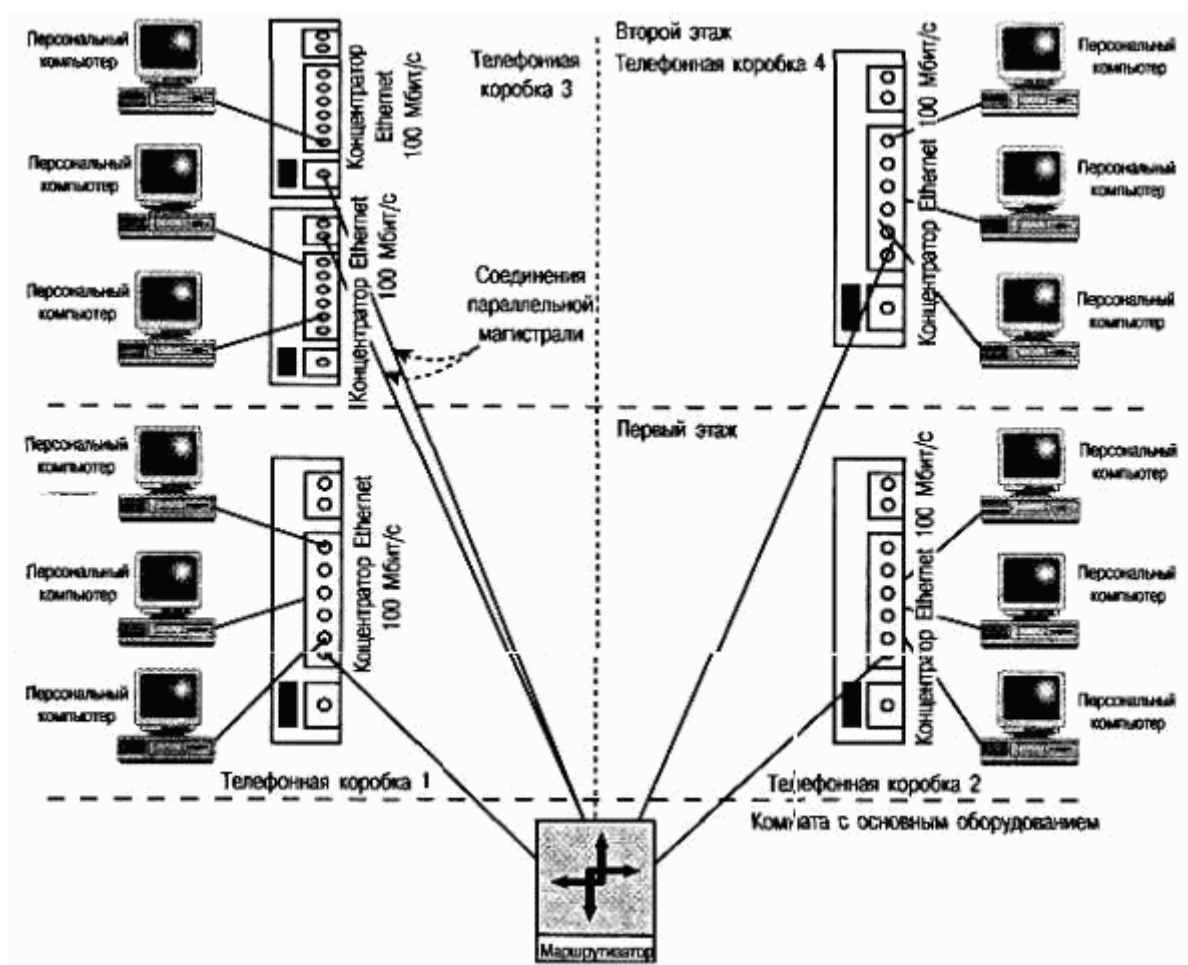


РИСУНОК 5.17. *Топология параллельной магистрали.*

Различные критерии

При выборе топологии локальной сети учитывается множество других критериев, как технических, так и финансовых. Общая топология должна быть определена с точки зрения требований пользователя к производительности. При выборе и/или доработке топологии следует учитывать максимальное количество критериев.

Стоимость

Придумать топологию сети с абсолютно фантастической стоимостью не составит никакого труда. Но даже очень богатые компании выделяют на развертывание сети фиксированную сумму. Реализуемая топология должна иметь оптимальное соотношение стоимость/соответствие требованиям пользователей.

Использование устаревшего оборудования

Множество причин могут помешать воплотить идеальную во всех отношениях топологию. Физическая проводка и расположение рабочих

станций в здании вполне могут оказаться причинами отказа от развертывания планируемой топологии. Замена проводки в значительной степени увеличит стоимость проекта. Аналогично если компания имеет значительные вложения в устаревшие технологии, вряд ли удастся развернуть «идеальную сеть» и топологию. И наконец, недостаточное финансирование также сведет на нет все старания проектировщиков сети.

Все перечисленные причины вносят свою лепту в постепенный отказ от идеальной топологии. Именно поэтому они должны быть тщательно проанализированы и учтены перед приобретением необходимого оборудования.

Виды на будущее

Было бы глупо разрабатывать сеть, не учитывая при этом обстоятельства, которые могут возникнуть в обозримом будущем. Новинки сетевых и компьютерных технологий, изменение трафика и/или расположения сетевых устройств и миллионы других факторов могут в значительной степени изменить представления пользователей о должной производительности сети. Сеть и ее топология должны быть достаточно гибкими для реагирования на будущие изменения.

Резюме

Топология локальной сети является одним из самых критичных факторов, влияющих на производительность. В случае необходимости четыре основные топологии (коммутируемую, звездообразную, кольцевую и шинную) можно комбинировать произвольным образом. Возможные комбинации не ограничены рассмотренными в этой главе. Большинство современных технологий локальных сетей не только приветствуют, но даже обязывают использовать творческий подход. Очень важно разбираться в преимуществах и недостатках топологий, влияющих на производительность сети. Кроме того, следует учитывать и такие казалось бы необъективные факторы, как расположение рабочих станций в здании, пригодность кабеля, а также даже тип и способ проводки.

В конечном счете основным критерием выбора удачной топологии являются требования пользователей к производительности. Такие факторы, как стоимость, предполагаемая модернизация и ограничения существующих технологий, играют второстепенную роль. Сложнее всего будет перевести устные пожелания пользователей в мегабиты в секунду (Мбит/с) и другие характеристики производительности сети.

2. Логическая структуризация сети

Рассмотренная физическая структуризация сети полезна во многих отношениях, но 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 сети, остается проблема перераспределения передаваемого трафика между различными физическими сегментами сети.

Сеть с типовой топологией (общая шина, кольцо, звезда и т.п.), 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. Решение проблемы состоит в отказе от идеи однородной разделяемой среды.

Для физической структуризации сети используются *повторители* и *концентраторы*.

Повторитель (repeater) - простейшее из коммуникационных устройств, 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.

Концентратор (concentrator) или *хаб (hub - основа, центр деятельности)* - повторитель, который имеет несколько портов и соединяет несколько физических сегментов (см. топология “звезда”).

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

Мост (brige) - 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 подсети, повышая общую производительность передачи данных в сети.

Коммутатор (switch) - по принципу обработки кадров ничем не отличается от моста. Основное же отличие состоит в том, что каждый его порт оснащен специализированным процессором, который обрабатывает кадры по алгоритму моста независимо от процессоров других портов. За счет этого общая производительность коммутаторов обычно много выше производительности традиционных мостов. Можно сказать, что коммутаторы - это мосты нового поколения.

Ограничения, связанные с применением мостов и коммутаторов - по топологии связей (так при применении мостов необходимо, чтобы связи между

сегментами не образовывали замкнутых контуров), привели к тому, что в ряду коммуникационных устройств появились маршрутизаторы.

Маршрутизатор (router) - образует логические сегменты посредством явной адресации, т.е. в составных числовых адресах имеется поле номера сети, так что все компьютеры, у которых значение этого поля одинаково принадлежат к одному сегменту, называемому *подсетью*. Кроме того, маршрутизаторы могут работать в сети с замкнутыми контурами, обеспечивать выбор оптимального маршрута для передачи пакетов данных.

Кроме перечисленных устройств, отдельные части сети может соединять шлюз.

Шлюз (gateway) - используется в тех случаях, когда необходимо объединить сети с разными типами системного и прикладного программного обеспечения., но в качестве побочного эффекта шлюз обеспечивает и локализацию трафика.

3. Базовые технологии локальной сети

Примерами базовых технологий могут служить, наряду с *Ethernet*, такие известные технологии локальных сетей как *Token Ring* и *FDDI*.

Token ring — «маркерное кольцо», архитектура кольцевой сети с маркерным (эстафетным) доступом в сеть.

Значения

1. Тип [сети](#), в которой все [компьютеры](#) схематически объединены в [кольцо](#). По кольцу от компьютера к компьютеру (станции сети) передается специальный блок данных, называемый **маркером** ([англ. token](#)). Когда какой-либо станции требуется передача данных, маркер ею модифицируется и больше не распознается другими станциями, как спецблок, пока не дойдёт до адресата. Адресат принимает данные и запускает новый маркер по кольцу. На случай потери маркера или хождения данных, адресат которых не находится, в сети присутствует машина со специальными полномочиями, умеющая удалять безадресные данные и запускать новый маркер.
2. Когда оба слова написаны с больших букв (*Token Ring*), имеется в виду технология, разработанная компанией [IBM](#) или сеть стандарта [IEEE](#) 802.5

Передача маркера

Token Ring и IEEE 802.5 являются главными примерами сетей с передачей маркера. Сети с передачей маркера перемещают вдоль сети небольшой блок данных, называемый маркером. Владение этим маркером гарантирует право передачи. Если узел, принимающий маркер, не имеет информации для отправки, он просто переправляет маркер к следующей конечной станции.

Каждая станция может удерживать маркер в течение определенного максимального времени (по умолчанию - 10 мс).

Данная технология предлагает вариант решения проблемы коллизий, которая возникает при работе локальной сети. В технологии Ethernet, такие коллизии возникают при одновременной передаче информации несколькими рабочими станциями, находящимися в пределах одного сегмента, то есть использующих общий физический канал данных.

Если у станции, владеющей маркером, имеется информации для передачи, она захватывает маркер, изменяет у него один бит (в результате чего маркер превращается в последовательность «начало блока данных»), дополняет информацией, которую он хочет передать и отправляет эту информацию к следующей станции кольцевой сети. Когда информационный блок циркулирует по кольцу, маркер в сети отсутствует (если только кольцо не обеспечивает «раннего освобождения маркера» — early token release), поэтому другие станции, желающие передать информацию, вынуждены ожидать. Следовательно, в сетях Token Ring не может быть коллизий. Если обеспечивается раннее высвобождение маркера, то новый маркер может быть выпущен после завершения передачи блока данных.

Информационный блок циркулирует по кольцу, пока не достигнет предполагаемой станции назначения, которая копирует информацию для дальнейшей обработки. Информационный блок продолжает циркулировать по кольцу; он окончательно удаляется после достижения станции, отославшей этот блок. Станция отправки может проверить вернувшийся блок, чтобы убедиться, что он был просмотрен и затем скопирован станцией назначения.

Сфера применения

В отличие от сетей CSMA/CD (например, Ethernet) сети с передачей маркера являются детерминистическими сетями. Это означает, что можно вычислить максимальное время, которое пройдет, прежде чем любая конечная станция сможет передавать. Эта характеристика, а также некоторые характеристики надежности, делают сеть Token Ring идеальной для применений, где задержка должна быть предсказуема и важна устойчивость функционирования сети. Примерами таких применений является среда автоматизированных станций на заводах. Применяется как более дешевая технология, получила распространение везде, где есть ответственные приложения для которых важна не столько скорость, сколько надежная доставка информации. В настоящее время по надежности Ethernet не уступает Token Ring и существенно выше по производительности.

FDDI (англ. *Fiber Distributed Data Interface* — распределённый волоконный интерфейс данных) — стандарт передачи данных в локальной сети, протянутой

на расстоянии до 200 [километров](#). Стандарт основан на [протоколе Token Ring](#). Кроме большой территории, сеть FDDI способна поддерживать несколько тысяч пользователей.

В качестве среды передачи данных в FDDI рекомендуется использовать [оптоволоконный кабель](#), однако можно использовать и медный кабель, в таком случае используется сокращение CDDI (Copper Distributed Data Interface). В качестве [топологии](#) используется схема [двойного кольца](#), при этом данные в кольцах циркулируют в разных направлениях. Одно кольцо считается основным, по нему передаётся информация в обычном состоянии; второе — вспомогательным, по нему данные передаются в случае обрыва на первом кольце. Для контроля за состоянием кольца используется [сетевой маркер](#), как и в технологии Token Ring.

Поскольку такое дублирование повышает надёжность системы, данный стандарт с успехом применяется в магистральных каналах связи.

О протоколе

Работы по созданию технологий и устройств для использования волоконно-оптических каналов в локальных сетях начались в 80-е годы, вскоре после начала промышленной эксплуатации подобных каналов в территориальных сетях. Проблемная группа X3T9.5 института ANSI разработала в период с 1986 по 1988 гг. начальные версии стандарта FDDI, который обеспечивает передачу кадров со скоростью 100 Мбит/с по двойному волоконно-оптическому кольцу длиной до 100 км. Стандарт был разработан Национальным Американским Институтом Стандартов (ANSI) и получил номер ANSI X3T9.5.

Основные характеристики технологии. Технология FDDI во многом основывается на технологии Token Ring, развивая и совершенствуя её основные идеи.

Разработчики технологии FDDI ставили перед собой в качестве наиболее приоритетных следующие цели: 1. повысить битовую скорость передачи данных до 100 Мбит/с; 2. повысить отказоустойчивость сети за счет стандартных процедур восстановления её после отказов различного рода - повреждения кабеля, некорректной работы узла, концентратора, возникновения высокого уровня помех на линии и т. п.; 3. максимально эффективно использовать потенциальную пропускную способность сети как для асинхронного, так и для синхронного (чувствительного к задержкам) трафика.

Сеть FDDI строится на основе двух оптоволоконных колец, которые образуют основной и резервный пути передачи данных между узлами сети. Наличие двух колец - это основной способ повышения отказоустойчивости в сети FDDI, и узлы, которые хотят воспользоваться этим повышенным потенциалом

надежности, должны быть подключены к обоим кольцам. В нормальном режиме работы сети данные проходят через все узлы и все участки кабеля только первичного (Primary) кольца, этот режим назван режимом Thru - «сквозным» или «транзитным». Вторичное кольцо (Secondary) в этом режиме не используется. В случае какого-либо вида отказа, когда часть первичного кольца не может передавать данные (например, обрыв кабеля или отказ узла), первичное кольцо объединяется со вторичным, вновь образуя единое кольцо. Этот режим работы сети называется Wrap, то есть «свертывание» или «сворачивание» колец. Операция свертывания производится средствами концентраторов и/или сетевых адаптеров FDDI. Для упрощения этой процедуры данные по первичному кольцу всегда передаются в одном направлении (на диаграммах это направление изображается против часовой стрелки), а по вторичному - в обратном (изображается по часовой стрелке). Поэтому при образовании общего кольца из двух колец передатчики станций по-прежнему остаются подключенными к приемникам соседних станций, что позволяет правильно передавать и принимать информацию соседними станциями.

В стандартах FDDI много внимания отводится различным процедурам, которые позволяют определить наличие отказа в сети, а затем произвести необходимую реконфигурацию. Сеть FDDI может полностью восстанавливать свою работоспособность в случае единичных отказов её элементов. При множественных отказах сеть распадается на несколько не связанных сетей. Технология FDDI дополняет механизмы обнаружения отказов технологии Token Ring механизмами реконфигурации пути передачи данных в сети, основанными на наличии резервных связей, обеспечиваемых вторым кольцом. Кольца в сетях FDDI рассматриваются как общая разделяемая среда передачи данных, поэтому для неё определен специальный метод доступа. Этот метод очень близок к методу доступа сетей Token Ring и также называется методом маркерного (или токенового) кольца - token ring.

Отличия метода доступа заключаются в том, что время удержания маркера в сети FDDI не является постоянной величиной, как в сети Token Ring. Это время зависит от загрузки кольца - при небольшой загрузке оно увеличивается, а при больших перегрузках может уменьшаться до нуля. Эти изменения в методе доступа касаются только асинхронного трафика, который не критичен к небольшим задержкам передачи кадров. Для синхронного трафика время удержания маркера по-прежнему остается фиксированной величиной. Механизм приоритетов кадров, аналогичный принятому в технологии Token Ring, в технологии FDDI отсутствует. Разработчики технологии решили, что деление трафика на 8 уровней приоритетов избыточно и достаточно разделить трафик на два класса - асинхронный и синхронный, последний из которых обслуживается всегда, даже при перегрузках кольца. В остальном пересылка кадров между станциями кольца на уровне MAC полностью соответствует

технологии Token Ring. Станции FDDI применяют алгоритм раннего освобождения маркера, как и сети Token Ring со скоростью 16 Мбит/с. Адреса уровня MAC имеют стандартный для технологий IEEE 802 формат. Формат кадра FDDI близок к формату кадра Token Ring, основные отличия заключаются в отсутствии полей приоритетов. Признаки распознавания адреса, копирования кадра и ошибки позволяют сохранить имеющиеся в сетях Token Ring процедуры обработки кадров станцией-отправителем, промежуточными станциями и станцией-получателем.

FDDI определяет протокол физического уровня и протокол подуровня доступа к среде (MAC) канального уровня. Как и во многих других технологиях локальных сетей, в технологии FDDI используется протокол подуровня управления каналом данных LLC, определенный в стандарте IEEE 802.2. Таким образом, несмотря на то что технология FDDI была разработана и стандартизована институтом ANSI, а не комитетом IEEE, она полностью вписывается в структуру стандартов 802.

Отличительной особенностью технологии FDDI является уровень управления станцией - Station Management (SMT). Именно уровень SMT выполняет все функции по управлению и мониторингу всех остальных уровней стека протоколов FDDI. В управлении кольцом принимает участие каждый узел сети FDDI. Поэтому все узлы обмениваются специальными кадрами SMT для управления сетью. Отказоустойчивость сетей FDDI обеспечивается протоколами и других уровней: с помощью физического уровня устраняются отказы сети по физическим причинам, например из-за обрыва кабеля, а с помощью уровня MAC - логические отказы сети, например потеря нужного внутреннего пути передачи маркера и кадров данных между портами концентратора.

Особенности метода доступа FDDI

Для передачи синхронных кадров станция всегда имеет право захватить маркер при его поступлении. При этом время удержания маркера имеет заранее заданную фиксированную величину.

Если же станции кольца FDDI нужно передать асинхронный кадр (тип кадра определяется протоколами верхних уровней), то для выяснения возможности захвата маркера при его очередном поступлении станция должна измерить интервал времени, который прошёл с момента предыдущего прихода маркера. Этот интервал называется временем оборота маркера (Token Rotation Time, TRT). Интервал TRT сравнивается с другой величиной - максимально допустимым временем оборота маркера по кольцу $T_{\text{орг}}$. Если в технологии Token Ring максимально допустимое время оборота маркера является фиксированной величиной (2,6 с из расчета 260 станций в кольце), то в

технологии FDDI станции договариваются о величине $T_{\text{орг}}$ во время инициализации кольца. Каждая станция может предложить свое значение $T_{\text{орг}}$, в результате для кольца устанавливается минимальное из предложенных станциями времен. Это позволяет учитывать потребности приложений, работающих на станциях. Обычно синхронным приложениям (приложениям реального времени) нужно чаще передавать данные в сеть небольшими порциями, а асинхронным приложениям лучше получать доступ к сети реже, но большими порциями. Предпочтение отдается станциям, передающим синхронный трафик.

Таким образом, при очередном поступлении маркера для передачи асинхронного кадра сравнивается фактическое время оборота маркера TRT с максимально возможным $T_{\text{орг}}$. Если кольцо не перегружено, то маркер приходит раньше, чем истекает интервал $T_{\text{орг}}$, то есть $TRT < T_{\text{орг}}$. В этом случае станции разрешается захватить маркер и передать свой кадр (или кадры) в кольцо. Время удержания маркера THT равно разности $T_{\text{орг}} - TRT$, и в течение этого времени станция передает в кольцо столько асинхронных кадров, сколько успеет.

Если же кольцо перегружено и маркер опоздал, то интервал TRT будет больше $T_{\text{орг}}$. В этом случае станция не имеет права захватить маркер для асинхронного кадра. Если все станции в сети хотят передавать только асинхронные кадры, а маркер сделал оборот по кольцу слишком медленно, то все станции пропускают маркер в режиме повторения, маркер быстро делает очередной оборот и на следующем цикле работы станции уже имеют право захватить маркер и передать свои кадры. Метод доступа FDDI для асинхронного трафика является адаптивным и хорошо регулирует временные перегрузки сети.