



Сети ЭВМ и телекоммуникации

Лекция 4.

Структуризация сетей. Основы
маршрутизации



Структуризация сетей

- В сетях с небольшим (**10-30**) количеством компьютеров чаще всего используется одна из типовых топологий - общая шина, кольцо, звезда или полносвязная сеть, для которых характерна **однородность**
- 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



Структуризация сетей

- 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

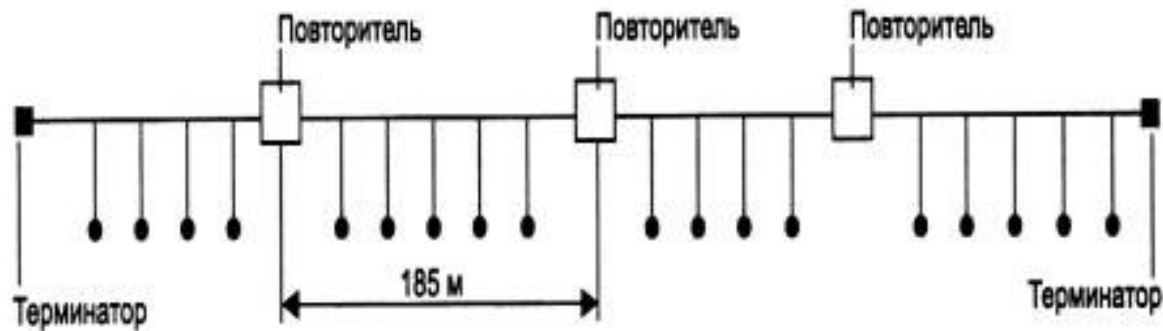


Физическая структуризация сети

- Различают две топологии:
 - **Топологию физических связей** (физическую структуру сети). В этом случае конфигурация физических связей определяется электрическими соединениями компьютеров, то есть ребрам графа соответствуют отрезки кабеля, связывающие пары узлов
 - **Топологию логических связей** (логическую структуру сети). Здесь в качестве логических связей выступают маршруты передачи данных между узлами сети, которые образуются путем соответствующей настройки коммуникационного оборудования
- Физическая структуризация сетей всегда подразумевает использование специального **коммутационного оборудования!**

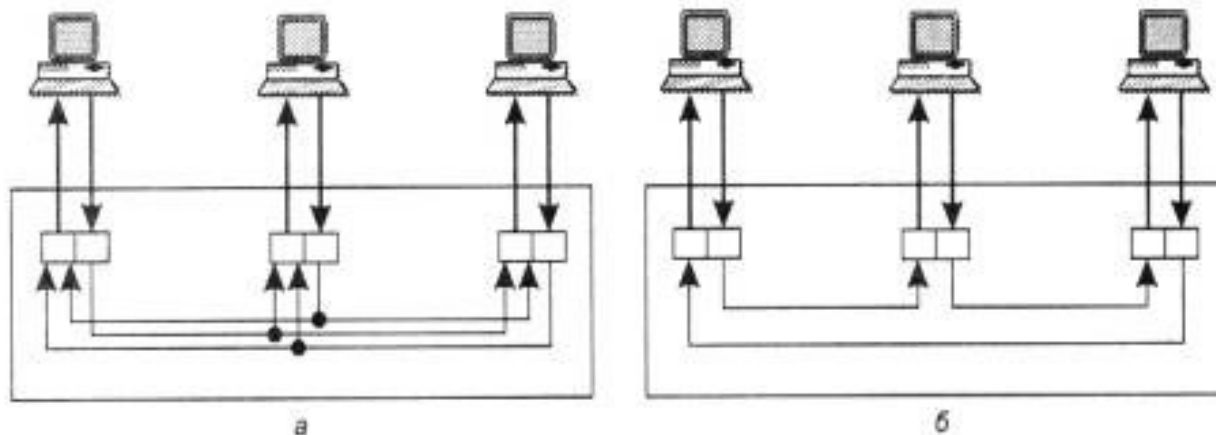
Повторитель (Repeater)

- Простейшее из коммуникационных устройств - **повторитель (repeater)** - используется для физического соединения различных сегментов кабеля локальной сети с целью увеличения общей длины сети
- Повторитель позволяет преодолеть ограничения на длину линий связи за счет улучшения качества передаваемого сигнала — восстановления его мощности и амплитуды, улучшения фронтов и т. п.



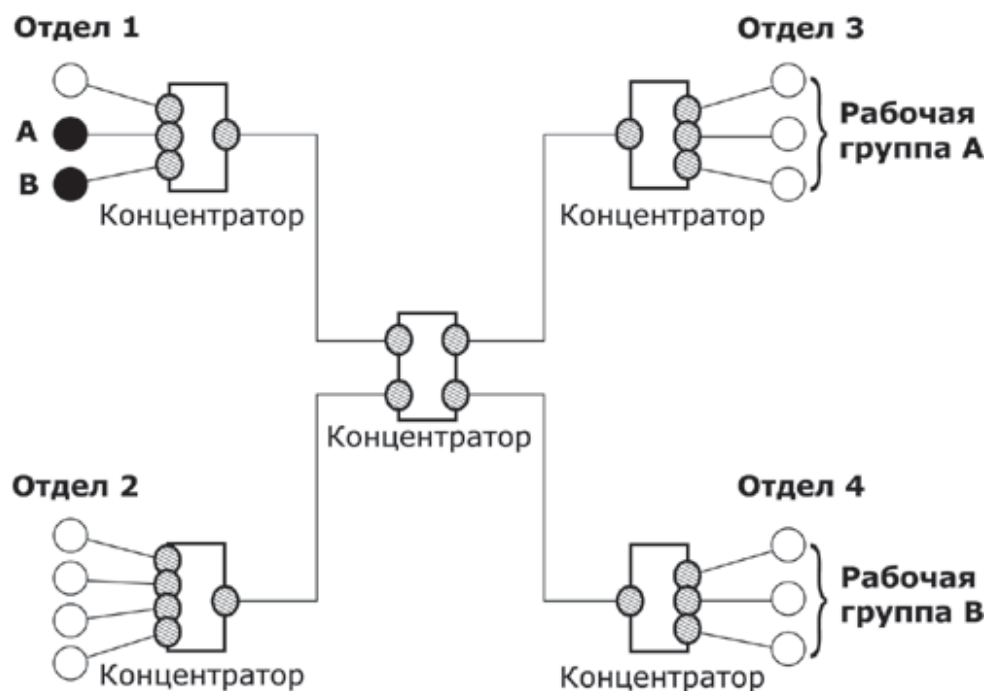
Концентратор (Hub)

- Повторитель, который имеет несколько портов и соединяет несколько физических сегментов, часто называют **концентратором**, или **хабом**
- Концентраторы повторяют сигналы, пришедшие с одного из своих портов, на других своих портах – на каких именно – зависит от используемой технологии



а – концентратор Ethernet, **б** – концентратор Token Ring

Логическая структуризация сети



■ В результате физической структуризации логическая структура не изменилась

- **Физическая структуризация** сети позволяет решить только две проблемы: ограничение длины линий связи и ограничение на количество узлов в сети
- Наиболее важной проблемой, **не решаемой** путем физической структуризации, остается проблема **перераспределения передаваемого трафика** между различными физическими сегментами сети

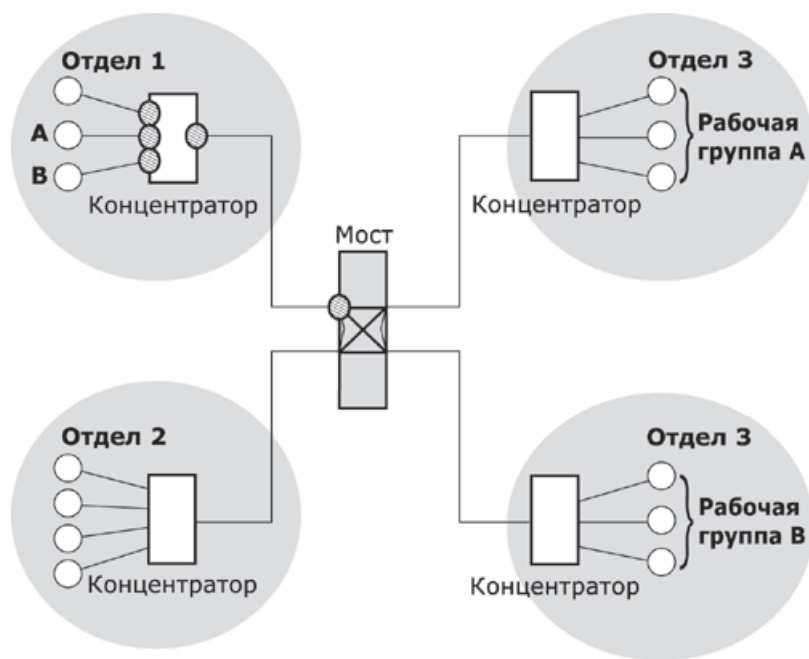


Локализация трафика

- Решение проблемы состоит в отказе от идеи единой однородной разделяемой среды
- 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
 - шлюзы

Мост (Bridge)

- **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

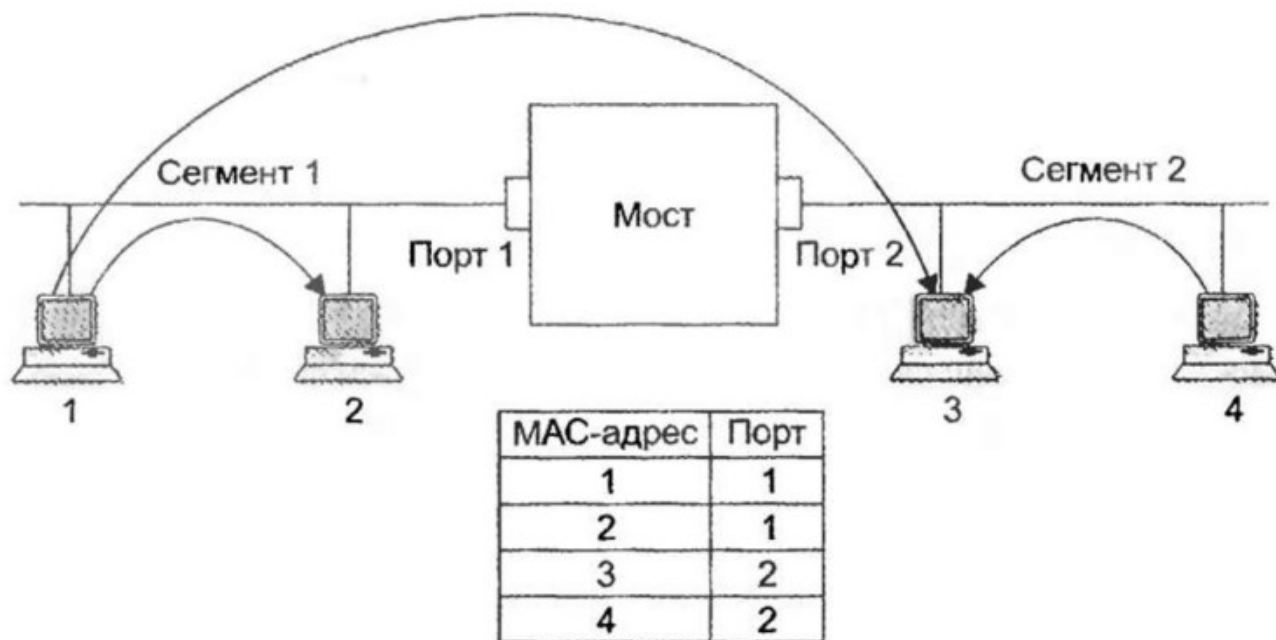




Мост (Bridge)

- 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
- 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
- По адресу источника кадра мост делает вывод о принадлежности узла-источника тому или иному сегменту сети

Принцип работы моста



Такой мост называется **прозрачным мостом**

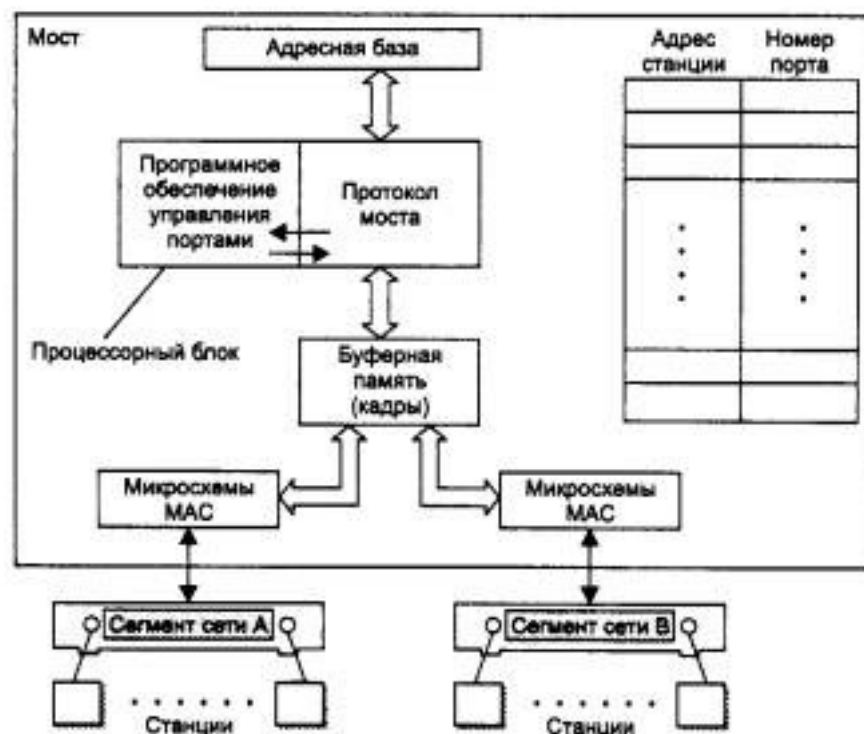
Он строит свою адресную таблицу на основании пассивного наблюдения за трафиком, циркулирующим в подключенных к его портам сегментах

Функции выполняемые мостом

- **Фильтрация (filtering)** – если адрес назначения принадлежит тому же сегменту, что и адрес источника, то мост **фильтрует** пакет, то есть удаляет из своего буфера и никуда не передает. За счет этого мост и реализует **локализацию трафика**
- **Продвижение (forwarding)** – если адрес назначения присутствует в базе данных и принадлежит другому сегменту, то мост определяет какой из его портов связан с этим адресом и **продвигает** кадр на соответствующий порт
- **Затопление (flooding)** – если адрес назначения отсутствует в базе или же это широковещательный адрес, то мост передает данные на все порты, за исключением того, с которого он пришел.

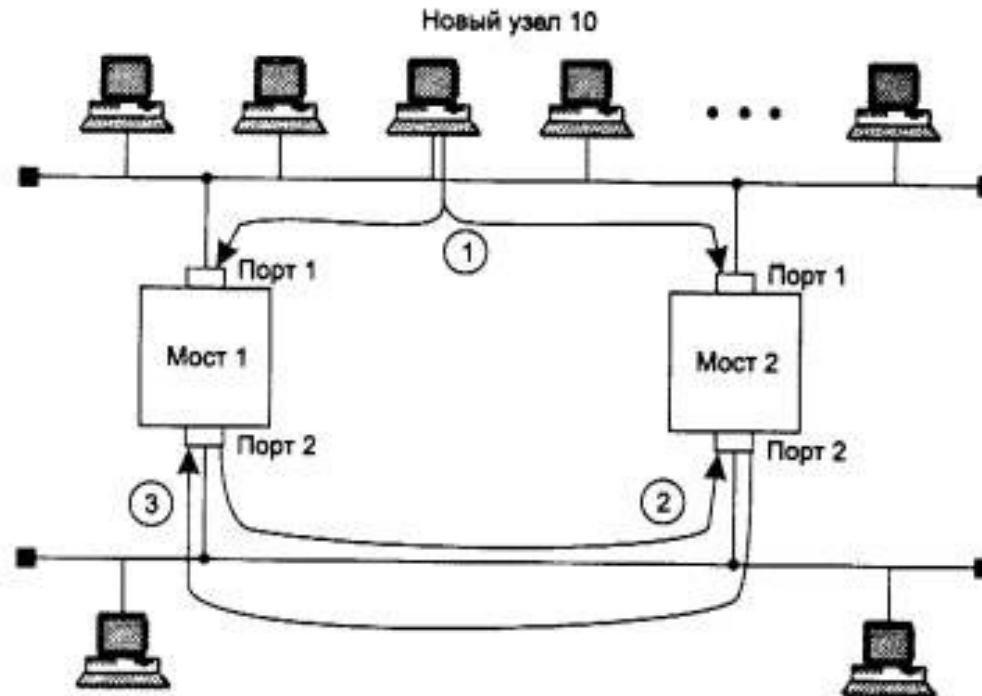
Структура моста

- Функции доступа к среде при приеме и передаче кадров выполняют микросхемы МАС, которые идентичны микросхемам сетевого адаптера



Петли в сети с мостами

- При появлении нового узла (10) в сети станция посылает первый кадр с широковещательным адресом назначения и адресом источника 10 в свой сегмент
- Кадр попадает как в Мост 1 так и в Мост 2



Петли в сети с мостами

- В обоих мостах новый адрес источника 10 заносится в адресную таблицу с пометкой о его принадлежности сегменту 1, то есть создается новая запись вида:

MAC – адрес	Порт
10	1

- Так как адрес назначения широковещательный, то каждый мост должен передать кадр на сегмент 2
- При появлении пакета на сегменте 2 мост 2 принимает его в свой буфер и обрабатывает. Он видит, что адрес 10 уже есть в его адресной таблице, но пришедший кадр является более свежим, и он утверждает, что адрес 10 принадлежит сегменту 2, а не 1. Поэтому мост 2 корректирует содержимое базы и делает запись о том, что адрес 10 принадлежит сегменту 2

MAC – адрес	Порт
10	1
10	2

Петли в сети с мостами

Результаты наличия петли в сети с мостами:

- **«Размножение» кадра**, то есть появление нескольких его копий (в данном случае - двух, но если бы сегменты были соединены тремя мостами - то трех и т. д.).
- **Бесконечная циркуляция** обеих копий кадра по петле в противоположных направлениях, а значит, засорение сети ненужным трафиком.
- **Постоянная перестройка** мостами своих адресных таблиц, так как кадр с адресом источника 10 будет появляться то на одном порту, то на другом

Правило: Чтобы исключить все эти нежелательные эффекты, мосты нужно применять так, чтобы между логическими сегментами не было петель, то есть строить с помощью мостов только древовидные структуры, гарантирующие наличие только одного пути между любыми двумя сегментами

Коммутатор (Switch)

- **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

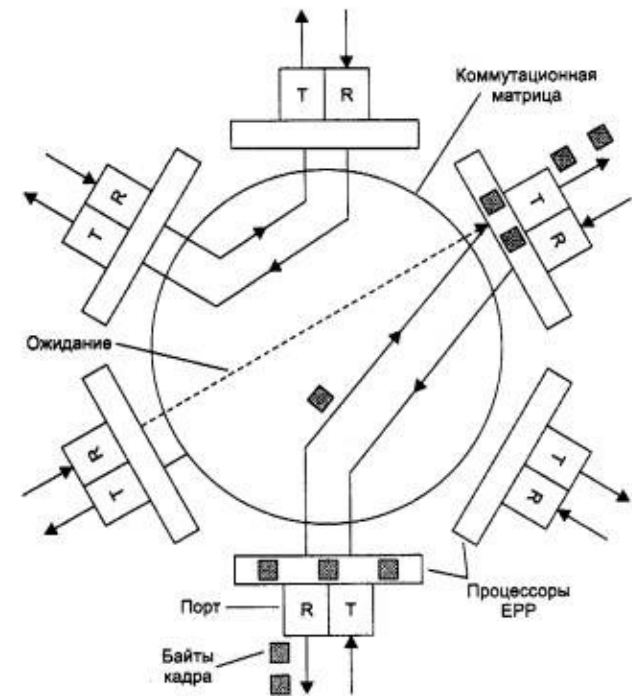


- **EPP** – Ethernet Packet Processor – процессор обработки пакетов
- **Системный модуль** ведет общую адресную таблицу коммутатора и обеспечивает управление коммутатором по протоколу SNMP
- **Коммутационная матрица** обеспечивает коммутацию портов за счет создания каналов

Коммутационная матрица

Если кадр нужно передать на другой порт, то процессор обращается к коммутационной матрице и пытается установить в ней путь, связывающий его порт с портом, через который идет маршрут к адресу назначения

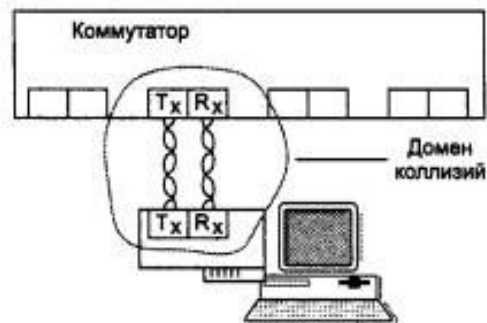
Если порт занят, то матрица в соединении отказывает. В этом случае кадр полностью буферизуется процессором входного порта, после чего процессор ожидает освобождения выходного порта и образования коммутационной матрицей нужного пути



Неблокирующий коммутатор - это такой коммутатор, который может передавать кадры через свои порты с той же скоростью, с которой они на них поступают.

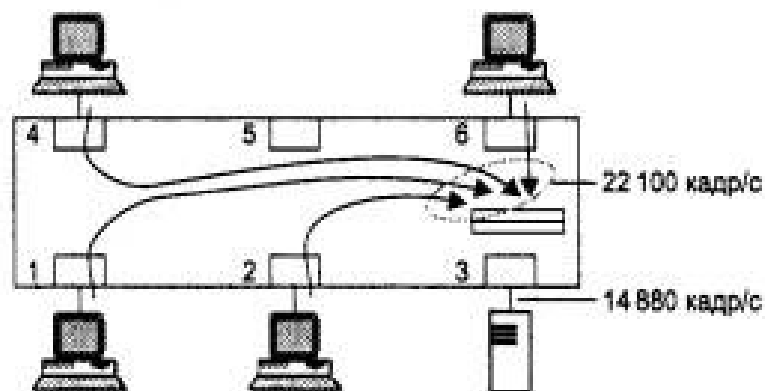
Режимы работы коммутатора

- Коммутатор может работать в 2-х режимах: **полудуплексном** и **дуплексном**
- В **полудуплексном режиме** передача ведется последовательно, сначала в одну, затем в другую сторону
- В **полудуплексном режиме** коммутатор распознает **коллизии**. Доменом коллизий является участок: **Коммутатор - Сетевой адаптер**



- В **полнодуплексном режиме** передача данных происходит в обе стороны и одновременная передача данных коллизией не считается, а значит в этом случае мы не можем управлять доступом к сети (нельзя «Остановить передачу» и «Возобновить передачу»)

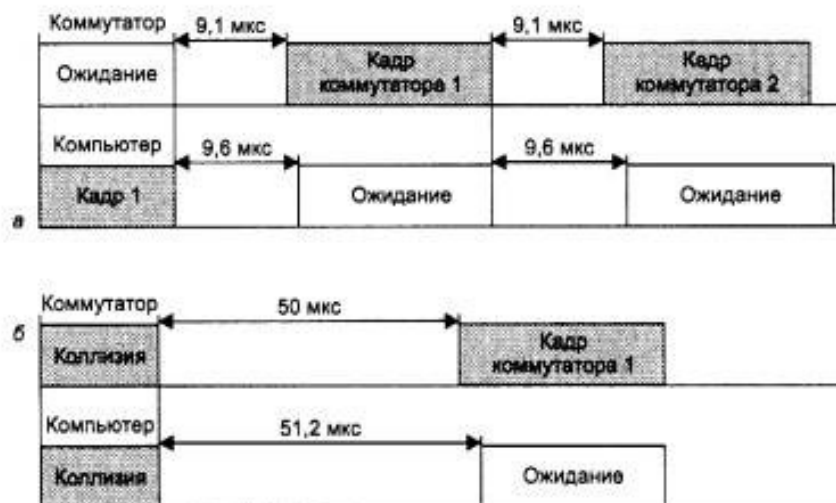
Неравномерный трафик



- На рисунке изображена ситуация, когда в порт 3 коммутатора направляется трафик от портов 1,2,4 и 6, с суммарной интенсивностью в 22 100 кадров в секунду
- Порт 3 оказывается загружен на 150 %, Естественно, что когда кадры поступают в буфер порта со скоростью 20 100 кадров в секунду, а уходят со скоростью 14 880 кадров в секунду, то внутренний буфер выходного порта начинает неуклонно заполняться необработанными кадрами

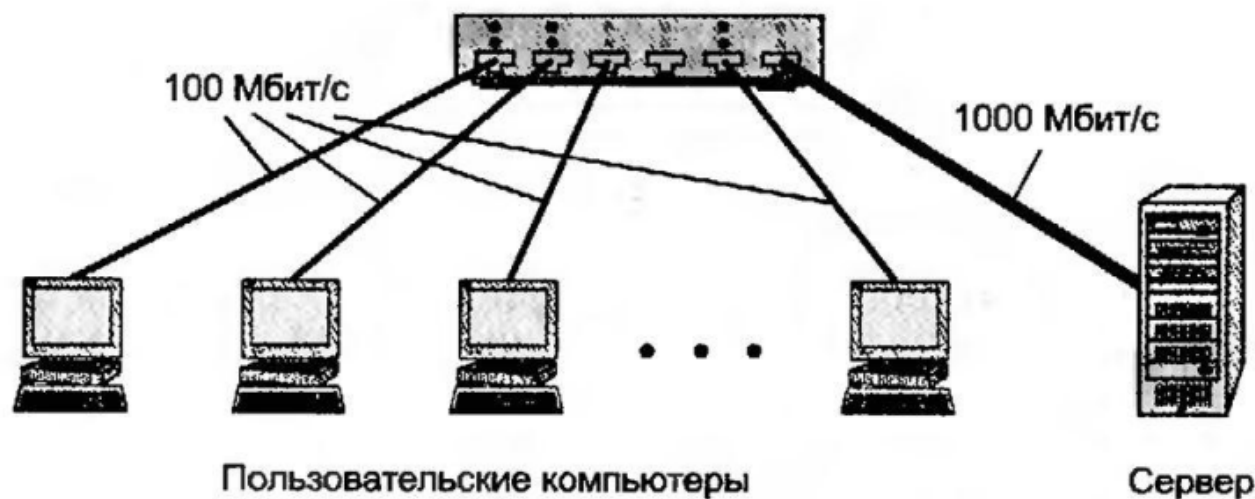
Борьба с перегрузками

- **Метод обратного давления (backpressure)** состоит в создании искусственных коллизий в сегменте, который чересчур интенсивно посылает кадры в коммутатор. Для этого коммутатор обычно использует jam-последовательность, отправляемую на выход порта, к которому подключен сегмент (или узел), чтобы приостановить его активность
- **Агрессивное поведение порта коммутатора** – это принудительный захват среды после окончания передачи пакета или после коллизии



Борьба с перегрузками

- **Магистральный (восходящий) порт** – использование специального порта для подключения к высокоскоростной магистрали





Характеристики коммутаторов

- **Скорость фильтрации** – скорость, с которой коммутатор выполняет фильтрацию кадров
- **Скорость продвижения** – скорость, с которой коммутатор выполняет продвижение кадров через коммутационную матрицу
- **Задержка передачи кадра** – время, прошедшее с момента прихода первого байта на входной порт коммутатора до момента появления этого байта на выходном порту
- **Производительность коммутатора** – количество пользовательских данных, переданных в единицу времени

Конструктивное исполнение

Настольный коммутатор



Конструктивное исполнение

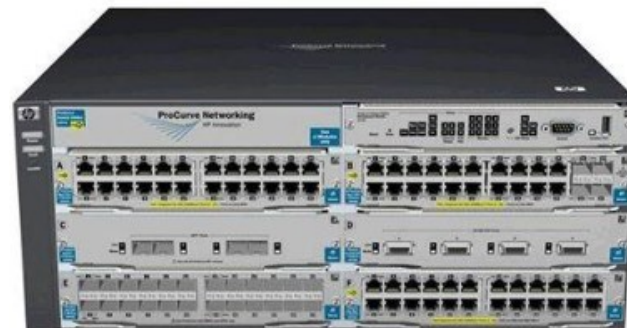
Коммутатор рабочей группы с магистральными портами



Стековые коммутаторы.



Модульные коммутаторы на основе шасси.



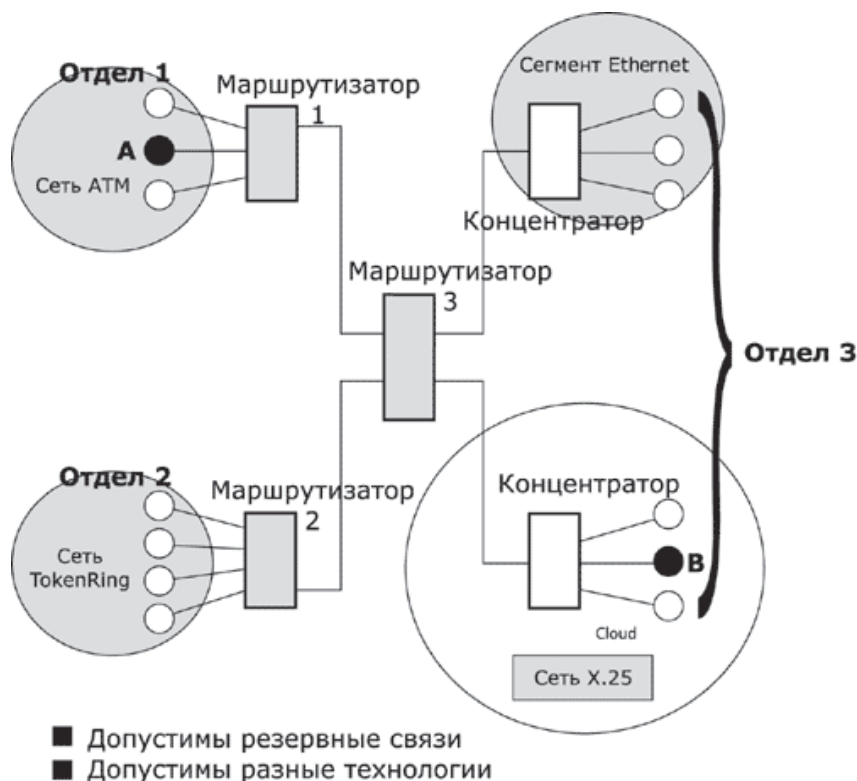


Ограничения мостов и коммутаторов

- В сети должны отсутствовать **петли**
- Логические сегменты сети, расположенные между мостами или коммутаторами, **слабо изолированы** друг от друга
- Сложно решается задача управления трафиком на основе **значения данных**
- Реализация транспортной подсистемы только средствами физического и канального уровней, к которым относятся мосты и коммутаторы, приводит к недостаточно гибкой, **одноуровневой системе адресации**
- Не решается проблема **неоднородности сетей**

Маршрутизатор (Router)

- **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)**

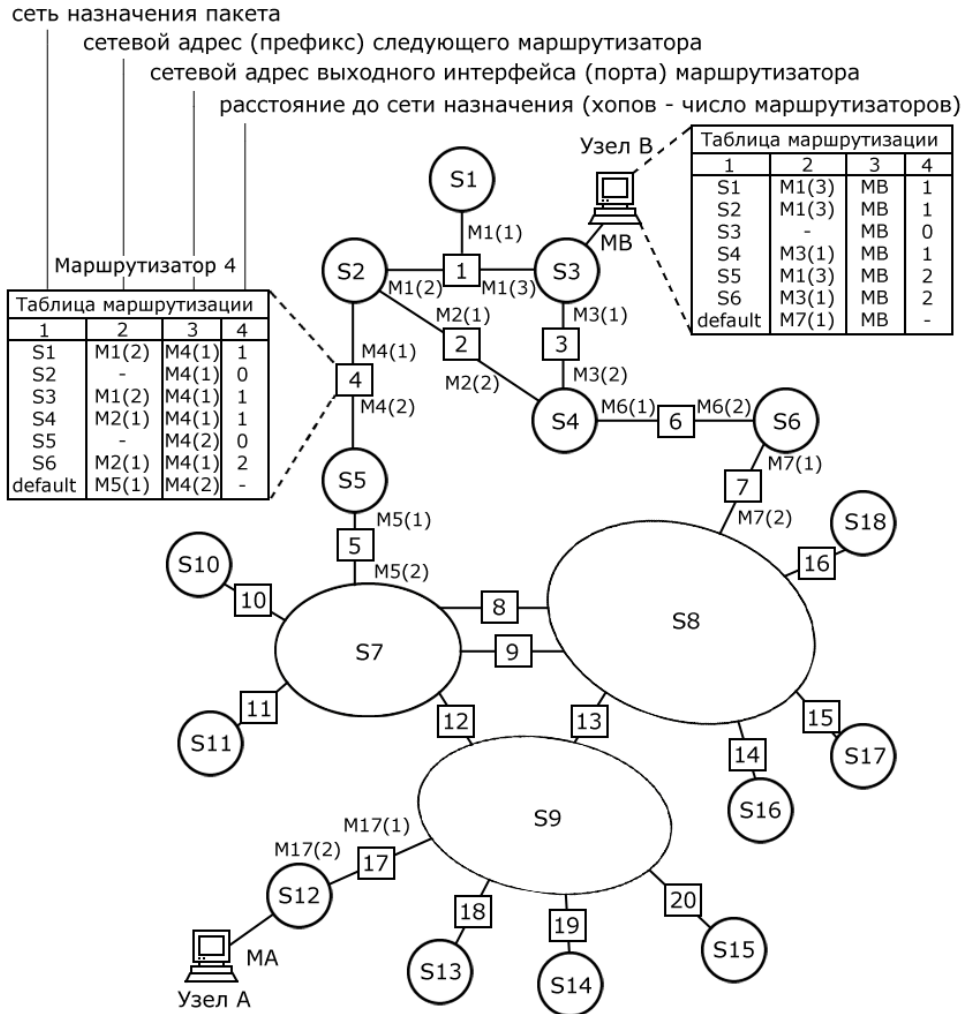


Шлюз (Gateway)

- Другой очень важной функцией маршрутизаторов является их способность связывать в единую сеть подсети, построенные с использованием разных сетевых технологий, например Ethernet и X.25
- 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
- Очень часто функции **шлюза** и **маршрутизатора** объединяют и это устройство также называют маршрутизатором



Принципы маршрутизации



Обозначения




-  - отдельные подсети
 -  - маршрутизаторы
 - M5(1) - порты
 -  - конечные узлы
- Узел А

Таблица маршрутизации для IP

- Адрес сети назначения (**Network Destination**)
- Маска сети назначения (**Netmask**)
- Адрес шлюза (**Gateway**)
- Адрес интерфейса (**Interface**)
- Метрика маршрута (**Metric**)

```
Command Prompt

C:\>route print

IPv4 Route Table
=====
Interface List
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x10003 ...00 50 da 7b ee 73 ..... 3Com EtherLink XL 10/100 PCI TX NIC (3C905B-
TX)
0x10004 ...00 a0 24 ba 17 5a ..... 3Com 3C900IP0-based Ethernet Adapter (Generi
c)
=====

Active Routes:
Network Destination    Netmask          Gateway          Interface        Metric
0.0.0.0                0.0.0.0          10.10.233.254    10.10.233.212    20
10.0.0.0                255.255.255.0    10.0.0.2         10.0.0.2         30
10.0.0.2                255.255.255.255  127.0.0.1        127.0.0.1        30
10.10.233.0             255.255.255.0    10.10.233.212    10.10.233.212    20
10.10.233.212           255.255.255.255  127.0.0.1        127.0.0.1        20
10.255.255.255          255.255.255.255  10.0.0.2         10.0.0.2         30
10.255.255.255          255.255.255.255  10.10.233.212    10.10.233.212    20
127.0.0.0                255.0.0.0        127.0.0.1        127.0.0.1        1
224.0.0.0                240.0.0.0        10.0.0.2         10.0.0.2         30
224.0.0.0                240.0.0.0        10.10.233.212    10.10.233.212    20
255.255.255.255          255.255.255.255  10.0.0.2         10.0.0.2         1
255.255.255.255          255.255.255.255  10.10.233.212    10.10.233.212    1
Default Gateway:       10.10.233.254
=====
Persistent Routes:
None

C:\>
```

Процесс выбора маршрута

1. Берется адрес получателя из заголовка пакета
2. Берется маска сети из первой записи (строчки) в таблице маршрутизации
3. Выполняется логическая операция “И” (определяется номер сети)
4. Выполняется сравнение полученного результата с сетью в первой записи таблицы маршрутизации:
 - Если совпали адреса сети, пакет пересылается на интерфейс (порт) маршрутизатора, с которым связана данная запись в таблице маршрутизации
 - Если не совпали адреса сети, проверяется на совпадение следующая запись в таблице маршрутизации описанным выше образом
5. Если адрес пакета не соответствует ни одной из записей в таблице маршрутизации, роутер проверяет, есть ли у него маршрут по умолчанию
 - Если в роутере сконфигурирован маршрут по умолчанию, пакет передается на соответствующий ему порт роутера
 - Если маршрута по умолчанию нет, то пакет отбрасывается