Лекция
Коммутаторы пакетов

Технологии локальных сетей

- Ethernet
- Token Ring, FDDI
- Fast Ethernet, 100VG-AnyLAN
- Gigabit Ethernet

Технологии локальных сетей

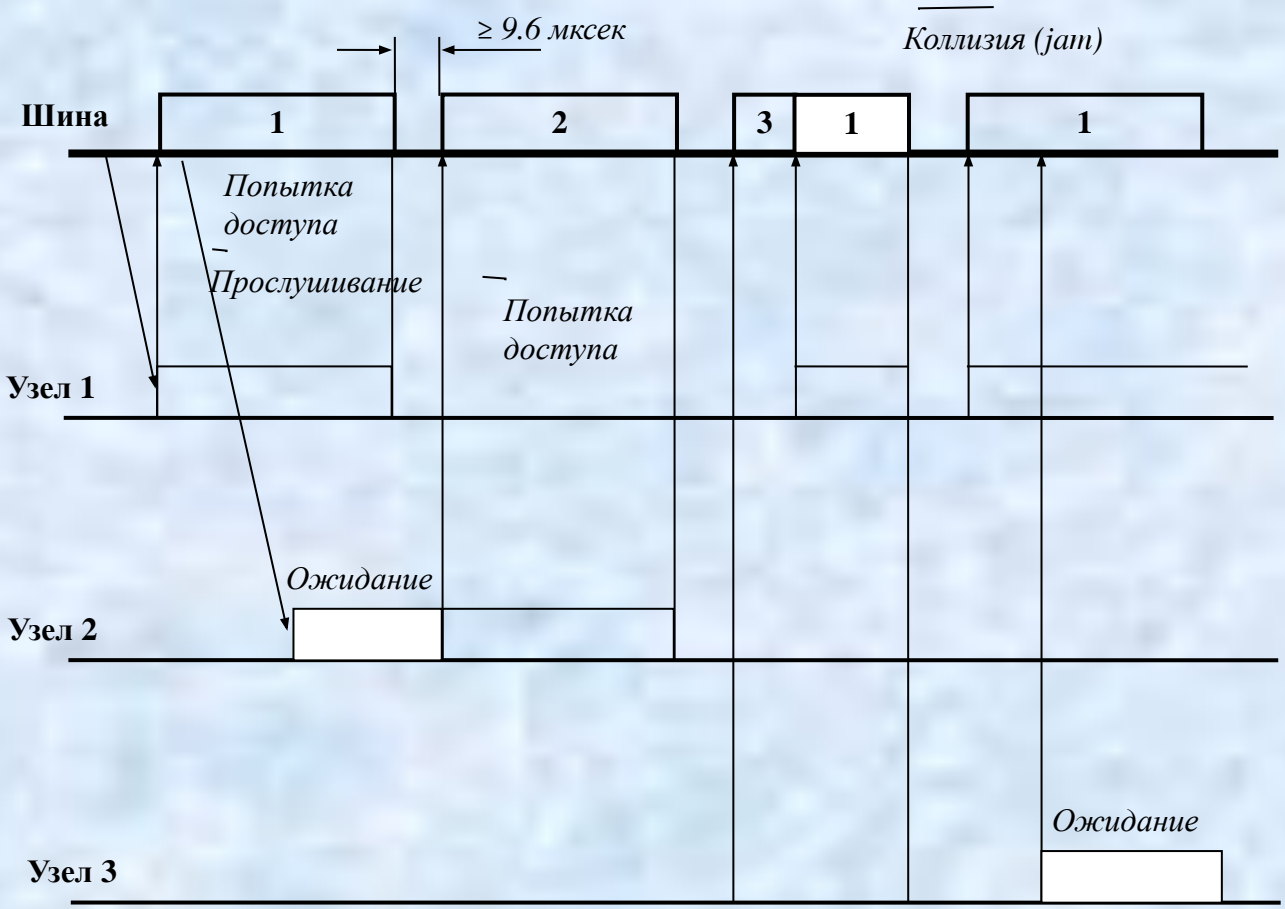
Ethernet, Token Ring, FDDI, 100VG-AnyLAN, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet – много общего:

- Расстояния между узлами сети: 100 м – 2000 м
- Единый формат адреса – 6 байт, уникальность обеспечивается производителем сетевого адаптера
- Разделяемая среда для конечных узлов (компьютеров) – использование методов доступа Media Access Control (MAC)
- Качественные кабели для связи компьютеров:
  - Высокая скорость протоколов – 10, 16, 100, 1000 Мбит/с
  - Простая логика протоколов – без восстановления потерянных и искаженных кадров, так как эти события крайне редки

Методы доступа к физической среде (уровень MAC)

Метод случайного доступа Ethernet

Ориентирован на среду типа “общая шина”

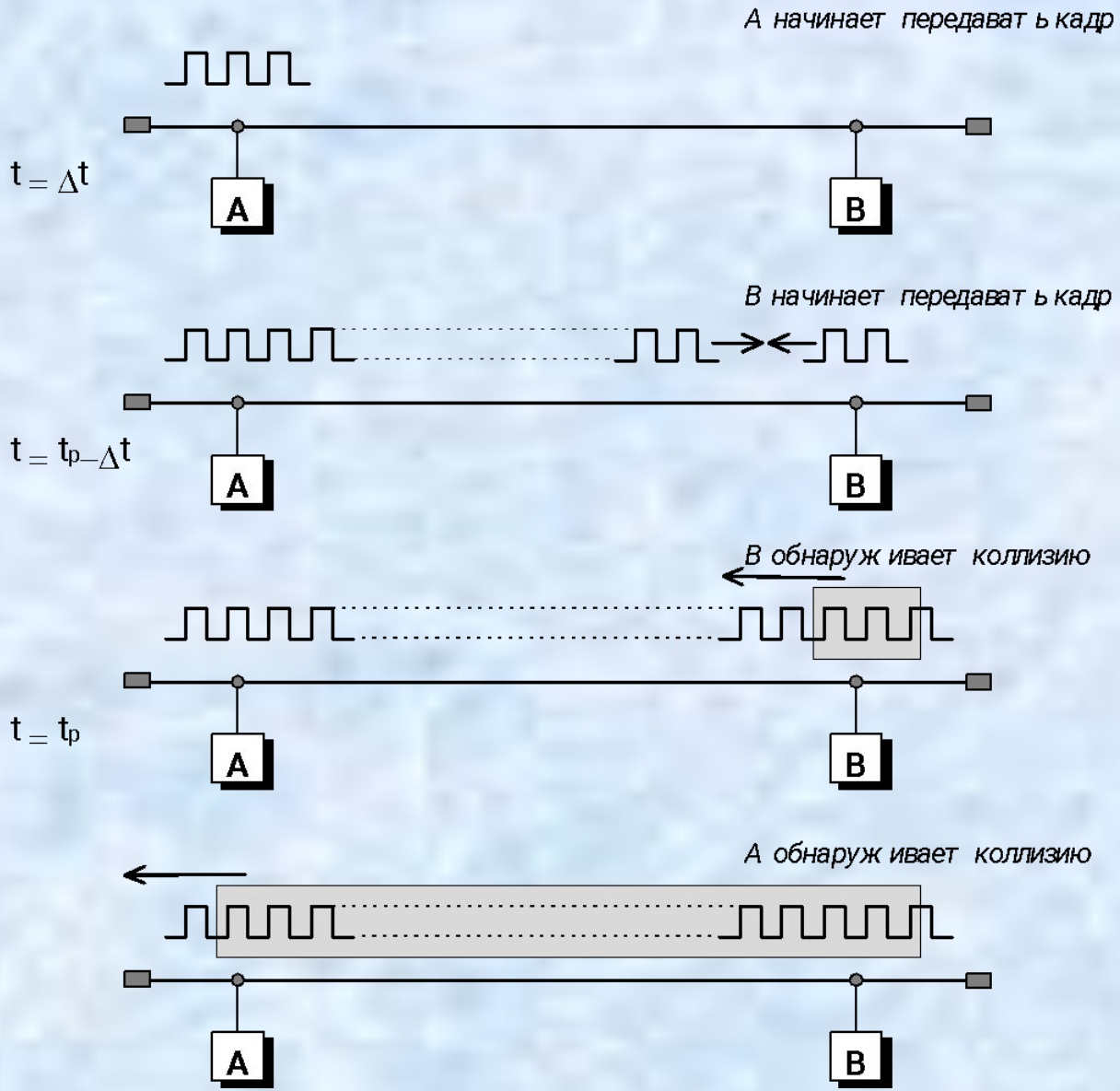


Пауза = L × Интервал отсрочки

L → [0, 2^N], N - номер попытки, N ≤ 10

Пауза = [0, 1024 × $T_{отсрочки}$] = [0, 524288] = [0мкс, 0.52с]

Возникновение коллизии



t_p - задержка распространения сигнала между станциями A и B

Особенности случайного метода доступа Ethernet (CSMA/CD – Carrier Sense Multiply Access with Collision Detection)

Преимущества:

- *простой алгоритм ⇒ дешевая и надежная аппаратура*
- *возможность широковещательной передачи пакетов*

Недостатки:

- *большие потери из-за коллизий и ожиданий при нагрузке сети > 50 %*

- *ограниченная длина сети:*

2 × (время распространения сигнала между узлами) ≤ время передачи кадра – иначе коллизия может быть не связана с передачей своего кадра!

Форматы кадров Ethernet

Кадр Ethernet DIX (II)

6	6	2	46-1500	4	
DA	SA	T	Data	FCS	

Адрес назначения

Адрес источника

Тип протокола, которому предназначены данные

Данные

Контрольная сумма

Кадр Novell 802.3/ Raw 802.3

6	6	2	46-1500	4	
DA	SA	L	Data	FCS	

Длина кадра

Кадр 802.3/ LLC – стандарт IEEE

6	6	2	1	1	1(2)	46-1497	4	
DA	SA	L	DSAP	SSAP	Cont.	Data	FCS	

Заголовок LLC

Тип протокола, которому предназначены данные

Кадр Ethernet SNAP – универсальный

6	6	2	1	1	1(2)	3	2	46-1492	4
DA	SA	L	DSAP	SSAP	Cont.	OUI	T	Data	FCS

Код организации, стандартизующей значения поля T,

Код IEEE – 00 00 00

Тип протокола, которому предназначены данные

Типы адресов Ethernet

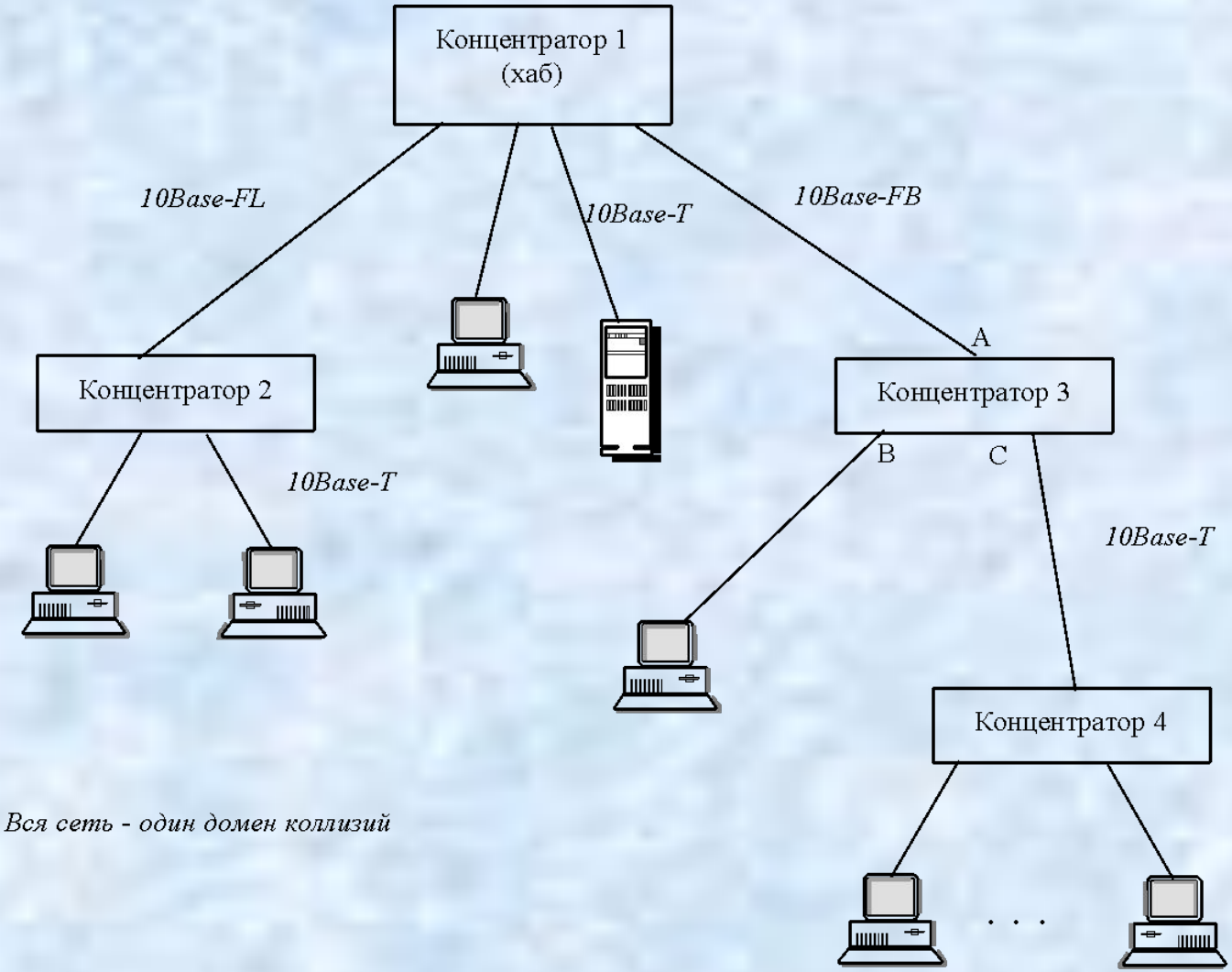
- ♦ индивидуальный - unicast (0 в старшем разряде)
- ♦ широковещательный - broadcast (11....1111)
- ♦ групповой - multicast (10.....)

Разница между групповой рассылкой и широковещанием весьма существенна: кадр, предназначенный для групповой рассылки, посылается некоторой группе станций Ethernet; широковещательный же кадр получают абсолютно все станции сети.

Использование кадров Ethernet различными стеками протоколов

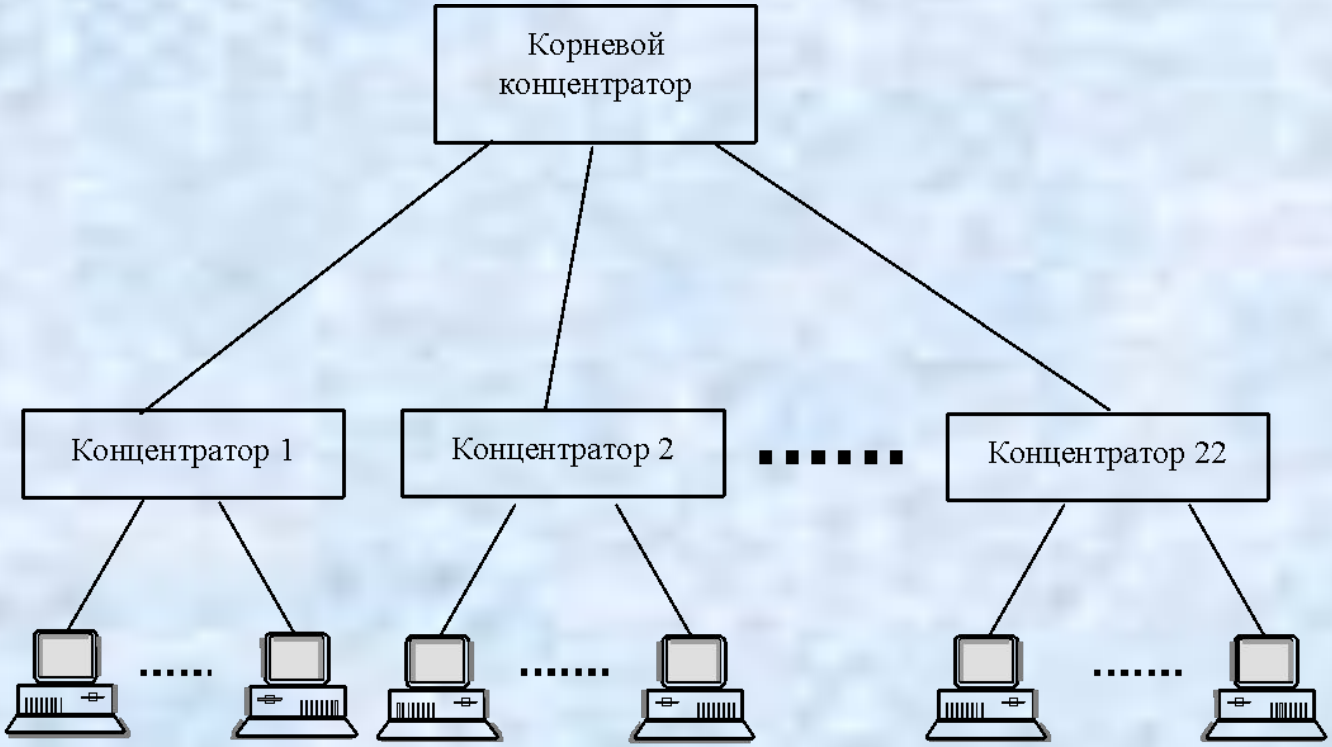
Тип кадра	Сетевые протоколы
Ethernet II	IPX, IP, AppleTalk Phase I
Ethernet 802.3	IPX
Ethernet 802.2	IPX, FTAM
Ethernet SNAP	IPX, IP, AppleTalk Phase II

Иерархическое соединение концентраторов Ethernet



Вся сеть - один домен коллизий

Узлы в сети Ethernet на концентраторах



Формат кадра Fast Ethernet

Преамбула *Idle*	**JK**	**Преамбула**	**S F D**	**DA**	**SA**	**L**	**Данные**	**CRC**	**T**	**Преамбула** *Idle*

первый байт преамбулы

JK – ограничитель начала потока значащих символов

T – ограничитель конца потока значащих символов

SFD – ограничитель длины кадра
L – двухбайтовое поле (длина поля данных)
T – двухбайтовое поле (тип кадра)

Gigabit Ethernet

- Формат кадра – прежний
- Существуют полудуплексная (применяется редко) и полнодуплексные версии
- Минимальный размер кадра увеличен с 64 до 512 байт -> 200 м домен коллизий
- Введен Burst Mode – несколько кадров можно передавать подряд, без межкадрового интервала – до 8192 байта, кадры м.б. меньше 512 байт
- Физическая среда:
  - 1000Base-SX (Short Wavelength, 850 нм): многомодовое волокно - 220/500 м
  - 1000Base-LX (Long Wavelength, 1300 нм): многомодовое волокно – 550 м, одномодовое – до 5000 м
  - Твинаксиал – пара проводников в одном направлении, пара в другом

Gigabit Ethernet на витой паре

- Параллельная передача по 4 парам категории 5 -> 250 Мбит/с по одной паре
- Код PAM5: -2, -1, , +1, +2
- 5 состояний, 2,322 бита за такт -> тактовую частоту снизили до 125 Гц
- Код PAM5 на тактовой частоте 125 Гц имеет спектр уже, чем 100 МГц – параметр кабеля категории 5
- Полнодуплексный режим достигается за счет одновременной встречной передачи – принимаемый сигнал определяется DSP как разность между суммарным сигналом и собственным

Семейство Ethernet

Метод доступа CDMA/CD или Full Duplex

Физический уровень

Ethernet

10Base-5 | 10Base-2 | 10Base-T | 10Base-FL | 10Base-FB

Fast Ethernet

100Base-TX | 100Base-T4 | 100Base-FX

Gigabit Ethernet

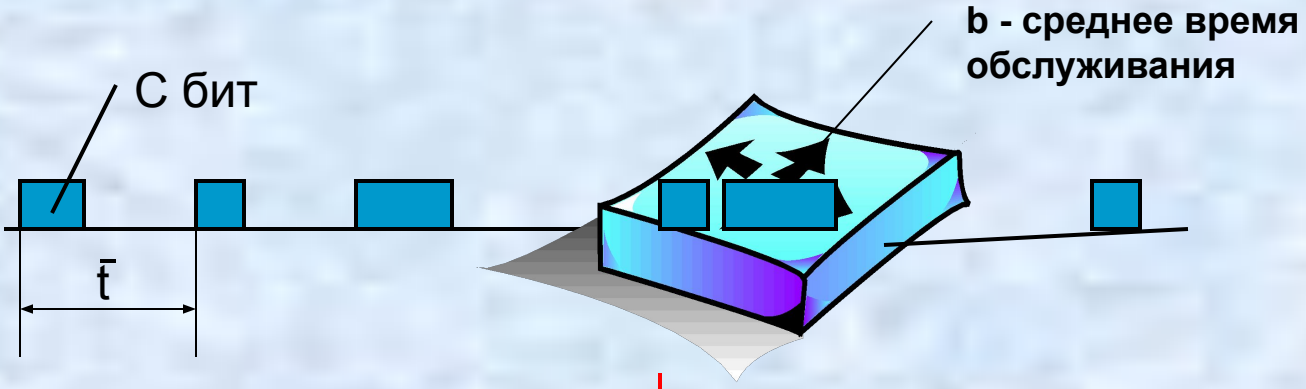
1000Base-SX | 1000Base-LX | 1000Base-TX

10GB – стандарт активно разрабатывается, область применения – магистрали глобальных сетей

Конкурент SDH

Алгоритмы управления очередями

Применение методов теории массового обслуживания (Queuing Theory) для анализа очередей в сетях



Модель M|M|1

Очередь заявок-пакетов

Обслуживающий прибор - процессор маршрутизатора

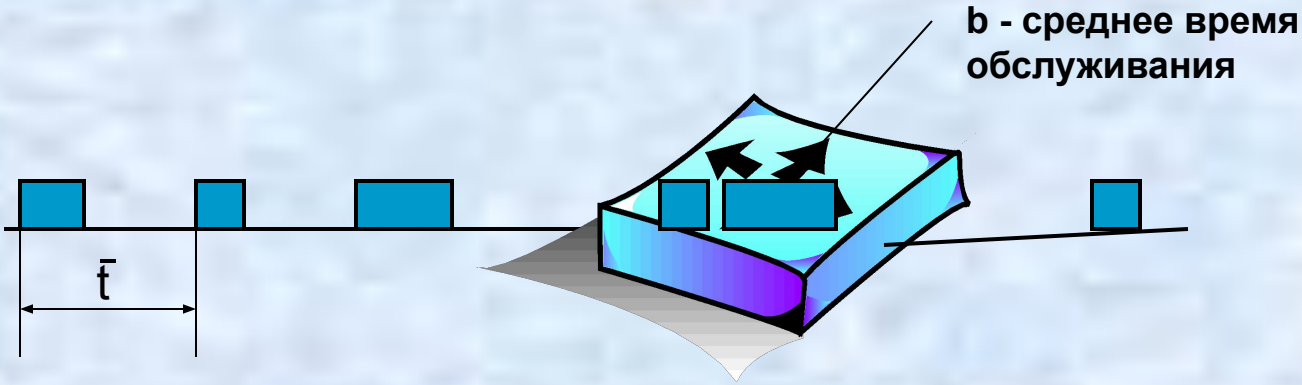
$\lambda = 1/\bar{t}$ - интенсивность поступления заявок-пакетов в обслуживающий прибор,
скорость поступления данных λ x C

$\mu = 1/b$ - интенсивность выхода заявок-пакетов из обслуживающего прибора,
b - среднее время продвижения пакета

$\rho = \lambda/\mu$ - коэффициент загрузки обсл. прибора

Алгоритмы управления очередями

Применение методов теории массового обслуживания (Queuing Theory) для анализа очередей в сетях



При экспоненциальном распределении времен поступления пакетов

$$A(t)=1-e^{-\lambda t}$$

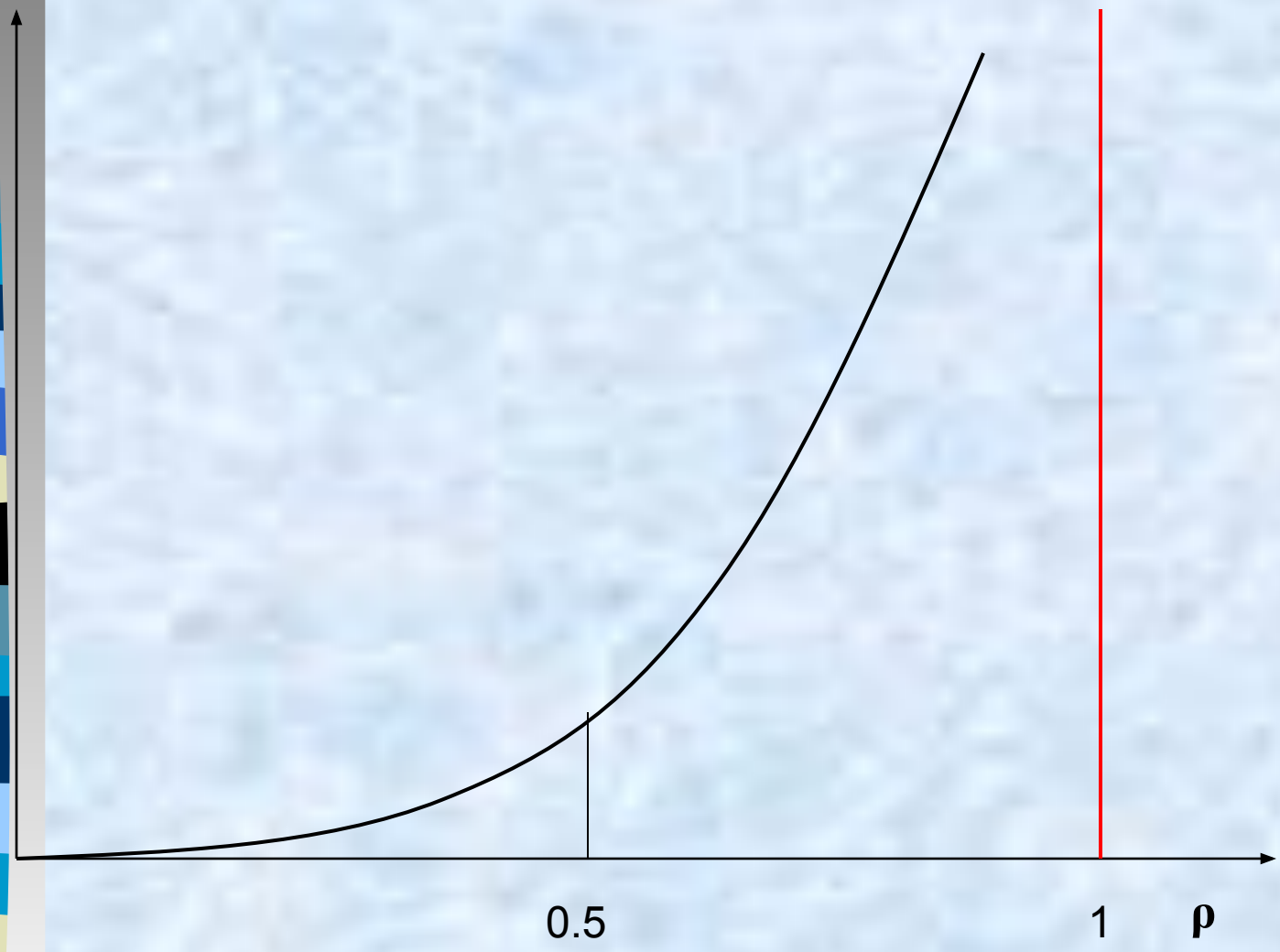
и экспоненциальном распределении времени обслуживания

$$B(x)=1-e^{-\mu x}$$

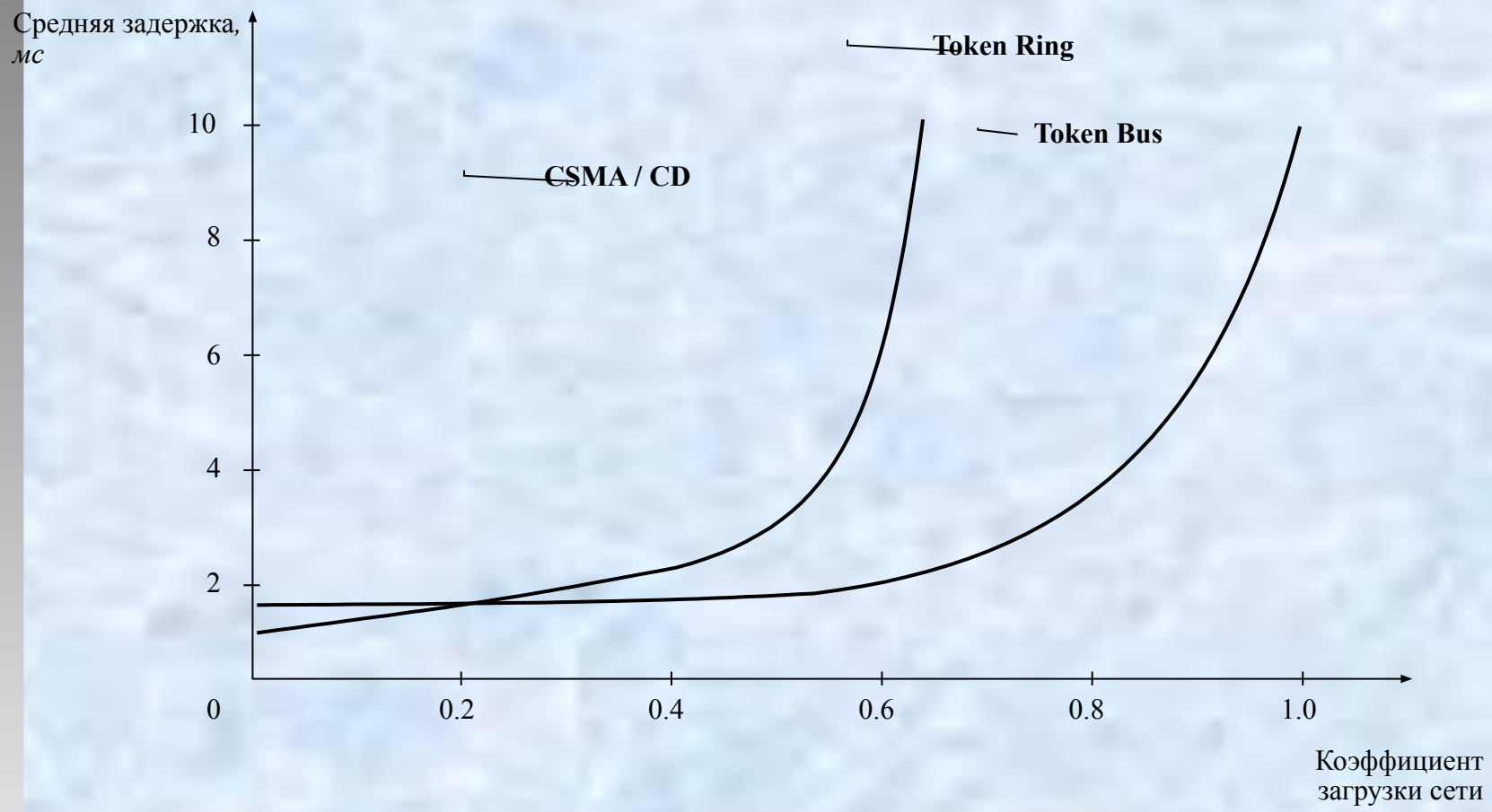
среднее время ожидания **W** равно

$$W = \rho b/(1-\rho)$$

Среднее время ожидания



При $\rho < 0.5$ задержки близки к 0 - низкая загрузка сети гарантирует качество обслуживания!


Средняя задержка, *мс*
10
8
6
4
2
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Token Ring
Token Bus
CSMA / CD
Коэффициент загрузки сети

Активное оборудование физического и канального уровней локальных сетей

- ***Сетевые адаптеры*** - обеспечивают сопряжение узлов сети (компьютеров) с линиями связи.
- ***Повторители*** (repeaters) - работают на физическом уровне, улучшают физические характеристики сигналов, удлиняют связи в сети
- ***Концентраторы*** (hubs) - центральными узлы обмена информацией между несколькими конечными станциями сети сегмента сети. Выполняют функции повторителя.
- ***Мосты*** (bridges) - локализуют трафик внутри сегментов сетей. Передают пакет с порта на порт только тогда, когда MAC-адрес принадлежит этому порту

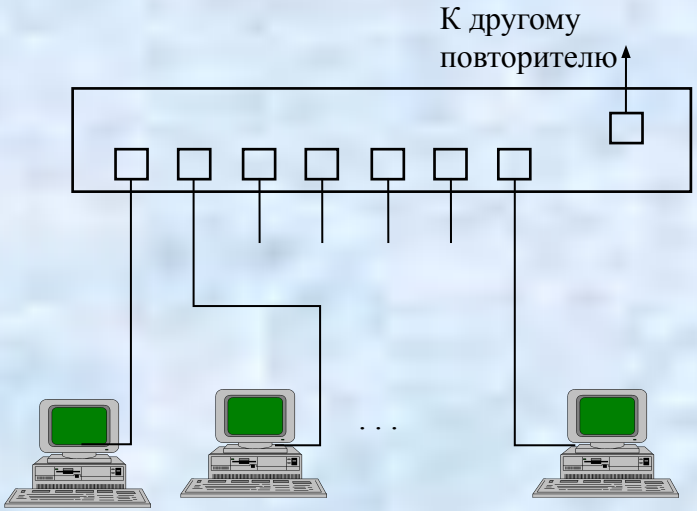
Коммутаторы (switching) ***мосты*** - осуществляют одновременную передачу пакетов между всеми парами портов по алгоритму моста

Повторители (repeaters) и концентраторы (hubs)

- Устройства, которые на физическом уровне повторяет (и, как правило, улучшает их электрические характеристики: форму, мощность) сигналы, пришедшие на вход одного из портов:

♦ на всех остальных портах (Ethernet)

♦

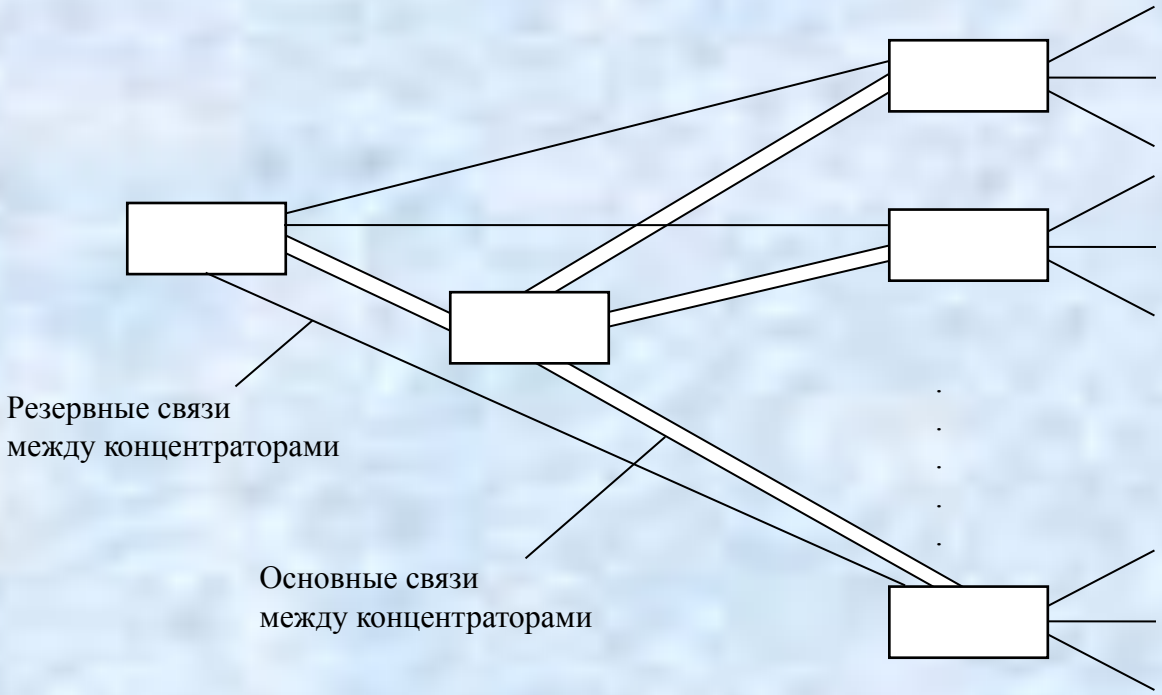


Концентратор: повторитель + дополнительные функции

Дополнительные функции концентраторов

Автосегментация (partitioning) - отключение порта при повреждении кабеля данного сегмента или других ошибочных ситуациях

Поддержка резервных связей:



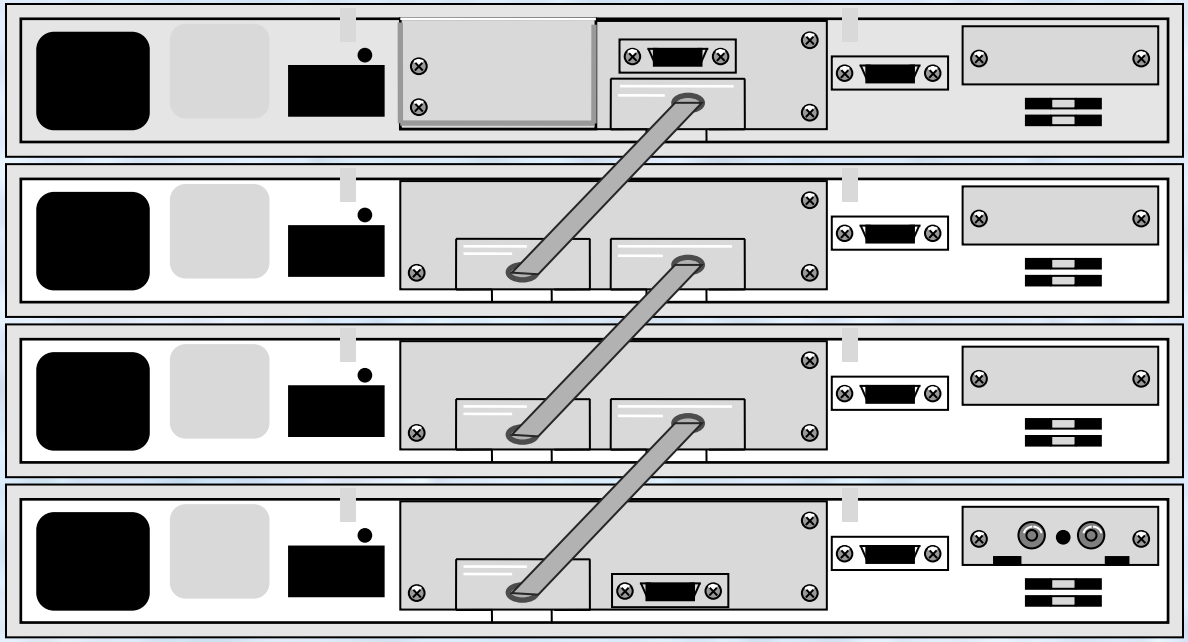
Конструктивы коммуникационных устройств

Стек устройств

Шасси

С фиксированным набором портов (Standalone)

Стековые концентраторы



Логическая структуризация локальных сетей

Преимущества деления сетей на подсети и сегменты:

- *Сегментация уменьшает общий сетевой трафик.*
- *Подсети увеличивают гибкость сети.*
- *Подсети повышают безопасность данных.*
- *Подсети упрощают управление сетью*

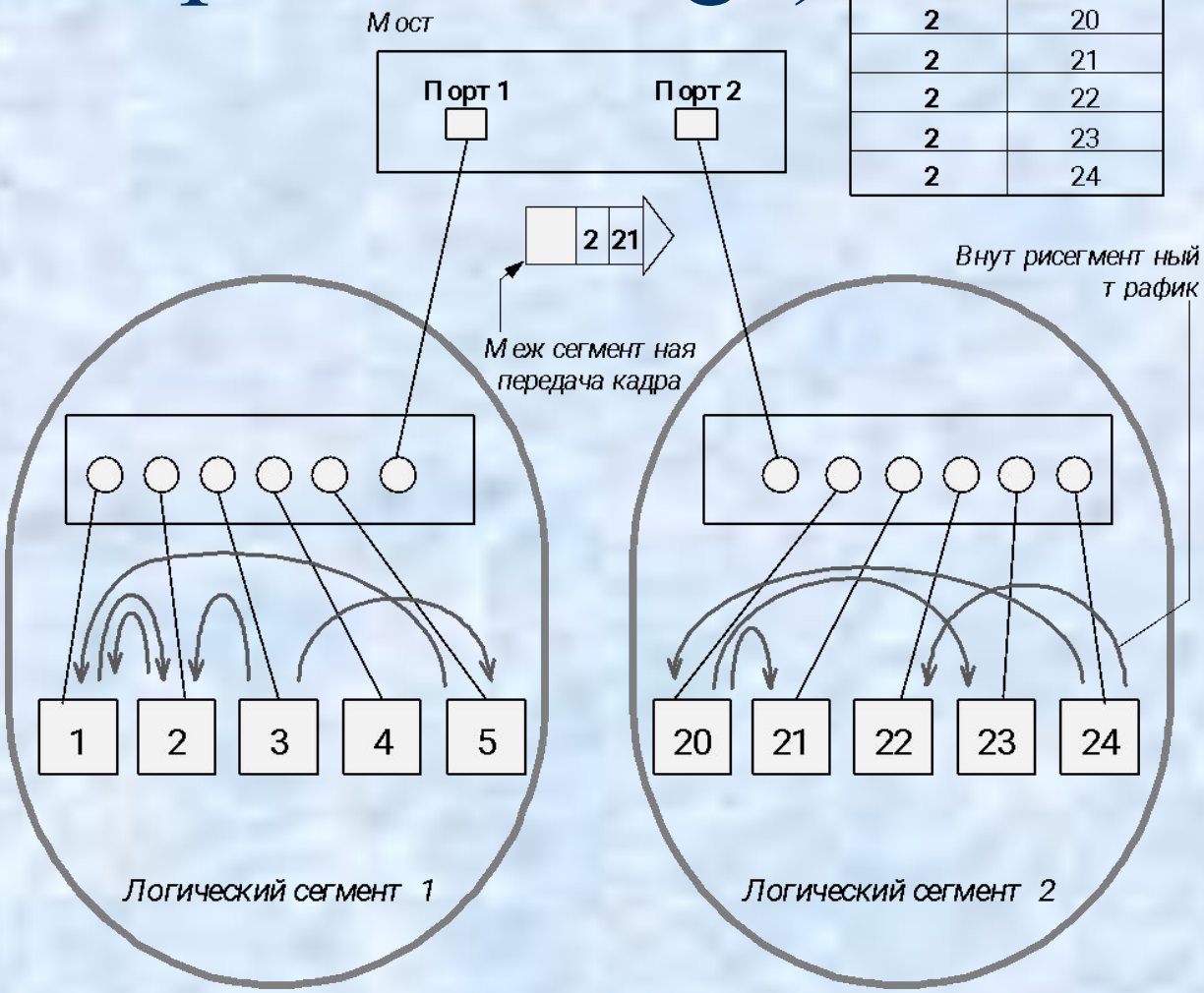
.

Мосты и коммутаторы 2-го уровня

- Позволяют логически структурировать сеть на сегменты с локализацией трафика
- Работают на канальном уровне – поддержка любых протоколов сетевого уровня (IP, IPX)
- Только древовидная топология сети

Мосты (transparent bridge)

Порт	Адрес
1	1
1	2
1	3
1	4
1	5
2	20
2	21
2	22
2	23
2	24



Структура моста

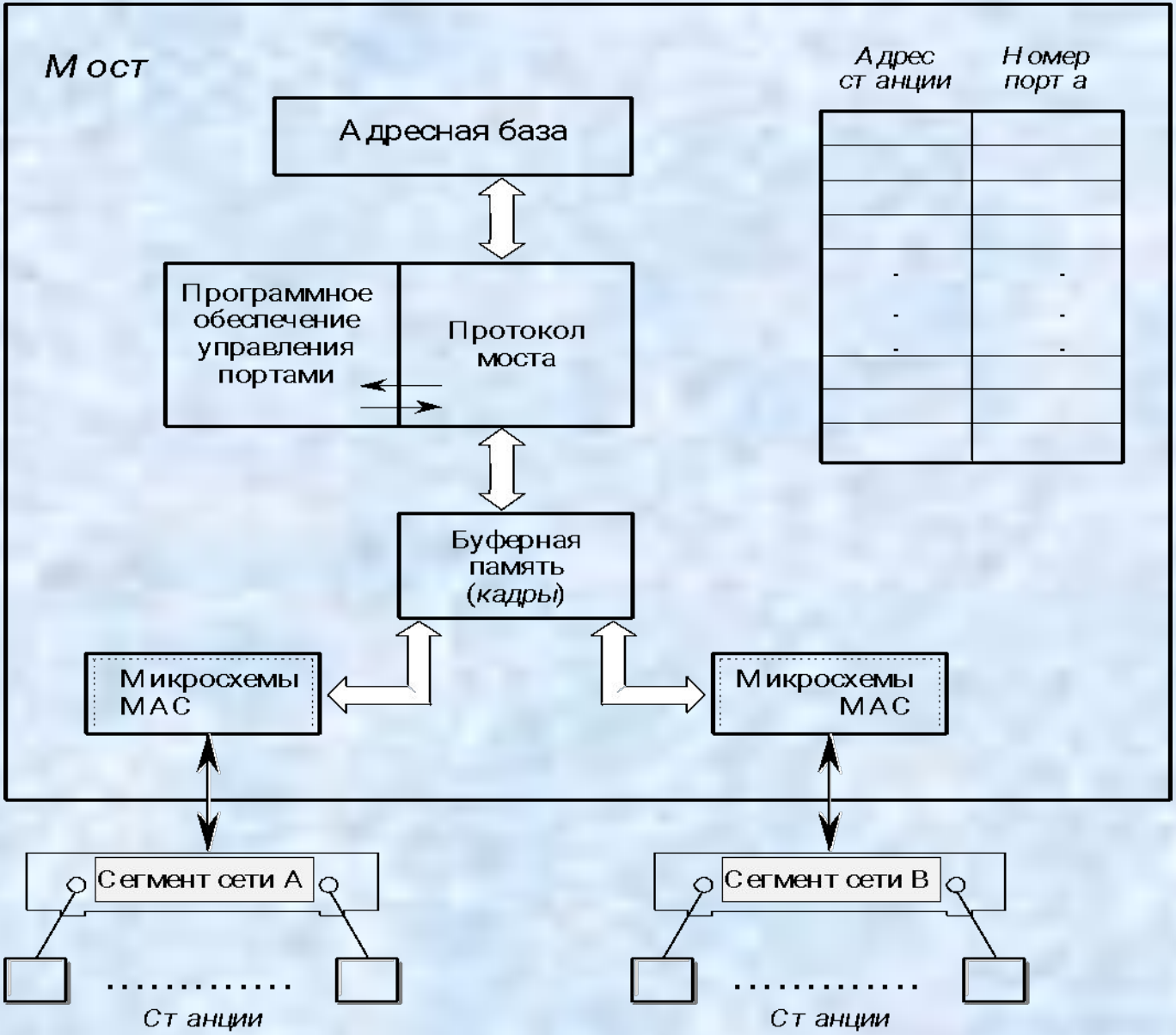


Таблица моста

Forwarding Table Page 1 of 1

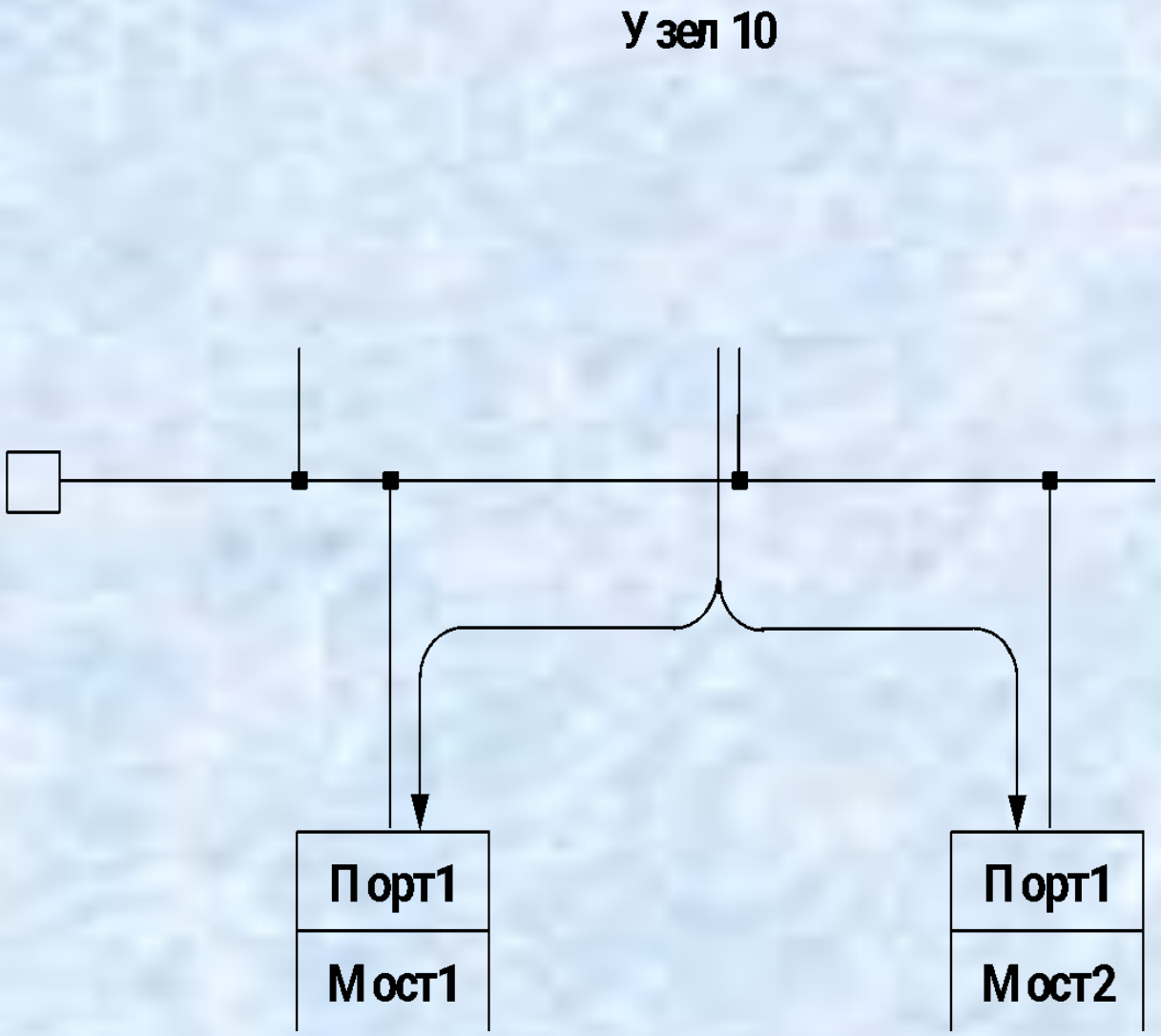
Address	Dispn	Address	Dispn	Address	Dispn
00608CB17E58	LAN B	0000810298D6	LAN A	02070188ACA	LAN A
00008101C4DF	LAN B	+ 000081016A52	LAN A	* 010081000100	Flood
* 010081000101	Discard	* 0180C2000000	Discard	* 000081FFD166	Flood

Статус адреса
Система не научилась
понимать, что это за адрес

Exit Next Page Prev Page Edit Table Search Item Go Page

+ Unlearned * Static Total Entries = 9 Static Entries = 4
Use cursor keys to choose option. Press <RETURN> to select.
Press <CTRL> <P> to return to Main Menu

Влияние замкнутых маршрутов на работу моста



Характеристики моста

Главные характеристики моста типа Transparent:

- Количество портов и типы интерфейсов
- Размер внутренней адресной таблицы (обычно 500 - 8000)
- Скорость фильтрации пакетов (filtering)
- Скорость передачи пакетов на другой порт (forwarding)
- Размер буфера кадров

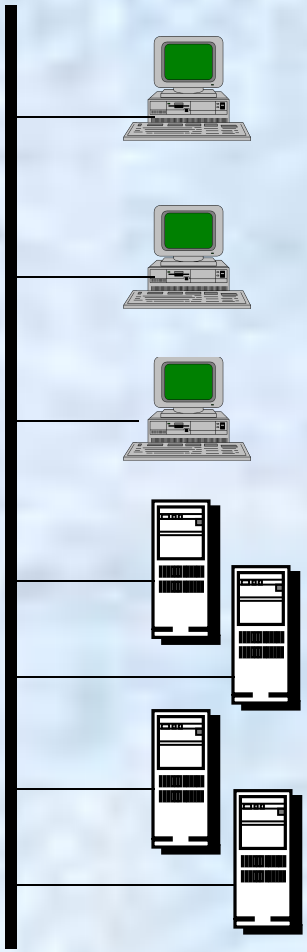
Для быстродействующих мостов **Ethernet - Ethernet** эти скорости приближаются к максимально возможной - 14880 кадров/с

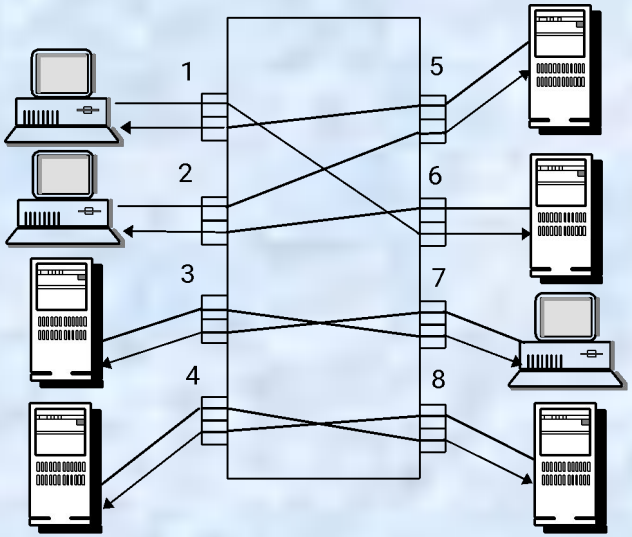
Для моста **Fast Ethernet - Fast Ethernet** максимальная скорость ~148800 к/с

Дополнительные функции моста

- Поддержка алгоритма **Spanning Tree (STA)** - резервные связи
- Соединение сетей с различными протоколами канального уровня (например **Ethernet - Token Ring**)
- Поддержка алгоритма маршрутизации от источника **(Source Routing Bridge)**
- Управляемость
- Установка пользовательских фильтров

Коммутаторы локальных сетей



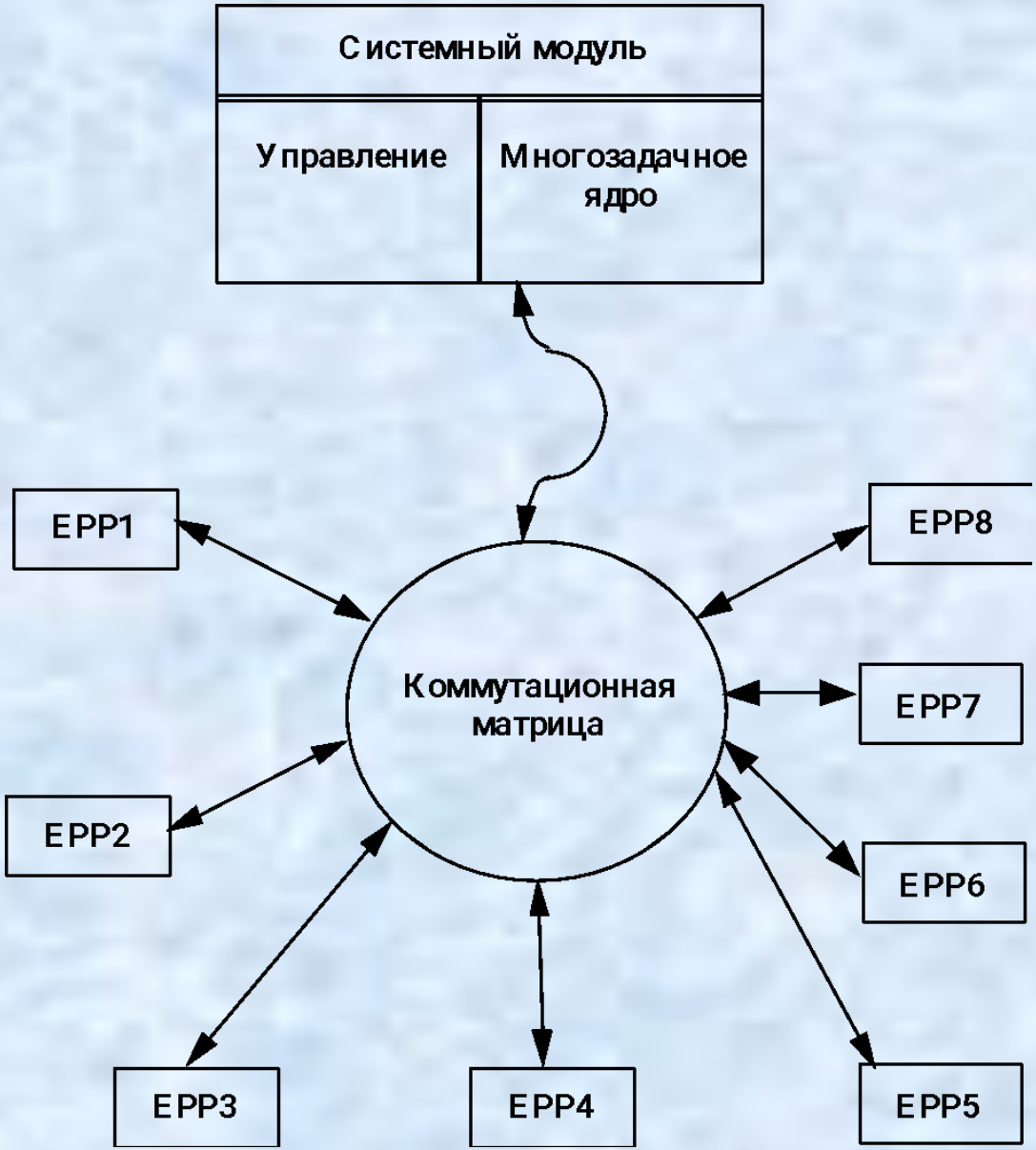


Коммутатор:

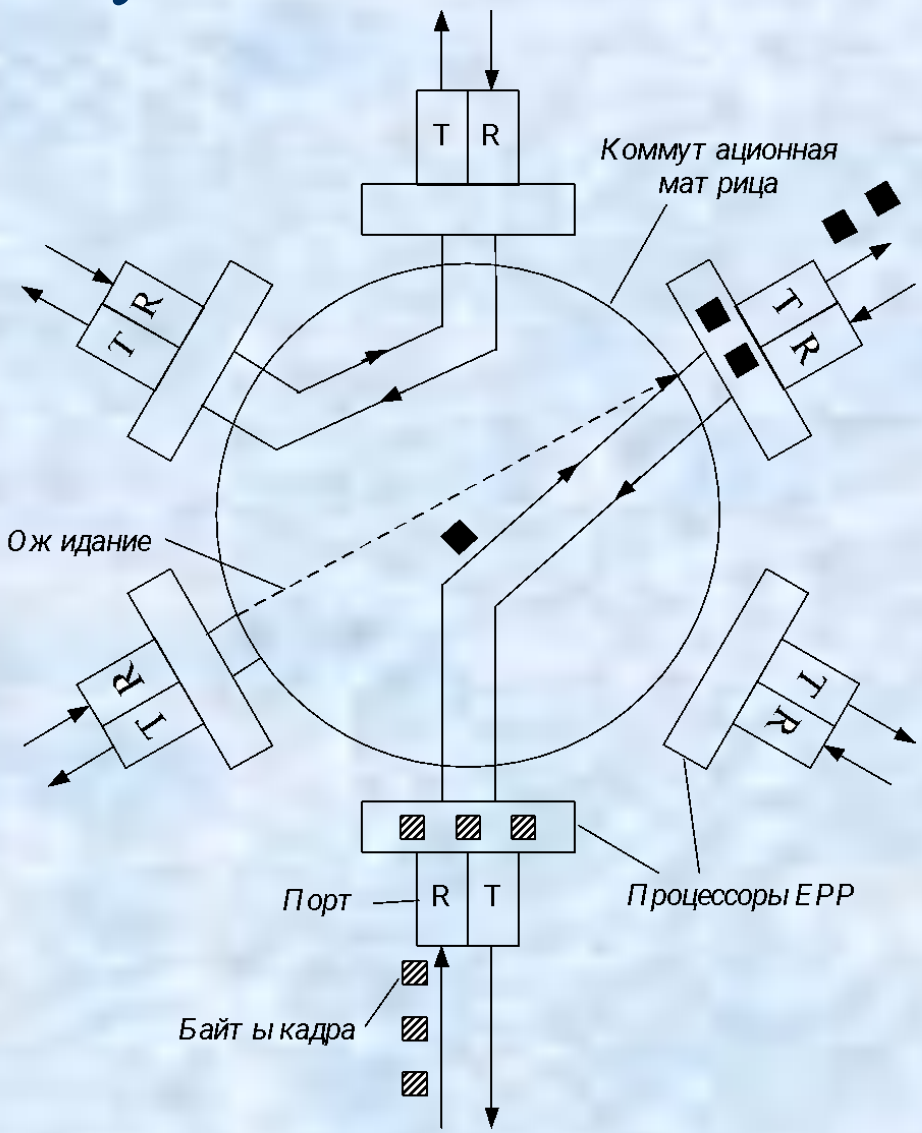
- **параллельная обработка потоков от портов**
- **на станцию приходится 10 Мбит/с**

Разделяемая среда:
на станцию приходится 10 / N Мбит/с

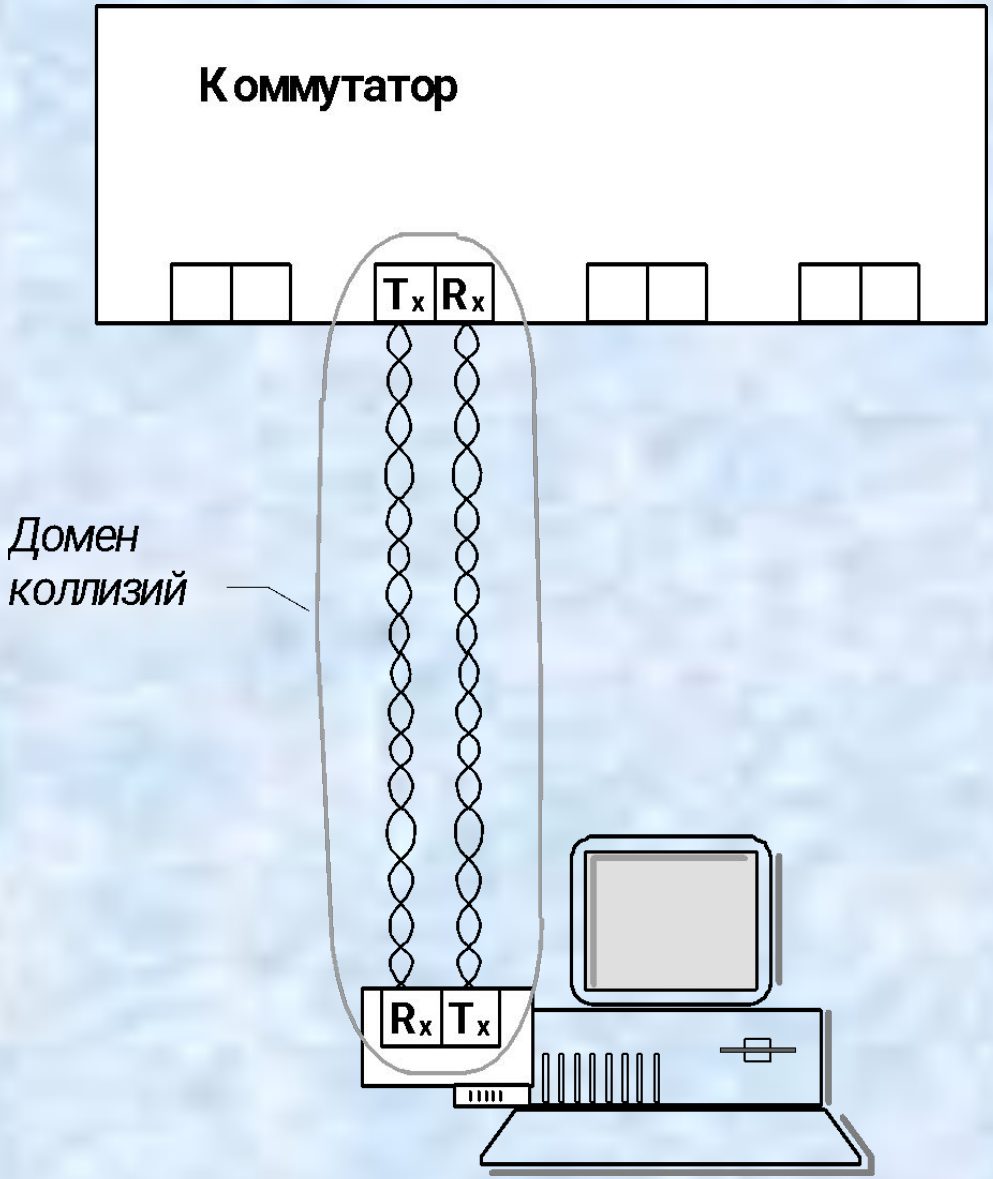
Структура коммутатора Kalpana



Передача кадров через коммутационную матрицу



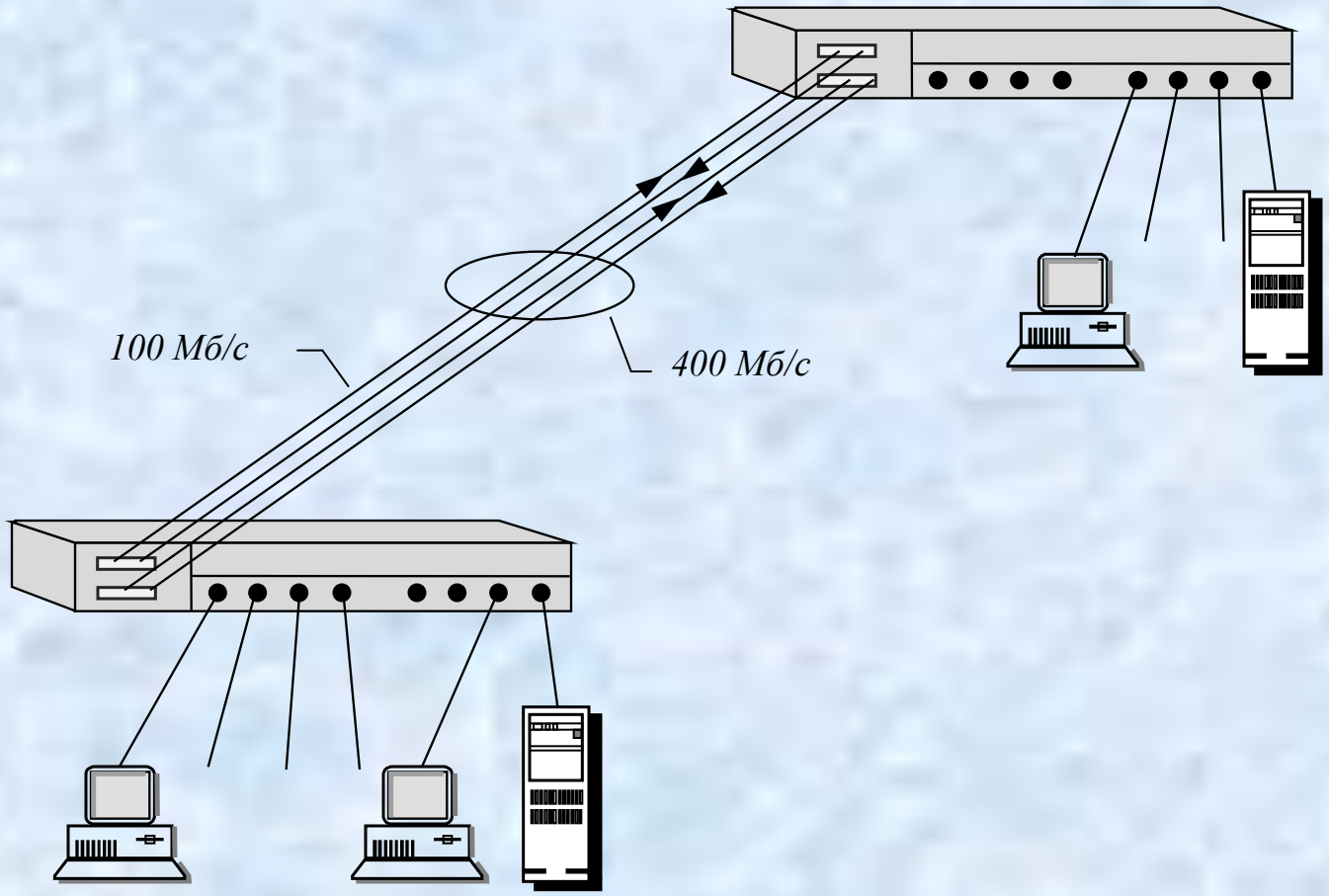
Полудуплексный режим работы порта коммутатора – half duplex



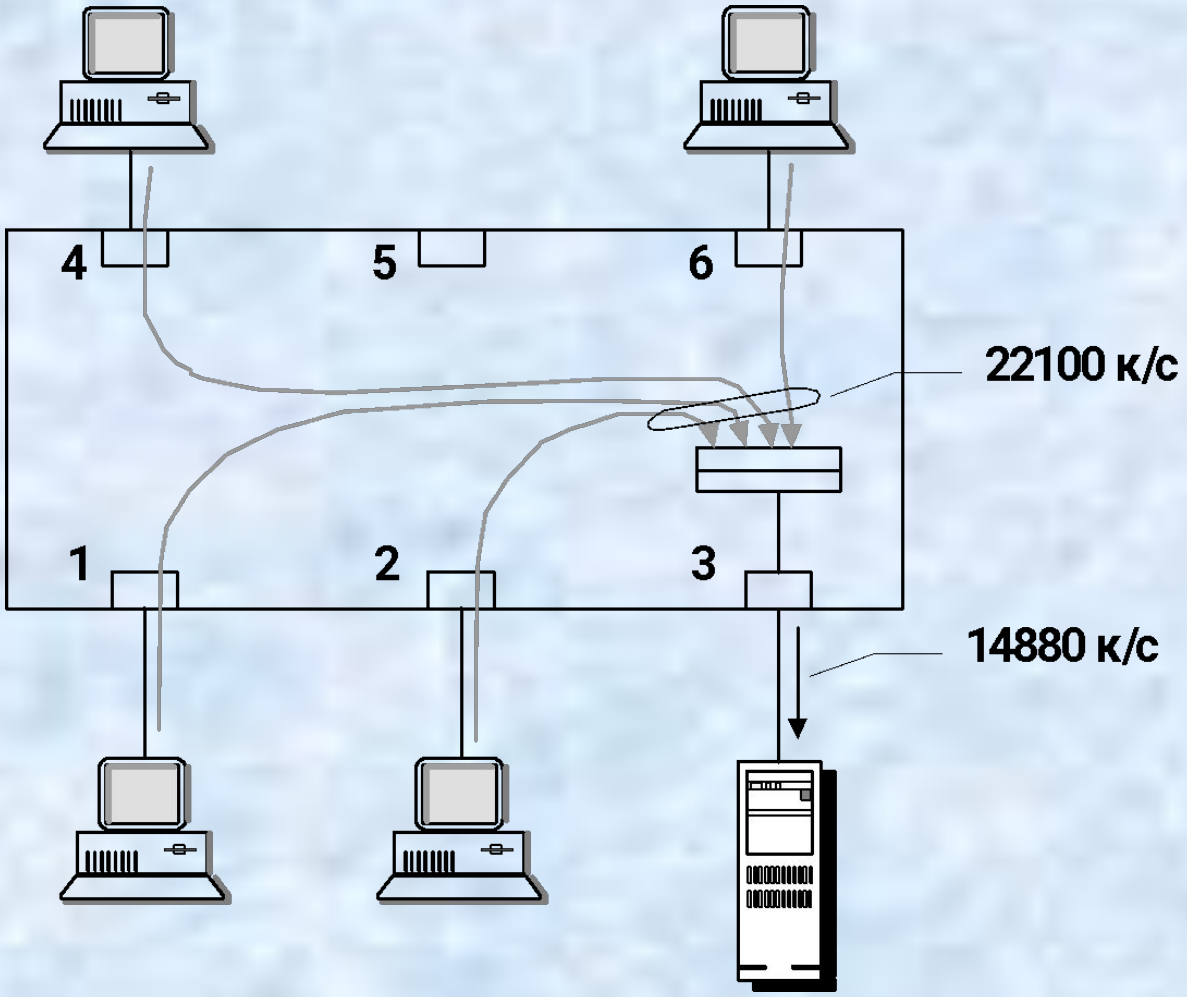
Полнодуплексный режим работы порта коммутатора – full duplex

Одновременная передача кадров в двух направлениях

Транк



Переполнение буфера порта из-за несбалансированности трафика



Управление потоком в коммутаторах

A. В полудуплексном режиме

•Обратное давление (backpressure) – искусственное создание коллизий

Коммутатор использует jam-последовательность, отправляемую на выход порта, к которому подключен сегмент (или узел), чтобы приостановить его активность

• Метод торможения конечного узла - агрессивное поведение коммутатора

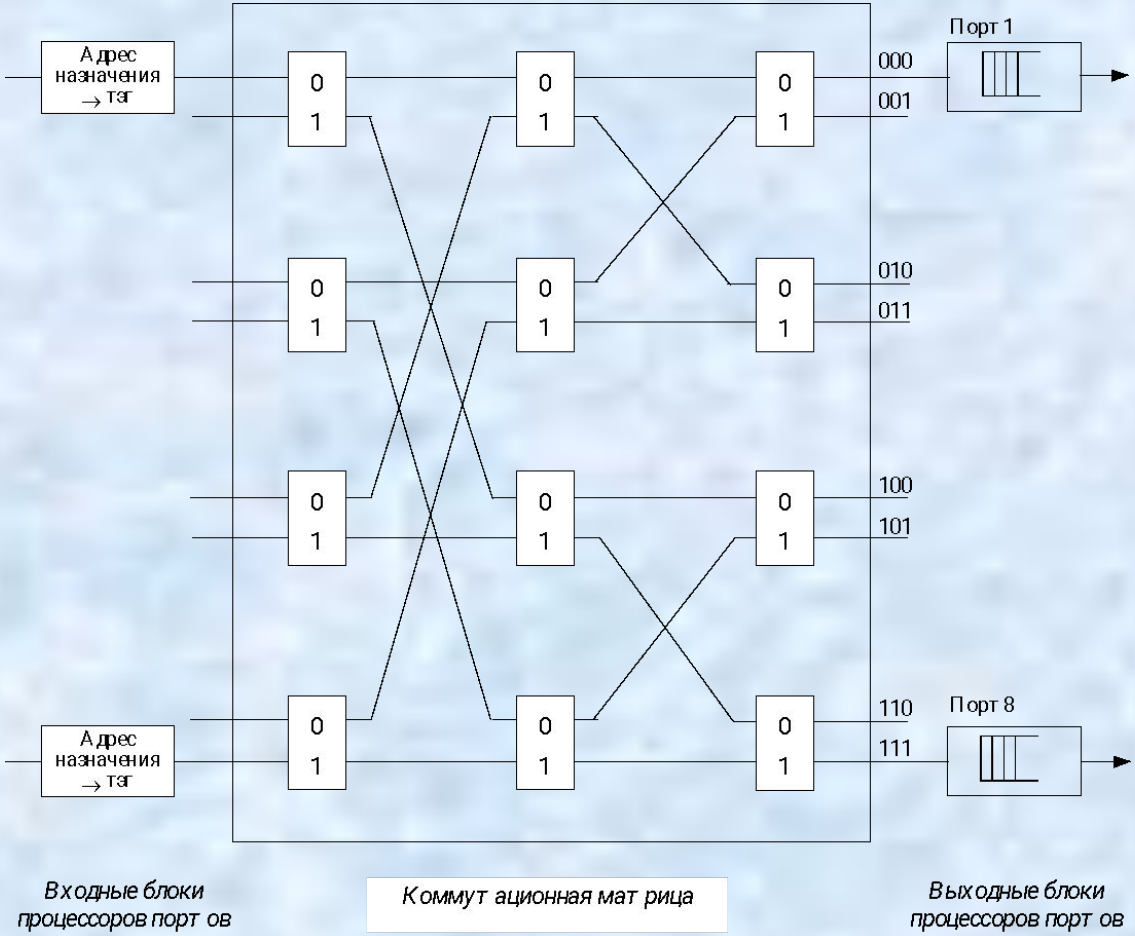
B. В полнодуплексном режиме

•Команды XON - XOFF

XON/XOFF = X-ON/X-OFF (Transmitter On/Transmitter Off) протокол XON/XOFF простейший протокол передачи данных между устройствами по асинхронному соединению.
Символ XON (Ctrl-Q, код ASCII 17) сообщает устройству о начале (возобновлении) передачи данных, XOFF (Ctrl-S, код ASCII 19) приостанавливает её software handshaking

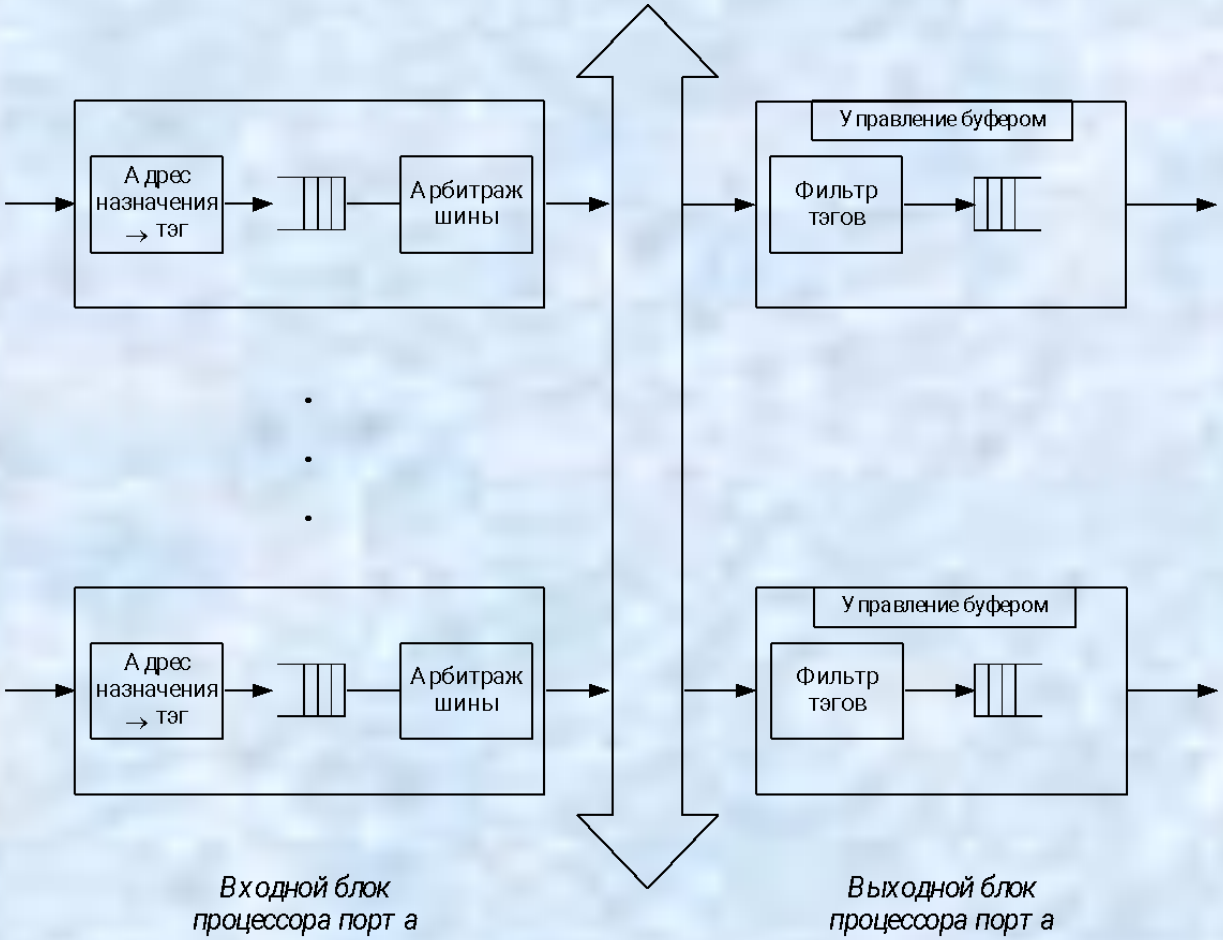
Реализация коммутаторов

1. Коммутационная матрица



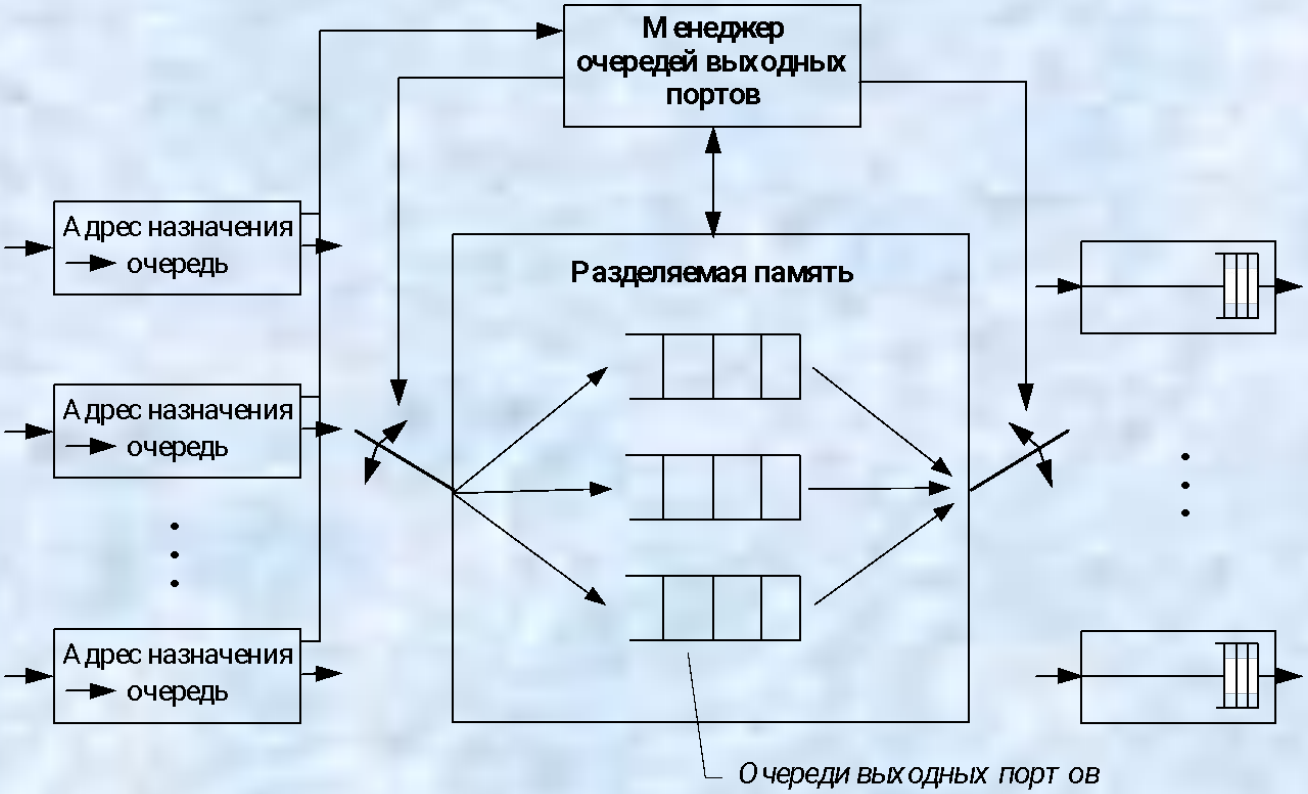
Реализация коммутаторов

2. Общая шина



Реализация коммутаторов

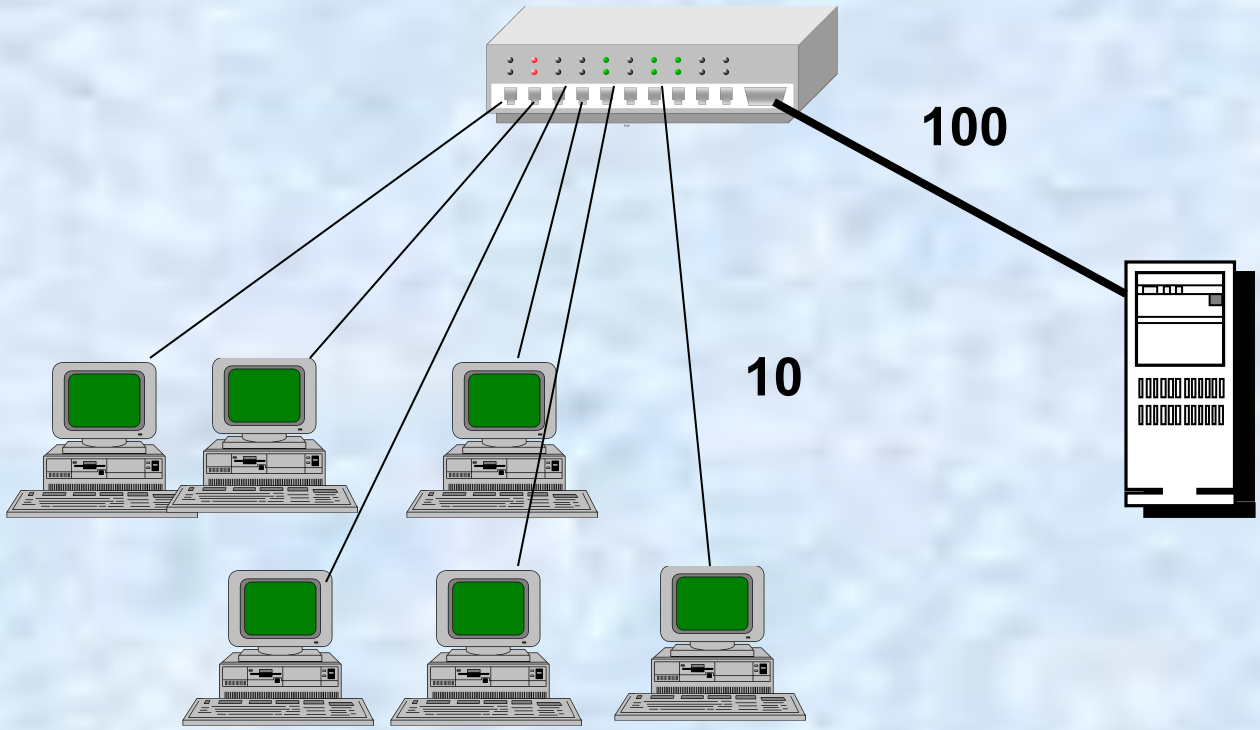
3. Разделяемая память



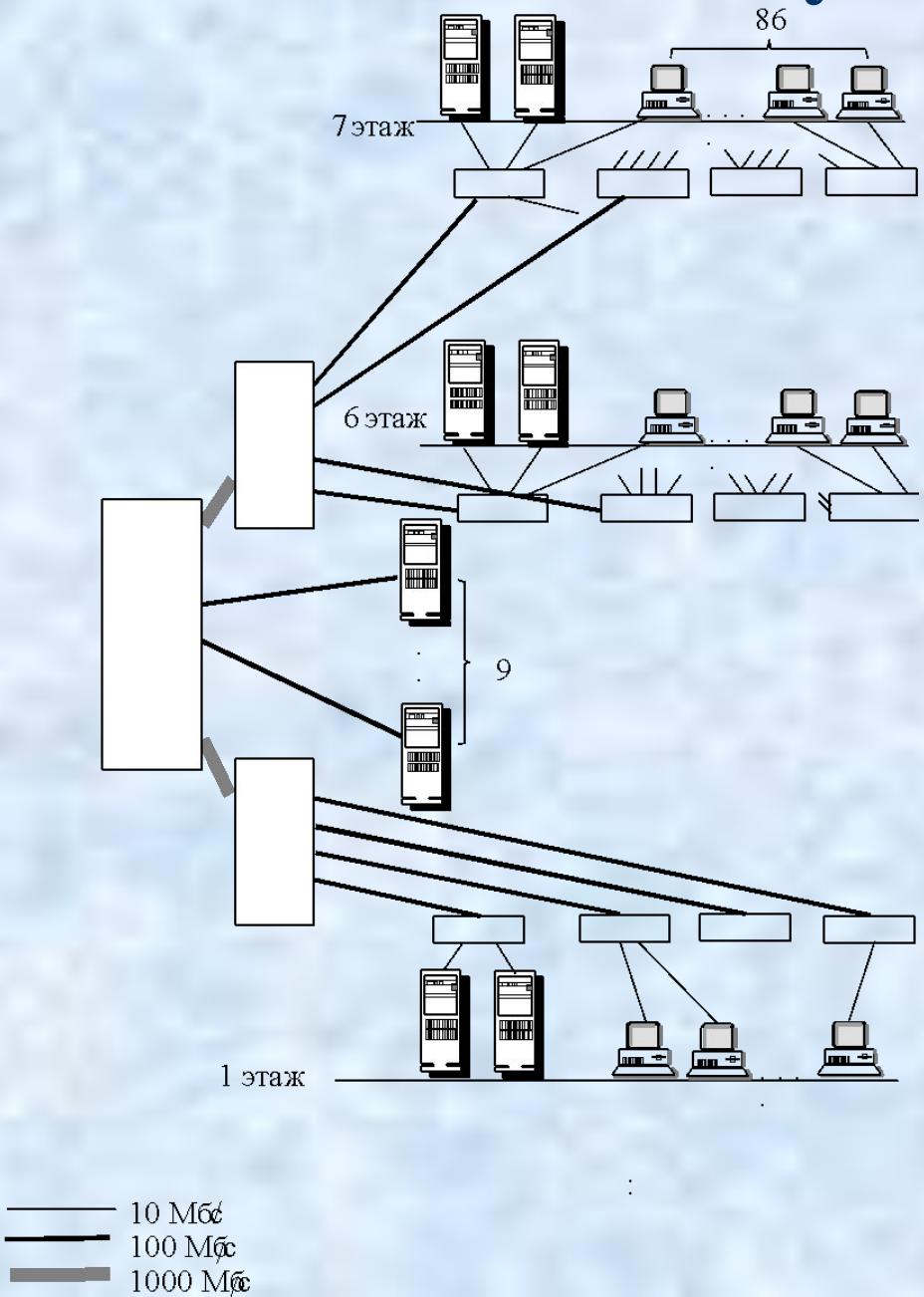
Реализация коммутаторов

4. Комбинированный подход

Применение коммутаторов в рабочих группах



Сеть здания на коммутаторах



Характеристики производительности коммутаторов

- · скорость фильтрации кадров; *[кадри/с]*

  Скорость фильтрации (filtering) определяет скорость, с которой коммутатор выполняет следующие этапы обработки кадров:
  - прием кадра в свой буфер;
  -просмотр адресной таблицы с целью нахождения порта для адреса назначения кадра;
  -уничтожение кадра, так как его порт назначения и порт источника принадлежат одному логическому сегменту

- · скорость продвижения кадров; *[кадри/с]*

  Скорость продвижения (forwarding) определяет скорость, с которой коммутатор выполняет следующие этапы обработки кадров:
  - прием кадра в свой буфер;
  - просмотр адресной таблицы с целью нахождения порта для адреса назначения кадра;
  - передача кадра в сеть через найденный по адресной таблице порт назначения.

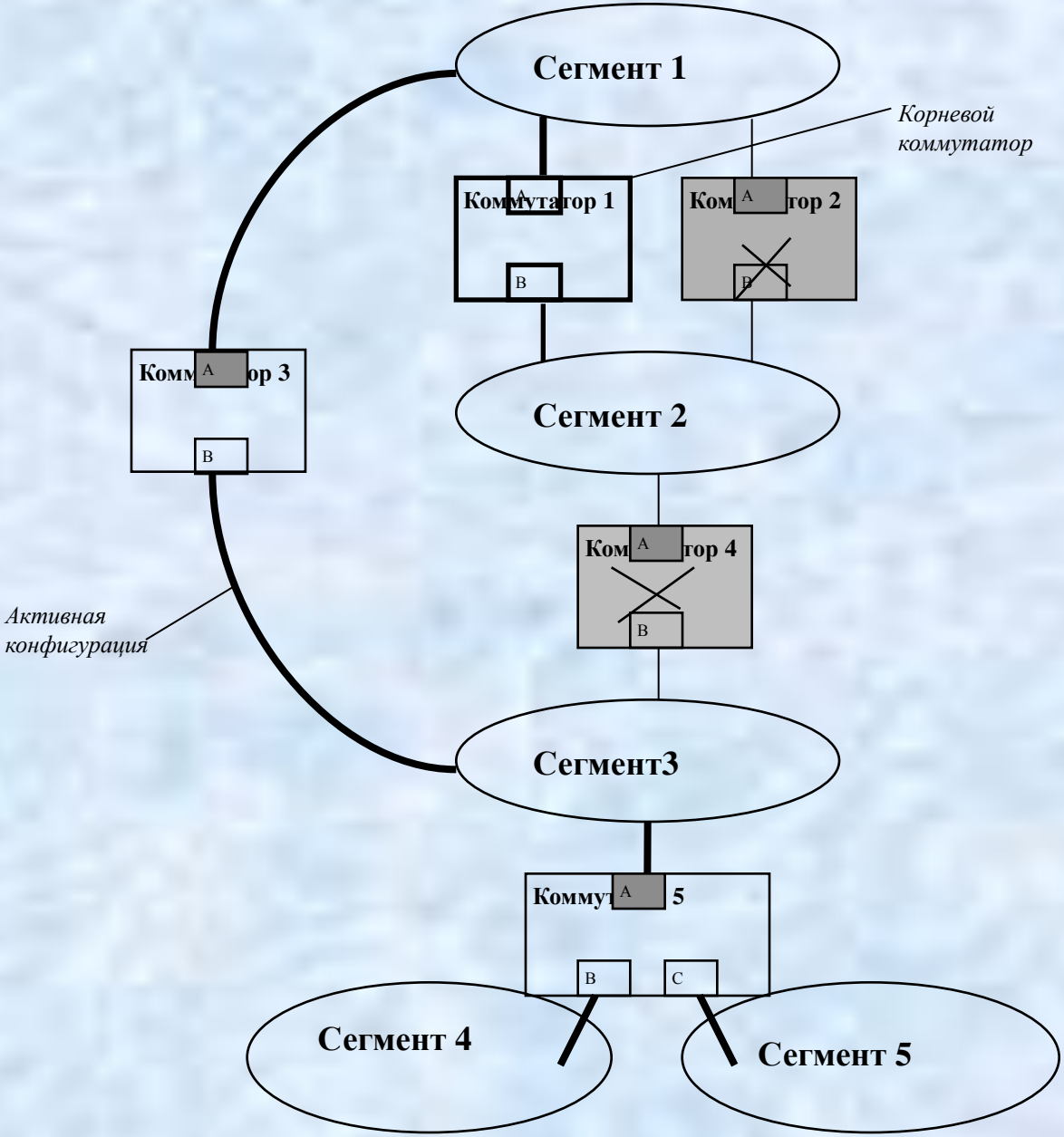
- · пропускная способность; *[Мбит/с]*

  Пропускная способность коммутатора измеряется количеством пользовательских данных (в мегабитах в секунду), переданных в единицу времени через его порты. Обычно производители коммутаторов указывают общую максимальную пропускную способность устройства по всем портам.

- · задержка передачи кадра. *[мкс]*

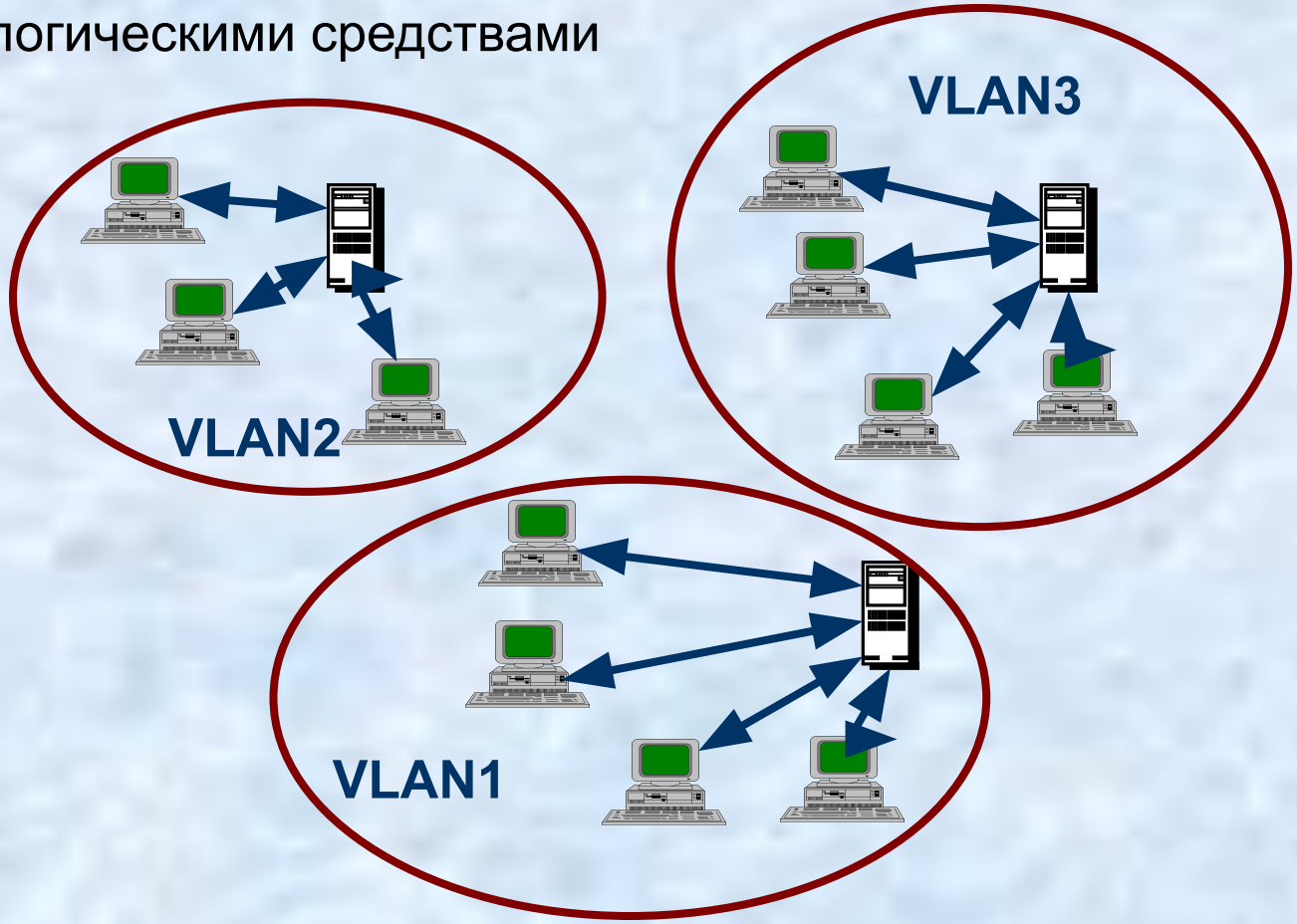
  Задержка передачи кадра измеряется как время, прошедшее с момента прихода первого байта кадра на входной порт коммутатора до момента появления этого байта на его выходном порту. Задержка складывается из времени, затрачиваемого на буферизацию байт кадра, а также времени, затрачиваемого на обработку кадра коммутатором, — просмотра адресной таблицы, принятия решения о фильтрации или продвижении и получения доступа к среде выходного порта.

Алгоритм Spanning Tree



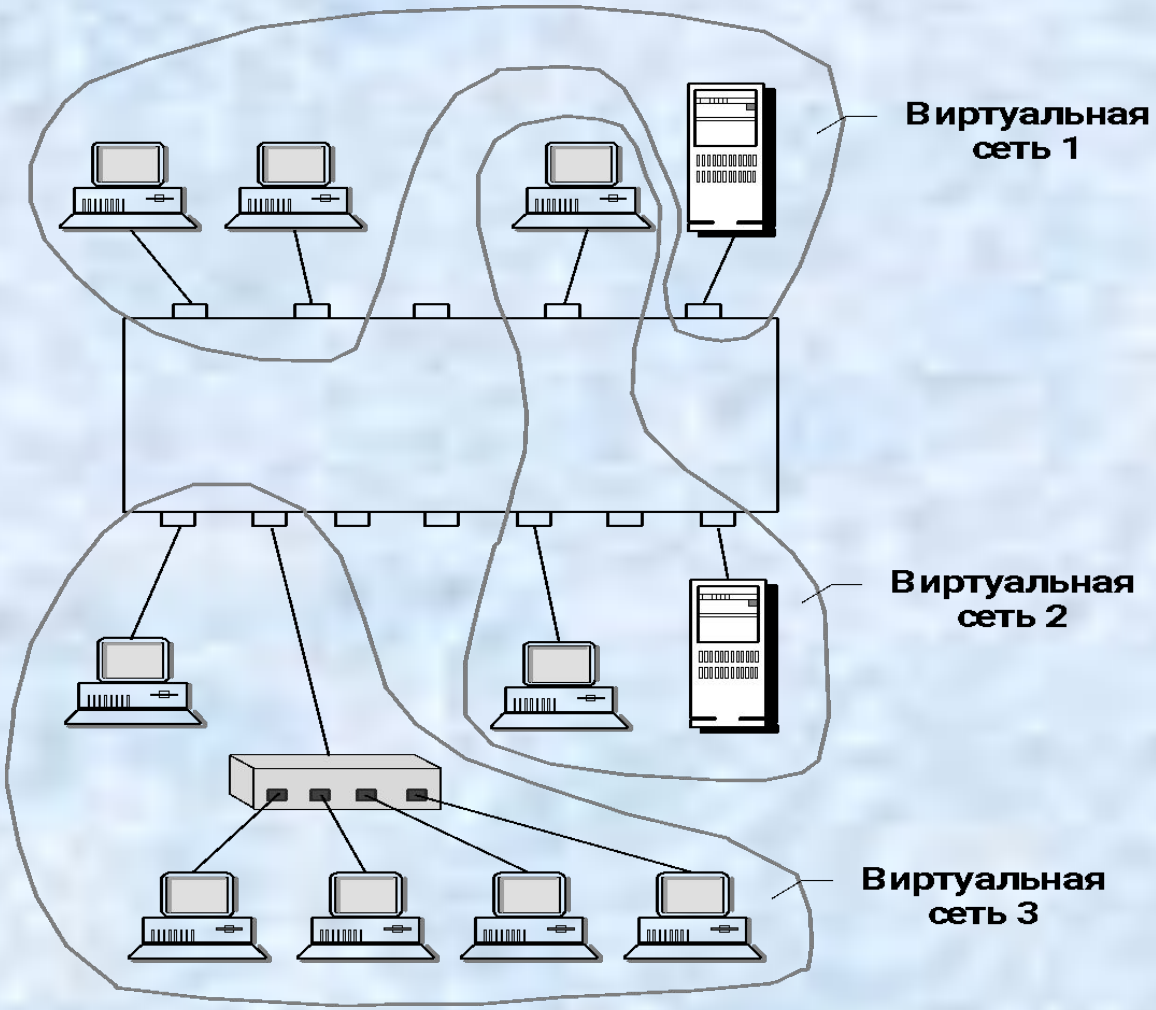
Виртуальные локальные сети Virtual LAN, VLAN

Цель: построение полностью изолированных подсетей логическими средствами



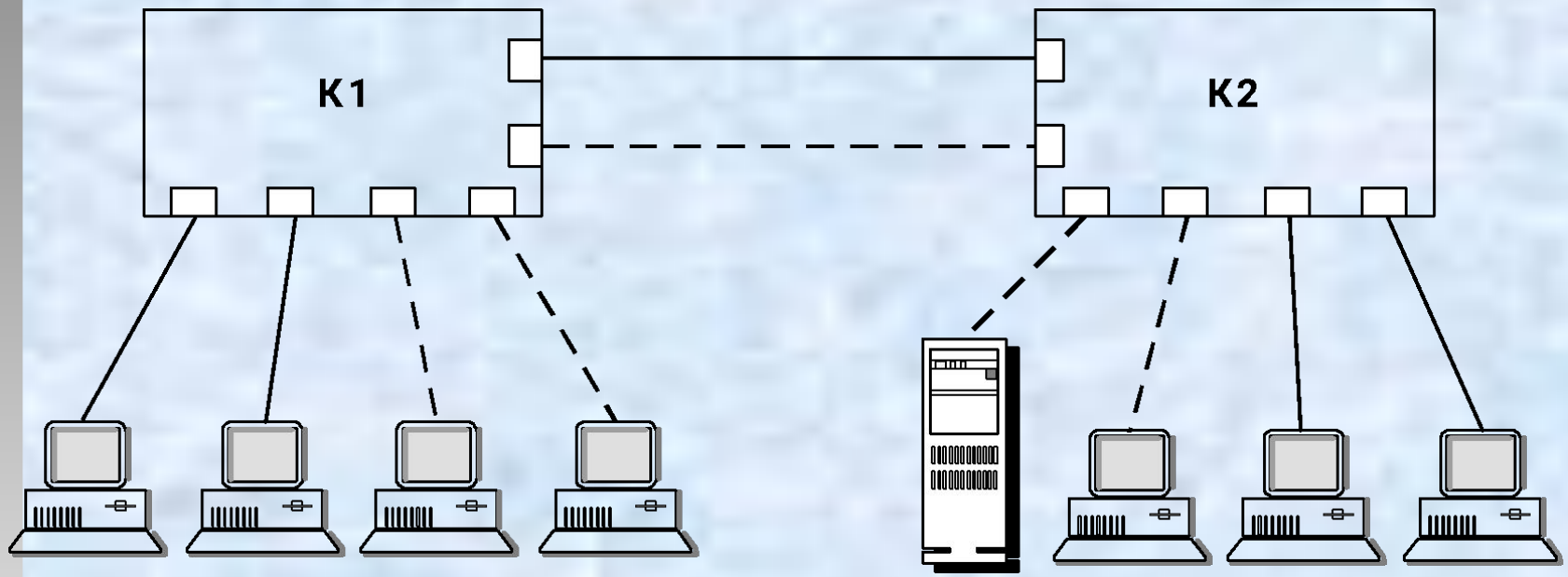
VLAN – домен распространения бродкастов

VLAN на одном коммутаторе



Задание VLAN – группировка портов

VLAN на нескольких коммутаторах



Проблема задания VLAN на нескольких коммутаторах с помощью группировки портов:
сколько VLAN – столько портов для межсоединений

VLAN на нескольких коммутаторах

Способы решения проблемы:

1. Группировка MAC-адресов – большой объем ручной работы в крупных сетях
2. Использование меток:
   - Фирменные решения
   - Стандарт IEEE 802.1 Q/p

	3 бита	12 бит	
Заголовок Ethernet	Priority	N VLAN	Data

поля 802.1 Q/p

Сетевые адаптеры

1. Gigabit Ethernet TP - $200
2. Gigabit Ethernet FO - $450
3. 10/100 TP – $20-30

Концентраторы

1. Рабочие группы – 10 Мбит/с, standalone, $8-10 за порт
2. Рабочие группы – 100 Мбит/с, standalone, $15-20 за порт
3. Стековые – 10 Мбит/с,

Коммутаторы 2 уровня

1. 10 Мбит/с Standalone – $20-30
2. 10/100 TP Standalone – $30 – 50
3. Стековые 10/100 - $50 -100

Коммутаторы 3 уровня

- Порты 10/100 TP с поддержкой QoS – $250 – 300
- Порты GE TP - $1000
- Порты GE SX - $2000