

Лекция

Коммутаторы пакетов

Технологии локальных сетей

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



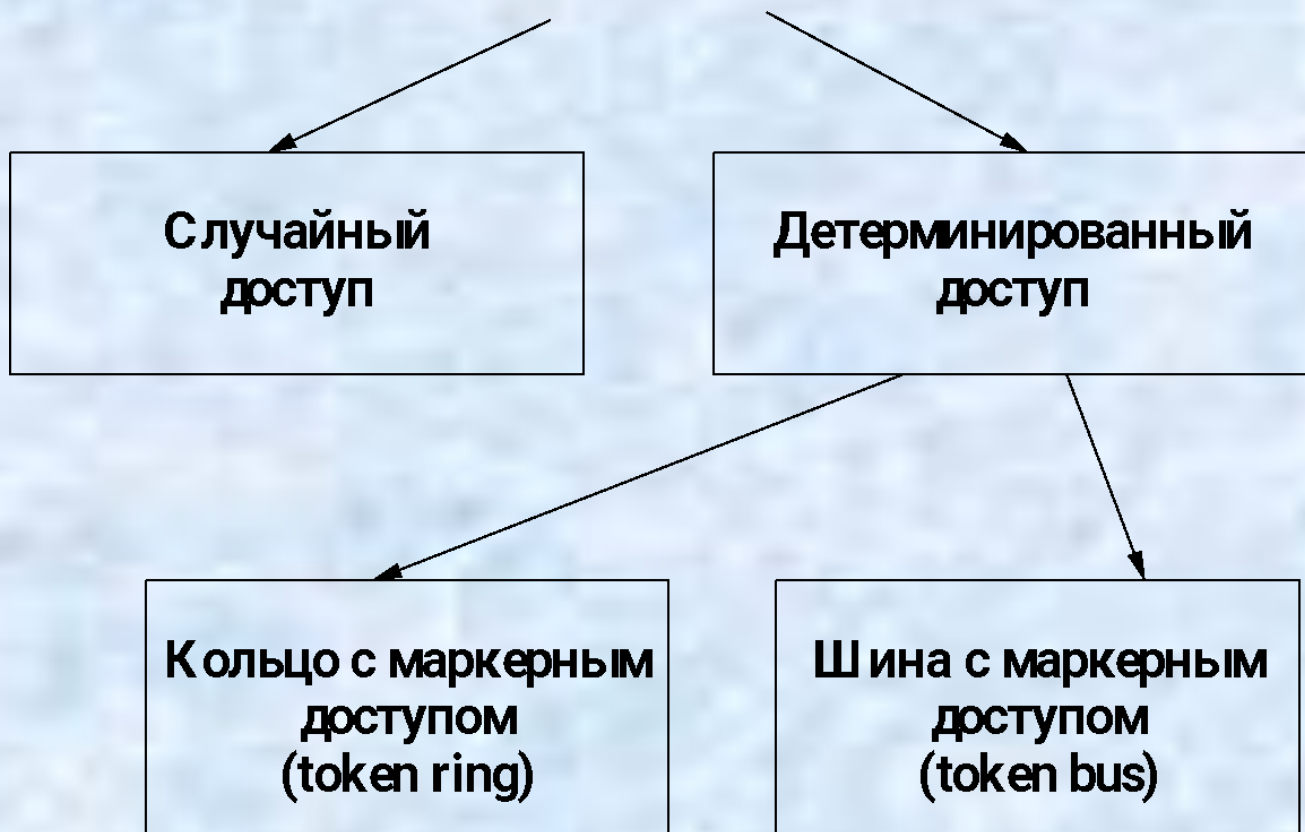
Технологии локальных сетей

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

– много общего:

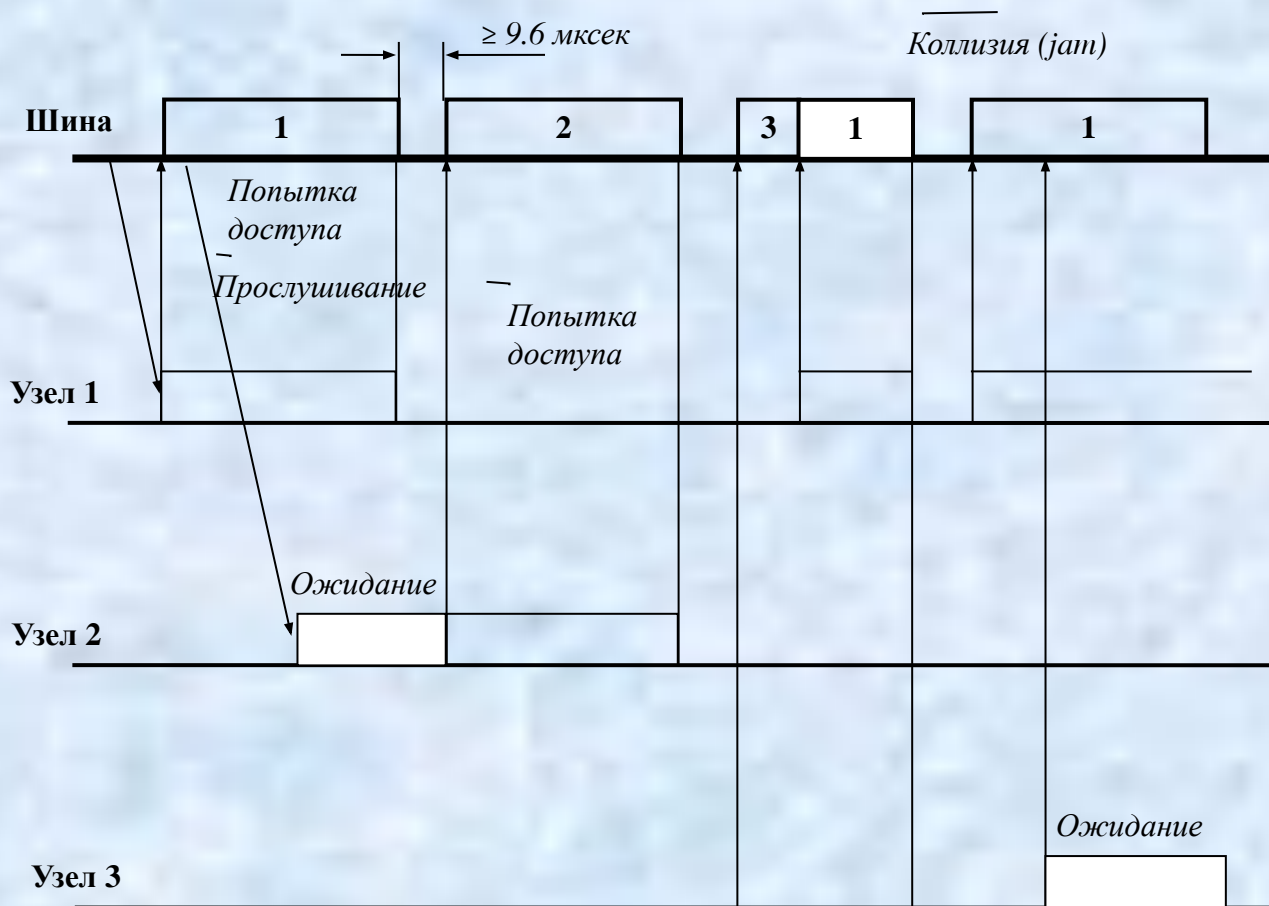
- Расстояния между узлами сети: 100 м – 2000 м
- Единый формат адреса – 6 байт, уникальность обеспечивается производителем сетевого адаптера
- Разделяемая среда для конечных узлов (компьютеров) – использование методов доступа Media Access Control (MAC)
- Качественные кабели для связи компьютеров:
 - 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 МАС)



Метод случайного доступа Ethernet

Ориентирован на среду типа "общая шина"

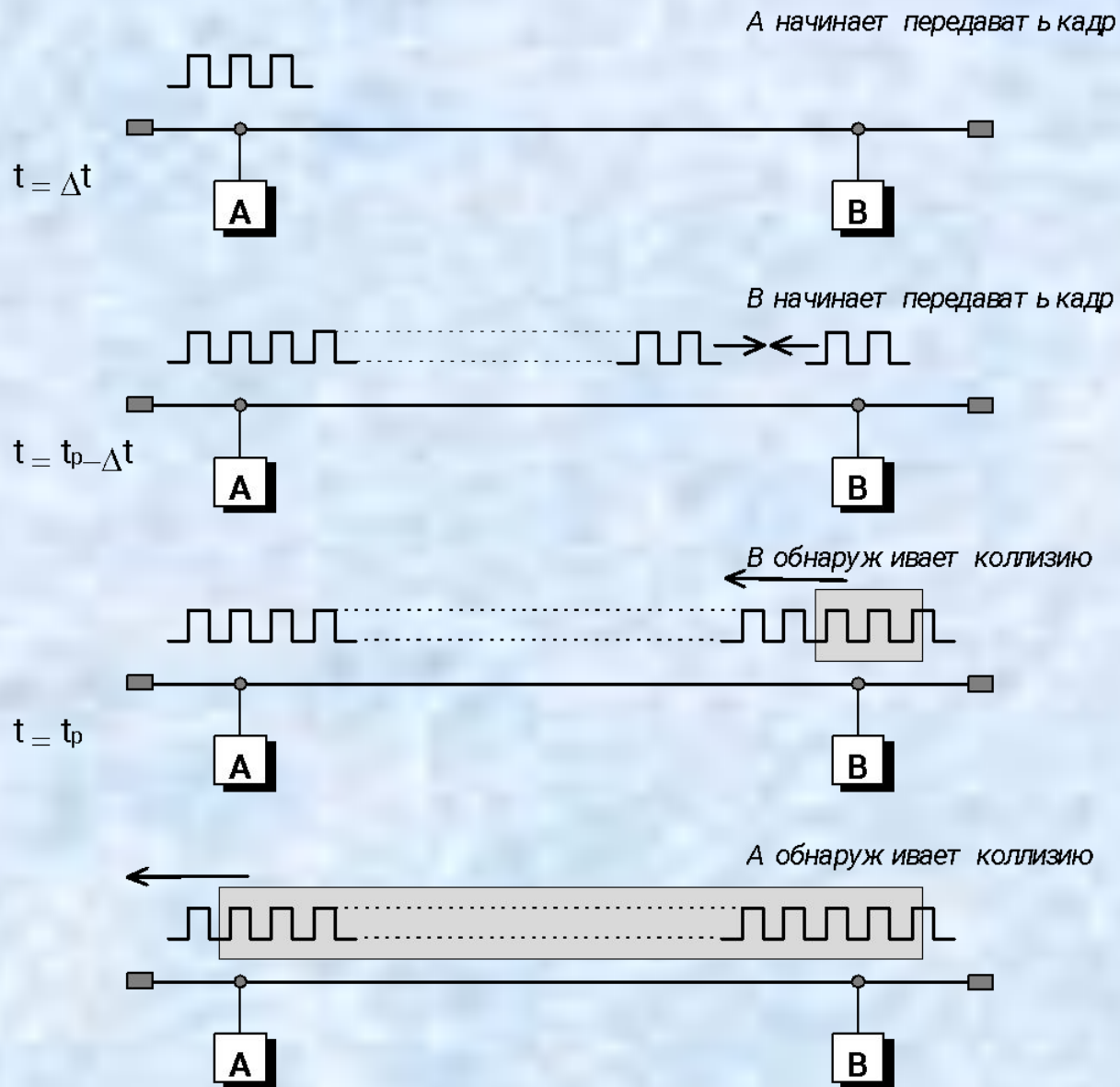


Пауза = $L \times$ Интервал отсрочки

$L \rightarrow [0, 2^N]$, N - номер попытки, $N \leq 10$

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

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 \Rightarrow дешевая и надежная аппаратура*
- ◆ *возможность широковещательной передачи пакетов*

Недостатки:

- большие потери из-за коллизий и ожиданий при нагрузке сети > 50 %*
- ограниченная длина сети:
 $2 \times (\text{время распространения сигнала между узлами}) \leq$
время передачи кадра – иначе коллизия может быть не связана с передачей своего кадра!*

Форматы кадров Ethernet

Кадр Ethernet DIX (II)

6	6	2	4	6-15	00		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	4	6-15	00		4	
DA	SA	L		Data			FCS	

Длина кадра

Кадр 802.3/ LLC – стандарт IEEE

6	6	2	1		1	1(2)	46-14	97	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,
стандартизирующей значения
поля T,

Код IEEE – 00 00 00

Тип протокола,
которому предназначены
данные



Типы адресов Ethernet

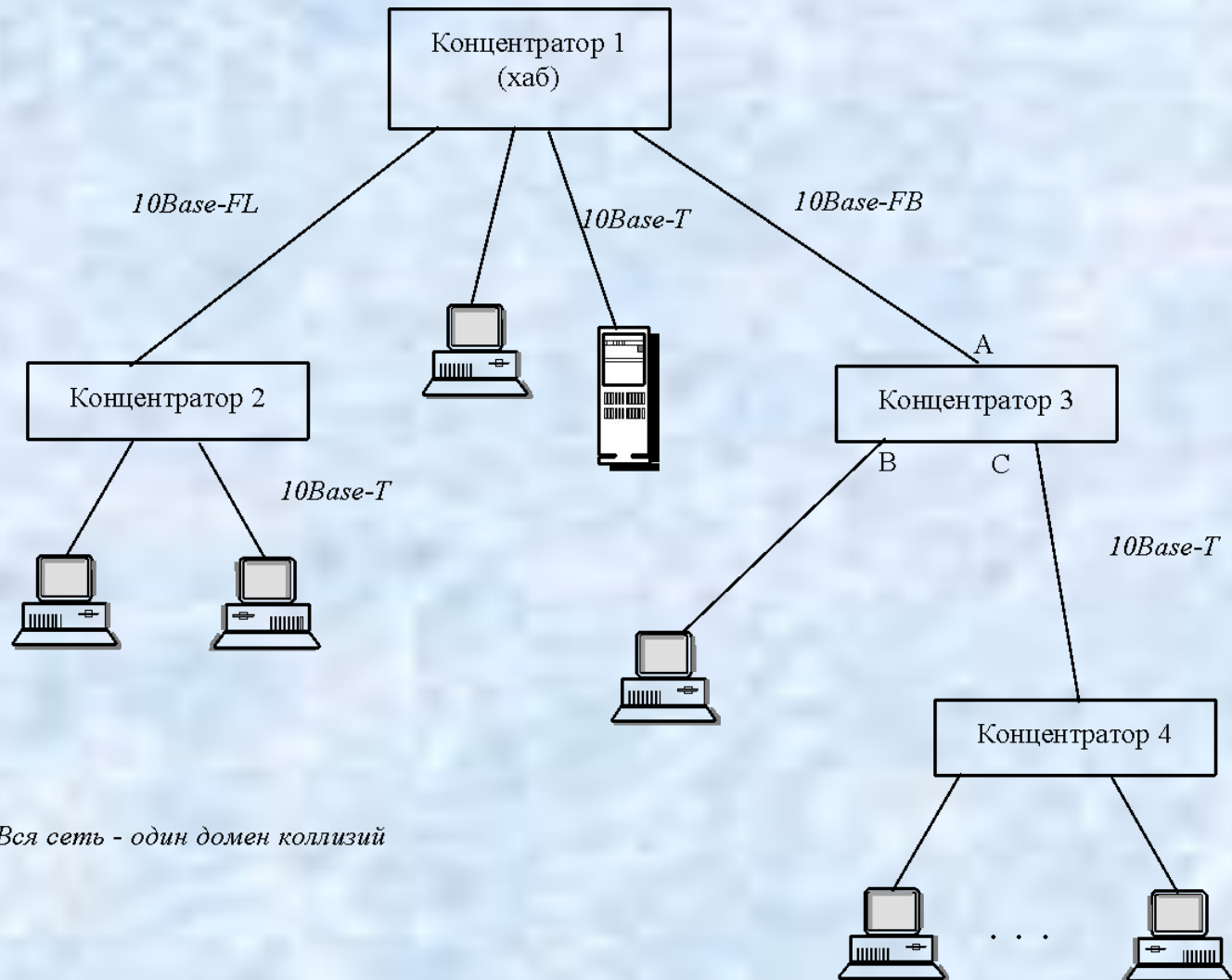
- ◆ индивидуальный - unicast (0 в старшем разряде)
- ◆ широковещательный - broadcast (11...1111)
- ◆ групповой - multicast (10.....)

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

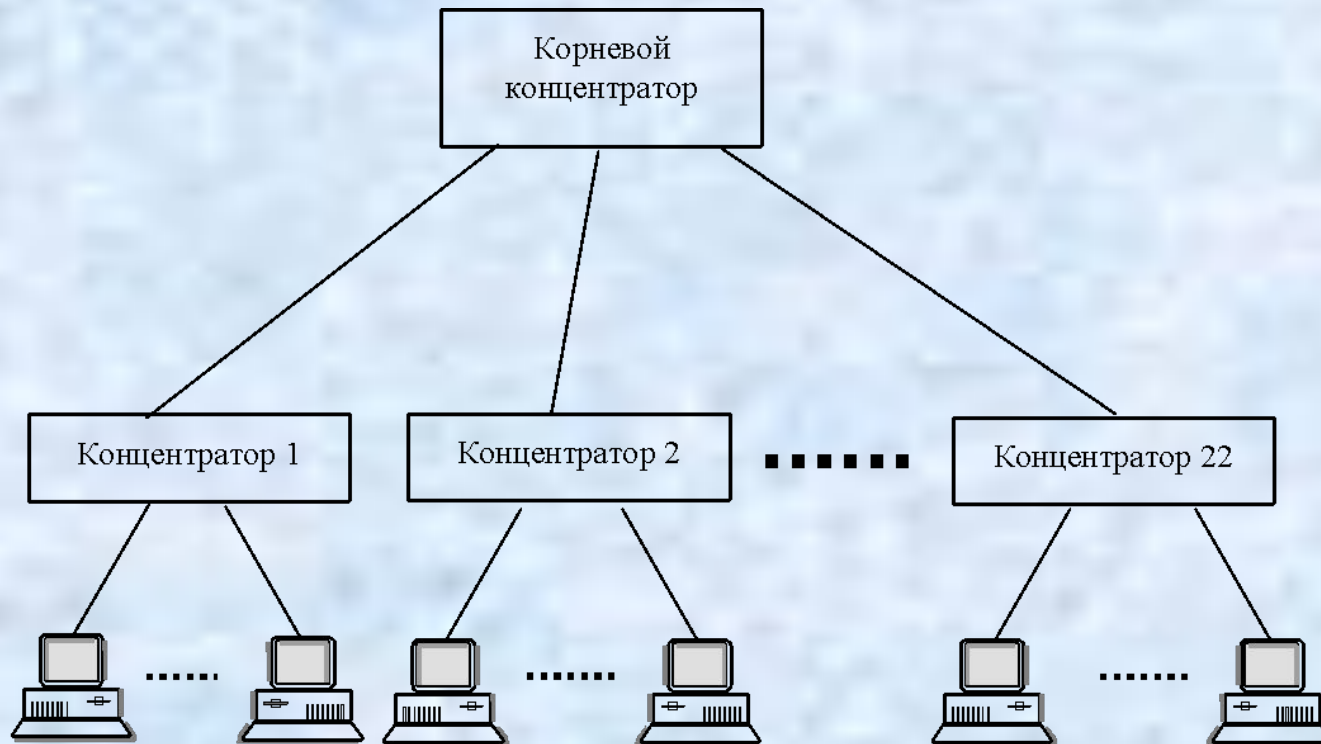
Тип кадра	Сетевые протоколы
Ethernet II	IPX, IP, AppleTalk Phase I
Ethernet 802.3	IPX
Ethernet 802.2	IPX, FTAM
Ethernet SNAP	IPX, IP, AppleTalk Phase II

Иерархическое соединение концентраторов Ethernet

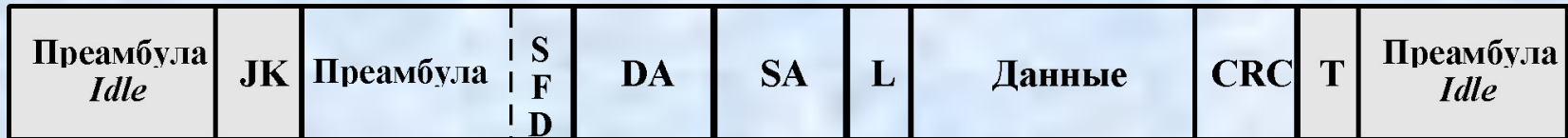


Вся сеть - один домен коллизий

Узлы в сети Ethernet на концентраторах



Формат кадра Fast Ethernet



— *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

Ф
И
з
и
ч
ес
к
и
й
у
р
о
ве
н
ь
-

Ethernet

10Base-5

10Base-2

10Base-T

10Base-FL

10Base-FB

Fast Ethernet

100Base-TX

100Base-T4

100Base-FX

Gigabit Ethernet

1000Base-SX

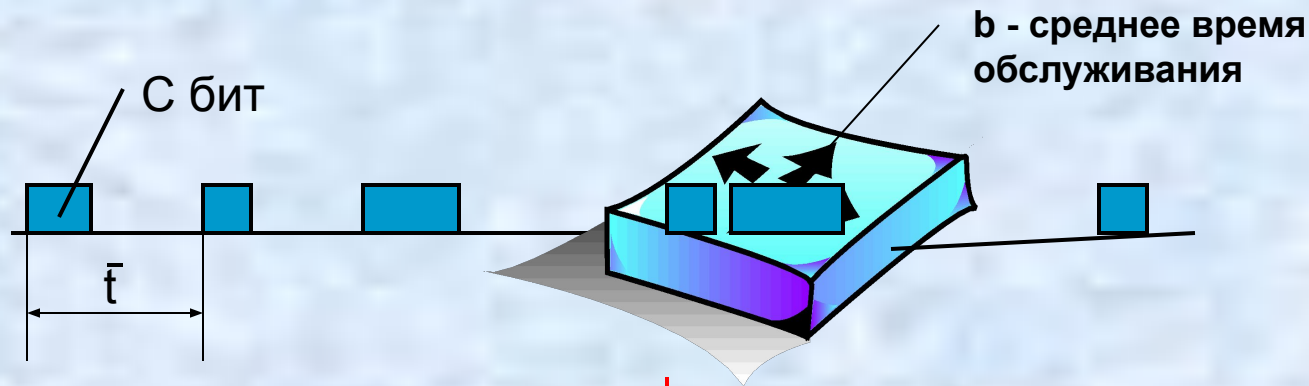
1000Base-LX

1000Base-TX

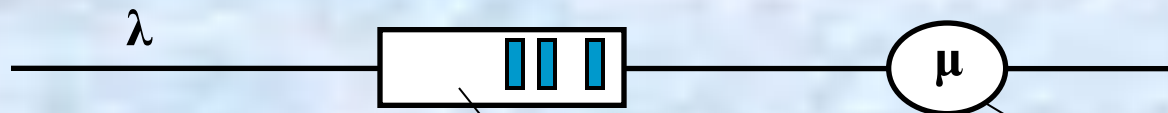
**10GB – стандарт активно
разрабатывается, область
применения – магистрали
глобальных сетей
Конкурент SDH**

Алгоритмы управления очередями

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



Модель M|M|1



$\lambda = 1/\bar{t}$ - интенсивность поступления заявок-пакетов в обслуживающий прибор, скорость поступления данных $\lambda \times C$
 $\mu = 1/b$ - интенсивность выхода заявок-пакетов из обслуживающего прибора, b - среднее время продвижения пакета

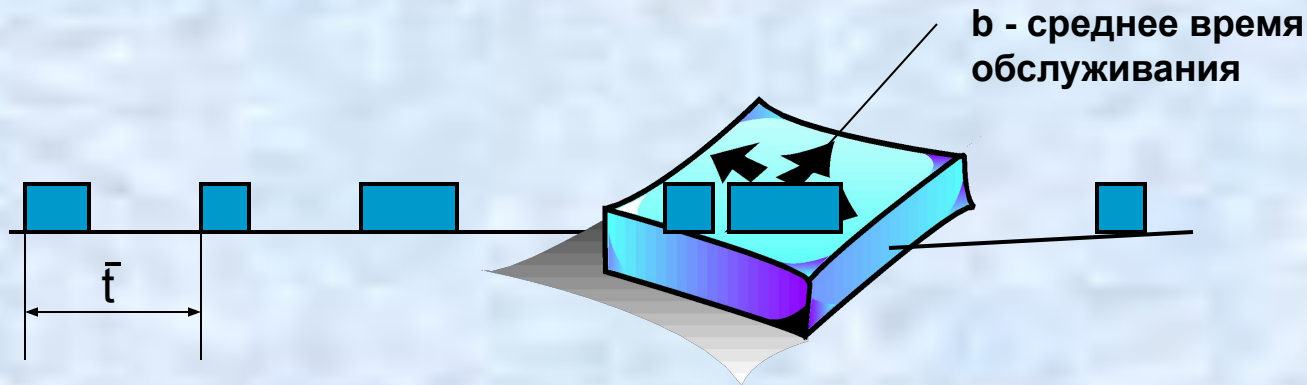
Очередь заявок-пакетов

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

Обслуживающий прибор - процессор маршрутизатора

Алгоритмы управления очередями

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



При экспоненциальном распределении времен поступления пакетов

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

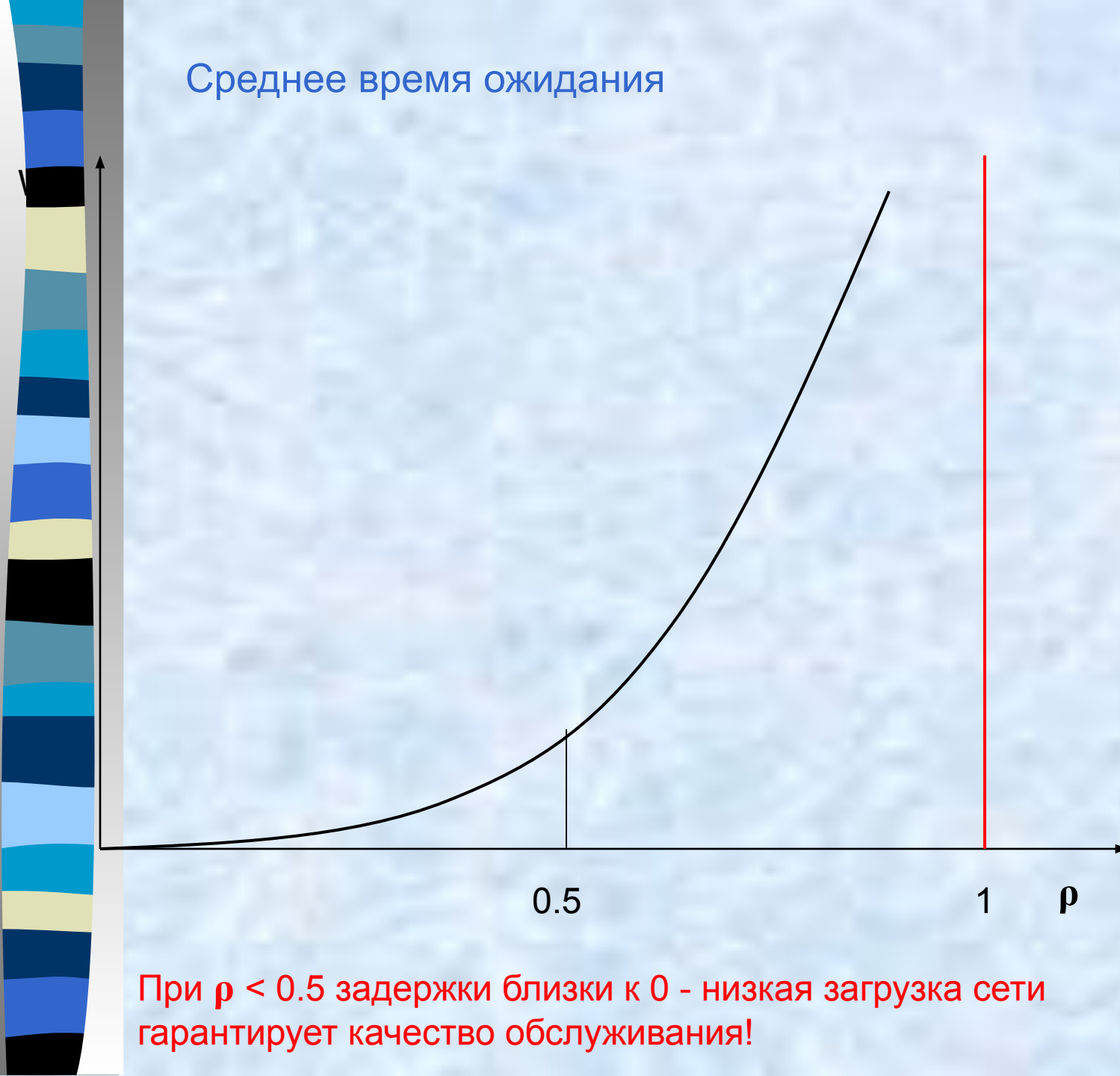
и экспоненциальном распределении времени обслуживания

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

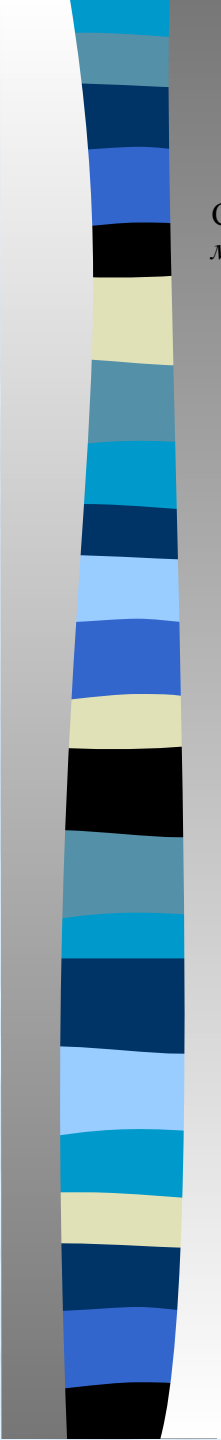
среднее время ожидания W равно

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

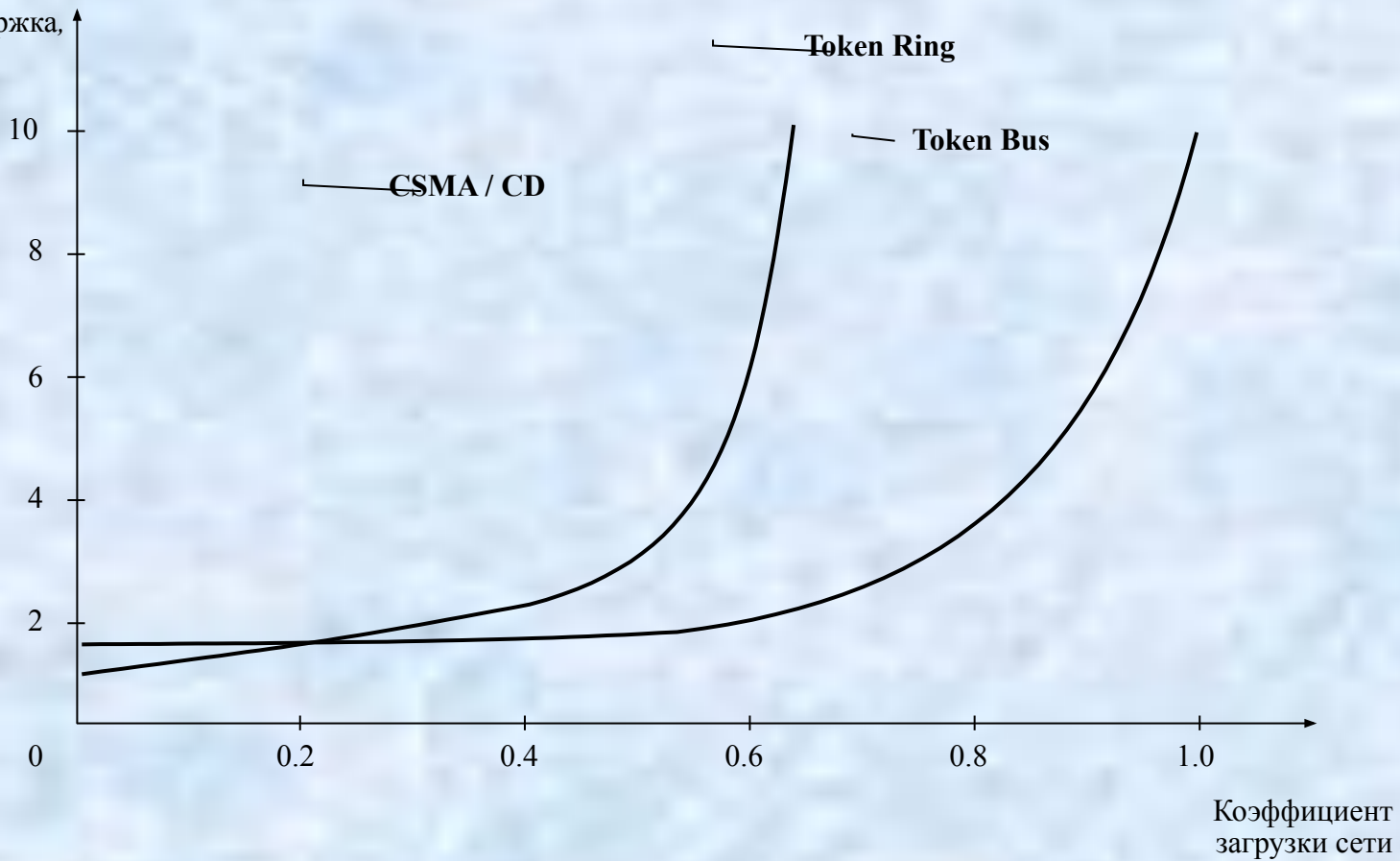
Среднее время ожидания



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



Средняя задержка,
мс



Кoeffициент
загрузки сети



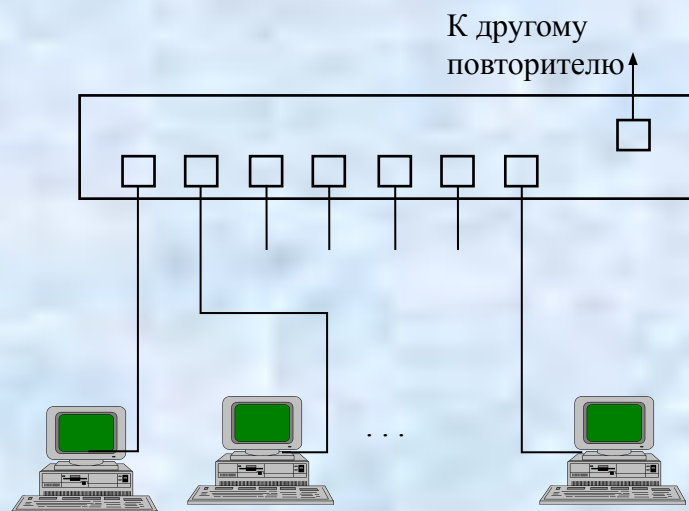
Активное оборудование физического и канального уровней локальных сетей

- ◆ **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 повторяют (и, как правило, улучшает их электрические характеристики: форму, мощность) сигналы, пришедшие на вход одного из портов:

- ◆ на всех остальных портах (Ethernet)
- ◆

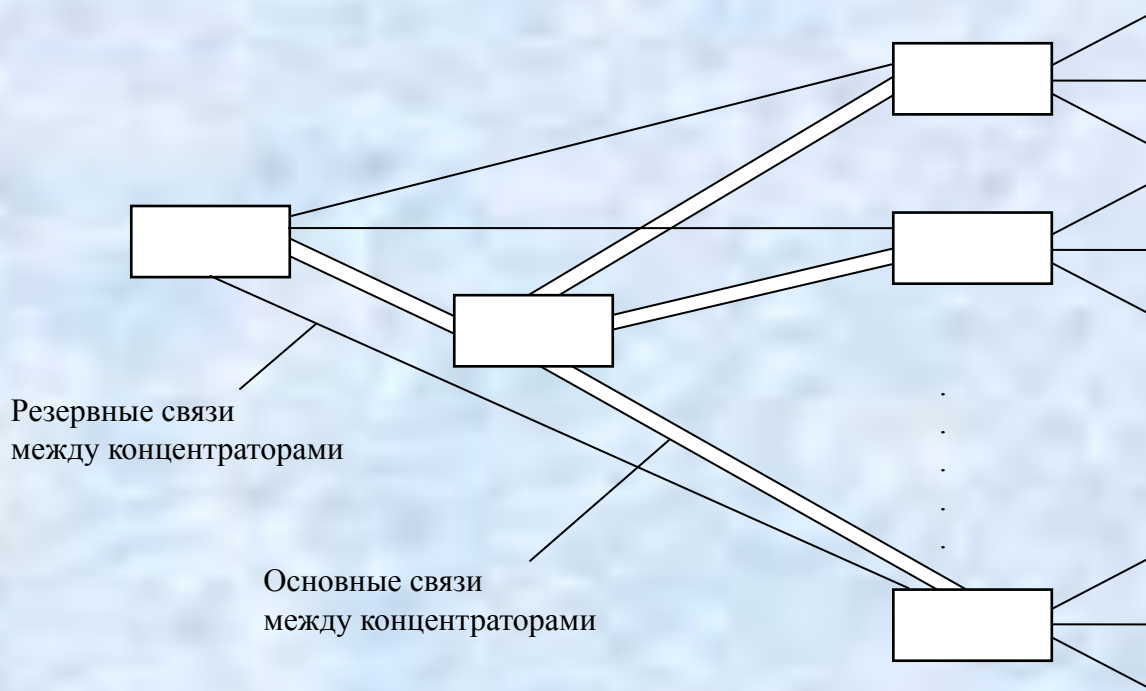


Концентратор: повторитель + дополнительные функции

Дополнительные функции концентраторов

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

Поддержка резервных связей:



Конструктивы коммуникационных устройств

Стек устройств

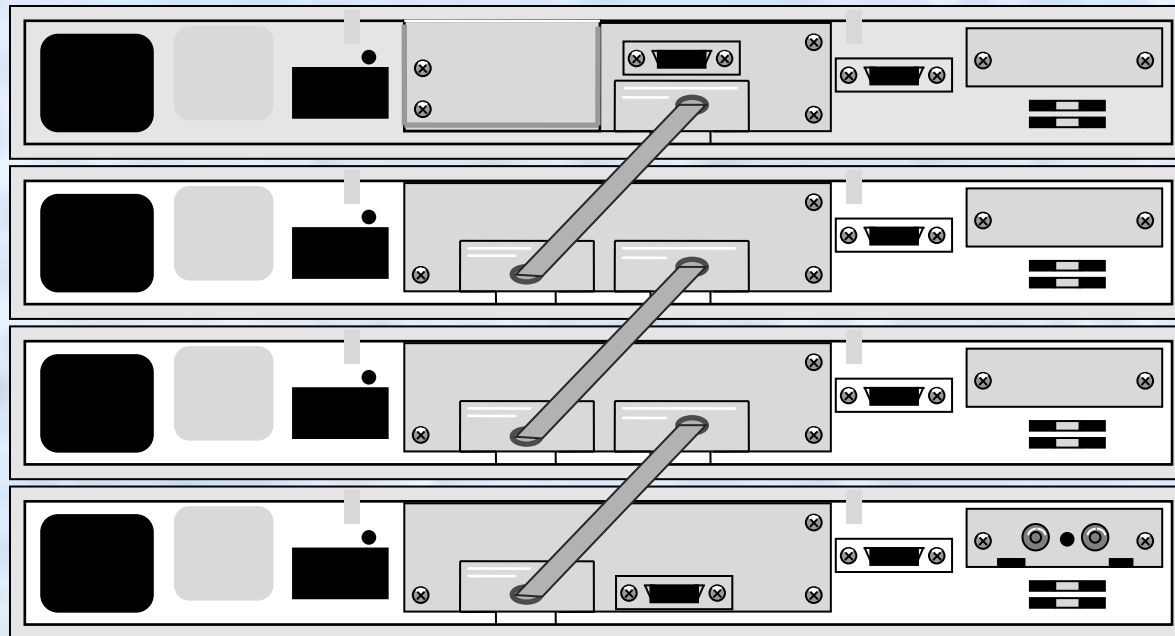


Шасси



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*

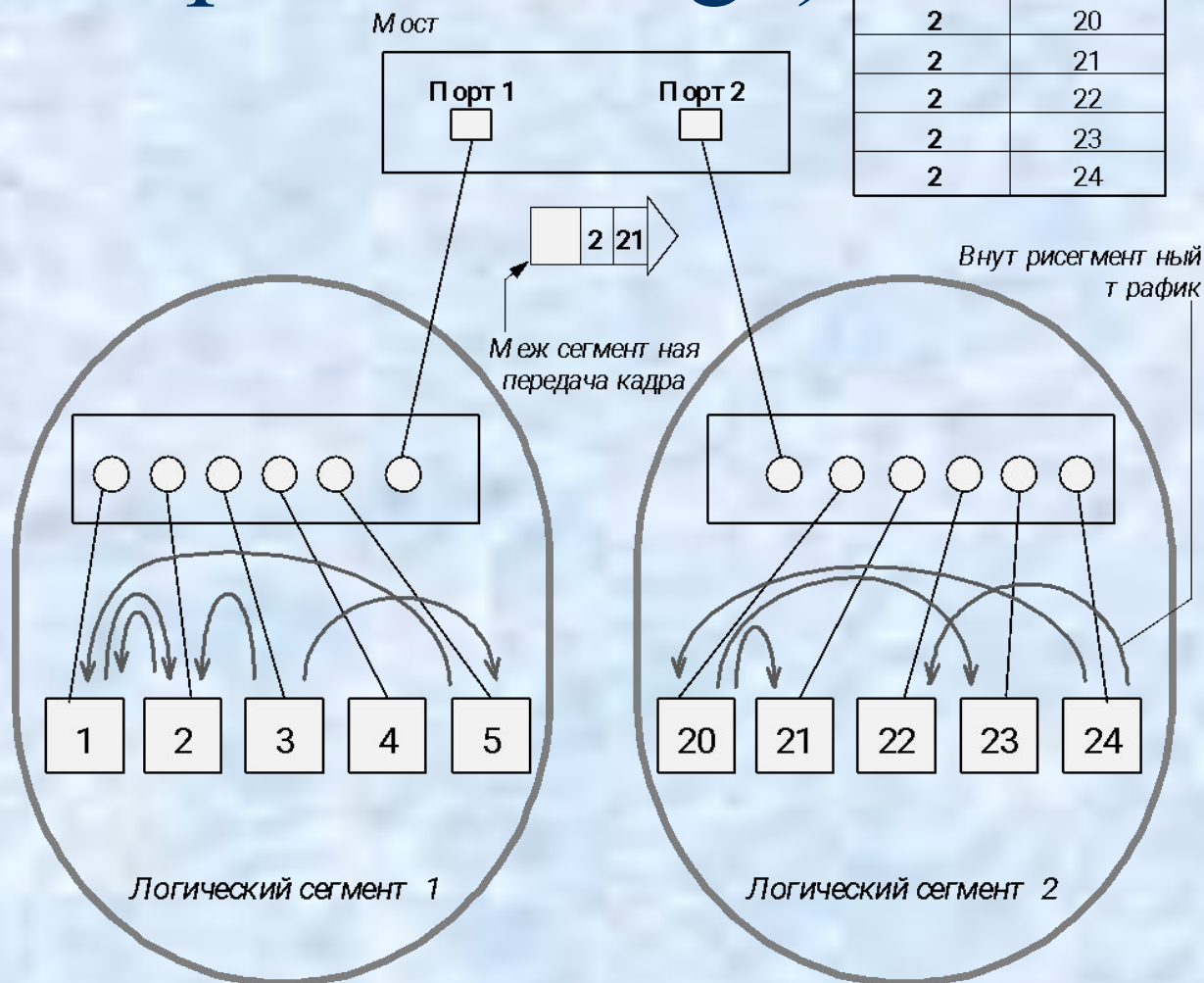


Мосты и коммутаторы 2-го уровня

- 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

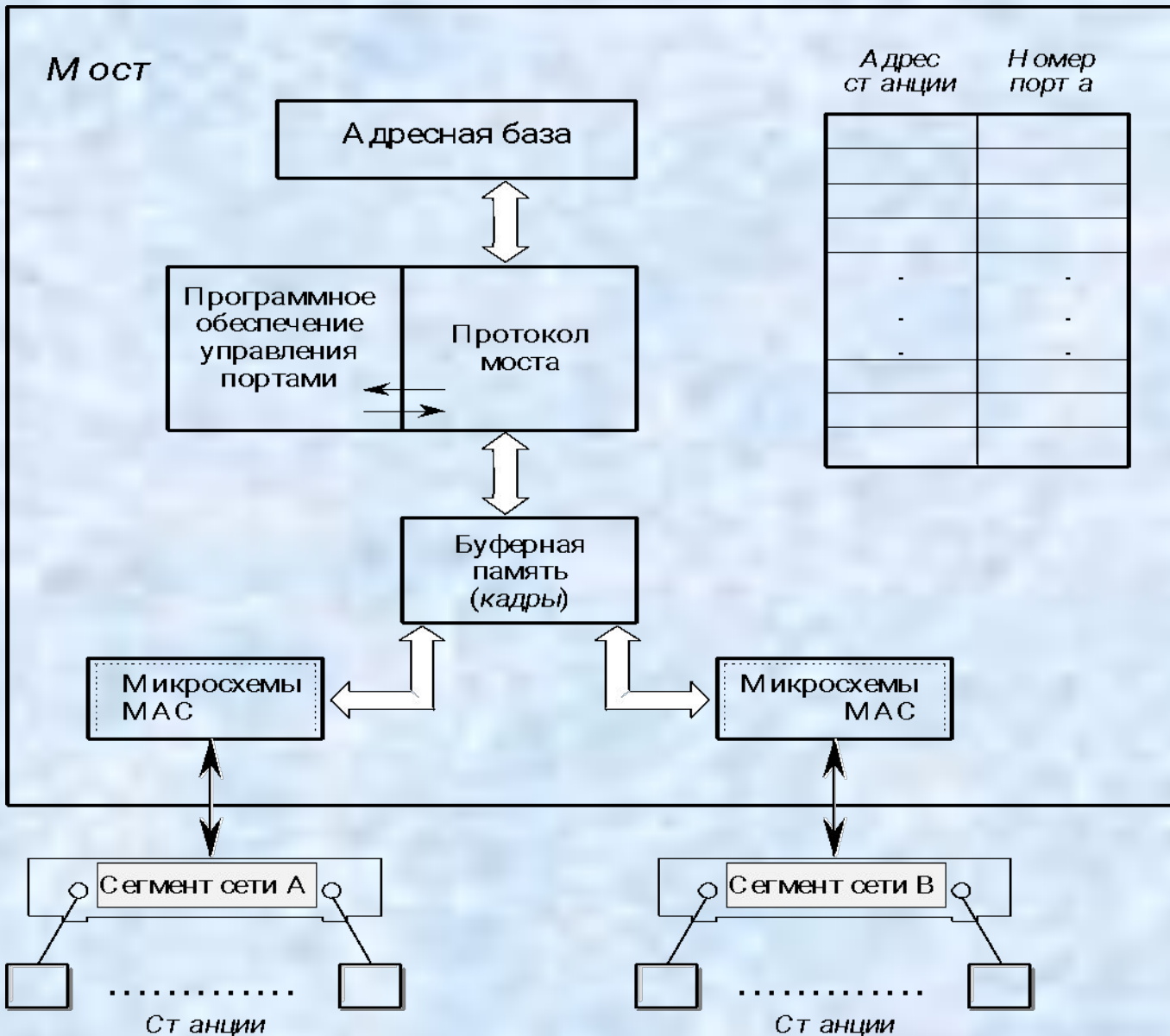


Таблица моста

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	

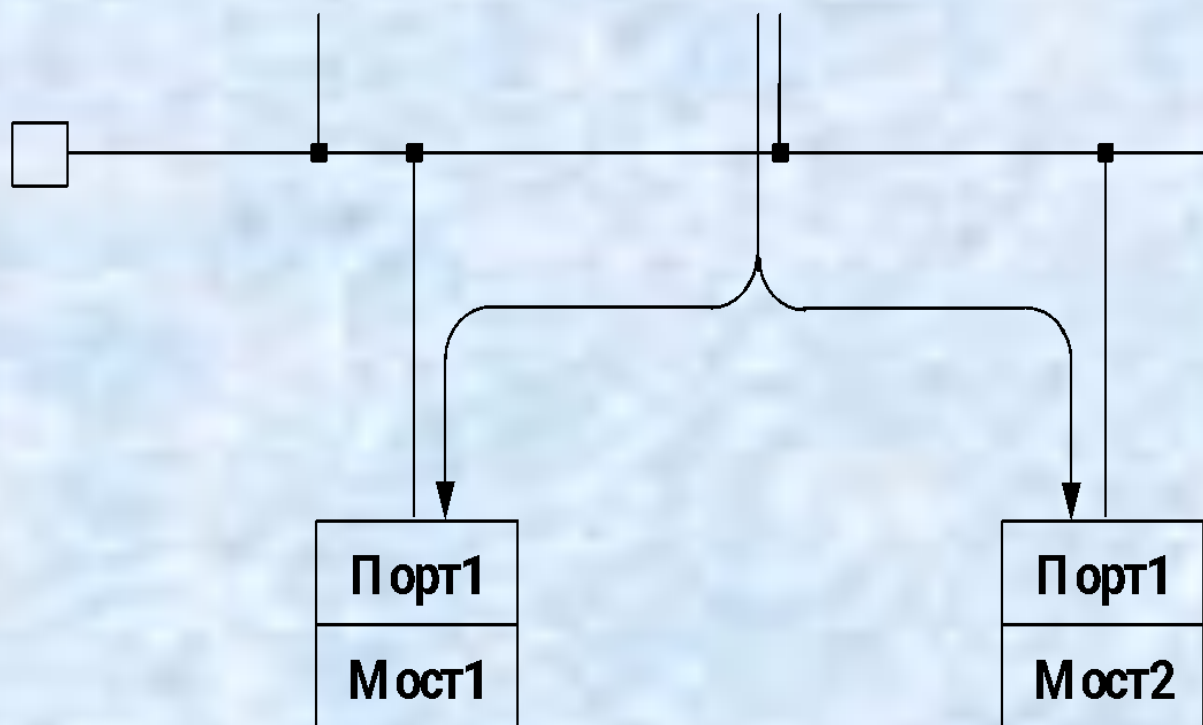
*Статус адреса
Система не научилась
понимать, что это за адрес*

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

Узел 10





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

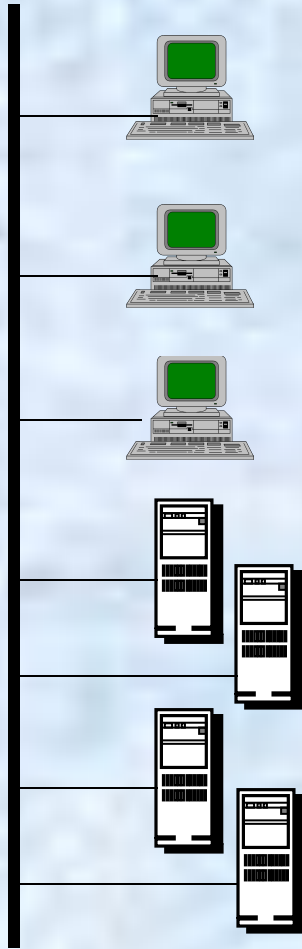
Для быстродействующих мостов **Ethernet - Ethernet** эти скорости приближаются к максимально возможной - 14880 кадров/с

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

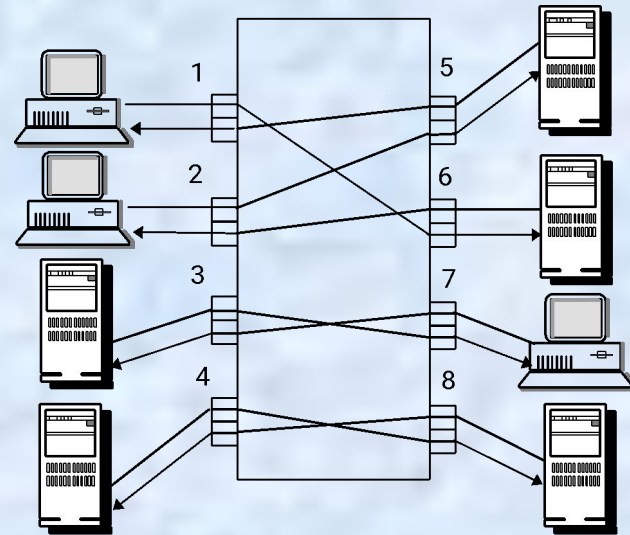
Дополнительные функции моста

- ◆ 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



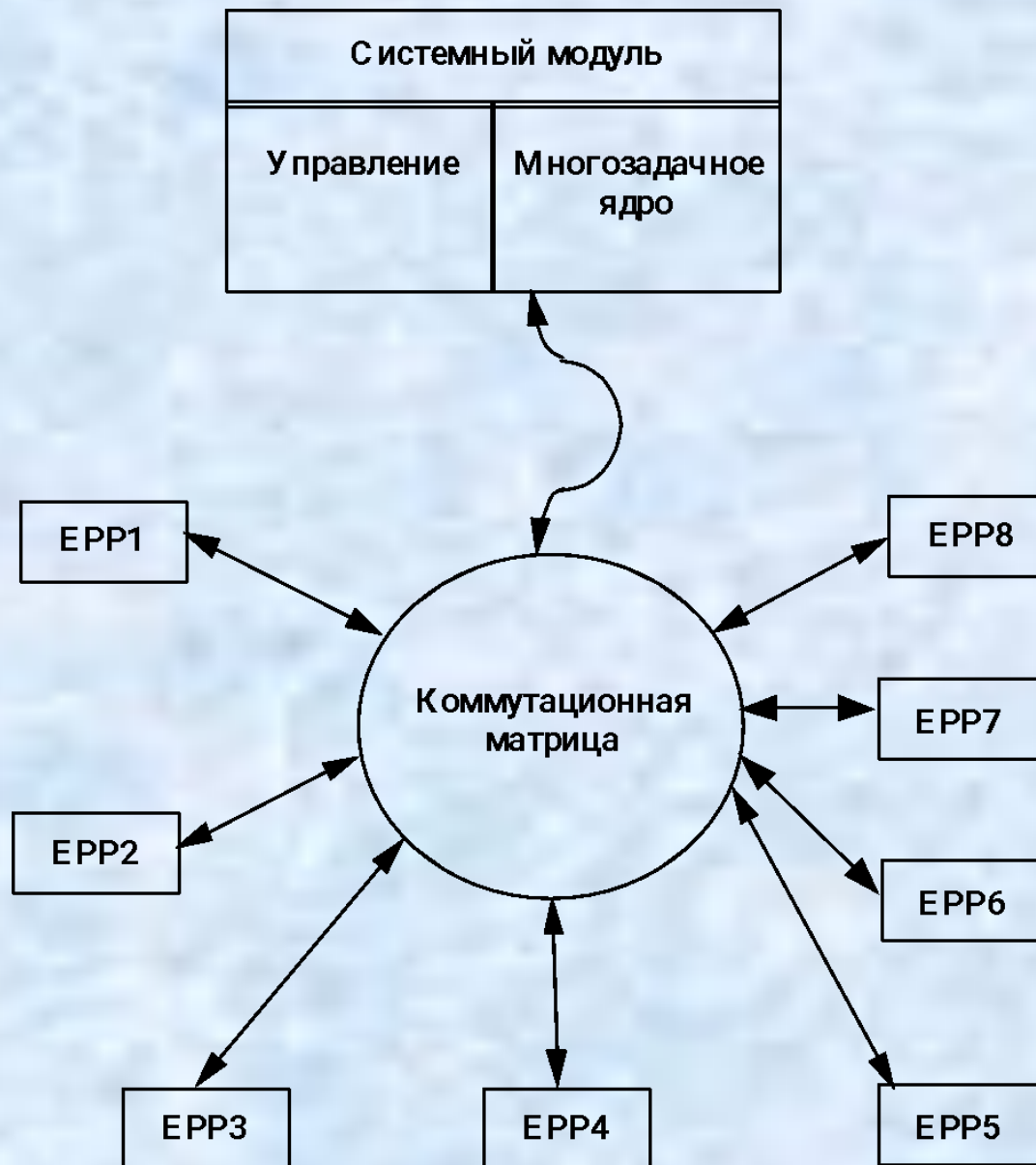
Разделяемая среда:
на станцию приходится $10 / N$ Мбит/с



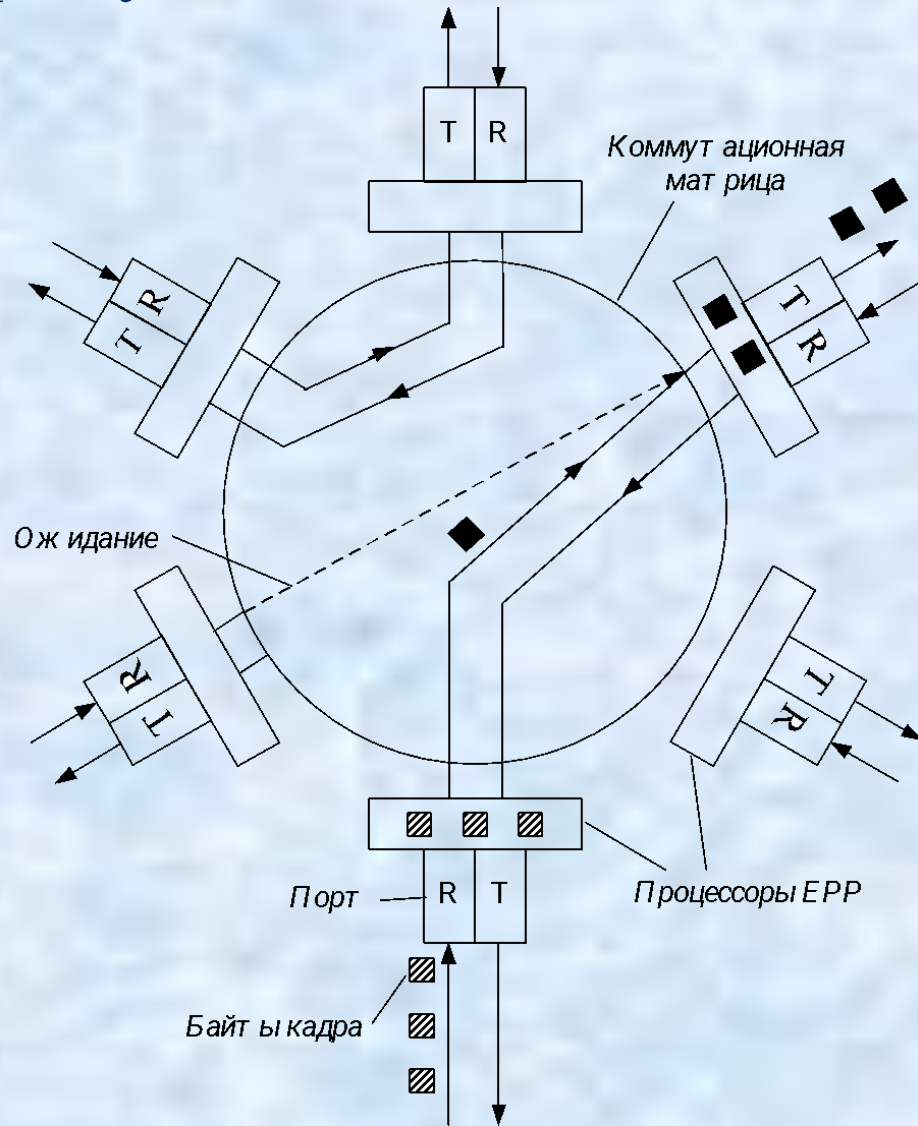
Коммутатор:

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

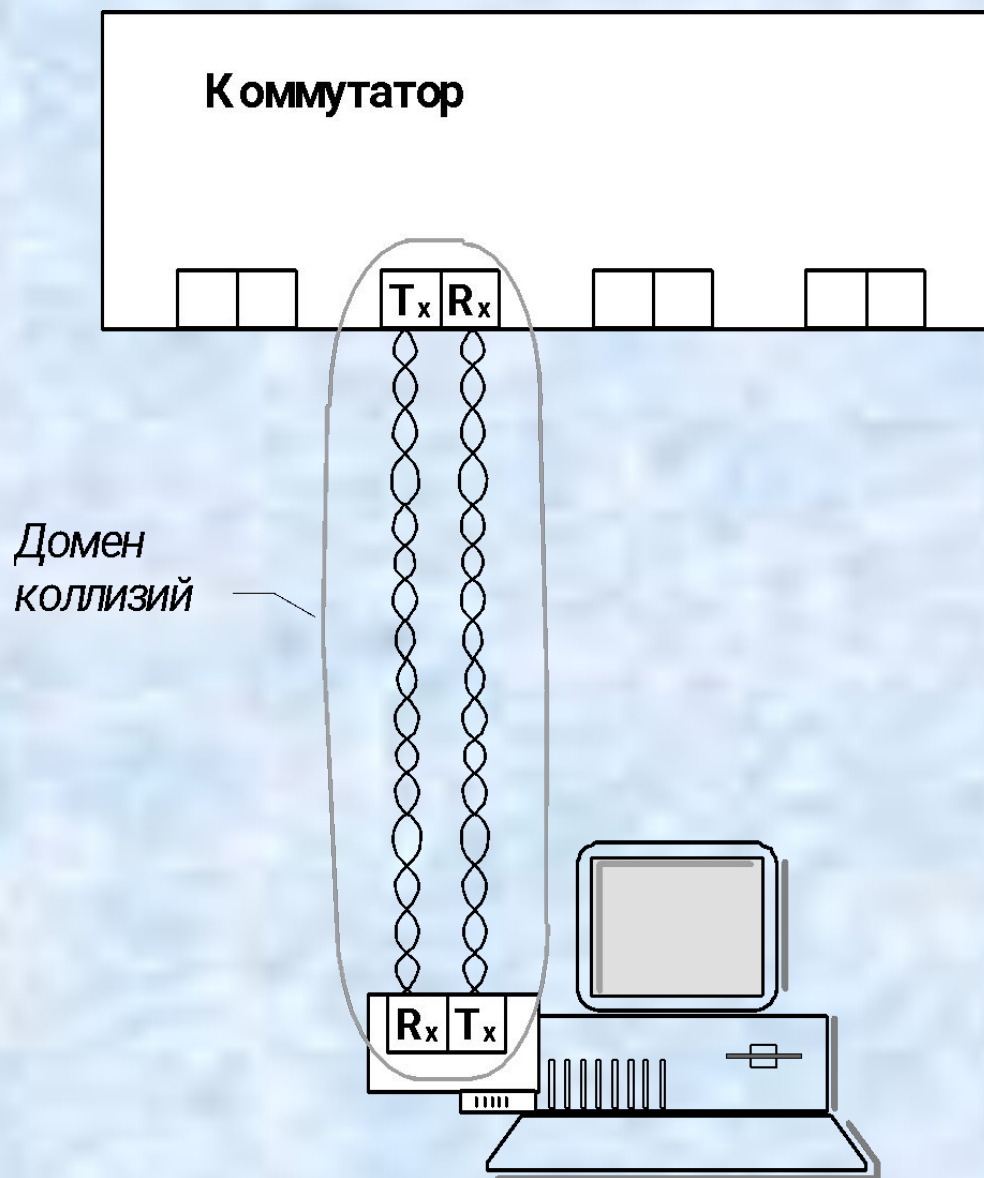
Структура коммутатора Kalpana



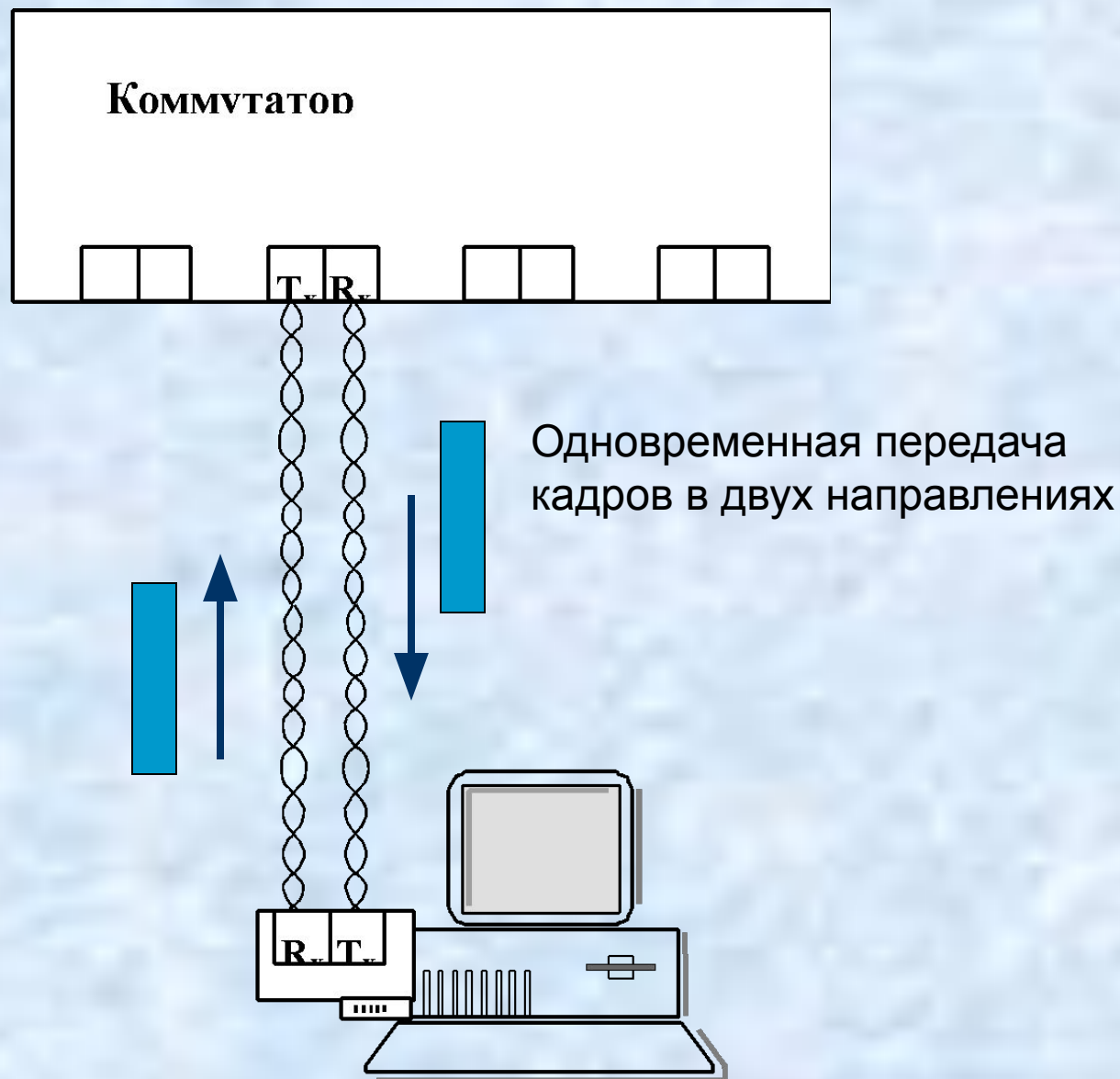
Передача кадров через коммутационную матрицу



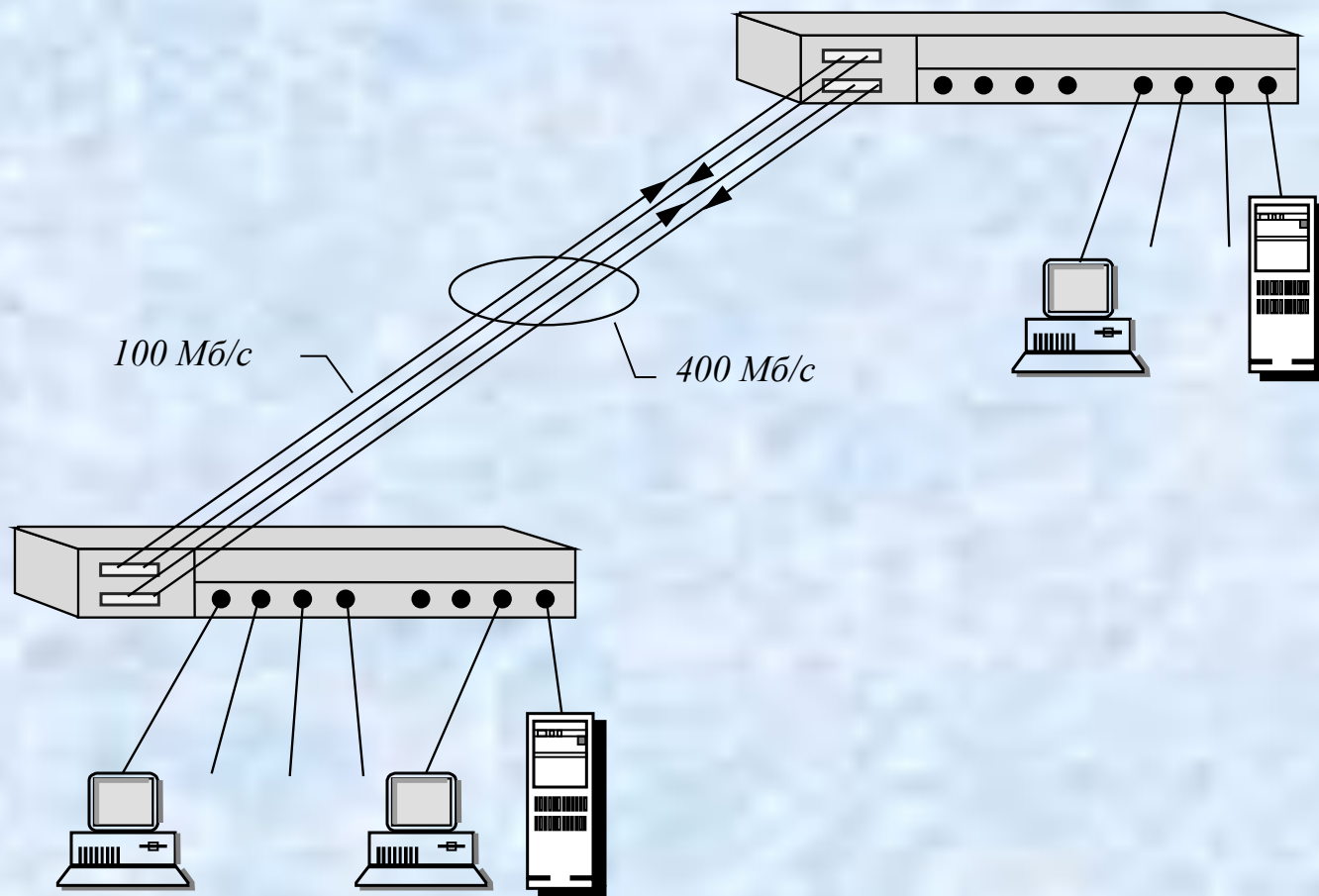
Полудуплексный режим работы порта коммутатора – half duplex



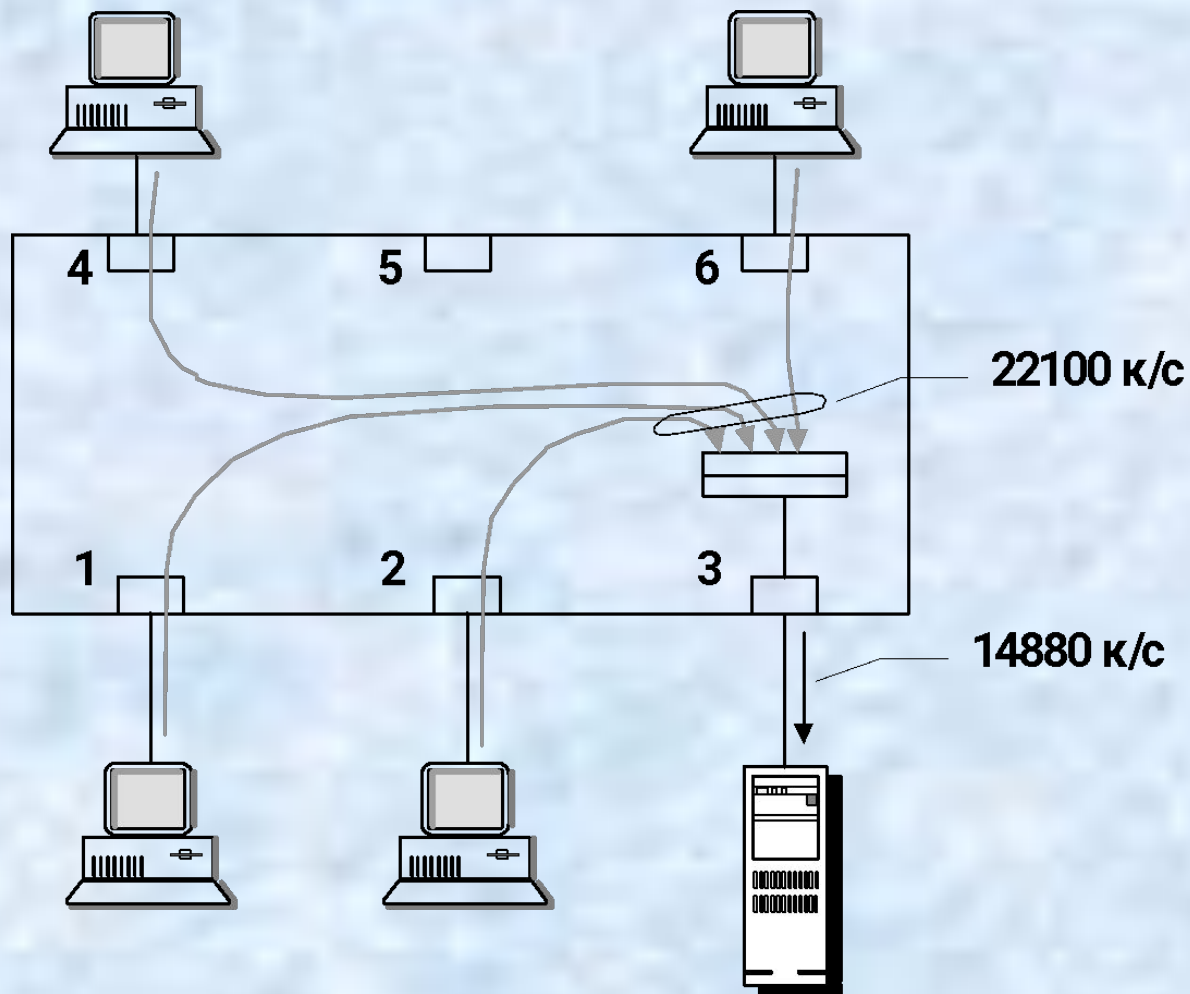
Полнодуплексный режим работы порта коммутатора – full duplex



Транк



Переполнение буфера порта из-за несбалансированности трафика



Управление потоком в коммутаторах

А. 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



В. В полнодуплексном режиме

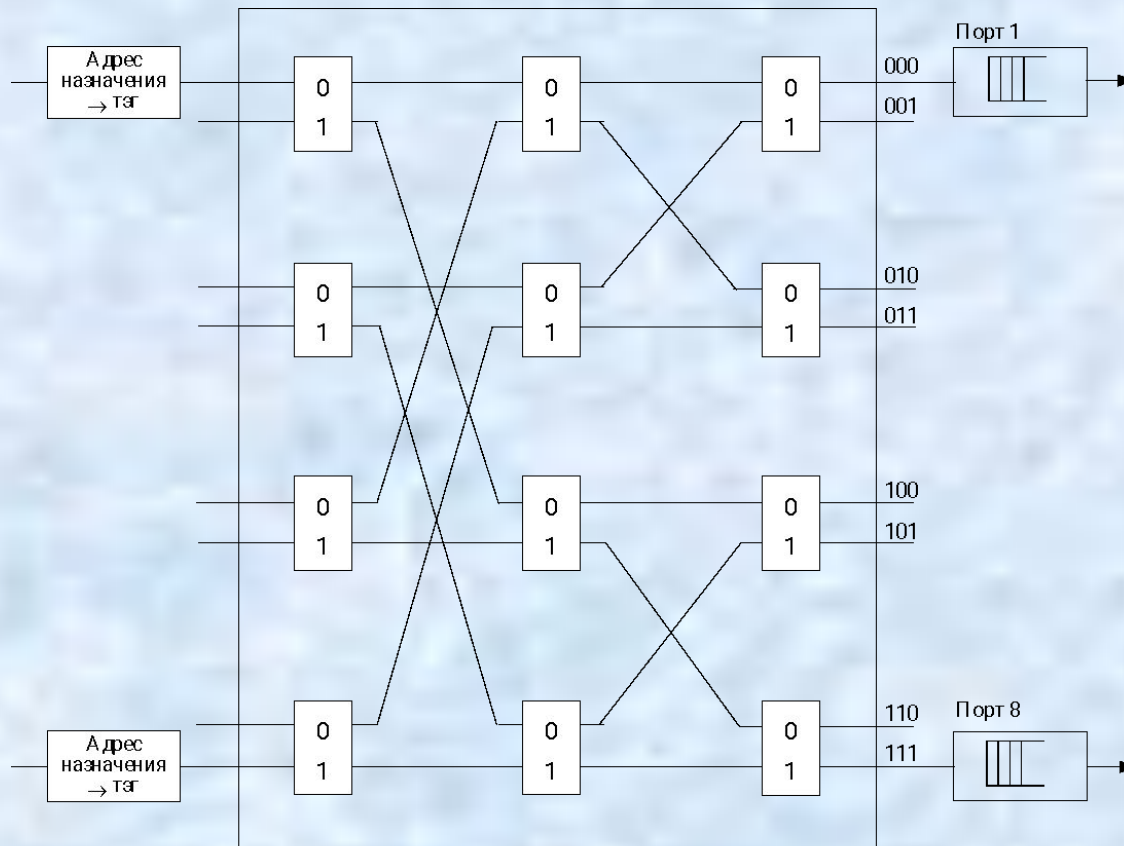
- Команды XON - XOFF

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



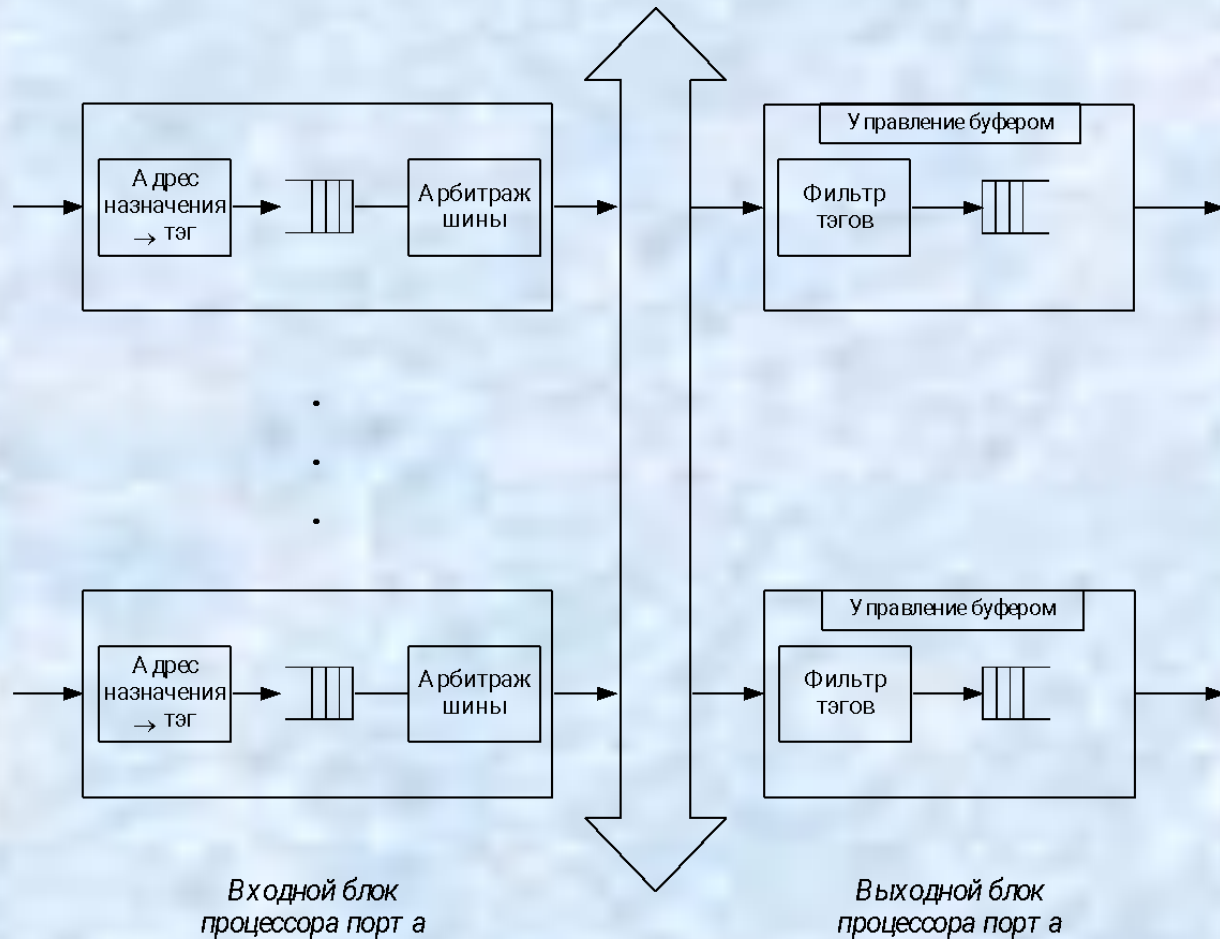
Входные блоки процессоров порт ов

Коммутационная матрица

Выходные блоки процессоров порт ов

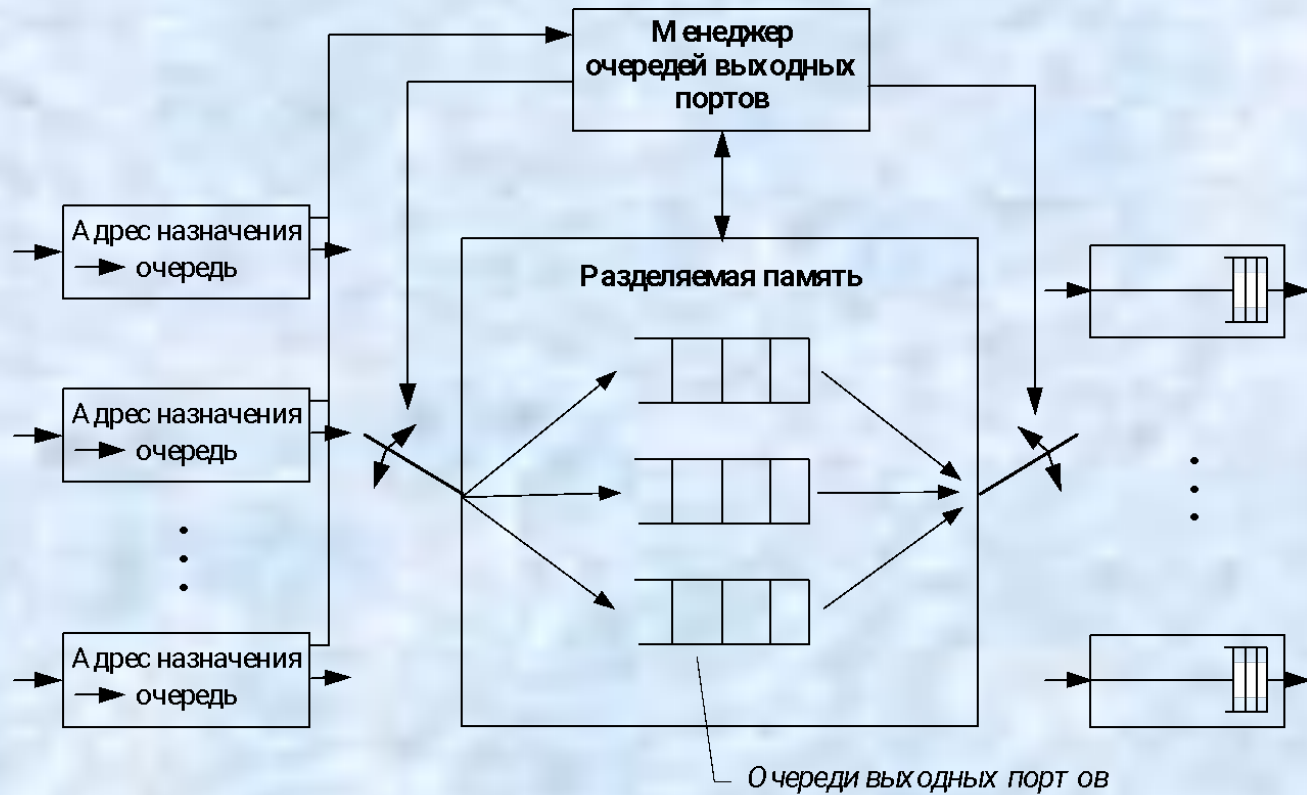
Реализация коммутаторов

2. Общая шина



Реализация коммутаторов

3. Разделяемая память

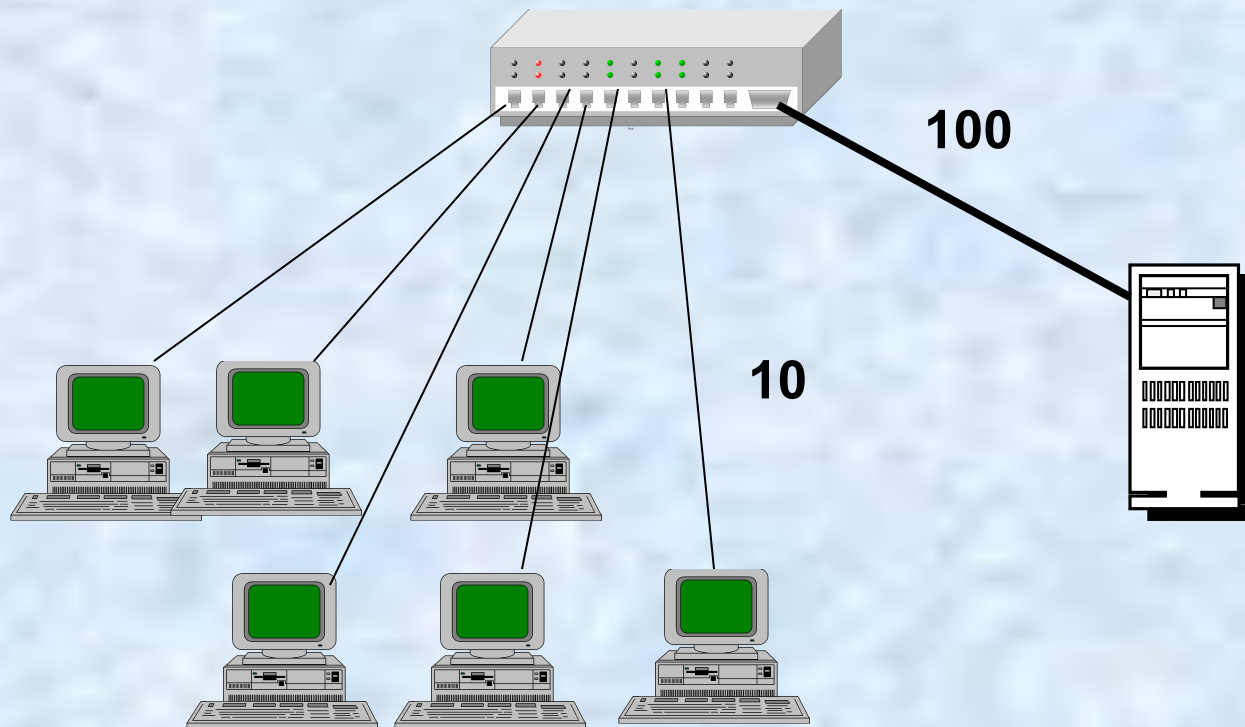


Реализация коммутаторов

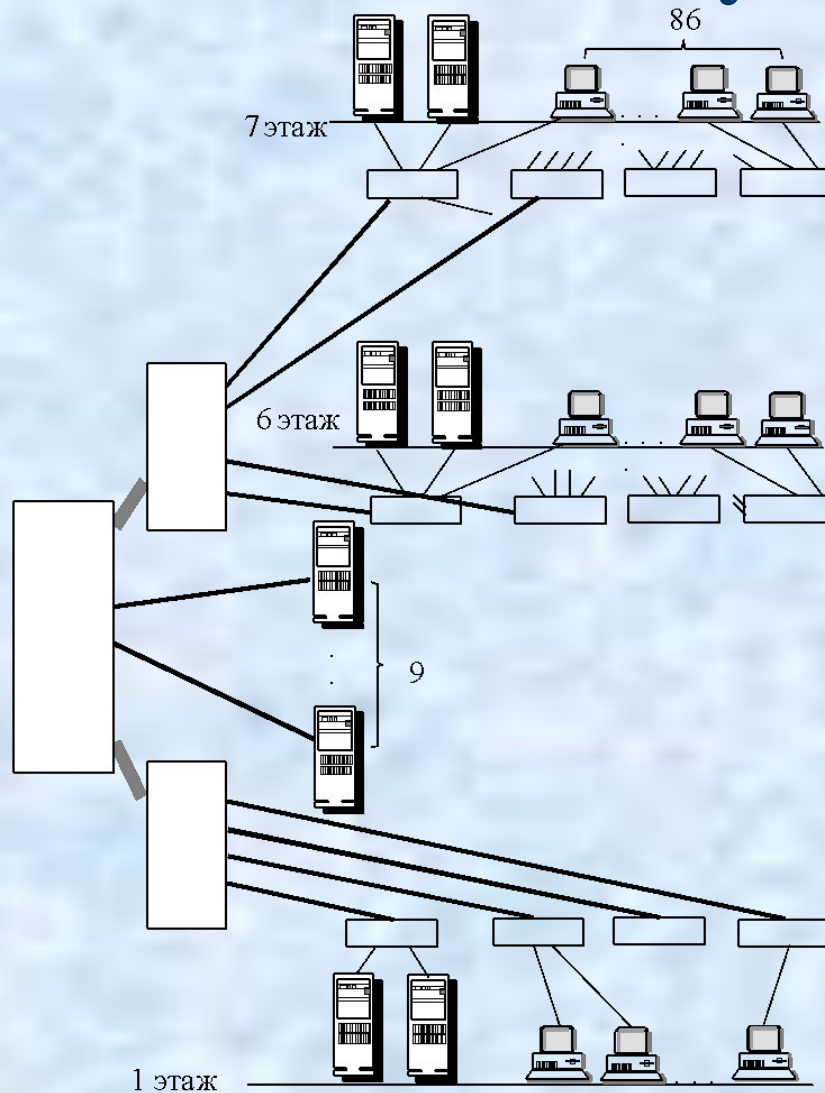
4. Комбинированный подход



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.

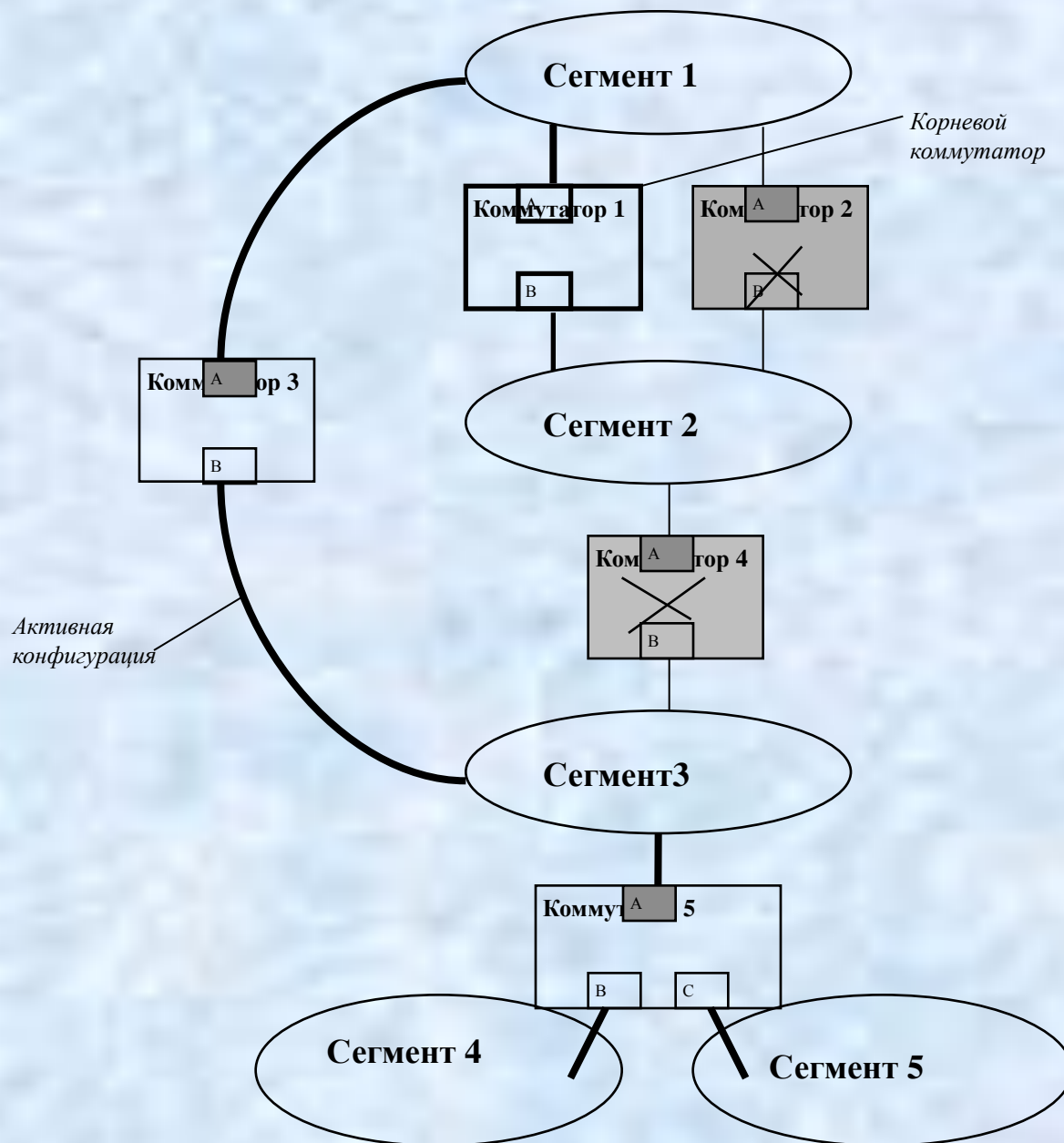
- пропускная способность; [Мбит/с]

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

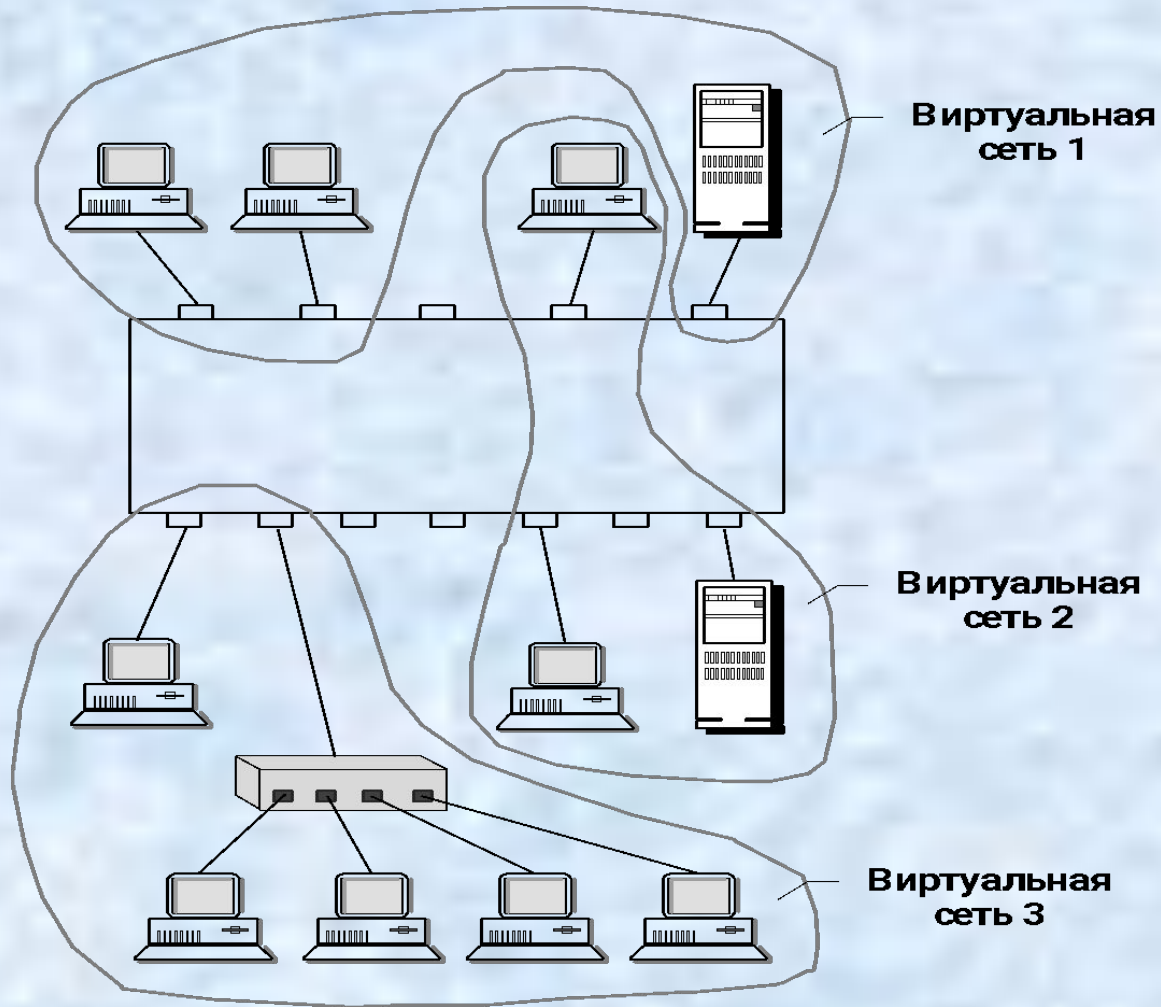
Virtual LAN, VLAN

Цель: построение полностью изолированных подсетей логическими средствами



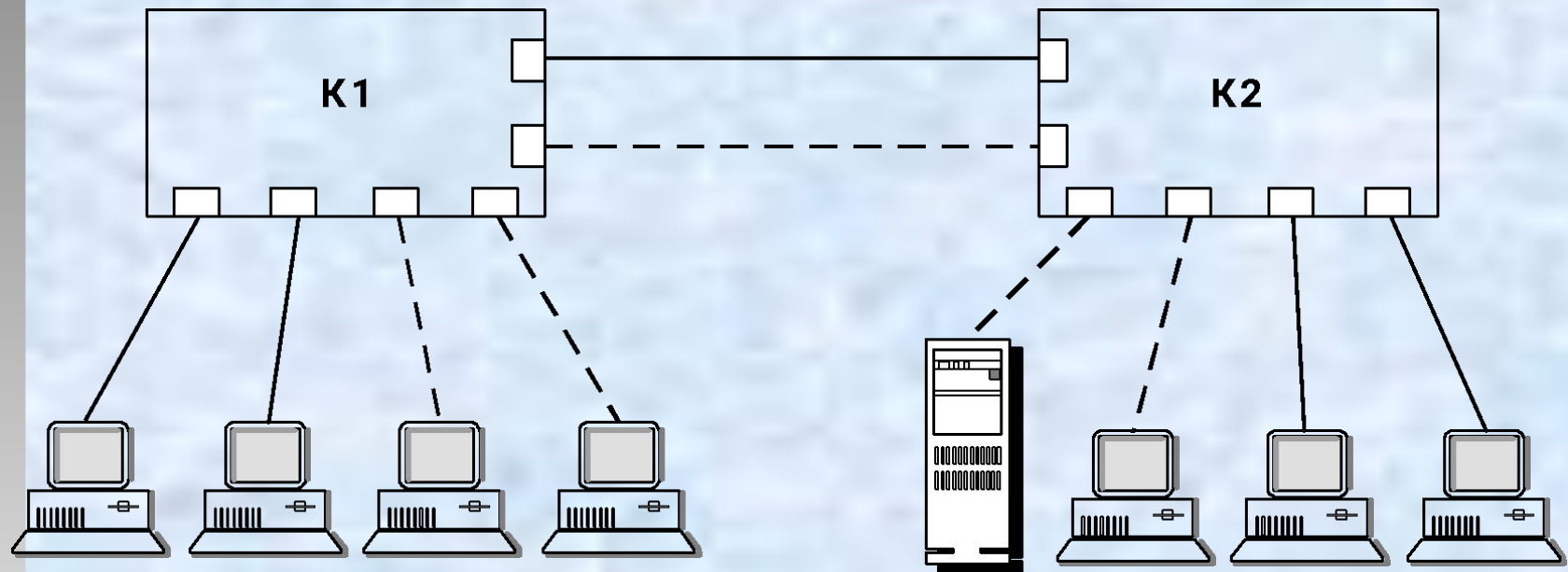
VLAN – домен распространения бродкастов

VLAN на одном коммутаторе



Задание VLAN – группировка портов

VLAN на нескольких коммутаторах

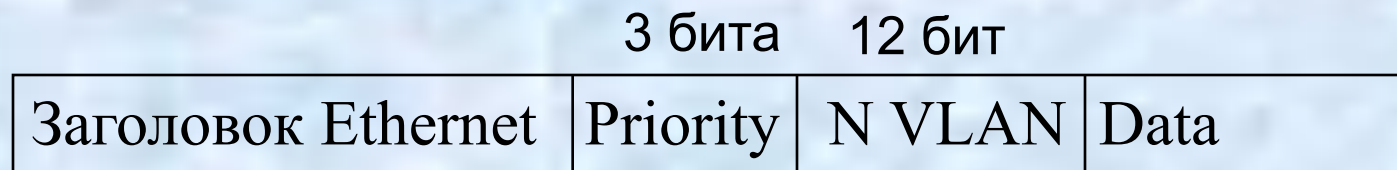


Проблема задания VLAN на нескольких коммутаторах с помощью группировки портов:
сколько VLAN – столько портов для межсоединений

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



←
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