

Курс Лекций: «Аппаратное и программное обеспечение ЭВМ и сетей»

Раздел 2. Архитектура и стандартизация сетей передачи данных. Модель открытых систем OSI

Тема 2-03.

Аппаратное обеспечение сетей.

Сетевые адаптеры. Межсетевые соединительные средства. Концентратор, повторитель.

Сетевой адаптер (Network Interface Card, NIC), сетевая карта (интерфейс) - это устройство компьютера (внешнее или интегрированное в материнскую плату), непосредственно взаимодействующее со средой передачи данных, которая прямо или через другое коммуникационное оборудование связывает его с другими компьютерами. Сетевой адаптер работает под управлением драйвера операционной системы и обычно выполняет следующие функции:

- Формирование кадра определенного формата из потока передаваемой информации. Кадр включает служебные поля: адрес компьютера назначения, собственный адрес, длина кадра, полезные данные и контрольную сумму кадра, по которой сетевой адаптер станции назначения делает вывод о корректности доставленной по сети информации.
- Получение доступа к физической среде передачи данных: каналы или линии связи, которые подразделяются на разделяемую среду (общая шина, кольцо), доступ к которым предоставляется по специальному алгоритму или индивидуальный канал (линия связи) компьютера с коммуникационным устройством сети. В этом случае в функции сетевого адаптера часто входит установление соединения с коммутатором сети.
- Кодирование последовательности бит кадра последовательностью электрических сигналов при передаче данных и декодирование при их приеме. Кодирование должно обеспечить передачу исходной информации по линиям связи с определенной полосой пропускания и определенным уровнем помех таким образом, чтобы принимающая сторона смогла распознать с высокой степенью вероятности посланную информацию.

Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей. Сетевые адаптеры

- Преобразование информации из параллельной формы в последовательную и обратно. В вычислительных сетях информация передается по линиям связи в последовательной форме, бит за битом, а не побайтно, как внутри компьютера.
- Синхронизация битов, байтов и кадров. Для устойчивого приема передаваемой информации необходимо поддержание постоянного синхронизма приемника и передатчика информации. Сетевой адаптер использует для решения этой задачи специальные методы кодирования.

Сетевой адаптер (сетевая карта) применяется в локальных сетях и в зависимости от технологий локальных сетей подразделяется на:

- Сетевая карта Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, 10Gigabit Ethernet (10GE) . Самая распространенная сетевая карта. Использование протокола первого базового Ethernet позволяет карте работать на скорости 10 Мбит/с, протокола стандарта Fast Ethernet - 100 Мбит/с, а протоколов Gigabit Ethernet 1,0 Gbit/s, 10Gigabit Ethernet на 10 Gbit/s.
- Сетевая карта Token Ring (High Speed Token Ring). Использование протокола Token Ring позволяет карте работать на скоростях 4 и 16 Мбит/с. а протокола High Speed Token Ring - на скоростях 100 и 155 Мбит/с.
- Сетевая карта FDDI (Fiber Distributed Data Interface) Используется в оптоволоконных сетях. Протокол FDDI работает на скорости 100 Мбит/с со времен исторически, когда скорости других протоколов ограничивались 10-16 Мбит/с.

Компоненты сетевого адаптера

Традиционно сетевой адаптер в основном состоит из контроллера, гнезда загрузочного ROM, одного или нескольких портов NIC, интерфейса подключения материнской платы, светодиодных индикаторов, некоторых других электронных компонентов. Каждый компонент сетевой карты имеет свою уникальную функцию:

- **Контроллер:** контроллер похож на мини-процессор, обрабатывает полученные данные. Будучи основной частью сетевого адаптера, контроллер напрямую определяет производительность сетевого адаптера.
- **Разъем загрузочного ROM:** этот разъем на плате обеспечивает возможность загрузки ROM. Загрузочное ПЗУ позволяет бездисковым рабочим станциям подключаться к сети, что повышает безопасность и снижает стоимость оборудования.
- **Порт NIC для кабеля/модуля:** Обычно этот порт соединяется непосредственно с кабелем Ethernet или модулем, который может генерировать и принимать электронные сигналы, которые накладываются на сетевой кабель или оптоволоконный кабель.
- **Интерфейс шины:** этот интерфейс находится на боковой стороне печатной платы, которая служит для соединения между сетевой картой и компьютером или сервером через подключение к их слоту расширения.
- **Светодиодные индикаторы:** Индикаторы помогают пользователям определить рабочее состояние сетевого адаптера, подключена ли сеть и переданы ли данные.
- **Кронштейн для профиля:** На рынке существует два типа кронштейнов для профиля. Один называется кронштейном полной высоты длиной 12см, а другой - низкопрофильным кронштейном длиной 8см. Эта скобка может помочь пользователям закрепить сетевой адаптер в слоте расширения компьютера или сервера.

Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей. Сетевые адаптеры

Классификация адаптеров

На основе интерфейсов подключения к физической среде.

В зависимости от способа доступа сетевого адаптера к сети, существуют проводной сетевой адаптер и беспроводной сетевой адаптер. Проводной сетевой адаптер подключает узел к сети с помощью кабеля, такого как медный кабель UTP – (Ethernet) или оптоволоконный кабель. Беспроводной сетевой адаптер часто поставляется с небольшой антенной, которая использует радиоволны для связи с точкой доступа для подключения к беспроводной сети.

Классификация на основе шин интерфейсов материнской платы.

Сетевой адаптер ISA (Industry Standard Architecture): шина ISA была разработана в 1981 году и представляла собой стандартную архитектуру шины для IBM-совместимых устройств. Из-за низкой скорости передачи карт (9 Мбит/с) интерфейс шины ISA больше не является общепризнанным типом.

Сетевой адаптер PCI (Peripheral Component Interconnect): шина PCI была разработана в 1990 году, чтобы заменить предыдущий стандарт ISA. Он имеет фиксированную ширину 32 бита (133 МБ/с передачи данных) и 64 бита (266 МБ/с передачи данных). Сегодня многие PC не имеют шин PCI.

Сетевой адаптер PCI-X (Peripheral Component Interconnect eXtended): PCI-X – усовершенствованная технология шины PCI. Она работает на 64-битной скорости и способна развивать скорость до 1064 МБ/с. Во многих случаях PCI-X обратно совместим с картами PCI NIC.

Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей. Сетевые адаптеры

Классификация на основе шин интерфейсов материнской платы

Сетевой адаптер PCIe (Peripheral Component Interconnect Express): шина PCIe является новейшим стандартом и сейчас популярна на материнских платах компьютеров и серверов. Адаптер PCIe NIC доступен в пяти версиях, в соответствии с пятью версиями шины PCIe x1, x4, x8, x16 и x32.

Классификация портов на основе кабельного подключения

Согласно различным типам подключаемых кабелей, можно найти четыре типа портов NIC. Порт RJ-45 используется для подключения с помощью кабеля витой пары (например, Cat5 и Cat6), порт AUI используется для толстого коаксиального кабеля (например, кабель AUI для модулей), порт BNC для тонкого коаксиального кабеля (например, кабель BNC) и оптический порт для модуля (например, 10G/25G модуль)

Классификация на основе скорости передачи

Основываясь на различных скоростях, на рынке представлены адаптивные карты 10 Мбит/с, 100 Мбит/с, 10/100 Мбит/с, 1000 Мбит/с, 10 Гбит/с, 25 Гбит/с или даже более высокоскоростные. Адаптивные сетевые карты NIC 10 Мбит/с, 100 Мбит/с и 10/100 Мбит/с подходят для небольших локальных сетей, домашнего использования или повседневных офисов. Сетевой адаптер 1000 Мбит/с обеспечивает более высокую пропускную способность в гигабитной сети. Что касается сетевых адаптеров 10 Гбит/с и 25 Гбит/с NIC или даже более высокоскоростных, они применяются в крупных предприятиях или центрах обработки данных.

Классификации по областям применения

Сетевой адаптер NIC компьютера: В настоящее время большинство компьютеров имеют встроенную сетевую плату, поэтому во многих случаях сетевой адаптер не требуется. Обычно он поставляется со скоростью 10/100 Мбит/с и скоростью 1 Гбит/с и позволяет одному компьютеру обмениваться данными с другими компьютерами или сетями.

Сетевой адаптер сервера: Основная функция сетевого адаптера сервера заключается в управлении и обработке сетевого трафика. По сравнению с обычным сетевым адаптером для компьютера, серверным адаптерам обычно требуется более высокая скорость передачи данных, например 1Гбит/с 10G, 25G, 40G и даже 100G. Кроме того, серверные адаптеры имеют низкую загрузку CPU, поскольку у них есть специальный сетевой контроллер, который может выполнять многие задачи не нагружая центральный процессор компьютера - CPU. В настоящее время адаптеры PCIe, созданные на основе контроллера Intel, поддерживают многоядерные процессоры и оптимизируют виртуализацию серверов и сетей.

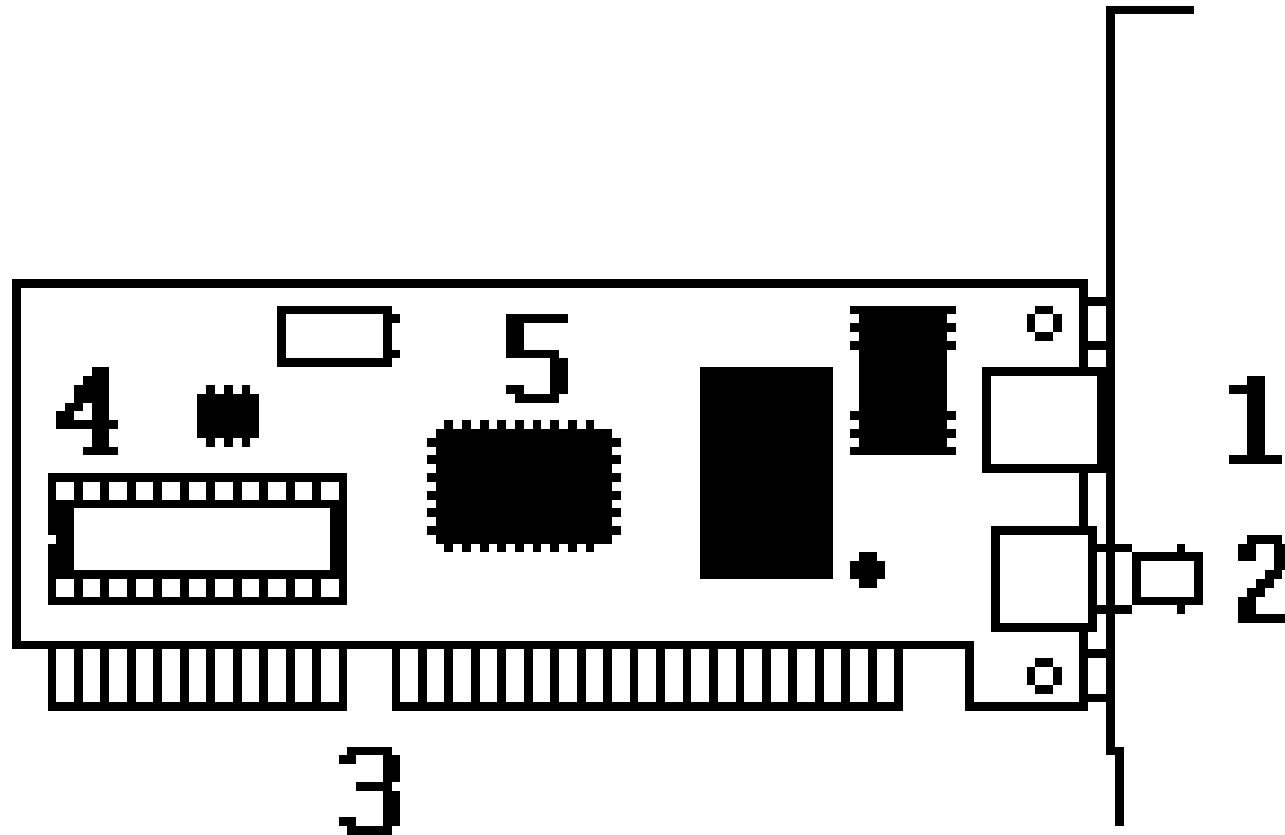
Учитывая старые стандарты особенности и характеристики сетевых карт можно представить в виде следующего короткого слайда:

Характеристики сетевых карт:

1. Разрядность. 8 бит (самые старые), 16, 32 и 64 бита.
2. Шина данных, по которой идет обмен информацией между материнской платой и сетевой картой: ISA, EISA, PCI PCI-X, PCle.
3. Микросхема контроллера или чип (Chip, chipset) - определяет тип используемого совместимого оборудования.
4. Поддерживаемая сетевая среда передачи (network media) - установленные на карте разъемы для подключения к определенному сетевому кабелю (витая пара, оптоволокно).
5. Скорость работы: Ethernet 10Mbit и/или Fast Ethernet 100Mbit, Gigabit Ethernet 1000Base-T.
6. MAC-адрес.

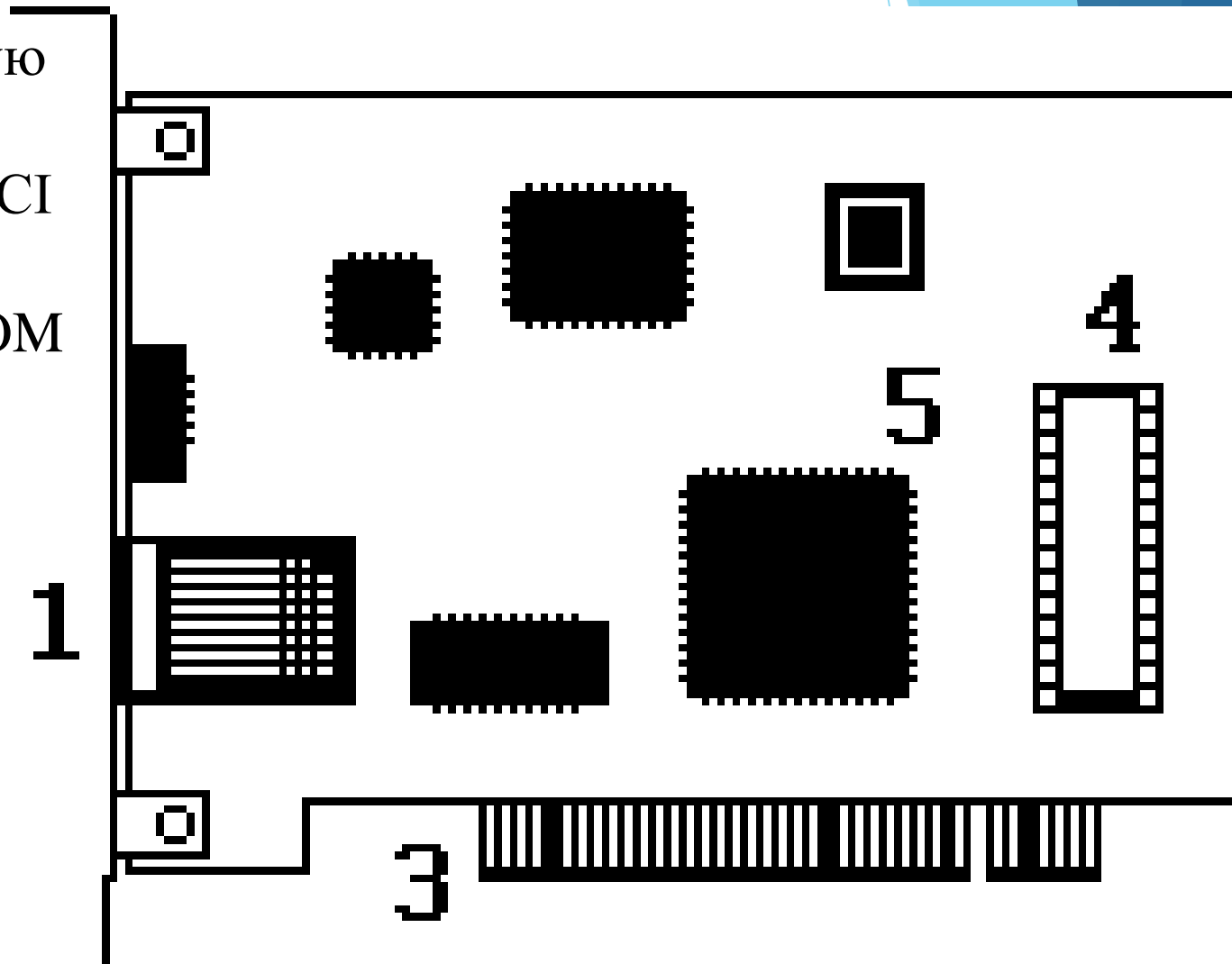
Сетевая карта комбинированная RJ45, шина ISA

- 1 - Разъем под витую пару (RJ-45)
- 2 - Разъем для коаксиального провода (BNC)
- 3 - Шина данных ISA
- 4 - Панелька под микросхему BootrOM
- 5 - Микросхема контроллера платы (Chip или Chipset)



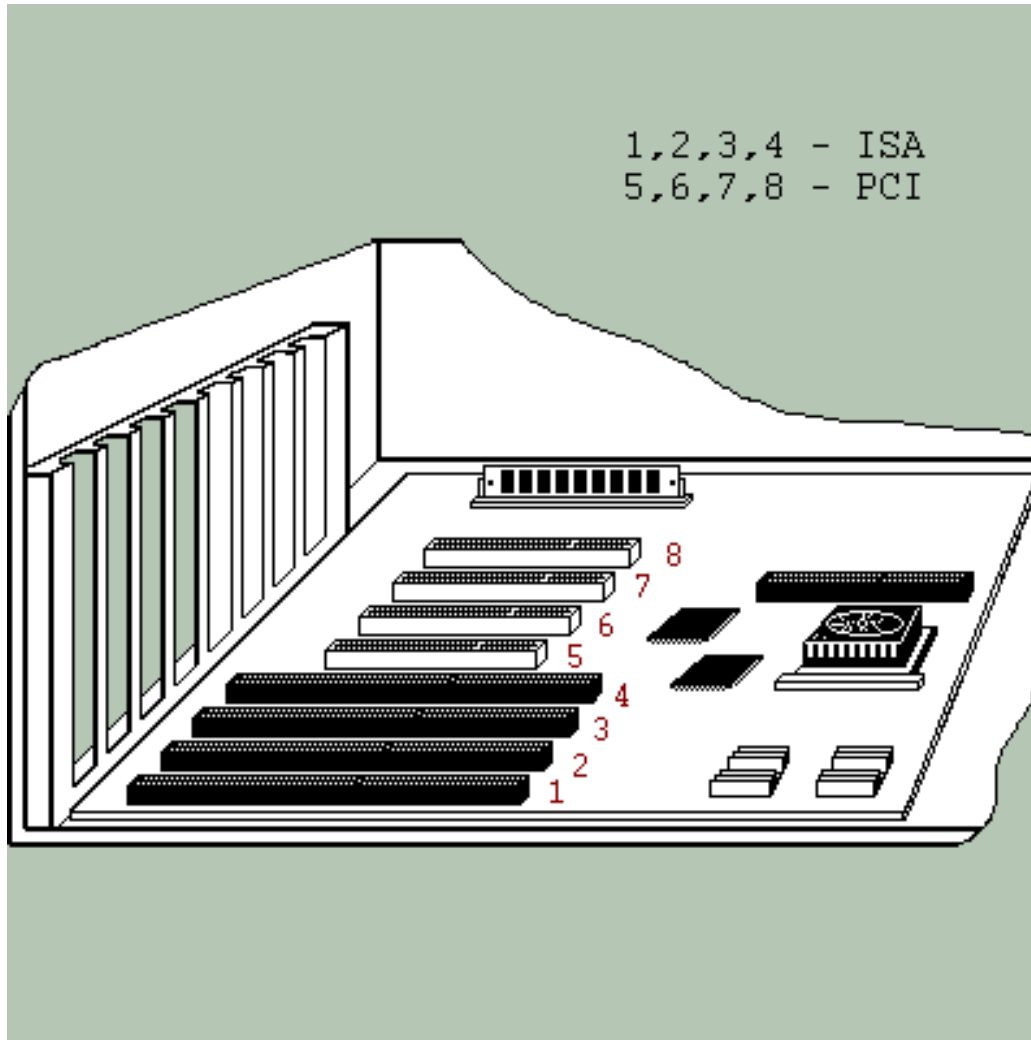
Сетевые карты PCI UTP rJ-45

- 1 - Разъем под витую пару (RJ-45)
- 3 - Шина данных PCI
- 4 - Панелька под микросхему BootrOM
- 5 - Микросхема контроллера платы (Chip или Chipset)



Сетевые карты PCI UTP rJ-45

Установка сетевой карты



Разъем
ISA



Разъем
PCI

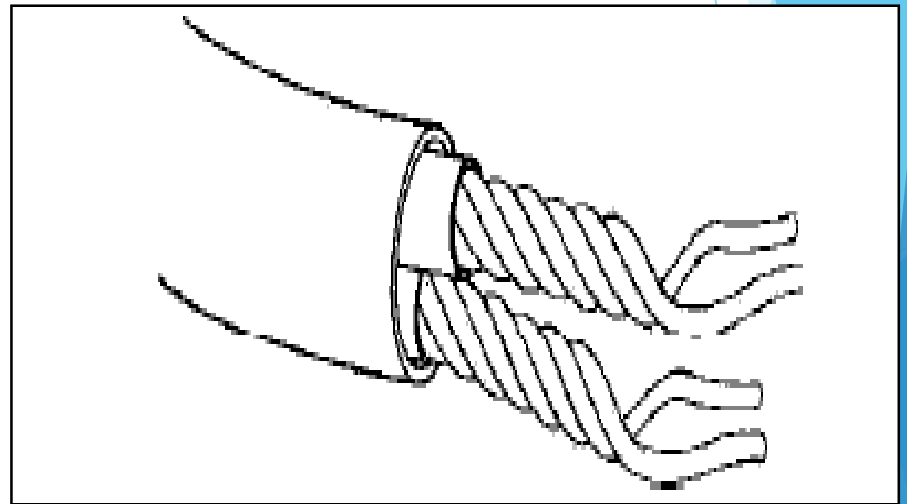


Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей.

Межсетевые соединительные средства.

Сетевые кабели бывают трех основных типов:

1. Витая пара (экранированная и не экранированная)
2. Коаксиальный кабель (тонкий и толстый)
3. Оптоволоконный кабель (одномодовый, многомодовый).



Неэкранированная витая пара Экранированная витая пара

Категория	Характеристика кабеля UTP cat. X	
	1-2	Устаревшие стандарты кабелей. Передача голоса и низкоскоростных данных (до 20 Кбит/с).
	3	Наиболее широко распространенный на западе кабель телефонной проводки. Передача голоса и данных.
	4	Улучшенный вариант категории 3. Повышенная помехоустойчивость и низкие потери сигнала. На практике используются редко.
	5	Основной тип кабеля, используемый в современных компьютерных системах. Большинство новых высокоскоростных протоколов ориентируются именно на витую пару пятой категории.
	6-7	Выпускаются сравнительно недавно. Основное назначение — поддержка высокоскоростных протоколов на отрезках кабеля большей длины, чем кабель категории 5. Кабель категории 7 по стоимости соизмерим с волоконно-оптическим кабелем, хотя характеристики волоконно-оптического кабеля выше. Поэтому ставится под сомнение целесообразность его применения.

Курс Лекций: «Аппаратное и программное обеспечение ЭВМ и сетей»

Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей.

Межсетевые соединительные средства.

Тонкий коаксиальный кабель

Тонкий коаксиальный кабель RG-58 (иногда называется CheaperNet или ThinNet) представляет собой медный провод, экранированный при помощи оплетки. Толщина кабеля 6 мм. Волновое сопротивление 50 Ом.

Толстый коаксиальный кабель

Толстый коаксиальный кабель (RG-8 и RG-11) имеет толщину 12 мм и бывает двух разновидностей: гибкий и жесткий. Он имеет большую степень помехозащищенности, большую механическую прочность, а также позволяет подключать новый компьютер к кабелю, не останавливая работу сети. Однако он сложен при прокладке, а для подключения к нему требуется специальное устройство (трансивер).

Коаксиальный кабель (схема):

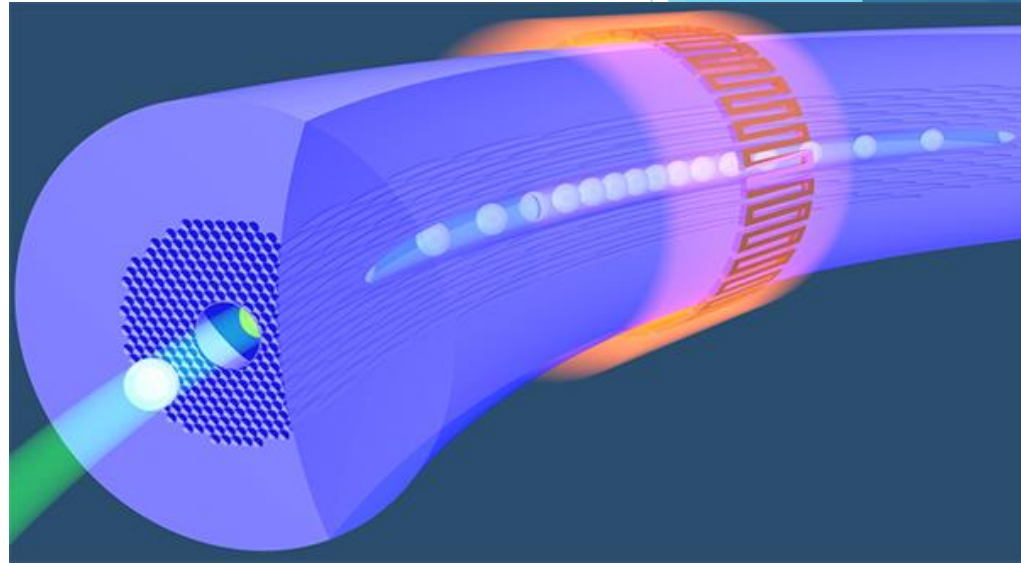


Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей.

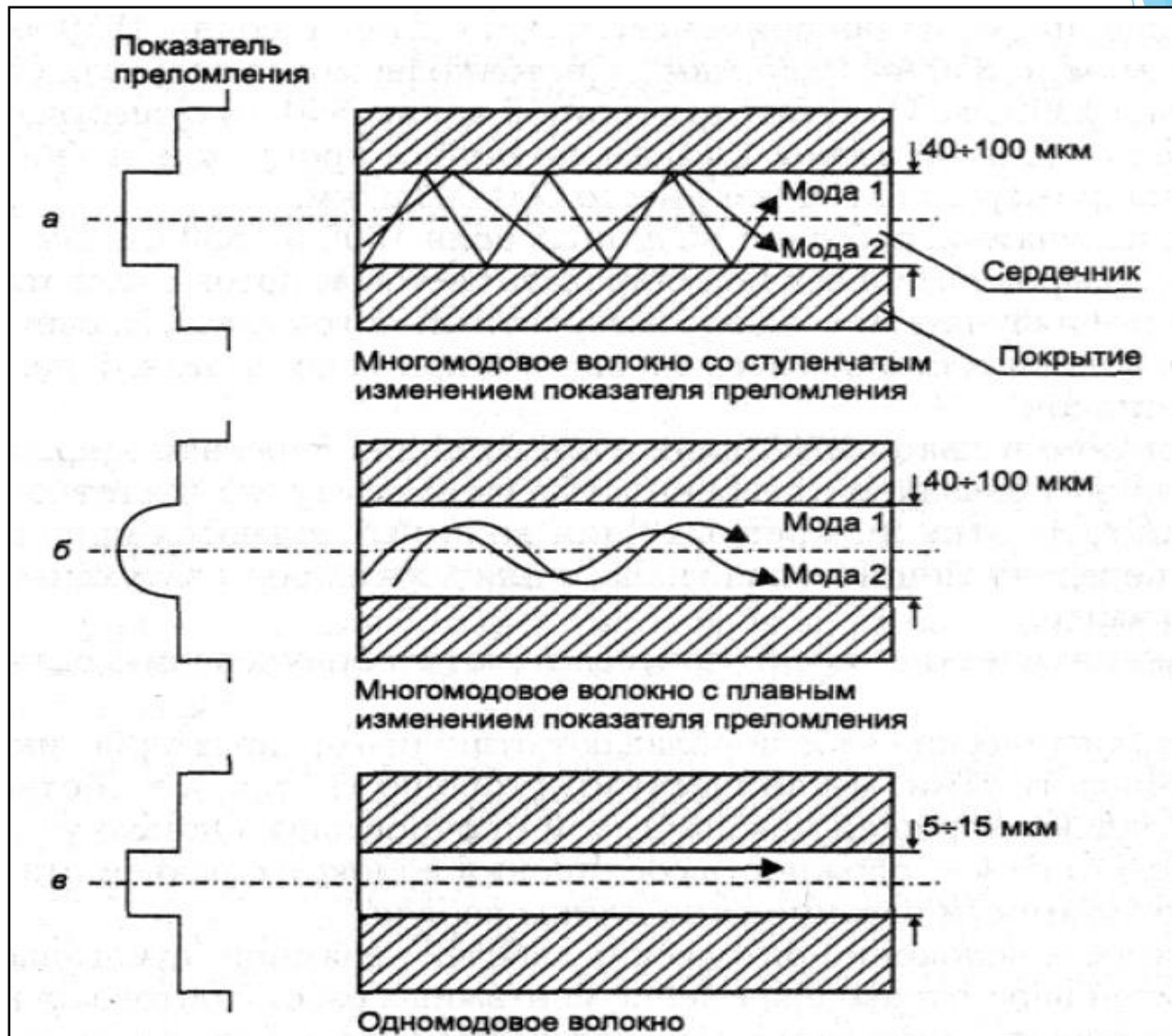
Межсетевые соединительные средства.

Оптоволоконный кабель

состоит из центральной стеклянной или пластиковой нити толщиной в несколько микрон (световода), покрытой сплошной стеклянной оболочкой, обладающей меньшим показателем преломления, чем световод. Отражаясь от покрывающего слоя оболочки лучи света не выходят за его пределы. Все это в свою очередь спрятано во внешнюю защитную оболочку. В качестве источников света в таких кабелях применяются светодиоды (длина волны 850 нм и 1300 нм) или полупроводниковые лазеры (длина волны 1300 нм и 1500 нм), а информация кодируется путем изменения интенсивности света.



Тема 2-03. Межсетевые соединительные средства.



Типы оптоволоконных кабелей

Курс Лекций: «Аппаратное и программное обеспечение ЭВМ и сетей»

Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей. Концентратор, повторитель

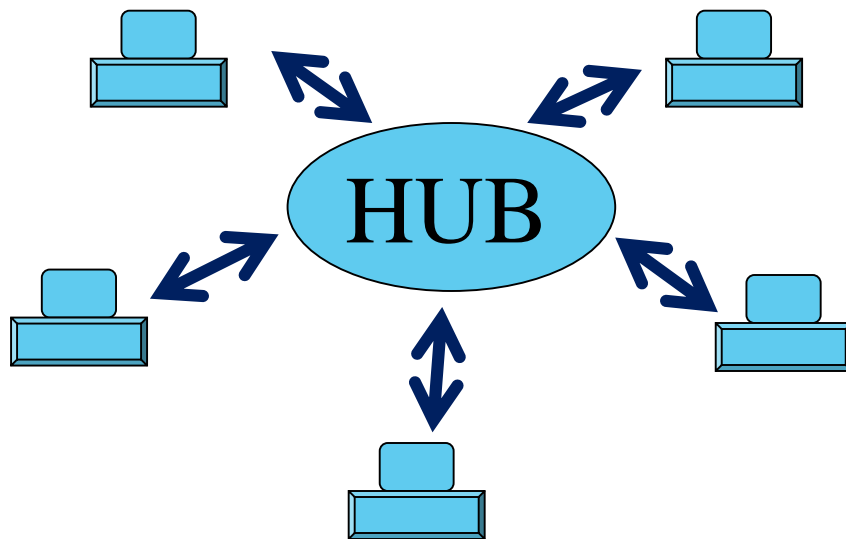
Повторитель (концентратор, hub) стал применяться ещё в начале 80-х гг. с целью расширения сегментов сети на коаксиальном кабеле с шинной топологией. Для сети Ethernet с “толстым” коаксиальным кабелем > 500м, а с “тонким” >-185 м.



Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей. Концентратор, повторитель

Повторители бывают 2-х и многопортовыми. Двухпортовые повторители используются в сетях с шинной топологией, построенных на коаксиальном кабеле. Многопортовые повторители используются в сетях с топологией типа "звезда" (кабель "витая пара"). Двух и многопортовые повторители, получив пакет на одни из своих портов, просто передает его во все остальные порты.

Многопортовые повторители (концентраторы/hubs), в сетях построенных на кабеле "витая пара" - необходимое сетевое оборудование, чтобы соединить в сеть три и более компьютеров (физически топология "звезда", логически и функционально – "шина").



Многопортовый
(концентратор/Hub)

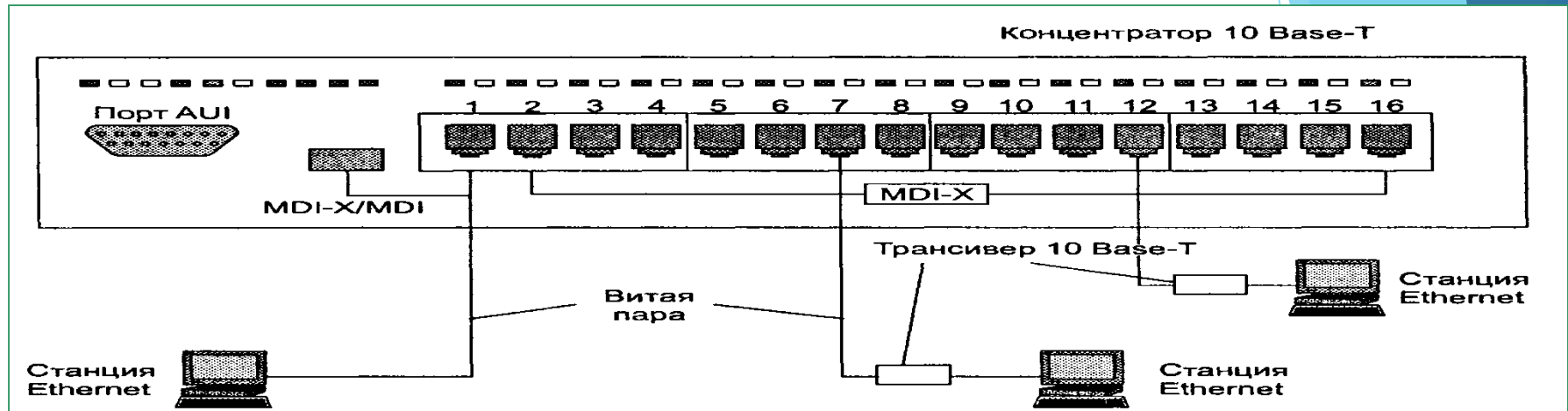
повторитель

Сетевой концентратор (также **хаб** от англ. *hub* — центр) — устройство для объединения компьютеров в сеть Ethernet с применением кабельной инфраструктуры типа *витая пара*. В настоящее время вытеснены сетевыми коммутаторами. Концентраторы часто имели разъёмы для подключения к существующим сетям на базе толстого или тонкого коаксиального кабеля.

Концентратор работает на первом (физическом) уровне сетевой модели OSI, ретранслируя входящий сигнал с одного из портов в сигнал на все остальные (подключённые) порты, реализуя, таким образом, свойственную Ethernet топологию *общая шина*, с разделением пропускной способности сети между всеми устройствами и работой в режиме **полудуплекса**. Концентраторы Ethernet выполняют все стандартные функции 1-го уровня модели OSI (физического уровня) в том числе обнаружение и обработку коллизий. Коллизии (т.е. попытка двух и более устройств начать передачу одновременно) обрабатываются согласно протокола CSMA/CD Ethernet: абоненты сети самостоятельно прекращают передачу и возобновляют попытку через случайный промежуток времени.

Таким образом концентратор объединяет устройства в одном домене коллизий.

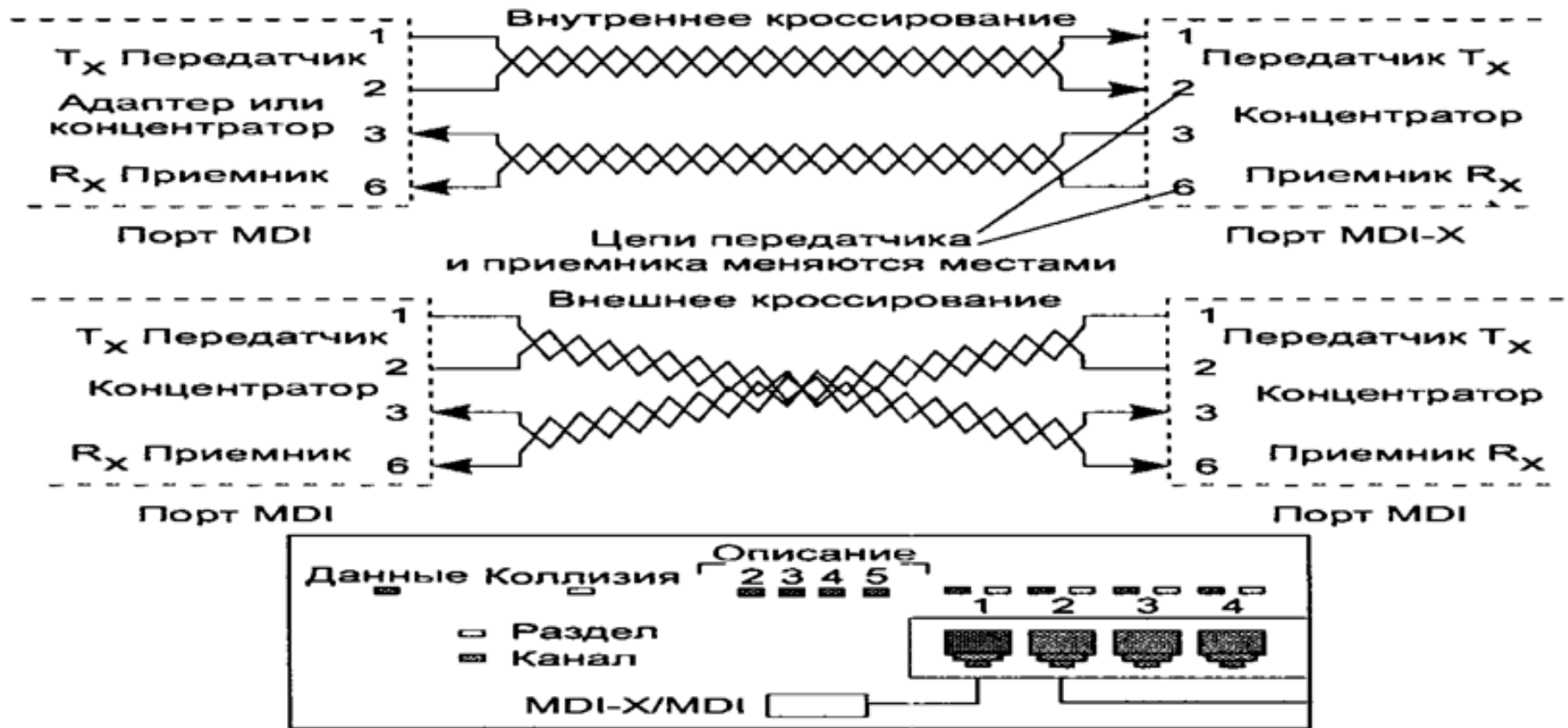
Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей. Концентратор, повторитель



Многопортовый повторитель (концентратор/Hub)

На рисунке показан типичный концентратор Ethernet, рассчитанный на образование небольших сегментов разделяемой среды. Он имеет 16 портов стандарта 10Base-T с разъемами RJ-45, а также один порт AUI для подключения внешнего трансивера. Такой концентратор состоит из 16-ти (N-го) кол-ва портов MDI-X и одного гнезда MDI, для подключения компьютеров с обычными сетевыми картами (RJ-45), порта MDI и порта AUI.

Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей. Концентратор, повторитель



Назначение портов:

1. Порт AUI (Attachment Unit Interface) служит для подключения трансивера магистрального «толстого Ethernet» кабеля, или оптического;
2. Порт MDI-X (Medium Dependent Interface) с перекрещиванием - подключение компьютеров сети витой парой с прямой разводкой;
3. Порт MDI обычно- параллельный первому порту MDI-X, предназначен для подключение второго концентратора, при расширении сети.

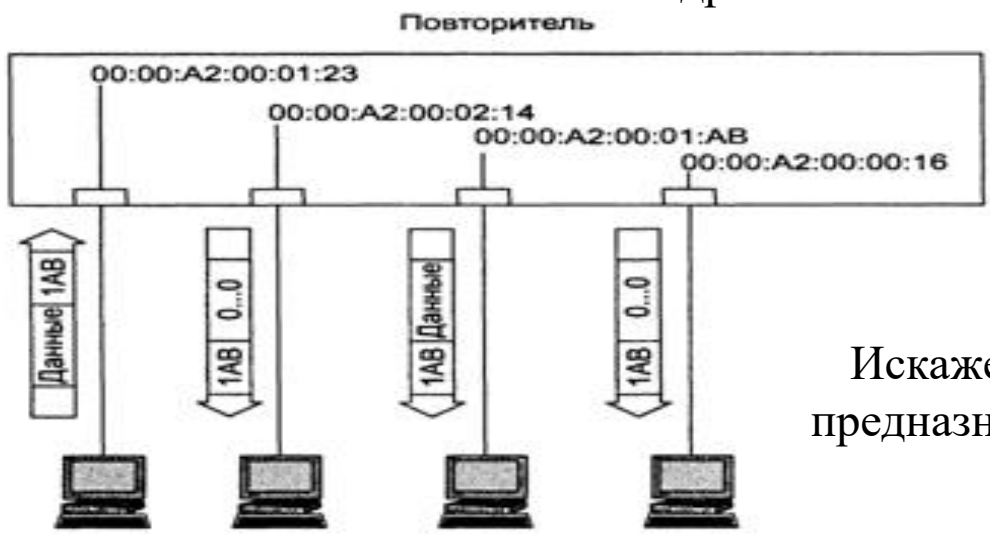
Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей. Концентратор, повторитель
Различные модели концентраторов могут реализовывать и дополнительные **функции**:

1. **Использование резервных связей** определено в стандарте только в концентраторах FDDI. В концентраторах Ethernet/Fast Ethernet резервные связи всегда должны соединять отключенные порты, чтобы не нарушать логику работы сети.
2. Концентраторы способны **отключать некорректно работающие порты**, изолируя тем самым остальную часть сети от возникших в узле проблем. Эту функцию называют автосегментацией (autopartitioning).
3. **Защита от несанкционированного доступа:**
 - способ защиты заключается в том, что администратор вручную связывает с каждым портом концентратора MAC-адрес сетевой карты ПК;
 - шифрование. В концентраторах применяется простой метод случайного искажения поля данных в пакетах, передаваемых портам с адресом, отличным от адреса назначения пакета.

Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей. Концентратор, повторитель



Изоляция портов: передача кадров только от станции с фиксированными адресами

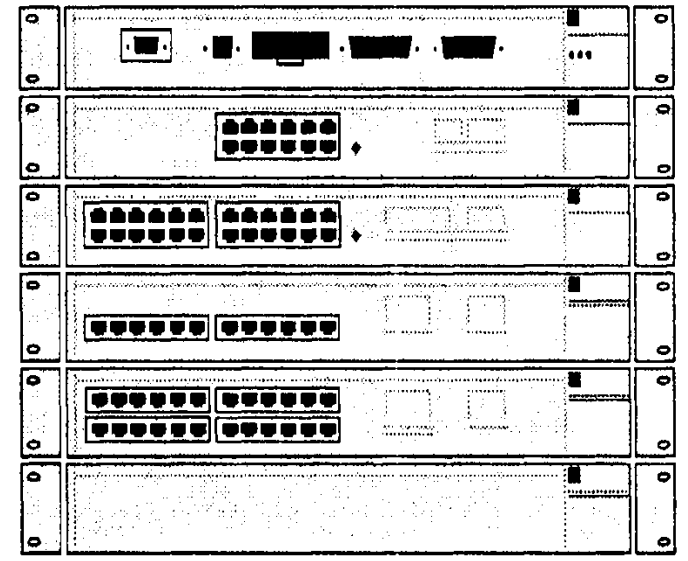


Искажение поля данных в кадрах, не предназначенных для приема станциями

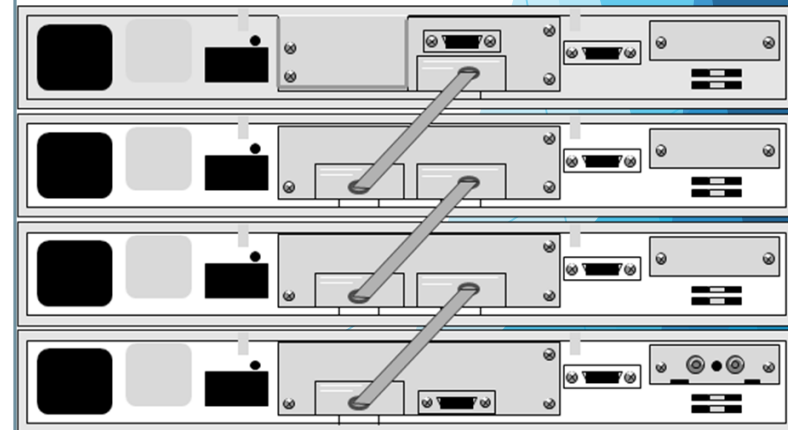
Конструктивное исполнение концентраторов

В зависимости от области применения концентраторы имеют то или иное конструктивное исполнение.

1. Концентраторы рабочих групп чаще всего выпускаются как устройства с фиксированным количеством портов — это наиболее простое конструктивное исполнение.
2. корпоративные концентраторы — как модульные устройства на основе шасси.
3. концентраторы отделов могут иметь стековую конструкцию, выполнен в виде отдельного корпуса без возможности замены отдельных его модулей.



Стековые концентраторы
Ethernet

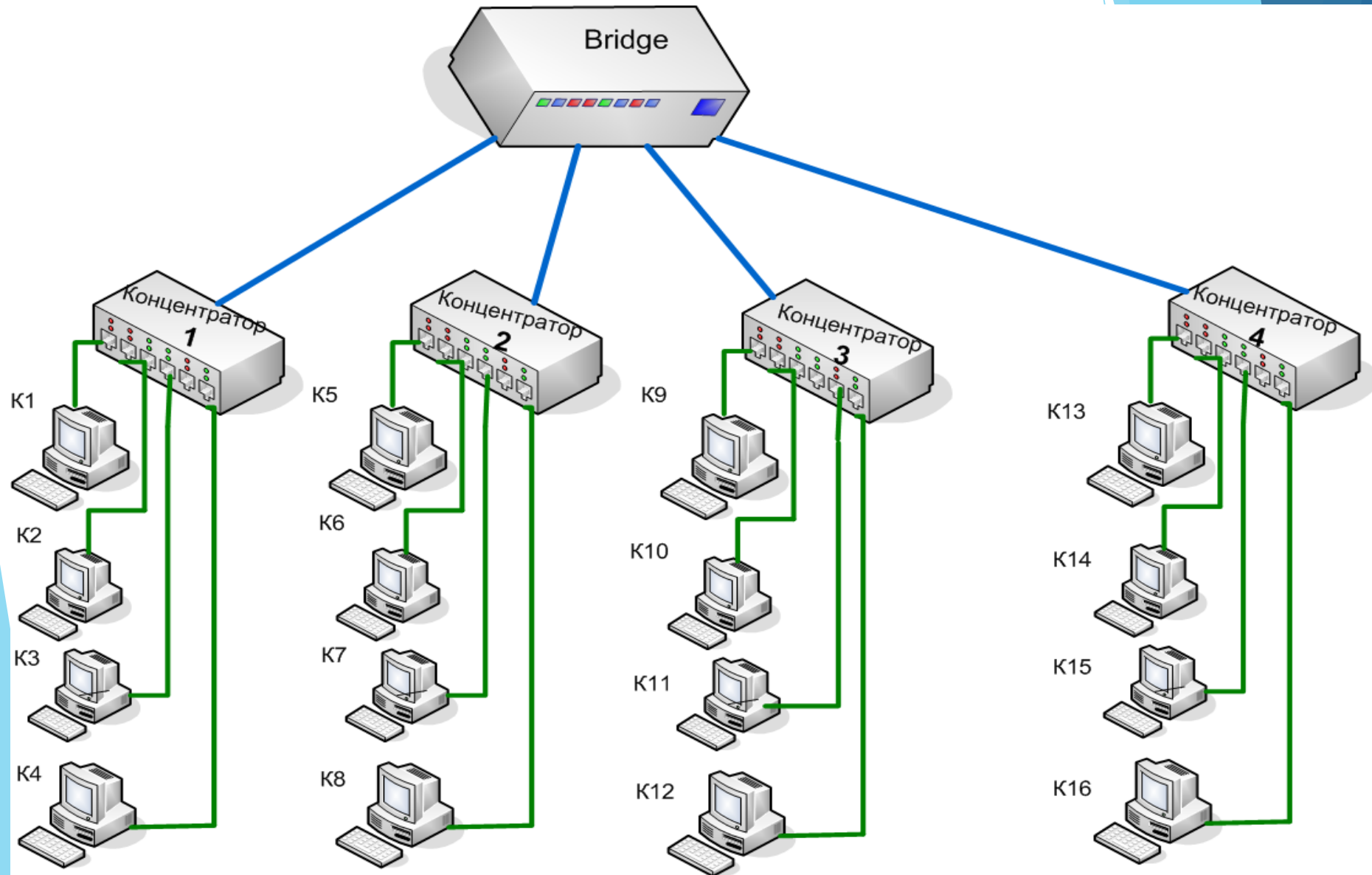


Объединение стековых
концентраторов в единое устройство

Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей. Мост (Bridge)

Мосты позволяют преодолеть ограничение "не более четырех повторителей между любыми двумя компьютерами" за счет того, что работают не на физическом, а на канальном уровне модели OSI. Т.е. мост ретранслирует кадр не по битам, а полностью принимает кадр в свой буфер, и заново получает доступ к разделяемой среде и ретранслирует кадр в сеть. Помимо увеличения протяженности сети, мост также позволяет разбить ее на сегменты с независимыми разделяемыми средами, увеличив общую пропускную способность сети. Мост технологии Ethernet работает по «Алгоритму прозрачного моста». В процессе обращения компьютеров в сеть, через порты моста, последний запоминает MAC- адрес компьютера в таблице «адрес –порт» и далее, во время дальнейшей работы, мост направляет пакеты (кадры) только в нужный порт. Мост, используя данный алгоритм, позволяет снизить общую нагрузку в сети, разделяя сеть на сегменты. (Подробно в разделе 4). Мост также позволяет соединить между собой сегменты сети различных стандартов.

Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей. Мост (Bridge)



Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей. Коммутатор

Коммутатор (switch) -работают на канальном уровне, поддерживают «алгоритм прозрачного моста», на каждый порт свой процессор EPP (Ethernet Packet Processor) и общий системный модуль, который координирует работу всех процессоров EPP. Switch (коммутатор) позволяет организовать сразу несколько параллельных соединений между различными парами портов, что повышает пропускную способность сети в несколько раз, но не может соединить несколько портов - к одному порту. Для повышения производительности Switch начинает ретрансляцию кадра, сразу после получения MAC адреса узла назначения, т.е. не дожидаясь полного получения кадра (режим Cut-Through или on-the-fly – «на лету»).

Поэтому коммутаторы в отличие от мостов обладают на порядок (как минимум) большей производительностью, зачастую наделяются дополнительными интеллектуальными функциями, такими как: поддержка VLAN (виртуальные локальные сети), поддержка «Алгоритма покрывающего дерева» -STA.

Тема 2-03. *Аппаратное обеспечение сетей.* Коммутатор

Коммутаторы (switch's) - характеризуются двумя показателями производительности:

- **Максимальная скорость ретрансляции пакетов** измеряется при передаче пакетов из одного порта в другой, когда все остальные порты отключены.
- **Совокупная скорость ретрансляции пакетов** измеряется при активной работе всех имеющихся портов. Совокупная скорость больше максимальной, но максимальная скорость, как правило, не может быть обеспечена на всех портах одновременно.

Существует два класса коммутаторов:

- 1) Коммутаторы со сквозной передачей (Cut-Through); – применяют конвейерную обработку пакетов - коммутацию «на лету» (on-the-fly).;
- 2) Коммутаторы Store-and-Forward (SAF) полностью буферируют все кадры во буферной памяти FIFO. Размер каждого буфера должен быть не меньше максимальной длины кадра. Значительно возрастает задержка коммутации- не менее 12000 бит интервалов. Коммутаторы (SAF) способны отфильтровывать (не пересылать) ошибочные пакеты (меньше 512 бит и с неправильной контрольной суммой), могут поддерживать одновременно разные скорости передачи (10 Мбит/с, 100 и 1000 Мбит/с).

Курс Лекций: «Аппаратное и программное обеспечение ЭВМ и сетей»

Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей. Коммутатор

Функция	Налету	С буферизацией
Защита от плохих кадров	Нет	Да
Трансляция протоколов разнородных сетей (Ethernet Token Ring, FDDI, ATM)	Нет	Да
Задержка передачи пакетов	Низкая (5-40 мкс) при низкой нагрузке, средняя при высокой нагрузке	Средняя при любой нагрузке
Поддержка резервных связей	Нет	Да
Функция анализа трафика	Нет	Да

Типы коммутаторов

По конструктивному исполнению :

- коммутаторы с фиксированным количеством портов
- модульные коммутаторы на основе шасси
- стековые коммутаторы
- модульно-стековые коммутаторы.

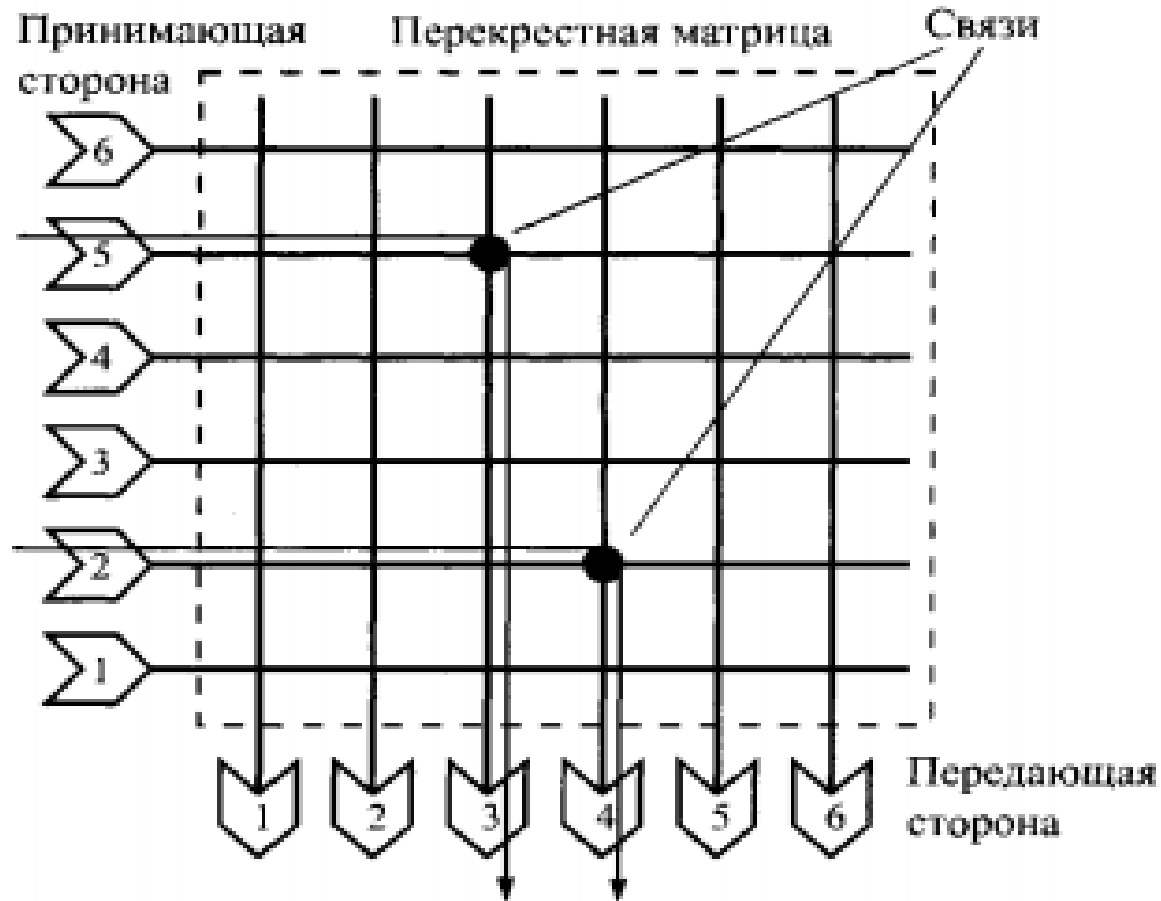
Различия между ними аналогичны различиям между соответствующими типами концентраторов

По способу коммутации портов в коммутаторе :

- коммутаторы на основе коммутационной матрицы;
- коммутаторы с общей шиной;
- коммутаторы с разделяемой памятью;
- комбинированные коммутаторы.

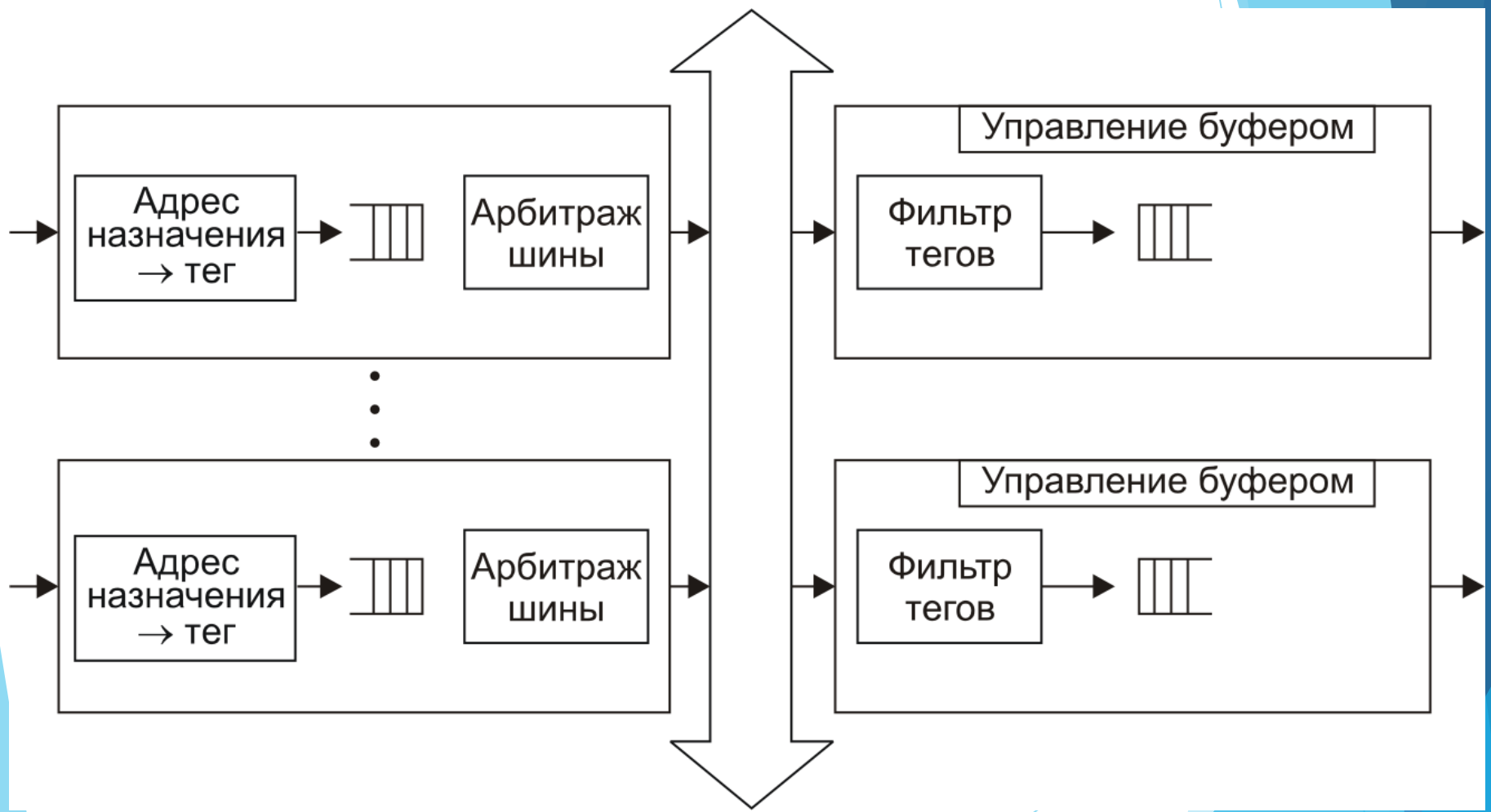
Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей. Коммутатор

Коммутаторы на основе коммутационной матрицы



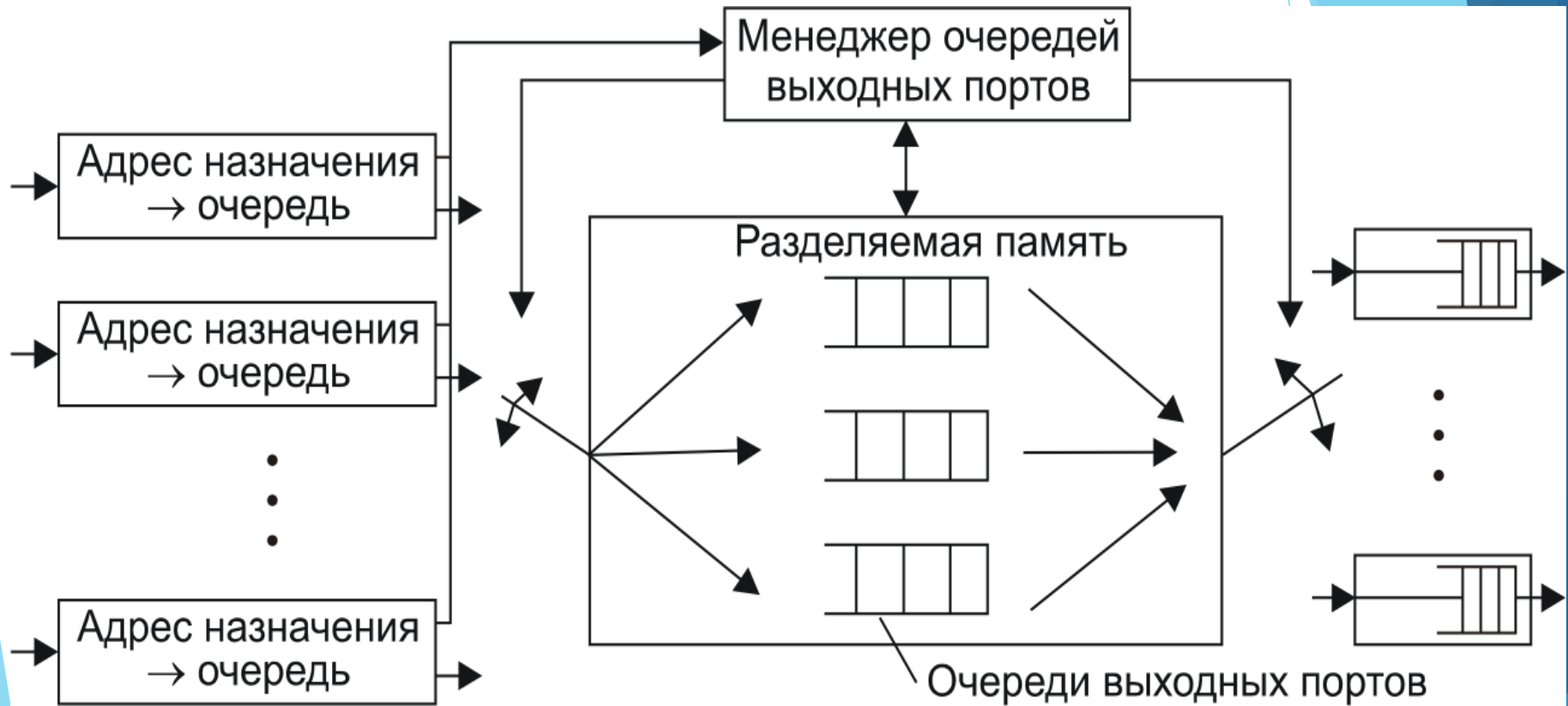
Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей. Коммутатор

Коммутаторы с общей шиной

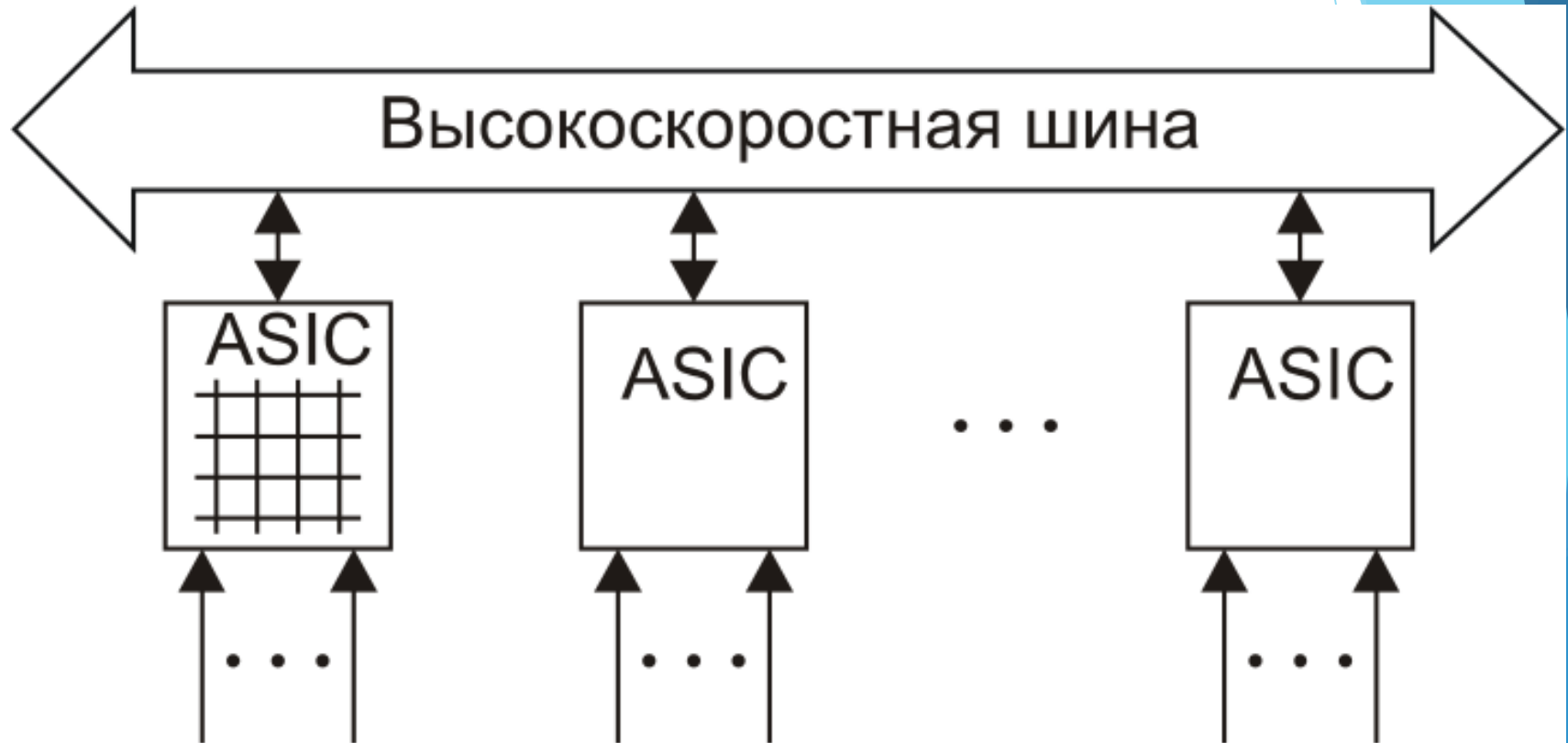


Тема 2-03. Аппаратное обеспечение сетей. Коммутатор

Коммутаторы с разделяемой памятью



Комбинированные коммутаторы



Маршрутизатор (router) .

Маршрутизаторы работают на сетевом уровне (3-й уровень OSI), используя при этом IP адреса. Маршрутизатор необходим для объединения разнородных сетей, построенных на различных технологиях канального уровня Fast Ethernet и FDDI, Token Ring и т.п., также сегментов Ethernet, построенных на концентраторах, мостах и коммутаторах. Маршрутизаторы не накладывают ограничений на топологию сети. Топология сети с маршрутизаторами может быть произвольной, в отличие от коммутаторов, мостов и концентраторов Ethernet, которые поддерживают древовидную топологию. Основная задача маршрутизатора 1) проложить оптимальный маршрут по сети с любой топологией и любого размера, 2) продвинуть пакеты по проложенному маршруту. Маршрутизаторы продвигают пакеты на основании таблиц маршрутизации, которые могут быть созданы в ручную администратором сети или построены с помощью динамических протоколов таких как RIP, OSPF, IS-IS, NLSP и др. Кроме того, использование маршрутизаторов позволяет структурировать сеть (подсеть отдела кадров, подсеть бухгалтерии и т.п.) и легче реализовывать политику безопасности, за счет использования межсетевых экранов.

Литература:

- 1) В.Т. Олифер. Н.А. Олифер "Компьютерные сети", с.274