

Курс 03

Канал передачи данных



возражение

- Роль и структура канального уровня • Инкапсуляция данных
- Протокол Ethernet
- Столкновения
- Домены коллизий и широковещательные домены • Процесс переключения

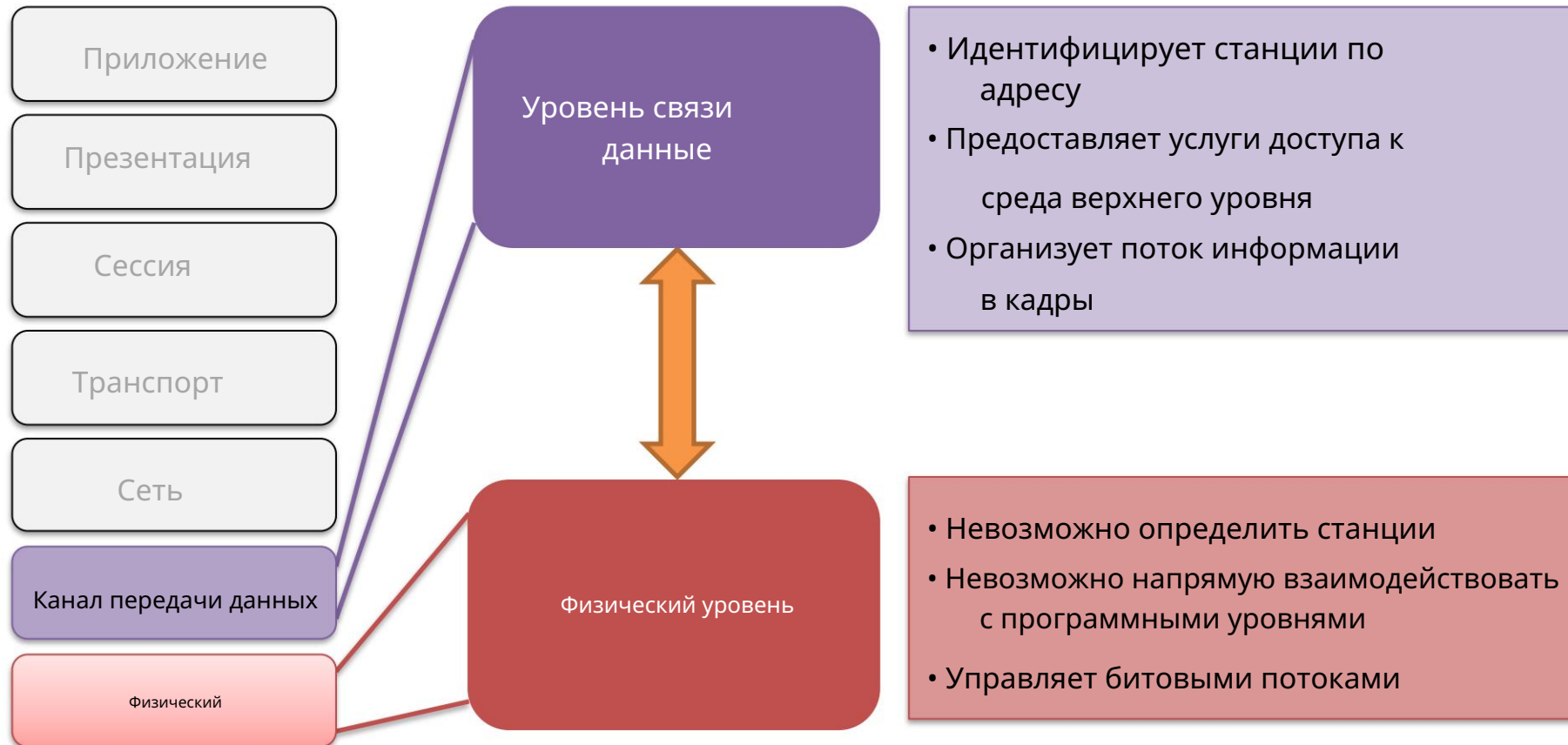
Канал передачи данных

Инкапсуляция данных

Протоколы



Ограничения физического уровня

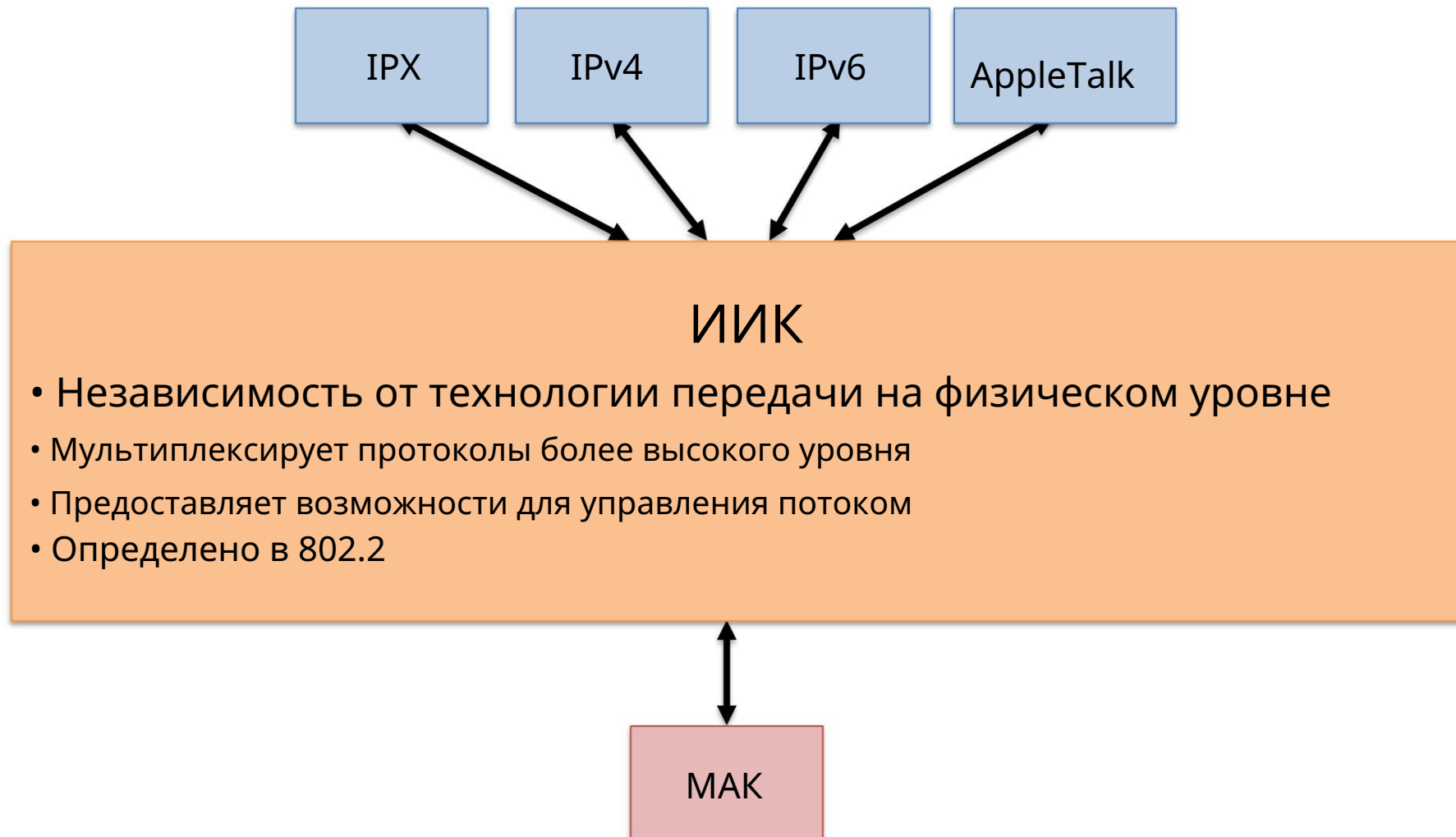


Структура уровня канала передачи данных

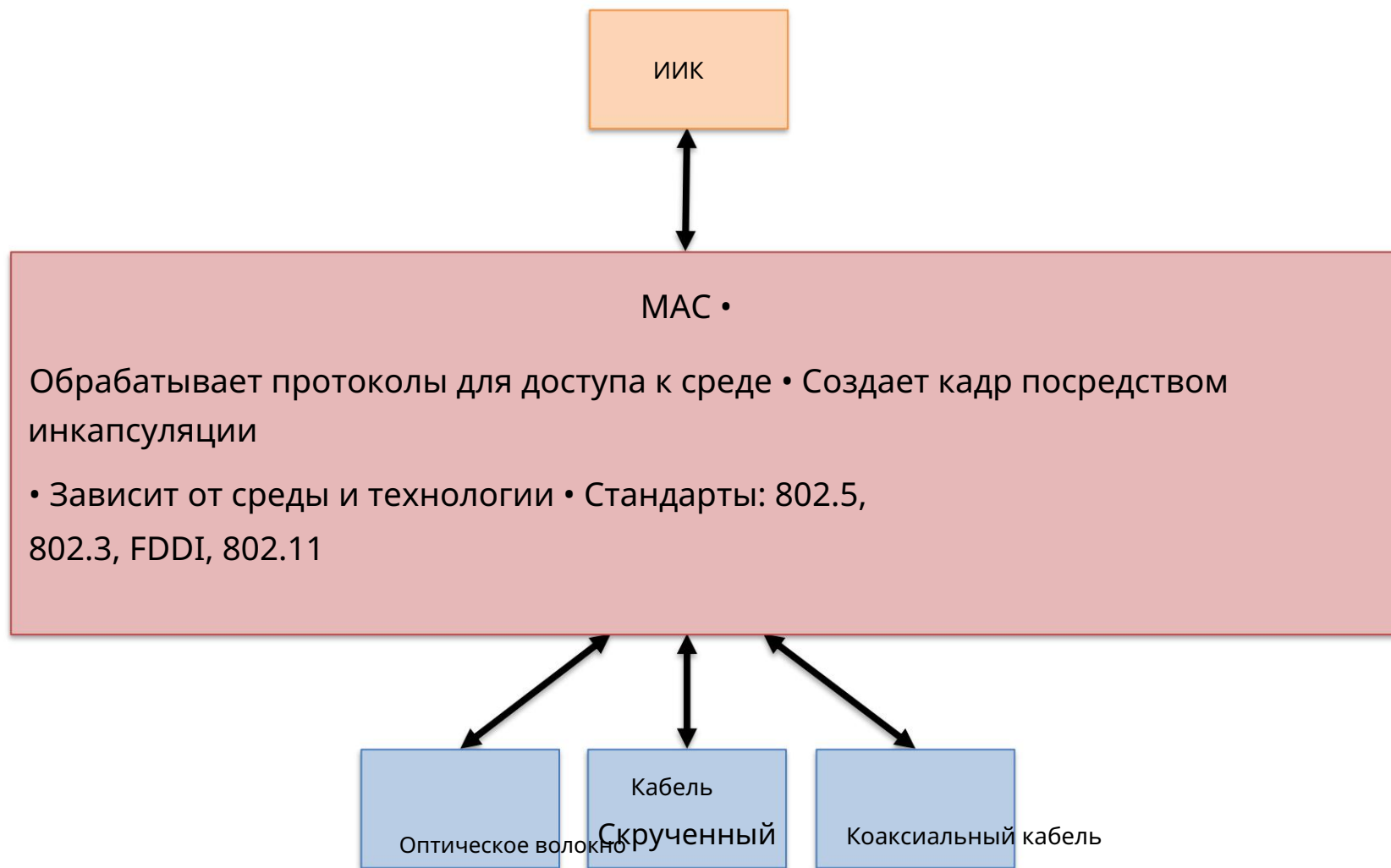
- Уровень канала передачи данных находится на границе между аппаратным и программным обеспечением.
- Подуровень LLC (логическая связь Управление) интерфейсами с программным обеспечением
- Подуровень MAC (доступ к среде) Управление) взаимодействует с окружающей средой



ООО подуровень

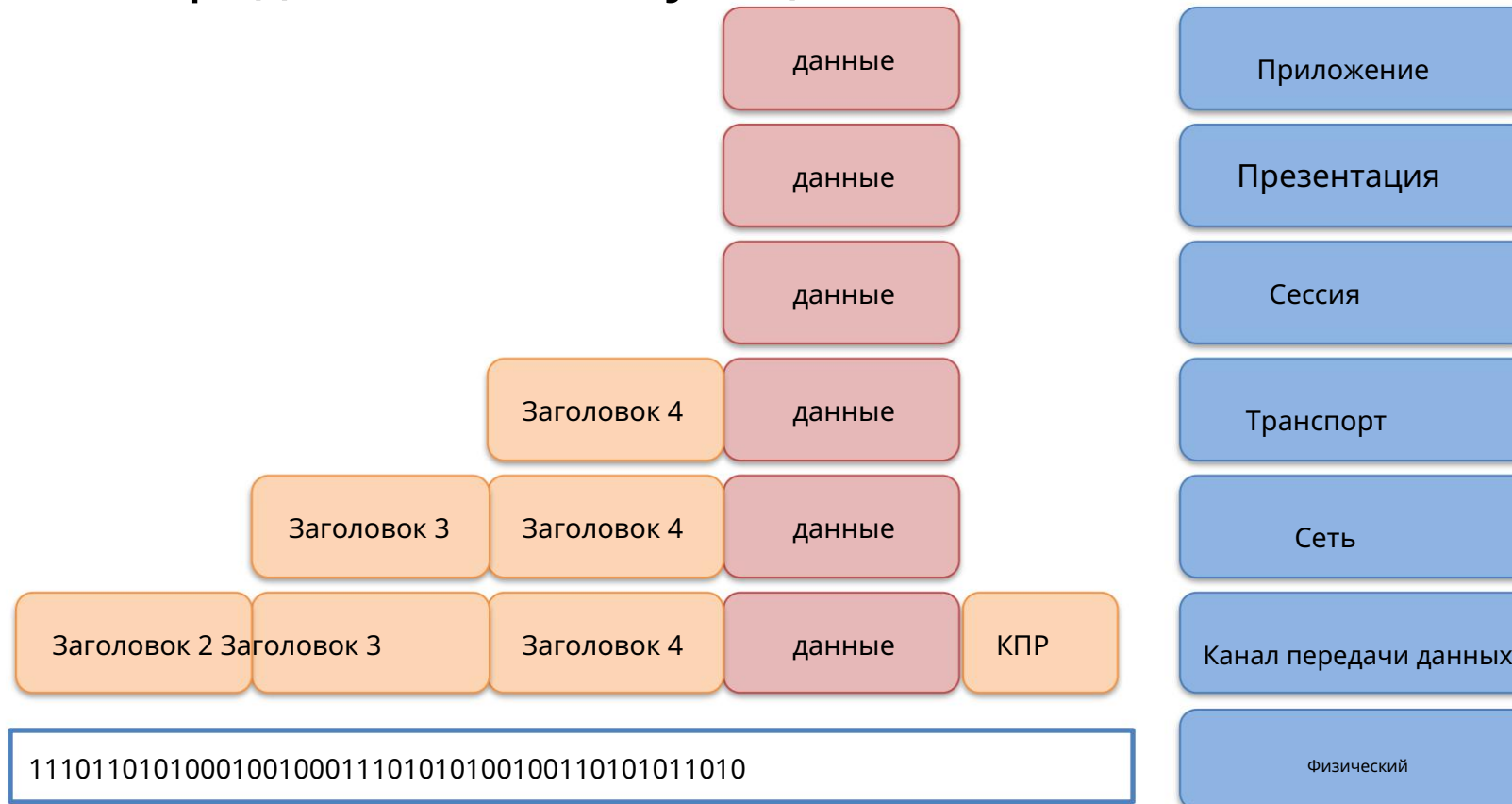


MAC-подуровень



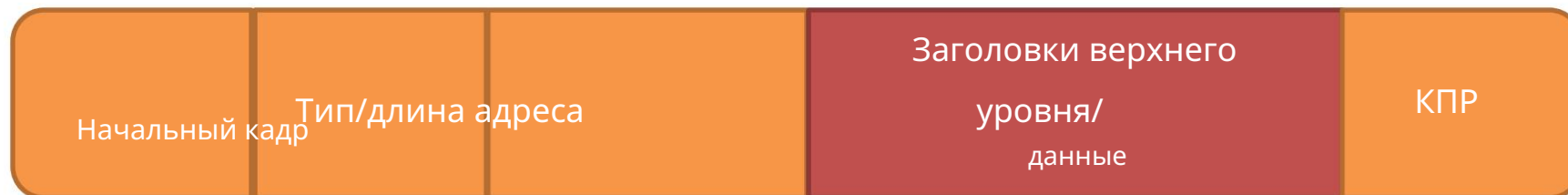
Инкапсуляция данных

- Информация, требуемая протоколом на определенном уровне, добавляется посредством инкапсуляции



Инкапсуляция данных на уровне 2

- Для того, чтобы данные достигли соответствующего получателя, требуется больше информации; эта информация добавляется на уровне 2 и организуется **в кадры**
- Большинство протоколов уровня 2 используют общий набор полей в формате рамка:
 - Начальный кадр: последовательность битов, объявляющая о начале кадра.
 - Адрес: MAC-адреса источника и назначения
 - Тип/Длина: используемый протокол уровня 3 или длина кадра в байтах.
 - Данные: отправленное сообщение
 - CRC: число, используемое для обнаружения ошибок передачи



Примеры протоколов уровня 2

Ethernet

ПРМ

банкомат

Кольцо с жетоном

Ретрансляция кадров

Ethernet

Исторический

адрес

Функции



Немного истории

- 1971 – АЛОХАNET
- Сделано Норманом Абрамсоном
- Местоположение:
Гавайи • Предшественник Ethernet
- Пропускная способность: 9600 бит/с



The ARPANET in December 1969

Немного истории

- 1973 – Ethernet
- Разработано Бобом Меткалфом и Дэвидом Богсом в Xerox •

Местоположение: Исследовательский центр Пало-

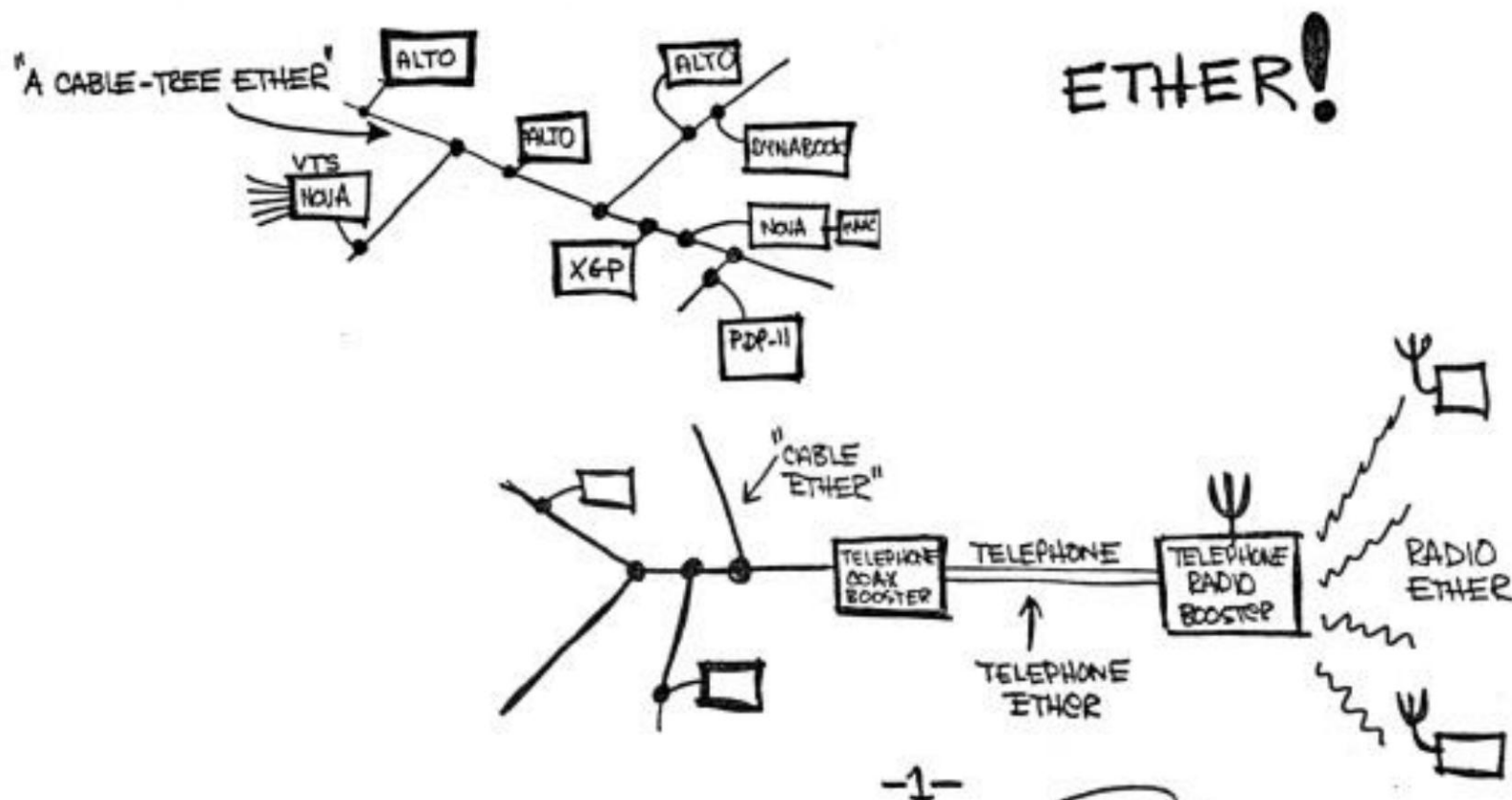
Альто (PARC) • Пропускная

способность: 2,94 Мбит/с • Названо в честь эфира

Первый в истории кабель Ethernet (коаксиальный)



Немного истории



Bob Metcalfe's 1972 sketch of his original "ethernet" vision
Image provided courtesy of Palo Alto Research Center Inc., a Xerox Company

Немного истории

- DEC, Intel и Xerox сотрудничают для создания стандарта 10 Мб, называемый стандартом DIX
- 1983: IEEE преобразует стандарт DIX в стандарт 802.3
- Xerox не развивает Ethernet, и Боб Меткалф уходит
Xerox формирует 3COM. К 1999 году было продано более 100 миллионов сетевых карт Ethernet.

Среда передачи данных Ethernet

Коаксиальный кабель



Витой кабель
пара)

Оптическое волокно



Адресация в Ethernet

- Ethernet использует адреса для уникальной идентификации сетевого интерфейса.
- Адреса называются MAC-адресами.
- MAC-адреса:
 - Они локальны по отношению к локальной сети, частью которой является интерфейс (локальная область действия)
 - Они используют плоскую схему адресации (нет иерархии адресов)
 - Они записываются в ПЗУ сетевой карты и загружаются при инициализации интерфейса.
 - Операционная система может быть настроена на использование другого MAC-адреса для интерфейса, но тот, что в ПЗУ, не может быть изменен

Формат MAC-адреса

ДА Уникальный идентификатор организации • назначен на производственную компанию сетевых интерфейсов			Идентификатор интерфейса • по решению компании, это может быть число последовательный интерфейс		
24 бита			24 бита		
00	ФК	42	3Е	34	99
48 бит Представить в шестнадцатеричном виде					

Типы MAC-адресов

- Существует три типа MAC-адресов:

- Индивидуальный адрес

- идентифицирует одного получателя

например: 00.10.A7.22.FE.63

- Широковещательный адрес

- используется для идентификации всех компьютеров в сети

например: FF.FF.FF.FF.FF.FF

- Многоадресный адрес

- используется для идентификации группы компьютеров; определяется тем фактом, что первый октет нечетный

например: 01.00.5E.00.A1.11

Ethernet-фрейм

- Структура кадра практически идентична для всех реализаций Ethernet (от 10 Мбит/с до 10 Гбит/с)
- Кадр для версии **Ethernet IEEE 802.3** имеет следующие поля:



- Первые 8 байт используются для синхронизации и не будут учитываться при расчете. размер кадра
- Поле преамбулы состоит из 7 байтов 10101010, а байт начала кадра имеет значение 10101011
- Поле тип/длина имеет следующее значение:
 - ниже 0x0600 – поле интерпретируется как длина
 - выше 0x0800 – поле интерпретируется как тип протокола уровня 3

Характеристики сетей Ethernet

- Время передачи бита — это время, необходимое для передачи одного бита.
 - В сети Ethernet со скоростью 10 Мбит/с отправка одного бита занимает 100 нс.
 - Для 100 Мбит/с время передачи бита составляет 10 нс
 - При 1000 Мбит/с время передачи бита становится 1 нс
- SlotTime — это время, необходимое сигналу для прохождения самого длинного сегмента сеть
 - для 10 Мбит/с и 100 Мбит/с это $512 \times$ время передачи бита (=64 байта), • для 1000 Мбит/с это $4096 \times$ время передачи бита (=512 байт)
 - Для всех версий Ethernet со скоростью передачи данных ниже или равной 1000 Мбит/с, передача не должна длиться меньше времени слота
- Межкадровый интервал представляет собой минимальное время между двумя последовательными кадрами.
 - Его значение равно $96 \times$ Время передачи бита
 - Его роль заключается в том, чтобы позволить медленным станциям обрабатывать текущий кадр и готовиться для следующего кадра

СТОЛКНОВЕНИЕ

Общие среды

Домен коллизии

Зона вещания



Общая среда

- Ethernet был разработан как протокол для общей среды (среда множественного доступа – несколько станций подключены к одной и той же физической среде)
- В эксплуатации предусмотрены столкновения и трансляции Ethernet
- В полнодуплексных сетях Ethernet
 - каждый порт коммутатора вместе с подключенным сетевым узлом представляет собой домен коллизий
 - сетевая инфраструктура становится выделенной инфраструктурой (по сравнению с общей в случае использования повторителей или Ethernet по коаксиальной среде)

Домены коллизий

- Домен коллизий = группа сегментов сети, физически соединенных устройствами уровня 1 (ретранслятор, концентратор, трансивер), в которых могут возникать коллизии

Устройства, ограничивающие зоны столкновения:

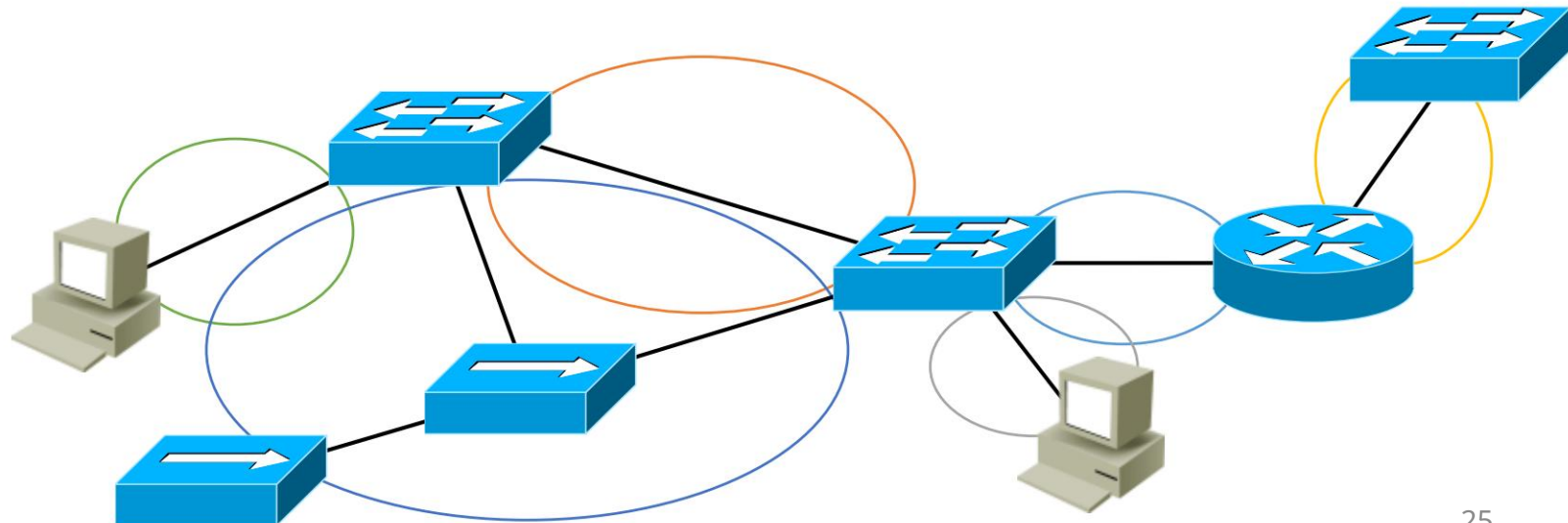
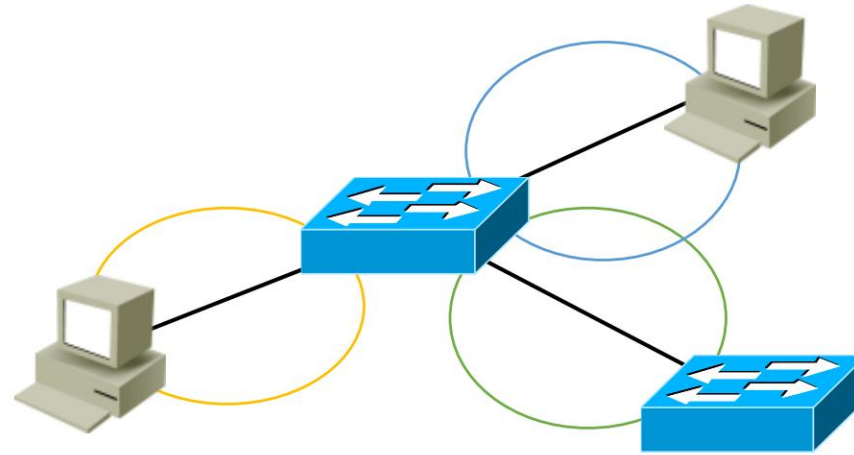


Устройства, расширяющие домены коллизий:



Домены коллизий

- Сколько доменов коллизий существует в топологии 1?
 - A: 3
- Сколько доменов коллизий существует в топологии 2?
 - A: 6



Широковещательные домены

- Широковещательный домен – все устройства (станции), которые принимают широковещательную рассылку, отправленную одним из них.

Устройства, разграничивающие широковещательные домены:



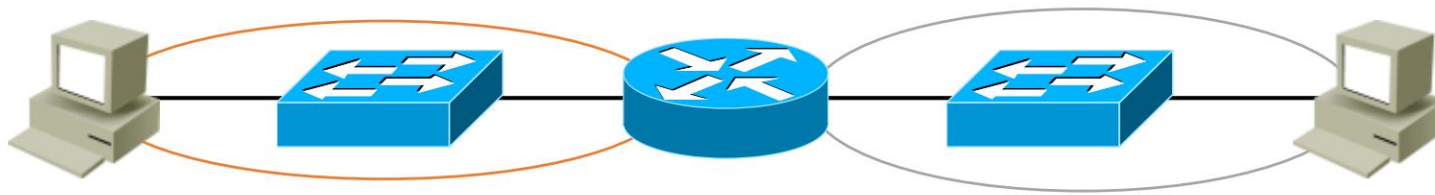
Устройства, расширяющие дальность вещания:



Домены вещания/диффузии

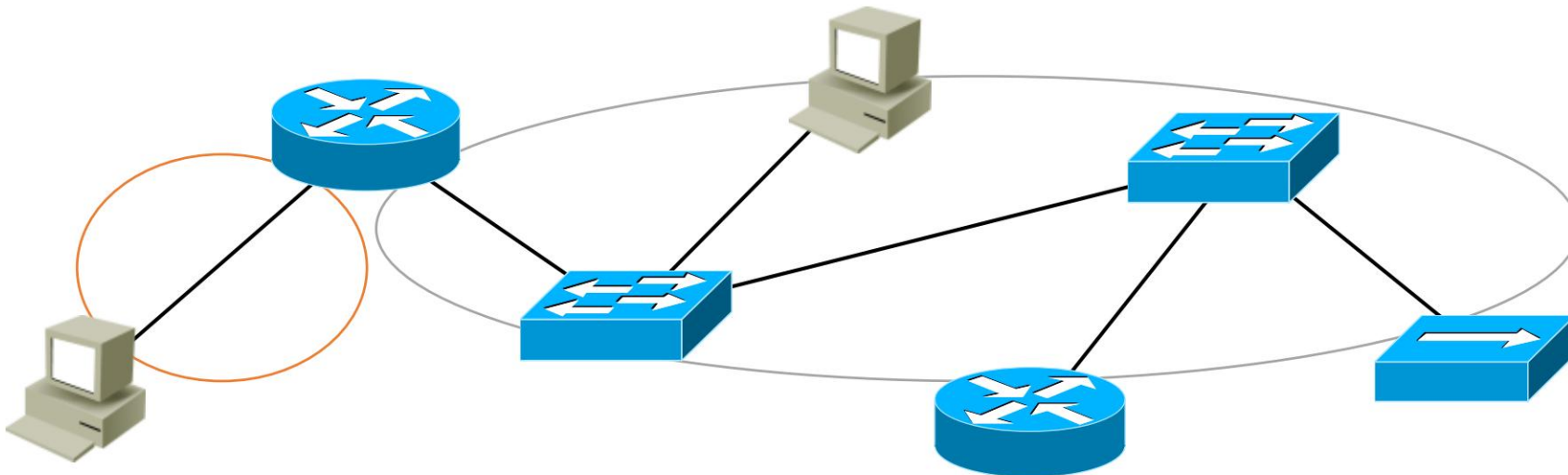
- Сколько широковещательных доменов в топологии 1?

- Ответ: 2



- Сколько широковещательных доменов в топологии 2?

- Ответ: 2



CSMA/CD

1. Чувствительность к несущей

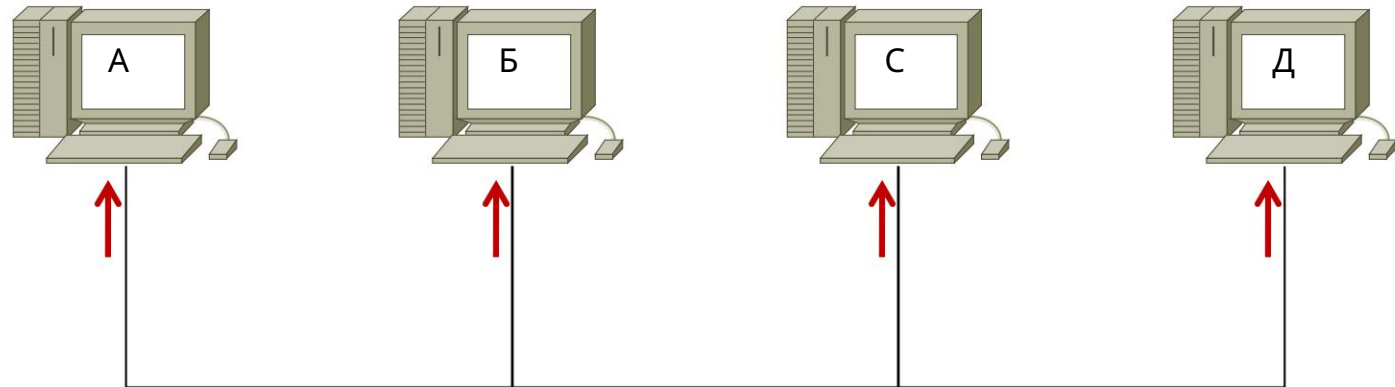
2. Множественный
доступ

3. Столкновение
обнаружение

4. Сигнал джема

5. Случайный
бэк-офис

- Протокол, используемый Ethernet для решения проблемы коллизий
- Каждая станция прослушивает окружающую среду, чтобы определить, передает ли другая станция



CSMA/CD

1. Чувствительность к несущей

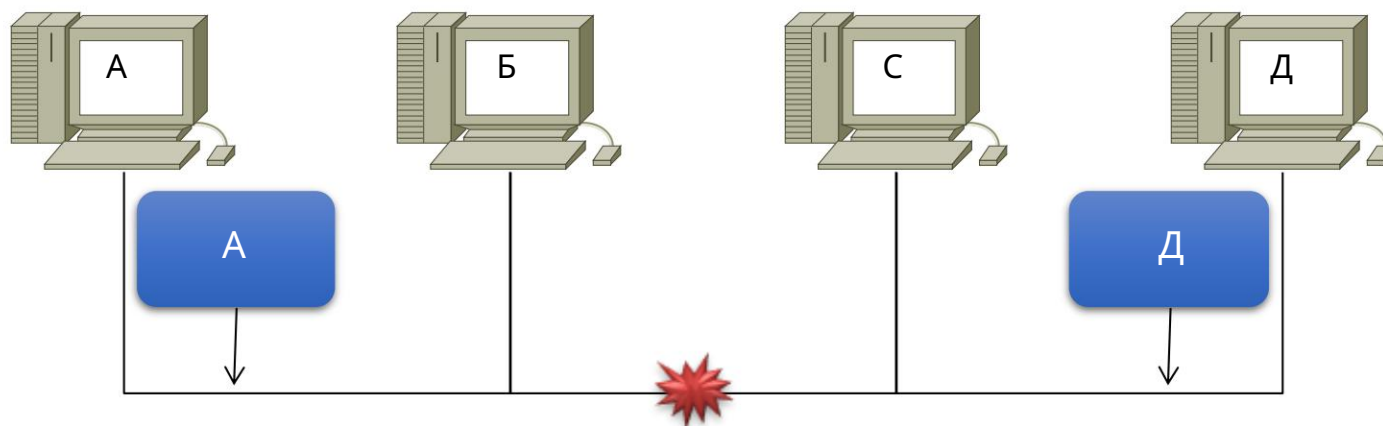
2. Множественный
доступ

3. Столкновение
обнаружение

4. Сигнал джема

5. Случайный
бэк-офис

- Протокол используется в общих средах
- Поскольку среда является общей, существует риск того, что две станции будут передавать данные одновременно.



CSMA/CD

1. Чувствительность к несущей

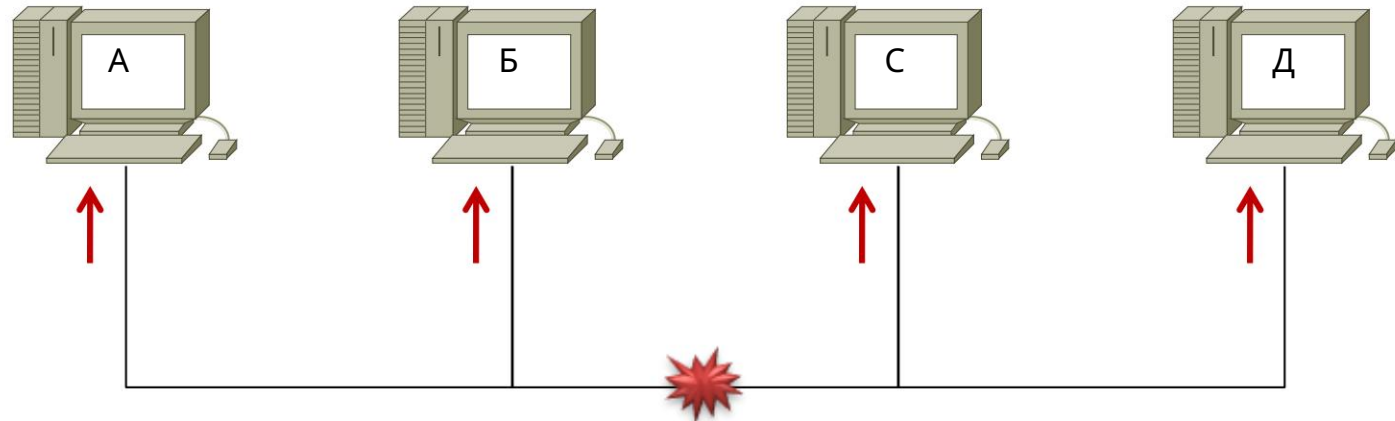
2. Множественный
доступ

3. Столкновение
обнаружение

4. Сигнал джема

5. Случайный
бэк-офис

- Если две станции передают одновременно, содержимое кадра будет изменено (например, может быть создан кадр **-коротышка** – кадр размером менее 64 байт)
- Встреча двух сигналов называется **столкновением**.
- Подключенные станции обнаружат столкновение



CSMA/CD

1. Чувствительность к несущей

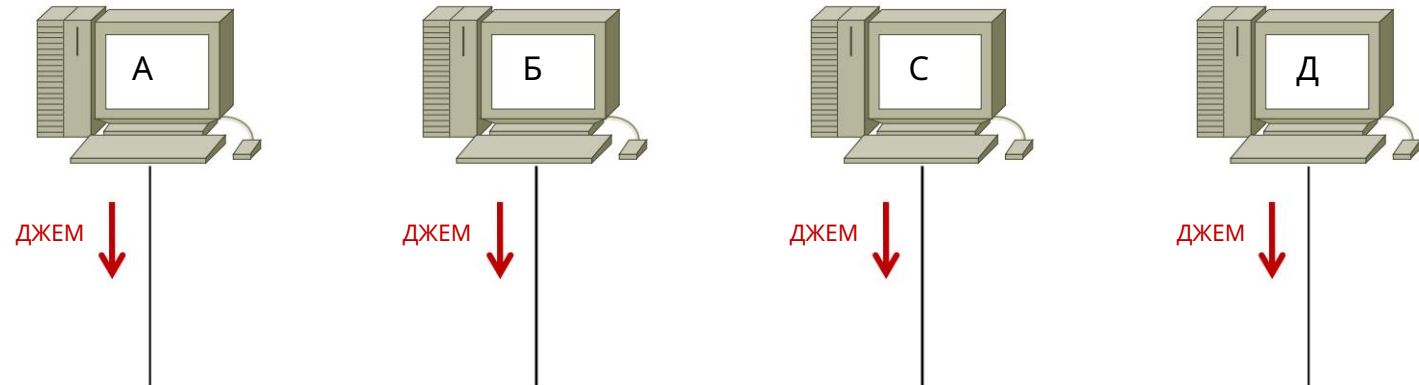
2. Множественный доступ

3. Столкновение обнаружение

4. Сигнал джема

5. Случайный бэк-офис

- В ответ на столкновение передается **сигнал о заторе** сеть
 - Цель состоит в том, чтобы все станции обнаружили столкновение.
- Сигнал о застревании перезапишет CRC кадров, которые подверглись столкновению.
 - Карты Ethernet вынуждены отбрасывать кадр



CSMA/CD

1. Чувствительность к несущей

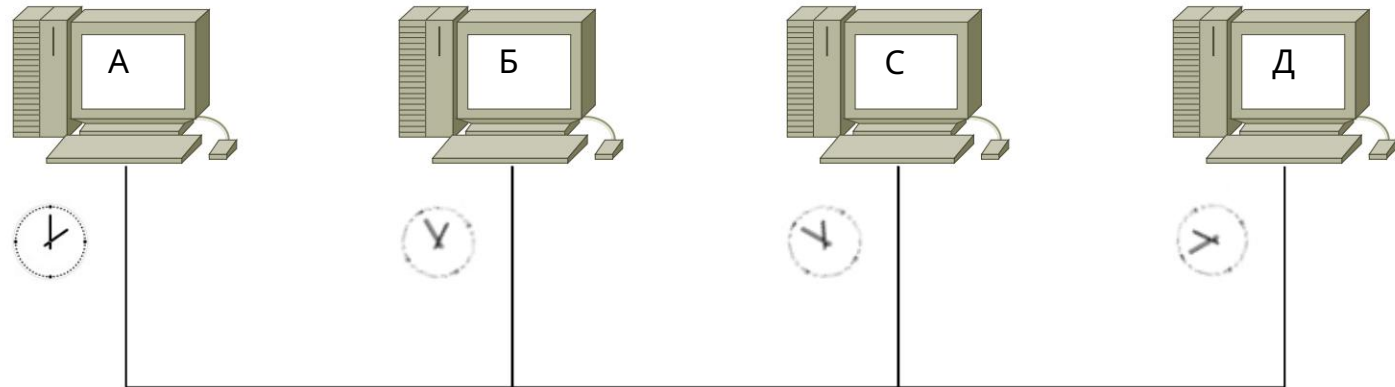
2. Множественный
доступ

3. Столкновение
обнаружение

4. Сигнал джема

5. Случайный
бэк-офис

- Каждая станция ждет случайное время перед ретрансляцией
- Случайный откат
- Почему продолжительность выбрана случайным образом?



Стандарты Ethernet



Быстрый Ethernet

Быстрый Ethernet

100BASE-TX

100BASE-FX

100BASE-SX

Гигабитный Ethernet

10-гигабитный Ethernet

40-гигабитный Ethernet

100-гигабитный Ethernet

Быстрый Ethernet

Год издания: 1995

Скорость: 100 Мбит/с

стандартный • 100BASE-TX

медь: • 100BASE-T4

Стандарты • 100BASE-FX

волокна: • 100BASE-SX

• 100BASE-BX

• 100BASE-LX10

CSMA/CD: Да

Кодировки: 4B5B, NRZI, MLT-3

Быстрый Ethernet

Быстрый Ethernet

100BASE-TX

100BASE-FX

100BASE-SX

Гигабитный Ethernet

10-гигабитный Ethernet

40-гигабитный Ethernet

100-гигабитный Ethernet

Быстрый Ethernet: 100BASE-TX

Максимальное
расстояние: 100м

Кабель: UTP Cat5+ (контакты 1, 2, 3 и 6)

Разъемы: RJ-45

Быстрый Ethernet: 100BASE-FX

Максимальное
расстояние: 400 м (полудуплекс) / 2 км (полный
дуплекс)

Кабель: 2 многомодовых волокна (@1300нм)

Быстрый Ethernet: 100BASE-SX

Максимальное
расстояние: 550м

Кабель: 2 многомодовых волокна (@850нм)

Гигабитный Ethernet

Быстрый Ethernet

100BASE-TX

100BASE-FX

100BASE-SX

Гигабитный Ethernet

10-гигабитный Ethernet

40-гигабитный Ethernet

100-гигабитный Ethernet

Гигабитный Ethernet

Год выпуска: 1998 (802.3z)

Текущий стандарт: 802.3-2008

Скорость: 1000 Мбит/с

Стандарты медного кабеля: • 1000BASE-CX (802.3z – 1998) •
1000BASE-T (802.3ab – 1999)

Стандарты оптоволокна: • 1000BASE-SX (802.3z – 1998) •
1000BASE-LX (802.3z – 1998) • 1000BASE-
LX10 (802.3ah – 2004) • 1000BASE-BX10 (802.3ah
– 2004)

10-гигабитный Ethernet

Быстрый Ethernet

100BASE-TX

100BASE-FX

100BASE-SX

Гигабитный Ethernet

10-гигабитный Ethernet

40-гигабитный Ethernet

100-гигабитный Ethernet

10-гигабитный Ethernet

Год выпуска: 2002 (802.3ae)

Текущий стандарт: 802.3-2008

Скорость: 10000 Мбит/с

Нет

Полудуплексный режим:

CSMA/CD: Нет

стандартный • 10GBASE-CX4 •

медь: 10GBASE-T (802.3an – 2006)

Стандарты • 10GBASE-SR •

волокна: 10GBASE-LR

40/100 Гигабитный Ethernet

Быстрый Ethernet

100BASE-TX

100BASE-FX

100BASE-SX

Гигабитный Ethernet

10-гигабитный Ethernet

40-гигабитный Ethernet

100-гигабитный Ethernet

40/100 Гигабитный Ethernet

Год выпуска: 2010 (802.3ba)

Скорость: 40/100 Гбит/с

Цель: • Поддержание совместимости

Медиа: • Медь •

Оптоволокно

Поставщики оборудования
100GbE: • Можжевельник
• Cisco •
Брокада

Процесс переключения

CAM-таблица

Процесс обучения

Процесс переключения

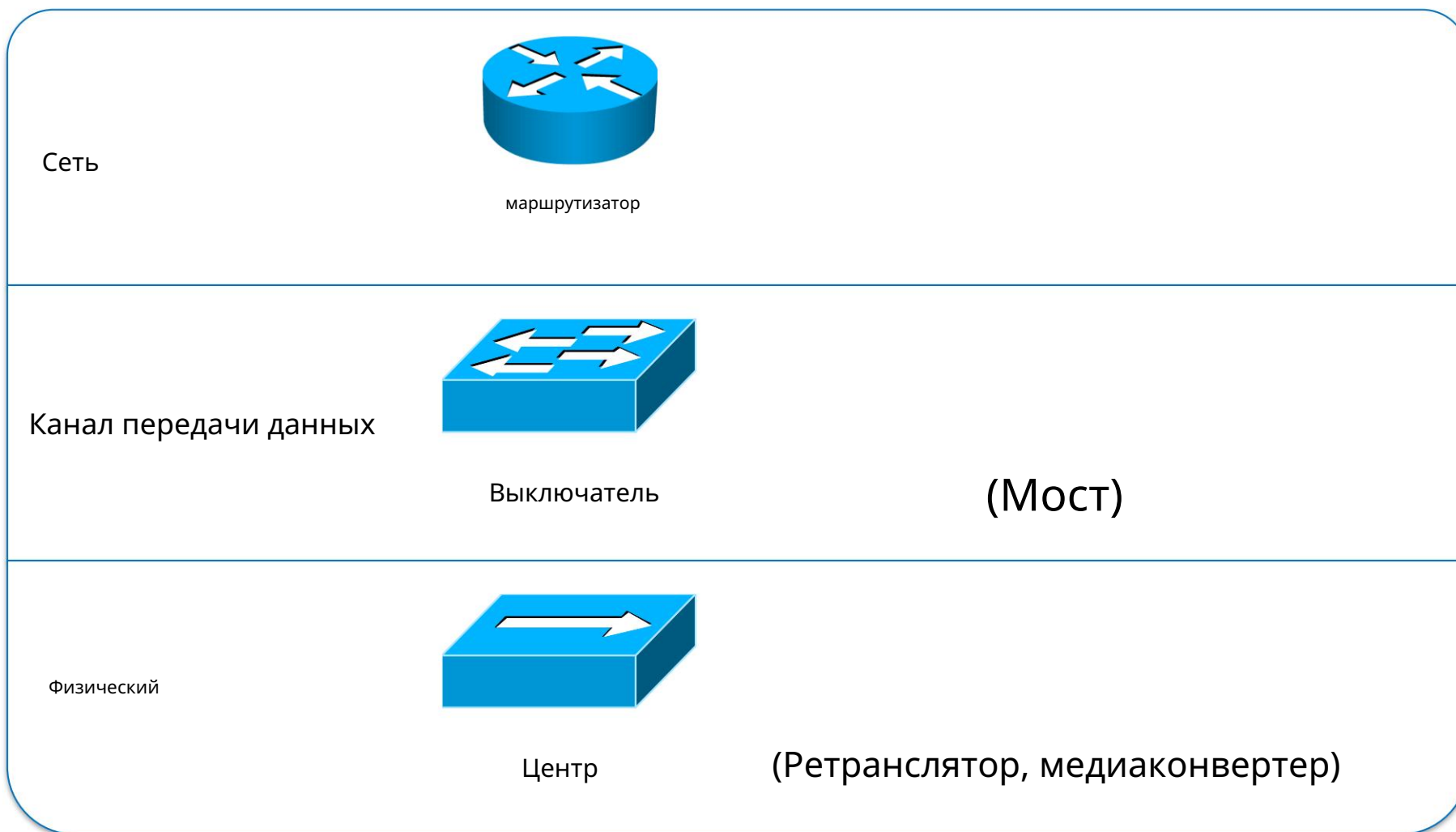
Методы переключения



Задержка сети

- Задержка — это время, необходимое сообщению для передачи от источника до места назначения.
- Источники задержки:
 - Задержка передачи на уровне сетевого интерфейса
 - ~1 микросекунда для 10 BASE-T
 - Задержка распространения
 - ~0,556 микросекунд для 100 м кабеля CAT 5 UTP
 - Задержка, вызванная взаимосвязанным оборудованием • это самый важный источник задержки
 - варьируется в зависимости от типа соединительного устройства (уровень 1, 2 или 3)
- На каком уровне наблюдается самая высокая задержка?

Соединительные устройства



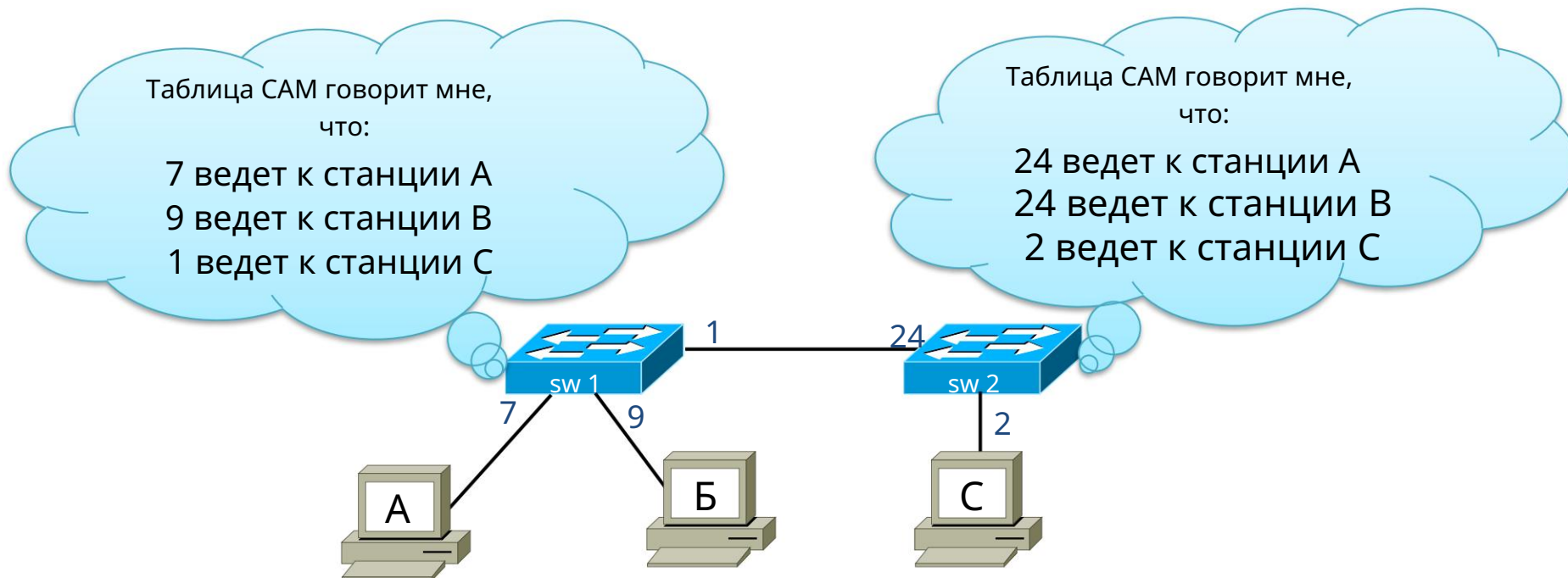
Роль переключателя

- Коммутатор работает на уровне 2, канал передачи данных
- Роль коммутатора заключается в обеспечении высокоскоростных соединений с малой задержкой в географически ограниченных сетях.
- Коммутатор разграничивает домены коллизий, но расширяет домены широковещательной рассылки
- Коммутаторы характеризуются большим количеством портов (может достигать нескольких сотен благодаря таким технологиям, как StackWise) и базовыми функциями, реализованными на аппаратном уровне.
- Для обеспечения связи между двумя разными сетями недостаточно коммутатора (более подробные объяснения см. в курсе 4)



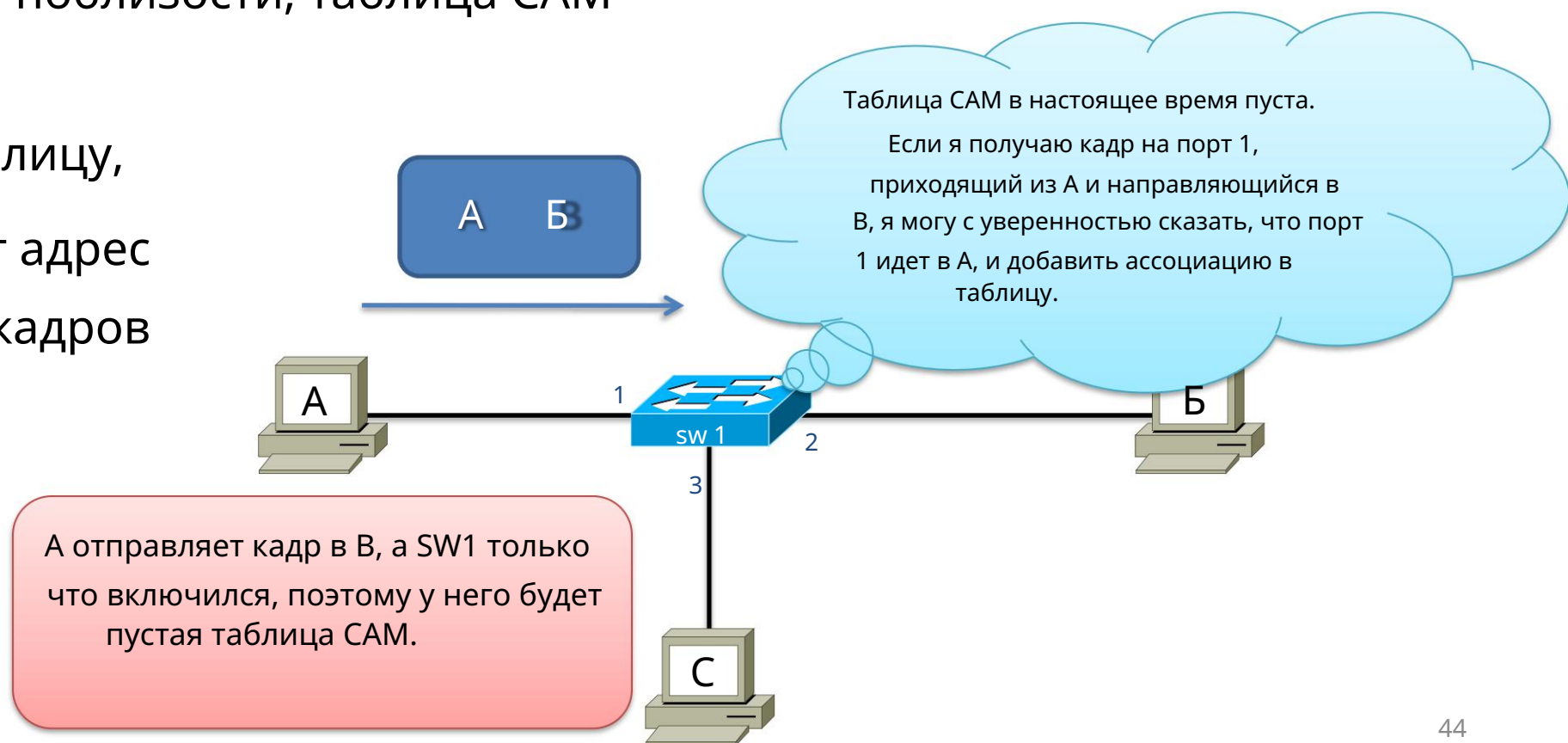
Переключить режим работы

- Использует таблицу ассоциаций между MAC-адресами и портами, называемую таблицей CAM (Content Addressable Memory)
- Каждый коммутатор принимает решения независимо, основываясь только на своей собственной таблице CAM



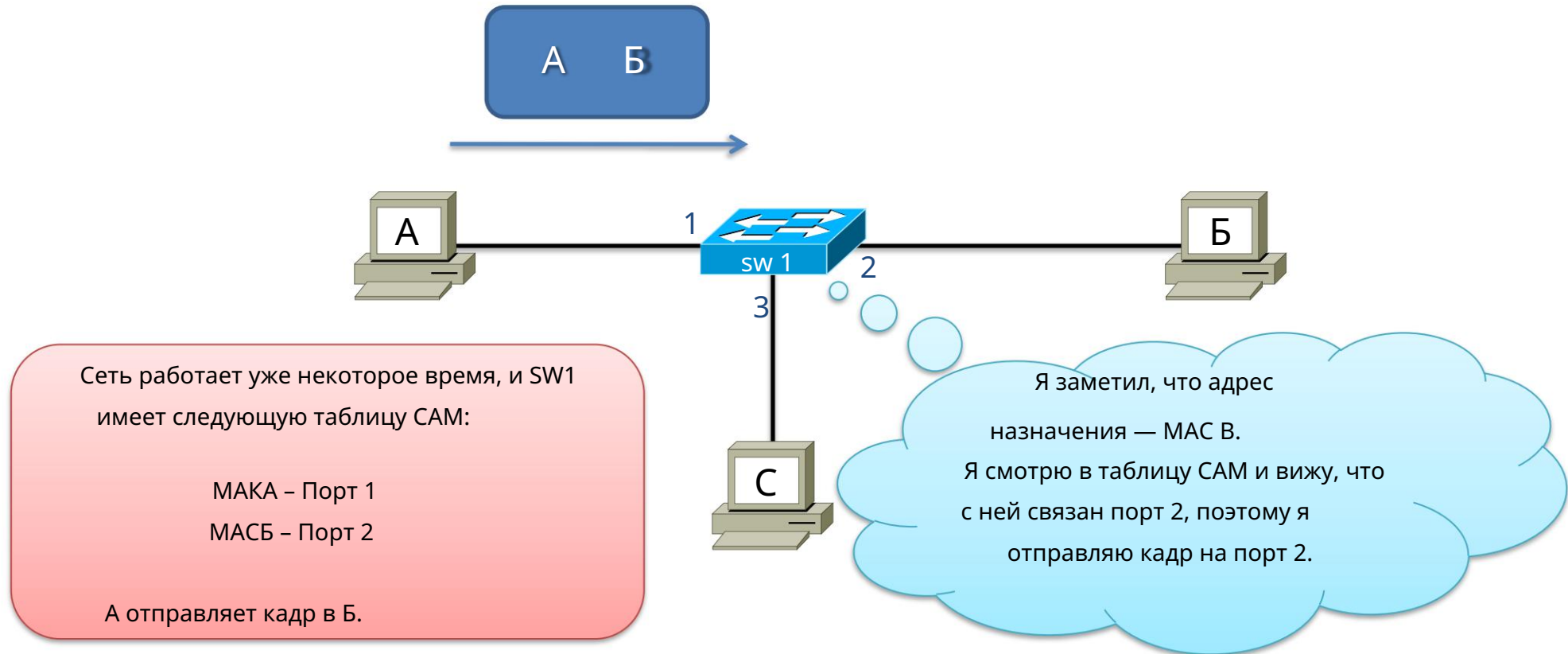
Популярность таблиц CAM

- При запуске коммутатор ничего не знает о хостах, находящихся поблизости; таблица CAM изначально пуста
- Чтобы заполнить таблицу, коммутатор считывает адрес Исходный MAC-адрес кадров через что я прохожу

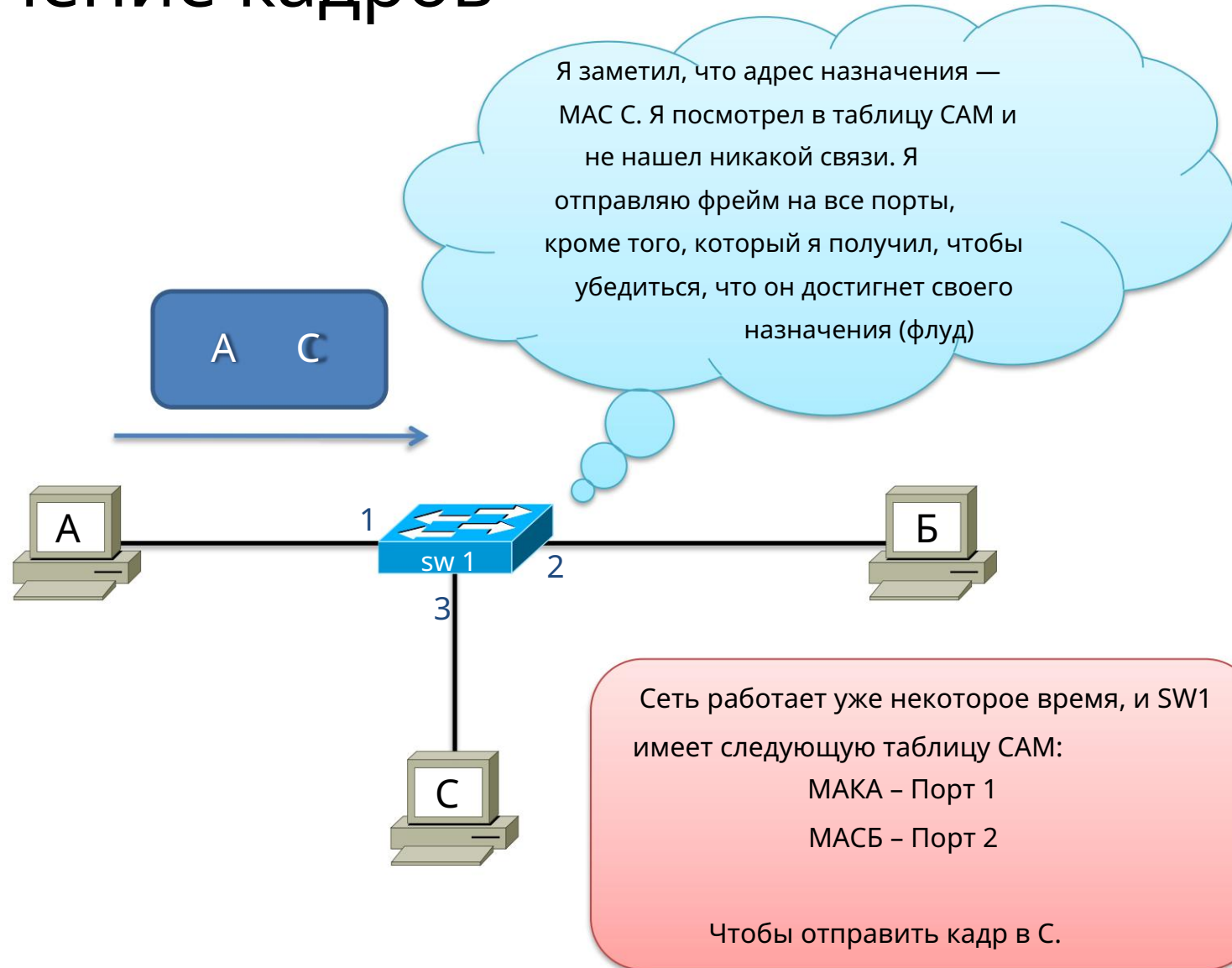


Переключение кадров

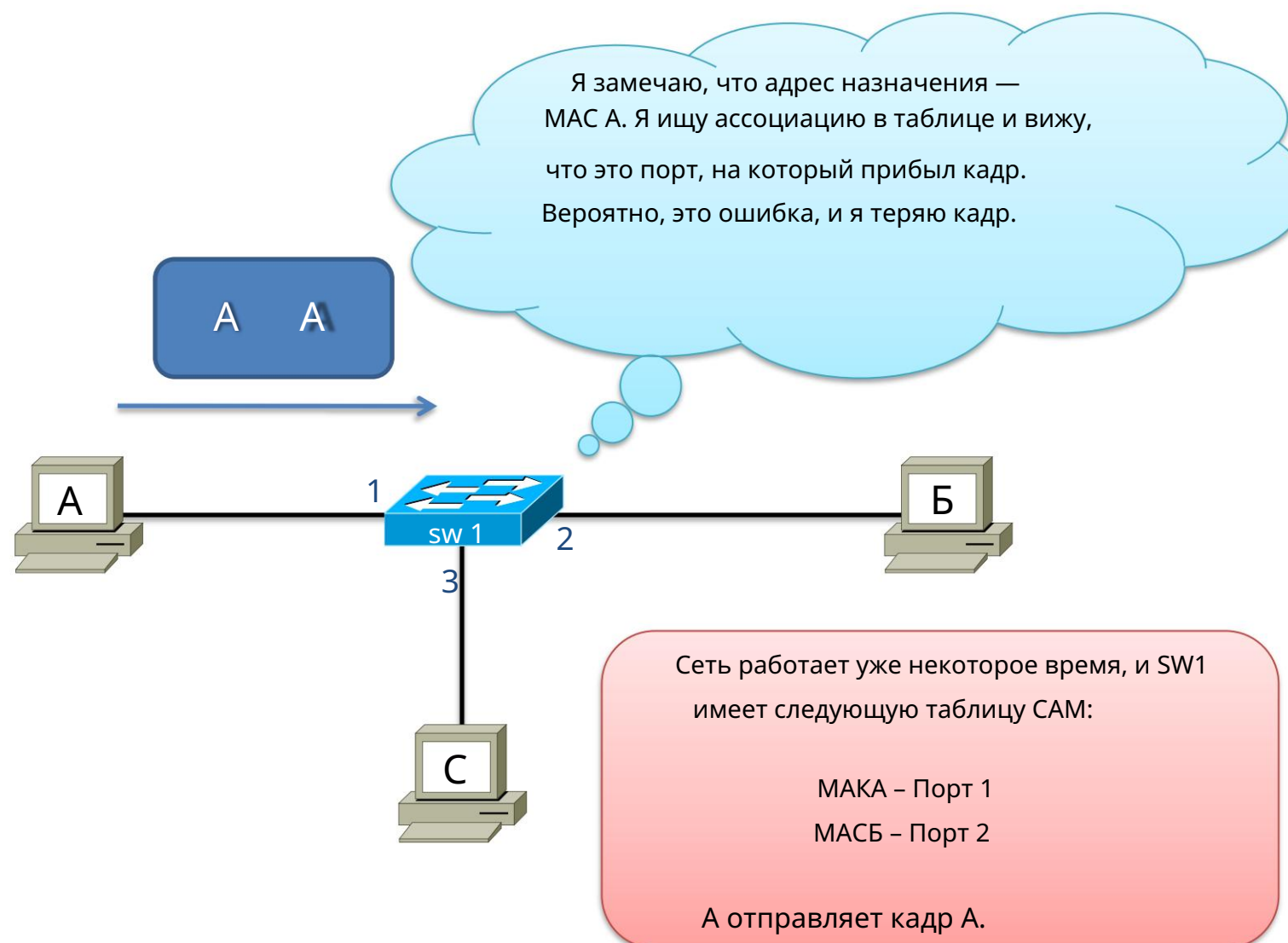
- Для переключения кадров считывается MAC-адрес назначения, а затем он последовательно ищется в таблице коммутации.



Переключение кадров



Переключение кадров



Краткое описание процесса переключения

- С каждым полученным кадром коммутатор будет выполнять следующие действия:
 - Считайте исходный MAC-адрес и проверьте, существует ли связь в CAM-таблица
 - Если да, обновите возраст записи в таблице.
 - Если нет, добавьте связь между исходным MAC-адресом и портом, на который пришел кадр, и свяжите его с возрастом 0.
 - Считать MAC-адрес назначения и найти связь в таблице CAM
 - Если на соответствующем порту назначения обнаружена одноадресная передача; за исключением случая, если порт тот, через который он пришел, в этом случае он отключается
 - Если кадр не найден, он рассылается по всем портам, кроме того, на который он пришел.

Старение CAM-модуля

- Каждая запись в таблице имеет возраст (время с момента последнего обновления)
- Увеличение стоимости с течением времени называется **старением CAM**.
- Когда возраст достигает определенного значения, запись удаляется.
- Почему записи необходимо удалять?

Упражнение

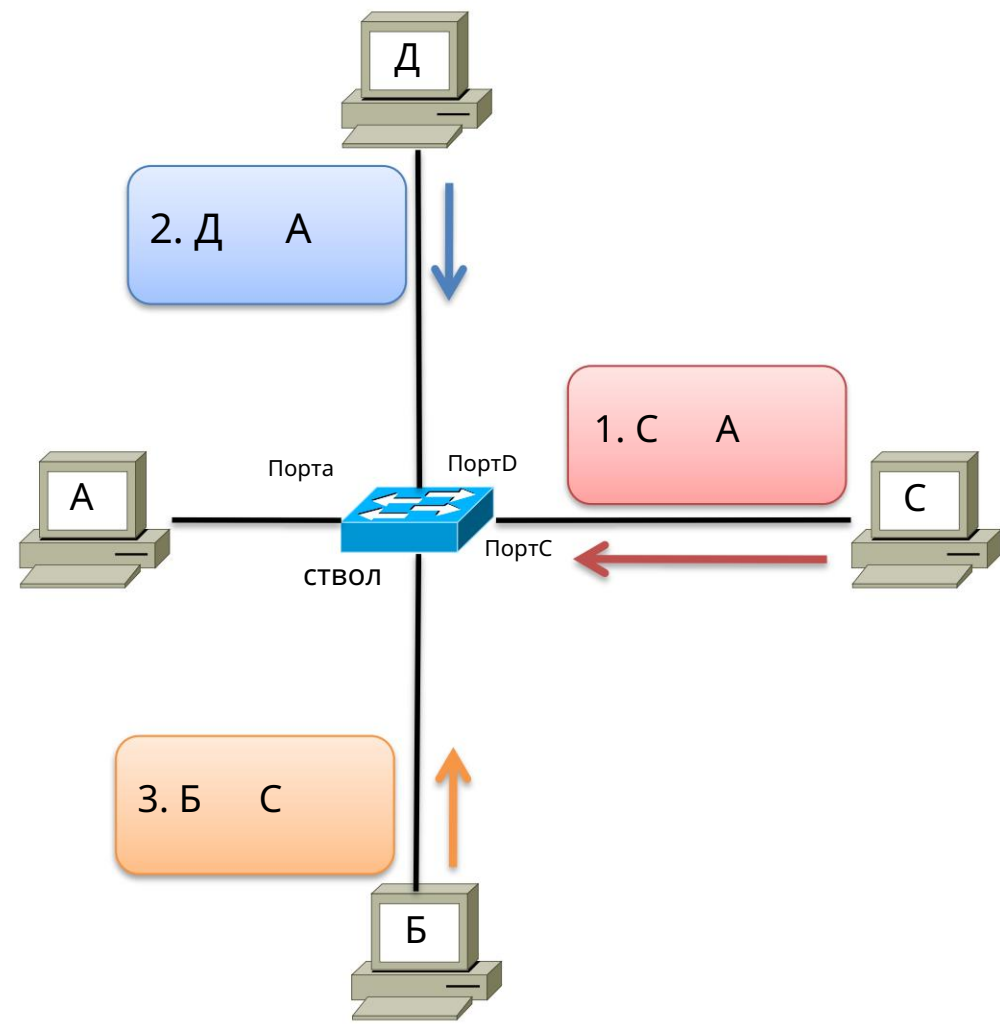


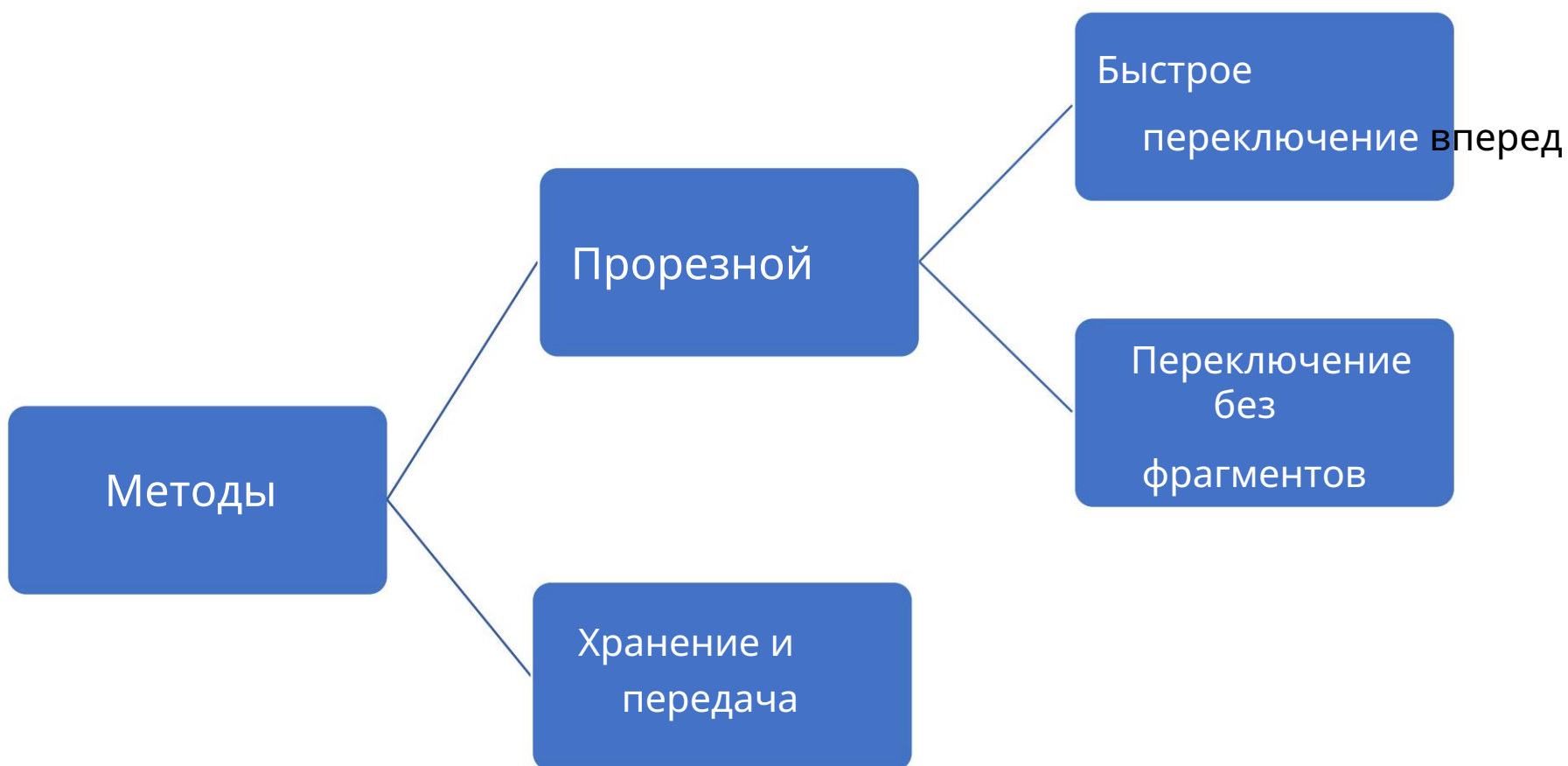
Таблица MAC-адресов

ПортC: C
ПортD: D
ПортB: B

Тип операции

Транслировать
Транслировать
Одноадресная передача

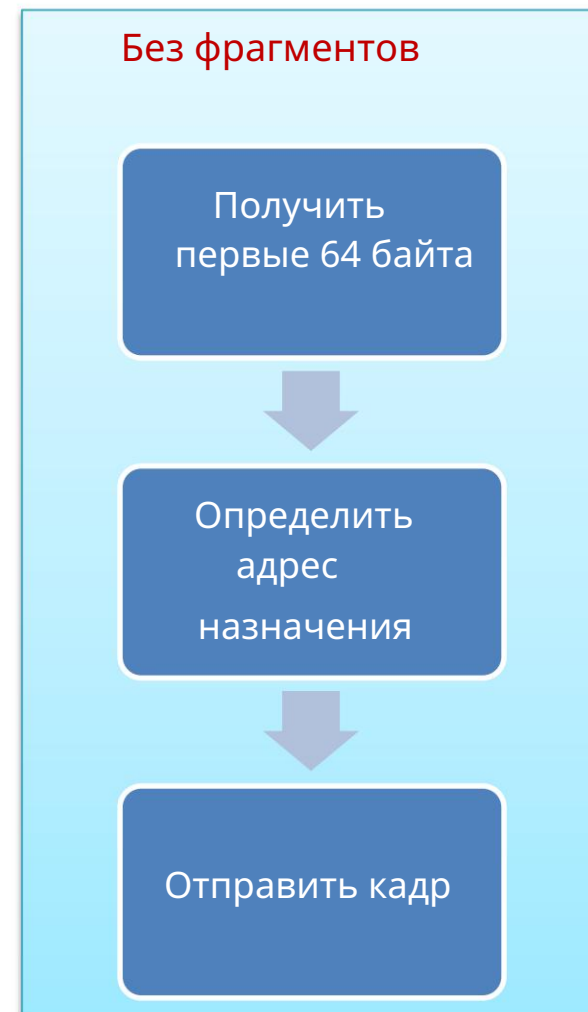
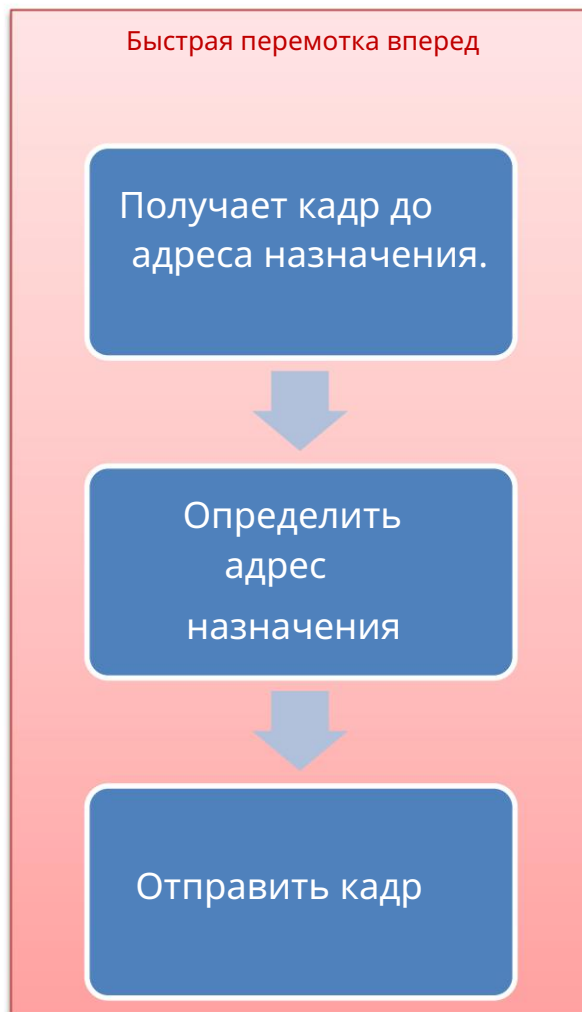
Методы переключения



Коммутация с промежуточным хранением



Сквозное переключение



Краткое содержание

