

Доступ к среде передачи данных

MAC подуровень
Media Access Control
Ethernet
(том 1 стр.139 – 181)

Статическое предоставление канала

Статическое разделение канала на подканалы (мультиплексирование частотное или временное) является не эффективным решением при предположении о постоянстве числа пользователей в среднем и не регулярности трафиков у пользователей каналом.

Статическое предоставление канала

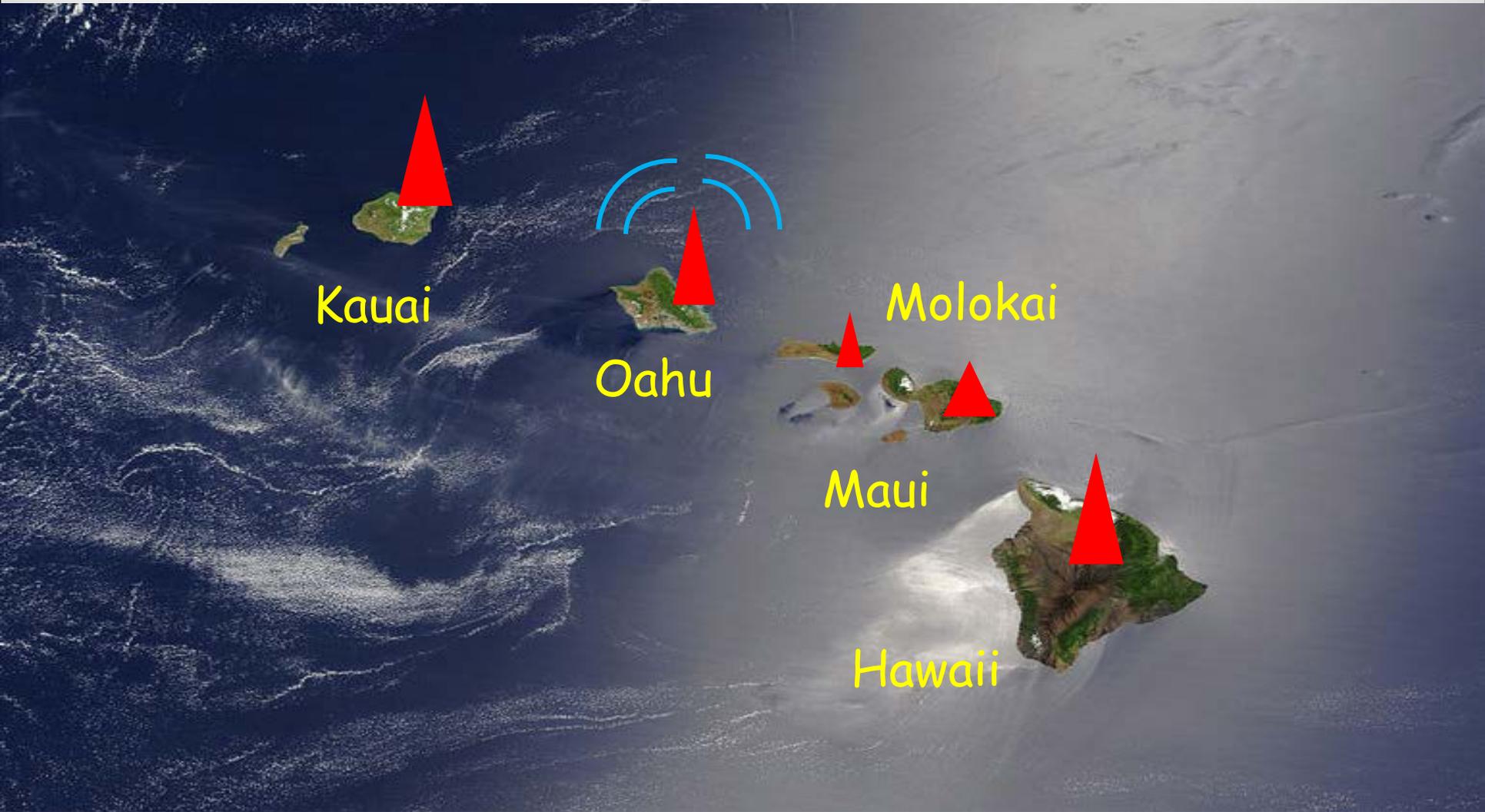
- Оценим T - среднее время задержки кадра в системе, со скоростью обработки и передачи C бит/с, средняя скорость поступления кадров равна λ кадр/с и средняя длина кадра имеет экспоненциальное распределение со средним $1/\mu$ бит/кадр.

$$T = \frac{1}{|C - \lambda/\mu|} * \frac{1}{\mu} = \frac{1}{|\mu C - \lambda|}$$

$$T_{FDM} = \frac{1}{\mu(C/N) - (\lambda/N)} = \frac{N}{\mu C - \lambda} = NT$$

- Вывод: одна очередь с быстрым обслуживанием лучше чем N разных, но медленных.

Протоколы множественного доступа: ALOHA



Модель системы с динамическим разделением общего канала

Станции. Модель системы состоит из бесконечного числа независимых станций.

Вероятность появления кадра в интервале длины Δt равна $\lambda \Delta t$, где λ - константа и $0 < \lambda < 1$.

Кадр сгенерирован \Rightarrow станция блокируется пока его не передаст

Единственность канала. Канал один и он доступен всем станциям.

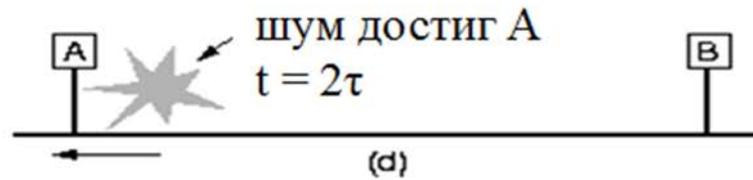
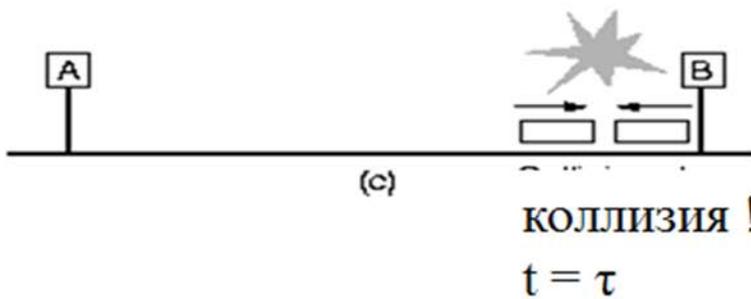
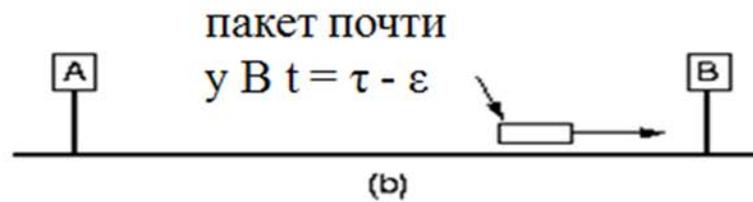
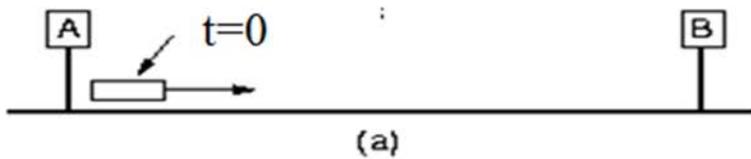
Коллизии. Если интервалы передачи кадров двух и более станций пересекаются, то сигналы накладываются и разрушаются. Кроме коллизий других ошибок передачи нет. О коллизии станция узнает после передачи

Варианты модели

- **Непрерывное время.** Передача кадра может начаться в любой момент. Нет единых часов в системе, которые разбивают время на слоты.
- **Дискретное время.** Время разбивается на дискретные интервалы - слоты. Кадр начинает передаваться только в начале слота.
- **Обнаружение несущей.** Станция всегда определяет занят ли канал прежде, чем использовать его. Если он занят, то ни одна станция не начинает передачу.
- **Отсутствие несущей.** Станция ничего не знает о состоянии канал пока не начнет использовать его.

Чистая ALOHA

- Пусть: τ - время необходимое на передачу кадра определенной фиксированной длины (время кадра).
- Предполагаем, что
 - ✓ Пользователей неограниченное число. Сразу начинает передачу.
 - ✓ Они все вместе порождают кадры по закону Пуассона
 - ✓
$$p(k) \equiv \mathbb{P}(Y = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$$
 - ✓ со средним λ кадров за время кадра τ , где $0 < \lambda < 1$.
 - ✓ Вероятность что за время кадра произойдет k попыток передачи, либо нового, либо ранее не прошедшего кадра, распределена по закону Пуассона со средним G
 - Тогда: пропускная способность канала будет $S = GP_0$, где P_0 - вероятность отсутствия коллизий при передаче.
- Для обнаружения коллизии надо $t_0 + 2\tau$ ед. времени



Чистая АЛОНА

- Вероятность k попыток передачи кадров за время кадра при распределении Пуассона равна

$$P[k] = \frac{G^k e^{-G}}{k!}$$

- За двойное время кадра среднее число кадров будет $2G$, отсюда

$$P_0 = e^{-2G},$$

а так как $S = GP_0$, то

$$S = Ge^{-2G}$$

Чистая ALOHA

**Максимальная пропускная способность
системы ALOHA**

$$S = 1/2e$$

**достигается при $G = 0,5$,
что составляет примерно 18%.**

Слотированная ALOHA

- Передачу теперь можно начинать не в любой момент, а только по специальному сигналу, тогда

$$S = Ge^{-G}.$$

- Максимум пропускной способности слотированной ALOHA наступает при $G=1$,

$$S = 1/e,$$

т.е. около 0,37, что в двое больше чем у чистой ALOHA.

Слотированная ALOHA

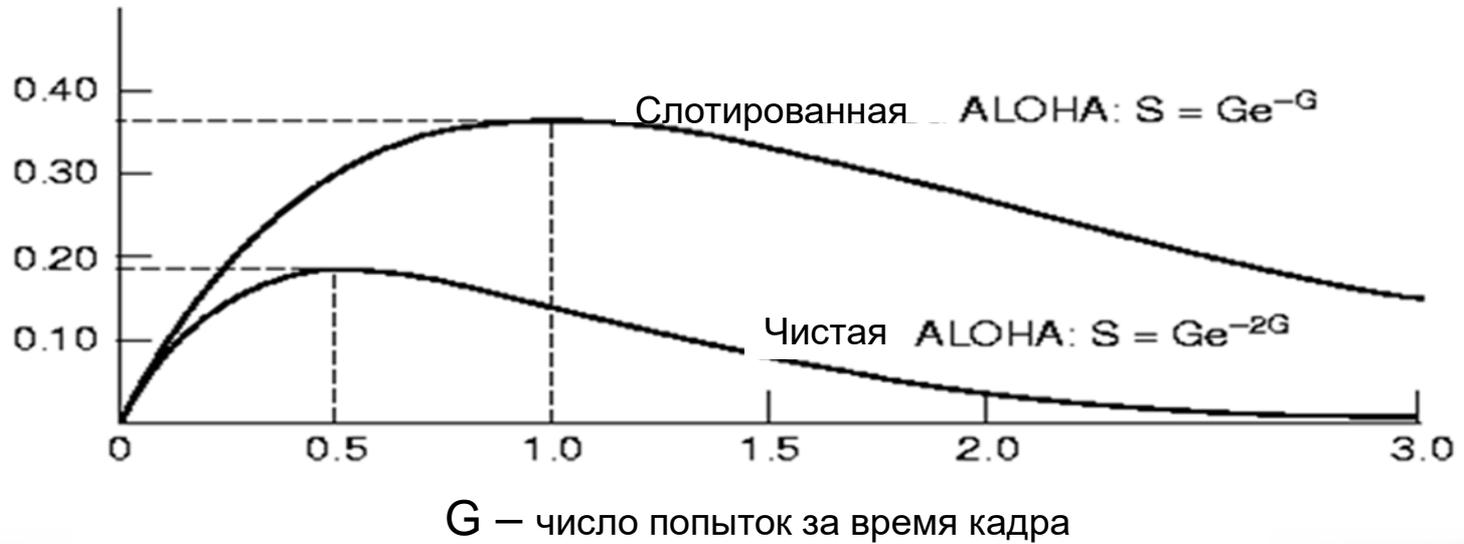
Влияние G на пропускную способность канала

- $P_k = e^{-G}(1 - e^{-G})^{k-1}$ вероятность успешной передачи за k попыток, т.е. $(k-1)$ не успехов и 1 успех
- Среднее ожидаемое число повторных передач, чтобы успешно передать *ОДИН кадр* будет

$$E = \sum_{k=1}^{\infty} kP_k = \sum_{k=1}^{\infty} ke^{-G}(1 - e^{-G})^{k-1} = e^G$$

С ростом G резко возрастает число повторных попыток.

S — пропускная способность за время кадра



Зависимость пропускной способности от интенсивности трафика

CSMA настойчивые и не настойчивые

- В локальных сетях есть возможность определить, что делают другие станции и только после этого решать что делать. Протоколы, которые реализуют именно эту идею называются **протоколами с обнаружением несущей CSMA (Carrier Sense Multiple Access)**.
- **Настойчивые протоколы** - упорно проверяют канал на занятость
- **Не настойчивые** - проверяют канал через случайные отрезки времени.
- **Настойчивые протоколы уровня p .**

CSMA с обнаружением коллизий

- CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection - станции должны уметь определять коллизии как можно раньше, а не по окончании отправки кадра.

$$P / R \geq 2L / c ,$$

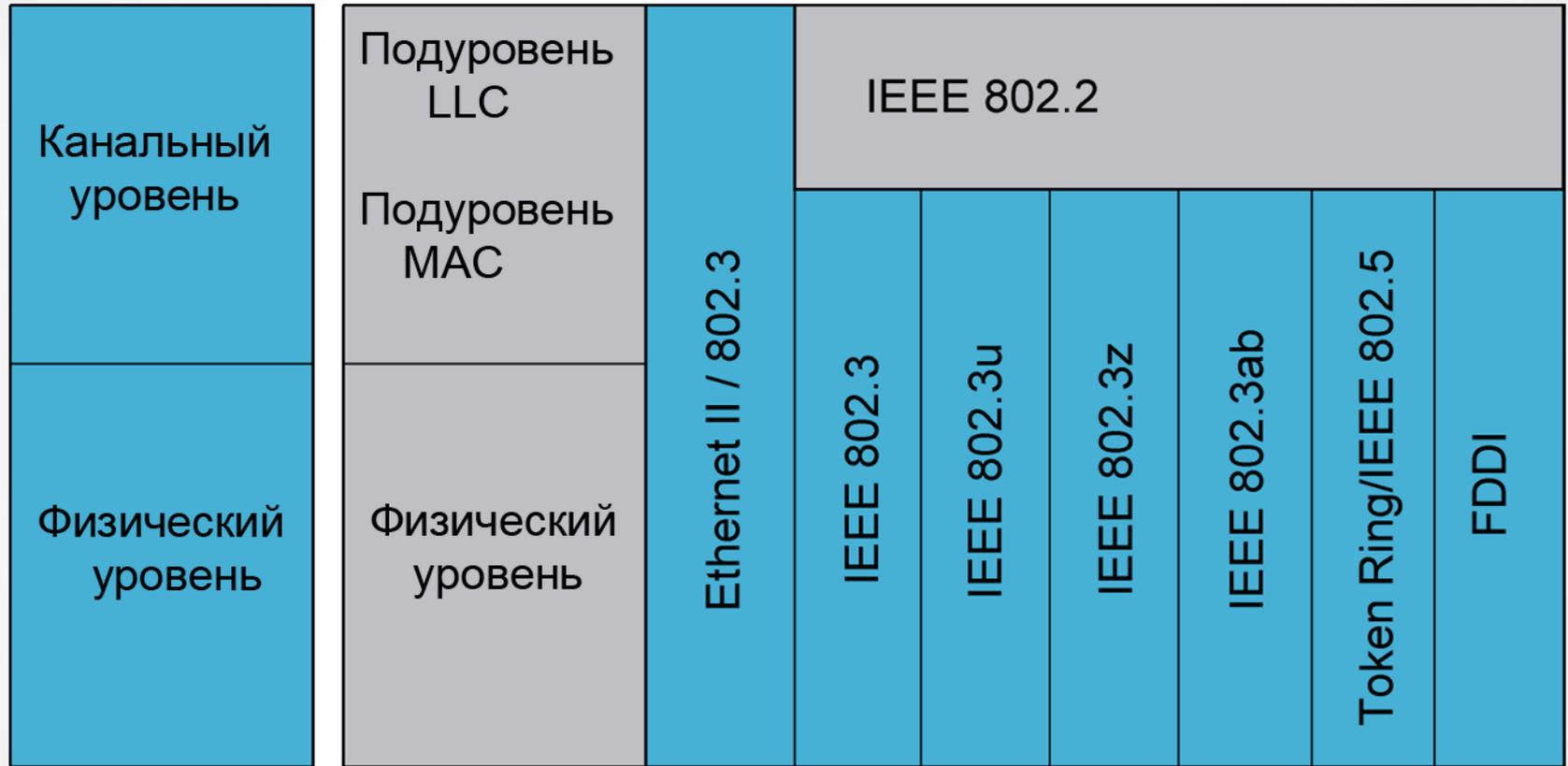
где P - длина пакета, R - пропускная способность, L - длина сегмента

- Период состязаний - слотированная ALOHA со слотом 2τ .

Эволюция Ethernet

Год	Возникновение и развитие Ethernet
1970	Первая беспроводная пакетная сеть
1973	Херох изобретает Ethernet
1977	Ethernet описывается в патенте США 4063220
1982	DIX выпускает Ethernet со скоростью 10Мб/с
1992	Первый модульный Ethernet-концентратор (хаб)
2002	IEEE принимает стандарт 802.3ae со скоростью 10Гбит/с

Стандарты Ethernet

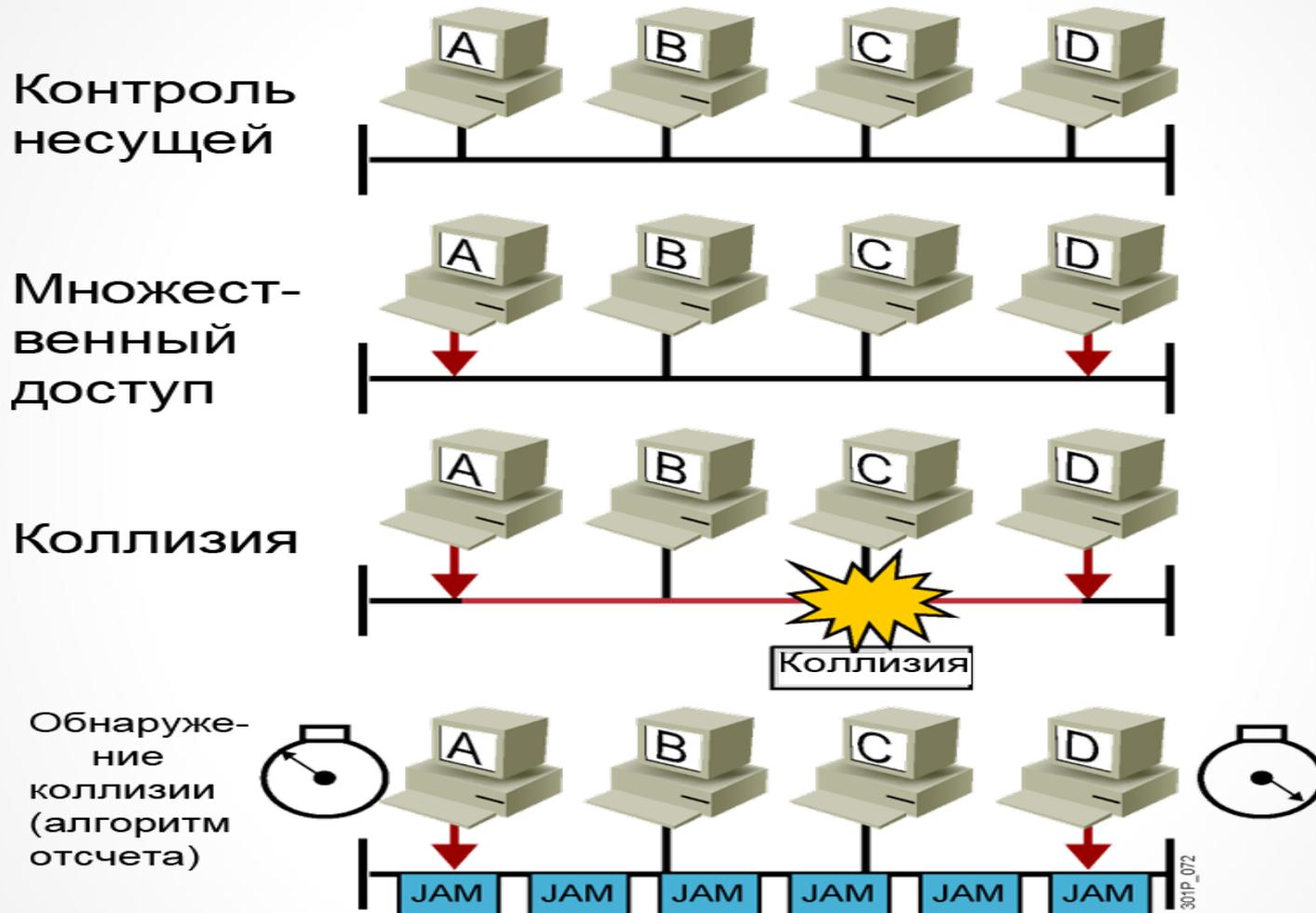


301P_962

Уровни модели OSI

Спецификации LAN

CSMA/CD



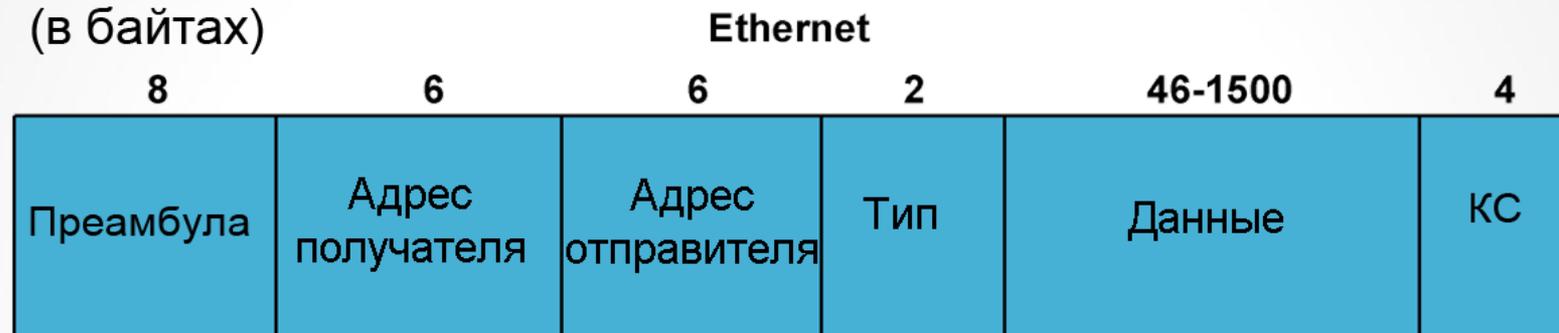
Множественный доступ с контролем несущей с обнаружением коллизий (CSMA/CD)

IEEE 802.3 : алгоритм задержки

- При возникновении коллизии время разбивается на слоты длиной, соответствующей наибольшему времени распространения сигнала в оба конца : при длине линии 2.5 км и четырех репиторах $2\tau=51.2\text{мксек}$.
- **Алгоритм двоичной экспоненциальной задержки**
 - При первой коллизии станции, участвовавшие в ней случайно выбирают 0 или 1 слот для ожидания.
 - Если коллизия возникнет опять, то выбор происходит среди чисел $0 - 2^i-1$, где i - порядковый номер очередной коллизии.
 - После 10 коллизий число слотов достигает 1023 и далее не увеличивается.
 - После 16 коллизий Ethernet контроллер фиксирует ошибку и сообщает о ней машине, т.е. более высокому уровню стека протоколов.

Ethernet кадр

Длина поля
(в байтах)



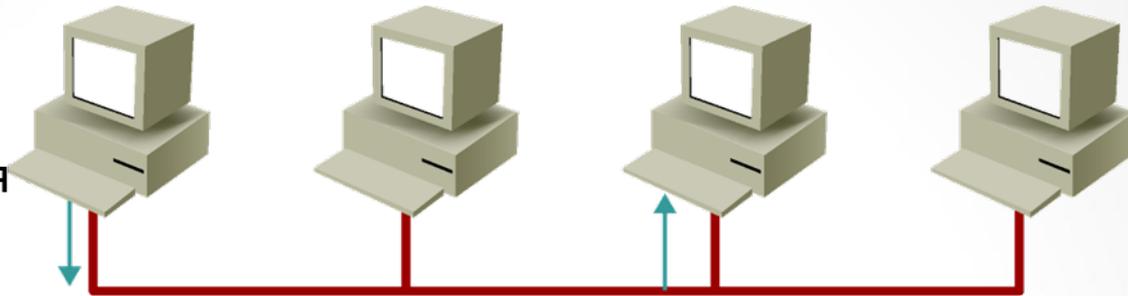
Длина поля
(в байтах)



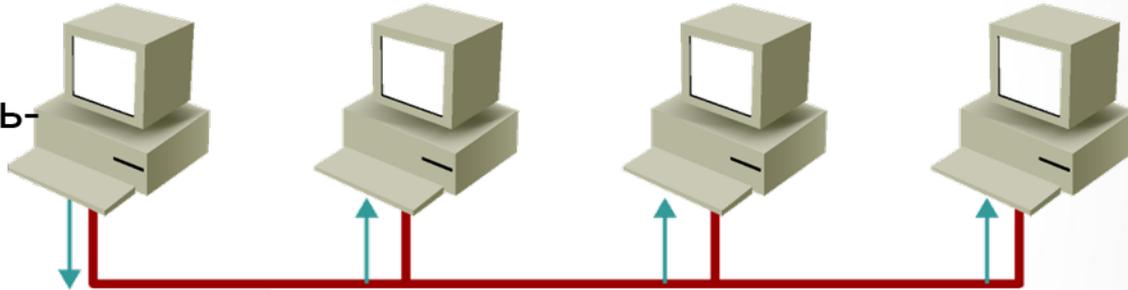
ФНК = флаг начала кадра
КС = контрольная сумма

Типы адресов

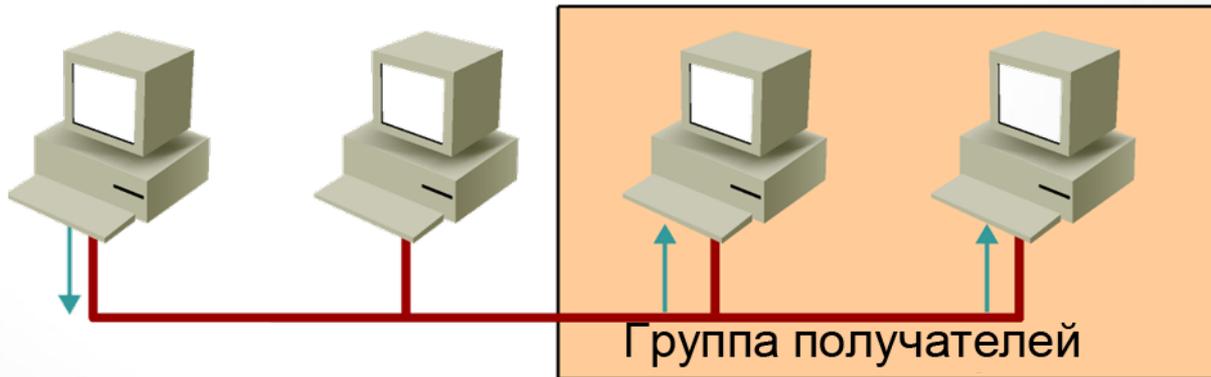
Индивидуальная
передача



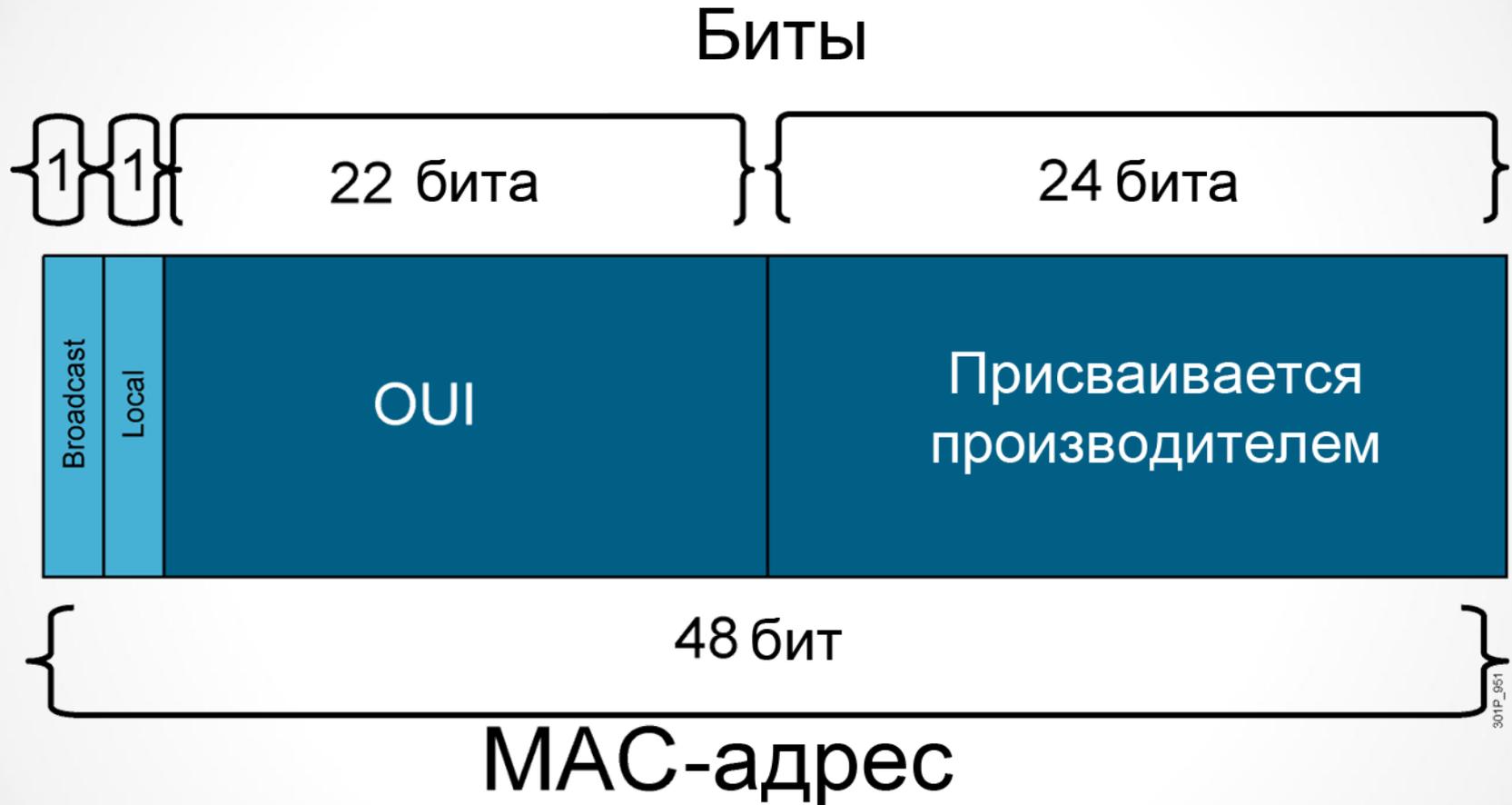
Широковещательная
передача



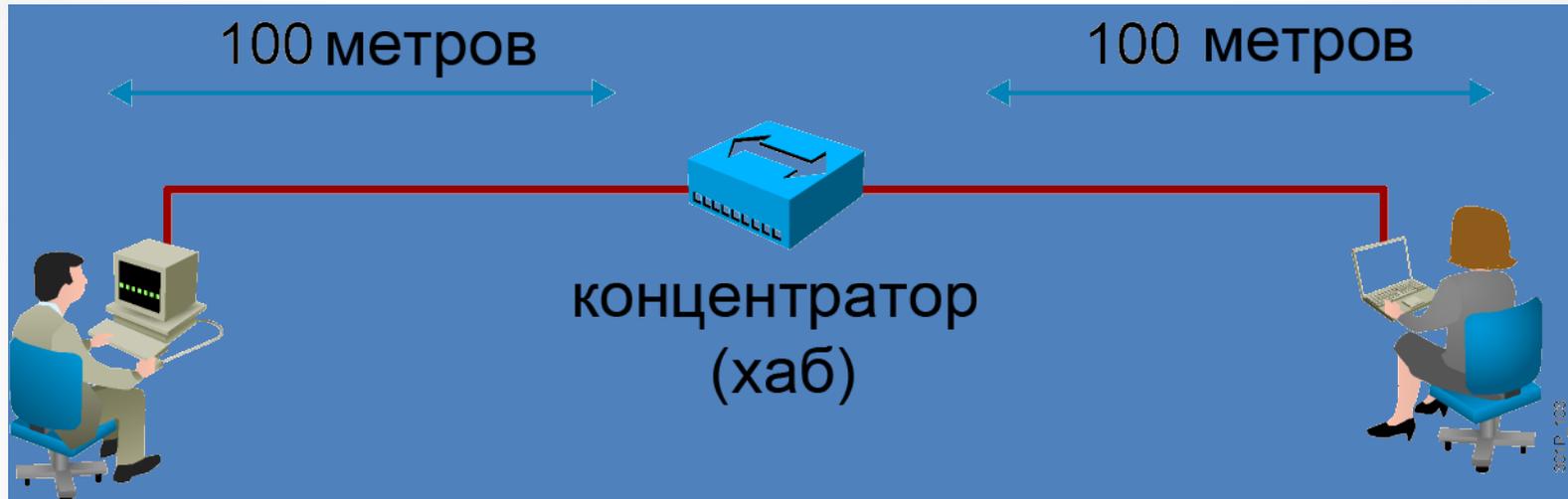
Групповая
передача



Компоненты MAC-адреса



Наращивание длины сегмента



- Пропускная полоса разделяется
- Расширяет сегмент
- Усиливает сигнал
- Правило 5-4-3
- Как реализовать большую сеть?

IEEE 802.3 : производительность

- Плотная и постоянная нагрузка: есть k станций всегда готовых к передаче.
- При коллизиях в каждом слоте повторная передача с постоянной вероятностью.
- Если каждая станция участвует в состязаниях в слоте с вероятностью p , то вероятность A , что некоторая станция захватит канал в этом слоте, равна

$$A = kp(1-p)^{k-1} \quad \text{при } p=1/k, A \rightarrow 1/e \text{ при } k \rightarrow \infty.$$

- Вероятность, что период состязаний будет иметь j слотов равна $A(1-A)^{j-1}$.
- Отсюда среднее число слотов в состязаниях равно

$$\sum_{j=0}^{\infty} jA(1-A)^{j-1} = \frac{1}{A}$$

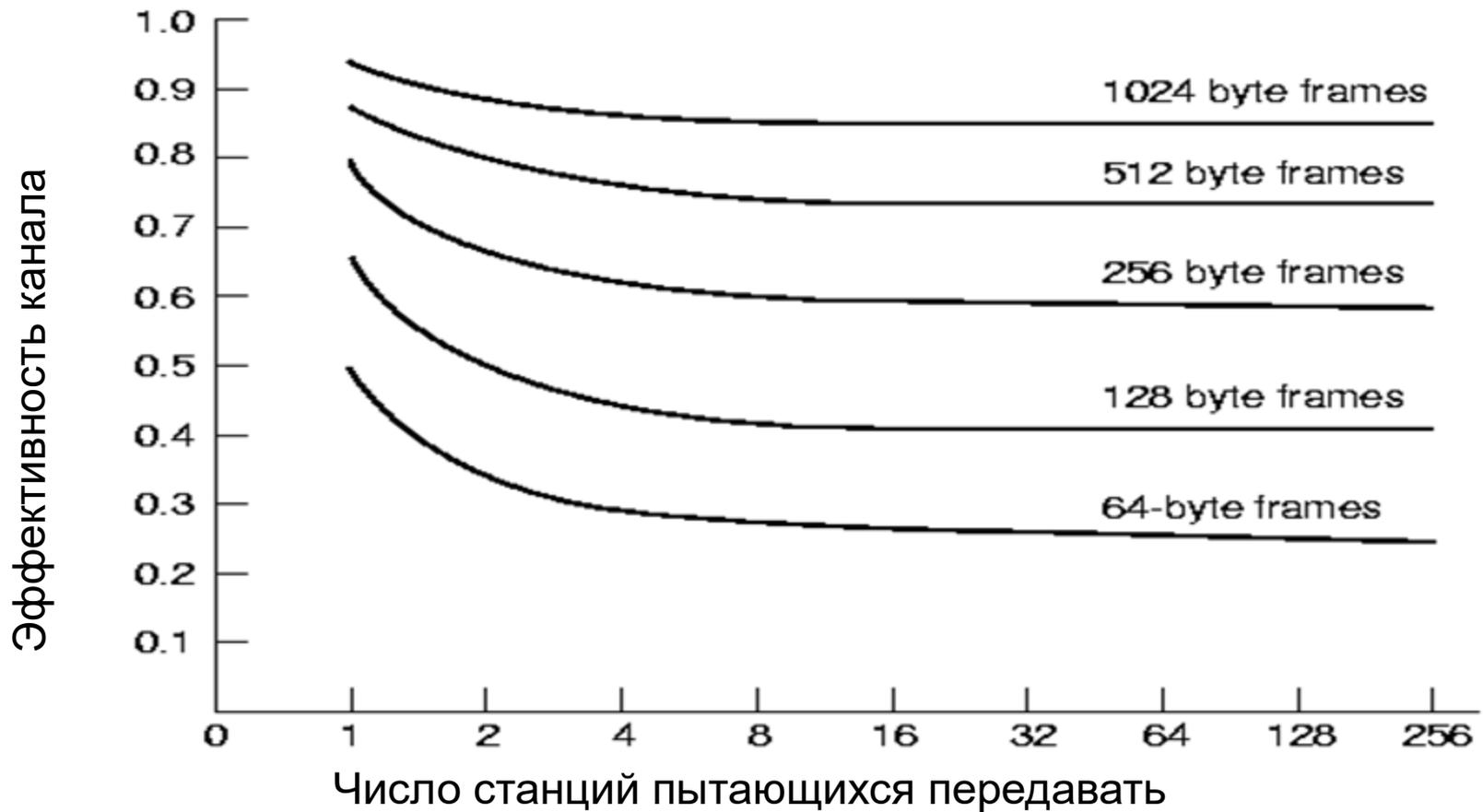
IEEE 802.3 : производительность

- средний интервал состязаний $w = 2\tau / A$
- $w \leq 2\tau e \approx 5.4\tau$ при $p = 1/k$
- эффективность канала равна

$$\frac{m}{m + 2\tau / A}$$

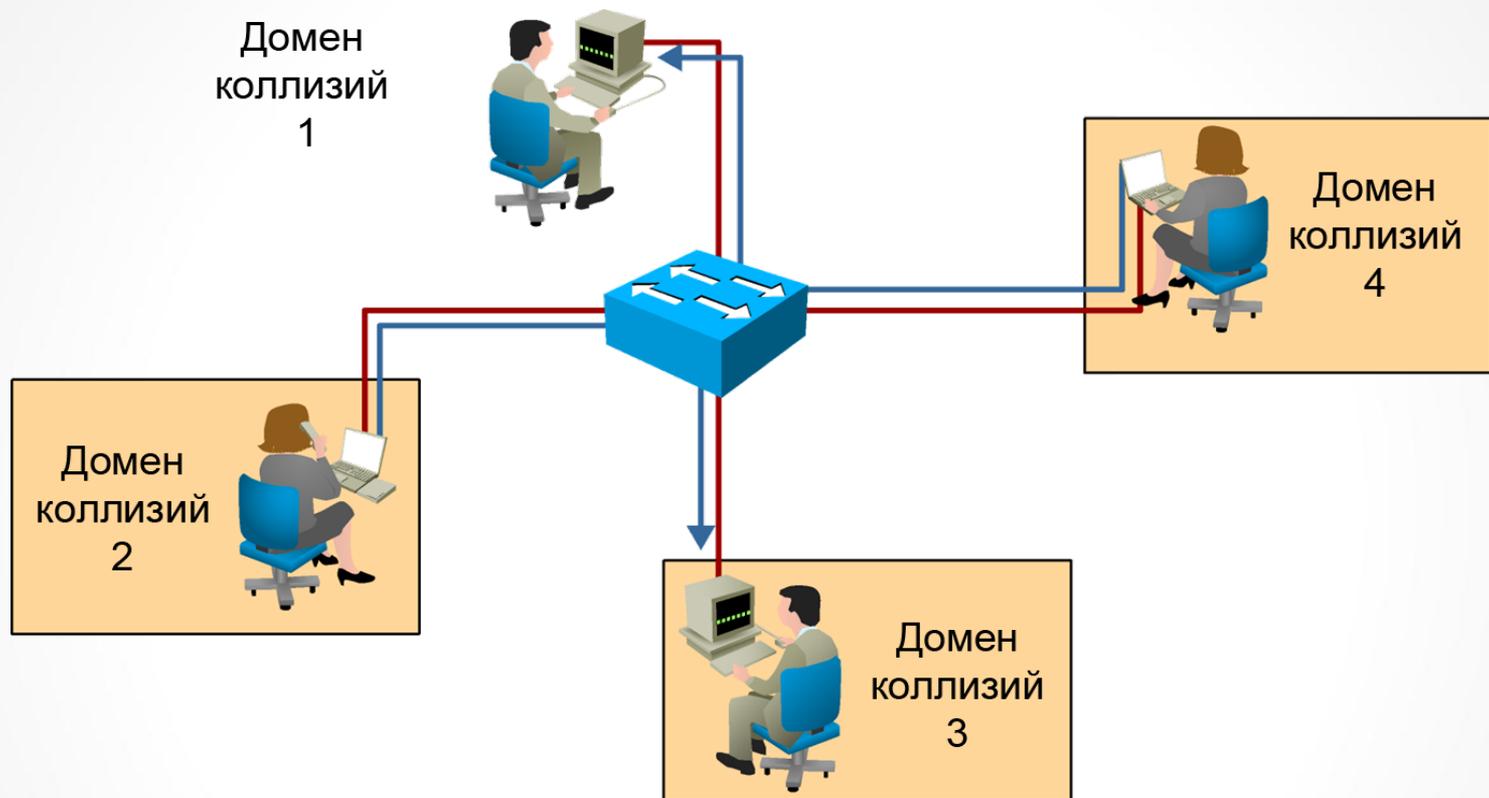
где m - среднее время передачи кадра

С ростом τ эффективность использования канала падает



Эффективность IEEE 802.3 на 10 Мб/с при 512 бит интервалах времени

Домены коллизий



- Для решения проблем надо разбить домен коллизий на несколько

Мосты



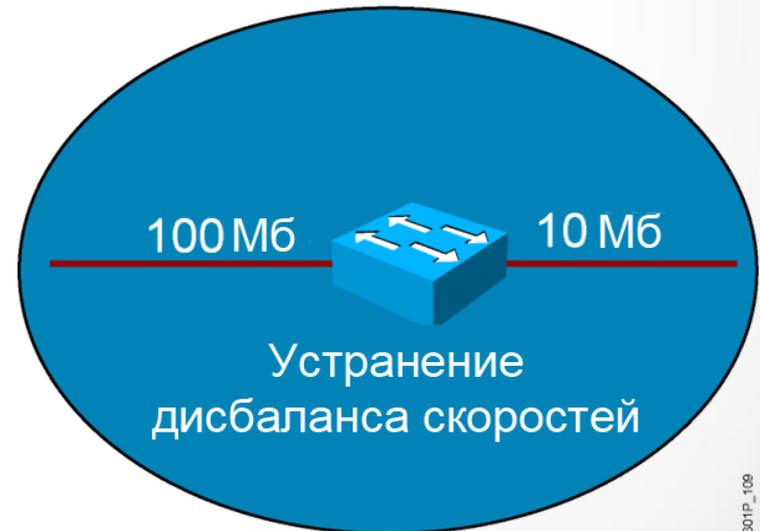
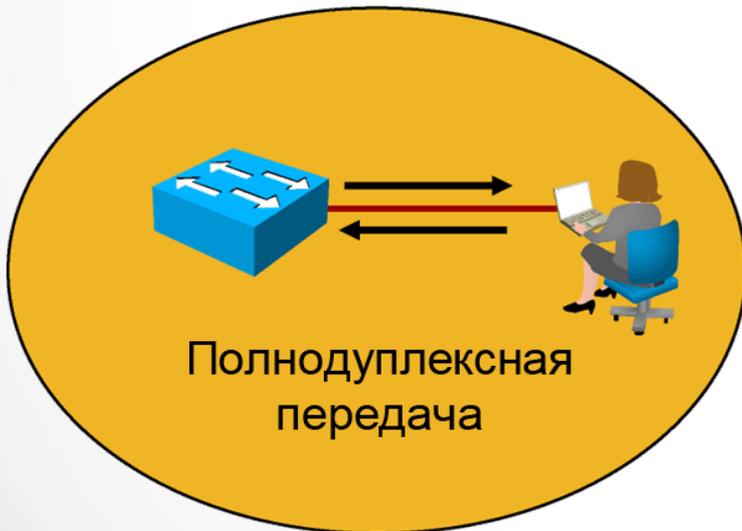
- Работают на канальном уровне
- Пересылают, фильтруют или вещают кадры
- Мало портов
- Сравнительно медленные

Коммутаторы

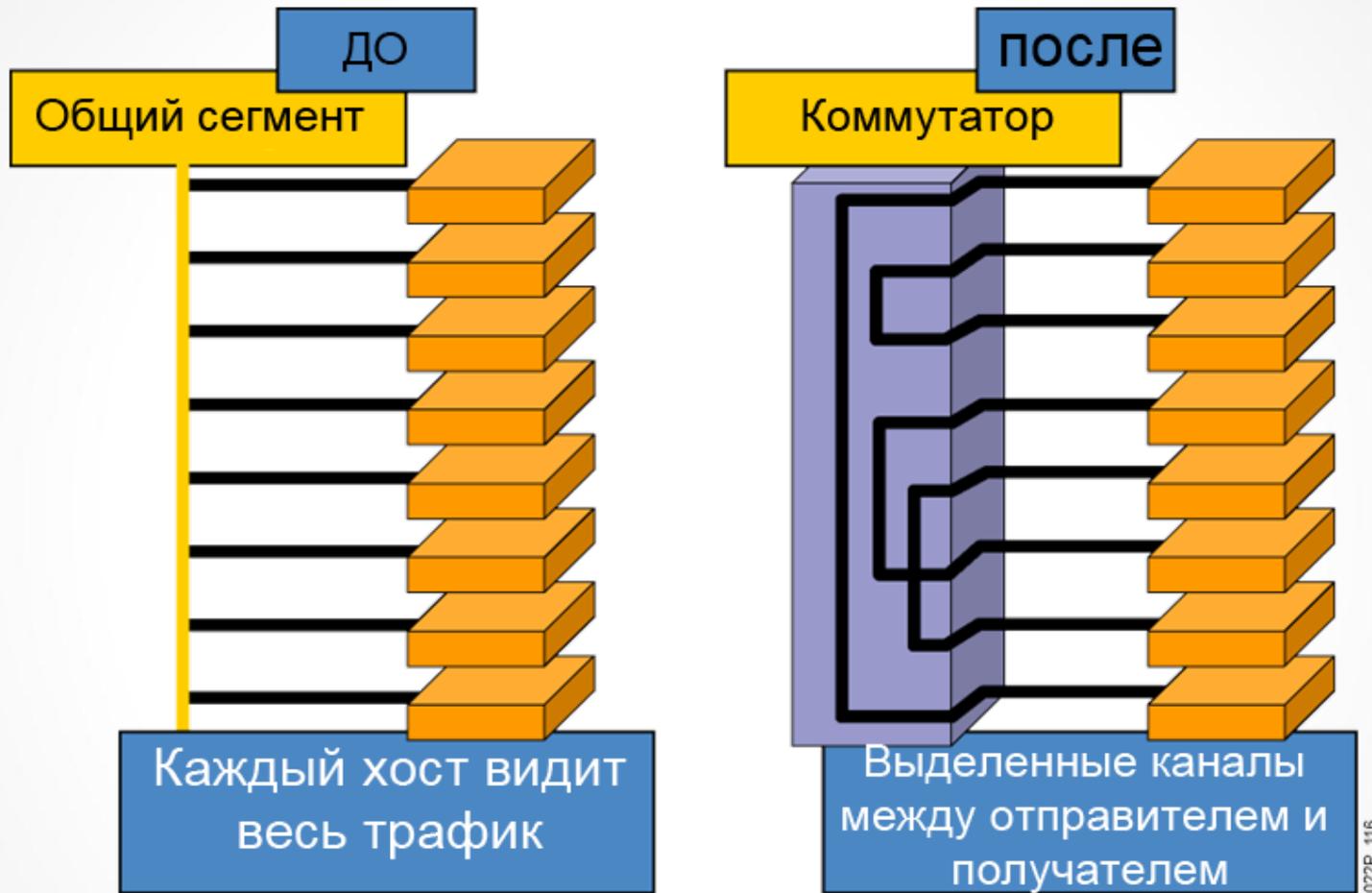
- Высокая плотность портов
- Большие буферы обмена
- Различные скорости портов
- Высокоскоростная коммутация по внутренней шине



Возможности коммутаторов

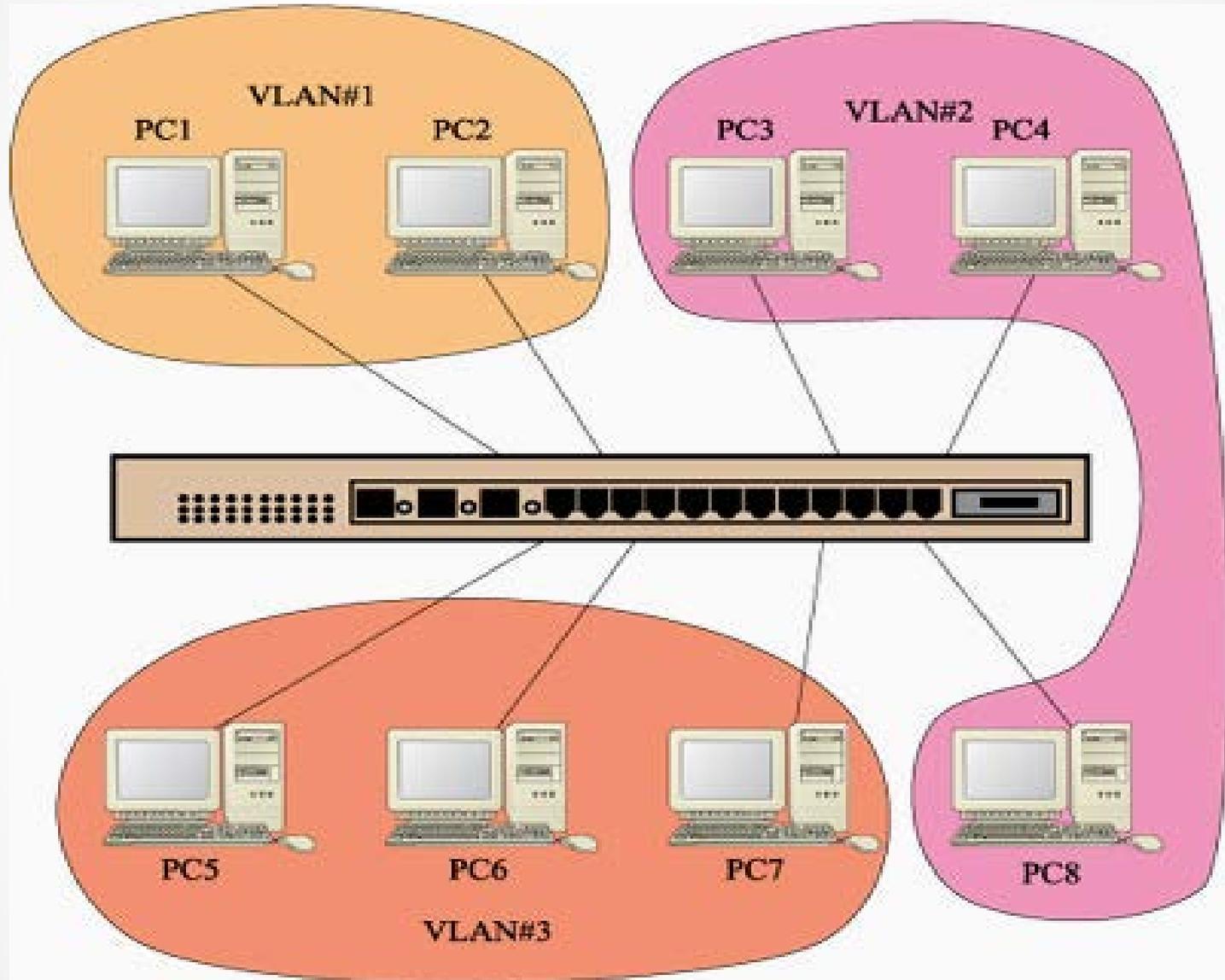


Микросегментация



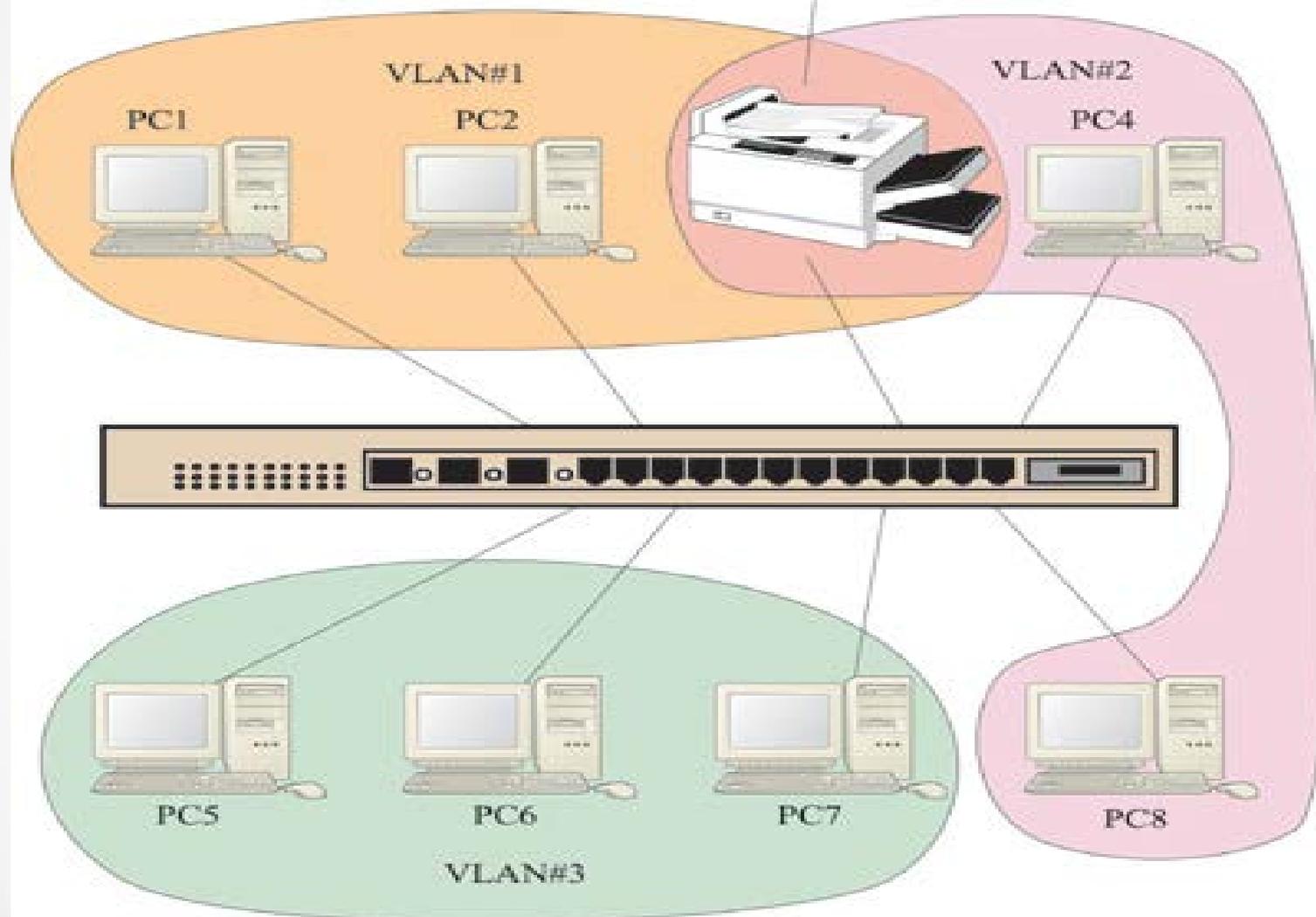
Выделенные каналы между отправителем и получателем

Коммутаторы VLAN

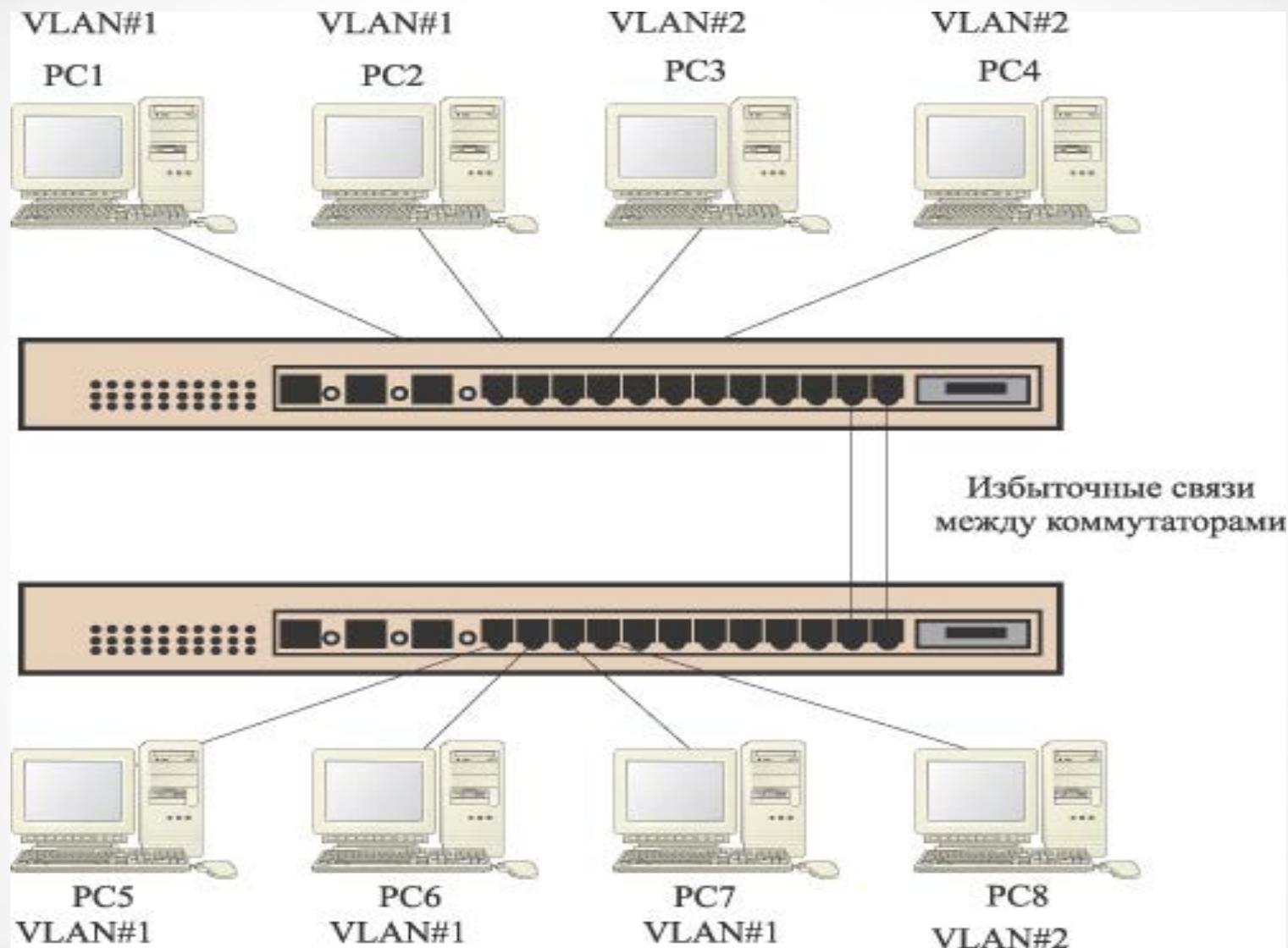


Коммутаторы

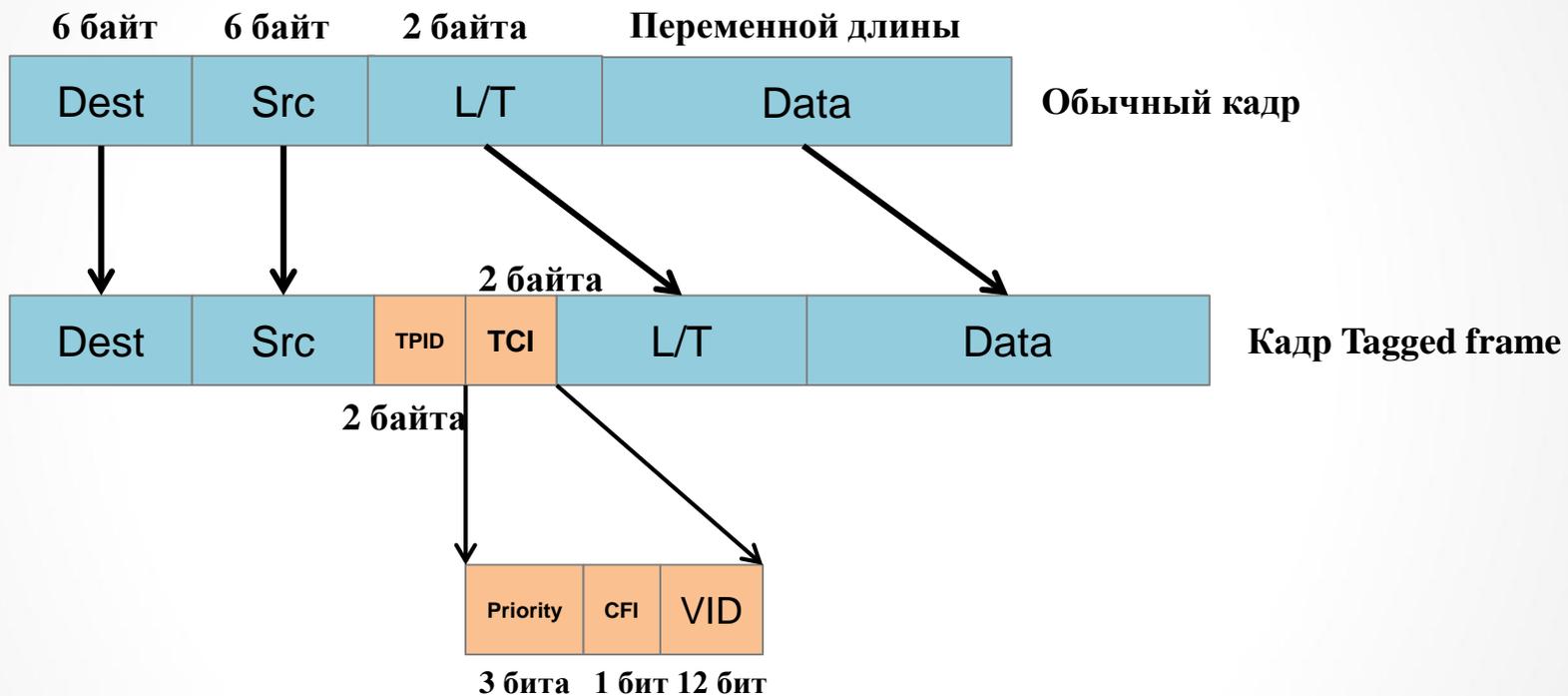
Сетевой принтер является членом VLAN#1 и VLAN#2



Коммутаторы VLAN



IEEE 802.1Q



IEEE 802.2 : LLC - управление ЛОГИЧЕСКИМ КАНАЛОМ

- Надежность коммуникаций через 802.x обеспечивает LLC (Logical Link Control) протокол. Он прячет различия между 802, определяя единый интерфейс и формат для сетевого уровня. LLC протокол образует верхний уровень канального протокола с MAC протоколом под ним.
- LLC предоставляет три вида сервиса: не надежный дейтаграммы без уведомления, дейтаграммы с уведомлением и надежный сервис ориентированный на соединение.