



# 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

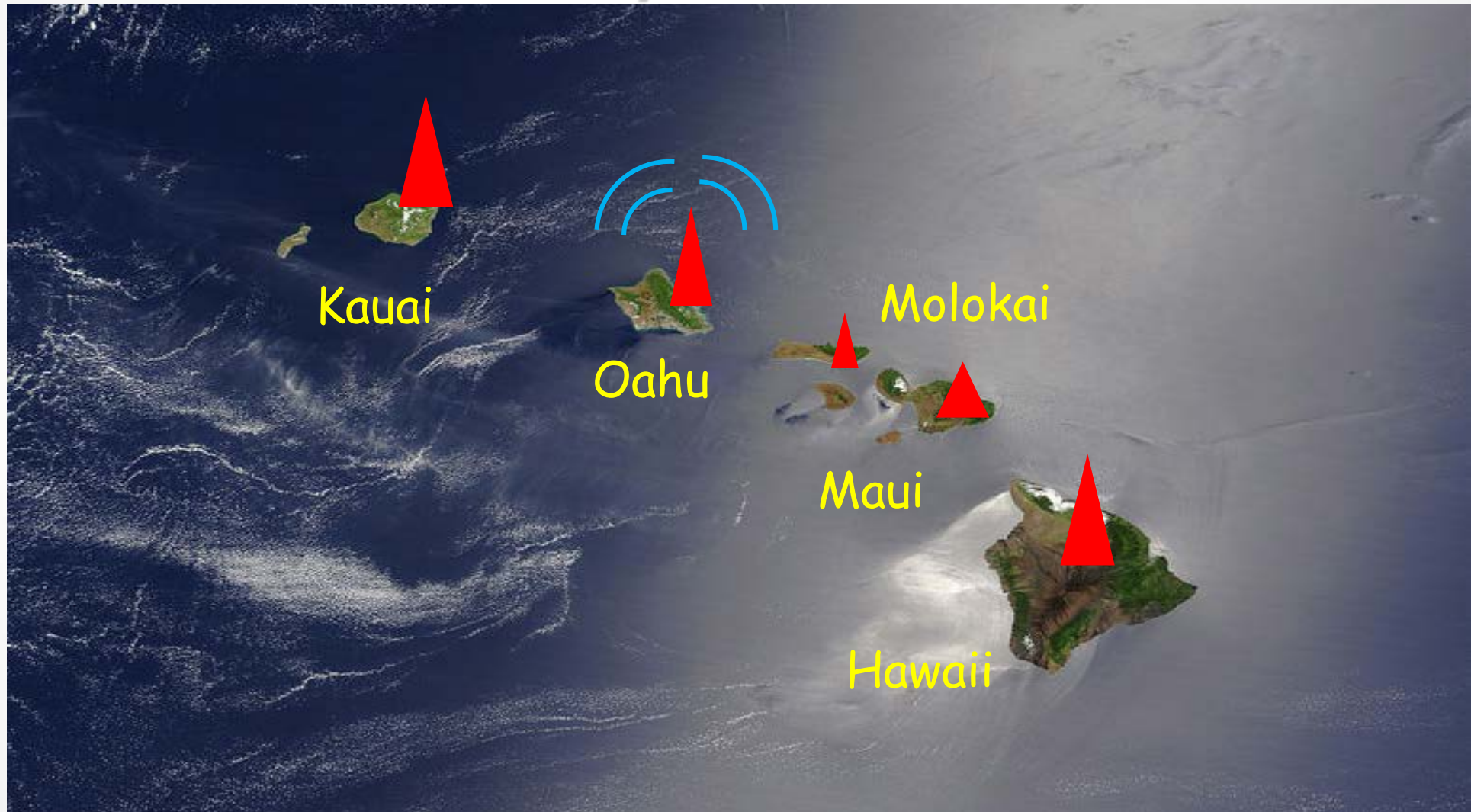
- Оценим  $T$  - среднее время задержки кадра в системе, со скоростью обработки и передачи  $C$  бит/с, средняя скорость поступления кадров равна  $\lambda$  кадр/с и средняя длина кадра имеет экспоненциальное распределение со средним  $1/\mu$  бит/кадр.

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

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

- 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.

Количество кадров, появившихся в интервале  $\Delta t$ , равно  $\lambda \Delta t$ , где  $\lambda$  - константа и  $0 < \lambda < 1$ .

Когда кадр сгенерирован, 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 АЛОНА

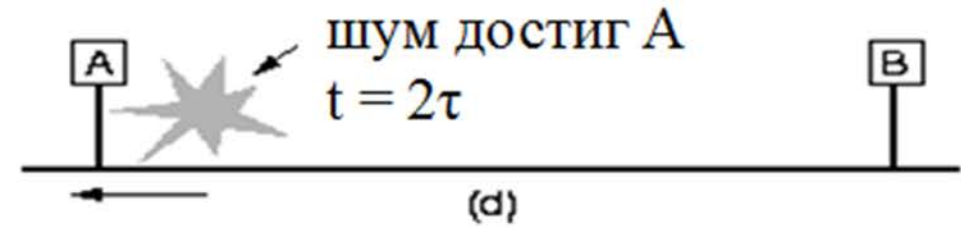
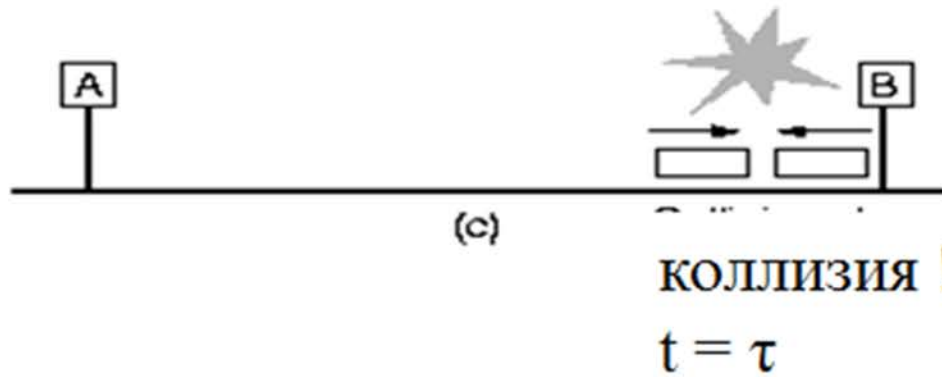
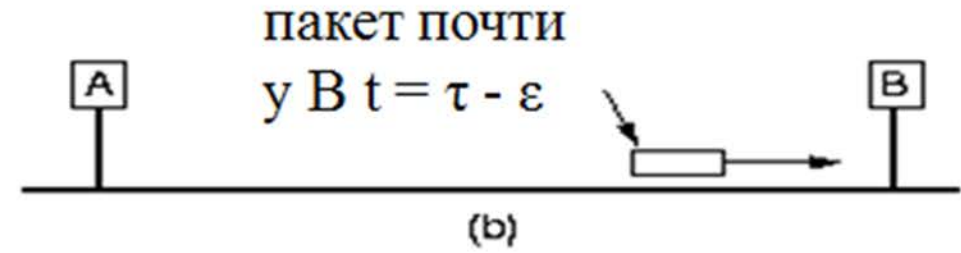
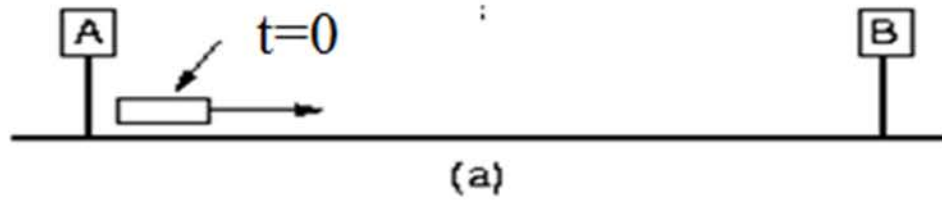
- Пусть:  $\tau$  - время необходимое на передачу кадра определенной фиксированной длины (время кадра).
- Предполагаем, что
  - ✓ Пользователей неограниченное число. Сразу начинает передачу.
  - ✓ Они все вместе порождают кадры по закону Пуассона

$$P(n) = \frac{(\lambda)^n}{n!} e^{-\lambda}$$

со средним  $\lambda$  кадров за время кадра  $\tau$ , где  $0 < \lambda < 1$ .

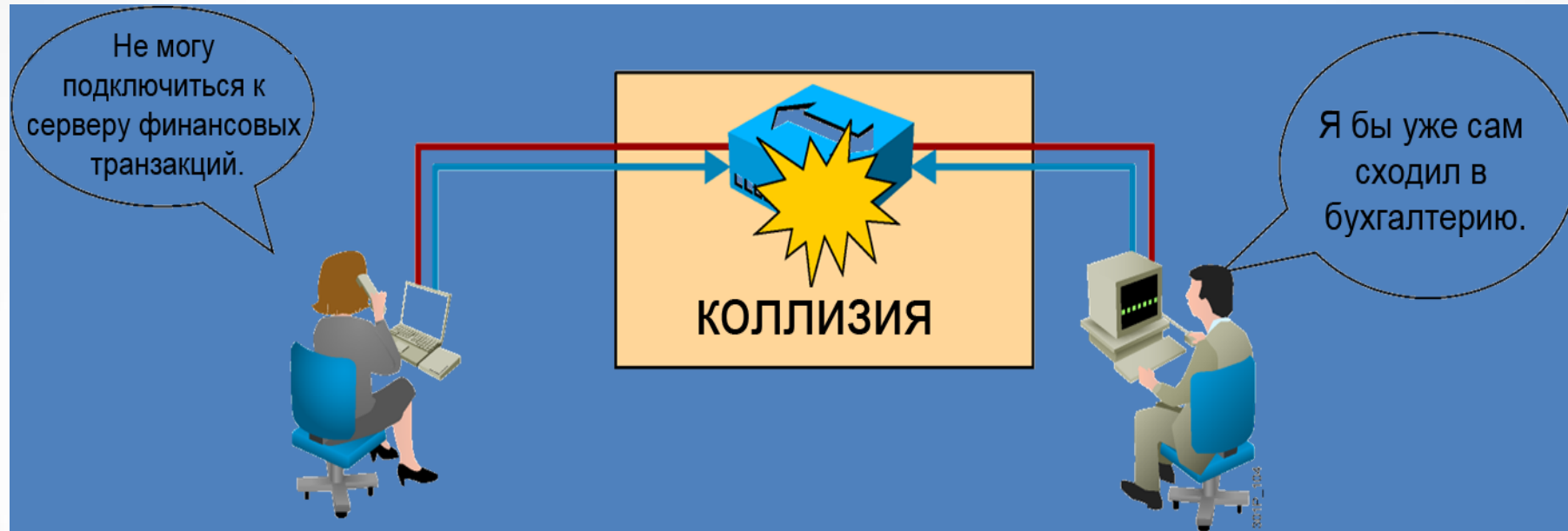
- ✓ Вероятность что за время кадра произойдет  $k$  попыток передачи, либо нового, либо ранее не прошедшего кадра, распределена по закону Пуассона со средним  $G$ 
  - Тогда: пропускная способность канала будет  $S = GP_0$ ,  
где  $P_0$  - вероятность отсутствия коллизий при передаче.
- Для обнаружения коллизии надо  $t_0 + 2\tau$  ед. времени

# Коллизия





# Коллизии



- Для пользователей коллизии выглядят как «торможение» сети
- Домен коллизий = физический сегмент
- Множество устройств таких, что если любые два из них будут передавать данные одновременно, возникнет коллизия

# 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

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

**Максимальная пропускная способность системы АЛОНА**

$$S = 1/2e$$

**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

- Вероятность успешной передачи за  $k$  попыток, т.е.  $(k-1)$  не успехов и 1 успех

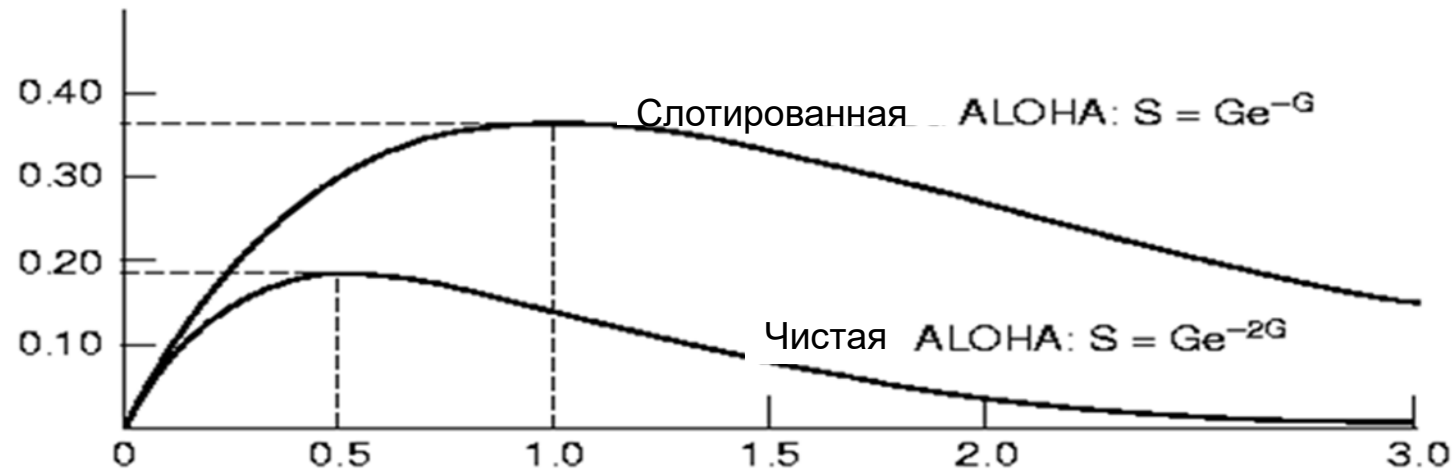
$$P_k = e^{-G}(1 - e^{-G})^{k-1}$$

- 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



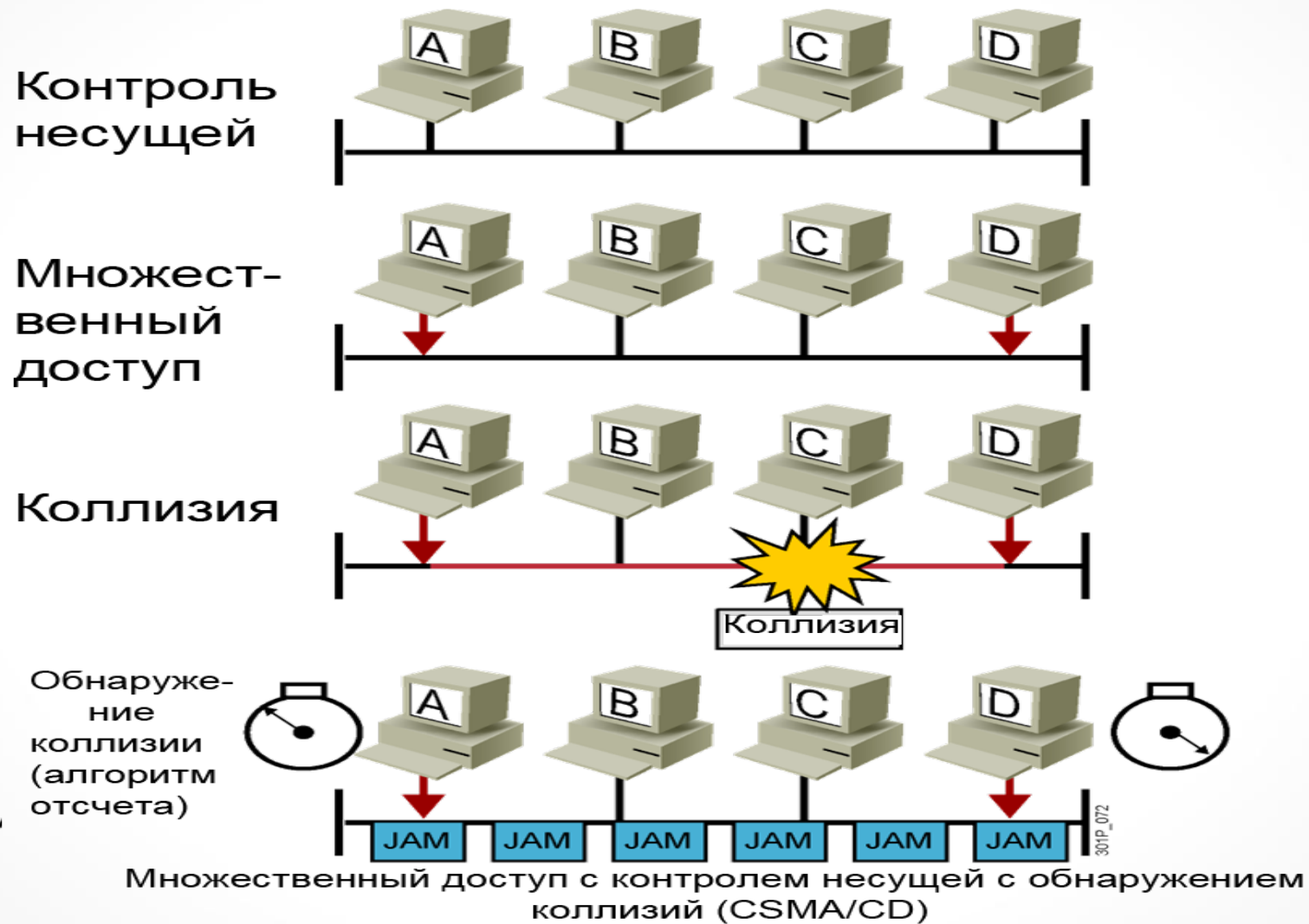
G — число попыток за время кадра

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/CD



# 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 канала

- Период состязаний - слотированная ALOHA со слотом  $\tau$ .



# 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.

# 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, за которые станция передаст кадр равно

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

# IEEE 802.3 : производительность

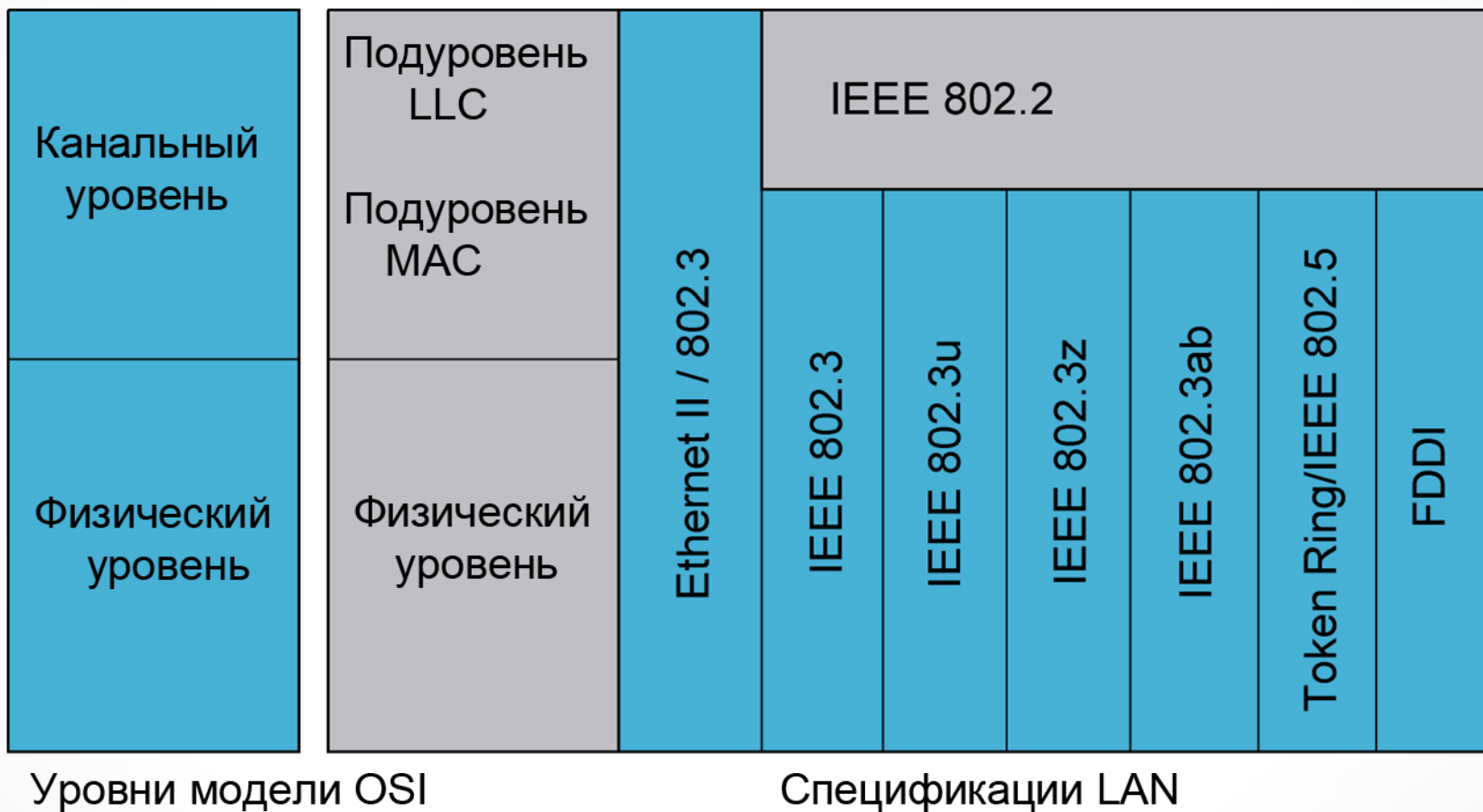
- средний интервал состязаний  $w = 2\tau / A$
- $w \leq 2\tau e \approx 5.4\tau$  при  $p = 1/k$
- эффективность канала равна

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

где  $m$  - среднее время передачи кадра

С ростом  $\tau$  эффективность использования канала падает

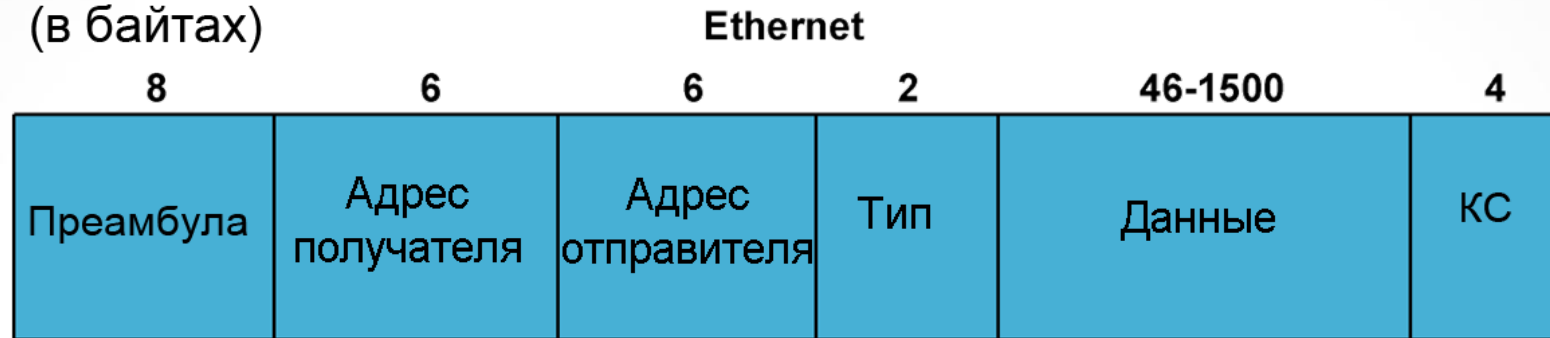
# Стандарты Ethernet



301P\_962

# Ethernet кадр

Длина поля  
(в байтах)



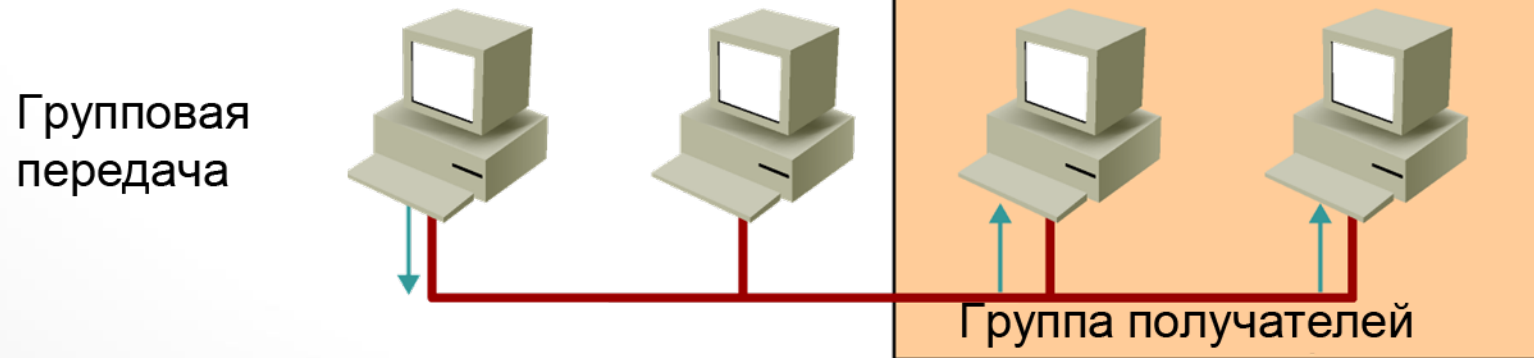
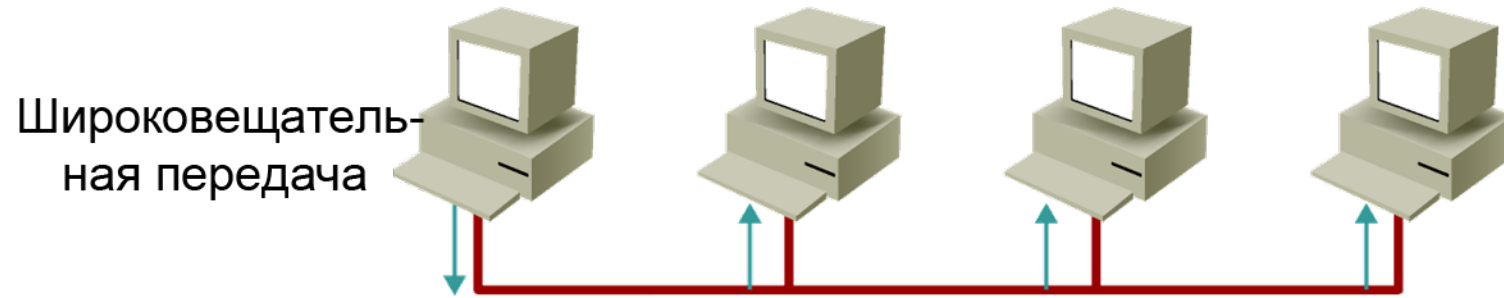
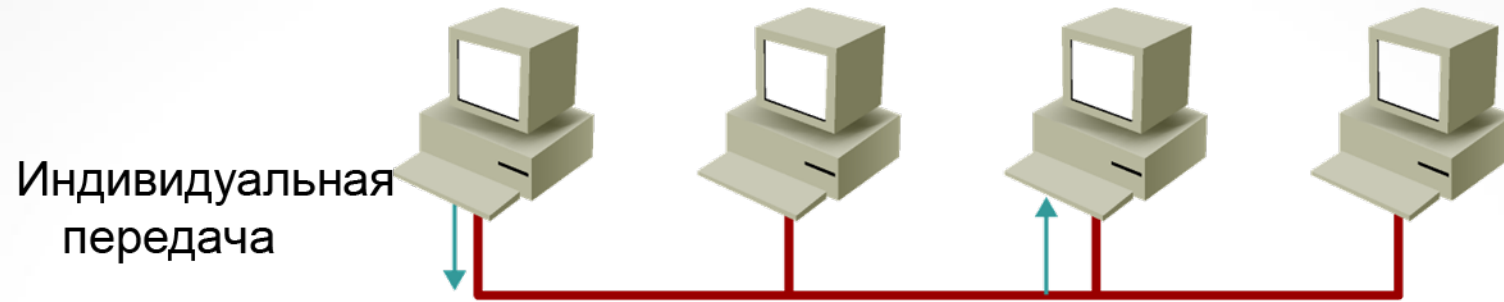
Длина поля  
(в байтах)



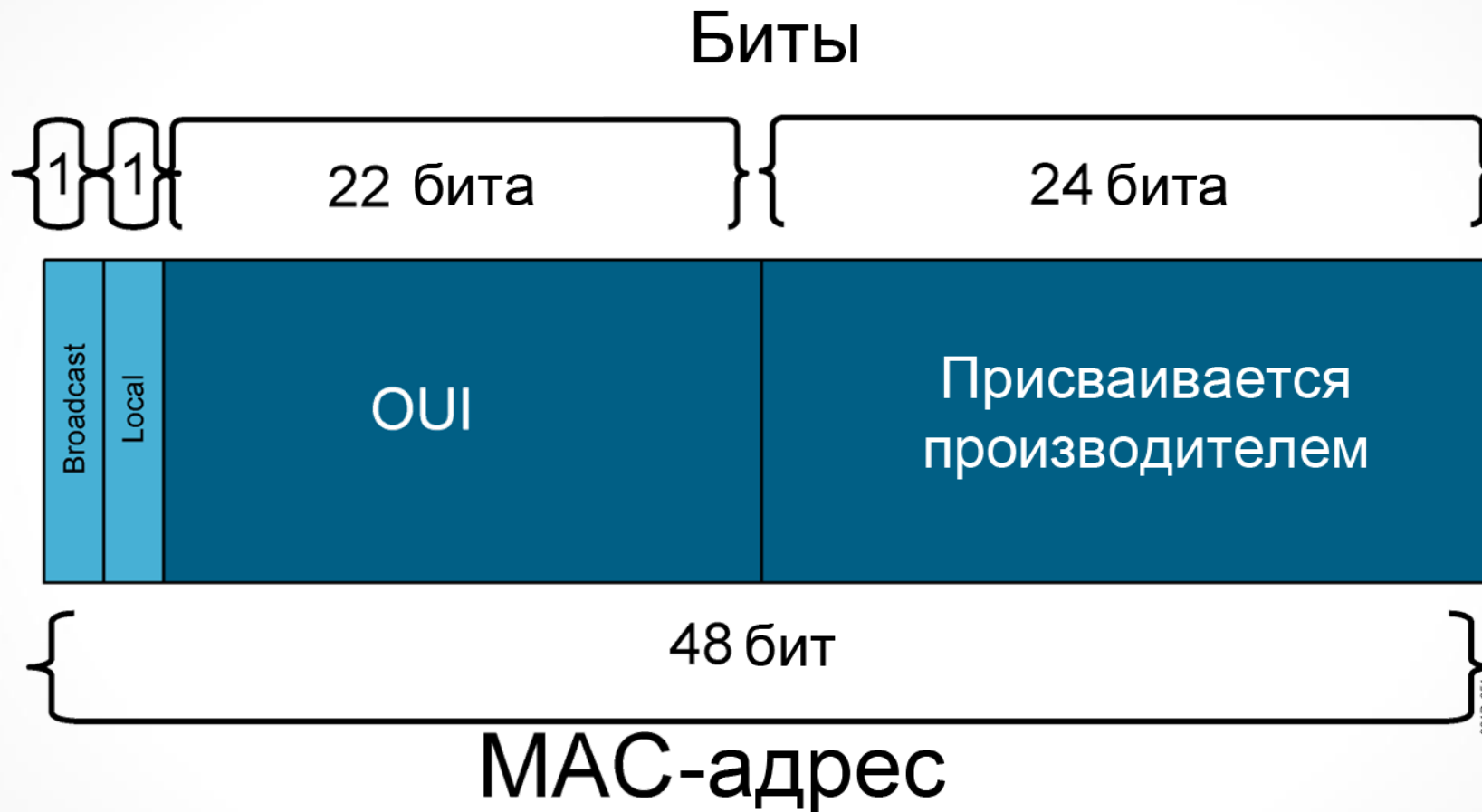
ФНК = флаг начала кадра  
КС = контрольная сумма

022P\_074

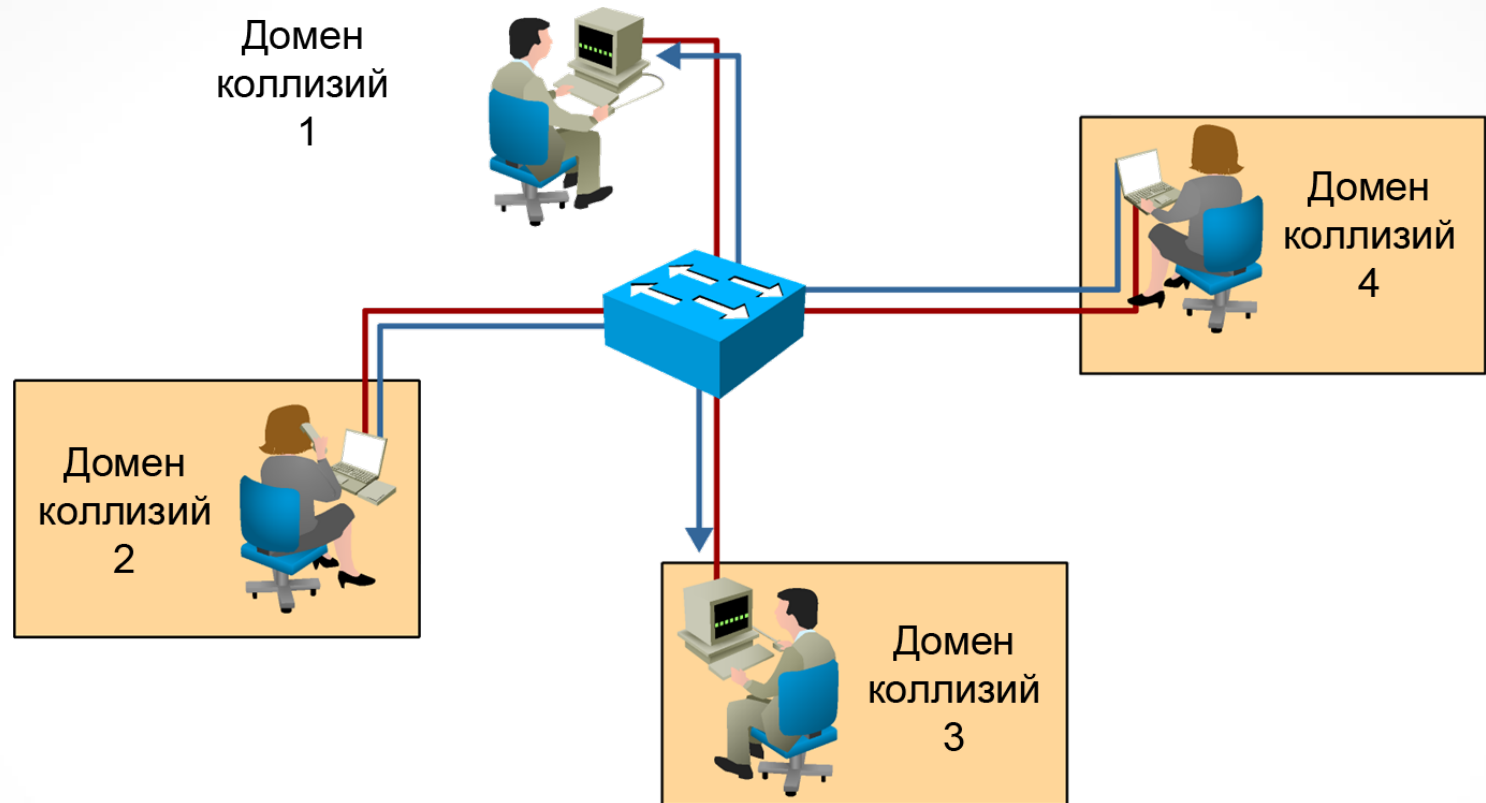
# Типы адресов



# Компоненты MAC-адреса



# Домены коллизий



- Для решения проблем надо разбить домен коллизий на несколько



# Мосты



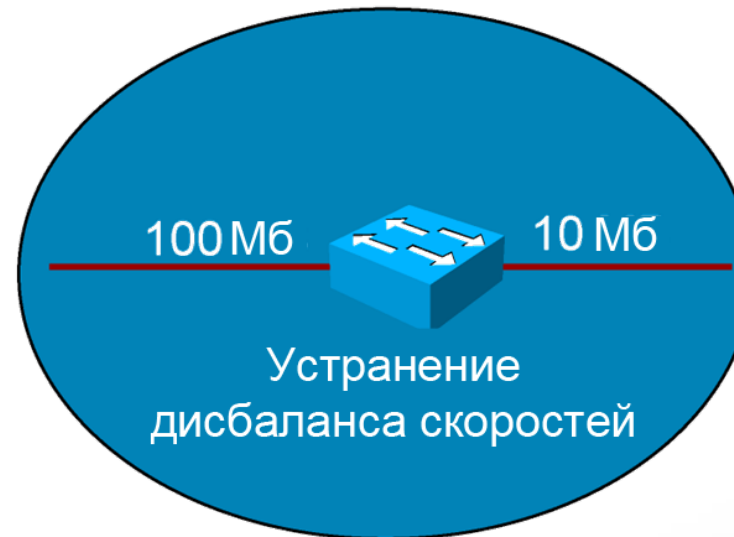
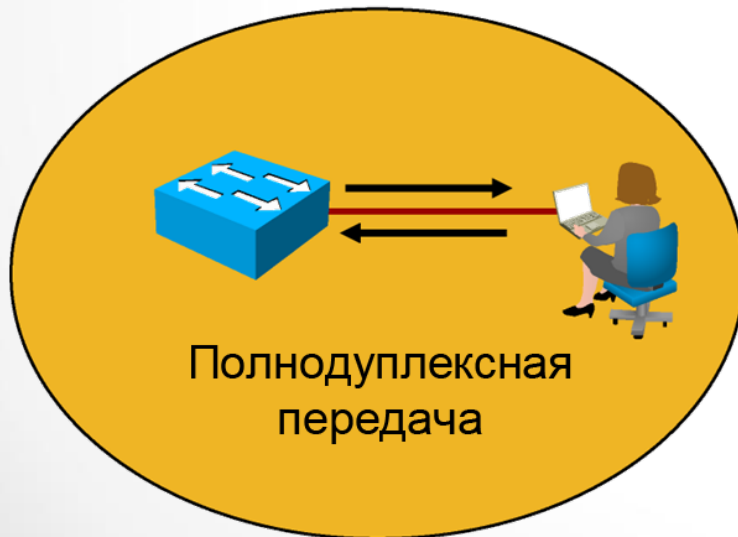
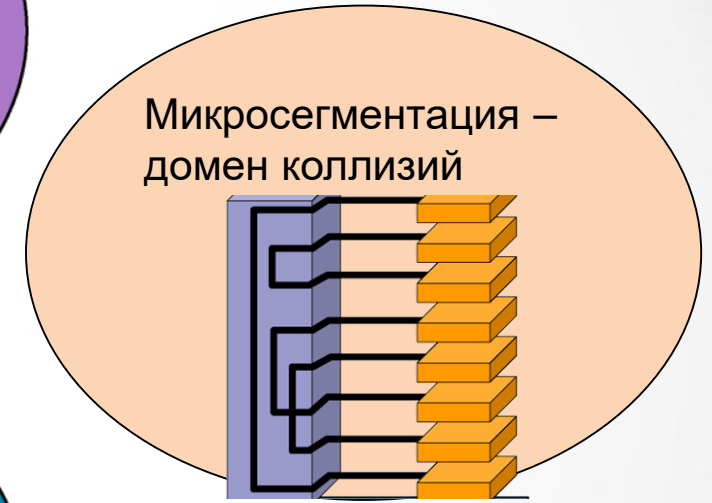
- Работают на канальном уровне
- Пересылают, фильтруют или вещают кадры
- Мало портов
- Сравнительно медленные

# Коммутаторы

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

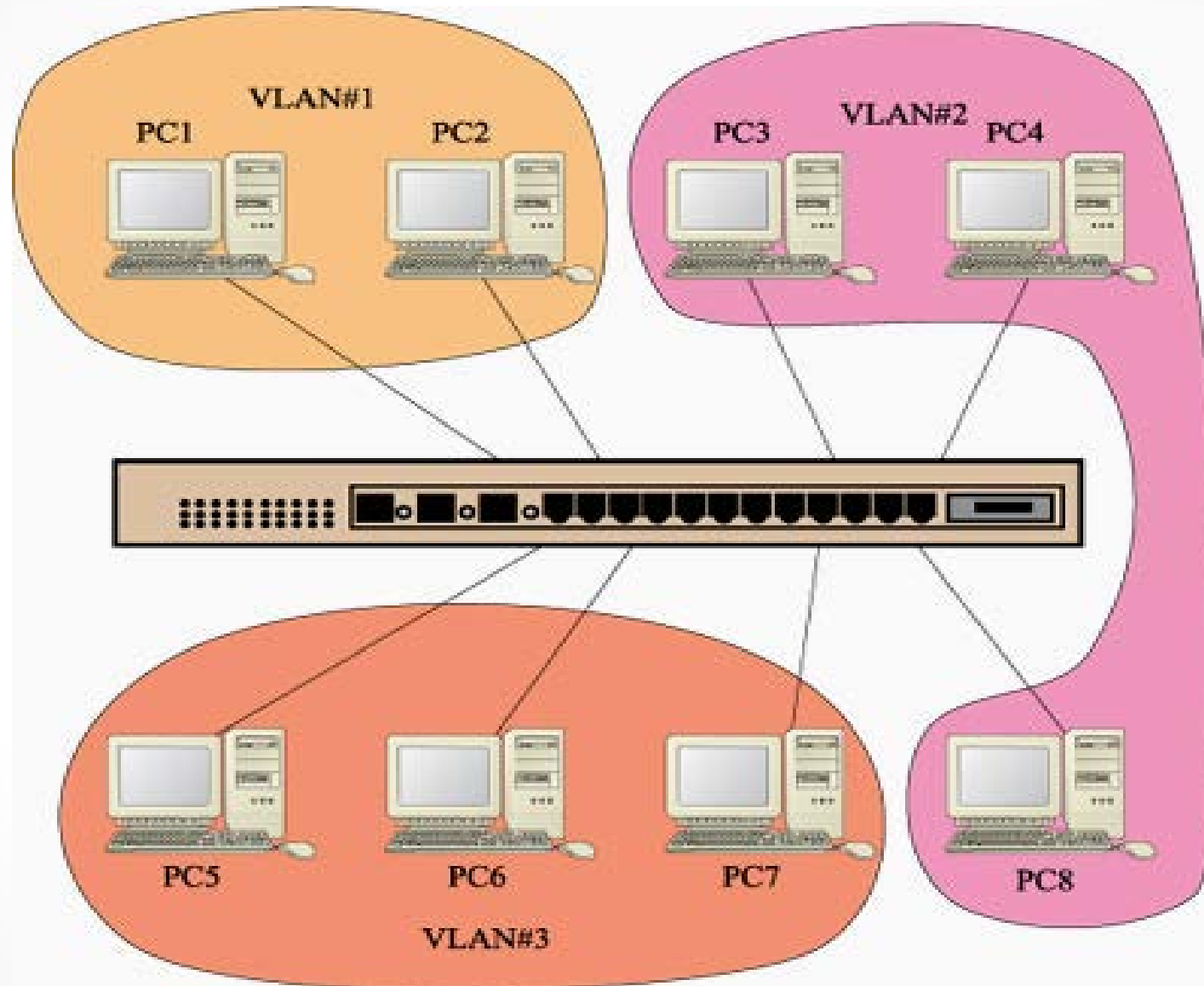


# Возможности коммутаторов



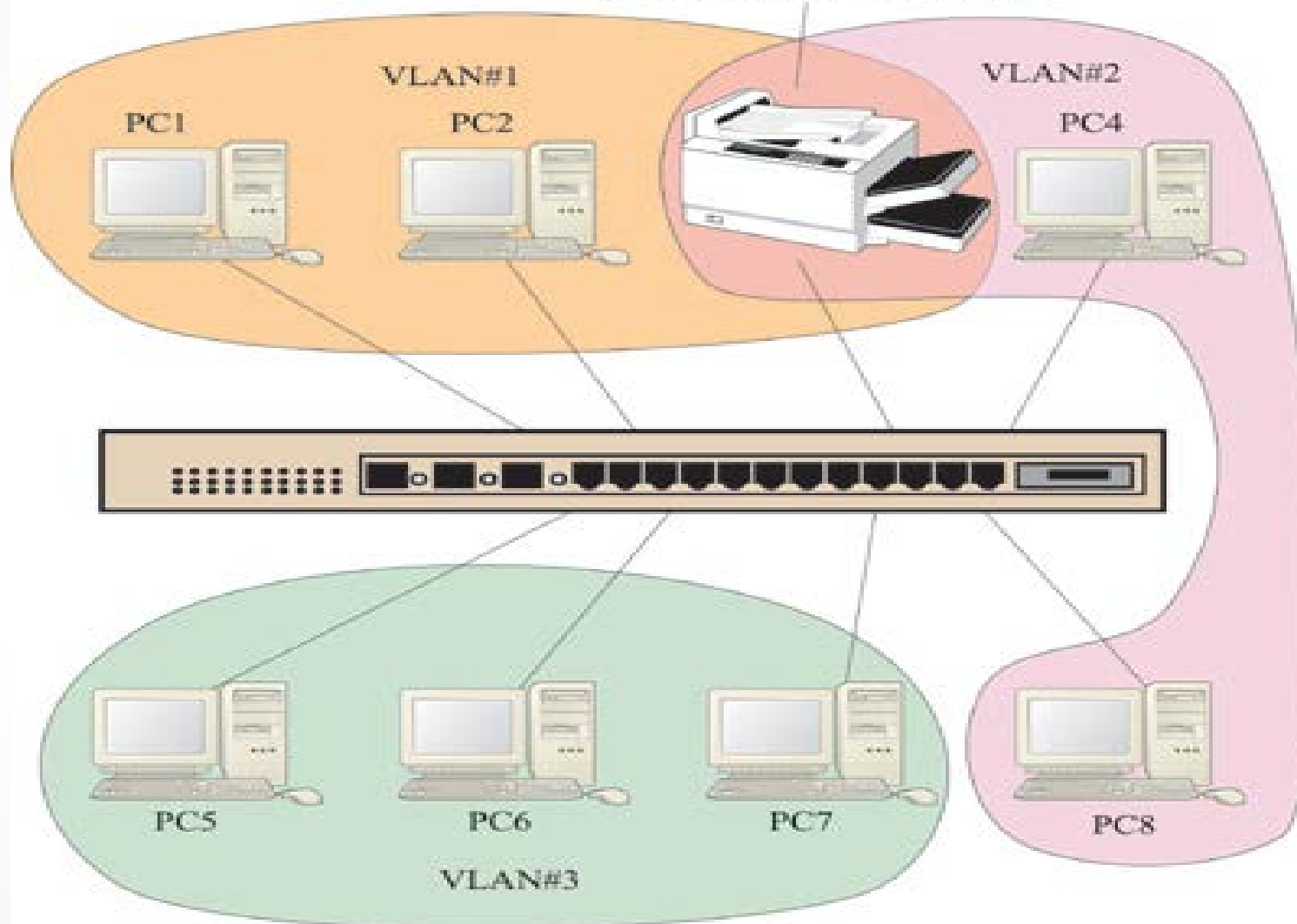
301P\_108

# Коммутаторы VLAN

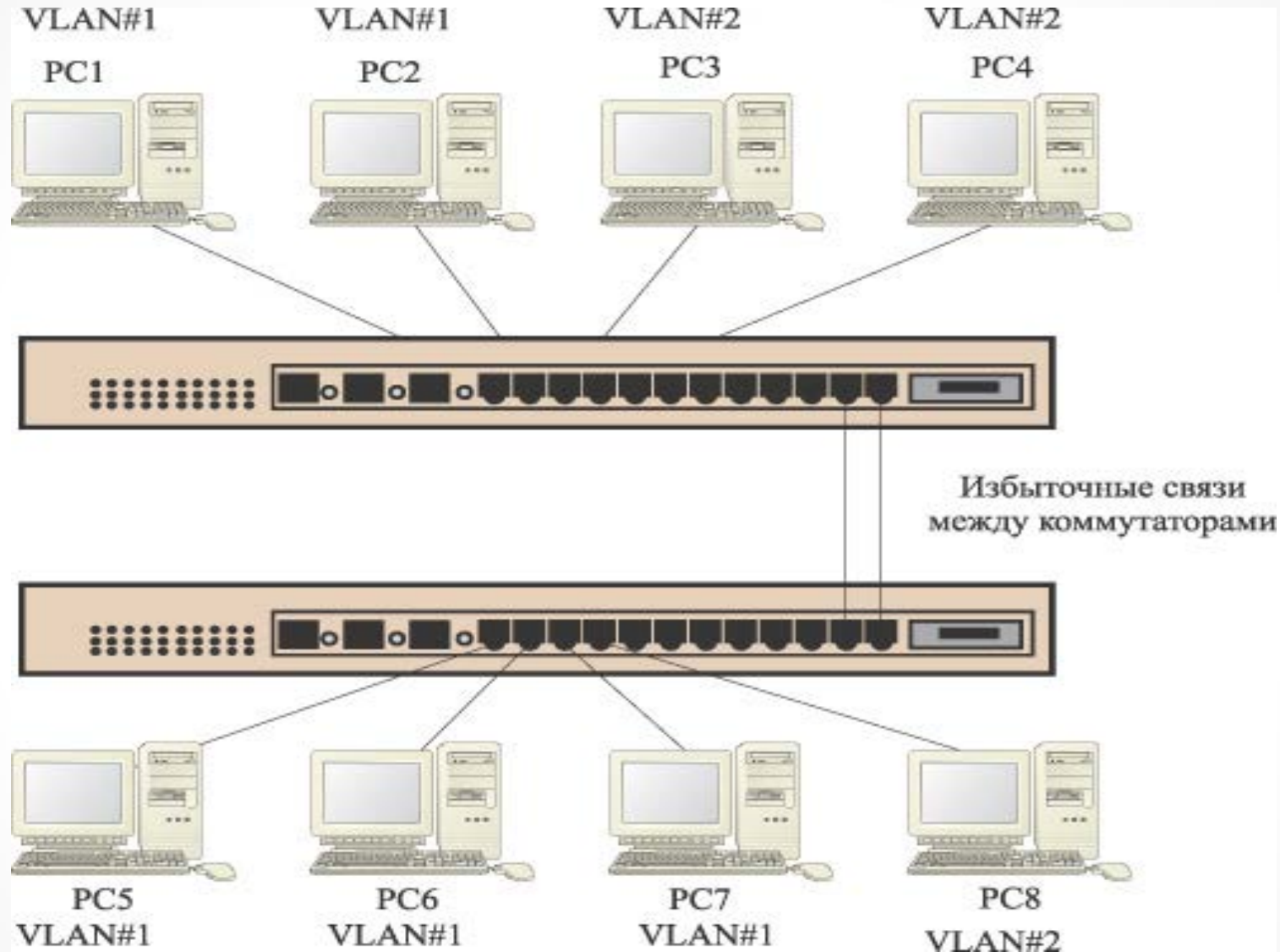


# Коммутаторы

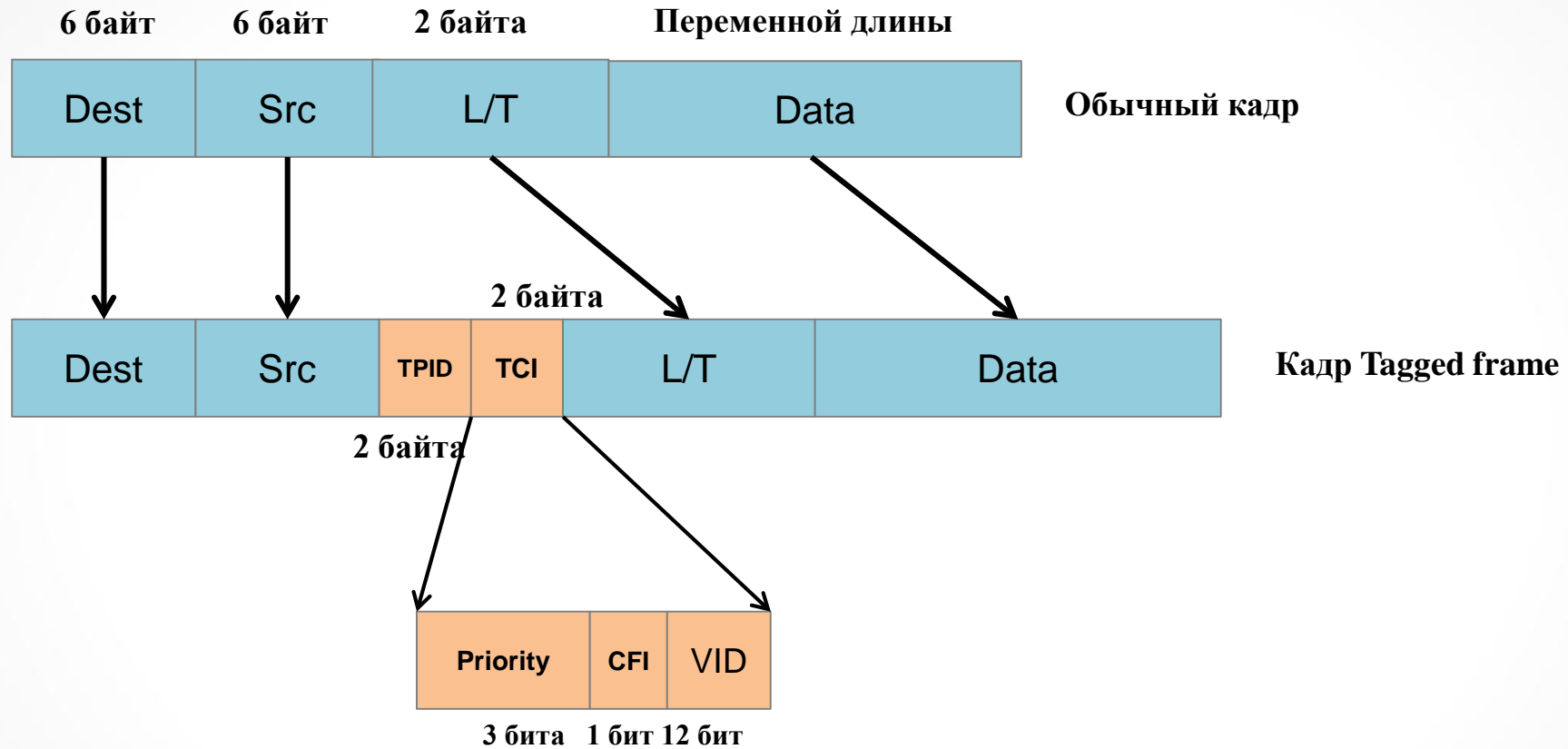
Сетевой принтер является членом VLAN#1 и VLAN#2



# 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.



# Заключение

- Стандарт IEEE802.3 (Ethernet) – среда с множественным доступом типа CSMA/CD
- Чувствительна к длине слота состязаний, эффективность зависит от размера домена коллизий
- Адресация поддерживает режимы unicast, multicast, broadcast
- Широкий спектр физ. сред и скоростей
- Поддержка VLAN (их число ограничено), как домена broadcast