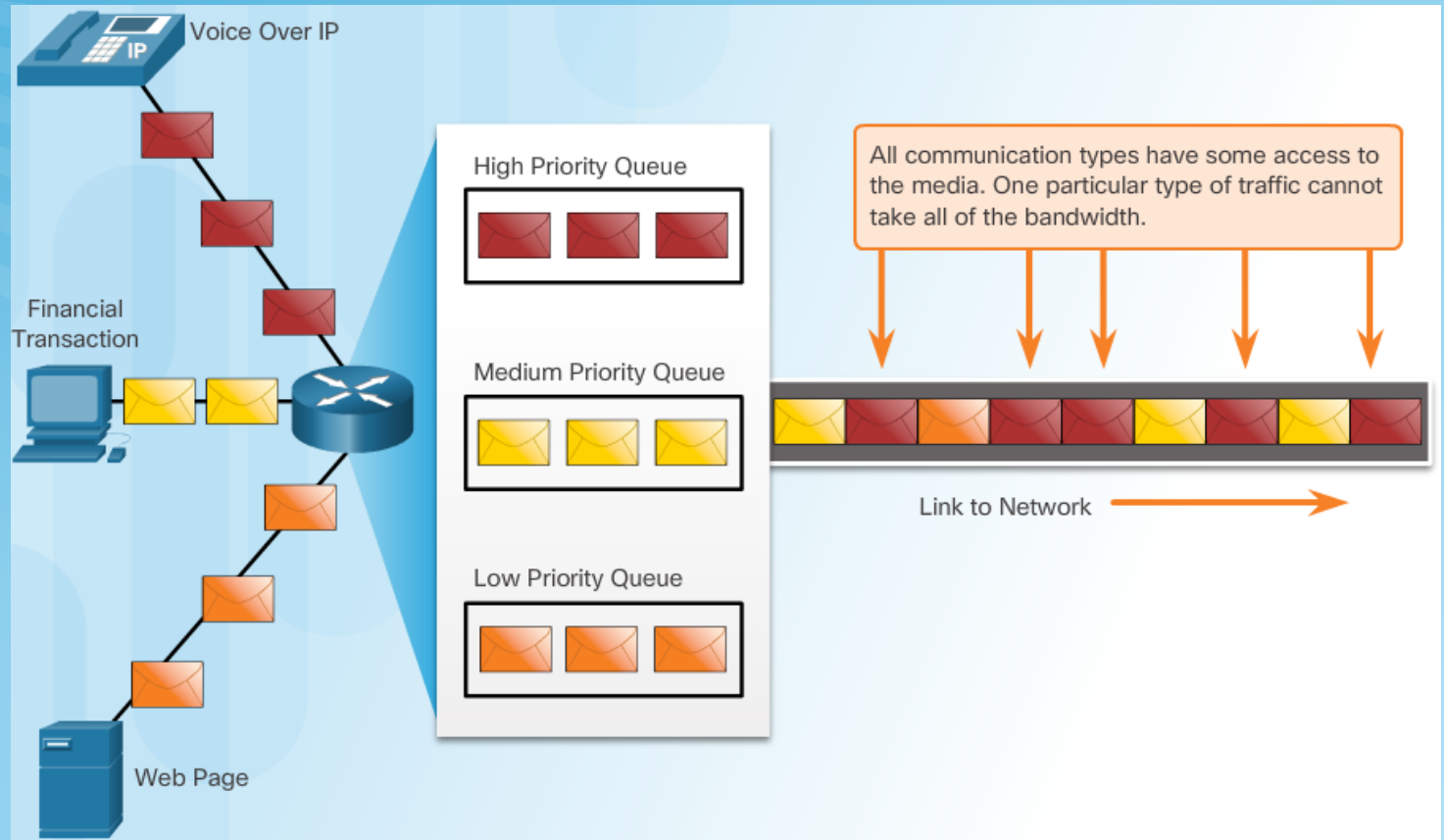


# Технологии QoS (Quality of Service\*)

\* качество обслуживания

# Приоритизация трафика

- Очереди пакетов вызывают задержки
- Переполнение очереди – потеря пакетов



# Параметры QoS

**BITRATE**

**DELAY**

**JITTER**

**PACKET LOSS**

- Перегрузка сети (трафик превышает bandwidth) увеличивает задержку (delay) – время доставки
- Jitter (от англ. jitter – дрожь) – колебания величины задержки (delay) принятых пакетов
- Потеря пакетов
  - Перегруженные устройства теряют пакеты, что приводит к снижению качества связи
  - В правильно сконфигурированной сети потери близки к нулю
  - QoS позволяет классифицировать пакеты и минимизировать потери важного трафика

# Особенности различных типов трафика (1) – голос

- Голосовой трафик (IP-телефония)
  - Очень чувствителен к существенным задержкам и потерям пакетов
  - Бессмысленно повторно передавать потерянные пакеты
  - Требуется повышенного приоритета
  - Может без видимого эффекта гасить незначительные потери, задержки и джиттер

**BANDWIDTH > 30 Kbps**

**DELAY < 150 ms**

**JITTER < 30 ms**

## Voice

- Smooth
- Benign
- Drop sensitive
- Delay sensitive
- UDP priority



# Особенности различных типов трафика (2) – видео

## ■ Видео-трафик (потокное видео)

- В сравнении с голосом менее чувствителен к потере пакетов
- Существенно более «тяжелые» пакеты
- Может без видимого эффекта гасить незначительные потери, задержки и джиттер

**BANDWIDTH > 384 Kbps**  
**DELAY < 150 ms**  
**JITTER < 30 ms**  
**PACKET LOSS < 1 %**

### Video

- Bursty
- Greedy
- Drop sensitive
- Delay sensitive
- UDP priority



# Особенности различных типов трафика (3) – данные

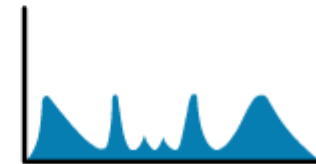
## □ Трафик данных

- Приложения, чувствительные к потерям пакетов (web, email), используют TCP для гарантированной повторной пересылки потерянных пакетов
- В сравнении с голосом/видео не так чувствителен к потерям и задержкам

КРИТИЧНОСТЬ ?  
ИНТЕРАКТИВНОСТЬ ?

### Data

- Smooth/bursty
- Benign/greedy
- Drop insensitive
- Delay insensitive
- TCP retransmits



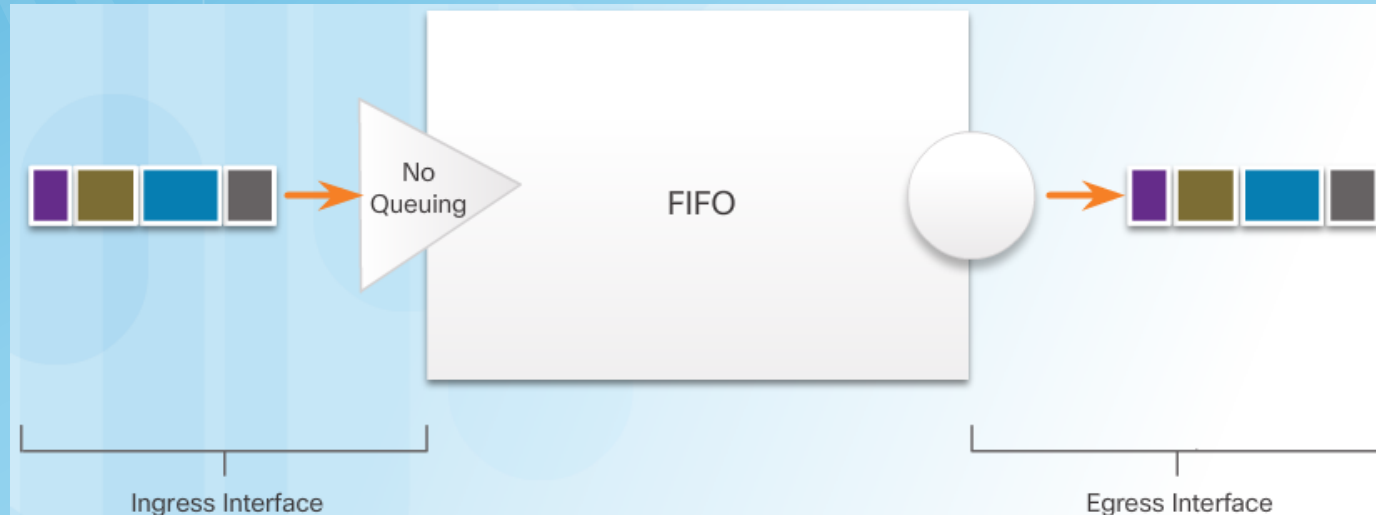


# Алгоритмы очередей (1)

## □ First In First Out (FIFO)

«первый вошёл – первый вышел»

- Отсутствуют классы трафика и приоритеты
- Самый быстрый алгоритм очередей
- Эффективен для «широких» линков с минимальными задержками и перегрузками

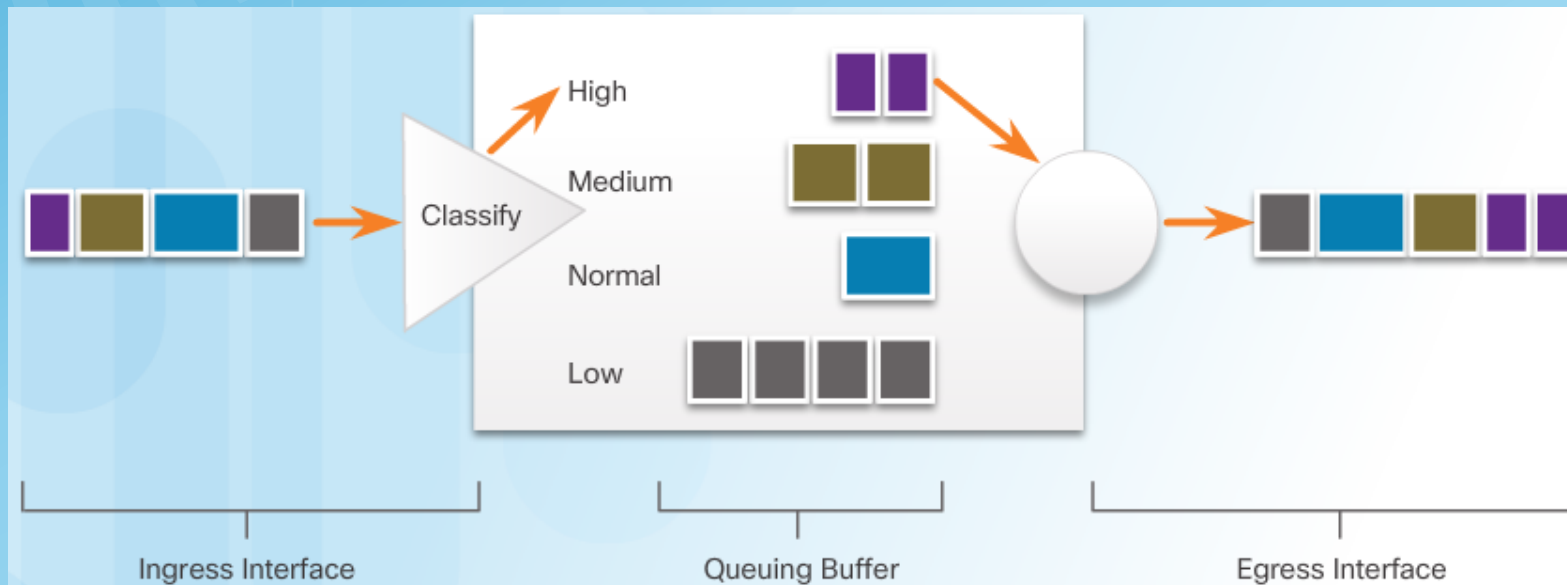


# Алгоритмы очередей (2)

## Weighted Fair Queuing (WFQ)

«взвешенная справедливая очередь»

- Автоматизированное распределение пропускной способности канала между всеми типами трафика
- Назначает приоритет (вес) идентифицированному трафику и распределяет его по соответствующим потокам
- Не пригоден для туннельных/шифрованных каналов, т.к. эти методы ограничивают доступ к содержимому пакета



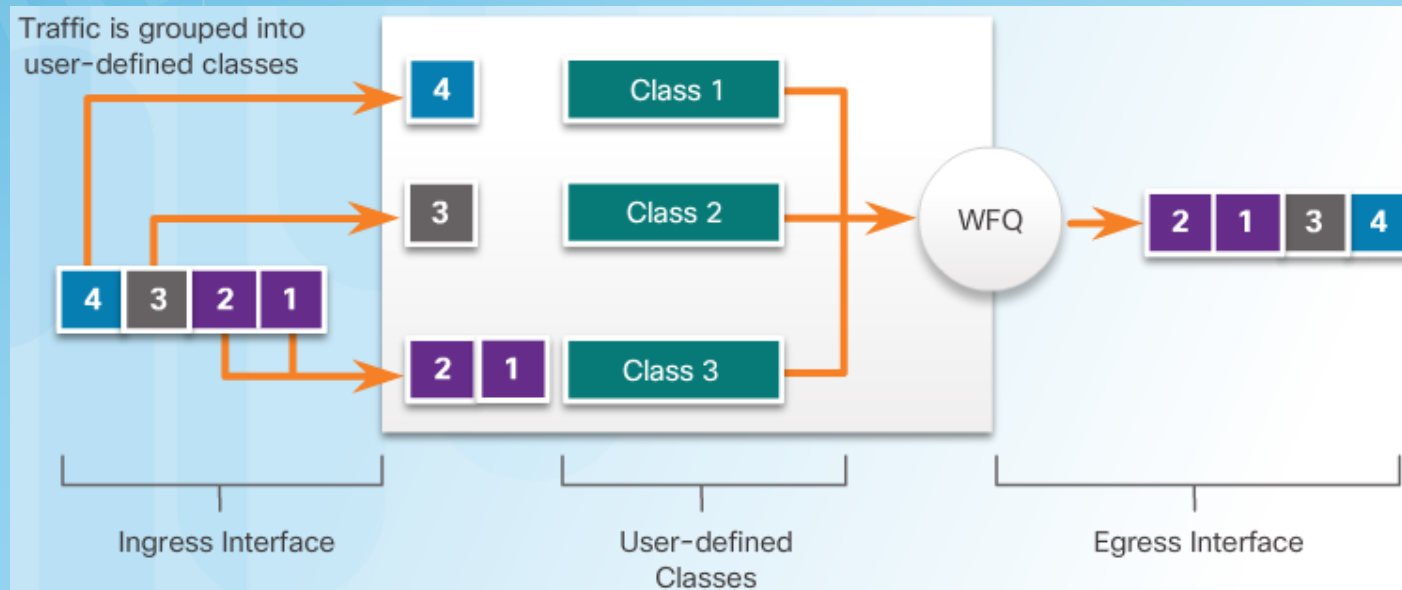


# Алгоритмы очередей (3)

## ■ Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ)

«взвешенная справедливая очередь на основе класса»

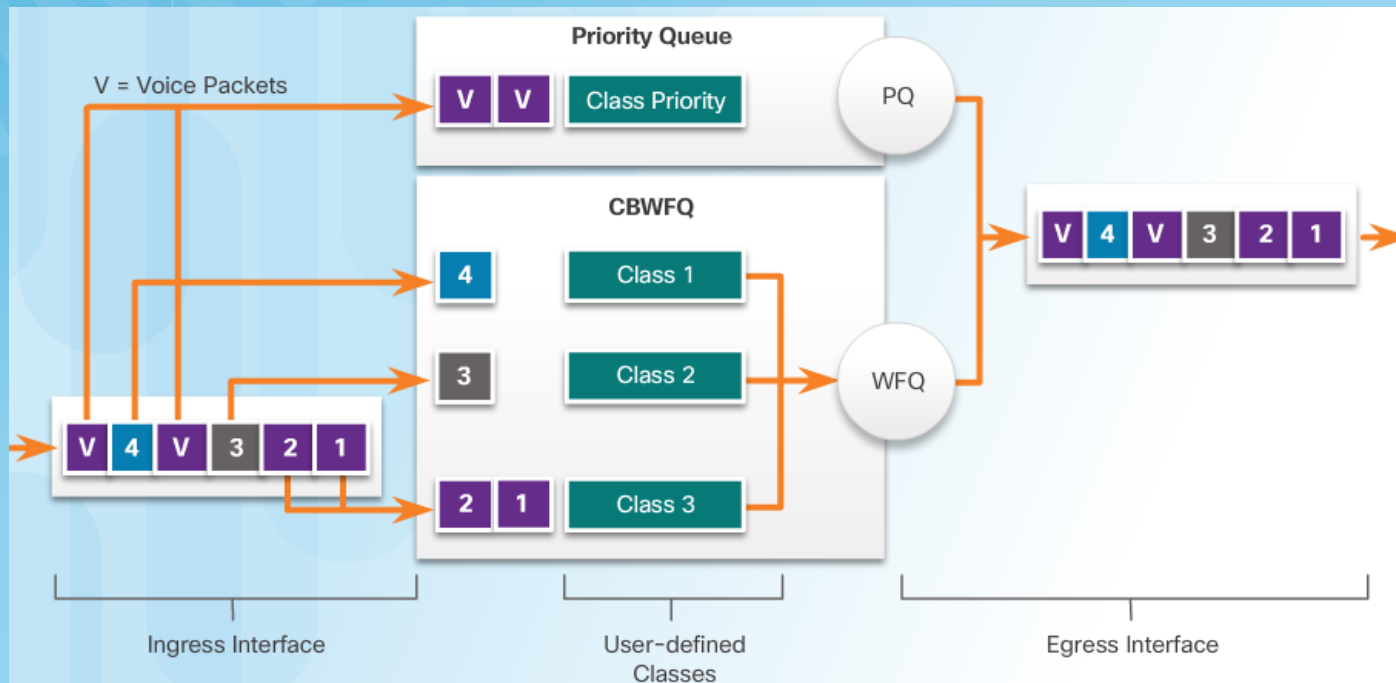
- WFQ с поддержкой пользовательских классов трафика
- Каждому классу трафика назначается пропускная способность, вес и максимальный лимит пакетов в секунду, а также предельный размер очереди
- Пакеты каждого класса трафика работают со своей очередью и своей долей пропускной способности



# Алгоритмы очередей (4)

## ■ Low Latency Queuing (LLQ) «очередь с низкой задержкой»

- Дополняет CBWFQ строгими значениями приоритетов, снижая задержки голосового трафика
- Класс трафика определяет порядок обработки пакетов
- Без LLQ все пакеты обрабатываются в порядке поступления на основе веса, невозможна приоритизация по времени
- Чувствительный к задержкам трафик отправляется вне очереди



# Модели QoS

## □ Best Effort

## □ Integrated services (IntServ)

- Обеспечивает приложениям сквозное (End-to-End) качество обслуживания
- Резервирование ресурсов по запросу приложений (протокол RSVP)
- Ограничивает масштабируемость сети

## □ Differentiated Services (DiffServ)

- Классификация и маркировка пакетов
- Обработка в соответствии с классом
- Обеспечивает гибкость и масштабируемость

# Модель BEST EFFORT

## Достоинства

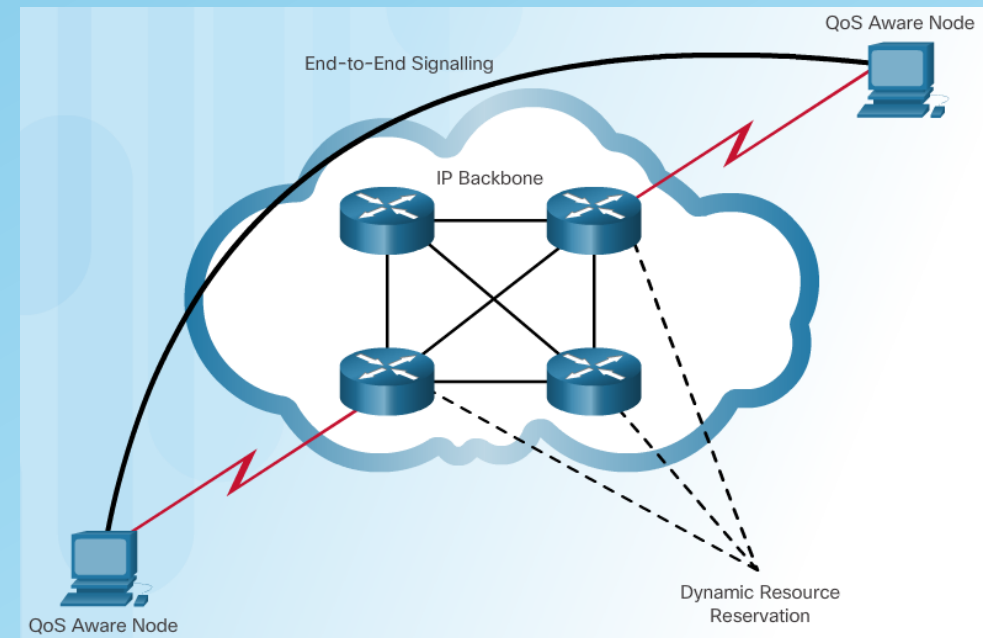
- Наибольшая масштабируемость (ограничена только пропускной способностью)
- Не требует специальных инструментов QoS
- Простота, скорость и стоимость внедрения

## Недостатки

- Отсутствуют гарантии доставки
- Непредсказуемый порядок обработки пакетов
- Отсутствие приоритизации
- Критически важные пакеты обрабатываются наравне с обычными

# Модель INTSERV

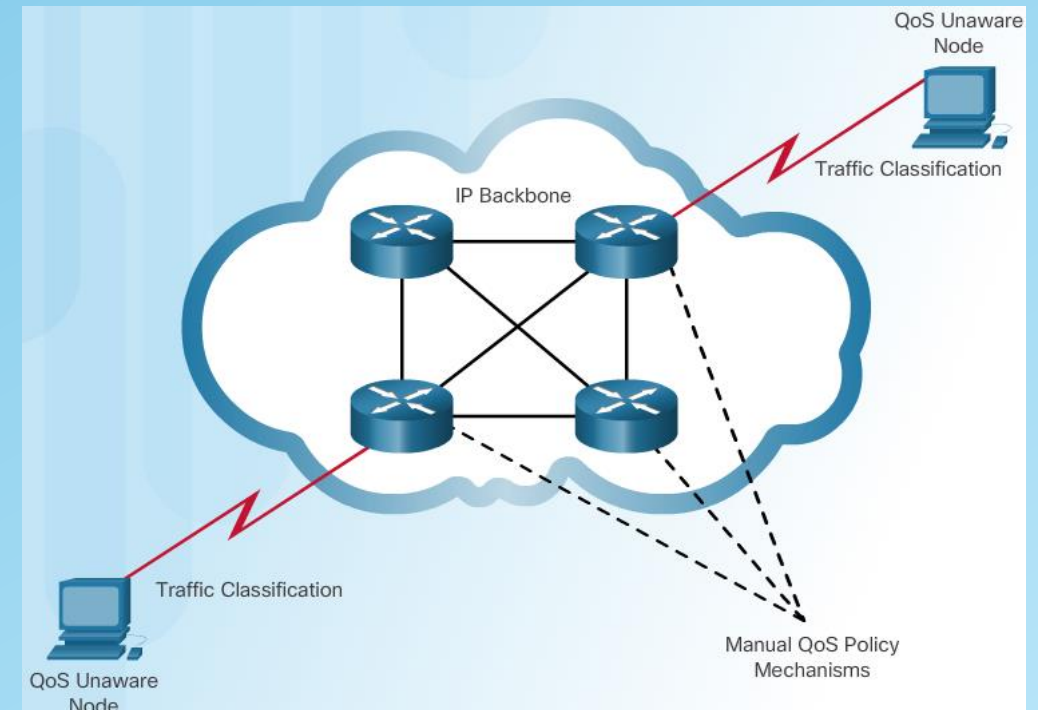
- Обеспечение сквозного QoS на основе резервирования ресурсов и контроля доступа
- Приложения запрашивают ресурсы
- Граничный роутер опрашивает все роутеры на маршруте для новой сессии
  - Если удалось зарезервировать запрошенную bandwidth, приложение начинает передачу
  - Если не удалось, приложение не передает данные





# Модель DIFFSERV

- Простой и масштабируемый алгоритм классификации и приоритизации трафика в современных IP-сетях
- Обеспечивает «почти гарантированное» QoS без ущерба масштабируемости и стоимости
  - Основан на предопределенной модели QoS – элементы сети заранее настроены по-разному обрабатывать разные классы трафика
  - Разделяет трафик по классам в зависимости от потребностей абонентов
  - Каждому классу трафика соответствует свой уровень QoS





# Обеспечение QoS

- Минимизация потери пакетов  
встроенными средствами TCP
  - Потери пакетов приводят к уменьшению  
размера TCP-окна (только TCP)
- Инструменты QoS
  - Классификация и маркировка пакетов
  - Минимизация перегрузок
  - Политики QoS и шейпинг трафика

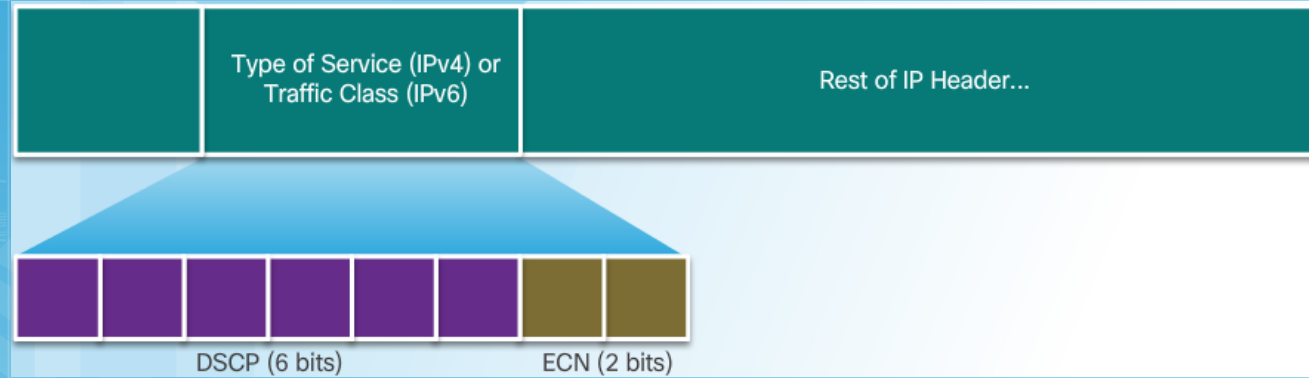
# Классификация и маркировка

- Устройства классифицируют сессии обмена данными по типам/классам трафика; пакеты маркируются (в поле заголовка пакета) исходя из принадлежности к сессии
- Применение политик QoS возможно только после классификации и маркировки
- Для классификации используются различные признаки L2 и L3: интерфейсы, ACL и др.
- Осуществляется максимально близко к источнику трафика

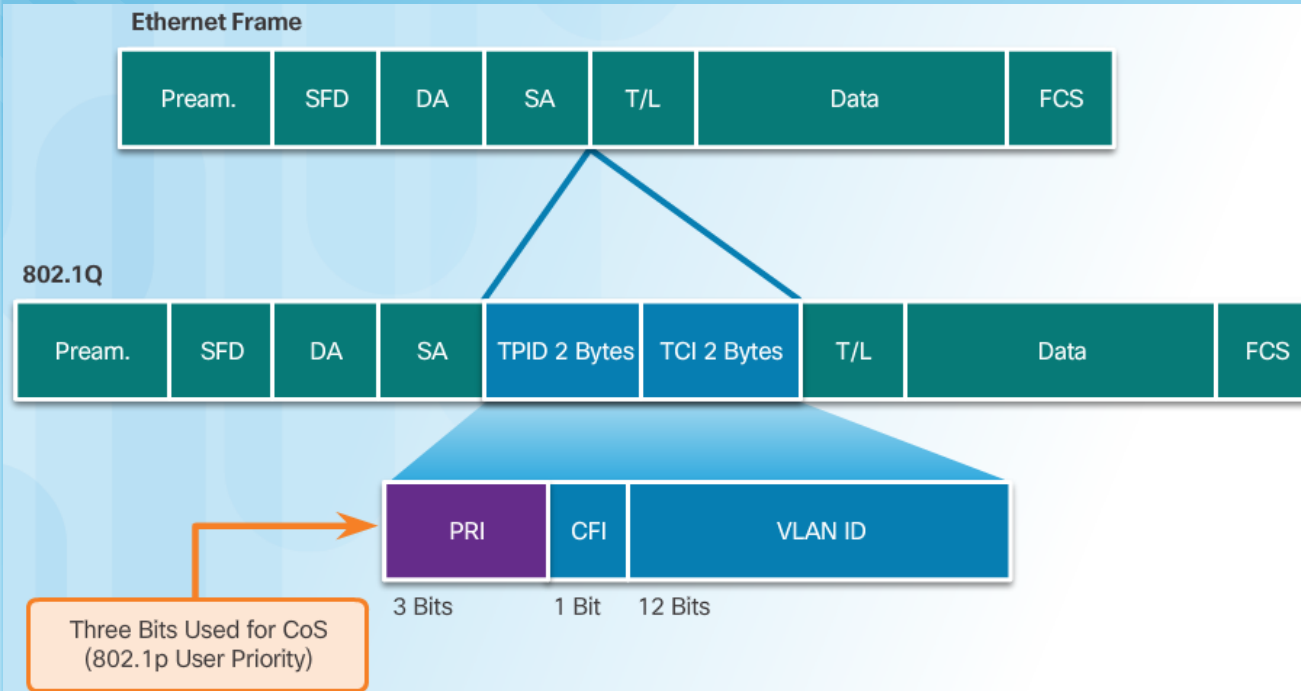
QoS Tools	Layer	Marking Field	Width in Bits
Ethernet (802.1Q, 802.1p)	2	Class of Service (CoS)	3
802.11 (Wi-Fi)	2	Wi-Fi Traffic Identifier (TID)	3
MPLS	2	Experimental (EXP)	3
IPv4 and IPv6	3	IP Precedence (IPP)	3
IPv4 and IPv6	3	Differentiated Services Code Point (DSCP)	6

# Маркировка трафика

## Network Layer



## Data Link Layer



# Минимизация перегрузок

- Автоматизированный мониторинг и прогнозирование очередей пакетов каждого класса
- Взвешенное произвольное раннее обнаружение (англ. Weighted random early detection – WRED) – алгоритм активного управления очередями
  - Очередь меньше нижнего порогового значения – нет сброса пакетов
  - Приближение к верхнему пороговому значению – частичный сброс пакетов
  - Превышено верхнее пороговое значение – сброс всех пакетов

# Политики QoS и шейпинг трафика

## □ Политики QoS

- Трафик, превышающий установленный заранее лимит, отбрасывается или помещается в очередь, где ожидает освобождения ресурсов
- Основаны на моделях CBWFQ и LLQ
- Применяются к входящему трафику

## □ Шейпинг трафика

- Трафик, превышающий лимит передачи, помещается в отдельную очередь ожидания и повторно обрабатывается через время
- Применяется к исходящему трафику