

**МСС-MSN**  
**Тема 8. Лекция 1**

**Технологии QoS  
в IP-сети**

**Костюкович А.Е.**  
**Каф.АЭС, СибГУТИ**  
**[www.aek-54.ru](http://www.aek-54.ru)**

# Понятие QoS и его необходимость

**QoS (Quality of Service — качество обслуживания) – это вероятность того, что сеть связи соответствует заданному соглашению о трафике (SLA).**

**Под термином QoS понимается набор технологий, обеспечивающих приоритетное использование сетевых ресурсов некоторыми видами трафика по сравнению с методом «равных возможностей».**

**Пример, приложений, требующих QoS**

- потоковые мультимедиа-приложения требуют гарантированную пропускную способность канала**
- VoIP и видеоконференция требуют небольших значений джиттера и задержки**
- ряд приложений, например как телемедицина, требуют гарантированный уровень надёжности**

# Понятие QoS и его необходимость

**Рекомендация МСЭ-Т E.800:**

**«QoS - совокупный показатель эксплуатационных характеристик услуги, определяющий степень удовлетворенности пользователя услугой».**

**При определении терминов QoS используются такие понятия как:**

- Критерий качества услуги**
- Параметры качества услуги**
- Показатели качества услуги**
- Норма**

# Понятие QoS и его необходимость

Для большинства случаев качество связи определяется следующими характеристиками:

1. Полоса пропускания  $F$  (**Bandwidth**), определяет требуемую пропускную способность ( $C$ ) среды передачи (бит/с).

1. Найквист –  $C$  (бит/с) =  $F$  (Гц) \*  $\log_2 M$

2. Шеннон –  $C$  (бит/с) =  $F$  (Гц) \*  $\log_2(1 + S / N)$

2. Задержка при передаче IP-пакета – **IPTD** (мс).

3. Колебания задержки при передаче IP-пакетов (джиттер) – **IPDV** (мс).

4. Потеря IP-пакетов – **IPLR**.

# Меры по обеспечению QoS

Основными мерами, обеспечивающими вышеуказанные показатели QoS, являются:

- Увеличение полосы пропускания (BW)
- Задание приоритетов данных
- Организация очередей
- Предотвращение перегрузок
- Формирование трафика

# Технологии обеспечения качества

## В сети реализуются 3 нижних уровня модели OSI.

На ур. L1 качество передачи бит характеризуется:

1. Пропускной способностью канала
2. Транзитной задержкой в системе передачи
3. Вероятностью ошибок (Рош, BER)

Эти показатели качества зависят:

1. От выбора среды передачи и ее характеристик (уровня шумов, помех, искажений)
2. От отношения сигнал/шум (S/N)
3. От АЧХ тракта и др.

## **Основными методами управления качеством на уровне L1 – являются:**

1. Гарантия пропускной способности
2. Поддержка требуемого отношения сигнал/шум

**Эти методы гарантированы всем видам информации!**

# Технологии обеспечения качества

На ур. L2 МСС в кадрах может переноситься любая информация.

Однако, не для всех видов информации требуются одинаковые требования к качеству доставки.

Поэтому вначале необходимо определить приложения для которых:

1. Не требуется гарантий доставки. Для таких приложений достаточно уровня обслуживания UBR/ABR ATM, FIFO MAC-Ethernet
2. Требуется Дифференцированное обслуживание – Diff\_Serv (CoS в технологиях IEEE 802.1p, MPLS)
3. Требуется Гарантия пропускной способности – Int\_Serv (CBR ATM, EF MPLS, RSVP-TE)

# Технологии обеспечения качества

На ур. L3 МСС в IP-пакетах может переноситься любая информация.

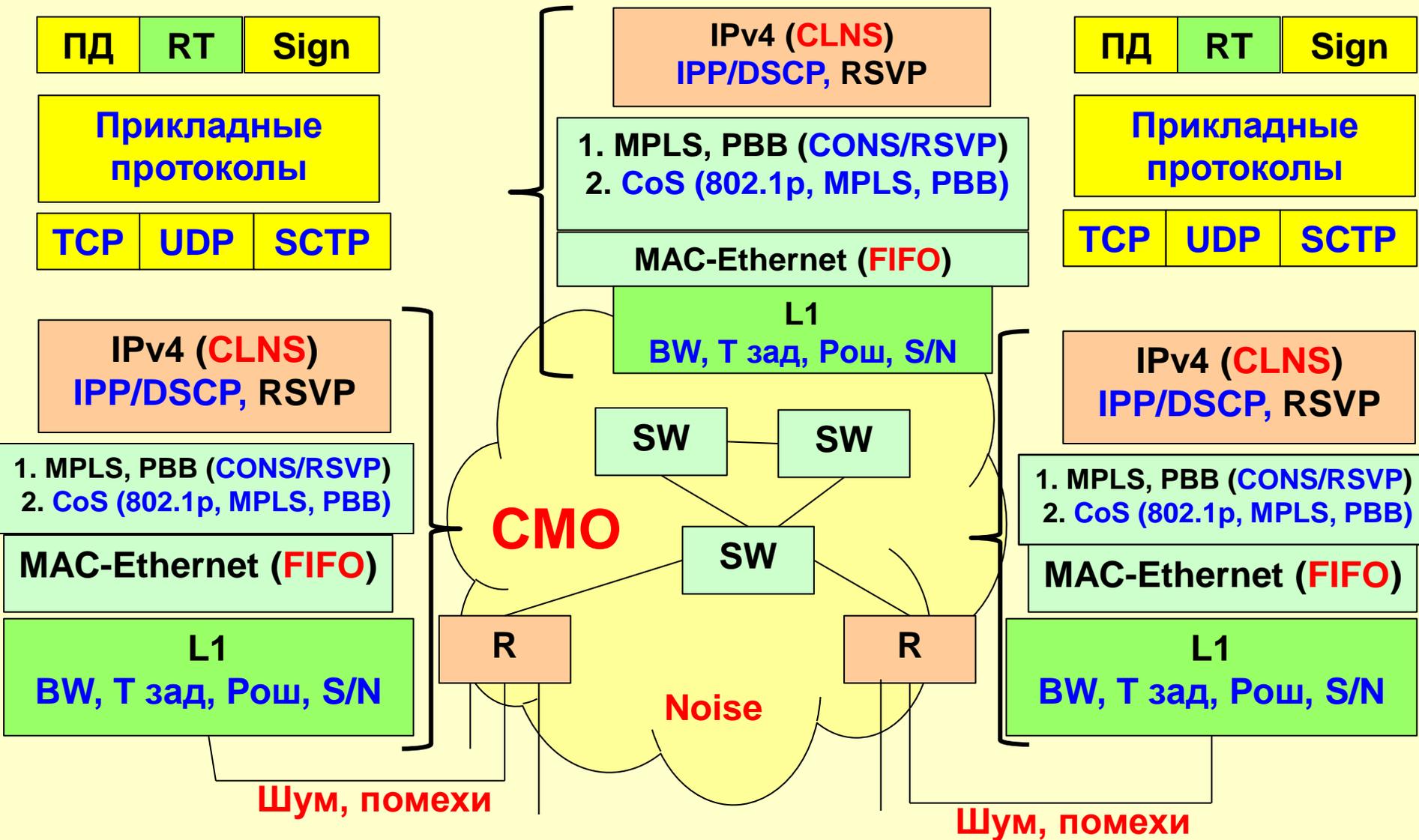
IP протокол изначально поддерживал поле ToS, три бита которого (IPR) определяли приоритет информации, помещенной в поле DATA IP-пакета.

Сегодня возможности дифференцирования различных видов трафика на уровне IP расширены за счет поля DSCP (6 бит) в поле ToS.

Однако, гарантировать доставку любых видов информации из конца в конец за счет гарантий пропускной способности, на уровне IP **невозможно**, т.к. IP – это протокол **CLNS**.

**Поэтому, основные технологии управления качеством в МСС реализуются на уровне L2 !!!**

# Факторы, влияющие на QoS и методы улучшения



# Факторы, влияющие на QoS

## Среда передачи:

1. Шум (белый, гауссовский)
2. Помехи (импульсные, межсимвольные,...)
3. Задержки распространения

## L1 (Системы передачи)

1. Дефицит ПП и проп. способности
2. Затухание (отношение с/ш на приеме)
3. Задержки в СП (кодирование, модуляция,...)

## L2 (СМО – Switch)

1. Дефицит проп. способности
2. Очереди
3. Задержки обработки (обнаруж. ошибок, ..)

## L3 (СМО - Router)

1. Задержки обработки (маршрутизация, обнаруж. ошибок)
2. Очереди

# Технологии обеспечения качества

Для уровня L2 сегодня предложен следующий набор механизмов QoS:

- **Int-Serv** (RSVP-TE, LDP в MPLS)
- **DiffServ** (CoS в 802.p и MPLS)
- **интеграция Int-Serv и DiffServ** (PHB-классы + набор механизмов управления очередями в MPLS)

Эти механизмы не зависят от используемой технологии (ATM, MPLS, PBB,...) и могут быть реализованы в рамках каждой из них!

# Технологии обеспечения качества – IntServ

## Технологии IntServ (Integrated Services ):

Интегрированное обслуживание (RFC 1633, 2205,2705) основано на резервировании таких сетевых ресурсов, как:

- пропускная способность (BW) в сетевых интерфейсах
- буферная память в узлах коммутации и маршрутизации.

По сути IntServ – это создание виртуальных каналов (CONS) с резервированием пропускной способности.

# Технологии обеспечения качества

Согласно RFC 1633 модель **IntServ** включает четыре основных механизма:

1. планировщик пакетов (packet scheduler) – поддержка нескольких дисциплин обслуживания очередей,
2. классификатор (classifier) – назначение классов и контроль трафика,
3. контроль принятия пакета (admission control) – оценка имеющихся сетевых ресурсов и ограничение входящего трафика,
4. протокол резервирования ресурсов (Resource reSerVation Protocol – RSVP).

# Технологии обеспечения качества – IntServ

Применение модели **IntServ** оказывается идеальным выбором для приложений реального времени.

Однако, для ряда приложений такой уровень QoS становится излишним как по ресурсам, так и по цене и сложности реализации.

Как удовлетворить требованиям разных приложений?

Были предложены «ресурсосберегающие» методы поддержки QoS, одним из которых является **DiffServ**.

# Технологии обеспечения качества – Diff\_Serv

В технологии **Diff\_Serv**, различают две области (домена) регулирования трафика:

1. **Граница опорной сети (домен DS)**
2. **Ядро сети – Core Network (домен PHB)**

Основные принципы, которые позволяют обеспечить условия пропуски для всех видов информации по пакетной сети, сформулированы в RFC-2475 и заключаются в следующем:

1. Дифференцировать все виды трафика на несколько крупных классов
2. Предоставить в транспортной сети индивидуальные условия прохождения для каждого вида трафика

# Технологии обеспечения качества – Diff\_Serv

Дифференциация трафика согласно RFC-2475,  
подразумевает следующие механизмы:

1. Классификация всех видов информации при вводе ее в мультисервисную сеть на несколько крупных (агрегированных) классов,
2. Выделение приоритетных классов («расцветка» трафика),
3. Обеспечение индивидуальных условий пропуска для различных («цветных») классов, вплоть до выделения гарантированной ПП и создания (эмуляции) каналов в сети с КП, например, для речи (т.е. подключение **IntServ**)!

## Граница опорной сети

На границах сети выполняются наиболее сложные функции по классификации и агрегации трафика.

Агрегация трафика – это формирование входящих пакетов, переносящих различную информацию по крупным агрегатным блокам, к которым применимы групповые политики качества.

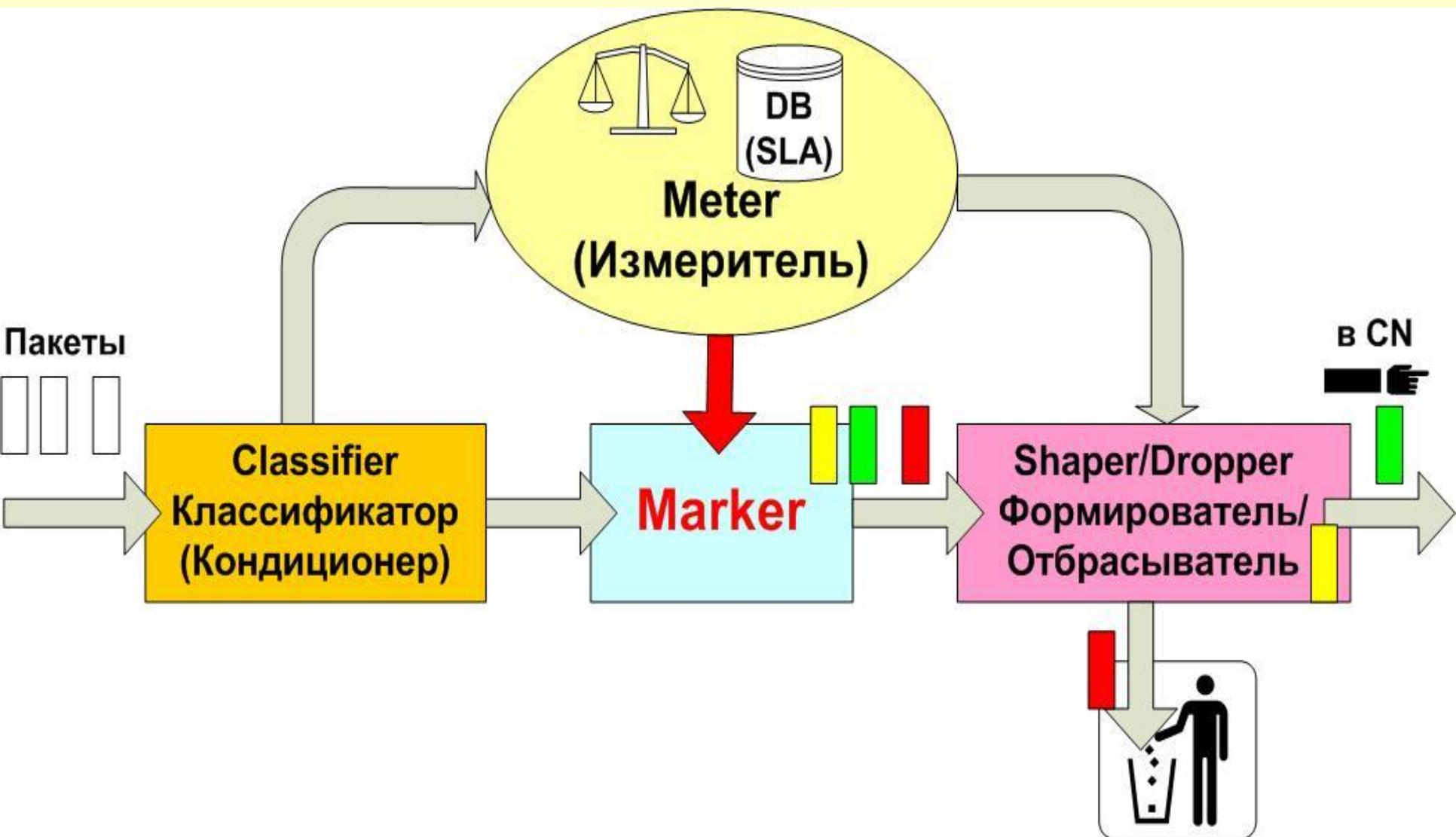
## Агрегация включает следующие этапы:

- анализ трафика, т.е. классификацию входящих пакетов, например по спискам прав доступа (ACL),
- сопоставление полученной информации с заявленными характеристиками трафика в базе данных (SLA),
- маркировку пакетов специальным кодовым словом DSCP (DiffServ Code Point) – 6 бит, что позволяет организовать до  $2^6=64$  классов обслуживания.
- формирование (shaping) трафика в различные очереди по приоритетам.

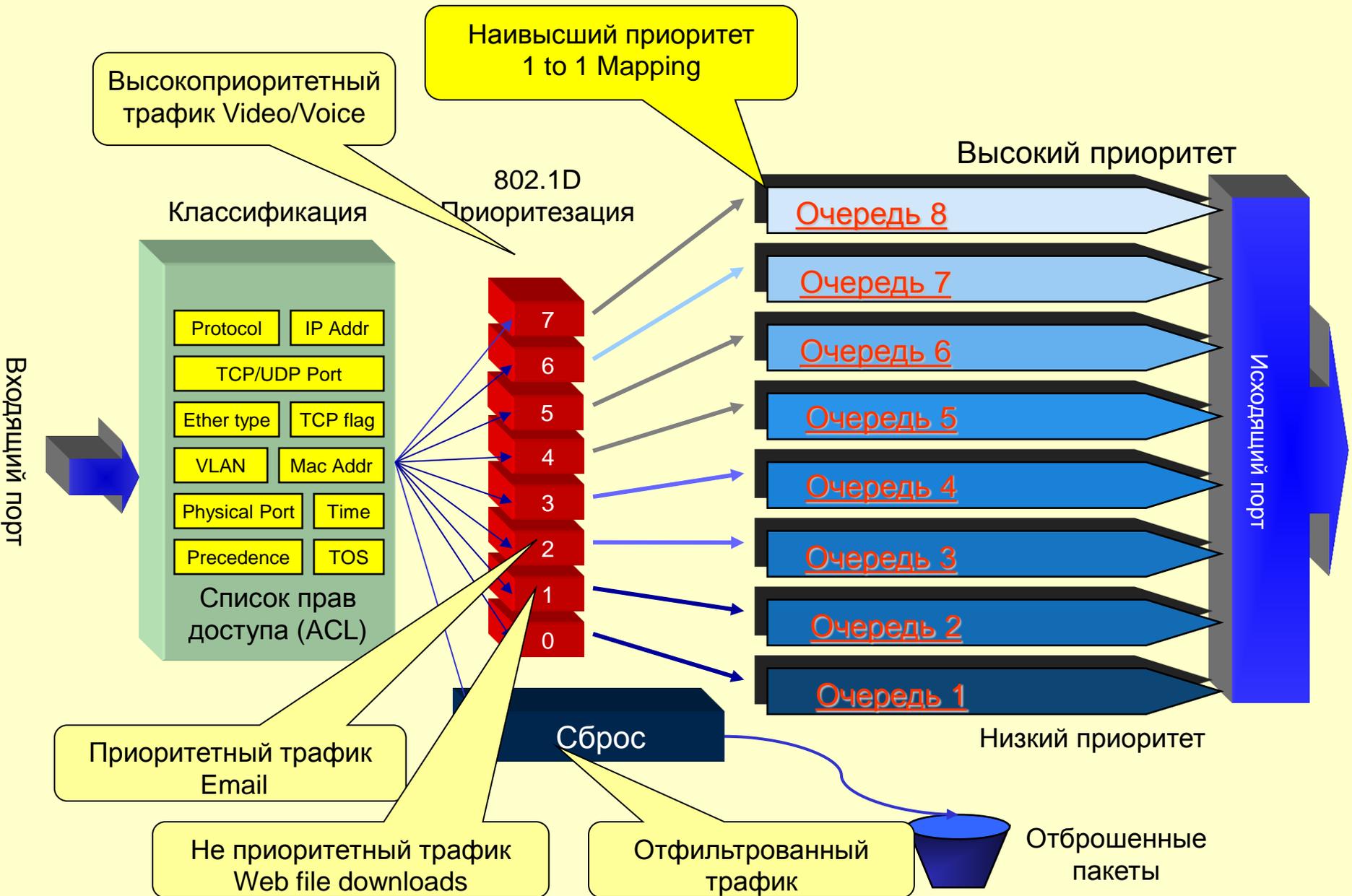
Функции агрегации выполняет так называемый порт доступа в домен DS (port-access), реализуемый в узлах доступа к опорной сети, например, в:

- шлюзах,
- BRAS (Broadband border Router Access Server)
- LER / MPLS (Label Edge Router)
- Пограничных контроллерах сессий (SBC) и т.п. сетевых устройствах.

# Технологии обеспечения качества (RFC 2475)



# Процесс Diff\_Services в порту доступа



# Технологии обеспечения качества

Важнейшим условием работы механизмов, изображенных на рисунке – является предварительное заключение с клиентом договора о качестве предоставляемых услуг – SLA.

Соглашение об уровне сервиса (Service Level Agreement, SLA) – договор на предоставление услуг между клиентом и провайдером с подробным перечнем предоставляемых услуг (т.е. в SLA оговаривается **профиль трафика – Vпик, Vср, Kпач, Tпик, ...**).

# SLA

**Основная цель SLA – оговорить рамки доступных действий пользователя.**

В контракте с клиентом (SLA) определяются следующие моменты:

1. Параметры трафика от клиента (профиль)
2. Алгоритмы измерения и регулирования параметров трафика
3. Показатели качества обслуживания
4. Методы измерения этих показателей
5. Согласование тарифных планов
6. Санкции за нарушение гарантий QoS
7. Дополнительные положения, например, зависимость показателей от дня недели, времени суток и т.п.

# Технологии обеспечения качества

Провайдер услуг должен гарантировать, что трафик клиента будет обслуживаться в соответствии с оговоренными в SLA параметрами QoS.

Данные SLA вносятся в клиентскую базу данных для того, чтобы в дальнейшем **измеритель** в устройстве доступа мог сравнивать поступающий от клиента трафик на предмет соответствия заявленному в SLA – т.е. **профилю трафика**.

# Технологии обеспечения качества

Классификация трафика – способность дифференцировать трафик по:

- типам приложений (речь, видео, данные),
- физическим и сетевым адресам источников и получателей,
- портам коммутаторов и т.п.

**Классификатор** трафика проверяет значения различных полей входящих пакетов (IP-dest, ToS, TCP-UDP-port, ...)

# Технологии обеспечения качества

Пакеты, удовлетворяющие **профилю трафика, заявленному в SLA**, получают в **маркере** приоритетную маркировку посредством кодового слова DSCP (6 бит).

Также обеспечивается реклассификация пакетов на основе заданной администратором политики качества обслуживания.

Например, пользователь назначает высокий приоритет своему трафику и передает его в сеть.

Этот приоритет может затем быть понижен в соответствии с сетевой политикой, а не на основе требований пользователя.

# Технологии обеспечения качества

**Формирователь** трафика (Shaper) организует **различные дисциплины** обслуживания для маркированного трафика, либо отбрасывает пакеты, помеченные как нарушающие заявленный профиль (SLA).

# Технологии обеспечения качества

Рассмотрим теперь технологии обеспечения качества передачи речи в ядре пакетной сети – Core Network.

Для ядра сети выбирается отличная от узла доступа политика, называемая – **РНВ** – **Per-Hop-Behavior** – поведение на транзитных узлах транспортной сети.

# Технологии обеспечения качества в Ядре сети

Сегодня различают три варианта такого поведения, соответствующие трем типам служб QoS:

1. Срочное продвижение данных – EF (Expedited Forwarding) (RFC-3246), при этом гарантируется минимальная скорость для определенного класса пакетов (т.е. резервируется ПП как для Int\_Serv или как CBR в ATM).

Это соответствует эмуляции канала в сети с коммутацией пакетов.

# Технологии обеспечения качества в Ядре сети

2. Гарантированное продвижение данных – AF (Assured Forwarding) (RFC-2597), гарантирующее минимум ПП и буферной памяти для 4-х классов, (AF1-AF4) в каждом из которых разделяют трафик на три категории (от AF11 до AF43)

- Для продвижения
- Для хранения (ожидания) в буфере
- Для отбрасывания

3. Наилучшая попытка – **Best Effort (BE)**, соответствующая нынешнему трафику сети Интернет (остаточный принцип или отсутствие гарантий QoS).

## Пример маркировки трафика согласно "Базовым правилам QoS" Cisco

Приложение	Классификация L3			Классификация L2 CoS 802.1p, MPLS-exp
	IPPr	DSCP	PHB	
Маршрутная информация	6	48	CS6	6
<b>Голос (VoIP)</b>	5	46	EF	5
Интерактивное видео (видеоконференция)	4	34	AF41	4
Потоковое видео (IP-TV, электронное обучение)	4	32	CS4	4
Данные чувствительные к потерям	3	25	-	3
<b>Сигнализация звонков</b>	3	26/24	AF31/CS3	3
Транзакционные данные (приложения клиент-сервис)	2	18	AF21	2
Сетевое управление (SNMP)	2	16	CS2	2
Объемный класс (FTP, e-mail, синхронизация и репликация баз данных...)	1	10	AF11	1
Интернет (игровой трафик, развлечения)	1	8	CS1	1
Все остальное	0	0	0	0

# Механизмы организации и управления очередями

Простейшие технологии, не обладающие свойствами управления трафиком, реализуют дисциплину обслуживания очередей без приоритетов (пример - Ethernet):

FIFO – First-in-First-out

FIFO – Элементарная очередь с последовательным прохождением пакетов, работающая по принципу первый пришел – первый ушел (First In First Out - FIFO).

Включается по умолчанию на интерфейсах со скоростью больше 2 мбит/с

# Механизмы организации и управления очередями

Для полноценного управления трафиком, разработаны следующие механизмы организации очередей:

- 1. Priority Queuing (PQ)** – очередь с абсолютным приоритетом. PQ обеспечивает безусловный приоритет одних пакетов над другими.
- 2. Weighted Fair Queuing (WFQ)** – взвешенная справедливая очередь,
- 3. Class Based Queueing (CBQ)** - классовые дисциплины.
  - 1. Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ)**,
  - 2. Low Latency Queuing (LLQ)** – очередь с малой задержкой,
  - 3. Tail drop** – Отбрасывание конца очереди
- 3. Random early detection (RED)** (Произвольное Раннее Обнаружение) - управление переполнением очередей.
- 4. Weighted Random Early Detection (WRED)** - Взвешенное Произвольное (случайное) Раннее Обнаружение - управление переполнением очередей, с возможностями предотвращения перегрузок (несколько порогов!) (TCP, FR, ATM).

# СПАСИБО за ВНИМАНИЕ

