

Что такое QoS?

Цели:

- Предоставление бесшовного QoS между клиентами
- Предоставление гарантированного сервиса для выбранных IP/Ethernet пакетов
- Поддержка различных типов приложений и специфичных бизнес-требований

Традиционная передача пакетов:

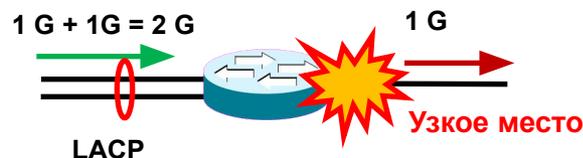
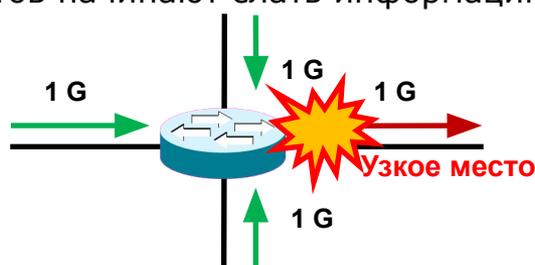
- Политика максимально возможного канала передачи без гарантии доставки и какой-либо классификации передаваемых пакетов.

Новые приложения, требующие QoS:

- Video-on-Demand (VOD), VOIP, Видеоконференции

Проблемы перегрузки:

- Перегрузка сети является ключевым фактором, снижающий скорость передачи информации
- Увеличивается задержка передачи, появляются потери пакетов. Клиенты, видя потерю пакетов начинают слать информацию заново, тем самым еще увеличивая поток данных.



Решения:

1. Увеличение пропускной способности сети
2. QoS.

Модели QoS

- **Негарантированная доставка**

- Соединение без каких-либо гарантий.
- Использование FIFO очереди.

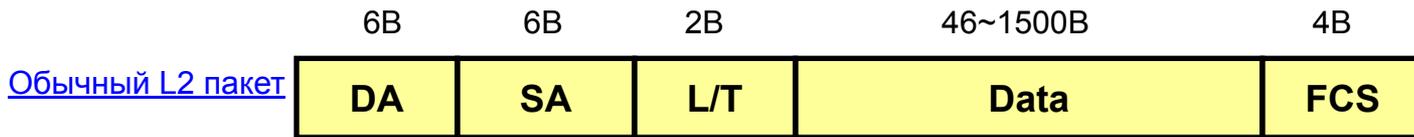
- **Интегрированные сервисы**

- QoS на основе потоков
- Резервирование сервисов
- IntServ поддерживает использование Resource Reservation Protocol (RSVP) как на оконечных узлах, так и внутри сети.

- **Различные сервисы**

- QoS на основе классов
- Предоставление нескольких уровней приоритизации для различного типа трафика
- Переназначение поля **type of Service (ToS)** в заголовке IP пакета
- Использование **L2 CoS (Class of service)** и **L3 DSCP (Differentiated service code points)** как **приоритета QoS** и поддержка **7** уровней для L2 и **64** уровня для L3 классификации

802.1p Приоритет (Класс обслуживания, CoS)



C QoS



L3 Пакет IPv4



IP Precedence или DSCP (1 байт)

IP Precedence: 3 Most Significant Bits (MSBs) ToS

DSCP: 6 MSBs ToS

Функции управления трафиком

- **Классификация трафика**

Коммутатор/маршрутизатор **классифицирует** входящий пакет по полям **QoS** и на основании этого предоставляет разные типы обслуживания.

Управление полосой пропускания

- **Traffic policing**

При поступлении трафика, устройство оценивает, не превышает ли он установленного лимита. Все пакеты, превышающие лимит будут отброшены.

- **Traffic shaping**

При поступлении трафика, на устройство оценивает, не превышает ли он установленного лимита. Пакеты, превышающие лимит будут помещены в буфер и пойдут дальше как только поступающий трафик снизится. За счёт буферизации достигается более точное и плавное ограничение скорости передачи трафика

Качество обслуживания

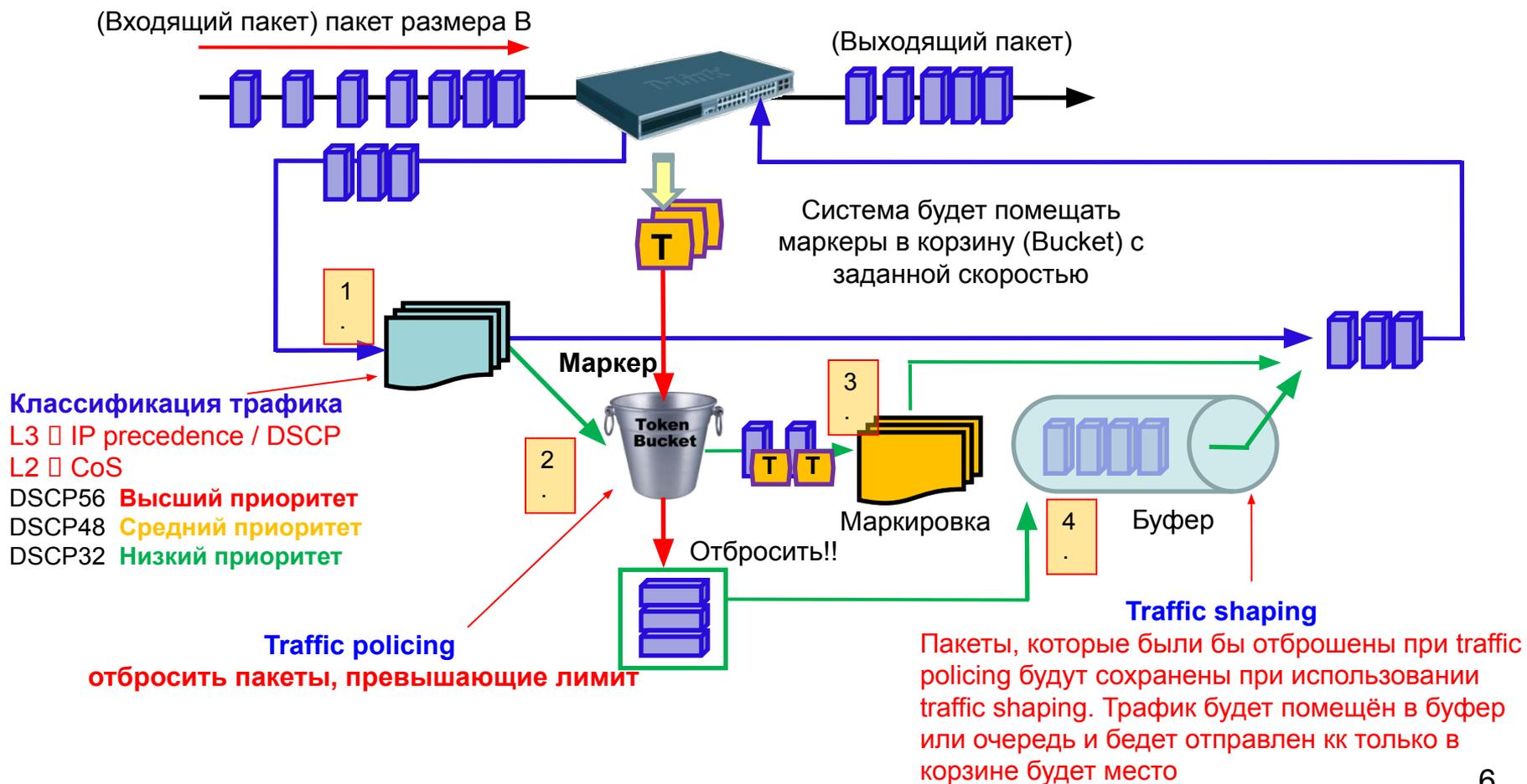
- **Управление перегрузками**

Если случилась перегрузка, то мы можем определить в каком месте она произошла и **какие пакеты надо обрабатывать в первую очередь**

- **Предотвращение перегрузок**

Коммутатор/маршрутизатор предотвращает перегрузки путём отбрасывания пакетов по сложным алгоритмам. Если ситуация продолжает ухудшаться, алгоритм меняется на более агрессивный.

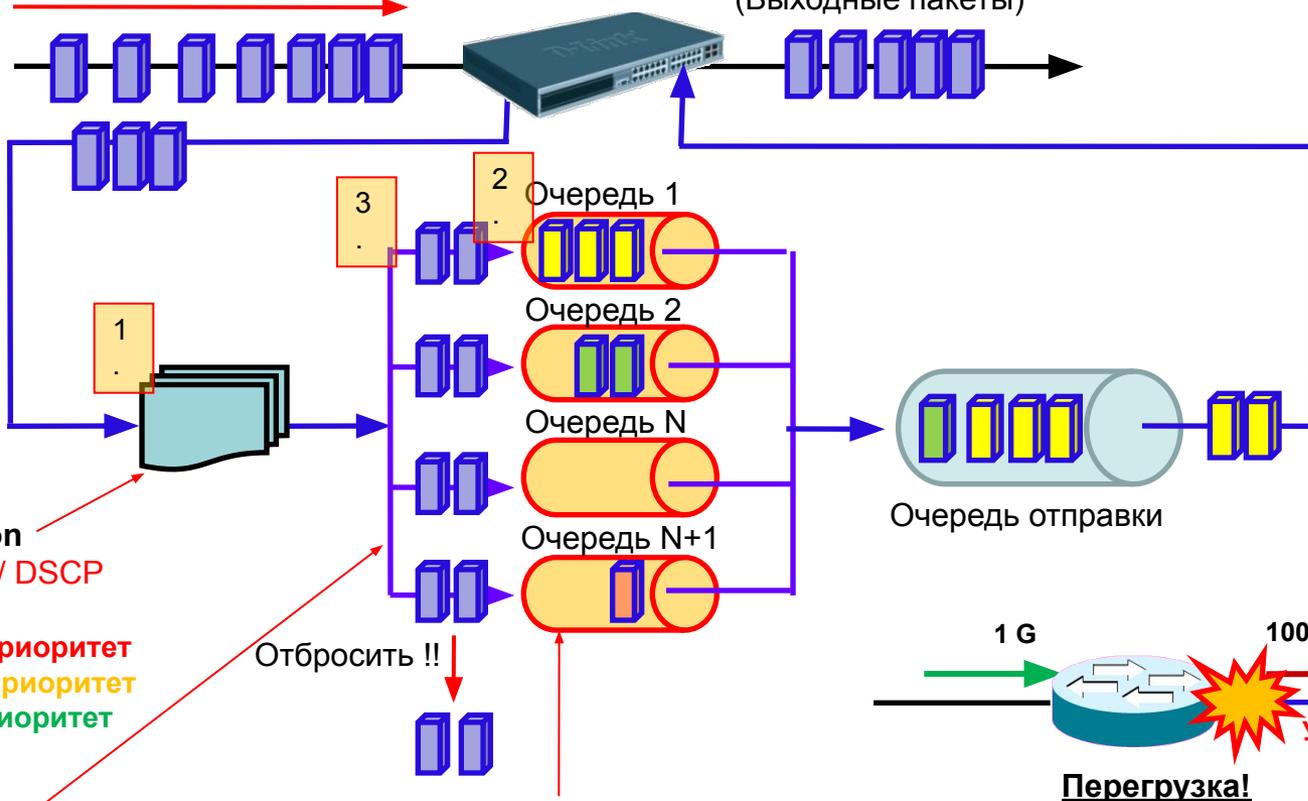
Контроль полосы пропускания – Классификация трафика / Policing / Shaping



Качество обслуживания – предотвращение перегрузок

(Входные пакеты) Пакеты размера B

(Выходные пакеты)



Traffic Classification

L3 □ IP precedence / DSCP

L2 □ CoS

DSCP 56 **Высший приоритет**

DSCP 48 **Средний приоритет**

DSCP 32 **Низкий приоритет**

Предотвращение перегрузок

- ❖ Tail-Drop
- ❖ Random Early Detection (RED)
- ❖ WRED

Контроль перегрузок

- ❖ FIFO (First In, First Out) очередь (Best Effort)
- ❖ PQ (Приоритетная очередь)
- ❖ WFQ (Весовая очередь)

Классификация/маркировка трафика

Классификация

- Для того чтобы поместить пакет в одну из очередей приоритетов в соответствии с заданной политикой QoS, коммутатор анализирует содержимое одного или нескольких полей его заголовка – приоритет 802.1p, IP-приоритет или поле DSCP в байте ToS..

Пример:

Когда коммутатор получает пакет с DSCP 46, он помещает его во входную очередь, которая отведена для пакетов с полем DSCP 46



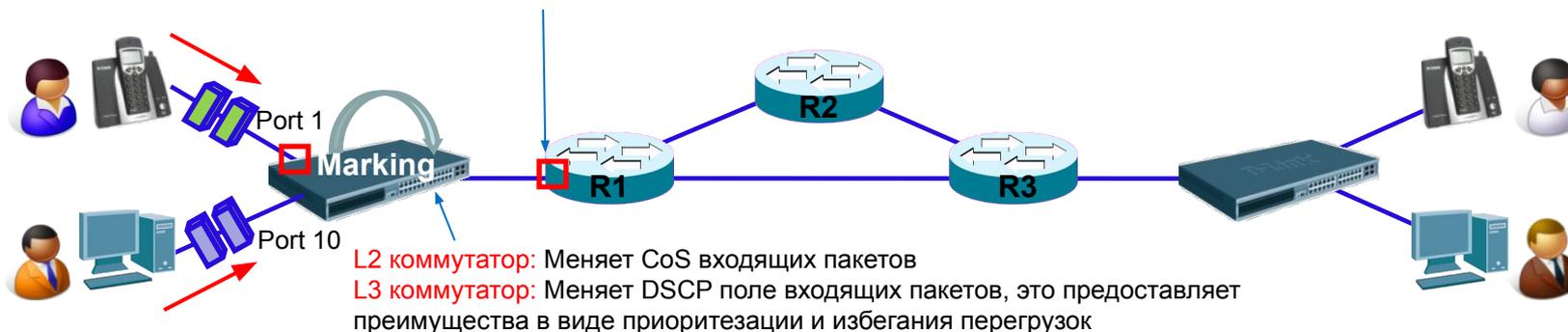
Маркировка

- Маркировка даёт возможность изменить QoS биты (**DSCP, CoS, или IP Precedence**) входящих кадров.
- Позволяет изменить обработку коммутатором маркированных кадров
- В первую очередь следует определить в каком месте сети классифицировать и маркировать пакеты. Главное правило гласит:

Маркируйте пакеты как можно ближе к источнику

- **Пример:**
Маркировка голосового трафика значением 40 DSCP, после этого коммутатор будет обрабатывать трафик с высоким приоритетом.

L2 кадр с CoS полем, R1 может привязать значение CoS к Precedence или DSCP полю.
L3 пакет с DSCP/IP Precedence полем будет перемаркирован.

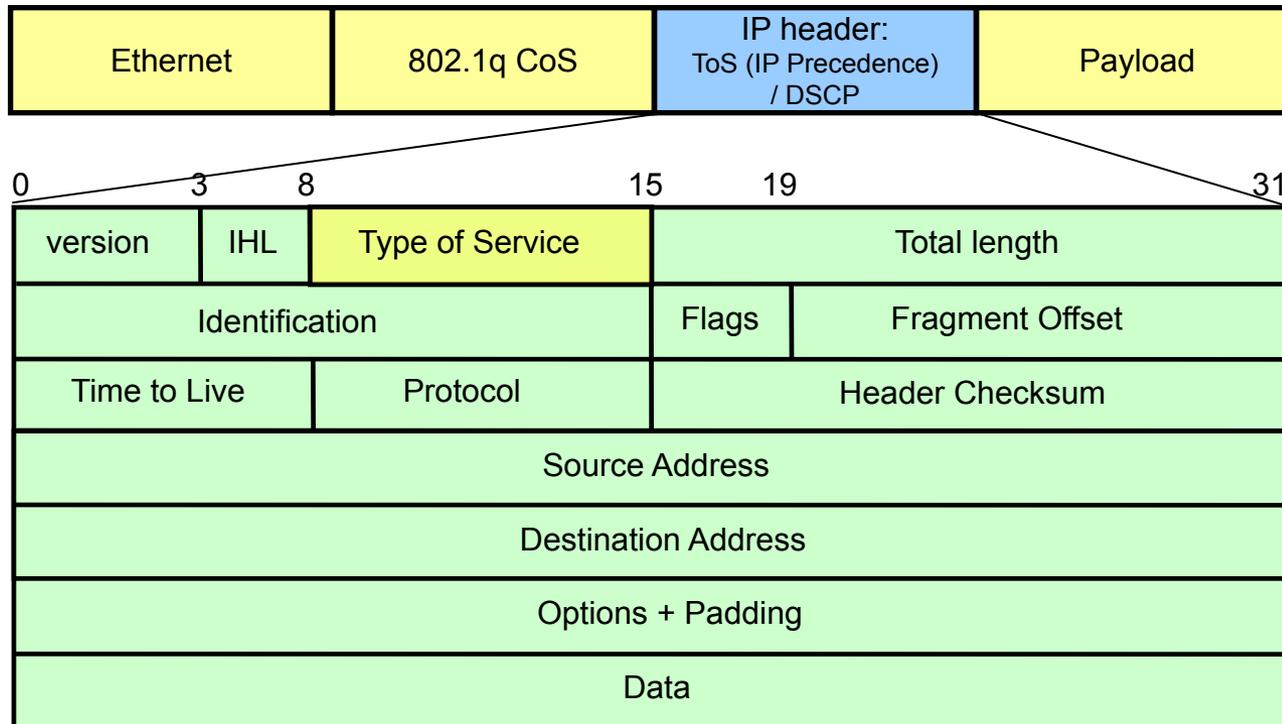


Классы обслуживания 802.1p

- Типовое использование приоритетов

Приоритет	Высокий	CoS Priority	Typical Application
			111 (7)
		110 (6)	Зарезервировано (менеджмент трафик)
		101 (5)	Голосовые потоки
		100 (4)	Видеоконференции
		011 (3)	Телефонная сигнализация (SIP)
		010 (2)	Высокий приоритет
		001 (1)	Средний приоритет
	Низкий	000 (0)	Обычный трафик

Уровень 3: IP ToS



- Все коммутаторы и маршрутизаторы в сети Интернет полагаются на информацию о классе трафика чтобы предоставлять одинаковое обслуживание трафику с одинаковым классом.

Layer 3: IP ToS байт



IP Precedence

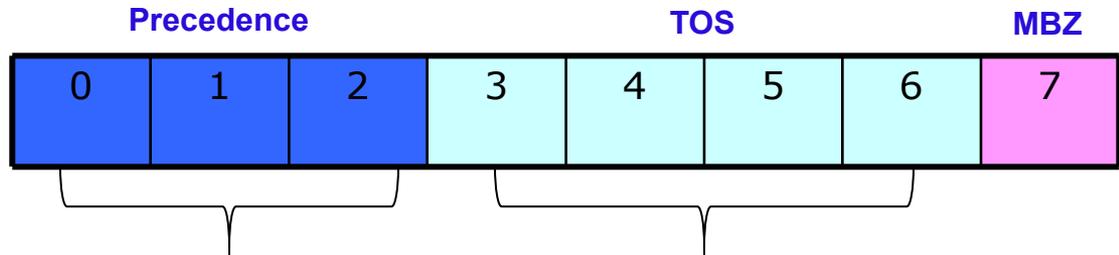
Поле **IP Precedence** имеет размерность 3 бита и может принимать значения от 0 до 7. Оно используется для указания относительного приоритета обработки пакета на сетевом уровне.

- Другие биты не используются.

DiffServ код (DSCP)

- Поле **DSCP** было стандартизировано IETF с появлением модели DiffServ. Оно занимает 6 старших бит байта ToS и позволяют задать до 64 уровней приоритетов (от 0 до 63). По сути код DSCP является расширением 3-битового поля IP Precedence и обладает обратной совместимостью с IP-приоритетом.

Type of Service (ToS) – оригинальная версия



MBZ: **Зарезервировано**

Высокий
Приоритет
Низкий

IP Precedence	IP Precedence	TOS: Указывает на тип сервиса	Типичные приложения
111 (7)	Network control	1000	Минимальные задержки
110 (6)	Internetwork control	0100	Максимальная полоса
101 (5)	Critical	0010	Максимальная надёжность
100 (4)	Flash Override	0001	Минимальная стоимость
011 (3)	Flash	0000	Обычное обслуживание
010 (2)	Immediate		
001 (1)	Priority		
000 (0)	Routine		

DS Per-Hop Forwarding Behavior

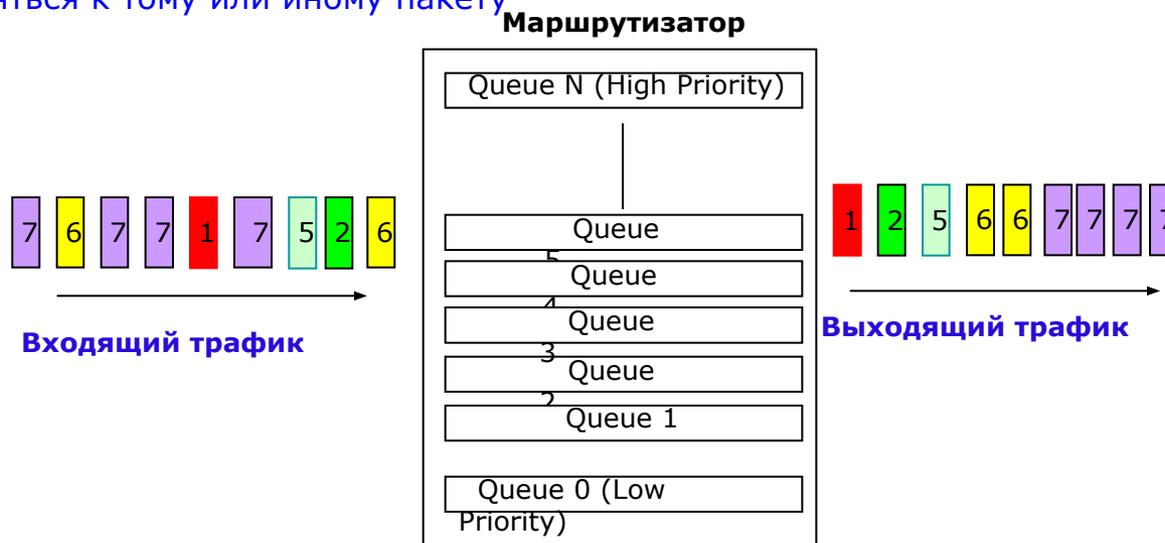
• DS Field Definition

- Поле Differentiated Services (DS) заменило поле ToS
- 6 бит поля DS используются как DSCP для выбора Per-Hop Behavior (PHB) на каждом интерфейсе.

• Per-Hop Behavior (PHB)

DiffServ описывает каким образом должны быть обработаны пакеты по пути их передачи. Осуществляется это заданием соответствия между конкретным значением DSCP в IP-пакете и тем, каким образом пакет будет обрабатываться на каждом узле сети. Описание конкретного типа обработки пакетов называется Per-Hop Behaviors (PHB).

PHB определяет **packet scheduling, queuing, policing, или shaping**, которые будут применяться к тому или иному пакету



Четыре стандарта PHB

PHB по умолчанию (default PHB)

- По умолчанию PHB определяет, что пакеты с **DSCP значением 000000** обрабатываются в обычном порядке (best effort).

(Class-Selector PHB)

- Сохраняет обратную совместимость со схемами, построенными на использовании IP precedence.
- DiffServ определяет DSCP значение в форме xxx000, где x может быть 0 или 1.
- PHB сохраняет поведение, наиболее близко соответствующее классификации на основе IP Precedence.
Напр: **Пакет с DSCP значением 110000 (IP Precedence значение 110)**

(Assured Forwarding (RFC 2597))

- AF PHB is nearly equivalent to Controlled Load Service available in the integrated services model.
- Define a method by which **BAs** can be given different forwarding assurances.
- Assured Forwarding (AF) defines classes by using DSCP values. AF is important in understanding how to relate DSCP AF terminology to DSCP values.
- AF has four AF classes, **AF1x to AF4x** (more important).
- Within each class, there're **three drop probabilities**.

(Expedited Forwarding (RFC 2598))

- Протокол резервирования ресурсов (RSVP), a component of the integrated service model, provides a guaranteed bandwidth service.
- EF PHB должен быть зарезервирован только для высокоприоритетного трафика.
- EF service appears to the endpoints as a point-to-point connection. Ex: VOIP traffic.

IP Precedence and DSCP Values

3-bit IP Precedence	6 MSb ¹ of ToS						6-bit DSCP		3-bit IP Precedence	6 MSb ¹ of ToS						6-bit DSCP		3-bit IP Precedence	6 MSb ¹ of ToS						6-bit DSCP									
	8	7	6	5	4	3				8	7	6	5	4	3				8	7	6	5	4	3		8	7	6	5	4	3			
0	0	0	0	0	0	0	0	4		1	0	0	0	0	0	32	2		0	1	0	0	0	0	16	6		1	1	0	0	0	0	48
	0	0	0	0	0	1	1			1	0	0	0	1	33	0			1	0	0	0	1	17	1			1	0	0	0	1	49	
	0	0	0	0	1	0	2			1	0	0	0	1	34	0			1	0	0	1	0	18	1			1	0	0	1	0	50	
	0	0	0	0	1	1	3			1	0	0	0	1	35	0			1	0	0	1	1	19	1			1	0	0	1	1	51	
	0	0	0	1	0	0	4			1	0	0	1	0	36	0			1	0	1	0	0	20	1			1	0	1	0	0	52	
	0	0	0	1	0	1	5			1	0	0	1	0	37	0			1	0	1	0	1	21	1			1	0	1	0	1	53	
	0	0	0	1	1	0	6			1	0	0	1	1	38	0			1	0	1	1	0	22	1			1	0	1	1	0	54	
	0	0	0	1	1	1	7			1	0	0	1	1	39	0			1	0	1	1	1	23	1			1	0	1	1	1	55	
1	0	0	1	0	0	0	8	5		1	0	1	0	0	0	40	3		0	1	1	0	0	0	24	7		1	1	1	0	0	0	56
	0	0	1	0	0	1	9			1	0	1	0	0	1	41			0	1	1	0	0	1	25			1	1	1	0	0	1	57
	0	0	1	0	1	0	10			1	0	1	0	1	0	42			0	1	1	0	1	0	26			1	1	1	0	1	0	58
	0	0	1	0	1	1	11			1	0	1	0	1	1	43			0	1	1	0	1	1	27			1	1	1	0	1	1	59
	0	0	1	1	0	0	12			1	0	1	1	0	0	44			0	1	1	1	0	0	28			1	1	1	1	0	0	60
	0	0	1	1	0	1	13			1	0	1	1	0	1	45			0	1	1	1	0	1	29			1	1	1	1	0	1	61
	0	0	1	1	1	0	14			1	0	1	1	1	0	46			0	1	1	1	1	0	30			1	1	1	1	1	0	62
	0	0	1	1	1	1	15			1	0	1	1	1	1	47			0	1	1	1	1	1	31			1	1	1	1	1	1	63

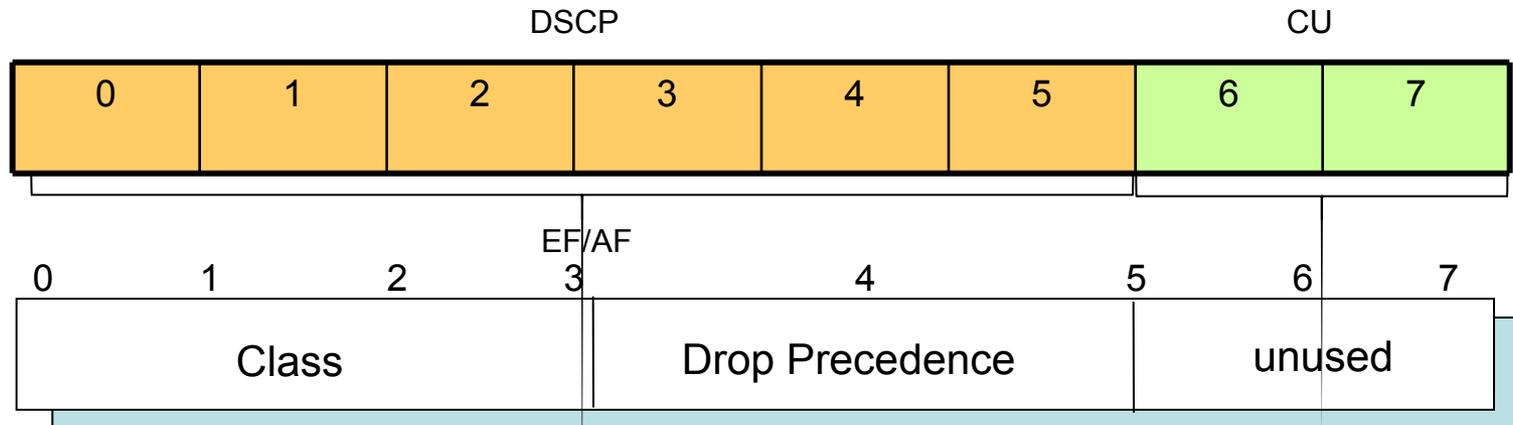
Привязка CoS к DSCP

CoS	0	1	2	3	4	5	6	7
DSCP	0	8	16	24	32	40	48	56

Привязка IP Precedence к DSCP

IP Precedence	0	1	2	3	4	5	6	7
DSCP	0	8	16	24	32	40	48	56

ToS type 2 – DiffServ Code Point (DSCP)



Ex: 001010 001 □ определяет класс
 01 □ возможность отброса
 0 □ всегда 0

	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
Низкие потери	001010 (DSCP 10) AF 11	0100010 (DSCP 18) AF 21	011010 (DSCP 26) AF 31	100010 (DSCP 34) AF 41
Средние потери	001100 (DSCP 34) AF 12	010100 (DSCP 34) AF 22	011100 (DSCP 34) AF 32	100100 (DSCP 34) AF 42
Высокие потери	001110 (DSCP 34) AF 13	010110 (DSCP 34) AF 23	011110 (DSCP 34) AF 33	100110 (DSCP 34) AF 43

802.1p Приоритет по умолчанию

Используется для того, чтобы добавить тег 802.1p/1q к нетегированному входящему кадру. Приоритет по умолчанию для каждого порта равен 0.

```
DGS-3324SR:4# show 802.1p default_priority
Command: show 802.1p default_priority
Port Priority
-----
1:1 0
1:2 0
1:3 0
```

Поменять приоритет по умолчанию на портах можно командой

```
config 802.1p default_priority <ports> <priority>
```

Пользовательский приоритет 802.1p

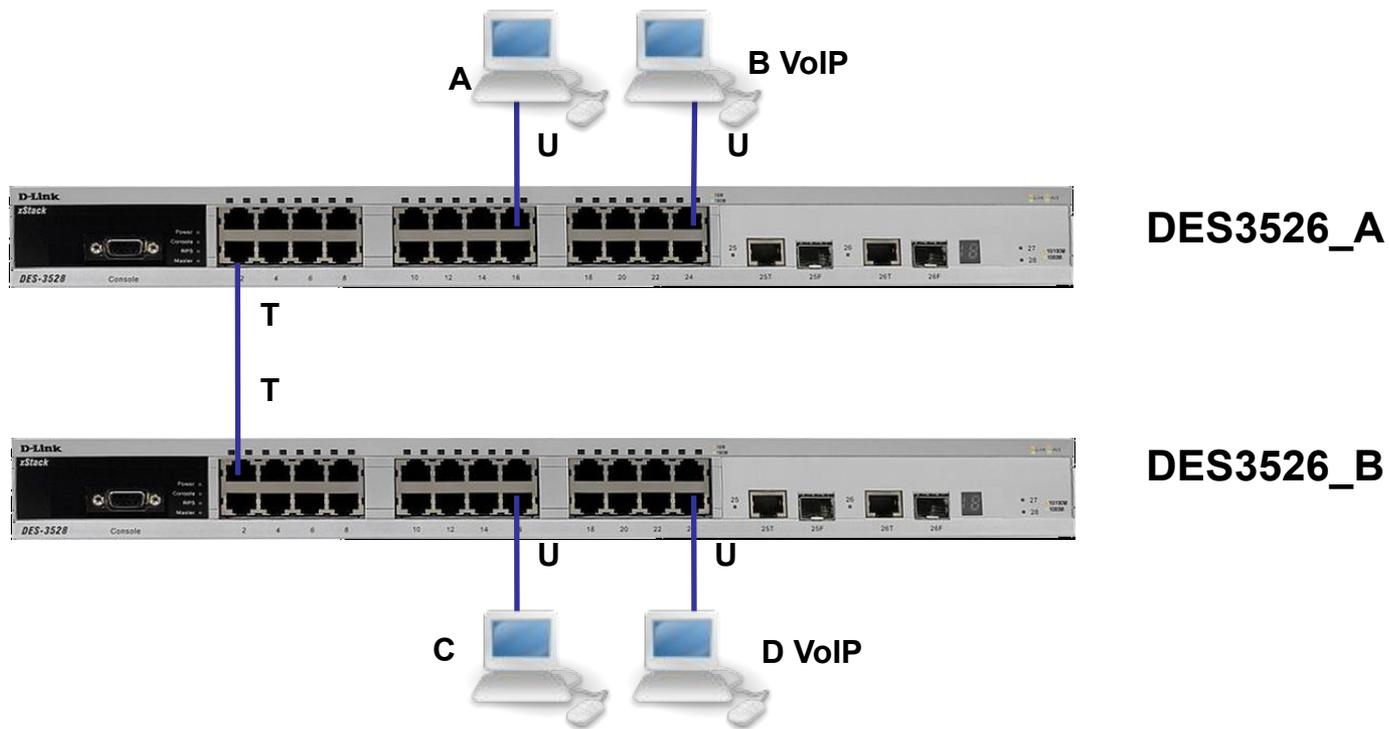
Используется для ассоциации пользовательского приоритета 802.1p входящего кадра с одной из аппаратных очередей приоритетов на коммутаторе.

Приоритет кадра внутри коммутатора определяется тем, к какой очереди он приписан, а не приоритетом 1p.

```
DGS-3627G:4# show 802.1p
user_priority
COS Class of Traffic
Priority-0 -> <Class-2>
Priority-1 -> <Class-0>
Priority-2 -> <Class-1>
Priority-3 -> <Class-3>
Priority-4 -> <Class-4>
Priority-5 -> <Class-5>
Priority-6 -> <Class-6>
Priority-7 -> <Class-6>
```

```
DES-3200-26:4# show 802.1p
user_priority
COS Class of Traffic
Priority-0 -> <Class-1>
Priority-1 -> <Class-0>
Priority-2 -> <Class-0>
Priority-3 -> <Class-1>
Priority-4 -> <Class-2>
Priority-5 -> <Class-2>
Priority-6 -> <Class-3>
Priority-7 -> <Class-3>
```

```
config 802.1p user_priority <priority 0-7> <class_id 0-6>
```



Задача:

На компьютерах B и D запущены приложения VoIP, и им необходимо более высокое качество обслуживания (QoS) чем другим станциям с обычными приложениями.

Конфигурация DES-3526_A

1. Перевести порт, соединяющий Des-3526_1 и 2 из “untagged” в “tagged” так, чтобы приоритеты 1p смогли быть переданы между коммутаторами.

```
config vlan default delete 1  
config vlan default add tagged 1
```

1. Поменять приоритет по умолчанию порта 23, к которому подключено устройство VoIP, с 0 на 7.

```
config 802.1p default_priority ports 23 7
```

1. Пользовательский приоритет и метод обработки остаются по умолчанию.

Конфигурация DES-3526_B

1. Перевести порт, соединяющий Des-3526_1 и 2 из “untagged” в “tagged” так, чтобы приоритеты 1p смогли быть переданы между коммутаторам.

```
config vlan default delete 1  
config vlan default add tagged 1
```

1. Поменять приоритет по умолчанию порта 24, к которому подключено устройство VoIP, с 0 на 7.

```
config 802.1p default_priority ports 24 7
```

- Пользовательский приоритет и метод обработки остаются по умолчанию.

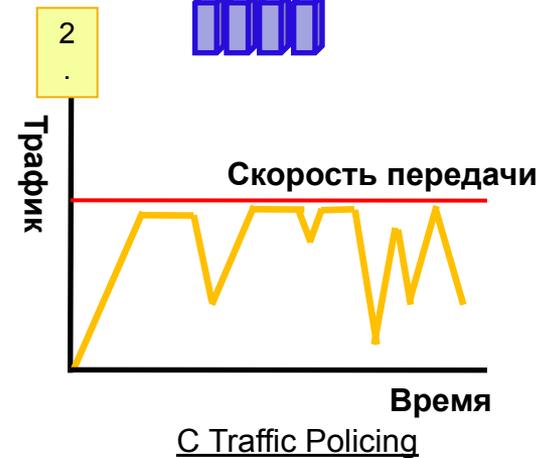
Traffic Policing and Shaping

Traffic Policing

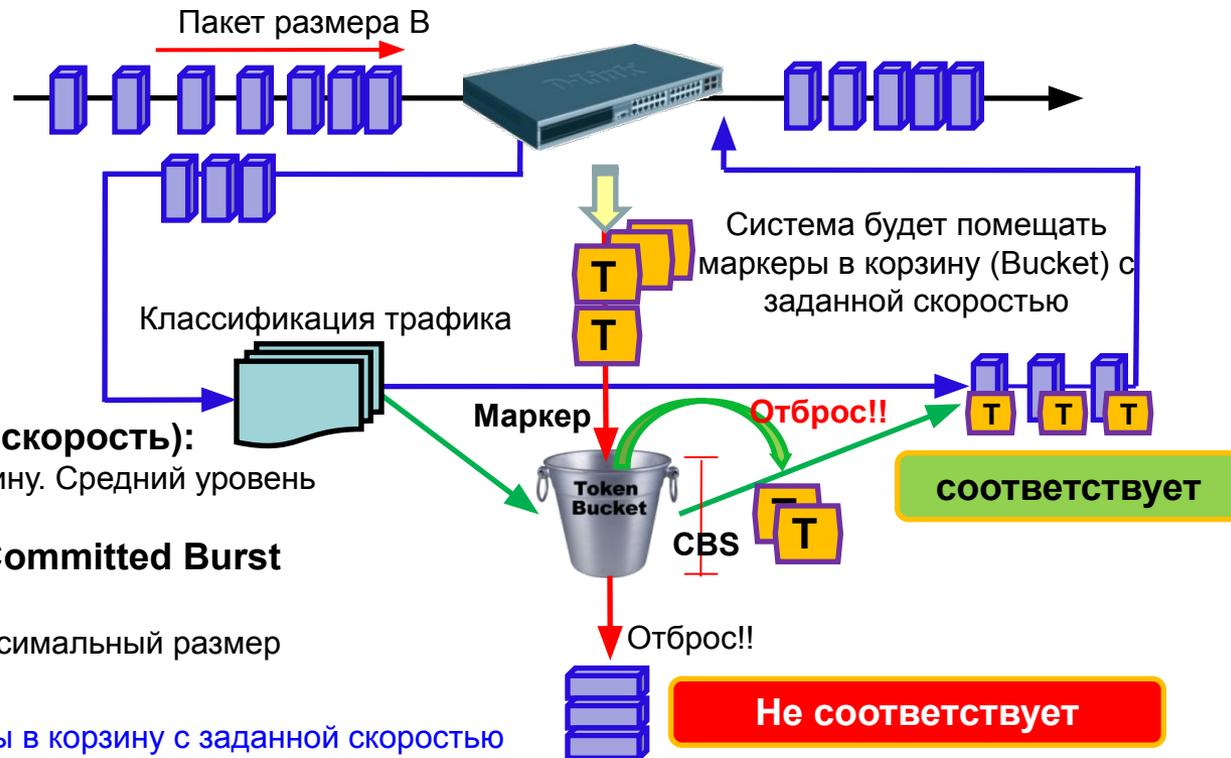
- Коммутатор имеет свои действия для каждой заданной скорости трафика
- **Различия между** Traffic Shaping и Traffic Policing в том, что **Policing** не задерживает и не буферизирует данные
- Трафик, который превышает установленный порог просто отбрасывается
- Traffic Policing обычно использует для ограничения трафика алгоритм **текущей маркерной корзины (Bucket)**, который в отличие от механизма ограничения полосы пропускания (bandwidth control), который хорошо работает для UDP, также хорошо справляется и с TCP.



➔
Traffic Policing



Измерение трафика маркерным блоком (bucket)



Средний уровень (Заявленная скорость):
Скорость помещения маркеров в корзину. Средний уровень разрешенной скорости передачи

Размер пакета (Заявленный) (Committed Burst Size, CBS):

Возможность маркерной корзины. Максимальный размер трафика для одного пакета

Шаг 1: Система помещает маркеры в корзину с заданной скоростью

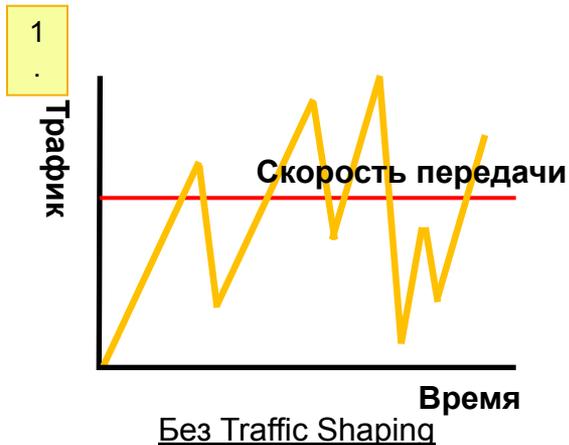
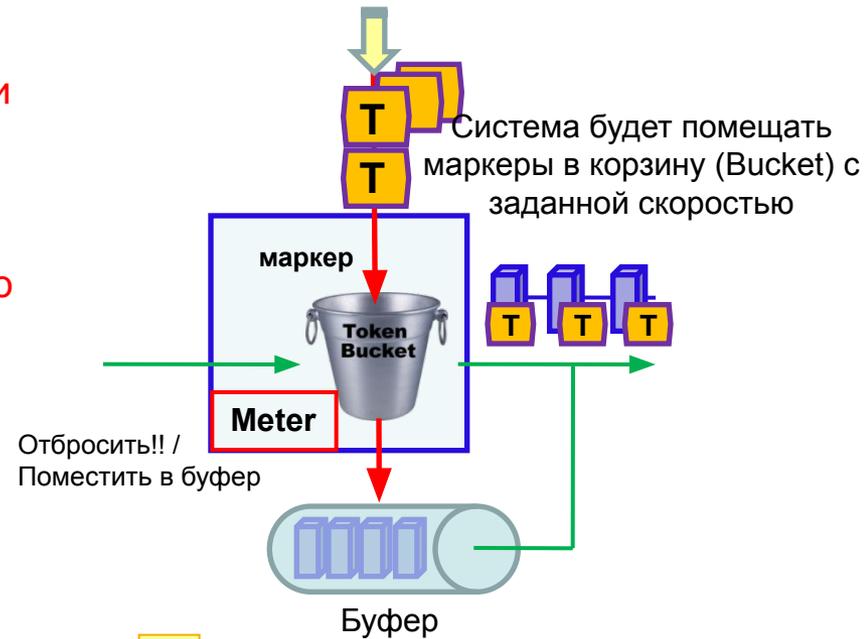
Шаг 2: Если маркерная корзина полна, все последующие маркеры отбрасываются

Шаг 3: Каждый токен ассоциируется с пропускной способностью один бит

Шаг 4: Если токенов достаточно для передачи пакета, трафик проверяется на соответствие спецификации и либо передается либо отбрасывается.

Traffic Shaping

- Traffic Shaping **измеряет скорость передачи трафика** и задерживает в буфере пакеты, превышающие лимит
- Shaping **ограничивает трафик более гладко** чем policing
- **Ограничение:** задержки, вызываемые работой Shaping делают невозможным передачу чувствительного к задержкам трафика (например аудио)



→
Traffic Shaping

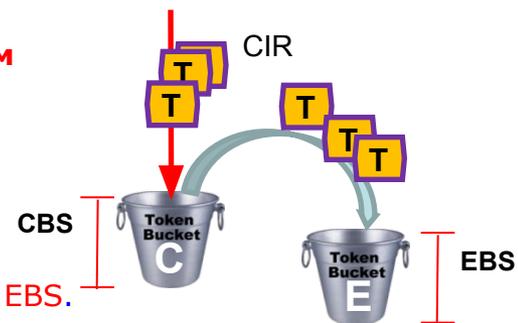


Одноуровневый трёхцветный маркер

Двухуровневый трёхцветный маркер

Один уровень, три цвета

- **RFC 2697**
- Измеряется поток IP пакетов и маркируется **зелёным, жёлтым** или **красным**
- Маркировка базируется на:
 - Размер маркерной корзины **С (CBS)**.
 - Размер маркерной корзины **Е (EBS)**.
 - Общий уровень корзин **С и Е (CIR)**.



T_c : Количество маркеров в корзине С
T_e : Количество маркеров в корзине Е

- **Шаг 1:** С и Е вначале полны
 т.е количество маркеров $T_c(0) = CBS$ и количество маркеров $T_e(0) = EBS$.
- **Шаг 2:** Количество токенов T_c и T_e обновляется CIR раз в секунду:
 - Если $T_c < CBS$, T_c увеличивается на единицу, иначе
 - Если $T_e < EBS$, T_e увеличивается на единицу

- **Шаг 3:** Когда пакет размера В байт приходит во время t:

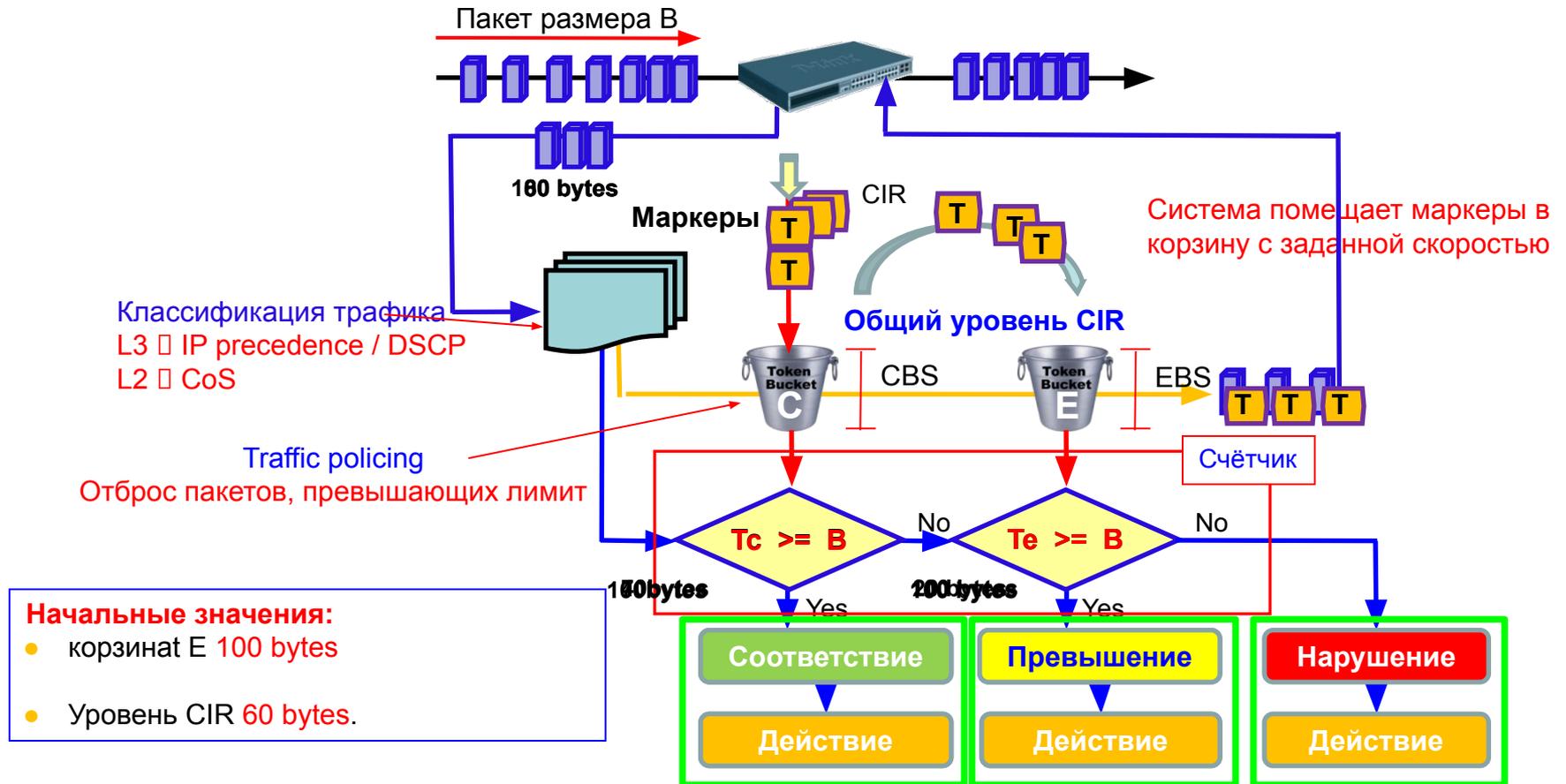
Бесцветный режим: Счётчик предполагает, что трафик нераскрашен

- Если $T_c(t) - V \geq 0$, пакет **Зелёный** и T_c уменьшается на V (но не меньше 0), иначе
- Если $T_e(t) - V \geq 0$, пакет **Жёлтый** и T_e уменьшается на V (но не меньше 0), иначе
- Пакет красный, счётчики T_c и T_e не уменьшаются.

Цветной режим: Счётчик предполагает, что трафик уже раскрашен в зелёный, жёлтый и красный цвета

- Если пакет **Зелёный** и $T_c(t) - V \geq 0$, то пакет остаётся **Зелёным** и T_c уменьшается на V, иначе
- Если пакет **зелёный** или **жёлтый** и $T_e(t) - V \geq 0$, пакет красится **Жёлтым** и T_e уменьшается на V, иначе
- Пакет **Красный** и счётчики не увеличиваются.

Один уровень, три цвета



- Начальные значения:**
- корзина E 100 bytes
 - Уровень CIR 60 bytes.

Действия Разрешить, Запретить, Заменить приоритет

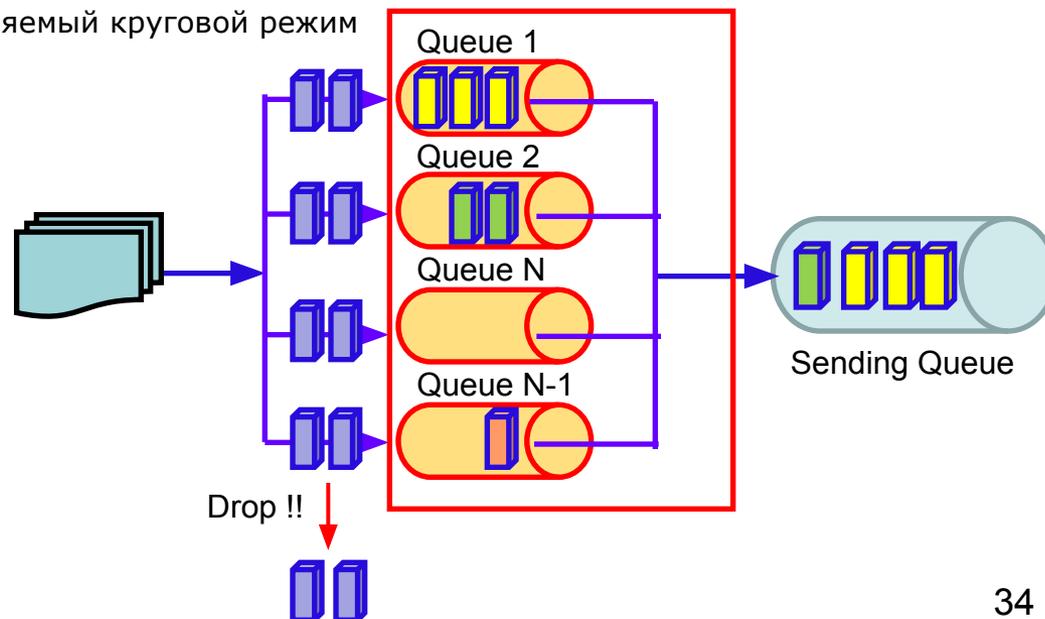
Два уровня, три цвета

- **RFC 2698**
- Измеряется поток IP пакетов и маркируется **зелёным, жёлтым** или **красным**.
 - Пиковая скорость (PIR) ассоциируется с пиковым размером пакета (PBS)
 - Заявленная скорость (CIR) ассоциируется с заявленным размером пакета (CBS).
- **Шаг 1:** Маркерные корзины P и C в начале полны, т.о. Количество маркеров $Tr(0) = PBS$ и количество маркеров $Tc(0) = CBS$.
- **Шаг 2:** Количество маркеров Tr увеличивается на единицу PIR раз в секунду до PBS
Количество маркеров Tc увеличивается на единицу CIR раз в секунду до CBS.
- **Шаг 3:** Когда пакет размера B байт поступает во время t :
- **Бесцветный режим:** Счётчик полагает, что входящие пакеты немаркированы
 - Если $Tr(t)-B < 0$, пакет маркируется **красным**, иначе
 - Если $Tc(t)-B < 0$, пакет **жёлтый** и Tr уменьшается на B , иначе
 - Пакет **зелёный** и Tr и Tc уменьшаются на B .
- **Цветной режим:** Счётчик предполагает, что трафик уже раскрашен в зелёный, жёлтый и красный цвета
 - Если пакет **красный** или $Tr(t)-B < 0$, пакет остаётся **красным**, иначе
 - Если пакет **жёлтый** или $Tc(t)-B < 0$, пакет остаётся **жёлтым** и Tr уменьшается на B , иначе
 - Пакет **зелёный** и Tr и Tc уменьшаются на B .

Предотвращение перегрузок

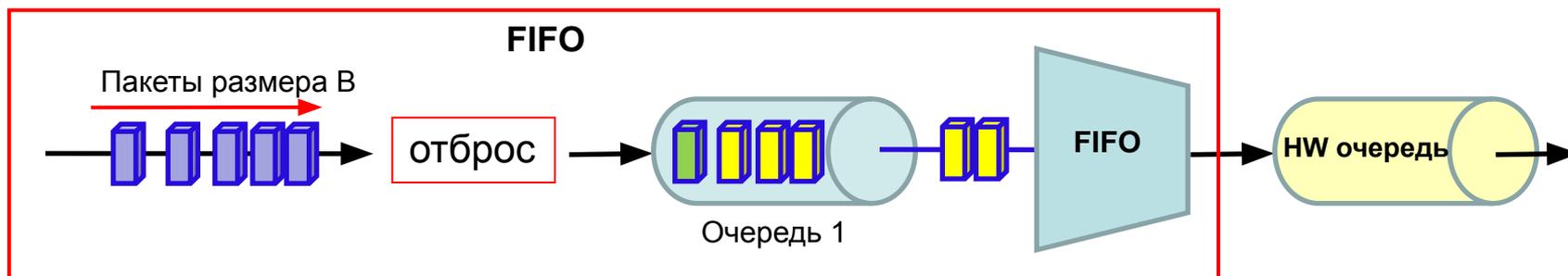
Управление перегрузками

- Для управления перегрузками и их предотвращения используются **множественные исходящие очереди**
- Предотвращение перегрузки – это свойство очереди, поэтому каждая очередь может иметь свои собственные настройки
- Механизм предотвращения перегрузок в своём составе имеет несколько алгоритмов управления очередью, в том числе:
 - FIFO
 - Weighted round robin (WRR) (Взвешенный круговой режим)
 - Priority queuing (Приоритетная очередь)
 - Custom queuing (Очередь, настраиваемая пользователем)
 - Shared Round Robin (SSR) (Разделяемый круговой режим)



Очередь FIFO

- FIFO не использует классификацию, все поступающие пакеты будут попадать в один класс
- Коммутатор отправляет пакеты в том порядке, в котором они приходят

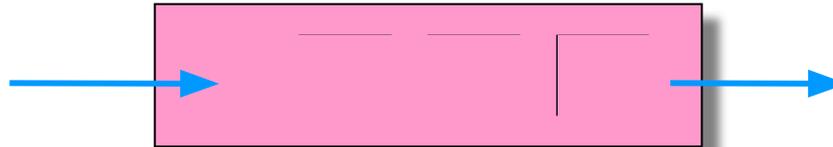


Приоритетная очередь

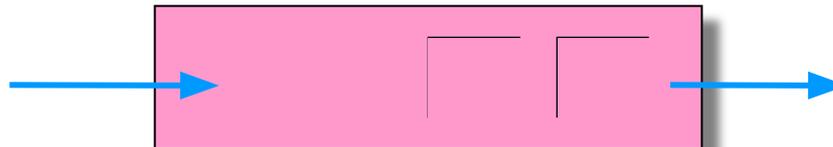
- Строгий приоритет в одной из очередей, коммутатор обрабатывает пакеты из этой очереди до тех пор пока в ней есть пакеты. Обработка других очередей приостанавливается.
- Очередь с приоритетами полезна для передачи голосового трафика.
- Этот тип приоритезации может привести к "застоям" пакетов в других, неприоритетных очередях

Строгий приоритет (Realtime service)

Высокоприоритетная очередь



Среднеприоритетная очередь



Очередь нормального приоритета

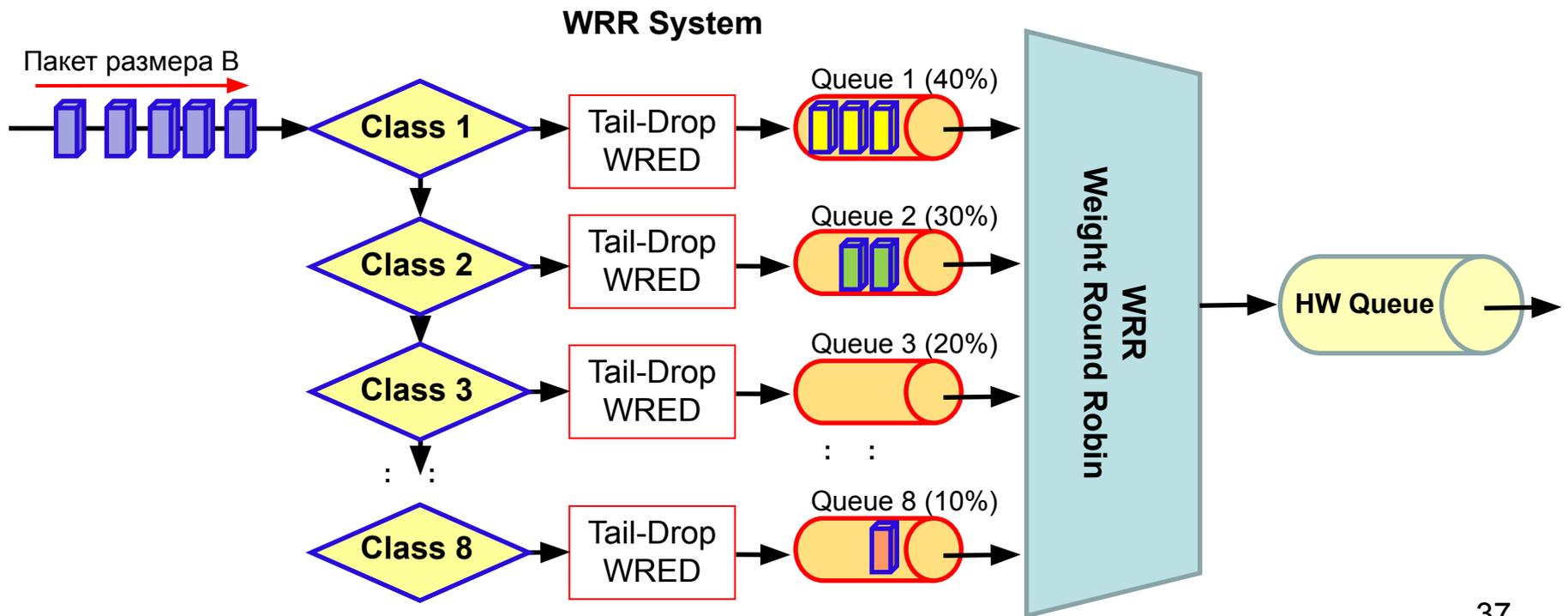


Низкоприоритетная очередь



Взвешенный круговой режим (WRR)

- WRR использует значение весов для каждой очереди
- Значение веса определяет пропускную способность для каждой очереди



Взвешенный круговой режим (non-realtime service)



Предотвращение перегрузок

- **Коммутатор/ маршрутизатор использует комплекс алгоритмов для предотвращения перегрузок**
 - Отбрасывание (Tail-drop)
 - Произвольное раннее обнаружение (Random Early Detection (RED))*
 - Взвешенное произвольное раннее обнаружение (WRED)*

Спасибо!

