



SISTEMAS E REDES MULTISERVIÇO

Capítulo 1

Qualidade de Serviço

Bibliografia do Capítulo



- Boavida, Fernando & Bernardes, Mário, “TCP/IP Teoria e Prática” – Editora FCA – [Capítulo 8](#);
- Francisco J. Hens, José Manuel Caballero, “Triple play: Building the converged network for IP, VoIP and IPTV”, John Wiley & Sons, 2008. - Cota Biblioteca ESTGV 621.39 HEN – [Capítulo 6 e secção 7.2](#);
- Nader F. Mir , “Computer And Communication Networks”, 2014, PEARSON EDUCATION – [Secção 5.6 e Capítulo 13](#);
- Manual da Cisco: “Catalyst 3750 Switch Software Configuration Guide”, [Capítulo 33](#) – disponível no moodle.

Índice do Capítulo



1. Parâmetros de QoS

2. Métodos de QoS

- a. Classificação dos pacotes e colocação em filas;
- b. Controlo de admissão e Mecanismos de Descarte (Controlo de congestionamento)
- c. Algoritmos de escalonamento.

3. Architecturas de QoS

- a. QoS em Redes IP
- b. IntServ
- c. Diffserv

Qualidade de Serviço



QoS (Quality of Service) é a capacidade de uma rede fornecer serviços com um desempenho previsível e determinado através da diferenciação de tratamento a cada tipo de tráfego.

Tornar as redes IP em redes multiserviço com QoS implica sempre alterações -> **Arquiteturas de QoS.**

Quality of Service (QoS) is the ability of a network to deliver services with predictable performance determined through different treatment for each type of traffic.

Enabling IP networks into multiservice networks with QoS always implies changes -> **QoS Architectures**

Parâmetros de QoS



Os seguintes **parâmetros** são necessidades críticas das aplicações que determinam o QoS a fornecer:

The following parameters are critical needs of the applications that determine the QoS to deliver:

- Tempo de resposta (*Response Time*)
- Perdas (*Lost*)
- Atraso (*Delay*)
- Variação do atraso (*Delay Variation*) ou jitter
- Débito (*Data Speed or Bit Rate*)

Cada aplicação tem necessidades distintas para cada um dos parâmetros.

Each application has different needs for each of the parameters.

Parâmetros de QoS – Tempo de resposta



Tempo de resposta: é o tempo decorrido entre o envio de uma solicitação e a receção da primeira resposta.

- É importante em aplicações como a navegação na Internet ou acesso a Base de Dados

Response Time: is the time elapsed between sending a request and the reception of the first response by the user.

- *It is important in applications such as Internet browsing or Database access.*

Parâmetros de QoS - Atraso



Atraso: tempo que os dados demoram a percorrer a rede extremo-a-extremo.

Delay: *How long data takes to travel the end-to-end network.*

- importante em aplicações interactivas como VoIP (*important in interactive apps like VoIP*)
- Valor aceitável (*acceptable value*): <150ms
- Valores acima de 400ms tornam a rede não funcional! (*above 400ms the network becomes unfunctional*)

- **Latência**, que é o atraso de ida e volta na rede. Medido com *ping* ou *traceroute*.

- **Latency or Round Trip Delay:** *Is the delay back-to-back in the network. Can be measured with a ping or traceroute.*

Parâmetros de QoS - Atraso



Atraso: tempo que os dados demoram a percorrer a rede extremo-a-extremo.

Delay: *How long data takes to travel the end-to-end network.*

- importante em aplicações interactivas como VoIP (important in interactive apps like VoIP)
- Valor aceitável (acceptable value): <150ms
- Valores acima de 400ms tornam a rede não funcional! (*above 400ms the network becomes unfunctional*)

- **Latência**, que é o atraso de ida e volta na rede. Medido com *ping* ou *traceroute*.

- **Latency or Round Trip Delay:** *Is the delay back-to-back in the network. Can be measured with a ping or traceroute.*

Parâmetros de QoS

Variação do atraso



Variação do atraso mede as flutuações no tempo de atraso durante uma transmissão. Avalia a estabilidade de uma rede.

Jitter measures fluctuations in delay time during a transmission. Is used to evaluate network stability

- Muito importante para VoIP! Tem de ser inferior a 40ms!
(Very importante to VoIP; must be <40ms)
- Pouco importante para serviços de dados assíncronos (p.e. e-mail) *(less important to asynchronous data like the e-mail)*

Parâmetros de QoS – Perdas



Um **pacote perdido** é o que não chega ao destino, chega com erros ou tão atrasado que já não é utilizável.

A **taxa de perdas** é a percentagem de pacotes perdidos numa rede num determinado tempo.

*A **lost packet** is one that does not reach its destination, arrives with errors or is so late that it is no longer usable. The **loss rate** is the percentage of packets lost in a network at a given time.*

- Tem origem em erros na transmissão ou recepção de bits ou por eliminação pela própria rede em caso de congestionamento, tipicamente nas filas dos comutadores;
- Este parâmetro é muitas vezes contornado pelas aplicações de dados (Ex. Mpeg)

Parâmetros de QoS – Perdas



Um **pacote perdido** é o que não chega ao destino, chega com erros ou tão atrasado que já não é utilizável.

A **taxa de perdas** é a percentagem de pacotes perdidos numa rede num determinado tempo.

*A **lost packet** is one that does not reach its destination, arrives with errors or is so late that it is no longer usable. The **loss rate** is the percentage of packets lost in a network at a given time.*

- Tem origem em erros na transmissão ou recepção de bits ou por eliminação pela própria rede em caso de congestionamento, tipicamente nas filas dos comutadores;
- Este parâmetro é muitas vezes contornado pelas aplicações de dados (Ex. Mpeg)

Parâmetros de QoS – Débito

Débito – quantidade de bits que atravessam um canal de comunicação por unidade de tempo. As aplicações são classificadas em função do débito exigido:

- **CBR (Constant Bit Rate)** – exigem um débito e atraso constantes (Ex: a voz)
- **VBR (Variable Bit Rate)** – Embora exijam um tempo de transmissão curto, não são obrigatoriamente constantes; há picos de tráfego (Ex: vídeo comprimido)
- **ABR (Available Bit Rate)** – aplicações que se adaptam às condições de tráfego da rede. Não dependem do tempo de transmissão. (Ex: e-mail)
- **UBR (Unspecified Bit Rate)** – aplicações sem qualquer requisito ao nível de largura de banda para os quais apenas exigem que a rede não perca pacotes (Ex: dados não prioritários)

Parâmetros de QoS – Débito

Bit Rate - Number of bits that cross a communication channel per unit of time. Applications are classified according to the required debt:

Constant Bit Rate - require constant rate and delay (eg voice)

Variable Bit Rate - Although they require a short transmission time, does not have to be constant; there are traffic spikes (Ex: compressed video)

Available Bit Rate - applications that adapt to network traffic conditions. Do not depend on transmission time. (Ex: e-mail)

Unspecified Bit Rate - applications without any bandwidth requirements for which only require the network not to lose packets (eg non-priority data)

Parâmetros de QoS



Exemplo de necessidades de diferentes aplicações:

Aplicação	Perdas	Débito	Atraso	Jitter	Tempo resposta
VoIP	<1%	8kb->64Kb	<150ms	<30ms	<2s
Web	0%	variável	<400ms	n.a.	<4s
E-mail	0%	Variável	<400ms	n.a.	<5s
Video On Demand	<5%	Alto	<5s	baixo	<5s
IP Video Broadcasting	<0.001%	1,5Mb a 60Mb	<150ms	<100ms	<5s
Dados	0%	Variável	<400ms	n.a.	<0,5s
FTP	0%	Alto		n.a.	<5s

Índice do Capítulo



1. Parâmetros de QoS

2. Métodos de QoS

- a. Classificação dos pacotes e colocação em filas;
- b. Controlo de admissão e Mecanismos de Descarte (Controlo de congestionamento)
- c. Algoritmos de escalonamento.

3. Architecturas de QoS

- a. QoS em Redes IP
- b. IntServ
- c. Diffserv

QoS



A implementação de QoS tem os seguintes passos:

The implementation of QoS has the following steps:

1. **Classificação e Colocação em filas - Classes de Serviço**
(Packet classification and Queuing - CoS)
2. **Controlo de admissão e controlo de congestionamento**
(Admission Control and Congestion Avoidance);
3. **Algoritmos de escalonamento**
(Scheduling algorithm)

QoS – Classificação dos pacotes



A **classificação dos pacotes** permite identificar o tipo de tráfego em termos de serviço, aplicação, fluxos, etc.

É essencial para uma **diferenciação** que permita o tratamento distinto; cada pacote é colocado numa **Classe de Serviço (CoS)** a que depois é dado um tratamento individualizado.

Os Routers e Switchs implementam uma fila de espera para cada CoS.

Packet classification allows the identification the type of traffic in terms of service, application, flows, etc.

It is essential for a differentiation that allows for different treatment; each packet is placed in a Class of Service (CoS) which is then individually treated.

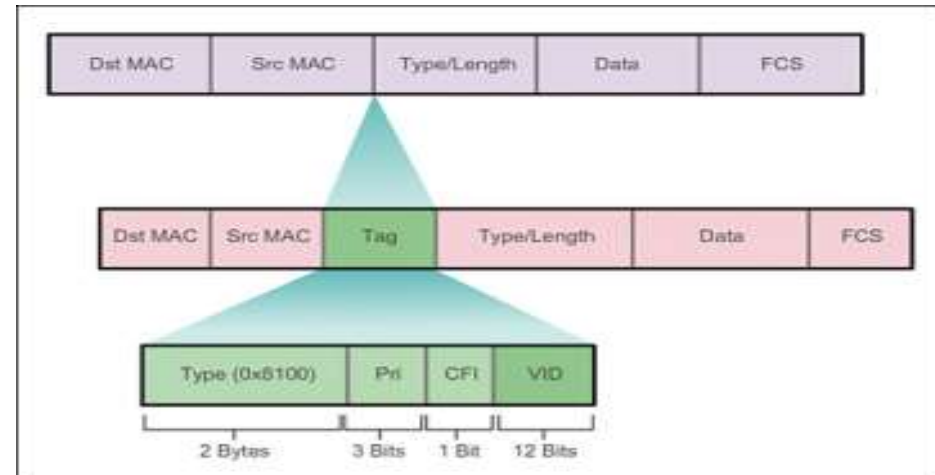
Routrs and switches implement a queue for each CoS.

QoS – Classificação dos pacotes



Classificação de pacotes Ethernet:

- Numa rede com VLAN's, cada VLAN pode ser uma CoS:
 - Utilizar os 3 bits “Pri” da “VLAN Tag” para atribuir uma CoS;
- Ou pode ser atribuído QoS em função do *MAC Address* de origem e/ou destino através de *Access Control Lists (ACL)*.



In a Ethernet network with VLANs, each VLAN can be a CoS: Use the 3-bit “Pri” of the “VLAN Tag” to assign a CoS; Or QoS can be assigned depending on the source and / or destination MAC Address through Access Control Lists (ACL).

QoS – Classificação dos pacotes



Classificação de pacotes IP:

- *ToS – Type of Service*
 - O cabeçalho do pacote IP inclui um campo de 3 bits denominado ToS;
 - Permite distinguir 8 classes de serviço;
- *ACL - Access Control Lists*
 - As ACL podem ser usadas para associar um CoS com base em parâmetros do cabeçalho IP, como o endereço IP de origem e/ou destino, tipo de serviço, etc.
- *ToS - Type of Service - The IP packet header includes a 3-bit field called ToS; It allows to distinguish 8 classes of service;*
- *ACL - Access Control Lists - can be used to associate a CoS based on IP header parameters such as source and / or destination IP address, service type, and so on.*

QoS – Controlo de admissão



Num cenário em que está definido o tráfego permitido a uma fonte, estamos em condições de fazer o **Controlo de Admissão** em que se faz a **aceitação**, o **descarte (policiamento)** ou **atraso (*traffic shaping*)** dos pacotes enviados por essa fonte para a rede.

*In a scenario where the traffic allowed to a source is well defined, we are in a position to do “Admission Control”: when the packets sent by that source to the network could be accepted, discarded or delayed (*traffic shaping*).*

QoS – Controlo de admissão

- Pacotes que estão dentro dos limites de largura de banda permitida à CoS -> não há alteração e seguem para a rede - **Aceitação**;
- Pacotes que ultrapassam a largura de banda ficam sujeitos a:
 - Podem ser **descartados** – **Policimento** - O descarte de pacotes é aplicável em situações de tolerância a pequenos erros mas não ao atraso (p.e. streaming de vídeo ou o VoIP).
 - Podem ser **atrasados** – **Traffic Shaping** - até haver possibilidade de os transmitir;

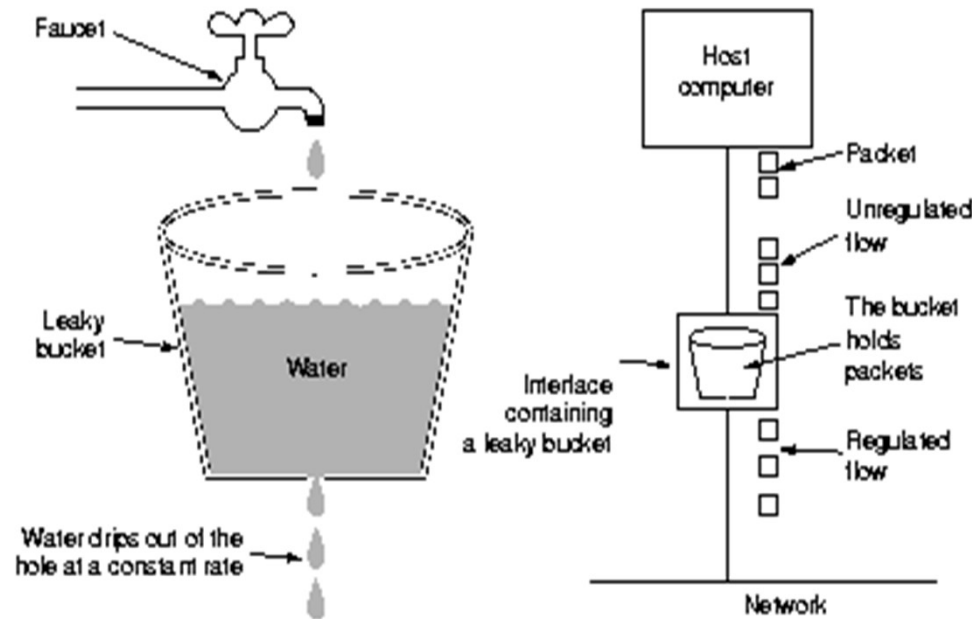
QoS – Controlo de admissão

- Packets that are within the allowed CoS bandwidth limits -> go to the network with no changes - **Acceptance** ;
- Packets that exceed bandwidth are subject to:
 - Can be discarded - **Policing** - Packet discarding is applicable in situations of tolerance to minor errors but not to delay (eg video streaming or VoIP).
 - They may be delayed - **Traffic Shaping** - until they can be transmitted;

QoS – Algoritmos de Controlo de admissão



Algoritmo Leaky Bucket – para regular o débito do tráfego de uma fonte



Enquanto está no balde, o tráfego está a ser regulado (shapping).

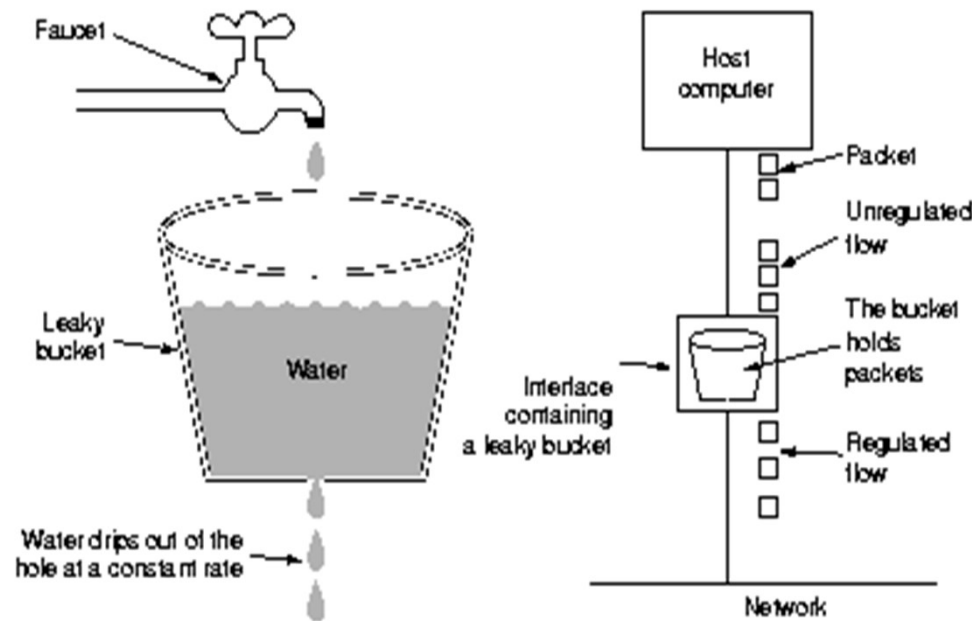
Todo o tráfego que ultrapasse o volume do balde é descartado (policimento).

O tráfego injectado na rede é regulado pelo gestor de rede à sua entrada, facilitando posteriores acções de QoS.

QoS – Algoritmos de Controlo de admissão



Algoritmo Leaky Bucket – to regulate the traffic from a source



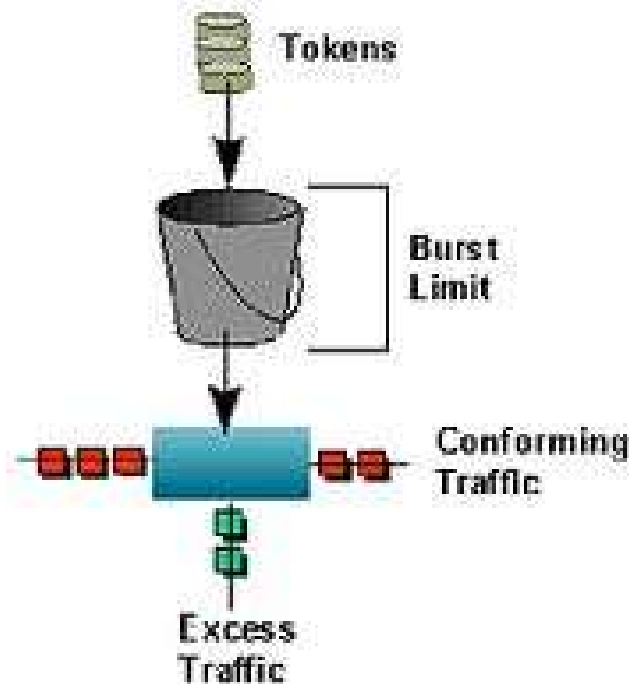
While in the bucket, traffic is being regulated (shapping). All traffic that exceeds the volume of the bucket is discarded (policing).

Injected traffic on the network is regulated by the network manager upon entry, facilitating further QoS actions.

QoS – Algoritmos de Controlo de admissão



Algoritmo Token Bucket – é um algoritmo mais flexível que permite dar um débito superior ao cliente em situações de rajada.



Em cada unidade de tempo, determinada pelo contrato, é adicionado um token no balde.

Se um pacote enviado pela fonte encontrar um token no balde ele é transmitido e “mata” o token.

Os tokens podem ser acumulados até ao limite do balde.

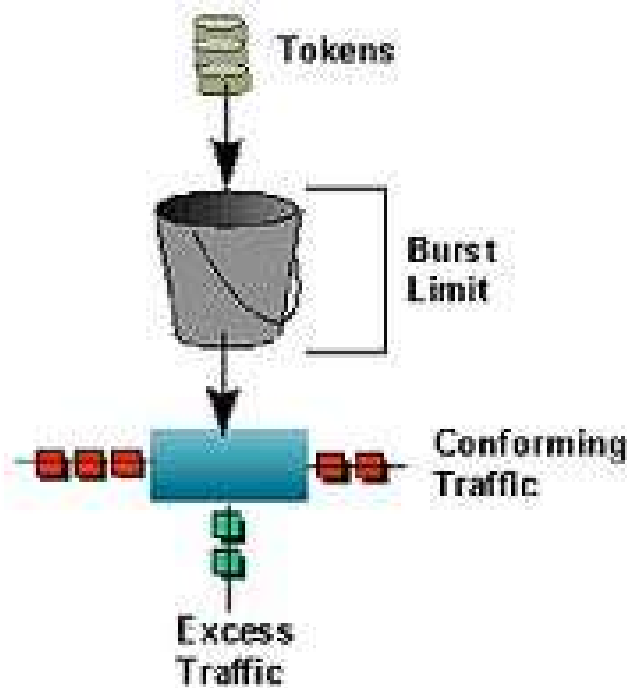
Para um cliente com tráfego variável, o **Token Bucket** permite enviar tráfego a taxas variáveis.

O operador tem a garantia de limitar estas rajadas através do tamanho do balde e do número de tokens por segundo.

QoS – Algoritmos de Controlo de admissão



Algoritmo Token Bucket – It is a more flexible algorithm that allows the customer to give a higher flow rate in burst situations.



For each unit of time determined by the contract, a token is added to the bucket.

If a packet sent by the source finds a token in the bucket it is transmitted and "kills" the token.

Tokens can be accumulated up to the bucket limit.

If you are a customer with variable traffic, Token Bucket allows you to send traffic at variable rates.

The operator is guaranteed to limit these bursts by bucket size and number of tokens per second.

QoS – Mecanismos de Descarte



Para descartar os pacotes que ultrapassam as capacidades de buffering numa fila de um Switch ou Router, temos mecanismos passivos ou ativos:

To discard packets that exceed buffering capacity in a queue of a switch or router, we have passive or active mechanisms:

- **Passivos (Passive)**
 - Tail drop
 - Drop-from-front
- **Ativos (Active)**
 - RED

QoS – Mecanismos de Descarte



Mecanismos Passivos:

- **Tail Drop** – Quando o buffer enche, o pacote que acaba de chegar é descartado! Podem existir variantes com pesos de acordo com a prioridade da fila.
- **Drop From Front** – Quando o buffer enche, o primeiro pacote da fila que está para ser processado pelo router é descartado
 - Vantagem: permite que o recetor detete o congestionamento mais cedo

Os métodos passivos apenas detetam problemas quando os buffers enchem não permitindo uma ação preventiva!

QoS – Mecanismos de Descarte



Passive Mechanisms:

- **Tail Drop** - When the buffer fills, the newly arrived packet is discarded! There may be variants with weights according to queue priority.
- **Drop From Front** - When the buffer fills up, the first packet in the queue that is to be processed by the router is discarded.
 - Advantage: Allows the receiver to detect congestion earlier.

Passive methods only detect problems when buffers fill up not allowing preventive action!

QoS – Mecanismos de Descarte



Mecanismos Ativos:

Atuam de forma preventiva antes de os buffers ficarem cheios e ocorrer congestionamento.

Eliminam pacotes aleatoriamente em função do nível de congestionamento para que as fontes possam ajustar os débitos.

- O principal mecanismo é o **RED – Random Early Drop**
 - Para cada fila define-se um limiar mínimo \min_{th} – abaixo deste valor nenhum pacote é descartado
 - Define-se um limiar máximo \max_{th} – acima deste valor todos os pacotes são descartados
 - Entre estes limiares, a probabilidade de descarte varia de forma linear, em função do volume de tráfego, desde zero até um valor máximo de pacotes descartados \max_{drop} .

QoS – Mecanismos de Descarte



Active Mechanisms act pre-emptively before buffers are full and congestion occurs.

Drop packets at random based on congestion level so that sources can adjust throughputs.

The main mechanism is **RED - Random Early Drop**

- For each queue, a \min_{th} threshold is set - below this value no packets are discarded
- A \max_{th} threshold is set - above this value all packets are discarded
- Between these thresholds, the probability of discarding varies linearly, depending on the volume of traffic, from zero to a maximum value of \max_{drop} discarded packets.

QoS – Algoritmos de Escalonamento



Os **algoritmos de escalonamento** determinam a ordem de saída de pacotes numa rede multisserviço.

Para isto, previamente, os pacotes foram colocados em filas com base na fonte de origem e/ou tipo de tráfego.

*The **scheduling algorithms** determine the output order of packets in a multiservice network.*

For this, the packets were previously queued based on the source of origin and / or type of traffic.

QoS – Algoritmos de Escalonamento



O método por defeito, ou seja o **FIFO – First In First Out**, para além de não priorizar pacotes em função do tipo, pode levar a que uma fonte agressiva de tráfego com pacotes grandes tome conta da capacidade de transmissão do circuito.

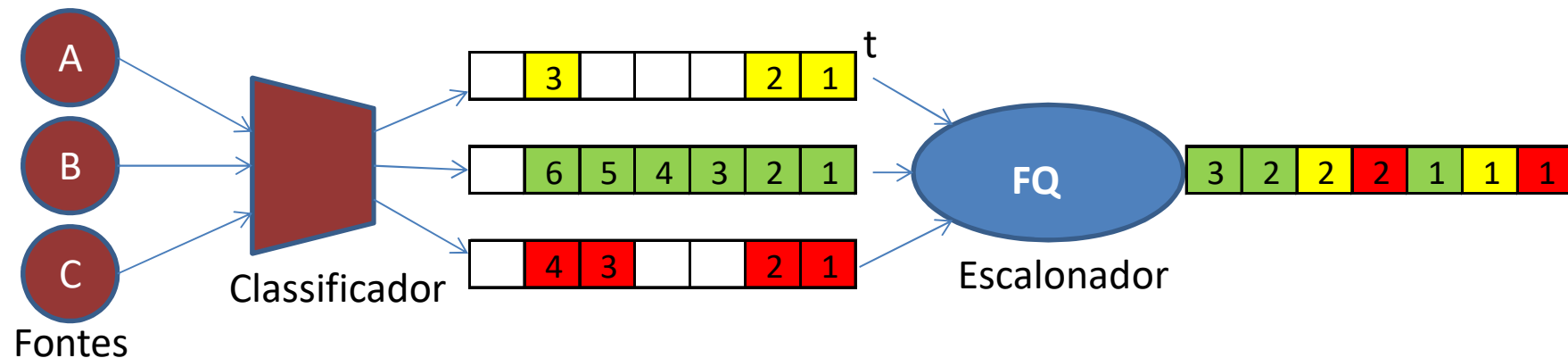
*The default method, ie **First In First Out (FIFO)**, in addition to not prioritizing packets according to type, can lead to an aggressive source of large packet traffic taking over the transmission capacity of the circuit.*

QoS – Algoritmos de Escalonamento



Fair Queueing (FQ) - Quando a linha está livre, é transmitido o pacote da fila seguinte à do anterior pacote.

When the line is free, the packet from the queue following the previous packet is transmitted.



Problemas - Não prioriza a fonte ou a classe de tráfego.

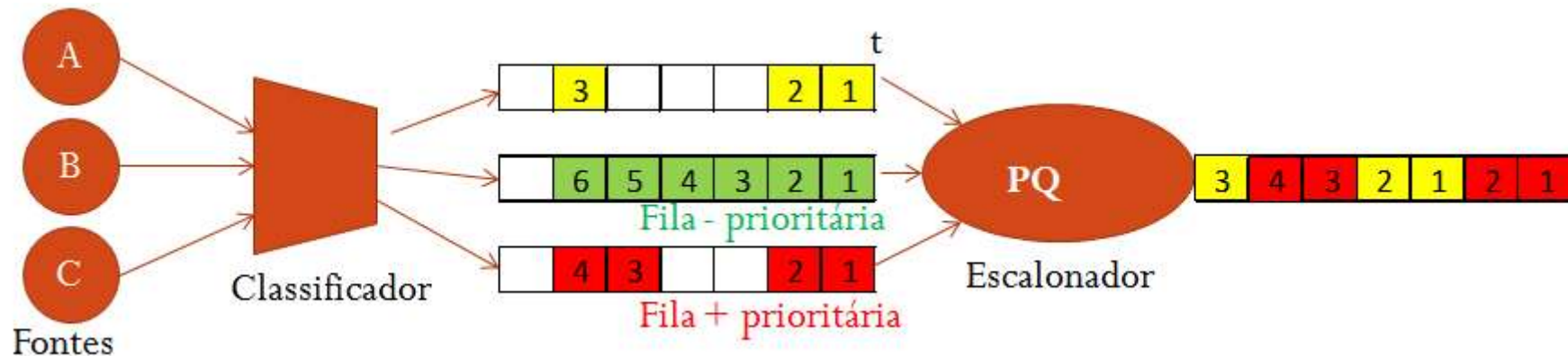
Problems - Does not prioritize the source or class of traffic.

QoS – Algoritmos de Escalonamento



Priority Queueing (PQ): As várias filas são escalonadas para criar uma ordem de prioridade. Sempre que há pacotes nas filas prioritárias eles são tratados assim que a linha esteja livre.

Queues are scaled to create a priority order. Whenever there are packets in the priority queues they are handled as soon as the line is free.



Este método garante um bom tratamento às filas prioritárias mas pode levar a grandes atrasos nas outras filas.

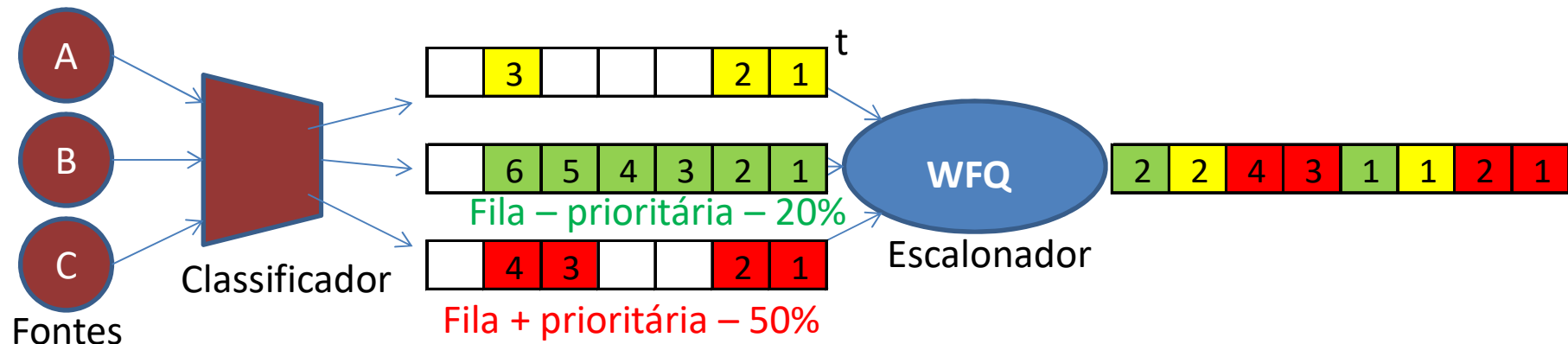
Guarantees good treatment to priority queues but can lead to long delays in other queues.

QoS – Algoritmos de Escalonamento



Algoritmo Weighted Fair Queueing (WFQ) – atribui um peso a cada fila que indica a proporção de pacotes dessa fonte na saída.

Assigns a weight to each queue equivalent to the proportion of packets from that source in the output.



O gestor de rede manipula os pesos de acordo com as necessidades das aplicações. **Problemas:** Maior necessidade de processamento no comutador.

The network manager handles the weights according to application needs.

Problems – Bigger processing requirements in the switch/router

QoS – Algoritmos de Escalonamento



Shaped Round Robin (SRR) – semelhante ao WFQ mas cada fila está limitada à sua largura de banda mesmo em caso de não ocupação pelas restantes filas;

- Utilizado para evitar que uma fila monopolize a capacidade de transmissão do circuito num determinado momento.

Shared Round Robin – semelhante ao Shaped RR pode haver partilha de largura de banda não usada pelas outras filas. Na prática transforma-se no WFQ.

Os dois tipos de SRR são os mais utilizados nos switchs Cisco atuais.

Índice do Capítulo



1. Parâmetros de QoS

2. Métodos de QoS

- a. Classificação dos pacotes e colocação em filas;
- b. Controlo de admissão e Mecanismos de Descarte (Controlo de congestionamento)
- c. Algoritmos de escalonamento.

3. Architecturas de QoS

- a. QoS em Redes IP
- b. IntServ
- c. Diffserv

Arquitecturas de QoS



As **Arquitecturas de QoS** são implementações das várias etapas do processo de QoS:

1. **Classificação dos pacotes e Colocação em filas (Classes de Serviço);**
2. **Controlo de admissão (Policiamento/Traffic Shapping);**
3. **Algoritmos de escalonamento.**

Por enquanto só é possível implementar uma arquitectura completa em redes médias onde se possa fazer o controlo e suporte de QoS ponta-a-ponta com os adequados protocolos de sinalização e técnicas de escalonamento.

Embora tenham sido propostos para a Internet, ainda não estão implementados de forma global!

Arquitecturas de QoS



QoS Architectures are implementations of the various steps of the QoS process:

1. Package Classification and Queuing (Classes of Service);
2. Admission Control (Policing / Traffic Shapping);
3. Escalation algorithms.

For now it is only possible to implement a complete architecture in medium networks where end-to-end QoS control and support can be done with the appropriate signaling protocols and scheduling techniques.

Although they have been proposed for the Internet, they are not yet implemented globally!

QoS em Redes IP

As duas principais arquiteturas de QoS para redes IP são:

The two major QoS architectures for IP networks are:

- **IntServ (Integrated Services)** – fornece QoS a fluxos; *Provides QoS to streams;*
- **DiffServ (Differentiated Services)** – fornece QoS a classes de tráfego. *Provides QoS to traffic classes.*

QoS em Redes IP - IntServ

A arquitectura **Integrated Services (IntServ)** é um modelo para garantir QoS em redes IP.

Baseia-se na classificação do tráfego em fluxos e na **garantia de transporte de cada fluxo** ao longo da rede de acordo com as exigências dos parâmetros de QoS através da reserva de recursos.

Um fluxo é definido pelo endereço de origem, o endereço de destino e o porto de destino. O tratamento é aplicado ao fluxo e não a cada pacote.

Para isso, todos os routers da rede, mesmo os intermédios, têm de implementar tecnologias de reserva de recursos como o protocolo RSVP e conhecimento da rede ponta-a-ponta.

QoS em Redes IP - IntServ

Integrated Services (IntServ) architecture is a model for securing QoS over IP networks.

- It is based on the classification of traffic in **flows** and the guarantee of transport of each flow along the network according to the requirements of QoS parameters through resource reservation.
- A **flow** is defined by the source address, destination address, and destination port. The treatment is applied to the flow and not to each packet.
- To do this, all routers in the network, even intermediate ones, must implement resource reservation technologies such as RSVP protocol and must have end-to-end network knowledge.

QoS em Redes IP - IntServ



- **Funções Base do IntServ:**

- **Sinalização:** trata, implementa, mantém e elimina os pedidos de reserva de recursos; utiliza o protocolo RSVP;
- **Controlo de Admissão:** é feito no momento de reserva de recursos: se um router perceber que a rede não suporta o recurso, recusa-o;
- **Classificação:** Após a implementação de um fluxo, os pacotes têm de lhe ser associados;
- **Policimento:** feito tipicamente à entrada da rede, verifica se o tráfego de cada fluxo excede o que foi contratado; utiliza o *Token Bucket*.
- **Escalonamento:** cada fluxo é uma fila que é tratada de forma diferente. Utiliza, entre outros, o WFQ para escalonamento.

QoS em Redes IP - IntServ



IntServ Base Functions:

- **Signaling**: Handles, implements, maintains and eliminates resource reservation requests; uses RSVP protocol;
- **Admission Control**: is done at the time of resource reservation: if a router realizes that the network does not support the resource, refuses it;
- **Classification**: After the flows have been implemented, packets must be associated;
- **Policing**: Typically done at the entrance of the network when the traffic of each flow exceeds what was contracted; uses Token Bucket.
- **Escalation**: Each flow is a queue that is treated differently. It uses, among others, WFQ for scheduling.

QoS em Redes IP - IntServ



O protocolo **RSVP** (Reservation Protocol) é usado em **IntServ** para a reserva, manutenção e eliminação de fluxos nas redes IP. Não é um protocolo de Routing! Atua com base na informação de roteamento dos protocolos de Routing (p.e. OSPF).

*The **Reservation Protocol (RSVP)** is used in IntServ to reserve, maintain, and delete resources on IP networks. Is not a Routing protocol. It needs a Routing protocol (like OSPF) to establish the routes previously!*

QoS em Redes IP - IntServ

O RSVP actua por **mensagens** que podem ser de diferentes tipos. Os principais são:

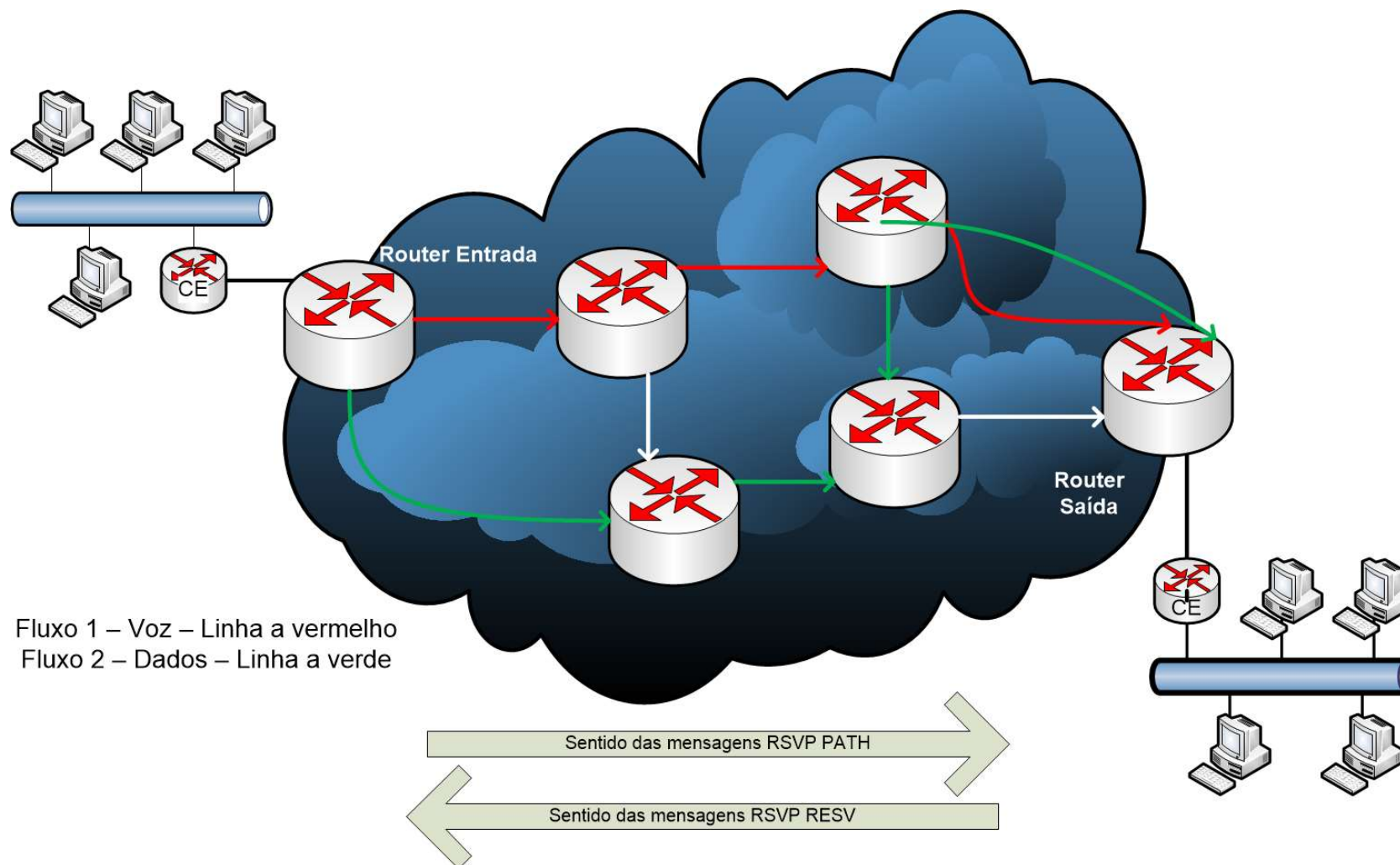
- **PATH**: enviadas no sentido emissor -> receptor logo a seguir ao pedido de estabelecimento do fluxo; especificam as necessidades de largura de banda;
 - Cada router avalia se é capaz de implementar o fluxo e só reenvia o PATH para o seguinte em caso afirmativo!
- **RESV**: enviadas no sentido receptor -> emissor dos dados depois da chegada da PATH, indicam a todos os routers intermédios a alocação de recursos a implementar;
 - enviada no sentido contrário ao da mensagem *PATH* e informa todos os nós que o fluxo foi aceite e que deve ser implementado.

QoS em Redes IP - IntServ

RSVP acts on **messages** that can be of different types. The main ones are:

- **PATH**: sent in the sender -> receiver sense immediately after the request to establish a flow; specify bandwidth needs;
 - Each router evaluates if it is capable of deploying the flow and only resends the PATH to the next router if so!
- **RESV**: sent in the receiving -> sending direction after PATH arrival, indicate to all intermediate routers the allocation of resources to implement;
 - sent in the opposite direction to the PATH message; informs all nodes that the flow has been accepted and should be implemented.

QoS em Redes IP - IntServ



QoS em Redes IP - DiffServ

Differentiated Services (DiffServ)

Gestão de QoS atribuída a **classes de tráfego** em vez de fluxos. Não há garantias de atrasos ou perdas, apenas uma diferenciação das classes.

O trabalho mais intenso é feito pelos routers de fronteira (edge):

- **Classificação** de pacotes de acordo com necessidades de QoS. Utilizam-se marcas denominadas **DS Code Points (DSCP)** reaproveitando para esse fim o campo *ToS* no IPv4 e o *Traffic Class* no IPv6.
 - Esta identificação pode ser feita com base em qualquer critério como tipo de tráfego, endereço de origem ou destino, etc.

QoS em Redes IP - DiffServ

Differentiated Services (DiffServ)

QoS management assigned to **traffic classes** instead of flows. There is no guarantee of delay or loss, just a differentiation of classes.

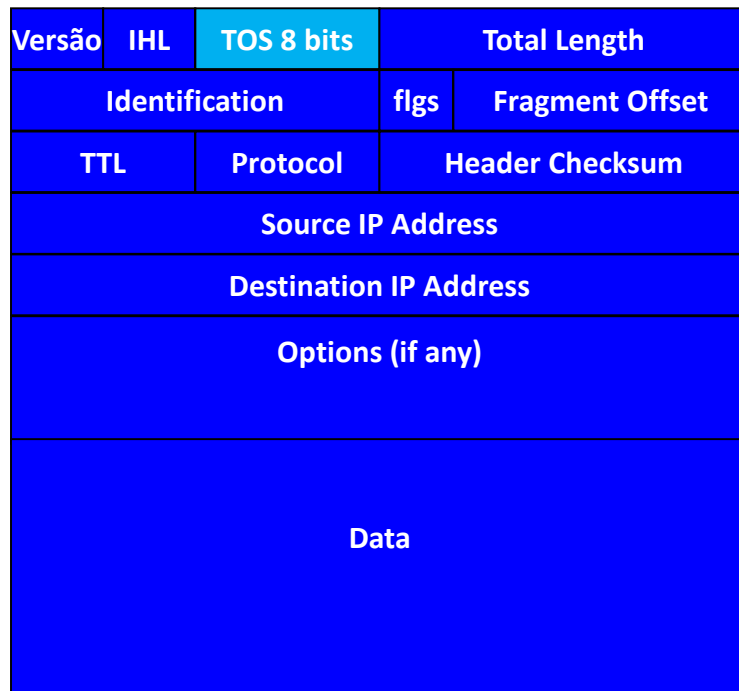
The most intense work is done by edge routers:

- **Packet classification** according to QoS needs. DS Code Points (DSCP) are used by reusing the ToS field in IPv4 and the Traffic Class in IPv6. This identification can be made based on any criteria such as traffic type, source or destination address, etc.

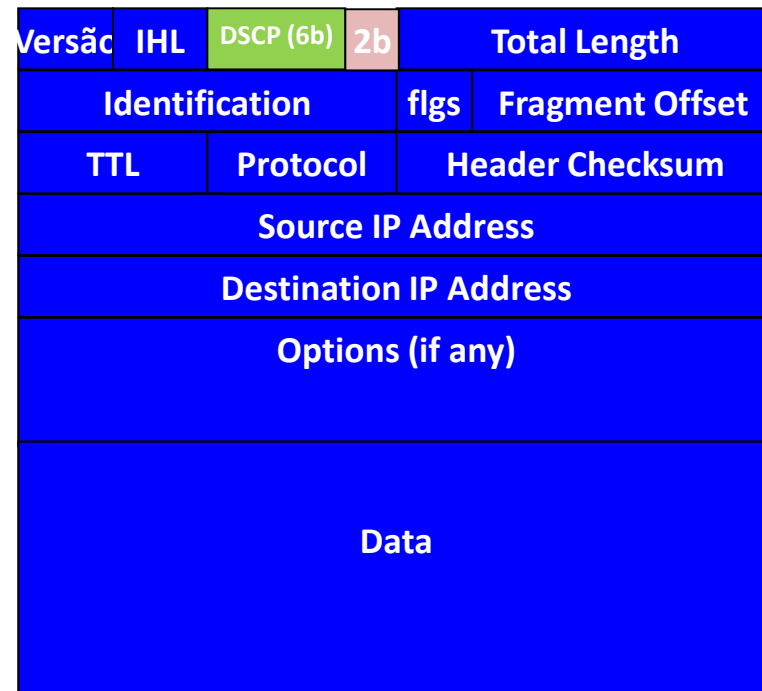
QoS em Redes IP - DiffServ



No IPv4 os DSCP ocupam os 6 primeiros bits do byte ToS, sendo que os dois últimos bits ficam para notificações de congestionamento. 6 bits -> 64 classes de tráfego!



Pacote IP sem DiffServ
Packet without DiffServ



Pacote IP com DSCP
Packet with DSCP

QoS em Redes IP - DiffServ

A cada classe de tráfego corresponde um comportamento do Router (**Per Hop Behaviour – PHB**). Cada router tem o seu PHB. O QoS total será o resultado da soma de todos os PHB ao longo da rede.

Há alguns PHB que são universalmente aceites por todos os operadores e têm um Code Point definido:

- **Default PHB** (000000) - tráfego best-effort;
- **Expedited Forwarding** (EF) PHB (101110) - tráfego com atrasos pequenos e perdas reduzidas; VoIP.
- **Assured Forwarding** (AF) PHB – define 4 classes de tráfego (AF1 a AF4) cada uma com 3 níveis de precedência (importância) num total de 12 PHB. Garante baixas taxas de perdas mas com níveis diferenciados.

Os restantes PHB podem ser geridos “ao gosto” do gestor de rede.

QoS em Redes IP - DiffServ

Each class of traffic corresponds to a behavior of the Router (**Per Hop Behavior - PHB**). Each router has its own PHB. The total QoS will be the result of the sum of all PHBs throughout the network.

There are some PHBs that are universally accepted by all operators and have a defined Code Point:

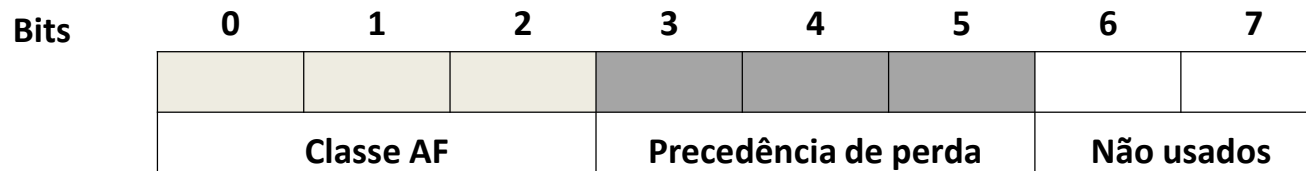
- **Default PHB (000000)** - best-effort traffic;
- **Expedited Forwarding (EF) PHB (101110)** - traffic with small delays and reduced losses; VoIP.
- **Assured Forwarding (AF) PHB** - defines 4 traffic classes (AF1 through AF4) each with 3 levels of precedence (importance) for a total of 12 PHB. Guarantees low loss rates but with different levels.

The remaining PHB can be managed by the network manager.

QoS em Redes IP - DiffServ



DSCP nos PHB AF:



Bits Classe AF:

100 – Classe 4 (melhor serviço)

011 – Classe 3

010 – Classe 2

001 – Classe 1

Bits Precedência de perda:

010 – Baixa (mais importante)

100 – Média

110 – Alta (menos importante)

QoS em Redes IP - DiffServ



Com o DiffServ não há garantias ou reservas de recursos na rede!

- A diferenciação é feita por:
 - Marcação dos pacotes de acordo com os DS Code Points
 - De acordo com esta marcação, cada Router coloca os pacotes em diferentes filas de espera;
 - Cada fila de espera é considerada uma classe de serviço (ou tráfego) que depois é tratada com um algoritmo de escalonamento apropriado (PHB).
- Os routers de core não conhecem fluxos, apenas classes de tráfego - > maior simplicidade do que no IntServ!
- Não há necessidade de sinalização -> menos overhead!

QoS em Redes IP - DiffServ



With DiffServ there are no guarantees or reserves of resources on the network!

The differentiation is made by Packet marking according to DS Code Points

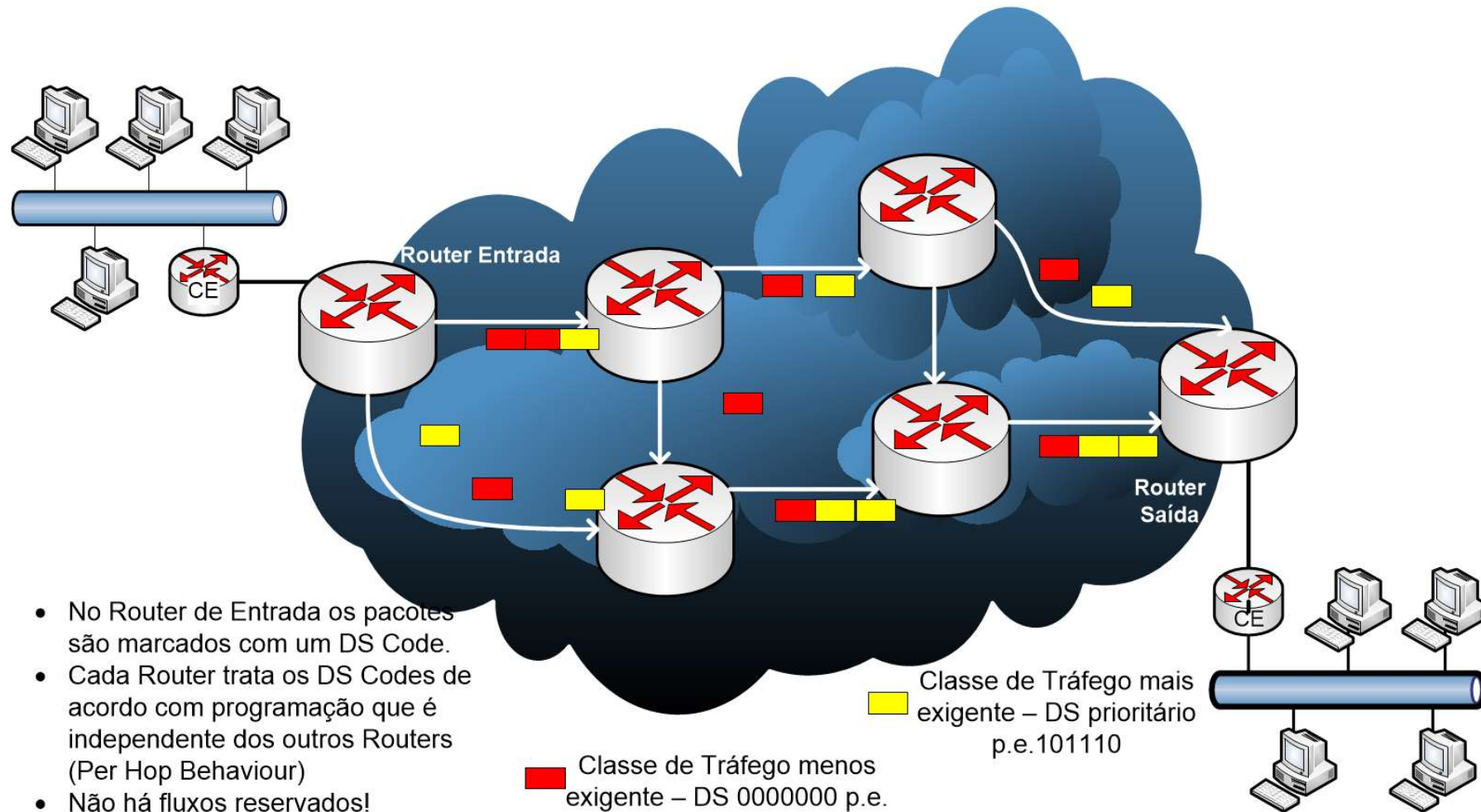
According to this marking, each Router places packets in different queues;

Each queue is considered a class of service (or traffic) which is then treated with an appropriate scheduling algorithm (PHB).

Core routers know no streams, just traffic classes -> greater simplicity than IntServ!

No signaling required -> less overhead!

QoS em Redes IP - DiffServ



QoS em Redes IP - DiffServ

O IETF não impõe os **algoritmos de escalonamento** e **controlo de admissão** associados ao DiffServ.

Os fabricantes de equipamento ou operadores de rede podem por exemplo implementar os PHB do grupo AF com um escalonador do tipo *Weighted Fair Queueing*.

Para o EF pode ser usado um escalonador por priorização que garanta a saída imediata destes pacotes ou WFQ com pesos adequados.

O **mecanismo de descarte** é o RED.

QoS em Redes IP - DiffServ

The IETF does not enforce the admission control and scheduling algorithms associated with DiffServ.

Equipment manufacturers or network operators can for example implement group AF PHBs with a Weighted Fair Queueing scheduler.

For EF a priority scheduler can be used to ensure immediate output of these packets or WFQ with appropriate weights.

The disposal mechanism is RED.

QoS em Redes IP - conclusões



Algumas conclusões comparativas entre IntServ e DiffServ:

- IntServ é mais complexo mas apresenta mais garantias de serviço;
- IntServ consegue assegurar garantias de atraso;
- IntServ tem overhead de sinalização;
- Os fluxos criados reservam recursos mesmo que não haja pacotes;
- O Diffserv não garante em absoluto qualquer tipo de comportamento entre extremos da rede. Cada Router implemente por si os PHB. Quando temos de interligar diferentes operadores isto torna-se um problema.

QoS em Redes IP - conclusões

Some comparative conclusions between IntServ and DiffServ:

- IntServ is more complex but has more service guarantees;
- IntServ is able to ensure delay guarantees;
- IntServ has signaling overhead;
- Created flows reserve resources even if there are no packets in the flow;
- Diffserv absolutely does not guarantee any behavior between network extremes. Each Router implements PHB for itself. When we have to interconnect different operators this becomes a problem.

QoS em Redes IP - conclusões



Algumas conclusões comparativas entre IntServ e DiffServ:

- DiffServ é mais simples de implementar, não necessita de protocolos de sinalização;
- No DiffServ as operações mais complexas são feitas nos Routers de Edge, deixando os routers de core com menos peso de processamento;
- IntServ é melhor em redes mais pequenas; Se o número de fluxos aumenta, a complexidade de operação nos routers pode comprometer o comportamento -> não é utilizada em redes de core.
- DiffServ é mais apropriado para as redes maiores;

QoS em Redes IP - conclusões

Some comparative conclusions between IntServ and DiffServ:

- DiffServ is simpler to implement, requires no signaling protocols;
- In DiffServ the most complex operations are done on Edge routers, leaving core routers with less processing weight;
- IntServ is better on smaller networks; If the number of flows increases, the complexity of operation on routers can compromise behavior -> not used on core networks.
- DiffServ is more appropriate for larger networks;

QoS na Internet – Possível?



Do ponto de vista técnico:

- A implementação de IntServ é praticamente impossível:
 - Grande quantidade de routers;
 - Excessiva carga de processamento nos equipamentos;
- A implementação de Diffserv seria mais fácil mas...
 - Implicaria um acordo global entre todos os operadores para definir quais as classes e o tipo de tratamento a cada uma
 - Também seria necessário um sistema transversal de controlo de carga das diferentes classes de tráfego.

QoS na Internet – Possível?



Do ponto de vista económico:

- Nenhum operador prevê o fornecimento de serviços de QoS nas suas tarifas;
- Caso existissem, o cliente pagaria mais ao seu ISP mas este teria de criar um modelo que repercutisse parte deste valor a todos os outros operadores por onde a ligação com QoS tivesse de passar;
- As ligações na Internet são dinâmicas e não há garantias que os pacotes da mesma sessão utilizem o mesmo percurso (ou o mesmo ISP)
- Os clientes dos ISP's "atravessados" pela ligação com QoS poderiam ficar prejudicados pela alocação de recursos; O ISP poderia ficar numa situação desconfortável perante os seus próprios clientes!

Leitura adicional:

http://www.cisco.com/web/about/ac123/ac147/ac174/ac197/about_cisco_ipj_archive_article09186a00800c8314.html

CAPÍTULO 1

QUALIDADE DE SERVIÇO



DÚVIDAS?