

Capítulo II - Mecanismos para se prover QoS

Prof. José Marcos C. Brito

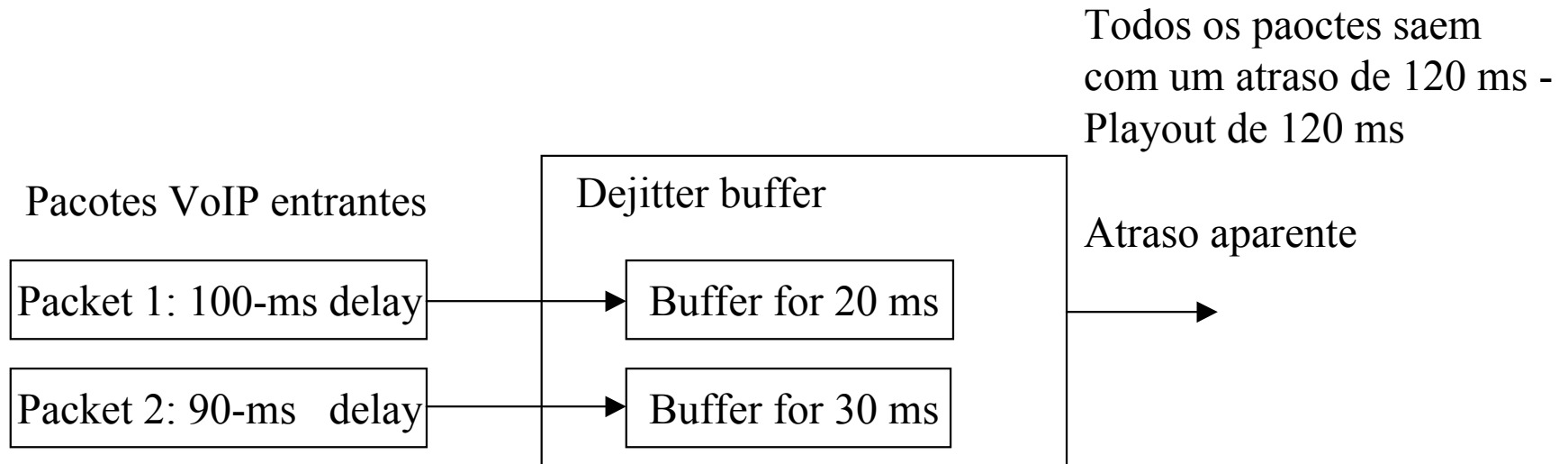
Mecanismos para se prover QoS

- Dejitter buffer
- Classificação do tráfego
- Priorização do tráfego
- Controle de congestionamento
- Policiamento e conformação do tráfego
- Fragmentação
- Controle de admissão
- Reserva de recursos

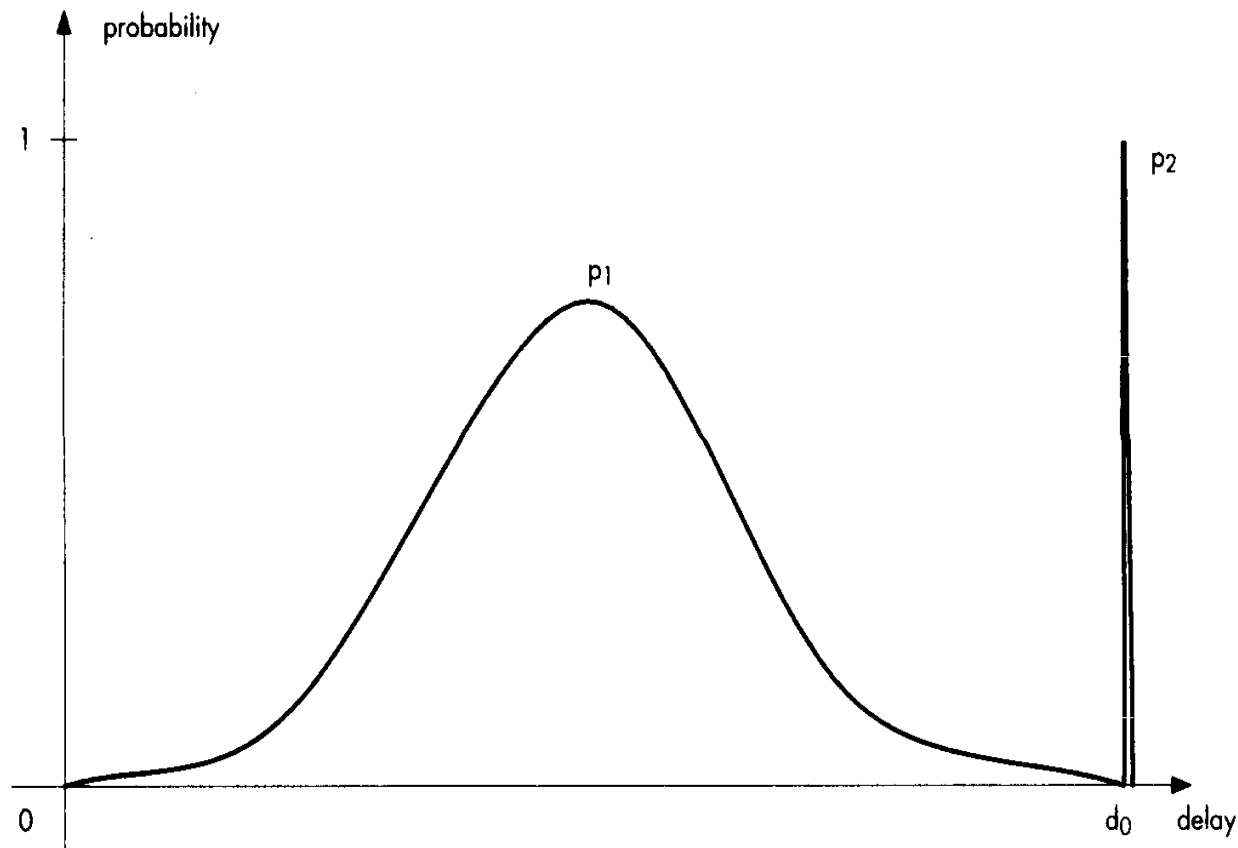
Dejitter buffer

- Utilizado para compensar as variações de atraso das redes de pacotes.
- Aplicável para tráfego sensível a variação de atraso, como tráfego de voz.
- Necessário em qualquer rede de pacote onde exista atrasos variáveis
 - Aplicável em redes IP, ATM e Frame Relay.

Dejitter buffer



Princípio do Dejitter buffer



- p1 : Probability Density Function of the Delay of the Network (H)
p2 : Probability Density Function of the Delay after Conditioning of the Terminal (G . H)

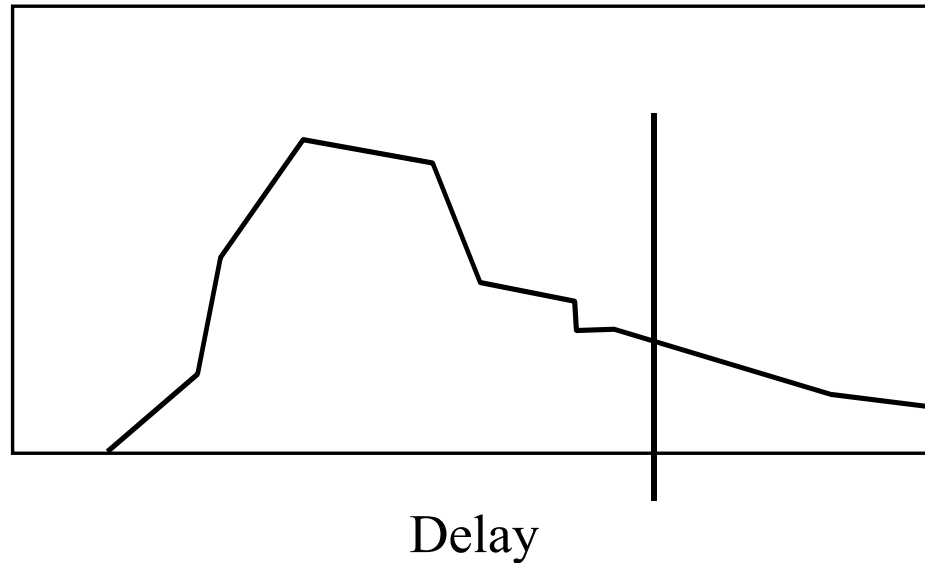
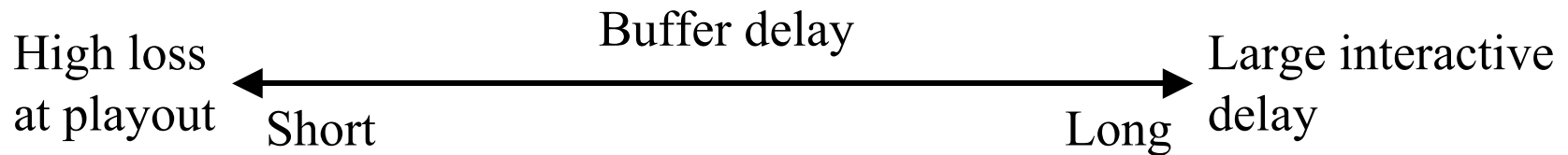
Escolha do atraso do Dejitter buffer

- Para eliminar completamente o Jitter o atraso deve ser igual à diferença entre o máximo e o mínimo atraso na rede
 - Ex.: máx. = 130 ms, min. = 70, dejitter = 60 ms
- No entanto, um atraso muito longo pode tornar o pacote inútil.

Escolha do atraso do Dejitter buffer

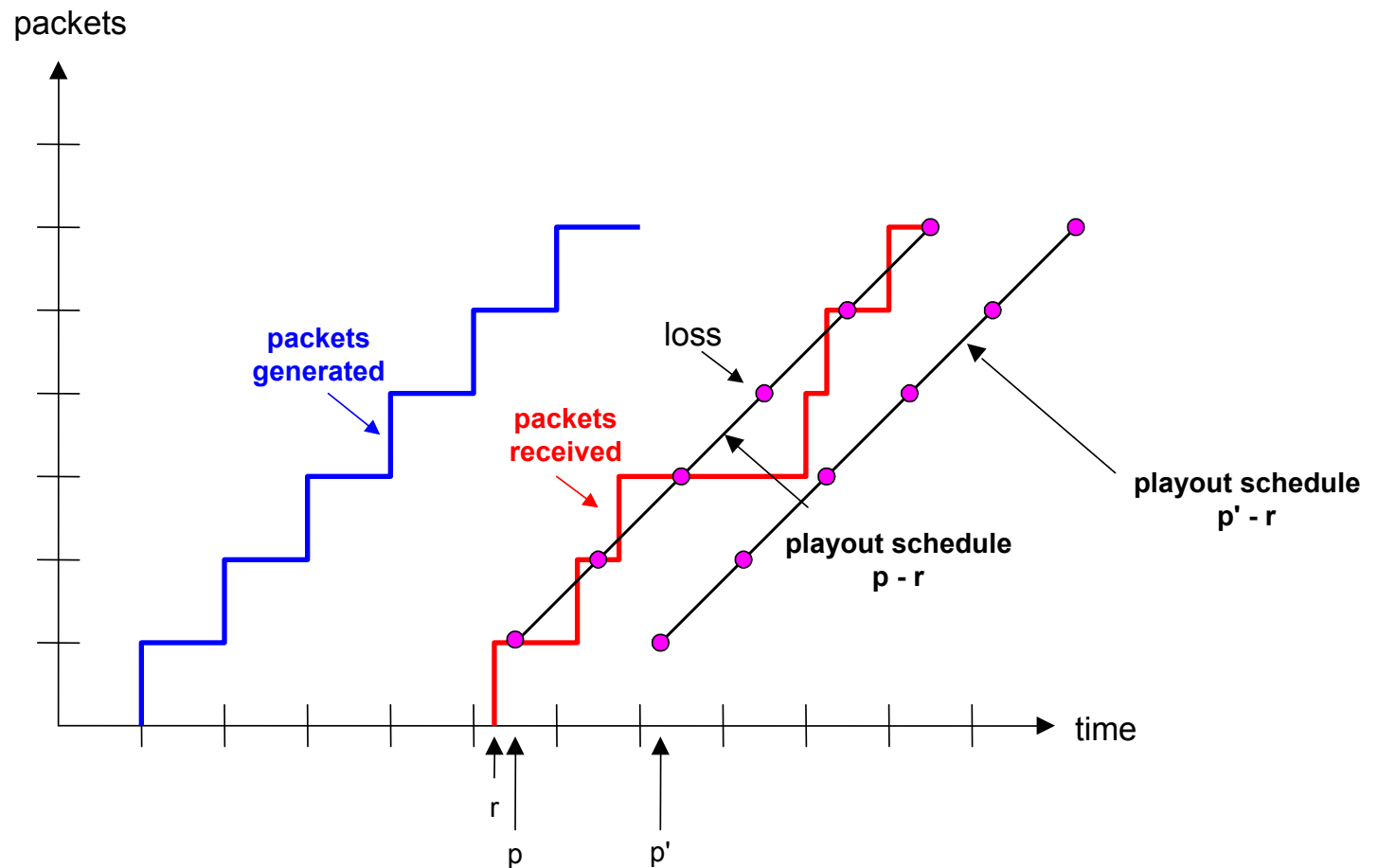
- Um valor intermediário pode ter de ser adotado, podendo acarretar no descarte de pacotes (que chegaram muito atrasados):
- Um tamanho de janela adaptativo, acompanhando a variação do atraso na rede, pode ser mais eficiente

Interação entre atraso e perda de pacotes



Playout Delay Fixo

- Ex.: Transmissor gera pacotes a cada 20 msec .
- Primeiro pacote chega no instante r
- Se o playout do primeiro pacote é em p há perda de pacote
- Se é em p' não há perda de pacote



Playout delay adaptativo

- Objetivo: minimizar o playout delay sujeito a um limite máximo para a taxa de perda de pacotes
 - Estimar o atraso e a variância do atraso na rede e ajustar o playout delay no início de cada talk spurt

Playout delay adaptativo

t_i : timestamp do i -ésimo pacote = instante de tempo em que o pacote foi gerado no transmissor

r_i : instante de tempo em o pacote i é recebido no receptor

p_i : instante de tempo em que o pacote i é “reproduzido” no receptor

$r_i - t_i$: atraso sofrido pelo i -ésimo pacote

d_i : estimativa do atraso médio na rede

$$d_i = (1 - u)d_{i-1} + u (r_i - t_i)$$

u é uma constante fixa (ex.: $u = 0.01$)

Playout delay adaptativo

v_i : estimativa do desvio médio do atraso na rede

$$v_i = (1 - u)v_{i-1} + u |r_i - t_i - d_i|$$

v_i e d_i são calculados para cada pacote recebido, mas são usados para determinar o playout point para o primeiro pacote do talk spurt (os demais seguem o playout point definido para o primeiro)

Playout delay adaptativo

p_i : playout time do 1o pacote do talk spurt

$$p_i = t_i + d_i + Kv_i$$

K : constante positiva (ex.: $K = 4$) utilizada para dar uma margem de segurança e garantir uma pequena perda de pacote

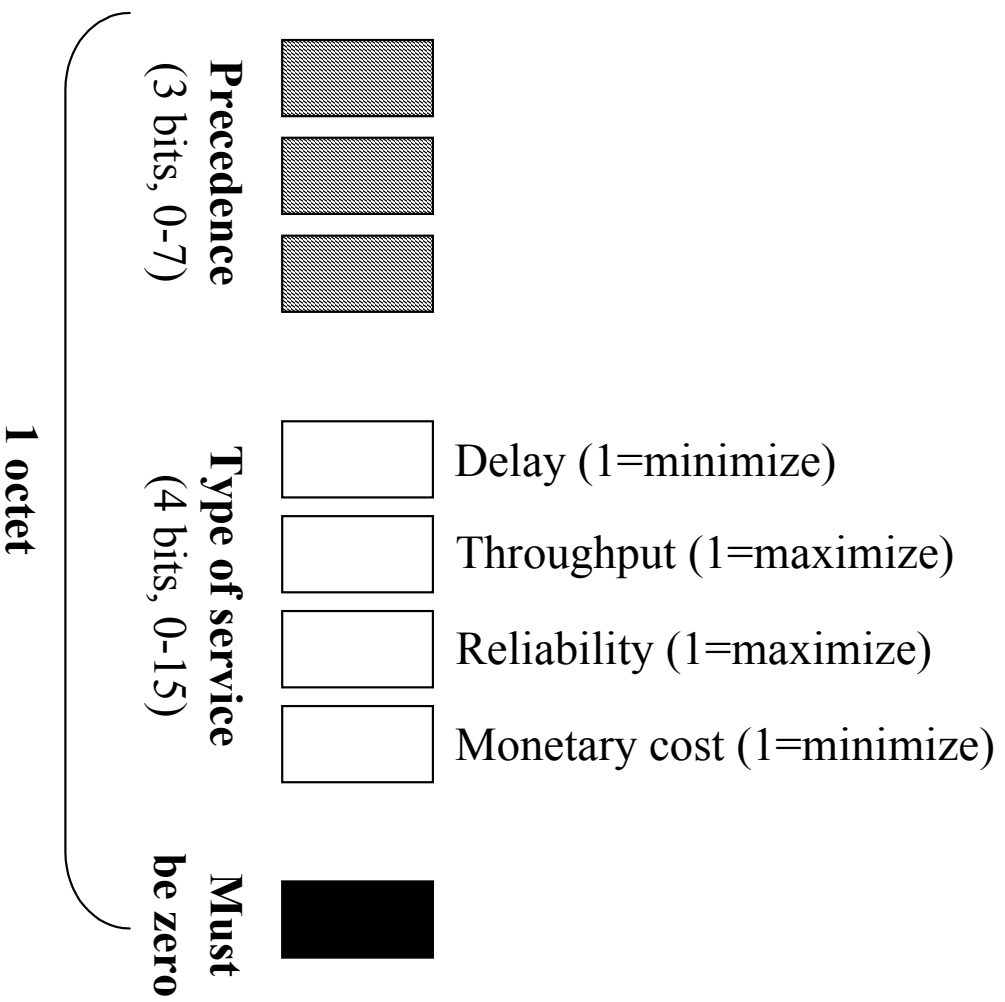
$p_j = t_j + q_i$: playout time dos demais pacotes do talk spurt

$$q_i = p_i - t_i$$

Classificação do tráfego

- Identificação do tipo de tráfego transportado por cada pacote
- Pode ser feita pelas fontes externas, dispositivos de borda ou dispositivos de backbone
- IP PRECEDENCE
- Arquitetura DiffServ
- Cabeçalho MAC IEEE 801.D

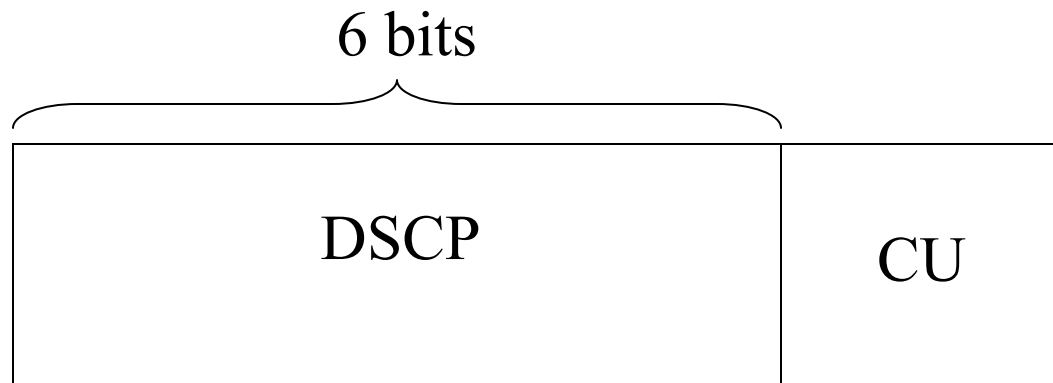
IP PRECEDENCE



IP Precedence

Valor dos bits de Precedência	Tipo de tráfego
000 - 0	Routine
001 - 1	Priority
010 - 2	Immediate
011 - 3	Flash
100 - 4	Flash Override
101 - 5	Critical
110 - 6	Internetwork control
111 - 7	Network control

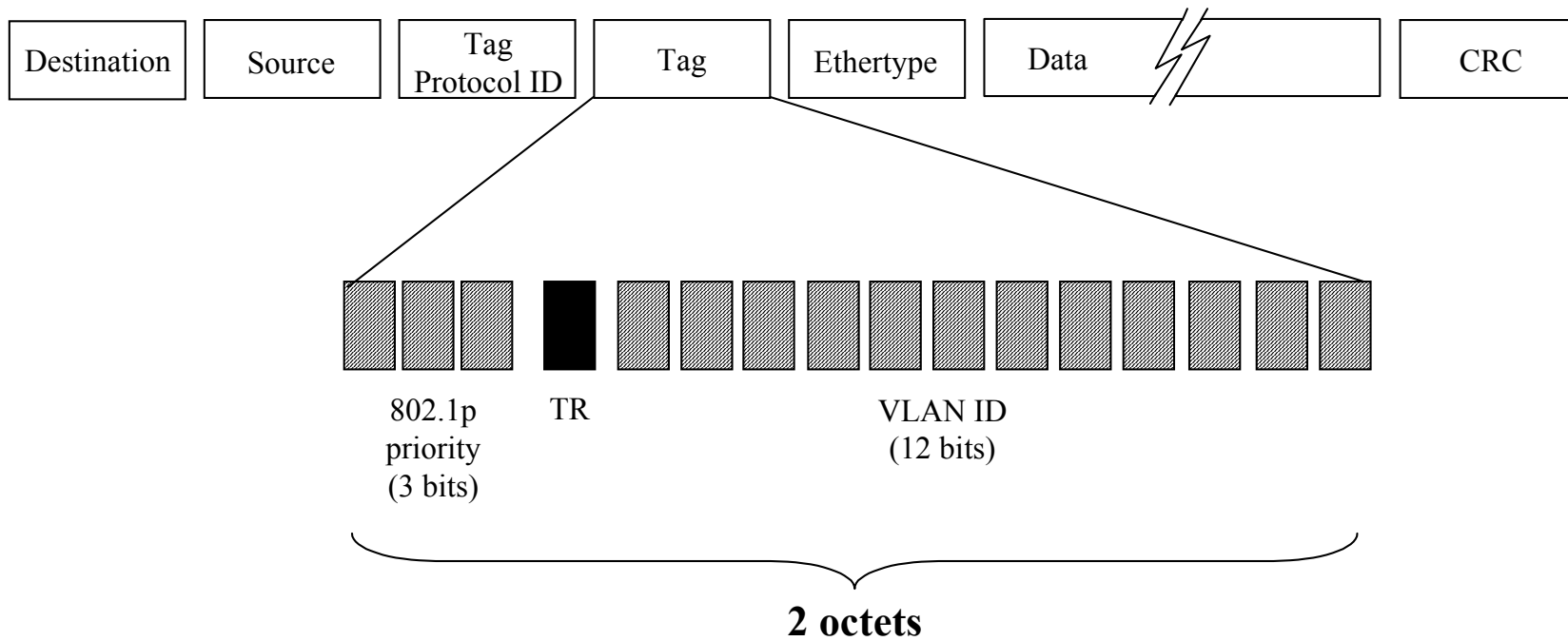
Arquitetura DiffServ



DSCP : DiffServ CodePoint - 64 codepoints possíveis

CU : não utilizado

Cabeçalho IEEE 802.1.d



Níveis de prioridade para o 802.1

Valor	Nome	Exemplos	Características
7	Controle da rede	RIP, OSPF, BGP4	Crítico para a operação da rede
6	Voz	NetMeeting audio	Sensível a latência e jitter; largura de faixa pequena
5	Vídeo	PictureTel, Indeo	Grande largura de faixa; sensível a jitter.
4	Carga controlada	SNA Transactions	Tempo de resposta previsível, aplicações sensíveis a latência
3	Esforço excelente	SAP, SQL	Tráfego crítico (negócios) que toleram atrasos.
2	Melhor esforço	Melhor esforço	Melhor esforço
1	<default>	<default>	<default>
0	Background	FTP backups	Insensível a latência

Priorização de tráfego

- Em qualquer rede onde há a coexistência de tráfegos sensíveis e não-sensíveis a atraso, deve-se prover mecanismos para priorização de tráfego.
- Aplica-se às redes IP, ATM e Frame Relay

Enfileiramento e disciplina de despacho

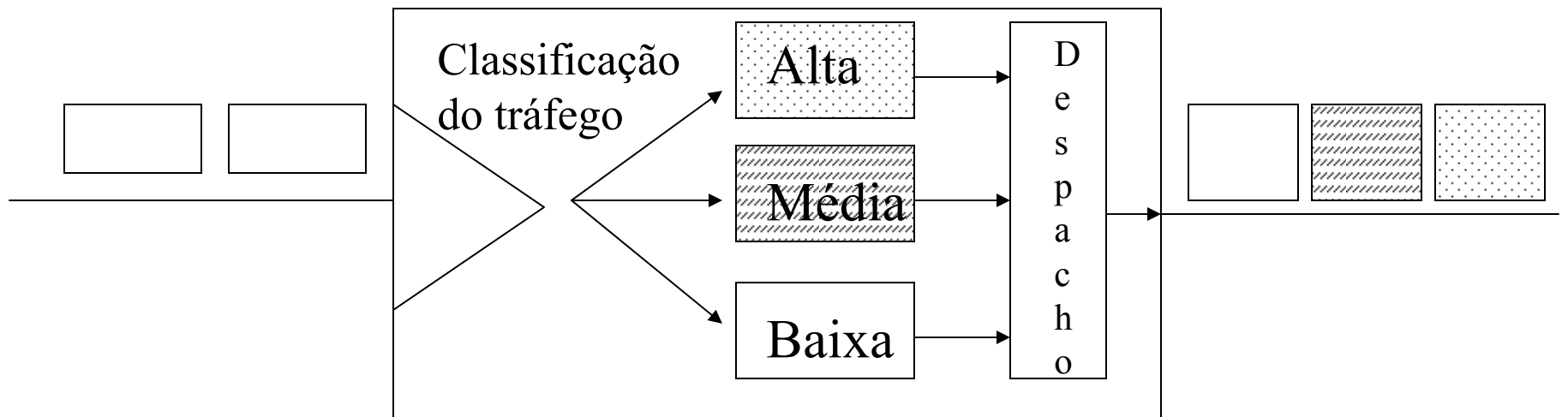
- First-In, First-Out - FIFO
- Priority Queueing - PQ
- Weighted Round Robin - WRR
- Weighted Fair Queueing - WFQ
- Modified Deficit Round Robin - MDRR

First-In, First-Out - FIFO

- Não há priorização de tráfego
- Não é adequada quando a rede transporta simultaneamente tráfego de voz e dados.

Priorização dos pacotes

Nó da rede



Fila com prioridade (PQ)

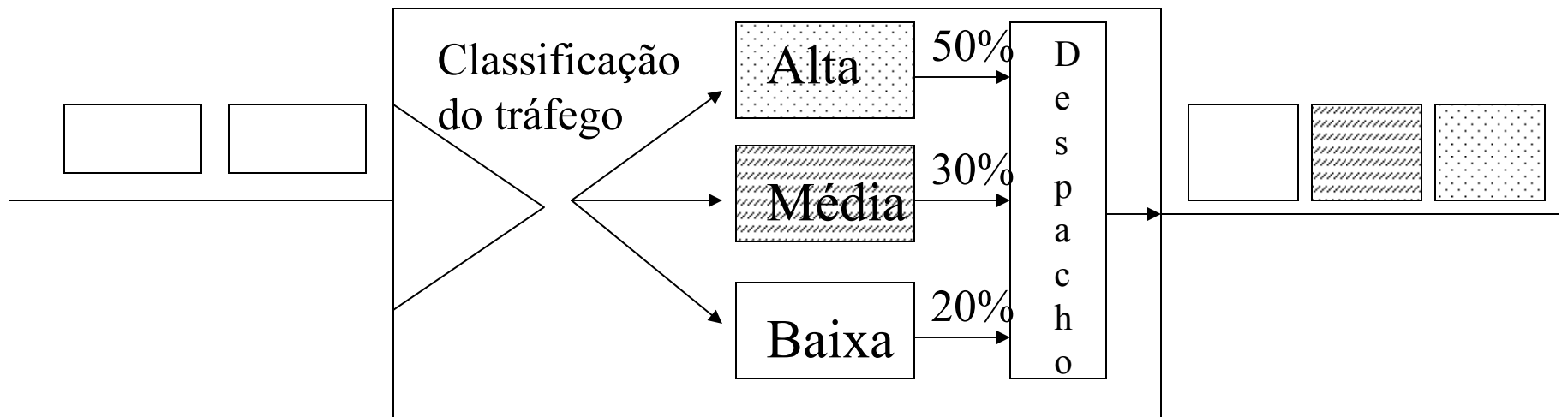
- Filas distintas para diferentes classes de prioridades
 - Em cada fila a disciplina de despacho é FIFO
- Transmissão tem início pelo tráfego de maior prioridade (forma exaustiva)
- Pode causar retenção em demasia dos tráfegos de menor prioridade

Weighted Round Robin (WRR)

- Define-se várias classes de prioridade.
- Associa-se a cada classe um percentual da banda do canal.
- As filas de maior prioridade são atendidas preferencialmente, desde que o percentual de banda a ela alocado não seja ultrapassado.

Weighted Round Robin (WRR)

Nó da rede



Bit-by-bit Round Robin (BRR)

- Cada classe de tráfego é mantida em uma fila.
- Transmite-se um bit de cada fila a cada ciclo de transmissão, garantindo-se a divisão igualitária da banda disponível entre as diversas classes de tráfego.
- Não pode ser implementada na prática.

Fair Queueing (FQ)

- Simula a operação do BRR, sem a restrição de ter de atender as filas bit por bit.
- A cada pacote entrante é associado um parâmetro T que corresponde ao instante em que o pacote seria transmitido se o algoritmo utilizado fosse o BRR.
- Os pacotes são ordenados na fila com base neste parâmetro.

Weighted Fair Queueing (WFQ)

- Opera de forma semelhante à técnica FQ.
- Um peso é atribuído a cada classe de tráfego, sendo que a distribuição de banda se dá proporcionalmente ao peso (quanto maior o peso maior a banda).
 - O parâmetro T associado a cada pacote é calculado admitindo-se a transmissão, a cada ciclo, de um número de bits igual ao peso associado ao fluxo em questão.

Weighted Fair Queueing (WFQ)

- Para que se garanta banda mínima para um determinado tipo de tráfego, o peso atribuído a cada fila deve variar dinamicamente com a distribuição do tráfego na rede.
- O peso pode ser atribuído a cada fluxo ao um conjunto de fluxos agregados.

WFQ - Triggers

- Número do circuito virtual no ATM ou Frame Relay
- Bit CLP ou EFCI do ATM
- Sinalização do ATM
- Bits DE, FECN ou BECN do Frame Relay
- Endereço de fonte ou destino no IP
- Campo IP precedence
- Protocolo RSVP
- Label do MPLS

Controle de congestionamento

- O problema de sincronização global do TCP
- Algoritmo RED (Random Early Detection)
- Algoritmo WRED (Weighted Random Early Detection)
- WRED e QoS em redes IP.
- ECN

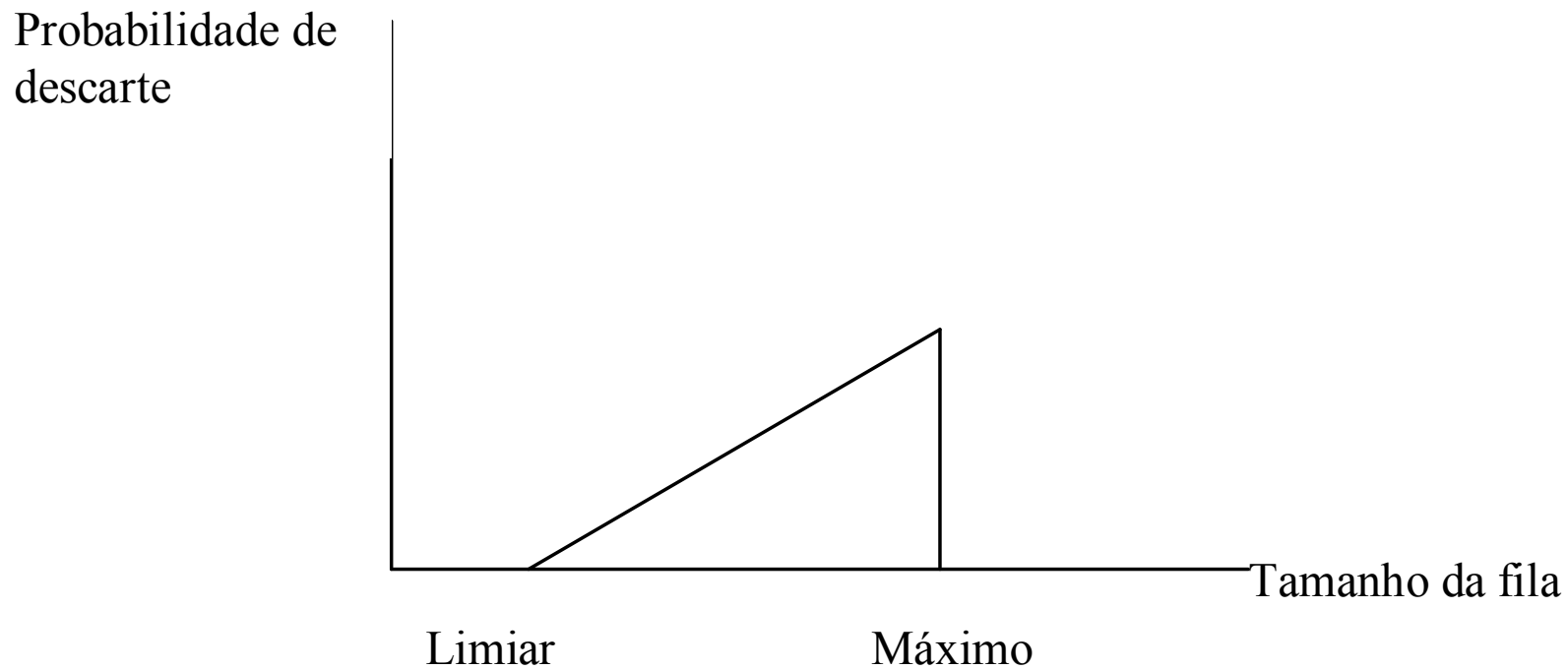
Sincronização global no TCP

- Timeout no TCP resulta no processo de partida lenta
- Congestionamento na rede pode resultar na perda de pacotes de vários fluxos distintos
 - Múltiplas sessões TCP experimentam timeout e iniciam processo de partida lenta
 - A diminuição do tamanho da janela das diversas fontes TCP eliminam a situação de congestionamento, mas o incremento simultâneo do tamanho da janela leva à situação de congestionamento novamente

Random Early Detection (RED)

- Baseia-se no princípio do descarte antecipativo de pacotes para evitar congestionamento.
- A probabilidade de descarte depende da taxa de ocupação da fila.
- Não é eficaz se o protocolo de transporte não reage à perda de pacotes (UDP), podendo deteriorar a qualidade pelo aumento da taxa de perda de pacotes.

Probabilidade de descarte no RED



WRED

- Semelhante ao RED
- A probabilidade de descarte é definida em função:
 - Da taxa de ocupação da fila
 - Do peso atribuído a cada pacote (IP Precedence)
 - De haver ou não reservas de recursos associados ao fluxo (RSVP)

ECN – Explicit Congestion Notification

- No RED e WRED o congestionamento é sinalizado pelo descarte do pacote.
- Na técnica ECN os pacotes são marcados, por meio de um bit em seu cabeçalho (CE – Congestion Experienced), para sinalizar a ocorrência de congestionamento e evitar a perda dos mesmos.
 - evita o atraso no aguardo da retransmissão, que seria necessário caso fosse utilizado o descarte de pacote como forma de sinalização.

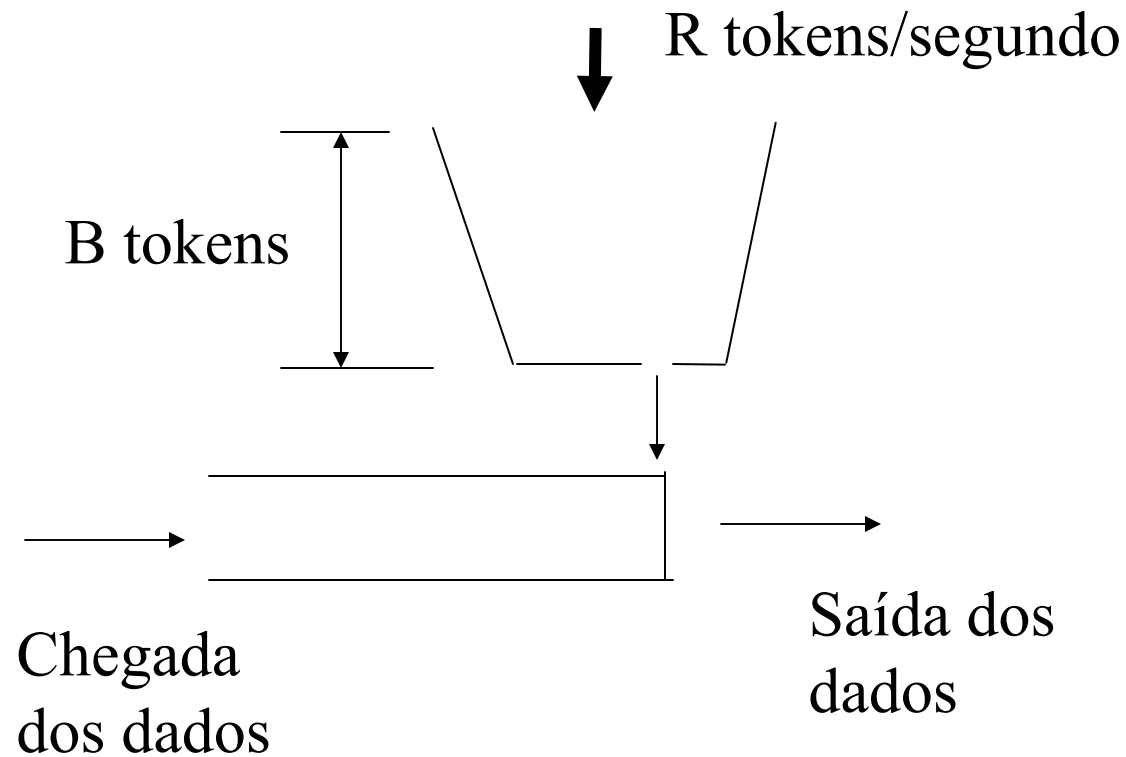
Policiamento e conformação de tráfego

- Identificam as violações do tráfego da mesma maneira, mas diferem na forma como reagem às violações:
 - Policiamento: descarta ou marca o pacote como elegível para descarte
 - Conformação: atrasa o tráfego em excesso, deixando-o conforme os parâmetros definidos.

Token Bucket

- Definição formal de uma taxa de transferência.
- Parâmetros
 - Comprimento de rajada
 - Taxa média
 - Intervalo de tempo

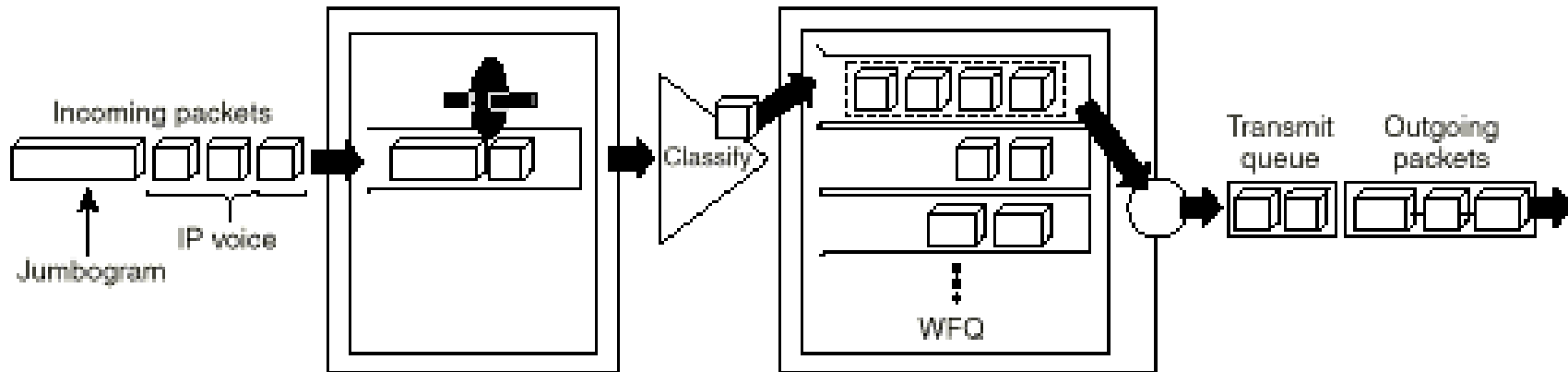
Token Bucket - Descrição do algoritmo



Fragmentação - objetivos

- Homogeneizar o tráfego na rede.
- Reduzir o atraso médio e o jitter na rede

Fragmentação



Large packet
fragmentation:
fragment size based
on required delay

Fragmentação

$$E(t_w) = \frac{\rho \cdot E(t_s)}{2(1-\rho)} \cdot \left[1 + \left(\frac{\sigma_{ts}}{E(t_s)} \right)^2 \right]$$

$$\sigma_{tw} = \sqrt{\frac{E(n)E(t_s^3)}{3(1-\rho)} + \frac{E^2(n)E^2(t_s^2)}{4(1-\rho)^2}}$$

Reserva de recursos

- Necessária para se prover QoS
- Tipos de recursos reservados
 - Espaço em buffer
 - Garantia de banda para transmissão
- Protocolos de Reserva
 - Algoritmo CAC no ATM
 - Protocolo RSVP no IP