

Aplicações e QOS

Redess WAN de Banda Larga

Amaury Krueel Budri¹

¹CECS
UFABC

REDES WAN DE BANDA LARGA

1 Aplicações e Protocolos

- Pilha de Protocolos

2 QOS

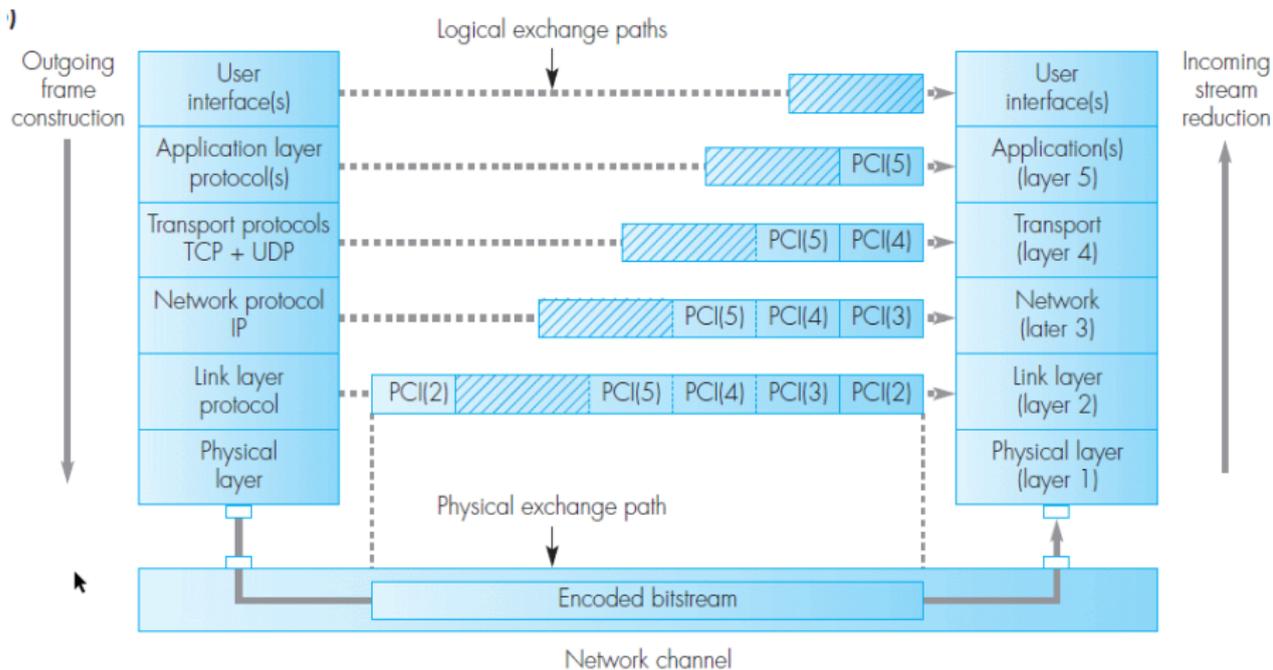
- Aplicações e QOS
- Latência e Jitter
- Vazão

3 QOE

- Definições

4 Mecanismos de QOS

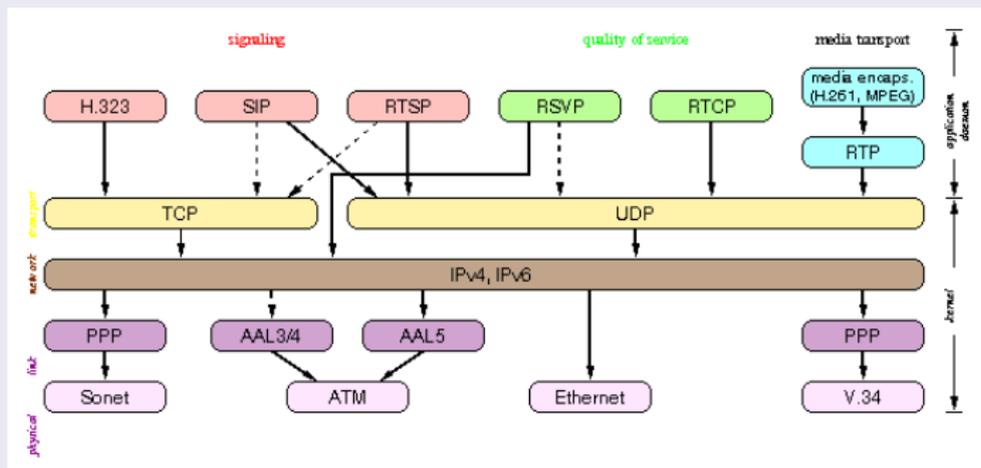
- Taxa de Erro
- Disponibilidade



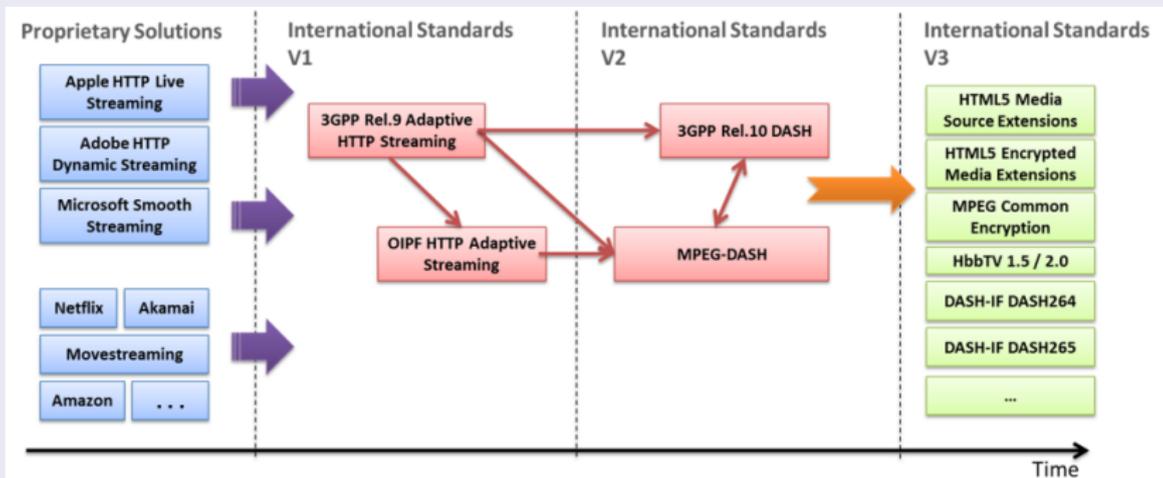
Serviços e Protocolos

- Streaming HTTP - Netflix e Youtube
- RTP/UDP - Real Time, VOIP e IPTV
- SCTP e WebSocket/TCP - HTML5 Data e Sigtran
- XMPP/TCP - Whatsapp
- FTP ou HTTP Transferência de arquivos
- RTMP/UDP - Real-Time Messaging Protocol Facebook
- AJAX/TCP - Games e Browsing
- UDP - LOL e Counter Strike

VOIP



Dynamic Adaptive Streaming over HTTP - DASH



Definição de Qualidade de Serviço da Rede

- Parâmetros operacionais associados a um canal de comunicação numa rede.
 - Comutação de Circuitos: taxa de transmissão (vazão), taxa de erro de bit (BER), congestionamento, disponibilidade.
 - Comutação de pacotes: taxa de transmissão média e máxima (vazão), latência (atraso), jitter, taxa de erro da pacote (PER), disponibilidade, perda de pacotes.
- SLA - Service Level Agreement - Estabelece os parâmetros de QOS de um serviço. Especificação de serviços
 - Termos mensuráveis e claros
 - Metas de nível de serviço, suporte técnico, prazos contratuais e outros
 - Esclarecimento técnico do contrato.
 - ABNT NBR ISO-IEC 20000-1

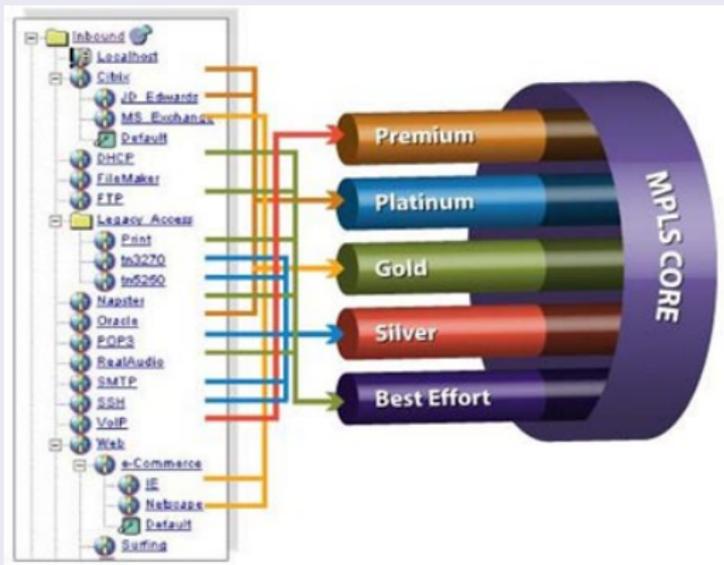
Natureza dos parâmetros de QOS

- Vazão - Banda Disponível
- Taxa de erro - Qualidade da transmissão
- Congestionamento - Quantidade finita de recursos
- Latência e Jitter - Propagação do sinal, atrasos nos equipamentos e filas, retransmissão
- Perda de pacotes - Taxa de erro e capacidade de buffers
- Disponibilidade - Falhas nos dispositivos, incluindo falta de energia, e condições atmosféricas.

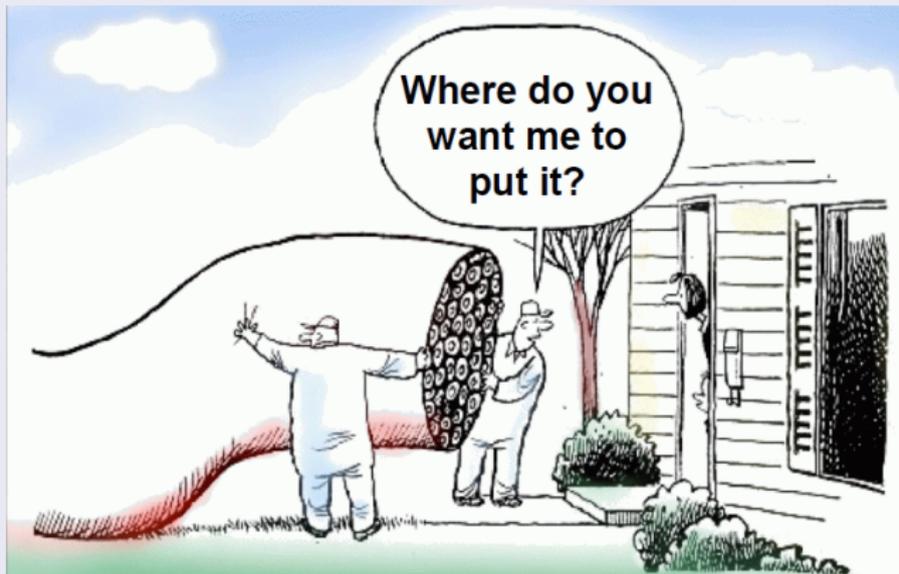
Classes de Tráfego

- Taxa Constante - Voz sem compressão
- Taxa variável em tempo real - Jogos, voz, videoconferência
- Taxa variável não em tempo real - Traffic Shaping e/ou Protocolos com retransmissão (TCP)
- Taxa variável com garantia de banda mínima - Acesso à internet
- Best Effort - e-mail

Diferenciação de QOS

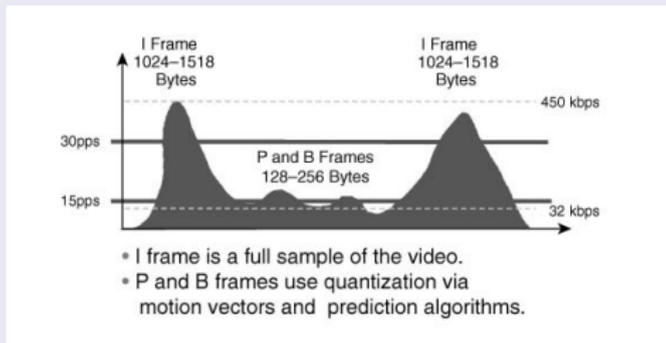


Mecanismos de QOS x Excesso de Banda



Videoconferência

- Vazão de 400 kbps de pico. Taxa variável.
- Atraso de 150 ms
- Jitter de 30 ms
- Taxa de perda de pacotes $< 1\%$



Streaming Video

- Vazão mínima de 250 kbps a taxa variável
- Atraso de 10s
- Jitter - Qualquer
- Taxa de perda de pacotes $< 5\%$

Voz Sobre IP

- Vazão de 20 a 300 kbps
 - G.711 64kbps taxa constante + overhead IP = 80kbps
 - Outros codecs e qualidade dão origem a outras taxas
 - Atraso de 150 ms
 - Jitter de 30 ms
 - Taxa de perda de pacotes < 1%

Definições

- Latência (atraso) - Tempo entre o instante em que a informação está disponível para transmissão e sua recepção.
- Jiter - É a variação do tempo de atraso.
 - Tempos de propagação e atrasos em equipamentos
 - Tempo de espera em filas (comutação de pacotes)
 - Erros e mecanismos de retransmissão

Atraso fixo

- Serialização = bits do pacote (bruto) / banda (bps)
- Propagação = distância percorrida / velocidade
 - rádio 300.000 km/s
 - fibra 200.000 km/s
- Empacotamento = bits do pacote (líquido) / taxa de amostragem

Exemplo

- Enlace GE 1Gbps de 400m, PCMU - 8k, quadro 20ms.
- Pacote (líquido) = 8kbps * 0,02 s * 8 bits/amostra = 1280 bits
- Pacote (bruto ipv4) = 1280 + (20(ip) + 8(UDP) + 12(RTP) + 18(GE)) * 8 = 1280 + 464 = 1744 bits
- Serialização = 1744 / 1G = 1,7 us
- Propagação = 0,4 / 200.000 km/s = 2 ns
- Empacotamento = 1744 / 8000*8 = 20 ms

Atraso Variável

- Atraso nas filas dos roteadores
- Atraso aleatório
- Distribuição Probabilística do tempo de atraso
- Problema complexo
- Simplificação via banda efetiva

Definição de vazão

- Taxa de transmissão da informação ou Banda
 - bits por segundo bps
 - Bytes por segundo Bps
- Taxa média
- Taxa de pico
- Banda Equivalente ou Banda Efetiva
 - Se a soma das bandas efetivas de todos tráfegos for inferior à banda disponível então é garantida a QOS.

Banda Efetiva Determinística

- Uma das várias abordagens (muito conservadora)
- Em nenhum momento o tempo de atraso deve ser superior a Δ
- $N(t)$ - Bits recebidos num buffer durante intervalo de tempo t .
- C - Taxa de transmissão na saída do buffer
- Banda Efetiva

$$C = \max_t \frac{N(t)}{t + \Delta} \text{ para } t > 0$$

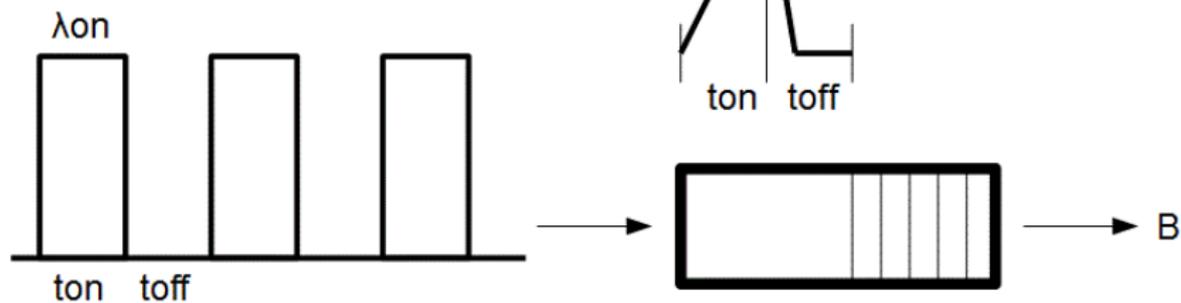
Banda Efetiva de uma fonte On-Off

- T_{on} = Período de tempo em que a fonte produz informação
- T_{off} = Período de tempo em que a fonte não produz informação
- λ = Taxa de produção da informação durante o período on.
- $\bar{\lambda}$ = Taxa média.

$$\text{Banda Efetiva} = C = \text{Max}\left\{\bar{\lambda}, \frac{\lambda \cdot T_{on}}{T_{on} + \Delta}\right\}$$

Tráfego on-off

$$D_{\max} = n_{\max} / B = (\lambda \text{on} - B) \cdot \text{ton} / B$$
$$B = \lambda \text{on} \cdot \text{ton} / (\text{ton} + D_{\max})$$



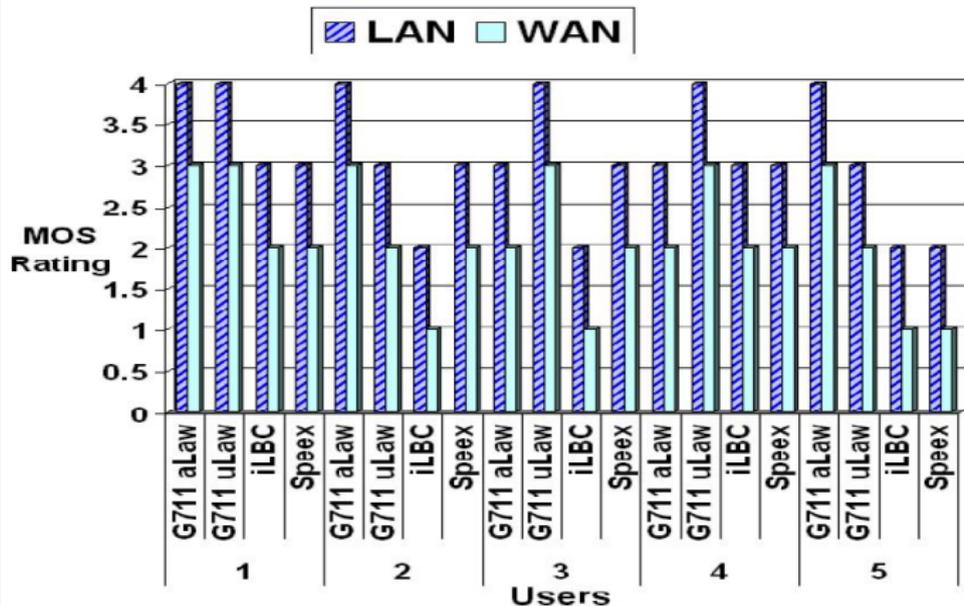
Quality of Experience (QoE)

- Qualidade experimentada pelo usuário
- Mudança de paradigma de QOS para QOE
- Objetiva, subjetiva e híbrida

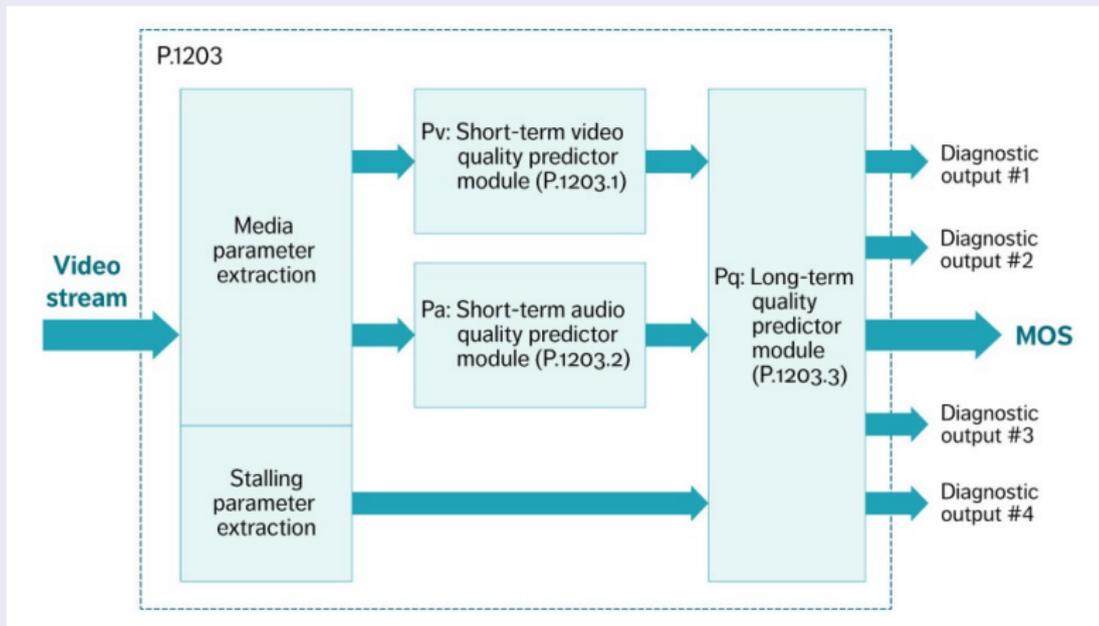
Métodos de Medição

- File transfer - Expected upper and lower data rate
- Web Browsing - Response time
- Skype - Frame rate, image quality, resolution
- VoIP ITU-T - G107, E-model Packet loss ratio, delay, codec, coding rate
- Video streaming
 - IPTV model - Data rate, frame rate
 - YouTube model - Number of stalling events, duration of stalling events, video duration
 - YouTube adaptativo - Time on highest layer, amplitude, frequency of quality switches
- Online video - ITU-T Rec. G 1070 - Packet loss ratio for audio and video packets, relative delay between video and audio packets, data rate, frame rate, monitor size

Mean Opinion Score MOS



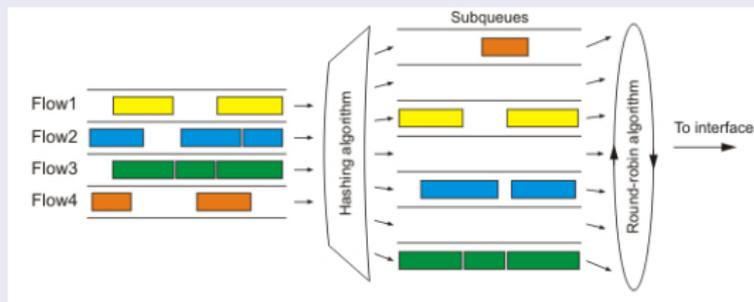
Estimativa objetiva de MOS



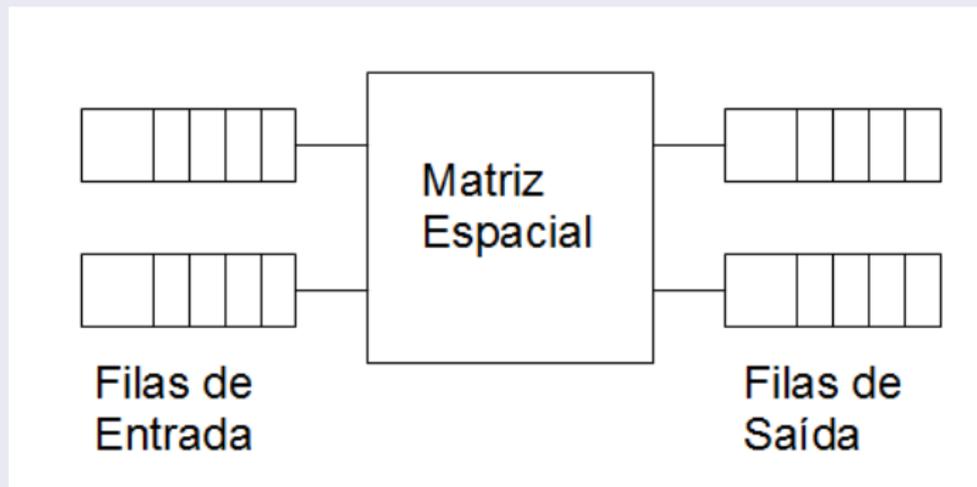
QOS x QOE



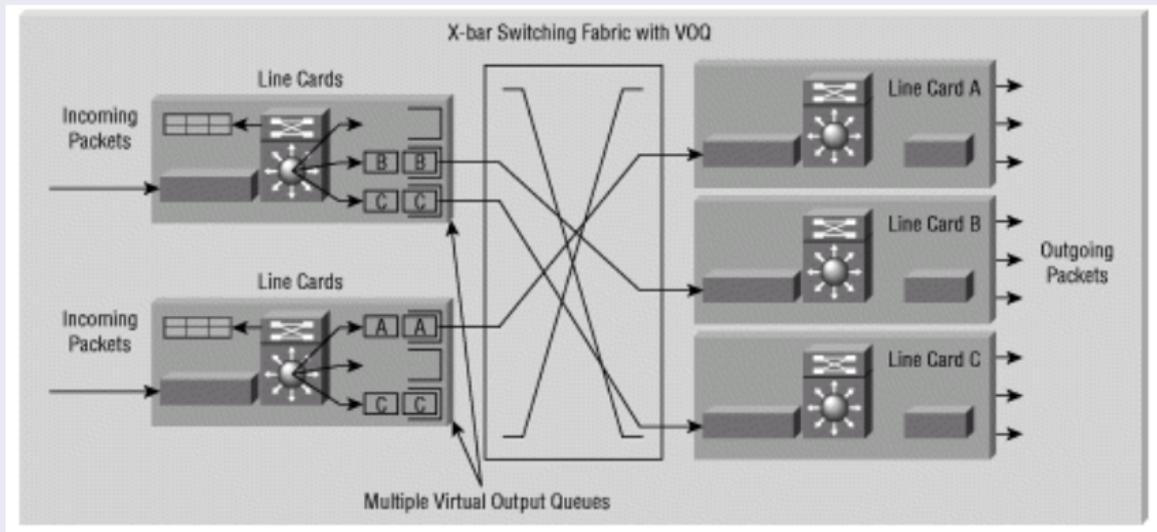
Multiplexação Estatística



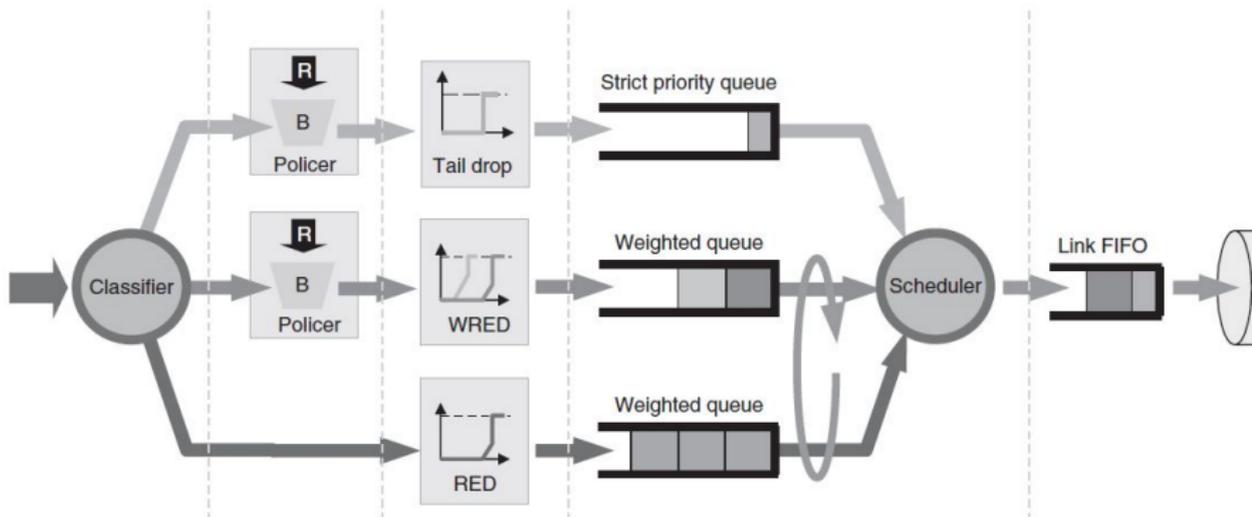
Matriz tipo TST



Roteador c/ Interface Óptica



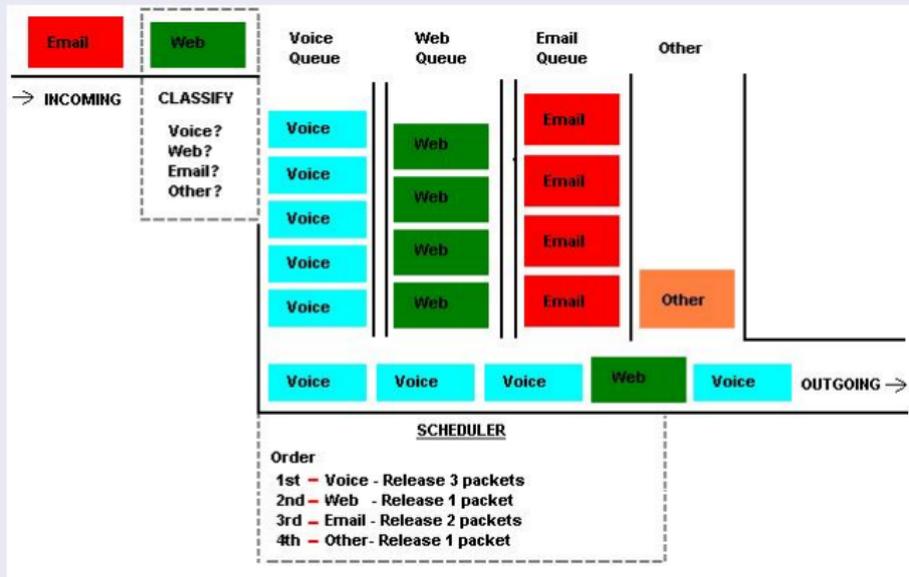
Mecanismos de QoS



Classes de tráfego

- Flow - source IP address, destination IP address, source TCP/UDP port, destination TCP/UDP port and the transport protocol (e.g. TCP or UDP).
 - Não é possível sempre: Fragmentation, encryption or tunneling
- Stream - Agregado de fluxos segundo um dado critério
- Traffic classes - Agregado que é processado da mesma forma pelos roteadores
 - Marcação (Coloring) - Identificação no header IP da classe de tráfego (TOS-DSCP-MPLS EXP)

Múltiplas Filas



Traffic Shaping

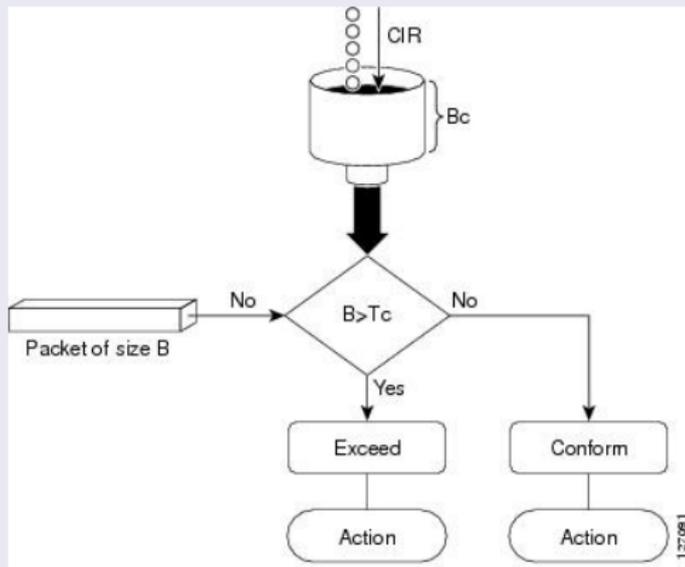
Without Shaping



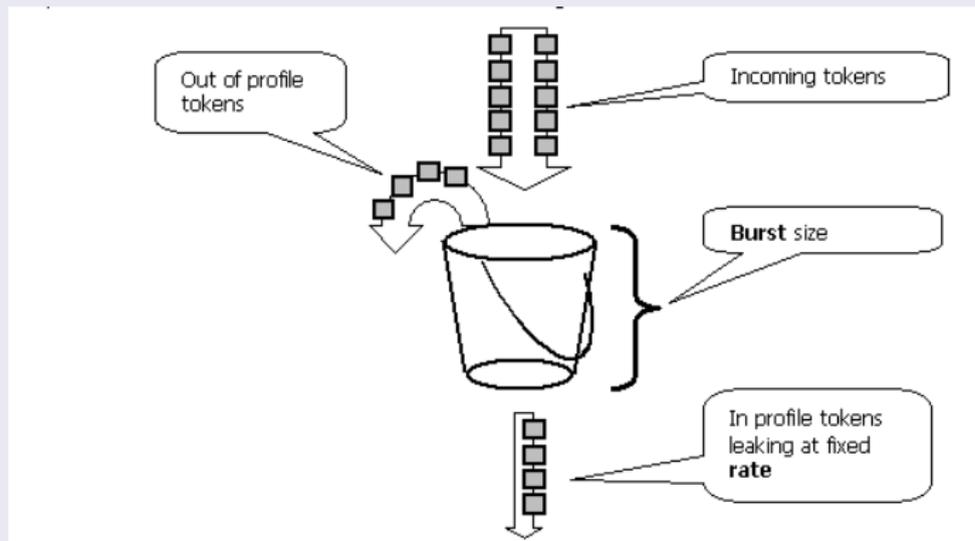
With Shaping



Algoritmo Token Bucket



Algoritmo do balde furado



Políticas de descarte (ou marcação para descarte)

- Tail Drop - Limite simples para armazenamento na fila
- Weighted Tail Drop - Limites diferentes para as classes de tráfego
- Random Early Detection (RED) - Há dois níveis. Abaixo de um nível todo pacote é aceito. Acima do outro nível todo pacote é descartado. Entre os níveis há um descarte aleatório, com probabilidade crescente conforme se aproxima do nível maior.
- Weighted Random Early Detection (WRED) - Níveis diferentes para as classes de tráfego

Link Shaping e Fragmentação

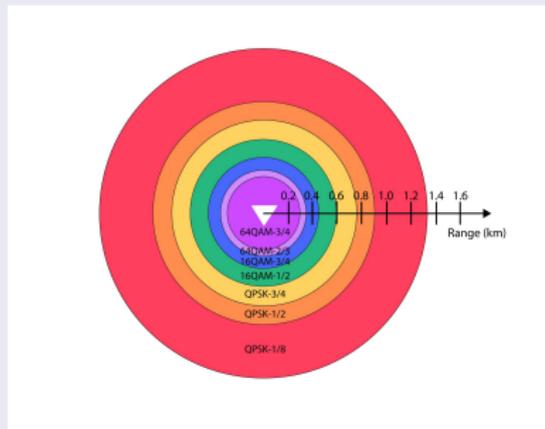
■ Link Shaping

- Mecanismo de balde furado nas filas de saída

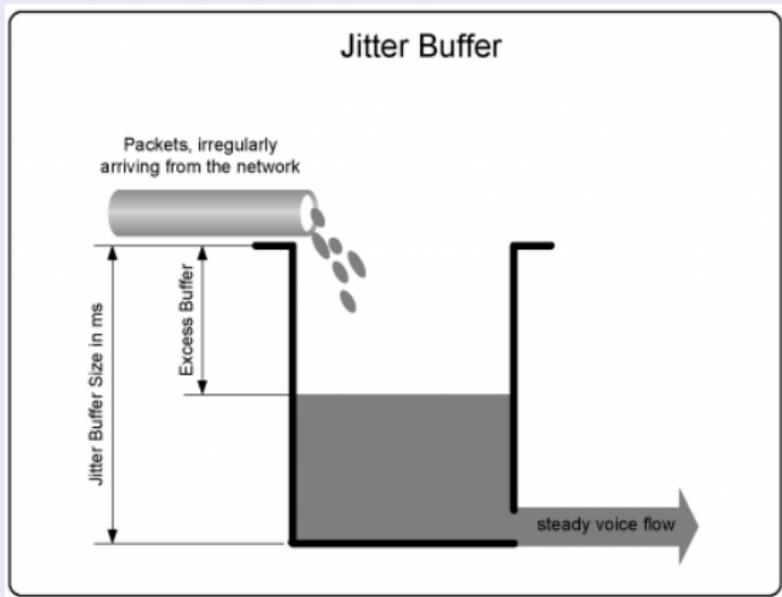
■ LFI

- Fragmentação e interleaving de link - para bandas reduzidas, resolve a distorção que ocorre quando há grandes pacotes de baixa prioridade. É uma técnica melhor que a fragmentação de pacotes na entrada.

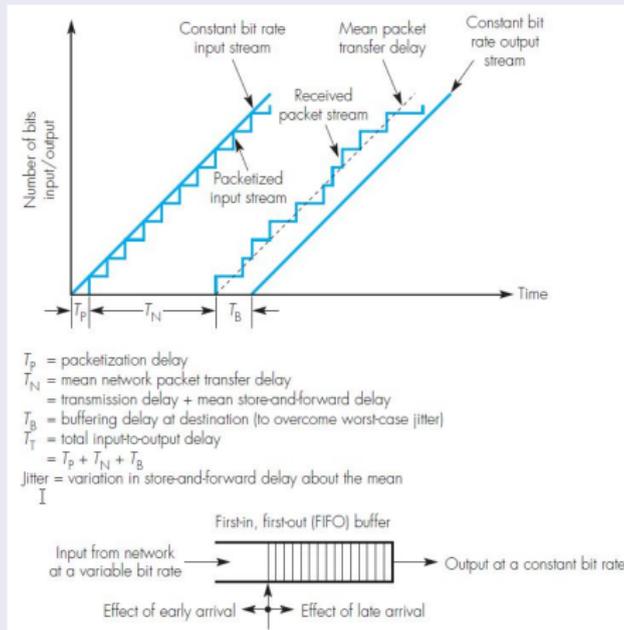
Taxa em sistemas sem fio



Buffer de Entrada para Acomodação do jitter



Atraso de Empacotamento e acomodação de Jitter



Taxa de Erro de bit e de pacote

■ BER

- Bit error rate - taxa de erro de bit
- Erros de transmissão (ruído, modulação e sensibilidade do receptor)
- Detectada por violação de código ou sequências de verificação

■ PER

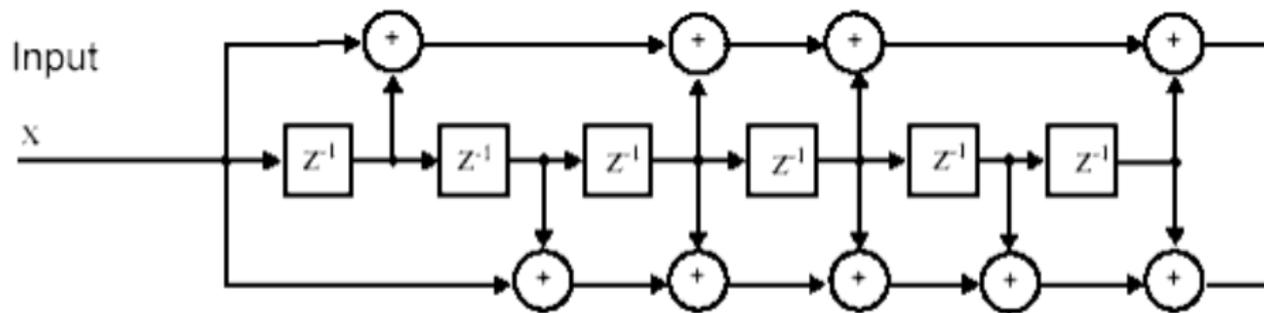
- Packet error rate - taxa de erro de pacote
- BER
- Detectada por violação do CRC, Perda de pacotes (numerados)

■ FEC - Forward Error Correction - Códigos corretores de erros

Código corretor de erro de bloco

Triplet received	Interpreted as
000	0 (error free)
001	0
010	0
100	0
111	1 (error free)
110	1
101	1
011	1

Código corretor de erro convolucional



Interleaving e correção de erros

FAST



Raw data stream

Sudden burst of Noise
causing errors

INTERLEAVED

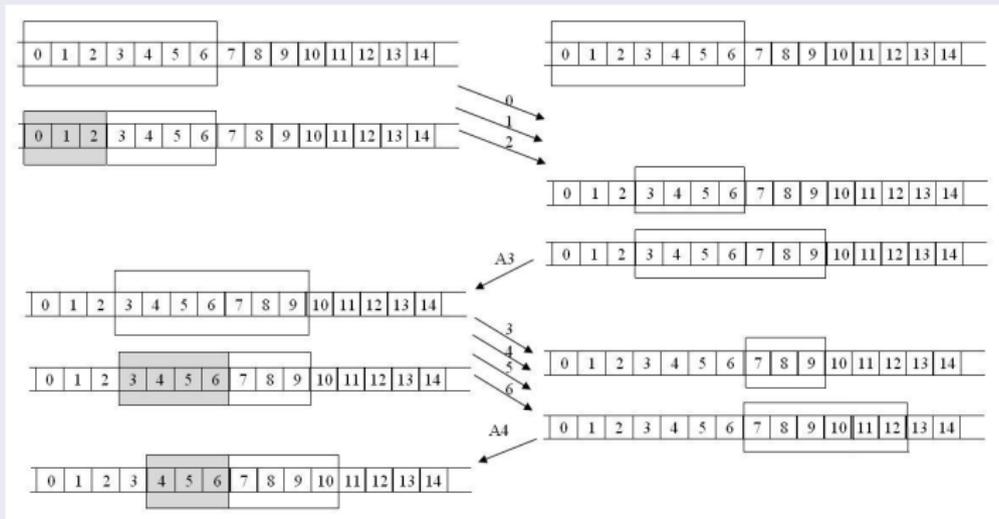


Interleaved data stream



Re-assembled stream

Automatic Repeat Request



Congestionamento x TCP

- TCP - É um protocolo de janelas deslizantes
- Versão Tahoe e Reno - Utiliza as janelas deslizantes também para congestionamento
- Princípio
- Perda de pacotes => Congestionamento (fibra)
- Redução da Janela => Redução da Taxa => Menor Congestionamento
- Problema
- Perda de pacotes por erros de transmissão (Rádio) => Grande aumento do atraso

Definições

- **Confiabilidade** - Probabilidade de um sistema se manter no estado operacional durante um dado intervalo de tempo $([0,1])$.
- **Disponibilidade** - É a probabilidade de encontrar um sistema no estado operacional.
- **MTBF** - Mean Time Mean Time Between Failures.
- **MTTR** - Mean Time To Restore.

$$Disponibilidade = A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$$

Componentes em série e paralelo

- Sistema possui componentes em série. Se um componente falha, o sistema falha. O sistema está disponível se todos componentes estão disponíveis.

$$\text{Disponibilidade} = A = A_1 \cdot A_2$$

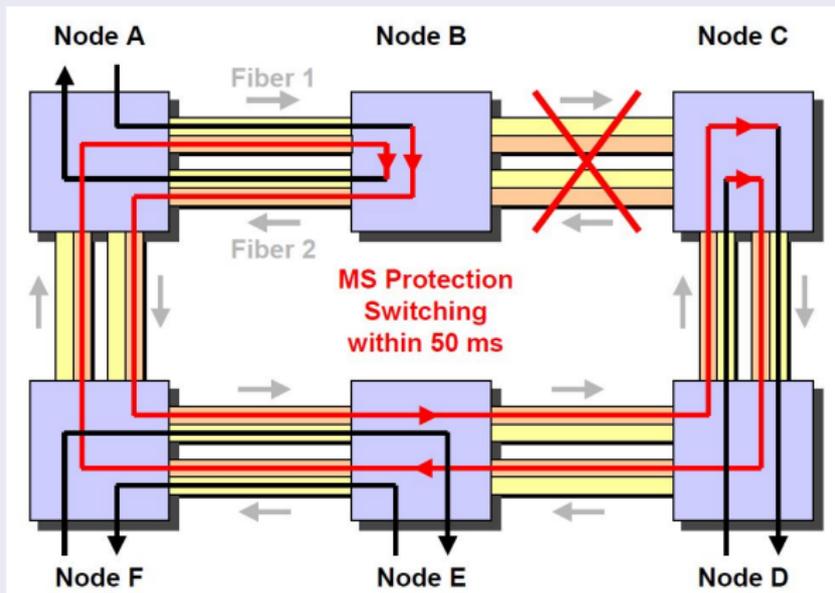
- Sistema possui componentes em paralelo (redundantes). O sistema está disponível se um ou mais componentes estão disponíveis.

$$\text{Disponibilidade} = A = 1 - (1 - A_1) \cdot (1 - A_2)$$

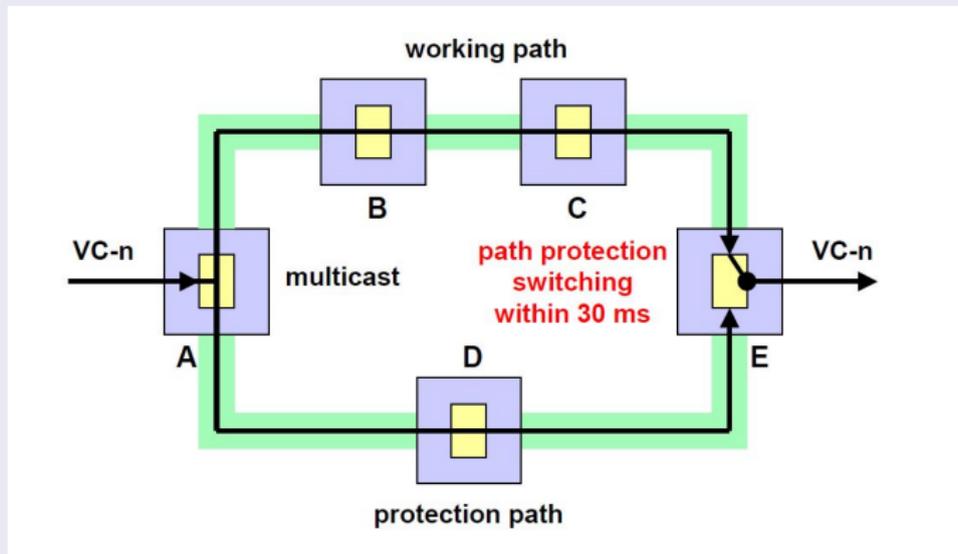
Cadeia com dois estados: OK/Falha

- $\lambda = 1/MTBF$
- $\mu = 1/MTTR$
- $\mu P_F = \lambda P_{OK}$
- $P_F + P_{OK} = 1$
- $\frac{\lambda}{\mu} P_{OK} + P_{OK} = 1$
- $P_{OK} = 1/(1 + \frac{\lambda}{\mu}) = \frac{1}{\lambda}/(\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu})$
- $A = P_{OK} = \mathbf{MTBF/(MTBF+MTTR)}$

Proteção de Seção de Anel



Proteção de Caminho



Anéis Biconectados

