

Cap. 7: Redes Multimídia - Objetivos

Princípios

- ❑ Classificar aplicações multimídia
- ❑ Identificar que serviços de rede as apps precisam
- ❑ Mecanismos para oferecer QoS

Protocolos e Arquiteturas

- ❑ Protocolos específicos para melhor-esforço
- ❑ Arquiteturas para QoS

Capítulo 7 - Sumário

- ❑ 7.1 Aplicações Multimídia em Rede
- ❑ 7.2 Áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenados
- ❑ 7.3 Multimídia em Tempo-Real: Telefonia pela Internet (*IP-phone*)
- ❑ 7.4 Protocolos para Aplicações Interativas em Tempo-Real
- ❑ 7.5 Distribuição de Multimídia : redes de distribuição de conteúdo
- ❑ 7.6 Além do Melhor Esforço
- ❑ 7.7 Mecanismos de Escalonamento e Regulação
- ❑ 7.8 Serviços Integrados e Serviços Diferenciados
- ❑ 7.9 RSVP

Multimídia e Qualidade de Serviço (QoS): O que é isto?



Aplicações MM em Rede

Classes de aplicações

MM:

- ❑ Áudio e vídeo de fluxo contínuo (*streaming*) armazenados
- ❑ Áudio e vídeo de fluxo contínuo ao vivo
- ❑ Vídeo interativo em tempo-real

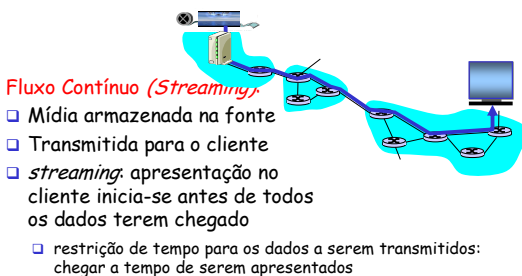
Características

Fundamentais:

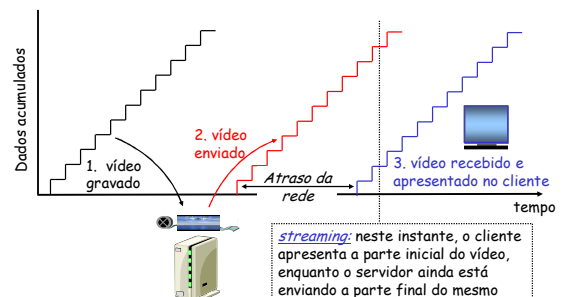
- ❑ sensíveis ao atraso.
 - o atraso fim-a-fim
 - o jitter
- ❑ Tolerante a perdas: perdas esparsas causam pequenas falhas
- ❑ Antítese da transmissão de dados que não toleram falhas mas aceitam atrasos
- ❑ Multimídia também é chamada de "mídia de fluxo contínuo"

Jitter é a variação do atraso dos pacotes dentro do mesmo fluxo (*stream*) de pacotes

Streaming de Multimídia Armazenada



Streaming de Multimídia Armazenada



Streaming de Multimídia Armazenada : Interatividade



- Funcionalidade do tipo *VCR*: cliente pode fazer pausa, voltar, avançar, ...
 - Retardo inicial de 10 s é adequado
 - 1-2 s até comando agir é adequado
 - RTSP geralmente usado
- restrição de tempo para os dados a serem transmitidos: chegar a tempo de serem apresentados

Streaming de MM ao Vivo

Exemplos:

- Programas de rádio ou TV ao vivo transmitidos pela Internet

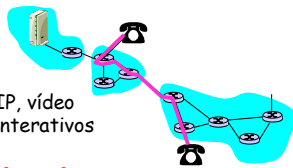
Streaming

- *buffer* de reprodução
- reprodução pode iniciar-se dezenas de segundos após a transmissão
- ainda tem restrições temporais

Interatividade

- avanço impossível
- retorno e pausa possíveis!

MM Interativa em Tempo-Real

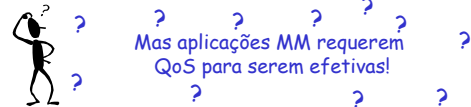


- **aplicações:** telefonia IP, vídeo conferencia, mundos interativos distribuídos
- **requisitos de retardo fim-a-fim:**
 - Vídeo: < 150 ms aceitável
 - Áudio: < 150 ms é bom, < 400 ms é aceitável
 - inclui retardos da rede e da camada de aplicação (empacotamento)
- **iniciação de sessão**
 - como o destinatário anuncia seu end. IP, número de porta, algoritmos de codificação?

Multimídia na Internet de Hoje

TCP/UDP/IP: "serviço de melhor-esforço"

- *não* há garantias de retardo ou perda



Mas aplicações MM requerem QoS para serem efetivas!



As aplicações MM atuais na Internet procuram mitigar os efeitos das perdas e retardos na camada de aplicação

Como a Internet deveria evoluir para suportar melhor as aplicações multimídia?

- | | |
|--|---|
| <p>Filosofia de serviços Integrados:</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Mudar os protocolos da Internet de forma que as aplicações possam reservar banda fim-a-fim □ Exige <i>software</i> novo e complexo nos hosp.s e roteadores <p>Filosofia "deixe estar"</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Sem mudanças significativas □ Mais banda quando necessário □ Redes de distribuição de conteúdo □ Redes <i>multicast</i> de sobreposição | <p>Filosofia de serviços diferenciados:</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Menos mudanças na infraestrutura da Internet <ul style="list-style-type: none"> ○ serviços de 1a. 2a. □ Usuários pagam mais para enviar e receber pacotes de primeira classe □ ISPs pagam mais aos provedores de <i>backbone</i> para enviar e receber pacotes de primeira classe. |
|--|---|

Compressão de áudio

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> □ Sinal analógico amostrado a taxa constante <ul style="list-style-type: none"> ○ telefone : 8.000 amostras/s ○ música em CD : 44.100 amostras/s □ Cada amostra é quantificada, i.e., arredondada <ul style="list-style-type: none"> ○ ex., $2^8=256$ valores quantificados possíveis □ Cada valor representadas por um número fixo de bits <ul style="list-style-type: none"> ○ 8 bits para 256 valores | <ul style="list-style-type: none"> □ Exemplo: 8.000 amostras/s, 256 valores quantificados <ul style="list-style-type: none"> → 64.000 bps □ Receptor converte os valores de volta para um sinal analógico: <ul style="list-style-type: none"> ○ Alguma redução de qualidade <p>Exemplos de taxas</p> <ul style="list-style-type: none"> □ CD: 1,411 Mbps (estéreo) □ MP3: 96, 128, 160 kbps □ Telefonia pela Internet: 5,3 - 13 kbps (G723.3, G729, GSM ...) |
|--|--|

Compressão de Vídeo

- ❑ Vídeo: seqüência de imagens exibida a uma taxa constante
 - ex. 24 imagens / s
 - ❑ Uma imagem digital é uma matriz de *pixels*
 - ❑ Cada *pixel* é representado por bits
 - ❑ Redundância
 - espacial
 - temporal
- Exemplos:**
- ❑ MPEG 1 (CD-ROM) 1,5 Mbps
 - ❑ MPEG2 (DVD) 3-6 Mbps
 - ❑ MPEG4 (geralmente usado na Internet, < 1 Mbps)
- Pesquisa:**
- ❑ Vídeo (escalável) em camadas
 - adapta as camadas à largura de banda disponível

Capítulo 7 - Sumário

- ❑ 7.1 Aplicações Multimídia em Rede
- ❑ 7.2 **Áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenados**
- ❑ 7.3 Multimídia em Tempo-Real: Telefonia pela Internet (*IP-phone*)
- ❑ 7.4 Protocolos para Aplicações Interativas em Tempo-Real
- ❑ 7.5 Distribuição de Multimídia : redes de distribuição de conteúdo
- ❑ 7.6 Além do Melhor Esforço
- ❑ 7.7 Mecanismos de Escalonamento e Regulação
- ❑ 7.8 Serviços Integrados e Serviços Diferenciados
- ❑ 7.9 RSVP

Áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenados

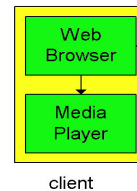
Técnica de *streaming* implementada na camada de aplicação para fazer o melhor do serviço de melhor-esforço :

- armazenamento (*buffering*) do lado cliente
- uso de UDP em vez de TCP
- vários esquemas de codificação da MM

Transdutor de Mídia (*player*):

- remove *jitter*
- descomprime
- correção de erros
- interface gráfica com o usuário com controles para interatividade
- ❑ *Plugins* podem ser usados para embutir o transdutor de mídia na janela de um navegador.

MM na Internet : abordagem simples

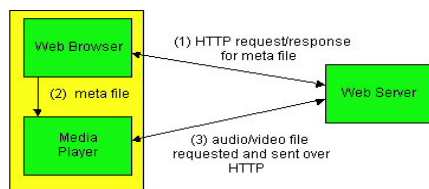


- ❑ Áudio ou vídeo armazenados em arquivos
- ❑ Arquivos transferidos como objetos HTTP
 - Recebidos na íntegra pelo cliente e, depois, passados ao reproduzidor/transdutor (*player*)

Áudio e vídeo não são enviados em "fluxo contínuo" :

- ❑ não há *pipelining*, grandes retardos até a apresentação!

MM na Internet : fluxo contínuo (*streaming*)

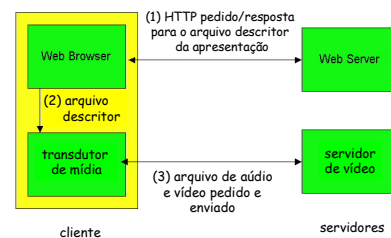


- ❑ Navegador obtém (GET) um **meta arquivo**
- ❑ Navegador dispara o transdutor e lhe passa o meta arquivo
- ❑ O transdutor conecta-se ao servidor e solicita o arquivo

Algumas preocupações:

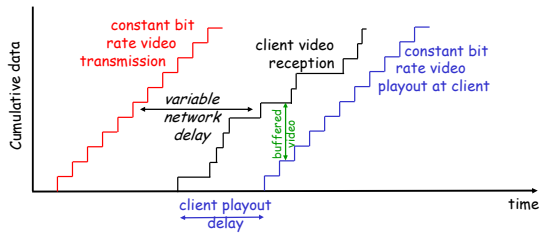
- ❑ HTTP não foi projetado para suportar comandos de controle de apresentação
- ❑ Pode-se desejar enviar o áudio e o vídeo sobre UDP

MM na Internet : fluxo contínuo de um servidor dedicado



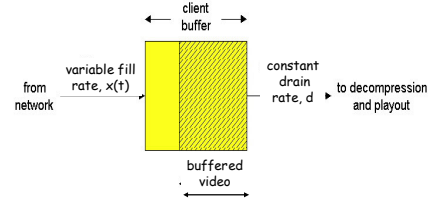
- ❑ Esta arquitetura permite o uso de outros protocolos (além do HTTP) entre o servidor e o transdutor de mídia
- ❑ Pode-se também usar UDP ao invés do TCP

Fluxo contínuo de MM: Buzerização do lado cliente



- "Buzerização" do lado cliente: atraso de reprodução compensa o atraso e a variação do atraso introduzidos pela rede

Fluxo contínuo de MM: Buzerização do lado cliente



- "Buzerização" do lado cliente: atraso de reprodução compensa o atraso e a variação do atraso introduzidos pela rede

Fluxo contínuo de MM: TCP ou UDP?

UDP

- servidor envia a uma taxa apropriada para o cliente
 - geralmente, taxa de envio = taxa de codificação = tx_{const} .
 - Logo, taxa de preenchimento, $x(t) = tx_{const} - perda$
- pequeno retardo de reprodução (2 a 5s) para compensar o *jitter*
- $x(t)$ é igual a d , exceto quando há perdas

TCP

- enviar à taxa máxima possível
- $x(t)$ flutua e pode tornar-se muito menor que d , devido ao controle de congestionamento do TCP
- maior retardo de reprodução (maior *buffer*) para suavizar a variação da taxa de entrega do TCP
- HTTP/TCP passa mais facilmente por *firewalls*

Fluxo contínuo de MM: taxa(s) do cliente



Q: como tratar capacidades de recepção diferentes nos clientes?

- linha discada de 28,8 Kbps
- Ethernet de 100Mbps

R: servidor armazena e transmite várias cópias do vídeo, codificadas a diferentes taxas

Real Time Streaming Protocol: RTSP

HTTP

- Projetistas do HTTP tinham em mente mídias estáticas: HTML, imagens, *applets*, etc.
- HTTP não pretende tratar mídia contínua armazenada

RTSP: RFC 2326

- Protocolo de camada de aplicação do tipo cliente-servidor.
- Permite ao usuário controlar apresentações de mídia contínua: voltar ao início, avançar, pausa, continuar, seleção de trilha, etc...

O que ele não faz:

- não define esquema de compressão para áudio/vídeo
- não define como o áudio e o vídeo é encapsulado para transmissão pela a rede
- não restringe como a mídia contínua é transportada: pode usar UDP ou TCP
- não especifica como o receptor armazena o áudio e o vídeo

RealNetworks

- Servidor e transdutor usam RTSP para enviar informações de controle de um para o outro

RTSP: controle fora da faixa

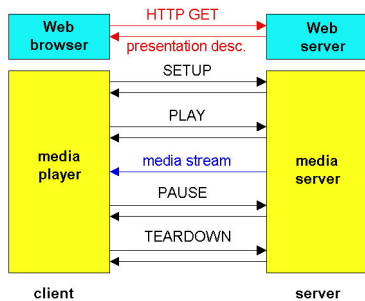
FTP usa um canal de controle "fora-da-faixa":

- Um arquivo é transferido sobre um canal.
- Informação de controle (mudanças de diretório, remoção de arquivos, trocas de nomes, etc.) é enviada sobre uma conexão TCP separada.
- Os canais "dentro-da-faixa" e "fora-da-faixa" usam diferentes números de portas.

Mensagens RTSP também são enviadas "fora-da-faixa":

- As mensagens de controle RTSP usam diferentes números de portas em relação ao fluxo de dados de mídia contínua
 - enviados "fora-da-faixa".
 - porta 544
- O fluxo de dados de mídia contínua é considerada "dentro-da-faixa".
 - estrutura de pacotes não é definida pelo RTSP,

RTSP: Funcionamento



Sessão RTSP

- ❑ Cliente obtém uma descrição da apresentação multimídia, que pode consistir de vários fluxos de dados.
- ❑ O *browser* chama o transdutor de mídia (aplicação auxiliar) com base no tipo de conteúdo da descrição da apresentação.
- ❑ A descrição da apresentação inclui referências aos fluxos de mídia usando o método URL `rtsp://`
- ❑ Transdutor envia o comando RTSP SETUP; servidor envia a resposta RTSP SETUP.
- ❑ Transdutor envia o comando RTSP PLAY; servidor envia a resposta RTSP PLAY.
- ❑ O servidor de mídia descarrega o fluxo de mídia.
- ❑ Transdutor envia o comando RTSP PAUSE; o servidor envia a resposta RTSP PAUSE.
- ❑ Transdutor envia o comando RTSP TEARDOWN; servidor envia a resposta RTSP TEARDOWN.

Exemplo de Meta-arquivo

```

<title>Twister</title>
<session>
  <group language=en lipsync>
    <switch>
      <track type=audio
        e="PCMU/8000/1"
        src="rtsp://audio.example.com/twister/audio/en/lofi">
      <track type=audio
        e="DVI4/16000/2" pt="90 DVI4/8000/1"
        src="rtsp://audio.example.com/twister/audio/en/hifi">
    </switch>
    <track type="video/jpeg"
      src="rtsp://video.example.com/twister/video">
  </group>
</session>
  
```

RTSP: exemplo de mensagens

```

C: SETUP rtsp://audio.example.com/twister/audio RTSP/1.0
  Transport: rtp/udp; compression; port=3056; mode=PLAY

S: RTSP/1.0 200 1 OK
  Session: 4231

C: PLAY rtsp://audio.example.com/twister/audio/en/lofi RTSP/1.0
  Session: 4231
  Range: npt=0-

C: PAUSE rtsp://audio.example.com/twister/audio/en/lofi RTSP/1.0
  Session: 4231
  Range: npt=37

C: TEARDOWN rtsp://audio.example.com/twister/audio/en/lofi RTSP/1.0
  Session: 4231

S: 200 3 OK
  
```

Capítulo 7 - Sumário

- ❑ 7.1 Aplicações Multimídia em Rede
- ❑ 7.2 Áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenados
- ❑ 7.3 Multimídia em Tempo-Real - Estudo de caso: **Telefonia pela Internet**
- ❑ 7.4 Protocolos para Aplicações Interativas em Tempo-Real
- ❑ 7.5 Distribuição de Multimídia : redes de distribuição de conteúdo
- ❑ 7.6 Além do Melhor Esforço
- ❑ 7.7 Mecanismos de Escalonamento e Regulação
- ❑ 7.8 Serviços Integrados e Serviços Diferenciados
- ❑ 7.9 RSVP

Aplicações interativas em tempo-real

- ❑ telefone PC-a-PC
- ❑ PC-a-telefone
 - Dialpad
 - Net2phone
- ❑ videoconferência
- ❑ Webcams
- ❑ Vamos agora examinar um produto do tipo telefone PC-a-PC da Internet.

Telefonia Internet: cenário

- As aplicações de telefonia na Internet geram pacotes durante momentos de atividade da voz (surto de voz)
 - Taxa de bits é 64 kbps nos intervalos de atividade
- Pcts gerados durante os intervalos de atividade
 - blocos de 160 bytes a cada 20 ms (8 kbytes/s)
- Cabeçalho é acrescentado ao bloco
 - bloco mais cabeçalho são encapsulados num pacote UDP e enviados
- Alguns pacotes podem ser perdidos e o atraso dos pacotes poderá flutuar

Telefonia Internet: cenário

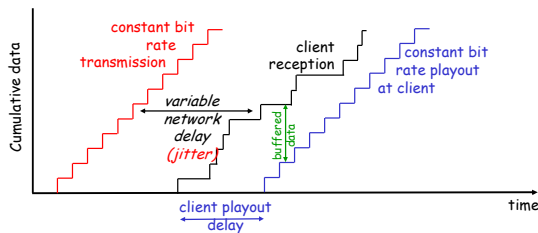
Perda de pacotes

- Datagramas IP podem ser descartados por falta de espaço nas filas dos roteadores
- TCP pode eliminar perdas, mas
 - retransmissões aumentam o atraso
 - O controle de congestionamento do TCP limita a taxa de transmissão
- taxas de perdas entre 1% e 10% podem ser toleradas
 - dependendo dos esquemas de codificação, transmissão e ocultação de perdas.

Atraso fim-a-fim

- Mais que 400 ms de atraso fim-a-fim compromete a interatividade; quanto menor o atraso, melhor

Variação do atraso (Jitter)



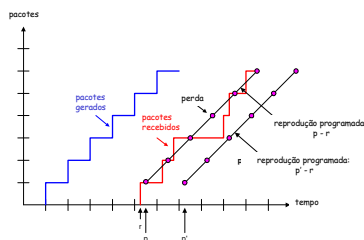
- Considere o atraso fim-a-fim de dois pacotes consecutivos: a diferença pode ser maior ou menor que 20 ms

Telefonia Internet: atraso de reprodução fixo

- Receptor tenta reproduzir cada bloco exatamente φ ms depois que o bloco é gerado
 - se o bloco tem marca de tempo t , o receptor reproduz o bloco no instante $t+\varphi$
 - se o bloco chega após o instante $t+\varphi$, receptor descarta-o
- Números de seqüência não são necessários
- Estratégia permite pacotes perdidos
- Escolha do valor de φ :
 - φ grande: menos perda de pacotes
 - φ pequeno: melhor experiência interativa

Telefonia Internet: atraso de reprodução fixo

- Transmissor gera pacotes a cada 20 ms durante os intervalos de atividade (surto de voz)
- Primeiro pacote é recebido no instante r
- Primeira programação de reprodução: começa em p
- Segunda programação de reprodução: começa em p'



Atraso de reprodução adaptativo (1)

- **Objetivo:** minimizar o atraso de reprodução, mantendo a taxa de perda por atraso baixa
- **Abordagem:** ajuste adaptativo do atraso de reprodução
 - Estimar o atraso da rede e ajustar o atraso de reprodução no início de cada intervalo de atividade (surto de voz)
 - Períodos de silêncio são comprimidos e alongados
 - Os blocos ainda são reproduzidos a cada 20 ms nos intervalos de atividade

t_i = marca de tempo do i -ésimo pacote

r_i = instante no qual o pacote i é recebido pelo receptor

p_i = instante no qual o pacote i é reproduzido no receptor

$r_i - t_i$ = atraso da rede para o i -ésimo pacote

d_i = estimativa do atraso na rede após receber o i -ésimo pacote

Estimativa dinâmica do atraso médio no receptor:

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

onde u é uma constante fixa (ex., $u = 0,01$)

Atraso de reprodução adaptativo (2)

- É também útil estimar o desvio médio do atraso, v_i :

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

- As estimativas d_i e v_i são calculadas para cada pacote recebido, embora elas sejam usadas apenas no início de um intervalo de atividade.
- Para o primeiro pacote de um intervalo de atividade, o instante de reprodução é:

$$p_i = t_i + d_i + K v_i$$

onde K é uma constante positiva.

- Os demais pacotes do mesmo intervalo de atividade devem ser reproduzidos periodicamente

Atraso de reprodução adaptativo (3)

Como saber se um pacote é o primeiro de um intervalo de atividade?

- Se não houvesse perdas, receptor olha as marcas de tempo sucessivas
 - diferença de marcas de tempo sucessivas > 20 ms \rightarrow início de um intervalo de atividade.
- Com perdas possíveis, o receptor deve olhar tanto para as marcas de tempo como para os números de sequência
 - diferença de marcas de tempo sucessivas > 20 ms e não há pulos nos números \rightarrow início de um intervalo de atividade.

Recuperação de perdas de pacotes (1)

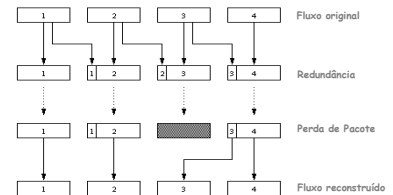
forward error correction (FEC) : esquema: simples

- Para cada grupo de n blocos criar um bloco redundante, realizando um OU-exclusivo (XOR) entre os n blocos originais
- Transmitir os $n+1$ blocos
 - aumento da largura de banda de $1/n$
- Pode-se reconstruir os n blocos originais se houver no máximo um bloco perdido dentre os $n+1$ blocos enviados
- Atraso de reprodução precisa ser definido para permitir receber todos os $n+1$ pacotes
- Compromisso:
 - aumentar n , menor desperdício de banda
 - aumentar n , maior atraso de reprodução
 - aumentar n , maior a probabilidade de que dois ou mais blocos sejam perdidos

Recuperação de perdas de pacotes (2)

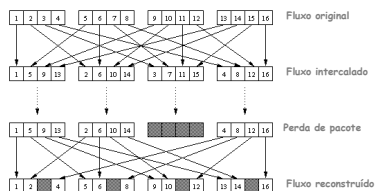
2º esquema FEC

- Transmitir um fluxo de menor qualidade como "carona"
- Enviar fluxo de áudio de menor resolução como informação redundante
- Por exemplo, um fluxo nominal PCM a 64 kbps e um fluxo GSM redundante a 13 kbps



- Sempre que houver uma perda não-consecutiva, o receptor poderá recuperá-la.
- Apenas dois pacotes precisam ser recebidos antes do início da reprodução

Recuperação de perdas de pacotes (3)



Intercalação

- blocos são quebrados em unidades menores
- por exemplo, 4 blocos de 5 ms cada
- pacotes agora contêm pequenas unidades de diferentes blocos
- se um pacote é perdido, ainda se tem a maior parte de cada bloco
- não há sobrecarga com redundância
- mas há aumento do retardo de reprodução

Recuperação de perdas de pacotes (4)

Recuperação pelo receptor de fluxos de áudio danificados

- produzir uma substituição para um pacote perdido que seja similar ao pacote original
- pode produzir bons resultados para taxas de perdas reduzidas e pacotes pequenos (4-40 ms)
- estratégia mais simples: repetição
- estratégia mais complexa: interpolação

Capítulo 7 - Sumário

- ❑ 7.1 Aplicações Multimídia em Rede
- ❑ 7.2 Áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenados
- ❑ 7.3 Multimídia em Tempo-Real: Telefonia pela Internet (*IP-phone*)
- ❑ 7.4 Protocolos para Aplicações Interativas em Tempo-Real
- ❑ 7.5 Distribuição de Multimídia : redes de distribuição de conteúdo
- ❑ 7.6 Além do Melhor Esforço
- ❑ 7.7 Mecanismos de Escalonamento e Regulação
- ❑ 7.8 Serviços Integrados e Serviços Diferenciados
- ❑ 7.9 RSVP

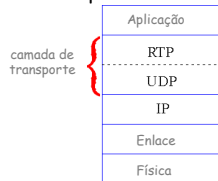
Real-Time Protocol (RTP)

- ❑ O RTP especifica uma estrutura de pacotes para o transporte de dados de áudio e vídeo
- ❑ RFC 1889.
- ❑ pacote RTP oferece
 - identificação do tipo de carga
 - numeração da sequência de pacotes
 - marcas de tempo
- ❑ RTP roda nos sistemas finais
- ❑ os pacotes RTP são encapsulados em segmentos UDP
- ❑ Interoperabilidade: se duas aplicações de telefonia IP usam RTP, então elas podem ser capazes de trabalhar juntas

RTP roda em cima do UDP

As bibliotecas do RTP fornecem uma interface de camada de transporte que estendem o UDP:

- número de portas, endereços IP
- verificação de erros dentro dos segmentos
- identificação do tipo de carga
- numeração da sequência de pacotes
- marcas de tempo



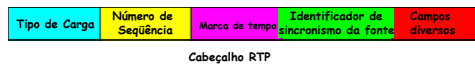
RTP: Exemplo

- ❑ Considere o envio de 64 kbps de voz codificada em PCM sobre RTP.
- ❑ A aplicação reúne dados codificados em blocos, por exemplo, a cada 20 ms = 160 bytes por bloco.
- ❑ O bloco de áudio, junto com o cabeçalho RTP forma o pacote RTP, que é encapsulado num segmento UDP.
- ❑ O cabeçalho RTP indica o tipo de codificação de áudio em cada pacote
 - emissor pode mudar a codificação durante a conferência
- ❑ O cabeçalho RTP também contém os números de sequência e marcas de tempo.

RTP e QoS

- ❑ O RTP **não** fornece nenhum mecanismo para assegurar a entrega dos pacotes e dados no tempo correto, nem fornece outras garantias de qualidade de serviço.
- ❑ O encapsulamento RTP é visto apenas nos sistemas finais -- ele não é percebido pelos roteadores intermediários.

Cabeçalho RTP

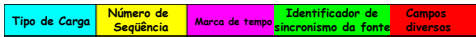


Tipo de Carga (7 bits): tipo de codificação que está sendo usada. Se o emissor mudar o tipo de codificação no meio de uma conferência, o emissor informa ao receptor através deste campo.

- Tipo de carga 0: PCM mu-law, 64 Kbps
- Tipo de carga 3, GSM, 13 Kbps
- Tipo de carga 7, LPC, 2.4 Kbps
- Tipo de carga 26, Motion JPEG
- Tipo de carga 31, H.261
- Tipo de carga 33, MPEG2 video

Número de Sequência (16 bits): é incrementado de um a cada pacote RTP enviado; pode ser usado para detectar perdas de pacotes e para restabelecer a sequência de pacotes.

Cabeçalho RTP (2)



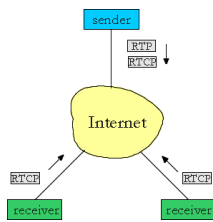
Cabeçalho RTP

- ❑ **Marca de tempo (32 bytes)**. Reflete o instante de amostragem do primeiro byte no pacote de dados RTP.
 - para áudio, o relógio de marca de tempo é tipicamente incrementa de um a cada intervalo de amostragem (por exemplo, a cada 125 µs para uma taxa de amostragem de 8 KHz);
 - se a aplicação gera blocos contendo 160 amostras codificadas, então a marca de tempo do RTP aumenta de 160 para cada pacote RTP quando a fonte está ativa. O relógio de marca de tempo continua a aumentar numa taxa constante mesmo quando a fonte está inativa.
- ❑ **Identificador de sincronismo da fonte (SSRC) (32 bits)**. Identifica a fonte do fluxo RTP. Cada fluxo numa sessão RTP deve ter um SSRC distinto.

Real-Time Control Protocol (RTCP)

- ❑ Trabalha em conjunto com o RTP.
- ❑ Cada participante de uma sessão RTP transmite periodicamente pacotes de controle RTCP para todos os outros participantes.
- ❑ Pacotes RTCP contêm relatórios do transmissor e/ou do receptor
 - reporta estatísticas úteis para a aplicação
- ❑ Estatísticas incluem número de pacotes enviados, número de pacotes perdidos, variação de atraso entre chegadas
- ❑ Esta informação de pode ser usada para controle do desempenho e para fins de diagnóstico.
 - o emissor pode mudar suas transmissões com base nestas informações

RTCP ...



- uma sessão RTP usa geralmente um único endereço de *multicast*; todos os pacotes RTP e RTCP pertencentes à sessão usam este endereço de *multicast*
- os pacotes RTP e RTCP são diferenciados entre si pelo uso de números de portas diferentes
- para limitar o tráfego, cada participante reduz seu tráfego RTCP à medida que o número de participantes da conferência aumenta.

Pacotes RTCP

relatório de receptor:

- ❑ SSRC do fluxo RTP para o qual o pacote está sendo gerado, fração de pacotes perdidos, último número de sequência recebido, *jitter* médio entre chegadas.

descrição de fonte:

- ❑ endereço de e-mail do emissor, nome do emissor, aplicação que está gerando o fluxo, SSRC do fluxo RTP.
- ❑ mapeamento entre SSRC e nome do usuário/hospedeiro.

relatório de transmissor:

- ❑ SSRC do fluxo, marca de tempo e instante de tempo (real) associados ao pacote mais recentemente gerado, número de pacotes enviados e o número de bytes enviados.

Sincronização de Fluxos

- ❑ O RTCP pode ser usado para sincronizar diferentes fluxos de mídia numa sessão RTP.
- ❑ Considere uma aplicação de videoconferência para a qual cada transmissor gera um fluxo RTP para áudio e um para vídeo.
- ❑ As marcas de tempo nestes pacotes são vinculadas aos relógios de amostragem de vídeo e de áudio
 - mas não são vinculadas a um relógio de tempo real (isto é, a um relógio de parede).
- ❑ Cada pacote do tipo relatório-do-emissor RTCP contém, para o pacote mais gerado mais recentemente no fluxo RTP associado:
 - a marca de tempo do pacote RTP
 - o instante de tempo real em que o pacote foi criado
- ❑ Receptores podem usar esta associação para sincronizar a reprodução de áudio e de vídeo.

Controle de Banda do RTCP

- ❑ O RTCP procura limitar seu tráfego a 5% da banda da sessão.

Os 75 kbps são divididos igualmente entre os receptores.

- R receptores, cada um pode gerar tráfego RTCP à taxa de 75/R kbps

Exemplo

- ❑ Suponha um transmissor enviando vídeo a uma taxa de 2 Mbps.
 - > RTCP procura limitar seu tráfego a 100 Kbps.
- ❑ O RTCP dá 75% desta taxa (75 kbps) para os receptores e os 25% restantes para o emissor.
- ❑ O emissor envia tráfego RTCP a 25 kbps.
- ❑ Participantes determinam o período de transmissão de pacotes RTCP calculando o tamanho médio do pacote RTCP (para todas a sessão) e dividindo-o pela taxa alocada

Controle de Banda do RTCP

Período para a transmissão de pacotes RTCP por um emissor:

$$T = \frac{\text{number of senders}}{.25 \cdot .05 \cdot \text{session bandwidth}} \text{ (avg. RTCP packet size)}$$

Período para a transmissão de pacotes RTCP por um receptor:

$$T = \frac{\text{number of receivers}}{.75 \cdot .05 \cdot \text{session bandwidth}} \text{ (avg. RTCP packet size)}$$

SIP (Session Initiation Protocol)

□ Vem do IETF

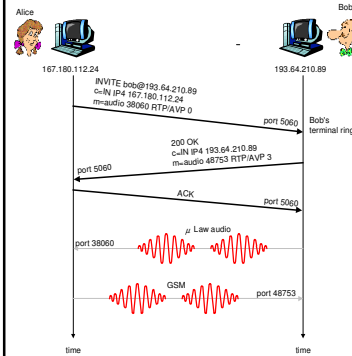
Visão de longo prazo do SIP

- Todas as ligações telefônicas e videoconferências ocorrem sobre a Internet
- Pessoas são identificadas por nomes ou endereços de e-mail, em lugar de números de telefones
- Pode-se chegar ao destinatário, independentemente de sua localização e do tipo de dispositivo IP que estiver usando.

SIP: Serviços

- Estabelecimento de chamada
 - Permite que o iniciador da chamada (chamador) faça o chamado saber que deseja estabelecer uma ligação
 - Fornece mecanismos que permitem às partes negociar o tipo de mídia e codificação a empregar.
 - Fornece mecanismos para encerrar a chamada.
- Determinar o endereço IP atual do chamado.
- Gerenciamento de chamada
 - Adicionar novos fluxos de mídia durante a chamada
 - Mudança da codificação durante a chamada
 - Convidar novos participantes
 - Espera e transferência de chamadas

Estabelecimento de uma chamada para um endereço IP conhecido



• A mensagem de convite de Alice indica o seu número de porta e endereço IP; e indica a codificação preferida no fluxo de recepção (PCM ulaw)

• A mensagem de confirmação de Bob (200 OK) indica o seu número de porta, endereço IP e codificação preferida (GSM)

• Mensagens SIP podem ser enviadas sobre TCP ou UDP; aqui são enviadas sobre RTP/UDP.

• A porta SIP default é 5060.

Estabelecimento de uma chamada (cont.)

- Negociação do Codec :
 - Suponha que Bob não possua um codificador PCM ulaw.
 - Bob responderá com "606 Not Acceptable" e fornecerá uma lista de codificadores que ele pode usar.
 - Alice poderá enviar uma nova mensagem INVITE, anunciando um codificador apropriado.
- Rejeição da chamada
 - Bob pode rejeitar a chamada com respostas "busy," "gone," "payment required," "forbidden".
- A mídia pode ser enviada usando RTP ou algum outro protocolo.

Exemplo de uma mensagem SIP

```
INVITE sip:bob@domain.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 167.180.112.24
From: sip:alice@hereway.com
To: sip:bob@domain.com
Call-ID: a2e3a@pigeon.hereway.com
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 885

c=IN IP4 167.180.112.24
m=audio 38060 RTP/AVP 0
```

Notas:

- Sintaxe de mensagens do HTTP
- sdp = session description protocol
- Call-ID é único para cada chamada.

• Aqui não se conhece o Endereço IP de Bob. Servidores SIP intermediários serão Necessários.

• Alice envia e recebe mensagens SIP usando a porta padrão (506)

• Alice especifica no campo Via: do cabeçalho que o cliente SIP envia e recebe mensagens SIP sobre UDP.

Tradução de nomes e localização do usuário

- ❑ O chamador quer contatar o chamado, mas conhece apenas o seu nome ou endereço de e-mail.
 - ❑ É necessário obter o endereço IP do hospedeiro atual do chamado:
 - o Usuários de deslocam
 - o protocolo DHCP
 - o Usuários têm vários dispositivos IP (PC, PDA, dispositivo no automóvel)
 - ❑ O resultado pode se basear em :
 - o hora do dia (trabalho, casa)
 - o Chamador (não quer atender o chefe quando estiver em casa)
 - o status do chamado (enviar as chamadas para correio de voz quando já estiver falando com alguém)
- Servidores SIP :**
- ❑ registro SIP
 - ❑ proxy SIP

Registro SIP

- ❑ Quando Bob inicia o cliente SIP, este envia uma mensagem SIP REGISTER ao servidor de registro de Bob

Mensagem Register :

```
REGISTER sip:domain.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 193.64.210.89
From: sip:bob@domain.com
To: sip:bob@domain.com
Expires: 3600
```

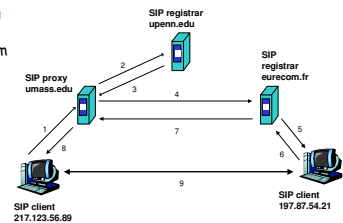
Proxy SIP

- ❑ Alice envia uma mensagem de convite ao seu servidor proxy
 - o Contem o endereço sip:bob@domain.com
 - ❑ O proxy é responsável por rotear mensagens SIP para o chamado
 - o Possivelmente através de vários proxies.
 - ❑ O chamado envia respostas através do mesmo conjunto de proxies.
 - ❑ O proxy retorna uma mensagem de resposta SIP a Alice
 - o contém o endereço IP de Bob
- ❑ Nota: o proxy é análogo ao servidor local de DNS

Exemplo

chamador: jim@umass.edu
chamado: keith@upenn.edu

- (1) Jim envia uma mensagem INVITE para o proxy SIP da umass
- (2) O Proxy encaminha a requisição para o registro da upenn
- (3) o servidor da upenn retorna uma mensagem indicando que se deve tentar keith@eurecom.fr



- (4) O proxy da umass envia um INVITE para o registro de eurecom. (5) o registro de eurecom encaminha a msg. INVITE para 197.87.54.21, que está rodando o cliente SIP de keith, (6-8) resposta SIP enviada de volta (9) mídia trocada diretamente pelos clientes.

Nota: há tb. Uma mensagem ack do SIP que não é mostrada

SIP x H.323

- ❑ H.323 é uma alternativa ao SIP
- ❑ H.323 é uma suíte completa de protocolos, verticalmente integrada, para conferencia multimídia: sinalização, registro, controle de admissão, transporte e codecs;
- ❑ SIP é somente um componente, aborda apenas iniciação e gerenciamento de conexões: trabalha com RTP, mas não o exige. Pode ser combinado com outros protocolos e serviços.
- ❑ H.323 vem do ITU (telefonía).
- ❑ SIP vem do IETF: Emprsta muitos conceitos do HTTP, DNS e e-mail.
- ❑ SIP tem um quê de Web, enquanto o H.323 de telefonía.
- ❑ H.323 é um padrão guarda-chuva, grande e complexo
- ❑ O SIP adere ao princípio KISS: *Keep it simple stupid.*

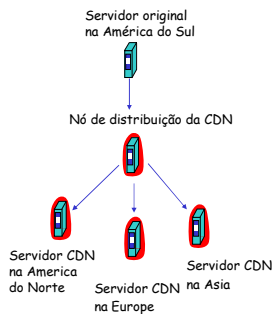
Capítulo 7 - Sumário

- ❑ 7.1 Aplicações Multimídia em Rede
- ❑ 7.2 Áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenados
- ❑ 7.3 Multimídia em Tempo-Real: Telefonía pela Internet (*IP-phone*)
- ❑ 7.4 Protocolos para Aplicações Interativas em Tempo-Real
- ❑ 7.5 Distribuição de Multimídia : redes de distribuição de conteúdo
- ❑ 7.6 Além do Melhor Esforço
- ❑ 7.7 Mecanismos de Escalonamento e Regulação
- ❑ 7.8 Serviços Integrados e Serviços Diferenciados
- ❑ 7.9 RSVP

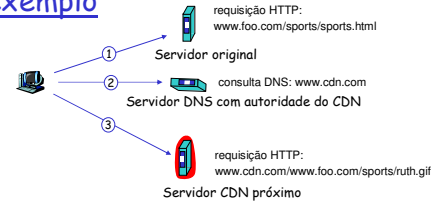
Content distribution networks (CDNs)

Replicação de Conteúdo

- Desafio: transmitir em fluxo contínuo grandes arquivos (p.ex. Vídeo) a partir de um único servidor de origem, em tempo real
- Solução: replicar o conteúdo em centenas de servidores CDN espalhados pela Internet
 - Servidores CDN geralmente estão em redes de borda/acesso
 - Quando o provedor de conteúdo faz uma alteração, a CDN atualiza os servidores



CDN: exemplo



servidor original (www.foo.com) companhia CDN (cdn.com)

- | | |
|---|---|
| □ distribui HTML | □ distribui arquivos gif |
| □ substitui:
http://www.foo.com/sports.ruth.gif
por
http://www.cdn.com/www.foo.com/sports/ruth.gif | □ usa o seu servidor DNS com autoridade para redirecionar requisições |

Mais sobre CDNs

roteamento de requisições

- A CDN cria um "mapa", indicando as distâncias entre ISPs folhas e nós CDN
- Quando uma consulta chega a um servidor DNS com autoridade:
 - o servidor determina em que ISP a consulta se originou
 - usa o "mapa" para determinar o melhor servidor CDN
- Nós CDN criam uma rede de sobreposição na camada de aplicação

Capítulo 7 - Sumário

- | | |
|---|--|
| □ 7.1 Aplicações Multimídia em Rede | □ 7.6 Além do Melhor Esforço |
| □ 7.2 Áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenados | □ 7.7 Mecanismos de Escalonamento e Regulação |
| □ 7.3 Multimídia em Tempo-Real: Telefonia pela Internet (IP-phone) | □ 7.8 Serviços Integrados e Serviços Diferenciados |
| □ 7.4 Protocolos para Aplicações Interativas em Tempo-Real | □ 7.9 RSVP |
| □ 7.5 Distribuição de Multimídia: redes de distribuição de conteúdo | |

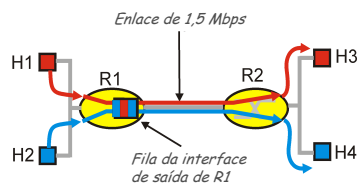
Melhorando o QoS em Redes IP

Até aqui: "fazendo o melhor do melhor esforço"

Futuro: Internet da próxima geração com garantias de QoS

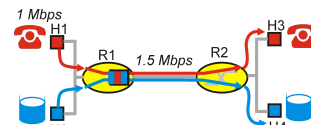
- RSVP: sinalização para a reserva de recursos
- Serviços Diferenciados: garantias diferenciais
- Serviços Integrados: garantias firmes

Modelo simples para estudos de compartilhamento e de congestionamento:



Princípios para Garantia de QoS

- Exemplo: IP phone de 1 Mbps e FTP compartilham enlace de 1,5 Mbps.
 - rajadas FTP podem congestionar o roteador -> perdas de áudio
 - queremos priorizar o áudio

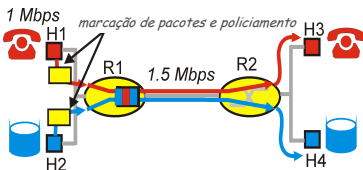


Princípio 1

marcação de pacotes necessária para que os roteadores possam distinguir diferentes classes; assim como novas políticas no roteador para tratar os pacotes de acordo com as suas classes

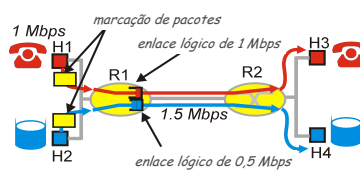
Princípios para Garantia de QoS (mais)

- ❑ aplicações mal-comportadas (áudio envia pacotes a taxa superior a 1Mbps, conforme assumido anteriormente):
 - Policiamento: força a aderência das fontes às bandas alocadas.
- ❑ marcação e policiamento feitos nas bordas da rede
 - similar to ATM UNI (User Network Interface)
- ❑ PRINCÍPIO 2: fornecer proteção (isolamento) para uma classe em relação às demais



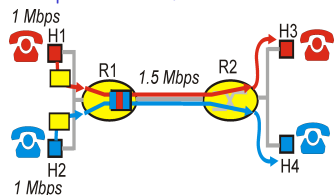
Princípios para Garantia de QoS (mais)

- ❑ Alocação de porção fixa de banda (não compartilhada) a cada fluxo: uso ineficiente da banda se os fluxos não usam a banda alocada
- ❑ PRINCÍPIO 3: Ao mesmo tempo em que se provê isolamento, é desejável usar os recursos da forma mais eficiente possível



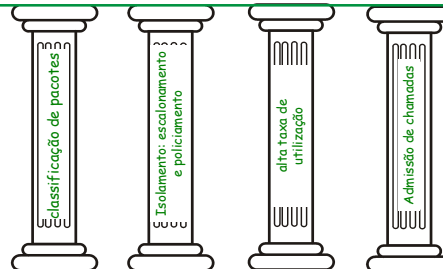
Princípios para Garantia de QoS (mais)

- ❑ Não é possível atender a um tráfego superior à capacidade do enlace
- ❑ PRINCÍPIO 4: Admissão de Chamadas: fluxo declara as suas necessidades, a rede pode bloquear a chamada se a necessidade não puder ser satisfeita



Sumário dos Princípios de QoS

QoS para aplicações em redes

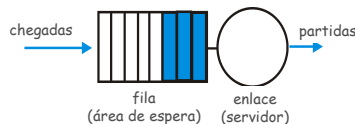


Capítulo 7 - Sumário

- ❑ 7.1 Aplicações Multimídia em Rede
- ❑ 7.2 Áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenados
- ❑ 7.3 Multimídia em Tempo-Real: Telefonia pela Internet (*IP-phone*)
- ❑ 7.4 Protocolos para Aplicações Interativas em Tempo-Real
- ❑ 7.5 Distribuição de Multimídia : redes de distribuição de conteúdo
- ❑ 7.6 Além do Melhor Esforço
- ❑ 7.7 Mecanismos de Escalonamento e Regulação
- ❑ 7.8 Serviços Integrados e Serviços Diferenciados
- ❑ 7.9 RSVP

Mecanismos de Escalonamento e Policiamento

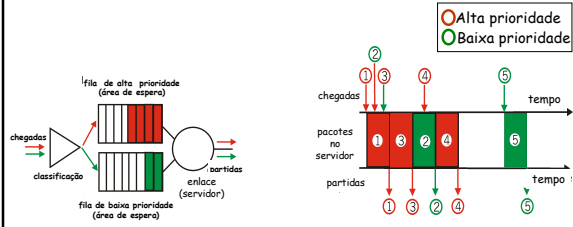
- ❑ Escalonamento: a escolha do próximo pacote a enviar ao enlace
- ❑ FIFO: enviar na ordem de chegada à fila;
 - política de descarte:
 - cauda (*tail drop*): descarta o pacote que acaba de chegar
 - prioridade : descarte/remoção baseada na prioridade dos pacotes
 - aleatória: descarte/remoção aleatória



Disciplinas de Escalonamento

Escalonamento por prioridade: transmitir o pacote mais prioritário enfileirado

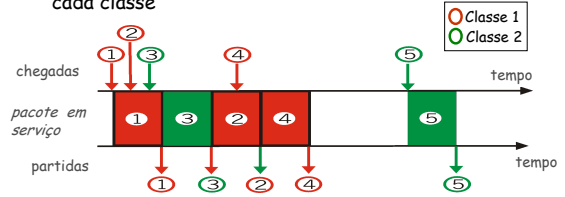
- Múltiplas classes, com prioridades diferentes
 - a classe pode depender de marcação explícita ou de outras informações no cabeçalho, tais como, o endereço de origem ou de destino, número da porta, etc.



Disciplinas de Escalonamento (mais)

Round Robin (varredura cíclica):

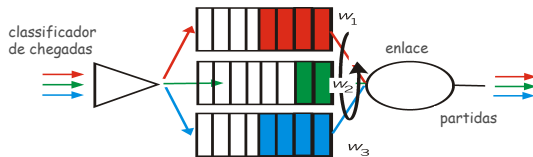
- várias classes
- varre as filas das classes, servindo um pacote de cada classe



Disciplinas de Escalonamento (mais)

WFQ - Weighted Fair Queuing (fila justa ponderada)

- Round Robin generalizado
- cada classe recebe uma quantidade de serviço ponderado em cada ciclo



Mecanismos de Policiamento/Regulação

Objetivo: limitar o tráfego para não exceder aos parâmetros declarados

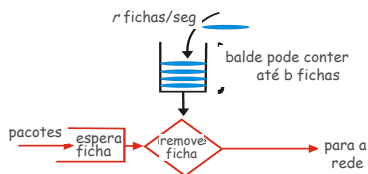
Três critérios comumente usados:

- Taxa Média:** quantos pacotes podem ser enviados por unidade de tempo (no longo prazo)
 - questão crucial: tamanho do intervalo - 100 pacotes por segundo ou 6000 pacotes por minuto tem a mesma média.
- Taxa de Pico:** restringe o número máximo de pacotes enviados em um período mais curto
 - ex.: 6000 pacotes por minuto na média e 1500 pacotes por segundo de pico
- Tamanho (máx.) de Rajada:** num. max. de pacotes enviado consecutivamente, sem intervalos ociosos entre eles

Mecanismos de Policiamento (mais)

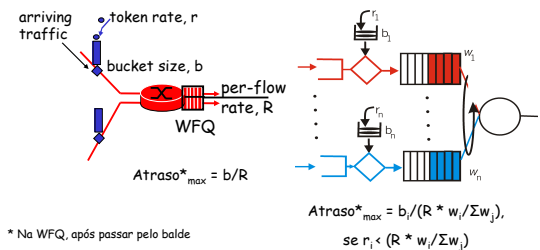
Balde de fichas (Token Bucket): limita a entrada a um tamanho de rajada e a uma taxa média

- Balde pode armazenar b fichas
- Fichas geradas à taxa de r fichas/seg; exceto se o balde já está cheio.
- Num intervalo de tempo t , o número de pacotes admitidos será menor ou igual a $(r \cdot t + b)$.
 - r limita a taxa média de longo prazo de pacotes entrando na rede
 - Rajada máxima: b pacotes + x



Policiamento e Escalonamento

- balde de fichas e WFQ podem ser combinados para prover um limite superior ao atraso, isto é, **garantia de QoS**



* Na WFQ, após passar pelo balde

Capítulo 7 - Sumário

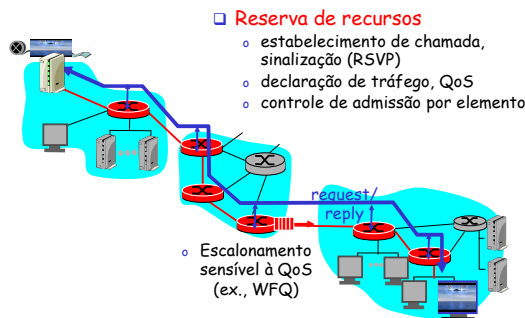
- 7.1 Aplicações Multimídia em Rede
- 7.2 Áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenados
- 7.3 Multimídia em Tempo-Real: Telefonia pela Internet (*IP-phone*)
- 7.4 Protocolos para Aplicações Interativas em Tempo-Real
- 7.5 Distribuição de Multimídia : redes de distribuição de conteúdo
- 7.6 Além do Melhor Esforço
- 7.7 Mecanismos de Escalonamento e Regulação
- 7.8 **Serviços Integrados e Serviços Diferenciados**
- 7.9 RSVP

Serviços Integrados da IETF

- arquitetura para prover garantias de QoS em redes IP para sessões individuais de aplicações
- reserva de recursos: os roteadores mantêm informação de estado (à CV), registro dos recursos alocados, requisitos de QoS
- admissão/rejeição de novos pedidos de conexões:

Questão: pode-se admitir um novo fluxo com garantias de desempenho, sem comprometer as garantias de QoS feitas para os fluxos já admitidos?

Intserv: cenário de garantia de QoS

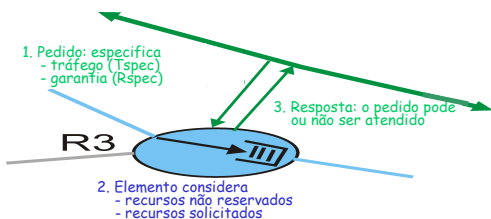


Admissão de Chamadas

- Uma nova sessão deve :
 - declarar seus requisitos de QoS
 - **R-spec:** define a QoS sendo solicitada
 - **T-spec:** define as características de tráfego
- protocolo de sinalização: necessário para transportar a R-spec e a T-spec aos roteadores onde a reserva é requerida
 - **RSVP**

Admissão de Chamadas

- Admissão de Chamadas: roteadores aceitarão as chamadas com base nas suas R-spec e T-spec e com base nos recursos correntemente alocados nos roteadores para outras chamadas.



Intserv QoS: modelos de serviço [rfc2211, rfc 2212]

Serviço Garantido

- controles estritos dos atrasos de filas nos roteadores;
- aplicações de tempo real críticas que são muito sensíveis ao atraso médio fim-a-fim e à sua variância
- chegada de tráfego no pior caso: fonte policiada por um balde de fichas

Serviço de Carga Controlada

- QoS aproximada à que o mesmo fluxo receberia em um elemento da rede não carregado
- aplicações IP de hoje que se comportam bem quando a rede não está carregada

Serviços Diferenciados do IETF

Dificuldades com Intserv e RSVP:

- ❑ **Escalabilidade:** sinalização e manutenção de informações de estado nos roteadores em redes de alta velocidade é difícil com grande número de fluxos simultâneos;
- ❑ **Modelos de Serviços Flexíveis:** Intserv tem apenas duas classes. Também se deseja classes de serviços "qualitativas"
 - distinção "relativa" entre as classes: Platina, Ouro, Prata, ...

Abordagem Diffserv

- ❑ funções simples no núcleo da rede
- ❑ funções relativamente complexas nos roteadores de borda (ou nos hospedeiros);
- ❑ Não define classes de serviço, fornece componentes funcionais para construir as classes de serviço

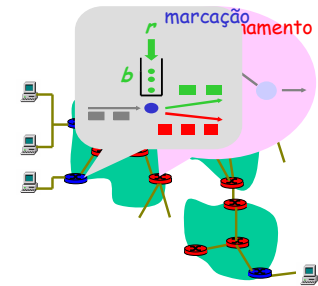
Arquitetura Diffserv

Roteador de borda:

- ❑ gerenciamento de tráfego por fluxo
- ❑ marca pacotes como **dentro-do-perfil** e **fora-do-perfil**

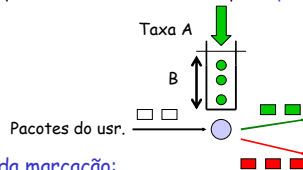
Roteador de núcleo:

- ❑ gerenciamento de tráfego por classe
- ❑ buferização e escalonamento baseados na **marcação** feita na borda
- ❑ Preferência dada a pacotes **dentro-do-perfil**



Marcação de pacotes nos roteadores de borda

- ❑ perfil: taxa pré-negociada A, e tamanho do balde B
- ❑ Marcação de pacotes na borda baseada no perfil **por-fluxo**



Possível uso da marcação:

- ❑ marcação baseada em classe: pacotes de classes diferentes marcados diferentemente
- ❑ marcação intra-classe: porção conforme do fluxo marcada diferentemente da porção não conforme

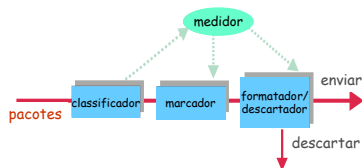
Classificação e Condicionamento

- ❑ O pacote é marcado no campo Tipo de Serviço (ToS) no IPv4 ou Classe de Tráfego no IPv6
 - 6 bits são usados para Código de Serviços Diferenciados (DSCP) - (Differentiated Service Code Point) que determina o PHB que o pacote receberá
 - 2 bits são atualmente reservados



Classificação e Condicionamento

- ❑ Pode ser desejável limitar a taxa de injeção de tráfego em alguma classe;
 - o usuário declara o perfil de tráfego (ex., taxa e tamanho das rajadas);
 - o tráfego é medido e ajustado (formatado) se não estiver de acordo com o seu perfil



Encaminhamento (PHB)

- ❑ RFC 2475: "the externally observable forwarding behavior applied at a DS-compliant node to a DS behavior aggregate"
- ❑ Um PHB pode resultar em diferentes classes de tráfego recebendo diferentes desempenhos
- ❑ Um PHB não especifica quais mecanismos usar para garantir o comportamento (desempenho) desejado
- ❑ Diferenças de performance devem ser observáveis e, por conseguinte, mensuráveis
- ❑ Exemplos:
 - Classe A obtém x% da banda do enlace de saída durante um intervalo de tempo de duração especificada
 - Pacotes de classe A partem devem ser enviados antes dos pacotes de classe B

Envio (PHB)

PHBs em desenvolvimento:

- ❑ **Repasso Expresso** (*Expedited Forwarding*): taxa de partida dos pacotes de uma dada classe iguala ou excede a uma taxa especificada
 - enlace lógico com uma taxa mínima garantida
- ❑ **Repasso Assegurado** (*Assured Forwarding*): quatro classes de tráfego
 - a cada uma é garantido um mínimo de taxa de transmissão e armazenamento;
 - cada uma com três níveis de preferência de descarte

Obs.: um terceiro PHB é o "melhor esforço"

Serviços Diferenciados: questões

- ❑ AF e EF estão em processo de padronização na Internet
- ❑ Estão sendo discutidos os serviços de "linhas dedicadas virtuais" [RFC 2638] e "Olímpicos" (serviços ouro/prata/bronze) [RFC 2597]
- ❑ Impacto de atravessar múltiplos sistemas autônomos (SAs) e roteadores que não estão preparados para operar com as funções de serviços diferenciados
- ❑ Tarifação

Capítulo 7 - Sumário

- ❑ 7.1 Aplicações Multimídia em Rede
- ❑ 7.2 Áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenados
- ❑ 7.3 Multimídia em Tempo-Real: Telefonia pela Internet (*IP-phone*)
- ❑ 7.4 Protocolos para Aplicações Interativas em Tempo-Real
- ❑ 7.5 Distribuição de Multimídia: redes de distribuição de conteúdo
- ❑ 7.6 Além do Melhor Esforço
- ❑ 7.7 Mecanismos de Escalonamento e Regulação
- ❑ 7.8 Serviços Integrados e Serviços Diferenciados
- ❑ 7.9 RSVP

Sinalização na Internet

repasso sem conexão (sem estado) feito por roteadores IP + serviço de melhor-esforço = ausência de protocolos de sinalização no projeto inicial do IP

- ❑ **Novos requisitos:** reserva de recursos ao longo do caminho fim-a-fim para oferecer QoS a aplicações multimídia
- ❑ **RSVP:** Resource Reservation Protocol [RFC 2205]
 - "... allow users to communicate requirements to network in robust and efficient way." i.e., sinalização !

Objetivos de Projeto do RSVP

1. acomodar **receptores heterogêneos** (larguras de banda diferentes ao longo dos caminhos)
2. acomodar aplicações diferentes **com diferentes requisitos de recursos**
3. tornar o **multicast um serviço de "primeira classe"**
4. **alavancar mecanismos de roteamento multicast/unicast existentes**
5. **controlar a sobrecarga do protocolo** de modo a crescer (no pior caso) linearmente com o # de receptores
6. **projeto modular** para atender a tecnologias subjacentes heterogêneas

RSVP: não...

- ❑ Especifica como os recursos devem ser reservados
 - ❑ em lugar disso: um mecanismo para comunicar necessidades
- ❑ Determina que rotas os pacotes deverão seguir
 - ❑ esse é o papel dos protocolos de roteamento
 - ❑ sinalização desacoplada do roteamento
- ❑ Interage com o repasse de pacotes
 - ❑ Separação dos planos de controle (sinalização) e dados (repasso)

RSVP: visão geral de operação

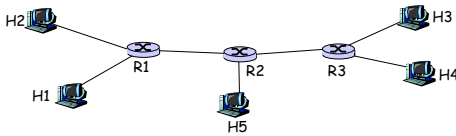
- ❑ **Emissores e receptores juntam-se a um grupo *multicast***
 - feito fora do RSVP
 - emissores não precisam juntar-se ao grupo
- ❑ **sinalização emissor-rede**
 - *mensagem de caminho*: torna a presença do emissor conhecida aos roteadores
 - remoção de caminho: apaga o estado do caminho do emissor nos roteadores
- ❑ **sinalização receptor-rede**
 - *mensagem de reserva*: reserva recursos do emissor até o receptor
 - remoção de reserva: remove as reservas do receptor
- ❑ **sinalização rede-sistema-final**
 - erro de caminho
 - erro de reserva

RSVP - Msgs de caminho: sinalização *emissor-rede*

- ❑ **mensagens de caminho** contêm:
 - *endereço*: destino *unicast*, ou grupo *multicast*
 - *especificação de fluxo*: requisitos de banda
 - *F-flag*: se sim, registrar as identidades dos servidores na corrente ascendente (para permitir a filtragem de pacotes por fonte)
 - *salto anterior - previous hop* -: ID do roteador/hospedeiro na corrente ascendente (*upstream*)
 - *Instante de renovação (refresh time)*: tempo de validade da informação
- ❑ Roteadores armazenam:
 - Estado do caminho: ID do *hop* corrente acima (*upstream*)
 - Se F-flag ligada, id, do emissor e sua especificação de fluxo
- ❑ mensagem de caminho: comunica informação do emissor, e informação de roteamento no caminho reverso para o emissor

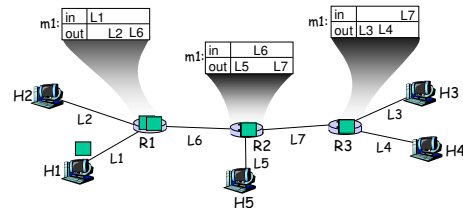
RSVP: conferencia simples de áudio

- ❑ H1, H2, H3, H4, H5: emissores e receptores (ambos)
- ❑ grupo *multicast* m1
- ❑ sem filtragem: repasse de pacotes de qualquer emissor
- ❑ Taxa de áudio: *b*



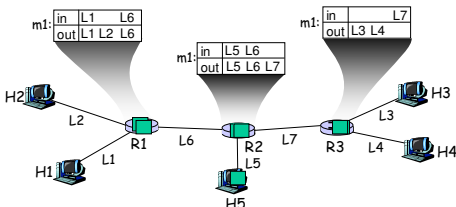
RSVP: construção do estado do caminho

- ❑ H1, ..., H5 enviam mensagem de caminho a *m1*:
(*address=m1, Tspec=b, filter-spec=no-filter, refresh=100*)
- ❑ Suponha que H1 envie a primeira mensagem de caminho



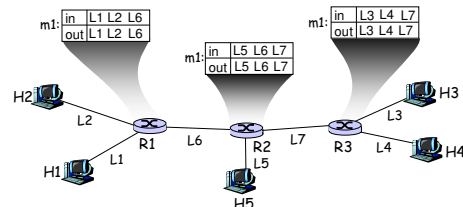
RSVP: construção do estado do caminho

- ❑ depois, H5 envia uma mensagem de caminho



RSVP: construção do estado do caminho

- ❑ H2, H3, H5 enviam mensagens de caminho, completando as tabelas de estado de caminhos



Estilo de Reserva

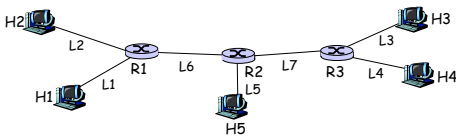
- ❑ Motivação: obter uso de recursos mais eficiente em *multicasting* ($M \times N$)
- ❑ Observação: numa videoconferência, quando há M emissores, pode ser que apenas alguns estejam ativos simultaneamente
 - Vários emissores podem compartilhar a mesma reserva
- ❑ Os vários estilos de reserva especificam diferentes regras para compartilhamento entre emissores

Estilos de Reserva e Especificação de Filtro: sinalização *receptor-rede*

- ❑ Estilo de reserva:
 - Usa um filtro para especificar que emissor pode usar a reserva
- ❑ Estilos de reserva:
 - *sem filtro (wildcard)*: não especifica um emissor, qualquer pacote endereçado ao grupo *multicast* compartilha os recursos
 - Grupos nos quais há um número pequeno de emissores simultaneamente ativos
 - *filtro fixo*: emissores explicitamente identificados na reserva; não há compartilhamento entre eles,
 - Fontes não podem ser modificadas ao longo do tempo
 - *filtro dinâmico (compartilhado-explicito)*: recursos compartilhados pelos emissores explicitamente especificados
 - Fontes podem ser modificadas ao longo do tempo

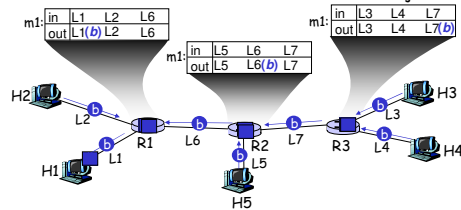
RSVP: exemplo 1 - reserva sem filtro

- H1 quer receber áudio de todos os demais emissores
- ❑ msg de reserva de H1 percorre a árvore para cima em direção às fontes
- ❑ H1 reserva apenas a banda suficiente para um fluxo de áudio
- ❑ a reserva é do tipo "sem filtro" - qualquer emissor pode usar a banda reservada



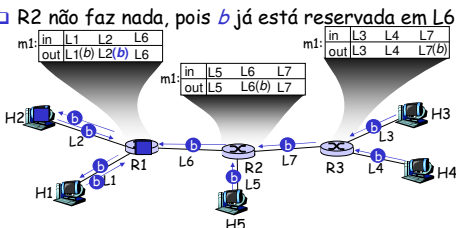
RSVP: exemplo 1 - reserva sem filtro

- ❑ A msg de reserva de H1 sobe a árvore em direção às fontes
- ❑ Roteadores e hospedeiros reservam a banda b nos enlaces da corrente descendente em direção a H1



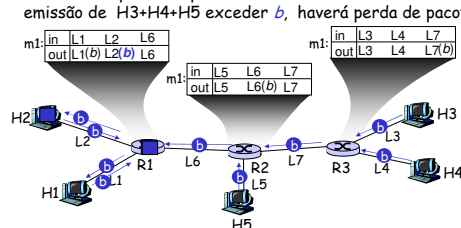
RSVP: exemplo 1 - reserva sem filtro

- ❑ A seguir, H2 faz uma reserva sem-filtro de banda b
- ❑ H2 encaminha para R1, R1 encaminha para H1 e para R2
- ❑ R2 não faz nada, pois b já está reservada em L6



RSVP: reserva sem filtro - questões

- E se houver vários emissores (e.g., H3, H4, H5) em um enlace (e.g., L6)?
- ❑ intercalação arbitrária de pacotes
- ❑ fluxo em L6 policiado por um balde de fichas: se a taxa de emissão de H3+H4+H5 exceder b , haverá perda de pacotes



Reserva sem filtro

Vantagens

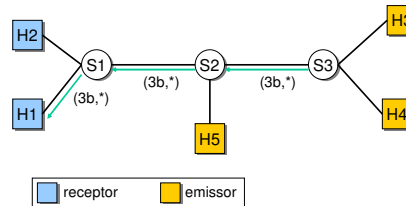
- Pouco estado nos roteadores
 - o estado do roteamento é acrescido apenas da informação da banda reservada nos enlaces de saída

Desvantagens

- Pode resultar em uso ineficiente de recursos

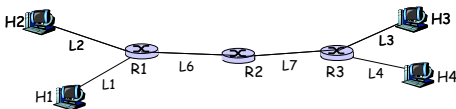
Reserva sem filtro: Exemplo de uso ineficiente de recursos

- H1 reserva 3b pois quer ouvir a todos os emissores simultaneamente
- Problema: reserva 3b em (S3:S2) embora 2b seja suficiente!



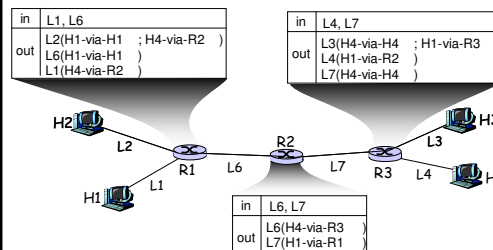
RSVP: exemplo 2 - filtro fixo

- H1, H4 são apenas emissores
 - Envio de *mensagens de caminho* como antes, com *F-flag* ligado
 - Os roteadores armazenam os emissores corrente acima para cada enlace de subida
- H2 quer receber apenas de H4



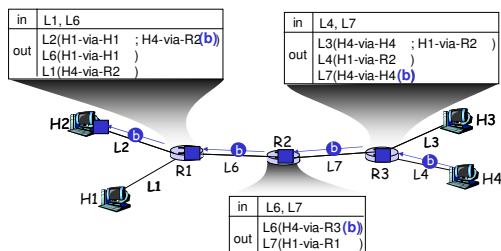
RSVP: exemplo 2 - filtro fixo

- H1, H4 são apenas emissores
 - Envio de *mensagens de caminho*, com *F-flag* ligado



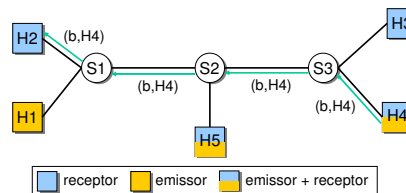
RSVP: exemplo 2 - filtro fixo

- O receptor H2 envia mensagem de reserva de banda *b* para a fonte H4
 - Propagada corrente acima até H4, reservando *b*



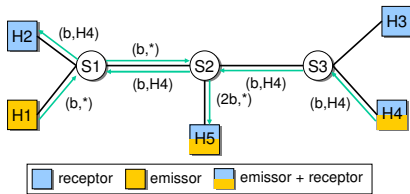
Exemplo de Filtro Fixo

- H2 quer receber *b* apenas de H4



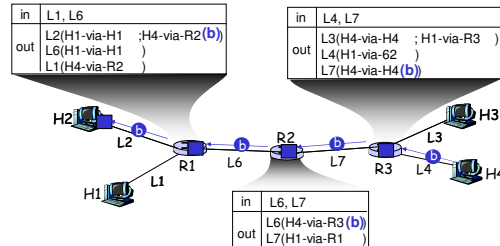
RSVP: Exemplo 3 - Filtro Dinâmico

- H5 quer receber 2b de qualquer fonte



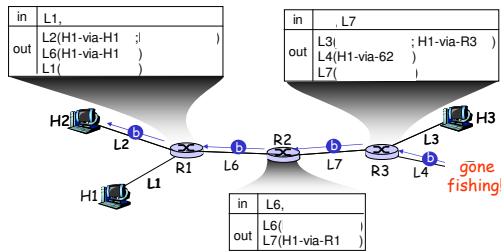
RSVP: soft-state

- emissores reenvio/te msgs de caminho para renovar o estado
- receptores reenvio/te msgs de reserva para renovar o estado
- mensagens de caminho e reserva têm campo TTL, especificando o intervalo de reenvio



RSVP: soft-state

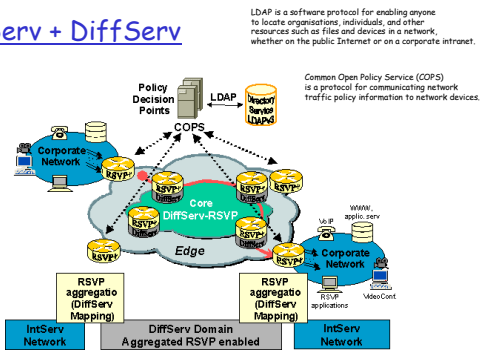
- suponha que H4 (emissor) sai sem se desligar (teardown)
- Eventualmente o estado nos roteadores irá expirar e desaparecer!



RSVP versus ATM (Q.2931)

- RSVP
 - Receptor gera as reservas
 - soft state (refresh/timeout)
 - Separado do estabelecimento de rotas
 - QoS pode mudar dinamicamente
 - Heterogeneidade dos receptores
- ATM
 - Emissor gera a requisição de conexão
 - hard state (apagamento explícito)
 - Concorrente com o estabelecimento de rota
 - QoS é estático durante o tempo de vida da conexão
 - QoS uniforme para todos os receptores

IntServ + DiffServ



Fonte: <http://cnam.fr/~net2/intermet2/pqos.pdf>

Redes Multimídia: Sumário

- Aplicações e requisitos multimídia
- Fazendo o melhor do atual serviço de melhor esforço
- Mecanismos de escalonamento e regulação
- Próxima geração da Internet: Intserv, RSVP, Diffserv

Capítulo 7 - Sumário

- 7.1 Aplicações Multimídia em Rede
- 7.2 Áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenados
- 7.3 Multimídia em Tempo-Real: Telefonia pela Internet (*IP-phone*)
- 7.4 Protocolos para Aplicações Interativas em Tempo-Real
- 7.5 Distribuição de Multimídia : redes de distribuição de conteúdo
- 7.6 Além do Melhor Esforço
- 7.7 Mecanismos de Escalonamento e Regulação
- 7.8 Serviços Integrados e Serviços Diferenciados
- 7.9 RSVP