

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

1

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

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

Características

Fundamentais:

- **sensíveis ao atraso.**
 - atraso fim-a-fim
 - 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"

4

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

2

Streaming de Multimídia Armazenada

Fluxo Contínuo (*Streaming*)

- Mídia armazenada na fonte
- Transmitida para o cliente
- *streaming*: apresentação no cliente inicia-se antes de todos os dados terem chegado
 - restrição de tempo para os dados a serem transmitidos: chegar a tempo de serem apresentados

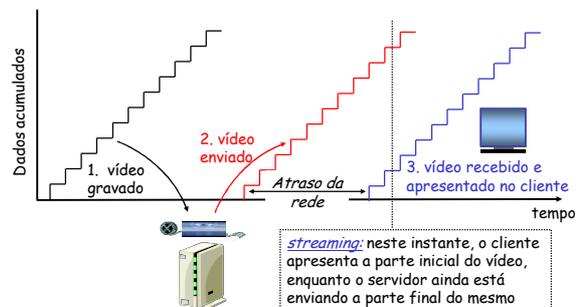
5

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



3

Streaming de Multimídia Armazenada



6

Streaming de Multimídia Armazenada : Interatividade



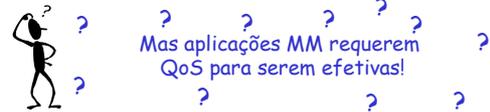
- ❑ Funcionalidade do tipo *VCR*: cliente pode fazer pausa, voltar, avançar, ...
 - Retardo inicial de 10 s é adequado
 - 1-2 s até comando agir é adequado
 - RTSP geralmente usado
- ❑ restrição de tempo para os dados a serem transmitidos: chegar a tempo de serem apresentados

7

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

10

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!

8

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

Abordagem serviços Integrados:

- ❑ Mudar os protocolos da Internet de forma que as aplicações possam reservar banda fim-a-fim
- ❑ Exige *software* novo e complexo nos hosp.s e roteadores

Abordagem "deixe estar"

- ❑ Sem mudanças significativas
- ❑ Mais banda quando necessário
- ❑ Redes de distribuição de conteúdo
- ❑ Redes *multicast* de sobreposição

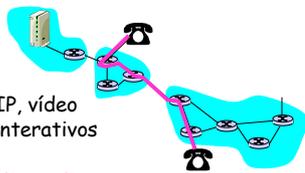
Abordagem

serviços diferenciados:

- ❑ Menos mudanças na infraestrutura da Internet
 - serviços de 1a. 2a.
- ❑ Usuários pagam mais para enviar e receber pacotes de primeira classe
- ❑ ISPs pagam mais aos provedores de *backbone* para enviar e receber pacotes de primeira classe.

11

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?

9

Compressão de áudio

- ❑ Sinal analógico amostrado a taxa constante
 - telefone : 8.000 amostras/s
 - música em CD : 44.100 amostras/s
- ❑ Cada amostra é quantificada, i.e., arredondada
 - ex., $2^8=256$ valores quantificados possíveis
- ❑ Cada valor representadas por um número fixo de bits
 - 8 bits para 256 valores
- ❑ Exemplo: 8.000 amostras/s, 256 valores quantificados --> 64.000 bps
- ❑ Receptor converte os valores de volta para um sinal analógico:
 - Alguma redução de qualidade

Exemplos de taxas

- ❑ CD: 1,411 Mb/s (estéreo)
- ❑ MP3: 96, 128, 160 kbps
- ❑ Telefonia pela Internet: 5,3 - 13 kbps (G723.3, G729, GSM ...)

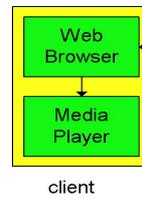
12

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

13

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!

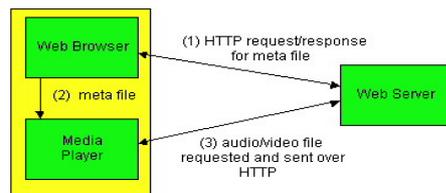
16

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

14

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

17

Áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenados

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

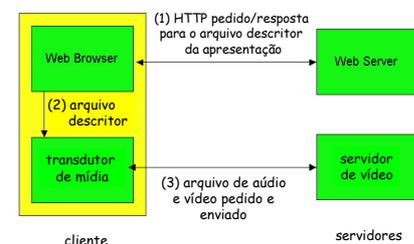
- armazenamento (*buffering*) do lado cliente
- uso de UDP em vez de TCP
- vários esquemas de codificação da MM

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.

15

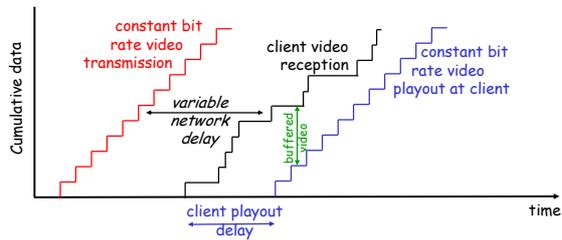
MM na Internet : fluxo contínuo de um servidor dedicado



- ❑ 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

18

Fluxo contínuo de MM: Buferização do lado cliente



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

19

Fluxo contínuo de MM: taxa(s) de cliente



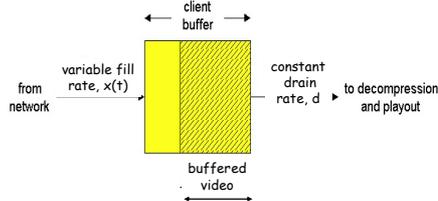
Q: como tratar capacidades de recepção diferentes nos clientes?

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

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

22

Fluxo contínuo de MM: Buferização do lado cliente



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

20

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

23

Fluxo contínuo de MM: TCP ou UDP?

UDP

- servidor envia a uma taxa apropriada para o cliente
 - o geralmente, taxa de envio = taxa de codificação = tx . const.
 - o 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*

21

RTSP: controle fora da faixa

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

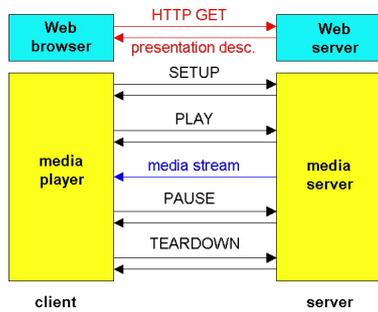
- Um arquivo é transferido sobre um canal.
- Informação de controle (mudanças de diretório, remoção de arquivos, trocas de nomes, etc.) é enviada sobre uma conexão TCP separada.
- Os canais "dentro-da-faixa" e "fora-da-faixa" usam diferentes números de portas.

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
 - o enviados "fora-da-faixa".
 - o porta 544
- O fluxo de dados de mídia contínua é considerada "dentro-da-faixa".
 - o estrutura de pacotes não é definida pelo RTSP,

24

RTSP: Funcionamento



25

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
  
```

28

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.

26

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

29

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>
  
```

27

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.

30

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

31

Telefonia Internet: atraso de reprodução fixo

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

34

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,

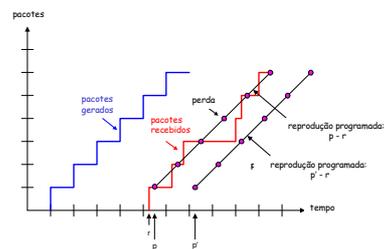
Atraso fim-a-fim

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

32

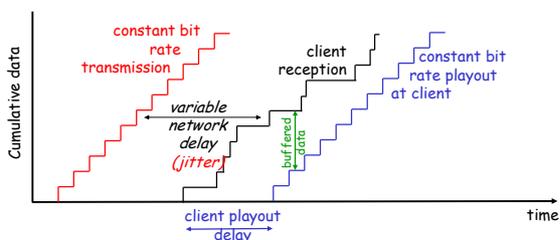
Telefonia Internet: atraso de reprodução fixo

- 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'



35

Variação do atraso (Jitter)



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

33

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., $u = 0,01$)

36

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:

$$p_i = t_i + d_i + Kv_i$$

onde K é uma constante positiva.

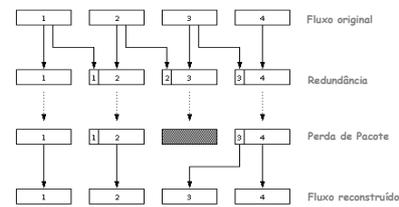
- Os demais pacotes do mesmo intervalo de atividade devem ser reproduzidos periodicamente

37

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

40

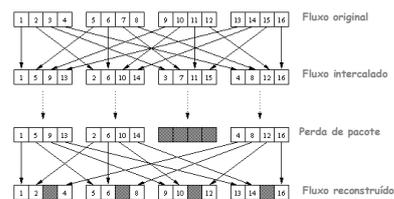
Atraso de reprodução adaptativo (3)

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 seqüência
 - diferença de marcas de tempo sucessivas > 20 ms e não há pulos nos números \rightarrow início de um intervalo de atividade.

38

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

41

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

39

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

42

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

43

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 seqüência e marcas de tempo.

46

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 seqüência 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

44

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.

47

RTP roda em cima do UDP

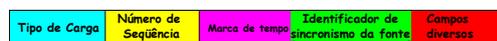
As bibliotecas do RTP fornecem uma interface de camada de transporte que estendem o UDP:

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



45

Cabeçalho RTP



Cabeçalho RTP

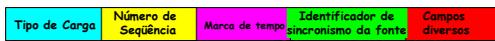
Tipo de Carga (7 bits): tipo de codificação que está sendo usada. Se o emissor mudar o tipo de codificação no meio de uma conferência, o emissor informa ao receptor através deste campo.

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

48

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.

49

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 emissor:

- ❑ 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.

52

Real-Time Control Protocol (RTCP)

- ❑ Pode ser usado 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 pode ser usada para controle do desempenho para fins de diagnóstico.
 - o emissor pode mudar suas transmissões com base nestas informações

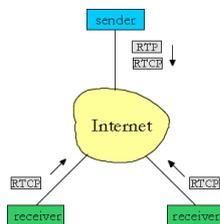
50

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 RTCP do tipo relatório-do-emissor contém, para o pacote mais recente 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.

53

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.

51

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.

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.

- R receptores, cada um pode gerar tráfego RTCP à taxa de 75/R kbps
- ❑ 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 toda a sessão) e dividindo-o pela taxa alocada

54

Controle de Banda do RTCP

Período para a transmissão de pacotes RTCP por um emissor:

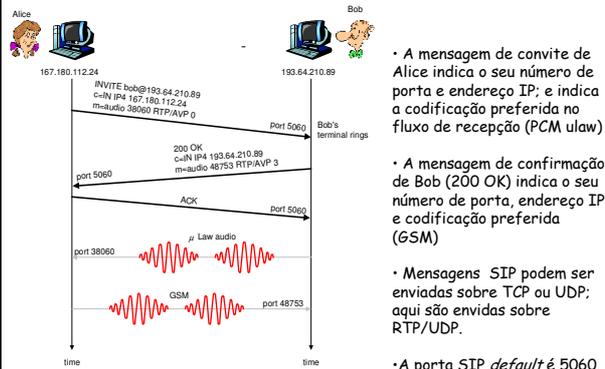
$$T = \frac{\text{number of senders}}{.25 \cdot .05 \cdot \text{session bandwidth}} \text{ (avg. RTCP packet size)}$$

Período para a transmissão de pacotes RTCP por um receptor:

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

55

Estabelecimento de uma chamada para um endereço IP conhecido



58

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.

56

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.

59

SIP: Serviços

- Estabelecimento de chamada
 - Permite que o iniciador da chamada (chamador) faça o destinatário (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

57

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 (5060)

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

60

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:
 - Usuários de deslocam
 - protocolo DHCP
 - Usuários têm vários dispositivos IP (PC, PDA, dispositivo no automóvel)
- ❑ O resultado pode se basear em :
 - hora do dia (trabalho, casa)
 - Chamador (não quer atender o chefe quando estiver em casa)
 - status do chamado (enviar as chamadas para correio de voz quando já estiver falando com alguém)

Servidores SIP :

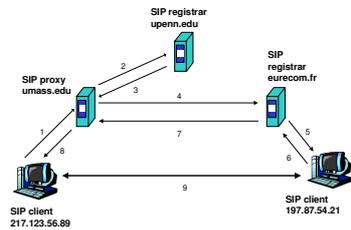
- ❑ registro SIP
- ❑ proxy SIP

61

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

64

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
```

62

SIP x H.323

- ❑ H.323 é uma alternativa ao SIP
- ❑ H.323 é uma suíte completa de protocolos, verticalmente integrada, para conferência 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 (telefonia).
- ❑ SIP vem do IETF: Emprsta muitos conceitos do HTTP, DNS e e-mail.
- ❑ SIP tem um quê de Web, enquanto o H.323 de telefonia.
- ❑ H.323 é um padrão guarda-chuva, grande e complexo
- ❑ O SIP adere ao princípio KISS: *Keep it simple stupid.*

65

Proxy SIP

- ❑ Alice envia uma mensagem de convite ao seu servidor proxy
 - Contém o endereço sip:bob@domain.com
- ❑ O proxy é responsável por rotear mensagens SIP para o chamado
 - 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
 - contém o endereço IP de Bob
- ❑ Nota: o proxy é análogo ao servidor local de DNS

63

Capítulo 7 - Sumário

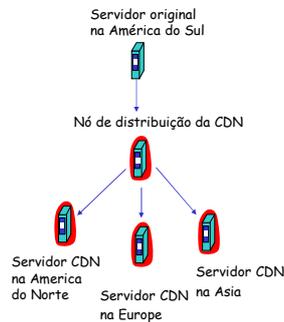
- ❑ 7.1 Aplicações Multimídia em Rede
- ❑ 7.2 Áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenados
- ❑ 7.3 Multimídia em Tempo-Real: Telefonia pela Internet (*IP-phone*)
- ❑ 7.4 Protocolos para Aplicações Interativas em Tempo-Real
- ❑ 7.5 Distribuição de Multimídia : redes de distribuição de conteúdo ???
- ❑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

66

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



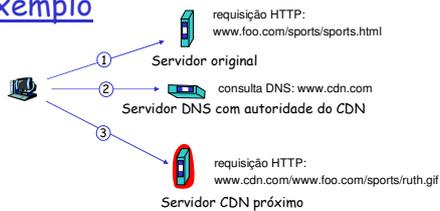
67

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

70

CDN: exemplo



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

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

68

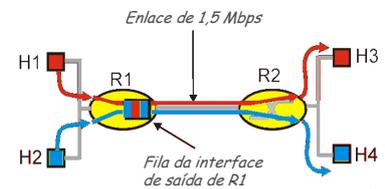
Melhorando o QoS em Redes IP

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:



71

Mais sobre CDNs

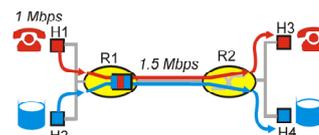
roteamento de requisições

- ❑ 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

69

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



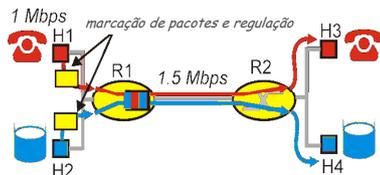
Princípio 1

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

72

Princípios para Garantia de QoS (...)

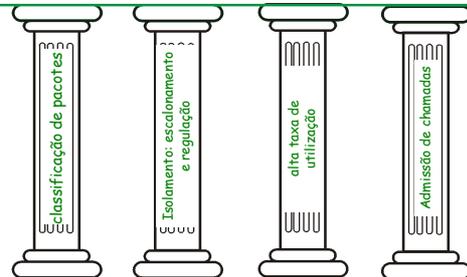
- aplicações mal-comportadas (áudio envia pacotes a taxa superior a 1Mbps, conforme assumido anteriormente);
 - Regulação (policimento): força a aderência das fontes às bandas alocadas.
- marcação e regulação feitos nas bordas da rede
 - similar to ATM UNI (User Network Interface)
- PRINCÍPIO 2: fornecer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



73

Sumário dos Princípios de QoS

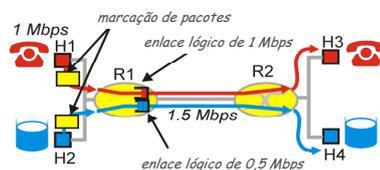
QoS para aplicações em redes



76

Princípios para Garantia de QoS (...)

- 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 fornecer isolamento é desejável usar os recursos da forma mais eficiente possível



74

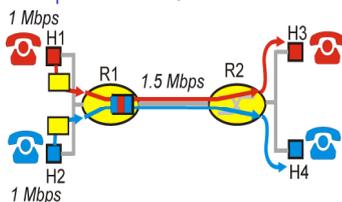
Capítulo 7 - Sumário

- 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

77

Princípios para Garantia de QoS (...)

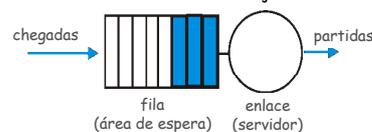
- Não é possível atender a um tráfego superior à capacidade do enlace
- PRINCÍPIO 4: Admissão de Chamadas: fluxo declara as suas necessidades, a rede pode bloquear a chamada se a necessidade não puder ser satisfeita



75

Mecanismos de Escalonamento e regulação

- **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

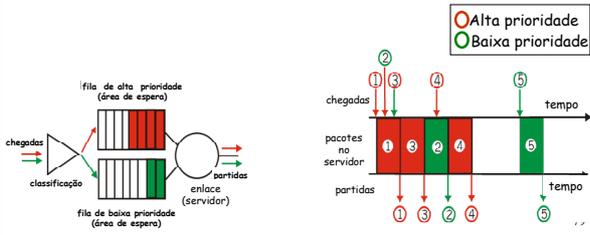


78

Disciplinas de Escalonamento

Escalonamento por prioridade: transmitir o pacote mais prioritário enfileirado

- Múltiplas classes, com prioridades diferentes
 - uma classe pode depender de marcação explícita ou de outras informações no cabeçalho (endereço de origem ou de destino, número da porta, etc.)



Mecanismos de Regulação

Objetivo: limitar o tráfego para não exceder aos parâmetros declarados

Três critérios comumente usados:

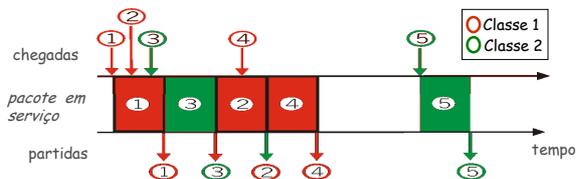
- Taxa Média:** quantos pacotes podem ser enviados por unidade de tempo (no longo prazo)
 - questão crucial: tamanho do intervalo - 100 pacotes por segundo ou 6000 pacotes por minuto tem a mesma média.
- Taxa de Pico:** restringe o número máximo de pacotes enviados em um período mais curto
 - ex.: 6000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

82

Disciplinas de Escalonamento (...)

Round Robin (varredura cíclica):

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



Disciplinas de escalonamento com **conservação de trabalho** nunca permitirão que o enlace fique vazio enquanto houver pacotes, de qualquer classe, esperando para serem transmitidos.

80

Mecanismos de regulação (...)

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

83

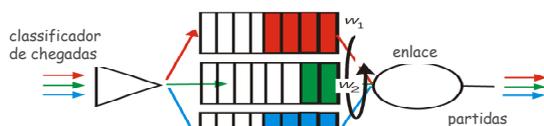
Disciplinas de Escalonamento (...)

WFQ - Weighted Fair Queuing (enfileiramento justo ponderado)

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

- A classe i sempre terá uma vazão de, no mínimo:

$$R \cdot W_i / \sum w_j$$



81

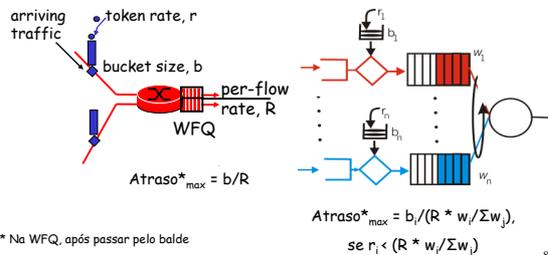
Balde de Fichas ...

- S : duração da rajada em segundos
- b : Capacidade do balde em fichas
- r : taxa de chegada de fichas em fichas/s
- R : taxa máxima de saída em pacotes/s
- $b + rS$: num. máximo de pacotes contido em uma rajada de saída
- RS : número de pacotes em uma rajada de velocidade máxima e duração S segundos
- $b + rS = RS \Rightarrow S = b / (R - r)$

84

regulação e Escalonamento

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

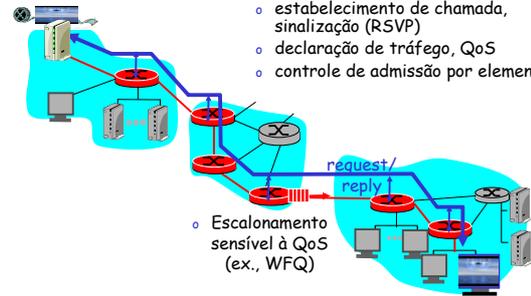


* Na WFQ, após passar pelo balde

85

Intserv: cenário de garantia de QoS

- Reserva de recursos**
 - estabelecimento de chamada, sinalização (RSVP)
 - declaração de tráfego, QoS
 - controle de admissão por elemento



- Escalonamento sensível à QoS (ex., WFQ)

88

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

86

Admissão de Chamadas

- Uma nova sessão deve :
 - declarar seus requisitos de QoS
 - R-spec**: define a QoS sendo solicitada
 - caracterizar o tráfego que enviará à rede
 - 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**

89

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?

87

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.



90

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

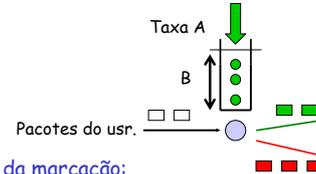
Serviço de Carga Controlada

- 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

91

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

94

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

92

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



95

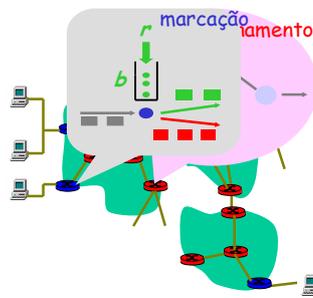
Arquitetura Diffserv

Roteador de borda:

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

Roteador de núcleo:

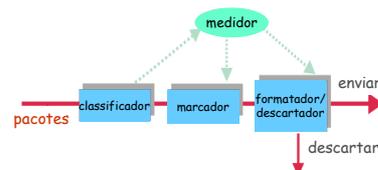
- gerenciamento de tráfego por classe
- bufeização e escalonamento baseados na **marcação** feita na borda
- Preferência dada a pacotes **dentro-do-perfil**



93

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



96

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 devem ser enviados antes dos pacotes de classe B

97

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

100

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 banda mínima garantida
- ❑ **Repasso Assegurado** (*Assured Forwarding*): quatro classes de tráfego
 - a cada uma é garantido um mínimo de banda e armazenamento;
 - cada uma com três níveis de preferência de descarte

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

98

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 !

101

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

99

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

102

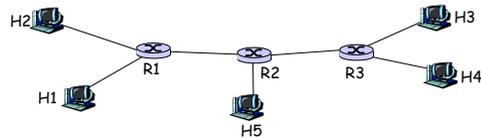
RSVP: não...

- ... 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)

103

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



106

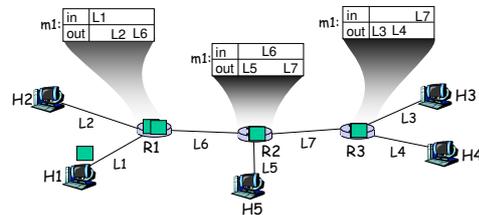
RSVP: visão geral de operação

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

104

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



107

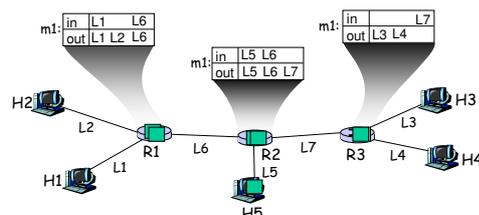
RSVP - Msgs de caminho: sinalização *emissor-rede*

- **mensagens de caminho** contêm:
 - o *endereço*: destino *unicast*, ou grupo *multicast*
 - o *especificação de fluxo*: requisitos de banda
 - o *F-flag* : indica se filtros são ou não permitidos
 - o *salto anterior - previous hop* -: ID do roteador/hospedeiro na corrente ascendente (*upstream*)
 - o *Instante de renovação (refresh time)*: tempo de validade da informação
- Roteadores armazenam:
 - o Estado do caminho: ID do *hop* corrente acima (*upstream*)
 - o 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

105

RSVP: construção do estado do caminho

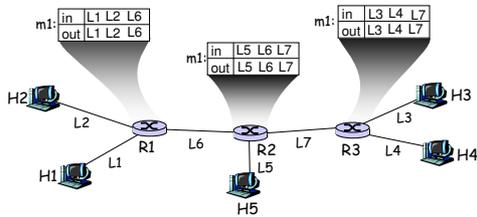
- depois, H5 envia uma mensagem de caminho



108

RSVP: construção do estado do caminho

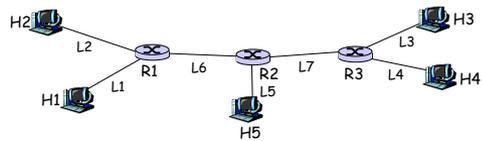
- H2, H3, H5 enviam mensagens de caminho, completando as tabelas de estado de caminhos



109

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



112

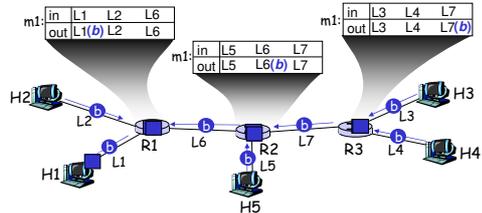
Estilo de Reserva

- Motivação: obter uso eficiente de recursos em *multicasting* (M x 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

110

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



113

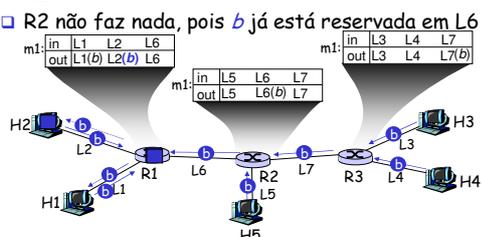
Estilos de Reserva e Especificação de Filtro: sinalização *receptor-rede*

- 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,
 - filtro dinâmico (compartilhado-explicito)*: recursos compartilhadas pelos emissores explicitamente especificados

111

RSVP: exemplo 1 - reserva sem filtro

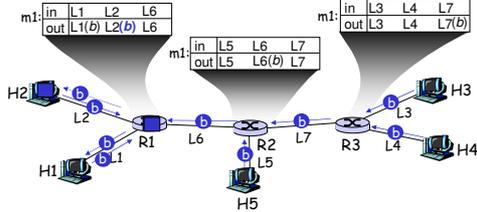
- A seguir, H2 faz uma reserva sem-filtro de banda *b*
- H2 encaminha para R1, R1 encaminha para H1 e para R2
- R2 não faz nada, pois *b* já está reservada em L6



114

RSVP: reserva sem filtro - questões

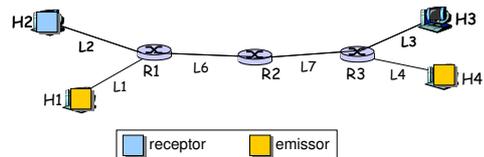
- E se houver vários emissores (e.g., H3, H4, H5) em um enlace (e.g., L6)?
- intercalação arbitraria de pacotes
- fluxo em L6 regulado por um balde de fichas : se a taxa de emissão de H3+H4+H5 exceder b , haverá perda de pacotes



115

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



118

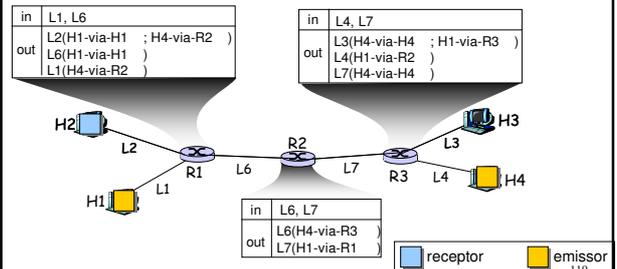
Reserva sem filtro

- Vantagens
 - Pouco estado nos roteadores
 - o estado do roteamento é acrescido apenas da informação da banda reservada nos enlaces de saída
- Desvantagens
 - Podem resultar em uso ineficiente de recursos

116

RSVP: exemplo 2 - filtro fixo

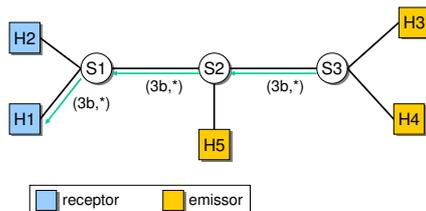
- H1, H4 são apenas emissores
 - Envio de *mensagens de caminho*, com *F-flag* ligado



119

Reserva sem filtro: Exemplo de uso ineficiente de recursos

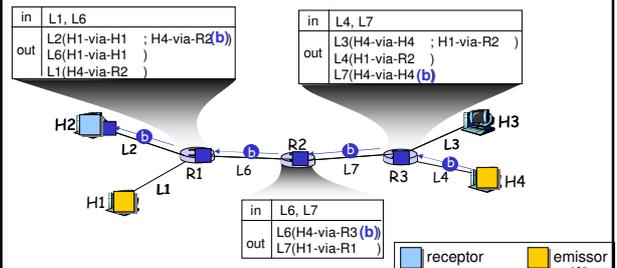
- H1 reserva $3b$ pois quer ouvir a todos os emissores simultaneamente
- Problema: reserva $3b$ em (S3:S2) embora $2b$ seja suficiente!



117

RSVP: exemplo 2 - filtro fixo

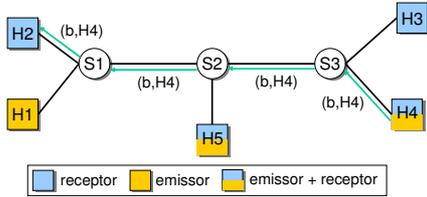
- O receptor H2 envia mensagem de reserva de banda b para a fonte H4
 - Propagada corrente acima até H4, reservando b



120

Exemplo de Filtro Fixo

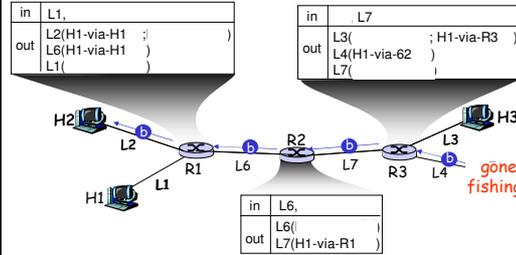
- H2 quer receber b apenas de H4



121

RSVP: soft-state

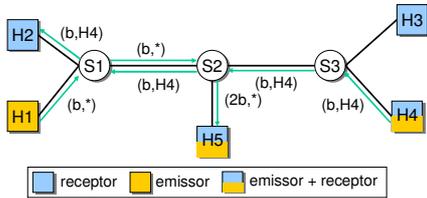
- suponha que H4 (emissor) sai sem se desligar (teardown)
- Eventualmente o estado nos roteadores irá expirar e desaparecer!



124

RSVP: Exemplo 3 - Filtro Dinâmico

- H5 quer receber 2b de qualquer fonte



122

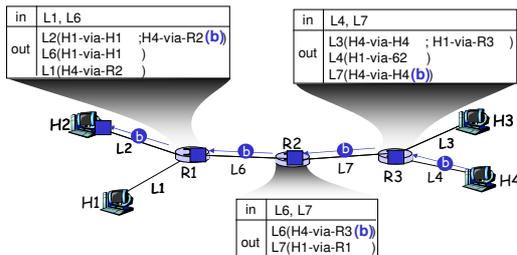
RSVP versus ATM (Q.2931)

- 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

125

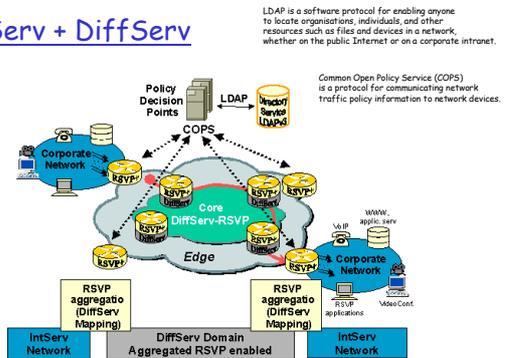
RSVP: soft-state

- emissores reenv. periodicamente msg.s de caminho para renovar o estado
- receptores reenv. periodicamente msg.s de reserva para renovar o estado
- mensagens de caminho e reserva têm campo TTL, especificando o intervalo de reenvio



123

IntServ + DiffServ



Fonte: <http://carmen.cse.tu-berlin.de/2ip/05.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

127

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

128

Bibliografia

- ❑ KUROSE, J. F.; ROSS, K. W.; Redes de Computadores e a Internet. 3a. edição, Pearson Education, 2005.
- ❑ TANENBAUM, A. S., Computer Networks, 4rd. Ed., Prentice-Hall, 2003.

129