

Mestrado Profissional em Computação

Uece-IFCE

Disciplina: Protocolos

Chico Anysio
Óleo sobre tela 60x40 cm

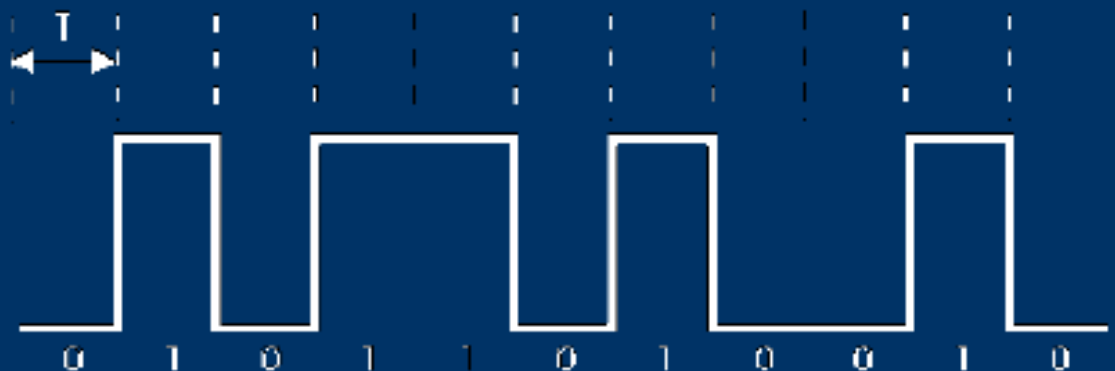


Tipos de Sinal

- Analógico
 - Variação contínua



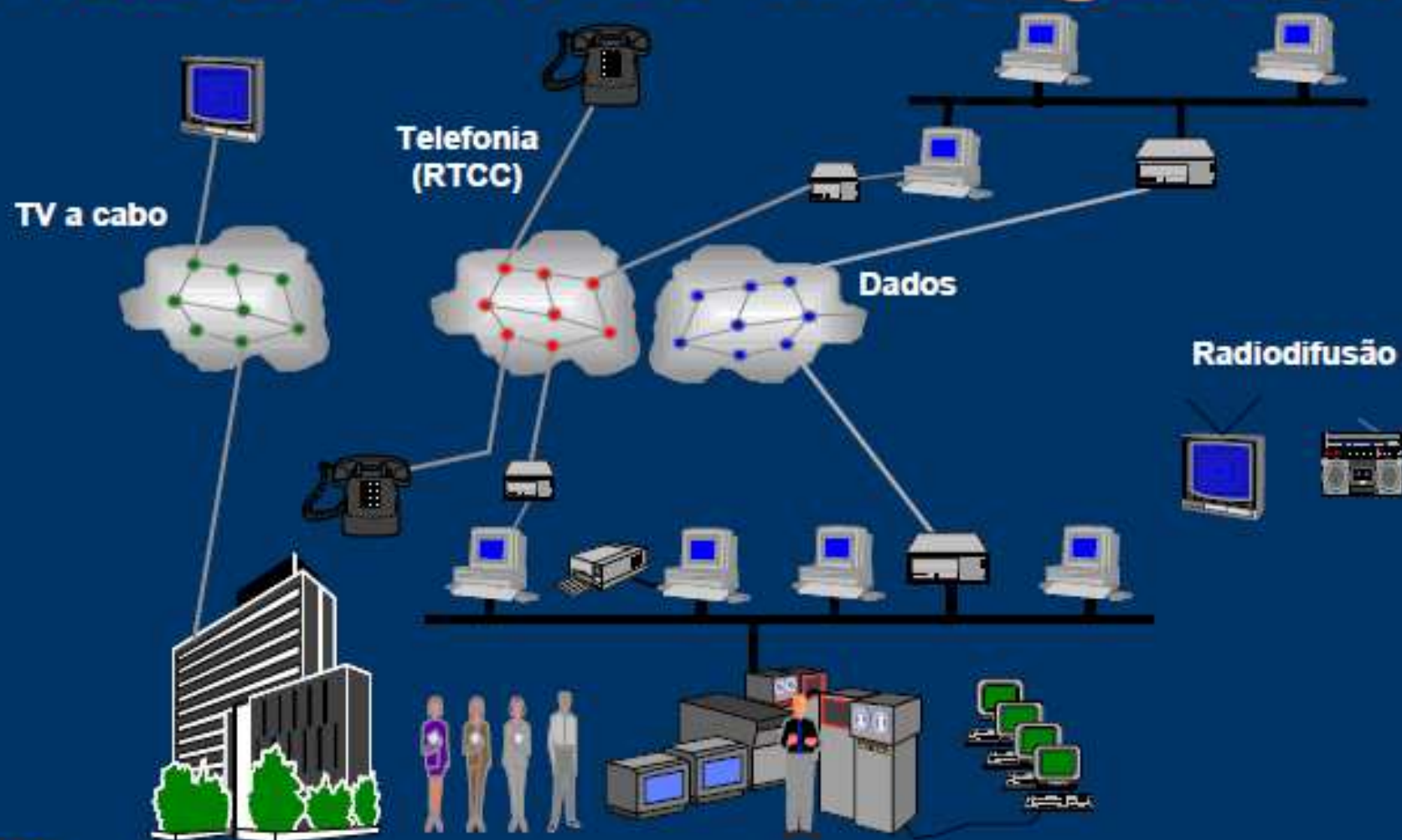
- Digital
 - Variação discreta
 - Intervalo (constante) de sinalização

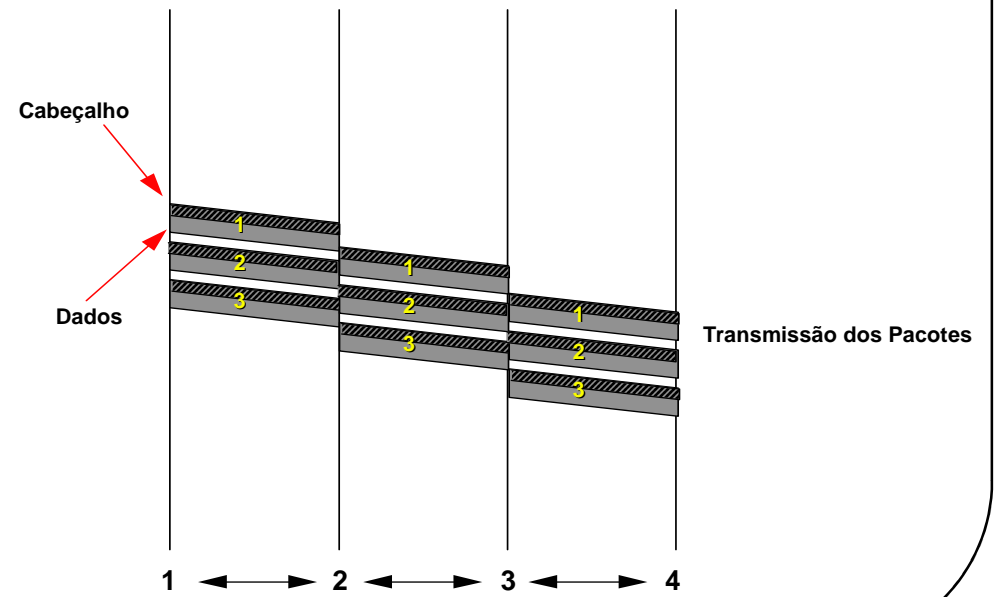
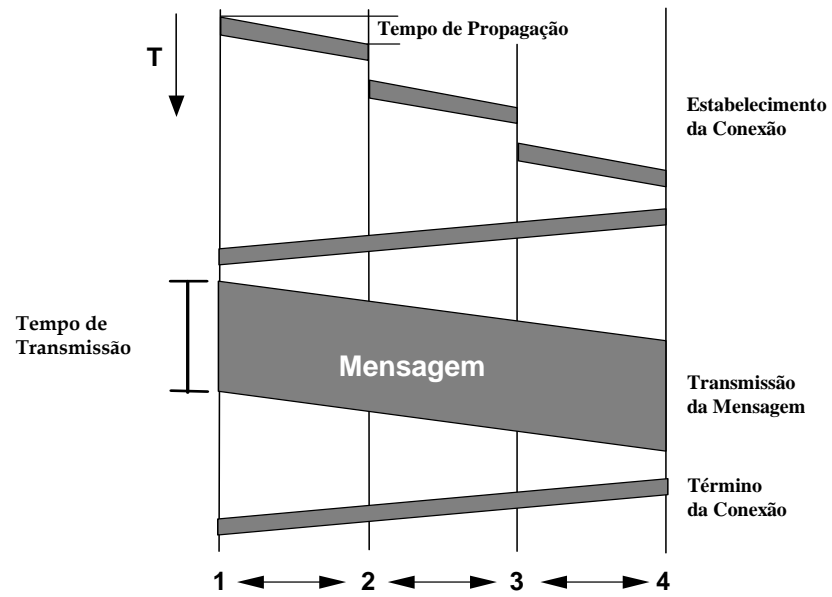


Qualquer informação pode ser transmitida através de sinal analógico ou digital

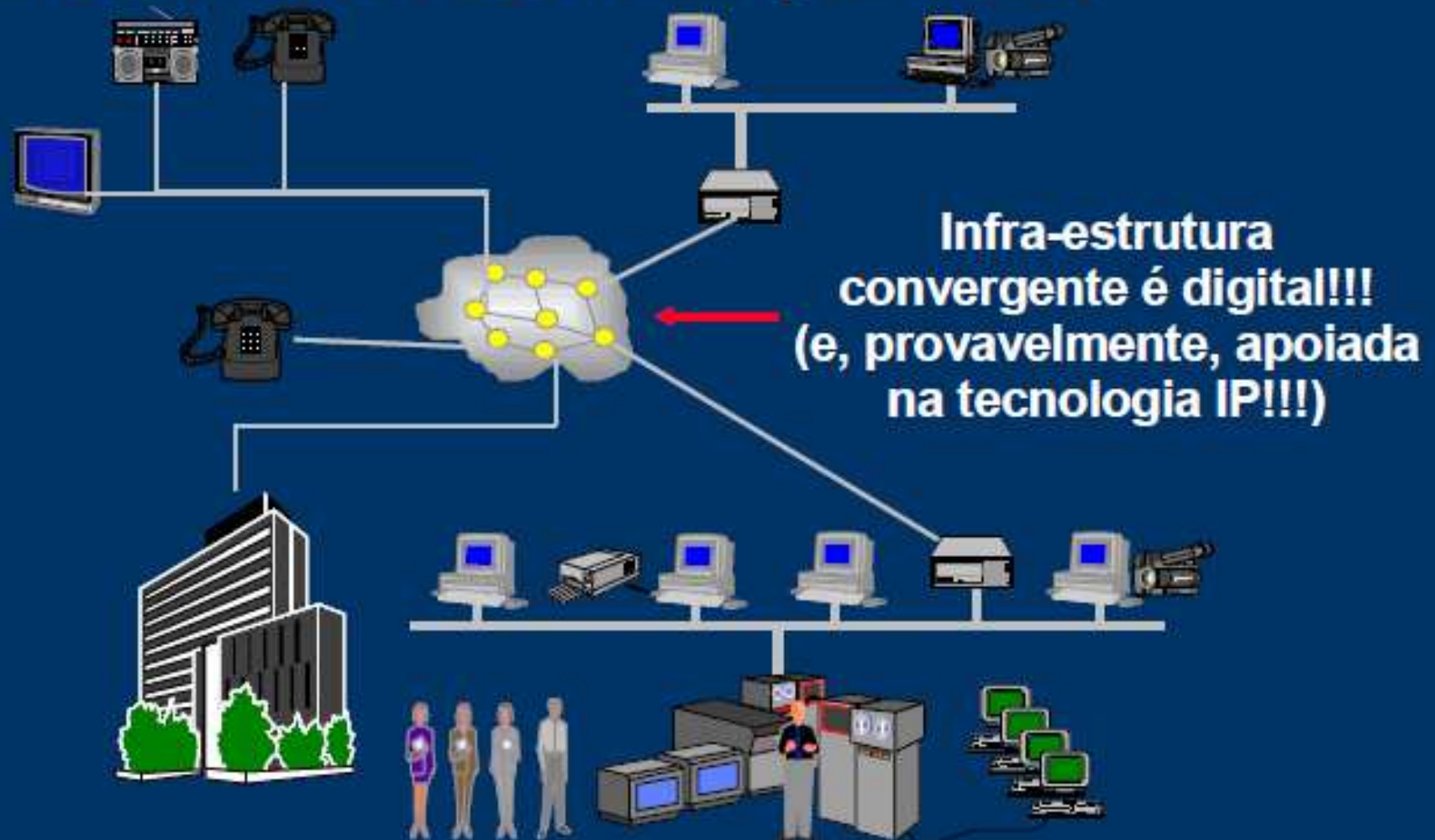


Sistemas de Comunicação Multimídia (Não-convergentes)



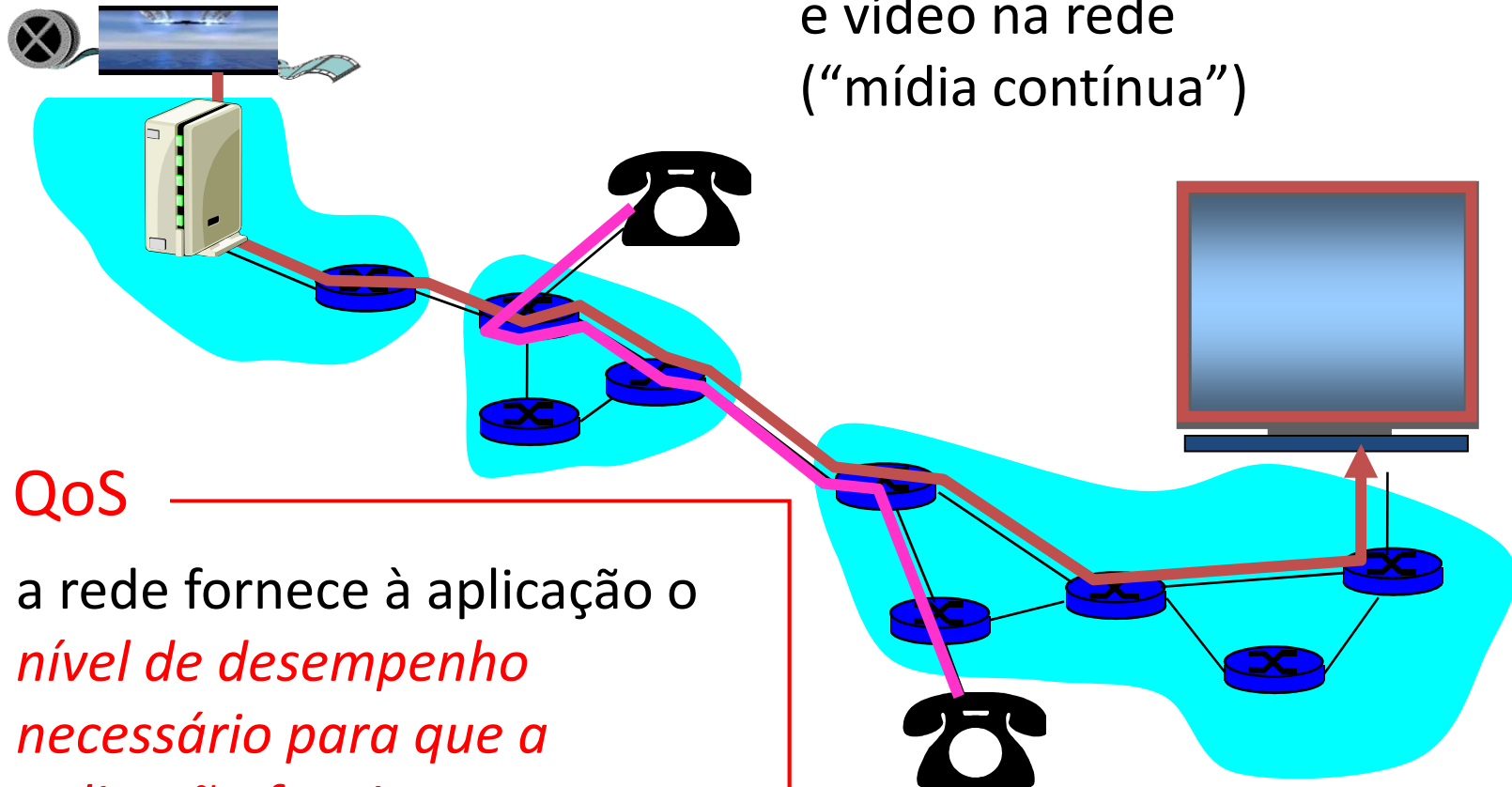


Sistemas de Comunicação Multimídia (Convergentes)



O que são Multimídia e Qualidade de Serviço?

Aplicações Multimídia: áudio e vídeo na rede (“mídia contínua”)

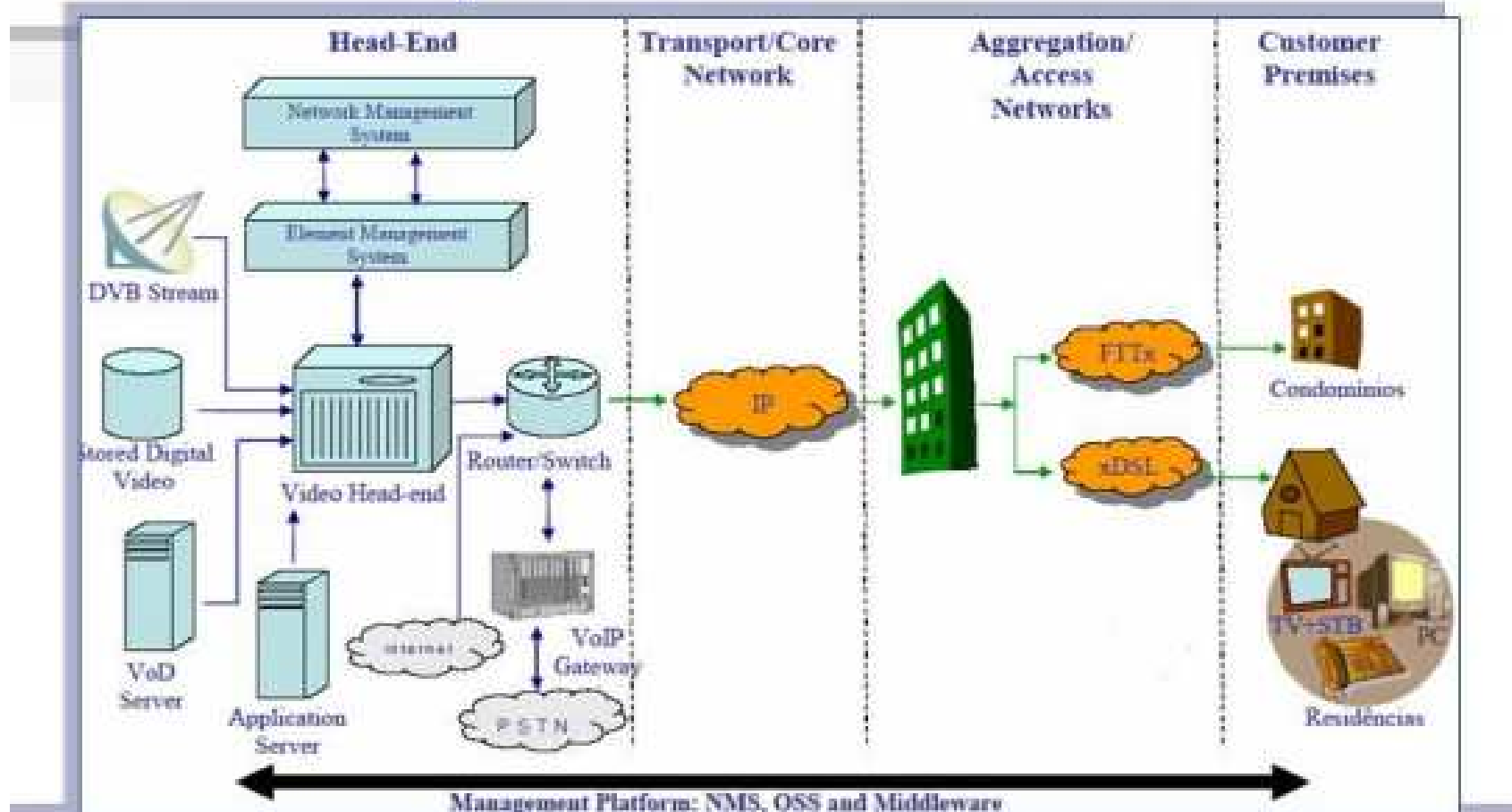


QoS

a rede fornece à aplicação o *nível de desempenho necessário para que a aplicação funcione como esperado*

O que são Multimídia e Qualidade de Serviço?

IPTV – Arquitectura de Rede



Aplicações de Rede Multimídia

Classes de aplicações de Multimídia:

- 1) Áudio e vídeo de fluxo contínuo **armazenados** (*Streams*)
- 2) Áudio e vídeo de fluxo contínuo **ao vivo**
- 3) Áudio e vídeo **Interativos em tempo real**

Jitter é a variação de atraso dos pacotes dentro de um mesmo fluxo de pacotes

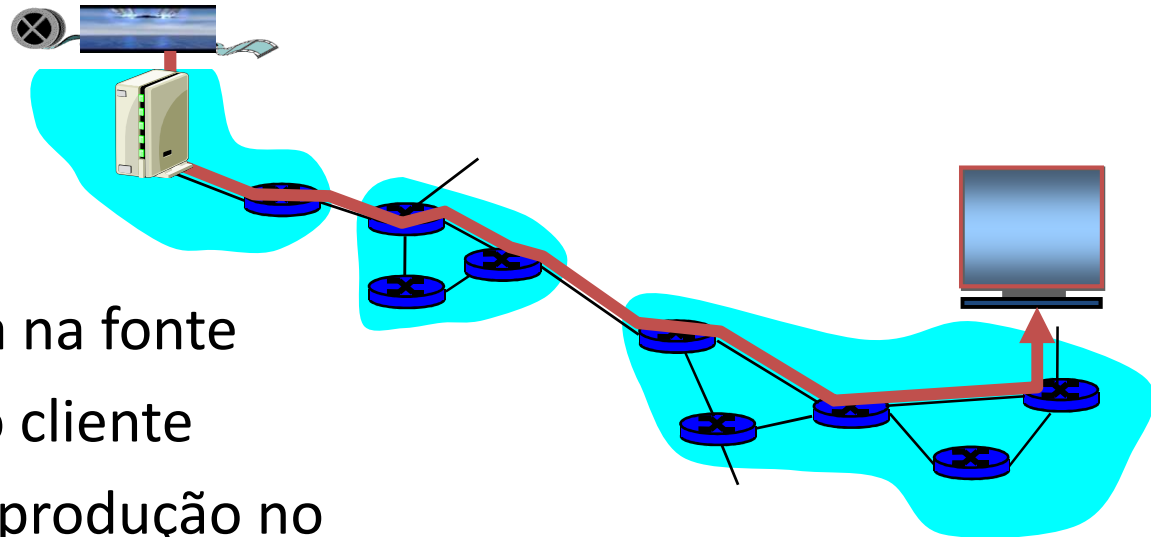
Características Fundamentais:

- Tipicamente são **sensíveis a atrasos**
 - atraso fim-a-fim
 - variação do atraso (*jitter*)
- Mas são **tolerantes a perdas**: perdas ocasionais causam somente pequenas perturbações
- Antítese da transferência de dados que é intolerante a perdas mas tolerante a atrasos.

1) Áudio e vídeo de fluxo Contínuo Armazenados

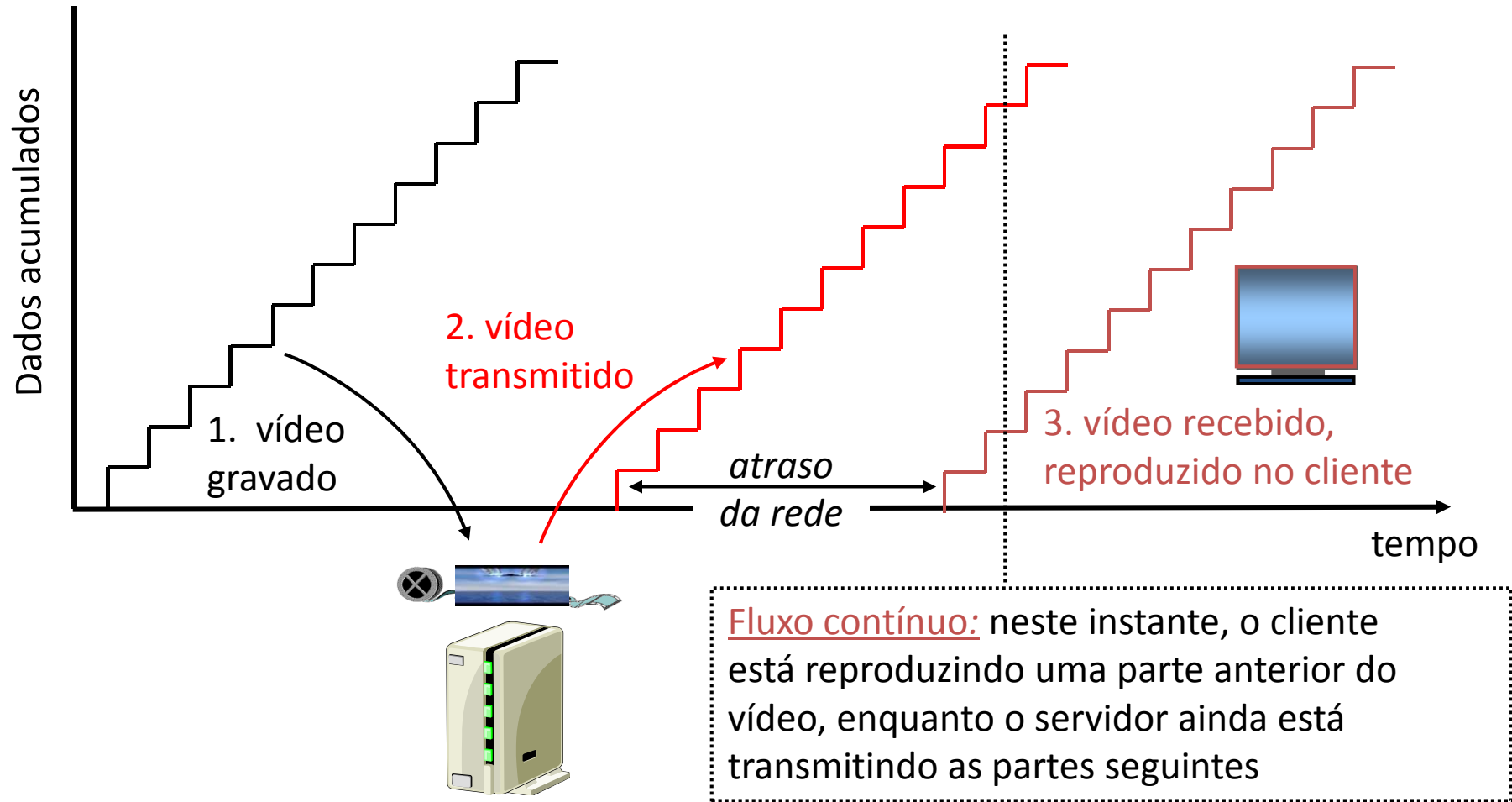
Fluxo Contínuo (Streaming):

- ❑ mídia armazenada na fonte
- ❑ transmitida para o cliente
- ❑ Fluxo contínuo: reprodução no cliente inicia *antes* de que todos os dados tenham sido recebidos
- ❑ restrição de tempo para os dados ainda não transmitidos: devem chegar a tempo de serem reproduzidos



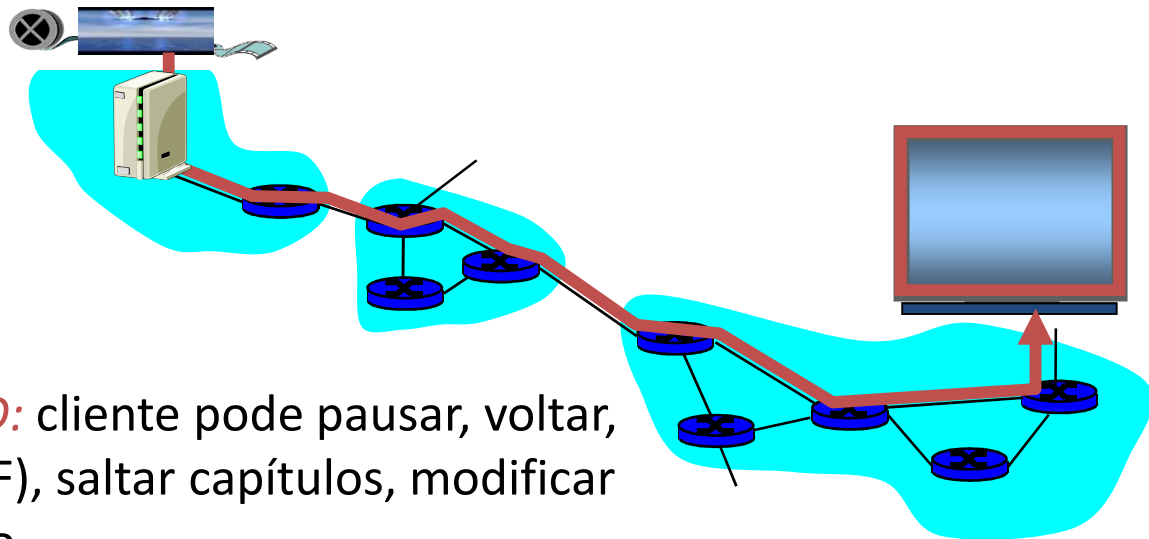
1) Áudio e vídeo de fluxo Contínuo Armazenados

Como funciona?



1) Áudio e vídeo de fluxo Contínuo Armazenados

Interatividade



❑ *Funcionalidade tipo DVD:* cliente pode pausar, voltar, avançar rapidamente (FF), saltar capítulos, modificar a barra de deslocamento

- atraso inicial de 10 seg OK
- 1-2 seg até que o comando seja executado OK
- RTSP é freqüentemente usado (mais detalhes posteriormente)

❑ restrição de tempo para dados ainda não transmitidos: chegar em tempo para reprodução

2) Áudio e vídeo de fluxo Contínuo ao vivo

Exemplos:

- Programa de bate papo em rádio Internet
- Evento esportivo ao vivo

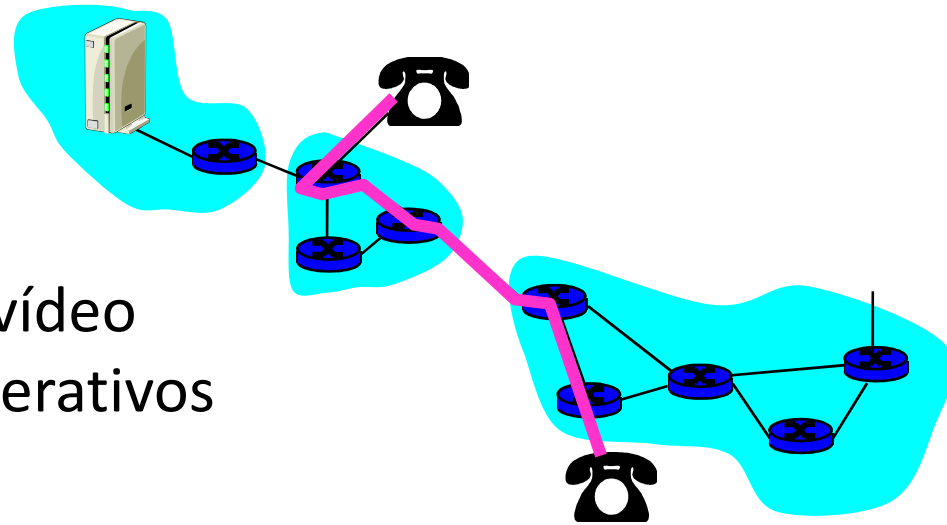
Fluxo Contínuo

- buffer de reprodução
- reprodução pode atrasar dezenas de segundos após a transmissão
- ainda tem restrições de tempo

Interatividade

- impossível avançar
- é possível voltar, pausar!

3) Áudio e vídeo interativos em tempo real



□ **aplicações:** telefonia IP, vídeo conferência, mundos interativos distribuídos

- **requisitos de atraso fim-a-fim:**

- áudio: < 150 mseg bom, < 400 mseg OK

- Inclui atrasos da camada de aplicação (empacotamento) e de rede
 - Grandes atrasos são perceptíveis, prejudicam a interatividade

- **inicialização da sessão**

- como o destino anuncia o seu endereço IP, número de porta e algoritmo de codificação?

Multimídia Sobre a Internet Atual

TCP/UDP/IP: “serviço de melhor esforço”

- *sem* garantias sobre atrasos, perdas



?

?

?

?

?

?

?

Mas, você disse que as aplicações MM
necessitam de QoS e nível de desempenho
para funcionarem!

?

?

?



As aplicações MM na Internet atual usam técnicas da camada de aplicação para minimizar (da melhor forma) efeitos de atrasos e perdas

Como a Internet deveria evoluir para dar melhor suporte à multimídia?

Filosofia de serviços integrados:

- Modificar a Internet de modo que as aplicações possam reservar largura de banda fim-a-fim
- Requer software novo e complexo nos hospedeiros e roteadores

Filosofia do “deixa como está”:

- sem grandes mudanças
- aumento da largura de banda quando necessário
- distribuição de conteúdo, multicast na camada de aplicação

Filosofia de serviços diferenciados:

- Menos mudanças na infraestrutura da Internet, mas provendo serviços de 1a. e 2a. classes.



O que você acha?

Algumas palavras sobre compressão de áudio

- Sinal analógico amostrado a uma taxa constante
 - telefone: 8.000 amostras/seg
 - CD de música: 44.100 amostras/seg
- Cada amostra é discretizada (arredondada): **quantização**
 - ex., $2^8=256$ possíveis valores discretos
- Cada valor de quantização é representado por bits
 - 8 bits para 256 valores
- Exemplo: 8.000 amostras/seg, 256 valores discretos --> 64.000 bps
- Receptor converte-o de volta a um sinal analógico:
 - alguma perda de qualidade

Exemplo de taxas

- CD: 1,411 Mbps
- MP3 (MPEG 1 de camada 3): 96, 128, 160 kbps
- Telefonia Internet: 5,3 - 13 kbps

Algumas palavras sobre compressão de vídeo

- Vídeo é uma seqüência de imagens apresentadas a uma taxa constante
 - ex. 24 imagens/seg
- Imagem digital é uma matriz de pixels
- Cada pixel é representado por bits que representam a luminância e cor
- Redundância
 - Espacial (dentro da imagem)
 - Temporal (de uma imagem para a próxima)

Exemplos:

- MPEG 1 (CD-ROM) 1,5 Mbps
- MPEG2 (DVD) 3-6 Mbps
- MPEG4 (freqüentemente usado na Internet, < 1 Mbps)

Pesquisa:

- vídeo em camadas (escalável)
 - adapta as camadas à largura de banda disponível

Capítulo 7: Roteiro

- 7.1 Aplicações de Rede Multimídia
- 7.2 **Áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenados**
- 7.3 Fazendo o melhor possível com o serviço de melhor esforço
 - 7.5 Distribuição de Multimídia: redes de distribuição de conteúdo
- 7.4 Protocolos para aplicações interativas em tempo real
 - RTP,RTCP,SIP
- 7.5 provendo múltiplas classes de serviço
 - 7.6 Além do melhor esforço
 - 7.7 Mecanismos de escalonamento e regulação
 - 7.8 Serviços integrados e serviços diferenciados
- 7.6 provendo garantias de QoS
 - 7.8 Serviços integrados e serviços diferenciados
 - 7.9 RSVP

Fluxo Contínuo Multimídia Armazenada

Técnicas de *streaming* da camada de aplicação para extrair o máximo do serviço de melhor esforço

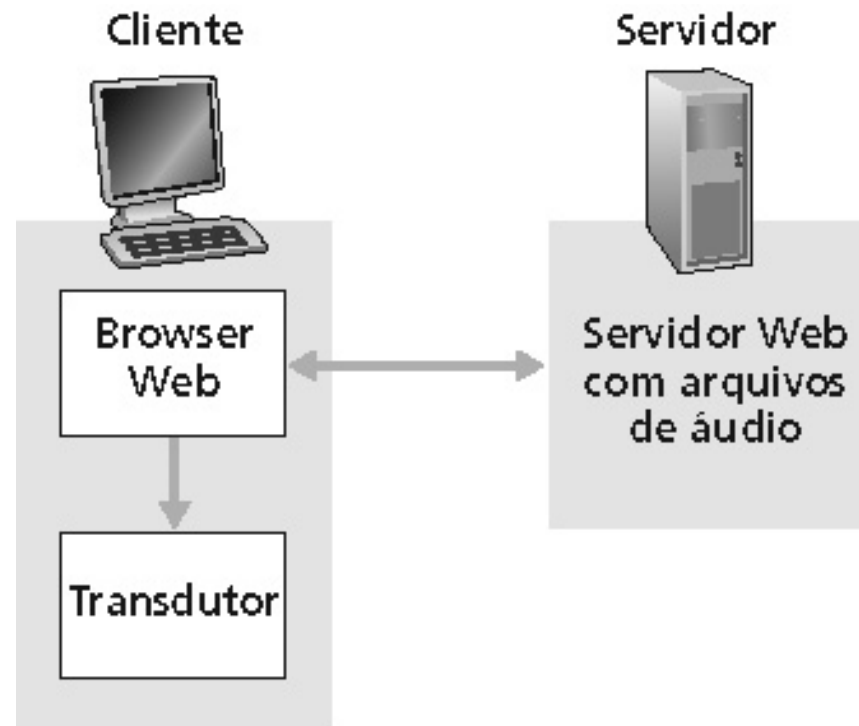
- armazenamento no lado do cliente
- uso do UDP ao invés do TCP
- múltiplas codificações da multimídia

Tocadores de Mídia (*transdutores*)

- descompressão
- Eliminação de variação de atraso (*jitter*)
- Tratamento de erros
- Interface gráfica do usuário com controles para interatividade

Multimídia Internet: abordagem simplista

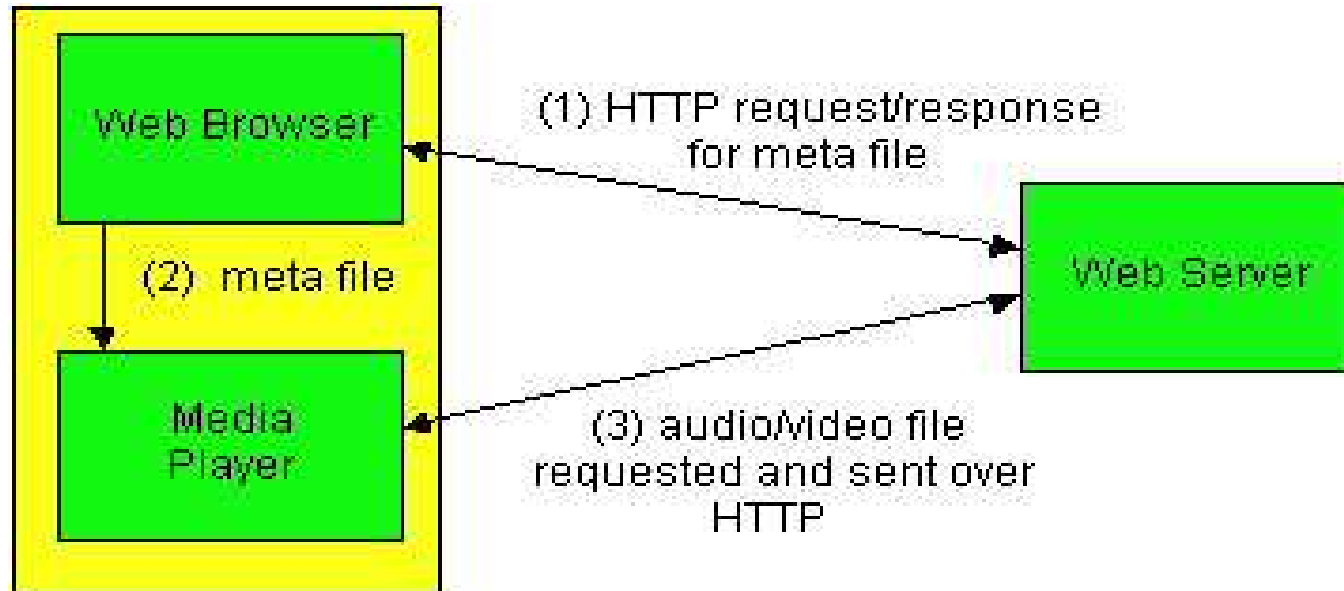
- áudio ou vídeo armazenado em arquivo
- arquivos transferidos como objetos HTTP
 - recebidos completamente pelo cliente
 - Depois repassado para o tocador de mídia (transdutor)



áudio, vídeo não são enviados como fluxo contínuo:

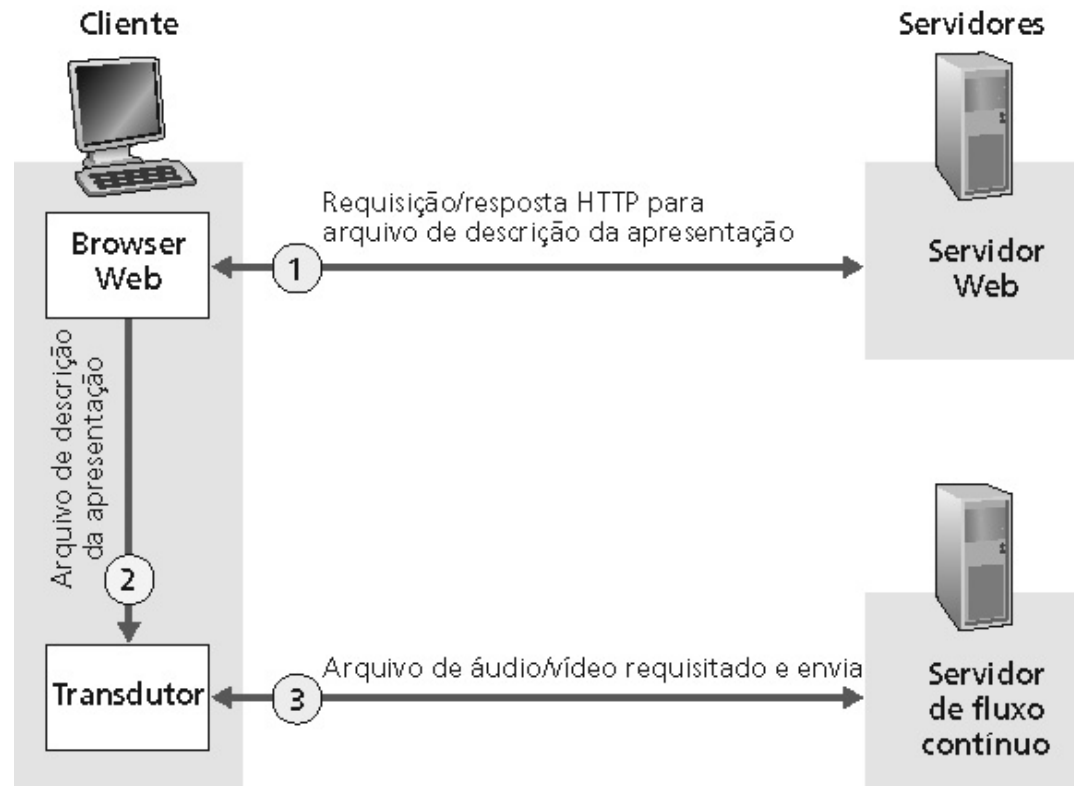
- ❑ não há cadeia de montagem (*pipelining*) o que resulta em longos atrasos até a reprodução!

Multimídia Internet: abordagem com fluxos



- ❑ *browser* solicita **metarquivo**
- ❑ *browser* inicia o tocador (transdutor), passando o metarquivo
- ❑ Tocador (transdutor) contacta o servidor
- ❑ servidor cria o **fluxo** de áudio/vídeo até o tocador (transdutor)

Fluxos a partir de um servidor de fluxo contínuo

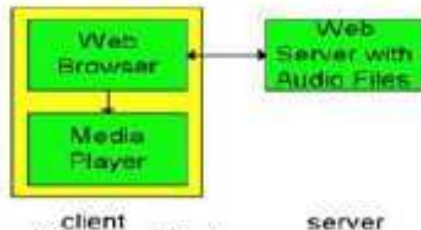


- Esta arquitetura permite o uso de protocolos não-HTTP entre o servidor e o reproduzidor de mídia (transdutor)
- Também pode usar UDP ao invés do TCP

Fluxos Multimídia: Armazenamento pelo Cliente

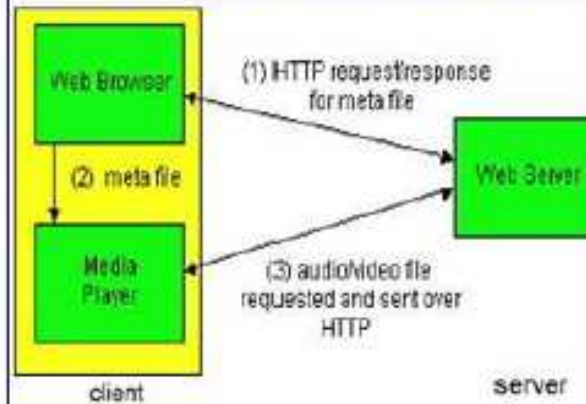
Multimédia Internet: Abordagens

Abordagem *Download*



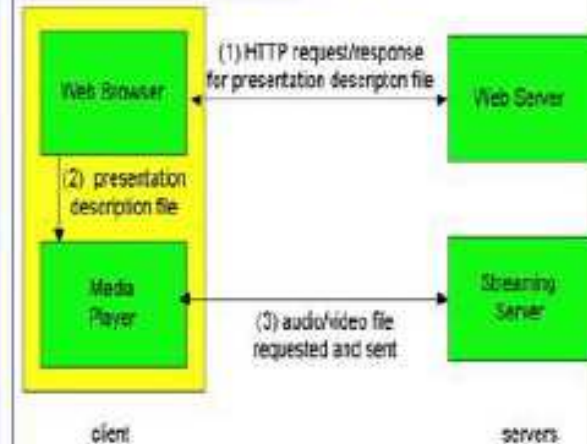
- **Áudio ou Vídeo armazenado em ficheiro**
- **Ficheiro transferido como objecto HTTP**
 - recebido 100% por cliente
 - depois segue para o *player*
- **Áudio, Vídeo não enviado como fluxo contínuo**
 - não há cadeia de montagem (*pipelining*)
 - longos atrasos até a reprodução

Abordagem com fluxos



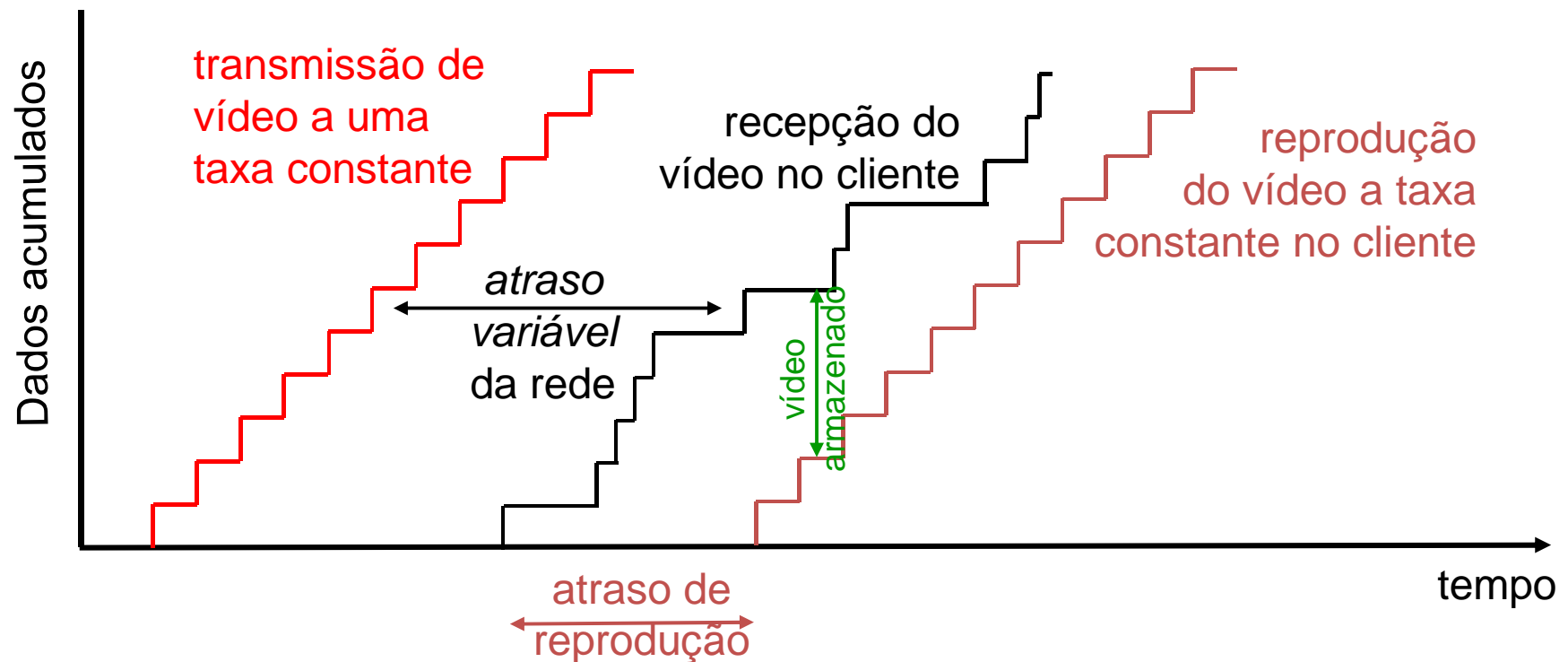
- *browser* solicita (GETs) **meta ficheiro**
- *browser* inicia o *player*, passando o meta ficheiro
- *player* contacta o servidor
- servidor cria o **fluxo** de áudio/vídeo até o *player*

Servidor de fluxos



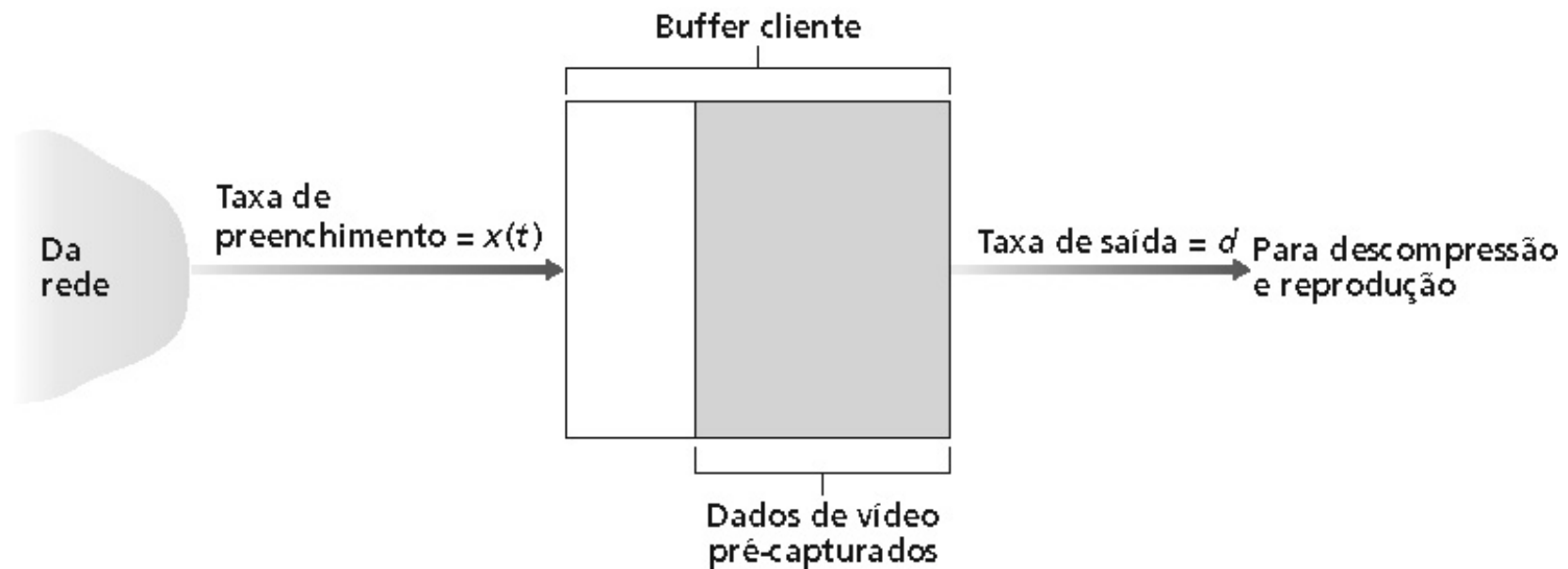
- Esta arquitectura permite o **uso de protocolos não-HTTP** entre o servidor e o reproduzidor de media
- Também pode usar UDP ao invés do TCP

Fluxos Multimídia: Armazenamento pelo Cliente



- Armazenamento no lado do cliente, o atraso de reprodução compensa a variação do atraso (*jitter*) provocados pela rede

Fluxos Multimídia: Armazenamento pelo Cliente



- Armazenamento no lado do cliente, o atraso de reprodução compensa a variação do atraso (*jitter*) provocados pela rede

Fluxo Multimídia: UDP ou TCP?

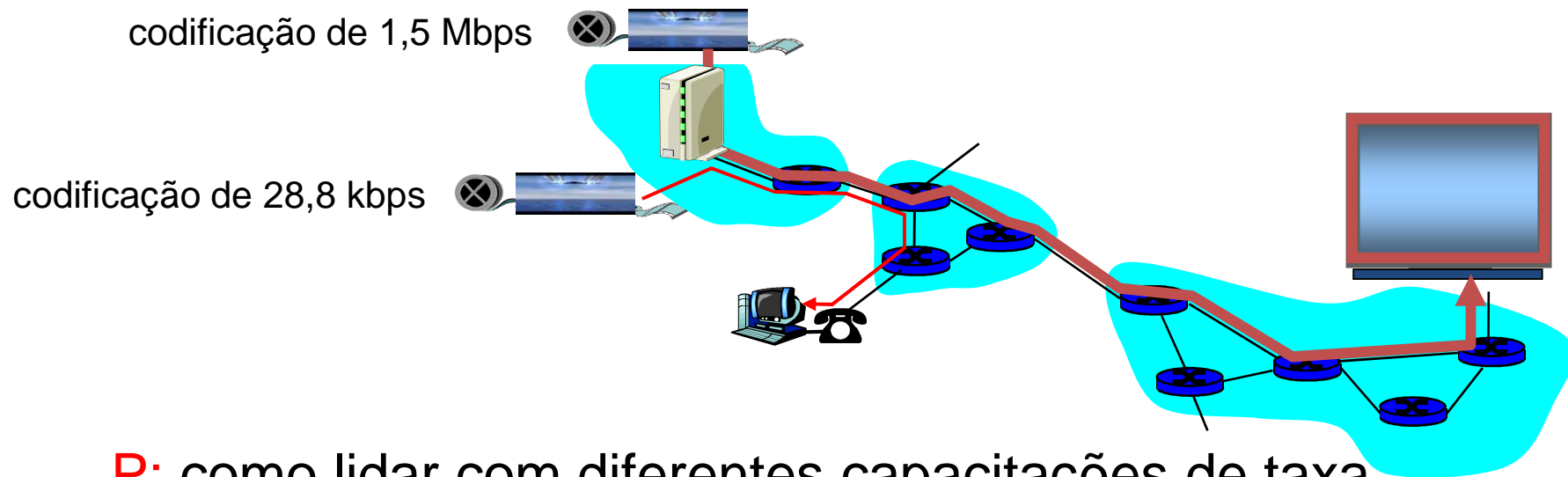
UDP

- servidor envia a uma taxa adequada para o cliente (sem se importar com congestionamento da rede!)
 - freqüentemente taxa de transmissão = taxa de codificação = constante
 - portanto, taxa de enchimento = taxa constante – perda de pacotes
- pequeno atraso de reprodução (2-5 segundos) para compensar pela variação do atraso da rede
- recuperação de erros: se houver tempo

TCP

- transmite na taxa máxima permitida pelo TCP
- taxa de enchimento flutua devido ao controle de congestionamento do TCP
- maior atraso para reprodução: taxa de entrega do TCP mais suave
- HTTP/TCP passam mais facilmente através de *firewalls*

Fluxo Multimídia : taxa(s) do cliente



P: como lidar com diferentes capacidades de taxa de recepção do cliente?

- acesso discado de 28,8 kbps
- Ethernet de 100Mbps

R: servidor armazena, transmite múltiplas cópias do vídeo, codificadas em taxas diferentes

Controle do Usuário de Fluxo Contínuo: RTSP

HTTP

- Não tinha como alvo conteúdo multimídia
- Não possui comandos para avanço rápido, etc.

RTSP: RFC 2326

- Protocolo cliente-servidor da camada de aplicação.
- O usuário pode controlar a apresentação: retorno, avanço rápido, pausa, retomada, reposicionamento, etc.

O que ele não faz :

- Não define esquemas de compressão
- Não define como o áudio e vídeo são encapsulados para serem transmitido pela rede
- Não restringe como a mídia de fluxo contínuo é transportada; pode ser transportada por UDP ou TCP
- Não especifica como o apresentador da mídia armazena o áudio/vídeo

RTSP: controle fora da faixa

FTP usa um canal de controle “fora da faixa”:

- Um arquivo é transferido sobre uma conexão TCP.
- A informação de controle (mudanças de diretório, remoção de arquivo, renomeação de arquivo, etc.) é enviada numa conexão TCP à parte.
- Os canais “fora da faixa” e “dentro da faixa” utilizam diferentes números de portas.

As mensagens RTSP também são enviadas fora da faixa:

- As mensagens de controle RTSP usam números de porta diferentes do fluxo da mídia, e são, portanto, enviadas fora da faixa
 - Porta 554
- O fluxo de mídia é considerado “dentro da faixa”.

Exemplo RTSP

Cenário:

- metarquivo enviado para o *browser* web
- *browser* inicia o tocador/transdutor
- Tocador/transdutor estabelece uma conexão de controle RTSP e uma conexão de dados para o servidor de mídia contínua

Exemplo de Metarquivo

```
<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>
```

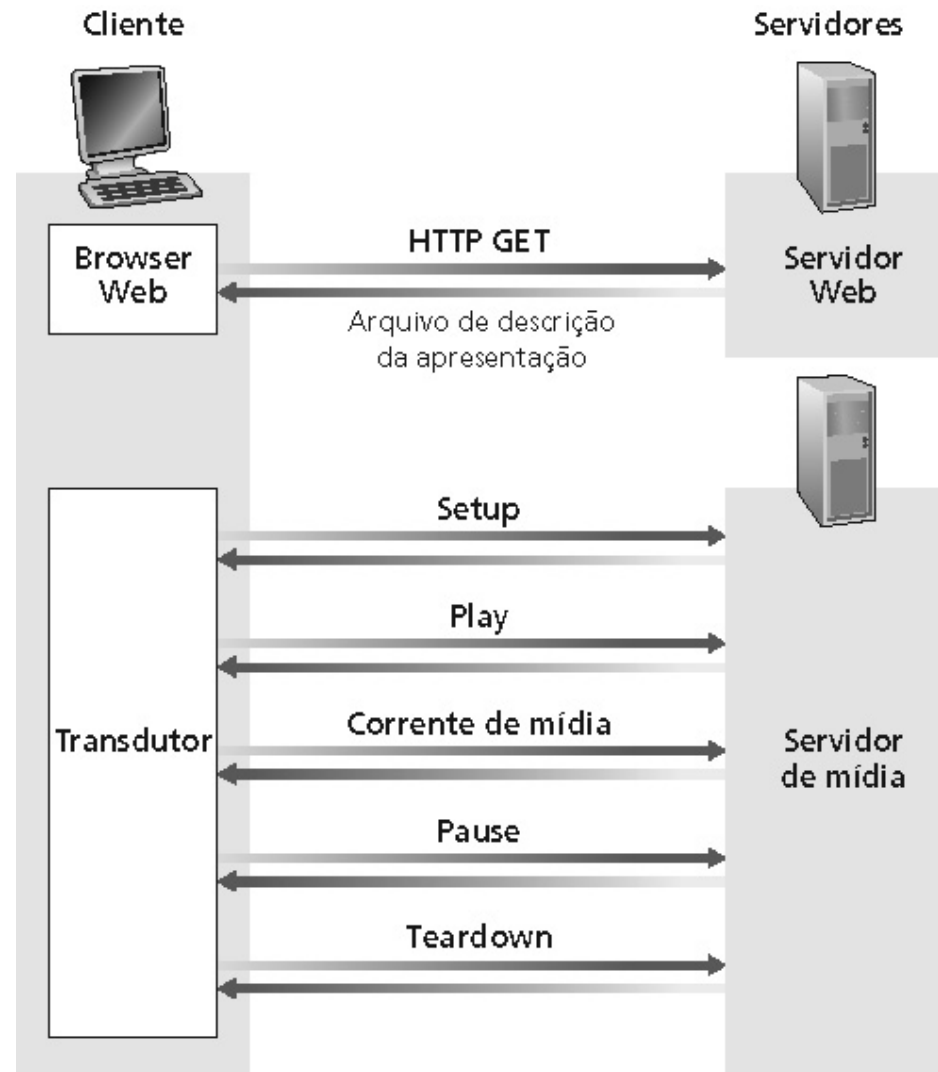
```
  <track type="video/jpeg"
```

```
    src="rtsp://video.example.com/twister/video">
```

```
</group>
```

```
</session>
```

Operação do RTSP



RTSP: exemplo de diálogo

C: SETUP rtsp://audio.example.com/twister/audio RTSP/1.0
Cseq: 1
Transport: rtp/udp; compression; port=3056; mode=PLAY

S: RTSP/1.0 200 OK
Cseq: 1
Session 4231

C: PLAY rtsp://audio.example.com/twister/audio.en/lofi RTSP/1.0
Range: npt=0-
Cseq: 2
Session: 4231

S: RTSP/1.0 200 OK
Cseq: 2
Session 4231

C: PAUSE rtsp://audio.example.com/twister/audio.en/lofi RTSP/1.0
Range: npt=37
Cseq: 3
Session: 4231

S: RTSP/1.0 200 OK
Cseq: 3
Session 4231

C: TEARDOWN rtsp://audio.example.com/twister/audio.en/lofi RTSP/1.0
Cseq: 4
Session: 4231

S: RTSP/1.0 200 OK
Cseq: 4
Session 4231

Operação do RTSP



Aplicações interativas em tempo real

- Telefonia PC-2-PC
 - Skype
- PC-2-telefone
 - Dialpad
 - Net2phone
 - Skype
- videoconferência com webcams
 - Skype
 - Polycom

Vamos agora examinar em detalhes um exemplo de telefonia Internet PC-2-PC

Aplicações Interativas de Tempo Real

Multimedia Interativa: Telefone Internet

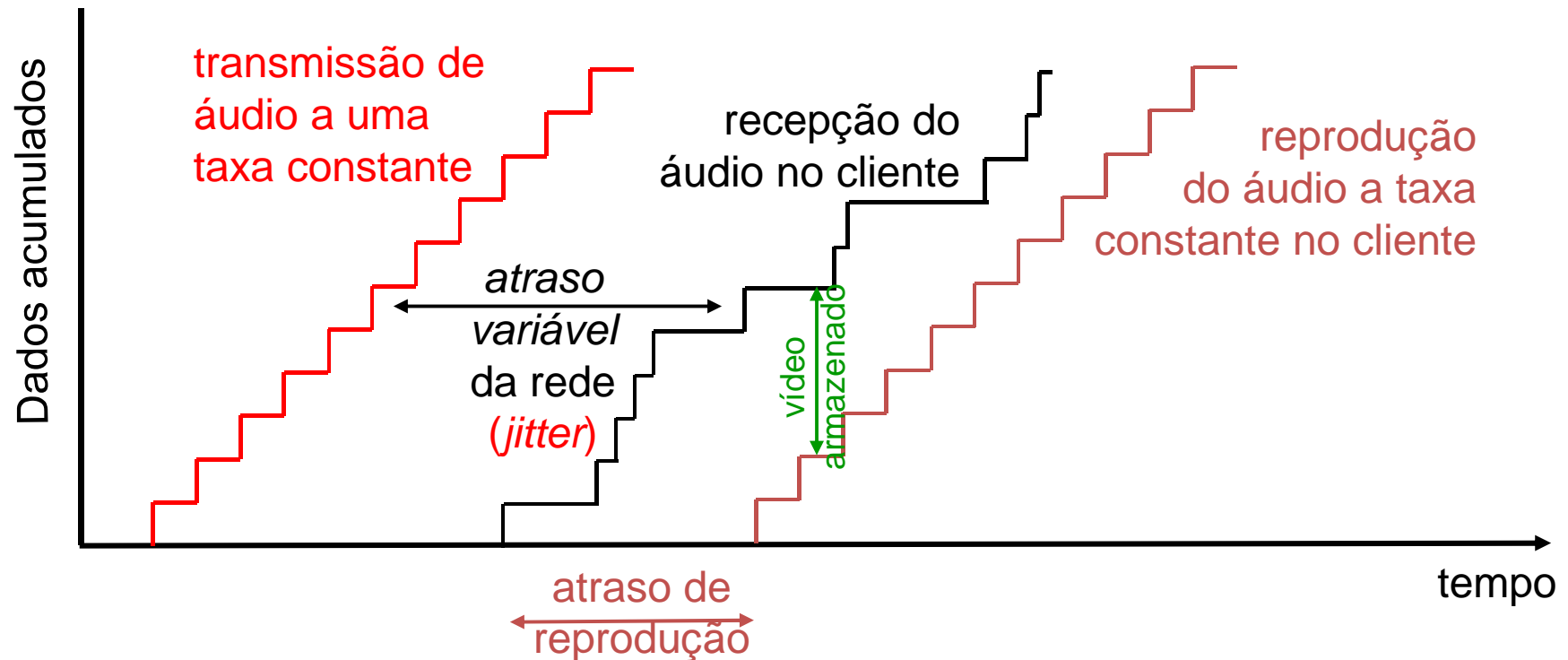
- Áudio do "speaker": alterna surtos de voz com períodos de silêncio
 - 64 kbps durante surto de voz
- Pacotes gerados apenas durante os surtos de voz
 - pedaços de 20 mseg a 8 Kbytes/seg: dados de 160 bytes
- Cabeçalho da camada de aplicação é adicionado a cada pedaço
- Pedaço+cabeçalho empacotado num segmento UDP
- Aplicação envia segmentos UDP no socket a cada 20 mseg durante um surto de voz.

- Telefone PC-2-PC
 - serviços de mensagens instantânea
- PC-2-telefone
 - teclado
 - Net2phone
- videoconferência com Webcams

Telefone Internet: Perda e Atraso de Pacotes

- **perda pela rede:** datagrama IP perdido devido a congestionamento da rede (estouro do buffer do roteador)
- **perda por atraso:** o datagrama IP chega muito tarde para ser tocado no receptor
 - atrasos: processamento, enfileiramento na rede; atrasos do sistema terminal (transmissor, receptor)
 - atraso máximo tolerável típico: 400 ms
- tolerância a perdas: a depender da codificação da voz, as perdas podem ser encobertas, taxas de perdas de pacotes entre 1% e 10% podem ser toleradas.

Variação do atraso (*jitter*)



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

Telefone Internet

– Perda de Pacotes e Atraso

- Perda pela rede: datagrama IP perdido devido a congestionamento da rede (estouro do buffer do router)
- Perda por atraso: o datagrama IP chega tarde para ser reproduzido no receptor
 - atrasos: processamento, filas de espera na rede; atrasos do sistema terminal (emissor, receptor)
 - atraso máximo tolerável típico: 400 ms
- tolerância a perdas: dependendo da codificação da voz, as perdas podem ser encobertas
 - taxas de perdas de pacotes entre 1% e 10% podem ser toleradas.

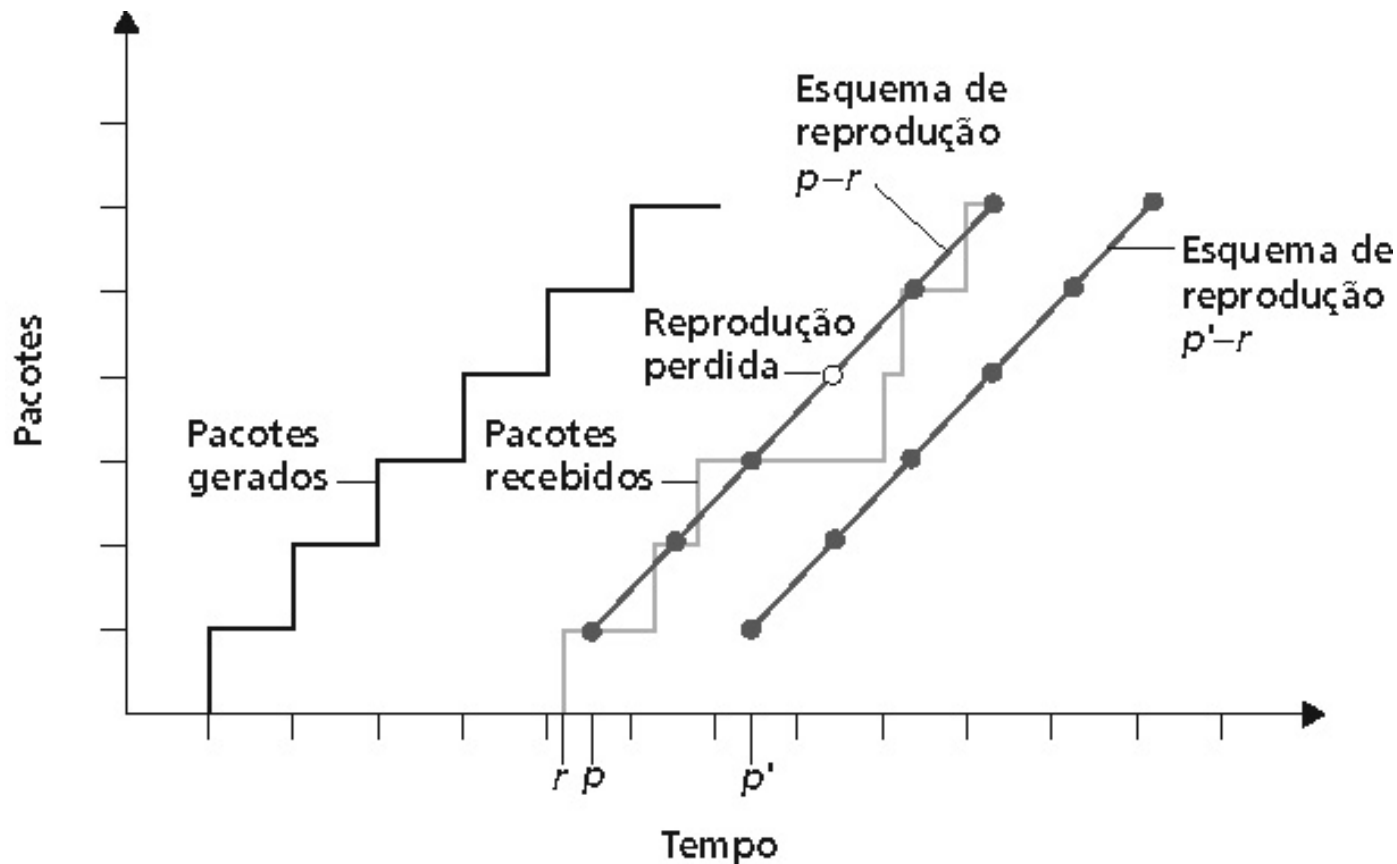
Variação do atraso (jitter)



- Considerar o atraso fim a fim de dois pacotes consecutivos
 - a diferença pode ser maior ou menor do que 20 msec

Atraso de reprodução fixo

- Transmissor gera pacotes a cada 20 ms durante um surto de voz.
- O primeiro pacote é recebido no instante r
- A primeira reprodução é programada para iniciar no instante p
- A segunda reprodução é programada para iniciar no instante p'

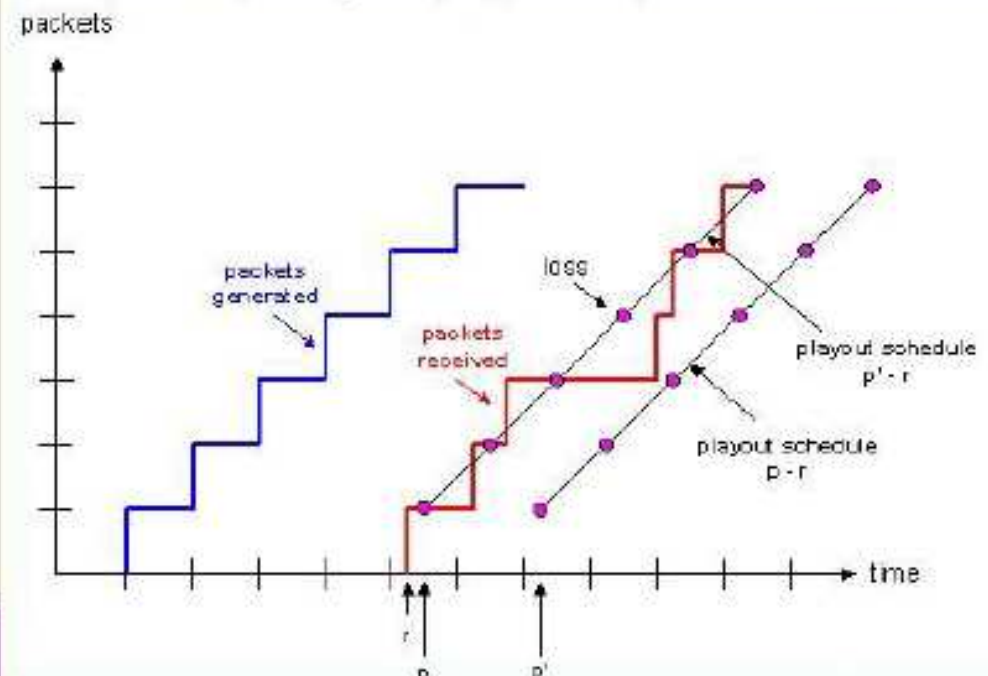


Telefone Internet

– Atraso de Apresentação Fixo

- O receptor tenta reproduzir cada pedaço exactamente q msecs após o pedaço ter sido produzido
 - Se o pedaço contiver um carimbo temporal t , o receptor reproduzirá o pedaço no instante $t+q$.
 - Se o pedaço chegar após o instante $t+q$, o receptor o descartará
- Compromissos para q :
 - q longo: menos perda de pacotes
 - q pequeno: melhor experiência interactiva

- Emissor gera pacotes a cada 20 mseg durante o surto de voz.
- O primeiro pacote é recebido no instante r
- A primeira reprodução é programada para iniciar no instante p .
- A segunda reprodução é programada para iniciar no instante p'



Atraso de reprodução adaptativo

Objectivo: minimizar o atraso de reprodução, mantendo baixa a taxa de perdas

Abordagem: ajuste adaptativo atraso de reprodução:

- Estima o atraso da rede e ajusta o atraso de reprodução no início de cada surto de voz
- Períodos de silêncio são comprimidos e alongados.
- Os pedaços ainda são reproduzidos a cada 20 msec durante um surto de voz.

t_i = carimbo de tempo do i -ésimo pacote

r_i = instante em que o pacote i é recebido pelo receptor

p_i = instante em que o pacote i é reproduzido no receptor

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

d_i = estimativa atraso médio da rede após o i -ésimo pacote

Estimativa dinâmica do atraso médio no receptor:

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

Versão filtrada do atraso do pacote

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

Estimava do 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, mas são usados apenas no início de um surto de voz.

Para o primeiro pacote de um surto de voz, o tempo de apresentação é:

$$p_i = t_i + d_i + Kv_i$$

onde K é um constante positiva.

Os pacotes restantes em um surto de voz são reproduzidos periodicamente

Reprodução adaptativa (3)

P: Como o receptor determina se um pacote é o primeiro de uma rajada de voz?

- Se nunca houvesse perdas, o receptor poderia simplesmente olhar as marcas de tempo sucessivas.
 - Diferença entre marcas sucessivas > 20 ms, início da rajada de voz.
- Mas, dado que perdas são possíveis, o receptor deve olhar tanto para as marcas de tempo quanto para os números de seqüência.
 - Diferença entre marcas sucessivas > 20 ms e números de seqüência sem falhas, início da rajada de voz.

Recuperação de perda de pacotes (1)

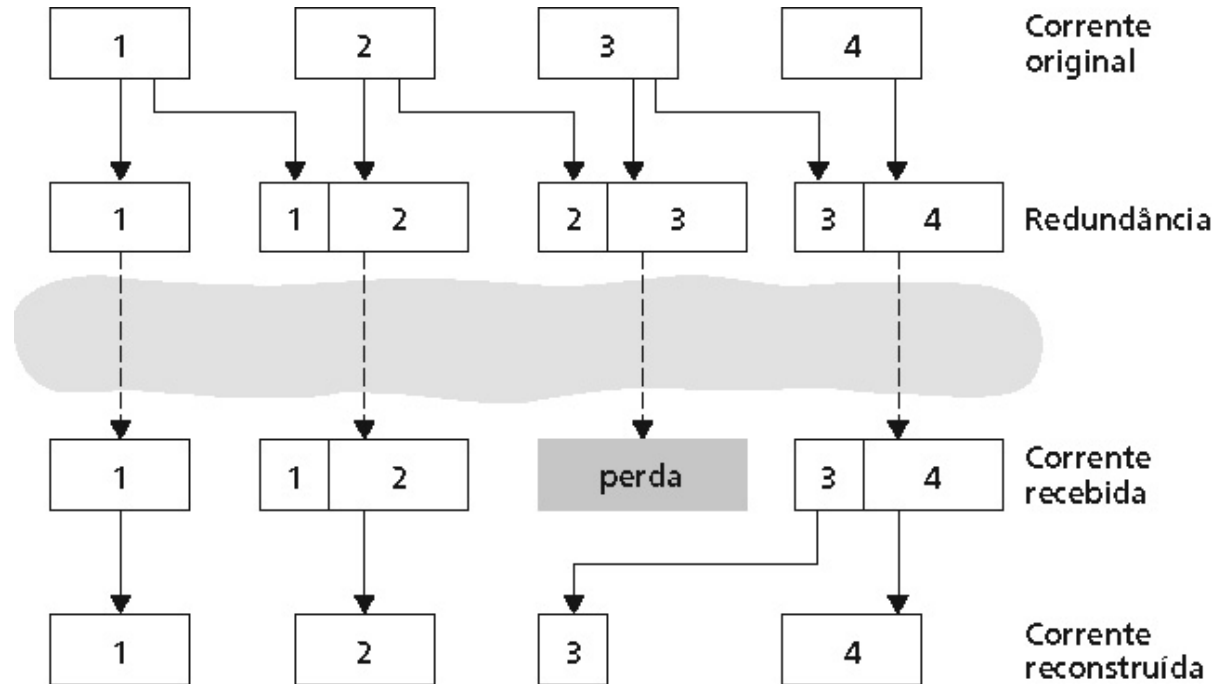
forward error correction (FEC): esquema simples

- para cada grupo de n porções, criar uma porção redundante efetuando o OU-exclusivo das n porções originais
 - transmite $n+1$ porções, aumentando a largura de banda por um fator de $1/n$.
 - pode reconstruir as n porções originais se houver no máximo uma porção perdida dentre as $n+1$ porções.
- Atraso de reprodução deve ser fixado para o instante de recepção de todas as $n+1$ porções
 - Compromissos:
 - aumento de n , menos desperdício de banda
 - aumento de n , atraso de reprodução mais longo
 - aumento de n , maior probabilidade de que 2 ou mais porções sejam perdidas

Recuperação de perda de pacotes (2)

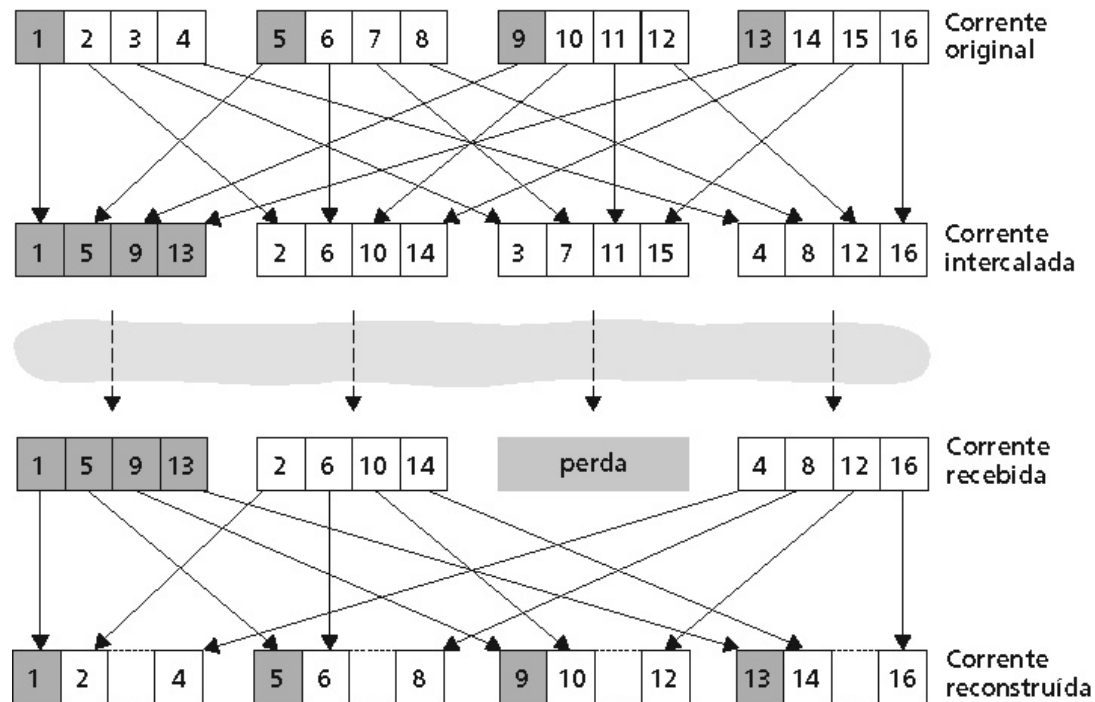
2o. Esquema de FEC

- transmissão de “carona” de um fluxo/corrente de menor qualidade
- envia fluxo de áudio de baixa resolução como informação redundante
- por exemplo, fluxo nominal PCM a 64 kbps e fluxo redundante GSM a 13 kbps.



- Sempre que houver uma perda não consecutiva, o receptor poderá recuperar a perda.
- Pode também adicionar a (n-1)-ésima e a (n-2)-ésima porção de baixa taxa de transmissão

Recuperação de perda de pacotes (3)



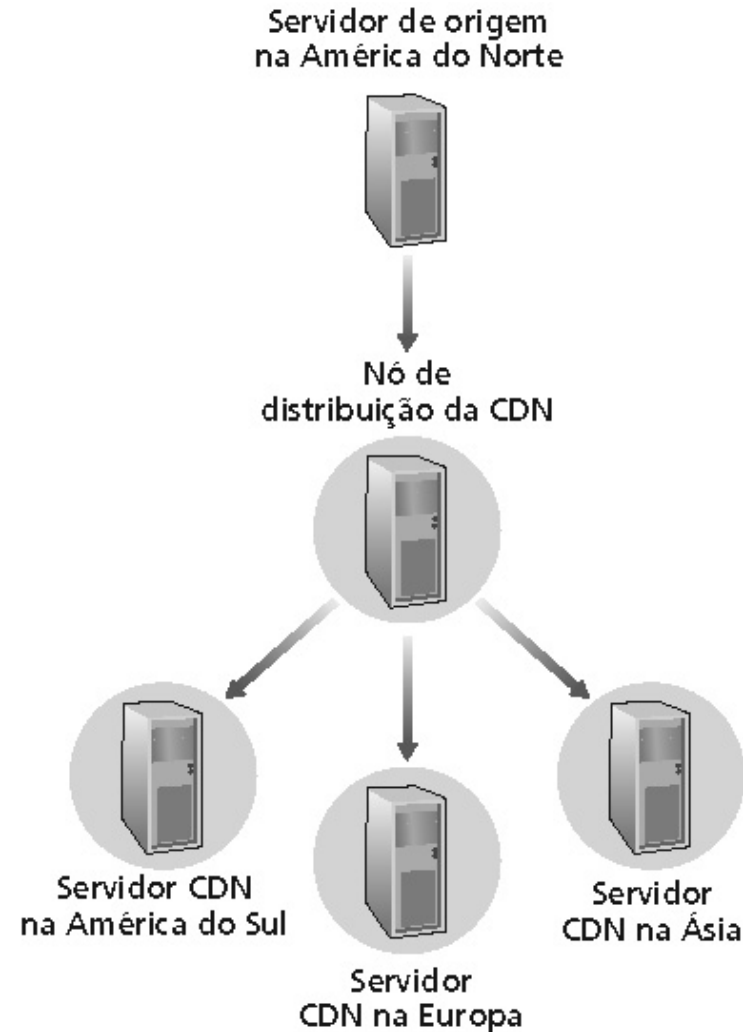
Intercalação

- as porções são quebrados em unidades menores
- por exemplo, quatro unidades de 5 mseg por porção
- pacote agora contém pequenas unidades de porções diferentes
- se o pacote se perder, ainda temos muito de cada porção
- não tem sobrecarga de redundância
- mas aumenta o atraso de reprodução

Redes de distribuição de conteúdo (CDNs - *Content distribution networks*)

Replicação de conteúdo

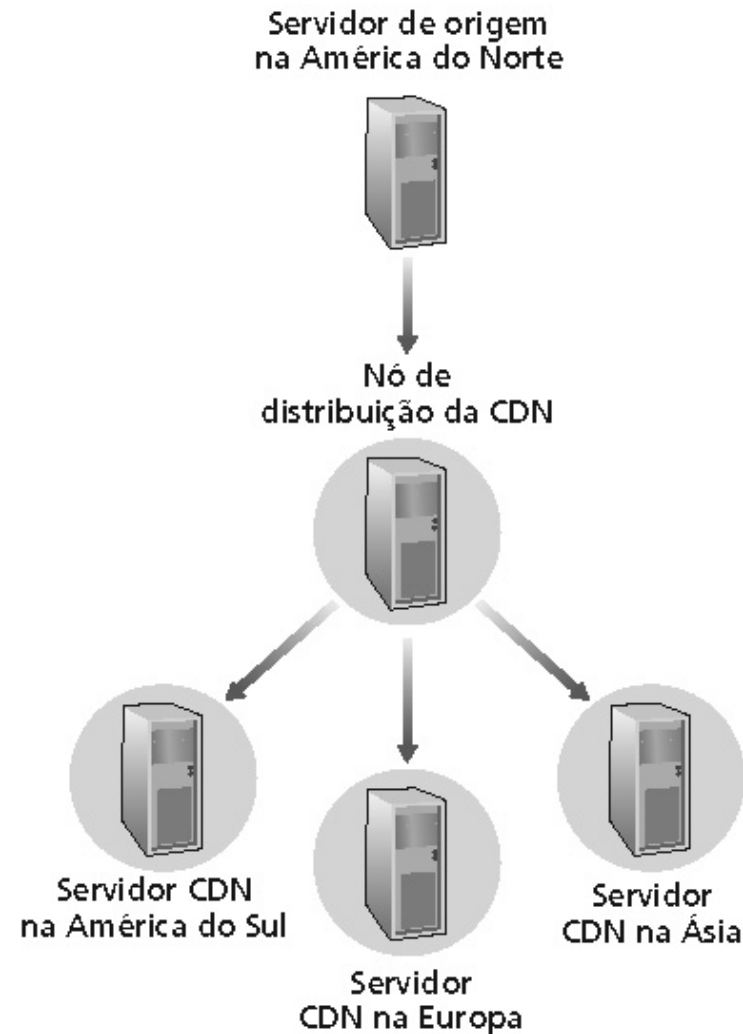
- Desafio transmitir fluxo de grandes arquivos (ex, vídeo) de um único servidor origem em tempo real
- Solução: replicar o conteúdo em centenas de servidores através da Internet
 - conteúdo carregado antecipadamente nos servidores CDN
 - Colocando o conteúdo “perto” do usuário evita impedimentos (perda, atraso) com o envio do conteúdo sobre caminhos longos.
 - servidor CDN tipicamente posicionado na borda da rede



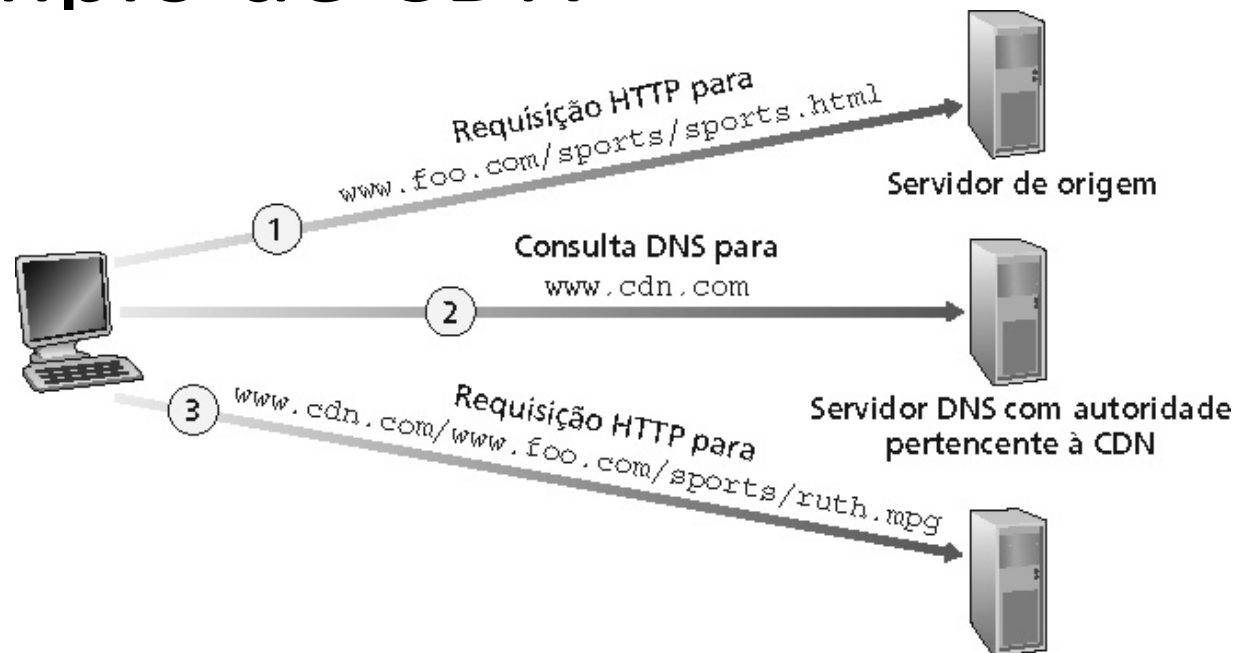
Redes de distribuição de conteúdo (CDNs - *Content distribution networks*)

Replicação de conteúdo

- Usuário de uma CDN (ex, Akamai) é o provedor de conteúdo (ex. CNN)
- A CDN replica o conteúdo do usuário em servidores CDN. Quando o provedor atualiza o conteúdo, a CDN atualiza os servidores



Exemplo de CDN



Servidor origem (www.foo.com)

- distribui HTML
- Substitui:
`http://www.foo.com/sports.ruth.gif`
por
`http://www.cdn.com/www.foo.com/spor
ts/ruth.gif`

Empresa CDN (cdn.com)

- distribui arquivos gif
- usa o seu servidor DNS oficial para redirecionar os pedidos

Mais sobre CDNs

roteamento de pedidos

- A CDN cria um “mapa”, indicando as distâncias entre os ISPs folhas e os nós CDN
- quando a solicitação chega num servidor DNS oficial:
 - o servidor determina qual é o ISP de onde provém o pedido
 - usa o “mapa” para determinar qual o melhor servidor CDN
- nós CDN criam uma rede sobreposta na camada de aplicação

Resumo: Multimídia Internet: truques

- **use UDP** para evitar o(s) (atrasos) do controle de congestionamento do TCP para tráfego sensível a tempo
- **atraso de reprodução adaptativo** para o lado do cliente: para compensar o atraso
- o lado do servidor **casa a largura de banda do fluxo** à largura de banda disponível no caminho cliente-ao-servidor
 - escolha entre taxas de fluxos pré-codificadas
 - taxa dinâmica de codificação do servidor
- recuperação de erros (acima do UDP)
 - FEC, intercalação, encobrimento de erros
 - retransmissões, se houver tempo
- CDN: traz o conteúdo mais para perto dos clientes

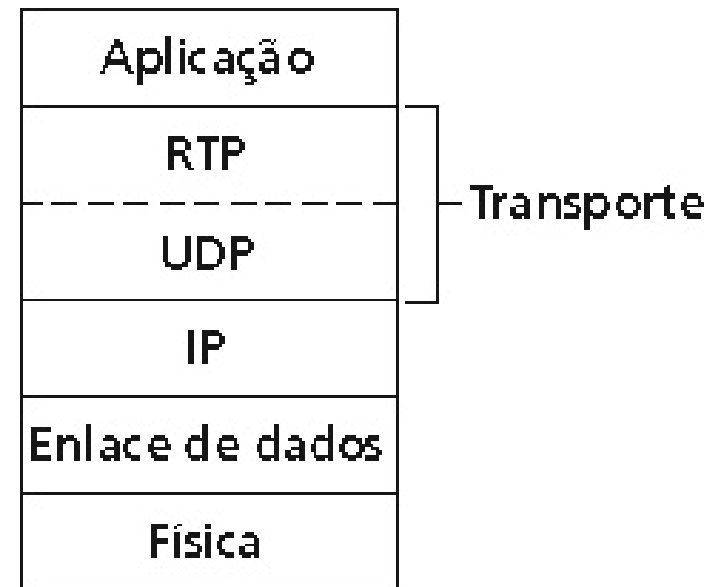
Protocolo de Tempo Real (RTP)

- RTP = *Real Time Protocol*
- RTP especifica uma estrutura de pacote para pacotes que transportam dados de áudio e de vídeo
- RFC 3550
- Pacote RTP provê
 - Identificação do tipo da carga
 - Numeração da seqüência de pacotes
 - Marca de tempo
- RTP roda nos sistemas terminais.
- Pacotes RTP são encapsulados em segmentos UDP
- Interoperabilidade: Se duas aplicações de telefone Internet rodarem RTP então elas poderão trabalhar em conjunto

RTP roda sobre UDP

Bibliotecas RTP provêm uma interface da camada de transporte que estende o UDP:

- números de portas, endereços IP
- verificação de erro através de segmentos
- identificação do tipo da carga
- numeração da seqüência de pacotes
- marca de tempo



Exemplo RTP

- Considere o envio de voz codificada em PCM de 64 kbps sobre RTP.
- Aplicação coleta os dados codificados em porções, ex., a cada 20 ms = 160 bytes numa porção.
- A porção de áudio junto com o cabeçalho RTP formam um pacote RTP, que é encapsulado num segmento UDP.
- O cabeçalho RTP indica o tipo da codificação de áudio em cada pacote:
 - os transmissores podem mudar a codificação durante a conferência.
- O cabeçalho RTP também contém número de seqüência e marca de tempo.

RTP e QoS

- RTP **não** provê nenhum mecanismo para garantir a entrega em tempo dos dados nem nenhuma outra garantia de qualidade de serviço.
- O encapsulamento RTP é visto apenas nos sistemas finais – não é visto por roteadores intermediários.
 - Roteadores provendo o serviço tradicional Internet de melhor esforço não fazem nenhum esforço adicional para garantir que os pacotes RTP cheguem ao destino em tempo.

Cabeçalho RTP

Tipo de carga útil	Número de seqüência	Marca de tempo	Identificador de sincronização da fonte	Campos variados
--------------------	---------------------	----------------	---	-----------------

Cabeçalho RTP

Tipo da carga útil (7 bits): Usado para indicar o tipo de codificação que está sendo usada. Se o transmissor modificar a codificação no meio de uma conferência, o transmissor informará o receptor através do campo do tipo de carga útil.

- Tipo de carga 0: PCM lei μ , 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, vídeo MPEG2

Número de Seqüência (16 bits): O número de seqüência é incrementado de um para cada pacote RTP enviado; pode ser usado para detectar a perda de pacotes e para restaurar a seqüência de pacotes.

Cabeçalho RTP (2)

Tipo de carga útil	Número de seqüência	Marca de tempo	Identificador de sincronização da fonte	Campos variados
--------------------	---------------------	----------------	---	-----------------

Cabeçalho RTP

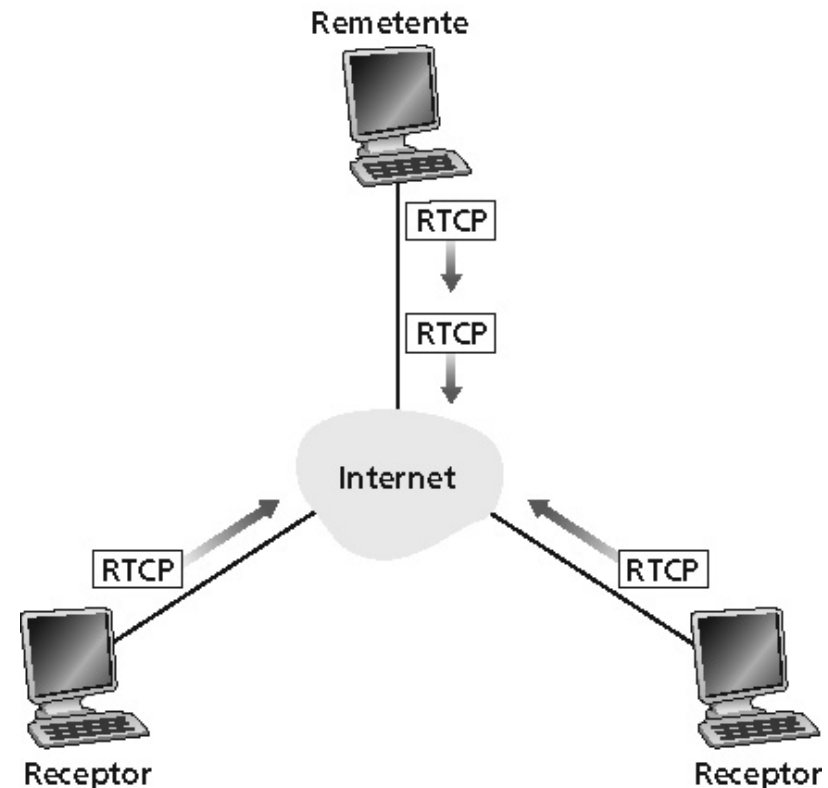
- **Campo de marca de tempo (32 bits):** Reflete o instante de amostragem do primeiro byte no pacote de dados RTP.
 - Para áudio o relógio de marca de tempo incrementa de um para cada período de amostragem (por exemplo, a cada 125 μ seg para um relógio de amostragem de 8kHz)
 - se a aplicação de áudio gerar porções de 160 amostras codificadas, então a marca de tempo aumenta de 160 para cada pacote RTP quando a fonte estiver ativa. O relógio de marca de tempo continua a aumentar a uma taxa constante mesmo quando a fonte estiver inativa.
- **Campo de identificador de sincronização da fonte (SSRC) (32 bits):** Identifica a fonte de um fluxo RTP. Cada fluxo numa sessão RTP deve possuir um SSRC distinto.

Protocolo de Controle de Tempo Real (RTCP)

- *Real-Time Control Protocol*
- Trabalha em conjunto com o RTP.
- Cada participante numa sessão RTP periodicamente transmite pacotes de controle RTCP para todos os demais participantes.
- Cada pacote RTCP contém relatórios do transmissor e/ou receptor
 - relatam estatísticas úteis para as aplicações.
- Estas estatísticas incluem o número de pacotes enviados, o número de pacotes perdidos, *jitter* entre chegadas, etc.
- Esta realimentação de informação para as aplicações pode ser usada para controlar o desempenho
 - O transmissor pode modificar as suas taxas de transmissão baseadas na realimentação.

RTCP - Continuação

- Para uma sessão RTP há tipicamente um único endereço multicast; todos os pacotes RTP e RTCP pertencentes à sessão usam o endereço multicast.
- Pacotes RTP e RTCP são diferenciados uns dos outros através do uso de números de portas distintos.
- Para limitar o tráfego, cada participante reduz o seu tráfego RTCP à medida que cresce o número de participantes da conferência.



Pacotes RTCP

Pacotes de relatório do receptor:

- Fração dos pacotes perdidos, último número de seqüência, *jitter* entre chegadas.

Pacotes de relatório do remetente:

- SSRC do fluxo RTP, marca de tempo, número de pacotes e número de bytes enviados.

Pacotes de descrição da fonte:

- Endereço de e-mail do remetente, nome do remetente, o SSRC do fluxo RTP associado.
- Os pacotes provêm um mapeamento entre o SSRC e o nome do usuário/hospedeiro.

Sincronização de Fluxos

- O RTCP pode ser usado para sincronizar diferentes fluxos de mídia dentro de uma sessão RTP.
- Considere uma aplicação de videoconferência para a qual cada transmissor gera um fluxo RTP para vídeo e outro para áudio.
- As marcas de tempo nestes pacotes RTP estão vinculadas aos relógios de amostragem de vídeo e de áudio, e não estão vinculadas ao relógio de tempo real.
- Cada pacote de relatório do remetente contém, para o pacote gerado mais recentemente no fluxo RTP associado,
 - a marca de tempo do pacote RTP
 - e instante num relógio de tempo real em que o pacote foi criado.
- Os receptores pode usar esta associação para sincronizar a reprodução de áudio e de vídeo.

Escalabilidade da Largura de Banda do RTCP

- O RTCP tenta limitar o seu tráfego a 5% da largura de banda da sessão.

Exemplo

- Suponha que haja um transmissor enviando vídeo a uma taxa de 2 Mbps. Então o RTCP tenta limitar o seu tráfego a 100 kbps.
- O protocolo atribui 75% desta taxa, ou 75 kbps, para os receptores; e atribui os restantes 25% da taxa, ou 25 kbps, para o transmissor.
- Os 75 kbps alocados são compartilhados igualmente entre os receptores:
 - se houver R receptores, então cada receptor pode transmitir tráfego RTCP a uma taxa de $75/R$ kbps
- Transmissor pode transmitir tráfego RTCP a uma taxa de 25 kbps.
- Um participante (um transmissor ou receptor) determina o período de transmissão dos pacotes RTCP através do cálculo dinâmico do tamanho médio de um pacote RTCP (ao longo de toda a sessão) e dividindo o tamanho médio do pacote RTCP pela sua taxa alocada.

Objetivos de Projeto do RSVP

1. acomodar **receptores heterogêneos** (larguras de banda diferentes ao longo dos caminhos)
2. acomodar diferentes aplicações **com diferentes requisitos de recursos**
3. tornar o **multicast um serviço de primeira classe**, com adaptação para participação em grupo multicast
4. **aproveitamento do roteamento multicast/unicast existente**, com adaptação a mudanças nas rotas unicast e multicast
5. **sobrecarga do protocolo de controle** com crescimento linear (no pior caso) em função do número de receptores
6. **projeto modular** para tecnologias heterogêneas

O que o RSVP não faz

- ❑ especifica como os recursos devem ser reservados
 - ele é um mecanismo para comunicar as necessidades
- ❑ determina as rotas seguidas pelos pacotes
 - este é a tarefa dos protocolos de roteamento
 - sinalização desvinculada do roteamento
- ❑ interação com o repasse de pacotes
 - separação dos planos de controle (sinalização) e dados (repasse)

RSVP: visão geral da operação

- Transmissores e receptor aderem a um grupo multicast
 - Realizado fora do RSVP
 - Transmissores não precisam se unir ao grupo
- Sinalização do transmissor para a rede
 - *Mensagem de caminho*: torna a presença do transmissor conhecida dos roteadores
 - Desligamento do caminho: remove o estado do caminho do transmissor dos roteadores
- Sinalização dos receptores para a rede
 - *Mensagem de reserva*: reserva recursos dos transmissores para o receptor
 - Remoção (*teardown*) das reservas: remove as reservas do receptor
- Sinalização da rede para o sistema final
 - Erro de caminho
 - Erro de reserva

Redes Multimídia: Resumo

Princípios

- classificação das aplicações multimídia
- identificação das necessidades de serviços de redes das aplicações
- extraíndo o máximo do serviço atual de melhor esforço

Protocolos e Arquiteturas

- protocolos específicos para o melhor esforço
- mecanismos para fornecimento de QoS
- arquiteturas para QoS
 - múltiplas classes de serviço
 - Garantias de QoS, controle de admissão