

# Redes Multimídia

Streaming de Áudio e Vídeo

Mário Meireles Teixeira

Departamento de Informática – UFMA  
2012



## Tópicos

### Aplicações de Rede Multimídia

Introdução

Classes de Aplicações Multimídia

### Áudio e Vídeo de Fluxo Contínuo Armazenados

Visão Geral

Áudio/Vídeo por meio de um servidor Web

Áudio/Vídeo por meio de um servidor de fluxo contínuo

### Protocolos

RTP

RTSP

RTCP

# Aplicações de Rede Multimídia

## Introdução

3

## Aplicações de Rede Multimídia

### | Introdução

- Crescimento extraordinário no desenvolvimento de aplicações multimídia nos últimos anos.
  - Vídeo em tempo real, telefonia IP, rádio por internet, teleconferência, jogos interativos, mundos virtuais.
- Esse tipo de aplicação se difere muito de aplicações elásticas como a Web, e-mail e FTP.
- Características desse tipo de aplicação:
  - Temporização (aplicações multimídia são sensíveis a atraso);
  - Tolerância à perda de dados;

4

## Aplicações de Rede Multimídia

### | Introdução

- **Jitter**
  - Variação do atraso dos pacotes dentro de um mesmo fluxo causado por atrasos nas filas dos roteadores;
  - O tempo entre o momento em que o pacote é gerado na fonte e a chegada no destino pode variar de pacote para pacote;
  - Se for ignorada, essa variação pode resultar em áudio ininteligível, por exemplo.
- **Mecanismos para a remoção da variação do atraso**
  - Números de sequência;
  - Marcas de tempo (timestamps) – sincronização;
  - Buffer de reprodução;

5

## Aplicações de Rede Multimídia

### Classes de Aplicações Multimídia

6

## Aplicações de Rede Multimídia

### | Classes de Aplicações Multimídia

- **Áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenados**

- Clientes requisitam sob demanda arquivos de áudio e vídeo comprimidos de um servidor.

- **Características fundamentais da classe:**

- Mídia armazenada: Conteúdo multimídia armazenado num servidor;
- Fluxo Contínuo: Cliente reproduz áudio/vídeo ao mesmo tempo que recebe partes do arquivo (Streaming);
- Reprodução contínua: Conteúdo é reproduzido de acordo com a temporização original da gravação;

7

## Aplicações de Rede Multimídia

### | Classes de Aplicações Multimídia

- **Áudio e vídeo de fluxo contínuo ao vivo**

- Semelhante à transmissão tradicional de rádio e TV, porém é realizada pela internet.

- **Características da classe:**

- Não se pode adiantar o programa que está recebendo, pois o fluxo não é armazenado;
- Porém, os dados são armazenados localmente, logo pausa ou retrocesso podem ser realizadas em algumas aplicações;
- Limitações de temporização menos severas em relação a aplicações interativas de tempo real;

8

## Aplicações de Rede Multimídia

### | Classes de Aplicações Multimídia

- **Áudio e vídeo interativos em tempo real**
  - Conhecido como “Telefone por Internet”, permite comunicação entre as pessoas em tempo real.
- **Características da classe:**
  - Telefone por internet pode fornecer serviços telefônicos a custo muito baixo;
  - O atraso deve ser menor que algumas centenas de milissegundos;

9

## Áudio e Vídeo de Fluxo Contínuo Armazenados

### Visão Geral

10

## Áudio e Vídeo de Fluxo Contínuo Armazenados

### | Visão Geral

- Clientes solicitam conteúdo de áudio/vídeo armazenados em servidores.
- Os servidores podem ser de 2 tipos:
  - Servidores Web comuns;
  - Servidores de fluxo contínuo especiais configurados para aplicações de áudio/vídeo de fluxo contínuo;
- Protocolos de transporte:
  - TCP;
  - UDP;

11

## Áudio e Vídeo de Fluxo Contínuo Armazenados

### | Visão Geral

- Protocolos de aplicação:
  - RTP (Real-time Protocol) – padrão aberto da Internet;
  - Proprietário – Real Networks;
- A interatividade necessita de um protocolo específico:
  - O arquivo de áudio/vídeo é segmentado e encapsulado em protocolos especiais, apropriados para o tráfego de A/V (RTP é um deles);
  - RTSP (Real-time Streaming Protocol) permite a interação do usuário com o servidor através da pausa, avanço, retrocesso, entre outros;
- Protocolo de controle RTCP (Real-time Control Protocol)
  - RTCP é utilizado de forma conjunta com o RTP para enviar periodicamente relatórios de remetente ou receptor, com dados estatísticos que podem ser úteis para a aplicação;

12

## Áudio e Vídeo de Fluxo Contínuo Armazenados

### | Visão Geral

- **Transdutor (media player)**
  - Aplicação auxiliar separada do browser utilizada para reproduzir áudio/vídeo.
  - RealPlayer, Windows Media Player, QuickTime.
- **Funções desempenhadas pelo transdutor:**
  - Descompressão durante a reprodução;
  - Eliminação da variação de atraso, pois o A/V tem que ser reproduzido à mesma taxa em que foi gravado;
  - Correção de erros;
- Possui interface gráfica com botões de controle para a interação com o usuário (volume, play, stop...).

13

## Áudio e Vídeo de Fluxo Contínuo Armazenados

### Áudio/Vídeo por meio de um servidor Web

14

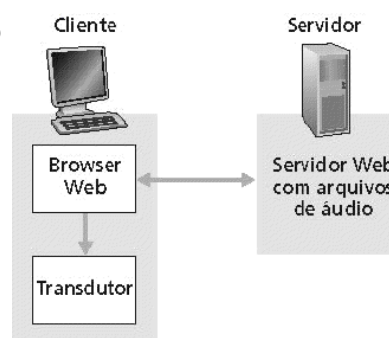
## Áudio e Vídeo de Fluxo Contínuo Armazenados

### | Áudio/Vídeo por meio de um servidor Web

- Arquivo de áudio/vídeo é um objeto normal dentro de um servidor Web, como um arquivo HTML ou JPEG.

- **Processo de solicitação:**

1. Browser estabelece conexão TCP com o servidor e envia uma solicitação HTTP;
2. Servidor retorna o arquivo dentro de uma mensagem HTTP;
3. O Browser examina o tipo de conteúdo da mensagem de resposta, e passa ao transdutor;
4. Transdutor reproduz o arquivo;



15

## Áudio e Vídeo de Fluxo Contínuo Armazenados

### | Áudio/Vídeo por meio de um servidor Web

- **Desvantagem:**
  - Transdutor interage com o servidor por intermédio de um browser.
- Objeto inteiro deve ser descarregado antes do browser passá-lo ao transdutor.
  - Atraso inaceitável, mesmo para clipes de tamanho moderado.

16



## Áudio e Vídeo de Fluxo Contínuo Armazenados

### Áudio/Vídeo por meio de um servidor Web

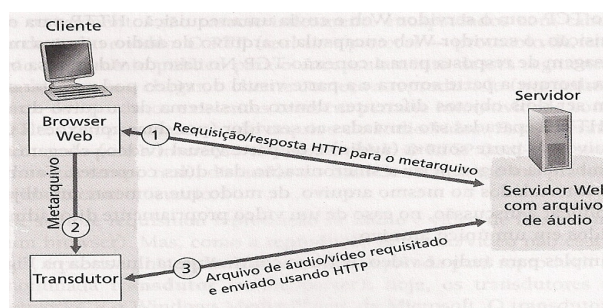
- Alternativa utilizada:
  - Conexão TCP direta entre o transdutor e o servidor HTTP.
  - É feito utilizando um metarquivo que fornece informações sobre o arquivo de áudio/vídeo a ser entregue.
- Processo de solicitação:
  1. Usuário clica sobre um link de um arquivo de áudio/vídeo;
  2. O link aponta para o metarquivo que contém a URL do arquivo. A resposta HTTP que encapsula o metarquivo contém uma linha de cabeçalho indicando o tipo de conteúdo;

17

## Áudio e Vídeo de Fluxo Contínuo Armazenados

### Áudio/Vídeo por meio de um servidor Web

3. O browser examina a linha de cabeçalho de tipo de conteúdo, lança o transdutor associado e passa o corpo da resposta para ele;
4. O transdutor estabelece uma conexão TCP diretamente com o servidor HTTP e faz uma requisição do arquivo de áudio/vídeo;
5. O arquivo é enviado ao transdutor, que o exibe;



18

## Áudio e Vídeo de Fluxo Contínuo Armazenados

### | Áudio/Vídeo por meio de um servidor Web

- Preocupações:
  - O transdutor de mídia se comunica usando HTTP, portanto TCP;
  - HTTP não foi projetado para suportar comandos de controle de apresentação (play, pause, fast forward...);
  - TCP em geral não é recomendado para multimídia, pode-se preferir mandar o áudio/vídeo sobre UDP;

19

## Áudio e Vídeo de Fluxo Contínuo Armazenados

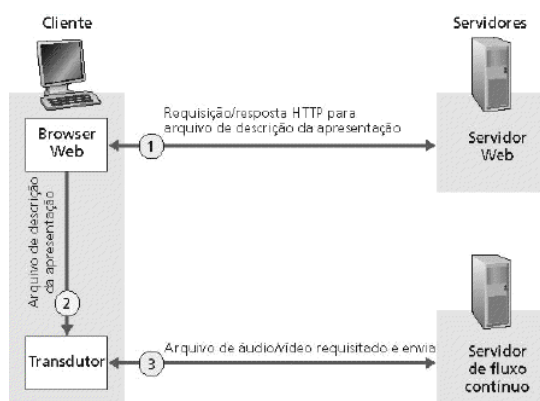
### Áudio/Vídeo por meio de um servidor de fluxo contínuo

20

## Áudio e Vídeo de Fluxo Contínuo Armazenados

### | Áudio/Vídeo por meio de um servidor de fluxo contínuo (streaming server)

- Essa arquitetura requer 2 servidores.



21

## Áudio e Vídeo de Fluxo Contínuo Armazenados

### | Áudio/Vídeo por meio de um servidor de fluxo contínuo

- O transdutor e o servidor de fluxo contínuo podem interagir utilizando seus próprios protocolos.
- Esses protocolos permitem uma interação mais rica do usuário com o fluxo de áudio/vídeo.
- Pode-se usar UDP ao invés de TCP.
- Opções para entrega de áudio/vídeo:
  - I. É enviado por UDP a uma taxa constante igual a de reprodução do receptor;
  - II. Transdutor utiliza um buffer cliente para armazenar os segmentos recebidos, para atrasar a reprodução, eliminando assim a variação de atraso introduzida pela rede.
  - III. É enviado por TCP, obtendo assim (potencialmente) melhor qualidade de áudio/vídeo por causa do mecanismo de retransmissão de pacotes perdidos. Porém, perdas de pacotes e controle de congestionamento podem introduzir pausas indesejáveis na reprodução, esvaziando o buffer cliente (inanição).

22

# Protocolos

## RTP

23

# Protocolos

## | RTP

- RTP = **R**ead-time **T**ransport **P**rotocol.
  - Padrão de domínio público para o encapsulamento de segmentos para tráfego de áudio/vídeo.
- O protocolo está definido no RFC 1889.
- RTP provê (cabeçalho):
  - Identificação do tipo de carga;
  - Numeração da sequência de pacotes;
  - Marcas de tempo (*timestamps*);
- RTP roda comumente sobre UDP.
- RTP oferece interoperabilidade.



24

## Protocolos

### | RTP

#### RTP e QoS

- RTP não fornece nenhum mecanismo para garantir a entrega dos dados a tempo nem nenhuma outra garantia de qualidade de serviço.
- O encapsulamento RTP é visto apenas nos sistemas finais.
  - Roteadores não distinguem datagramas IP que carregam pacotes RTP de datagramas que não carregam, logo não fazem nenhum esforço adicional para que os pacotes RTP cheguem ao destino a tempo.
- RTP permite que cada fonte tenha seu fluxo independente de pacotes RTP:
  - numa teleconferência, dois fluxos para áudio e dois para vídeo (um em cada direção)
  - contudo, alguns padrões (MPEG-1, MPEG-2) conjugam áudio e vídeo em um único fluxo

25

## Protocolos

### | RTP

#### Cabeçalho RTP

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

- **Campo de 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, ele informará o receptor através desse campo.
- **Campo de número de Seqüência (16 bits):**
  - O número de seqüência é incrementado de uma unidade a cada pacote RTP enviado. Pode ser usado para detectar a perda de pacotes e para restaurar a seqüência de pacotes.

26

## Protocolos

### | RTP

#### Cabeçalho RTP

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

- **Campo de marca de tempo (32 bits):**
  - Reflete o instante de amostragem do primeiro byte no pacote de dados RTP.
- **Campo de identificador de sincronização da fonte (SSRC) (32 bits):**
  - Identifica a fonte de um fluxo RTP (não é o endereço IP do remetente). Cada fluxo numa sessão RTP deve possuir um SSRC distinto.

27

## Protocolos

### RTSP

28

## Protocolos

### | RTSP

- RTSP = **R**ea**T**ime **S**treaming **P**rotocol.
  - Permite que um transdutor controle a transmissão de uma corrente de mídia;
- Usuários podem controlar a reprodução da mídia.
  - Ações de controle: pausa/reinício (PAUSE/RESUME), posicionamento da reprodução, avanço (FAST FORWARD) e retrocesso rápidos (REWIND).
- Protocolo definido no RFC 2326.

29

## Protocolos

### | RTSP

- O que o RTSP não faz:
  - Não define esquemas de compressão para áudio e vídeo;
  - Não define como áudio e vídeo são encapsulados em pacotes para transmissão por uma rede (definido pelo RTP);
  - Não restringe como o fluxo de mídia é transportado: pode ser usado TCP ou UDP;
  - Não restringe como o transdutor armazena o áudio/vídeo;



30

## Protocolos

### | RTSP

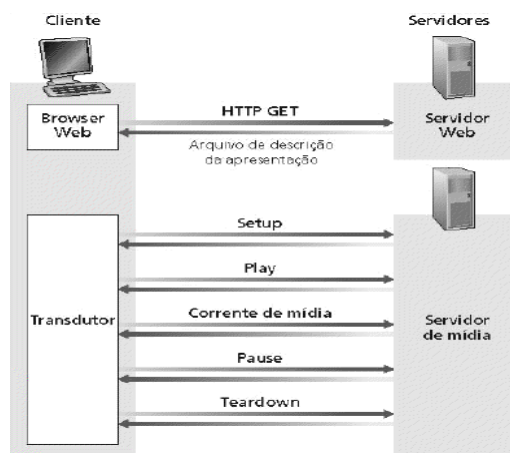
- Protocolo “fora da banda”.
  - Transdutor estabelece uma conexão de controle RTSP e uma conexão de dados com o servidor de mídia contínua.
  - O fluxo de mídia é considerado “dentro da banda”.
  - RTSP utiliza a porta 544.
- O canal RTSP é semelhante, em muitos aspectos, ao canal de controle do FTP.

31

## Protocolos

### | RTSP

- Como funciona a interação entre cliente e servidor usando RTSP ?



32



## Protocolos

### | RTSP

1. O browser web solicita um arquivo de descrição a um servidor Web;
2. Após obter esse arquivo o browser invoca o transdutor com base no campo de tipo de conteúdo da mensagem;
3. O arquivo de descrição da apresentação inclui referências aos fluxos de mídia usando o método rtsp:// ;
4. Transdutor envia o comando **RTSP SETUP** e o servidor envia a resposta **RTSP SETUP**;

33

## Protocolos

### | RTSP

5. Transdutor envia o comando **RTSP PLAY** e o servidor envia a resposta **RTSP PLAY**;
6. O servidor descarrega o fluxo de mídia;
7. Transdutor envia o comando **RTSP PAUSE** e o servidor envia a resposta **RTSP PAUSE**;
8. Transdutor envia o comando **RTSP TEARDOWN** e o servidor envia a resposta **RTSP TEARDOWN**;

34

## Protocolos

### | RTSP

- Examinando as mensagens RTSP propriamente ditas:
  - **C:** SETUP movie.Mjpeg RTSP/1.0  
CSeq: 1  
Transport: RTP/UDP; client\_port= 25000
  - **S:** RTSP/1.0 200 OK  
CSeq: 1  
Session: 123456
  - **C:** PLAY movie.Mjpeg RTSP/1.0  
CSeq: 2  
Session: 123456
  - **S:** RTSP/1.0 200 OK  
CSeq: 2  
Session: 123456
  - **C:** PAUSE movie.Mjpeg RTSP/1.0  
CSeq: 3  
Session: 123456
  - **S:** RTSP/1.0 200 OK  
CSeq: 3  
Session: 123456
  - **C:** TEARDOWN movie.Mjpeg RTSP/1.0  
CSeq: 5  
Session: 123456
  - **S:** RTSP/1.0 200 OK  
CSeq: 5  
Session: 123456

35

## Protocolos

### | RTSP

- Percebem a similaridade entre HTTP e RTSP ?
  - Mensagens de requisição e resposta são em texto ASCII;
  - O cliente emprega métodos padronizados (SETUP, PLAY, PAUSE...) e o servidor responde com códigos padronizados de resposta;
- E a diferença ?
  - Servidor RTSP monitora o estado do cliente (setup, play, pause) para cada sessão RTSP em curso;
  - Números de sessão e sequência ajudam no monitoramento
    - Número de sessão é fixo durante toda a sessão; cliente incrementa número de sequência a cada mensagem gerada; servidor ecoa número de sequência e de sessão.

36

# Protocolos

## RTCP

37

# Protocolos

## | RTCP

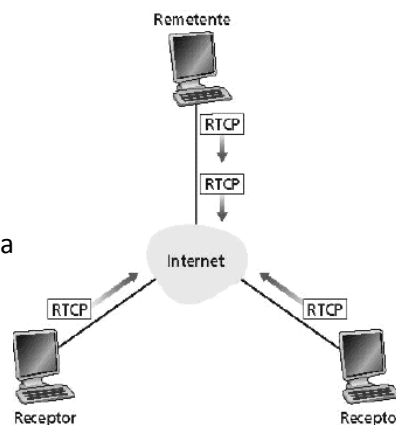
- RTCP = Real-Time Transport Control Protocol.
  - Protocolo usado para enviar relatórios de remetente e/ou receptor com dados estatísticos que podem ser úteis para a aplicação.
- Cada participante numa sessão RTP transmite periodicamente pacotes de controle RTCP para todos os demais participantes.
- É utilizado em conjunto com o RTP.
- As informações do relatório podem ser usadas para melhorar o desempenho da aplicação ou para diagnóstico.

38

## Protocolos

### | RTCP

- Para cada sessão RTP existe um único endereço multicast. Todos os pacotes RTP e RTCP pertencentes à sessão usam esse endereço.
- Pacotes RTP e RTCP se distinguem pela utilização de portas diferentes.
- A porta RTCP é igual a porta RTP + 1.



39

## Protocolos

### | RTCP

### Tipos de pacotes

- **Relatórios de recepção:**
  - SSRC da corrente RTP para a qual o relatório de recepção está sendo gerado;
  - A fração de pacotes perdida dentro da corrente RTP;
  - O último número de sequência recebido na corrente ou fluxo (*stream*) de pacotes RTP;
  - A variação de atraso entre as chegadas;

40

## Protocolos

### | RTCP

#### Tipos de pacotes

- **Relatórios de remetentes:**
  - SSRC da corrente RTP;
  - A marca de tempo e o tempo do relógio físico do pacote da corrente RTP gerado mais recentemente;
  - O número de pacotes enviados na corrente;
  - O número de bytes enviados na corrente;

41

## Protocolos

### | RTCP

- **Problema de escalabilidade:**
  - Para 1 remetente e um grande número de receptores;
  - Cada receptor vai gerar periodicamente pacotes RTCP;
  - Ao passo que o número de receptores aumenta, o total de tráfego RTCP aumenta linearmente;
- **Solução:**
  - Cada receptor pode estimar o número total de participantes da sessão, pois cada um envia pacotes para todos os outros;
  - Para limitar o tráfego, cada receptor reduz o seu tráfego RTCP à medida que cresce o número de participantes da conferência.

42

## Agradecimentos

- A Ricardo Lúcio Braga Reis, bolsista de Iniciação Científica, por auxiliar na elaboração da versão inicial destes slides.