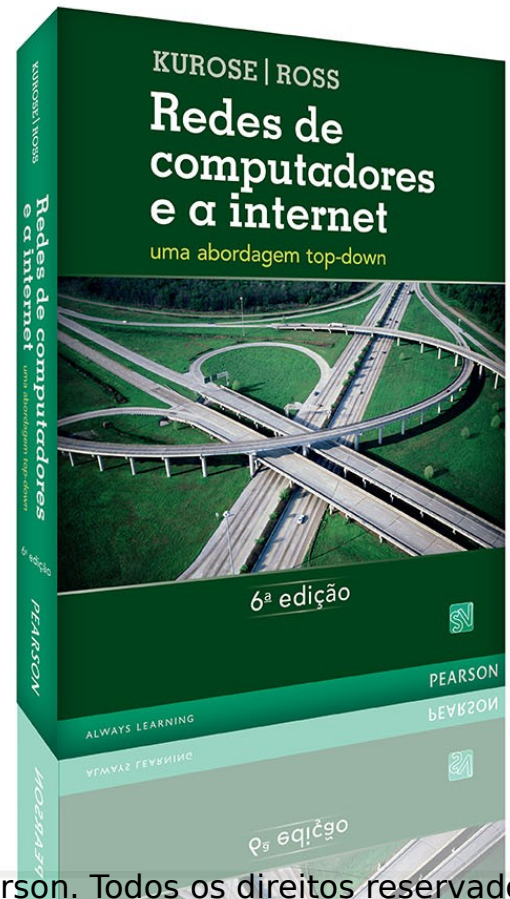


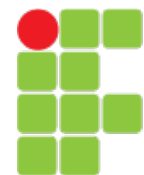
Capítulo 7

Redes multimídia



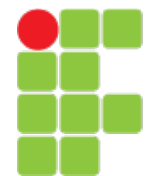
Propriedades de vídeo

- Talvez a característica mais destacada do vídeo seja sua alta taxa de bits.
- O vídeo distribuído pela Internet costuma variar de 100 kbits/s para videoconferências de baixa qualidade até mais de 3 Mbits/s para os filmes de fluxo de vídeo com alta definição.
- Outra característica importante do vídeo é que ele pode ser compactado, melhorando assim a relação qualidade - taxa de bits.
- Também podemos usar a compactação para criar múltiplas versões do mesmo vídeo. **Como?**



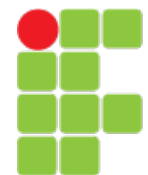
Propriedades de áudio

- O áudio digital tem requisitos de largura de banda muito menores do que o vídeo.
- Uma técnica de compactação popular para a música estéreo com qualidade quase de CD é MPEG (*Moving Picture Experts Group*) 1 layer 3, mais conhecida como MP3.
- Embora as taxas de bit de áudio sejam em geral muito menores do que as de vídeo, os usuários costumam ser muito mais sensíveis a pequenas falha de áudio do que de vídeo.



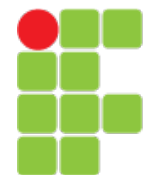
Áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenados

- Muitas empresas de Internet oferecem hoje vídeo de fluxo contínuo, incluindo YouTube (Google), Netflix e Hulu.
- Por algumas estimativas, ele contribui com mais de 50% do tráfego descendente nas redes de acesso à Internet atualmente.
- Ele tem três características distintas importantes:
 1. **Fluxo contínuo** (*streaming*): O cliente reproduz o vídeo ao mesmo tempo que baixa partes mais a frente. Não precisa baixar tudo imediatamente.
 2. **Interatividade**.
 3. **Reprodução contínua**: Uma vez iniciado a visualização ela não deve parar, mesmo que haja problemas temporários na rede.



Voz e vídeo sobre IP interativos

- A voz interativa em tempo real pela Internet é chamada de telefonia da Internet ou VoIP (*Voice over IP*).
- A maioria dos sistemas interativos por voz e vídeo permite que os usuários criem conferências com três ou mais participantes.
- Voz e vídeo interativos são muito usados na Internet hoje, com as empresas Skype, Hangouts, Whatsapp....
- Aplicações de multimídia interativas são tolerantes à perda.

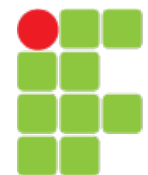


Áudio e vídeo de fluxo contínuo **ao vivo**

- Aplicações ao vivo, do tipo de difusão, **normalmente possuem muitos usuários** que recebem o mesmo programa de áudio/vídeo ao mesmo tempo.
- A rede precisa oferecer a cada fluxo de multimídia ao vivo uma vazão média que seja maior que a taxa de consumo de vídeo.
- Como o evento é ao vivo, **o atraso também pode ser um problema.**
- Atrasos de até **dez segundos** ou mais desde o instante em que o usuário requisita a entrega/reprodução de uma transmissão ao vivo até o início da reprodução podem ser tolerados.

Vídeo de fluxo contínuo armazenado

- Os sistemas de vídeo de fluxo contínuo podem ser classificados em três categorias:
 1. UDP de fluxo contínuo,
 2. HTTP de fluxo contínuo e
 3. HTTP de fluxo contínuo adaptativo.
- Uma característica comum de todas as três formas de vídeo de fluxo contínuo é o **uso extenso de buffer** de aplicação no lado do cliente para aliviar os efeitos de variar os atrasos de fim a fim e variar as quantidades de largura de banda disponível entre servidor e cliente.



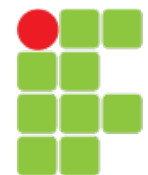
Vídeo de fluxo contínuo armazenado

- Atraso de reprodução do cliente no vídeo de fluxo contínuo



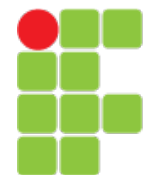
UDP de fluxo contínuo

- Com o UDP de fluxo contínuo, o servidor transmite vídeo a uma taxa que corresponde à taxa de consumo de vídeo do cliente.
- Normalmente usa um pequeno buffer no lado do cliente e utiliza o protocolo RTP (*Real-Time Transport*), com uma conexão em paralelo para controle: pause....
- O UDP de fluxo contínuo com taxa constante pode deixar de oferecer reprodução contínua, por exemplo, com a queda momentânea da taxa.
- Ele exige um servidor de controle de mídia: para interatividade, ponto de pausa etc.
- Muitos *firewalls* são configurados para bloquear o tráfego UDP.



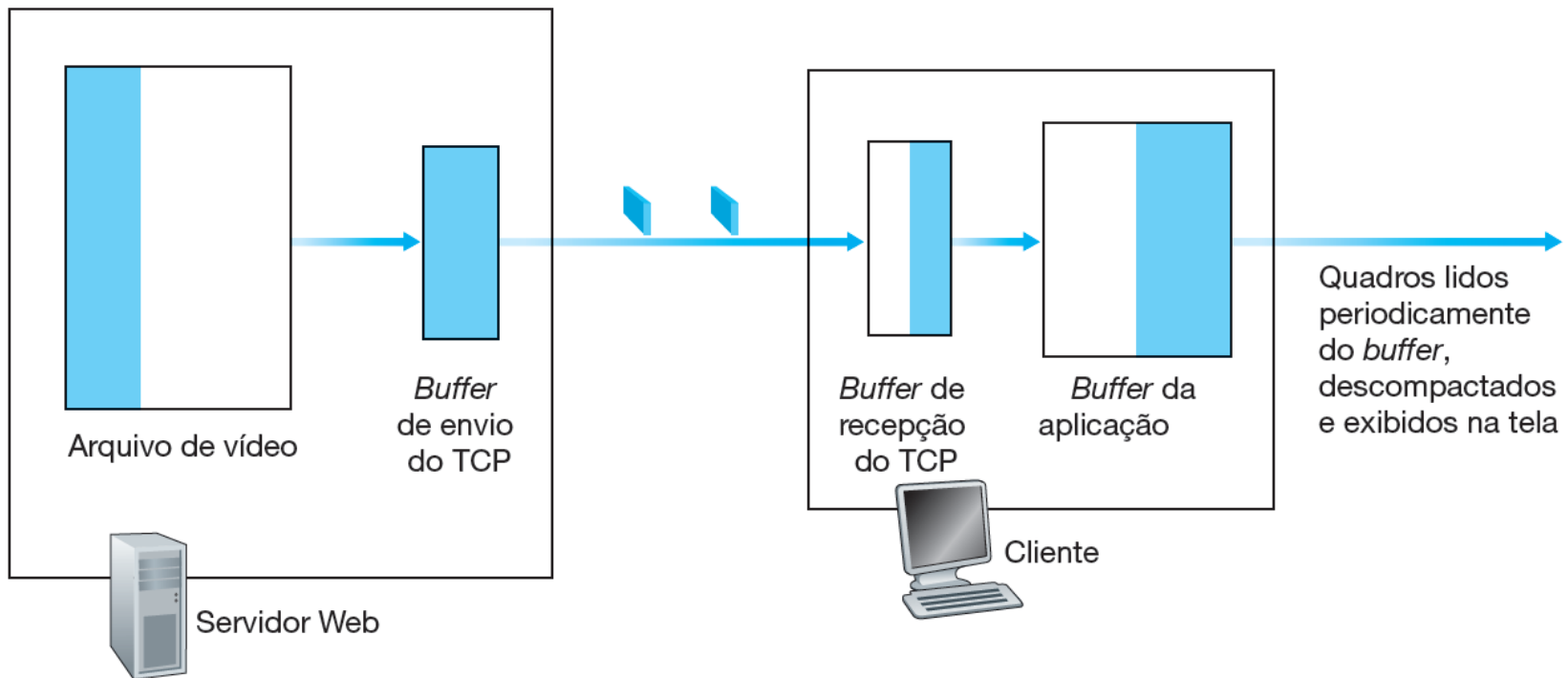
HTTP de fluxo contínuo

- No HTTP de fluxo contínuo, o vídeo é apenas armazenado em um servidor HTTP como um arquivo comum com uma URL específica.
- O uso do HTTP sobre TCP também permite ao vídeo atravessar *firewalls* e NATs mais facilmente.
- Vídeos de fluxo contínuo sobre HTTP também deixam clara a necessidade de um servidor de controle de mídia, tal como um servidor RTSP (*Real Time Streaming Protocol*).



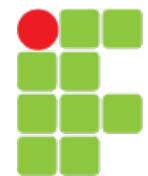
Buffer de aplicação do cliente e buffers TCP

- A figura abaixo ilustra a interação entre o cliente e o servidor para HTTP de fluxo contínuo.



Fluxo contínuo adaptativo e DASH

- Pelo DASH (*Dynamic Adaptive Streaming over HTTP*), o vídeo é codificado em muitas versões diferentes, cada qual com uma taxa de bits e um diferente nível de qualidade.
- O cliente seleciona diferentes trechos um de cada vez com mensagens de requisição HTTP GET.
- DASH permite aos clientes com diferentes taxas de acesso à Internet fluir em um vídeo por diferentes taxas codificadas.
- Com o DASH, cada versão do vídeo é armazenada em um servidor HTTP, cada um com uma diferente URL.
- O servidor HTTP também possui um **arquivo de manifesto**: URL para cada versão, juntamente com a taxa de bits.



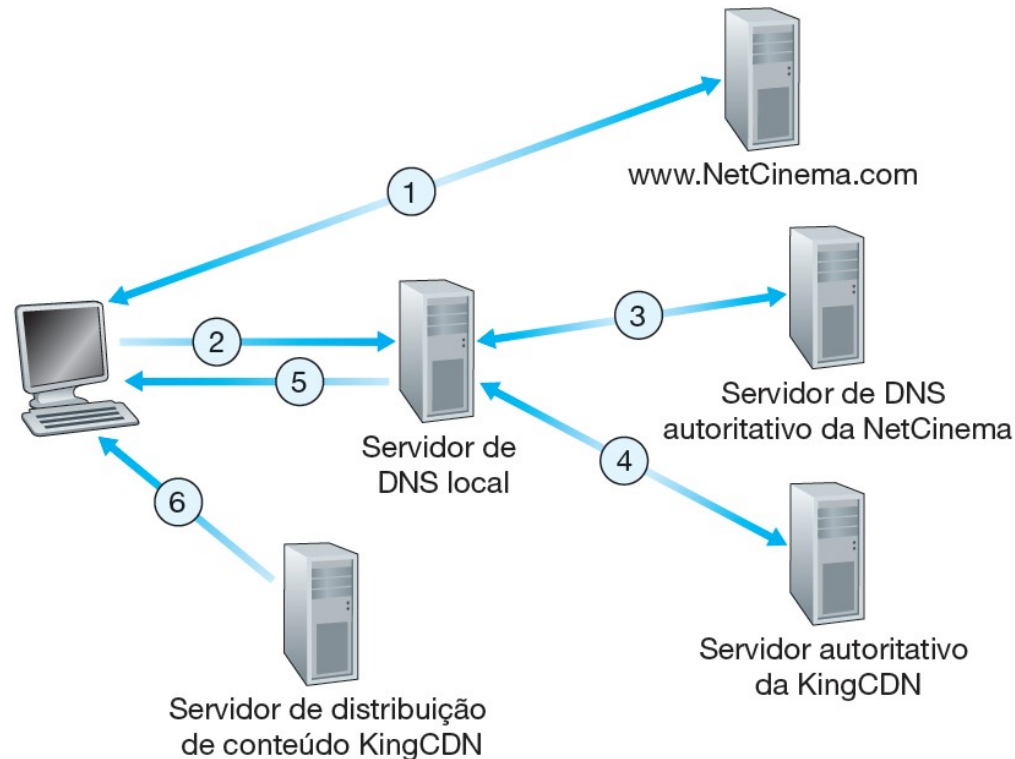
Redes de distribuição de conteúdo

Uma CDN (Rede de Distribuição de Conteúdo – *Content Delivery Network*):

- versão centralizada funcionaria? (vários enlaces no caminho)
- gerencia servidores em múltiplas localidades distribuídas geograficamente,
- armazena cópias dos vídeos em seus servidores, e
- tenta direcionar cada requisição do usuário para uma localidade CDN que proporcionará a melhor experiência para o usuário.
- pode ser uma CDN privada ou uma CDN de terceiros.
- duas filosofias de instalação de servidores: **Enter deep** (1700 locais), **Bring home** (dezenas – menos desperdícios, maiores atrasos)

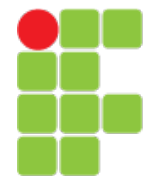
Operação da CDN

- A maioria das CDNs utiliza o DNS para interceptar e redirecionar requisições. Usuário: 1. visita a página NetCinema. 2. Clica no link do **vídeo** que requer nova consulta DNS. 3. **Vídeo** leva a consulta para a KingCDN. 4. KingCDN, baseado no IP de origem e destino escolhe o melhor provedor de conteúdo.....



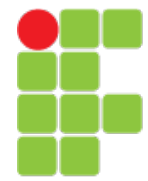
Estudos de caso: Netflix, YouTube e Kankan

- **Netflix** – 1) obtenção de conteúdo, 2) processamento do conteúdo nos servidores da Amazon: uma versão diferente para cada formato, 3) descarregamento de versões para CDNs. 30% do tráfego Americano em 2011
- **Youtube** – meio bilhão de vídeos armazenados e meio bilhão de visualizações por dia (2011). CDNs próprios escolhidos pelo menor RTT
- **Kankan** – China. 20 milhões de usuários por mês. P2P aprimorado para trechos que estão para ser reproduzidos. 90% dos usuários pagam para ter a versão premium (HD...)



As limitações de um serviço IP de melhor esforço: VoIP

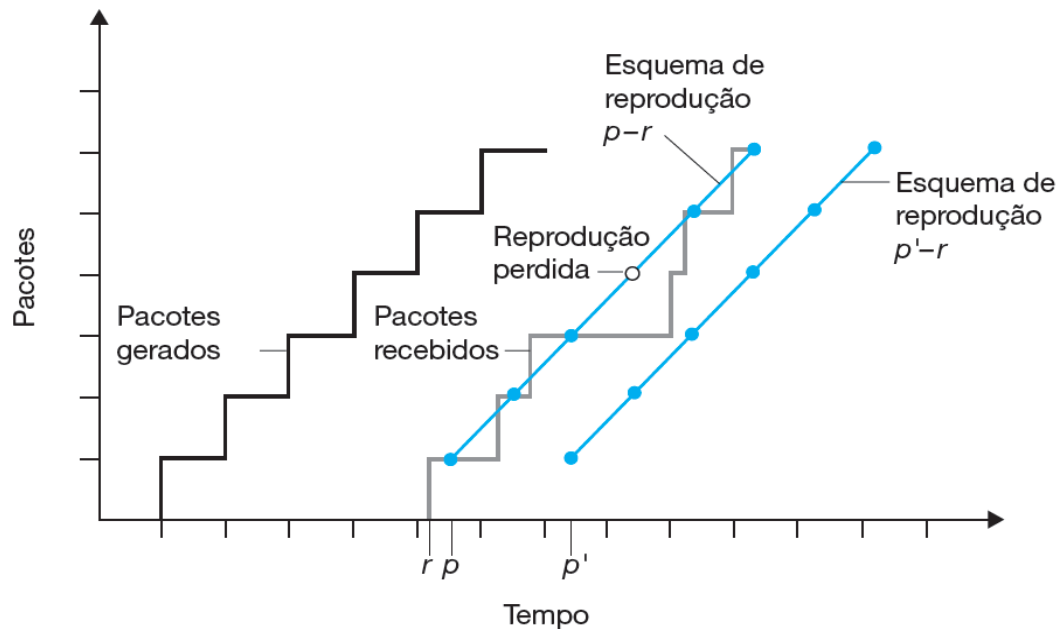
- **Perda de pacotes** – A perda pode ser eliminada enviando os pacotes por TCP, em vez de por UDP.
- **Atraso de fim a fim** – é o acúmulo de atrasos de processamento, de transmissão e de formação de filas nos roteadores; atrasos de propagação nos enlaces e atrasos de processamento em sistemas finais. < 150 ms: ótimo. Entre 150 e 400 ms aceitável.
- **Variação de atraso do pacote (*jitter*)** – o tempo decorrido entre o momento em que um pacote é gerado na fonte e o momento em que é recebido no destinatário pode variar de pacote para pacote.



Eliminação da variação de atraso no receptor para áudio

Atraso por reprodução fixa

- Perda de pacotes para diferentes atrasos por reprodução fixa

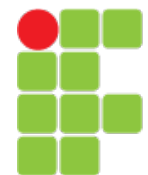


Recuperação de perda de pacotes

- Um pacote será considerado perdido se nunca chegar ao receptor **ou se chegar após o tempo de reprodução programado.**
- Aplicações de VoIP frequentemente usam algum tipo de esquema de prevenção de perda.

Forward Error Correction (FEC)

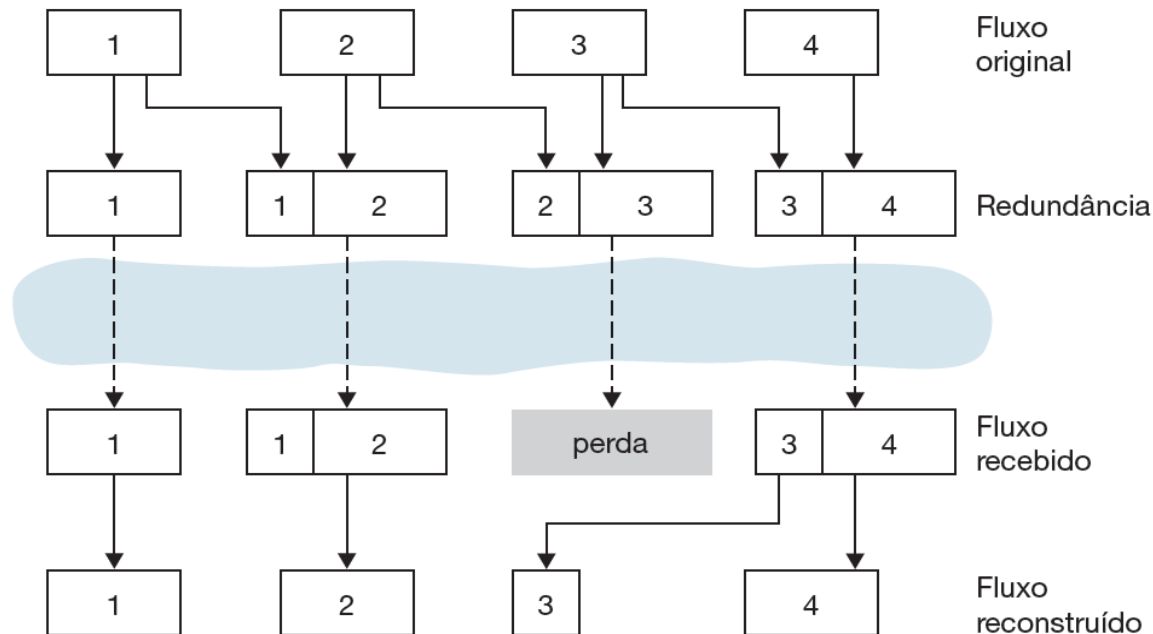
- A ideia básica da FEC é adicionar informações redundantes ao fluxo de pacotes original.



Recuperação de perda de pacotes

Forward Error Correction (FEC)

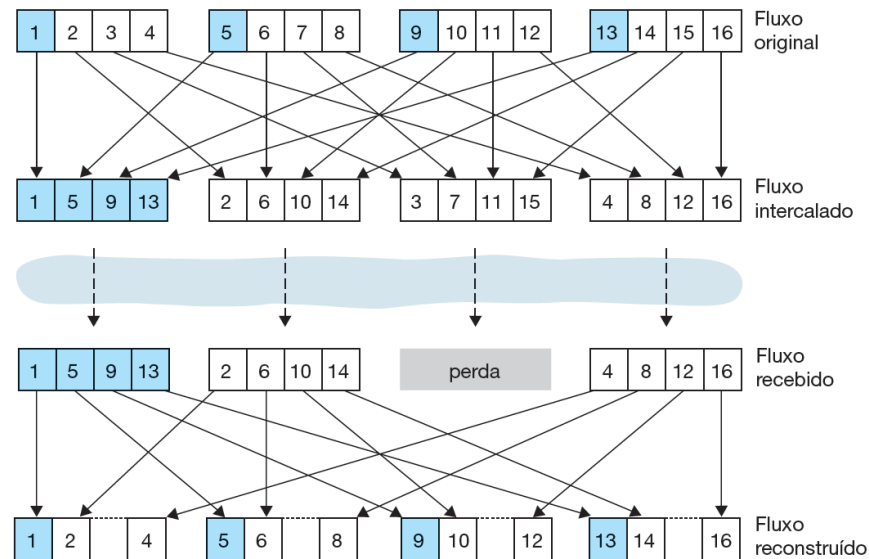
- Dando carona à informação redundante de qualidade mais baixa. Tamanho típico de pacote VoIP: 200 bytes.



Recuperação de perda de pacotes

Intercalação

- Como uma alternativa à transmissão redundante, uma aplicação de VoIP pode enviar áudio intercalado ($5\text{ms} \times 4 = 20\text{ ms}$). Um fonema: $5 - 100\text{ ms}$.



Protocolo de tempo real (RTP)

- O RTP pode ser usado para transportar formatos comuns como PCM, ACC e MP3 para som e MPEG e H.263 para vídeo.
- O protocolo também pode ser usado para transportar formatos proprietários de som e de vídeo.
- Hoje, o RTP é amplamente implementado em muitos produtos e protótipos de pesquisa.
- Também é complementar a outros importantes protocolos interativos de tempo real, entre eles SIP (*Session Initiation Protocol*).

Protocolo de tempo real (RTP)

- O RTP comumente roda sobre UDP.
- Se uma aplicação incorporar o RTP, ela interagirá mais facilmente com as outras aplicações de rede multimídia.
- O RTP não fornece nenhum mecanismo que assegure a entrega de dados a tempo nem fornece garantias de qualidade de serviço.
- O RTP permite que seja atribuído a cada origem seu próprio fluxo independente de pacotes RTP. Por exemplo, para um videoconferência entre dois participantes 4 fluxos podem ser abertos: dois de áudio e dois de vídeo, ou somente dois se houver codificação MPEG1 ou 2.

- Pacotes RTP não são limitados às aplicações individuais: *Multicast*.

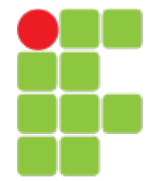
Protocolo de tempo real (RTP)

- Os quatro principais campos de cabeçalho do pacote RTP são:

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

- Tipos de carga útil de **áudio** suportados pelo RTP:

Número do tipo de carga útil	Formato de áudio	Taxa de amostragem	Vazão
0	PCM μ -law	8 kHz	64 kbits/s
1	1016	8 kHz	4,8 kbits/s
3	GSM	8 kHz	13 kbits/s
7	LPC	8 kHz	2,4 kbits/s
9	G.722	16 kHz	48-64 kbits/s
14	Áudio MPEG	90 kHz	—
15	G.728	8 kHz	16 kbits/s



Protocolo de tempo real (RTP)

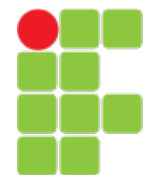
- Alguns tipos de carga útil de **vídeo** suportados pelo RTP:

Número do tipo de carga útil	Formato de vídeo
26	Motion JPEG
31	H.261
32	Vídeo MPEG 1
33	Vídeo MPEG 2

SIP

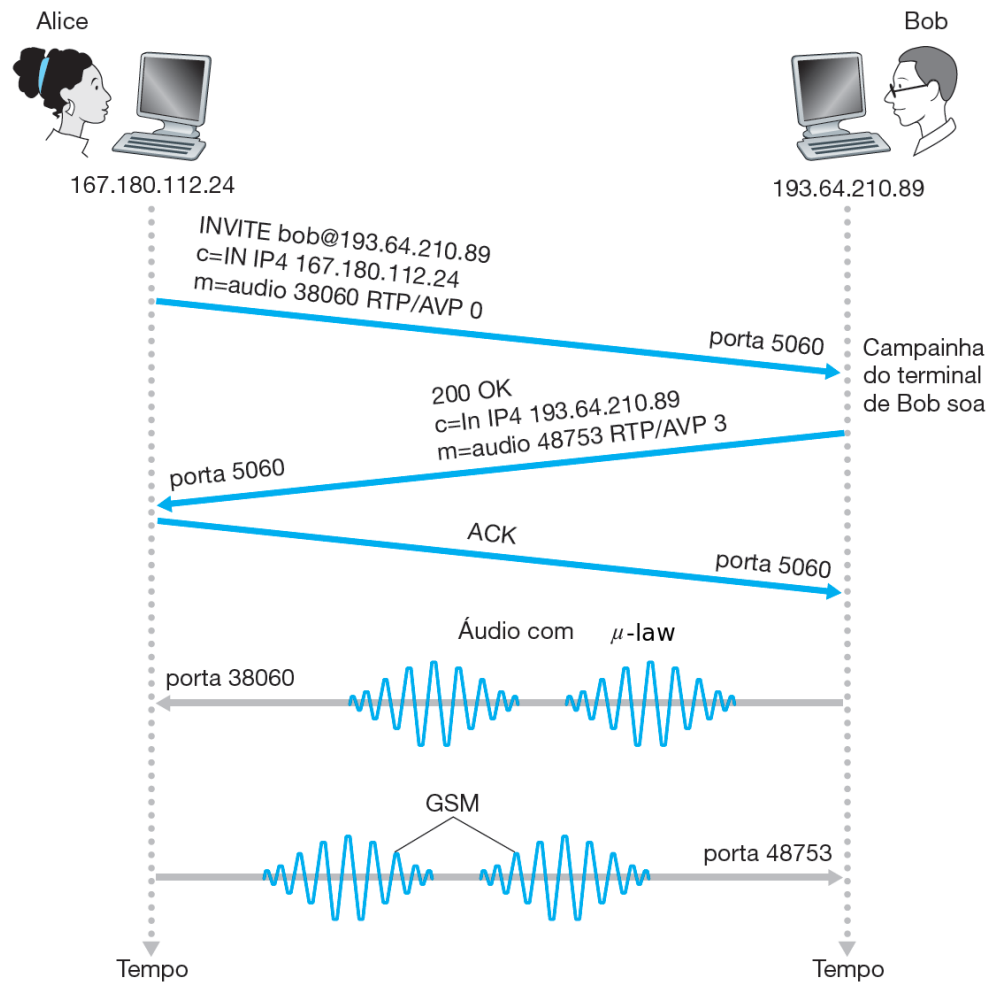
O Protocolo de Inicialização de Sessão (SIP – *Session Initiation Protocol*) é um protocolo aberto e simples, que faz o seguinte:

- Provê mecanismos para estabelecer chamadas entre dois interlocutores por uma rede IP: estabelecimento, acordo de mídia e encerramento de chamadas.
- Provê mecanismos que permitem a quem chama determinar o endereço IP atual de quem é chamado.
- Provê mecanismos para gerenciamento de chamadas: adicionar novos fluxos, mudar codificação, convidar outros participantes, transferir e segurar chamadas.



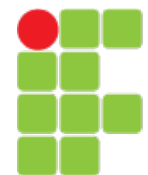
SIP

- Estabelecimento de chamada SIP quando Alice conhece o endereço IP de Bob (RTP/AVP0 = PCM encapsulado em RTP, AVP3 = GSM)



SIP

- Protocolo “fora de banda”: suas mensagens são enviadas e recebidas em portas diferentes das utilizadas para enviar e receber dados de mídia.
- As mensagens SIP podem ser lidas em ASCII e são parecidas com mensagens HTTP.
- Requer que todas as mensagens sejam reconhecidas (ACK), portanto, pode executar sobre TCP ou UDP.
- No exemplo anterior, caso Bob não tivesse um *codec* PCM, ele responderia com um **600 Not Acceptable** e mandaria a lista de *codecs* que possui. Alice enviaria outro INVITE utilizando um dos *codecs* aceitáveis por Bob.
- Bob poderia também rejeitar a chamada: ocupado, encerrado, pagamento solicitado e proibido.



SIP

- O endereço SIP de Bob é: sip:bob@193.64.210.89, mas poderia ser sip:bob@ifsc.edu.br.
- Exemplo de mensagem SIP:
 - Via – ao passar por um dispositivo SIP é acrescentado
 - Call-ID – identificador único da chamada
 - Depois do espaço o conteúdo da msg.

INVITE sip:bob@ifsc.edu.br SIP/2.0

Via: SIP/2.0/UDP 167.180.112.24

From: sip:alice@polito.it

To: sip:bob@ifsc.edu.br

Call-ID: a2a3a@serv.ifsc.edu.br

Content-Type: application/sdp

Content-Length: 885

c=IN IP4 167.180.112.24

m=audio 38060 RTP/AVP 0

