

# Cap. 07 – Redes Multimídia

## 7.1 – Aplicações em Redes Multimídia

### 7.1.1 – Propriedades de Vídeo

### 7.1.2 – Propriedades de Áudio

### 7.1.3 – Tipos de Aplicações de Redes Multimídia

## 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### 7.2.1 – UDP de Fluxo Contínuo

### 7.2.2 – HTTP de Fluxo Contínuo

### 7.2.3 – Fluxo Contínuo Adaptativo (DASH)

### 7.2.4 – Redes de Distribuição de Conteúdo

### 7.2.5 – Redes Netflix YouTube e Kankan

## ... Cap. 07 – Redes Multimídia

### 7.3 – Voice over IP

#### 7.3.1 – Serviço IP de Melhor Esforço

#### 7.3.2 – Eliminação do Jitter no Receptor de Áudio

#### 7.3.3 – Recuperação de Perdas de Pacotes

#### 7.3.4 – Estudo de Caso – VoIP com Skype

### 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

#### 7.4.1 – Real Time Protocol (RTP)

#### 7.4.2 – Session Initiation Protocol (SIP)

## ... Cap. 07 – Redes Multimídia

### 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

#### 7.5.1 – Dimensionamento de Redes de Melhor Esforço

#### 7.5.2 – Fornecendo Múltiplas Classes de Serviço

#### 7.5.3 – Differentiated Services (DiffServ)

#### 7.5.4 – Reserva de Recurso e Admissão de Chamada

# Referências Bibliográficas

- James F. Kurose; Keith W. Ross – Redes de Computadores e a Internet: Uma Abordagem Top-Down – Pearson São Paulo; 6th; 2014; ISBN: 978-85-430-1443-2
- ... Lectures dos autores James F. Kurose; Keith W. Ross  
“[https://gaia.cs.umass.edu/kurose\\_ross/eighth.htm](https://gaia.cs.umass.edu/kurose_ross/eighth.htm)”
- Notas de Aula do Prof. Maurício Magalhães e Eleri Cardozo da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC) da UNICAMP “[www.dca.feec.unicamp.br/~mauricio/~elerj](http://www.dca.feec.unicamp.br/~mauricio/~elerj)”.

## 7 – Redes Multimídia

- **“aplicações multimídia”** .. podem ser classificadas como fluxos de áudio e/ou vídeo armazenados (sob-demanda), voz interativa ou Voz-sobre-IP e fluxo áudio/vídeo ao vivo (“live audio/video”).
- **“constatação”** .. são classes de aplicações com seus requisitos próprios e exclusivos de serviço, que diferem significativamente das aplicações tradicionais como e-mail, navegação Web e login remoto.
- **“objetivos e motivações”** ..
  - classificar aplicações de multimídia.
  - identificar serviços de rede que as aplicações precisam usar.
  - prover o melhor possível com o serviço de “melhor esforço”.

## ... 7 – Redes Multimídia

- “**princípios básicos em redes multimídia**” .. princípios básicos para fluxo de vídeo, incluindo buffer do cliente, pré-busca e adaptação da qualidade do vídeo à largura de banda disponível.
- “**Content Delivery Network**” (CDNs) .. muito utilizadas atualmente pelos principais sistemas que oferecem fluxo de áudio e vídeo.
- **Real-Time Protocol** e **Session Initiation Protocol** .. protocolos populares para aplicações interativas de voz e vídeo em tempo real.

## ... 7 – Redes Multimídia

- “**classificação de tráfego**” .. mecanismos dentro da rede usados para diferenciar um tráfego (p.ex., aplicações que toleram atrasos como VoIP) de outro (p.ex., aplicações elásticas, Navegação na Web).
- .. com o intuito de fornecer um Serviço Diferenciado (**DiffServ**) ou Serviços Integrados (**IntServ**) entre várias classificações de tráfego.
- **Differentiated Services** .. contempla mecanismo simples e escalável de QoS para classificação e gerenciamento do tráfego de rede.
- **Integrated Services** .. contempla mecanismo escalável e refinado de QoS para classificação e gerenciamento do tráfego de rede.

## 7 – Redes Multimídia

### 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

- “**aplicação de rede multimídia**” .. qualquer aplicação de rede que empregue áudio ou vídeo.
- “**classe de aplicações multimídia**” .. contempla um conjunto exclusivo de requisitos de serviço bem como questões de projeto.
- .. mas antes, é útil obter a percepção do funcionamento e arquitetura de aplicações multimídia para entender as características intrínsecas e exclusivas das mídias de áudio e vídeo.



## 7 – Redes Multimídia / 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

### 7.1.1 – Propriedades do Vídeo

- **“Vídeo distribuído na Internet”** .. costuma variar de 100 kbps para videoconferências de baixa qualidade até mais de 3 Mbps para os filmes de fluxo de vídeo com alta definição.
- e.g., variação das demandas de largura de banda de vídeo varia consideravelmente entre as aplicações da Internet, para tanto, considere 03 usuários e suas aplicações.
- 1º Usuário .. Frank – visualiza fotos em páginas do FaceBook de seus amigos a uma taxa de 01 nova foto com tamanho médio de 200 KB a cada 10 seg. (para cálculos considerar 1 Kbyte = 8.000 bits).
- 2º Usuário .. Marta – efetua “download” de música no formato “mp3” da Internet para o seu smartphone a uma taxa de 128 Kbps.
- 3º Usuário .. Vítor - reproduz vídeo codificado a 2 Mbps.

## 7 – Redes Multimídia / 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

### ... 7.1.1 – Propriedades do Vídeo

- e.g., variação das demandas de largura de banda de vídeo varia consideravelmente entre as aplicações da Internet, para tanto, considere 03 usuários e suas aplicações.
- ... supõe-se que o tamanho da sessão para todos os três usuários seja 4.000 segundos (cerca de 67 minutos).
- “**conclusão**” .. vídeo de fluxo contínuo consome, de longe, a maior largura de banda, tendo uma taxa de bits mais de dez vezes do que as taxas das aplicações de Facebook e fluxo de música.

	Taxa de bits	Bytes transferidos em 67 min
Facebook de Frank	160 kbits/s	80 Mbytes
Música de Marta	128 kbits/s	64 Mbytes
Vídeo de Vítor	2 Mbits/s	1 Gbyte

## 7 – Redes Multimídia / 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

### ... 7.1.1 – Propriedades do Vídeo

- “**característica importante**” .. vídeo pode ser compactado, compensando assim a qualidade com a taxa de bits.
- ... vídeo é uma sequência de imagens exibidas a uma velocidade constante, p.ex., 24 ou 30 imagens por segundo.
- ... de modo intuitivo, uma imagem que contém muito espaço em branco tem alto grau de redundância e pode ser compactada de maneira eficiente sem sacrificar a qualidade da imagem.

## 7 – Redes Multimídia / 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

### ... 7.1.1 – Propriedades do Vídeo

- “**redundância temporal**” .. reflete a repetição de uma imagem para a imagem seguinte na sequência de imagens.
- e.g., se uma imagem e a seguinte forem idênticas, não há razão para codificar de novo a imagem seguinte; em vez disso, é mais eficiente apenas indicar, durante a codificação, que ela é exatamente a mesma.
- “**algoritmos de compactação modernos**” .. podem compactar um vídeo basicamente para qualquer taxa de bits desejada.
- .. naturalmente que quanto mais alta a taxa de bits, melhor a qualidade da imagem e melhor a experiência de exibição geral do usuário.

## 7 – Redes Multimídia / 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

### ... 7.1.1 – Propriedades do Vídeo

- “**outros usos da compactação**” .. criar múltiplas versões do mesmo vídeo, cada uma em um nível de qualidade diferente.
- e.g., usar a compactação para versões do mesmo vídeo, nas taxas de 300 kbps, 1 Mbps e 3 Mbps permite que os usuários decidam qual versão desejam face a largura de banda disponível.
- ... usuários com conexões de alta velocidade podem escolher 3 Mbps, mas usuários na Rede 3G com um smartphone possivelmente irão escolher taxas menores, p.ex., 300 kbps.

## 7 – Redes Multimídia / 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

### 7.1.2 – Propriedades do Áudio

- **“áudio digital”** .. contempla requisitos de largura de banda muito menores do que o vídeo (p.ex., música digitalizada).
- ... porém, tem propriedades exclusivas, que devem ser consideradas quando se projetam aplicações de redes multimídia.
- **“perscepção das características do áudio”** .. seja o entendimento de como um áudio analógico é convertido para um sinal digital.
- .. como um sinal analógico é representado ?!
- .. como se dá a quantização da amostra de áudio ??

## 7 – Redes Multimídia / 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

### ... 7.1.2 – Propriedades do Áudio

- **“perscepção das características do áudio”** .. seja o entendimento de como um áudio analógico é convertido para um sinal digital:
- **“sinal analógico de áudio”** .. amostrado em taxa fixa (p.ex., 8 KHz) e cada amostra acomoda um número real que a representa.
- **“arredondamento do valor”** .. arredondamento ou quantização para cada valor entre um número finito de valores.
- .. número de valores finitos ou valores de quantização constituem uma potência de 2, p.ex., 256 valores de quantização.
- .. representações por bits de todas as amostras são, então, concatenadas para formar a representação digitalizada do sinal.

## 7 – Redes Multimídia / 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

### ... 7.1.2 – Propriedades do Áudio

- **“técnica básica de codificação”** .. Pulse Code Modulation (PCM) se dá com taxa de amostragem de 8 KHz e 8 bits por amostra, o que resulta uma taxa de 64 kbps.
- e.g., disco compacto de áudio (CD) utiliza PCM com taxa de amostragem de 44.100 amostras por segundo e 16 bits por amostra, ou seja, taxa de 705,6 Kbps para mono e 1.411 Mbps para estéreo.
- .. no entanto, a voz e a música codificadas em PCM raramente são usadas na Internet, ao invés disso, são usadas técnicas de compactação para reduzir as taxas de bits do fluxo.



## 7 – Redes Multimídia / 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

### ... 7.1.2 – Propriedades do Áudio

- **“técnica de compactação popular”** .. conhecida como MPEG 1 layer 3 (MP3) oferece compactação em várias taxas, mas valores comuns incluem 128 kbps como taxa de codificação.
- .. exemplo de padrão relacionado é o Advanced Audio Coding (AAC) da Apple, que assim como para vídeo, permite que diversas versões de um fluxo pré-gravado possam ser criadas.
- Obs.: embora as taxas de bit de áudio sejam menores do que as de vídeo, usuários normalmente são mais sensíveis a pequenas falhas de áudio do que falhas no vídeo.

## 7 – Redes Multimídia / 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

### 7.1.3 – Tipos de Aplicações de Redes Multimídia

- **“classificação das aplicações de multimídia”** .. i) áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenado, ii) voz e vídeo-sobre-IP interativos e iii) áudio e vídeo de fluxo contínuo ao vivo.
- **“áudio e vídeo de fluxo contínuo armazenado”** .. como a música em fluxo contínuo é semelhante ao vídeo de fluxo contínuo armazenado, embora as taxas de bits costumem ser muito menores.
- ... vídeo de fluxo contínuo armazenado tem 03 características importantes: i) fluxo contínuo; ii) intensidade e iii) reprodução contínua.

## 7 – Redes Multimídia / 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

### ... 7.1.3 – Tipos de Aplicações de Redes Multimídia

- **“vídeo de fluxo contínuo armazenado”** .. 03 características importantes: i) fluxo contínuo; ii) intensidade e iii) reprodução contínua.
- **“fluxo contínuo”** .. em uma aplicação de vídeo de fluxo contínuo armazenado, normalmente o cliente inicia a reprodução alguns segundos após começar a receber o vídeo do servidor.
- ... evita-se ter que descarregar o arquivo inteiro (e incorrer em atraso potencialmente longo) antes de começar a reproduzi-lo.
- **“interatividade”** .. usuário pode interromper uma vez que a mídia é pré-gravada, reposicionar para a frente ou para trás, avançar rapidamente, e assim por diante, pelo conteúdo do vídeo.
- .. mas o tempo da solicitação do usuário até que a ação se manifestar no cliente deve ser de apenas alguns segs. para que seja aceitável.

## 7 – Redes Multimídia / 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

### ... 7.1.3 – Tipos de Aplicações de Redes Multimídia

- “**vídeo de fluxo contínuo armazenado**” .. 03 características distintas importantes: i) fluxo contínuo; ii) intensidade e iii) reprodução contínua.
- “**reprodução contínua**”.. ao iniciar a reprodução do vídeo, a mesma deve prosseguir de acordo com a temporização da gravação.
- ... dados devem ser recebidos do servidor a tempo de serem reproduzidos no cliente, pois, caso contrário, os quadros de vídeo congelam (quadros atrasados) ou saltam (pular os quadros atrasados).
- “**consenso**” .. para oferecer reprodução contínua, a rede precisa oferecer uma “**vazão média**” à aplicação de fluxo contínuo que seja pelo menos tão grande quanto a taxa de bits do próprio vídeo.

## 7 – Redes Multimídia / 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

### ... 7.1.3 – Tipos de Aplicações de Redes Multimídia

- “**voz e vídeo-sobre-IP interativos**” .. voz interativa em tempo real pela Internet é chamada de telefonia na Internet, pois é semelhante ao serviço telefônico tradicional (comutação de circuitos).
- ... vídeo interativo é semelhante, exceto que inclui o vídeo dos participantes, bem como suas vozes.
- ... maioria dos sistemas interativos por voz e vídeo permite que os usuários criem conferências com três ou mais participantes.
- “**constatação**” .. temporização e tolerância à perda são parâmetros de particular importância para aplicações interativas de voz e vídeo.

## 7 – Redes Multimídia / 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

### ... 7.1.3 – Tipos de Aplicações de Redes Multimídia

- “**sensíveis ao atraso**”.. reflete as considerações quanto a temporização face ao impacto em muitas aplicações interativas de voz e vídeo.
- ... são sensíveis ao atraso e pouco tolerantes à perda por serem claramente diferentes das aplicações elásticas, como a navegação Web, correio eletrónico, redes sociais e login remoto.
- e.g., atrasos na voz menores que 150 ms não são percebidos, enquanto que atrasos entre 150 e 400ms podem ser aceitáveis para o ouvido humano (usuário).
- .. já atrasos maiores que 400 ms podem resultar em uma conversa de voz frustrante ou totalmente ininteligível.

## 7 – Redes Multimídia / 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

### ... 7.1.3 – Tipos de Aplicações de Redes Multimídia

- **“tolerantes à perdas”** .. aplicações de multimídia interativas são tolerantes às perdas ocasionais, posto que causam apenas pequenas perturbações na recepção de áudio e vídeo.
- ... características de sensibilidade ao atraso e tolerância à perda são claramente diferentes daquelas das aplicações elásticas, como a navegação Web, correio eletrônico, redes sociais e login remoto.

## 7 – Redes Multimídia / 7.1 – Aplicações de Rede Multimídia

### ... 7.1.3 – Tipos de Aplicações de Redes Multimídia

- **“áudio e vídeo de fluxo contínuo ao vivo”** .. permite que um usuário receba uma transmissão de Rádio ou TV de qualquer parte do mundo.
- ... aplicações ao vivo, do tipo de difusão, possuem muitos usuários que recebem ao mesmo tempo o mesmo programa de áudio/vídeo.
- ... distribuição de áudio/vídeo ao vivo para muitos receptores pode ser realizada com eficiência utilizando as técnicas de transmissão IP para um grupo (broadcast ou multicast);
- .. no entanto, a distribuição para um grupo é normalmente realizada por meio de aplicações em camadas (Redes P2P ou CDN), ou de múltiplos fluxos individuais separados.



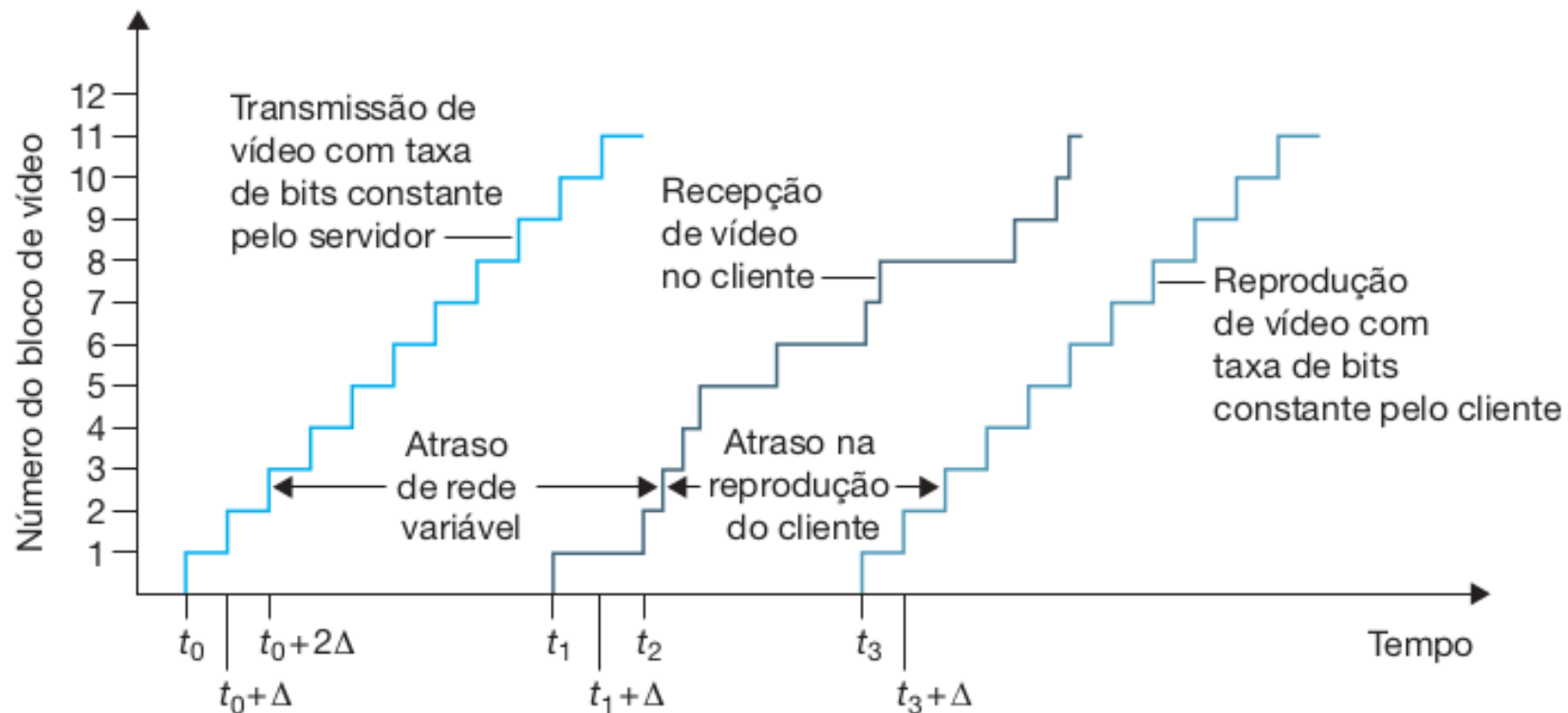
### 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

- **“aplicações de vídeo de fluxo contínuo”** .. vídeos pré-gravados são armazenados em servidores aos quais os usuários enviam solicitações para assistirem os vídeos por demanda.
- ... sistema de vídeo de fluxo contínuo são classificados em 03 categorias, ou seja, i) UDP de Fluxo Contínuo; ii) HTTP de Fluxo Contínuo e iii) HTTP de Fluxo Contínuo Adaptativo.
- **“característica comum”** .. as 03 formas de vídeo de fluxo contínuo contemplam uso extensivo de buffers de aplicação no lado do cliente.
- **“justificativa”** .. aliviar os efeitos da variação dos atrasos fim a fim e da disponibilidade de largura de banda entre servidor e cliente.

## 7 – Redes Multimídia

### ... 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

- e.g., considere a ilustração do buffer do lado cliente e suponha que o vídeo seja codificado a uma taxa de bits fixa.
- ... assim cada bloco de vídeo contém quadros de vídeo que devem ser reproduzidos, mas sobre a mesma quantidade de tempo =  $D$ .



## 7 – Redes Multimídia

### ... 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

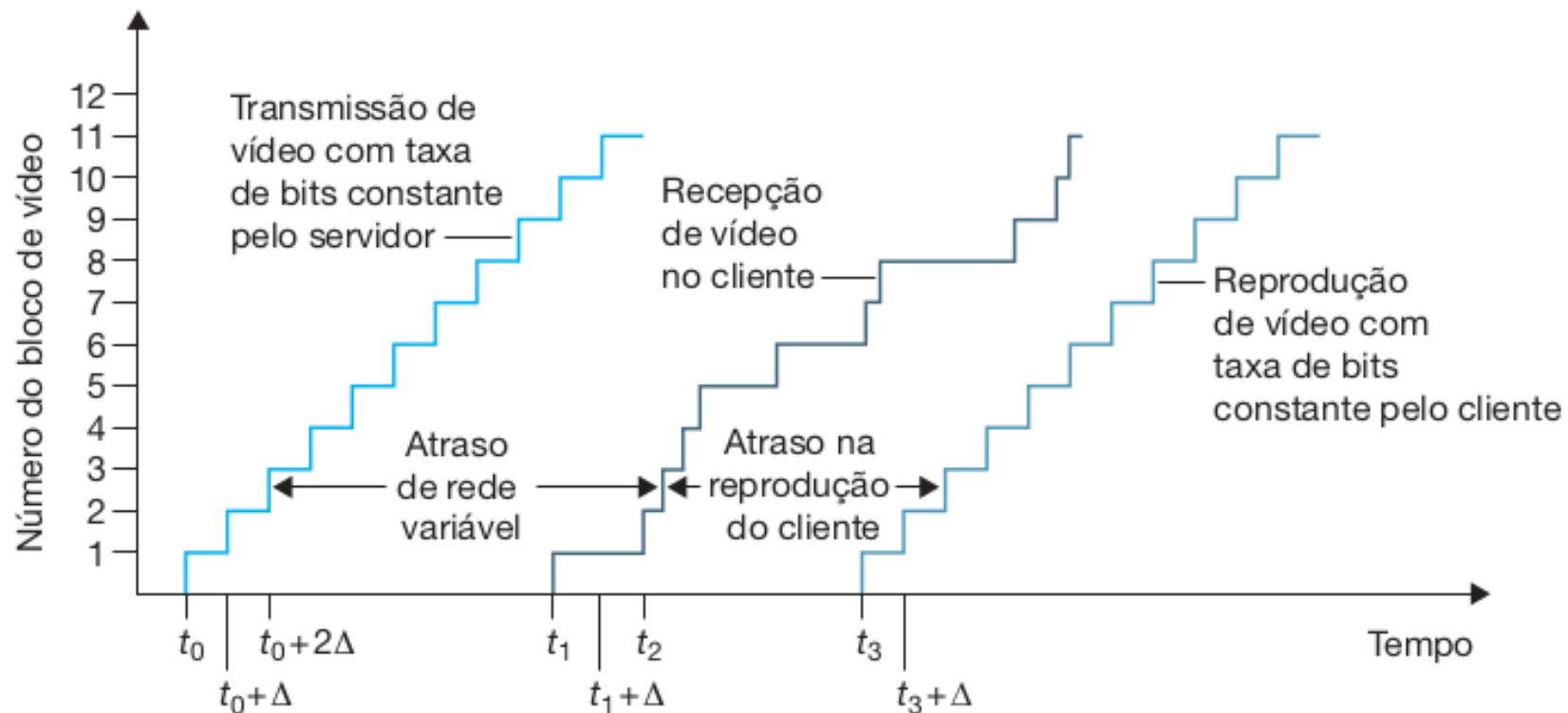
- ... servidor transmite o 1º bloco de vídeo em  $t_0$ , o 2º bloco em  $t_0+D$ , o 3º bloco em  $t_0+2D$ , e assim por diante.
- ... quando o cliente inicia a reprodução, cada bloco deve ser reproduzido  $D$  unidades de tempo após o bloco anterior, a fim de reproduzir a temporização do vídeo gravado original.



## 7 – Redes Multimídia

### ... 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

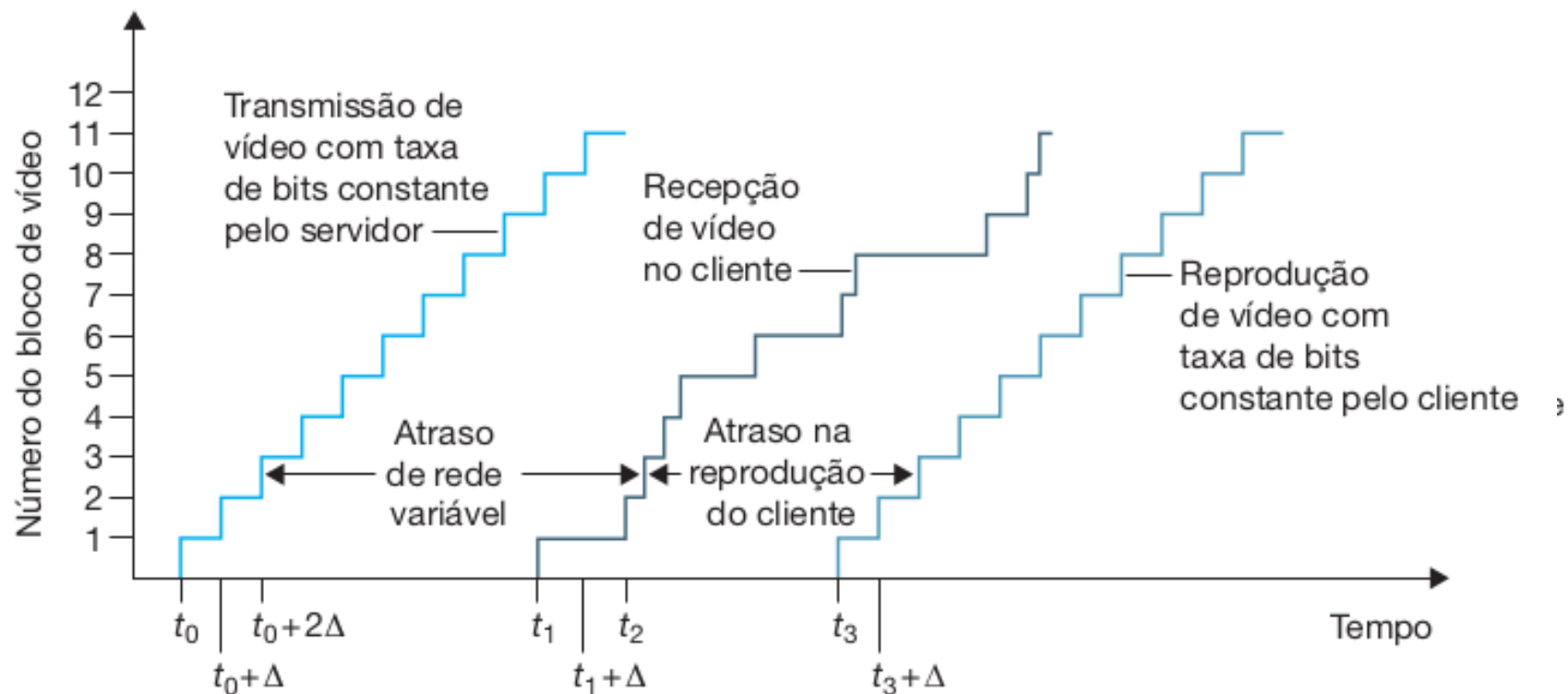
- ... por causa dos atrasos variáveis da rede de fim a fim, diferentes blocos de vídeo experimentam diferentes atrasos, p.ex., 1º bloco de vídeo chega ao cliente em  $t_1$  e o 2º bloco chega em  $t_2$ .
- ... atraso do  $i$ -ésimo bloco é a distância horizontal entre o momento em que o bloco foi transmitido e o momento em que ele é recebido.



## 7 – Redes Multimídia

### ... 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

- ... se o cliente tivesse de começar a reprodução assim que o 1º bloco chegasse em  $t_1$ , então o 2º bloco não teria chegado a tempo para ser reproduzido em  $t_1 + D$ .
- ... nesse caso, a reprodução teria que ser adiada (esperando o bloco 1 ou pulando o bloco 1) » prejuízos indesejáveis na reprodução.



## 7 – Redes Multimídia

### ... 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

- “**alternativa**” .. cliente atrasa o início da reprodução até  $t_3$ , garantindo que todos os blocos de 1 a 6 estejam disponíveis ou presentes.
- ... logo, a reprodução periódica poderá prosseguir com todos os blocos tendo sido recebidos antes do seu tempo de reprodução.



## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### 7.2.1 – UDP de Fluxo Contínuo

- **“UDP de Fluxo Contínuo”** .. servidor transmite vídeo a uma taxa que corresponde à taxa de consumo de vídeo do cliente, com uma temporização dos trechos de vídeo sobre UDP a uma taxa constante.
- e.g., considere uma taxa de consumo de 2 Mbps e segmento UDP para transportar 8.000 bits de vídeo, ou seja, servidor transmitiria um pacote UDP em seu socket a cada  $8.000 \text{ bits} / 2 \text{ Mbps} = 4 \text{ ms}$ .
- .. não se emprega mecanismo de controle de congestionamento, logo, servidor pode empurrar pacotes na rede na taxa de consumo do vídeo sem as restrições de controle de taxa do TCP.
- ... UDP de fluxo contínuo usa um pequeno buffer no lado do cliente, grande o suficiente para manter ao menos alguns segs. de vídeo.

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### ... 7.2.1 – UDP de Fluxo Contínuo

- “**propriedade do fluxo contínuo**” .. cliente e servidor mantêm, em paralelo, uma conexão de controle sobre a qual o cliente envia comandos referentes a mudanças de estado de sessão.
- ... Real-Time Streaming Protocol (RTSP) [RFC 2326] .. protocolo aberto e popular para esse tipo de conexão de controle.
- Embora o UDP de Fluxo Contínuo seja empregado em muitos sistemas de fonte aberta bem como por produtos patenteados, ele possui 03 desvantagens significativas.
  - .. largura de banda disponível não previsível e variável.
  - .. exige controle da mídia no servidor.
  - .. muitos firewalls bloqueiam tráfego UDP.



## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### ... 7.2.1 – UDP de Fluxo Contínuo

- “**largura de banda disponível**” .. não é previsível !!
- e.g., considere o cenário onde a taxa de consumo de vídeo é de 1 Mbps num contexto em que a largura de banda disponível do servidor ao cliente seja maior do que 1 Mbps, mas variável.
- ... como a largura de banda sofre variações ao longo do tempo para valores abaixo de 1 Mbps, qual o efeito na aplicação final ?
- “**análise**” .. nesse cenário, um sistema de UDP de fluxo contínuo não atende o usuário em razão de quadros que congelam ou pulam logo depois da largura de banda cair para menos de 1 Mbps.

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### ... 7.2.1 – UDP de Fluxo Contínuo

- **“servidor com controle da mídia”** .. como um Servidor RTSP, para processar solicitações de interatividade cliente-servidor e acompanhar o estado do cliente (p.ex, o ponto de reprodução no vídeo)
- ... esteja o vídeo sendo interrompido ou sendo reproduzido, aumenta-se o custo geral e a complexidade da implantação de um sistema de vídeo por demanda em grande escala.
- **“Firewalls bloqueiam tráfego UDP”** .. tráfego UDP é normalmente bloqueado em “firewalls” impedindo que os usuários por trás dos mesmos recebam o “UDP de Fluxo Contínuo”.

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### 7.2.2 – HTTP de Fluxo Contínuo

- **“HTTP de Fluxo Contínuo”** .. vídeo é armazenado em um servidor HTTP como um arquivo comum com uma URL específica.
- .. quando um usuário quer assistir um vídeo, ele estabelece uma conexão TCP com o servidor e realiza um comando HTTP GET.
- .. no cliente, os bytes são armazenados em um buffer de aplicação e uma vez excedidos um limite predeterminado, inicia a reprodução.
- .. para ser mais preciso, lê quadros do vídeo do buffer da aplicação cliente, descompacta os quadros e os apresenta na tela do usuário.

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### ... 7.2.2 – HTTP de Fluxo Contínuo

- **“alguns problemas”** presentes no HTTP de Fluxo Contínuo:
- **“variação da taxa de transmissão”** .. taxa de transmissão do servidor para o cliente pode variar significativamente por causa do mecanismo de controle de congestionamento do TCP.
- ... não é raro para a taxa de transmissão variar no formato “dente de serra” associado com o controle de congestionamento do TCP.
- **“atraso significativo”** .. pacotes podem também sofrer atraso significativo, pelo mecanismo de retransmissão do TCP.
- **“conclusão”**... por causa destas características do TCP, o consenso geral é que fluxo contínuo de vídeo nunca funcionaria bem sobre TCP.

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### ... 7.2.2 – HTTP de Fluxo Contínuo

- **“aspectos positivos”** presentes no HTTP de Fluxo Contínuo:
- **“transposição de firewalls”** .. uso do HTTP sobre TCP também permite atravessar firewalls e NATs mais facilmente.
- .. de outra forma é comum o bloqueio da maior parte do tráfego UDP, mas não o tráfego HTTP cuja passagem é permitida.
- **“servidor de controle de mídia”** .. necessidade de um servidor de controle de mídia, tal como um servidor RTSP, de modo a reduzir o custo de um desenvolvimento em larga escala pela Internet.
- **“observação”** .. com essas vantagens, a maior parte dos aplicativos de fluxo contínuo de vídeo (YouTube e Netflix) usam HTTP de fluxo contínuo (sobre TCP) como seu protocolo de fluxo contínuo subjacente.

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### ... 7.2.2 – HTTP de Fluxo Contínuo

- **“pré-busca de dados”** .. uso de buffers no lado do cliente pode ser usado para mitigar os efeitos de vários atrasos fim a fim e espectro disponíveis de larguras de banda.
- ... porém, o cliente pode fazer o “download” do vídeo em uma taxa maior que a de consumo, e assim fazer uma “pré-busca” dos quadros desse vídeo que serão exibidos “a posteriori”.
- e.g., suponha que a taxa de consumo do vídeo seja 1 Mbps mas considere que a taxa de transmissão do vídeo seja de 1,5 Mbps.
- .. quais são os cenários possíveis para exibição do vídeo ??!!

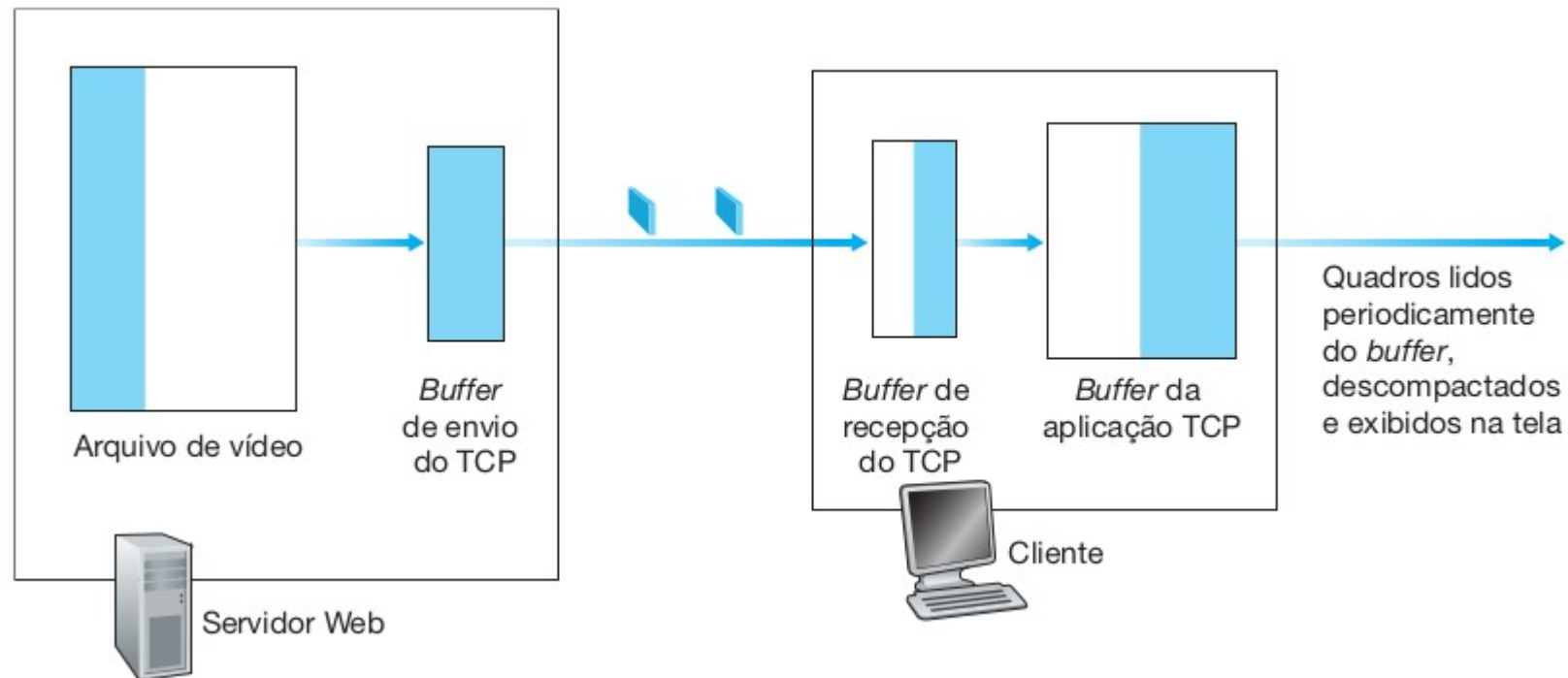
## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### ... 7.2.2 – HTTP de Fluxo Contínuo

- e.g., suponha que a taxa de consumo do vídeo seja 1 Mbps mas a rede é capaz de transmitir o vídeo do servidor para o cliente em uma taxa constante de 1,5 Mbps.
- ... cliente é capaz de exibir o vídeo com um atraso muito pequeno, como também aumentar a quantidade de dados do vídeo armazenado no buffer a uma taxa de 500 Kbps.
- .. neste contexto, se em algum momento o cliente receber dados a uma taxa  $\ll 1$  Mbps, por algum tempo, o cliente continuará a exibir o vídeo sem interrupções graças à reserva no buffer.

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda ... 7.2.2 – HTTP de Fluxo Contínuo

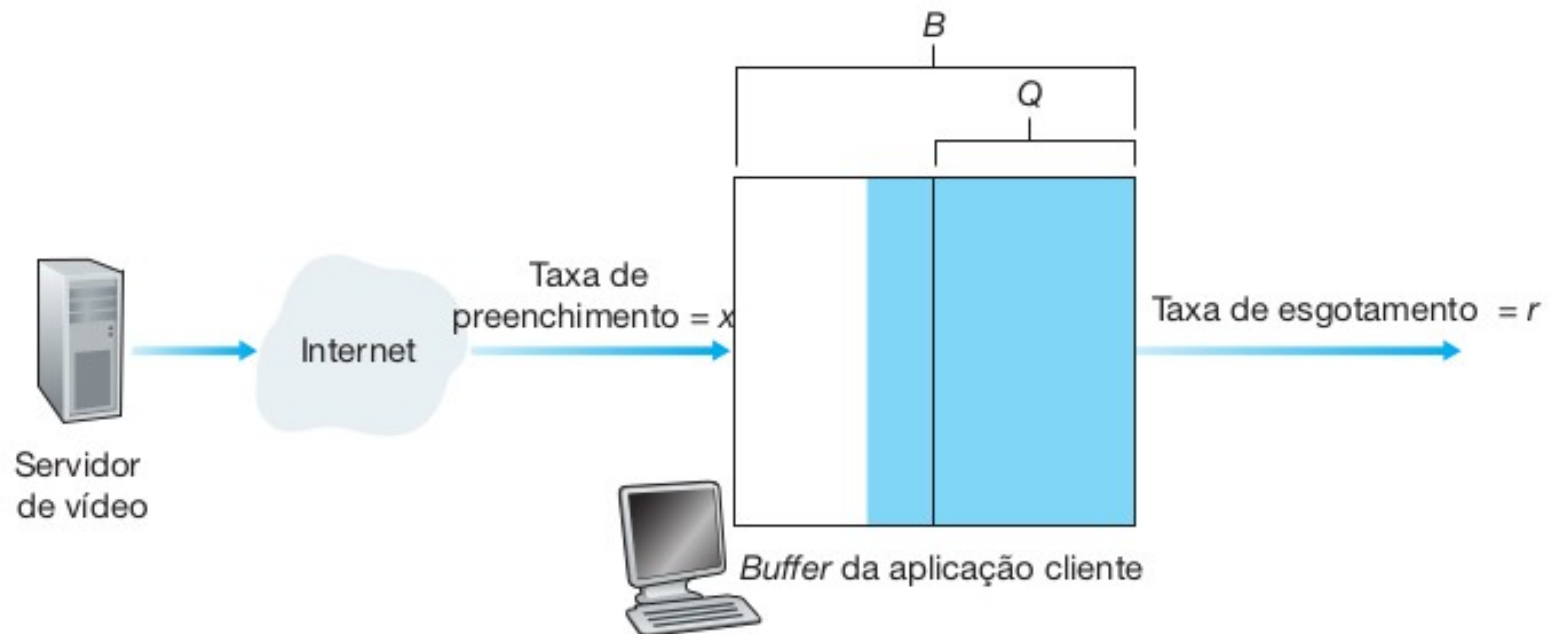
- “**buffer no cliente e servidor**” .. no lado servidor, a parte do arquivo de vídeo em branco já foi enviada dentro do socket do servidor, enquanto a parte mais escura é o que falta ser enviada.





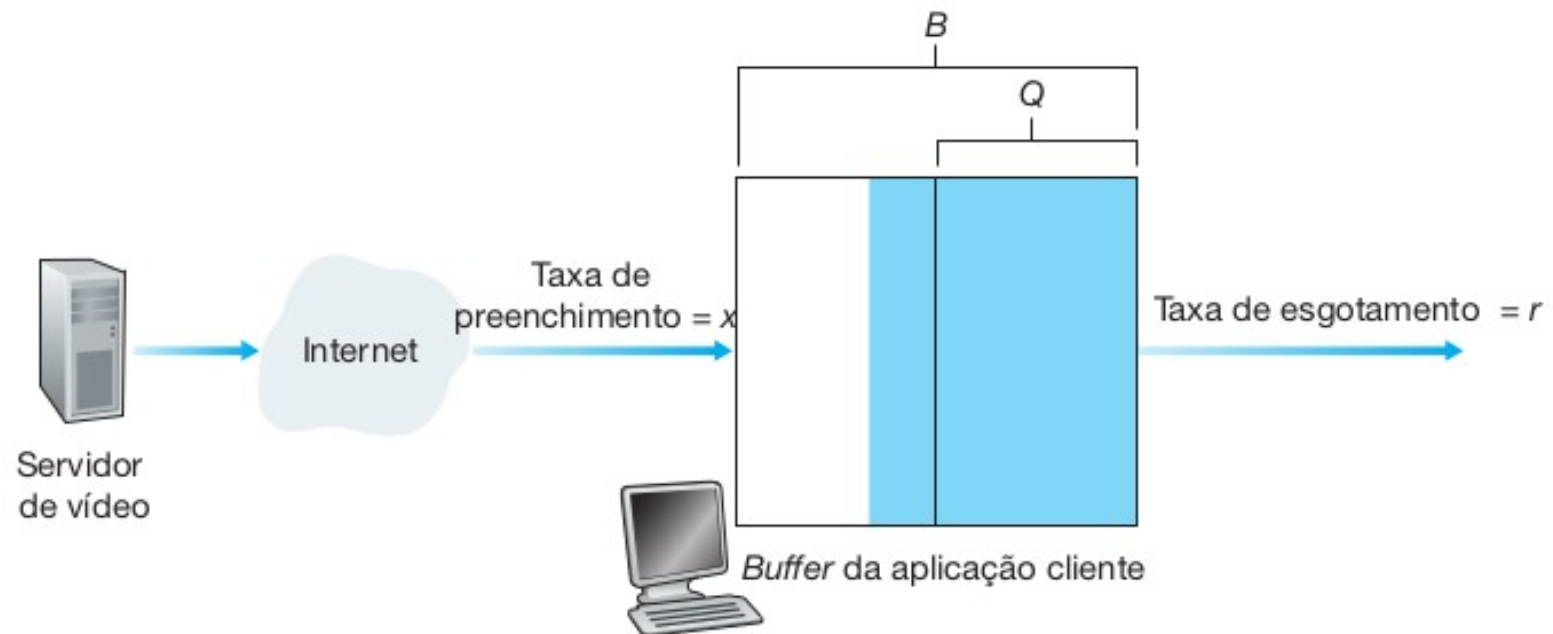
## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda ... 7.2.2 – HTTP de Fluxo Contínuo

- “**atraso de reprodução**” .. modelos simples oferecem um melhor entendimento sobre o atraso inicial na reprodução e o congelamento devido ao esgotamento do buffer da aplicação.
- e.g., considere que “ $B$ ” represente o tamanho (bits) do buffer da aplicação cliente, e “ $Q$ ” indique o nro. de bits do buffer antes que a aplicação cliente comece a exibir o vídeo (premissa de  $Q < B$ ).



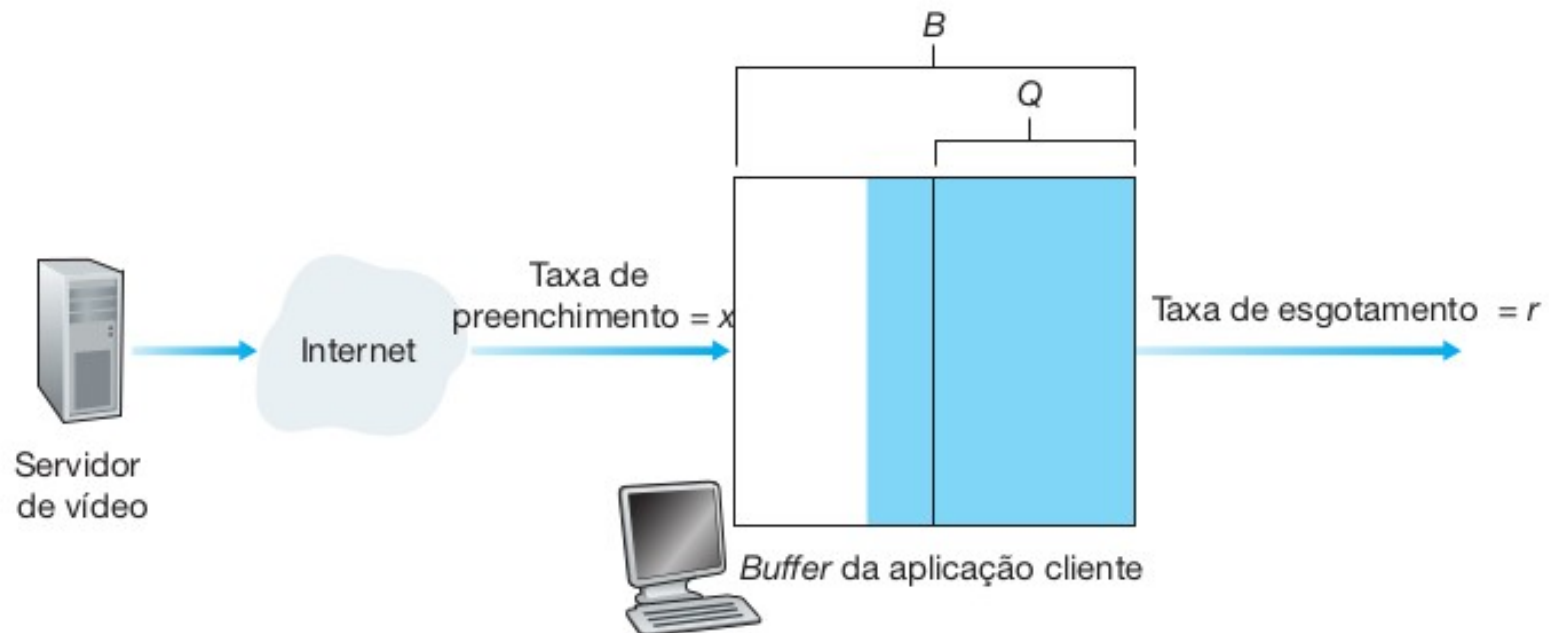
## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda ... 7.2.2 – HTTP de Fluxo Contínuo

- .. “ $r$ ” representa a taxa de consumo do vídeo .. taxa na qual o cliente retira bits do buffer da aplicação cliente durante a reprodução.
- .. seja a taxa do vídeo de 30 quadros/segundo, e cada quadro (compactado) tem 100 mil bits, então,  $r = 3$  Mbps.



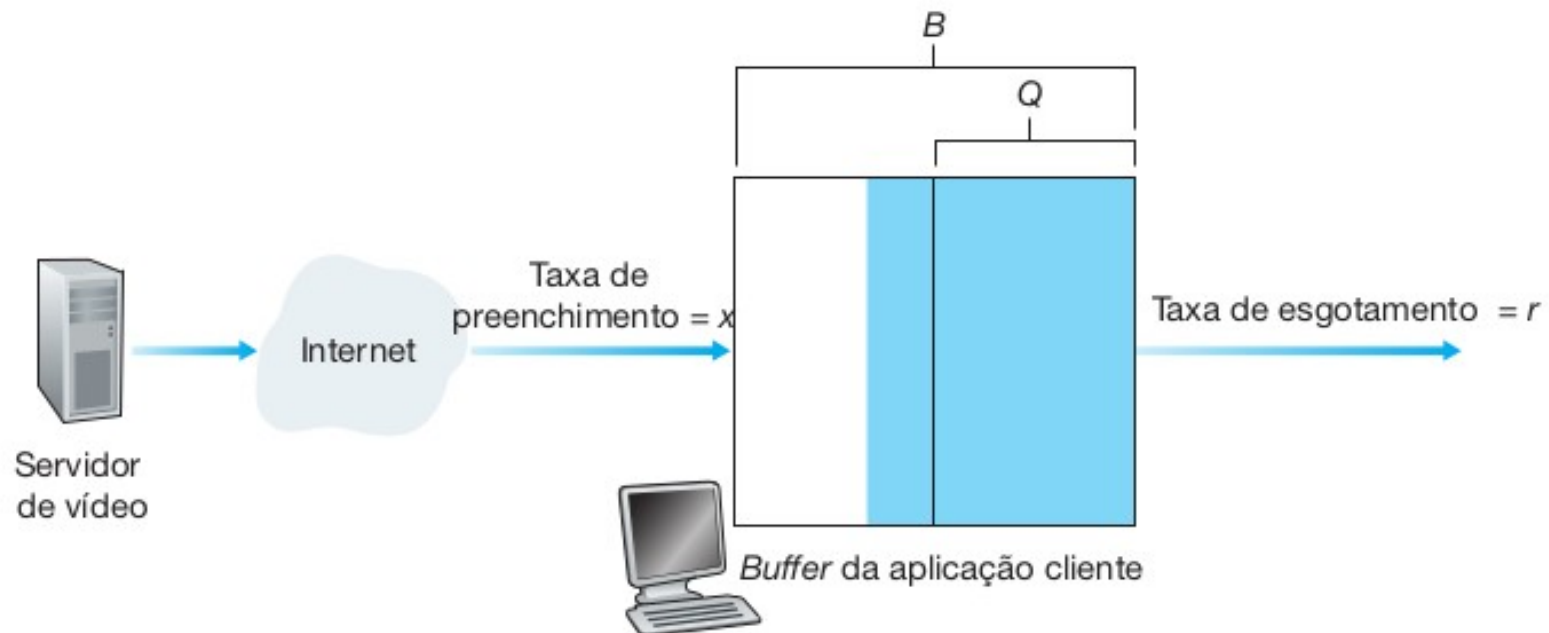
## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda ... 7.2.2 – HTTP de Fluxo Contínuo

- “**r**” representa a taxa de consumo do vídeo .. taxa na qual o cliente retira bits do buffer da aplicação cliente durante a reprodução.
- .. servidor envia bits a uma taxa constante “**x**” sempre que o buffer do cliente não estiver cheio.
- “**perguntas**” .. em que tempo  $t = t_p$  o vídeo começará a ser exibido ? .. em que tempo  $t = t_f$  o buffer da aplicação cliente ficará cheio?



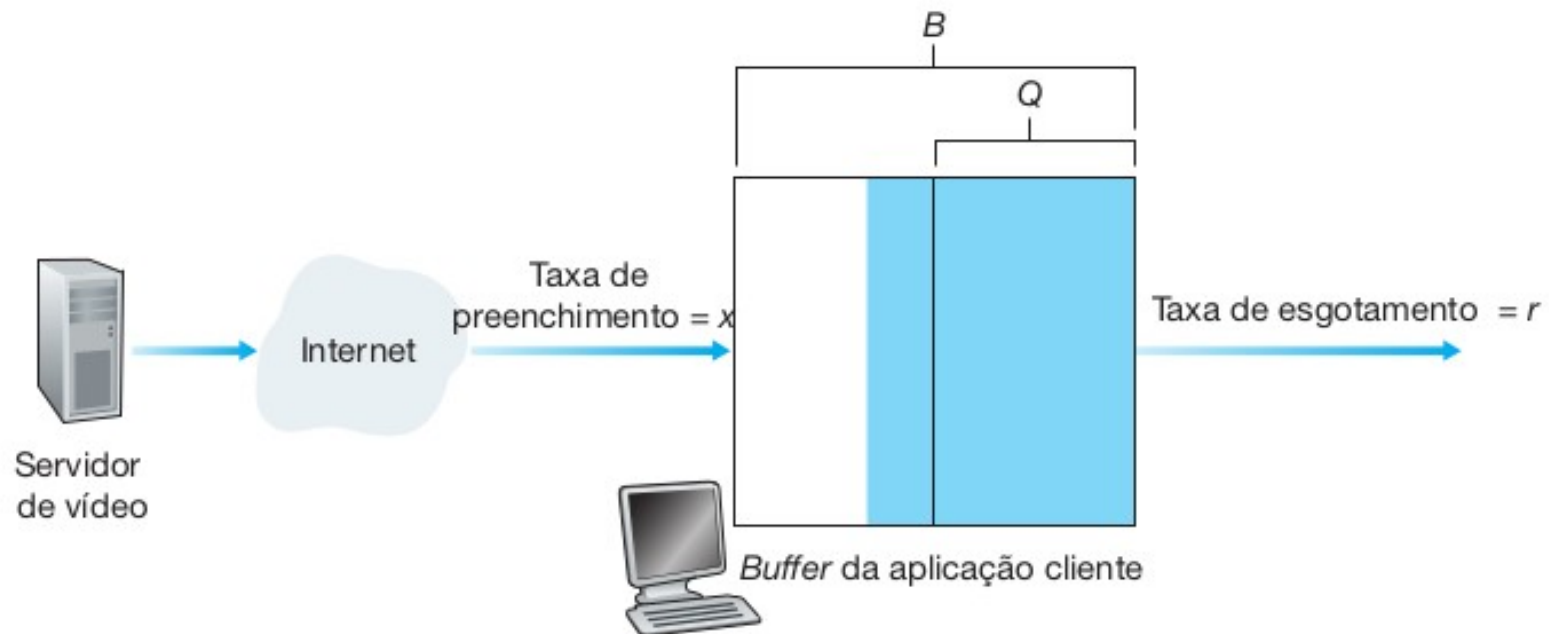
## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda ... 7.2.2 – HTTP de Fluxo Contínuo

- “**cálculo de  $t_p$** ” .. tempo que leva para que “ $Q$ ” bits entrem no buffer da aplicação cliente e permita que a reprodução comece.
- “**premissa**” .. bits chegam ao buffer da aplicação cliente a uma taxa “ $x$ ” e nenhum bit é removido antes da reprodução começar.
- “**conclusão**” .. quantidade de tempo necessária para acumular  $Q$  bits (o atraso inicial do buffer) é  $t_p = Q/x$ .



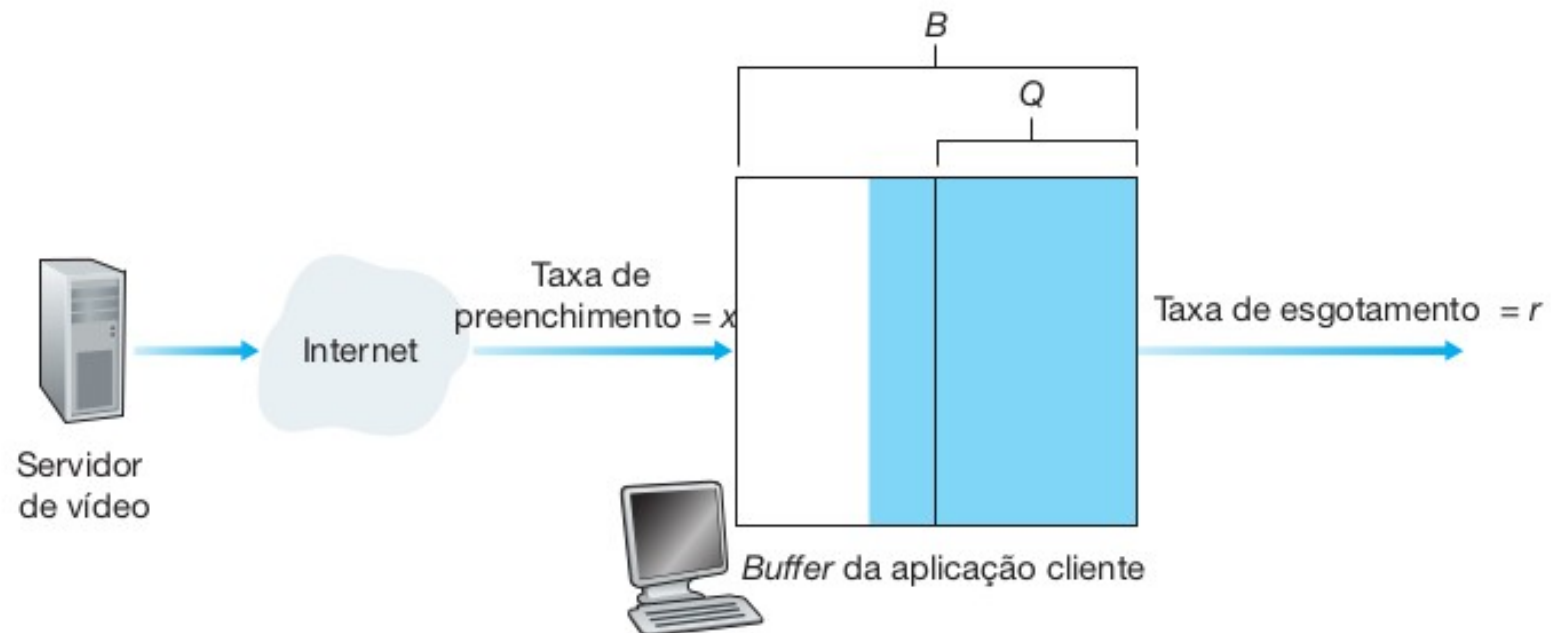
## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda ... 7.2.2 – HTTP de Fluxo Contínuo

- “**cálculo do  $t_f$** ” .. tempo quando o buffer do cliente fica cheio.
- .. se  $x < r$  (ou seja, se a taxa de envio do servidor for menor que a taxa de consumo do vídeo), então o buffer do cliente nunca ficará cheio !!
- .. se  $x > r$  e começando no tempo  $t_p$ , o buffer aumenta de  $Q$  até  $B$  a uma taxa “ $x - r$ ” desde que os bits sejam retirados a uma taxa “ $r$ ” mas cheguem a uma taxa “ $x$ ”.



## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda ... 7.2.2 – HTTP de Fluxo Contínuo

- “**análise do vídeo de fluxo contínuo**” .. usuário desfruta uma reprodução contínua de vídeo quando a taxa disponível na rede é maior do que taxa do vídeo após o atraso inicial do buffer.
- “**fatores externos**” .. ainda assim, há de se considerar outros fatores como o atraso e/ou congestionamento na rede.



## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### ... 7.2.2 – HTTP de Fluxo Contínuo

- **“HTTP de Fluxo Contínuo”** .. utiliza com frequência “cabeçalho de bytes” na msg. de requisição HTTP GET para especificar a quantidade de bytes que o cliente quer buscar do vídeo num dado instante.
- .. ao reposicionar a reprodução do vídeo, uma nova requisição é enviada, indicando no cabeçalho o intervalo de bytes a partir de qual byte no arquivo o servidor deve enviar dados.
- .. ao receber uma nova requisição HTTP, cliente esquece qualquer requisição anterior e, em vez disso, envia bytes começando do byte indicado na requisição de intervalo de bytes.

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### ... 7.2.2 – HTTP de Fluxo Contínuo

- **“análise do reposicionamento”** .. reposicionamento para um ponto adiante no vídeo ou término antecipado do vídeo.
- .. dados “já baixados mas ainda não visualizados”, transmitidos pelo servidor, permanecem sem ser assistidos — um desperdício de largura de banda da rede e de recursos do servidor.
- .. há significativo desperdício de largura de banda na Internet por causa de termos antecipados de reprodução, o que pode ser realmente custoso, em particular para conexões “wireless”.
- **“conclusão”** .. sistemas de fluxo contínuo definem um tamanho moderado para o buffer cliente, ou limitam a quantidade de vídeos pré-buscados usando o cabeçalho de intervalo de bytes no HTTP.



## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### 7.2.3 – Fluxo Contínuo Adaptativo

- **“deficiência do HTTP de fluxo contínuo”** .. clientes recebem a mesma codificação do vídeo, apesar das grandes variações na quantidade de largura de banda disponível para o cliente.
- .. surge o fluxo contínuo adaptativo dinâmico sobre HTTP, ou também denominado “Dynamic Adaptive Streaming over HTTP” (DASH).
- **“princípio”** .. cliente requisita dinamicamente, das diferentes versões, trechos de alguns segundos de segmentos do vídeo.
- .. quando a quantidade de largura de banda disponível é alta, o cliente seleciona trechos de uma versão que possui uma taxa alta.
- .. quando a largura de banda disponível é baixa, ele naturalmente seleciona de uma versão cuja taxa é baixa.

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### ... 7.2.3 – Fluxo Contínuo Adaptativo

- “**qualidade de serviço**” .. permite aos clientes com diferentes taxas de acesso à Internet fluir em um vídeo por diferentes taxas codificadas.
- .. clientes com conexões 3G lentas podem receber uma versão com baixa taxa de bits (e baixa qualidade), e clientes com conexões por fibra ótica podem receber versões de alta qualidade.
- .. permite a um cliente se adaptar à largura de banda disponível, se a largura de banda fim a fim mudar durante a sessão.
- .. funcionalidade importante para usuários de dispositivos móveis, que podem experimentar flutuações na largura de banda disponível, conforme se movimentam de uma estação de base para outra.

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### ... 7.2.3 – Fluxo Contínuo Adaptativo

- “**breve resumo**” .. em muitas situações, o servidor não apenas armazena diversas versões do vídeo, como também armazena em separado muitas versões do áudio.
- .. cada versão do áudio possui seu próprio nível de qualidade e taxa de bits, assim como sua própria URL.
- .. nas inúmeras possibilidades, o cliente dinamicamente seleciona trechos tanto do vídeo como do áudio, e localmente sincroniza a reprodução do áudio e vídeo.

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### 7.2.4 – Redes de Distribuição de Conteúdo

- **“distribuição de conteúdo”** .. muitas companhias de vídeo na Internet têm distribuído sob demanda fluxos contínuos com múltiplas taxas em bps para milhões de usuários diariamente.
- e.g., YouTube, p.ex., com uma biblioteca de centenas de milhões de vídeos, distribui centenas de milhões de vídeos de fluxo contínuo para usuários ao redor do mundo inteiro, todos os dias.
- .. controlar o fluxo contínuo de todo esse tráfego para locais ao redor do mundo inteiro, enquanto provê reprodução contínua e grande interatividade constitui-se claramente uma tarefa desafiadora.
- **Tópico sugerido com “Leitura Complementar” !!**

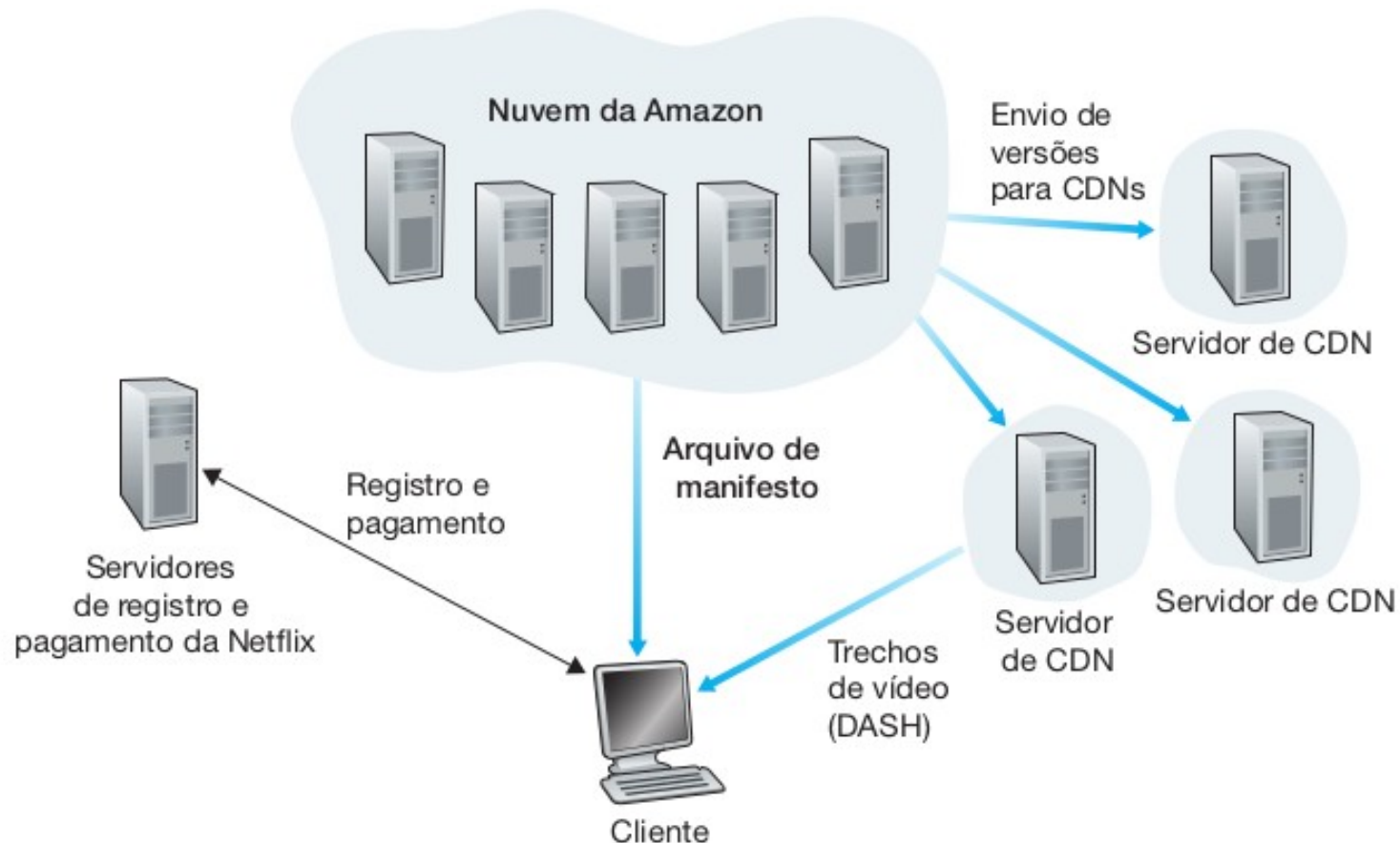
## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### 7.2.5 – Redes NetFlix e YouTube

- “**destaques de sistemas de fluxo contínuo de vídeo armazenado**” .. Netflix, YouTube e Kankan.
- .. cada qual utiliza diferentes métodos, empregando muitos dos princípios destacados e discutidos nesta seção.
- **Netflix** .. gera quase 30% de todo o tráfego de descarga de fluxo contínuo da Internet nos USA e tornou-se em 2011 no USA o provedor de serviço líder no segmento de filmes “on-line” e shows de TV.
- .. para executar seus serviços de larga escala, tem feito uso extensivo de CDNs e serviços em nuvens de terceiros..

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda ... 7.2.5 – Redes Netflix e YouTube

- .. constitui-se em um exemplo de serviço on-line em larga escala por meio de aluguel de servidores, largura de banda, armazenamento e serviços de bancos de dados de 3os e pouca infraestrutura própria.



## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### ... 7.2.5 – Redes Netflix e YouTube

- “**serviços on-line**” .. com exceção destas funções básicas os serviços são implementados em máquinas virtuais na nuvem da Amazon e com funcionalidades que estão na nuvem da Amazon.
- “**obtenção do conteúdo**” .. antes de distribuir um filme para seus clientes, é necessário obter e processar o filme.
- .. neste contexto, as versões principais de estúdio são carregadas para hospedeiros na nuvem da Amazon.
- “**processamento de conteúdo**” .. diferentes formatos são criados para cada filme, de acordo com uma série de aparelhos de reprodução de vídeo do cliente, p.ex., notebook, consoles, celular.

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### ... 7.2.5 – Redes Netflix e YouTube

- “**serviços on-line**” .. com exceção destas funções básicas os serviços são implementados em máquinas virtuais na nuvem da Amazon e com funcionalidades que estão na nuvem da Amazon ..
- “**processamento de conteúdo**” .. diferentes formatos são criados para cada filme, de acordo com uma série de aparelhos de reprodução de vídeo do cliente, p.ex., notebook, consoles, celular.
- ... versões diferentes para cada formato e para múltiplas taxas de bits, permitindo assim que se utilize HHTP de vídeo de fluxo contínuo, usando “Dynamic Adaptive Streaming over HTTP”.



## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda ... 7.2.5 – Redes Netflix e YouTube

- “**serviços on-line**” .. com exceção destas funções básicas os serviços são implementados em máquinas virtuais na nuvem da Amazon e com funcionalidades que estão na nuvem da Amazon ..
- “**download de versões para as CDNs**” .. uma vez que todas as versões de um filme foram criadas, os “hosts” na nuvem da Amazon descarregam as versões para as CDNs.

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### ... 7.2.5 – Redes Netflix e YouTube

- **YouTube** .. contém cerca de meio bilhão de vídeos em suas bibliotecas e meio bilhão de exibições de vídeos por dia e é indiscutivelmente o maior site da Internet no mundo para compartilhamento de vídeos.
- Google/YouTube opera com protocolos proprietários e faz uso extensivo da tecnologia CDN para distribuir seus vídeos sobre sua própria CDN privada para distribuir os vídeos do YouTube.
- .. dispõe de clusters de servidores em centenas de locais e dos quais distribui os vídeos do YouTube a partir de 50 localidades diferentes.
- .. utiliza DNS para redirecionar uma requisição do consumidor para um cluster específico de servidores.

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### ... 7.2.5 – Redes Netflix e YouTube

- “**estratégia de distribuição**” .. estratégia de seleção de cluster direciona o cliente ao cluster com menor RTT entre o cliente e o cluster.
- ... além disso, para balancear a carga através dos clusters, algumas vezes o cliente é direcionado (via DNS) a um cluster mais distante.
- .. caso não contemple o vídeo solicitado, o cluster pode retornar uma mensagem de redirecionamento HTTP, desse modo redirecionando o cliente para outro cluster que contempla o vídeo.
- “**conclusão**” .. abordagem de fornecer vídeo por demanda, em larga escala, através da Internet — maneira permite ao provedor reduzir significativamente sua infraestrutura e custos de largura de banda.

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### ... 7.2.5 – Redes Netflix e YouTube

- **KanKan** .. disponibiliza a entrega de vídeo P2P para mais de 20 milhões de usuários únicos visualizando seus vídeos todo mês.
- .. líder do setor de fornecimento de vídeo por demanda, oferece outros serviços como PPTV (antes era PPLive) e PPs (antes era PPstream).
- “**arquitetura do serviço**” .. parecido com a descarga de arquivos BitTorrent em que um peer para obtém um rastreador para descobrir outros pares dentro do sistema que tenham uma cópia daquele vídeo.
- ... utiliza um rastreador e seu próprio DHT para rastrear conteúdos.

## 7 – Redes Multimídia / 7.2 – Vídeo de Fluxo Contínuo sob Demanda

### 7.2.5 – Redes Netflix e YouTube

- e.g., dimensões de multidão para o conteúdo mais popular envolvem dezenas de milhares de pares, normalmente maior que as maiores multidões no BitTorrent.
- ... protocolos da Kankan — para comunicação entre par e rastreador, entre par e DHT e entre pares — todos são proprietários.
- “**observação**” .. para distribuir trechos de vídeos entre pares, Kankan utiliza UDP sempre que possível, levando a uma enorme quantidade de tráfego UDP dentro da Internet da China.

## 7.3 – Voice over IP (VoIP)

- **“Telefonia sobre Internet”** .. denominação do áudio interativo em tempo real pela Internet, já que, da perspectiva do usuário, é semelhante ao tradicional serviço telefônico por comutação de circuitos.
- ... outras denominações incluem Voice-over-IP (VoIP).
- **“algumas comparações”** .. vídeo interativo é similar em muitos aspectos ao VoIP, exceto pelo fato de que ele inclui o vídeo dos participantes assim como o áudio gerado por cada participante.
- .. atenção para o fato da necessidades de transmissão de cada áudio e vídeo capturado em cada uma das fontes para todos os demais que participam da conferência, o que torna a arquitetura um desafio.

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### 7.3.1 – Serviço IP de Melhor Esforço

- **“Internet Protocol”** .. transporta datagramas do remetente ao receptor o mais rápido possível, sem promessa sequer sobre o atraso fim a fim para um pacote individual ou sobre o limite de perdas de pacotes.
- **“resumo”** .. protocolo de camada de rede = serviço de melhor esforço.
- **“implicações da falta de algumas garantias”** .. impõe desafios significativos às aplicações de áudio interativo em tempo real, que são bastante sensíveis ao atraso de pacotes, variação de atraso e perdas.

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.1 – Serviço IP de Melhor Esforço

- “**proposta**” .. discutir as limitações de um serviço IP de melhor esforço no contexto de um exemplo específico de VoIP.
- e.g., considere a geração de 8.000 bytes por segundo durante 20 ms e a concatenação destes dados em um único bloco.
- ... um bloco e um cabeçalho são encapsulados em um segmento UDP, por meio de uma chamada na interface do socket.
- ... sendo assim, o nro. de bytes do bloco é  $(20 * 10^{-3} \text{ s}) * (8 * 8.000 \text{ bps}) = 1280 \text{ bits}$  ou 160 bytes = 01 segmento UDP a cada 20 ms.



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.1 – Serviço IP de Melhor Esforço

- e.g., considere a geração de 8.000 bytes por segundo durante 20 milissegundos e a concatenação destes dados em um único bloco.
- ... se cada pacote chega ao receptor com um atraso fim a fim constante, então os pacotes chegam no receptor a cada 20 ms.
- “**condições ideais**” .. receptor reproduz cada segmento que recebe de forma sincronizada dado que o atraso fim a fim é constante.
- “**condições reais**” .. pacotes se perdem e a maioria não possui o mesmo atraso fim a fim, ainda que o congestionamento seja leve.
- ... por este motivo, o receptor deve se empenhar em .. (1) quando reproduzir um seg. e (2) o que fazer com um seg. perdido.

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.1 – Serviço IP de Melhor Esforço

- e.g., considere segmentos UDPs gerados pela aplicação VoIP que por sua vez são encapsulados em datagramas IP.
- ... enquanto o datagrama vagueia pela rede, ele passa por buffers nos roteadores, aguardando para ser transmitido em enlaces de saída.
- ... nas situações de congestionamento alto, os buffers ao longo da rota estão lotados e não vão aceitar datagramas IP.
- ... nesse contexto, os datagramas são descartados e, assim, não chegam na aplicação no destinatário >> “**perda de pacotes**”.

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.1 – Serviço IP de Melhor Esforço

- “**solução**” .. perda pode ser eliminada enviando os pacotes por TCP (transferência confiável de dados) em vez de por UDP.
- ... no entanto, mecanismos de retransmissão frequentemente são considerados inaceitáveis para aplicações interativas de áudio em tempo real, como o VoIP, pois aumentam o atraso fim a fim.
- ... adicionalmente, após a perda de pacote a taxa de transmissão no remetente pode ser reduzida a uma taxa mais baixa do que a de reprodução no receptor ocasionando inanição no buffer.
- “**conclusão**” .. forte impacto sobre a integridade da voz no receptor, por isso, quase todas as aplicações de VoIP executam em UDP.

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.1 – Serviço IP de Melhor Esforço

- **“impacto da perda de pacotes”** .. em aplicações interativas de áudio em tempo real pode não ser tão desastroso quanto se imagina.
- **“perda de pacotes”** .. são toleráveis perdas entre 1% e 20%, dependendo da codificação da voz e de como a perda é ocultada no receptor.
- p.ex., mecanismo de correção de erros de repasse (Forward Error Correction — FEC) pode ajudar a ocultar a perda de pacotes.

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.1 – Serviço IP de Melhor Esforço

- **“atraso fim a fim”** .. consiste no acúmulo de atrasos de processamento, de transmissão, de formação de filas, de propagação nos enlaces e atrasos de processamento em sistemas finais.
- ... aplicações de áudio altamente interativas em tempo real aceitam atrasos entre 150 e 400 ms embora não seja o ideal.
- ... atrasos que excedem 400 ms podem atrapalhar seriamente a interatividade em conversações por voz, enquanto que atrasos abaixo de 150 ms não são percebidos pelo ouvido humano.
- **“resultado”** .. destinatário de uma aplicação de telefone por Internet em geral desconsidera quaisquer pacotes cujos atrasos ultrapassem determinado patamar, p.ex., mais do que 400 ms.

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.1 – Serviço IP de Melhor Esforço

- “**variação do atraso fim a fim**” .. são os atrasos variáveis de fila que os pacotes sofrem nos roteadores ao longo do caminho.
- “**resultado**” .. tempo decorrido entre o momento em que um pacote é gerado na fonte e o momento em que é recebido no destino pode variar de pacote para pacote.
- “**constatação**” .. ao ignorar a presença de variação de atraso e reproduzir os dados assim que chegam, a qualidade de áudio resultante poderá facilmente se tornar ininteligível no receptor.
- “**ponto positivo**” .. variação do atraso quase sempre pode ser eliminada com a utilização de nros. de sequência, marcas de tempo e atraso na reprodução do áudio (p.ex., uso de buffer).

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### 7.3.2 – Eliminação do Jitter no Receptor

- “**comportamento desejável**” .. prover reprodução sincronizada de dados de voz na presença da variação de atraso aleatório.
- “**marca de tempo**” .. contemplar em cada dado de voz uma marca de tempo indicando o instante em que o dado foi gerado.
- “**atraso de reprodução**” .. postegar a reprodução dos dados de voz no receptor o suficiente para que a maioria dos pacotes seja recebida antes de seus tempos programados de reprodução.
- ... atraso da reprodução pode ser fixado para todo o período de duração da sessão de áudio ou pode variar durante a sessão.

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.2 – Eliminação do Jitter no Receptor

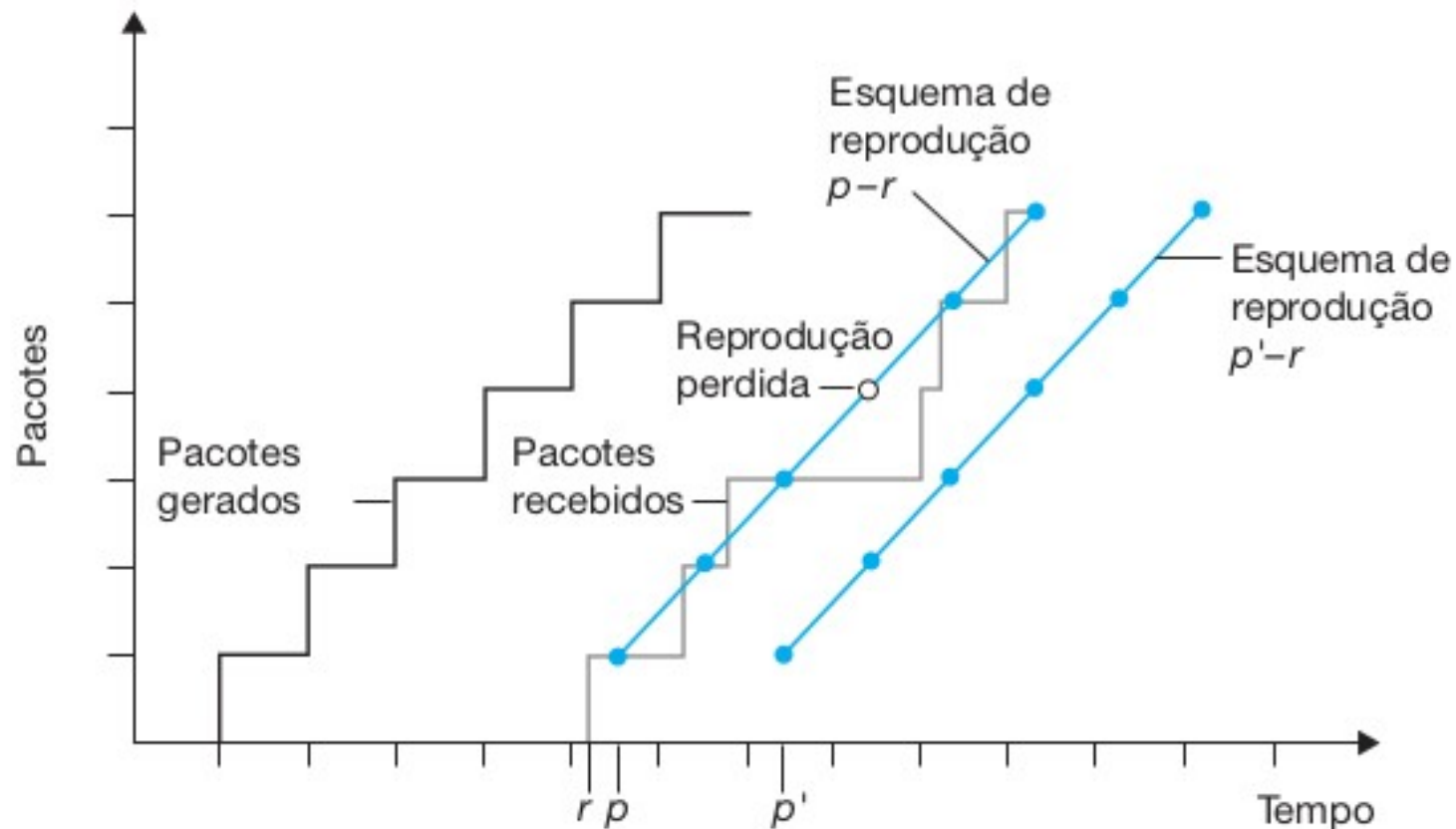
- **“atraso por reprodução fixa”** .. na estratégia do atraso fixo, o receptor reproduz cada parte exatamente “q” ms após a geração.
- ... se a marca de tempo for “t”, o receptor reproduz a parte no tempo “t + q”, admitindo-se que a parte já tenha chegado naquele instante.
- ... já os pacotes que chegam após seus tempos programados de reprodução são descartados pois são considerados perdidos.
- **“termos gerais”** .. na presença de grandes variações de atraso fim a fim é preferível usar um “q” grande (p.ex., > 400 ms) ??!!
- **“termos gerais”** .. na presença de pequenas variações de atraso fim a fim é preferível usar um “q” pequeno (p.ex., < 150 ms).



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.2 – Eliminação do Jitter no Receptor

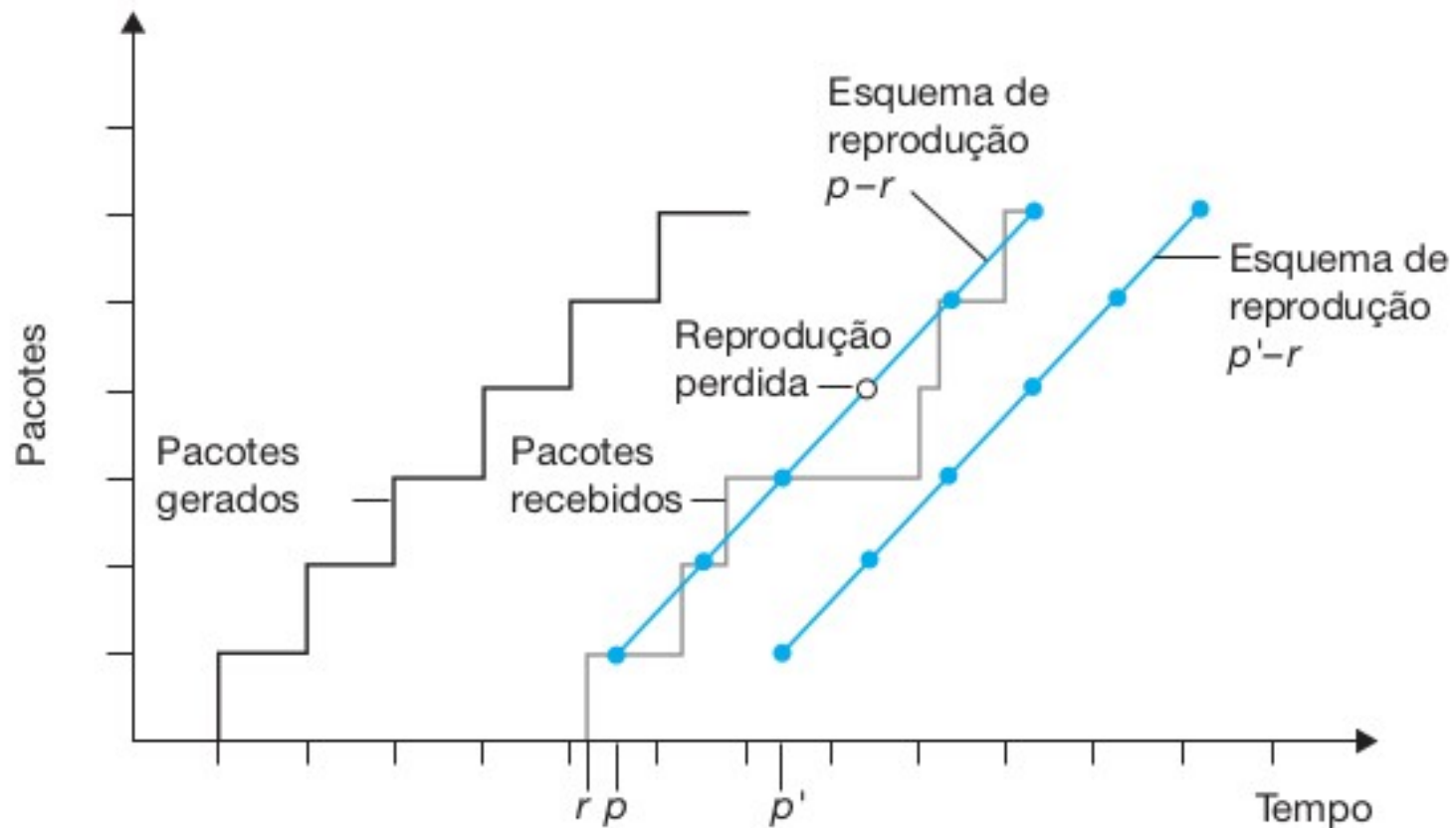
- e.g., considere os tempos em que os pacotes são gerados e reproduzidos para uma única rajada de voz para 02 valores de atraso.
- .. no gráfico a esquerda o remetente gera pacotes a intervalos regulares de 20 ms, ou seja, o 1º pacote é recebido no tempo “r”.



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.2 – Eliminação do Jitter no Receptor

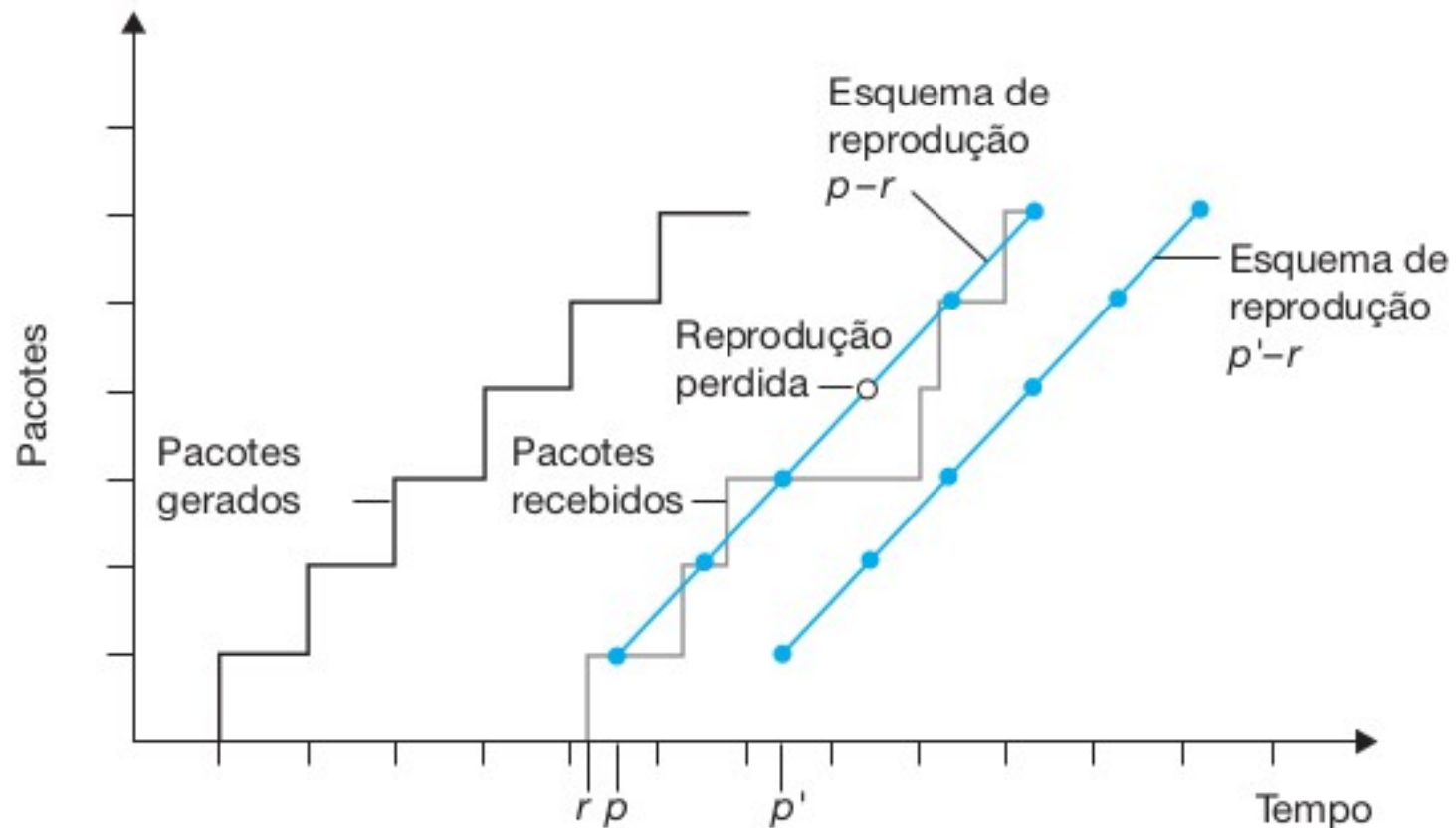
- .. as rajadas subsequentes não são espaçadas regularmente por causa da variação de atraso da rede (atraso inicial é “ $p - r$ ”).
- ... nesse esquema, o 4º pacote não chega dentro de seu atraso de reprodução programado e o receptor o considera perdido.



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.2 – Eliminação do Jitter no Receptor

- .. este exemplo demonstra um importante compromisso entre “**atraso de reprodução**” e a “**perda de pacotes**” que surge ao se projetar esquemas de reprodução com “**atrasos por reprodução fixa**”.



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.2 – Eliminação do Jitter no Receptor

- **“solução”** .. para atraso inicial grande de reprodução, os pacotes cumprirão suas programações e, portanto, a perda será insignificante.
- **“problema”** .. para serviços interativos como voz, atrasos longos podem se tornar incômodos, se não intoleráveis.
- ... idealmente, deseja-se que o atraso de reprodução seja minimizado mas com limitação de perda abaixo de algumas unidades percentuais.
- **“alternativa”** .. ao **“atraso por reprodução fixa”** !!
- **“atraso de reprodução adaptativo”** .. ajustar o atraso de reprodução de acordo com a estimativa do atraso de rede e de sua variância no início de cada rajada de voz.

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

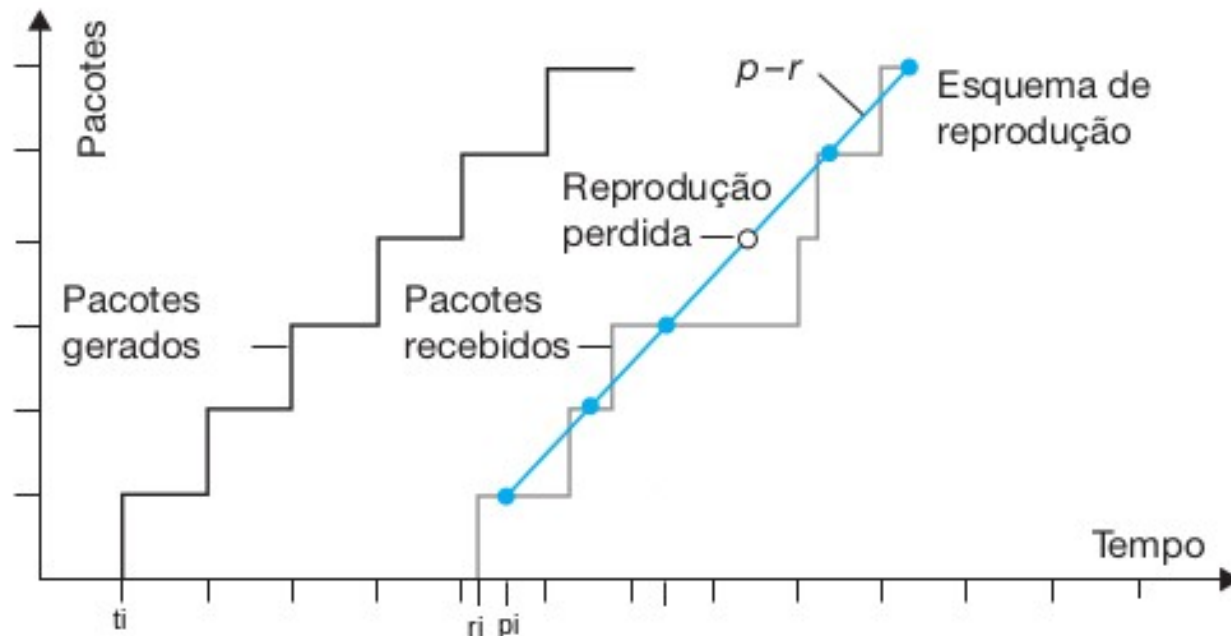
### ... 7.3.2 – Eliminação do Jitter no Receptor

- **“atraso de reprodução adaptativo”** .. ajustar o atraso de reprodução de acordo com a estimativa do atraso de rede e de sua variância no início de cada rajada de voz.
- ... esse ajuste adaptativo de atrasos de reprodução no início das rajadas de voz faz com que os períodos de silêncio no receptor sejam ora comprimidos (curtos) e ora alongados (longos).
- **“ponto positivo”** ... contudo, compressão e alongamento de silêncio em pequenas quantidades não são percebidos durante a fala.

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.2 – Eliminação do Jitter no Receptor

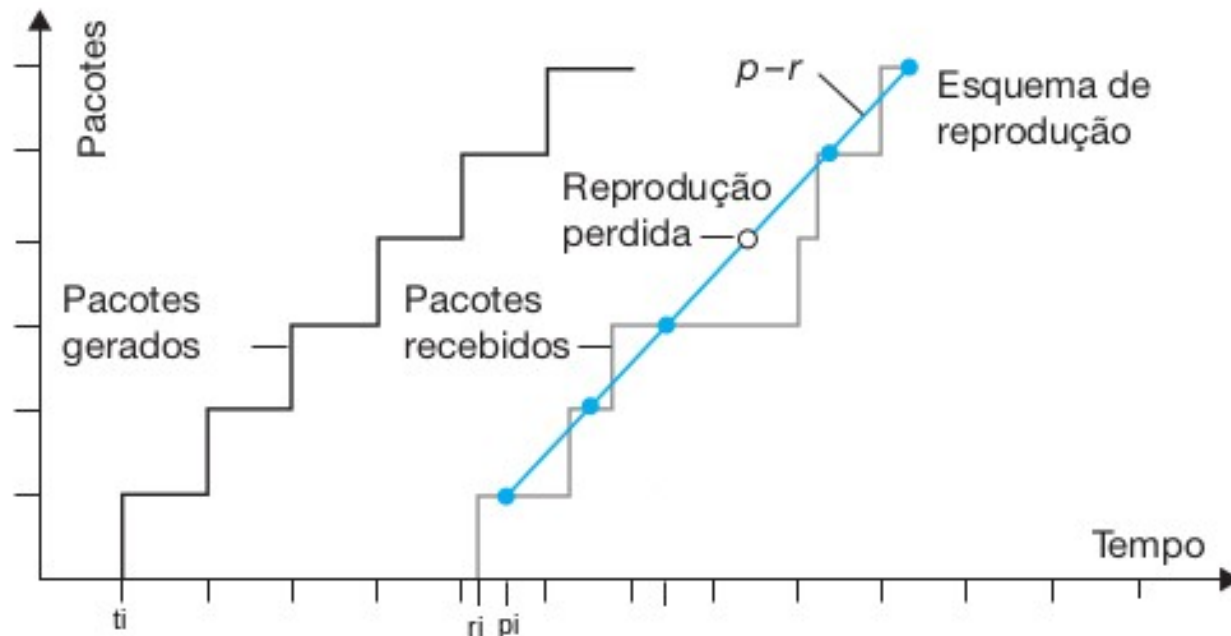
- **“proposta de um algoritmo genérico”** ... pode ser usado pelo receptor para ajustar seus atrasos de reprodução de modo adaptativo.
- “ $t_i$ ” .. marca de tempo do  $i$ -ésimo pacote que por sua vez é igual ao instante em que o pacote é gerado pelo remetente.
- “ $r_i$ ” .. instante em que o pacote “ $i$ ” é recebido pelo receptor.
- “ $p_i$ ” .. instante em que o pacote “ $i$ ” é reproduzido no receptor.



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.2 – Eliminação do Jitter no Receptor

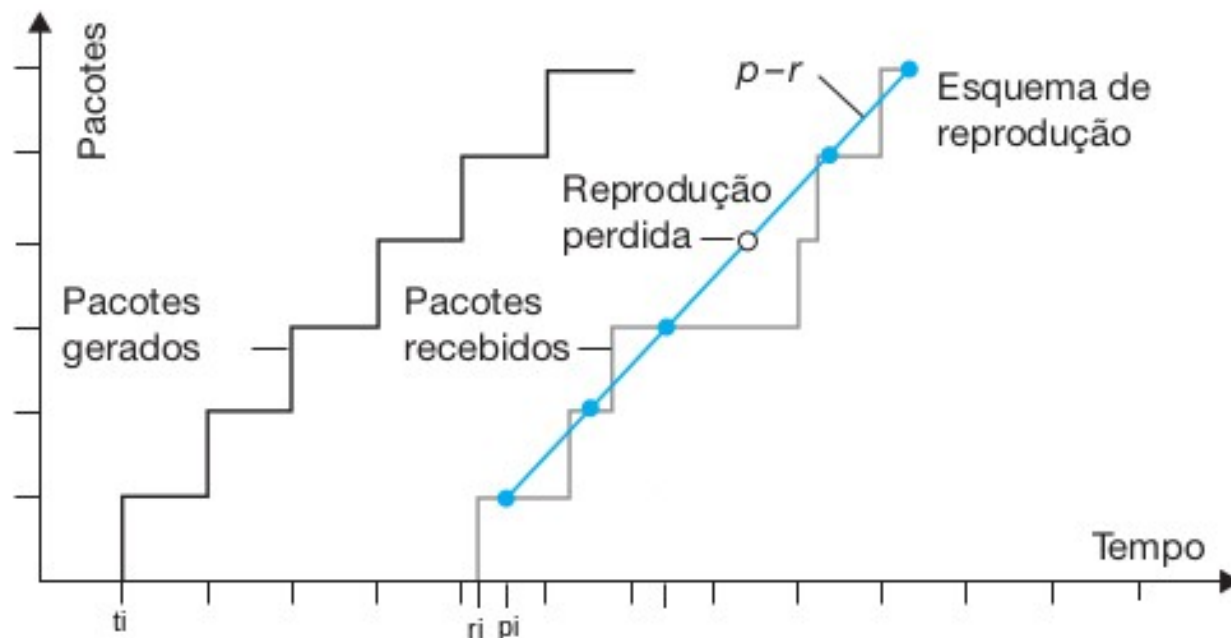
- “ $d_i$ ” .. estimativa do atraso médio de rede para a recepção do  $i$ -ésimo pacote pode ser obtida por  $d_i = (1 - u) * d_{(i-1)} + u * (r_i - t_i)$  onde “ $u$ ” é uma constante fixa, p.ex.,  $u = 0,01$ .
- “ $v_i$ ” .. estimativa do desvio médio do atraso em relação ao atraso médio estimado pode ser obtida por  $v_i = (1 - u) * v_{(i-1)} + u * |(r_i - t_i) - d_i|$  onde “ $u$ ” é uma constante fixa, p.ex.,  $u = 0,01$ .



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.2 – Eliminação do Jitter no Receptor

- “ $p_i$ ” .. tempo de reprodução do pacote “ $i$ ” é igual  $p_i = t_i + d_i + K * v_i$  onde “ $K$ ” é uma constante positiva (p.ex.,  $K = 4$ )
- “ $q_i$ ” .. ponto de reprodução para qualquer pacote subsequente em uma rajada de voz tendo por base o ponto no tempo em que o primeiro pacote foi reproduzido é igual  $q_i = p_i - t_i$

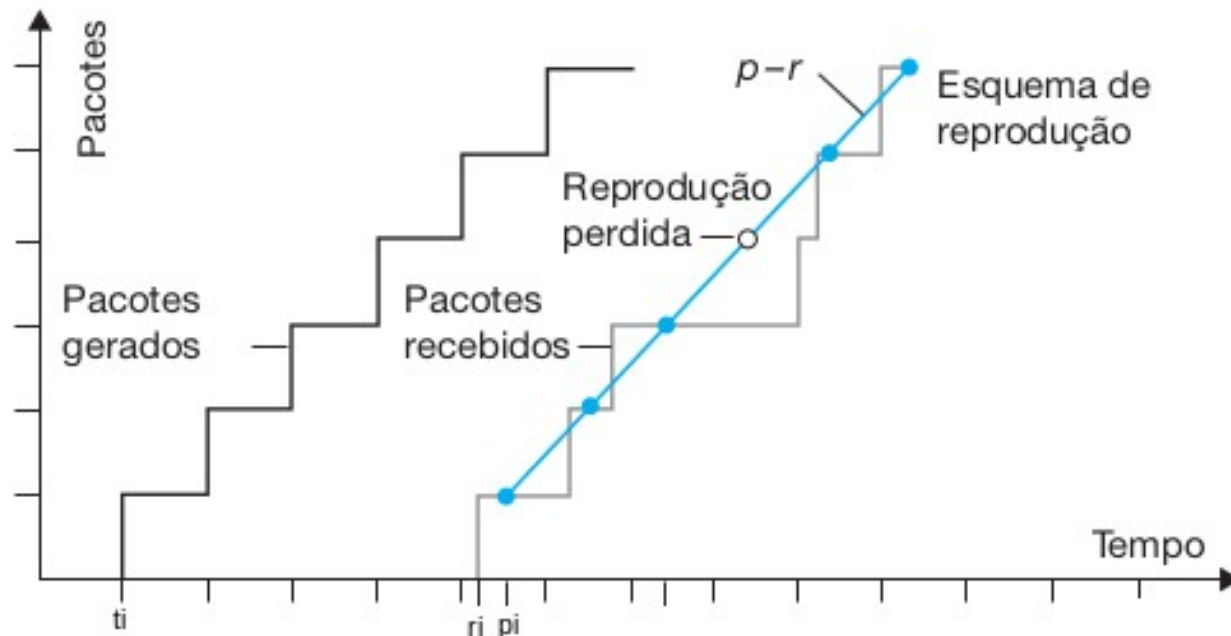




## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.2 – Eliminação do Jitter no Receptor

- ... se o pacote “j” também pertencer a essa rajada de voz, ele será reproduzido no tempo  $p_j = t_j + q_j$
- ... algoritmo descrito tem perfeito sentido admitindo-se que o receptor possa dizer se um pacote é o primeiro na rajada de voz, o que pode ser feito, examinando-se o sinal de energia em cada pacote recebido.



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### 7.3.3 – Recuperação de Perdas de Pacotes

- **“perda de pacotes”** .. pacote é considerado perdido se não chega ao receptor ou se chega após o tempo programado de reprodução.
- **“retransmissão de pacotes”** .. retransmissão de pacotes perdidos não é apropriada para aplicações interativas em tempo real como VoIP.
- .. na verdade, a retransmissão de um pacote que perdeu seu prazo de reprodução não serve absolutamente para nada.
- **“solução prática”** .. aplicações VoIP usam frequentemente algum tipo de esquema de prevenção de perda, como “Forward Error Correction” (FEC) ou “intercalação” de pacotes.

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.3 – Recuperação de Perdas de Pacotes

- **“Forward Error Correction”** .. informação redundante é usada para reconstruir aproximações ou versões exatas de pacotes perdidos.
- ... adição de informações redundantes ao fluxo de pacotes original ao custo de aumento marginal da taxa de transmissão do fluxo de áudio.
- **“mecanismos possíveis”** .. usando **Forward Error Correction**
- **“reconstrução da porção”** .. redundância é codificada após “n” porções, sendo que a redundância é obtida por XOR das “n” porções.
- **“resolução baixa”** .. redundância consiste no envio do fluxo de áudio com resolução mais baixa como informação redundante.

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.3 – Recuperação de Perdas de Pacotes

- **“reconstrução da porção”** .. redundância é codificada após “n” porções, sendo que a redundância é obtida por XOR das “n” porções.
- ... desse modo, se qualquer pacote do grupo de “n+1” pacotes for perdido, o receptor poderá reconstruí-lo integralmente.
- ... se dois ou mais pacotes de um grupo forem perdidos, o receptor não poderá reconstruir os pacotes perdidos.
- **“conclusão”** .. esquema simples aumenta o atraso de reprodução, pois o receptor tem que esperar o término da recepção do grupo de pacotes inteiro antes de poder começar a reproduzir.

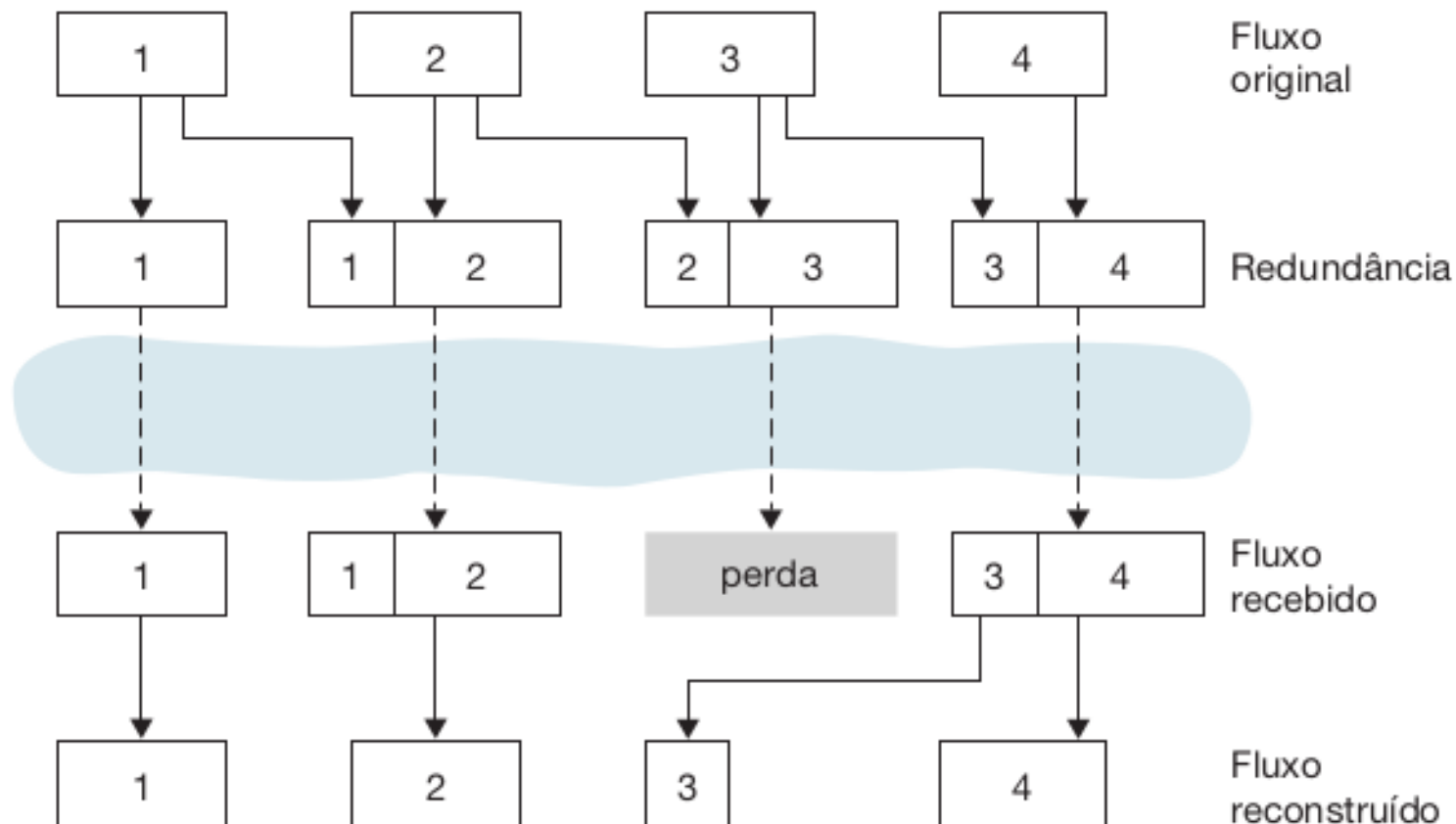
### ... 7.3.3 – Recuperação de Perdas de Pacotes

- “**resolução baixa**” .. redundância consiste no fluxo de áudio com resolução mais baixa em conjunto com o fluxo na resolução original.
- e.g., remetente cria um fluxo de áudio nominal e um fluxo de áudio correspondente de baixa resolução com baixa taxa de bits.
- ... fluxo nominal pode ser uma codificação PCM de 64 kbps e o fluxo de qualidade mais baixa, uma codificação GSM de 13 kbps.
- “**conclusão**” .. um fluxo no qual a maioria das porções é de alta qualidade, as partes de baixa qualidade são ocasionais e nenhuma parte perdida oferece boa qualidade geral de áudio.

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.3 – Recuperação de Perdas de Pacotes

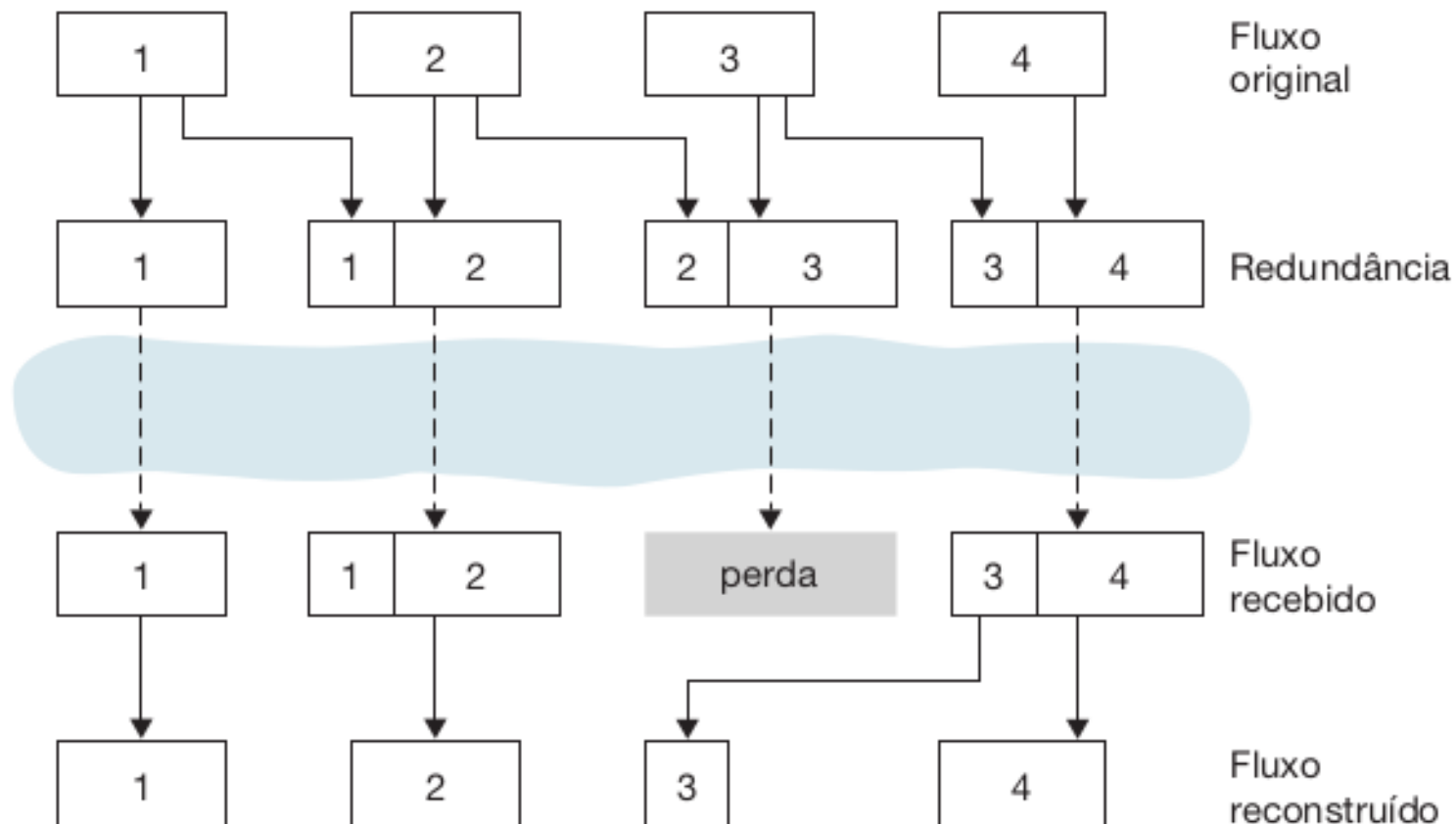
- e.g., seja a concepção do enésimo pacote tomando a enésima parte do fluxo nominal e anexando a ela a parte (n-1) do fluxo redundante.



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.3 – Recuperação de Perdas de Pacotes

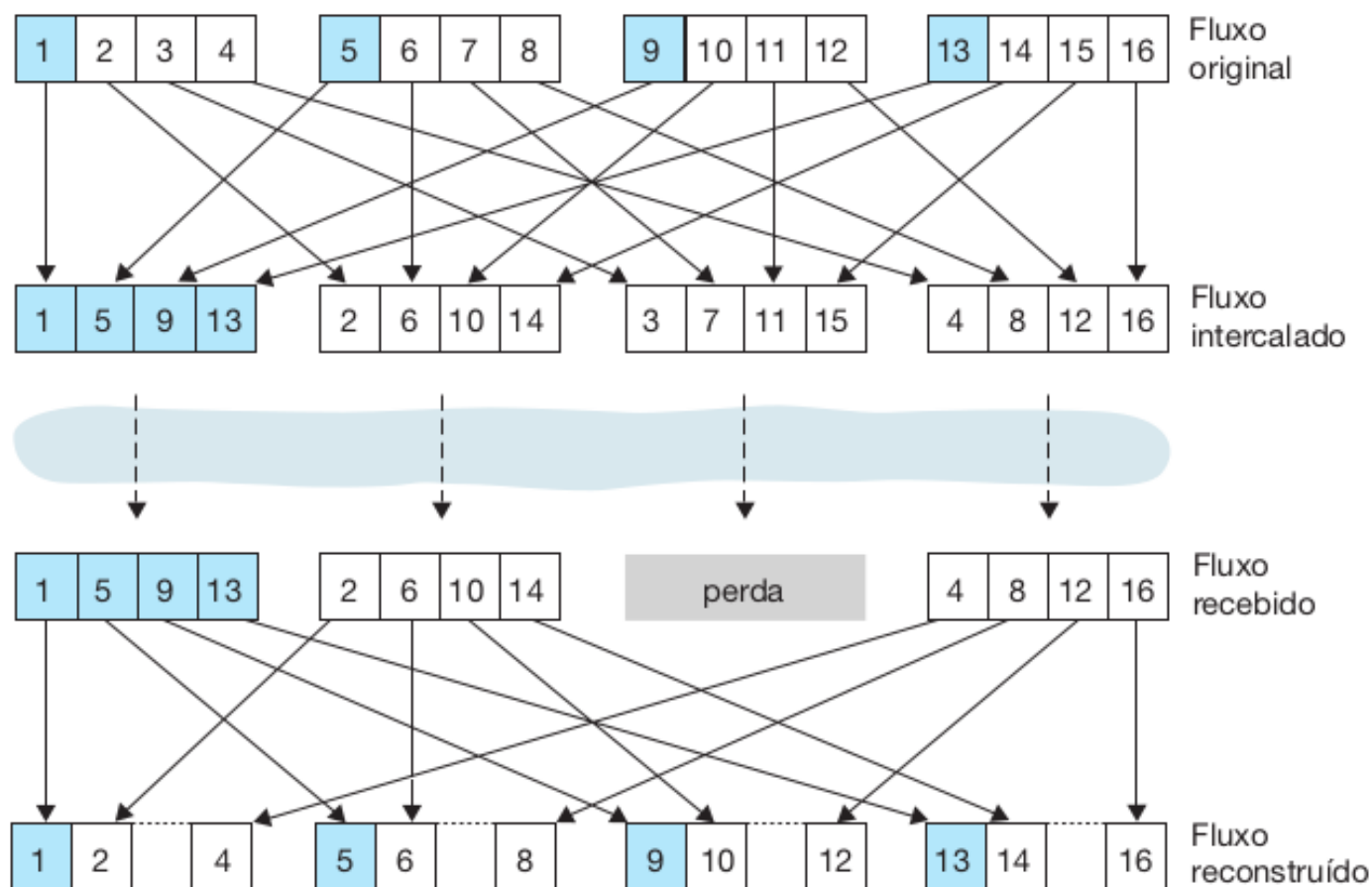
- ... assim, sempre que houver perda de pacote não consecutiva, o receptor pode ocultar a perda reproduzindo a parte codificada de baixa taxa de bits que chegar com o pacote subsequente.



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.3 – Recuperação de Perdas de Pacotes

- “**informação intercalada**” .. como uma alternativa à transmissão redundante, uma aplicação de VoIP pode enviar áudio intercalado.

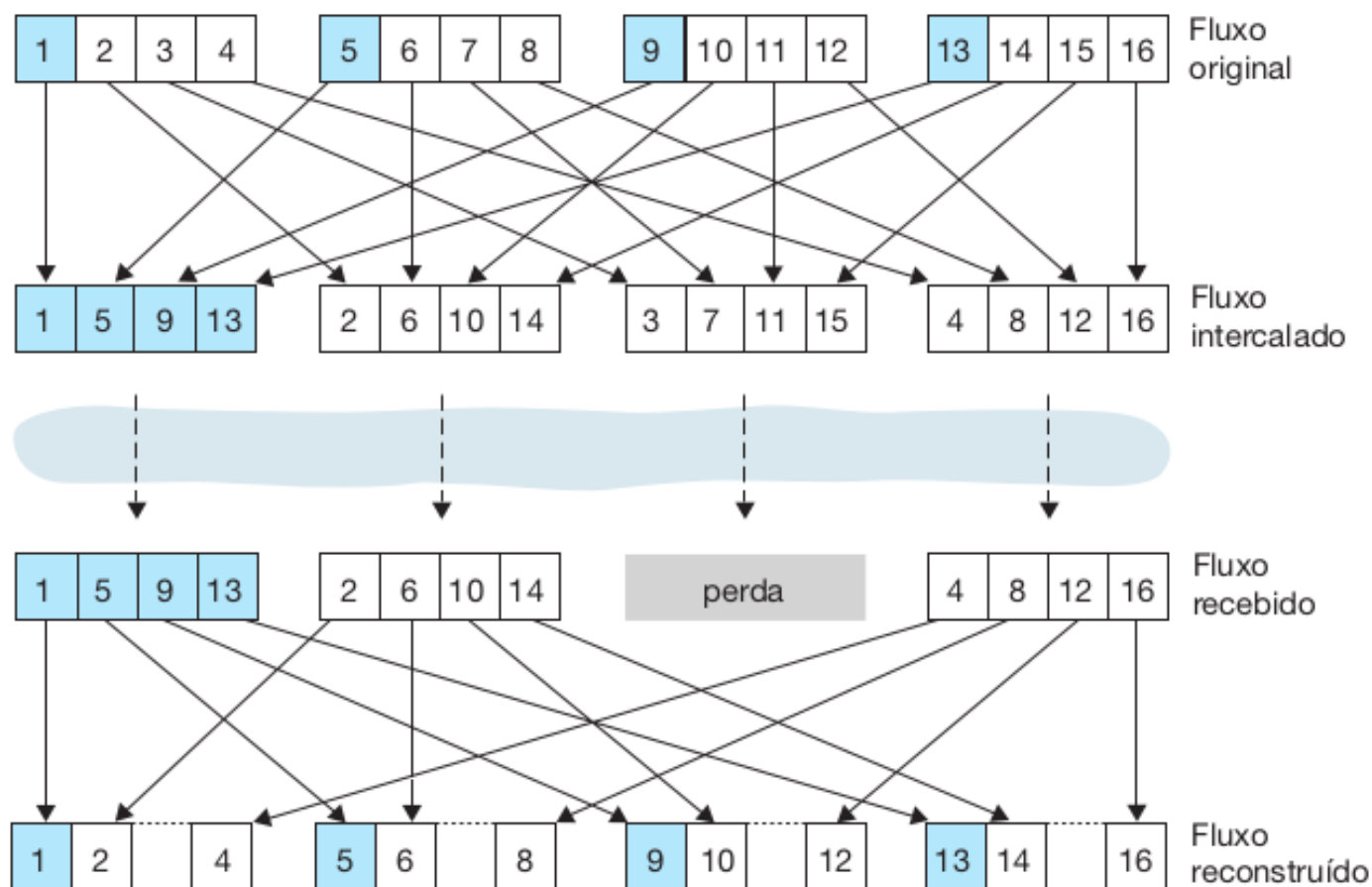




## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.3 – Recuperação de Perdas de Pacotes

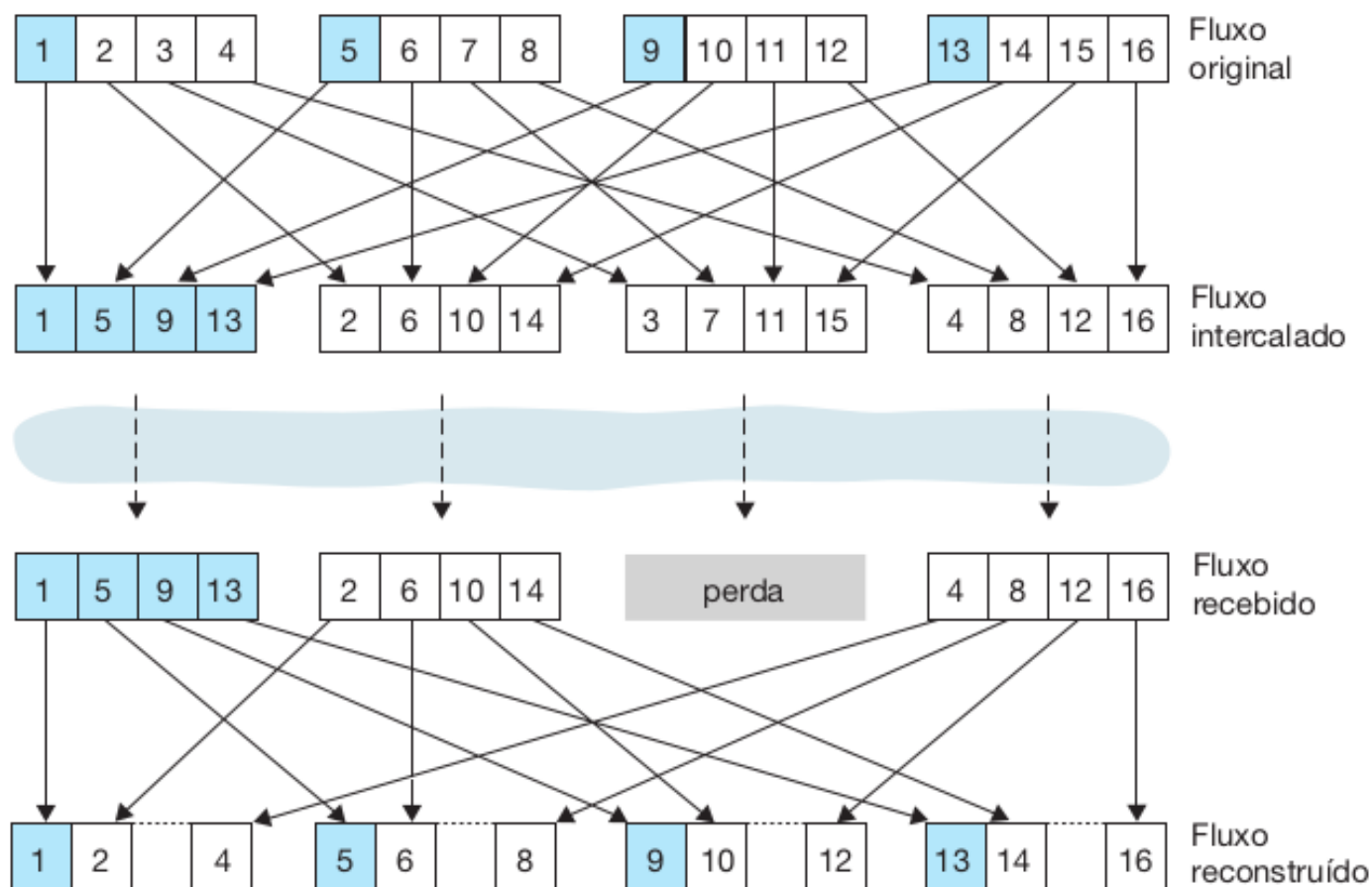
- .. remetente rearranja a sequência das unidades de dados de áudio antes da transmissão, para que unidades originalmente adjacentes fiquem separadas por alguma distância no fluxo transmitido.



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.3 – Recuperação de Perdas de Pacotes

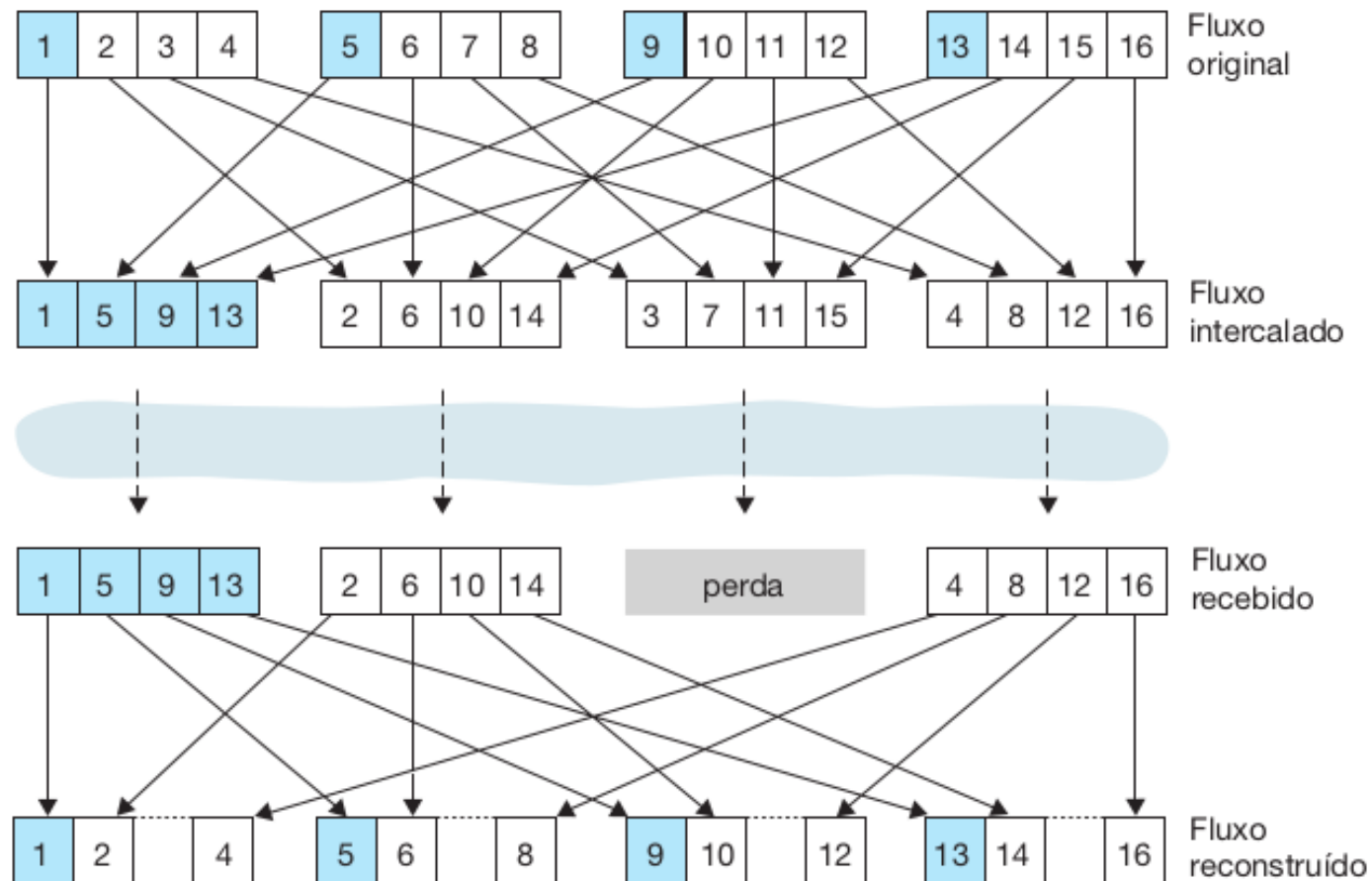
- e.g., considere unidades com comprimento de 5 ms e as porções de 20 ms (isto é, quatro unidades por parte), então a 1ª parte contém as unids. 1, 5, 9, 13; a 2ª parte contém as unids. 2, 6, 10, 14.



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.3 – Recuperação de Perdas de Pacotes

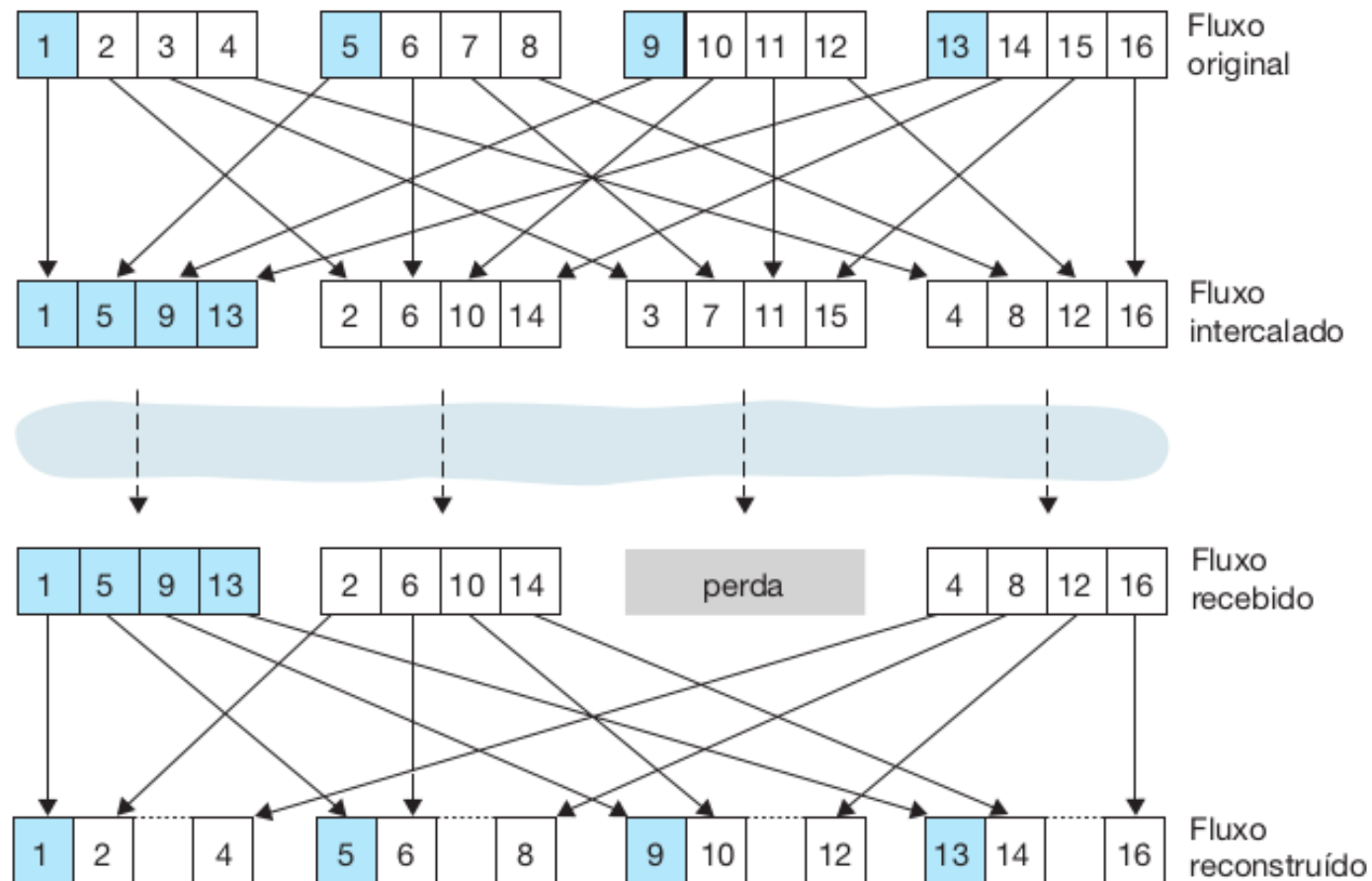
- .. neste contexto, a perda de um único pacote de um fluxo intercalado resulta em várias pequenas lacunas no fluxo reconstruído, em vez de uma lacuna grande que ocorreria com um sistema não intercalado.



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.3 – Recuperação de Perdas de Pacotes

- “conclusão” .. intercalação pode atenuar o efeito da perda de pacotes.



### ... 7.3.3 – Recuperação de Perdas de Pacotes

- **“ocultação de erro”** .. recuperação baseada na produção pelo receptor de um substituto para um pacote perdido semelhante ao original.
- ... isso é possível desde que os sinais de áudio exibam grandes índices de semelhança entre si dentro de períodos de tempo reduzidos.
- ... essas técnicas funcionam para taxas de perda relativamente pequenas (menos de 15%) e para pacotes pequenos (4 – 40 ms).
- ... se o comprimento da perda se aproxima do comprimento de um fonema (5 – 100 ms), essas técnicas causam pane, já que fonemas inteiros podem ser perdidos pelo ouvinte.

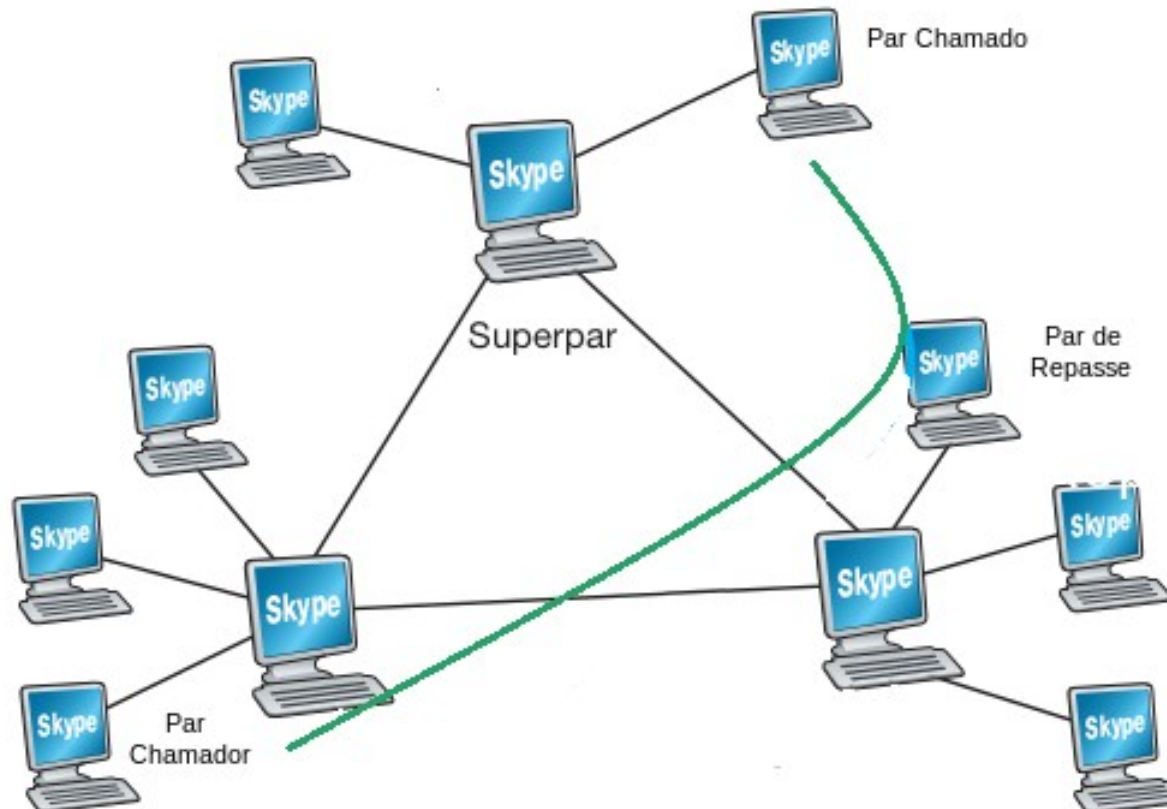
## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### 7.3.4 – Estudo de Caso – Skype VoIP

- “**skype**” .. contempla serviços de chamadas de “host” para telefone, de telefone para “host” e serviços de videoconferência de “host” para “host” com múltiplos participantes.
- ... considerando que o protocolo é proprietário e todos os controles e pacotes são criptografados, fica difícil determinar como opera.
- ... pacotes de controle são enviados via TCP e pacotes de mídia são enviados preferencialmente por UDP ou por TCP caso os firewalls bloqueiem o fluxo contínuo de UDP.
- “**skype emprega técnicas P2P**” .. para 02 outras funções importantes que são a localização de usuário e a travessia de NAT.

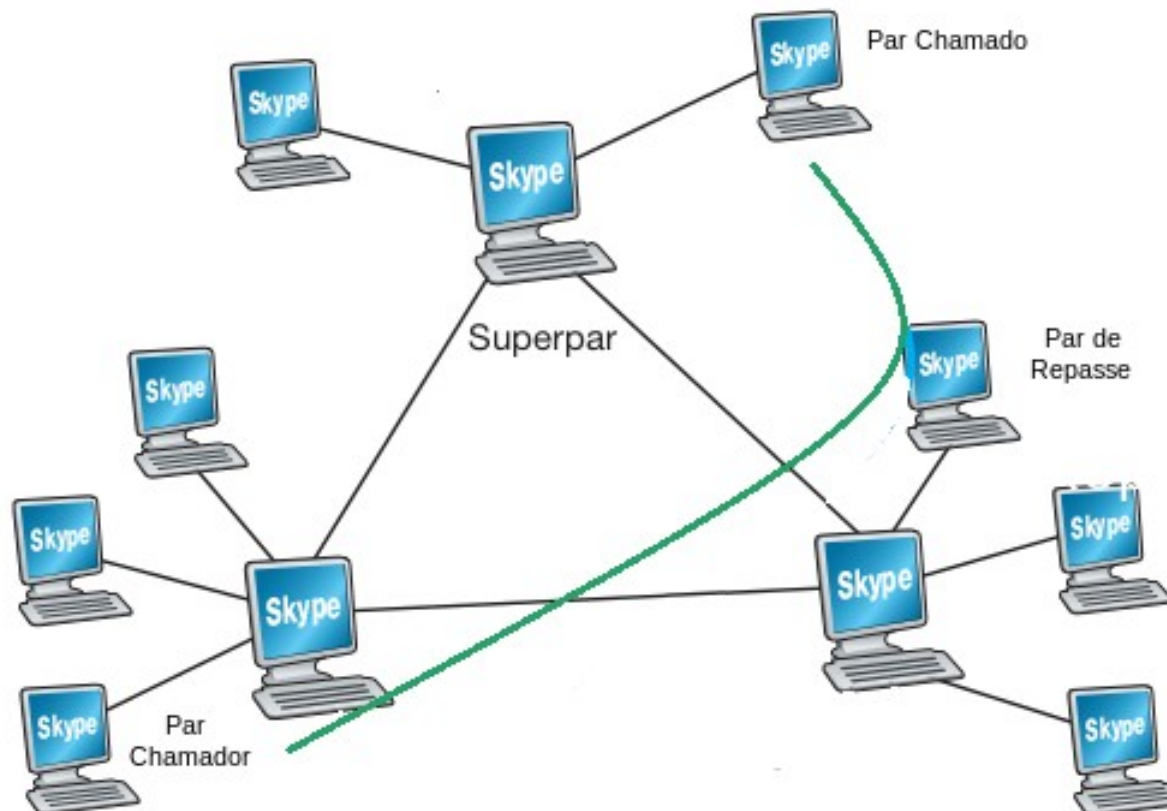
## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP) ... 7.3.4 – Estudo de Caso – Skype VoIP

- “**rede de sobreposição hierárquica**” .. pares no “skype” são organizados em uma rede de sobreposição hierárquica com cada par classificado como um “**superpar**” ou um “**par comum**”.



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP) ... 7.3.4 – Estudo de Caso – Skype VoIP

- ... “skype” mantém um índice que mapeia os nomes de usuários do skype com seus endereços IP e nros. de porta, índices estes distribuídos para todos os “**superpares**”.





## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.4 – Estudo de Caso – Skype VoIP

- e.g., quando Alice quer chamar Bob, seu aplicativo cliente Skype procura o índice distribuído para determinar o atual endereço IP de Bob.
- ... não se conhece como os mapas de índice são organizados nos superpares, embora o mais provável seja alguma variação de organização de DHT (Distributed Hash Table).
- ... técnicas de P2P também são usadas nos repasses (“relays”) do skype, onde são úteis para estabelecer chamadas entre “hosts” em redes domésticas que utilizam NAT (Network Address Translation)

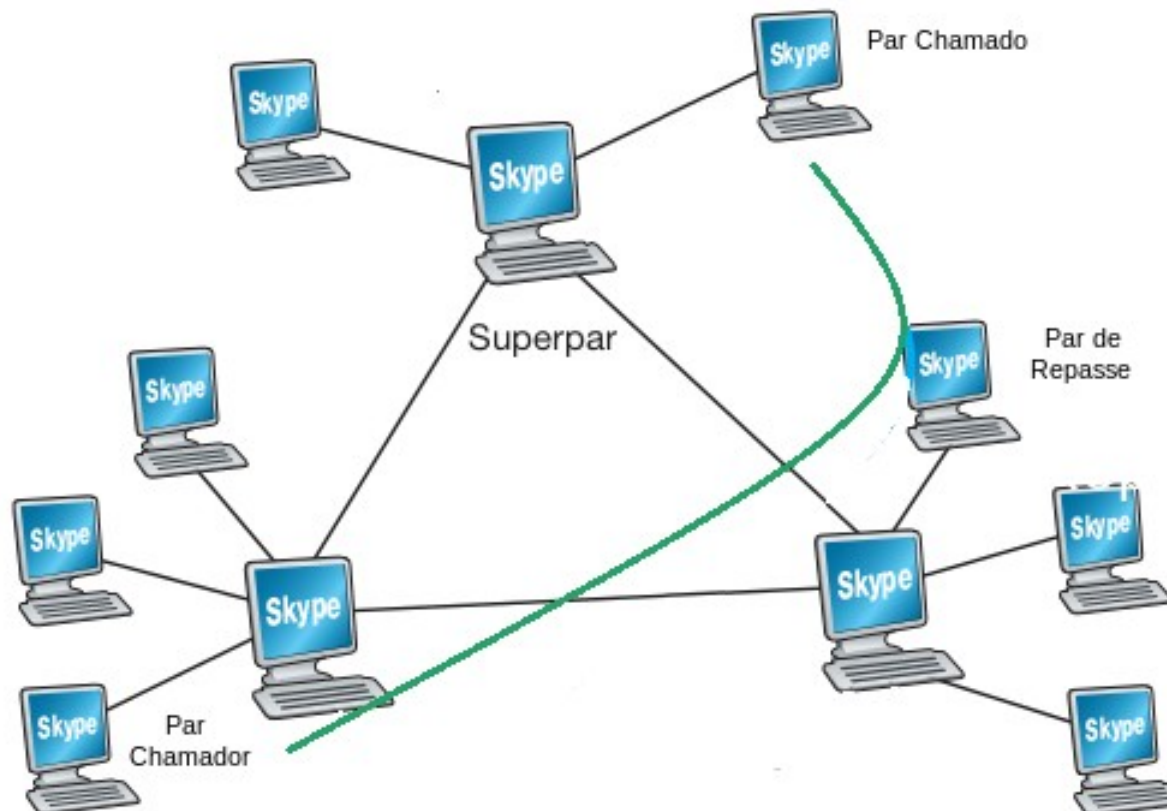
## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.4 – Estudo de Caso – Skype VoIP

- “**Network Address Translation**” (NAT) .. impede que um hospedeiro de fora da rede doméstica inicie uma conexão com um hospedeiro dentro da rede doméstica.
- ... se dois usuários usam NATs, então existe um problema » nenhum deles pode aceitar chamadas iniciadas pelo outro, o que torna a chamada impossível de ser realizada ?!?!
- “**solução**” .. uso de “superpares” para dar início a sessão e, na sequência, utilização de retransmissões para resolver o problema.

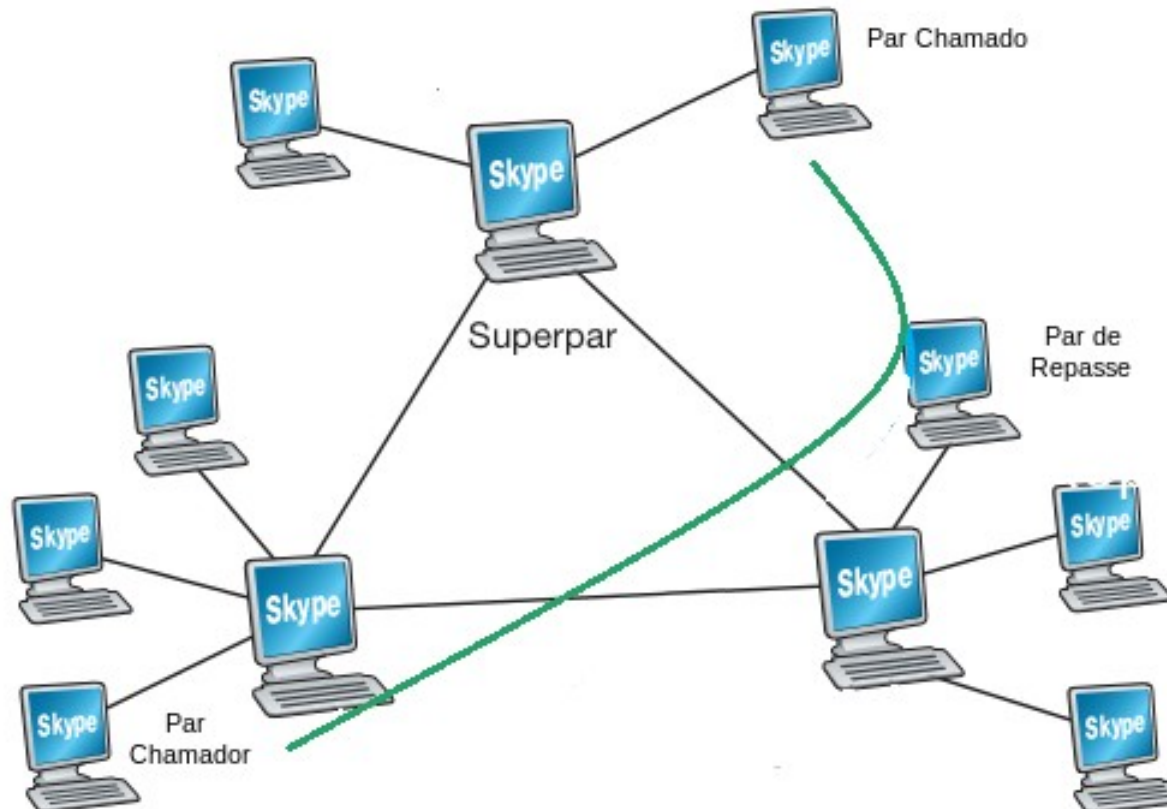
## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP) ... 7.3.4 – Estudo de Caso – Skype VoIP

- e.g., quando um usuário se conecta, ele é associado a um “superpar” que não está usando NAT e inicia uma sessão com esse superpar, o que permite a troca de mensagens de controle (par e superpar).



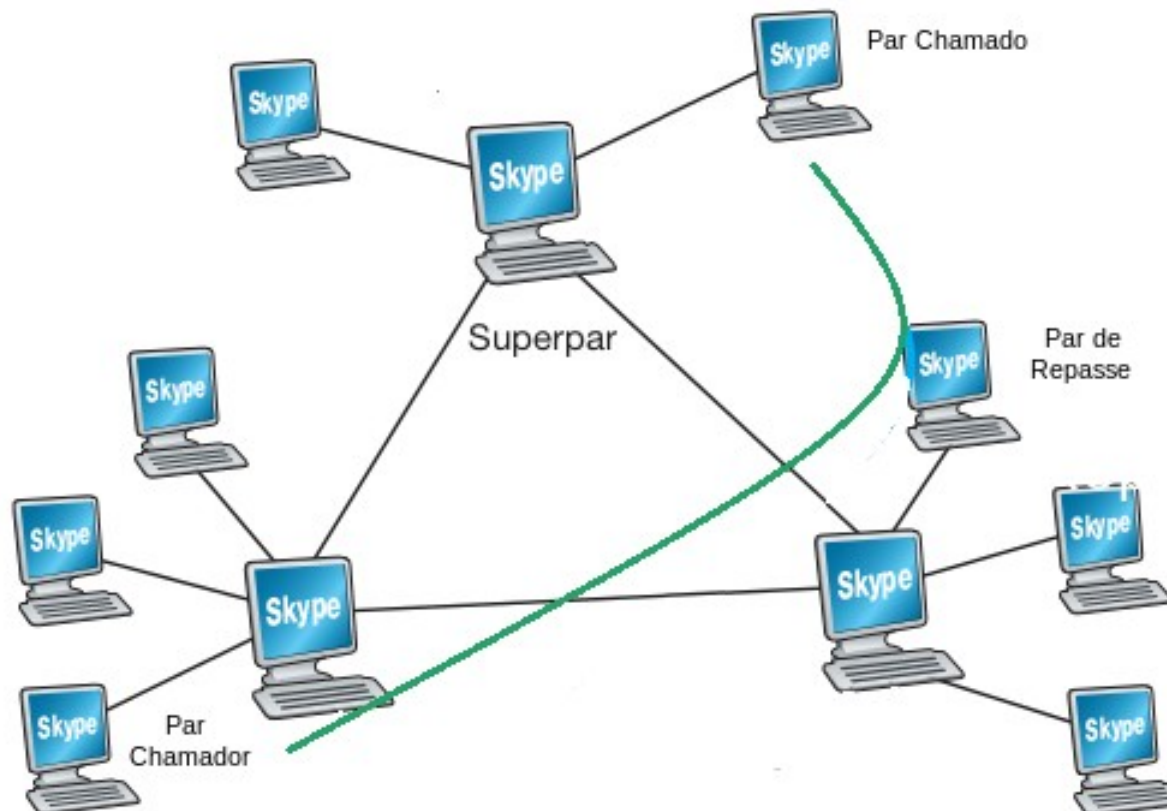
## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP) ... 7.3.4 – Estudo de Caso – Skype VoIP

- ... mesmo acontece para outros usuários quando se conectam, logo, quando um usuário #1 quer falar com o usuário #2, o #1 informa o superpar para o #2, que por sua vez informa o superpar de #1.



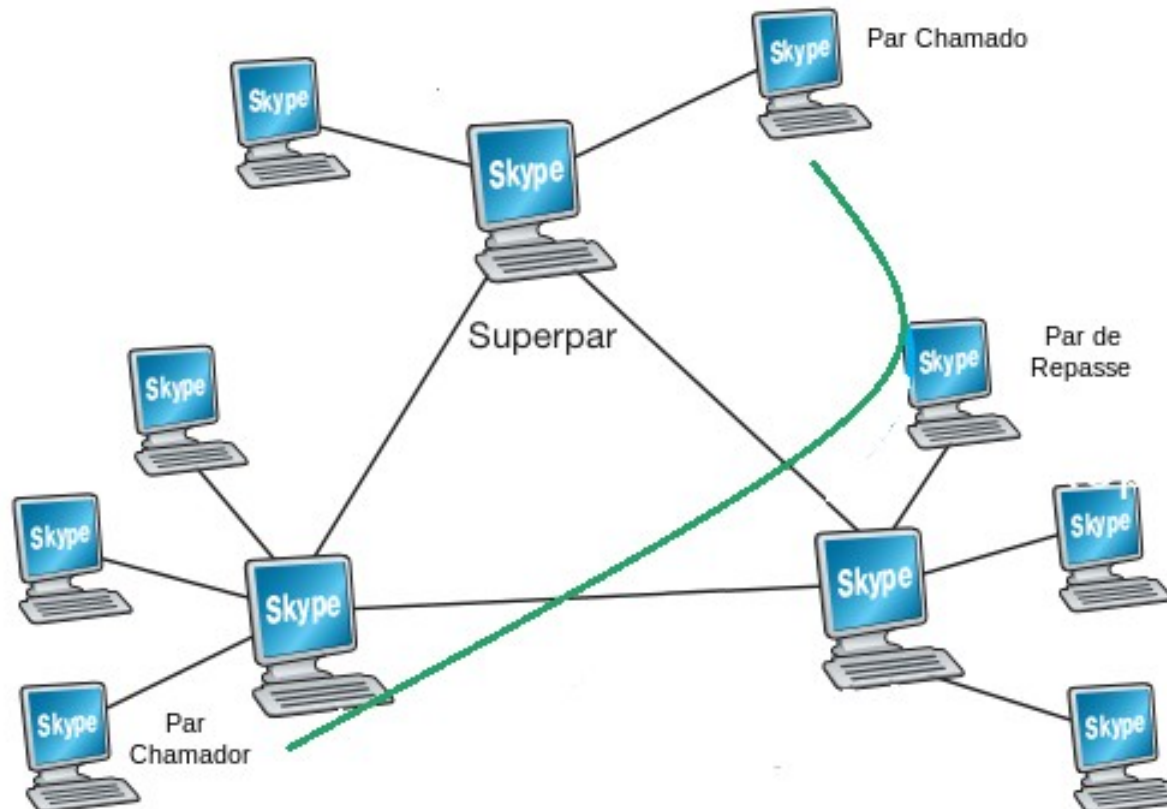
## ... 7.3.4 – Estudo de Caso – Skype VoIP

- ... se #2 aceitar, os 02 superpares selecionam um 3º “superpar” que não esteja usando NAT como par de retransmissão — cujo trabalho será retransmitir dados entre os usuários #1 e #2.



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP) ... 7.3.4 – Estudo de Caso – Skype VoIP

- ... “user #1” envia pacotes de voz para o retransmissor pela conexão estabelecida entre eles que foi iniciada pelo “user” #1.
- ... já o retransmissor encaminha esses pacotes pela conexão do retransmissor com “user” #2, que foi iniciada pelo “user” #2.



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.4 – Estudo de Caso – Skype VoIP

- **“cenário de chamadas de audioconferência”** .. chamadas de audioconferência com mais de 02 participantes ( $N > 2$ ).
- ... se cada usuário enviar uma cópia do seu fluxo contínuo de áudio para cada um dos outros “ $N-1$ ” usuários, tem-se  $N * (N-1)$  fluxos contínuos de áudio para serem enviados pela rede.
- ... para reduzir o uso de sua largura de banda, “skype” emprega uma técnica de distribuição mais inteligente, ou seja, cada usuário envia seu fluxo contínuo de áudio para o promotor da conferência.
- ... promotor combina os fluxos contínuos de áudio em um fluxo contínuo e então envia uma cópia de cada fluxo contínuo combinado para cada um dos outros “ $N-1$ ” participantes.
- **“conclusão”** .. nro. de fluxos contínuos é reduzido para  $2*(N-1)$ .

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.4 – Estudo de Caso – Skype VoIP

- **“cenário de chamadas de videoconferência”** .. chamadas com apenas 02 pessoas, o “skype” envia a chamada par a par.
- ... se na presença de NAT, a chamada é retransmitida através do par que não utiliza NAT, como descrito anteriormente.
- **“videoconferência para mais de 02 participantes”** ..
- ... para chamada de videoconferência com mais de 02 participantes, pela natureza do meio em que é transmitido o vídeo, o Skype não compõe a chamada em um fluxo contínuo em uma localidade.



## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.4 – Estudo de Caso – Skype VoIP

- **“cenário de chamadas de videoconferência”** .. para chamada de videoconferência com mais de 02 participantes, o skype não compõe a chamada em um fluxo contínuo em uma localidade.
- ... em vez disso, cada participante do fluxo contínuo de vídeo é direcionado para um cluster de servidores, que redireciona para cada participante os “N–1” fluxos contínuos dos outros “N–1” participantes.
- **“dúvida”** .. por que cada participante envia uma cópia para o servidor em vez de direcionar uma cópia do seu fluxo contínuo para cada um dos outros “N–1” participantes ?!?!

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.4 – Estudo de Caso – Skype VoIP

- **“dúvida”** .. por que cada participante envia uma cópia para o servidor em vez de direcionar uma cópia do seu fluxo contínuo para cada um dos outros “ $N-1$ ” participantes ?!?!
- ... em ambas as abordagens, “ $N*(N-1)$ ” fluxos contínuos de vídeo são coletivamente recebidos pelos  $N$  participantes na conferência.
- **“razão”** .. em razão das larguras de banda dos enlaces “upstream” serem significativamente menores que as larguras de banda dos enlaces de “downstream” na maioria dos enlaces de acesso.
- ... enlaces de “upstream” podem não conseguir suportar os “ $N-1$ ” fluxos contínuos com a abordagem P2P.

## 7 – Redes Multimídia / 7.3 – Voice over IP (VoIP)

### ... 7.3.4 – Estudo de Caso – Skype VoIP

- “**privacidade**” .. VoIP como Skype e Google Talk introduzem novas preocupações referentes à privacidade.
- ... quando 02 usuários se comunicam por VoIP, “User #1” pode descobrir o endereço IP do “User #2” e, então, usar serviços de geolocalização para determinar o local do “User #1” e seu ISP.
- ... adicionalmente, o endereço IP descoberto pode ser correlacionado com o endereço IP encontrado no BitTorrent e, então, “User #1” pode acessar os arquivos que “User #2” está baixando.
- ... mais ainda, é possível decodificar em parte uma chamada skype, fazendo uma análise do tamanho dos pacotes em um fluxo contínuo.

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

- “**constatação**” .. aplicações interativas em tempo real, incluindo VoIP e videoconferência, são atraentes e muito populares.
- “**padronização**” .. órgãos como IETF e ITU se ocuparam e ainda se ocupam com a produção de padrões para essa classe de aplicações.
- ... com padrões apropriados para aplicações interativas em tempo real, empresas independentes podem criar aplicações interativas.
- “**objetivo**” .. estudar 02 protocolos » “Real Time Protocol” e “Session Initiation Protocol”) para aplicações interativas em tempo real.

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

- **“objetivo”** .. estudar 02 protocolos (“Real Time Protocol” e “Session Initiation Protocol”) para aplicações interativas em tempo real.
- **Real Time Protocol (RTP)** .. discrimina um formato de pacote padrão para o envio de áudio e vídeo pela Internet [RFC 1889].
- **Session Initiation Protocol (SIP)** .. protocolo de código aberto de aplicação, que utiliza o modelo “requisição”/“resposta” para iniciar sessões de comunicação interativa entre usuários [RFC 2543].

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### 7.4.1 – Real Time Protocol

- **“camada de aplicação”** .. sabe-se que o remetente de VoIP anexa campos como nros. de sequência e marcas de tempo no cabeçalho além do áudio/vídeo antes de passá-los à camada de transporte.
- ... para tanto é conveniente ter uma estrutura de pacote padronizada que inclua campos para dados de áudio/vídeo, nros. de sequência e marcas de tempo, bem como outros campos potencialmente úteis.
- **Real Time Protocol [RFC 3550]** .. padrão que contempla estrutura que pode ser usada para transportar formatos comuns como PCM, AAC e MP3 para som e MPEG e H.263 para vídeo.
- AAC (Advanced Audio Coding) .. ou também transportar formatos proprietários de áudio e vídeo.

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.1 – Real Time Protocol

- “**camada de aplicação**” ... remetente encapsula uma porção da mídia dentro de uma mensagem RTP, em seguida encapsula a msg. em um segmento UDP e então passa o segmento para o IP.
- ... lado receptor extrai o mensagem RTP do segmento UDP e na sequência extrai a parte de mídia do pacote RTP e então repassa para o transdutor que é responsável pela decodificação e apresentação.
- e.g., considere o transporte de porções de áudio já codificadas, isto é, amostradas, quantizadas e digitalizadas em PCM a 64 kbps.
- ... suponha que a aplicação colete os dados codificados em trechos de 20 milissegundos, isto é, 160 bytes por trecho.
- “**pergunta**” .. quais são os passos desde o encapsulamento até o desencapsulamento das mensagens RTP ?

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.1 – Real Time Protocol

- e.g., considere o transporte de porções de áudio codificada em PCM a 64 kbps e em trechos de 20 milissegundos, isto é, 160 bytes por trecho.
- ... remetente monta uma msg. com cabeçalho RTP que contém o tipo de codificação de áudio, número de sequência e uma marca de tempo bem como uma porção dos dados de áudio.
- “**Pacote RTP**” .. constitui-se na porção do áudio juntamente com o cabeçalho RTP, que normalmente é composto de 12 bytes.
- ... mensagem é enviada para dentro da interface do socket UDP e, após se propagar, cabe ao lado receptor da aplicação receber a mensagem RTP da interface do seu socket.
- ... aplicação extrai a porção de áudio do msg. RTP e usa os campos de cabeçalho para decodificar e reproduzir adequadamente o áudio.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.1 – Real Time Protocol

- **“algumas características do protocolo”** ..
- **“entrega de dados”** ... sem mecanismo que assegure a entrega de dados a tempo e sem garantias de qualidade de serviço.
- **“ordem do pacote”** ... não garante nem mesmo a entrega das msgs. e nem impede a entrega de msgs. fora de ordem.
- ... permite que seja atribuído a cada origem (p.ex, câmera ou microfone) seu próprio fluxo independente de pacotes RTP.
- **“visível nos hosts”** ... encapsulamento realizado pelo RTP é visto somente nos “hosts”, ou seja, roteadores não distinguem datagramas IP que carregam msgs. RTP dos demais datagramas IP.

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.1 – Real Time Protocol

- **“algumas características do protocolo” ..**
- ... permite que seja atribuído a cada origem (p.ex, câmera ou microfone) seu próprio fluxo independente da mensagem RTP.
- e.g., considere uma videoconferência entre 02 participantes com 04 fluxos RTP abertos, ou seja, 02 para transmitir o áudio (um em cada sentido) e 02 para transmitir o vídeo (um em cada sentido).
- .. técnicas de codificação popular como MPEG1 e o MPEG2 conjugam áudio e vídeo em um único fluxo durante o processo de codificação.
- ... assim quando áudio e vídeo são conjugados pelo codificador, somente um fluxo RTP é gerado em cada sentido (TX » RX).

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

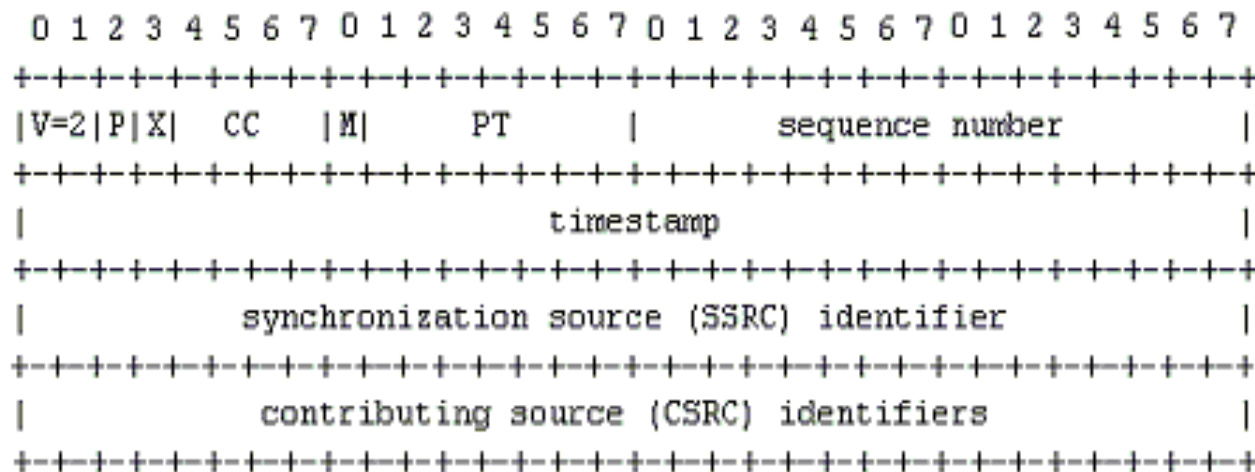
### ... 7.4.1 – Real Time Protocol

- **“um-para-muitos e muitos-para-muitos”** .. msgs. RTP não estão limitados às aplicações individuais e podem ser enviados para um grupo “um-para-muitos” e “muitos-para-muitos”.
- ... em uma sessão para um grupo “muitos-para-muitos”, todos os remetentes e origens da sessão em geral usam o mesmo grupo para enviar seus fluxos RTP.
- **“Sessão RTP”** .. fluxos para um grupo RTP que formam um conjunto, como fluxos de áudio e vídeo que emanam de vários remetentes em uma aplicação de videoconferência.

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.1 – Real Time Protocol

- “**cabeçalho**” .. contempla os campos de tipo, carga útil, nro. de sequência, marca de tempo e os campos identificadores da origem.
- “**tipo de carga útil**” (07 bits) .. define o tipo de carga útil, p.ex., tipo de codificação de áudio que está sendo usada, p.ex., PCM, modulação delta adaptativa, codificação por previsão linear.
- ... e.g., remetente pode mudar o código para aumentar a qualidade do áudio ou reduzir a taxa de bits do fluxo RTP conforme as características de fluxos de áudio e/ou vídeo suportados.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.1 – Real Time Protocol

- **“tipo de carga útil”** (07 bits) .. define o tipo de carga útil, p.ex., tipo de codificação de áudio que está sendo usada, p.ex., PCM, modulação delta adaptativa, codificação por previsão linear.
- ... e.g., remetente pode mudar o código para aumentar a qualidade do áudio ou reduzir a taxa de bits do fluxo RTP conforme as características de fluxos de áudio e/ou vídeo suportados.

TIPOS DE CARGA ÚTIL DE ÁUDIO SUPORTADOS PELO RTP

Número do tipo de carga útil	Formato de áudio	Taxa de amostragem	Vazão
0	PCM $\mu$ -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

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.1 – Real Time Protocol

- **“tipo de carga útil”** (07 bits) .. define o tipo de carga útil, p.ex., tipo de codificação de áudio que está sendo usada, p.ex., PCM, modulação delta adaptativa, codificação por previsão linear.
- ... e.g., remetente pode mudar o código para aumentar a qualidade do áudio ou reduzir a taxa de bits do fluxo RTP conforme as características de fluxos de áudio e/ou vídeo suportados.

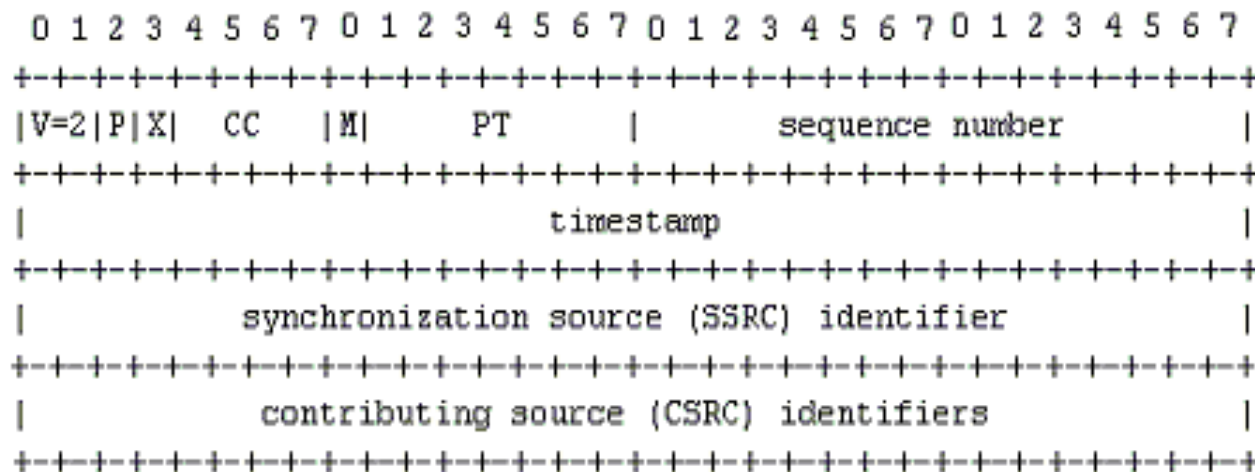
#### ALGUNS TIPOS DE CARGA ÚTIL DE VÍDEO SUPORTADOS PELO RTP

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

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.1 – Real Time Protocol

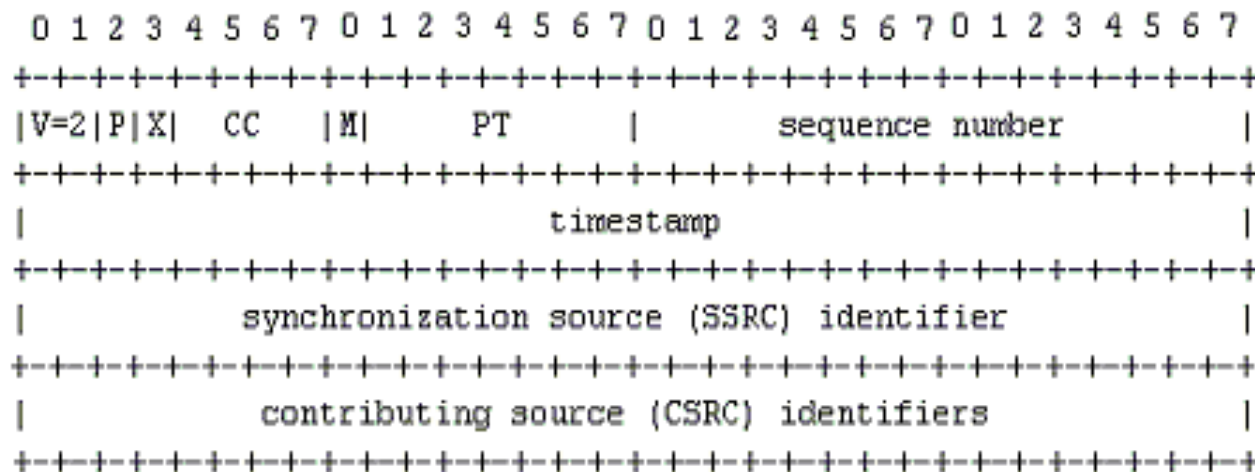
- “**cabeçalho**” .. contempla os campos de tipo, carga útil, nro. de sequência, marca de tempo e os campos identificadores da origem.
- “**número de sequência**” (16 bits) .. incrementado de uma unidade a cada mensagem enviada e pode ser usado pelo receptor para detectar perda de pacotes e restaurar a sequência.
- .. se o receptor da aplicação recebe um fluxo de pacotes RTP com uma lacuna entre os nros. de sequência 86 e 89, então o receptor sabe que está faltando os pacotes 87 e 88.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.1 – Real Time Protocol

- “**cabeçalho**” .. contempla os campos de tipo, carga útil, nro. de sequência, marca de tempo e os campos identificadores da origem.
- “**marca de tempo**” .. com 32 bits de comprimento, reflete o instante da amostragem do primeiro byte no pacote RTP.
- ... receptor pode usar marcas de tempo para eliminar a variação de atraso dos pacotes introduzida na rede e fornecer recepção.

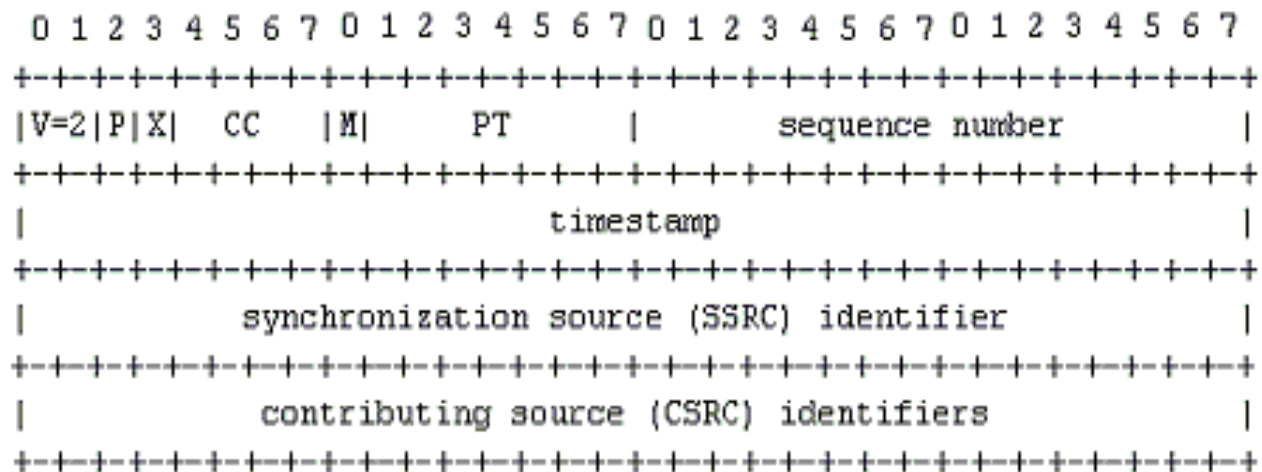




## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.1 – Real Time Protocol

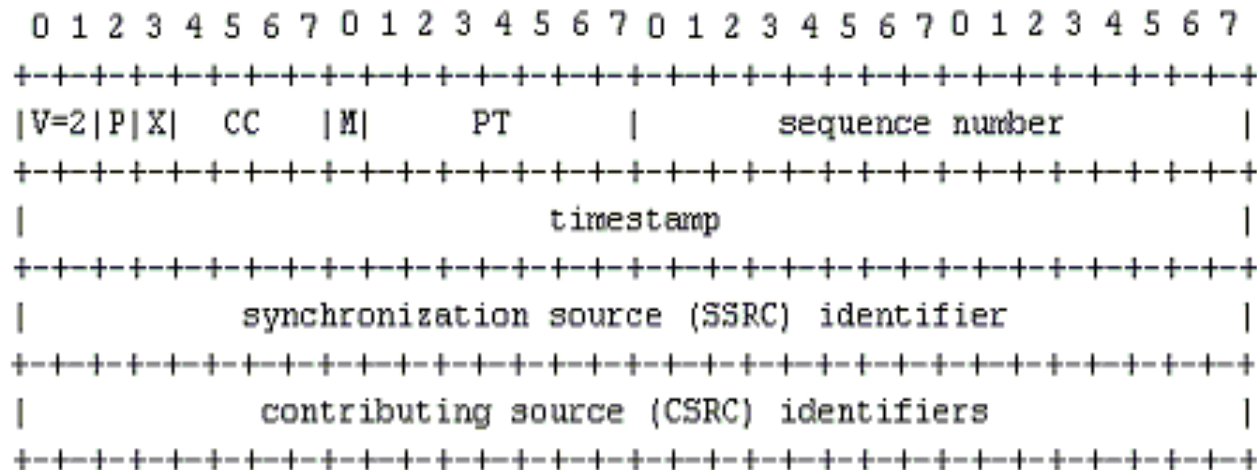
- “**cabeçalho**” .. contempla os campos de tipo, carga útil, nro. de sequência, marca de tempo e os campos identificadores da origem.
- “**synchronization source identifier**” (SSRC) .. com 32 bits identifica a origem do fluxo RTP que em geral, é único por origem.
- .. SSRC não é o endereço IP do remetente, mas um número atribuído aleatoriamente pela origem quando um novo fluxo é iniciado.
- .. probabilidade de atribuir o mesmo SSRC a 02 fluxos é muito pequena, mas caso aconteça, as origens escolhem novos valores SSRC.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.1 – Real Time Protocol

- “**cabeçalho**” .. contempla os campos de tipo, carga útil, nro. de sequência, marca de tempo e os campos identificadores da origem.
- “**contributing source identifiers**” (CSRC) .. identificadores de fontes de um fluxo de msgs. RTP que contribuem para o fluxo combinado produzido por um misturador RTP.
- .. “**misturador**” insere uma lista de identificadores de fonte de sincronização (SSRC) para fontes que contribuem para a geração de um pacote específico no cabeçalho RTP desse pacote.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

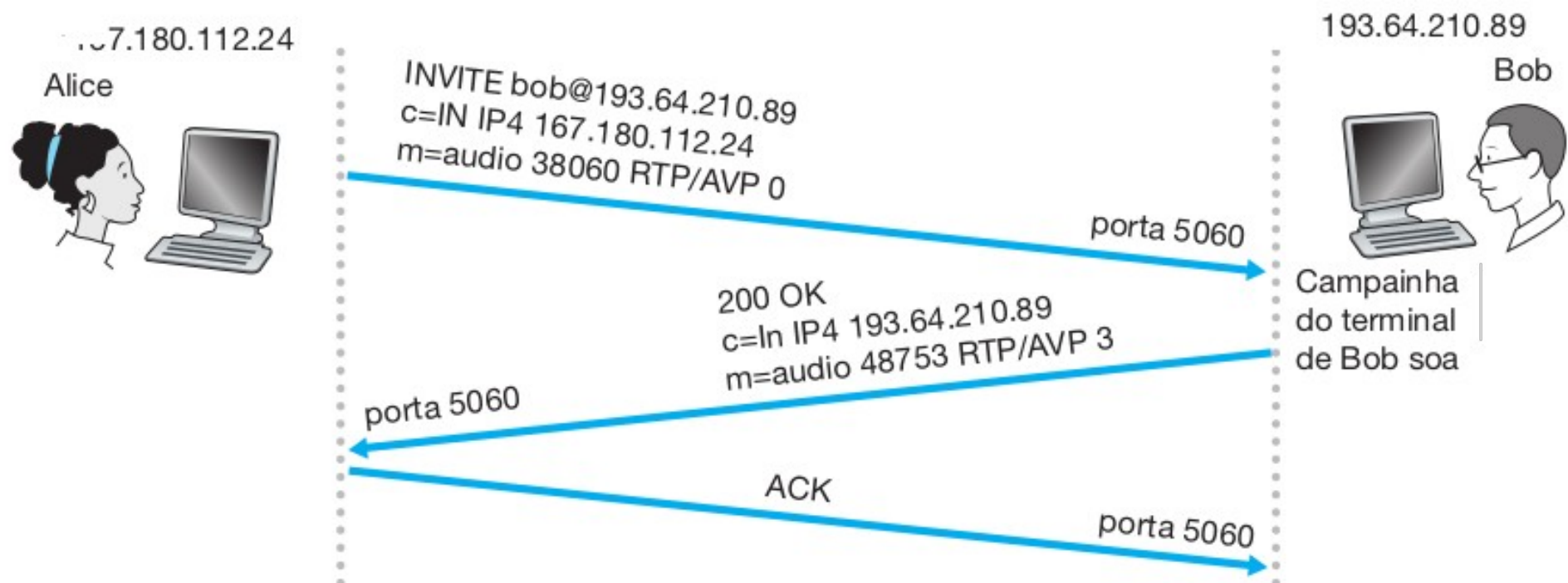
### 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- “**Session Initiation Protocol (SIP)** [RFC 3261 e 5411] .. protocolo aberto e simples que provê mecanismos para estabelecer chamadas.
- “**estabelecimento de chamada**” .. permite que participantes tomem conhecimento que uma chamada será iniciada bem como acordem parâmetros e tipo de codificação a ser usado na mídia.
- “**definição de endereço de rede**” .. usuários não têm um endereço de rede único e fixo ou possuem vários equipamentos, cada qual com um endereço de rede diferente do outro.
- “**gerenciamento de chamadas**” .. tais como adicionar novos fluxos de mídia, mudar a codificação, convidar outros participantes, tudo durante a chamada e ainda transferir e manter as chamadas.

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

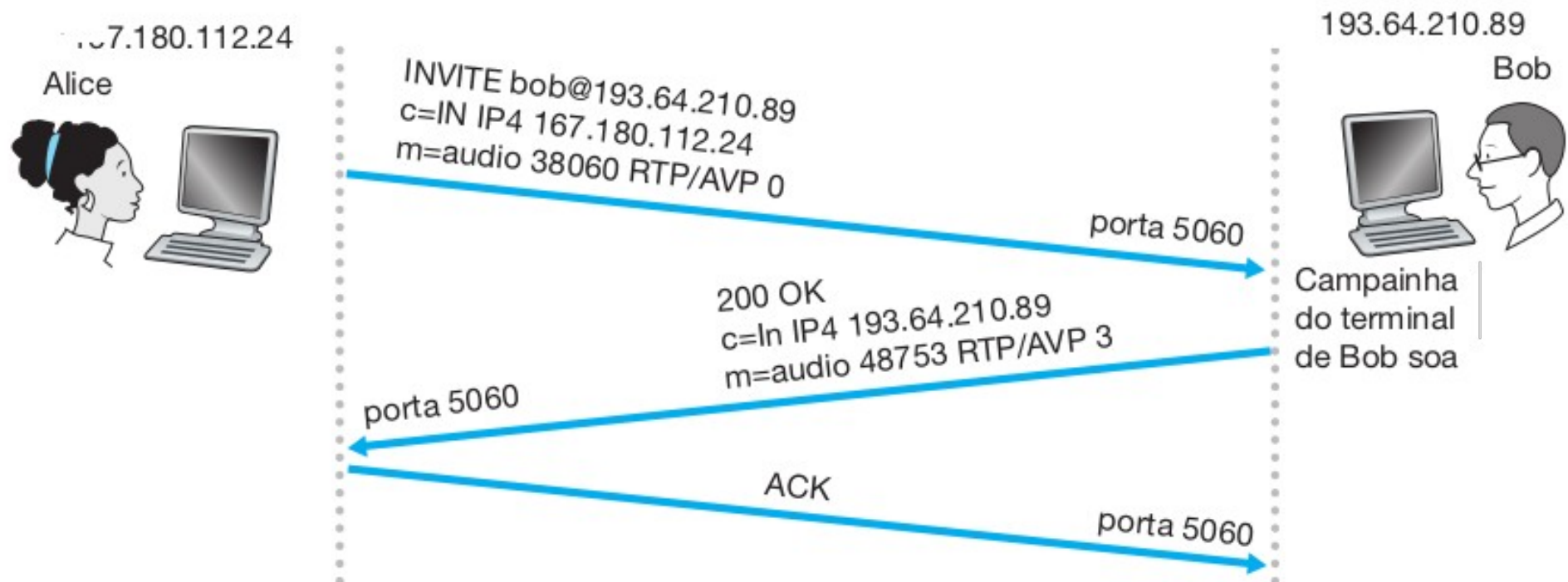
- e.g., para entender o uso do SIP em um chamada telefônica, seja o cenário em que Alice usando seu notebook, chama Bob que também está usando o seu notebook.
- ... ambos dispositivos estão equipados com software baseado em SIP para fazer e receber chamadas telefônicas.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

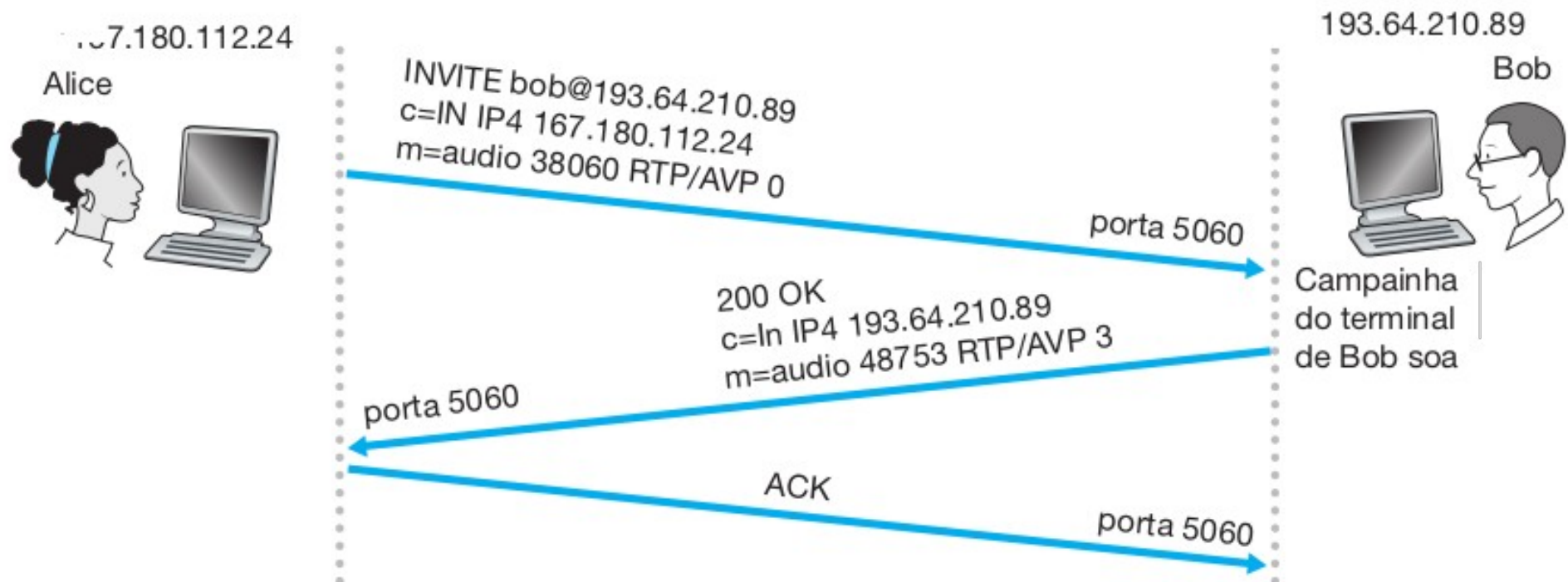
- “**estabelecimento de uma sessão**” .. começa quando Alice envia a Bob uma mensagem INVITE, semelhante a uma requisição HTTP.
- ... essa mensagem é enviada preferencialmente por UDP na porta 5060, que é a porta do SIP, mas pode também ser enviada por TCP.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- ... msg. INVITE inclui um identificador bob@193.64.210.89, o IP atual de Alice e uma indicação de que Alice deseja receber áudio.
- ... áudio deve ser codificado em formato “Audio Visual Presentation” ou AVP 0, encapsulado em RTP (Real Time Protocol) e parâmetro para receber os pacotes RTP na porta 38060.

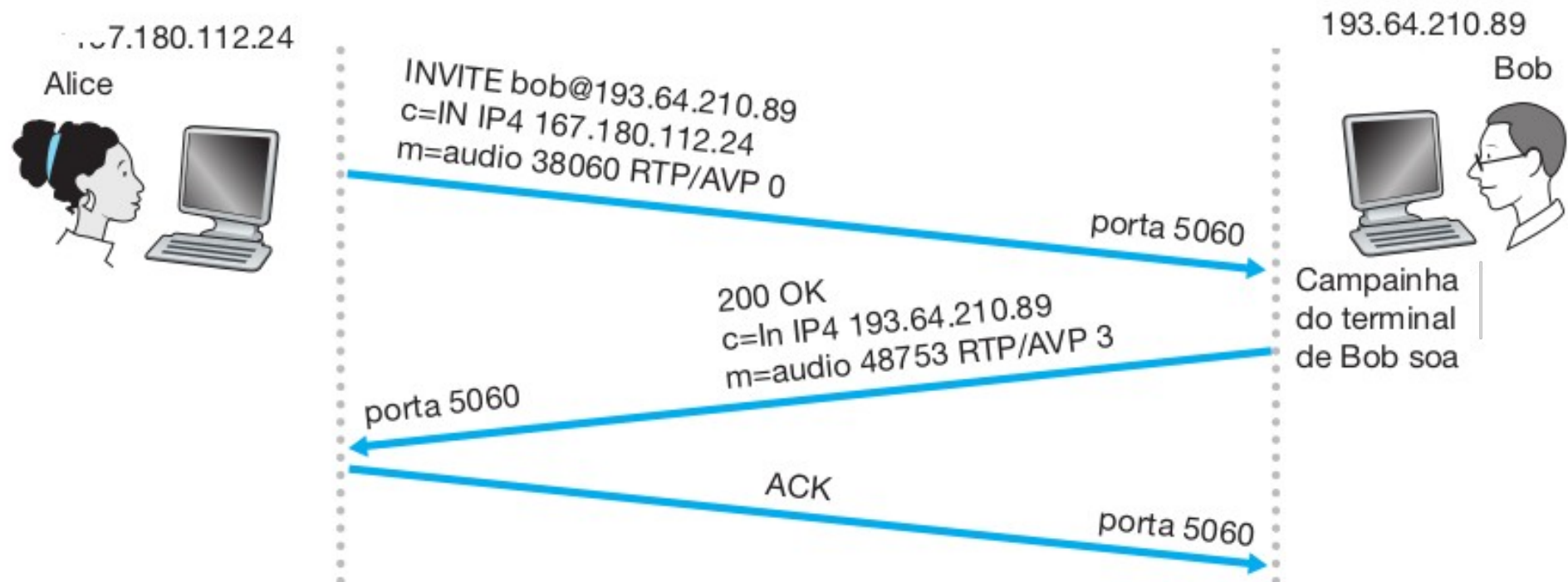




## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

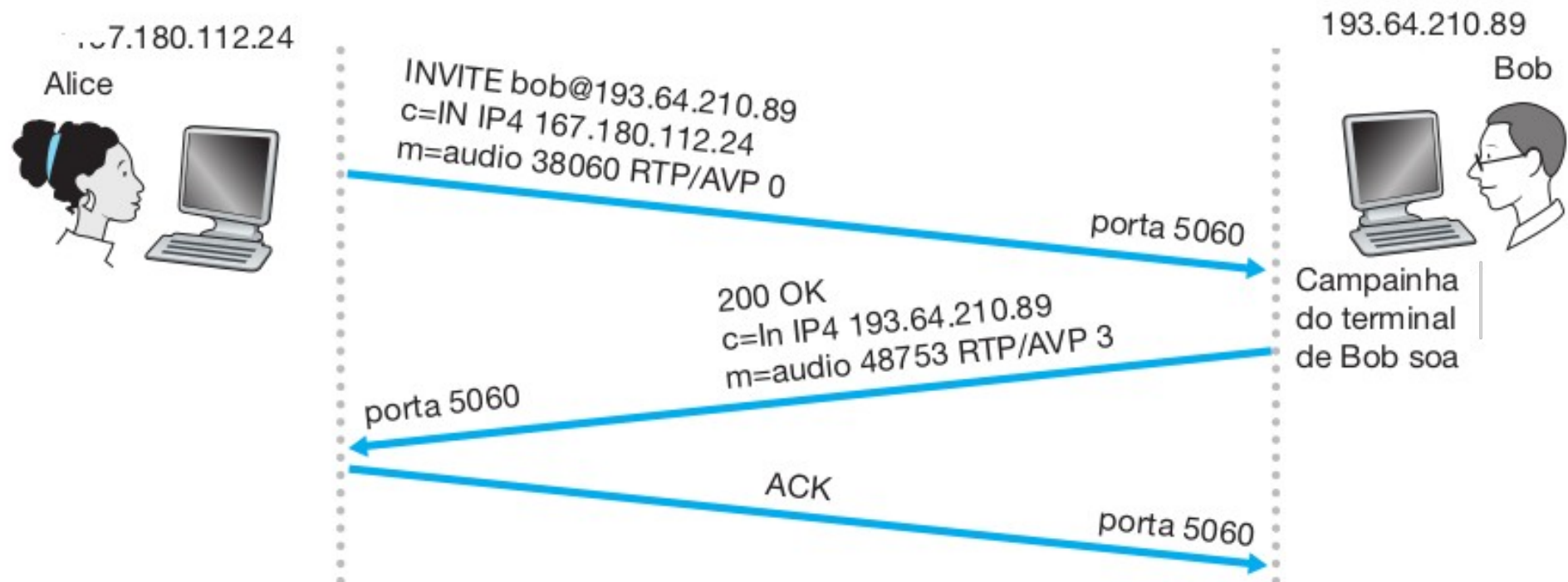
- Bob envia uma msg. de resposta SIP para a porta SIP 5060, semelhante a uma mensagem de resposta HTTP.
- .. resposta inclui um 200 OK, bem como uma indicação de seu endereço IP, o código e o empacotamento que deseja para recepção e seu nro. de porta para a qual os pacotes de áudio devem ser enviados.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- “**algumas observações**” .. Alice e Bob vão usar mecanismos diferentes de codificação de áudio, pois Alice irá codificar seu áudio com GSM, ao passo que Bob irá fazê-lo com lei  $\mu$  do PCM.

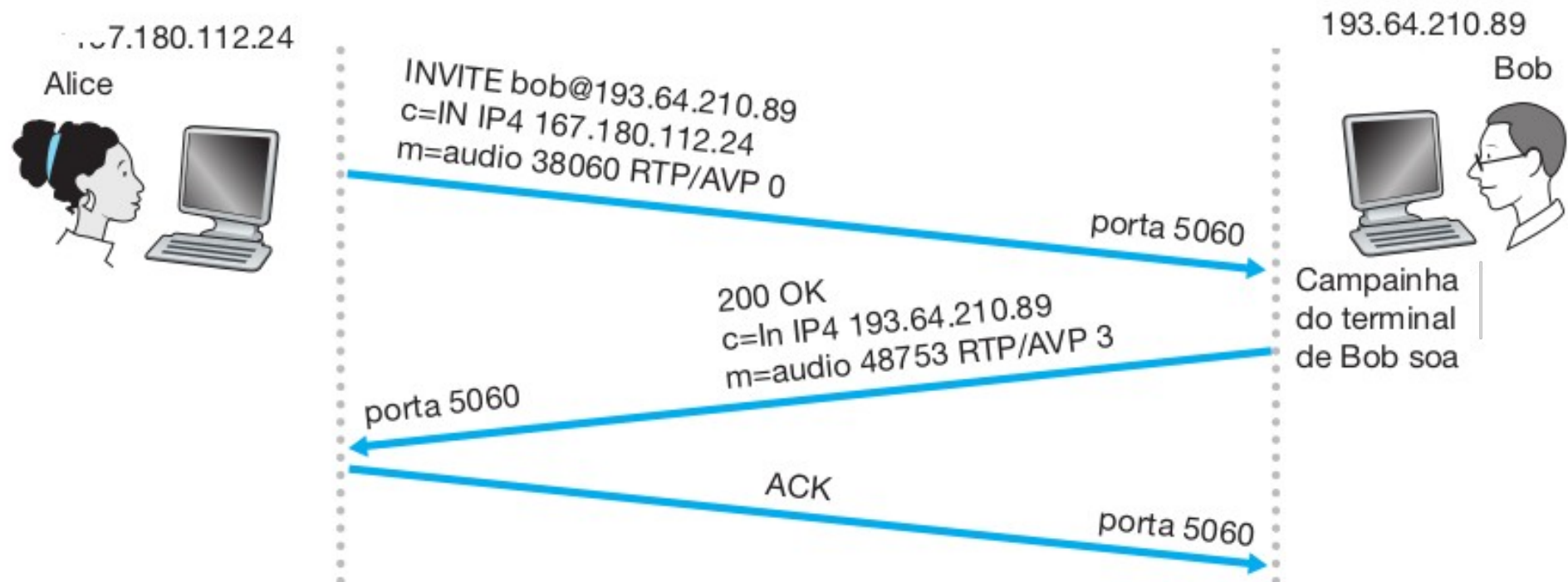




## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

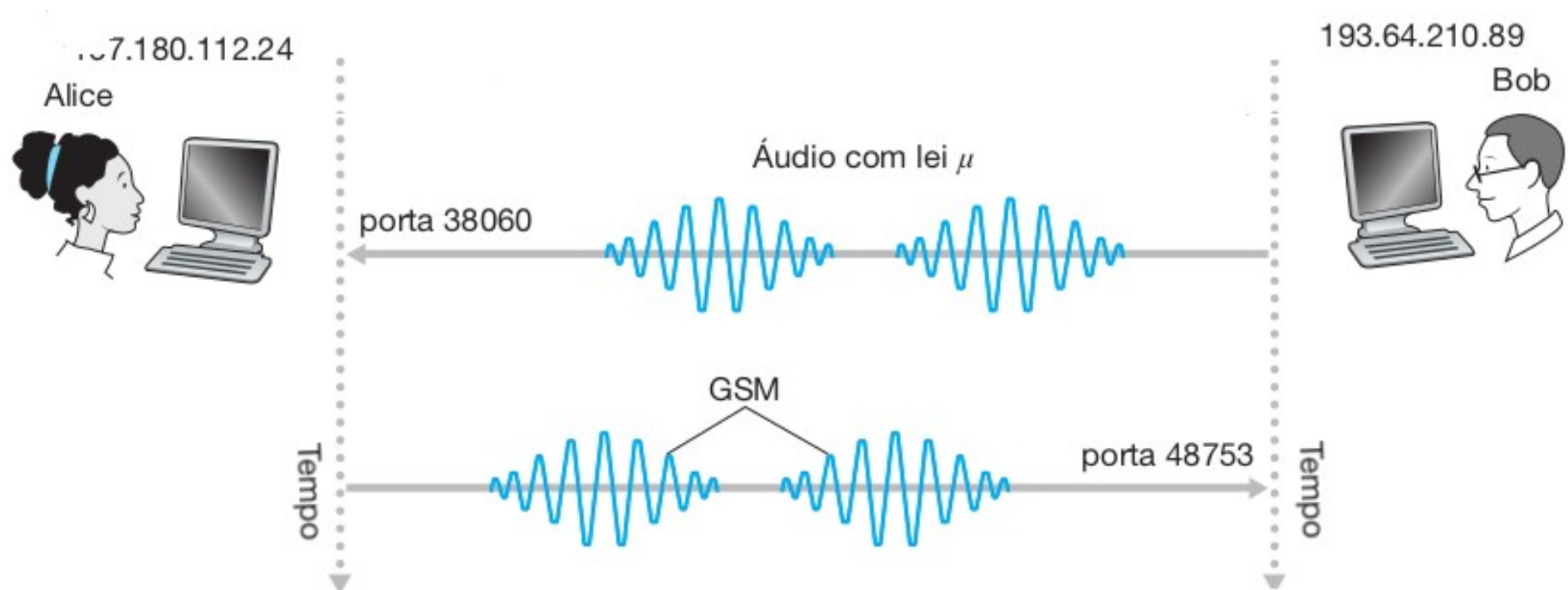
- ... após a troca de mensagens entre Alice e Bob, Alice lhe envia uma mensagem SIP de reconhecimento (ACK) e, a partir da qual, Alice e Bob estão aptos a trocar mensagens de áudio.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

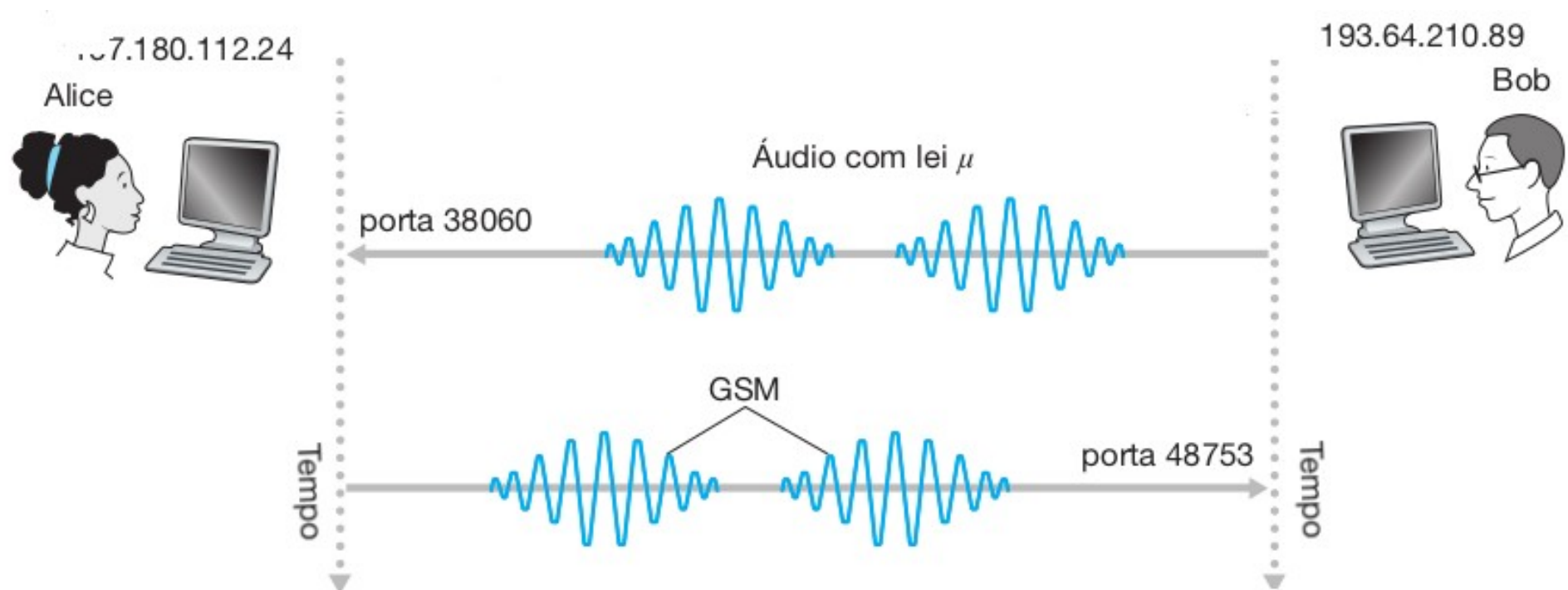
- ... após a troca de mensagens entre Alice e Bob, Alice lhe envia uma mensagem SIP de reconhecimento (ACK) e, a partir da qual, Alice e Bob estão aptos a trocar mensagens de áudio.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- Bob codifica e empacota áudio e envia os pacotes de áudio para a porta 38060 no endereço IP 167.180.112.24.
- Alice também codifica e empacota áudio e envia os pacotes de áudio para a porta 48753 no o endereço IP 193.64.210.89.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- **“resumo das características fundamentais”** ..
- **“protocolo fora da banda”** .. mensagens de controle são enviadas e recebidas em portas diferentes das utilizadas para enviar e receber as porções codificadas de áudio.
- **“mensagens ASC-II”** .. mensagens SIP podem ser lidas em ASCII e são parecidas com mensagens HTTP.
- **“serviço confirmado”** .. requer que todas as mensagens sejam reconhecidas, portanto, pode executar sobre UDP ou TCP.

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- **“endereço do usuário”** .. no exemplo anterior, Bob é identificado por sip:bob@193.64.210.89, no entanto, espera-se uma padronização, p.ex., que os endereços sejam parecidos com endereços de e-mail.
- **“idéia básica”** .. utilizar endereçamento semelhante a um endereço de e-mail, assim, a infraestrutura SIP pode rotear a mensagem ao dispositivo IP que Bob está usando no momento.
- ... outras formas possíveis para o endereço SIP são o nro. de telefone legado de usuário ou simplesmente seu nome próprio, p.ex., primeiro nome e sobrenome (admitindo-se que sejam únicos).
- ... endereços SIP podem ser incluídos em páginas Web, exatamente como endereços de e-mail são incluídos com a URL “mail to”.

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- **“mensagem SIP”** .. seja os campos de cabeçalho de uma mensagem SIP, assim como um mensagem HTTP em ASC-II.
- e.g., Alice inicia uma chamada VoIP com Bob, no entanto, Alice conhece só o endereço SIP de Bob, ou seja, “bob@domain.com”, e não o endereço IP do dispositivo que Bob está usando.
- **“mensagem SIP”** .. linha INVITE inclui a versão do SIP, assim como uma mensagem de requisição HTTP.
- ... sempre que uma mensagem SIP passa por um dispositivo SIP (incluindo o que origina a mensagem), ele anexa um cabeçalho “Via”, que indica o endereço IP do dispositivo.

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- e.g., Alice inicia uma chamada VoIP com Bob, no entanto, Alice conhece só o endereço SIP de Bob, ou seja, “bob@domain.com”, e não o endereço IP do dispositivo que Bob está usando.

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

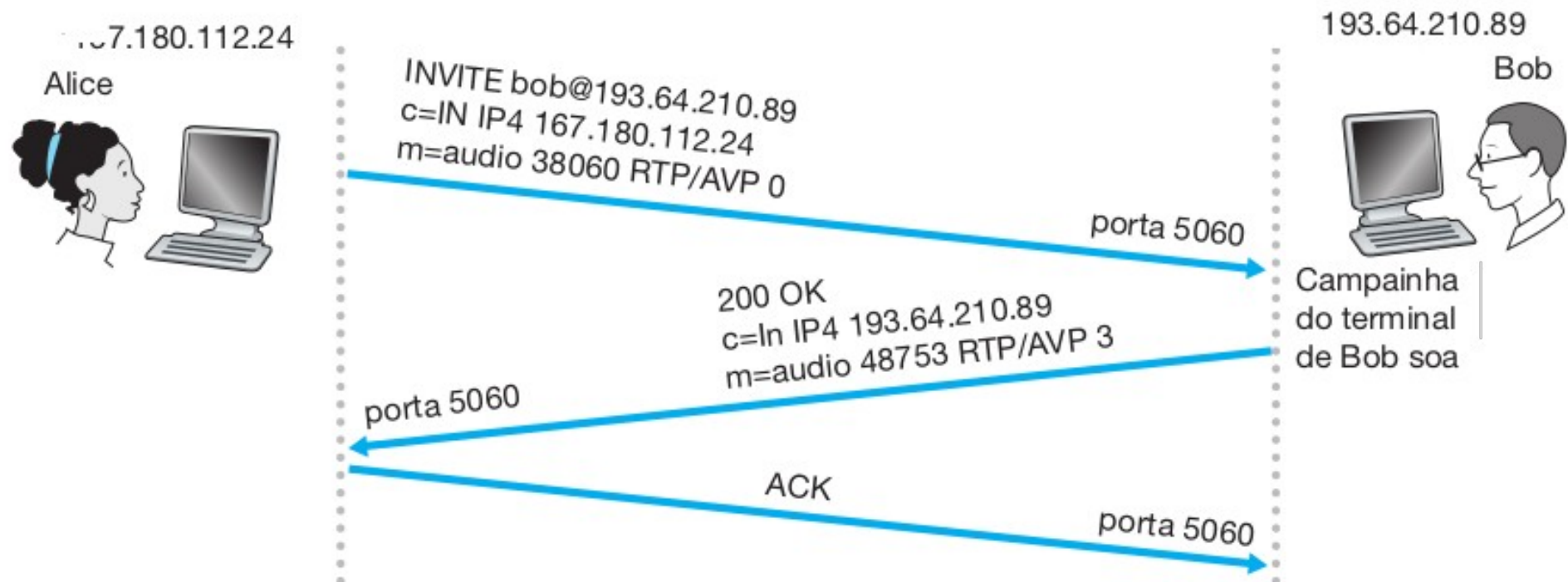
c=IN IP4 167.180.112.24

m=audio 38060 RTP/AVP 0

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- e.g., Alice inicia uma chamada VoIP com Bob, no entanto, Alice conhece só o endereço SIP de Bob, ou seja, “bob@domain.com”, e não o endereço IP do dispositivo que Bob está usando.
- Via: SIP/2.0/UDP 167.180.112.24 (Endereço IP de Alice)





## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- “**mensagem SIP**” .. linha INVITE inclui a versão do SIP, assim como uma mensagem de requisição HTTP.

```
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
```

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- ... sempre que uma mensagem SIP passa por um dispositivo SIP (incluindo o que origina a mensagem), ele anexa um cabeçalho “Via”, que indica o endereço IP do dispositivo.

```
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
```

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- “**comparação com mensagem de e-mail**” .. mensagem SIP contempla uma linha de cabeçalho “From” e uma linha de cabeçalho “To”.
  - ... inclui também um “Call-ID” (identificador de chamadas), que identifica a chamada VoIP de forma exclusiva.
- 
- 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

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- **“Content-Type”** .. contempla o tipo de conteúdo, que define o formato usado para descrever o conteúdo da mensagem SIP.
  - **“Content-Lenght”** ... linha de cabeçalho de tamanho de conteúdo, que indica o comprimento em bytes do conteúdo na mensagem.
  - **“Carriage Return Line Feed”** ... por fim o “carriage return” e “line feed” para finalizar a mensagem SIP do tipo INVITE.
- 
- 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

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- **“tradução de nome e localização”** .. por padrão a informação disponível é o nome SIP do usuário, ou seja, não se conhece o endereço IP do usuário com que se deseja estabelecer uma chamada.
- e.g., seja o cenário em que Alice, usando seu notebook, quer chamar Bob, que também está usando seu notebook e no qual ambos conhecem os respectivos endereços IPs.
- **“solução”** .. problema praticamente resolvido !!
- **“pouco realista”** .. não só porque muitas vezes os endereços IP são atribuídos dinamicamente com DHCP, mas também porque Bob pode ter vários dispositivos IP (p.ex., desktop, notebook, e celular).

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- e.g., Alice conhece somente o endereço de e-mail de Bob, ou seja, “bob@domain.com”, no entanto, o mesmo endereço é usado para chamadas SIP.
- ... Alice precisa obter o endereço IP do dispositivo que o usuário “bob@domain.com” está usando no momento.
- ... para descobri-lo, Alice cria uma mensagem INVITE que começa com INVITE “bob@domain.com SIP/2.0” e a envia a um proxy SIP.
- ... proxy envia uma resposta SIP que pode incluir o endereço IP do dispositivo que “bob@domain.com” está usando no momento.
- **“alternativa”** .. resposta pode incluir o endereço IP da caixa postal de voz de Bob ou incluir uma URL de uma página Web com uma msg., p.ex., “Bob está dormindo. Não perturbe!”.

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- “**pergunta**” .. como o servidor proxy determina o endereço IP atual para o usuário Bob, ou para o identificador bob@domain.com ?!
- ... como cada usuário SIP dispõe de uma entidade registradora associada, sempre que o mesmo lança uma aplicação SIP, ela envia uma msg. de registro SIP à entidade registradora, informando o end. IP.
- .. neste exemplo, quando Bob lança sua aplicação SIP em seu PDA, a aplicação envia uma mensagem semelhante a msg. abaixo.

```
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
```

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- **“entidade registradora”** .. monitora o endereço IP atual e, sempre que o usuário muda para um novo dispositivo SIP, o novo dispositivo envia uma mensagem de registro, indicando o endereço IP.
- ... além disso, caso o usuário permaneça no mesmo dispositivo por um longo período de tempo, o dispositivo envia msgs. de confirmação de registro, indicando que o endereço IP é ainda é válido.
- **“entidade registradora”** .. pode ser comparada a um servidor de nomes DNS com autoridade.
- Servidor DNS traduz nomes de “hosts” fixos para endereços IP fixos, enquanto Entidade Registradora SIP traduz identificadores fixos de pessoas (p.ex., “bob@domain.com”) para endereços IP dinâmicos.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

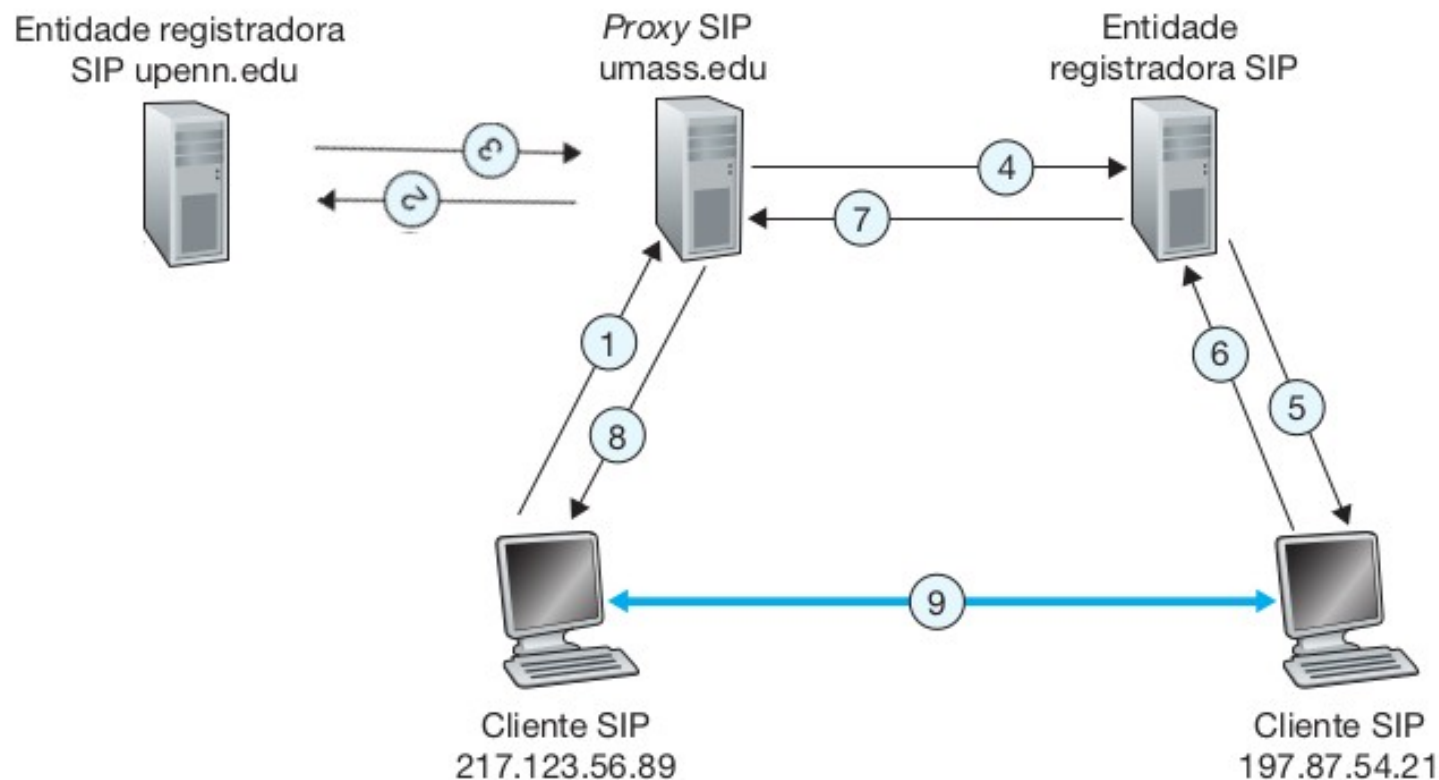
### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- “**pergunta**” .. como o servidor proxy determina o endereço IP atual para o usuário Bob, ou para o identificador bob@domain.com ?!
- ... com frequência, entidades registradoras SIP e os proxies SIP são executados no mesmo hospedeiro.
- ... da explanação anterior, o servidor proxy precisa apenas transmitir a msg. INVITE de Alice à entidade registradora/proxy de Bob.
- ... registradora/proxy pode transmitir a mensagem ao dispositivo SIP atual de Bob e, por fim, Bob ao receber a mensagem INVITE de Alice, pode enviar a Alice uma resposta SIP.

## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

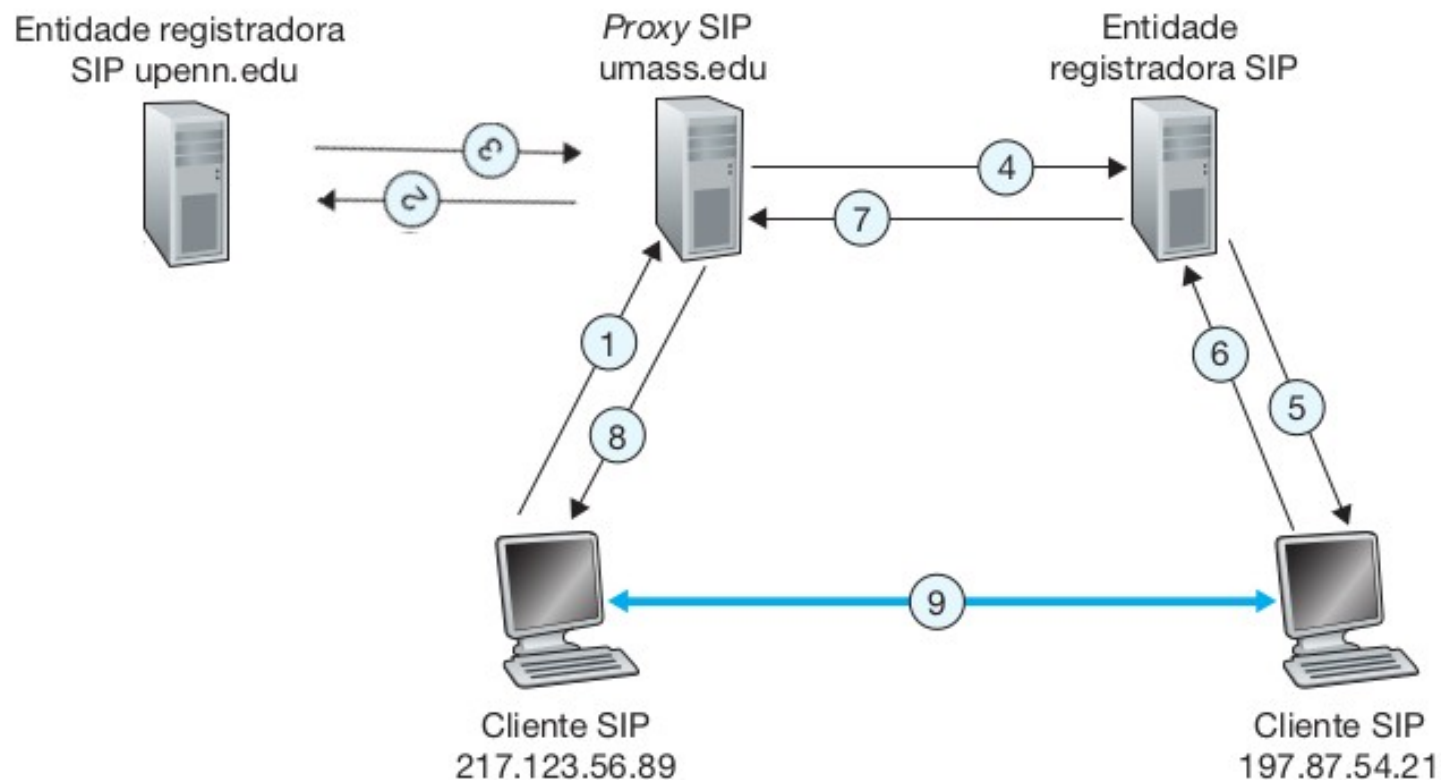
- e.g., considere o usuário “jim@umass.edu” no dispositivo cujo IP é 217.123.56.89 que quer iniciar uma sessão de voz sobre IP (VoIP) com “keith@upenn.edu” no dispositivo cujo IP é 197.87.54.21.
- (1) Jim envia uma mensagem INVITE ao proxy SIP de “umass.edu”.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

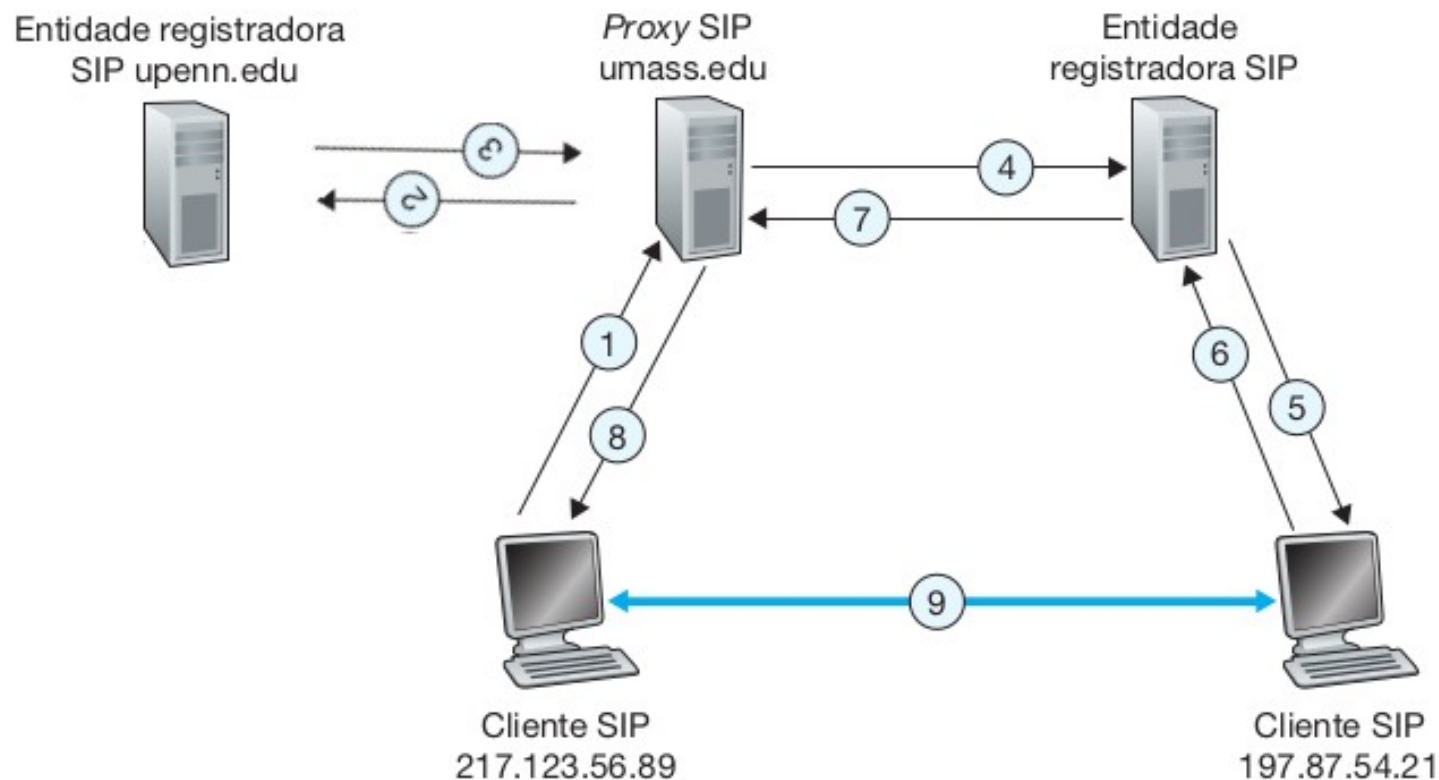
- (2) proxy faz uma consulta DNS para a entidade registradora SIP de “upenn.edu” (que não é mostrada no diagrama) e então envia a mensagem ao servidor da registradora.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

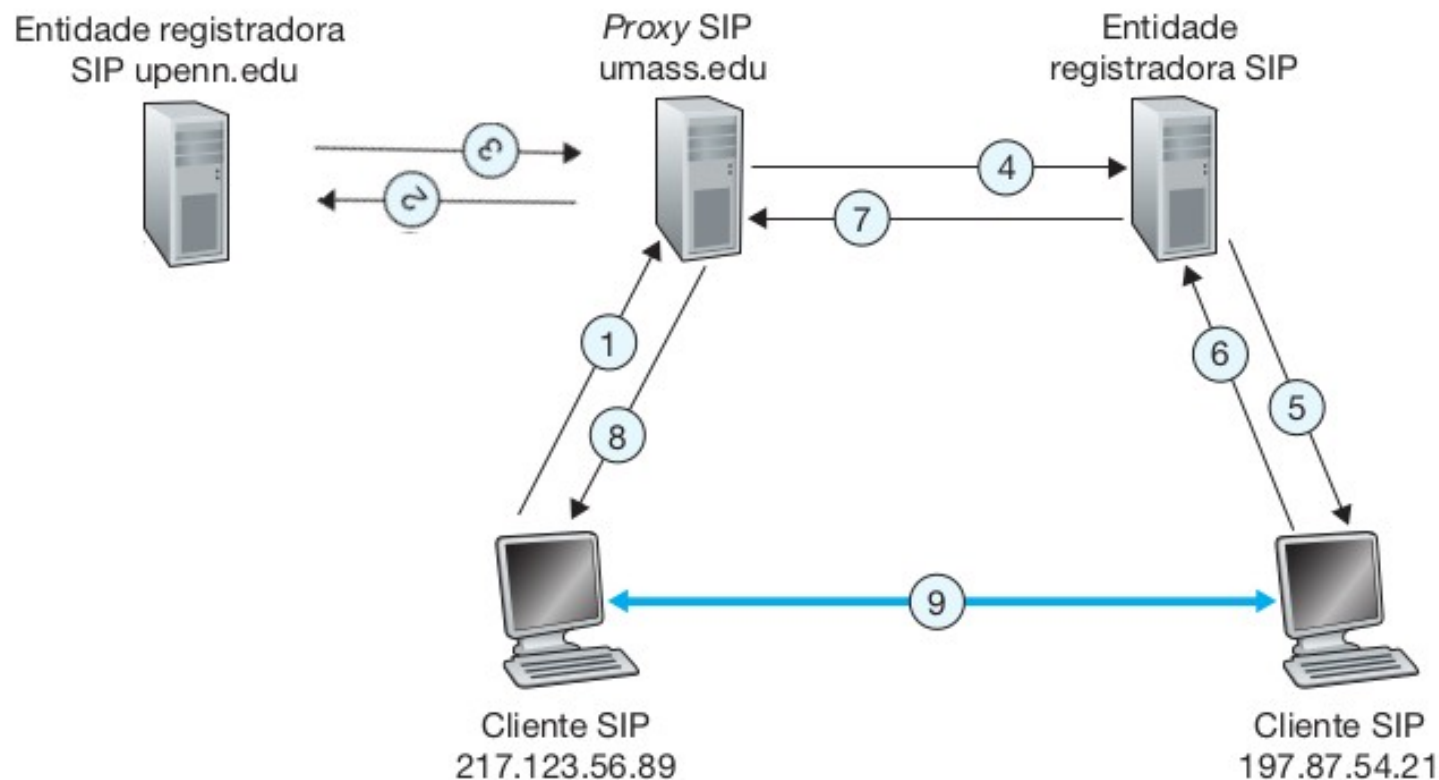
- (3) como “keith@upenn.edu” não está mais registrado na entidade “upenn.edu”, a entidade envia uma resposta de redirecionamento, indicando que é preciso tentar “keith@eurecom.fr”.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

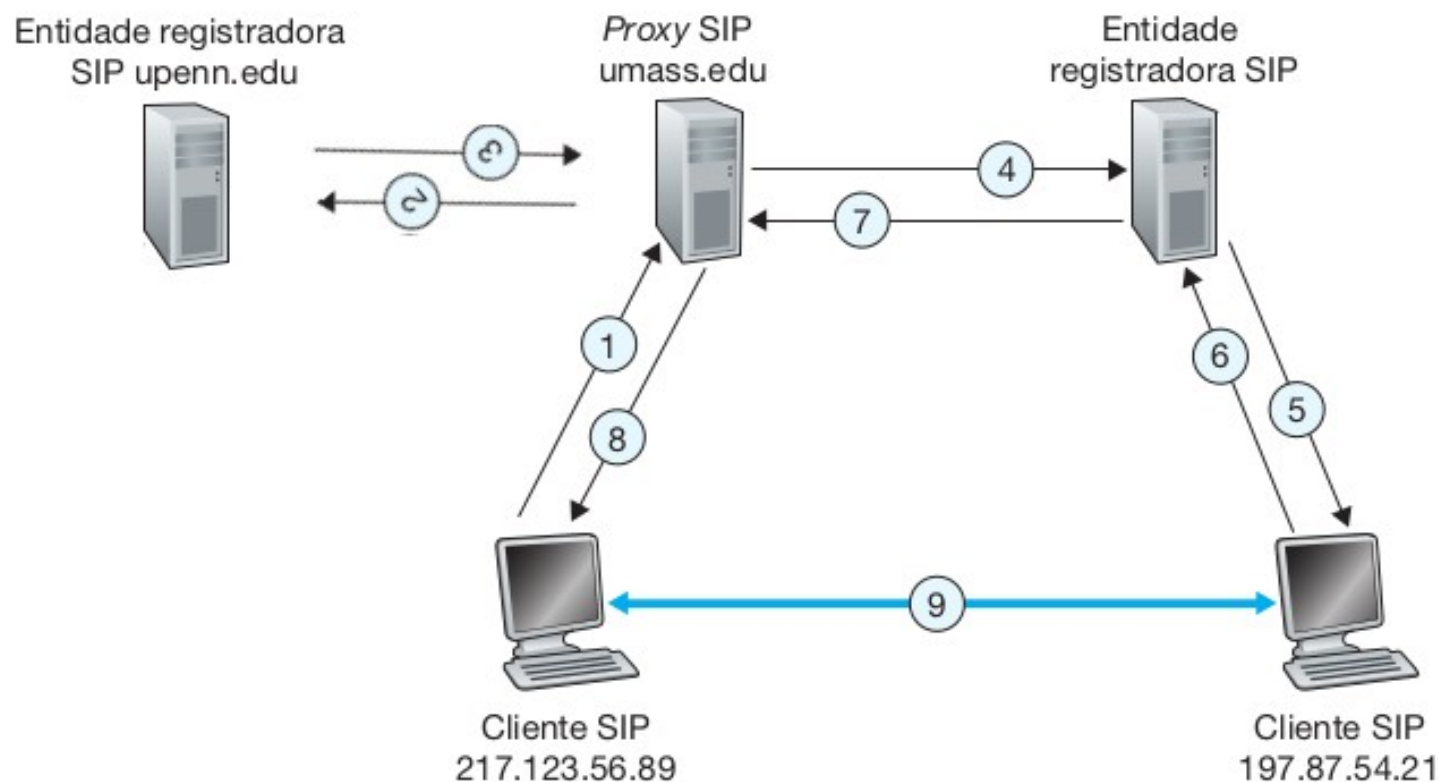
- (4) proxy de “umass” envia INVITE à registradora SIP de “eurecom”.
- (5) registradora de “eurecom.edu” conhece o endereço IP de “keith@eurecom.fr” e repassa a mensagem INVITE ao “host” 197.87.54.21, que está executando o cliente SIP de Keith.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- (6–8) resposta SIP é devolvida por meio de registradoras / “proxies” ao cliente SIP em 217.123.56.89.
- (9) troca de porções de mídia diretamente entre os dois clientes.



## 7 – Redes Multimídia / 7.4 – Protocolos para Aplicações Interativas

### ... 7.4.2 – Session Initiation Protocol

- “**algumas conclusões**” .. SIP é um protocolo de sinalização para iniciar e encerrar chamadas em geral e pode ser usado para chamadas de videoconferência, bem como para sessões de texto.
- “**constatação**” .. SIP tornou-se um componente fundamental em muitas aplicações de mensagem instantânea.
- “Mais sobre o SIP” .. Henning Schulzrinne [Schulzrinne-SIP, 2012].
- .. em particular, nesse site você encontra software de código-fonte aberto para clientes e servidores SIP [SIP Software, 2012].

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

- **“suporte às aplicações multimídia”** .. tema complexo que acomoda técnicas no nível de aplicação em conjunto com o serviço de melhor esforço bem como recursos de rede corretamente dimensionados.
- **“suporte de rede para multimídia”** ... 03 técnicas gerais ..
- (1) **“melhor do serviço de melhor esforço”** .. em redes bem dimensionadas, onde a perda de pacotes e o atraso excessivo fim a fim raramente ocorrem, contemplam os mecanismos já estudados.
- ... quando são previstos aumentos de demanda, os ISPs empregam largura de banda e capacidade de comutação adicionais para garantir um desempenho satisfatório com pequeno atraso e perda de pacotes



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

- “**suporte de rede para multimídia**” ... 03 técnicas gerais ..
- (2) “**serviço diferenciado**” .. diferentes tipos de tráfego podem ser fornecidos com classes de serviço, em vez do serv. de melhor esforço.
- ... uma classe de tráfego pode receber prioridade estrita sobre outra classe quando os dois tipos forem enfileirados em um roteador.
- e.g., pacotes pertencentes a uma aplicação interativa em tempo real podem ter prioridade sobre outros pacotes, por restrições de atraso.
- ... introdução do serviço diferenciado na rede exige novos mecanismos para marcação e programação de pacotes, dentre outros.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

- “**suporte de rede para multimídia**” ... 03 técnicas gerais ..
- (3) “**qualidade de serviço por conexão**” .. cada instância de uma aplicação reserva explicitamente largura de banda fim a fim e, assim, terá um desempenho fim a fim garantido.
- “**garantia rígida**” .. significa que aplicação recebe a qualidade de serviço que foi devidamente contratada.
- “**garantia flexível**” .. significa que a aplicação recebe a qualidade de serviço requisitada com alta probabilidade.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

- e.g., um usuário deseja realizar uma chamada VoIP do “host” A para o “host” B, então, a aplicação VoIP reserva largura de banda em cada enlace ao longo do caminho entre os dois “hosts”.
- “**problema**” .. como permitir que as aplicações façam reservas ?? .. como exigir que a rede cumpra as reservas ??
- (1) necessidade de um protocolo para verificar e reservar largura de banda do enlace ao longo do caminho entre origem e destino.
- (2) necessidade de novas políticas de escalonamento nas filas dos roteadores, de modo que as reservas de largura de banda por conexão possam ser atendidas e asseguradas.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

- **“suporte às aplicações multimídia”** .. tema complexo que acomoda técnicas no nível de aplicação em conjunto com o serviço de melhor esforço e recursos de rede corretamente dimensionados.

#### TRÊS TÉCNICAS EM NÍVEL DE REDE PARA DAR SUPORTE A APLICAÇÕES DE MULTIMÍDIA

Técnica	Granularidade	Garantia	Mecanismos	Complexidade	Implementação no momento
Obtendo o melhor do serviço de melhor esforço	todo o tráfego tratado igualmente	nenhuma ou flexível	suporte da camada de aplicação, CDNs, sobreposições, provisão de recurso em nível de rede	mínima	em toda a parte
Serviço diferenciado	diferentes classes de tráfego tratadas de formas diferentes	nenhuma ou flexível	marcação, regulação e programação de pacotes	média	alguma
Garantias de qualidade de serviço (QoS) por conexão	cada fluxo de origem-destino tratado de forma diferente	flexível ou rígida, uma vez admitido o fluxo	marcação, regulação e programação de pacotes; admissão e sinalização de chamadas	leve	pouca

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

- “**problema**” .. como permitir que as aplicações façam reservas de recursos ?! .. como garantir que a rede cumpra as reservas ?!
- ... de qualquer modo, com garantia ou sem garantia, as aplicações precisam informar à rede uma descrição do tráfego que irão gerar, para então quantificar quais recursos são necessários.
- ... por outro lado, a rede precisa regular o tráfego de cada aplicação para ter certeza de que está atendendo ao acordado.
- “**conclusão**” .. tais mecanismos, quando combinados, exigem software adicional e uma certa complexidade nos “hosts” e roteadores.

## 7.5.1 – Rede de Melhor Esforço

- **“dificuldade no suporte de aplicações multimídia”** .. surge de seus requisitos de desempenho rigorosos como pouco atraso, pouca variação de atraso e pequena perda de pacotes fim a fim.
- **“como melhorar a qualidade de serviço”** !? ..
- .. oferecer enlaces com capacidade na rede para que raramente haja congestionamento, além de consequentes atrasos e perdas de pacotes.
- **“situação ideal ou hipotética”** ... em enlaces com capacidade, os pacotes podem transpor a Internet sem atraso ou perdas nas filas.
- ... neste contexto, aplicações multimídia funcionam “muito bem” sem a necessidade de mudanças na arquitetura de melhor esforço.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.1 – Rede de Melhor Esforço

- “**pergunta**” .. quão suficiente é a largura de banda e quais os custos comerciais para fornecer largura de banda “suficiente” ?!
- “**primeira questão**” .. pode ser endereçada pela provisão de largura de banda para alcançar um dado nível de desempenho !!
- “**segunda questão**” .. remete ao projeto de uma topologia de rede para alcançar determinado nível de desempenho, ou seja, dimensionamento da rede ou núcleo da rede Internet.
- “**ponto de vista**” .. ambos os temas, largura de banda e dimensionamento de rede são assuntos complexos e são inicialmente apresentados sem o propósito de detalhar todos os seus mecanismos.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.1 – Rede de Melhor Esforço

- .. de qualquer forma, há questões que devem ser resolvidas para que se possa prever o desempenho em nível de aplicação.
- “**modelo de demanda de tráfego**” .. modelos precisam ser especificados no nível de chamada e no nível de pacote.
- “**requisitos de desempenho bem definidos**” .. definir parâmetros que quantifiquem com alta probabilidade os requisitos da aplicação multimídia, p.ex., atraso máximo tolerável.
- “**modelos para prever o desempenho fim a fim**” .. técnicas que promovam alocação de largura de banda de custo mínimo que resulte no cumprimento de todos os requisitos da aplicação.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.1 – Rede de Melhor Esforço

- “**suposição**” .. serviço de melhor esforço de hoje, do ponto de vista tecnológico, pode dar suporte para tráfego multimídia em um nível de desempenho apropriado se dimensionada para tal !!
- “**pergunta**” .. por que a Internet de hoje não o faz ??
- “**respostas**” .. do ponto de vista econômico, os usuários estão dispostos a pagar a seus ISPs o suficiente para prover maior largura de banda suficiente para dar suporte a aplicações de multimídia ?!
- .. do ponto de vista organizacional, o problema é maior pois um caminho fim a fim passa pelas redes de vários ISPs.
- .. esses ISPs estão dispostos a cooperar para garantir caminho fim a fim dimensionado para dar suporte a aplicações multimídia ?!

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.1 – Rede de Melhor Esforço

- “**observações finais**” .. ambos os temas, largura de banda e dimensionamento de rede são apenas apresentados sem as especificidades dos mecanismos por eles contemplados.
- Davies [2005] .. para melhor entendimento e perspectiva sobre essas questões econômicas e organizacionais.
- Fraleigh [2003] .. para uma perspectiva sobre a provisão de redes de backbone da camada física no suporte ao tráfego sensível a atrasos.

## 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- “**alternativa simples**” .. dividir o tráfego em classes e fornecer diferentes níveis de serviço para essas classes.
- “**abordagem #1**” .. ISP pode oferecer uma classe de serviço mais alta para o tráfego de VoIP sensível ao atraso ou teleconferência do que para o tráfego elástico, como e-mail ou HTTP.
- “**abordagem #2**” .. ISP pode oferecer uma qualidade de serviço mais alta para clientes que queiram pagar mais por um serviço melhorado.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- ISPs de Acesso Residencial (rede cabeados) e ISPs de Acesso sem Fio adotam níveis de serviço em camadas, oferecendo serviços distintos conforme a categorização do cliente.
- “**princípio**” .. serviço diferencial fornecido entre agregações de tráfego, ou seja, entre classes de tráfego e não entre conexões individuais.
- e.g., todos os passageiros de primeira classe são tratados da mesma forma, sem que qualquer passageiro da primeira classe receba tratamento melhor do que qualquer outro da mesma classe.
- ... assim como todos os pacotes VoIP recebem o mesmo tratamento dentro da rede, sem depender da conexão fim a fim à qual pertencem.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- “**princípio**” .. serviço diferencial fornecido entre agregações de tráfego, ou seja, entre classes de tráfego, e não entre conexões individuais.
- .. ao lidar com agregações de tráfego, em vez de um número grande de conexões individuais, mecanismos de rede para fornecer um serviço ainda melhor podem se manter simples.
- “**histórico**” .. primeiros projetistas da Internet claramente tinham essa noção de múltiplas classes de serviço em mente.
- ... campo ToS (Type of Service) no cabeçalho IPv4 e também presente no ancestral do datagrama IPv4 (como se segue) !!

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

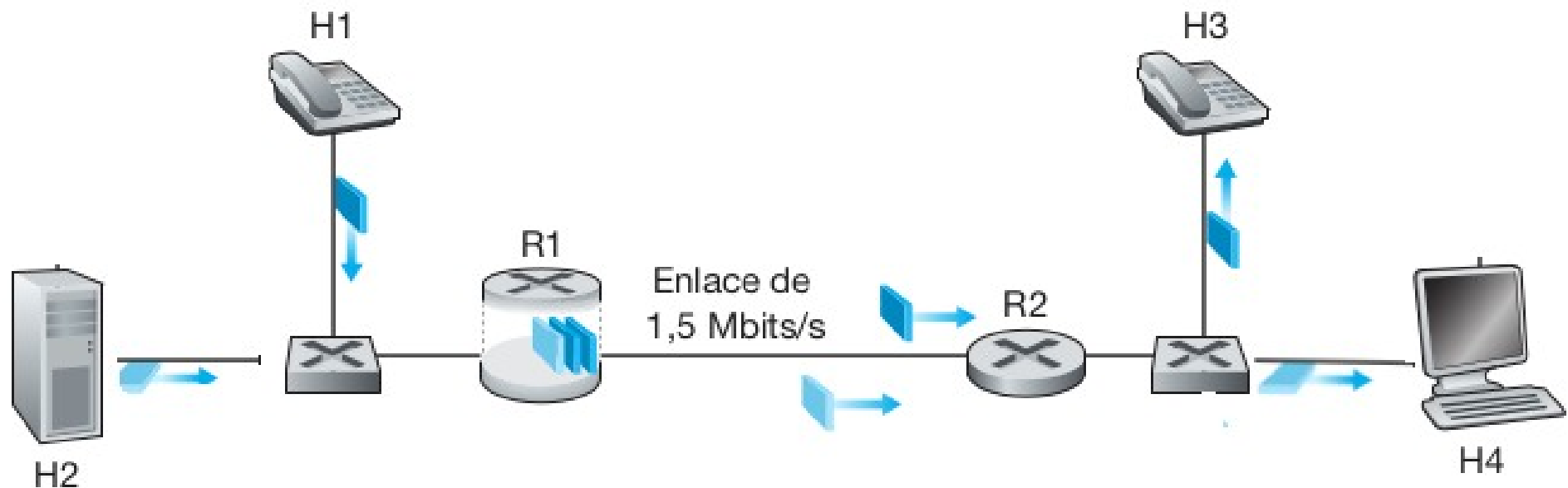
### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- “**histórico**” .. primeiros projetistas da Internet claramente tinham essa noção de múltiplas classes de serviço em mente.
- ... campo ToS (Type of Service) no cabeçalho IPv4 e também presente no ancestral do datagrama IPv4 (como se segue) !!
- ... tipo de serviço [campo] fornece uma indicação dos parâmetros abstratos da qualidade de serviço desejada.
- ... tais parâmetros (abstratos) devem ser usados para guiar a escolha de parâmetros através de serviço quando um datagrama tiver sendo transmitido através de uma rede específica.
- ... muitas redes ofertam serviços prioritários, os quais de alguma forma reservam mais atenção ao tráfego de prioridade alta do que aos outros.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

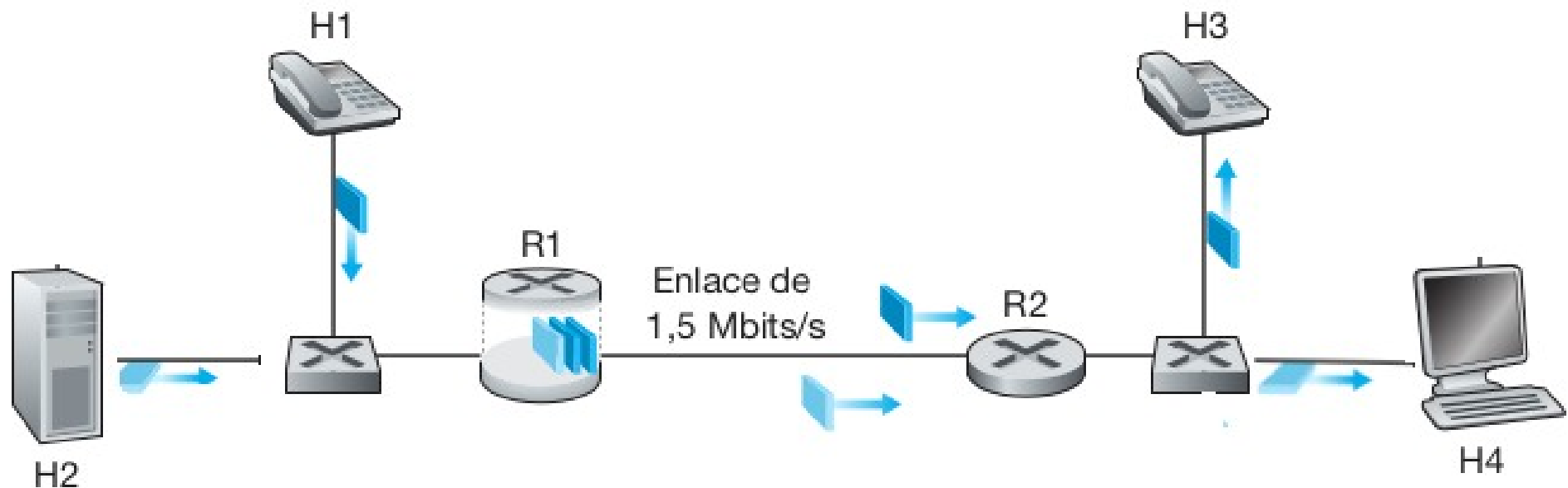
- e.g., considere um cenário simples em um rede com 02 fluxos de mídia com origem nos “hosts” H1 e H2 de uma LAN e destinos nos “hosts” H3 e H4 em outra LAN.
- ... roteadores nas duas LANs são ligados por um enlace de 1,5 Mbps.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- “**suposição**” .. velocidades das LANs é bem mais alta do que o enlace entre os roteadores R1 e R2 que é de 1,5 Mbps.
- “**análise**” .. seja o atraso na fila de saída do roteador R1, posto que é justamente em R1 que irá ocorrer atraso e perda de pacotes uma vez que a taxa agregada de envio de H1 e H2 exceda 1,5 Mbps.

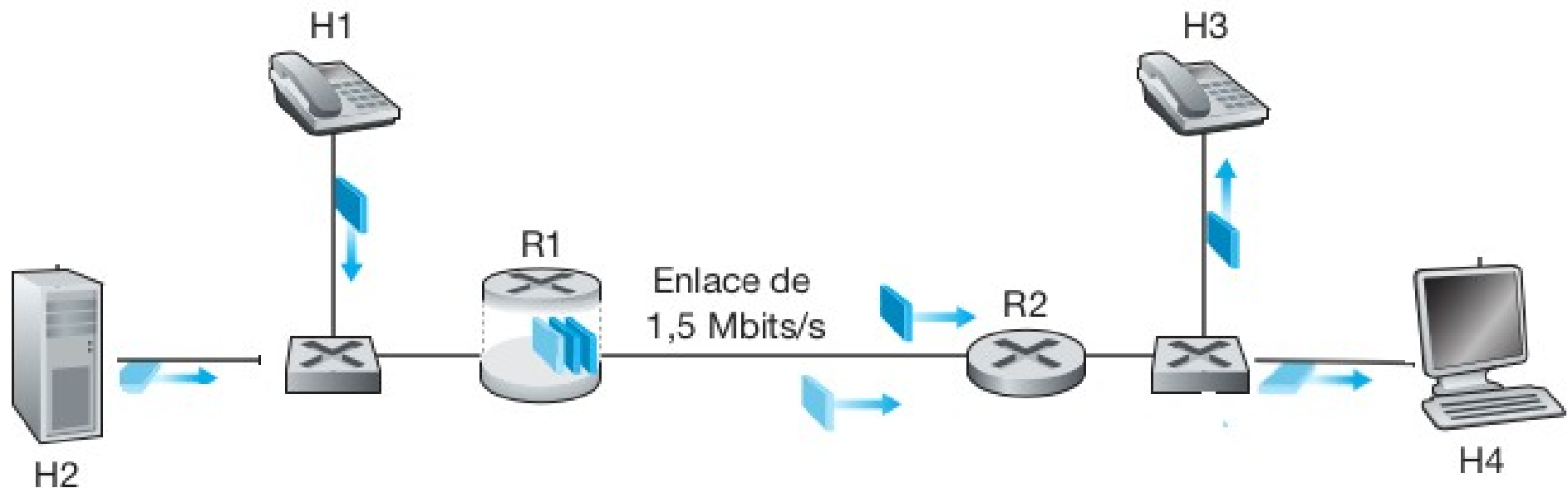




## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

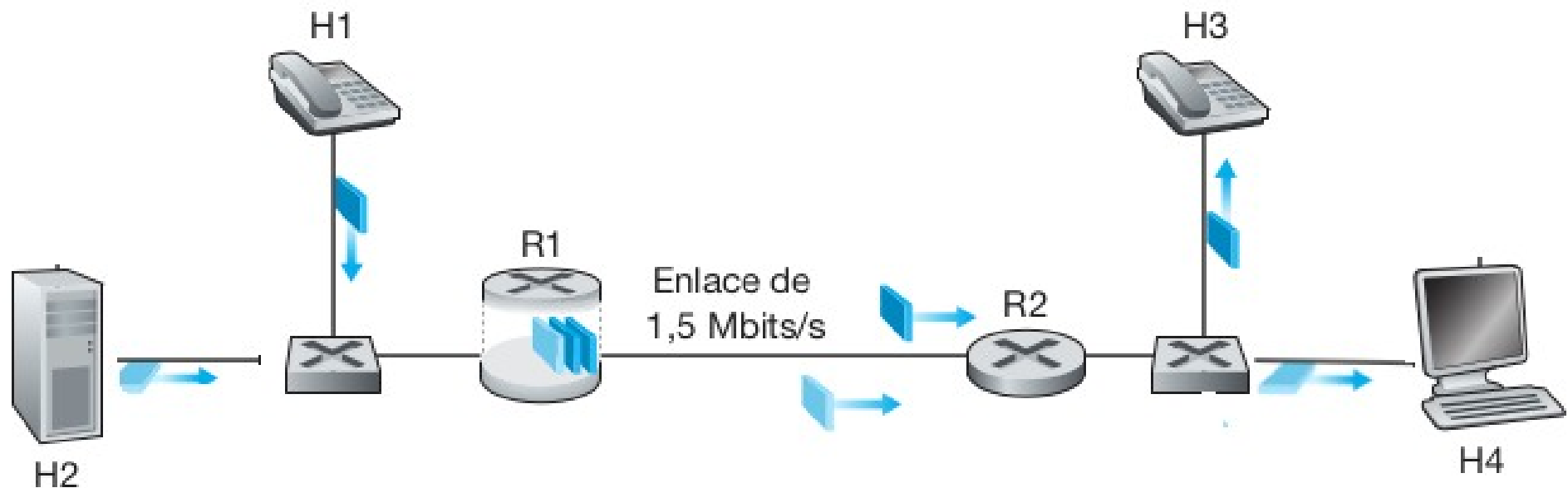
- “**suposição**” .. aplicação de áudio de 1 Mbps, p.ex., chamada de áudio com qualidade CD, compartilha o enlace de 1,5 Mbps entre R1 e R2 com uma aplicação de navegação Web HTTP.
- H4 efetua o “download” de páginas Web cuja origem é o “host” H2.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

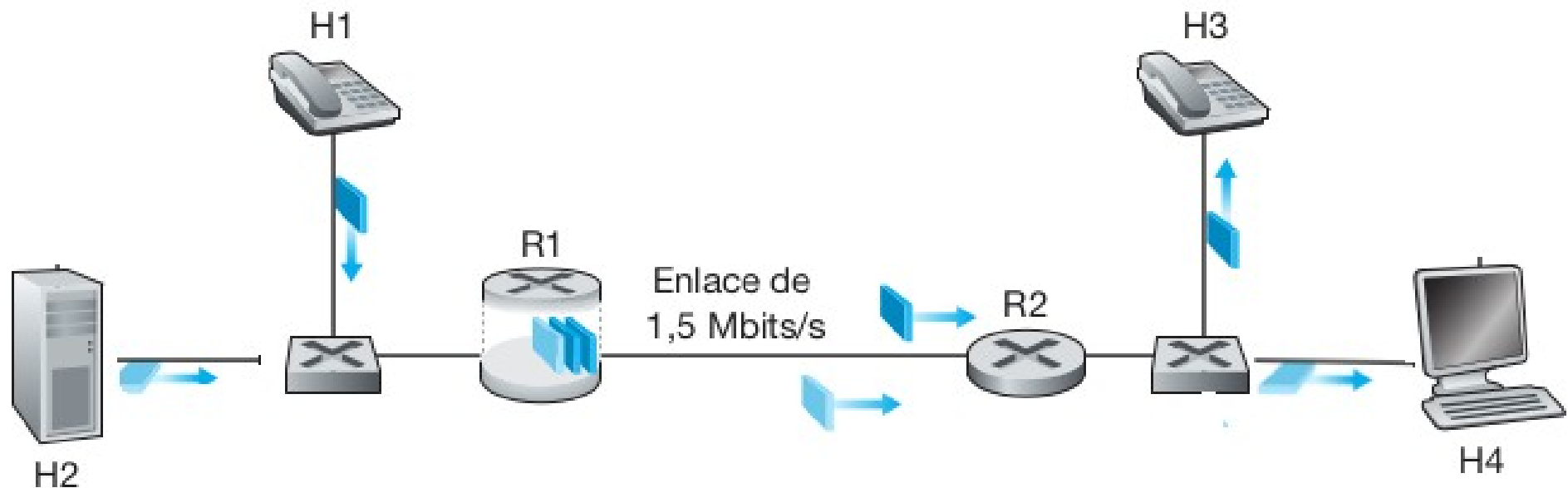
- “**suposição**” .. pacotes de áudio e HTTP são misturados na fila de saída de R1 e transmitidos na ordem First-In First-Out (FIFO).
- “**problema**” .. rajada de pacotes de H2 pode lotar a fila, fazendo com que pacotes IP de áudio sofram atraso excessivo ou perda !!
- “**pergunta**” .. como resolver esse problema potencial ?!



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

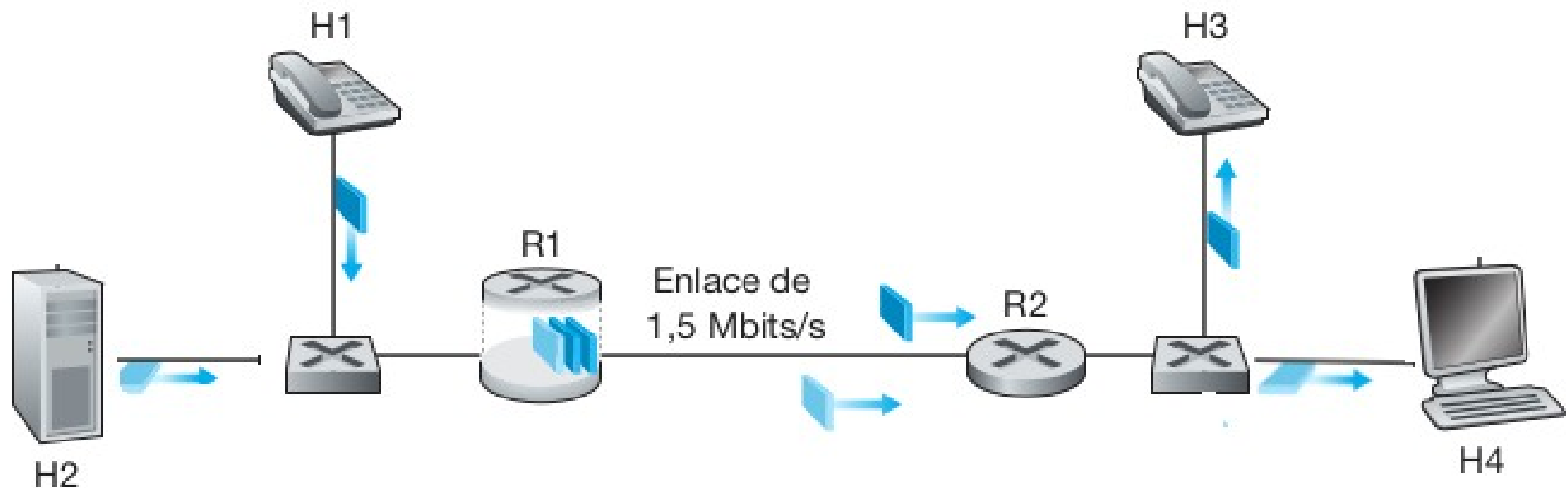
- “**proposta**” .. dado que a aplicação de navegação Web não tem limitação de tempo, pode-se dar prioridade aos pacotes de áudio em R1.
- ... em uma disciplina estrita de escalonamento por prioridade, um pacote IP de áudio no buffer de saída de R1 será sempre transmitido antes de qualquer pacote HTTP nesse mesmo buffer.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

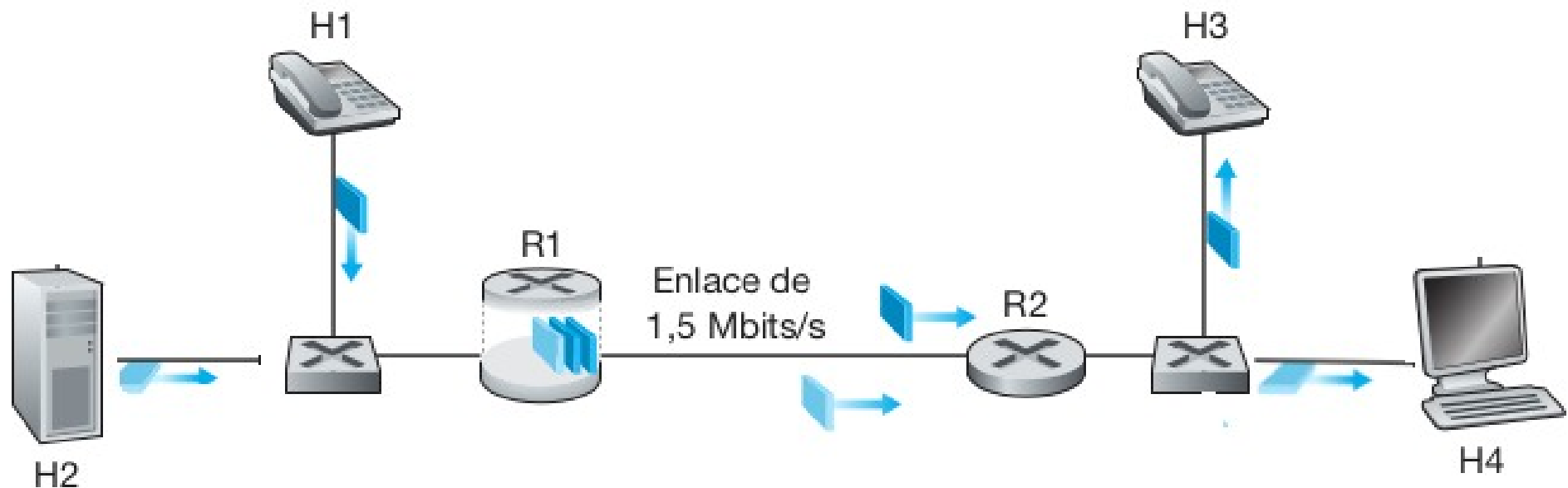
- Enlace entre R1 e R2 pode se comportar como um enlace dedicado de 1,5 Mbps para o tráfego de áudio, já o tráfego HTTP irá usar enlace R1-R2 somente quando não houver nenhum tráfego de áudio na fila.
- “**pergunta**” .. como R1 pode distinguir um pacote de outro ??



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

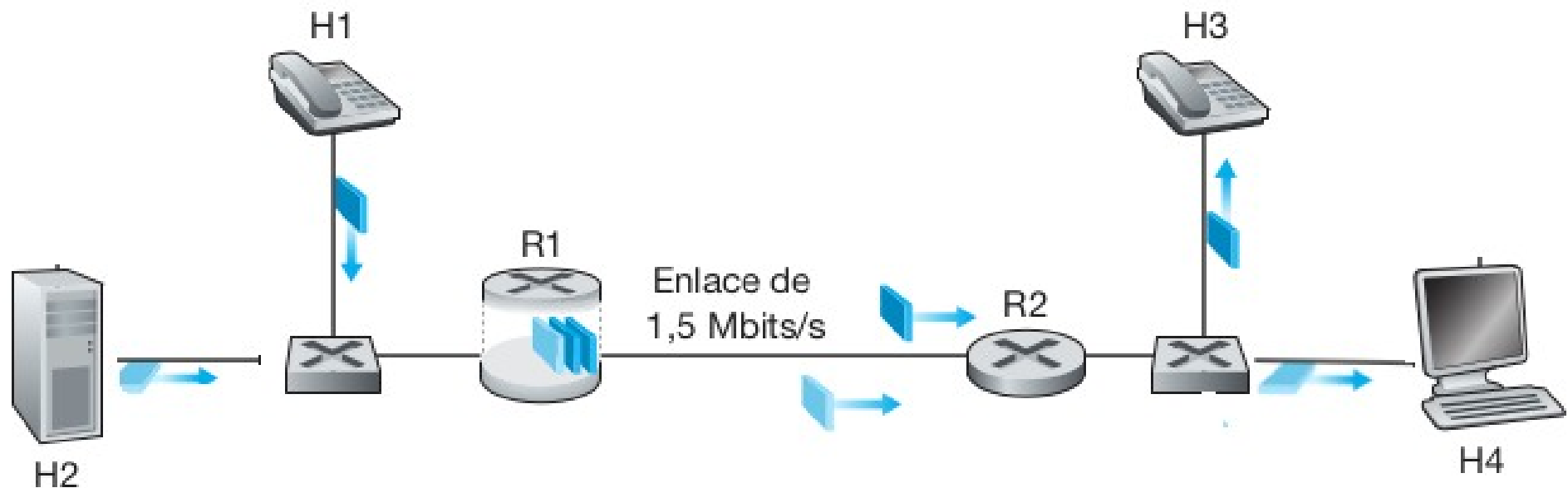
- “**suposição**” .. para R1 distinguir os pacotes de áudio dos pacotes HTTP em sua fila, cada pacote deve ser marcado como pertencente a uma das duas classes de tráfego.
- “**lembrete**” ... esse era o objetivo original do campo Type of Service (ToS) do IPv4 (IP versão 4).



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- “alguns princípios de classes de tráfego” ..
- **Princípio #1** .. marcação de pacotes permite que o roteador faça a distinção de pacotes pertencentes a diferentes classes de tráfego.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- e.g., assumindo que o roteador saiba que deve dar prioridade a pacotes da aplicação de áudio de 1 Mbps, como garantir que um fluxo estará limitado a 1 Mbps e que o outro estará limitado a 0,5 Mbps ?!
- “**pergunta**” .. o que acontece se a aplicação de áudio começar a enviar pacotes a uma taxa de 1,5 Mbps ou mais alta, seja com má intenção, seja devido a um erro de aplicação ?!
- “**resultado**” .. pacotes HTTP morrem por inanição, isto é, não recebem nenhum serviço no enlace entre R1 e R2.
- ... problemas semelhantes ocorrem se várias aplicações, todas com a mesma classe de serviço, compartilharem a largura de banda de um enlace » podem coletivamente arruinar a sessão HTTP.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

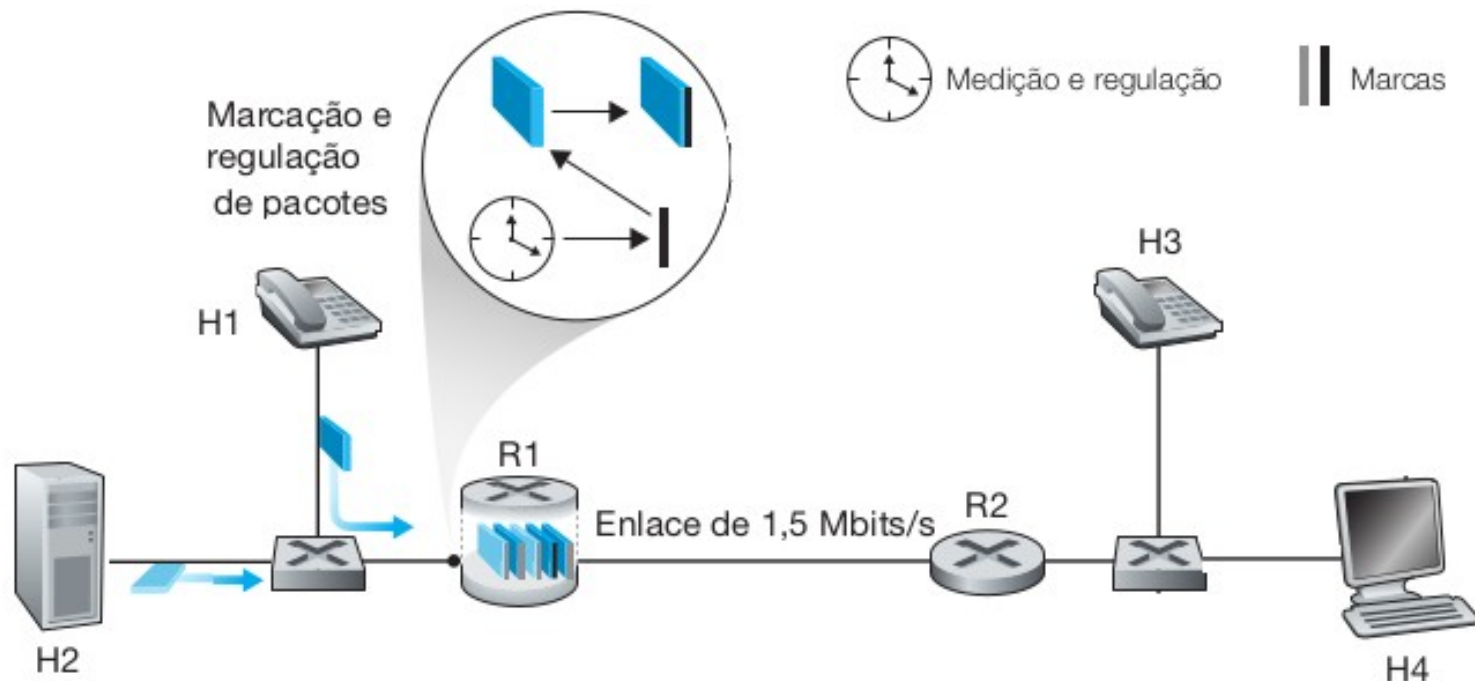
- e.g., assumindo que o roteador saiba que deve dar prioridade a pacotes de áudio de 1 Mbps, como garantir que um fluxo estará limitado a 1 Mbps e que o outro fluxo estará limitado a 0,5 Mbps ?!
- “**objetivo**” .. contemplar um grau de isolamento entre as classes de tráfego, para proteger uma classe da outra.
- ... essa proteção pode ser implementada em diferentes locais da rede, p.ex., em todo e qualquer roteador, na primeira entrada na rede ou nos limites da rede entre domínios.
- **Princípio #2** .. desejável fornecer algum grau de isolamento de tráfego entre as classes, para que uma classe não seja afetada adversamente por outra classe cujo comportamento seja inadequado.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

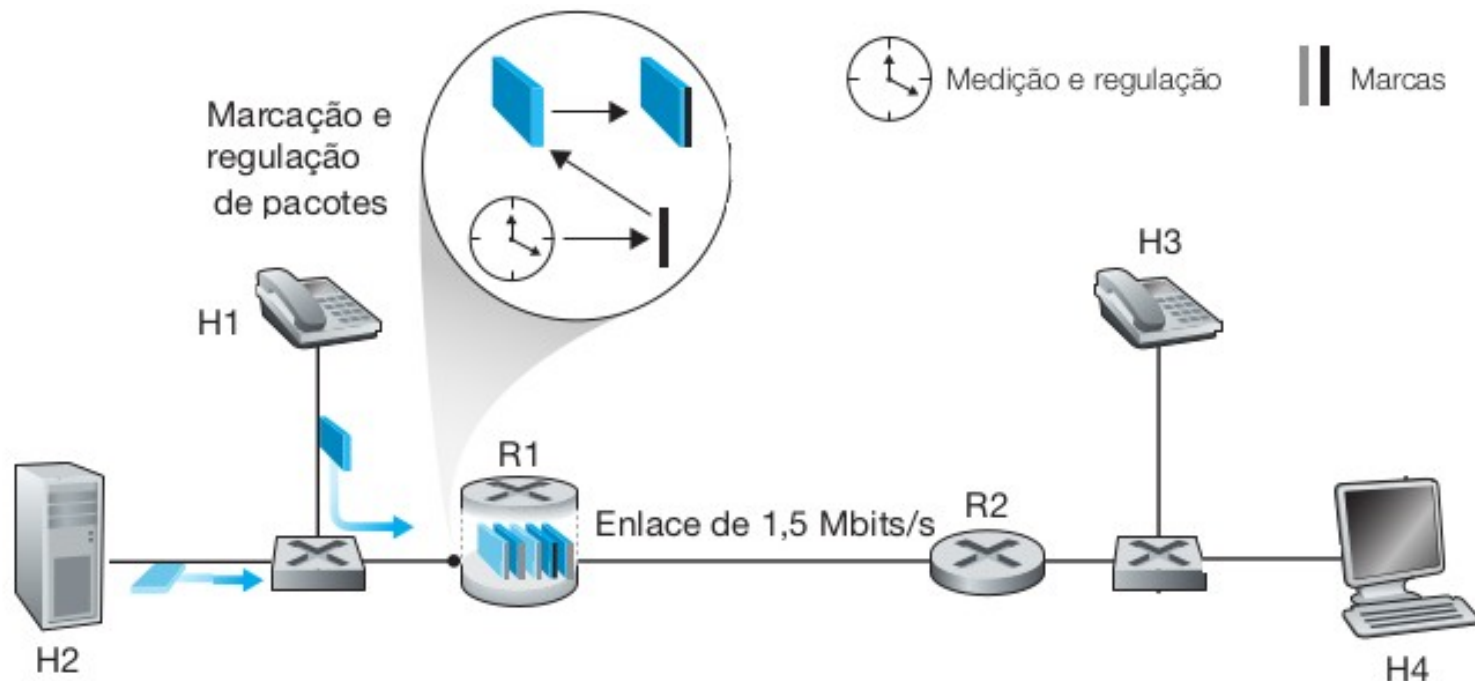
- e.g., se uma classe ou fluxo de tráfego deve se ajustar a certos critérios, então um mecanismo de regulação pode ser introduzido para assegurar que esse critério seja, de fato, observado.
- .. se a aplicação regulada se comportar mal, o mecanismo de regulação executa alguma ação, de modo que o tráfego que está entrando na rede obedeça aos critérios previamente estabelecidos.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

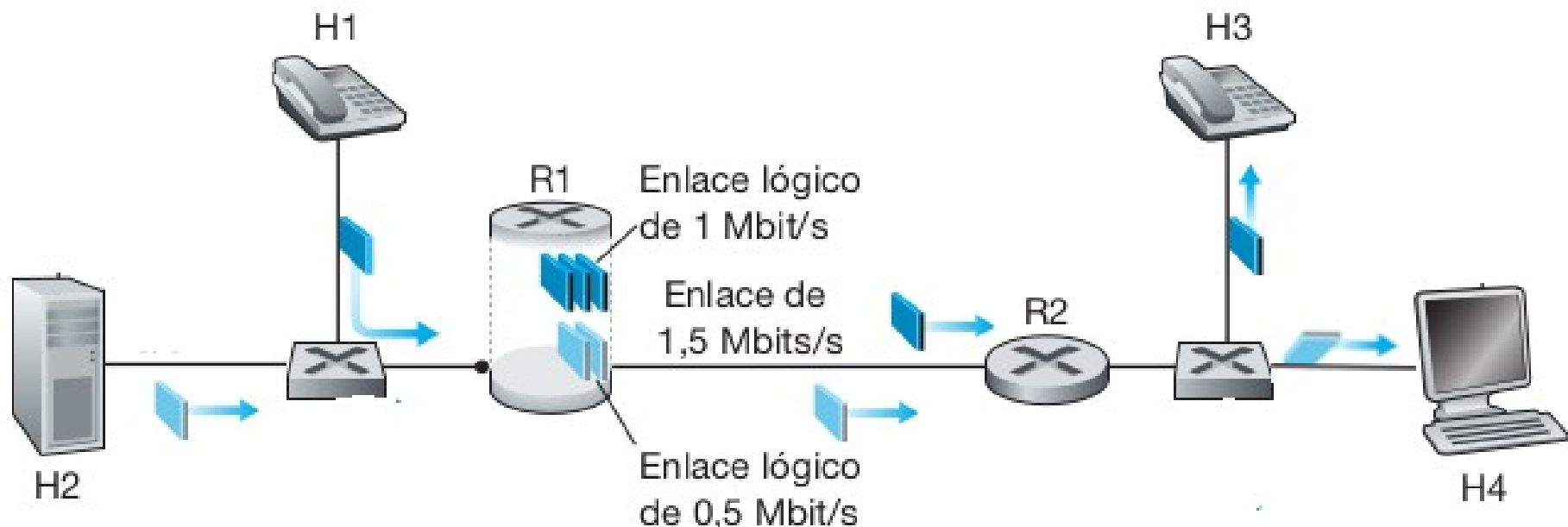
- “**exemplo de regulador**” ... mecanismo do tipo “leaky bucket”, que será detalhado, é um mecanismo de regulação bastante utilizado.
- .. na figura, o mecanismo de classificação e marcação de pacotes (Princípio #1) e o mecanismo de regulação (Princípio #2) estão na borda da rede, seja no sistema final, seja em um roteador de borda.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

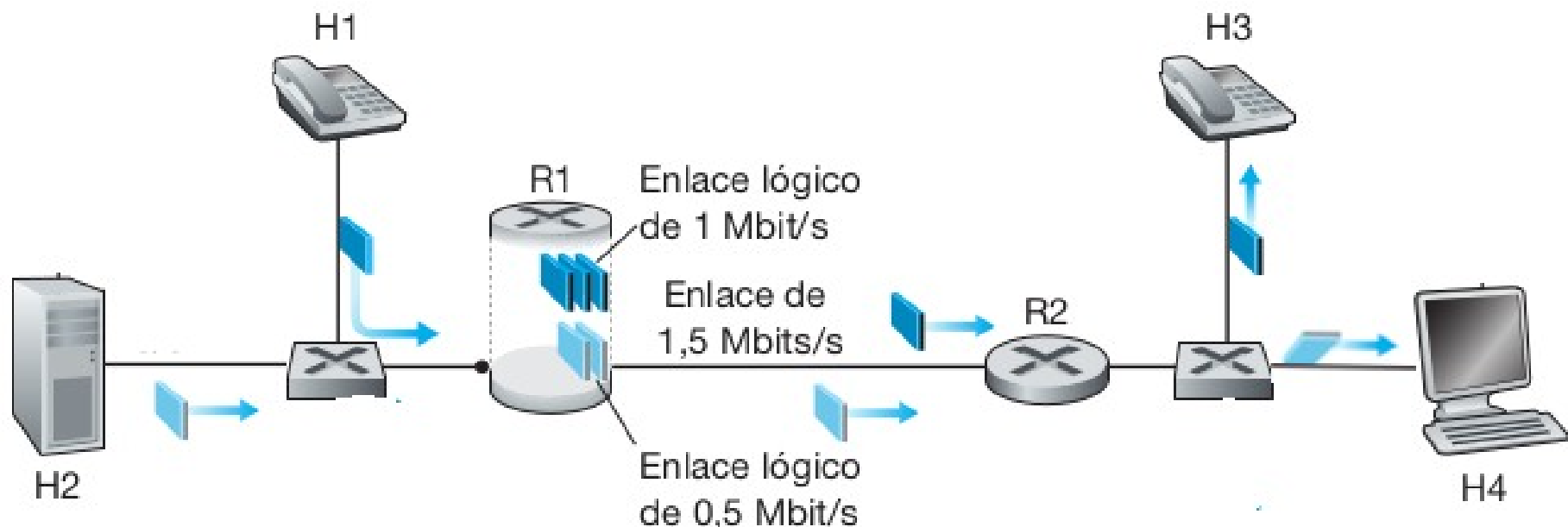
- “**abordagem alternativa**” .. deixar para o mecanismo de programação de pacotes na camada de enlace a tarefa de alocar explicitamente uma parte fixa da largura de banda de enlace a cada classe.
- e.g., classe de áudio pode alocar 1 Mbps em R1 e a classe HTTP, 0,5 Mbps, ou seja, os fluxos de áudio e HTTP percebem um enlace lógico com capacidade de 1 Mbps e 0,5 Mbps, respectivamente.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

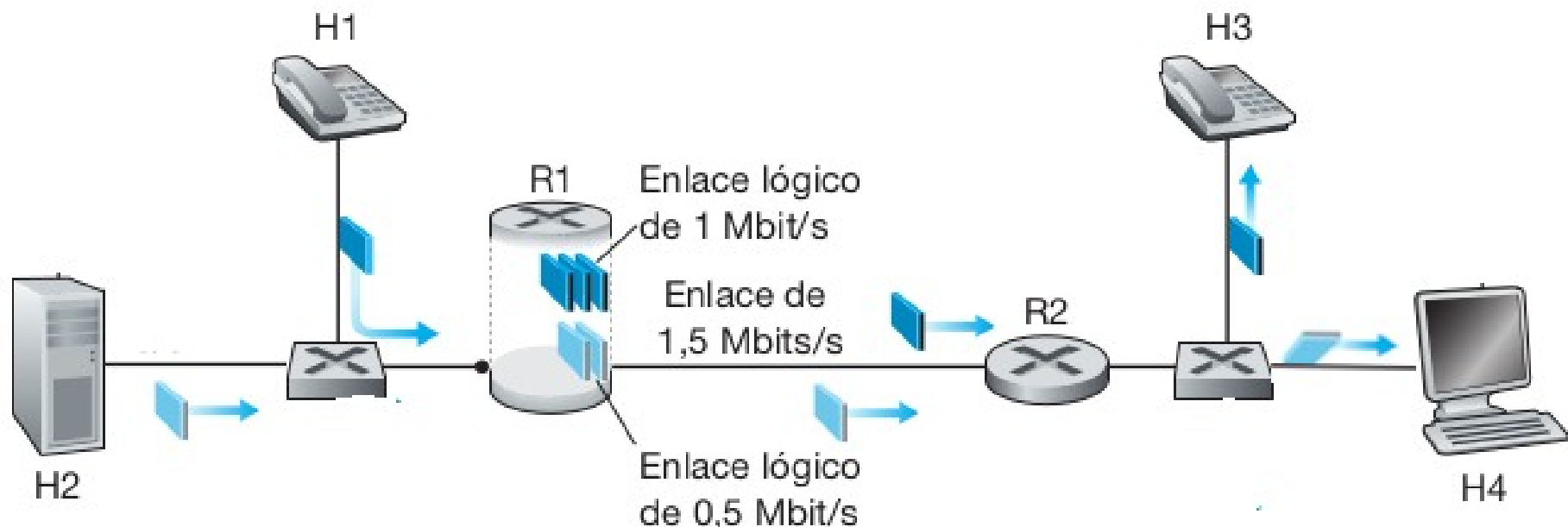
- “**imposição estrita de alocação de largura de banda**” .. um fluxo pode usar a largura de banda que lhe foi alocada e nenhuma outra largura de banda ainda que não esteja sendo usada.
- “**consequência**” .. se o fluxo de áudio silenciar, ainda assim o HTTP não consegue transmitir mais do que 0,5 Mbps pelo enlace de R1 a R2, mesmo que o 1 Mbps não esteja sendo utilizado.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

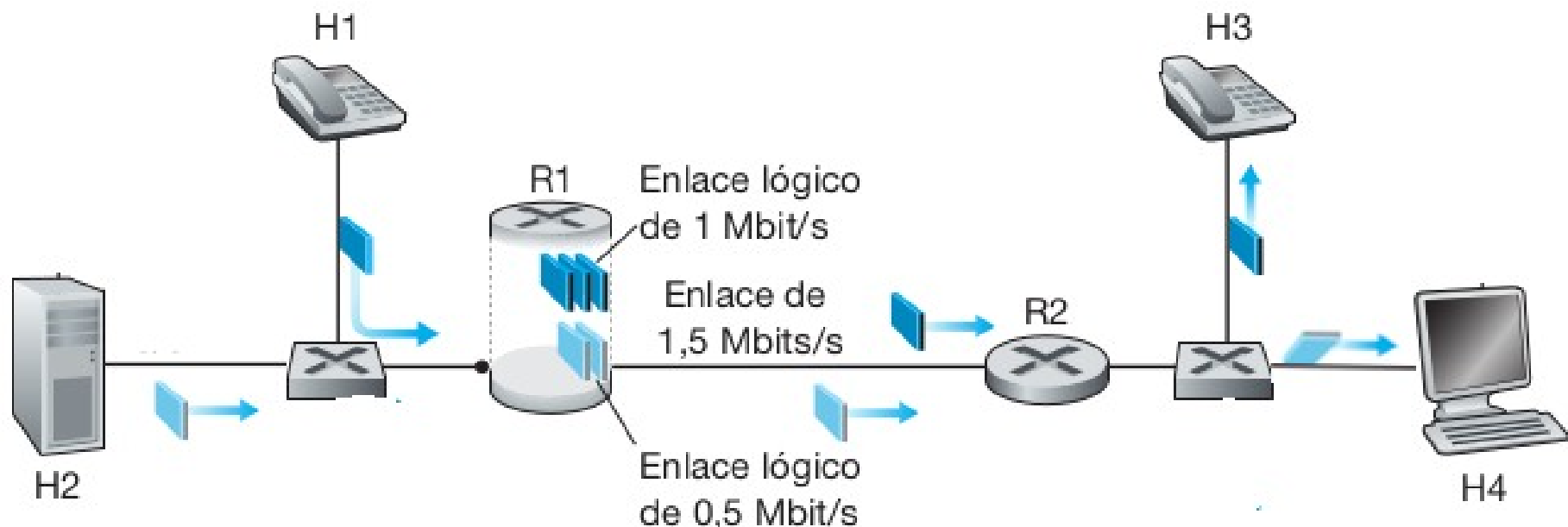
- “**constatação**” .. largura de banda é um recurso do tipo “use ou perca” e, portanto, não há motivo para impedir que o tráfego HTTP use a largura de banda não usada pelo tráfego de áudio.
- .. desejável usar a largura de banda da forma mais eficiente possível, sem desperdício quando puder ser usada para outra finalidade.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- “**objetivo**” .. uso da largura de banda da forma mais eficiente possível, origina o terceiro princípio.
- **Princípio #3** .. ao fornecer isolamento de classes, é desejável que se use os recursos (p.ex., buffers e largura de banda de enlace) da maneira mais eficiente possível.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

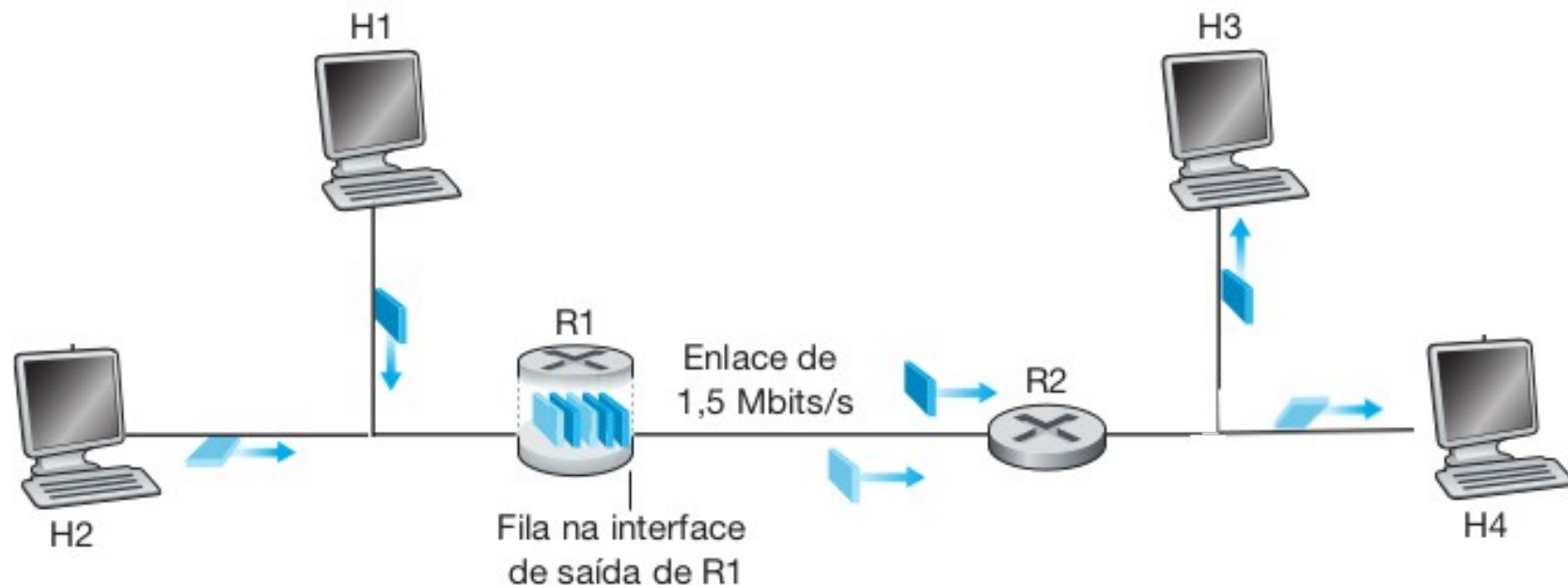
### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- “**mecanismo de escalonamento**” .. pacotes pertencentes a vários fluxos de rede são multiplexados e enfileirados para transmissão nos buffers de saída associados a um enlace.
- “**disciplina de escalonamento**” ... define o modo como os pacotes enfileirados são selecionados para transmissão no enlace.
- ... vejamos algumas importantes disciplinas de escalonamento.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- **“First-In First-Out” (FIFO)** .. pacotes que chegam à fila de saída do enlace esperam pela transmissão se, naquele momento, o enlace estiver ocupado com a transmissão de outro pacote.
- .. se não houver espaço para guardar o pacote, a política de descarte de pacotes da fila determina se o pacote será descartado ou se outros serão retirados da fila para dar espaço ao que está chegando.

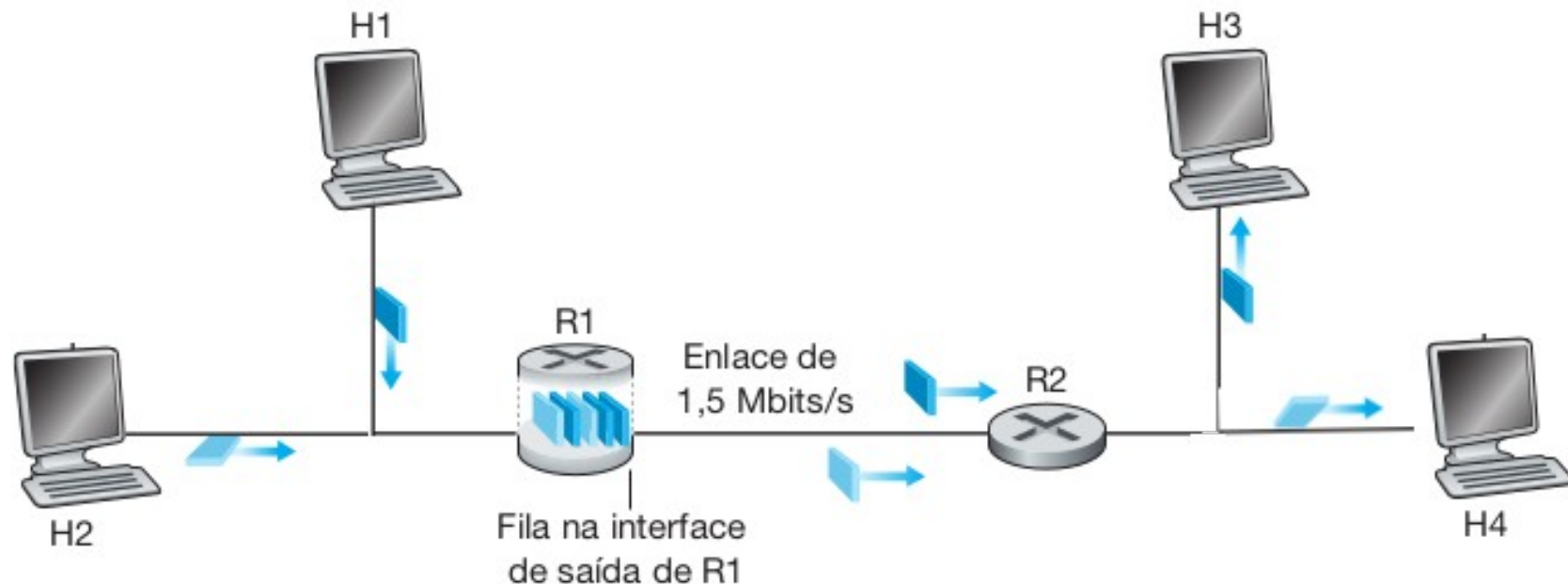




## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

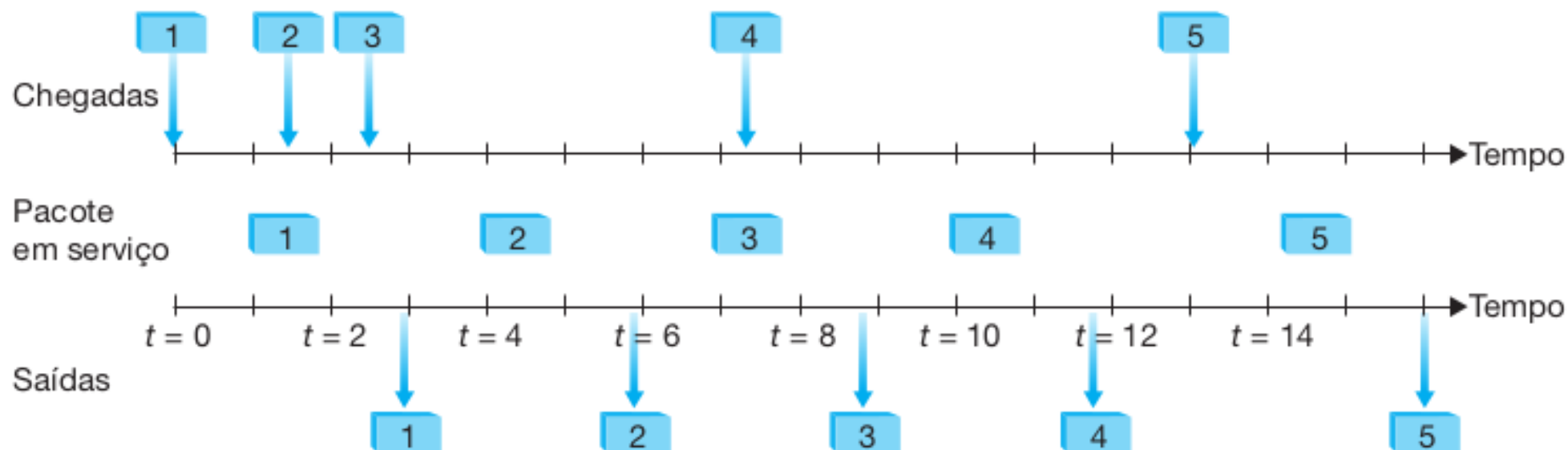
- “**premissa**” .. vamos ignorar o descarte de pacotes, ou seja, quando um pacote é transmitido integralmente pelo enlace de saída (isto é, recebe serviço), ele é retirado da fila.
- **FIFO** é também conhecida como FCFS (**First-Come First-Served**) .. seleciona pacotes para transmissão pelo enlace na mesma ordem em que eles chegam na fila de saída do enlace.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

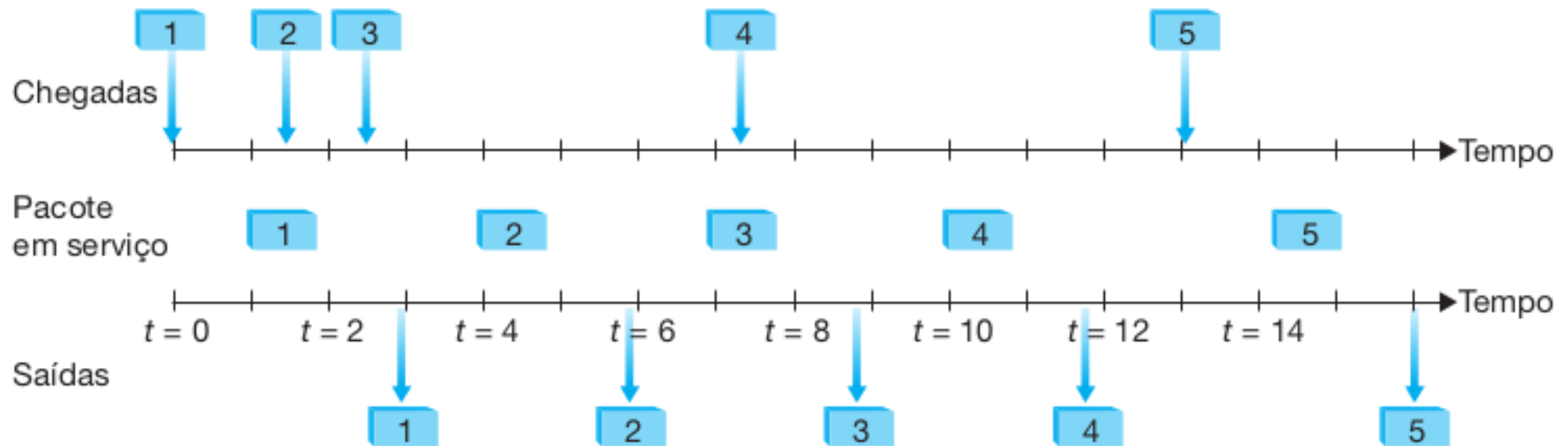
- “**FIFO em operação**” .. chegadas de pacotes são indicadas por setas numeradas acima da linha superior de tempo, enquanto que as saídas de pacotes individuais aparecem abaixo da linha inferior de tempo.
- .. tempo que um pacote passa no atendimento (sendo transmitido) é indicado pelo retângulo sombreado entre as duas linhas de tempo.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

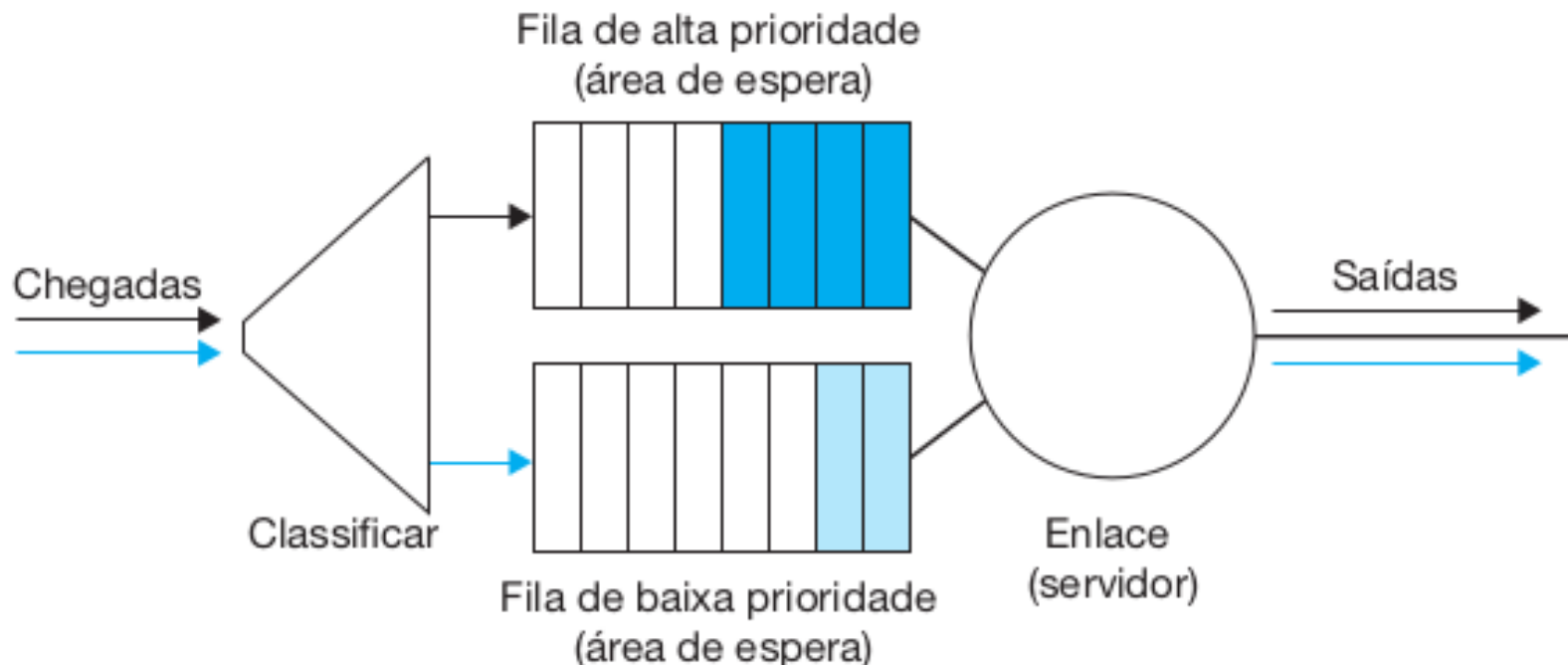
- “**conclusão**” .. em razão da disciplina FIFO, os pacotes são transmitidos na mesma ordem em que chegam na fila.
- “**observação**” ... após a saída do pacote 4, o enlace permanece ocioso até a chegada do pacote 5, pois os pacotes 1 a 4 já foram transmitidos e retirados da fila.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

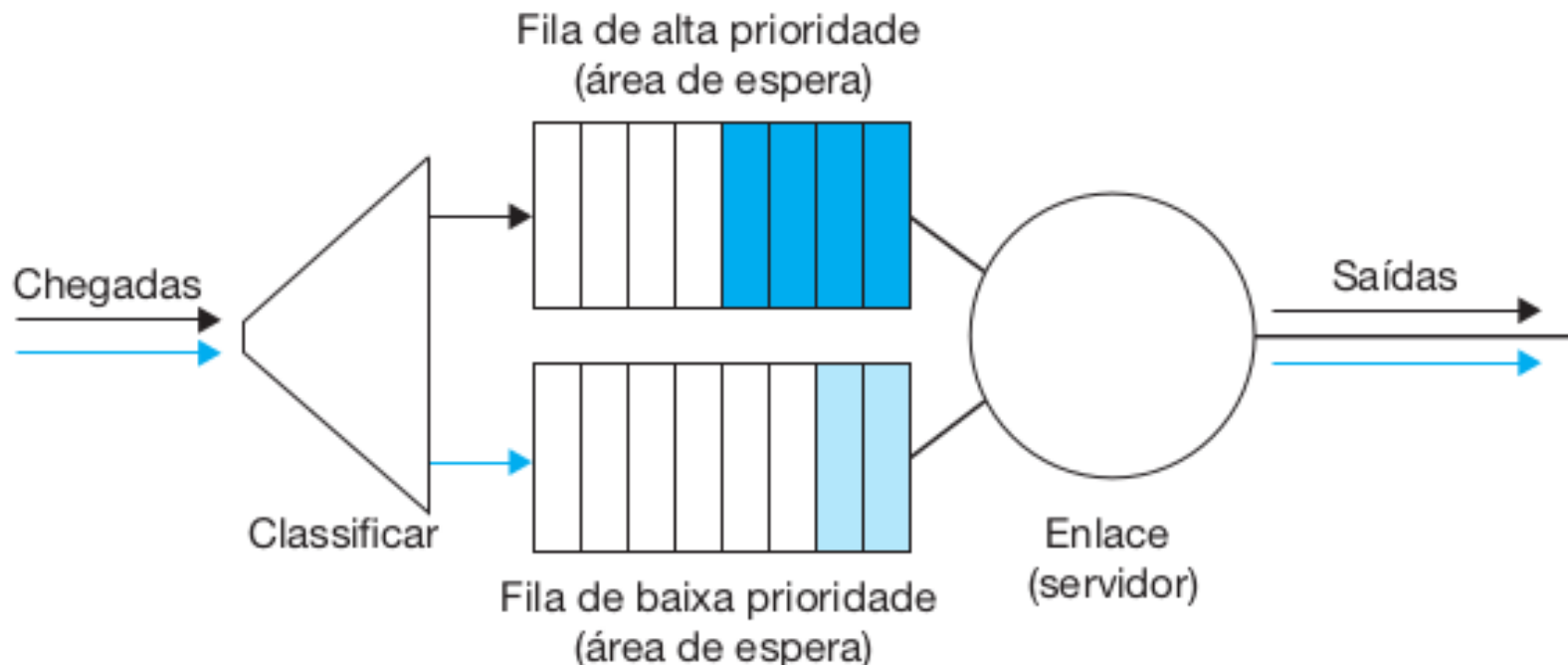
- “**enfileiramento prioritário**” .. pacotes que chegam ao enlace de saída são classificados em classes de prioridade na fila de saída.
- ... classe de prioridade de um pacote pode depender de uma marca explícita que ele carrega em seu cabeçalho, p.ex., endereço IP de origem ou destino, seu número de porta de destino ou outro critério.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

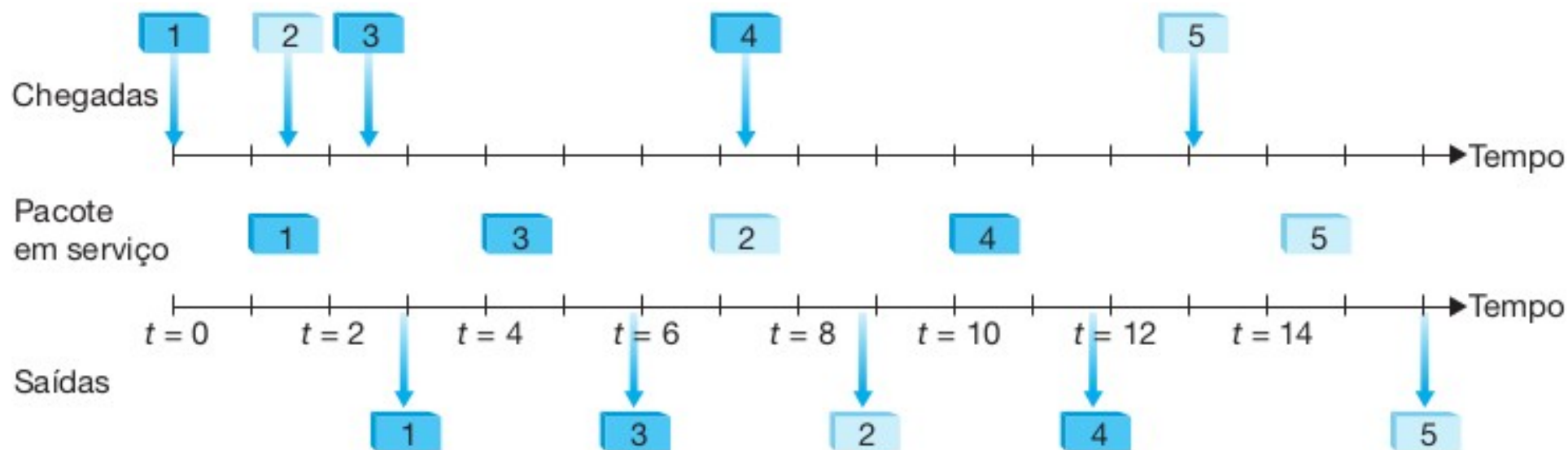
- ... ao escolher um pacote para transmitir (enfileiramento prioritário) transmite-se um pacote da classe de prioridade mais alta cuja fila não esteja vazia (isto é, tenha pacotes esperando transmissão).
- ... no caso de pacotes pertencentes a mesma classe de prioridade, a seleção é normalmente realizada por FIFO ou FCFS.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

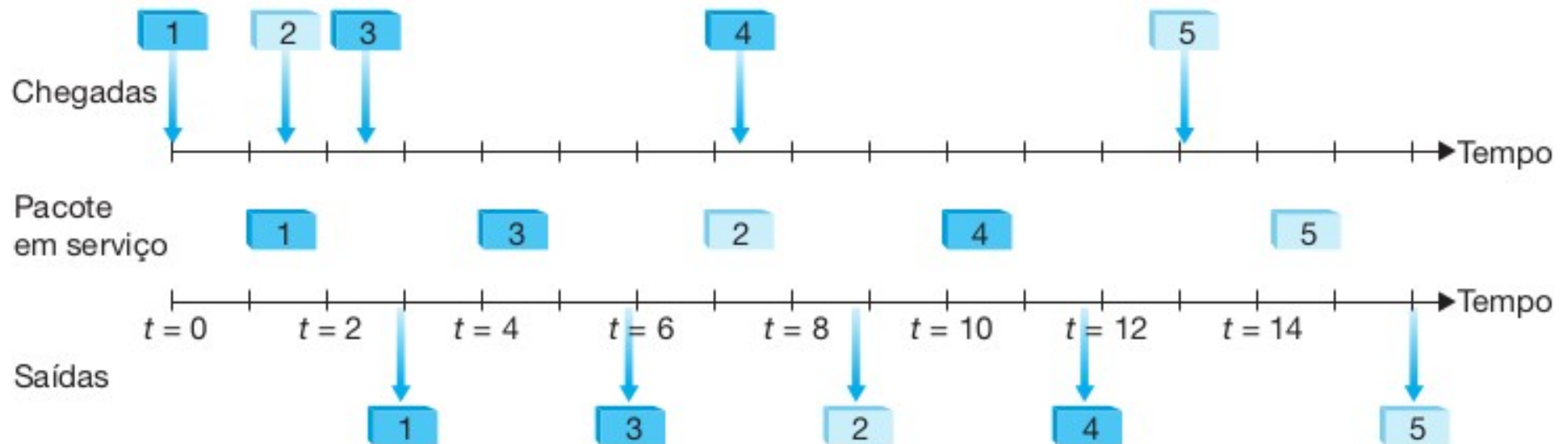
- **“enfileiramento prioritário com múltiplas classes”** .. os pacotes 1, 3 e 4 pertencem à classe de alta prioridade enquanto que os pacotes 2 e 5 pertencem à classe de baixa prioridade.
- ... pacote 1 chega e ao encontrar o enlace vazio, inicia a transmissão, enquanto os pacotes 2 e 3 chegam e são colocados nas filas de baixa e de alta prioridade, respectivamente.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

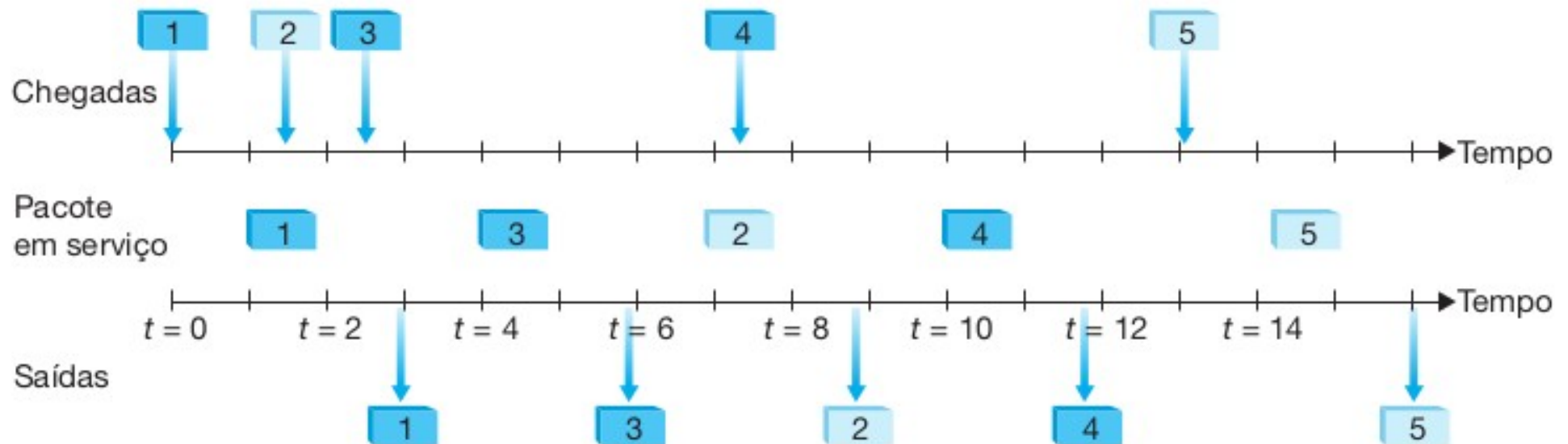
- .. na sequência o pacote 3 (alta prioridade) é selecionado para transmissão, passando à frente do pacote 2, que mesmo tendo chegado primeiro, é de baixa prioridade.
- .. na sequência e, enquanto transmitindo o pacote 2, o pacote 4 (alta prioridade) chega durante a transmissão de 2 (de baixa prioridade).



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- “**princípio**” .. no enfileiramento prioritário não preemptivo, a transmissão de um pacote não é interrompida se já tiver começado.
- Nesse caso, o pacote 4 entra na fila para transmissão e começa a ser transmitido após a conclusão da transmissão do pacote 2.





## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

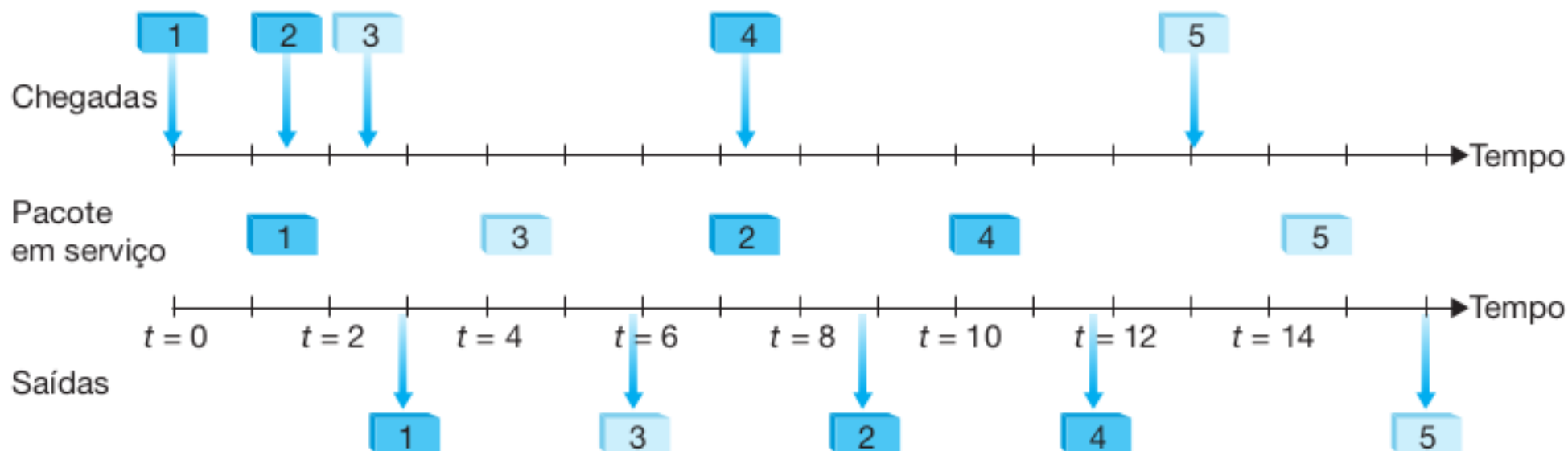
### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- **“enfileiramento por varredura cíclica”** .. pacotes são classificados do mesmo modo que no enfileiramento prioritário.
- ... mas, em vez de uma prioridade estrita de serviço entre as classes, um escalonador de varredura cíclica alterna serviços entre elas.
- **“forma mais simples”** .. transmite-se um pacote de classe 1, na sequência um pacote de classe 2, na sequência um pacote de classe 1, na sequência um pacote de classe 2 e assim por diante.
- ... este tipo de disciplina não permite que o enlace fique ocioso enquanto houver pacotes (qualquer classe) enfileirados para transmissão.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

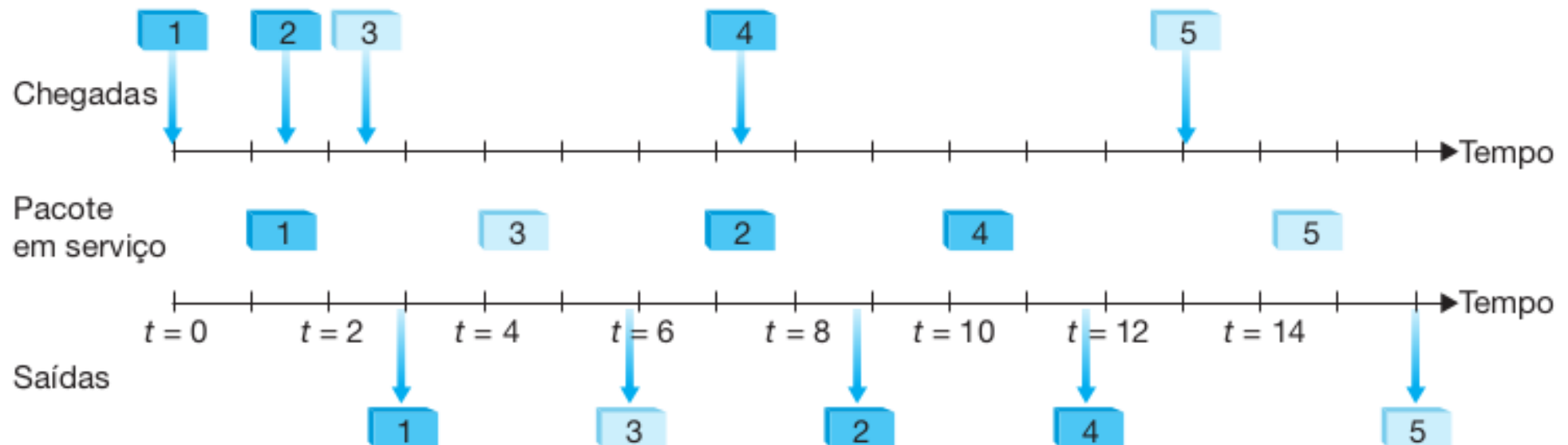
- e.g., considere a operação de uma fila de duas classes por varredura cíclica na qual os pacotes 1, 2 e 4 pertencem a classe 1 e os pacotes 3 e 5 pertencem a classe 2.
- ... pacote 1 inicia a transmissão imediatamente após sua chegada na fila de saída, enquanto os pacotes 2 e 3 chegam durante a transmissão do pacote 1 e, assim, entram na fila.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- .. na sequência, o escalonador de enlace procura um pacote de classe 2 e, então, transmite o pacote 3.
- .. na sequência, o escalonador procura um pacote de classe 1 e, então, transmite o pacote 2. Após a transmissão do pacote 2, o pacote 4 é o único na fila, assim, ele é transmitido imediatamente após o pacote 2.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

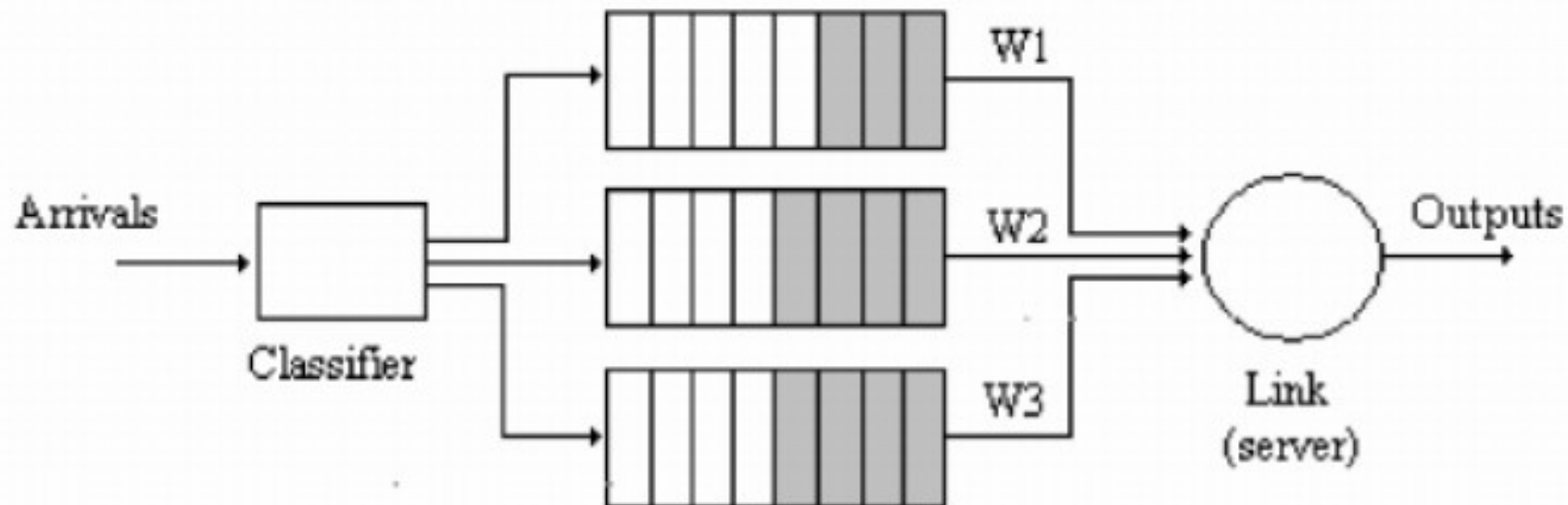
### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- “**abstração generalizada da varredura cíclica**” ... também denominada denominada “Weighted Fair Queuing (WFQ), encontrou considerável utilização nas arquiteturas com qualidade de serviço.
- ... programador WFQ atende às classes de modo cíclico, inicialmente a classe 1, depois a classe 2 e, em seguida, a classe 3 e, então (supondo que haja três classes) repete o esquema de serviço.
- ... é também uma disciplina de enfileiramento de “conservação de trabalho”, assim, ao encontrar uma fila de classe vazia, ela imediatamente passa para a classe seguinte na sequência de atendimento.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

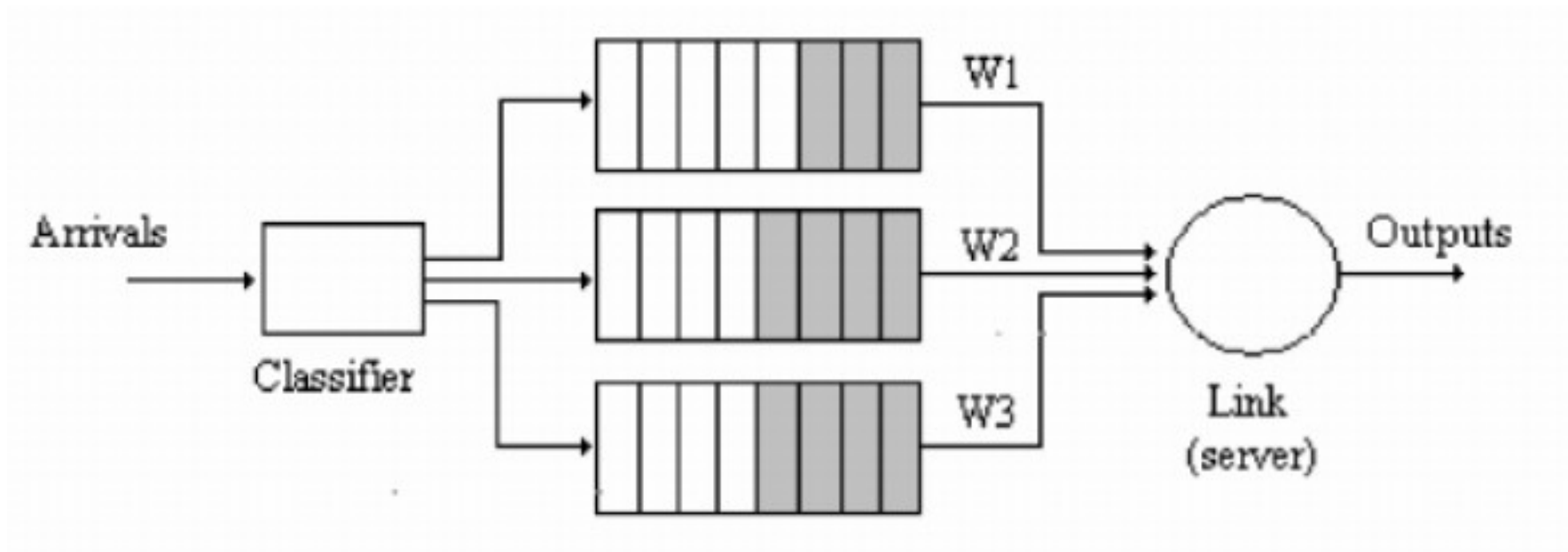
- “**Weighted Fair Queuing**”.. diferente da varredura cíclica, pois cada classe “i” pode receber uma quantidade de serviço diferenciado “ $w_i$ ” a qualquer intervalo de tempo.
- ... garante-se que, em qualquer intervalo de tempo durante o qual houver pacotes da classe “i” para transmitir, a mesma receberá uma fração de serviço igual a “ $w_i / \sum(w_j)$ ”.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

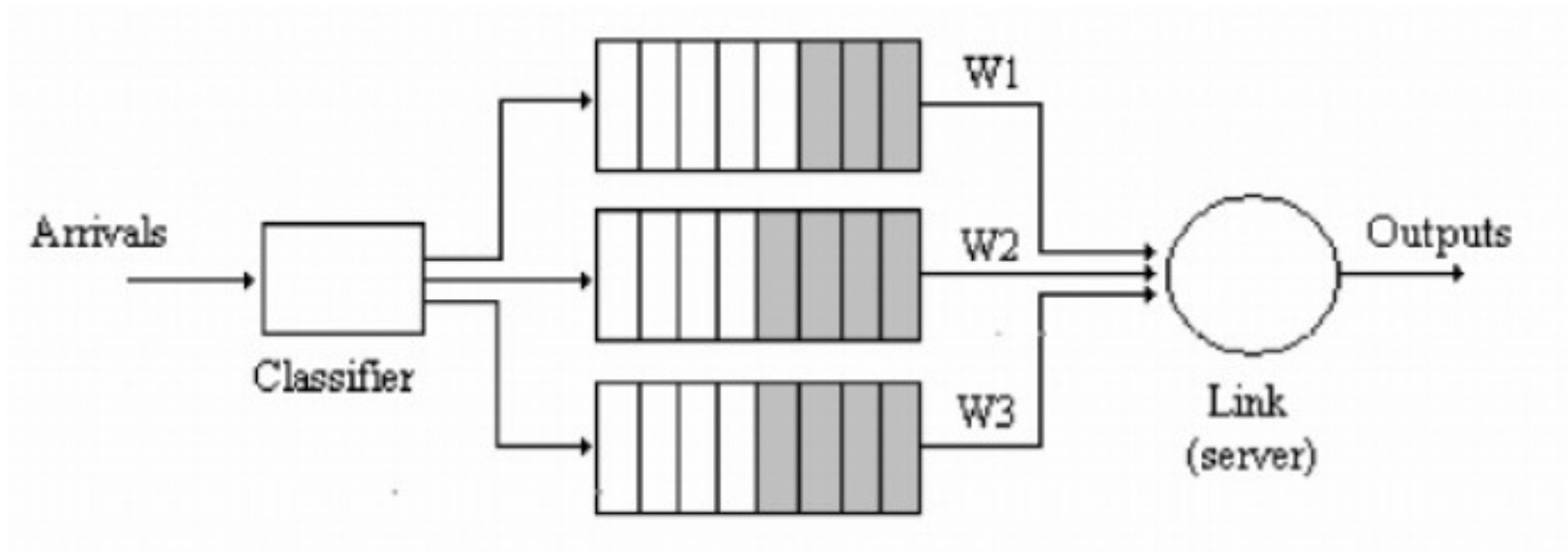
- ... garante-se que, em qualquer intervalo de tempo durante o qual houver pacotes da classe “i” para transmitir, a mesma receberá uma fração de serviço igual a “ $w_i / \sum(w_j)$ ”.
- ... onde “ $\sum(w_j)$ ” é a soma de todas as classes que têm pacotes enfileirados para transmissão.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- ... no pior caso, mesmo que todas as classes tenham pacotes na fila, a classe “i” ainda terá garantido o recebimento de uma fração.
- ... assim, para um enlace com taxa de transmissão  $R$ , a classe “i” consegue uma vazão de, no mínimo,  $R * w_i / \sum(w_j)$ .



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- “**regulação da taxa**” .. mecanismo de qualidade de serviço para regular a taxa com que uma aplicação injeta pacotes na rede.
- “**pergunta**” .. quais características e/ou critérios da taxa de pacotes de um fluxo devem ser reguladas ?!
- “**solução**” .. são três os critérios de regulação que se diferem pela escala de tempo durante a qual o pacote é regulado:
  - a) “taxa média”
  - b) “taxa de pico”
  - c) “tamanho da rajada”



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- “**taxa média**” .. taxa de pacotes enviados na unidade de tempo.
- e.g., um fluxo cuja taxa média de 100 pcts./seg é mais restritivo do que um fluxo cuja taxa é 6.000 pcts./min. mesmo que ambos tenham a mesma taxa média durante um intervalo de tempo longo.
- .. segundo fluxo permite que 1000 pacotes sejam enviados em um intervalo de tempo de 01 segundo, enquanto que o primeiro fluxo não.
- ... taxa média limita ou restringe a quantidade de tráfego que pode ser enviada para a rede durante um período de tempo.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- “**taxa de pico**” .. restringe o nro. máximo de pacotes que podem ser enviados durante um período curto de tempo.
- e.g., e.g., um fluxo cuja taxa média de 100 pcts./seg é mais restritivo do que um fluxo cuja taxa é 6.000 pcts./min. mesmo que ambos tenham a mesma taxa média durante um intervalo de tempo longo.
- ... rede pode regular um fluxo a uma taxa média de 6.000 pcts./min. e limitar a taxa de pico do fluxo a 1.500 pacotes por segundo.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

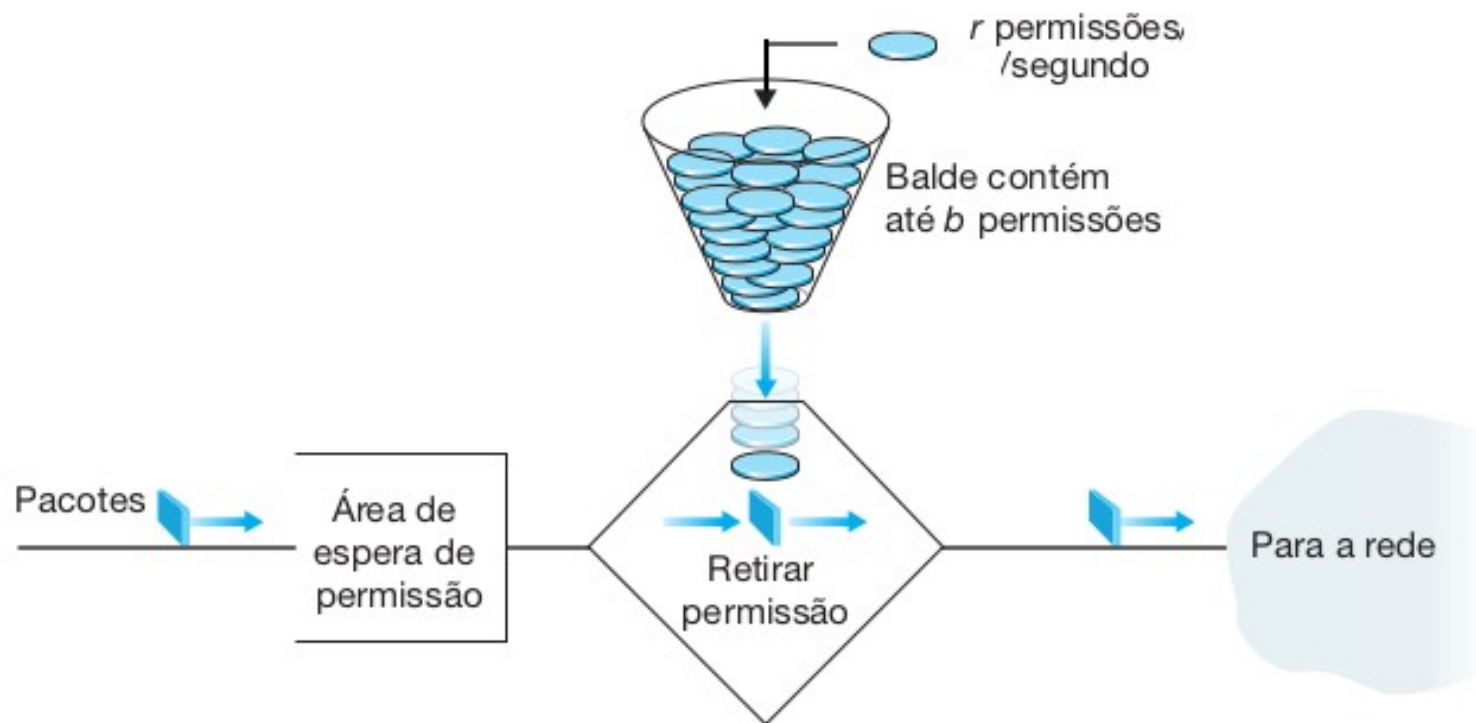
### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- “**tamanho da rajada**” .. limita o nro. máximo de pacotes que podem ser enviados na rede durante um intervalo curtíssimo de tempo.
- ... à medida que o comprimento do intervalo se aproxima de zero, o tamanho da rajada limita o número de pacotes que podem ser enviados instantaneamente para a rede.
- ... mesmo que seja impossível enviar vários pacotes para a rede num dado instante, a abstração de um tamanho máximo de rajada é útil.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

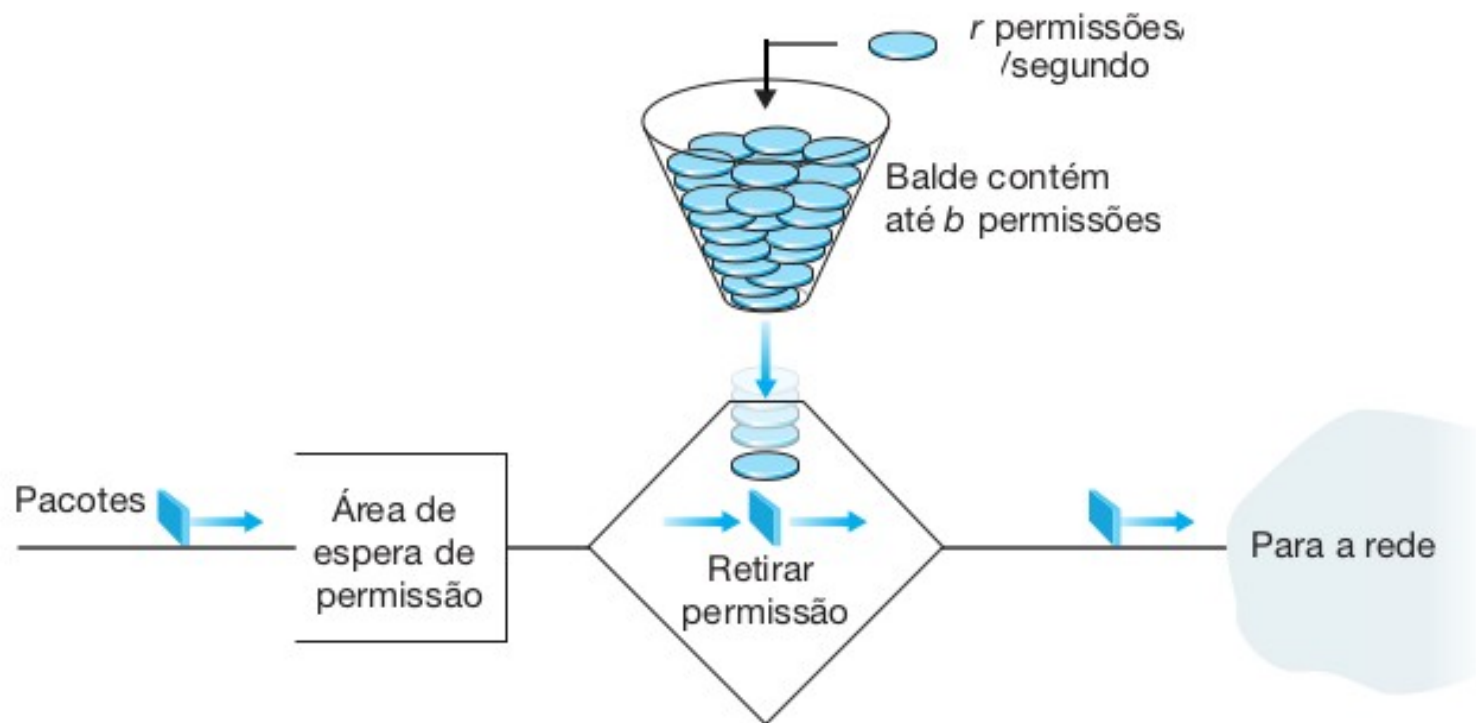
- “**mecanismo do leaky bucket**” .. abstração que pode ser usada para caracterizar os limites da regulação de taxa de transmissão.
- “**leaky bucket**” contempla até “ $b$ ” permissões, permissões estas geradas a uma taxa “ $r$ ” permissões por segundo.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

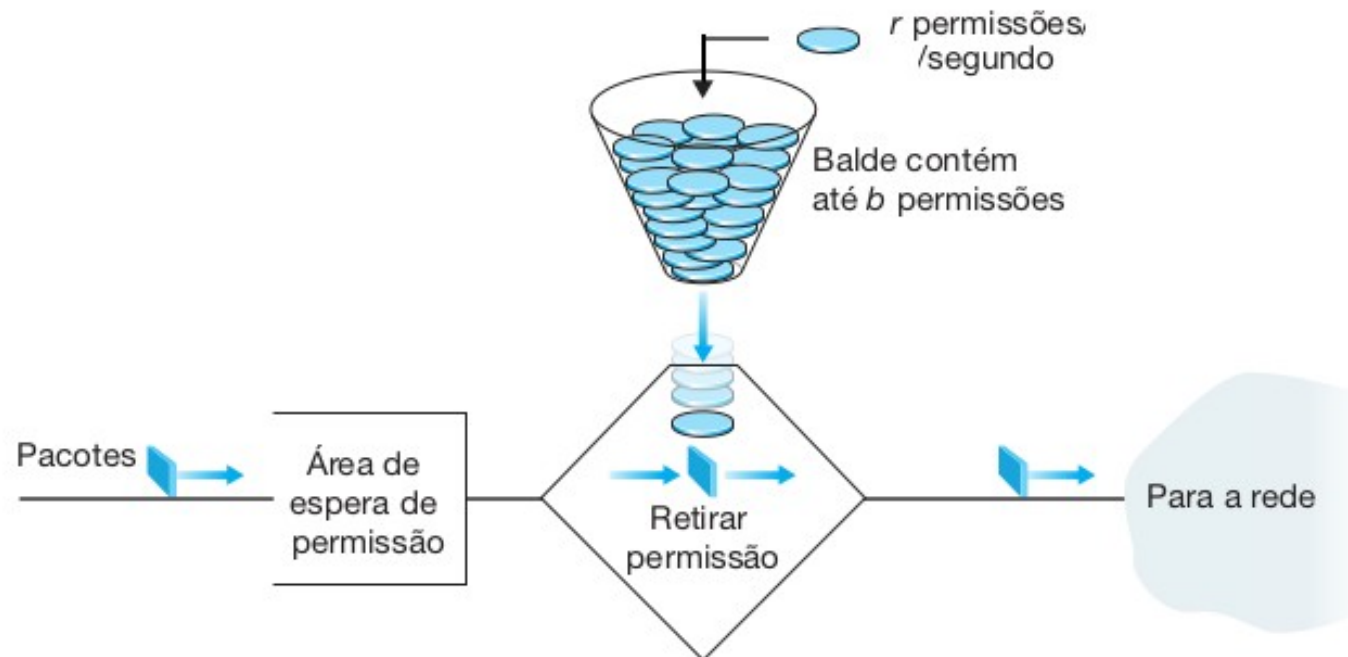
- e.g., se o balde estiver com menos de “ $b$ ” permissões, quando for gerada + 01 permissão, esta será adicionada ao balde.
- .. se estiver cheio com “ $b$ ” permissões e for gerada + 01 permissão, esta será ignorada e o balde permanecerá com as “ $b$ ” permissões.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- “**leaky bucket para regular fluxo de pacotes**” .. suponha que, antes de um pacote ser transmitido na rede, o mesmo precise retirar uma permissão de dentro do balde de permissões.
- .. se o balde estiver vazio, o pacote terá de esperar por uma permissão ou ser descartado (normalmente não é considerada).



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.2 – Múltiplas Classes de Serviço

- “**premissa**” .. podemos ter no máximo “b” permissões no balde, logo, o tamanho máximo da rajada para um fluxo regulado pela técnica do balde furado é “b” pacotes.
- .. para uma taxa de geração de permissões = “r”, o nro. máximo de pacotes que pode entrar na rede em um tempo “t” = “r \* t + b”.
- “**conclusão**” .. taxa de geração de permissões “r” serve para limitar a taxa média a longo prazo com a qual pacotes podem entrar na rede.
- ... também é possível usar “baldes furados” para regular a taxa de pico de um fluxo e a taxa média a longo prazo.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### 7.5.3 – Differentiated Services

- **“Differentiated Services”** .. lidar com as diversas classes de tráfego de diferentes formas na Internet de modo escalável.
- **“escalabilidade”** .. vem do fato que 100s de 1000s de fluxos simultâneos de tráfego estão presentes em um roteador de backbone.
- ... tal necessidade pode ser satisfeita com operações de controle mais complexas implementadas na borda da rede.
- **“possibilidades de uso”** .. da arquitetura DiffServ, não obstante, a RFC 2475 contempla variações possíveis de uso.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

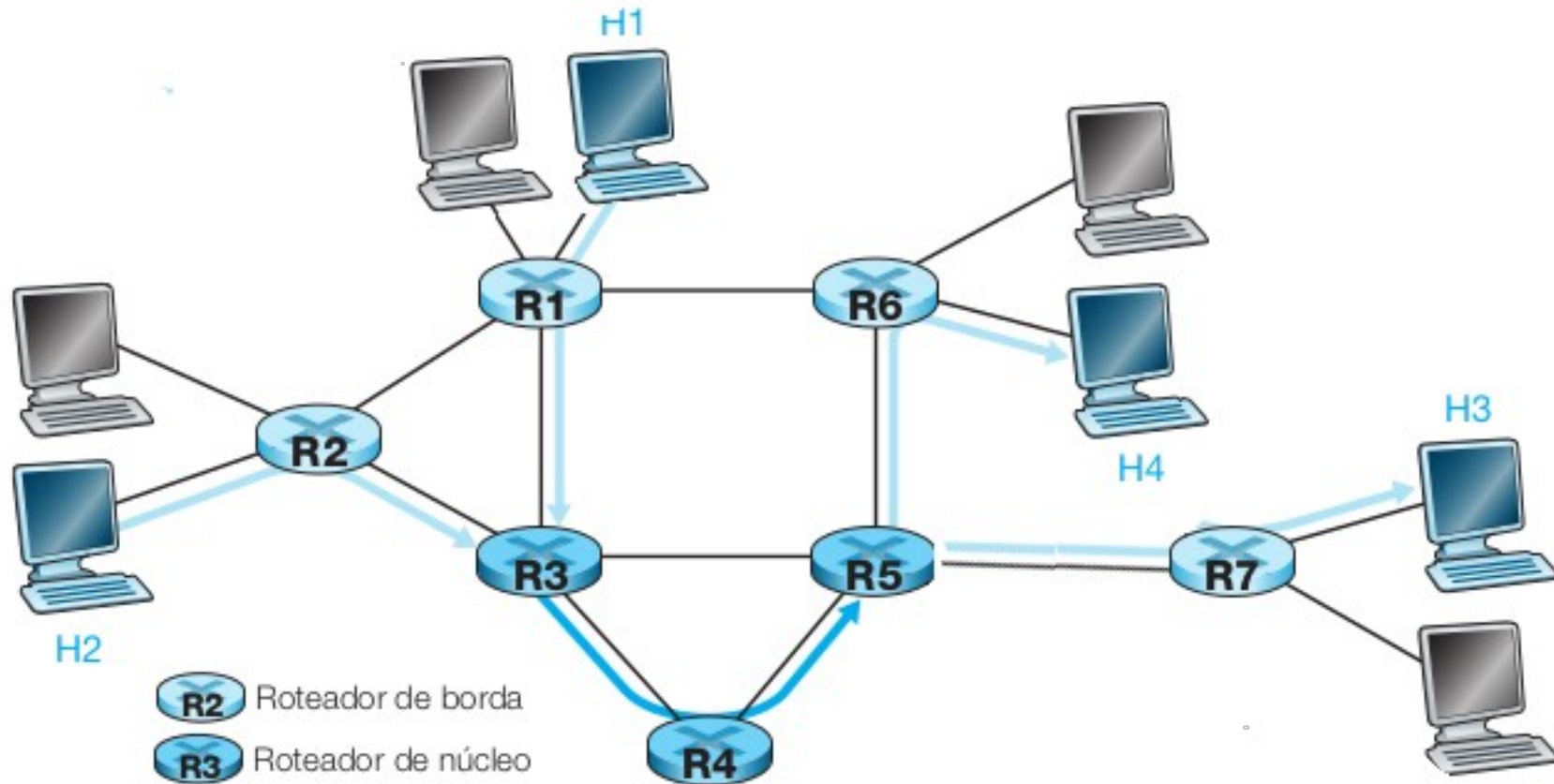
### ... 7.5.3 – Differentiated Services

- Arquitetura Diffserv contempla 02 elementos funcionais ..
- “**função de borda**” .. responsável pela classificação de pacotes bem como condicionamento de tráfego.
- ... na borda de entrada da rede, isto é, “host” que gera o tráfego, ou 1º roteador habilitado para Diffserv pelo qual o tráfego passa, os pacotes que chegam são marcados.
- ... para isto, há o campo “**Differentiated Service**” ou DS cabeçalho do pacote IPv4 ou IPv6 é definido para algum valor [RFC 3260].
- ... definição do campo DS substitui as definições mais antigas do campo de “Type of Service” do IPv4 e os campos de classe de tráfego do IPv6 já discutidos anteriormente.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.3 – Differentiated Services

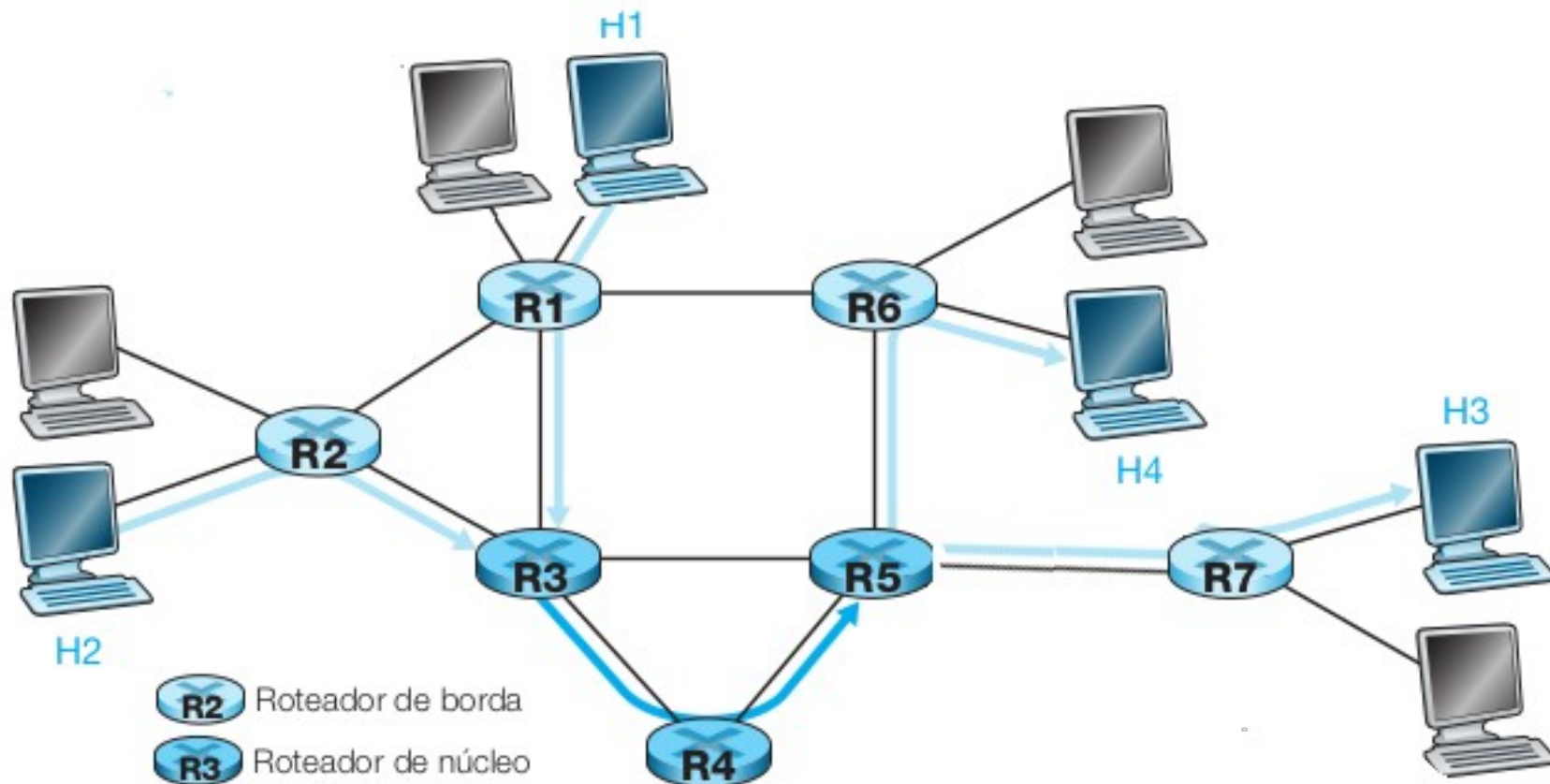
- e.g., considere a troca de fluxos entre os pares H1–H3 e H2–H4.
- ... pacotes enviados de H1 para H3 podem ser marcados em R1, ao passo que os pacotes de H2 para H4 podem ser marcados em R2.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.3 – Differentiated Services

- ... a marca que um pacote recebe identifica a classe de tráfego à qual pertence, assim, diferentes classes de tráfego podem receber serviços diferenciados dentro do núcleo da rede.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

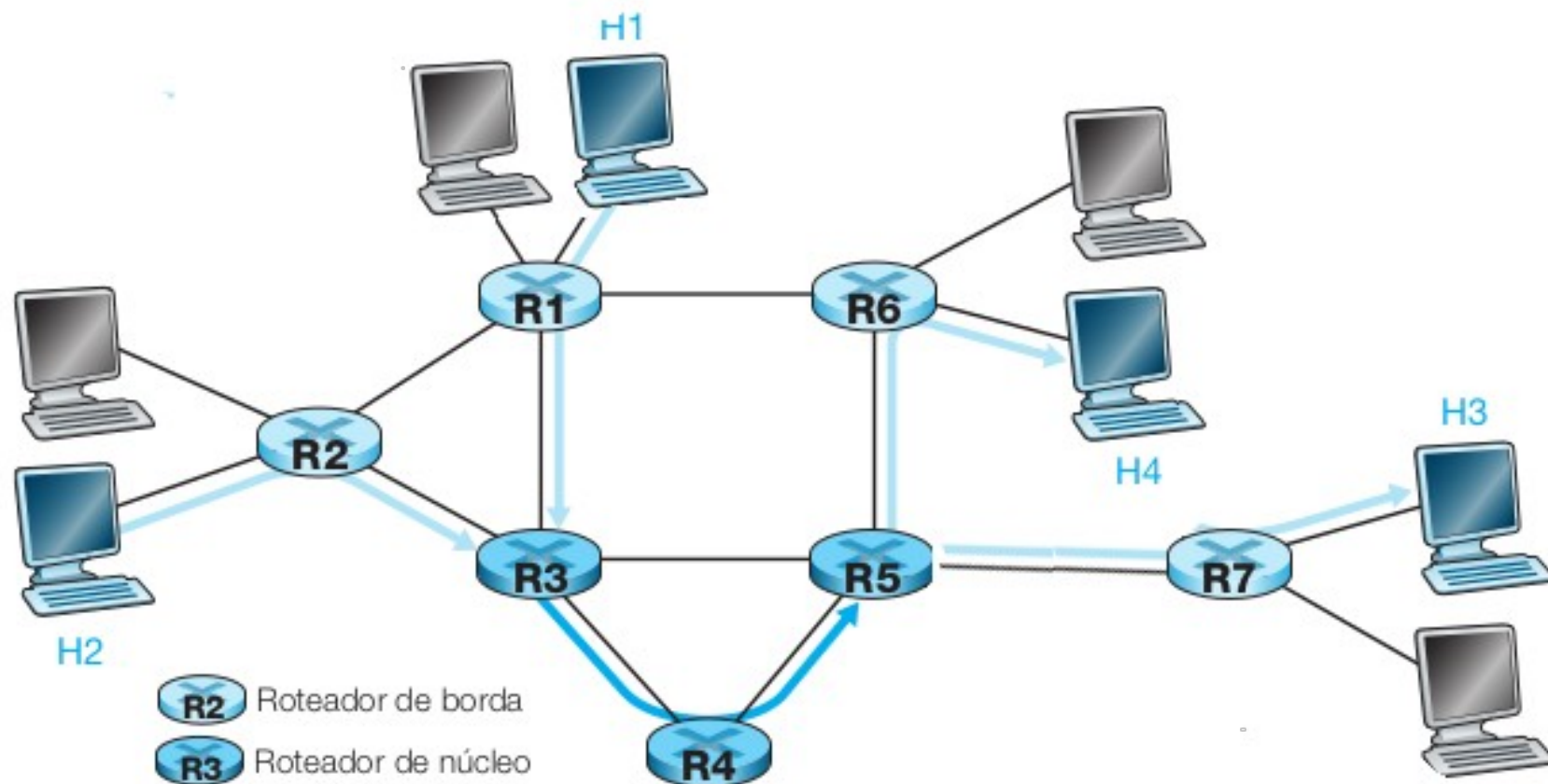
### ... 7.5.3 – Differentiated Services

- **“função central”** .. quando um pacote marcado chega a um roteador DiffServ, o mesmo é repassado para o próximo roteador de acordo com o comportamento por salto (PHB) associado à classe do pacote.
- ... comportamento por salto influencia a maneira pela qual os buffers e a largura de banda de enlace de um roteador são compartilhados entre as classes de tráfego concorrentes.
- .. “dogma” crucial da arquitetura Diffserv é que o comportamento por salto do roteador se baseia somente nas marcas dos pacotes, isto é, na classe de tráfego a que o pacote pertence.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.3 – Differentiated Services

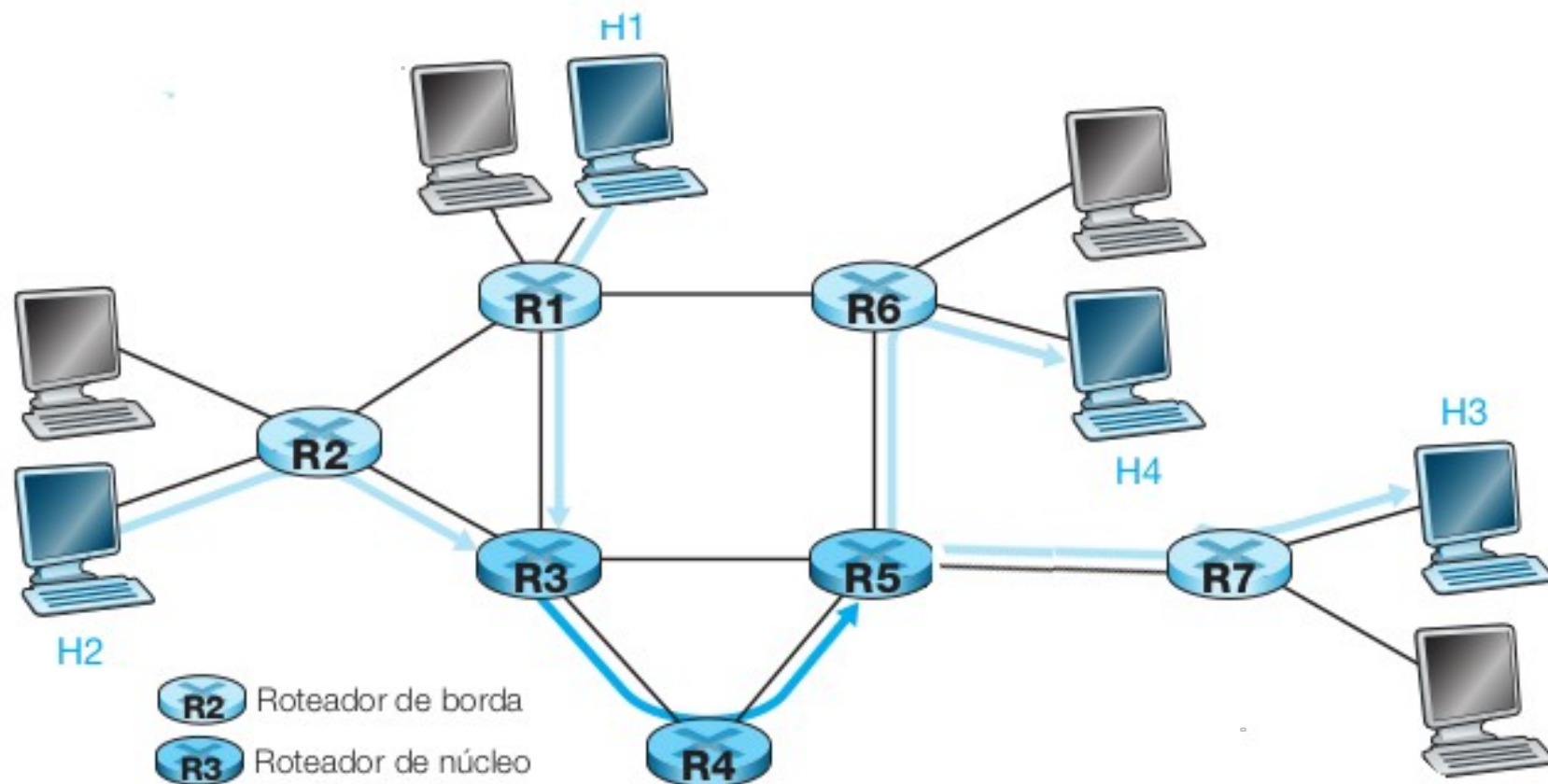
- **"conclusão"** .. como os pacotes enviados de H1 para H3 recebem a mesma marca dos que estão sendo enviados de H2 para H4, os roteadores da rede tratam esses pacotes como um agregado.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.3 – Differentiated Services

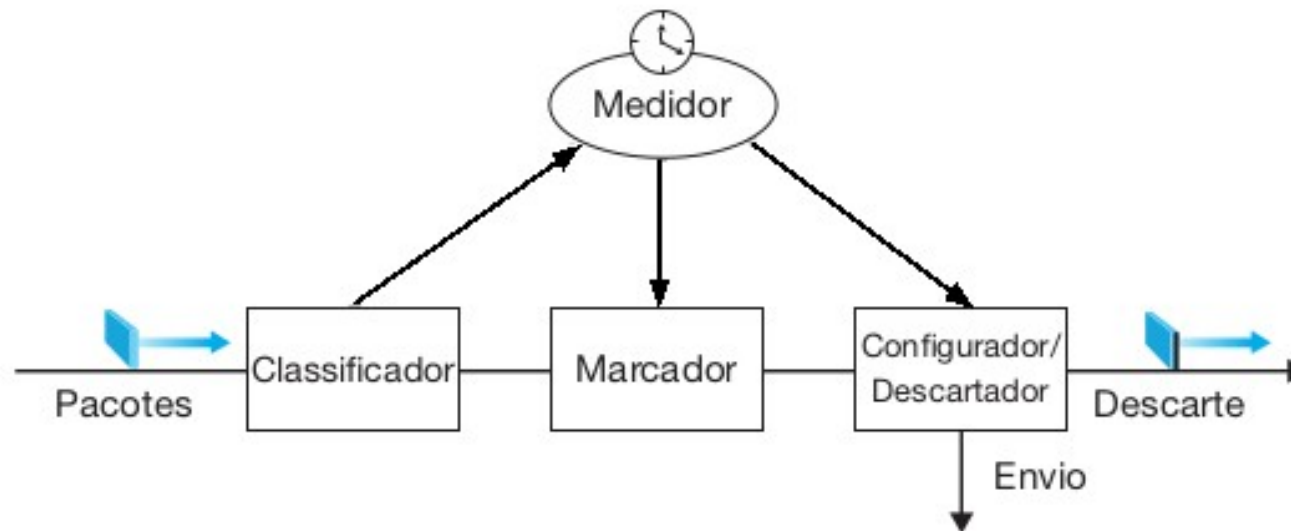
- “**conclusão**” .. R3 não faz nenhuma distinção entre pacotes de H1 e H2 ao transmití-los a R4, ou seja, DiffServ não mantém o estado do roteador para pares origem e destino individuais.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.3 – Differentiated Services

- **“visão lógica das funções”** .. classificação e marcação acontecem no roteador de borda, no entanto, ao chegarem, os pacotes são primeiro classificados para depois serem marcados.
- ... classificação se dá com base nos valores de um ou mais campos de cabeçalho de pacote, p.ex., endereço de origem, endereço de destino, porta de origem, porta de destino e ID de protocolo.

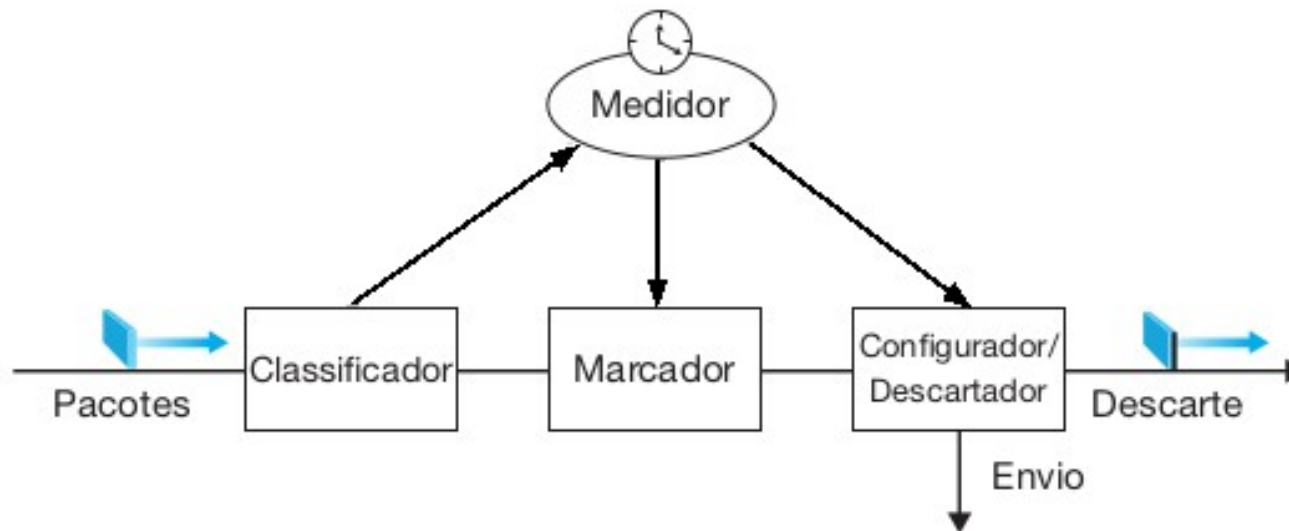




## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.3 – Differentiated Services

- “**algumas observações**” .. se o usuário final concordar em limitar a taxa de envio de pacotes conforme um perfil de tráfego declarado, o perfil poderá conter um limite para a taxa de pico e outros parâmetros.
- ... enquanto o usuário enviar pacotes para a rede de acordo com o perfil de tráfego negociado, os pacotes receberão sua marca de prioridade e serão transmitidos ao longo de sua rota até o destino.

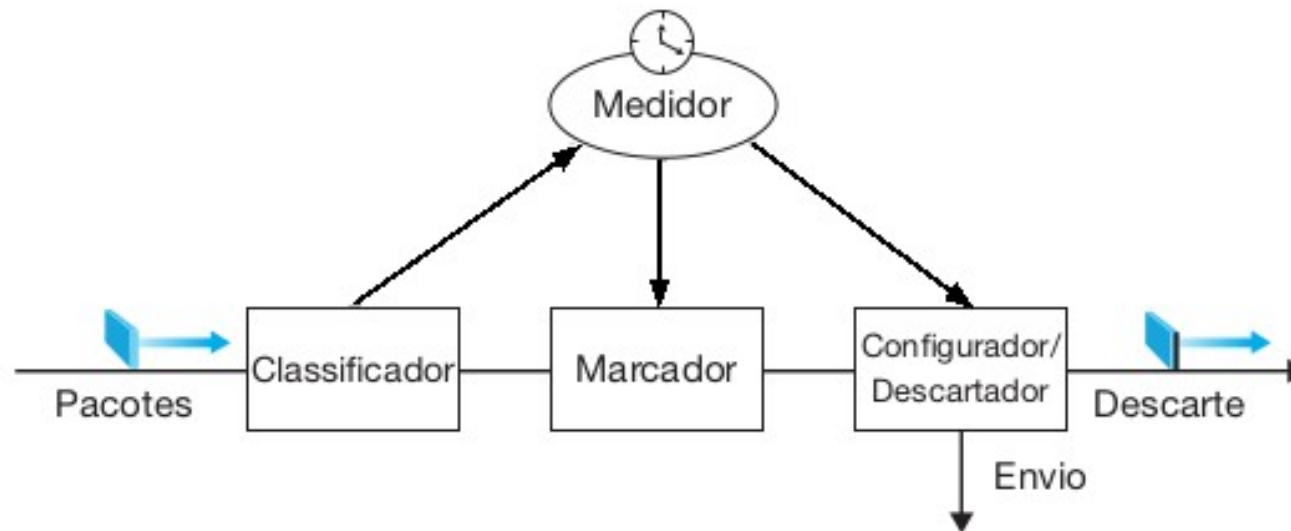




## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.3 – Differentiated Services

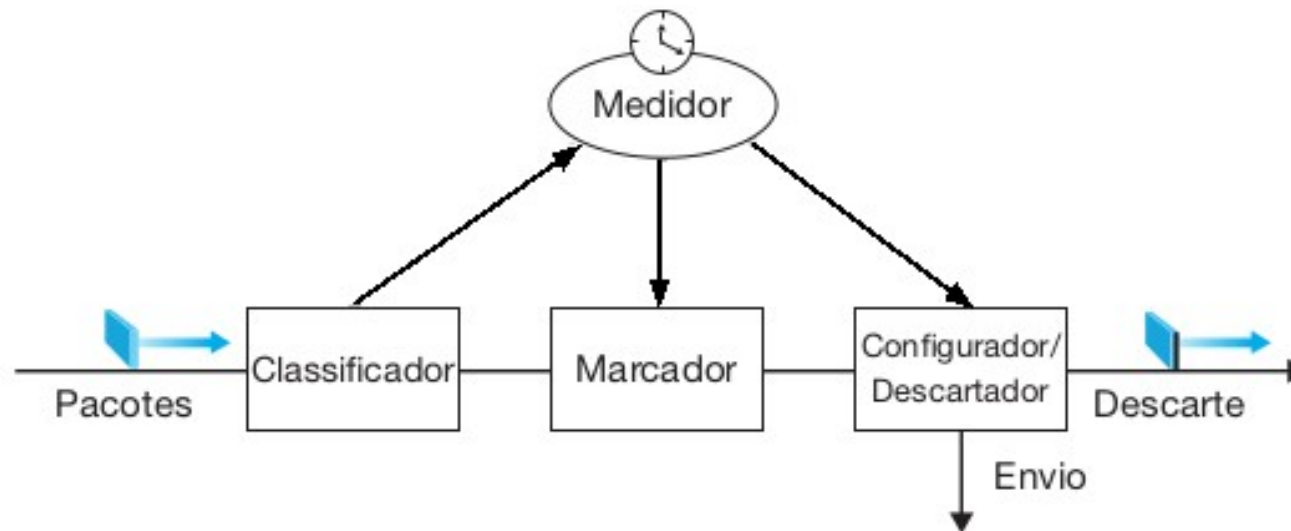
- ... no entanto, se o perfil de tráfego for violado, pacotes que estão fora do perfil poderão ser marcados de modo diferente, ajustados ou descartados na borda da rede.
- “**função de medição**” .. efetua a comparação do fluxo de entrada de pacotes com o perfil de tráfego negociado.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.3 – Differentiated Services

- “**função de medição**” .. efetua a comparação do fluxo de entrada de pacotes com o perfil de tráfego negociado.
- ... decisão imediata de remarcar, repassar, atrasar ou descartar um pacote é uma questão de política determinada pelo administrador da rede e não está especificada na arquitetura DiffServ.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.3 – Differentiated Services

- **“Per-Hop Behavior” (PHB)** .. descrição do comportamento de repasse de um nó Diffserv, que possa ser observado externamente, aplicado a um comportamento agregado Diffserv em particular.
- **“considerações acerca da definição”** ..
- (1) ... pode gerar diferentes desempenhos por diferentes classes de tráfego, isto é, comportamentos de repasse diferentes que possam ser observados externamente.
- (2) ... embora um PHB defina diferenças de desempenho entre classes, o mesmo não determina mecanismo específico para conseguir esses comportamentos.
- (3) ... diferenças de comportamento devem ser observáveis e, por conseguinte, mensuráveis.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.3 – Differentiated Services

- [RFC 3246] define o repasse “Expedited Forwarding” ou EF.
- [RFC 2597] define o repasse “Assured Forwarding” ou AF.
- PHB “**Expedited Forwarding**” .. repasse acelerado especifica que a taxa de partida de uma classe de tráfego de um roteador deve ser igual ou maior do que uma taxa configurada.
- PHB “**Assured Forwarding**” .. repasse assegurado divide o tráfego em 04 classes e garante o fornecimento de alguma quantidade mínima de largura de banda e de buffer para cada classe.

## 7.5.4 – Qualidade de Serviço por Conexão

- **“já vimos que”** .. marcação de pacotes e regulação, isolamento de tráfego e escalonamento em nível de enlace podem prover uma classe de serviço com melhor desempenho do que outra.
- **“já vimos que”** .. certas disciplinas de escalonamento, como escalonamento de prioridade, as classes inferiores de tráfego são basicamente “invisíveis” à classe de tráfego com a prioridade mais alta.
- **“já vimos que”** .. com dimensionamento adequado da rede, a classe de serviço mais alta pode atingir taxas de perda de pacote e atraso baixíssimas — um desempenho semelhante ao circuito.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

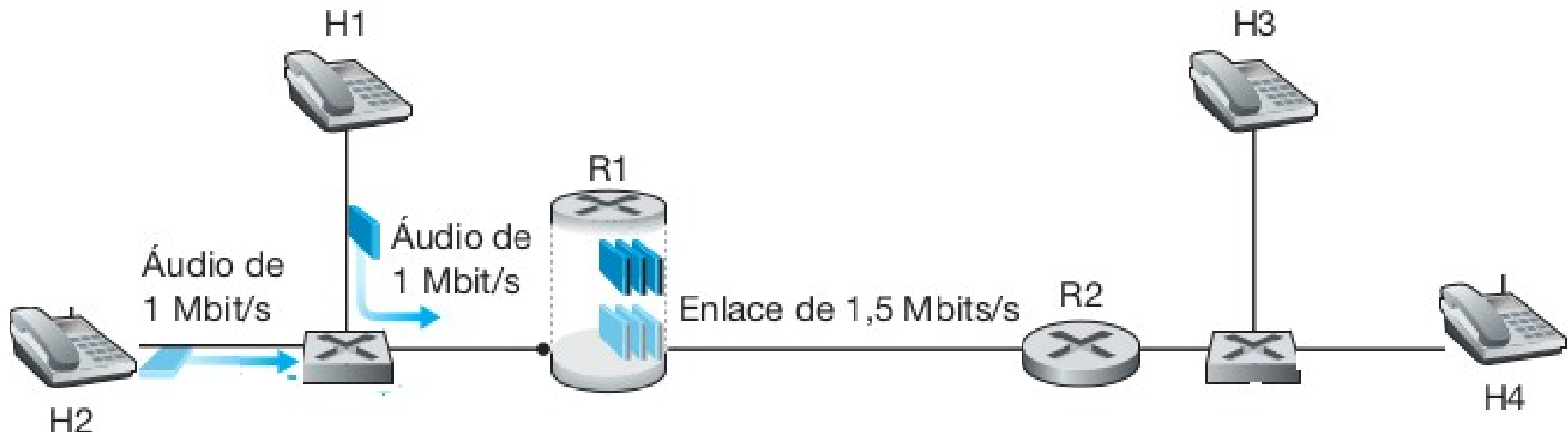
### ... 7.5.4 – Qualidade de Serviço por Conexão

- “**dúvida**” .. mas como garantir que um fluxo contínuo em uma classe de tráfego de alta prioridade continue a receber tal atendimento usando apenas os mecanismos que descrevemos até agora ?!
- “**resposta**” .. não é possível dar esta garantia !!

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.4 – Qualidade de Serviço por Conexão

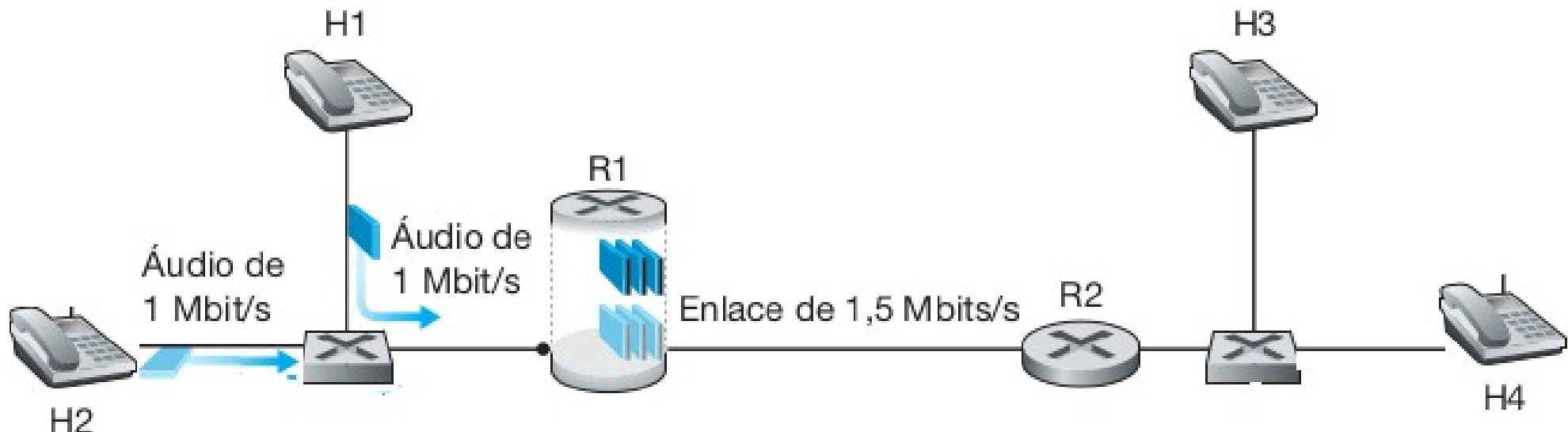
- e.g., considere 02 aplicações de áudio de 1 Mbps que transmitem os pacotes através do enlace de 1,5 Mbps e cuja taxa de dados combinada de 02 dois fluxos (2 Mbps) excede a capacidade do enlace.
- **“de fato é um caso perdido”** ... mesmo com classificação e marcação de pacotes, isolamento de fluxos e o compartilhamento de largura de banda não utilizada, não é possível atender os fluxos.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.4 – Qualidade de Serviço por Conexão

- “**conclusão**” .. não existe largura de banda suficiente para acomodar as necessidades de ambas as aplicações ao mesmo tempo.
- ... se as duas aplicações compartilham igualmente a largura de banda, cada uma perde 25% de seus pacotes transmitidos.

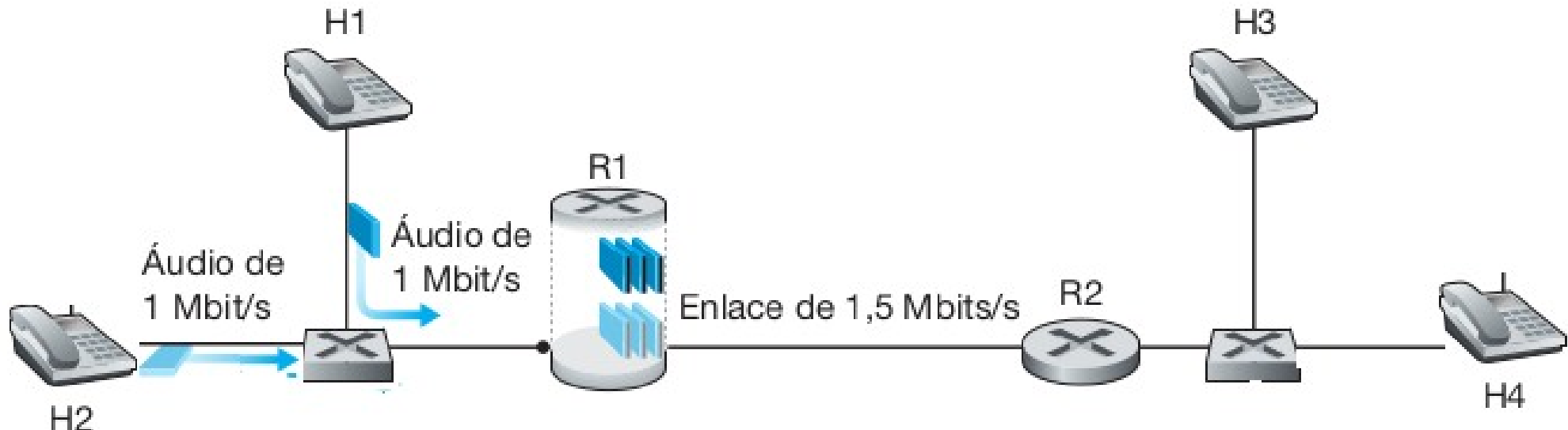




## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.4 – Qualidade de Serviço por Conexão

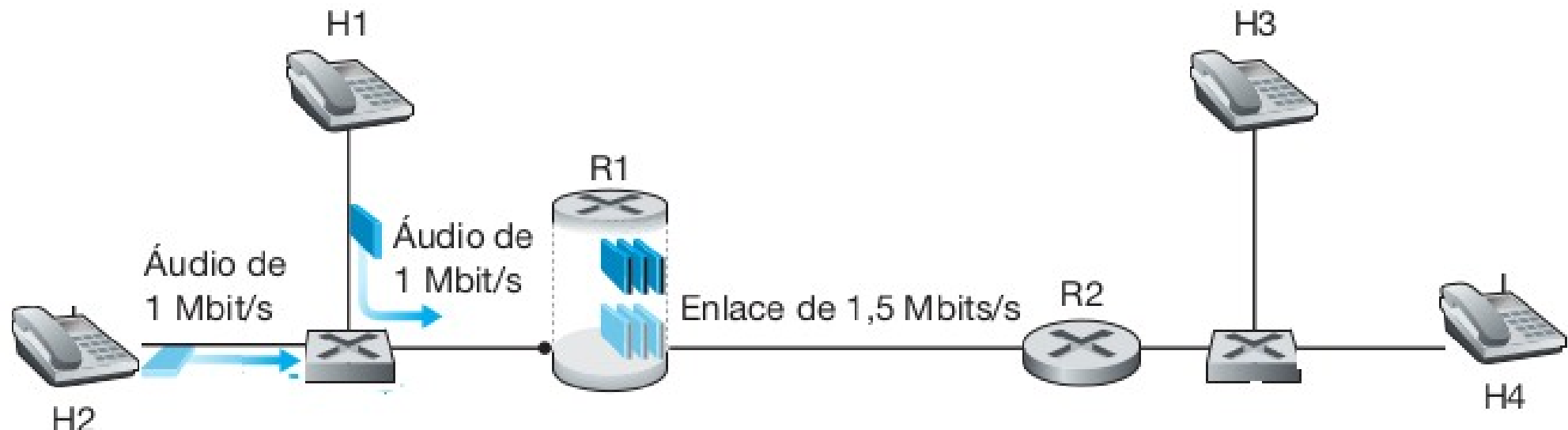
- “**conclusão**” .. a qualidade de serviço é tão baixa e inaceitável que ambas as aplicações de áudio são completamente inutilizáveis.
- ... não há necessidade sequer de transmitir quaisquer pacotes de áudio.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.4 – Qualidade de Serviço por Conexão

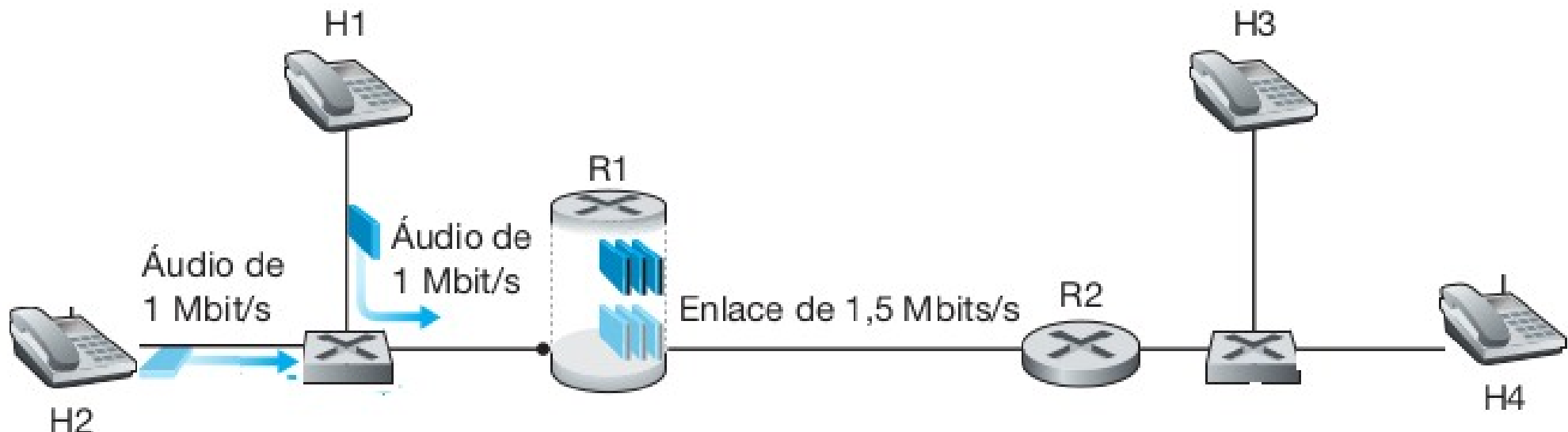
- “**pergunta**” .. sabendo que essas duas aplicações não podem ser atendidas simultaneamente, o que a rede deve fazer ?!
- “**tentativa #1**” .. permitir que os 02 fluxos prossigam com uma qualidade baixa desperdiça os recursos da rede em fluxos de aplicação que, no fim, não oferecem utilidade alguma ao usuário final.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.4 – Qualidade de Serviço por Conexão

- “**conclusão**” .. um dos fluxos deve ser bloqueado (ou seja, deve ter o acesso negado à rede), enquanto o outro deve prosseguir.
- ... ou seja, deve ter o acesso negado à rede, enquanto o outro deve prosseguir, usando o 1 Mbps inteiro necessário pela aplicação.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

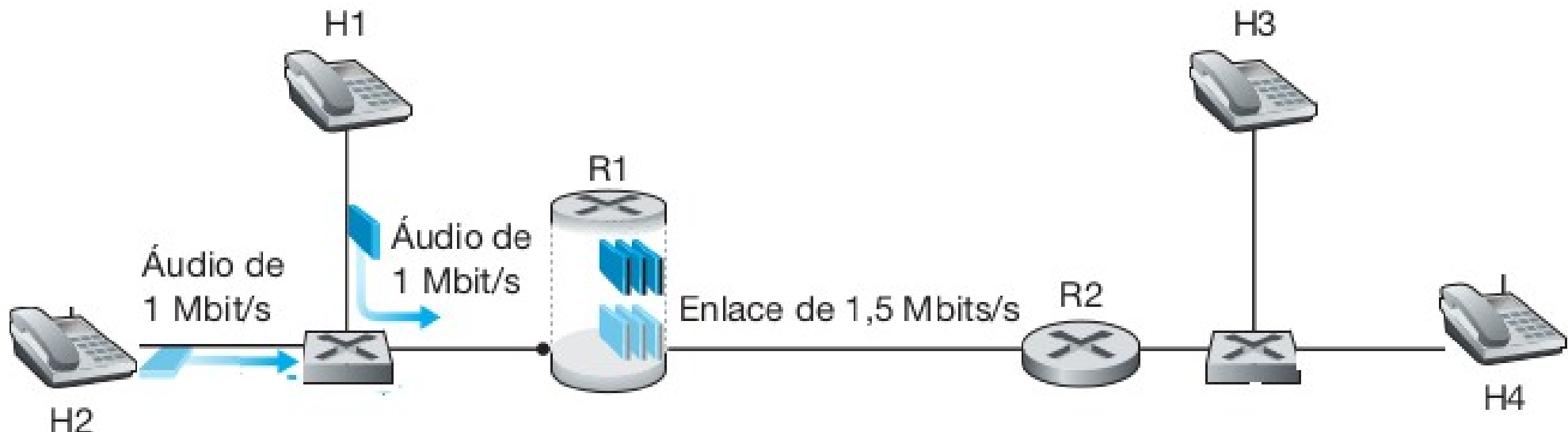
### ... 7.5.4 – Qualidade de Serviço por Conexão

- **“garantia de qualidade de serviço”** .. é possível através da admissão ou bloqueio explícito dos fluxos com base nas necessidades de recursos e nas necessidades dos fluxos já admitidos.
- **“processo de admissão de chamada”** .. processo de declaração do requisitos de qualidade de serviço à rede bem como o provisionamento do fluxo ou não pela rede.
- **“constatação”** .. se recursos suficientes não estiverem disponíveis e a qualidade de serviço tiver de ser garantida, temos o 4º princípio:
- **Princípio #4** .. necessário um processo de admissão de chamada no qual os fluxos declaram seus requisitos de QoS e, então, são admitidos se houver recursos ou bloqueados caso contrário.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.4 – Qualidade de Serviço por Conexão

- e.g., considere 02 aplicações de áudio de 1 Mbps que transmitem os pacotes através do enlace de 1,5 Mbps e cuja taxa de dados combinada 02 dois fluxos (2 Mbps) excede a capacidade do enlace.
- “**constatação**” .. necessidade de diversos novos mecanismos e protocolos de rede, se uma chamada (um fluxo fim a fim) tiver de garantir determinada qualidade de serviço uma vez iniciada.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.4 – Qualidade de Serviço por Conexão

- **“processo de admissão de chamada”** .. alguns mecanismos ..
- **“reserva de recurso”** .. garantir que uma chamada tenha os recursos como largura de banda de enlace e buffers necessários para a QoS exige alocação explícita desses recursos à chamada.
- ... uma vez que os recursos sejam reservados, a chamada possui acesso sob demanda a esses recursos por toda a sua duração, independentemente das demandas de outras chamadas.
- ... se uma chamada reserva e recebe uma garantia de “X” bps de largura de banda e nunca transmite a uma taxa maior do que “X”, a chamada terá um desempenho sem perda e sem atraso.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.4 – Qualidade de Serviço por Conexão

- **“admissão de chamada”** .. a rede dispõe de mecanismo de chamadas para solicitação e reserva de recursos.
- e.g., considere a admissão de chamada em uma rede telefônica e na qual licitamos recursos quando discamos um número.
- ... se os circuitos necessários para completar a chamada estiverem disponíveis, os circuitos são alocados e a chamada é concluída.
- ... se os circuitos não estiverem disponíveis, então a chamada é bloqueada e recebemos um sinal de ocupado.
- ... uma solicitação de chamada tem permissão para enviar tráfego à rede desde que o processo de admissão seja completado.

## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.4 – Qualidade de Serviço por Conexão

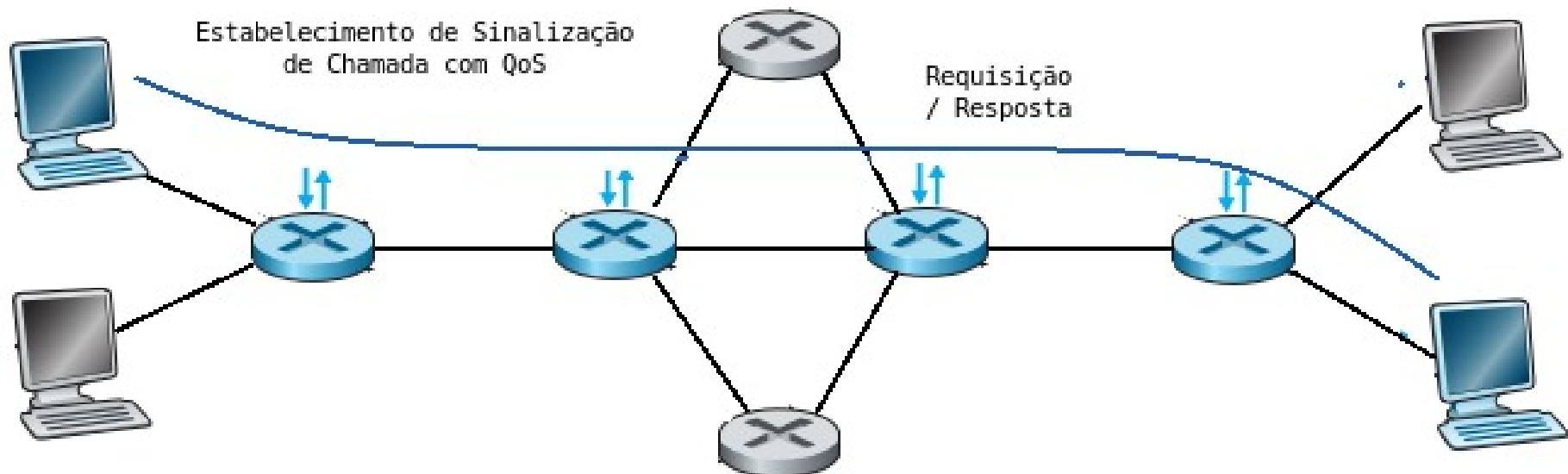
- “**sinalização do estabelecimento da chamada**” .. processo de admissão de chamada exige que uma chamada seja capaz de reservar recursos suficientes em todo e qualquer roteador da rede.
- ... cada roteador determina os recursos locais necessários pela sessão, considera as quantidades de recursos já comprometidos com outras sessões e determina se possui recursos suficientes para atender.
- “**protocolo de sinalização**” .. necessário para coordenar a alocação por salto dos recursos locais, bem como a decisão geral quanto a reserva dos recursos ao longo do caminho fim a fim.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.4 – Qualidade de Serviço por Conexão

- “**protocolo de sinalização**” .. necessário para coordenar a alocação por salto dos recursos locais, bem como a decisão geral quanto a reserva dos recursos ao longo do caminho fim a fim.
- RSVP [RFC 2210] foi proposto para essa finalidade dentro da arquitetura da Internet, para oferecer garantias de qualidade de serviço.



## 7 – Redes Multimídia / 7.5 – Suporte de Rede para Multimídia

### ... 7.5.4 – Qualidade de Serviço por Conexão

- “**comentários finais**” .. apesar da demanda por produtos que oferecem garantias de qualidade de serviço por conexão, poucas extensões desses serviços tem sido disponibilizadas.
- “**algumas razões**” .. mecanismos simples em nível de aplicação combinados com o dimensionamento apropriado da rede já oferecem um serviço de rede “bom” pelo serviço de melhor esforço.
- “**algumas razões**” .. complexidade e custo adicional de implementação e gerenciamento de uma rede com garantias de qualidade de serviço ISPs são altos em comparação com as receitas previstas.