

# Capítulo 5

## Requisitos e Suportes de Rede para Multimídia

Roberto Willrich  
INE-CTC-UFSC  
E-Mail: [willrich@inf.ufsc.br](mailto:willrich@inf.ufsc.br)

# Introdução

- **Objetivos do Capítulo**

- Identificação os principais requisitos de rede de comunicação para transmissão de áudio e vídeo
- Analisar algumas tecnologias de rede

- **Conteúdo**

- Definição de alguns parâmetros de desempenho de redes de computadores importantes para a comunicação multimídia
  - Taxa de bits, vazão, atraso, variação de atraso, taxa de perdas de pacote
- Caracterização das fontes de áudio e vídeo tempo-real
- Identificação dos principais requisitos de rede para a comunicação de áudio e vídeo
- Análise de algumas tecnologias: Ethernet, Fast-Ethernet, Gigabit-Ethernet e ADSL

# Parâmetros de Desempenho de Redes

- Taxa de bits

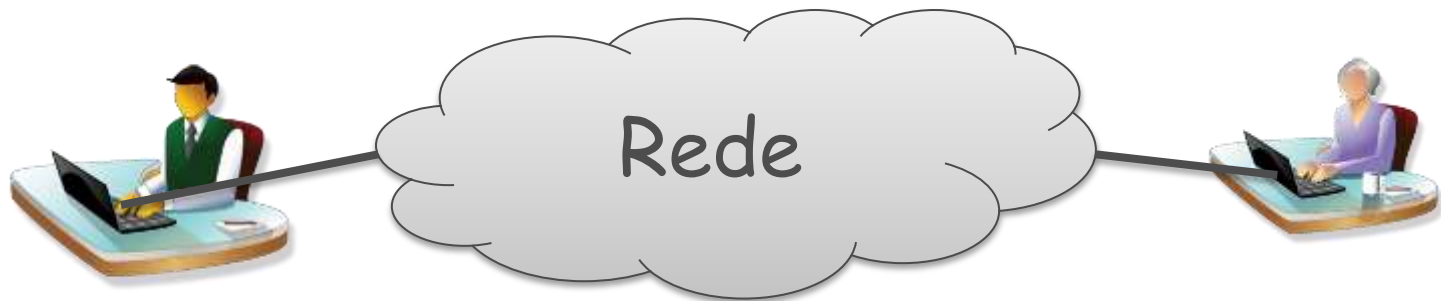
- Taxa de bits é o número de dígitos binários que a rede é capaz de transportar por unidade de tempo (expresso em Kbps, Mbps, Gbps, etc)

- Vazão (Throughput)

- Taxa de bits efetiva vista do ponto de vista do aplicativo
  - A taxa de bits realmente útil para as aplicações
- Exemplo: tráfego HTTP
  - Pacotes http para ser transmitido
    - Sobrecarga de 20 bytes na camada de transporte (TCP) e mais 20 bytes na camada de rede (IP), ...
- Vazão da maioria das redes varia com o tempo
  - Alguns fatores que afetam a vazão:
    - congestionamento (devido a sobrecarga ou gargalos)
    - falha de nós e ligações
    - controle de fluxo limita a taxa de transferência

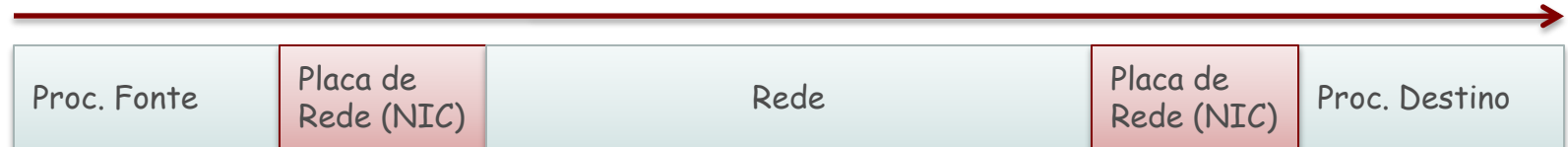
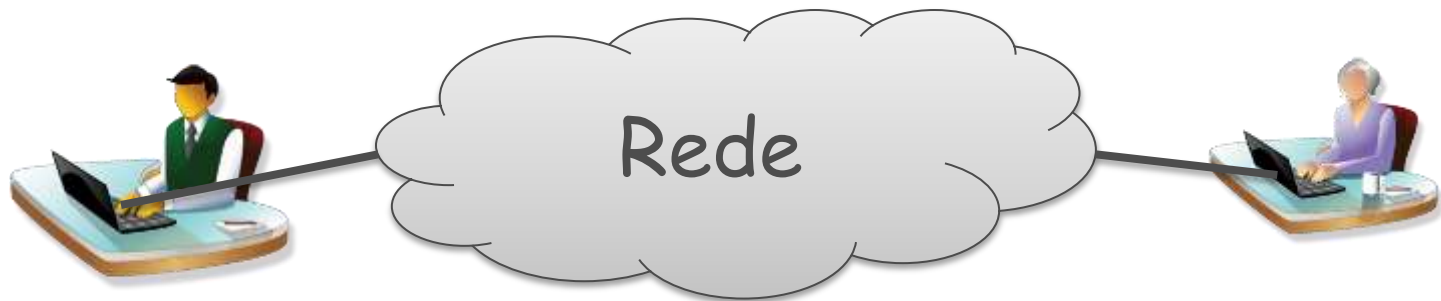
# Parâmetros de Desempenho de Redes

- **Atraso Fim-a-Fim (usuário a usuário)**
  - Tempo levado para transmitir um bloco de dados de um emissor a um receptor
  - Componentes:
    - Atraso de processamento na fonte
    - **Atraso de transmissão**: nas interfaces de rede (NIC - Network Interface Card) da fonte/dest. e na rede
    - Atraso de processamento no destino



# Parâmetros de Desempenho de Redes

- **Atraso de transmissão**
  - **Atraso na interface**: tempo entre o tempo de o dado estar pronto para ser transmitido e o tempo em que a interface transmite para a rede (pelo enlace de saída)
    - Atraso associado ao controle de acesso ao meio e criação da conexão (se for orientada a conexão)
    - Nas redes Ethernet depende do dispositivo de rede local utilizado (hub ou switch)
      - Hub gera atrasos e variação de atrasos (CSMA-CD)



# Ethernet: usa CSMA/CD

A: examina canal, se em silêncio  
então {



transmite e monitora o canal;

Se detecta outra transmissão

então {

aborta e envia sinal de "jam" (reforço de colisão);

atualiza número de colisões;

espera como exigido pelo algorit. "exponential backoff";

vá para A

}

senão {

quadro transmitido;

zera contador de colisões

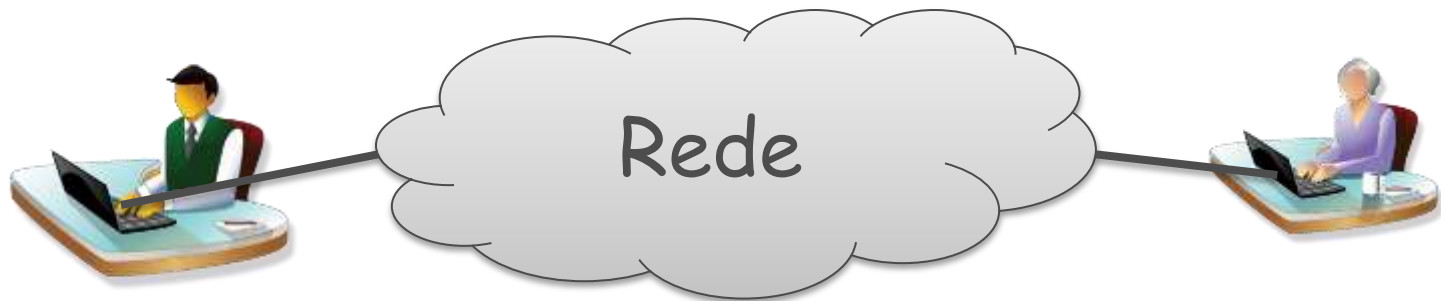
}

}

senão {espera até terminar a transmissão em curso vá para A}

# Parâmetros de Desempenho de Redes

- Atraso de transmissão
  - **Atraso na rede**: tempo entre o tempo de o dado é enviado pelo enlace de saída da fonte e é entregue na interface de rede do receptor.
    - Atraso na rede local até chegar no roteador
    - Atraso em cada hop (salto) da rede: atraso entre a chegada do pacote no roteador e a entrega do pacote no outro roteador

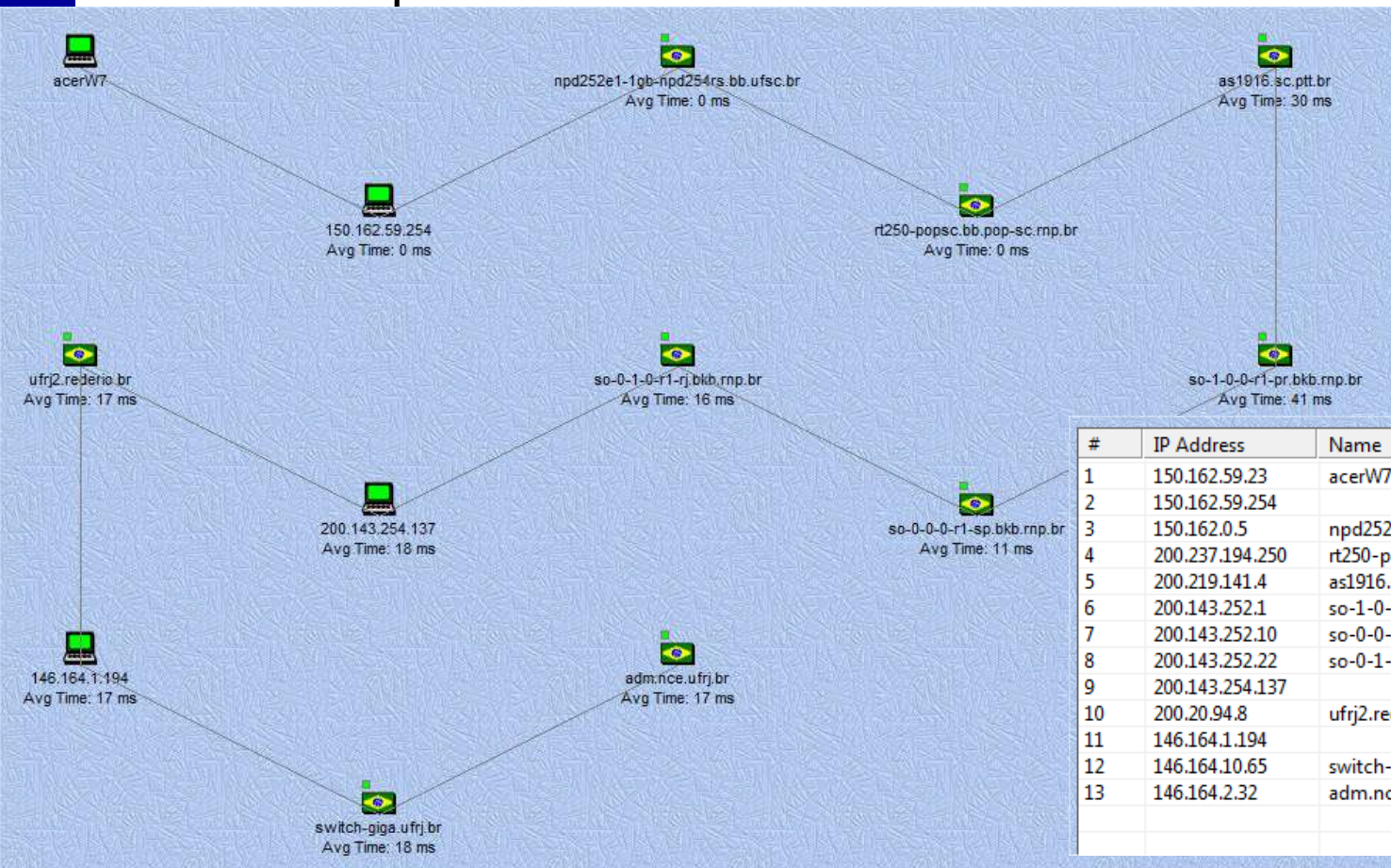




# Parâmetros de Desempenho de Redes

- Atraso de transmissão

- Atraso na rede:** tempo entre o tempo de o dado é enviado pelo enlace de saída da fonte e é entregue na interface de rede do receptor.



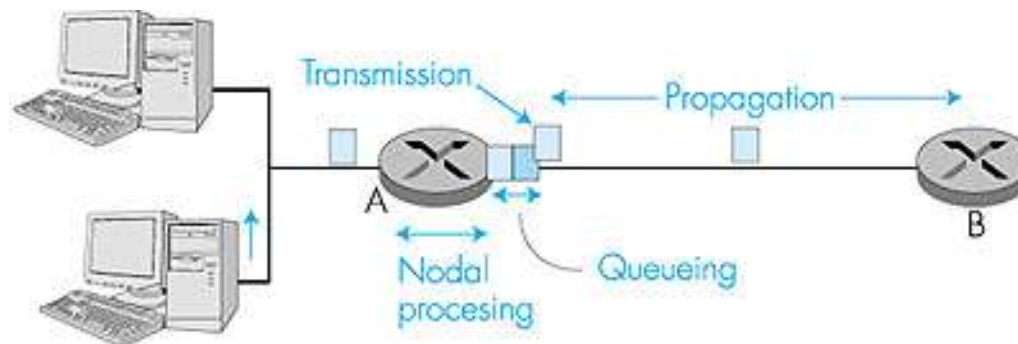
#	IP Address	Name	ms	Network
1	150.162.59.23	acerW7	0	
2	150.162.59.254		0	
3	150.162.0.5	npd252e1-1gb-npd254rs.bb.ufsc.br	0	
4	200.237.194.250	rt250-popsc.bb.pop-sc.rnp.br	0	
5	200.219.141.4	as1916.sc.ptt.br	1	
6	200.143.252.1	so-1-0-0-r1-pr.bkb.rnp.br	13	
7	200.143.252.10	so-0-0-0-r1-sp.bkb.rnp.br	11	
8	200.143.252.22	so-0-1-0-r1-rj.bkb.rnp.br	16	
9	200.143.254.137		16	
10	200.20.94.8	ufrj2.rederio.br	17	
11	146.164.1.194		17	
12	146.164.10.65	switch-giga.ufrj.br	18	
13	146.164.2.32	adm.nce.ufrj.br	17	



# Parâmetros de Desempenho de Redes

- Atraso em cada hop

- Atraso de processamento: verificação do quadro, identif. do enlace de saída, e encaminhamento para porta de saída
  - na ordem de microssegundos
- Atraso de enfileiramento: tempo de espera no enlace de saída até a transmissão
  - depende do nível de congestionamento do roteador
  - na ordem de mili ou microseg.
- Atraso de serialização: tem necessário para serializar o quadro no enlace
  - Depende da taxa de bits do enlace
- Atraso de propagação: tempo necessário para os bits se propagarem pelo enlace até o destino



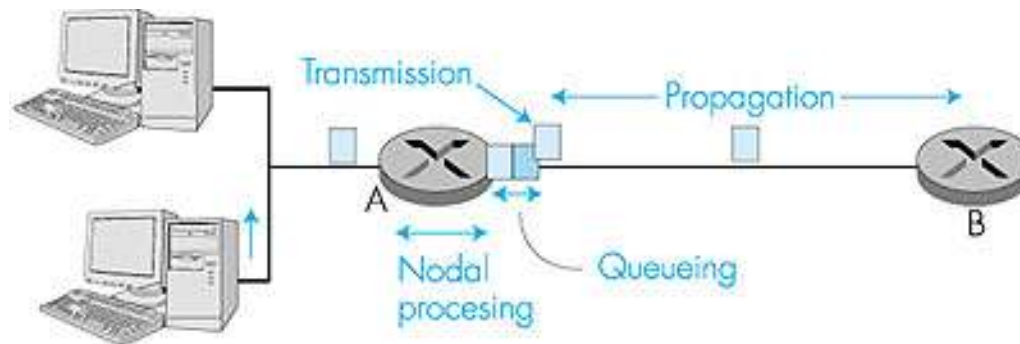
# Parâmetros de Desempenho de Redes

- Atraso de serialização:

- $R$  = largura de banda do enlace (bps)
- $L$  = compr. do pacote (bits)
- tempo para enviar os bits no enlace =  $L/R$

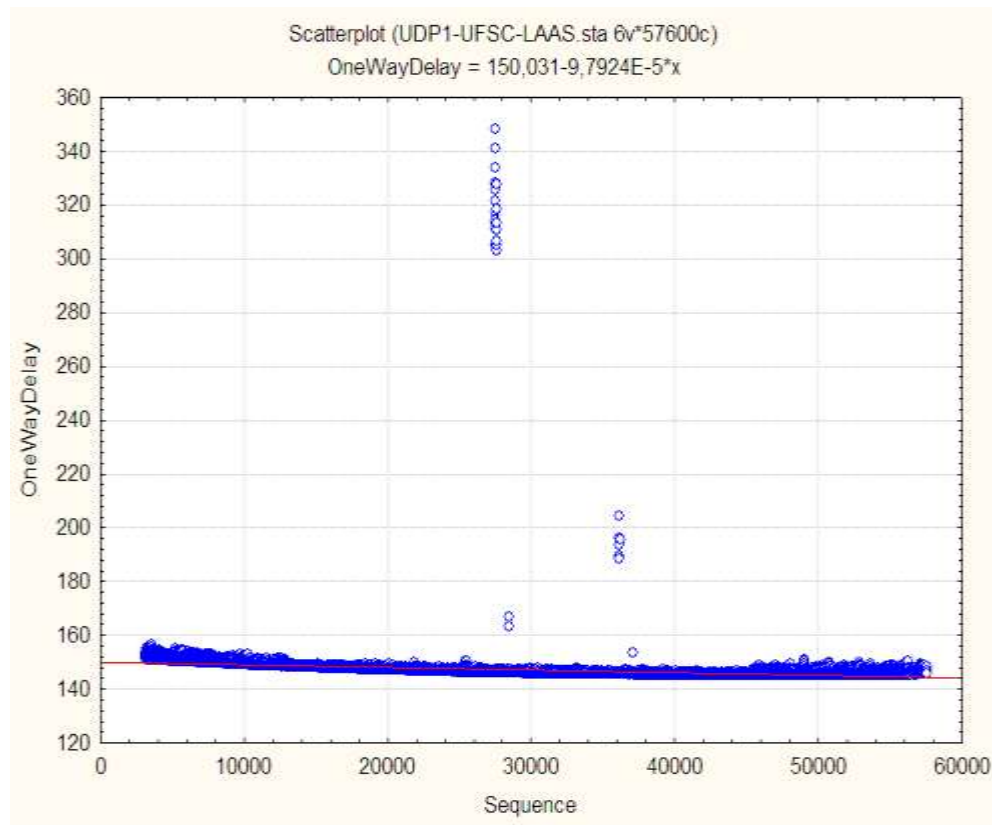
- Atraso de propagação:

- $d$  = compr. do enlace
- $s$  = velocidade de propagação no meio ( $\sim 2 \times 10^8$  m/seg)
- atraso de propagação =  $d/s$



# Parâmetros de Desempenho de Redes

- Atraso Fim-a-Fim
  - Atraso de transmissão

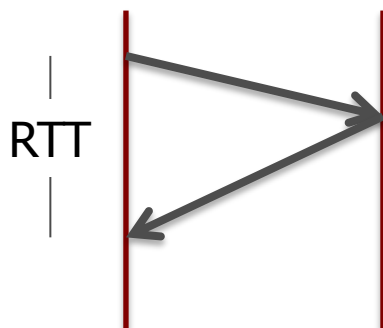


# Parâmetros de Desempenho de Redes

- Atraso Fim-a-Fim: Medidas

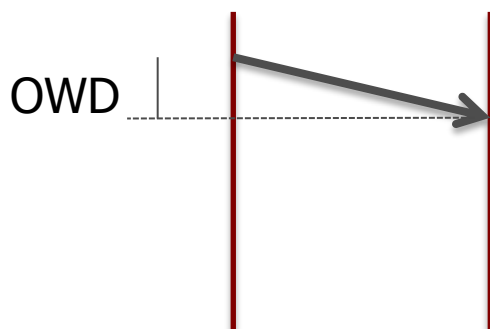
- Atraso de ida-e-volta (RTT - Round-trip time)

- Tempo em que o pacote leva para sair da fonte e a volta de uma resposta do destino



- Atraso de ida (OWD - One way delay)

- Tempo que o pacote leva para sair da fonte e chegar no destino



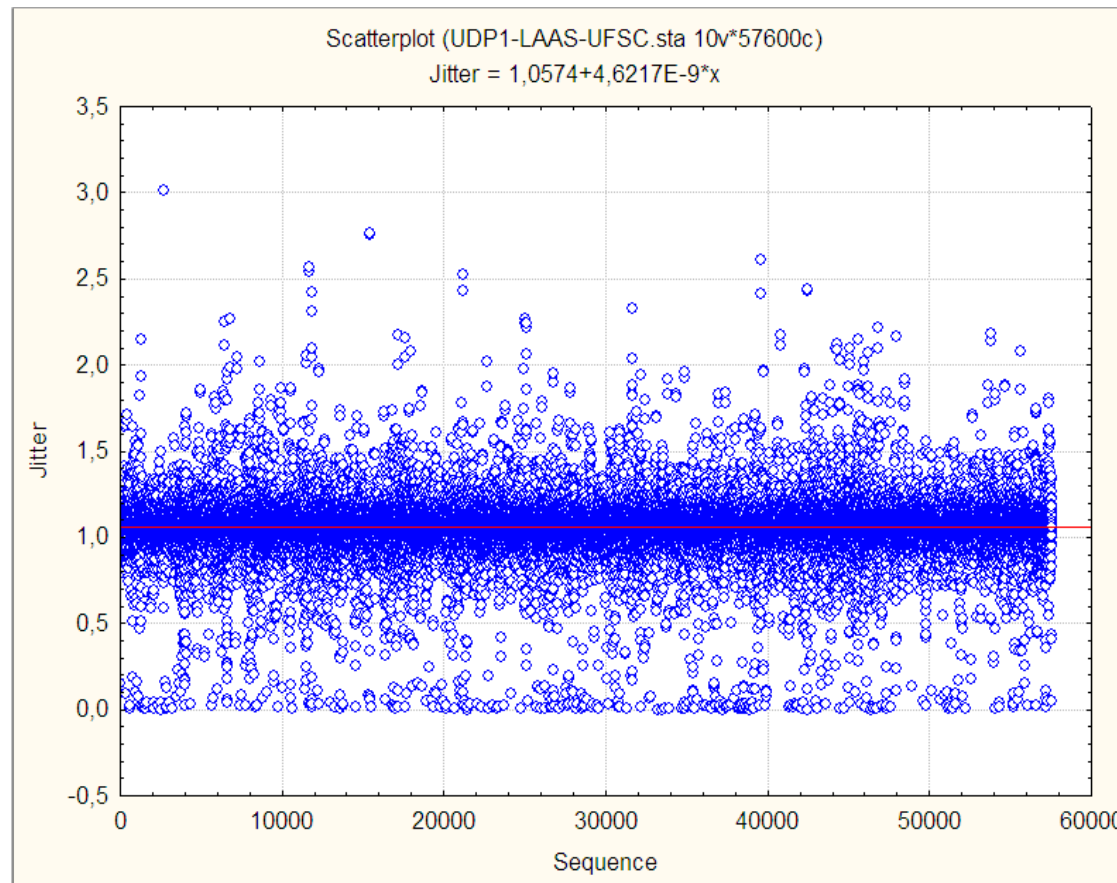
# Parâmetros de Desempenho de Redes

- Variação de atraso (*Jitter*)

- Fluxo de vídeo e de áudio são normalmente enviados separadamente
  - Em redes a pacotes, fluxos são divididos em blocos de dados e cada bloco é transmitido em seqüência
- Se a rede é capaz de enviar todos os blocos com uma latência uniforme, então cada bloco deveria chegar no destino após um atraso uniforme
  - Muitas redes hoje em dia não garantem um atraso uniforme
  - Variações de atrasos são comuns
- Causas da variação de atraso na transmissão:
  - diferenças de tempo de processamento dos pacotes, diferenças de tempo de acesso à rede e diferenças de tempo de enfileiramento
- No projeto de uma rede multimídia, é importante colocar um limite superior na variação de atraso

# Parâmetros de Desempenho de Redes

- Variação de atraso (*Jitter*)



# Parâmetros de Desempenho de Redes

- Taxa de Perda de Pacotes
  - Razão entre o número médio de pacotes corrompidos ou errados e o número total de pacotes transmitidos
  - Erros ocorrem quando:
    - pacotes são perdidos ou descartados no trânsito
      - possivelmente devido a espaço de buffer insuficiente no receptor causado pela congestionamento na rede
    - pacotes são atrasados
    - pacotes chegam fora de ordem



# Resumo do Capítulo até o momento

- Definição de alguns parâmetros de desempenho de redes de computadores
  - Taxa de bits, vazão, atraso, variação de atraso, taxa de perdas de pacote
- Caracterização das fontes de áudio e vídeo tempo-real
  - variação de vazão com o tempo, simetria bidirecional, dependência temporal, sincronização intramídia e intermídia, tolerância a perda de pacotes

# Características das fontes multimídia

- Tipos de Transmissão

- Transmissão assíncrona (download)

- Dado é transferido completamente antes da apresentação
    - gera atraso inicial muito grande
    - exige grande capacidade de armazenamento no receptor

- Transmissão síncrona (streaming)

- fluxos de áudio e vídeo são transferidos e apresentados em tempo real
    - impõe severos requisitos a nível de comunicação

- Escopo do estudo

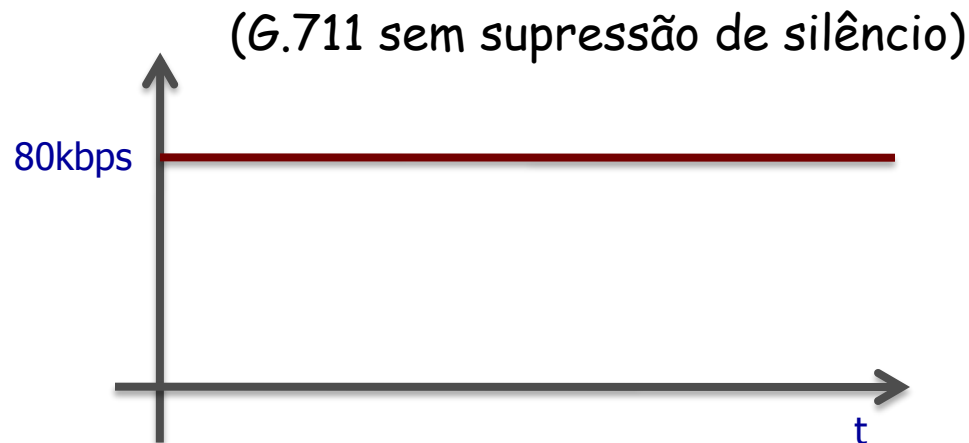
- Estudo dos requisitos de rede para transmissão síncrona de áudio e vídeo

# Características das fontes multimídia

- Fluxos de dados multimídia são caracterizados de acordo com:
  - variação de vazão com o tempo
  - simetria bidirecional
  - dependência temporal
  - sincronização multimídia: intramídia e intermídia
  - tolerância a perda de pacotes

# Características das fontes multimídia

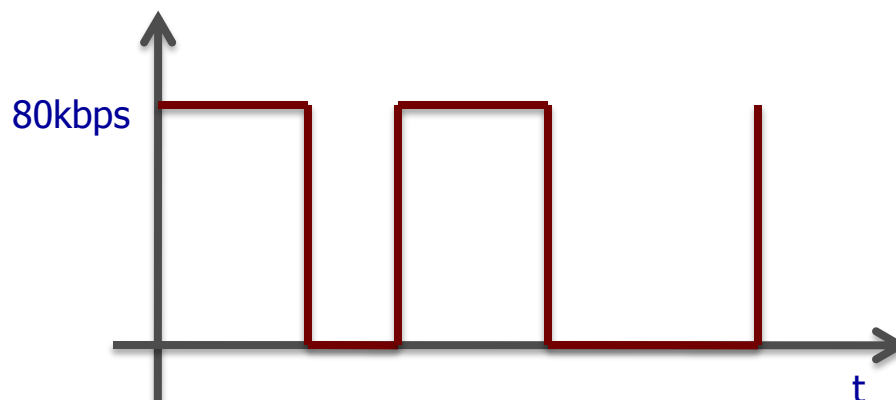
- Variação de vazão com o tempo
  - tráfego multimídia pode ser caracterizado como uma taxa de bits constante (CBR) ou taxa de bits variável (VBR)
- Tráfego a taxa de bits constante (CBR)
  - Gerada por alguns codecs
  - É importante que a rede transporte estes fluxos de dado a uma taxa de bits constante
    - senão é necessário realizar uma buferização em cada sistema final
  - Em muitas redes tal como ISDN é natural transportar dados CBR



# Características das fontes multimídia

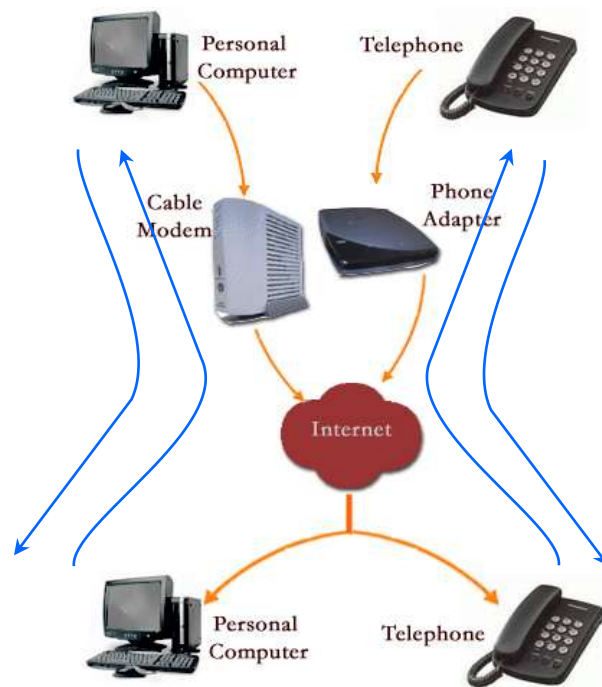
- Variação de vazão com o tempo
  - tráfego multimídia pode ser caracterizado como uma taxa de bits constante (CBR) ou taxa de bits variável (VBR)
- Tráfego a taxa de bits variável (VBR)
  - Gerada por tecnologias de compressão de dados
  - tráfego com uma taxa de bits que varia com o tempo
    - ocorrem em rajadas, caracterizado por períodos aleatórios de relativa inatividade quebradas com rajadas de dados

(G.711 com supressão de silêncio)



# Características das fontes multimídia

- Simetria Bidirecional
  - Existem dois tipos: Simétrica e Assimétricas
  - Tráfego simétrico
    - Taxas aproximadas nas duas direções
    - P.e. tráfego VoIP um-a-um



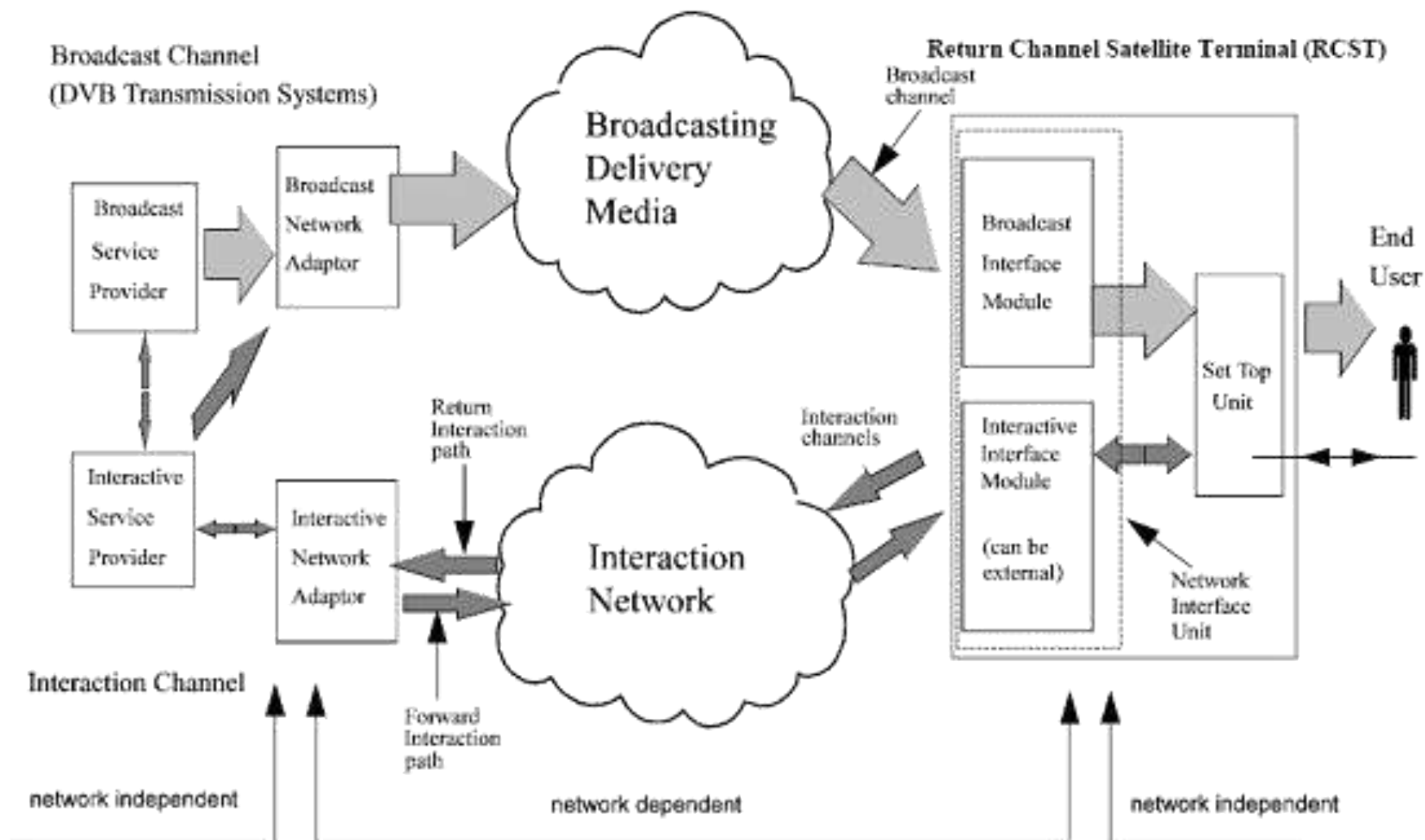
# Características das fontes multimídia

- Simetria Bidirecional

- Existem dois tipos: Simétrica e Assimétricas
- Tráfego assimétrico
  - Tráfego em uma direção pode ser muito maior que o tráfego em outra direção
    - P.e. Vídeo sob Demanda (VoD), TV sobre IP (IPTV), ...
  - Em muitos casos, o canal de retransmissão é projetado para transportar o fluxo, enquanto o canal de retorno transporta apenas tráfego a rajadas curtas



# Características das fontes multimídia



# Características das fontes multimídia

- Dependência temporal
  - Para aplicações pessoa-a-pessoa
    - atraso total deveria ser abaixo de um nível de tolerância
      - possibilitando a interatividade
  - Na VoIP, videofonia e videoconferência
    - atraso total de transmissão das imagens e da voz de um interlocutor da fonte para o destino deve ser pequena
      - senão a conversação perde em interatividade
    - atraso fim-a-fim deve ser de no máximo 400 ms
      - Na rede deve ser menor (50 ms)
  - Nas aplicações pessoa-sistema
    - Atraso pode ser na ordem de segundos

# Características das fontes multimídia

- Sincronização multimídia
  - Objetivo final das aplicações multimídia
    - Apresentar aos usuário de forma satisfatória as informações expressas em vários tipos de mídia de apresentação
  - Sincronização é a apresentação temporalmente correta dos componentes multimídia que compõem uma aplicação
    - uma das principais problemáticas de sistemas multimídia

# Características das fontes multimídia

- Para mídias contínuas (vídeo e áudio)
  - **Sincronização intramídia:** apresentação temporalmente correta significa que amostras de áudio e quadros de vídeo devem ser apresentados em intervalos regulares
    - senão a qualidade percebida será baixa
  - Exemplo:
    - Voz de telefonia digital codificada na forma de amostras de 8-bits a todo  $125\ \mu\text{s}$ 
      - Para uma boa qualidade de apresentação, estas amostras devem ser apresentadas em intervalos de  $125\ \mu\text{s}$  +/- uma pequena variação
      - amostras são descartadas caso não possam ser apresentada no instante correto

# Características das fontes multimídia

- Para descrever relacionamentos temporais entre componentes multimídia
  - **Sincronização intermídia:** Apresentação temporalmente correta significa que os relacionamentos temporais desejados entre os componentes devem ser mantidos
    - São dependências temporais artificiais especificadas explicitamente pelo autor da aplicação
  - Em muitas aplicações multimídia, diversas mídias podem estar relacionadas no tempo, sendo que na apresentação deve ser mantida a sincronização intermídia
    - fluxo de dados multimídia devem ser apresentados de maneira sincronizadas no receptor
    - por exemplo, áudios e vídeos devem ser sincronizados na apresentação (sincronização labial).

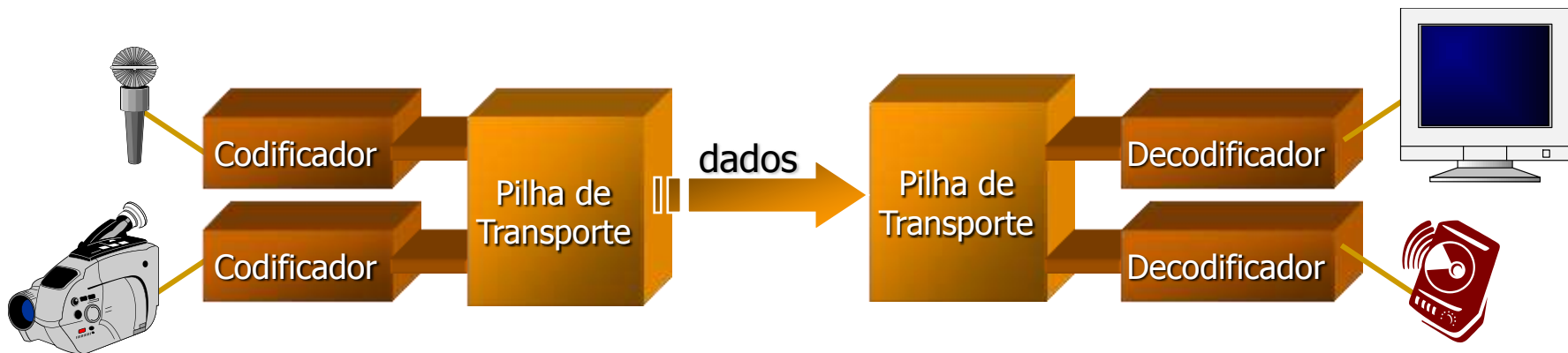
# Características das fontes multimídia

- **Sincronização Intermídia: Distorção intermídia**
  - Parâmetro que mede a diferença entre:
    - tempo efetivo da apresentação de um componente, e
    - tempo ideal definido na relação temporal especificada
  - Valor aceitável para a distorção intermídia é dependente dos tipos de mídia relacionadas

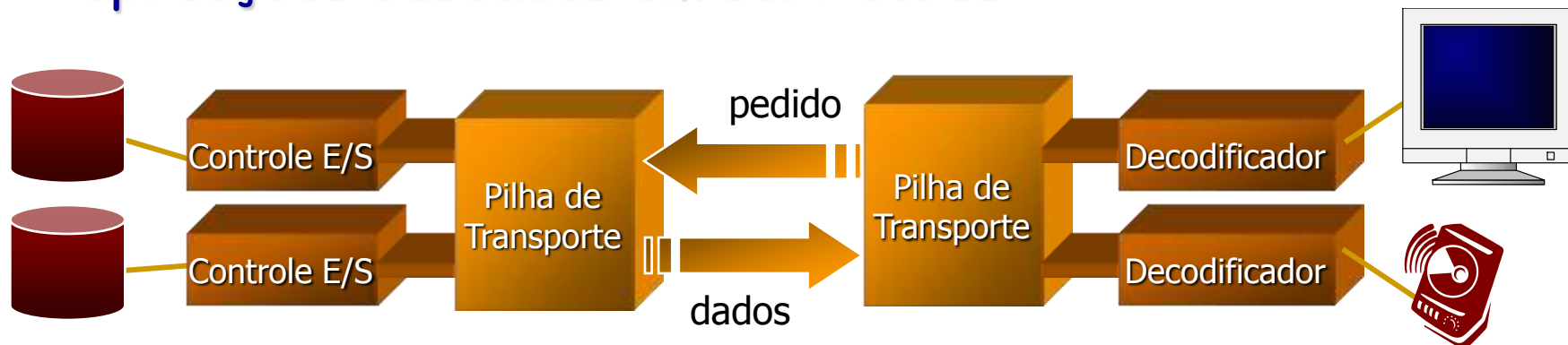
Mídias envolvida	Modo ou Aplicação	Distorção intermídia permitida
<b>Vídeo e animação</b>	correlacionados	+/- 120ms
<b>Vídeo e áudio</b>	sincronização labial	+/- 80ms
<b>Vídeo e imagem</b>	superposição	+/- 240ms
<b>Vídeo e imagem</b>	sem superposição	+/- 500ms
<b>Vídeo e texto</b>	superposição	+/- 240ms
<b>Vídeo e texto</b>	sem superposição	+/- 500ms
<b>Áudio e animação</b>	correlacionados	+/- 80ms
<b>Áudio e áudio</b>	relacionamento estrito (estéreo)	+/- 11µs
<b>Áudio e áudio</b>	relacionamento fraco	+/- 120ms
<b>Áudio e áudio</b>	relacionamento fraco (música de fundo)	+/- 500ms
<b>Áudio e imagem</b>	relacionamento forte (música com notas)	+/- 5ms
<b>Áudio e imagem</b>	relacionamento fraco (apres. de slides)	+/- 500ms
<b>Áudio e texto</b>	anotação de texto	+/- 240ms
<b>Áudio e ponteiro</b>	áudio relaciona para mostrar item	- 500ms a + 750ms

# Causas da Perda de Sincronismo

- Processos envolvidos na comunicação fim-a-fim em aplicações conversacionais



- Processos envolvidos na comunicação fim-a-fim em aplicações baseadas em servidores





# Características das fontes multimídia

- Tolerância a Perda de Pacotes
  - Transferência livre de erro não é essencial para obter uma qualidade de comunicação aceitável
    - informações multimídia toleram certa quantidade de erros
  - Taxa de erro tolerável é dependente do método de compressão

# Requisitos de rede para a comunicação de áudio e vídeo

- Identificação dos principais requisitos de rede para a comunicação de áudio e vídeo
  - Verificar quais os níveis de desempenho que a rede deve oferecer para ter boa qualidade de áudio e vídeo
- Onde podemos aplicar o conhecimento
  - Homologação de serviços de rede antes da implantação de serviços multimídia
    - Exemplo: para uma corporação ter um serviço de Voz sobre IP (VoIP) de boa qualidade, é necessário garantir a qualidade do serviço de rede
  - Seleção de codecs apropriados de acordo com a qualidade da rede
    - Na seleção manual
  - Na implementação de sistemas adaptativo às condições de rede.

# Requisitos de rede para a comunicação de áudio e vídeo

- Requisitos avaliados:
  - Eficiência de uso de recursos da rede
    - A tecnologia usa de maneira eficiente seus recursos para transportar dados multimídia?
  - Requisitos de vazão
    - A rede oferece banda suficiente para transportar minhas mídias?
  - Requisitos de atraso e variação de atraso
    - A rede oferece um atraso pequeno e constante para meu tráfego de mídia?
  - Requisitos de confiabilidade
    - A rede produz muita perda de pacotes que afeta a qualidade de apresentação das mídias?
  - Capacidade de Multicasting
  - Garantia de Qualidade de Serviços

# Eficiência de uso de recursos da rede

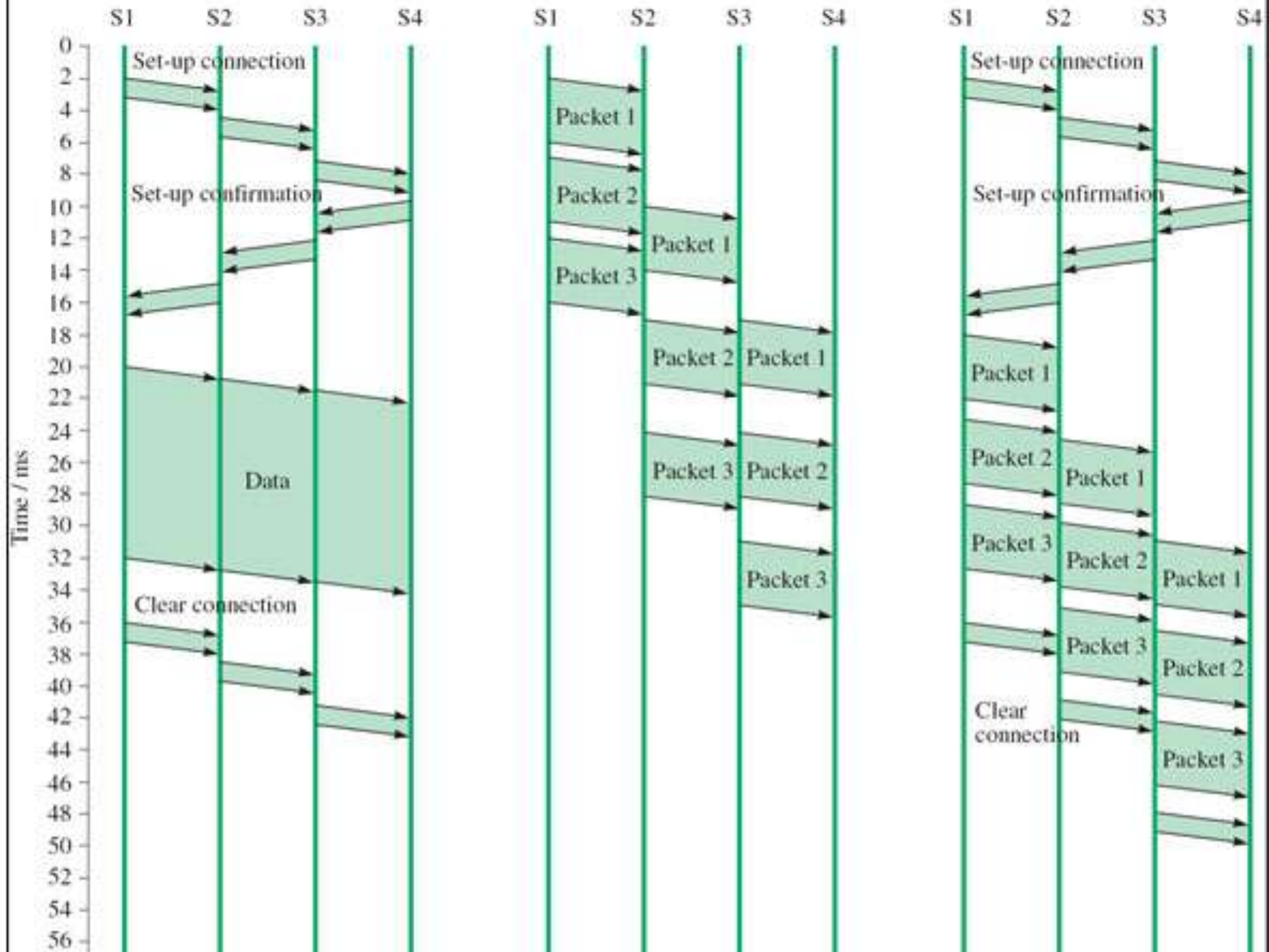
## Comutação de Pacotes vs de Circuito

- **Comutação**
  - Processo de alocação de recursos para a transmissão.
- **Existem dois tipos básicos de comutação**
  - **Comutação de pacotes**
    - Não são reservados recursos
    - Os pacotes de uma comunicação usam os recursos sob demanda e, como consequência, poderão ter de aguardar (entrar na fila) para conseguir acesso ao enlace de rede.
  - **Comutação de circuito**
    - Recursos necessários ao longo de um caminho (buffers, taxa de transmissão de enlaces) para prover a comunicação entre os sistemas finais são reservados pelo período da sessão de comunicação
    - Circuito é implementando em um enlace por Multiplexação por Divisão de Frequência (FDM) ou Multiplexação por Divisão de Tempo (TDM)

### Circuit-switched

### Packet-switched, connectionless mode

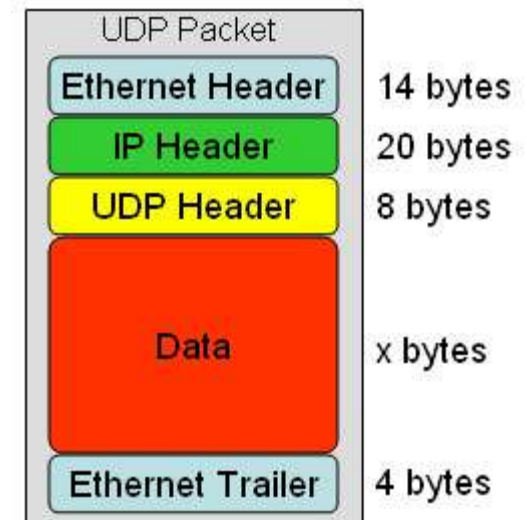
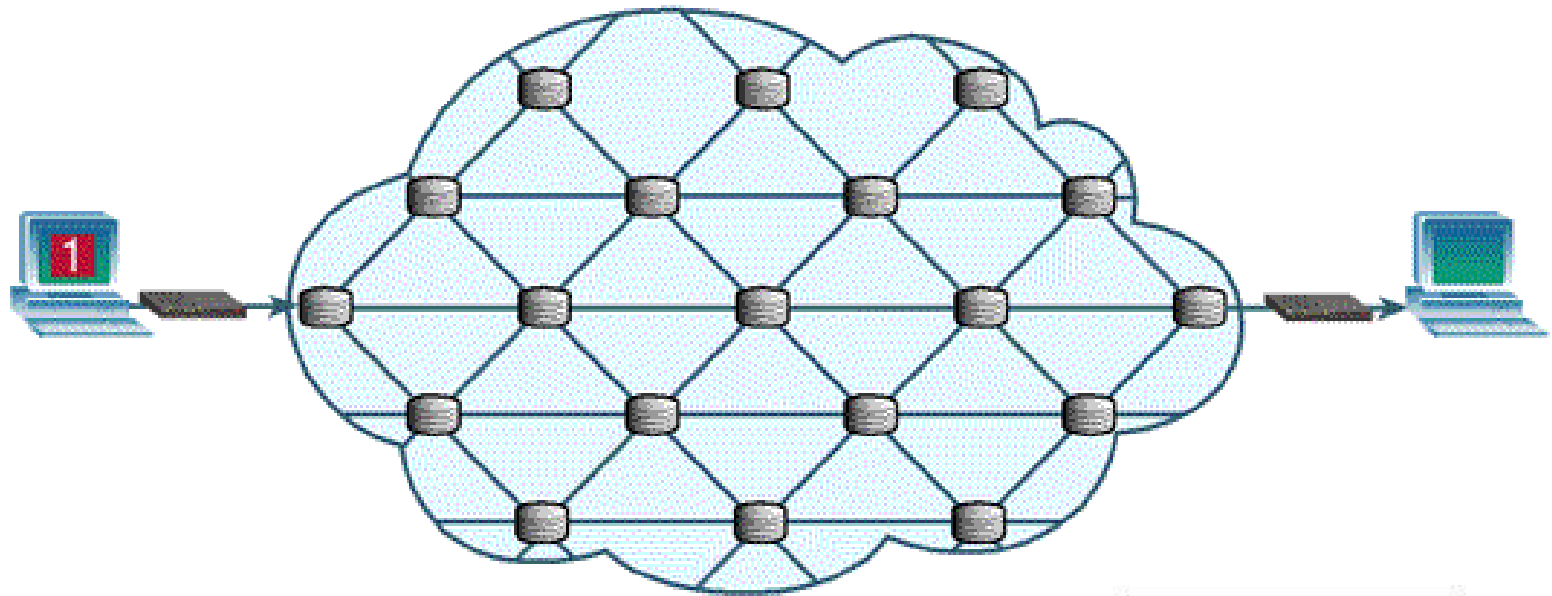
### Packet-switched, connection-oriented mode



# Eficiência de uso de recursos da rede

## Comutação de Pacotes vs de Circuito

Packet routing through WAN/Internet

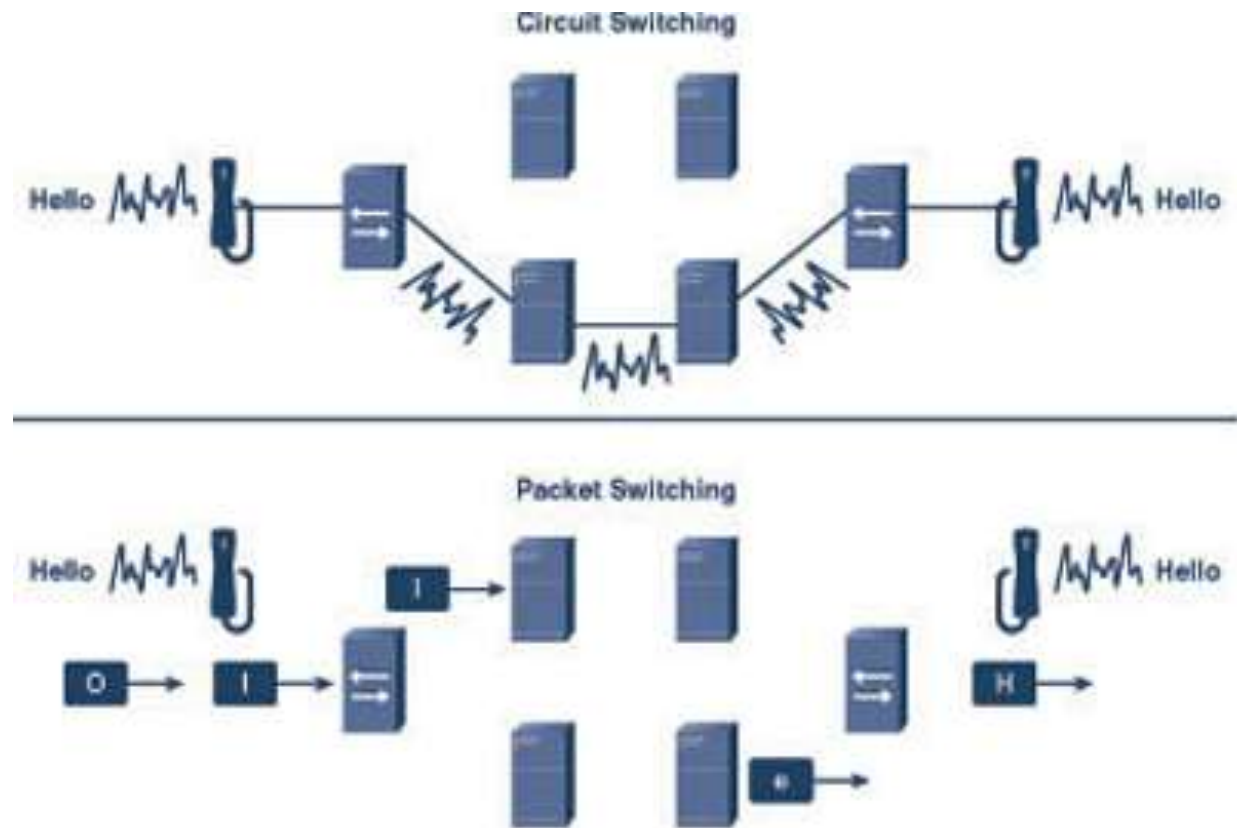


# Eficiência de uso de recursos da rede

## Comutação de Pacotes vs de Circuito

- Comutação de Circuito

- Estabelecido um circuito onde o "dado" é transmitido
  - Amostras de áudio (na rede de telefonia pública - PSTN)





# Eficiência de uso de recursos da rede

## Comutação de Pacotes vs de Circuito

- Comutação de Circuito

- Multiplexação

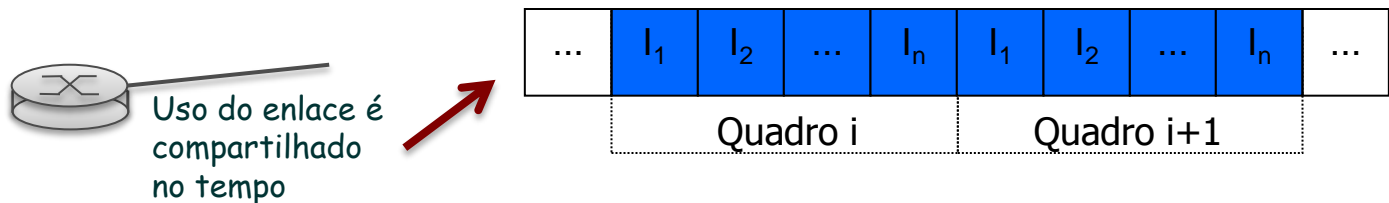
- Compartilhamento do meio de transmissão por várias conexões

- Multiplexação por divisão de tempo síncrona (STDM)

- Tempo é dividido em quadros de tamanho fixo que por sua vez são divididos em intervalos de tamanho fixo

- Canal

- conjunto de intervalos, um em cada quadro e com posição fixa no quadro
        - » canal 3 é o terceiro intervalo de cada frame
      - são alocados às estações que desejam transmitir
      - Pode ser ponto-a-ponto ou multiponto



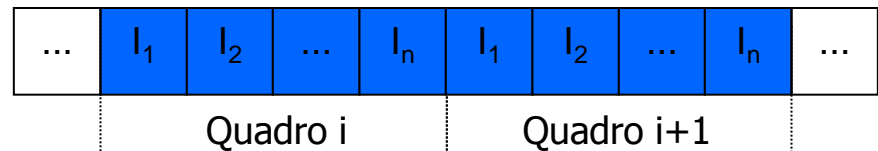
# Eficiência de uso de recursos da rede

## Comutação de Pacotes vs de Circuito

- Esquemas de multiplexação na comutação de circuito
  - **Single-slot STDM**
    - É dedicado um intervalo para cada canal
    - supondo:
      - $C$  bps a capacidade do meio (p.e. 2 Mbps)
      - $B$  bps a capacidade de cada canal (p.e. 64 kbps)
      - $N = C/B$  o número máximo de intervalos ( $2000/64=31$ ) considerando  $T$  a duração de um quadro de 1s
      - $t = T/N$  duração do intervalo onde  $K = Ct$  bits podem ser transmitidos ( $t=1/31=3,2\text{ms}$ ;  $K = 64$  Kbps)



Uso do enlace é compartilhado no tempo

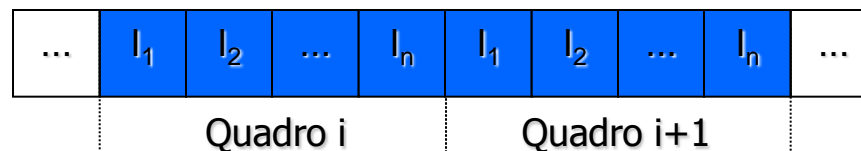


# Eficiência de uso de recursos da rede

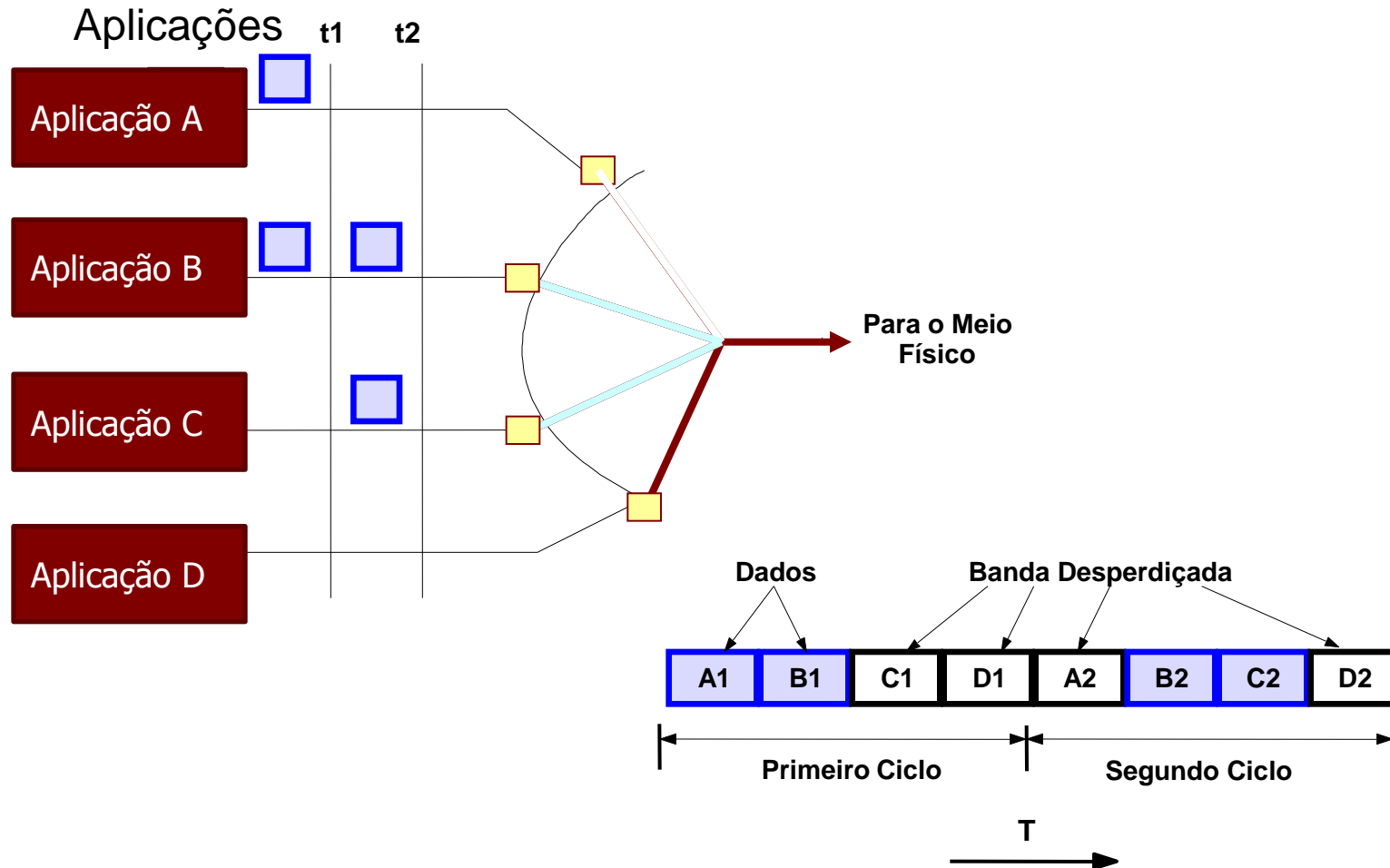
## Comutação de Pacotes vs de Circuito

- Deficiências do STDM

- Uma conexão pode apenas usar o intervalo temporal de cada quadro dedicada a ela
- Multiplexação STDM é feita por reserva
  - um intervalo de tempo pode apenas ser usado pela conexão que o reservou durante o seu estabelecimento
    - Se a fonte não tem dados a transmitir durante o intervalo, o intervalo é perdido (não pode ser usado por outra conexão)
    - Caso o transmissor ter mais dados a transmitir, ele deve aguardar o próximo quadro (ou reservar mais que um intervalo em cada quadro)



# Comutação de Pacotes vs de Circuito

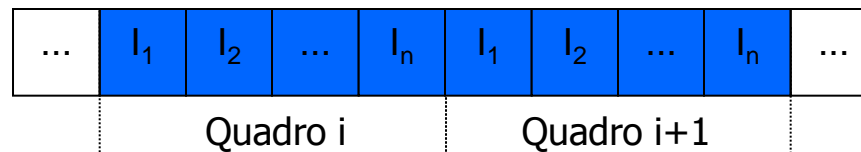


# Eficiência de uso de recursos da rede

## Comutação de Pacotes vs de Circuito

- Deficiências do STDM

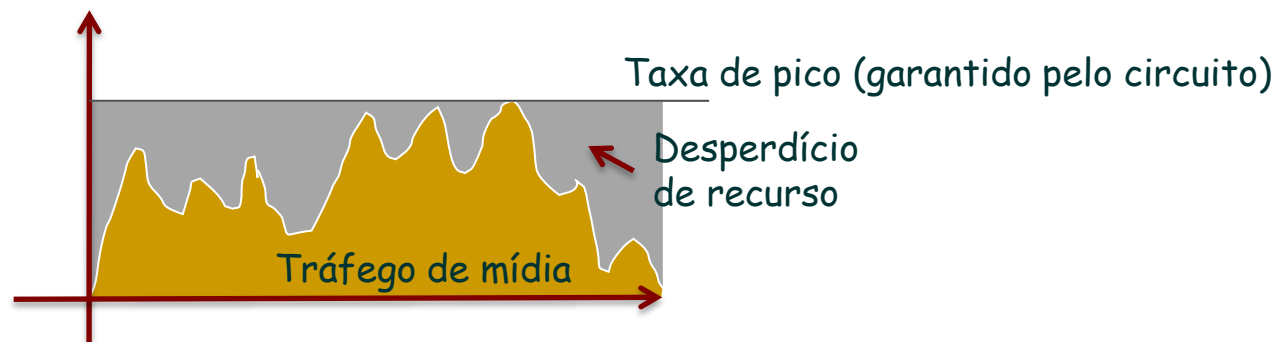
- Exemplo: se cada intervalo corresponde a 64 Kbps
  - conexão pode apenas ter uma largura de banda múltipla de 64 Kbps
  - se a conexão necessita apenas de 16 Kbps
    - um intervalo de tempo deve ser reservado, assim 48 Kbps são perdidos
  - se uma conexão necessita de 70 Kbps, dois intervalos (128 Kbps) em cada quadro deve ser reservado e 58 Kbps são desperdiçados



# Eficiência de uso de recursos da rede

## Comutação de Pacotes vs de Circuito

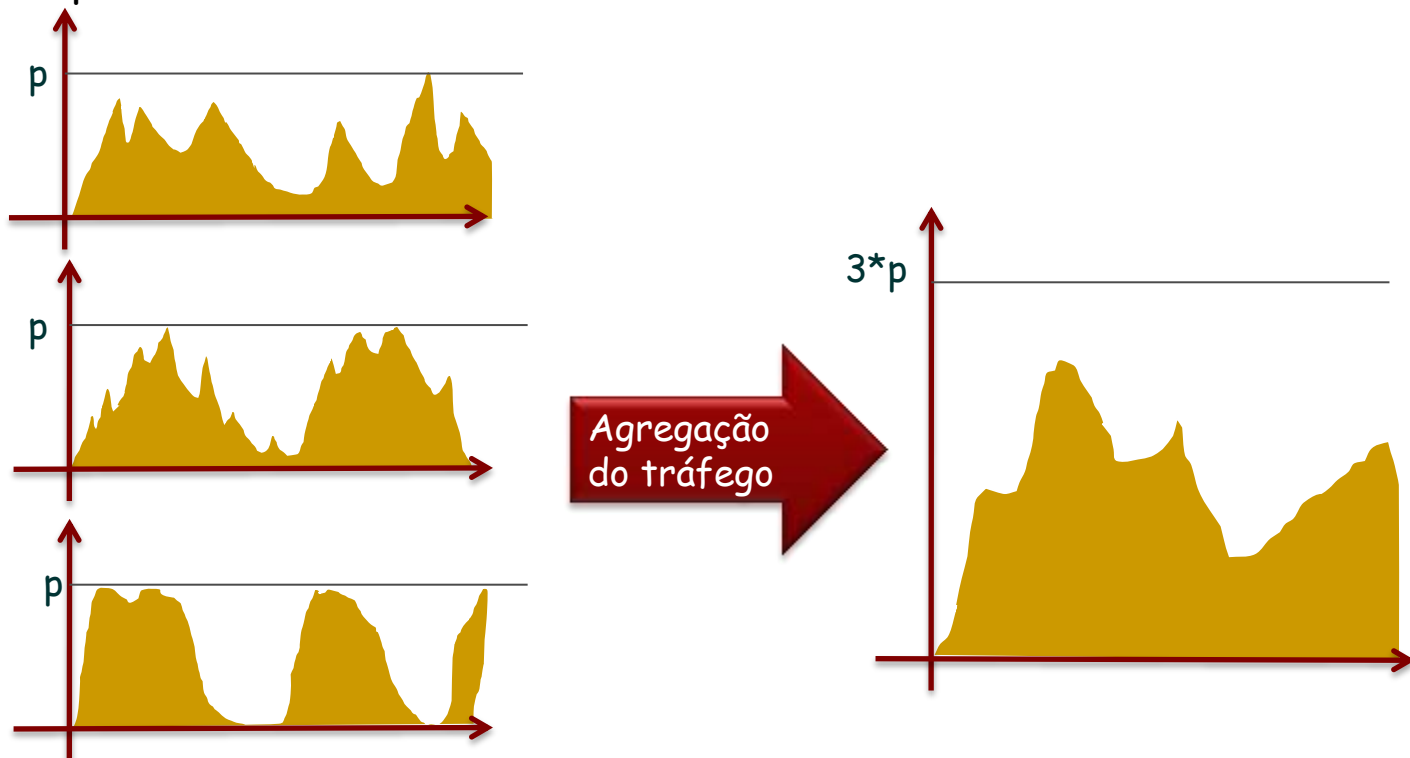
- Dados multimídia são transmitidos em rajadas
  - Se usuário reserva uma largura de banda igual a seu pico de taxa de transmissão:
    - parte da largura de banda é desperdiçada em redes de comutação de circuitos
      - É baseada em reserva de recursos



# Eficiência de uso de recursos da rede

## Comutação de Pacotes vs de Circuito

- Largura de banda sob demanda ou multiplexação estatística
  - Oferecida pelas redes de comutação de pacotes
  - Melhor técnica para uso eficiente da rede
    - aplicação pode usar tanta largura de banda quanto necessário sujeito a um valor máximo
    - quando uma aplicação não usa toda a sua largura de banda outra aplicação pode usar



# Requisitos de vazão

- Requisito de vazão de transmissão
  - Requisito dependentes da qualidade/codec escolhida para áudios e vídeos transmitidos e da técnica de compressão utilizada
  - VoIP
    - 5.3 a 64 kbps de vazão gerados por fluxo de áudio (depende do codec)
    - 20 a 80 kbps ao nível de rede (depende do tamanho do pacote de voz)
  - Videofonia/Videoconferência com H.261
    - 64 Kbps de vazão é aceitável apenas em alguns vídeos estáticos (vídeo mostrando apenas a cabeça da pessoa que fala)
    - 384 Kbps de vazão é interessante mesmo para vídeos mostrando cenas normais
  - Transmissão de vídeo de qualidade
    - 1,4 Mbps para áudio e vídeo fornece uma boa qualidade de vídeo
    - 1,2 a 80 Mbps para MPEG e MPEG-2



# Requisitos de vazão

- Requisito de continuidade temporal
  - Rede deve ser capaz de suportar a taxa gerada pela aplicação multimídia durante toda a sessão
    - Exemplo: VoIP com codec G.711 deve suportar uma taxa
      - CBR a 80 kbps no caso de não haver supressão de silêncio
      - VBR com taxa de pico de 80 kbps caso haja supressão de silêncio
  - Se existem vários fluxos na rede ao mesmo tempo
    - Rede deve ter uma capacidade de vazão igual ou maior que a taxa de bits agregada dos fluxos

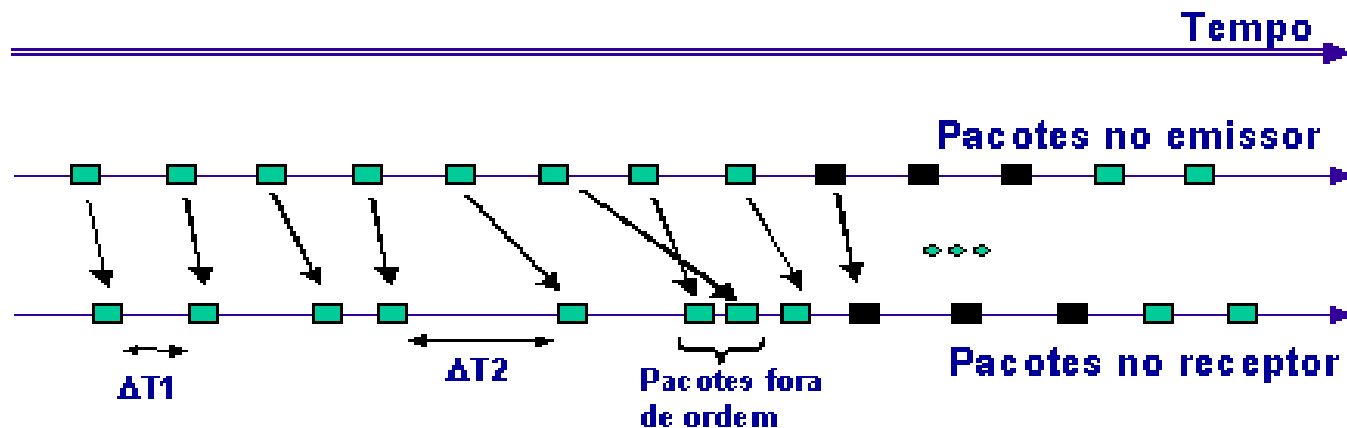
# Requisitos de atraso e variação de atraso

- Atraso fim-a-fim
  - Sempre existe um atraso entre a captura/leitura de uma informação em uma fonte e sua apresentação em um destino
    - gerado pelo processamento da informação na fonte, sistema de transmissão e processamento no destino
  - Para videoconferência e VoIP: entre 150 e 400ms
  - Para aplicações baseadas em servidor: na ordem de segundos

# Requisitos de atraso e variação de atraso

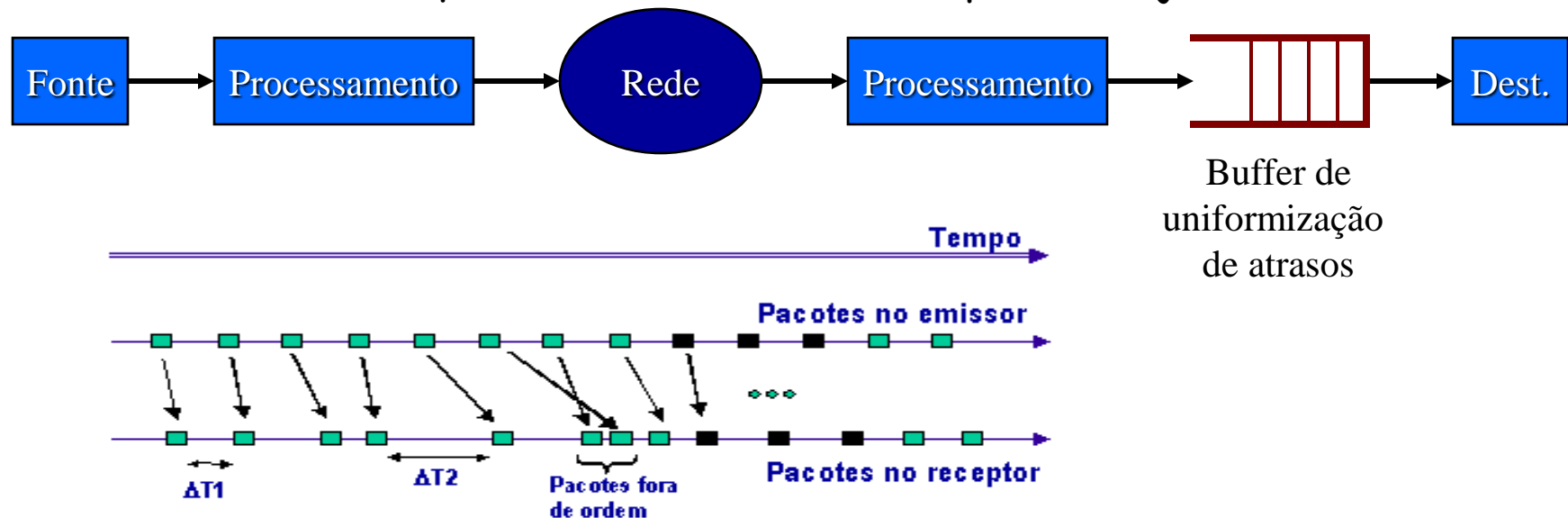
- **Variação de atrasos**

- Em redes a comutação de pacotes, os pacotes de dados não chegam ao destino em intervalos fixos
  - necessário para transmissão de mídias contínuas
- Para videoconferência e VoIP: deve ser limitada a um pequeno valor (inferior a 30 a 60ms)
- Para aplicações baseadas em servidor: pode ser mais alta



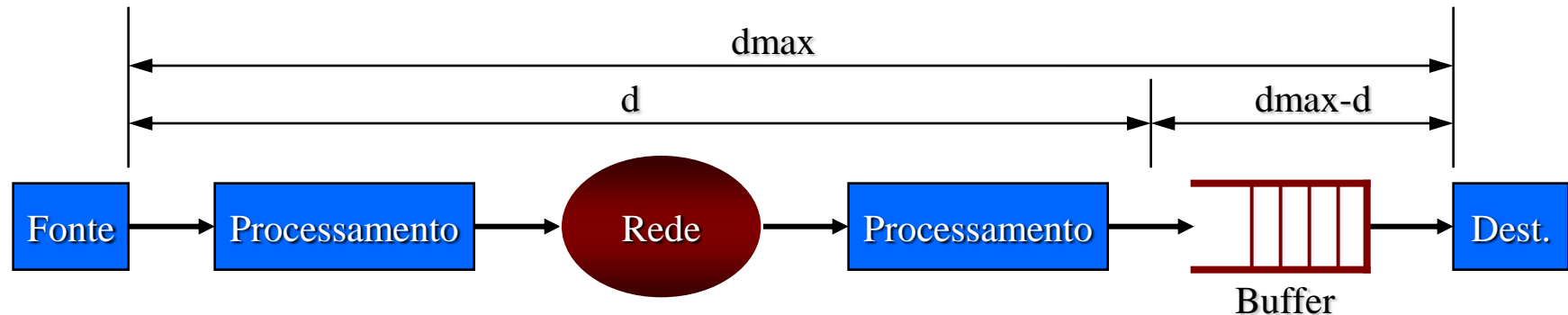
# Requisitos de atraso e variação de atraso

- Variação de Atraso é removida com buffer FIFO no destino
  - Técnica de bufferização:
    - pacotes que chegam são colocados no buffer em taxas variadas
    - dispositivo de apresentação retira amostragens em uma taxa fixa
    - **princípio:** adicionar um valor de atraso variável a cada pacote de tal forma que o atraso total de cada pacote seja o mesmo



# Variação do Atraso: Técnica de Bufferização

- Supondo:
  - $d_{min}$ : tempo mínimo de atraso do pacote
  - $d_{max}$ : tempo máximo de atraso
- Se um pacote com atraso de  $d$  é bufferizado durante  $(d_{max}-d)$ 
  - todos os pacotes terão um atraso fixo de  $d_{max}$ 
    - destino partirá a apresentação  $d_{max}$
    - cada pacote será apresentado em tempo
- Tempo máximo de bufferização é  $d_{max}-d_{min}$ 
  - maior este valor, maior é o tamanho do buffer necessário
  - buffer não deve sofrer sobrecarga ou subutilização
  - tamanho do buffer não dever ser muito grande
    - significa que o sistema é caro e o atraso fim-a-fim é grande



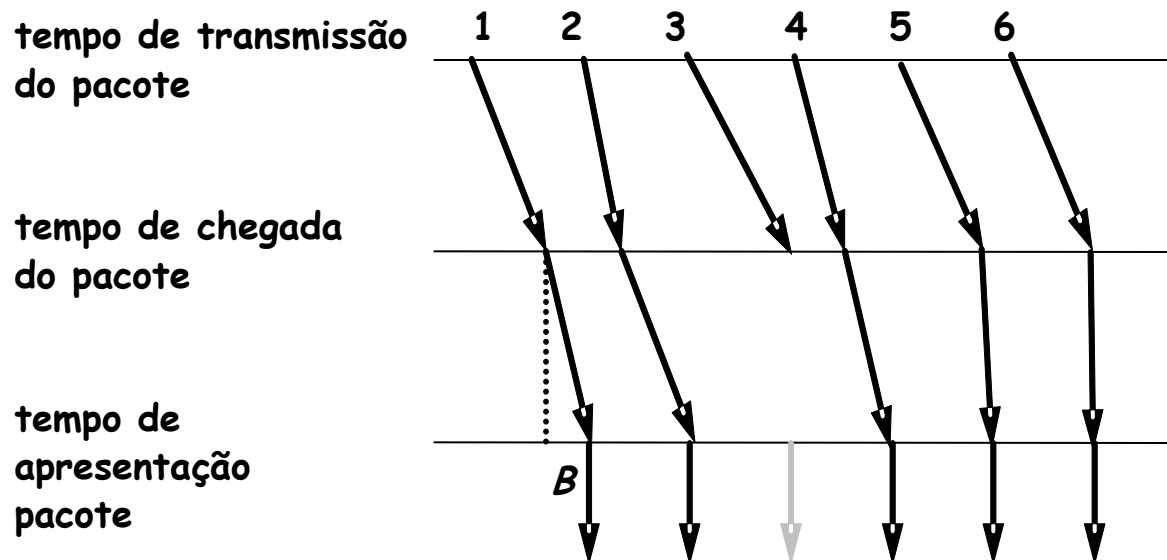
# Variação do Atraso: Técnica de Bufferização

- Buffer de Apresentação
  - Existem duas classes de operação para os buffers de apresentação:
    - Tempo de bufferização fixo
    - Tempo de bufferização adaptável

# Variação do Atraso: Técnica de Bufferização

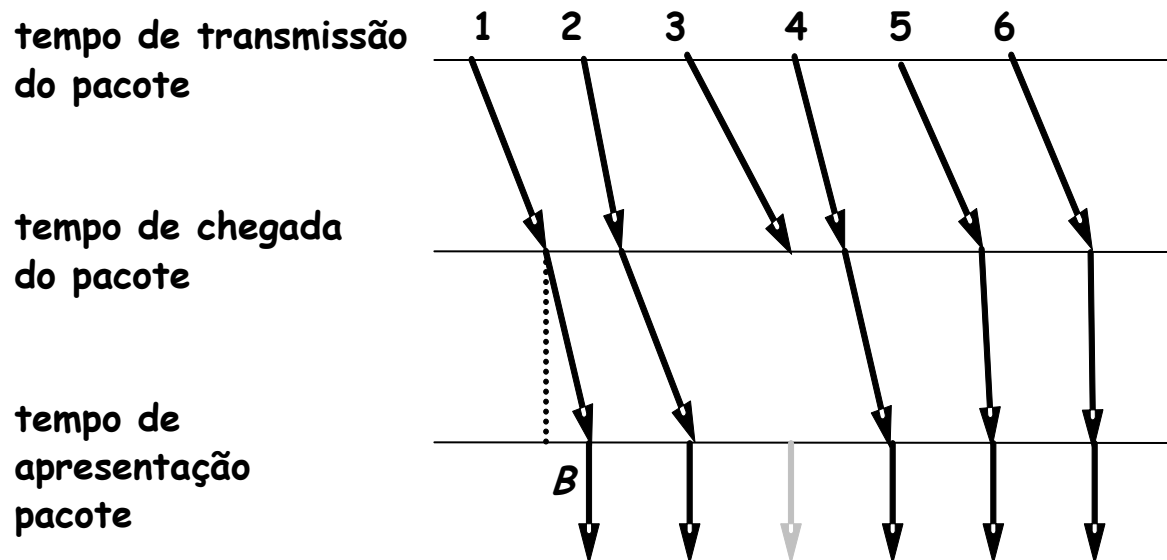
- Tempo de Bufferização fixo

- Primeiro pacote do fluxo é bufferizado por um período de tempo de  $B$  segundos antes de ser apresentado
- Pacote seguinte é apresentado numa taxa fixa se ele é disponível
- Quando a variação de atraso não é muito grande e  $B$  é apropriadamente selecionado
  - variação de atraso da rede pode ser removida eficientemente.



# Variação do Atraso: Técnica de Bufferização

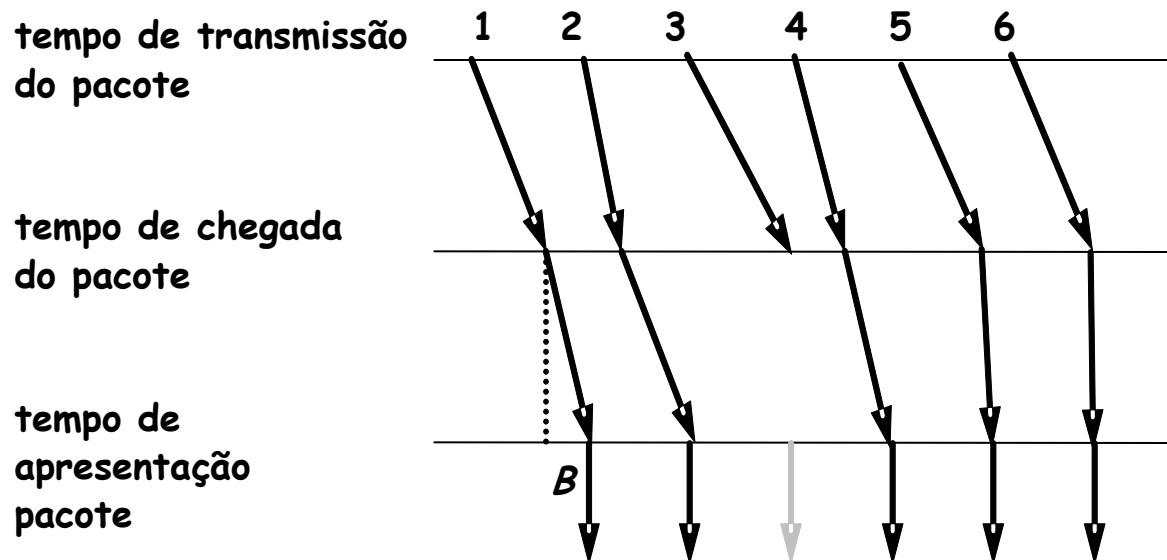
- Tempo de Bufferização fixo
  - Mas este esquema não considera o atraso real do pacote
    - Mesmo se o primeiro pacote sofrer o atraso máximo da rede, ele é atrasado de  $B$  segundos
      - Causando atraso extra desnecessário
  - Em VoIP em geral o tempo de bufferização é de duas vezes o tamanho de um pacote de voz
    - Exemplo: se o pacote de voz for de 20ms, o tempo de bufferização é de 40ms





# Variação do Atraso: Técnica de Bufferização

- Tempo de Bufferização fixo
  - Embora esta técnica seja fácil de implementar
    - Pode resultar em qualidade não satisfatória de áudio
      - Atrasos podem variar, e se aumentar aumenta o descarte de pacotes
    - Não há um atraso ótimo quando as condições de rede variam com o tempo

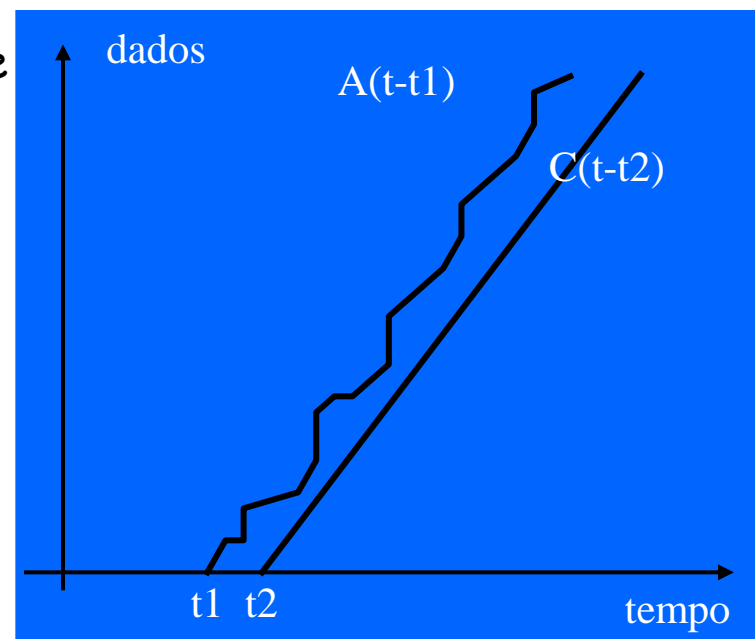


# Variação do Atraso: Técnica de Bufferização

- Técnicas de bufferização adaptativas
  - Realizam uma estimação contínua dos atrasos de rede
    - Via os parâmetros dos pacotes RTP e RTCP
  - Permite acompanhar a situação da rede
  - Várias operações devem ser realizadas para o cálculo do tempo de apresentação dos dados
    - Compensação do desvios de relógio
    - Compensação do Comportamento do Emissor quando do uso de técnicas para aumentar a confiabilidade
    - Compensação do Jitter
    - Compensação da trocas de rota
    - Compensação da reordenação de pacotes
    - Definição do momento de adaptar

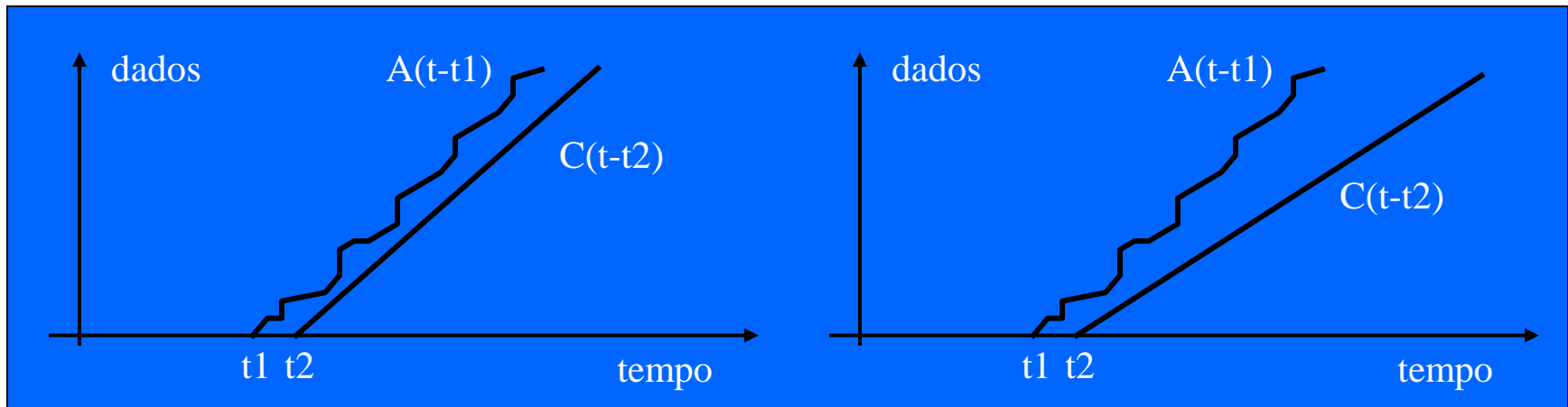
# Variação do Atraso: Técnica de Bufferização

- **Análise baseada no modelo cliente/servidor**
  - Supondo:
    - destino consome dados a uma taxa constante
    - $A(t)$  a função dos dados que chegam e  $C(t)$  a função de consumo
      - $C(t)$  aumenta com o tempo em uma taxa constante
      - $A(t)$  não aumenta a taxa fixa devido a variação de atrasos
  - Assumindo:
    - 0: tempo de envio do primeiro pacote
    - $t_1$ : tempo de chegada do primeiro pacote
    - $t_2$ : tempo de apresentação do primeiro pacote
  - Para satisfazer os requisitos de continuidade
    - $A(t-t_1)$  dever ser igual ou maior que  $C(t-t_2)$ 
      - a diferença é bufferizada



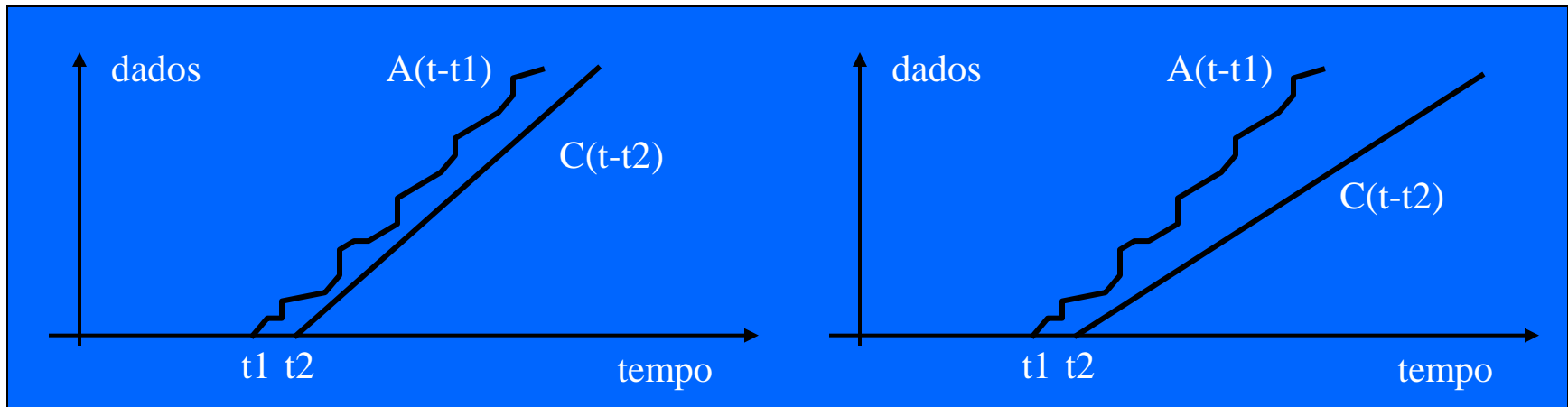
# Técnica de Bufferização

- Requisitos de largura de banda
  - Inclinação de  $A(t-t_1)$  representa a taxa de chegada de dados
  - Valor médio da taxa de chegada deve ser igual a taxa de consumo
  - Se a taxa de consumo é menor
    - diferença  $A(t-t_1)$  e  $C(t-t_2)$  (ocupação do buffer) aumenta com o tempo
    - para o sucesso da apresentação
      - tamanho do buffer é infinito ou
      - apresentação do fluxo pode apenas se mantida durante um tempo limitado
    - senão correrá sobrecarga do buffer



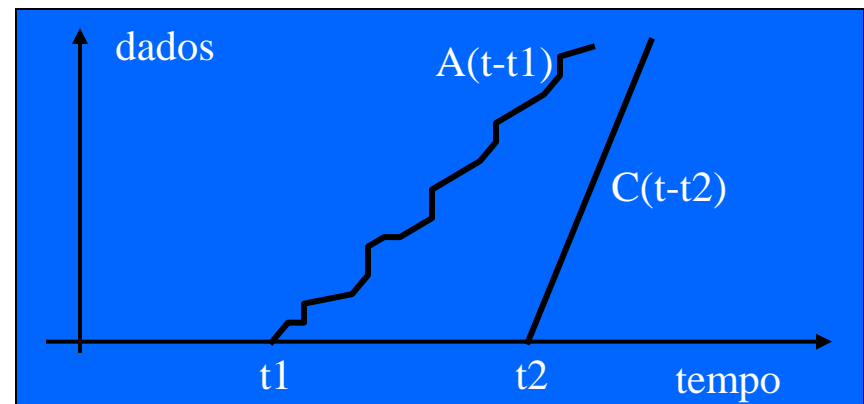
# Técnica de Bufferização

- Requisitos de largura de banda
  - Conclusão: controle da taxa de transmissão deve ser usado para que a taxa de transmissão seja próxima a taxa de consumo



# Técnica de Bufferização

- Requisitos de largura de banda
  - Se a taxa de consumo é maior que a taxa de chegada
    - para satisfazer o requisito que  $A(t-t_1) - C(t-t_2)$  não seja menor que 0
      - $t_2$  deve ser maior (atraso inicial maior)
        - » tempo de resposta mais longo
        - » requer tamanho de buffer maior
      - maior o fluxo a ser apresentado, maior é o atraso inicial e maior os requisitos do buffer
        - não são desejáveis nem praticáveis
    - **Conclusão:** transmissor deveria enviar na taxa de consumo, e a largura de banda de transmissão fim-a-fim deve ser ao menos igual a taxa de consumo



# Requisitos de confiabilidade

- Requisito de difícil quantificação
  - As aplicações multimídia são tolerantes a erros de transmissão
    - Devido aos limites da percepção sensorial humana
    - Consequência: perdas geram redução da qualidade de apresentação
  - Requisitos de controle de erro e de atraso fim-a-fim são contraditórios
    - pois muitos esquemas de controle de erro envolvem a detecção e retransmissão do pacote com erros ou perda
      - implica no aumento no atraso
    - para transmissão tempo-real de áudio e vídeo, o atraso é mais importante que a taxa de erros
      - é preferível ignorar o erro e trabalhar simplesmente com o fluxo de dado recebido
  - Para VoIP:
    - ideal é inferior a 1%, acima de 25% não é tolerável

# Capacidade de Multicasting

- Várias aplicações multimídia necessitam distribuir fluxos para vários destinos
  - É lento e dispendioso enviar uma cópia da informação para cada destino um-a-um
  - **Melhor solução:** fonte envia o dado apenas uma vez e a rede é responsável pela transmissão do dado a múltiplos destinos
    - técnica chamada de Multicasting

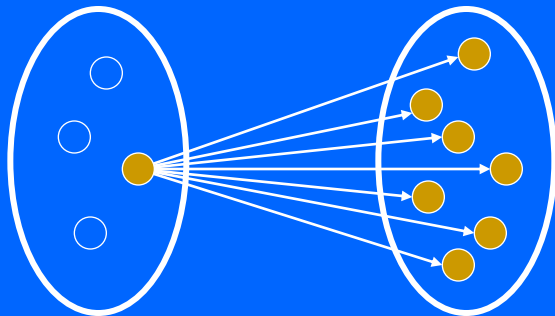


# Capacidade de Multicasting

- **Broadcast e Multicast**

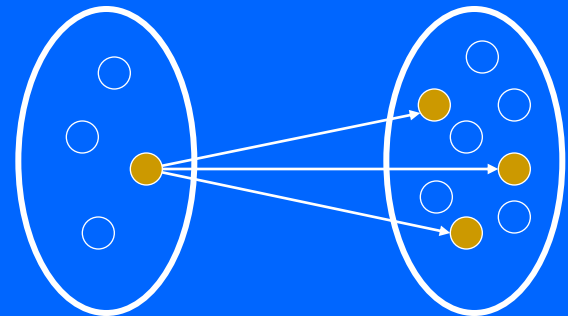
- **Broadcast:** comunicação ponto-a-multiponto onde todos os receptores potenciais podem receber a mensagem
- **Multicast:** comunicação ponto-a-multiponto onde um grupo de receptores podem receber a mensagem
  - Multicast para grupos fechados: a lista de receptores é predefinida e sobre o controle de uma autoridade central
  - Multicast para grupos abertos: qualquer receptor potencial pode espontaneamente se juntar ou sair do grupo

Fontes Potenciais   Destinos Potenciais



**Broadcasting: de um para todos**

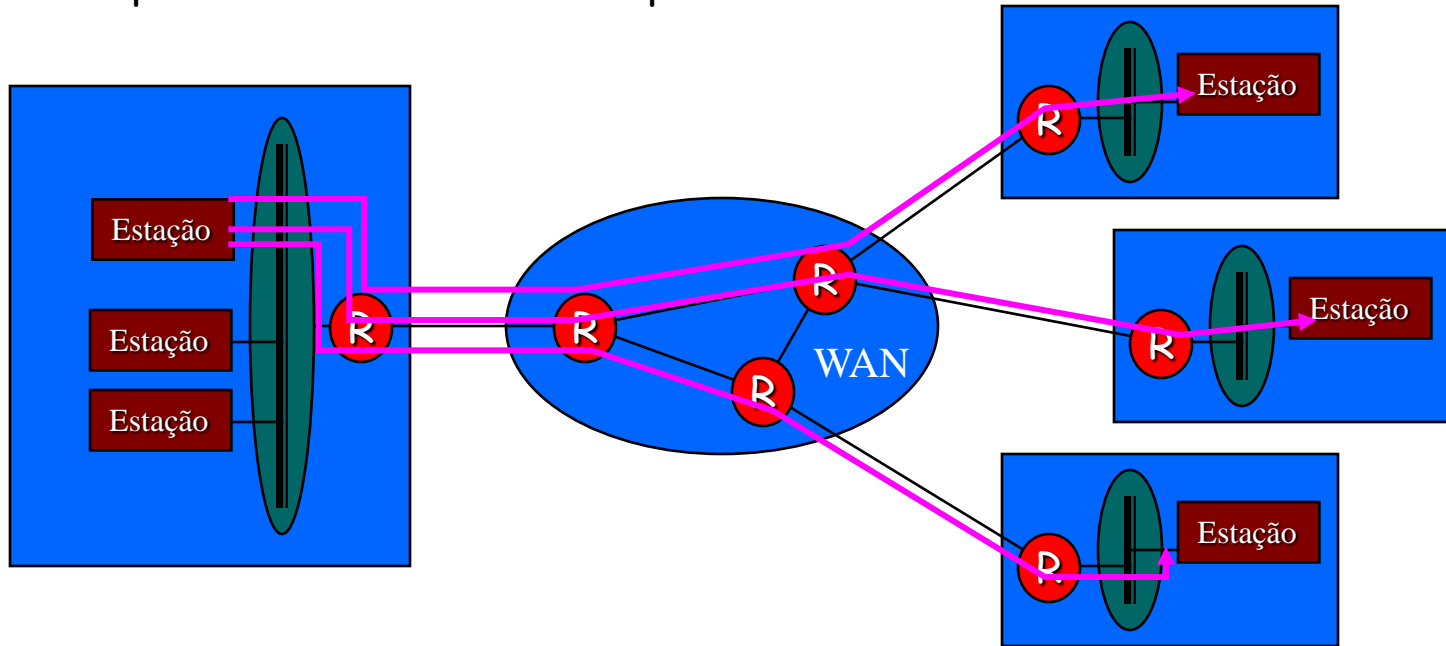
Fontes Potenciais   Destinos Potenciais



**Multicasting: de um para um grupo**

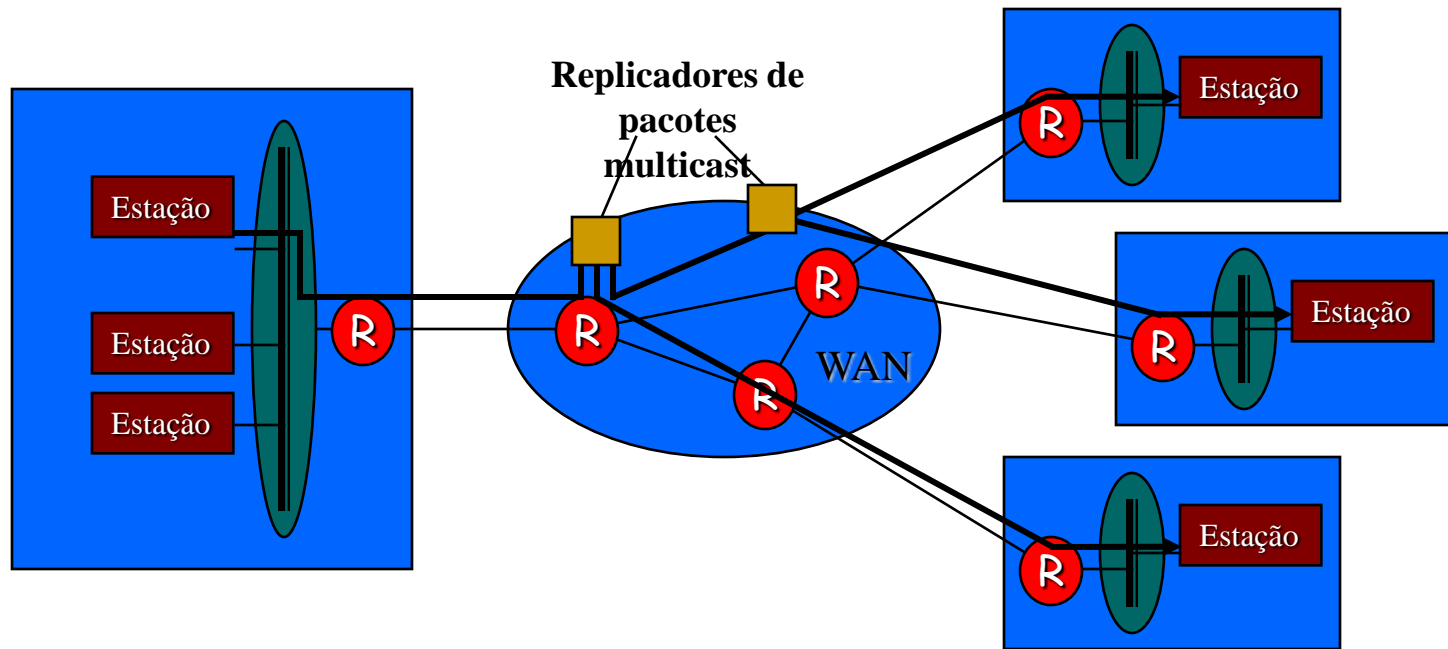
# Capacidade de Multicasting

- Múltiplas conexões ponto-a-ponto
  - Conexões ponto-a-ponto são estabelecidas entre os participantes
  - Vantagem
    - confidencialidade é mais alta
  - Desvantagens
    - fonte deve gerar múltiplos fluxos de dados idênticos (um para cada destino)
      - não econômico em termos de processamento na fonte e de comunicação
    - apenas envolve membros especificamente aceitos



# Capacidade de Multicasting

- Tecnologia multicast LAN/WAN
  - Suportar multicast em LAN é teoricamente simples
    - explorando a capacidade multicast inerente de LAN de meios-compartilhados (Ethernet, Token Ring, FDDI)
  - Sobre WANs, esta funcionalidade é disponível sobre vários tipos de rede sem conexão (IP)
  - Nem todas implementações asseguram confidencialidade
    - uso de técnicas de criptografia



# IP Multicast

- IP multicast é uma extensão do IPv4
  - Permite envio de datagramas IP para um conjunto de máquinas
    - formam um grupo multicast identificado por um endereço IP
- Distinção entre pacotes unicast e multicast
  - Roteador distingue entre pacotes normais e pacotes multicast olhando no formato do endereço destino contido no pacote
    - pacote multicast: 4 primeiros bits do endereço IP tem o valor "1110" (da classe D), o resto serve para identificar o grupo multicast

# Requisito de Garantias de Desempenho

- Para garantir o desempenho nas redes de comutação de pacotes
  - Rede deve garantir que um pacote possa acessar a rede em um tempo especificado
  - Quando na rede, o pacote deve ser liberado dentro de um tempo fixo com limites de variação de atraso
  - Necessário o uso de redes a comutação de circuitos ou redes a pacotes com gerenciamento da **Qualidade de Serviço**

# Análise de tecnologias de rede

# Ethernet e a Comunicação Multimídia

- Ethernet

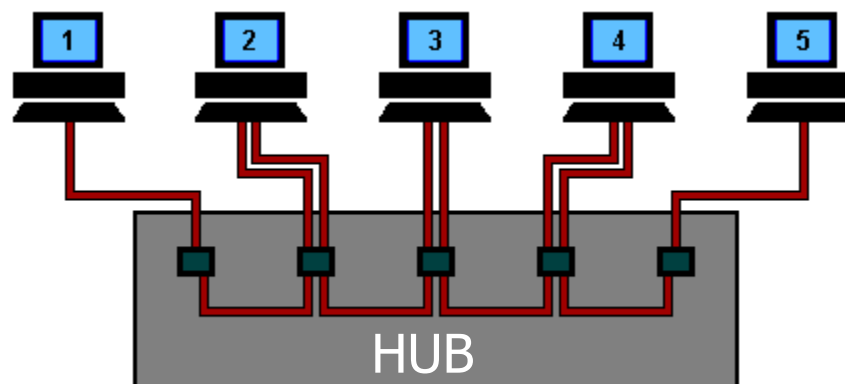
- Protocolo Camada 2 (Enlace) de interconexão para redes locais baseada no envio de quadros.
- Define cabeamento e sinais elétricos para a camada física, e formato de quadros e protocolos para a camada de controle de acesso ao meio (Media Access Control -MAC)
- Bandas: 10, 100, 1000, 10000 Mbps

- Dois Tipos

- Ethernet com meio compartilhado CSMA/CD
  - CSMA/CD ( Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)
  - Uso de Hubs Ethernet: repassa quadro entrante em uma porta nas outras portas
  - Banda é compartilhada pelos computadores ligados ao hub
- Ethernet Comutada (Switches Ethernet)
  - Uso de Switches Ethernet: repassa quadro entrante em uma porta em uma porta destinatária
  - Cada computador recebe a banda nominal

# Ethernet CSMA/CD e a Comunicação Multimídia

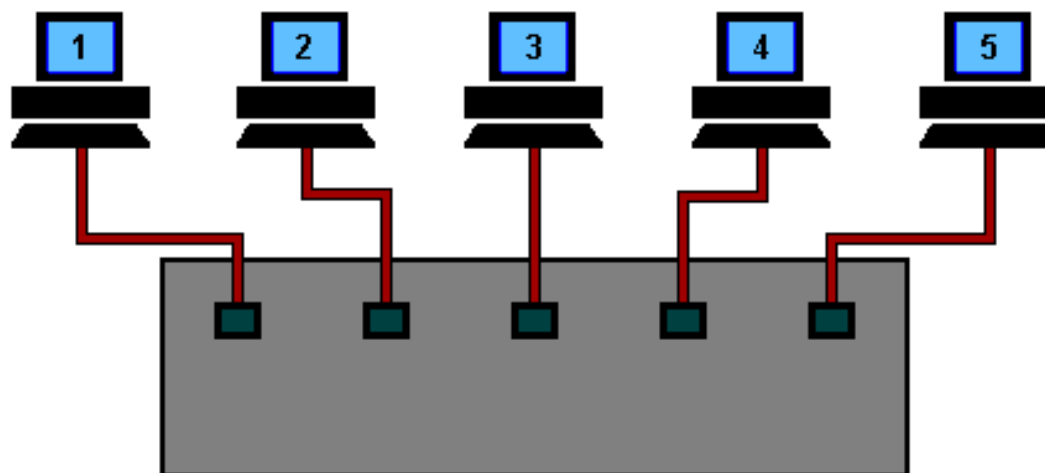
- **Largura de Banda**
  - Bandas: 10, 100 Mbps
  - Ethernet CSMA/CD não poderiam ser mais carregadas que 70% a 80% para manter as colisões a um nível aceitável
- **Método de acesso CSMA/CD**
  - Tem comportamento não determinista
    - não permite o controle de tempo de acesso e da largura de banda
  - Em redes carregadas gera atrasos e variação de atrasos consideráveis





# Ethernet Comutada e a Comunicação Multimídia

- Banda
  - Bandas: 10, 100, 1000, 10000 Mbps
- Switch
  - Não retransmite quadro que recebe nas outras portas
  - Possui uma tabela de encaminhamento e retransmite o quadro apenas para a porta adequada (se conhecida)
  - Equipamento que aumenta a eficiência da rede
    - Melhora a vazão total
    - Reduz o atraso e variação de atraso na rede local



# Ethernet e a Comunicação Multimídia

- Multicasting
  - Suporta multicast
- Gerenciamento de tráfego
  - Nenhum mecanismo existe para assegurar uma distribuição igualitária da largura de banda nem mecanismos de prioridade
    - não se pode dar um tratamento diferenciado para tráfego tempo-real sobre dados convencionais

# Priorização de Tráfego com 802.1Q e 802.1p

- Padrão IEEE 802.1p

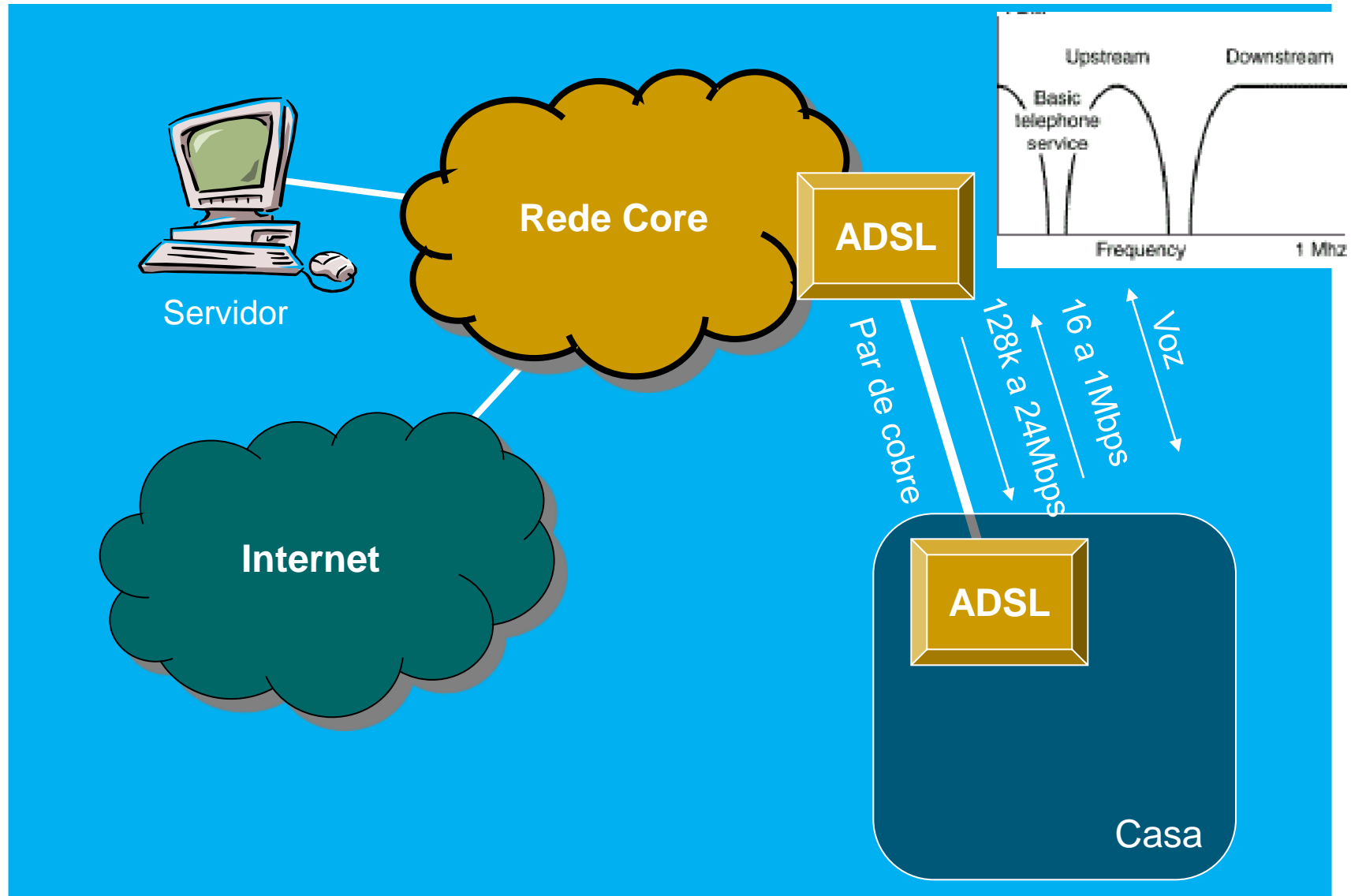
- Define uma metodologia para a introdução de classes de prioridade para o tráfego
  - Mecanismo de indicação da prioridade do quadro baseado no campo Priority do padrão 802.1Q.
- São suportadas 8 classes de tráfego (prioridades), com múltiplas filas de prioridade estabelecidas por porta
  - especifique um mecanismo de reordenar os pacotes nas filas
- Não gerencia a latência
  - requerida para redes de tempo real com suporte à áudio e vídeo

# Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)

- Tecnologia de Acesso que usa a linha telefônica
  - Utiliza os pares de cobre das linhas telefônicas para transportar informações digitais
  - tecnologia baseada em modems que convertem linhas de telefones de par-trançado comuns existentes em caminhos de acesso para multimídia e comunicações de dados de alta velocidade.
- É uma tecnologia assimétrica
  - Fornece maior largura de banda para downstream e outra para upstream
  - torna esta tecnologia ideal para navegar na web, vídeo sob-demanda, acesso remoto a LAN
    - Usuários destas aplicações tipicamente baixam mais dados que enviam
- Nas provedoras brasileiras
  - GVT:
    - 15Mbps de download e 1 Mbps de upload (ADSL2+)
    - 50Mbps download e 5 Mbps upload (vds12)

# Idéia Geral

- Estrutura



# ADSL

- Vazão

- Taxa de passagem dos dados depende de vários fatores
  - comprimento da linha de cobre, diâmetro, presença de derivações, e interferência de outros pares.
  - atenuação da linha aumenta com o comprimento e a frequência, e diminui com aumento do diâmetro do fio
- Ignorando as derivações, o ADSL em o seguinte desempenho

Taxa	Fio	Distância	Diâmetro
1.5/2.0 Mbps	24 AWG	5.5 Km	0.5 mm
1.5/2.0 Mbps	26 AWG	4.6 Km	0.4 mm
6.1 Mbps	24 AWG	3.7 Km	0.5 mm
6.1 Mbps	26 AWG	2.7 Km	0.4 mm

# ADSL e a Multimídia

- Velocidades ADSL não é uma ciência exata
  - Provedores de serviço fornecem um serviço "melhor esforço" cujo resultado depende muito da distância até a central
    - Geralmente garante 50% da largura de banda
  - Atenuações e interferências interferem na taxa em distâncias após 3 Km e tornar inviável a comunicação após 5.5 Km
- Para aplicações com tráfego simétrico
  - Deve-se considerar a vazão oferecida pelo upload
- DSL
  - Susceptíveis a interferências
  - Provocam perdas em rajadas
    - Ruim para multimídia