

Capítulo 1: Introdução

Objetivos do capítulo:

- mostrar a “atmosfera” e a terminologia
- mais detalhes *mais adiante* no curso
- método:
 - usar Internet como exemplo

Visão geral:

- o que é a Internet?
- o que é um protocolo?
- borda da rede; hospedeiros, rede de acesso, meio físico
- camadas de protocolo, modelos de serviço
- núcleo da rede: pacote/comutação de circuitos, estrutura da Internet
- desempenho: perda, atraso, vazão

Capítulo 1: Roteiro

1.1 O que é a Internet?

1.2 Borda da rede

- sistemas finais, redes de acesso, enlaces

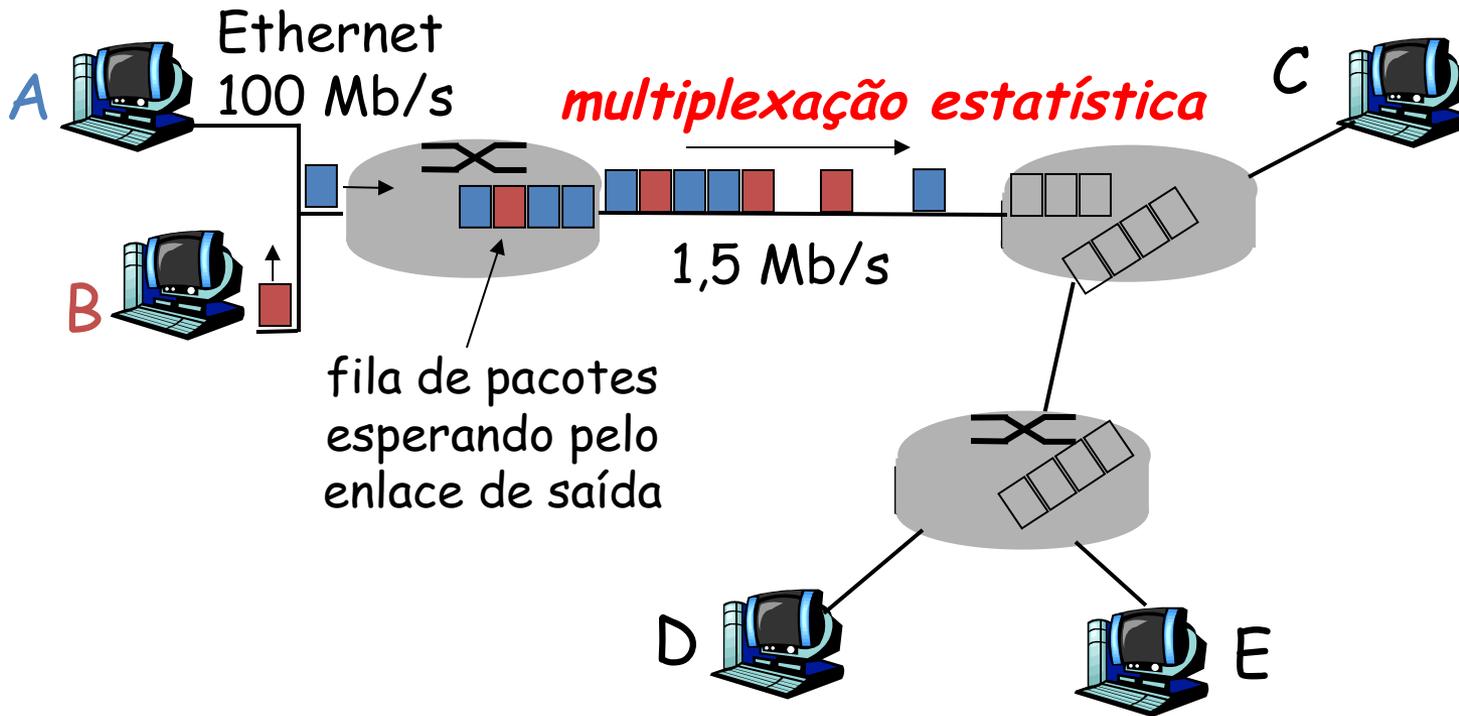
1.3 Núcleo da rede

- comutação de circuitos, comutação de pacotes, estrutura da rede

1.4 Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por pacotes

1.5 Camadas de protocolo, modelos de serviço

Comutação de pacotes: multiplexação estatística

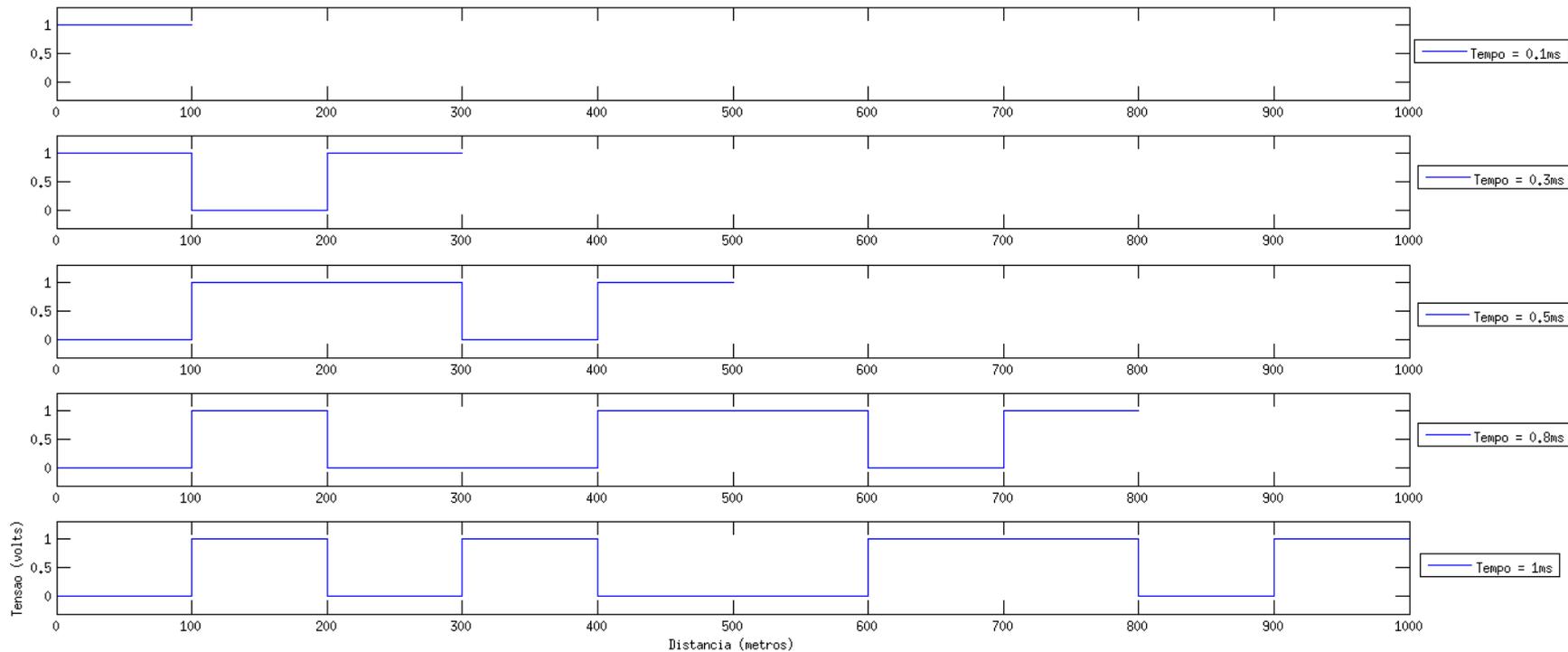


Sequência de pacotes A & B não tem padrão fixo, largura de banda compartilhada por demanda ➔ ***multiplexação estatística***.

Transmissão vs Propagação

Transmissão: colocar os bits no fio

Propagação: deslocamento do bit no fio



Transmissão vs Propagação

Atraso de Transmissão:

tempo para colocar **um pacote** no fio

L = tamanho do pacote (em bits)

R = taxa de transmissão (em bps – bits por segundo)

$$d_{\text{trans}} = L/R$$

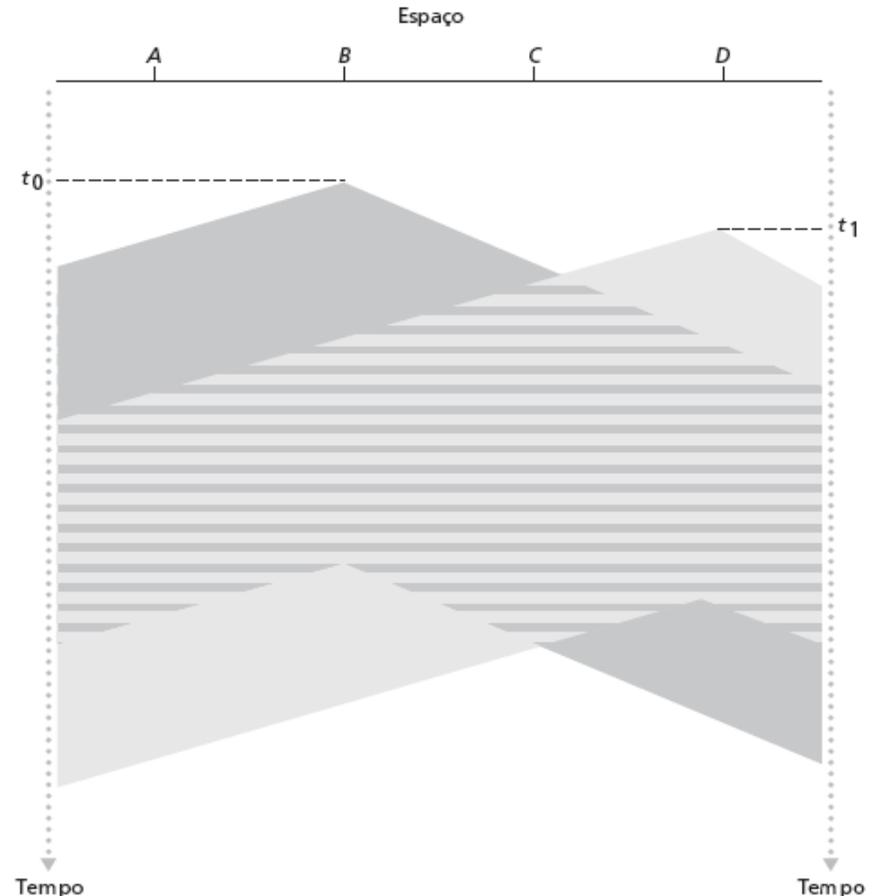
Atraso de Propagação:

tempo que **um bit** leva no fio

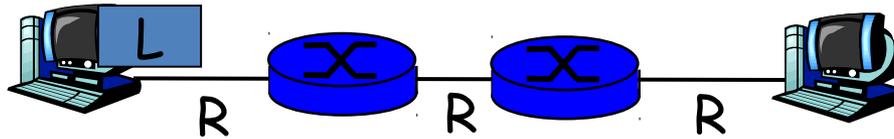
d = distância

v = velocidade de transmissão

$$d_{\text{prop}} = d/v$$



Comutação de pacotes: *store-and-forward*



- leva L/R segundos para transmitir (*push out*) pacote de L bits para enlace em R bps
- ***store-and-forward***: pacote inteiro deve chegar ao roteador antes que possa ser transmitido no próximo enlace
- atraso = $3L/R$ (supondo zero atraso de propagação)

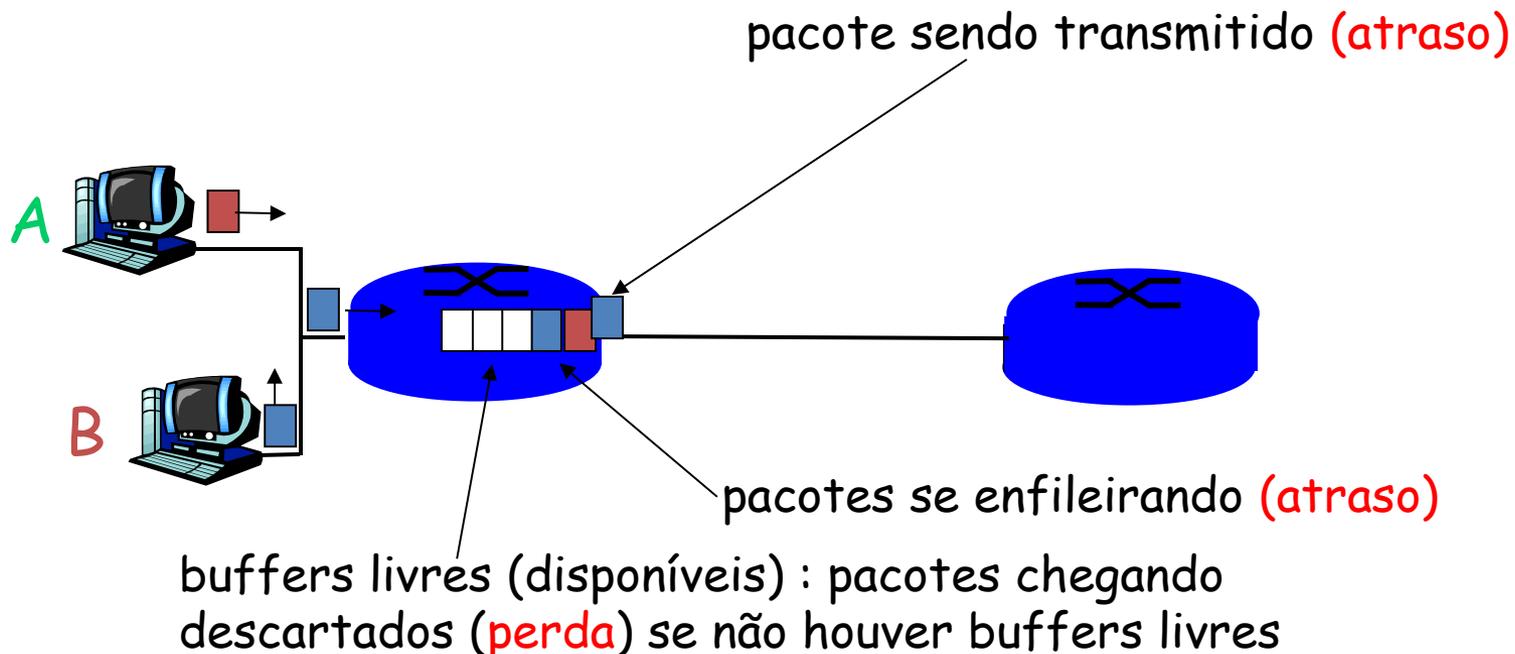
Exemplo:

- $L = 7,5$ Mbits
- $R = 1,5$ Mbps
- atraso nodal de transmissão = 5 s
- atraso total de transmissão = 15 s

Como ocorrem a perda e o atraso?

pacotes se *enfileiram* em buffers de roteador

- taxa de chegada de pacotes ao enlace ultrapassa capacidade de saída do enlace
- pacotes se enfileiram, esperam por sua vez



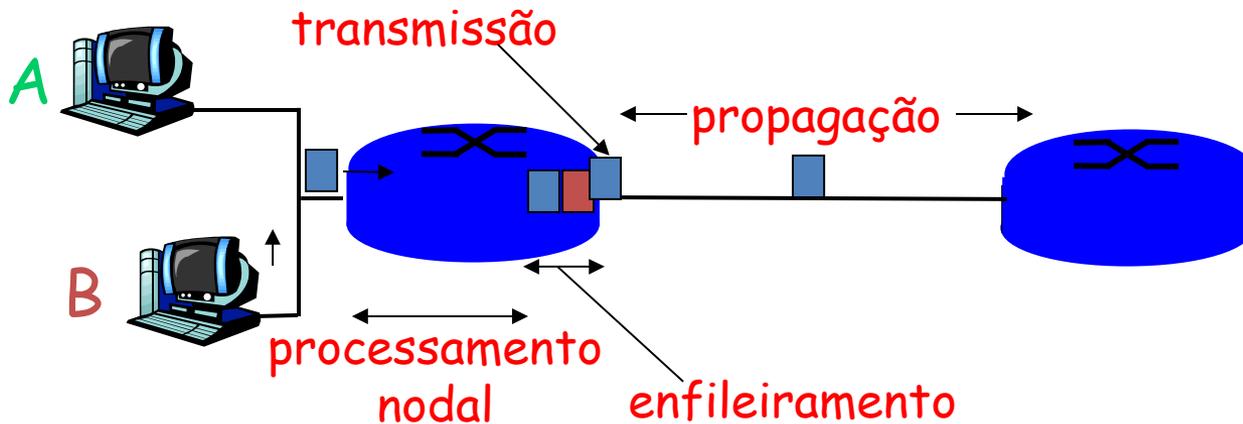
Quatro fontes de atraso de pacote

- **1. processamento nodal**

- verificar erros de bit
- determinar enlace de saída

- **2. enfileiramento**

- tempo esperando por transmissão no enlace de saída
- depende do nível de congestionamento do roteador



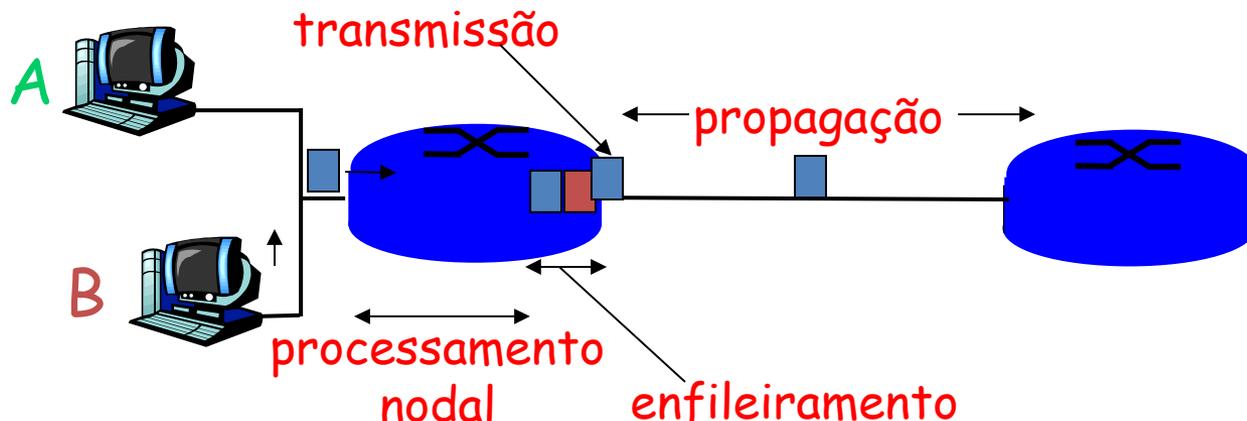
Atraso nas redes comutadas por pacotes

3. atraso de transmissão:

- R = largura de banda do enlace (bps)
- L = tamanho do pacote (bits)
- tempo para enviar bits no enlace = L/R

4. atraso de propagação:

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



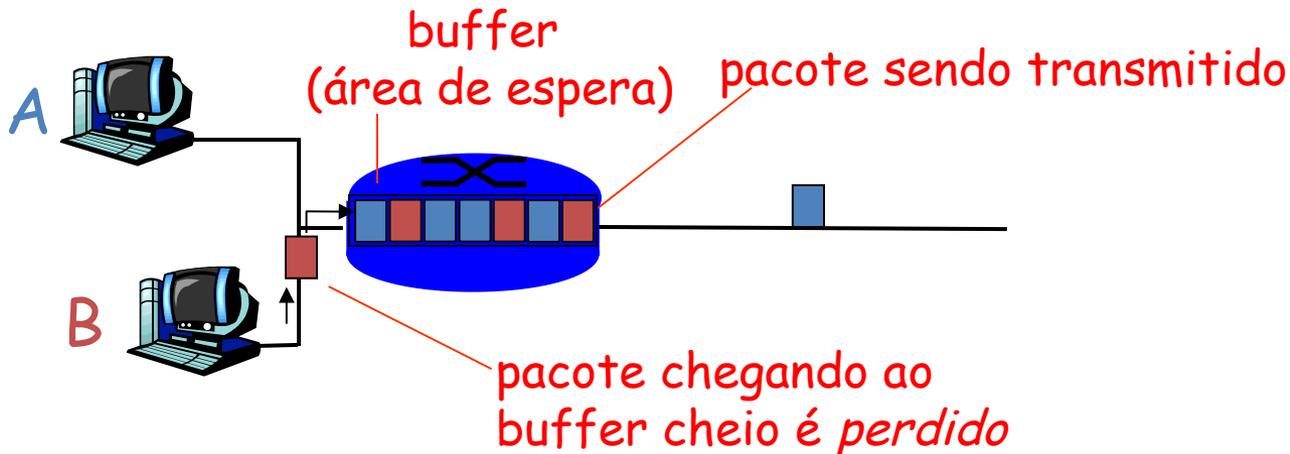
Atraso nodal

$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{fila}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

- d_{proc} = atraso de processamento
 - normalmente, poucos microssegundos ou menos
- d_{fila} = atraso de enfileiramento
 - depende do congestionamento
- d_{trans} = atraso de transmissão
 - L/R , significativo para enlaces de baixa velocidade
- d_{prop} = atraso de propagação
 - alguns microssegundos a centenas de ms

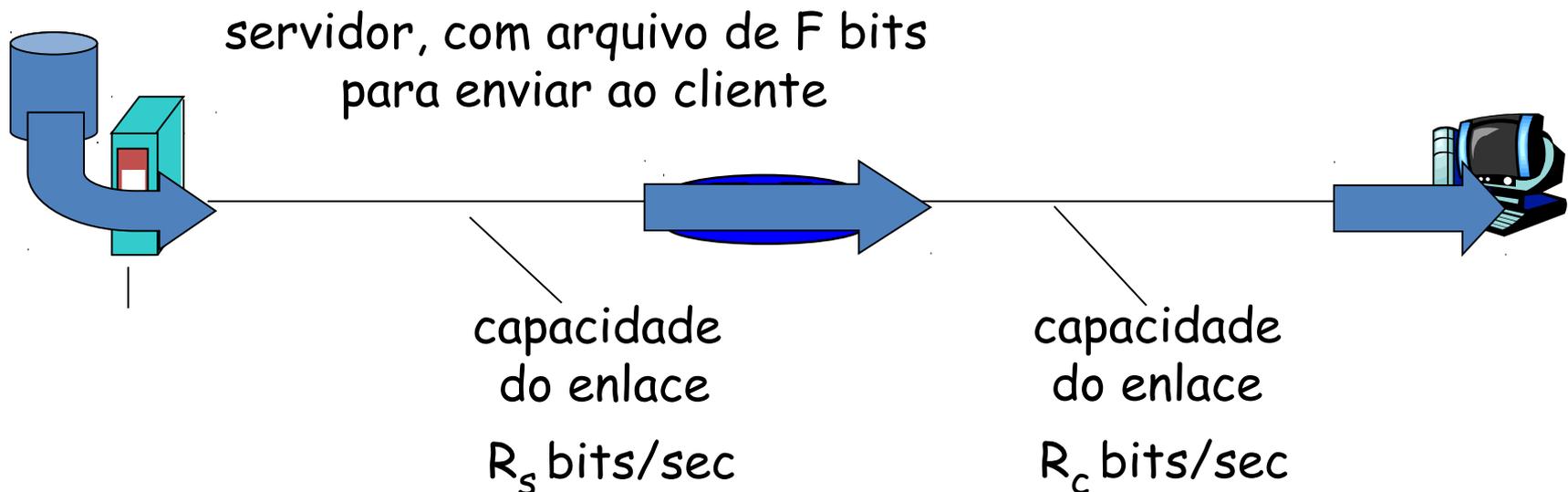
Perda de pacote

- fila (ou buffer) antes do enlace no buffer tem capacidade finita
- pacote chegando à fila cheia descartado (ou perdido)
- último pacote pode ser retransmitido pelo nó anterior, pela origem ou de forma nenhuma

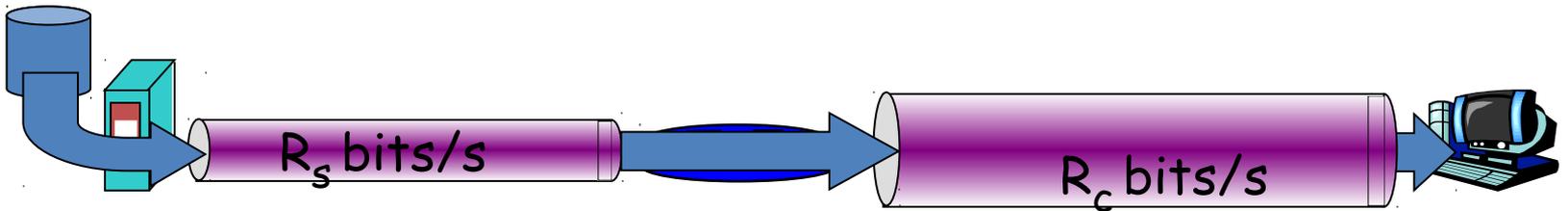


Vazão

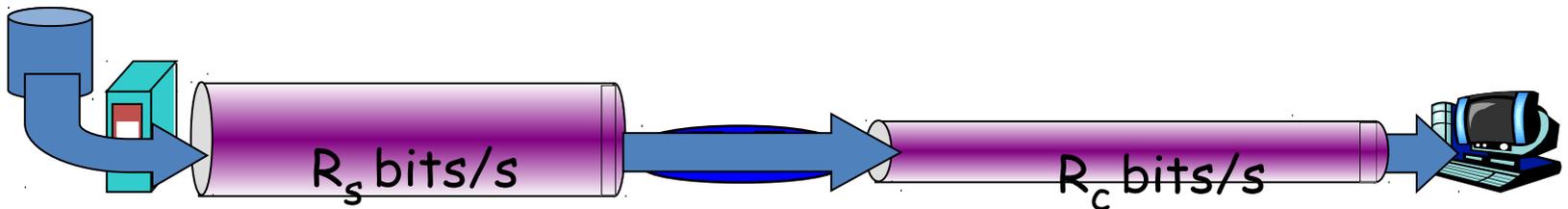
- **vazão**: taxa (bits/unidade de tempo) em que os bits são transferidos entre emissor/receptor
 - **instantânea**: taxa em determinado ponto no tempo
 - **média**: taxa por período de tempo maior



- $R_s < R_c$ Qual é a vazão média de fim a fim?



- $R_s > R_c$ Qual é a vazão média de fim a fim?

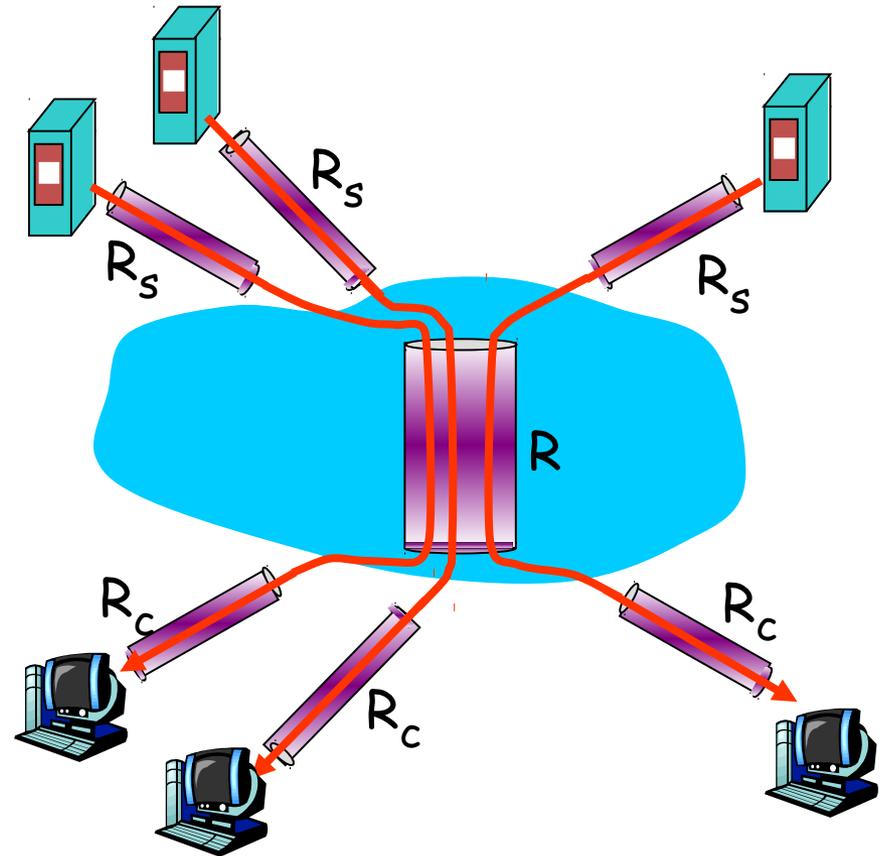


enlace de gargalo

enlace no caminho de fim a fim que restringe a vazão de fim a fim

Vazão: cenário da Internet

- na prática: R_c ou R_s normalmente é gargalo
- vazão de fim a fim por conexão:
 $\min(R_c, R_s, R/10)$



10 conexões compartilham enlace de gargalo do backbone a R bits/s

Exercícios

- Considere que um hospedeiro transmita 5 pacotes com comprimento $1500B$ e os pacotes percorrem 3 enlaces até um sistema final de destino. Em todos os enlaces, a velocidade de propagação é $2,5 \times 10^8 m/s$ e a taxa de transmissão é $2Mbps$. O atraso de processamento dos comutadores de pacote é $3ms$ e o comprimento dos enlaces são $5000km$, $4000km$ e $1000km$. Qual é o atraso fim a fim?
- Suponha que N pacotes cheguem simultaneamente ao enlace no qual não há pacotes sendo transmitidos e nem pacotes enfileirados. Cada pacote tem L de comprimento e é transmitido à taxa R . Qual é o atraso de fila médio para os N pacotes?