



Redes de Computadores

Desempenho em Redes

Prof. Me. Ricardo Girnis Tombi

■ Redes de Computadores

Sistema de comunicação de dados interconectando dois ou mais computadores e/ou outros dispositivos, através de um conjunto de regras (protocolo), possibilitando o compartilhamento de recursos (disco, impressora, etc) e informações (arquivos, dados, etc).



Como você considera que uma rede está com bom desempenho ? ? ?



✓ Wide Area Network (WAN)



✓ Local Area Network (LAN)

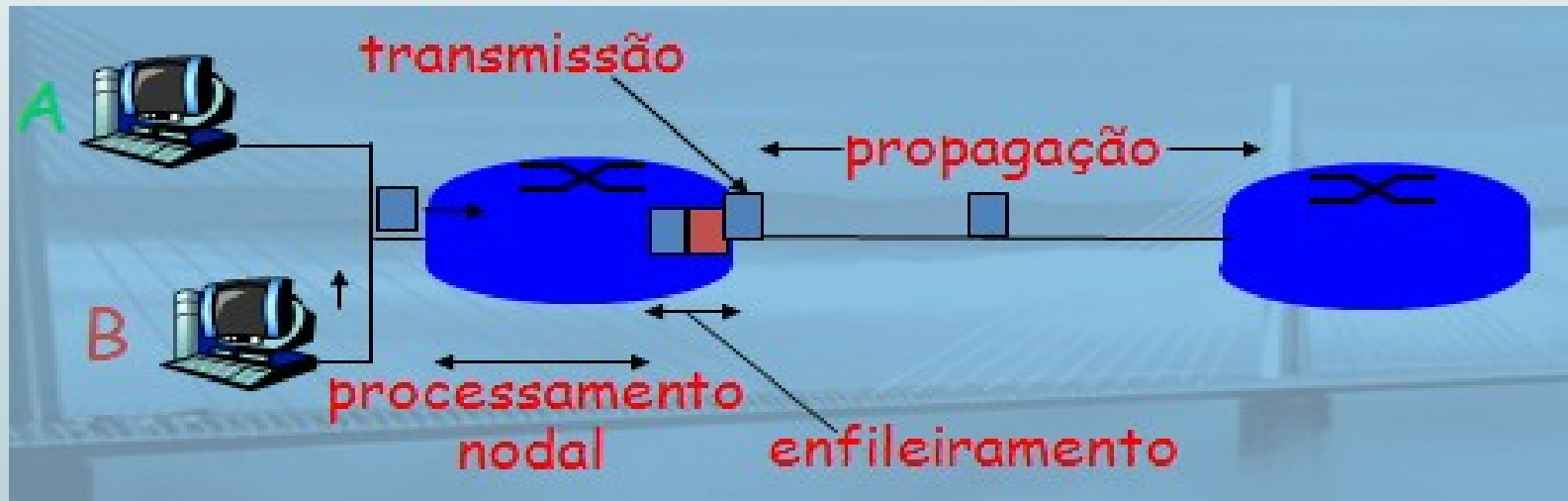


✓ Metropolitan Area Network (MAN)



■ Desempenho em Redes

Fontes de Atraso



Fonte:
Redes de Computadores e
a Internet.
Ed. Pearson
J. F Kurose e K. W. Ross

■ Fontes de atraso

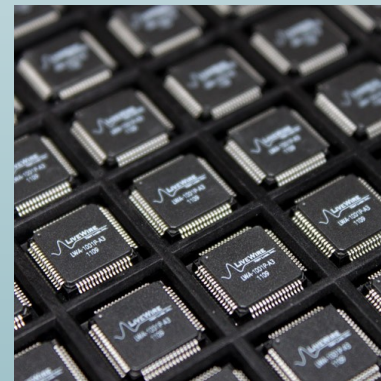
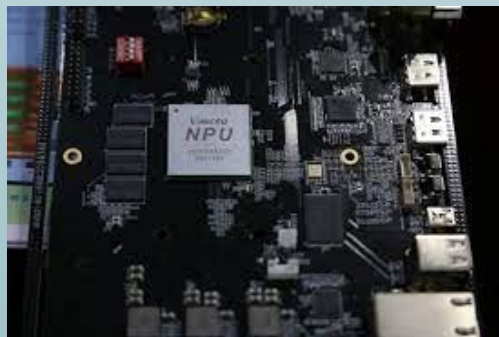
Processamento nodal

Verificação de erros de bit

Determinação do enlace de saída

Ou seja ... **pipeline de processamento dos pacotes**

Tecnologias: ASIC, NPU, QFP, plano de controle e plano de encaminhamento, implementação no hardware



■ Fontes de atraso

Transmissão

Serialização dos bits e entrega ao meio de transmissão

R = largura de banda do enlace (bps)

L = tamanho do pacote (bits)

Tempo para enviar bits no enlace = L/R

Bits por segundo:

Ethernet (10Mbps), FastEthernet (100Mbps), GigabitEthernet (1Gbps) ...

Pacotes por segundo:

Ethernet (14.880pps), FastEthernet (148.800pps), GigabitEthernet (1,4Mbps) ...

■ Fontes de atraso

Propagação

Tempo para o bit atravessar o enlace, do ponto de origem ao ponto de destino

D = distância do enlace físico (m)

S = velocidade de propagação do meio ($\sim 2,8 \times 10^8$ m/s)

Atraso de propagação = D/S (seg)



10km



1 bit leva $10.000 / 2,8 \times 10^8 = 0,036$ ms para atravessar o enlace da topologia acima

■ RTT – Round Trip Time

Tempo de ida e volta de um pacote em um enlace



■ Fontes de atraso

Fila

Tempo de espera por transmissão em determinado enlace de saída

Depende do nível de congestionamento no equipamento

Intensidade do tráfego dado por (L_a / R)

Onde:

R = largura de banda do enlace (bps)

L = tamanho do pacote (bits)

a = taxa média de chegada de pacote

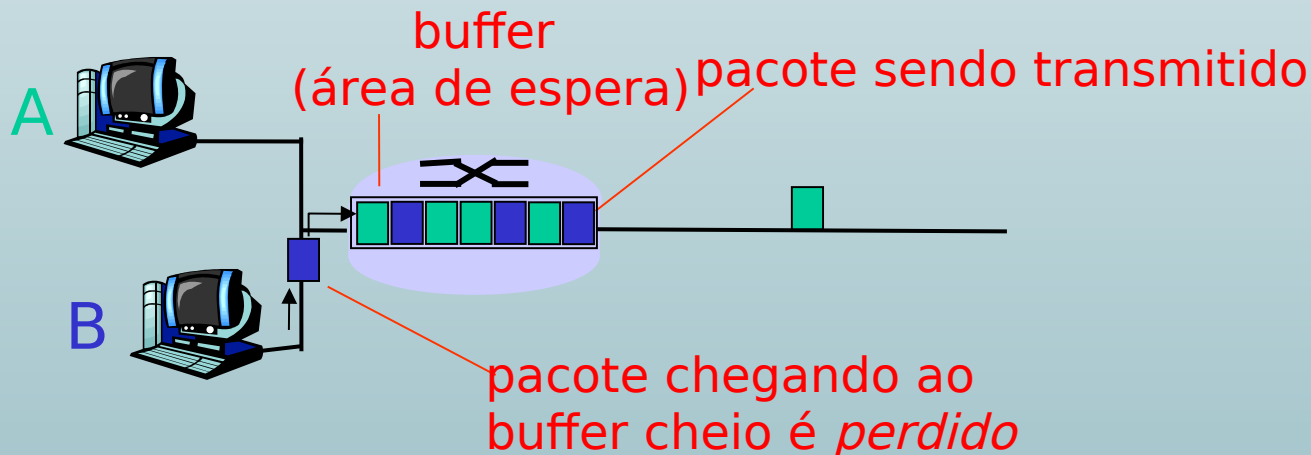
$L_a/R \sim 0$: pequeno atraso de enfileiramento médio

$L_a/R \rightarrow 1$: atrasos tornam-se grandes

$L_a/R > 1$: mais “trabalho” chegando do que pode ser atendido, atraso médio infinito!

■ 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

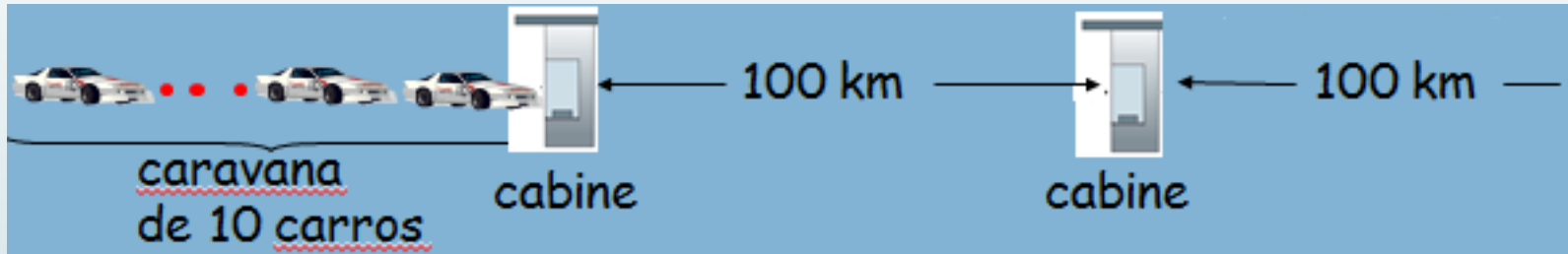


■ Atraso Total

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

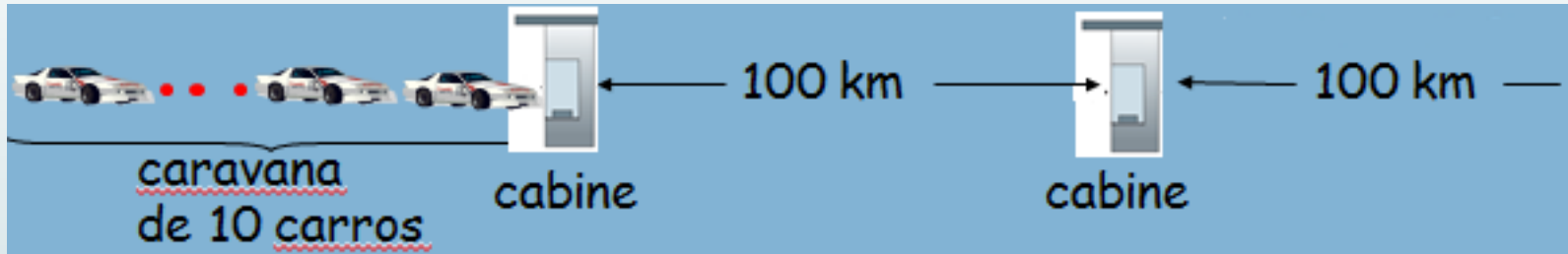
- d_{proc} = atraso de processamento
 - normalmente, poucos microssegundos ou menos
- d_{fila} = atraso de enfileiramento
 - depende do congestionamento
- d_{trans} = atraso de transmissão
 - (L/R) : significativo para enlaces de baixa velocidade
- d_{prop} = atraso de propagação
 - alguns microssegundos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

■ Analogia da Caravana



- Hipóteses:
 - Carros se “propagam” a 100 km/h
 - Cabines de pedágio levam 12 s para atender cada carro (tempo de transmissão)
 - Carro \sim bit; caravana \sim pacote
 - Quanto tempo para a caravana formar fila antes da 2ª cabine?

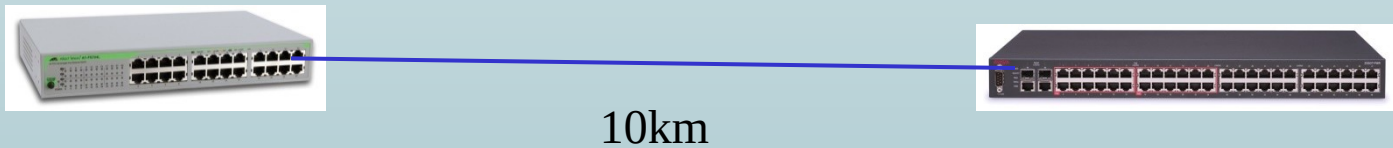
■ Analogia da Caravana



- Hipóteses:
 - Carros se “propagam” agora a 1000 km/h
 - Cabines de pedágio levam 1min para atender cada carro (tempo de transmissão)
 - Os carros chegarão à 2ª cabine antes que todos os carros sejam atendidos na 1ª cabine?

■ Exercícios

- Dadas as seguintes condições:
 - Comprimento do link: 10km
 - Velocidade de transmissão: 512kbps
 - Velocidade de propagação: $2,8 \cdot 10^8$ m/s
 - Tamanho do pacote: 100bytes
 - Qual o atraso total para este pacote chegar no destino ?



■ Exercícios

- Dadas as seguintes condições:
 - Comprimento do link: 100km
 - Velocidade de transmissão: 1Mbps
 - Velocidade de propagação: $2,8 \cdot 10^8$ m/s
 - Tamanho do pacote: 500bytes
 - Qual o atraso total para este pacote chegar no destino ?



100km

- **Atraso (latência de propagação) ou Largura de Banda (vel de transmissão)**

Qual o mais importante ?

Depende da aplicação

Exemplo:

Arquivos pequenos (1byte – toque de uma tecla)

Enlace:

Rede Local: latência = 1ms

Intercontinental: latência = 100ms

Relevante para esta aplicação

Atraso (latência de propagação) ou Largura de Banda (vel de transmissão)

Entretanto:

Taxa de transmissão: **1Mbps**, temos atraso de transmissão = **8μseg**

Taxa de transmissão: **100Mbps**, temos atraso de transmissão = **0,08μseg**

Relativamente insignificante para a aplicação

Atraso (latência de propagação) ou Largura de Banda (vel de transmissão)

Exemplo:

Arquivos grandes (25Mbytes – imagem)

Taxa de transmissão: 10Mbs, temos atraso de transmissão = 20seg

Enlace:

Rede Local: latência = 1ms → Atraso total: 20,001seg

Intercontinental: latência = 100ms → Atraso total: 20,1seg

■ Qual o throughput

App cliente solicita o envio de um arquivo de 1MB em um link com velocidade nominal de 100Mbps, e com RTT de 120ms.

Calcule a vazão real desta transferência.

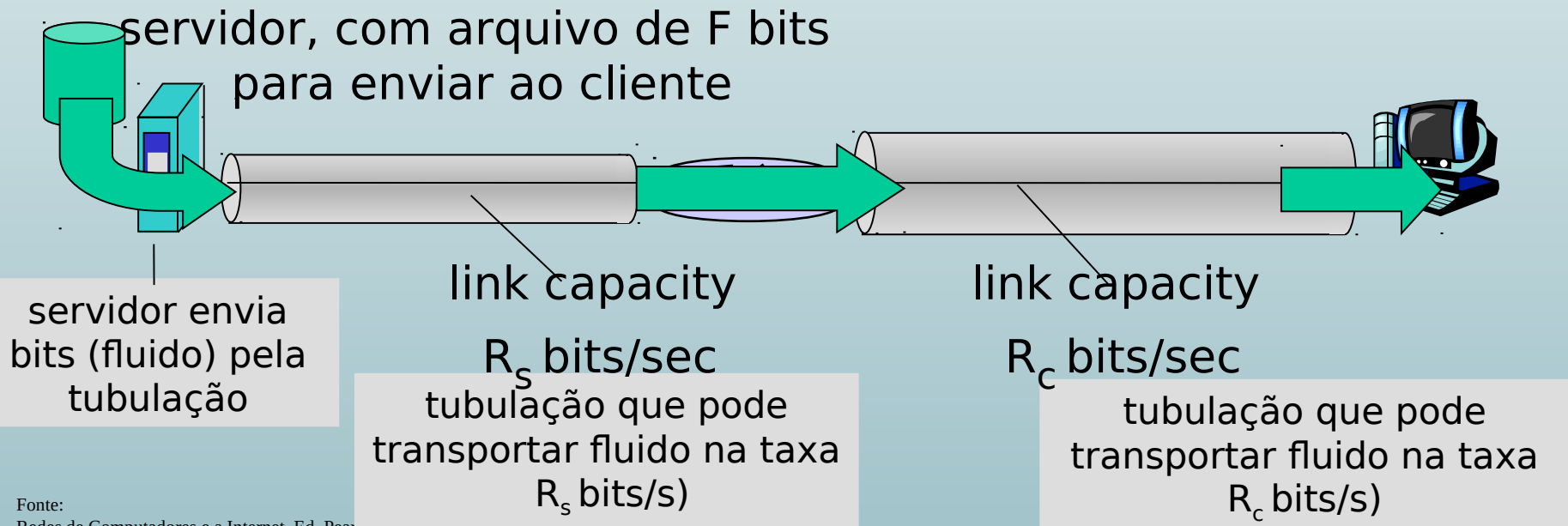
$$1\text{MB} / 100\text{Mbps} + 120\text{ms} = 200\text{ms}$$

$$80\text{ms transmitindo de um total de } 200\text{ms} = 40\%$$

Ou seja, em 200ms x 100Mbps => poderia transmitir 2,5MB

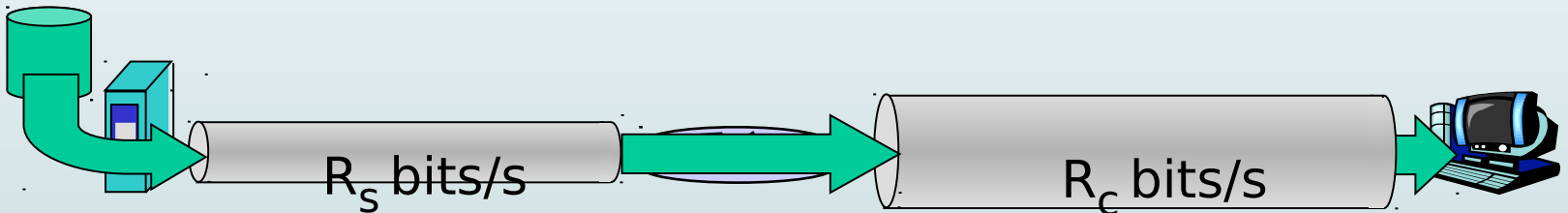
■ Vazão

- *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

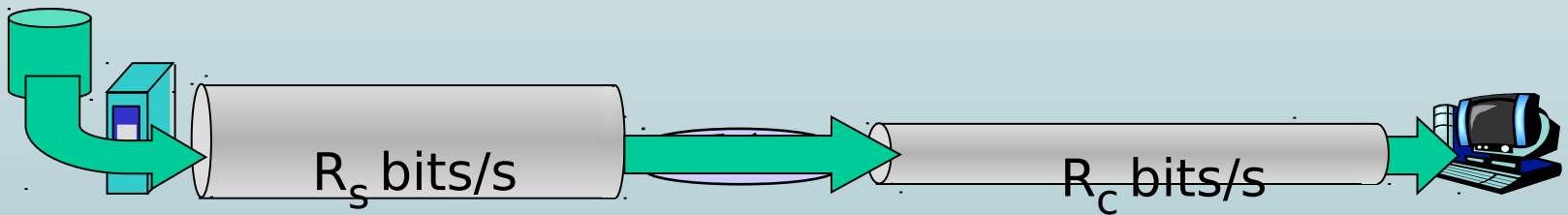


■ Vazão

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



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

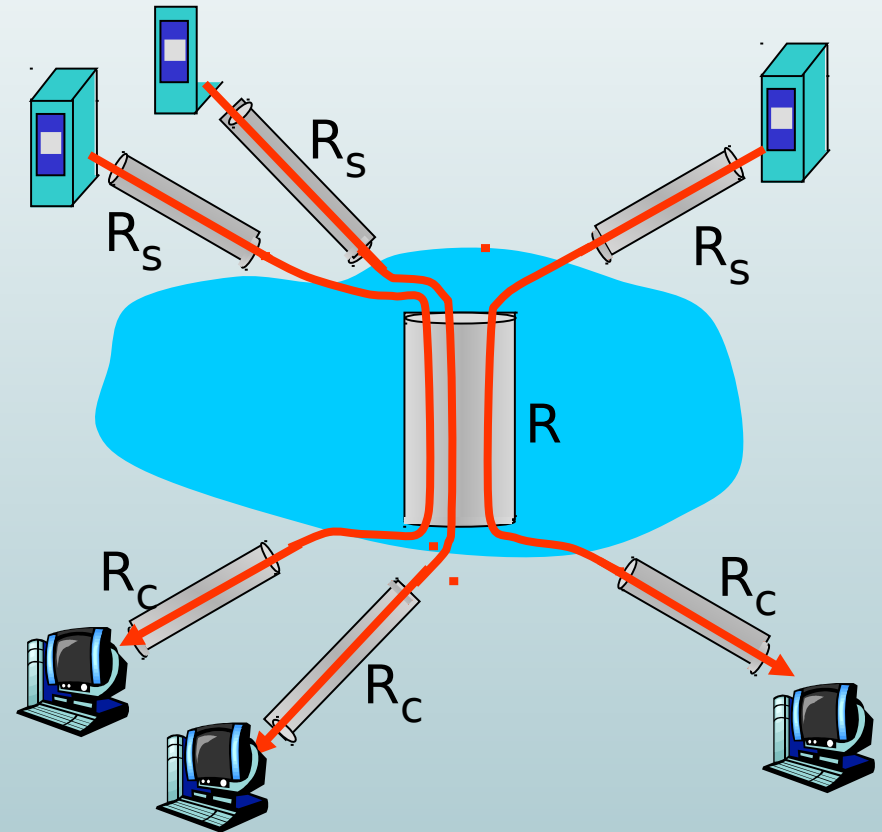


enlace de gargalo

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

■ Vazão

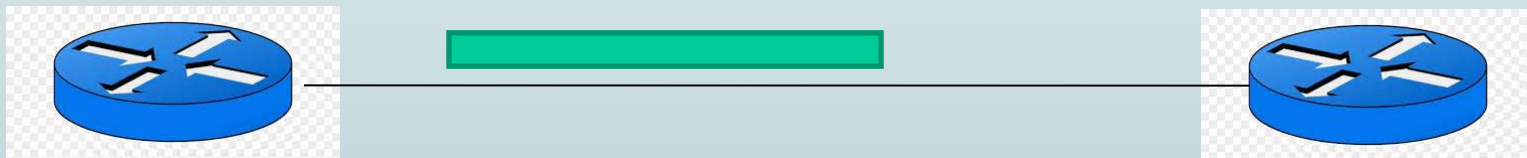
- na prática: R_c ou R_s normalmente é gargalo
- vazão de fim a fim por conexão: $\min(R_c, R_s, R/10)$



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

■ Produto: Atraso de propagação x Largura de Banda

Determina a quantidade de bits máximo em um enlace



Exemplo:

Transmissão: 10Mbps

Enlace de 1km ; vel propagação de $2,8 \cdot 10^8$ m/s

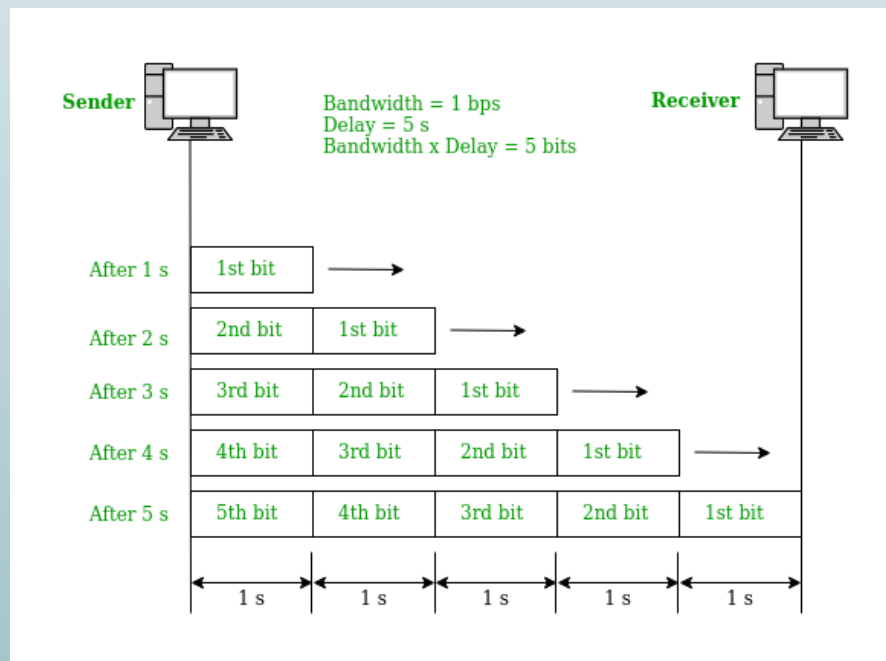
Qtde de bits no enlace: 35bits

■ Exemplo 2:

Suponha que um link tem largura de banda de 1bps e o atraso do link é de 5s.

O produto 1×5 é o número máximo de bits que podem preencher o link.

Pode haver cerca de 5 bits a qualquer momento no link.



■ Considerações

O produto da largura de banda e do atraso é o número de bits que podem preencher o link.

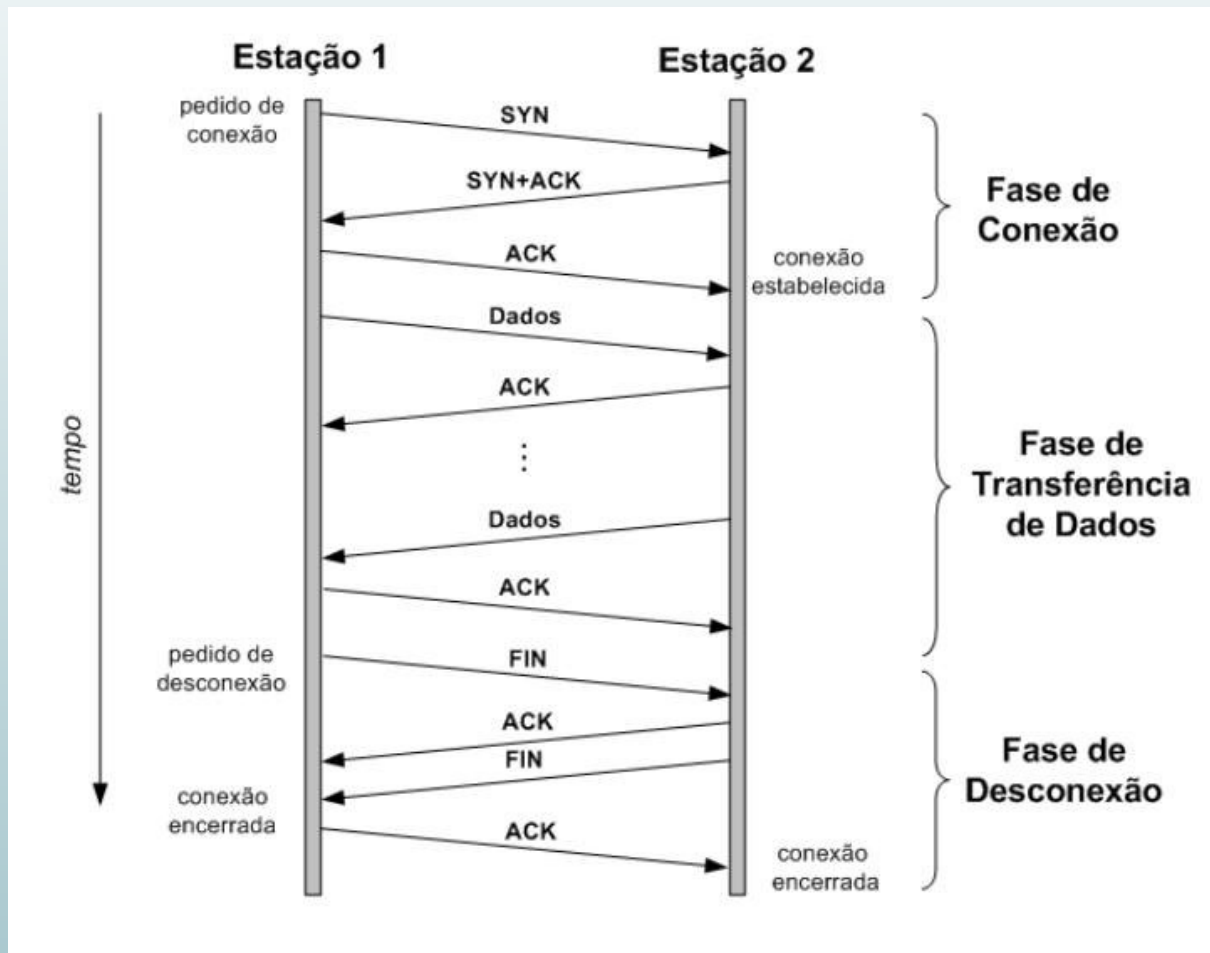
Essa estimativa é significativa no caso de termos que enviar dados em bursts e aguardar o reconhecimento de cada burst antes de enviar o seguinte.

Para utilizar a capacidade máxima do link, temos que fazer com que o tamanho de nosso burst seja o dobro do produto da largura de banda e do atraso.

O remetente deve enviar uma rajada de dados de $(2 * \text{largura de banda} * \text{atraso})$ bits.

Nesse ponto, o remetente aguarda o reconhecimento do receptor por parte do burst antes de enviar outro burst.

■ Transmissão TCP



■ Estudo de caso

Uma empresa possui dois datacenters. São realizados backups periódicos dos dados críticos de negócio da empresa.

O backup admin relatou que não pode terminar o backup dentro do seu prazo devido à lentidão da rede. Como engenheiro da rede, você é solicitado a investigar a suposta lentidão da rede afirmada pelo backup admin.

■ Estudo de caso

Você conhece as seguintes variáveis:

- ✓ Os dois datacenters são separados por 1000KM
- ✓ Os datacenters são interconectados através do link 1Gbps
- ✓ Há bastante largura de banda disponível.
- ✓ Não há nenhum problema aparente de hardware de rede ou de software.
- ✓ O aplicativo de backup usa o TCP para transferir dados
- ✓ A janela de transferência do TCP (RWIN) é de 17.520 bytes (sistema operacional i.e Windows Server)

■ Estudo de caso

Análise:

Tempo de propagação: $1000 \times 10^3 / 1,5 \times 10^8 = 0,65\text{ms}$

RTT $\sim 13\text{ms}$

Se RWIN = 17.520 bytes = 140.160bits

(limita a qtde de bits que a origem pode enviar)

Utilização da banda = $140.160 / 13 \times 10^{-3} = 10,8\text{Mbps}$

O aplicativo de backup utiliza somente 10,8Mbps de largura de banda, mesmo que o resto da largura de banda 989,2Mbps está livre.

Qual a janela de transmissão do Windows que poderia garantir a largura de banda total do link?

■ Exemplo de Atrasos nas Redes

- Como são os atrasos e perdas “reais” da Internet?
- A ferramenta **Traceroute** fornece medida do atraso da origem ao roteador ao longo do caminho de fim a fim da Internet para o destino. Para todo i :
 - envia três pacotes que alcançarão roteador i no caminho para o destino
 - roteador i retornará pacotes ao emissor
 - emissor temporiza intervalo entre transmissão e resposta.



PERGUNTAS ?

