

**FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
REDES DE COMPUTADORES I**

Desempenho de redes de computadores

Grupo Docente:

- Eng^o. Felizardo Munguambe (MsC)
- Eng^o. Délcio Chadreca (MsC)

Tópicos da Aula

Estudaremos os seguintes conceitos

- ▶ Desempenho em redes de computadores;
- ▶ Métricas para avaliação do desempenho:
 - ▶ Largura de Banda;
 - ▶ Latência
- ▶ Round Trip Time (RTT).

Introdução

O desempenho da rede é medido de duas maneiras fundamentais: largura de banda (também chamada taxa de transferência) e latência (também chamada atraso). A largura de banda de uma rede é fornecida pelo número de bits que podem ser transmitidos pela rede em um determinado período de tempo.

Por exemplo, uma rede pode ter uma largura de banda de 10 milhões de bits / segundo (10Mbps), o que significa que é capaz de fornecer 10 milhões de bits por segundo.

Às vezes, é útil pensar na largura de banda em termos de quanto tempo leva para transmitir cada bit de dados. Em uma rede de 10 Mbps, por exemplo, são necessários 0,1 microssegundo (μs) para transmitir cada bit.

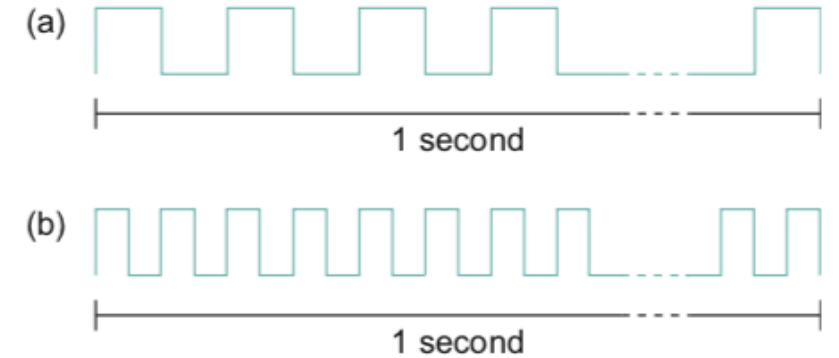
Largura da Banda e Latência

Embora têm se falado sobre a largura de banda da rede como um todo, às vezes é necessário ser mais preciso, concentrando-se, por exemplo, na largura de banda de um único link físico ou de um canal lógico de processo a processo.

No nível físico, a largura de banda está constantemente melhorando, sem fim à vista. Intuitivamente, se pensarmos em um segundo de tempo como uma distância, poderá medir com uma régua e largura de banda quantos bits cabem nessa distância, então poderá se pensar em cada bit como um pulso de alguma largura.

Por exemplo, cada bit em um link de 1 Mbps tem $1\ \mu\text{s}$ de largura, enquanto cada bit em um link de 2 Mbps tem $0,5\ \mu\text{s}$ de largura. Quanto mais sofisticada a tecnologia de transmissão e recepção, mais estreito cada bit pode se tornar e, portanto, maior a largura de banda.

Para canais lógicos processo a processo, a largura de banda também é influenciada por outros fatores, incluindo quantas vezes o software que implementa o canal precisa manipular e possivelmente transformar cada bit de dados.



Round-trip time - RTT

A segunda métrica de desempenho, latência, corresponde a quanto tempo uma mensagem leva para viajar de uma extremidade da rede para a outra. (Como na largura de banda, podemos nos concentrar na latência de um único link ou de um canal de ponta a ponta.)

A latência é medida estritamente em termos de tempo. Por exemplo, uma rede transcontinental pode ter uma latência de 24 milissegundos (ms); isto é, são necessárias 24 ms para viajar de uma costa da **América do Norte para a outra**.

Há muitas situações em que é mais importante saber quanto tempo leva para enviar uma mensagem de uma extremidade de uma rede para a outra e vice-versa, em vez da latência unidirecional. Chamamos isso de tempo de ida e volta (RTT) da rede.

Largura da Banda e Latência

Geralmente pensa-se na latência como tendo três componentes. Primeiro, há o **atraso na propagação da velocidade da luz**. Esse atraso ocorre porque nada, inclusive um fio, pode viajar mais rápido que a velocidade da luz.

Se se conhece a distância entre dois pontos, pode-se calcular a latência da velocidade da luz, embora tenha que ter cuidado, pois a luz viaja através de diferentes mídias em velocidades diferentes:

- No vácuo: $3,0 \times 10^8$ m/s
- Cabo de cobre: $2,3 \times 10^8$ m/s
- Fibra óptica: $2,0 \times 10^8$ m/s

Segundo, há a quantidade de **tempo que leva para transmitir** uma unidade de dados. Essa é uma função da largura de banda da rede e do tamanho do pacote no qual os dados são transportados.

Terceiro, pode haver **atrasos na fila** de espera na rede, pois os comutadores de pacotes geralmente precisam armazenar pacotes por algum tempo antes de encaminhá-los em um link de saída

Importância da Latência

“Onde D é o comprimento do fio sobre o qual os dados trafegam, V é a velocidade efetiva da luz sobre esse fio, T é o tamanho do pacote e B é a largura de banda na qual o pacote é transmitido”.

Nota: se a mensagem contiver apenas um bit e estivermos falando de um único link (em oposição a uma rede inteira), os termos de transmissão e fila não serão relevantes e a latência corresponderá apenas ao atraso de propagação.

Largura de banda e latência combinam-se para definir as características de desempenho de um determinado link ou canal. Sua importância relativa, no entanto, depende da aplicação. Para alguns aplicativos, a latência domina a largura de banda.

Importância da Largura de Banda

Considere um programa de biblioteca digital que está sendo solicitado a buscar uma imagem de 25 megabytes (MB) - quanto maior largura de banda disponível, mais rápido será possível devolver a imagem ao usuário.

No exemplo acima, a largura de banda do canal domina o desempenho. Para ver isso, suponha que o canal tenha uma largura de banda de 10 Mbps. Levará 20 segundos para transmitir a imagem

$(25 \times 10^6 \times 8 \text{ bits} \div 10 \times 10^6 \text{ Mbps} = 20 \text{ segundos})$, tornando-o relativamente sem importância se a imagem estiver do outro lado de um canal de 1 ms ou 100- canal ms; a diferença entre um tempo de resposta de 20,001 segundos e um tempo de resposta de 20,1 segundos é insignificante.

Latência vs RTT

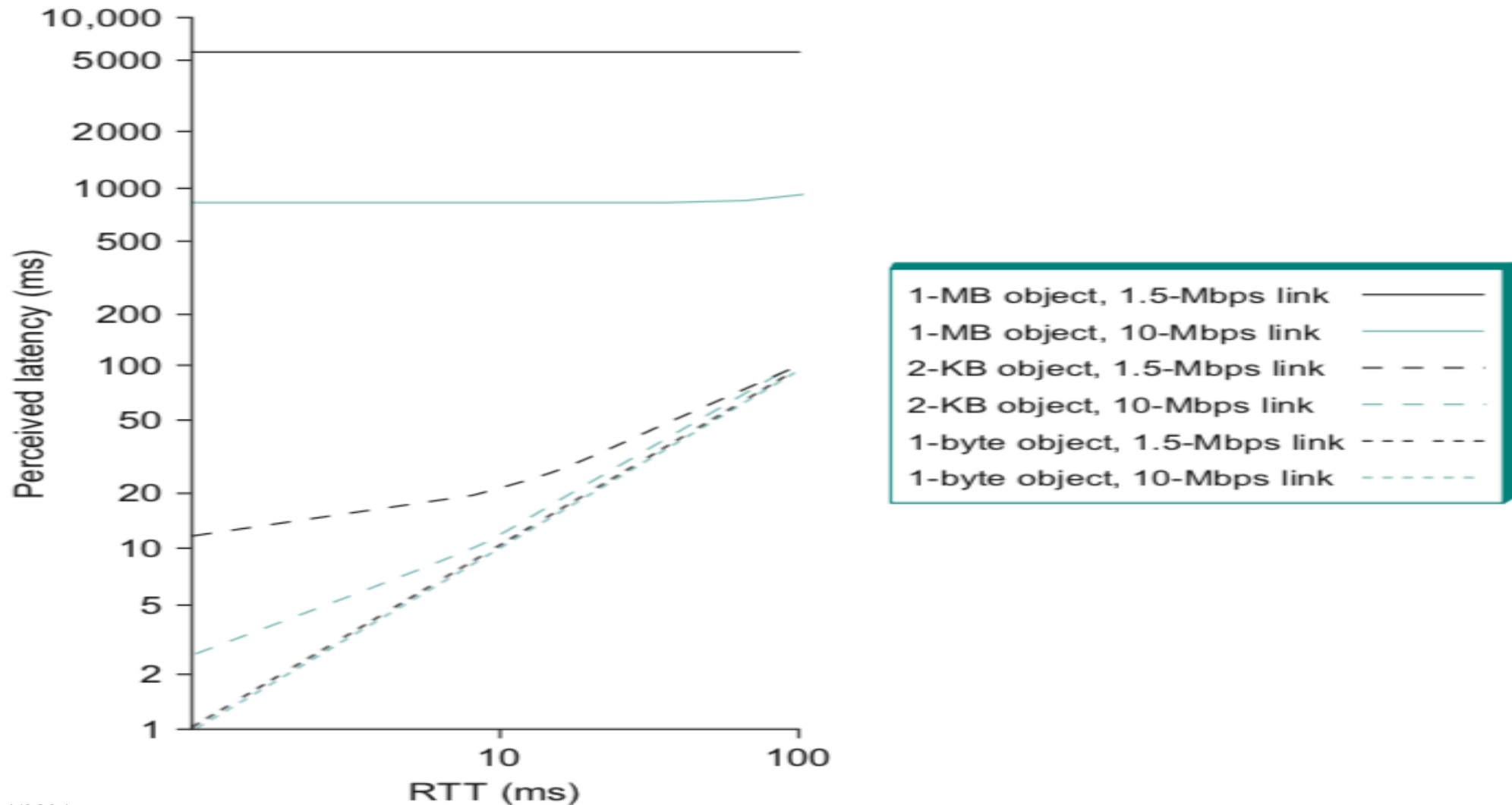
A figura do slide seguinte fornece uma noção de como a latência ou a largura de banda podem dominar o desempenho em diferentes circunstâncias. O gráfico mostra quanto tempo leva para mover objetos de vários tamanhos (1 byte, 2 KB, 1 MB) através de redes com RTTs variando de 1 a 100 ms e velocidades de link de 1,5 ou 10 Mbps.

Usamos escalas logarítmicas para mostrar desempenho relativo. Para um objeto de 1 byte (digamos, um pressionar da tecla), a latência permanece quase exatamente igual ao RTT, para que você não possa distinguir entre uma rede de 1,5 Mbps e uma rede de 10 Mbps.

Para um objeto de 2 KB (por exemplo, uma mensagem de email), a velocidade do link faz uma grande diferença em uma rede RTT de 1 ms, mas uma diferença desprezível em uma rede RTT de 100 ms.

E para um objeto de 1 MB (digamos, uma imagem digital), o RTT não faz diferença - é a velocidade do link que domina o desempenho em toda a faixa de RTT.

Latência percebida (tempo de resposta) versus tempo de ida e volta para vários tamanhos de objetos e velocidades de link.



Roud Trip Time - RTT

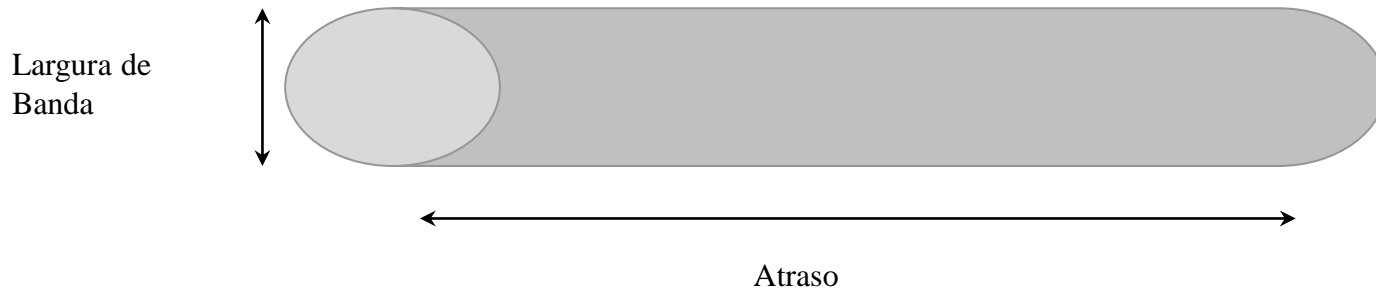
Por outro lado, os computadores estão se tornando tão rápidos que, quando os conectamos às redes, às vezes é útil pensar, pelo menos figurativamente, em termos de instruções por quilômetro.

Consideremos o que acontece quando um computador capaz de executar 1 bilhão de instruções por segundo envia uma mensagem em um canal com um RTT de 100 ms.

suponhamos que a mensagem cubra uma distância de 5.000 Quilómetros. Se o computador permanecer ocioso por 100ms, aguardando uma mensagem de resposta, perderá a capacidade de executar 100 milhões de instruções ou 20.000 instruções por Quilometro.

É melhor valer a pena percorrer a rede para justificar esse desperdício.

Produto Atraso X Largura da Banda



$$50 \times 10^{-3} \text{ s} \times 45 \times 10^6 \text{ bits/s} \\ = 2.25 \times 10^6 \text{ bits}$$

É útil falar sobre o produto dessas duas métricas, geralmente chamado de **produto de atraso × largura de banda**. Intuitivamente, se pensarmos em um canal entre um par de processos como um tubo oco, em que a latência corresponde ao comprimento do tubo e a largura de banda fornece o diâmetro do tubo, o produto **delay × bandwidth** fornece o volume do tubo - o número máximo de bits que podem estar em trânsito através do tubo a qualquer momento.

Por exemplo, um canal transcontinental com uma latência unidirecional de 50 ms e uma largura de banda de 45 Mbps pode segurar o aproximadamente 280 KB de dados. **Como chegamos a 280KB?**

Atraso x Largura de Banda

O Produto Atraso Largura de Banda é importante de se conhecer para a construção de Redes de Alto Desempenho pois corresponde a quantos bits o emissor precisa transmitir antes que o primeiro bit chegue ao receptor

Se o remetente espera que o receptor sinalize de alguma forma que os bits estão começando a chegar, é preciso outra latência de canal para que esse sinal se propague de volta ao remetente, o remetente poderá enviar um valor de largura de banda $RTT \times$ antes de ouvir o receptor que está tudo bem.

Diz-se que os bits no tubo estão "em voo", o que significa que, se o receptor solicitar ao remetente que pare de transmitir, poderá receber até um valor de largura de banda $RTT \times$ de dados antes que o remetente consiga responder.

Largura da Banda e Latência - Formulas

$$Latencia = Pr\ opagacao + Transnmissao + Fila$$

$$Pr\ opagacao = \frac{Dis\ tan\ cia}{VelocidadeDaLuz}$$

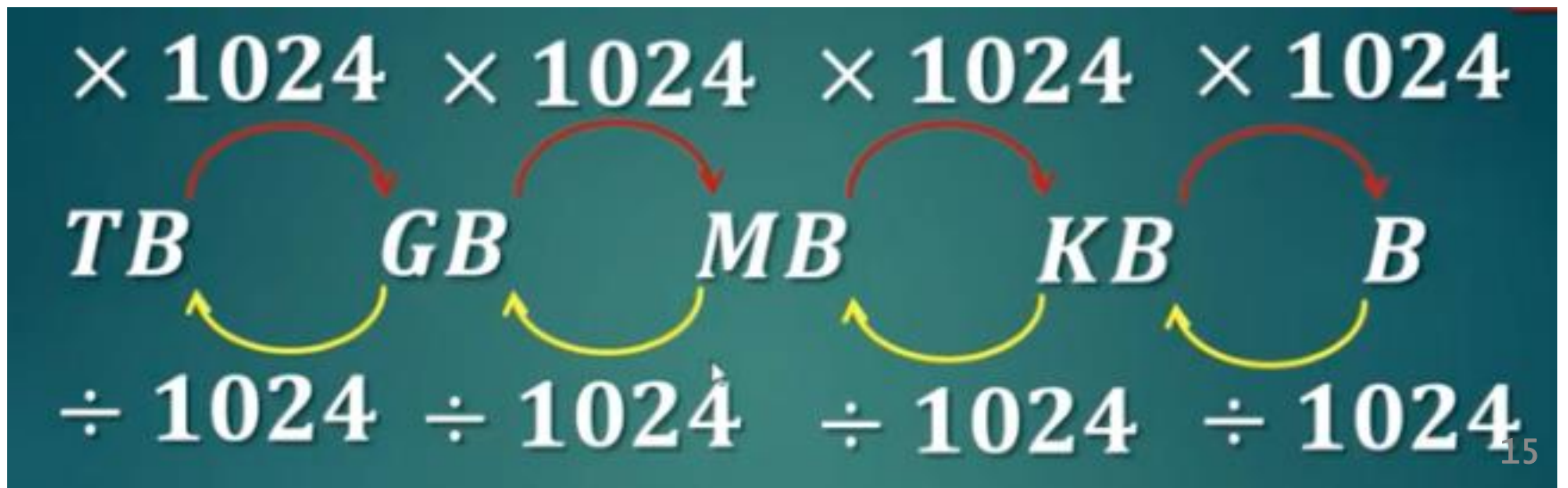
$$Transmissao = \frac{TamanhoDaInformacao}{LarguraDeBanda}$$

$$Transfertime = RTT + \frac{1}{Largura\ de\ Bada + TransferSize}$$

$$Troughput = \frac{TransferSize}{Tranferstime}$$

Medidas em Informática e Conversão entre Unidades

Grandeza	Nr. Caracteres (Bytes)	Tamanho do Arquivo	Potencia
1 Byte(B)	1	8bits	-
1 KiloByte(KB)	1024	1024B	10^3
1 MegaByte(MB)	1024^2	1024KB	10^6
1 GigaByte(GB)	1024^3	1024MB	10^9
1 TerraByte(TB)	1024^4	1024GB	10^{12}



Exercícios

1. Calcular a latência na transmissão de um arquivo de 2MB em um enlace de fibra óptica de 1Gbps e distância de 20Km. A velocidade de propagação da fibra é de 2×10^8 m/s. Levar em consideração a fila de espera e atraso de processamento no nó nulos.
2. Considere um enlace ponto a ponto com 2Km de extensão. Em que largura de banda o atraso na propagação (na velocidade de 2×10^3 m/s) seria igual ao atraso de transmissão para pacotes de 300 bytes?
3. Determine a largura de um bit num link de 1000 Mbps? Qual é o comprimento de um bit num cabo de fibra óptica.

Exercícios

Calcule o tempo total necessário para transferir um arquivo de 1.000 KB nos seguintes casos, assumindo um RTT de 100 ms, um tamanho de pacote de dados de 1 KB e um $2 \times \text{RTT}$ inicial de “*handshaking*” antes dos dados serem enviados.

a) A largura de banda é de 1,5 Mbps e os pacotes de dados podem ser enviados continuamente.

b) A largura de banda é de 1,5 Mbps, mas depois que terminamos de enviar cada pacote de dados, devemos esperar um RTT antes de enviar o próximo.

c) A largura de banda é “infinita”, o que significa que tomamos o tempo de transmissão como zero, e até 20 pacotes podem ser enviados por RTT.

Obs: Este exercício deverá ser resolvido e discutido em grupo, e existe uma recompensa para referente a resolução do mesmo.

Bibliografia consultada

- ▶ Larry L. Peterson and Bruce S. Davie – *Computer Network a system approach* 5th Edition
- ▶ ANDREW S. TANENBAUM and DAVID J. WETHERALL - COMPUTER NETWORKS 5th Edition
- ▶ Mário Vestias Redes - Cisco para profissionais - 6ª Edição
- ▶ Adaptado do Professor Doutor Lourino Chemane

OBRIGADO !!!