

Redes de Comunicações : Análise de Desempenho

Prof.: S. Motoyama

Tipos de Medidas de Desempenho de Redes

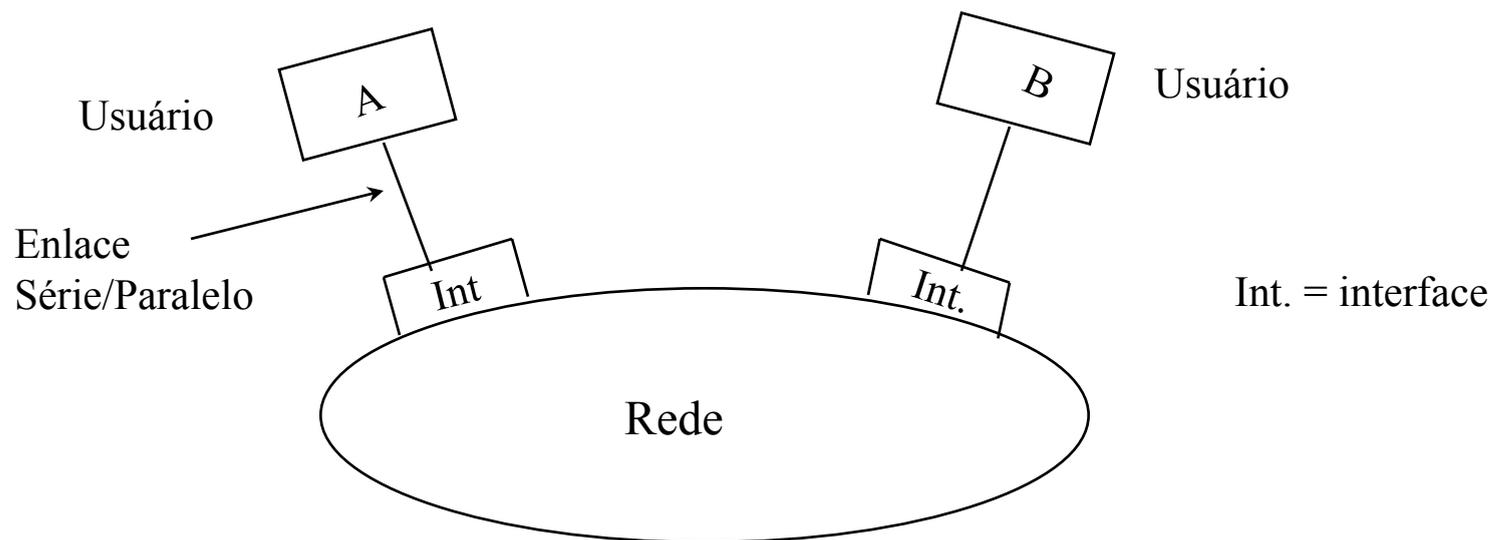
- Custo
- Confiabilidade
- Usuário a usuário

Tipo utilizado no curso: **Usuário a Usuário**

1o. Critério: sob o ponto de vista do usuário.

A medida de desempenho mais importante, neste caso, é o tempo de resposta.

Tempo de resposta: tempo para transmitir um pacote corretamente de um usuário A para um outro usuário B e receber a resposta (ACK).



Tempos Envolvidos

- 1 - Tempo para um pacote percorrer do usuário A até a interface.
- 2 - Tempo que o pacote deve esperar no buffer antes de ser transmitido.
- 3 - Tempo para transmitir o pacote na rede, incluindo o tempo de propagação.
- 4 - Tempo que o pacote deve esperar na interface associada com o usuário B.
- 5 - Tempo para percorrer o enlace da interface B até o usuário B.
- 6 - Tempo para usuário B mandar a resposta (tempo de processamento em B).
- 7 - Tempo de resposta para a mensagem de B voltar ao usuário A.

2o. Critério: Sob o ponto de vista da rede

A medida mais importante é a vazão (throughput).

$$\text{Vazão} = \frac{\text{Número médio de bits que entra ou sai da rede}}{\text{Unidade de tempo}}$$

Em geral, é conflitante a maximização da vazão e a minimização do atraso. Assim, uma curva importante é o atraso versus a vazão.

Vazão Normalizada (S).

Sejam

λ pacotes/seg, a taxa de entrada

C ou R bits/seg., a capacidade do canal

$E\{X\} = \bar{X}$ bits /pacote, comprimento médio do pacote.

$$S = \frac{\lambda \bar{X}}{R} \left[\frac{\text{pacotes}}{\text{seg}} \frac{\text{bits}}{\text{pacote}} \frac{\text{seg}}{\text{bits}} \right] \quad \text{adimensional}$$

$$\text{Vazão não normalizada} = \lambda \bar{X}$$

Vazão e Eficiência

Em redes que podem ocorrer erros de transmissão, a vazão pode ser definida como

$$\text{Vazão} = \frac{\text{Número médio de pacotes bem sucedidos (sem erro)}}{\text{Tempo médio de transmissão de um pacote}}$$

Utilização do canal ou Eficiência (ρ)

ρ = fração média do tempo que o canal está ocupado.

Se o canal transporta somente pacotes sem erro e se não for considerado overhead, então a vazão e a eficiência serão iguais.

Eficiência do canal considerando overhead

D , número de bits de dados (informação) de um pacote.

H , número de bits de overhead.

$$\text{Eficiência do canal} = \frac{D}{D + H} S$$

Vazão máxima é igual a capacidade do canal.

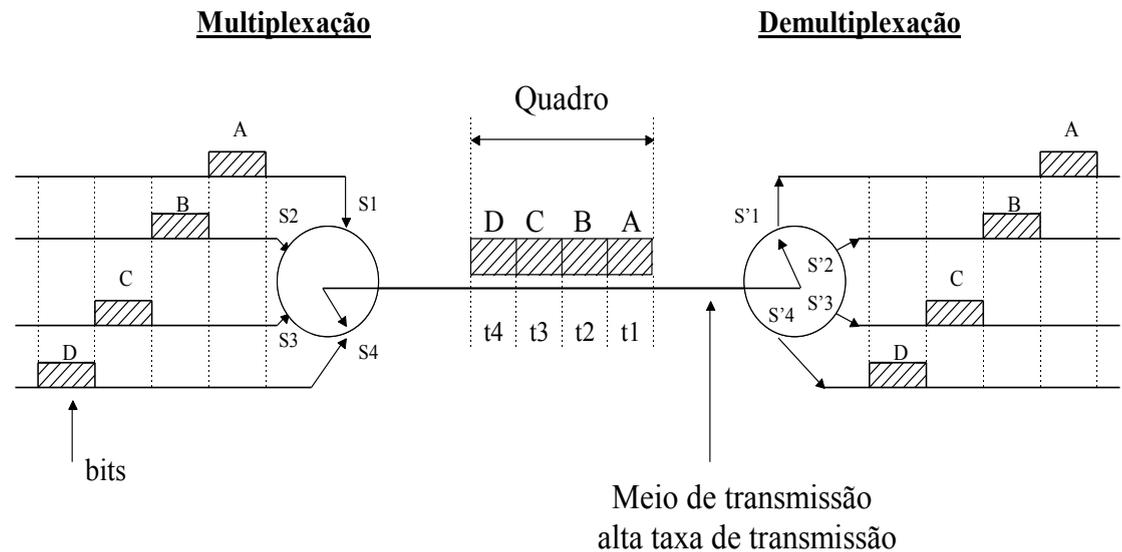
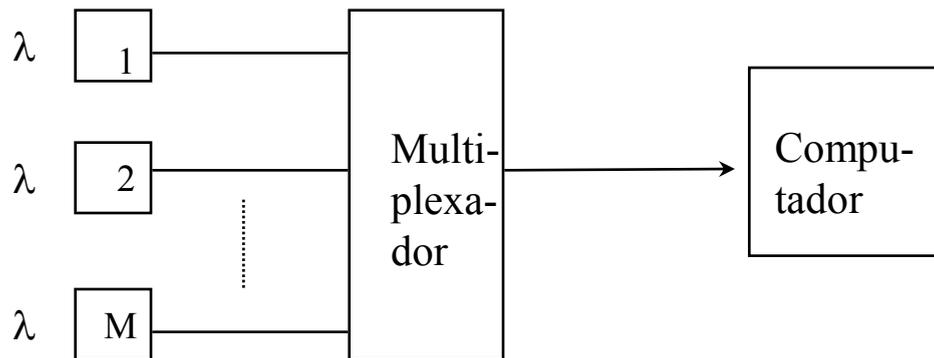
Outra medida de desempenho: Atraso médio de Transferência (T)

Tempo de transferência do último bit de um pacote que chega à estação até a entrega deste à estação destino

$$\bar{T} = \text{atraso de transf. normalizado} = \frac{T}{(\bar{X}/R)}$$

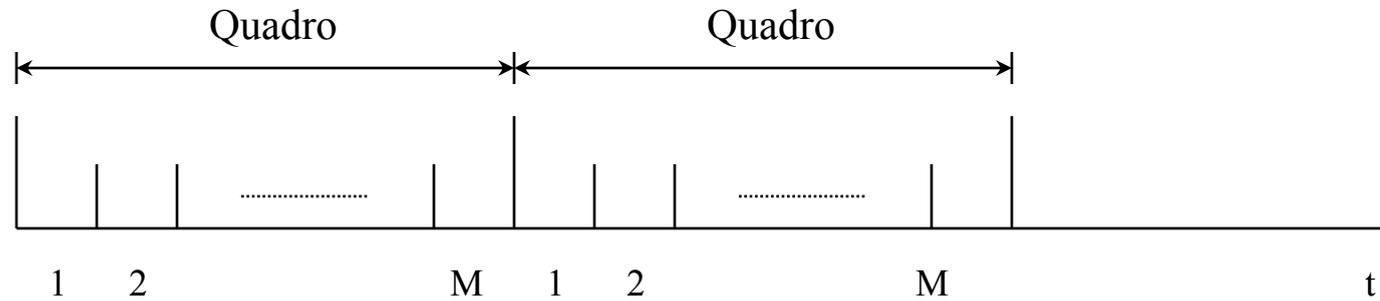
Exemplo de Análise: Acesso por Alocação Fixa - TDMA (Time Division Multiple Access)

Seja um multiplexador de terminais de dados



Estudo de desempenho

Estrutura de quadro



Dados:

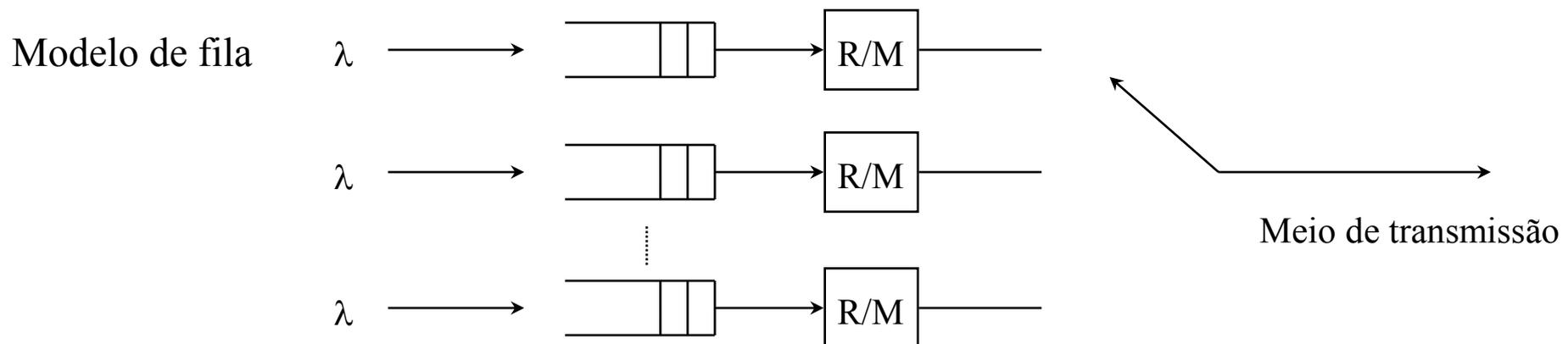
Comprimento do pacote (= canal) = $E\{X\}$ bits

Capacidade do meio de transmissão = R bits/seg.

Comprimento do quadro = $M E\{X\} / R$ seg.

Processo de chegadas dos pacotes = Poisson.

Capacidade do canal = R / M bits/seg.



O atraso médio de transferência de pacote possui três componentes:

- a) Tempo de transmissão, $E\{X\} / R$ (seg.)
- b) Tempo de espera no buffer da estação.
- c) Tempo de sincronização do canal - tempo que uma estação espera até chegar a sua vez.

O tempo médio de sincronização do canal para chegadas aleatórias é a metade do tempo de quadro (Provar).

$$t_s = \frac{ME\{X\}}{2R}$$

Para o cálculo do tempo de espera no buffer, a rede pode ser modelada como M filas independentes do tipo M / D / 1, com taxa de chegada de λ pacotes / seg.

Em geral, Fila M / G / 1 $\implies E\{W\} = \frac{\lambda}{2} \frac{1}{(1-\rho)} E\{R^2\}$

Fila M / D / 1 $\implies E\{R^2\} = E\{R\}^2 = \frac{1}{\mu^2}$

Portanto

$$E\{W\} = \frac{\rho}{2\mu(1-\rho)}, \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

Quando o comprimento médio é dados em bits, podemos escrever de maneira geral,

$$\frac{1}{\mu} \text{ em bits} \Rightarrow \frac{1}{\mu C} \text{ em tempo} \quad , \quad \text{onde } C \text{ é a capacidade do enlace}$$

\therefore

$$E\{W\} = \frac{\rho}{2\mu C(1-\rho)} \quad , \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu C}$$

Para o caso da nossa aplicação

$$\frac{1}{\mu} = E\{X\} \text{ bits} \quad ; \quad C = \frac{R}{M} \quad \text{e} \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu C} = \frac{\lambda M}{R} E\{X\}$$

\therefore

$$E\{W\} = \frac{\rho}{2(1-\rho)} \frac{ME\{X\}}{R}$$

Seja a vazão normalizada

$$\text{Vazão} = S = \frac{\text{Taxa total de entrada}}{\text{Tempo de transmissão de um pacote}}$$

Logo,

$$S = \frac{M\lambda E\{X\}}{R}$$

Assim $\rho = S$

Portanto,

$$E\{W\} = \frac{MS}{2(1-S)} \frac{E\{X\}}{R}$$

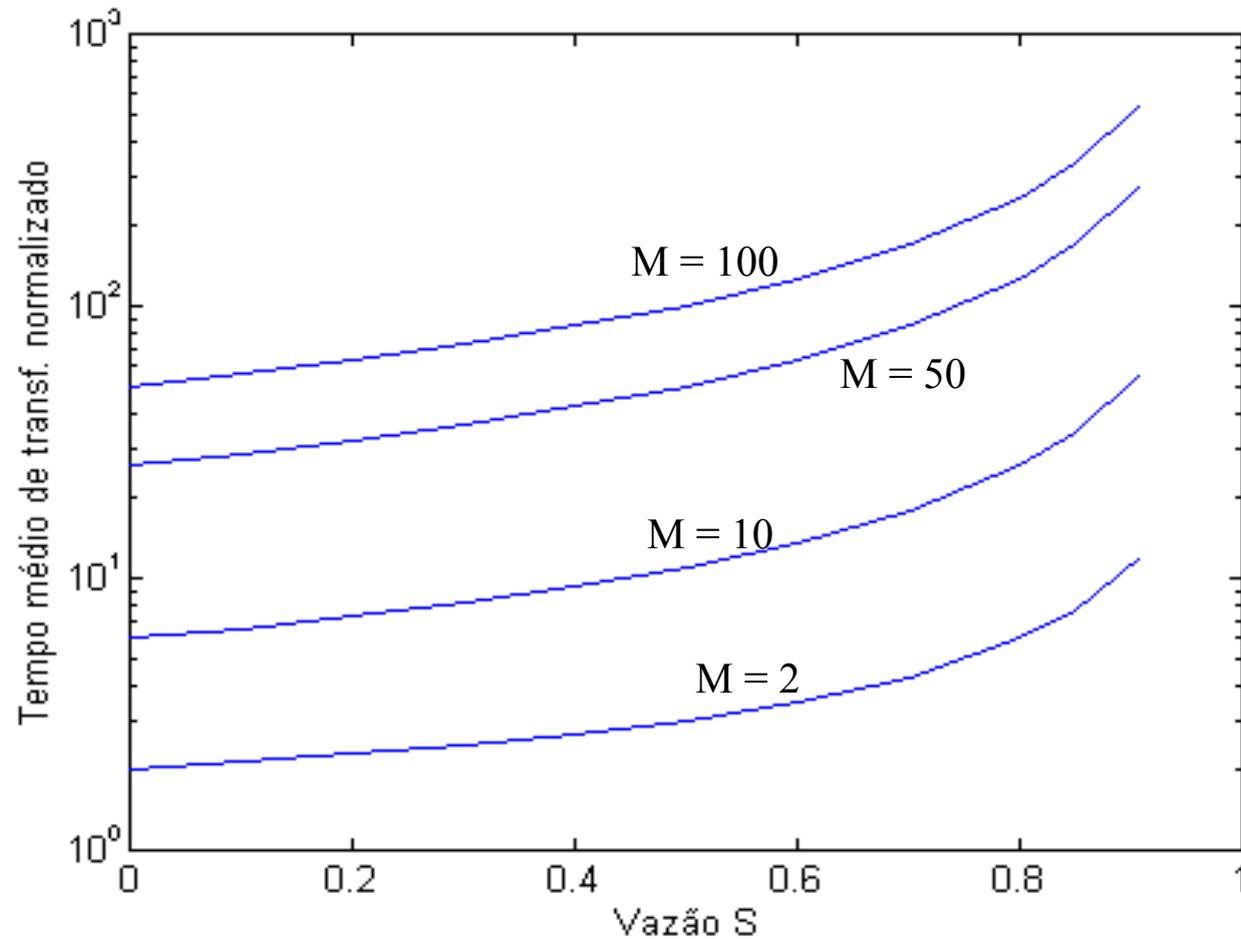
O tempo médio de transferência T é dado por,

$$T = \frac{E\{X\}}{R} + \frac{ME\{X\}}{2R} + \frac{MS}{2(1-S)} \frac{E\{X\}}{R}$$

Ou se for normalizado em unidades de tempo de transmissão de pacote, teremos

$$\hat{T} = \frac{T}{E\{X\}/R} = 1 + \frac{M}{2} + \frac{MS}{2(1-S)}$$

Curva tempo de transferência normaliz. versus vazão



Exercício

1 Uma rede possui M estações. Cada estação gera uma taxa de 0,2 pacotes/seg. Os pacotes têm comprimentos médios de 10^4 bits e considere sem overhead, sem retransmissão e sem erros na transmissão. A capacidade do canal é de 10^6 bps.

a) Qual é o valor de M que produz uma vazão não normalizada de 10 pacotes/seg?

b) Qual é a vazão normalizada para o valor de M calculado no item a)?

Suponha agora a rede com erros na transmissão. A probabilidade de um pacote ser descartado é 10%.

c) Calcule a nova vazão da rede.

Exercício

2 Seja uma rede TDMA com M terminais. Cada um dos terminais possui um buffer de tamanho infinito e com chegadas poissonianas de taxa média $0,5$ pacotes/seg. O comprimento médio do pacote é 1000 bits. A capacidade do canal é $R = 20$ kbits/seg.

- a) Calcule o máximo valor de M .
- b) Para um atraso médio de transferência igual a $0,5$ segundos, calcular o número de terminais que é possível acomodar.