

## Infraestrutura de Comunicação

2020.3

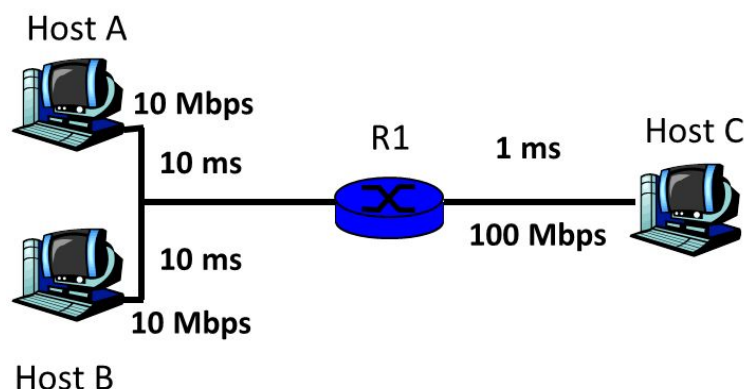
Prof. Paulo Gonçalves

### Lista de Exercícios - Teórica #1

**1ª Questão)** Quais são os tipos de atraso que um datagrama pode sofrer na Internet? Explícite quais desses atrasos são fixos e quais são variáveis.

Resposta: Os quatro tipos de atraso que um datagrama pode sofrer na internet são: **atraso de processamento**, o tempo exigido para examinar o cabeçalho do pacote, determinar para onde direcioná-lo e verificar se existem erros de bits, **atraso de fila**, o tempo de espera para o pacote ser transmitido no enlace. Dependerá da quantidade de outros pacotes que chegarem antes e que já estiverem na fila esperando pela transmissão no enlace, **atraso de transmissão**, quantidade de tempo exigida para transmitir todos os bits do pacote para o enlace. É a quantidade de bits do pacote / taxa de transmissão do enlace. E por fim o **atraso de propagação**, tempo necessário para propagar o bit do início ao fim do enlace, ou seja, tem a ver com a distância entre os nós. É a distância entre dois roteadores / velocidade de Propagação. Os atrasos de processamento e atraso de fila são variáveis.

**2ª Questão)** Considere a rede de comutação de pacotes como apresentada na figura a seguir.

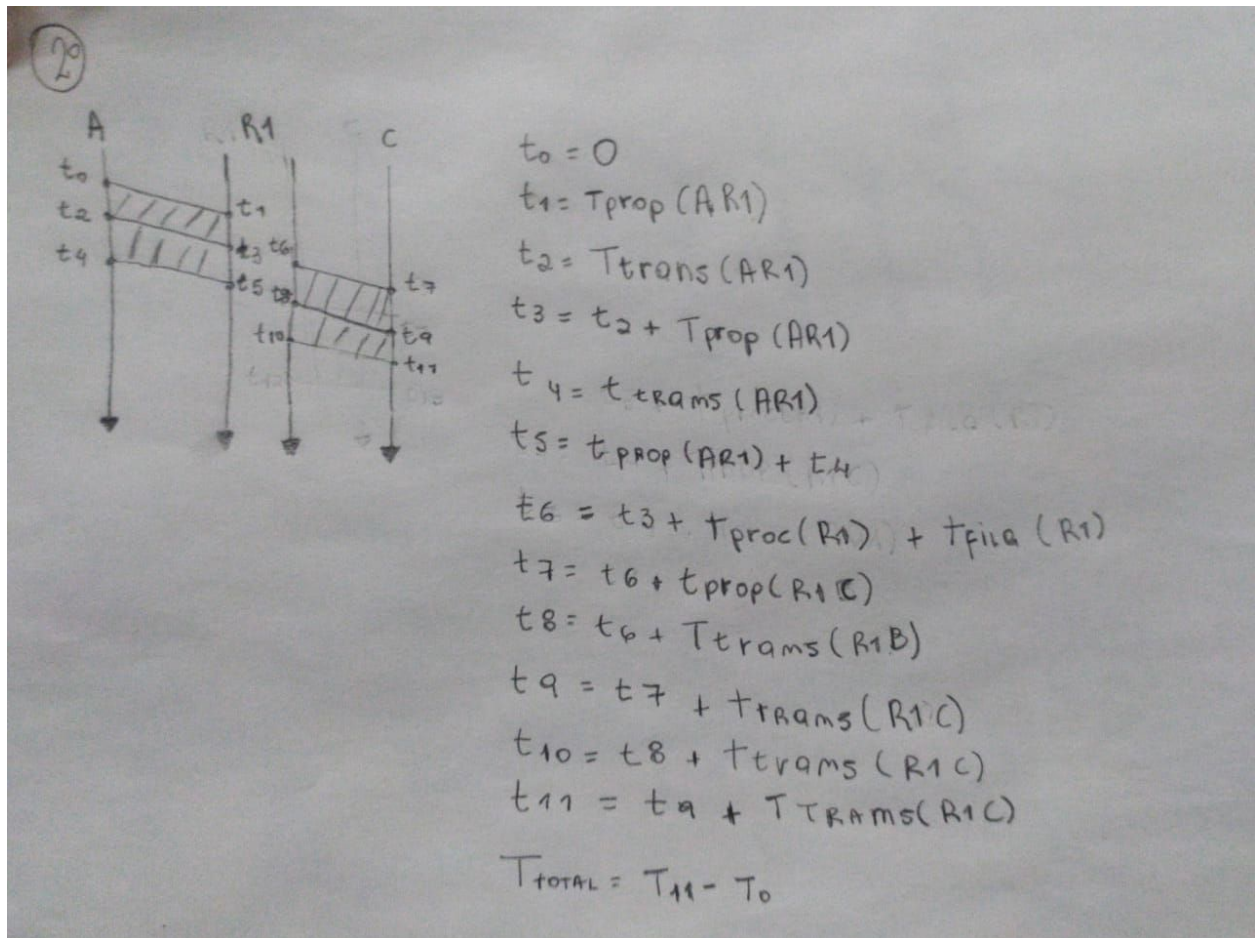


Dois hosts A e B estão conectados ao roteador R1, que por sua vez está conectado ao host C. A taxa de transmissão de cada enlace e os atrasos de propagação são apresentados na figura. Os roteadores são do tipo “store-and-forward” e possuem memória de 10 Kbytes para armazenamento de pacotes na fila. Assuma que o tempo de processamento por pacote em cada roteador seja de 1  $\mu$ s e que este

tempo seja somente gasto quando o pacote alcançar o início da fila. Assuma que o primeiro pacote da fila só libere o espaço completo que ocupa quando for completamente transmitido pelo enlace.

Assuma que inicialmente a rede esteja completamente vazia. O host A envia consecutivamente dois pacotes de 1 KByte para o host C. Pergunta-se :

- a) Qual o atraso total de propagação, em milisegundos, sofrido pelo primeiro pacote?  
 $T_{prop} = T_{prop}(A, R1) + T_{prop}(R1, C) = \mathbf{11ms}$ .
- b) Qual o atraso total de transmissão, em milisegundos, sofrido pelo primeiro pacote?  
 $T_{trans} = T_{trans}(A, R1) + T_{trans}(R1, C) = \mathbf{0,88ms}$ .
- c) Qual o atraso total de fila, em milisegundos, sofrido pelo primeiro pacote?  
 $T_{fila}(R1) = \mathbf{0ms}$ . Pois é o primeiro pacote a ser transmitido.
- d) Qual o atraso total de processamento, em milisegundos, sofrido pelo primeiro pacote?  
 $T_{proc}(R1) = \mathbf{0,001 ms}$ .
- e) Após quantos milisegundos, o primeiro pacote chega ao seu destino?  
 $T_{total} = T_{prop} + T_{trans} + T_{fila} + T_{proc} = \mathbf{11,881ms}$ .
- f) Qual o atraso total de propagação, em milisegundos, sofrido pelo segundo pacote?  
 $T_{prop} = T_{prop}(A, R1) + T_{prop}(R1, C) = \mathbf{11ms}$ .
- g) Qual o atraso total de transmissão, em milisegundos, sofrido pelo segundo pacote?  
 $T_{trans} = T_{trans}(A, R1) + T_{trans}(R1, C) = \mathbf{0,88 ms}$ .
- h) Qual o atraso total de fila, em milisegundos, sofrido pelo segundo pacote?  
 $T_{fila} = T_{trans}(R1, C)$ , logo,  $\mathbf{0 ms}$ , já que quando o segundo pacote chega o primeiro já foi transmitido.
- i) Qual o atraso total de processamento, em milisegundos, sofrido pelo segundo pacote?  
 $T_{proc}(R1) = \mathbf{0,001ms}$ .
- j) Quantos milisegundos após o início da sua transmissão o segundo pacote chega ao destino?  
 $T_{total} = T_{11} - T_0 = \mathbf{11,881ms}$ . (Tendo como parâmetro o desenho abaixo)



Observações para a resolução dessa questão e de questões similares:

1) use o modelo de nomenclatura a seguir:

$T_{\text{trans}}(AR1)$  - atraso de transmissão do host A para o roteador R1

$T_{\text{prop}}(AR1)$  - atraso de propagação do host A para o roteador R1

$T_{\text{proc}}(R1)$  - atraso de processamento no roteador R1

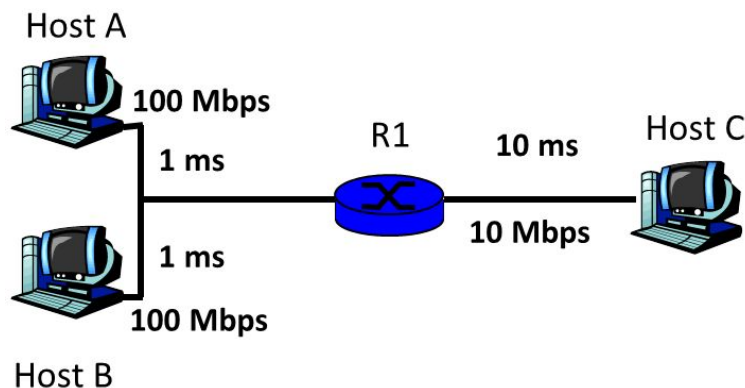
$T_{\text{fila}}(R1)$  - atraso de fila no roteador R1

2) Use a “receita de bolo” conforme exemplificada em “atrasos-1.png” que consta na lista de material para o módulo 1. Cole na resposta o desenho que fez para a resolução dos exercícios. Não esqueça de explicitar todos os tempos de referência.

3) Exemplos de transformações:  $1 \text{ Mbps} = 1 \times 10^6 \text{ bps}$  ;  $1 \text{ KB} = 1 \times 8 \times 10^3 \text{ bits}$ .

- 4) Quando 2 pacotes forem transmitidos consecutivamente em um host, considere que o tempo de referência para o último bit do primeiro pacote e o primeiro bit do segundo pacote é o mesmo, ou seja, se  $t_2$  é o tempo quando o último bit do primeiro pacote foi transmitido,  $t_2$  também é o tempo quando o primeiro bit do segundo pacote é transmitido. Isto visa apenas a simplificar os cálculos.

3ª Questão) Repita o exercício da questão 2 considerando agora a rede a seguir:



- Qual o atraso total de propagação, em milissegundos, sofrido pelo primeiro pacote?  
 $T_{prop} = T_{prop}(A, R1) + T_{prop}(R1, C) = 11\text{ms}$ .
- Qual o atraso total de transmissão, em milissegundos, sofrido pelo primeiro pacote?  
 $T_{trans} = T_{trans}(A, R1) + T_{trans}(R1, C) = 0,88\text{ms}$ .
- Qual o atraso total de fila, em milissegundos, sofrido pelo primeiro pacote?  
 $T_{fila}(R1) = 0\text{ms}$ . Pois é o primeiro pacote a ser transmitido.
- Qual o atraso total de processamento, em milissegundos, sofrido pelo primeiro pacote?  
 $T_{proc}(R1) = 0,001\text{ ms}$ .
- Após quantos milissegundos, o primeiro pacote chega ao seu destino?  
 $T_{total} = T_{prop} + T_{trans} + T_{fila} + T_{proc} = 11,881\text{ms}$ .
- Qual o atraso total de propagação, em milissegundos, sofrido pelo segundo pacote?  
 $T_{prop} = T_{prop}(A, R1) + T_{prop}(R1, C) = 11\text{ms}$ .
- Qual o atraso total de transmissão, em milissegundos, sofrido pelo segundo pacote?  
 $T_{trans} = T_{trans}(A, R1) + T_{trans}(R1, C) = 0,88\text{ ms}$ .
- Qual o atraso total de fila, em milissegundos, sofrido pelo segundo pacote?  
 $T_{fila} = T_{trans}(R1, C)$ , logo,  $0,721\text{ ms}$ .
- Qual o atraso total de processamento, em milissegundos, sofrido pelo segundo pacote?  
 $T_{proc}(R1) = 0,001\text{ms}$ .
- Quantos milissegundos após o início da sua transmissão o segundo pacote chega ao destino?  
 $T_{total} = T_{11} - T_0 = 12,602\text{ ms}$ . (Tendo como parâmetro o desenho abaixo)

**4ª Questão)** Repita o exercício da questão 3 considerando desta vez que o tempo de processamento por pacote em cada roteador seja gasto imediatamente quando o pacote for recebido e não quando for o primeiro da fila. Explícite o que mudou nos resultados com essa nova hipótese.

- a) Qual o atraso total de propagação, em milissegundos, sofrido pelo primeiro pacote?  
 $T_{prop} = T_{prop}(A, R1) + T_{prop}(R1, C) = \mathbf{11ms}$ .
- b) Qual o atraso total de transmissão, em milissegundos, sofrido pelo primeiro pacote?  
 $T_{trans} = T_{trans}(A, R1) + T_{trans}(R1, C) = \mathbf{0,88ms}$ .
- c) Qual o atraso total de fila, em milissegundos, sofrido pelo primeiro pacote?  
 $T_{fila}(R1) = \mathbf{0ms}$ . Pois é o primeiro pacote a ser transmitido.
- d) Qual o atraso total de processamento, em milissegundos, sofrido pelo primeiro pacote?  
 $T_{proc}(R1) = \mathbf{0,001 ms}$ .
- e) Após quantos milissegundos, o primeiro pacote chega ao seu destino?  
 $T_{total} = T_{prop} + T_{trans} + T_{fila} + T_{proc} = \mathbf{11,881ms}$ .
- f) Qual o atraso total de propagação, em milissegundos, sofrido pelo segundo pacote?  
 $T_{prop} = T_{prop}(A, R1) + T_{prop}(R1, C) = \mathbf{11ms}$ .
- g) Qual o atraso total de transmissão, em milissegundos, sofrido pelo segundo pacote?  
 $T_{trans} = T_{trans}(A, R1) + T_{trans}(R1, C) = \mathbf{0,88 ms}$ .
- h) Qual o atraso total de fila, em milissegundos, sofrido pelo segundo pacote?  
 $T_{fila} = T_{trans}(R1, C)$ , logo,  $\mathbf{0,719 ms}$ .
- i) Qual o atraso total de processamento, em milissegundos, sofrido pelo segundo pacote?  
 $T_{proc}(R1) = \mathbf{0,001ms}$ .
- j) Quantos milissegundos após o início da sua transmissão o segundo pacote chega ao destino?  
 $T_{total} = T_{prop} - T_{trans} + T_{fila} + T_{proc} = \mathbf{12,601 ms}$ .
- k) O que mudou nos resultados com essa nova hipótese?  
A mudança foi no tempo de fila do segundo pacote, já que o mesmo precisa aguardar o primeiro ser transmitido.

**5ª Questão)** Apresente e explique o ferramental matemático apresentado na disciplina para identificar em quais condições um enlace pode ou não ser considerado congestionado.

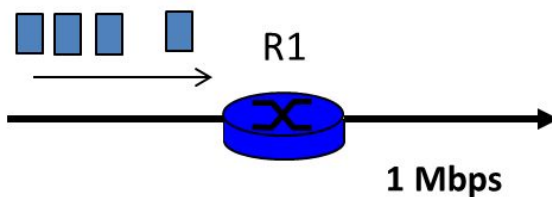
Resposta: Para identificar em quais condições um enlace pode ou não ser considerado congestionado podemos usar o seguinte ferramental matemático, seja L o tamanho do pacote dado em bits, seja R a banda passante do enlace dado em bits/s, seja A a taxa média de chegada dos pacotes. Iremos multiplicar a taxa média de chegada dos pacotes pelo tamanho do pacote, vamos encontrar a quantidade de bits que estão chegando no enlace. Logo podemos fazer uma divisão do resultado pela banda passante do enlace, com isso vamos ter,

em segundos, o tempo correspondente ao atraso médio da fila. Em notação matemática temos  $(L * A) \div R$ , observando as unidades de medida temos:  $(bits) \div (bits/s) = s$ .

Tomando a equação apresentada acima como  $D$ , temos que:

- A.  $D \sim 0$ : Atraso médio de fila pequeno;
- B.  $D = 1$ : atraso médio de fila grande;
- C.  $D > 1$ : mais “trabalho” chegando do que pode ser feito, atraso médio infinito!

**6ª Questão)** Considere a Figura a seguir e os dados abaixo:

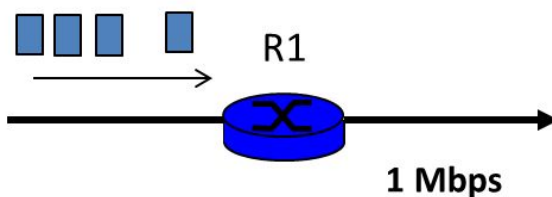


- a) O roteador R1 recebe em média 50 pacotes por segundo.
- b) Cada pacote possui tamanho de 1 KByte.
- c) O enlace de saída do roteador R1 é de 1 Mbps.

Pergunta-se: o enlace de 1 Mbps está congestionado? Justifique matematicamente sua resposta.

Resposta: Para saber se temos congestionamento no enlace, podemos utilizar a seguinte relação, seja  $L$  o tamanho do pacote dado em bits, seja  $R$  a banda passante do enlace dado em bits/s, seja  $A$  a taxa média de chegada dos pacotes,  $(L * A) \div R$  determinará o atraso médio de fila, entre 0 e 0,8 não temos congestionamento, entre 0,8 e 1 temos atraso médio de fila grande e acima de 1 temos perdas de pacotes. Substituindo os valores temos  $(8 * 10^3 * 50) \div (10^6) = 0,4$ . Portanto temos que o enlace não está congestionado.

**7ª Questão)** Considere a Figura a seguir e os dados abaixo:



- a) O roteador R1 recebe em média 110 pacotes por segundo.
- b) Cada pacote possui tamanho de 1 KByte.
- c) O enlace de saída do roteador R1 é de 1 Mbps.

Pergunta-se: o enlace de 1 Mbps está congestionado? Justifique matematicamente sua resposta.

Resposta: Para saber se temos congestionamento no enlace, podemos utilizar a seguinte relação, seja  $L$  o tamanho do pacote dado em bits, seja  $R$  a banda passante do enlace dado em bits/s, seja  $A$  a taxa média de chegada dos pacotes,  $(L * A) \div R$  determinará o atraso médio de fila, entre 0 e 0,8 não temos congestionamento, entre 0,8 e 1 temos atraso médio de fila grande e acima de 1 temos perdas de pacotes. Substituindo os valores temos  $(8 * 10^3 * 110) \div (10^6) = 0,88$ . Portanto temos que o enlace possui atraso de fila grande e consequentemente congestionamento .

**8ª Questão)** Todas as rotas na Internet são bidirecionais (o caminho de ida é igual ao de volta)? Justifique sua resposta.

Resposta: Não, pois cada roteador tem uma tabela de repasse. Um roteador repassa um pacote examinando o valor de um campo no cabeçalho do pacote que está chegando e então utiliza esse valor para indexar sua tabela de repasse. O resultado da tabela de repasse indica para qual das interfaces de enlace do roteador o pacote deve ser repassado. Dependendo do protocolo de camada de rede, o valor no cabeçalho do pacote pode ser o endereço de destino do pacote ou uma indicação da conexão à qual ele pertence. Portanto nem sempre teremos o caminho de ida igual ao caminho de volta, podendo tomar um caminho na ida e a depender das condições desse caminho para a volta, tomar um destino diferente que possua melhores condições.

**9ª Questão)** Explique porque datagramas podem ser perdidos na Internet.

Resposta: Há alguns fatores que podem fazer com que um datagrama seja perdido na internet, um deles é a perda em um buffer que está lotado, buffers de roteador absorvem os bursts transitórios que ocorrem naturalmente em tais redes, reduzir a frequência de quedas de pacotes e, especialmente com tráfego TCP, eles podem evitar a subutilização quando as conexões TCP diminuem devido a perdas de pacotes. Outra possibilidade é ao se utilizar o protocolo UDP, protocolo de comunicação usado principalmente para estabelecer conexões de baixa latência e tolerância a perdas entre aplicativos na Internet. Ele acelera as transmissões, permitindo a transferência de dados antes que um acordo seja fornecido pela parte receptora, possui como característica a falta de confiabilidade, por conta disso datagramas podem ser perdidos durante o envio.

**10ª Questão)** É possível que datagramas pertencentes a um mesmo fluxo de informações (e.g., datagramas da transferência de um arquivo de 1 Gbyte) sigam por rotas distintas na Internet da origem até o destino? (Sim, Não). Explique o porquê.

Resposta: Sim, pois se tratando de arquivos com grande quantidade de bits, podemos ter alterações na tabela de repasse durante o envio de todos os bits, mesmo sendo um arquivo único, podendo tomar caminhos diferentes, que tenham melhor fluxo e velocidade de entrega, mas que no final cumpram seu objetivo que é a transferência das informações.