

1. **(1,0 ponto)** Considere o envio de um pacote de um hospedeiro de origem a um hospedeiro de destino através de uma rota fixa com **N** roteadores. Relacione os componentes de atrasos que formam o atraso fim a fim. Quais deles são constantes e quais são variáveis.

Resposta:

Relação dos componentes de atrasos fim a fim:

- **retardo de processamento:** este retardo inclui o tempo para examinar o cabeçalho do pacote e determinar para qual saída será encaminhado. Este retardo também inclui o tempo para a verificação do pacote quanto aos possíveis erros introduzidos durante a transmissão no enlace;
- **retardo de transmissão:** este retardo depende do tamanho do pacote (L) e da taxa de transmissão (R) suportada, e seu valor é L / R ;
- **retardo de propagação:** é o tempo de propagação de um bit de um extremo do enlace até o outro e depende da velocidade de propagação do sinal no meio utilizado (S) e da distância (D) e seu valor é D / S ; e
- **retardo de fila:** tempo que o pacote aguarda na fila de entrada para ser encaminhado à fila de saída do roteador e o tempo de espera na fila de saída até que este seja o próximo pacote a ser transmitido na interface de saída.

Quais deles são constantes e quais são variáveis:

- **retardo de processamento:** constante;
- **retardo de transmissão:** constante para um dado valor de L e R ;
- **retardo de propagação:** constante para um dado valor de D e S ; e
- **retardo de fila:** variável. depende do nível de congestionamento da rede.

2. **(1,0 ponto)** Quanto tempo um pacote de 1000 bytes leva para se propagar através de um enlace que tem 2500 km de comprimento, com a velocidade de propagação de $2,5 \times 10^8$ m/s e uma taxa de transmissão de 2 Mbps?

Resposta: O tempo de propagação não depende do comprimento do pacote, mas sim da distância e da velocidade de propagação, portanto:
 $2500 \text{ Km} = 2,5 \times 10^6 \text{ m} \rightarrow 2,5 \times 10^6 \text{ m} / 2,5 \times 10^8 \text{ m/s} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ s}$ ou 0,01 s ou 10 ms. O tempo de transmissão é $T_{\text{trans}} = L/R$ segundos.

Como o pacote tem 1000 bytes, isto é, 8.000 bits, então o último bit do pacote será transmitido 4 ms depois do primeiro ($T_{trans} = 8 \times 10^3 \text{ bits} / 2 \times 10^6 \text{ bits/s} = 4 \text{ ms}$). Portanto o último bit do pacote chegará ao final do enlace no tempo $10\text{ms} + 4\text{ms} = 14 \text{ ms}$.

3. **(1,0 ponto cada)** Este problema explora os atrasos de propagação e de transmissão, dois conceitos importantes em redes de computadores. Considere dois computadores **A** e **B**, conectados por um único enlace de taxa **R** bps. Considere ainda que esses computadores estão separados por **m** metros e que a propagação ao longo do enlace seja de **s** metros/segundo. O computador A tem que enviar para o computador **B** um pacote de **L** bits.

a) Expresse o atraso de propagação **T_{prop}**, em função de **m** e **s**.

Resposta: $T_{prop} = m/s$ segundos.

b) Determine o tempo de transmissão **T_{trans}** do pacote em função de **L** e **R**.

Resposta: $T_{trans} = L/R$ segundos.

c) Ignore o atraso de processamento e o atraso de fila, e obtenha a expressão para o atraso fim a fim.

Resposta: $T_{fim-a-fim} = T_{trans} + T_{prop} = L/R + m/s$ segundos.

d) Suponha que o computador A começa a transmitir o pacote no instante **t = 0**. No instante **t = T_{trans}**, onde estará o último bit do pacote?

Resposta: O último bit está sendo inserido no enlace no instante **t = T_{trans}**.

4. **(1,0 ponto cada)** Responda verdadeiro ou falso às perguntas abaixo e justifique suas respostas:

a) Com o protocolo Repetição Seletiva (SR), é possível ao transmissor receber um ACK para um pacote que caia fora de sua janela atual.

Resposta: Verdadeiro. Suponha que o lado que envia as informações tem uma janela de tamanho 3 envie os segmentos 0, 1 e 2 em t_0 . Esses segmentos são entregues ao receptor, que avança sua janela para aguardar os segmentos 3, 4 e 5, enviando as confirmações correspondentes aos segmentos 0, 1 e 2. Porém as confirmações para esses segmentos são retidas em congestionamento. Em t_1 ($t_1 > t_0$) o transmissor tem o temporizador expirado para o segmento 0 que é então retransmitido. Quando o receptor recebe a duplicata do segmento 0, reenvia o ACK 0 (duplicata). Em t_3 o transmissor recebe o primeiro ACK 0 (o que estava retida no congestionamento), e avança a janela para 1, 2 e 3. Instantes depois (em t_4) o transmissor recebe o ACK 0 (duplicata) cujo segmento não se encontra mais na sua janela.

b) Com o protocolo Retorne-a-N (GBN), é possível ao transmissor receber um ACK para um pacote que caia fora de sua janela atual.

Resposta: Verdadeiro. Suponha que o lado que envia as informações tem uma janela de tamanho 3 envie os segmentos 0, 1 e 2 em t_0 . Esses segmentos são entregues ao receptor, um após o outro, que avança sua janela para aguardar o segmento 3, depois o 4 e depois o 5, enviando as confirmações correspondentes aos segmentos 0, 1 e 2. Porém as confirmações para esses segmentos são retidas em congestionamento. Em t_1 ($t_1 > t_0$) o transmissor tem o temporizador expirado para o segmento 0 e então retransmite os segmentos 0, 1 e 2. Quando o receptor recebe a duplicata do segmento 0, reenvia o ACK 2 (duplicata). Em t_3 o transmissor recebe o primeiro ACK 2 (que estava retido no congestionamento), e avança a janela para 3, 4 e 5. Instantes depois (em t_4) o transmissor recebe o ACK 0 (duplicata) cujo segmento não se encontra mais na sua janela.

c) Suponha que o hospedeiro A esteja enviando para o hospedeiro B um arquivo grande por meio de uma conexão TCP. Se o número de sequência para um segmento transmitido nessa conexão é m , então o número de sequência para o segmento subsequente é $m+1$.

Resposta: Falso. No caso do TCP, o número de sequência do segmento subsequente seria: $m + k$, onde k é a quantidade de bytes de dados contidos no segmento anterior.

d) Considere o controle de congestionamento no TCP. Quando um temporizador expira no transmissor, o limiar (*threshold*) é ajustado para a metade do seu valor anterior.

Resposta: Verdadeiro. Esta é a estratégia adotada pelo mecanismo de controle do congestionamento do TCP. Além da redução do limiar à metade da janela de congestionamento anterior ao evento, a sua janela de congestionamento é reduzida para o tamanho de 1 MSS e a transmissão entra na fase de *Slow Start*. O caso de um temporizador expirar indica ao TCP que a rede se encontra congestionada, por isto uma medida mais cautelosa é adotada. Diferente do caso da recepção de três ACKs em duplicata, pois, neste caso, os pacotes de ACK ainda estão sendo recebidos no lado transmissor.