

1. **(3,0 pontos)** Considere a transmissão de um arquivo de  $F = N \cdot L$  bits num caminho com  $Q$  roteadores separados por enlaces de  $M$  metros de comprimento. Suponha que a velocidade de propagação ao longo do enlace seja de  $S$  metros/seg. Cada enlace transmite a  $R$  bits/seg. A rede está levemente carregada de modo que não há atrasos de enfileiramento. Quando é utilizada uma forma de comutação de pacotes, os  $N \cdot L$  bits são quebrados em  $N$  pacotes cada um com  $L$  bits. O atraso de propagação NÃO é desprezível.

- a. Suponha que a rede seja uma rede de circuitos virtuais comutada por pacotes. Seja o estabelecimento do circuito virtual feito por pacotes de controle com CVReq bits e CVReply bits. Durante a transmissão de dados, suponha que as camadas de transmissão adicionem um total de  $H$  bits ao cabeçalho de cada pacote. Quanto tempo leva para transmitir o arquivo da fonte até o destino?

**Resposta:**  $TS + (Q + N) \cdot (L+H) / R + (Q + 1) \cdot M/S$ ;

**onde**  $TS = (Q + 1) \cdot [(CVReq + CVReply) / R + 2 \cdot M/S]$

- b. Suponha que a rede seja uma rede comutada por pacotes tipo datagrama e seja usado um serviço não orientado a conexões. Agora suponha que cada pacote possua  $4H$  bits no cabeçalho. Qual o retardo para transmitir todo o arquivo?

**Resposta:**  $(Q + N) \cdot (L+4H) / R + (Q + 1) \cdot M/S$

- c. Repita o item (b) mas assuma que seja usada a comutação de mensagens (ou seja, são adicionados  $4H$  bits à mensagem e esta não é fragmentada).

**Resposta:**  $(Q + 1) \cdot [(NL+4H) / R + M/S]$

- d. Finalmente suponha que a rede seja comutada por circuitos. Além do mais, assuma que a taxa de transmissão do circuito entre origem e destino seja de  $R$  bits/seg. Assumindo que  $TS$  seja o tempo de estabelecimento do circuito e que  $H$  bits sejam adicionados a todo o arquivo, qual é o tempo necessário para transmitir o arquivo?

**Resposta:**  $TS + NL / R + (Q + 1) \cdot M/S$

2. **(2,0 pontos)** Considere a transmissão de voz do Host A para o Host B através de uma rede comutada por pacotes (por exemplo, VoIP). O Host A converte ao vivo, voz analógica para um fluxo de bits digitais de 64-Kbps. O Host A então agrupa os bits em pacotes de 128 bytes. Há um enlace entre o host A e o host B; a sua taxa de transmissão é de 10 Mbps e o atraso de propagação de 20 mseg. Assim que o pacote é gerado no host A, ele o transmite para B. Assim que o host B recebe um pacote completo ele converte os bits do pacote para um sinal analógico. Qual o tempo decorrido desde o instante em que o bit é criado (a partir do sinal analógico em A) até que o bit seja decodificado (como sendo parte do sinal analógico em B)? Considere os atrasos para: empacotar os bits, transmiti-los e para que eles se propaguem até o host B.

**Resposta:**  $D = D_{\text{codif}} + L / R + 20 \text{ mseg}$

$$D = 16 \text{ mseg} + 0,1024 \text{ mseg} + 20 \text{ mseg} = 36,1024 \text{ mseg}$$

3. **(1,0 ponto)** Qual a razão da necessidade de “temporizadores” nos protocolos para transferência confiável de dados (*reliable data transfer protocol – rdt*)?

**Resposta:** Os temporizadores servem para tratar as perdas de pacotes pelo canal de transmissão. Se uma confirmação para um pacote enviado, não é recebido, dentro do intervalo usado na temporização, então o pacote (ou seu ACK ou NAK) é considerado perdido e o pacote é retransmitido. Obviamente esta estratégia cria a possibilidade de pacotes em duplicata no receptor, mas este problema é resolvido através dos números de sequência.

4. **(1,0 ponto)** Qual a razão da necessidade dos “números de sequência” nos protocolos para transferência confiável de dados (*reliable data transfer protocol – rdt*)?

**Resposta:** Os “números de sequência” são utilizados para que o receptor rdt possa detectar se um pacote que acaba de ser entregue contém dados novos ou se tratasse de um pacote retransmitido. Se o protocolo faz transferência confiável de dados com paralelismo (*pipelined*), como é caso do protocolo Repetição Seletiva, os números de sequência servem também para que o receptor possa detectar pacotes perdidos ou recebidos fora de ordem. Nesse caso o receptor rdt deve preencher as lacunas no fluxo de bytes recebidos, antes da entrega dos dados para a aplicação.

5. **(1,0 ponto)** Para que serve o campo janela do receptor no cabeçalho do pacote TCP?

**Resposta:** O campo janela do receptor indica a quantidade de *bytes* disponível no “*buffer de recepção*” no lado receptor de uma conexão TCP. O conteúdo desse campo é usado para evitar que o transmissor envie mais dados do que o receptor é capaz de receber, evitando assim o descarte de dados, por falta de espaço de armazenamento no lado receptor de uma conexão TCP.

6. **(1,0 ponto)** Como funciona o mecanismo de retransmissão rápida do TCP?

**Resposta:** Durante uma transmissão, alguns pacotes podem ser recebidos fora de ordem, os ACKs destes pacotes são enviados, informando também a sequência esperada pelo receptor, pois esta falta de ordem pode ter sido ocasionada no percurso entre o hospedeiro de origem, da transmissão, e o hospedeiro de destino. Desta forma, para evitar o acionamento dos mecanismos para evitar congestionamento e partida lenta, é aguardado um tempo para que tenhamos a certeza de que o pacote foi perdido, esta certeza é obtida pela recepção do terceiro ACK em duplicata ou um *timeout* no transmissor. Após o acionamento do mecanismo de retransmissão rápida verificamos a perda de pacotes, mas temos a certeza de que pacotes estão chegando ao receptor, no caso da recepção de três ACKs em duplicata. Desta forma, a recuperação rápida aciona o mecanismo para evitar congestionamento e não o de partida lenta para que não percamos uma melhor utilização da banda passante ao acionarmos a partida lenta.

7. **(1,0 ponto)** Como funciona o mecanismo de partida lenta do TCP?

**Resposta:** A conexão TCP está neste estado quando a janela de congestionamento for inferior ao limiar (*threshold*). A cada confirmação (ACK) recebida em sequência o tamanho da janela de congestionamento é acrescido do tamanho de um MSS, o que resulta na duplicação da janela de congestionamento a cada RTT (*Round Trip Time*).