

1. Recentemente, muitas aplicações multimídia passaram a adotar o TCP como protocolo de transporte ao invés do UDP. Explique o motivo pelo qual essa medida foi adotada e porque, em teoria, o UDP é o protocolo de transporte mais indicado para as aplicações multimídia (1,5 pontos).

Resposta: Atualmente, o TCP vem sendo usado por aplicações multimídia, pois muitos *firewalls* bloqueiam todo tipo de tráfego UDP (0,5 pontos). Porém, o UDP é, em teoria, o protocolo mais indicado para aplicações multimídia, pois não exige o estabelecimento prévio de uma conexão, por transmitir à mesma taxa da aplicação, não efetuando controle de fluxo, controle de congestionamento ou controle de erros (1,0 pontos).

2. Considere a transmissão de voz de uma Estação A para uma Estação B através de uma rede comutada por pacotes (por exemplo, VoIP). A Estação A converte ao vivo voz analógica para um fluxo de bits digitais de 64 kb/s. A Estação A então agrupa os bits em pacotes de 48 bytes. Há um enlace de 200km entre a Estação A e a Estação B; a sua taxa de transmissão é de 640 kb/s e a velocidade de propagação no meio é de 200.000 km/seg. Assim que o pacote é gerado na Estação A, o sistema de comunicação adiciona um cabeçalho de 32 bytes e o transmite para B. Qual o tempo decorrido desde o instante em que o primeiro bit de um pacote é criado (a partir do sinal analógico em A) até que o último bit seja recebido pela Estação B? Considere os atrasos para: empacotar os bits, transmiti-los e para que eles propaguem até o Estação B. (1,5 pontos)

Resposta: O tempo decorrido inclui o tempo para empacotar em um pacote os bits gerados pelo codificador de voz (Dpack), somado ao tempo para transmitir o pacote, incluindo seu cabeçalho (Dtrans), somado ao tempo para que o pacote propague até o receptor (Dprop).

$$D_{\text{pack}} = L_{\text{voz}}/R_{\text{cod}} = 48*8b/64kb/s = 6ms. (0,5 pontos).$$

$$D_{\text{trans}} = L_{\text{pack}}/R = (48 + 32)*8b / 640kb/s = 1ms (0,5 pontos).$$

$$D_{\text{prop}} = M/S = 200km / 200.000km/s = 1ms (0,4 pontos).$$

Portanto o tempo total é:

$$D_{\text{total}} = D_{\text{pack}} + D_{\text{trans}} + D_{\text{prop}} = 6 + 1 + 1 ms = 8ms (0,1 pontos)$$

3. Diferencie, em termos de desempenho, os modos de operação não-persistente, persistente e persistente com paralelismo (*pipelining*) do HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) (1,5 pontos).

Resposta: O modo não-persistente do HTTP abre uma conexão TCP a cada requisição de um objeto e fecha a conexão após o envio de cada objeto. Os modos persistentes mantêm a conexão TCP aberta aguardando por novas requisições de objetos (0,5 pontos). Assim, conexões TCP de longa duração podem tornar o uso da rede mais eficiente, pois empregam uma janela de congestionamento maior. Além disso, no modo persistente com paralelismo, as requisições por objetos podem ser feitas consecutivamente sem ter de esperar por repostas a requisições pendentes (0,5 pontos). Portanto, o modo não-persistente tende a ter o maior tempo de resposta, pois existe o custo de estabelecimento e liberação de cada conexão TCP. Em relação aos persistentes, o modo com paralelismo tende a ser a mais eficiente já que não há o intervalo de inatividade entre as requisições dos objetos. (0,5 pontos)

4. Diga se as seguintes afirmativas sobre as técnicas de comutação de circuitos e comutação de pacotes são verdadeiras ou falsas. Justifique suas respostas. Respostas sem justificativas não serão consideradas.

- a. Na comutação de circuitos, antes do envio dos dados, é necessário estabelecer uma conexão. (0,3 pontos)

Resposta: Verdadeira. Pacotes de sinalização são enviados antes do envio de dados para reservar os recursos em cada enlace do caminho entre o emissor e o receptor.

- b. Na comutação de pacotes, os dados da conexão seguem o mesmo caminho e os recursos são reservados durante a comunicação. (0,3 pontos)

Resposta: Falsa. Na comutação de pacotes, não há estabelecimento de conexão e, portanto, não há reserva de recursos. Assim, cada pacote pode seguir um caminho diferente entre a origem e o destino, uma vez que não existe canal de comunicação dedicado. O encaminhamento de cada pacote é feito de forma independente em cada um dos elementos intermediários.

- c. Na comutação de circuitos, os elementos intermediários precisam armazenar e reencaminhar pacotes em cada salto até o destino. (0,3 pontos)

Resposta: Falsa. Não há necessidade de armazenamento para encaminhar os pacotes, uma vez que os recursos são alocados durante o estabelecimento de conexão e ficam dedicados a essa conexão.

- d. Na comutação de pacotes, cada fluxo de dados fim-a-fim é dividido em pacotes e a cada pacote é adicionado um cabeçalho que contém entre outras informações o endereço do destino. (0,3 pontos)

Resposta: Verdadeira. O fluxo é dividido em pacotes para aumentar a eficiência do uso dos recursos entre os diferentes usuários. Uma vez que não existe estabelecimento prévio de um canal de comunicação, os pacotes precisam carregar informações para que os elementos intermediários possam tomar as decisões de encaminhamento.

- e. Na comutação de circuitos não há risco de congestionamento, uma vez estabelecida a conexão. Por outro lado, na comutação de pacotes, existe a possibilidade de congestionamento. (0,3 pontos)

Resposta: Verdadeira. Na comutação de circuitos, os recursos estão reservados após o estabelecimento de conexão. Na comutação de pacotes, por sua vez, pacotes de diferentes usuários compartilham os recursos da rede e, assim, existe a possibilidade de congestionamento, pois pacotes são enfileirados e esperam para usar o enlace.

5. Defina o que é um protocolo de comunicação e diga qual a principal vantagem do uso da arquitetura em camadas nas redes de comunicação. (1,0 ponto)

Resposta: Um protocolo de comunicação é um conjunto de regras e procedimentos que definem o formato e a ordem das mensagens trocadas entre duas ou mais entidades comunicantes. Um protocolo também define as ações realizadas na transmissão e/ou no recebimento de uma mensagem ou outro evento (0,5 pontos). Por sua vez, a principal vantagem do uso da arquitetura em camadas é reduzir a complexidade do projeto de uma rede de comunicação, uma vez que cada camada provê um serviço para as camadas superiores e “esconde” das camadas superiores como esse serviço é implementado. Assim, uma mesma camada pode ser implementada de diferentes formas pelos sistemas finais/roteadores, desde que os serviços oferecidos não sejam alterados. Por isso, diz-se que a arquitetura em camadas é modular (0,5 pontos).

6. Cite quais são as camadas da pilha de protocolos da Internet e suas principais funcionalidades. (1,0 ponto)

Resposta: As cinco camadas são: aplicação, transporte, rede, enlace e física (0,2 pontos). A camada de aplicação representa os sistemas finais na pilha de protocolos da Internet e contém uma série de protocolos usados pelos usuários, por exemplo, para envio e recebimento de mensagens de correio eletrônico. A camada de transporte provê um serviço fim-a-fim que permite a comunicação entre sistemas finais de origem e destino. A camada de rede é responsável por determinar o melhor caminho para o envio dos pacotes,

por encaminhar os pacotes até o destino e por interconectar redes de diferentes tecnologias. A camada de enlace é responsável por transmitir sobre o meio físico os datagramas provenientes da camada de rede salto-a-salto. A camada física é responsável por transmitir os bits individuais codificados de acordo com o meio de transmissão do enlace (0,8 pontos).

7. Considere que duas estações, A e B, estão conectadas por um único enlace de distância de  $m$  metros, com velocidade de propagação  $s$  metros/segundo, e com taxa de transmissão de  $R$  bits/segundo. Considere que a Estação A inicia no tempo  $t = 0$  a transmissão de um pacote de tamanho  $L$  bits para a Estação B.

- a. Assuma que o atraso de propagação ( $d_{\text{prop}}$ ) é MAIOR do que o atraso de transmissão ( $d_{\text{trans}}$ ). No tempo  $t = d_{\text{trans}}$ , onde se encontra o primeiro bit do pacote (0,5 pontos)?

Resposta: O primeiro bit ainda não chegou à Estação B e está sendo propagado no enlace.

- b. Assuma que  $d_{\text{prop}}$  é MENOR do que  $d_{\text{trans}}$ . No tempo  $t = d_{\text{trans}}$ , onde se encontra o primeiro bit do pacote (0,5 pontos)?

Resposta: O primeiro já chegou à Estação B.

- c. Assuma que  $s = 2 \times 10^8$  m/s,  $L = 1250$  bytes e  $R = 1$  Mb/s. Determine a distância  $m$  tal que  $d_{\text{prop}}$  seja igual a  $d_{\text{trans}}$  (1,0 ponto).

Resposta:  $d_{\text{trans}} = d_{\text{prop}} \rightarrow m/s = L/R \rightarrow m = Ls/R \rightarrow$   
 $\rightarrow m = (1250 \times 8 \times 2 \times 10^8)/(1 \times 10^6) = 2000 \text{ km}.$