

1. As técnicas de comutação de circuitos e de comutação de pacotes são amplamente usadas em redes de telecomunicações. Responda:
  - a. Por que serviços de telefonia tipicamente usam redes de comutação de circuitos? (0,5 pontos)

R. Porque aplicações de voz necessitam de qualidade de serviço, ou seja, necessitam de atraso fim-a-fim fixo e banda constante. Com isso, redes de comutação de circuitos são mais adequadas pois reservam recursos no caminho entre a origem e o destino.
  - b. Por que serviços de transferência de dados tipicamente usam redes de comutação de pacotes? (0,5 pontos)

R. Porque aplicações de transferência de dados são elásticas, utilizam a banda disponível e transferem dados tipicamente em rajadas. Com isso, redes de comutação de pacotes são mais adequadas e fazem uso de multiplexação estatística para usar eficientemente os recursos da rede, evitando desperdício nos tempos ociosos de um fluxo.
  - c. Serviços de telefonia podem ser implementados usando comutação de pacotes? Justifique, citando prós e contras. (0,5 pontos)

R: Sim. Serviços de telefonia podem e são atualmente implementados usando comutação de pacotes. Como vantagem, tem-se uma melhor utilização da rede, porém como desvantagens tem-se a possibilidade de congestionamento da rede, o que causa variações no atraso e possivelmente perda de pacotes.
  - d. Serviços de transferência de dados podem ser implementados usando comutação de circuitos? Justifique, citando prós e contras. (0,5 pontos)

R: Sim. Serviços de transferência de dados podem ser implementados usando comutação de circuitos. Como vantagem, tem-se um canal dedicado, sem perdas nem congestionamento. Porém, como desvantagens tem-se que

a vazão da transferência de dados estará limitada a capacidade do circuito alocado.

2. 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)

R: 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)

R: 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)

R: 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. O circuito estabelecido funciona como um fio.

- 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)

R: 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 em seu cabeçalho 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)

R: 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.

3. Considere o envio de pacotes da Estação A para a Estação B usando uma rede de comutação de pacotes. Assuma que todos os pacotes seguem a mesma rota de A para B. Sendo assim, cite e defina quais as parcelas compõem o atraso fim-a-fim entre A e B. Diga também quais dessas parcelas são fixas e quais são variáveis em função do tempo. (1,0 ponto)

R: O atraso fim-a-fim é composto pelo (i) atraso de processamento, (ii) atraso de transmissão, (iii) atraso de propagação e (iv) atraso de espera em fila. O atraso de processamento corresponde basicamente ao tempo que um roteador leva para examinar o cabeçalho de um pacote e determinar a sua interface de saída. O atraso de transmissão é a quantidade de tempo requerida para um roteador transmitir um pacote de tamanho  $p$  de acordo com a taxa de transmissão  $l$  do seu enlace de saída. O atraso de propagação corresponde ao tempo que um bit leva para se propagar de um roteador até o seguinte, ou seja, depende do comprimento do enlace entre os roteadores. O atraso de espera em fila é dado pelo tempo que um pacote espera para ser transmitido em um enlace. Somente o atraso de enfileiramento é variável, pois depende do tamanho da fila em cada roteador, do tempo de serviço e da carga da rede.

4. Considere duas estações (*hosts*), A e B, que estão conectadas por um único enlace E, cuja taxa de transmissão é  $R$  bits/segundo. Suponha que as Estações A e B estão separadas por uma distância de  $m$  metros e que a velocidade de propagação em E é de  $s$  metros/segundo. A Estação A transmite um pacote de tamanho  $L$  bits para a Estação B. (0,2 pontos cada item)

- a. Determine a expressão para o atraso fim-a-fim,  $d_{\text{fim-a-fim}}$ , em termos de  $m$ ,  $s$ ,  $L$  e  $R$ . Ignore os atrasos de processamento e de espera em fila.

R:  $d_{\text{fim-a-fim}} = d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}} = (m/s + L/R)$  segundos.

- b. Assuma que a Estação A inicia a transmissão do pacote no tempo  $t = 0$ . No tempo  $t = d_{\text{trans}}$ , onde se encontra o último bit do pacote?

R: O último bit do pacote acaba de ser enviado por A e está no enlace.

- c. Assuma que  $d_{\text{prop}}$  é MAIOR do que  $d_{\text{trans}}$ . No tempo  $t = d_{\text{trans}}$ , onde se encontra o primeiro bit do pacote?

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

- d. 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?

R: O primeiro bit do pacote já chegou à Estação B.

- e. Assuma que  $s = 2,5 \times 10^8$  m/s,  $L = 8000$  bytes e  $R = 64$  kb/s. Determine a distância  $m$  tal que  $d_{\text{prop}}$  seja igual a  $d_{\text{trans}}$ .

R:  $d_{\text{trans}} = d_{\text{prop}} \rightarrow m/s = L/R \rightarrow m = Ls/R$

$\rightarrow m = (8000 \times 8 \text{ bits} \times 2,5 \times 10^8)/(64 \times 10^3)$

$\rightarrow m = 2,5 \times 10^8$  metros = 250.000 km

5. Diferencie as arquiteturas cliente-servidor e par-a-par (*peer-to-peer* - P2P) usadas pelas aplicações da Internet e cite um exemplo de aplicação que usa cada uma das arquiteturas (1,0 pontos).

R: Na arquitetura cliente-servidor, existe uma estação que está sempre em funcionamento, chamada de servidor, que atende a requisições de outras estações, chamadas de clientes, que podem estar em funcionamento às vezes ou sempre. Nessa arquitetura, os clientes não se comunicam diretamente e o servidor possui um endereço fixo e bem conhecido. Um exemplo de aplicação é a navegação Web, na qual um servidor Web atende a requisições de navegadores Web de clientes. Outros exemplos de aplicação são o FTP, o acesso remoto e o email. Nas aplicações par-a-par, a comunicação se dá, geralmente, apenas entre clientes, chamados de pares. Esses pares colaboram para o funcionamento e manutenção do sistema, pois compartilham seus recursos, como banda passante, processamento e armazenamento. Por isso, diz-se que aplicações par-a-par são escaláveis, uma vez que quanto mais participantes, maior é a capacidade do sistema. São exemplos de aplicações P2P os sistemas de compartilhamento de arquivos, como Gnutella, Kazaa e Bittorrent, e os sistemas de distribuição de áudio e vídeo, como Skype, SopCast, PPLive, entre outros.

6. Descreva sucintamente o funcionamento de um *cache* Web e cite as principais vantagens obtidas com seu uso. (1,5 pontos)

R: De forma sucinta, um *cache* Web, ou servidor *proxy*, funciona da seguinte forma: (i) o navegador estabelece uma conexão com o *cache* Web para quem envia a requisição HTTP para um objeto; (ii) o *cache* Web verifica se possui uma cópia do objeto solicitado armazenada localmente, (a) em caso afirmativo, o objeto é enviado ao navegador em uma mensagem de resposta HTTP pelo *cache*, (b) em caso negativo, o *cache* abre uma conexão com o servidor de origem do objeto, solicita o objeto a ele e recebe o objeto em uma mensagem de resposta HTTP; (iii) ao receber o objeto, o *cache* armazena uma cópia do objeto localmente e o envia em uma outra mensagem de resposta HTTP para o navegador. Duas principais vantagens são listadas a seguir. Os *caches* Web podem reduzir o tempo de resposta para a requisição de um cliente, dependendo da popularidade do objeto solicitado, e reduzir também o tráfego de saída de uma dada rede local.

7. Dois computadores, A e B, se comunicam a uma distância de 800 km através de um enlace de 100 Mb/s. A propagação do sinal no enlace é de 200.000 km/s. (0,4 pontos cada item)
- Qual o tempo de transmissão de um pacote de 1000 bytes pelo computador A?  
 $T_a = L/R = 1000 \times 8 \text{ b} / 100 \text{ Mb/s} = 80 \text{ } \mu\text{seg.}$
  - Qual o tempo de transmissão de um pacote de 100 bytes pelo computador B?  
 $T_b = L/R = 100 \times 8 \text{ b} / 100 \text{ Mb/s} = 8 \text{ } \mu\text{seg.}$
  - Quanto tempo leva para o último bit de um pacote ser propagado do computador A para o computador B?  
 $T_c = m/s = 800 \text{ km} / 200.000 \text{ km/s} = 4 \text{ mseg.}$
  - Quanto tempo leva para o primeiro bit de um pacote ser propagado do computador B para o computador A?  
 $T_d = T_c = m/s = 800 \text{ km} / 200.000 \text{ km/s} = 4 \text{ mseg.}$
  - Qual o número máximo de pacotes de 1000 bytes que pode estar no enlace A-B em um dado momento?  
 $N = T_c / T_a = 50 \text{ pacotes.}$