

1. Considere a transmissão de voz de um Host A para um 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 kb/s. O Host A então agrupa os bits em pacotes de 48 bytes. Há um enlace de 200km entre o host A e o host 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 no host A, o sistema de comunicação adiciona um cabeçalho de 32 bytes e o transmite para B. Assim que o host B receber um pacote completo ele decodifica os bits do pacote para um sinal analógico. 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 bit seja decodificado (como sendo parte do sinal analógico em B)? Considere os atrasos para: empacotar os bits, transmiti-los e para que eles propaguem até o host B. (1,5 pontos)

Resposta: O tempo decorrido inclui o tempo para empacotar em um pacote os bits gerados pelo codificador de voz ( $D_{\text{pack}}$ ), somado ao tempo para transmitir o pacote, incluindo seu cabeçalho ( $D_{\text{trans}}$ ), somado ao tempo que o pacote propague até o receptor ( $D_{\text{prop}}$ ).

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

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

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

Portanto o tempo total é:

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

2. Suponha que você tenha acabado de criar a empresa “COMP\_CEDERJ” e que gostaria de registrar o domínio compcederj.com.br na entidade registradora TLD (.com.br). Observações: (0,5 pontos por item)
  - Seu servidor DNS possui nome nomes.compcederj.com.br e IP = 200.20.215.1;
  - Seu servidor SMTP possui nome correio.compcederj.com.br e IP = 200.20.215.2;

- Seu servidor HTTP possui nome `www.compcederj.com.br` e IP = 200.20.215.3;

2.1. Liste quais registros RR que devem inseridos no servidor TLD. Justifique.

Resposta: Para resolução de nomes do domínio `compcederj.com.br` é necessário incluir no servidor TLD os registros relativos ao servidor de DNS local. Desprezando o campo TTL (time to live), temos:

<code>(compcederj.com.br,</code>	<code>nomes.compcederj.com.br,</code>	<code>NS)</code>
<code>(nomes.compcederj.com.br,</code>	<code>212.212.212.1,</code>	<code>A)</code>

2.2. Liste quais registros RR que devem inseridos no seu servidor DNS. Justifique.

Resposta: Para maior indicar o nome do servidor de correio e para gerência de nomes de estações e serviços do domínio `compcederj.com.br` é necessário incluir no servidor local os seguintes registros. Desprezando o campo TTL (time to live), temos:

<code>(compcederj.com.br,</code>	<code>correio.compcederj.com.br,</code>	<code>MX)</code>
<code>(correio.compcederj.com.br,</code>	<code>212.212.212.2,</code>	<code>A)</code>
<code>(compcederj.com.br,</code>	<code>www.compcederj.com.br,</code>	<code>CNAME)</code>
<code>(www.compcederj.com.br,</code>	<code>212.212.212.3,</code>	<code>A)</code>

2.3. Como as pessoas vão obter o endereço IP do seu website?

Resposta:

Digamos, por exemplo, que a consulta foi `http://compcederj.com.br/index.html`

O navegador extrai o nome do hospedeiro (`compcederj.com.br`) e repassa para o lado cliente da aplicação DNS. O cliente DNS envia uma consulta para o servidor de DNS local, que caso tenha em seu cachê o resultado já devolve o endereço. Caso contrário esta consulta é repassada pelo DNS local para um servidor de root. O servidor de root devolve o endereço de um servidor de TLD para “com.br”. O servidor TLD retorna o endereço de um servidor de nomes com autoridade para o endereço buscado (`nomes.compcederj.com.br`, 212.212.212.1, A). A consulta é enviada para o servidor `nomes.compcederj.com.br` e nele é buscado um registro do tipo “CNAME” com o nome canônico do servidor (`compcederj.com.br`, `www.compcederj.com.br`, CNAME). Obtido o nome canônico é procurado um registro do tipo “A”, que contém o endereço solicitado (`www.compcederj.com.br`, 212.212.212.3,A). O DNS local recebe o endereço e, finalmente, este endereço é retornado para o cliente DNS que o repassa ao navegador (212.212.212.3).

2.4. Como um servidor de correio descobre o endereço IP do seu servidor de correio?

Resposta:

Digamos, por exemplo, que o cliente de correio esteja procurando `bob@compcederj.com.br`

O cliente de correio extrai o nome do hospedeiro (`compcederj.com.br`) e repassa para o lado cliente da aplicação DNS. O cliente DNS envia uma consulta para o servidor de DNS local, que caso tenha em seu cachê o resultado já devolve o endereço. Caso contrário esta consulta é repassada pelo DNS local para um servidor de root. O servidor de root devolve o endereço de um servidor de TLD para “`com.br`”. O servidor TLD retorna o endereço de um servidor de nomes com autoridade para o endereço buscado (`nomes.compcederj.com.br`, 212.212.212.1, A). A consulta é enviada para o servidor `dns1.netuff.com.br` e nele é buscado um registro do tipo “MX” com o nome canônico do servidor de e-mail (`compcederj.com.br`, `correio.compcederj.com.br`, MX). Obtido o nome canônico é procurado um registro do tipo “A”, este contém o endereço solicitado (`correio.compcederj.com.br`, 212.212.212.2, A). O DNS local recebe o endereço e, finalmente, este endereço é retornado para o cliente DNS que o repassa ao cliente de correio (212.212.212.2).

3. 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. (1,5 pontos)

- a) Determine a expressão para o atraso de propagação,  $d_{\text{prop}}$ , em termos de  $m$  e  $s$ .

Resposta:  $d_{\text{prop}} = (m/s)$  segundos. (0,1 pontos)

- b) Determine o tempo de transmissão do pacote,  $d_{\text{trans}}$ , em termos de  $L$  e  $R$ .

Resposta:  $d_{\text{trans}} = (L/R)$  segundos. (0,1 pontos)

- c) Determine a expressão para o atraso fim-a-fim,  $d_{\text{fim-a-fim}}$ . Ignore os atrasos de processamento e de fila.

Resposta:  $d_{\text{fim-a-fim}} = d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}} = (m/s + L/R)$  segundos. (0,1 pontos)

- d) 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?

Resposta: O último bit acaba de ser enviado por A e está no enlace. (0,3 pontos)

- e) 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?

Resposta: O primeiro bit ainda não chegou à Estação B e está sendo propagado no enlace. (0,3 pontos)

- f) 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?

Resposta: O primeiro já chegou à Estação B. (0,3 pontos)

- g) Assuma que  $s = 2,5 \times 10^8$ ,  $L = 120$  bits e  $R = 56$  kb/s. Determine a distância  $m$  tal que  $d_{\text{prop}}$  seja igual a  $d_{\text{trans}}$ .

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

$\rightarrow m = (120 \times 2,5 \times 10^8)/(56 \times 10^3) = 535.7$  km (0,3 pontos)

4. Assuma que  $n$  usuários compartilhem um enlace de 24 Mb/s e cada usuário transmita dados a uma taxa constante de 3 Mb/s. Com base nessas informações calcule o valor de  $n$  para que as DUAS afirmativas abaixo sejam VERDADEIRAS. Justifique sua resposta. (1,0 ponto)
- Até  $n$  usuários podem usar o enlace simultaneamente caso a técnica de comutação de circuitos seja empregada no enlace.
  - NÃO haverá atraso de fila antes do enlace se  $n$  ou menos usuários transmitirem dados simultaneamente, supondo o uso da técnica de comutação por pacotes no enlace.

Resposta: Para que as duas afirmativas sejam verdadeiras, tem-se  $n = 24/3 = 8$ . Para cada conexão estabelecida, é reservada uma banda de 3 Mb/s que só é usada por um usuário. Como a capacidade do enlace é de 24 Mb/s, logo é possível ter 8 conexões simultâneas (0,5 pontos). Também não há atraso de fila quando 8 ou menos usuários transmitem simultaneamente, pois a taxa de transmissão agregada não irá ultrapassar a capacidade do enlace (0,5 pontos).

5. João quer enviar um arquivo de vídeo das suas férias para Maria. O tamanho do arquivo é de 50 GB e assuma que existe um caminho dedicado para a transferência dos dados entre João e Maria composto por cinco enlaces que utilizam comutação de pacotes. O tamanho de cada pacote é de 1500 bytes. As taxas de transmissão dos enlaces são respectivamente  $R_1 = 600$  Mb/s,  $R_2 = 16$  Gb/s,  $R_3 = 10$  Gb/s,  $R_4 = 2$  Mb/s e  $R_5 = 200$  Mb/s. Sendo assim, calcule:

- a) A vazão da transferência do arquivo vídeo de João para Maria, considerando que o único tráfego na rede é o da transferência desse arquivo. (0,5 pontos)

Resposta: A vazão de transferência  $T$  é dada pela taxa do enlace de menor capacidade do caminho, logo  $T = \min(R_1, R_2, R_3, R_4, R_5) = 2$  Mb/s.

- b) O tempo total de transferência do arquivo. Considere que o atraso de propagação é zero. (0,5 pontos)

Resposta:

$$t = d_{\text{transmissão}} = (50 \times 8 \times 10^9) [\text{bits}] / (2 \times 10^6) [\text{bits/s}] = 200.000 \text{ s} = 55,5 \text{ h}$$

6. Considere as duas aplicações descritas a seguir:

- Aplicação I: seu objetivo é transferir arquivos maiores que 100 MB entre usuários com confiabilidade.
- Aplicação II: seu objetivo é distribuir áudio e tem como requisitos de funcionamento quantidade de banda passante mínima de 250 kb/s e atraso menor do que 150 ms.

Com base nas descrições anteriores, cite qual o protocolo de transporte, TCP ou UDP, é o mais adequado para cada uma das Aplicações I e II. Justifique sua resposta explicando os motivos que fundamentaram sua escolha. (1,0 ponto)

Resposta: A Aplicação I deve usar o TCP, que garante a entrega confiável dos dados (0,5 pontos). Por outro lado, a Aplicação II deve usar o UDP, pois possui requisitos estritos de atraso. O UDP é o protocolo mais indicado para aplicações multimídia, pois não exige o estabelecimento prévio de uma conexão e o envio de reconhecimentos do receptor para o emissor e por não efetuar controle de fluxo e de congestionamento (0,5 pontos).

7. Suponha que haja um enlace de microondas de  $R = 1 \text{ Mb/s}$  e de comprimento  $M=10.000\text{km}$  entre um satélite geoestacionário e sua estação-base na Terra. A cada minuto o satélite tira uma foto digital e envia à estação-base. Admita uma velocidade de propagação de  $S = 200.000 \text{ km/s}$ . (2,0 pontos)

- 7.1. Derive a expressão e calcule o atraso de propagação  $D_{\text{prop}}$  do enlace.

Resposta:  $d_{\text{prop}} = (M/S) \text{ segundos} = 10.000\text{km}/200.000\text{km/s} = 50 \text{ ms}$ . (0,5 pontos)

- 7.2. Derive a expressão de P, produto largura de banda x atraso de propagação, e descreva o que este produto representa?

Resposta:  $P = R \times d_{\text{prop}} = 1\text{Mb/s} \times 50\text{ms} = 50 \text{ kb}$ . (0,3 pontos). Este produto representa o número máximo de bits em transito no enlace. (0,2 pontos)

- 7.3. Seja F o tamanho da foto. Qual o valor de F para que o enlace de microondas transmita continuamente?

Resposta: Uma foto de F bits é transmitida a cada minuto. Durante um minuto, o enlace de taxa  $R=1\text{Mb/s}$  transmite  $F = 60 \text{ s} \times 1\text{Mb/s} = 60 \text{ Mb}$ . (0,5 pontos)

- 7.4. Derive a expressão e calcule o comprimento L em metros de um bit no enlace?

Resposta: Como o enlace pode ter 50kb em trânsito e possui comprimento  $M = 10.000\text{km}$ , o comprimento de 1 bit é  $L = M / P = 10.000\text{km}/50\text{kb} = 200\text{km/bit}$ . Ou seja, O comprimento de um bit no enlace é 200km. (0,5 pontos)