

Aluno:

Observação:

A avaliação à distância é individual. Caso seja constatado que avaliações de alunos distintos são cópias uma das outras ou de gabaritos anteriormente publicados na plataforma, a estas será atribuída a nota ZERO. As soluções para as questões podem sim ser buscadas por meio da análise de respostas anteriormente publicadas ou por grupos de alunos, mas a redação final de cada avaliação tem que ser individual.

1. Sobre a camada de transporte:

- a. Diga a principal funcionalidade dessa camada e no que ela se diferencia da camada de rede. (0,3 pontos)

Resposta: A principal funcionalidade da camada de transporte é prover um canal lógico de comunicação fim-a-fim entre processos em diferentes sistemas finais (0,2 pontos). Por sua vez, a camada de rede provê um canal lógico de comunicação entre sistemas finais (0,1 pontos).

- b. Descreva os serviços oferecidos por essa camada considerando a pilha TCP/IP e cite os protocolos que os oferecem. (0,2 pontos)

Resposta: São dois os serviços oferecidos pela camada de transporte. Um é o serviço orientado à conexão, que garante entrega confiável e ordenada dos segmentos. Esse serviço é oferecido pelo *Transmission Control Protocol* (TCP) (0,1 pontos). Outro serviço é o não orientado à conexão, sem entrega confiável e ordenada dos segmentos e que é oferecido pelo *User Datagram Protocol* (UDP) (0,1 pontos).

2. O UDP (*User Datagram Protocol*) também é chamado de protocolo de transporte mínimo. Por quê? Ele é realmente necessário na Internet? Justifique suas respostas e cite dois protocolos da camada de aplicação que o utilizam. (1,0 ponto)

Resposta: O UDP é chamado de protocolo de transporte mínimo porque só oferece os serviços mínimos da camada de transporte que são: multiplexação, demultiplexação e verificação de integridade (0,4 pontos). Ele é necessário, pois não exige estabelecimento de conexão, não emprega mecanismos de controle de fluxo e congestionamento e seu cabeçalho tem tamanho reduzido. Consequentemente, o UDP possui menor latência se comparado ao TCP, não mantém estados no transmissor e receptor e um transmissor pode enviar dados tão rápido quanto desejado e possível (0,4 pontos). São exemplos de protocolos da camada de aplicação que o utilizam o DNS (*Domain Name System*), o NFS (*Network File System*), o SNMP (*Simple Management Network Protocol*), entre outros. (0,1 pontos por cada protocolo citado corretamente – até 0,2 pontos)

3. Tanto o UDP quanto o TCP empregam números de portas para identificar a entidade de destino ao entregarem uma mensagem. Forneça duas razões pelas quais esses protocolos criaram uma nova identificação (o número de portas) ao invés de usar os identificadores de processos usados pelos sistemas operacionais, que já existiam quando tais protocolos foram projetados. (1,0 ponto)

Resposta: Apresentar duas das três justificativas abaixo (0,5 pontos cada)

- i. Caso fossem usados identificadores de processo, os protocolos seriam dependentes de um sistema operacional, uma vez que tais identificadores são específicos de cada sistema operacional.
 - ii. Um único processo pode estabelecer múltiplos canais de comunicação. Caso fosse usado um único identificador por processo esses canais não poderiam ser diferenciados, uma vez que usariam o mesmo conjunto de identificadores.
 - iii. É possível e simples fazer com que processos sejam executados em portas com identificadores conhecidos. Fazer com que processos obtenham sempre um mesmo número de processo não é trivial, uma vez que o sistema operacional aloca os identificadores dinamicamente e, em geral, em ordem de execução.
4. Um servidor Telnet *S* opera por padrão na porta 23. Suponha que a estação de Ana, cujo endereço IP é 10.20.30.40, estabeleça uma nova sessão Telnet com *S*. Simultaneamente, a estação de Beto, que possui IP 100.0.1.2, estabelece outra sessão Telnet com o mesmo servidor *S*. Com base nessas informações:
- a. Defina possíveis números de porta de origem e de destino para os segmentos enviados, respectivamente, pelas estações de Ana e Beto para o servidor *S*. (0,2 pontos)

Resposta: As estações de Ana e Beto podem usar qualquer número de porta TCP disponível, por exemplo, 67, 69, 100, 113, como número de porta de origem. O número de porta de destino é 23 nos dois casos (0,1 pontos por cada par “porta origem-porta destino” correto).

- b. Defina possíveis números de porta de origem e de destino, com base na resposta do item anterior, para os segmentos enviados pelo servidor S , respectivamente, para as estações de Ana e Beto. (0,2 pontos)

Resposta: O número de porta de origem é 23 tanto nos segmentos enviados de S para a estação de Ana quanto de S para a estação de Beto. Os números de porta de destino são os mesmos usados, respectivamente, como porta de origem no Item a pelas estações de Ana e Beto (0,1 pontos por cada par “porta origem-porta destino” correto).

- c. É possível que as estações de Ana e Beto usem o mesmo número de porta de origem em seus segmentos enviados para S ? Justifique sua resposta. (0,3 pontos)

Resposta: Sim (0,1 pontos). Porque uma conexão TCP é identificada pelo conjunto número de porta de origem, número de porta de destino, endereço IP de origem e endereço IP de destino. No caso das estações de Ana e Beto, cada uma possui um endereço IP diferente, o que garante a identificação correta dos segmentos mesmo que um mesmo número de porta de origem seja usado pelas duas (0,2 pontos).

- d. Suponha agora que Ana e Beto estabeleçam suas sessões Telnet com S de uma mesma estação, com IP 10.20.30.40. Nessa nova situação, ambos podem enviar segmentos com o mesmo número de porta de origem para o servidor S ? Justifique sua resposta. (0,3 pontos)

Resposta: Não (0,1 pontos), uma vez que agora o endereço IP de origem da estação que estabelece as duas sessões é o mesmo (0,2 pontos).

5. Considere que o protocolo rdt3.0, definido no livro-texto, é usado na comunicação entre dois sistemas finais A e B. Considere ainda que o tempo de ida-e-volta (*round trip time* - RTT) entre A e B, é de 20 ms. Suponha que A e B estejam conectados por um canal que tem taxa de transmissão igual a 16 Gb/s. Considere finalmente que cada pacote enviado de A para B tem tamanho 300 kB. Qual deve ser o tamanho da janela de transmissão para que a utilização do canal seja maior que 98%? Justifique sua resposta. (1,0 ponto)

Resposta: Do enunciado tem-se que:

O tamanho do pacote é $L = 300 \text{ kB} = 2400 \times 10^3 \text{ bits}$.

A taxa de transmissão do enlace é $R = 16 \text{ Gb/s}$.

O RTT é 20 ms.

Logo, o tempo de transmissão t para enviar um pacote é:

$$t = L/R = (2400 \times 10^3)/(16 \times 10^9) = 0,00015 \text{ s} = 0,15 \text{ ms}.$$

Para uma utilização $U > 98\%$ e uma janela de tamanho W , tem-se que:

$$U = W \cdot (L/R) / (RTT + L/R) \rightarrow 0,98 = W \cdot 0,15 / (20 + 0,15)$$

$$W = 0,98 * 20,15 / (0,15) \sim 131,6 \text{ segmentos.}$$

Portanto, para $U > 98\%$ deve-se usar uma janela W maior do que 131 segmentos.

6. Defina o que é um canal de comunicação confiável. (0,5 pontos)

Resposta: Um canal de comunicação confiável é um canal no qual (i) nenhum dado transmitido é corrompido (0,2 pontos), (ii) nenhum dado transmitido é perdido (0,2 pontos) e (iii) todos os dados são entregues ordenadamente (0,1 pontos).

7. Qual a principal deficiência de protocolos de transferência confiável que operam no modo para-e-espera (*stop and wait*)? (0,5 pontos)

Resposta: A principal deficiência é a baixa utilização do meio de transmissão, ou seja, tais protocolos limitam o uso dos recursos físicos. Isso porque um segmento só pode ser enviado pelo transmissor após a recepção do reconhecimento positivo do segmento anterior enviado por esse transmissor. Enquanto isso não ocorre, o transmissor fica ocioso (0,5 pontos).

8. Considere dois protocolos de transferência confiável de dados, P1 e P2. O protocolo P1 emprega somente reconhecimentos negativos (NAKs) e o protocolo P2 emprega somente reconhecimentos positivos (ACKs). Considere também os dois cenários descritos a seguir:

- Cenário 1: A tem um arquivo de poucos kilobytes para enviar para B.
- Cenário 2: A tem um arquivo de dezenas de gigabytes para enviar para B em um canal com baixa taxa de perdas.

Com base nas informações do enunciado, diga qual o protocolo é o mais indicado para ser usado em cada cenário. Justifique sua resposta. (1,5 pontos)

Resposta: Para o Cenário 1, o mais indicado é o P2. Por outro lado, para o Cenário 2 o mais indicado é o P1 (0,5 pontos). No Cenário 1 é preferível usar ACKs para reduzir o tempo de recuperação de uma perda e, uma vez que no protocolo P1, a perda de um segmento x só é detectada pelo receptor quando ele recebe o segmento $x+1$. Esse tempo de recuperação depende do intervalo de tempo entre os envios dos segmentos x e $x+1$ (0,5 pontos). No Cenário 2, como o canal é confiável, ou seja, a probabilidade de erro em um pacote é pequena, é preferível usar apenas NAKs para sinalizar perdas ocasionais. Assim, a sobrecarga de controle é reduzida uma vez que não é necessário enviar um ACK para cada pacote recebido corretamente pelo receptor (0,5 pontos).

9. Descreva e diferencie as técnicas *Go-Back-N* e retransmissão seletiva. (1,0 ponto)

Resposta: Tanto a técnica *Go-Back-N* quanto a retransmissão seletiva permitem que um conjunto de n segmentos sejam enviados consecutivamente (em “paralelo”) sem que ainda tenham sido reconhecidos pelo receptor. O objetivo das duas técnicas é aumentar a utilização do canal se comparadas aos protocolos para-e-espera (0,4 pontos). A técnica *Go-Back-N*, entretanto, emprega ACKs cumulativos e o transmissor possui apenas um temporizador para o segmento mais antigo ainda não reconhecido. Dessa forma, se o temporizador estourar, todos os pacotes ainda não reconhecidos devem ser retransmitidos (0,3 pontos). Por outro lado, a retransmissão seletiva reconhece os pacotes individualmente, ou seja, para cada pacote recebido, o receptor envia um ACK. Além disso, o transmissor possui um temporizador para cada pacote ainda não reconhecido, ou seja, se o temporizador estourar é necessário retransmitir apenas o pacote correspondente (0,3 pontos).

10. Um sistema final A envia para um sistema final B um arquivo de 1 GB em uma conexão TCP. Nessa situação, se o número de sequência para um segmento dessa conexão for n , então o número de sequência para o segmento subsequente será necessariamente $n+1$. Diga se essa afirmativa é VERDADEIRA ou FALSA. Justifique sua resposta explicando como são definidos os números de sequência e de reconhecimento no TCP (1,0 ponto)

Resposta: A afirmativa é FALSA (0,3 pontos). O TCP usa números de sequência e reconhecimentos orientados a bytes. Nesse caso, número de sequência para o segmento subsequente será dado por $n+l$, onde l é o tamanho do segmento anterior em bytes (0,7 pontos).

11. Descreva sucintamente o mecanismo de abertura de conexão usado pelo TCP. (1,0 ponto)

Resposta: O mecanismo de abertura de conexão do TCP é composto por 3 etapas, por isso a denominação de *three-way handshake* (0,1 ponto). Na primeira etapa, o cliente TCP envia para o servidor TCP um segmento de controle SYN, especificando o número de sequência inicial no sentido cliente-servidor, entre outros parâmetros de configuração. Não são enviados dados neste segmento (0,3 pontos). Na segunda etapa, após receber o SYN, o servidor envia para o cliente um segmento de controle SYN+ACK sinalizando que aceita abrir uma conexão e que alocou espaço em seu *buffer*. Nesse segmento, é especificado, por exemplo, o número de sequência inicial no sentido servidor-cliente (0,3 pontos). Na terceira etapa, após receber o SYN+ACK, o cliente envia um segmento de controle ACK, confirmando, assim, a abertura da conexão. Este último segmento pode conter dados (0,3 pontos).