

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. Recentemente, muitas aplicações multimídias 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 multimídias. (1,0 ponto)

Resposta: Atualmente, o TCP vem sendo usado por aplicações multimídias, pois muitos *firewalls* bloqueiam qualquer tipo de tráfego UDP. Assim, o alcance de uma aplicação fica limitado (0,5 pontos). O UDP é o protocolo mais indicado para aplicações multimídias, que são tolerantes a perdas e sensíveis à taxa de transmissão, 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. Por isso, o UDP possui menor latência se comparado ao TCP e pode enviar dados tão rápido quanto desejado e possível (0,5 pontos).

4. 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.

5. 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 em 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).

6. Sobre a detecção de erros do UDP, responda:
- a. Por que este protocolo usa o complemento de 1 da soma de verificação e não simplesmente o valor da soma de verificação para detectar erros? (0,5 pontos)
Resposta: Para que seja possível facilmente detectar erros usando simples operações de soma, uma vez que a soma de verificação é o complemento a 1 da soma de todas as outras palavras de 16 bits que formam o segmento recebido (0,5 pontos).
 - b. Como o destinatário de um segmento detecta erros com esta técnica? (0,5 pontos)
Resposta: O destinatário deve adotar um procedimento semelhante ao feito pelo transmissor. O segmento deve ser dividido em palavras de 16 bits que, em seguida, são somadas, incluindo a soma de verificação. Se o resultado dessa soma é 1111111111111111 significa que o pacote foi recebido sem erros. Se a soma contém um 0, o receptor sabe que houve um erro (0,5 pontos). Isso porque a soma de verificação é o complemento a 1 da soma de todas as outras palavras de 16 bits que formam o segmento.
 - c. É possível que um erro de um bit não seja detectado? E um erro de dois bits? Justifique suas respostas. (0,5 pontos)
Resposta: Todos os erros de um bit são detectados (ou um número ímpar de erros), uma vez que produzem resultados de soma diferentes de 1111111111111111. Por outro lado, erros de dois bits podem não ser detectados se esses dois bits correspondem a mesma posição em duas palavras distintas. Por exemplo, se os bits menos significativos de duas palavras quaisquer de um segmento foram invertidos, o resultado da soma continua tendo todos os bits em 1 (0,5 pontos).
7. 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).
8. 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 60 ms. Suponha que A e B estejam conectados por um canal que tem taxa de transmissão igual a 5 Gb/s. Considere finalmente que cada pacote enviado de A para B tem tamanho 800 kB. Qual deve ser o tamanho da janela de transmissão para que a utilização do canal seja maior que 90%? Justifique sua resposta. (1,0 ponto)

Resposta: Do enunciado tem se que:

O tamanho do pacote é $L = 800 \text{ kB} = 6400 \times 10^3 \text{ bits}$.

A taxa de transmissão do enlace é $R = 5 \text{ Gb/s}$.

O RTT é 60 ms.

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

$$t = L/R = (6400 \times 10^3)/(5 \times 10^9) = 0,00128 \text{ s} = 1,28 \text{ ms}.$$

Para uma utilização $U > 90\%$ e uma janela de tamanho W , têm se que:

$$U = W*(L/R)/(RTT + L/R) \rightarrow 0,9 = W*1,28/(60 + 1,28)$$

$$W = 0,9*61,28/(1,28) \sim 43 \text{ segmentos}.$$

Portanto, para $U > 90\%$ deve-se usar uma janela W maior do que 43 segmentos.

9. 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).

10. 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).