



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Departamento de Informática

Licenciatura em Engenharia Informática  
1º TESTE – Redes de Computadores  
1º Semestre, 2018/2019 (20/Outubro/2018)

REF-A-RC-T1-2018-2019

**NOTAS:** Leia com atenção cada questão antes de responder. A interpretação do enunciado é da inteira responsabilidade do estudante.

A duração do teste é 1 hora e 40 minutos.

Não pode usar calculadoras, telemóveis, *smartphones*, *smart pads* ou computadores ou qualquer equipamento com funcionalidade de comunicação.

Pode usar uma folha A4 manuscrita por si próprio com notas sobre a matéria. No final tem de identificar e entregar essa folha.

O enunciado contém 10 questões, em 6 páginas, que devem ser entregues agrafadas como resposta ao teste. As respostas erradas podem penalizar a sua classificação.

NOME: \_\_\_\_\_ Nº Aluno: \_\_\_\_\_

**RESPOSTAS ÀS QUESTÕES (COPIE NO FIM PARA ESTE QUADRO AS SUAS RESPOSTAS – SÓ ESTAS RESPOSTAS SERÃO CONSIDERADAS PARA A SUA CLASSIFICAÇÃO):**

1)

2 a)

2 b)

3 a)

3 b)

3 c)

4 a)

4 b)

5)

6 a)

6 b)

7)

8 a)

8 b)

9 a)

9 b)

10)

1) Quais das seguintes afirmações são verdade a propósito da camada ou nível rede da Internet e do protocolo IP? (**como pode haver mais do que uma, escolha todas as opções verdadeiras e marque-as com um círculo**):

1. O protocolo IP é um exemplo de um protocolo de transporte que assegura uma comunicação fiável de extremo a extremo
2. O protocolo IP é responsável por encaminhar pacotes de dados de um computador origem até um computador de destino.
3. O protocolo IP é responsável por encaminhar de forma fiável pacotes de dados de um computador origem até um computador de destino
4. O protocolo IP não garante a ordem de entrega dos pacotes de dados de um computador origem até um computador de destino nem os entrega de facto.
5. O cabeçalho dos pacotes IP contém um campo designado *time-to-live* que permite a todo o momento saber quanto tempo passou desde que o pacote foi criado.
6. O cabeçalho dos pacotes IP contém um campo que assegura que se um pacote entra num ciclo sem fim de encaminhamento dentro da rede acabará por ser destruído
7. O cabeçalho IP tem, entre outros, dois campos: o endereço do emissor e o endereço de recetor.
8. O cabeçalho IP tem, entre outros, um campo que permite ao protocolo TCP saber se os segmentos recebidos estão por ordem.

2) No seu projeto, ao transmitir o ficheiro *file1000000* com o protocolo *stop & wait*, o seu programa indicou que transmitiu **X pacotes de dados** (incluindo repetições), um total de **Y bytes em pacotes de dados** (incluindo repetições) e recebeu um total de **K mensagens de ACKs** (incluindo repetições). Os pacotes de dados TFTPpacketV18 estavam encapsulados em datagramas UDP (8 bytes de cabeçalho), encapsulados em pacotes IP (20 bytes de cabeçalho) e *frames* Ethernet (26 bytes de cabeçalhos).

- a) Escreva a fórmula que dá o total de bytes enviados **pelo host do seu cliente para o host (virtual) do servidor** durante o envio do ficheiro (ignore a mensagem WRQ)

copie no fim o resultado para a folha de rosto

- b) Escreva a fórmula que dá o total de bytes enviados pelo **host (virtual) do servidor e de facto recebidos pelo seu cliente** (ignore o ACK ou ACKs do tratamento da mensagem WRQ)

copie no fim o resultado para a folha de rosto

3) Dois computadores **A** e **B** estão ligados por um canal bidirecional, ponto a ponto e *full-duplex* com o débito de 1 Mbps e um tempo de propagação de 45 ms extremo a extremo. A transmite para B pacotes com 10000 bits cujo tempo de transmissão é 10 ms. Considere por hipótese que o canal não tem erros, despreze o espaço ocupado pelos cabeçalhos e considere que o tempo de transmissão dos pacotes com ACKs e que o tempo de processamento é desprezável.

Utilizando o protocolo *stop & wait*, o débito útil extremo a extremo (*goodput*) é de  $10/(10+2 \times 45) \times 1 \text{ Mbps} = (10 / 100) \times 1 \text{ Mbps} = 100 \text{ Kbps}$ .

- a) Qual é o débito útil extremo a extremo usando um protocolo de janela deslizante com janela do emissor igual a 5 pacotes de 10000 bits?

100 200 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 Kbps

Suponha agora que o canal é ponto a ponto, bidirecional, mas *half-duplex*, isto é, o canal é bidirecional mas só uma única interface pode transmitir de cada vez. A analogia é uma linha de comboio de uma só via onde só pode passar uma composição de cada vez. O mecanismo de arbitragem de quem pode transmitir em cada momento força que os acessos sejam alternados, isto é, ora um, ora o outro.

- b) Qual é neste caso o débito útil extremo a extremo usando o protocolo *stop & wait*?

100 200 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 Kbps

- c) Qual é neste caso o débito útil extremo a extremo usando o protocolo um protocolo de janela deslizante com janela do emissor igual a 5 pacotes de 10000 bits?

100 200 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 Kbps

4) Entre os computadores **A** e **B** existem **C** comutadores de pacotes e **C+1** canais de dados idênticos cujo tempo de propagação é desprezável e cujo débito é **D** bps. A transmite pacotes para B, todos com a dimensão de **K** bits. As interfaces dos comutadores de pacotes que os pacotes atravessam têm filas de espera associadas cuja dimensão em bits acomoda um máximo de **E** pacotes de **K** bits. O emissor emite um pacote de cada vez, uns atrás dos outros.

- a) Qual é o tempo de trânsito **mínimo** de pacotes emitidos por A que chegam a B, expresso em termos de C, K, D e E? Selecione a resposta certa:

- |    |   |    |                     |
|----|---|----|---------------------|
| 1. | $C \cdot ((K+1)/D)$   | 2. | $(C+1) \cdot (K/D)$ |
| 3. | $(C+K) \cdot (K/D)$   | 4. | $(C+1) \cdot (C/D)$ |
| 5. | Nenhuma destas: escreva a sua proposta aqui e na folha de rosto |    |                     |

- b) Qual é o tempo de trânsito **máximo** de pacotes emitidos por A que chegam a B expresso em termos de C, K, D e E? Selecione a resposta certa:

- |    |   |    |                     |
|----|---|----|---------------------|
| 1. | $C \cdot ((K+1)/D)$   | 2. | $(C+1) \cdot (K/D)$ |
| 3. | $K/D + C \cdot (EK/D)$  | 4. | $(C+1) \cdot (C/D)$ |
| 5. | Nenhuma destas: escreva a sua proposta aqui e na folha de rosto |    |                     |

5) Considere uma implementação de um protocolo de janela deslizante do tipo Go-Back-N que numera os blocos de dados com números de sequência uns a seguir aos outros (1, 2, 3, 4, ...) e em que o número de ACK representa o número de sequência do último pacote aceite na ordem pelo recetor. No código do emissor existem as seguintes variáveis:

HighestPacketInTransit — contém o número de sequência mais elevado de todos os pacotes em trânsito;

LastAckReceived — contém o número de sequência do último ACK recebido;

WindowSize — constante com o tamanho da janela em número de pacotes.

Quais das seguintes relações são invariantes e a implementação do protocolo tem de assegurar que não são violadas? Selecione a resposta certa:

1.  $\text{HighestPacketInTransit} + \text{LastAckReceived} > \text{WindowSize}$
2.  $\text{HighestPacketInTransit} + \text{LastAckReceived} \geq \text{WindowSize}$
3.  $\text{HighestPacketInTransit} - \text{LastAckReceived} + 1 \leq \text{WindowSize}$
4.  $\text{HighestPacketInTransit} - \text{LastAckReceived} \leq \text{WindowSize}$
5. Nenhuma destas: escreva a sua proposta aqui e na folha de rosto

6) O computador **A** está a transmitir um ficheiro com 1.000.000 bytes para o computador **B** através de um canal ponto a ponto e *full-duplex* com o débito de **2 M bps** e o tempo de trânsito de ida e volta (RTT) de **66 ms**. Os pacotes com blocos de dados contém **1000 bytes**.

Considere, por hipótese, que o canal não tem erros e despreze o espaço ocupado pelos cabeçalhos. Considere ainda que o tempo de transmissão dos pacotes com ACKs e que o tempo de processamento são desprezáveis.

a) Qual a taxa de utilização em percentagem do canal conseguida com o protocolo *stop&wait*? (escolha a opção em percentagem que na sua opinião mais se aproxima da solução certa):

1	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	%	

b) Qual a dimensão mínima da janela em número de pacotes de dados de um protocolo de janela deslizante que minimiza o tempo de transferência de um ficheiro de **A** para **B**? (escolha a opção que na sua opinião mais se aproxima da solução certa):

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	15	20	25	30	35	40	45	50	75	80	90

7) O protocolo TCP negocia durante a abertura de uma conexão qual o valor do **MSS** (Maximum Segment Size) que ambas as partes vão usar. Durante a fase *slow start* da execução do protocolo, num momento em que a dimensão da janela do lado emissor (**MaxWindowSize**) era igual a **n.MSS**, o lado emissor recebeu um segmento enviado pelo recetor com um ACK válido e o valor de **y** no campo *advertised receiver window size*. Como ajusta o TCP do lado do emissor o novo valor da sua janela, admitindo que o valor da variável *treshold* (limite da transição entre *slow start* e *congestion avoidance*) tem nesse momento um valor equivalente a infinito? Selecione a resposta certa:

1.  $\text{MaxWindowSize} = ( (n+1) \cdot \text{MSS} < y \cdot \text{MSS} ) ? \text{MaxWindowSize} + \text{MSS} : y$
2.  $\text{MaxWindowSize} = ( n \cdot \text{MSS} < y \cdot \text{MSS} ) ? \text{MaxWindowSize} + \text{MSS} : y \cdot \text{MSS}$
3.  $\text{MaxWindowSize} = ( n \cdot \text{MSS} < y \cdot \text{MSS} ) ? \text{MaxWindowSize} + \text{MSS} : y/\text{RTT}$
4.  $\text{MaxWindowSize} = ( (n+1) \cdot \text{MSS} < y ) ? \text{MaxWindowSize} + \text{MSS} : y$
5.  $\text{MaxWindowSize} = ( n < (y+1) \cdot \text{MSS} ) ? \text{MaxWindowSize} + \text{MSS} : y \cdot \text{RTT}$
6. Nenhuma destas: escreva a sua proposta aqui e na folha de rosto

8) Dois computadores estão ligados à Internet por canais ponto a ponto, bidirecionais, *full-duplex*, com o débito de 1 Gbps. Existe uma conexão TCP entre os dois que num dado momento está a transferir um ficheiro muito grande e o débito útil extremo a extremo medido é de 50 Mbps. O RTT entre os dois computadores foi também medido e o seu valor médio é de 50 ms com um desvio inferior a 1 ms. **(escolha as opções que na sua opinião mais se aproximam da solução certa):**

a) Qual é a dimensão mínima (em Mbits) da janela do emissor que permite o débito útil de 50 Mbps?

- |      |     |      |     |      |     |      |      |    |      |    |     |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|------|----|------|----|-----|
| 1    | 1,5 | 2    | 2,5 | 3    | 3,5 | 4    | 4,5  | 5  | 5,5  | 6  | 6,5 |
| 7    | 7,5 | 8    | 8,5 | 9    | 9,5 | 10   | 10,5 | 11 | 11,5 | 12 | 13  |
| 13,5 | 14  | 14,5 | 15  | 15,5 | 16  | 16,5 |      |    |      |    |     |

b) Qual é o espaço livre mínimo na janela do recetor que permite o débito útil de 50 Mbps?

- |      |     |      |     |      |     |      |      |    |      |    |     |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|------|----|------|----|-----|
| 1    | 1,5 | 2    | 2,5 | 3    | 3,5 | 4    | 4,5  | 5  | 5,5  | 6  | 6,5 |
| 7    | 7,5 | 8    | 8,5 | 9    | 9,5 | 10   | 10,5 | 11 | 11,5 | 12 | 13  |
| 13,5 | 14  | 14,5 | 15  | 15,5 | 16  | 16,5 |      |    |      |    |     |

9) Um vídeo está decomposto em partes de duração e tamanho variáveis. A cada uma dessas partes está associada uma marca temporal  $v(i)$  (com  $v(0) = 0$ ) que representa o momento em que cada parte deve ser “mostrada” ao utilizador. Essas partes do vídeo estão a ser transmitidas em sequência, pelo emissor do vídeo para o recetor do mesmo, ordenadas pelo momento em que têm que ser “mostradas”. A parte com a marca temporal  $v(0)$  foi recebida pelo recetor no momento  $t(0)$  e começou a ser reproduzida (“mostrada” ao utilizador)  $p_l$  segundos (*playout delay*) depois de ser recebida.

- a) Escreva a expressão, nas variáveis introduzidas, que representa o momento em que a parte com a marca temporal  $v(i)$  deve ser “mostrada” ao utilizador? (sem considerar o momento em que essa parte foi recebida)

copie no fim o resultado para a folha de rosto

- b) Escreva a desigualdade, nas variáveis introduzidas, que garante que o momento  $t(i)$  em que parte com a marca temporal  $v(i)$  foi recebida, está a tempo de ser “mostrada” ao utilizador sem que este tome consciência de qualquer atraso

copie no fim o resultado para a folha de rosto

10) [questão opcional meramente valorativa] O protocolo TCP admite funcionar no modo *selective repeat* em opção, se ambos os “TCPs” dos extremos do canal TCP assim o aceitarem. Por definição do protocolo, o cabeçalho dos segmentos tem um campo que contém, sempre que é válido, um ACK cumulativo. A opção de funcionamento em modo *selective repeat*, por hipótese, não altera esta definição, mas introduz um outro campo opcional que introduz um ACK seletivo para além do cumulativo.

Existe algum interesse em o protocolo TCP neste caso usar dois números de ACK ao invés de um só? Justifique.

Responda apenas nesta caixa