



Departamento de Informática
Faculdade de Ciências e Tecnologia
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Licenciatura em Engenharia Informática
Exame de Recurso – Redes de Computadores
2014/2015 (17 de Janeiro de 2015)

REF-A-RC-RECURSO-2014-2015

A duração do exame é de 2 horas e trinta minutos sem tolerância.

Leia com atenção o enunciado antes de responder. A interpretação do mesmo é da sua exclusiva responsabilidade.

Não pode usar calculadora, telemóvel ou qualquer outro dispositivo computadorizado moderno equivalente.

Pode usar uma folha A4 manuscrita por si próprio com notas sobre a matéria. Esta folha tem de ser entregue com a sua resposta ao exame.

O enunciado contém 10 páginas que devem ser entregues agrafadas com as suas respostas.

As respostas erradas nas perguntas de escolha múltipla podem descontar até um máximo de 25% da cotação de toda a questão e algumas dessas questões podem resultar em pontuação global negativa.

Aluno N.º _____ Nome: _____

Respostas às questões (copie no fim para este quadro as suas respostas – só as respostas deste quadro serão consideradas para a sua classificação – responda às restantes questões nas caixas do enunciado):

- | | | |
|-------|-------|------|
| 1) | 2) | 3) |
| 4) | 5 a) | 5 b) |
| 8) | 9) | 10) |
| 11 a) | 11 b) | |
| 12) | 13) | |

1) Na Internet os computadores comunicam uns com os outros através da troca de pacotes IP, formatados de acordo com o protocolo IP, e encaminhados da origem até ao destino pelos comutadores de pacotes (*routers*). Quais das seguintes afirmações são verdadeiras? (como pode haver mais do que uma, escolha todas as opções válidas e marque-as com um círculo):

1 – O protocolo IP dispõe de campos no cabeçalho IP que permitem ao receptor de um pacote verificar imediatamente se este é ou não um duplicado.

2 – Como no cabeçalho dos pacotes IP há um campo de controlo dos erros (*checksum*), quando o receptor recebe um pacote com um *checksum* correto, ele tem a certeza de que os diferentes campos do pacote têm o valor que tinham no momento da emissão, quando o *checksum* foi inicialmente calculado pelo emissor.

3 - O protocolo IP foi pensado para a comunicação processo a processo, ou seja, aplicação a aplicação.

4 – Os pacotes IP emitidos por computador chegam geralmente ao destino sem corrupção do cabeçalho ou dos dados, e pela ordem com que foram enviados. De qualquer forma, caso não seja esse o caso, o receptor é avisado pelos *routers*.

5 – O tempo que a rede leva a transportar um pacote do emissor até ao receptor é exclusivamente proporcional à distância geográfica entre os dois.

6 – Numa primeira análise, os pacotes IP podem ser vistos como mensagens de dimensão arbitrária ou pelo menos suficiente grande para a maioria das trocas de informação entre os computadores se fazerem num único pacote IP.

7 – Os comutadores de pacotes IP no interior da rede estão todos sob a mesma autoridade administrativa pois caso contrário seria impossível garantir que os pacotes chegam ao destino.

8 - O cabeçalho dos pacotes IP contém um campo designado *time-to-live* que permite a todo o momento saber quanto tempo demorou desde que o pacote foi emitido pelo emissor.

9 - O cabeçalho dos pacotes IP contém um campo que assegura que se um pacote entra num ciclo perpétuo de encaminhamento dentro da rede acabará por ser destruído

10 - O cabeçalho de um pacote IP contém um campo onde é registada a lista de todos os *routers* que este atravessou para que possa ser detectado se o pacote entrou em ciclo e deve ser destruído.

2) Suponha que em sua casa dispõe de uma pequena rede sem fios (*wireless*) com vários computadores a usarem um canal WIFI (Ethernet sem fios) e um pequeno *router* que os liga à Internet. Os computadores usam endereçamento IP privado. Um seu computador A lá em casa tem uma conexão aberta para um servidor WEB S situado em Inglaterra. Tanto no momento da emissão, como no da recepção, as mensagens trocadas por A e S estão estruturadas em segmentos TCP, que são transportados por pacotes IP, que por sua vez são transportados em *frames* Ethernet. Assim, quer na emissão, quer na recepção, as mensagens têm três cabeçalhos (cabeçalho do *frame* Ethernet, cabeçalho IP e cabeçalho TCP). Repare que durante o transporte da mensagem de A para S alguns cabeçalhos podem eventualmente ser alterados. Qual ou quais das seguintes afirmações são verdadeiras (como pode haver mais do que uma, escolha todas as opções válidas e marque-as com um círculo):

1 – Os cabeçalhos do *frame* Ethernet e o cabeçalho IP da mensagem recebida por S são exatamente os mesmos que os da mensagem transmitida por A mas o cabeçalho TCP é diferente

2 – Os cabeçalhos do *frame* Ethernet e o cabeçalho IP da mensagem recebida por S são diferentes dos da mensagem transmitida por A mas o cabeçalho TCP é igual

3 – O cabeçalho do *frame* Ethernet da mensagem recebida por S é exatamente o mesmo que o da mensagem transmitida por A mas os cabeçalhos IP e TCP são diferentes.

4 – Os três cabeçalhos da mensagem recebida por S são geralmente os mesmos que os da mensagem transmitida por A (formada por *frame* Ethernet + pacote IP + segmento TCP)

5 – O endereço IP origem dos pacotes recebidos pelo servidor é o endereço do computador A.

6 – O endereço Ethernet (MAC address) origem dos *frames* Ethernet recebidos pelo servidor é o MAC address da interface externa do *router* que liga a sua rede caseira ao seu fornecedor de serviços Internet.

3) A multiplexagem estatística é superior à afectação fixa de conexões a sub-canais porque? (como pode haver mais do que uma, escolha todas as opções válidas e marque-as com um circulo):

1 – O tráfego de dados é por golfadas (*bursty*) e pode variar na mesma conexão.

2 – Garante capacidade dedicada a uma dada conexão.

3 – Impede usos aleatórios de um canal.

4 – Permite uma melhor utilização de um canal, isto é, evita o desperdício da capacidade disponível.

5 – Garante que os pacotes cheguem com menos *jitter*.

6 – Garante que os pacotes chegam mais depressa ao destino.

4) Num canal ponto a ponto, cada extremidade do canal tem acesso exclusivo ao canal que o liga à outra extremidade. Num canal baseado em difusão (e.g. Ethernet com ou sem fios) quando a interface que liga um computador ao canal emite um *frame*, este é potencialmente recebido por todas as outras interfaces ligadas ao mesmo canal pois o canal funciona em difusão e não é de acesso exclusivo. Quais das afirmações a seguir são verdade? (como pode haver mais do que uma, escolha todas as opções válidas e marque-as com um circulo):

1 – Num canal ponto a ponto, se o emissor quiser emitir um *frame* pode sempre fazê-lo

2 - Num canal partilhado baseado em difusão, se o emissor quiser emitir um *frame* pode sempre fazê-lo

3 - Num canal partilhado a funcionar em difusão e baseado num suporte sem fios (e.g. WIFI), o emissor de um *frame* sabe que as colisões só podem ocorrer durante um período de tempo limitado (designado *collision window*)

4 - Num canal partilhado a funcionar em difusão e baseado num suporte com fios (e.g. Ethernet com fios), o emissor de um *frame* sabe que as colisões só podem ocorrer durante um período de tempo limitado dependente do tempo de propagação de extremo a extremo. Por essa razão, a interface começa geralmente por medir o RTT do canal.

5 - Num canal partilhado a funcionar em difusão e baseado num suporte sem fios (e.g. WIFI), o emissor de um *frame* tem a certeza que o mesmo foi bem recebido sempre que recebe um ACK do receptor, o que é requerido pelo protocolo de controlo de acesso ao meio

6 - Num canal partilhado a funcionar em difusão e baseado num suporte com fios (e.g. Ethernet com fios), o emissor de um *frame*, na ausência de colisão, tem sempre a certeza de que o receptor recebeu bem o *frame* pois o protocolo de controlo de acesso ao meio requer sempre o envio de um ACK.

5) Dois computadores A e B estão ligados através de dois *routers* R1 e R2. Os tempos de propagação dos canais que ligam A a R1 e R2 a B são desprezáveis. O tempo de propagação do canal que liga R1 a R2 é de 70 milissegundos. Todos os pacotes que circulam na rede têm, por hipótese, a dimensão de 10.000 bits. A capacidade dos três canais que ligam estes equipamentos é de 1 M bps. Para além do tráfego que é trocado entre A e B, R1 e R2 encaminham outros pacotes de outros canais, e dispõem de filas de espera de emissão que estão limitadas a 10 pacotes (se um pacote chega e a fila está cheia, o pacote é suprimido).

a) A enviou um pacote que chegou a B. Qual o tempo mínimo que medeia entre esse pacote começar a ser transmitido por A e o seu último bit ser recebido por B (em milissegundos) ? Despreze o tempo CPU de análise e processamento dos pacotes pelos *routers*. (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
15	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
130	135	140	145	150	155	160	165	170	180	190	200

a) A enviou um pacote que chegou a B. Qual o tempo máximo que medeia entre esse pacote começar a ser transmitido por A e o seu último bit ser recebido por B em milissegundos ? Despreze o tempo CPU de análise e processamento dos pacotes pelos *routers*. (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
15	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
130	135	140	145	150	155	160	165	170	180	190	200

6) No último encontro que tiveram, a Alice e o Bob trocaram as respectivas chaves públicas K_{pubA} e K_{pubB} . Descreva um protocolo que permita à Alice interagir com o Bob nos seguintes termos:

- 1) A Alice quer enviar uma mensagem em claro ao Bob, assinada por ela. Ou seja, o conteúdo da mensagem não é confidencial, mas o Bob deverá poder comprovar que foi a Alice que a enviou.
- 2) A Alice pretende, no seguimento da mensagem anterior, receber uma resposta do Bob, confidencial, que deverá, ainda, dar provas que o Bob leu a mensagem anterior e que foi o Bob que respondeu.

Utilize a notação apropriada para indicar o formato das mensagens trocadas pelo protocolo que desenvolveu e para além das chaves K_{pubA} e K_{pubB} indique o significado dos outros símbolos que usar.

Alice envia ao Bob a mensagem:

Bob devolve à Alice a mensagem:

7) Os computadores ligados à Internet utilizam o protocolo DNS para obterem o endereço IP dos computadores para os quais pretendem enviar pacotes. Este protocolo é do tipo pergunta / resposta (*request / reply*) e geralmente utiliza datagramas UDP para a sua implementação. O protocolo DNS requer que um cliente consulte vários servidores até descobrir aquele que contém (ou deveria conter) a informação pretendida. Entre esses servidores, os que contêm a informação sobre a raiz da hierarquia do DNS designam-se por “root servers”. Apesar de nada impedir que um computador final execute de forma completa o protocolo de consulta do DNS, geralmente os computadores finais consultam apenas um servidor DNS, intermediário com os restantes, existente nas redes (institucionais ou dos operadores) a que estão ligados. Geralmente, o endereço desses servidores intermediários são fornecidos aos computadores finais através do protocolo DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol).

a) Porque razão existem na Internet muitas réplicas do servidor de root. Todas contêm a mesma informação?

b) Como se chamam os servidores DNS especiais fornecidos aos computadores finais como intermediários para consulta do DNS e qual a vantagem de os utilizar

c) Pelo menos dois operadores (Google e Open DNS) começaram a oferecer um serviço alternativo para que os computadores finais ao invés de consultarem o servidor DNS intermediário do seu operador, ou da sua instituição, passem a consultar o serviço de DNS por intermédio dos servidores destes operadores (endereços 8.8.8.8 e 8.8.4.4 no caso da Google por exemplo). Quais as vantagens e desvantagens que podem haver na adopção desta solução?

8) Um canal de dados ponto a ponto, interliga dois computadores, tem a velocidade de transmissão (*bit rate*) de 1 Mbps e uma taxa de erros nula. O tempo de propagação de uma extremidade à outra é de 40 milissegundos. Qual a taxa de utilização do canal usando um protocolo *stop & wait*, sabendo que as mensagens com dados têm 20.000 bits? As mensagens de confirmação (ACK) têm um tempo de transmissão desprezável. (escolha a % que na sua opinião mais se aproxima da solução certa):

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
130	135	140	145	150	155	160	165	170	180	190	200

9) Considere mesmo canal que na questão anterior. A e B estão agora a usar o protocolo de janela deslizante com uma janela de 10 blocos de dados de 20.000 bits cada um para transmitir dados de A para B. Admitindo que não há erros qual o tempo total aproximado em segundos que leva a transmitir um ficheiro com 5.000.000 bits através desse protocolo? (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
15	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
130	135	140	145	150	155	160	165	170	180	190	200

10) Considere mesmo canal que na questão anterior. A e B estão agora a usar o protocolo de janela deslizante com uma janela de 2 blocos de dados de 20.000 bits cada um para transmitir dados de A para B. Admitindo que não há erros qual o tempo total aproximado em segundos que leva a transmitir um ficheiro com 5.000.000 bits através desse protocolo? (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
15	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
130	135	140	145	150	155	160	165	170	180	190	200

11) O módulo software com a responsabilidade da implementação do protocolo TCP no sistema de operação do seu computador recebeu um pacote IP dirigido ao seu computador que contém um segmento TCP.

a) Quais dos seguintes campos dos cabeçalhos IP e TCP são usados por esse software para determinar a que *socket* TCP (já estabelecido ou não) esse segmento está associado? (assinale os que correspondem à sua resposta, pode ser mais do que um)

- 1 – endereço IP origem
- 2 – endereço IP destino
- 3 – porta origem
- 4 – porta destino
- 5 – número de sequência
- 6 – número de ACK
- 7 – *receiver window size*
- 8 – flags

b) Quais dos seguintes campos dos cabeçalhos IP e TCP são usados por esse software para ajustar a dimensão da janela de emissão de um *socket* TCP já estabelecido? (assinale os que correspondem à sua resposta, pode ser mais do que um)

- 1 – endereço IP origem
- 2 – endereço IP destino
- 3 – porta origem
- 4 – porta destino
- 5 – número de sequência
- 6 – número de ACK
- 7 – *receiver window size*
- 8 – flags

12) Um servidor WEB serve um filme codificado em várias resoluções, tal que o número máximo de bits em que cada segundo de filme está codificado é o seguinte:

- resolução 1: 256 K bits,
- resolução 2: 512 K bits,
- resolução 3: 1024 K bits,
- resolução 4: 2048 K bits
- resolução 5: 4096 K bits

Um cliente deste serviço está ligado ao mesmo usando o protocolo HTTP sobre TCP para transferir blocos de 10 segundos de filme de cada vez. O cliente é um pequeno computador que tem uma janela de recepção (*receiver window size*) pequena, de apenas 128 K bits. O tempo de transito médio entre o servidor e o cliente é de 100 milissegundos, logo o RTT é de 200 milissegundos em média. O servidor tem poucos clientes e a rede que o liga ao cliente é de alto débito e não perde pacotes. Indique qual a resolução do filme que o cliente pode usar para fazer o *download* do mesmo (escolha a opção que na sua opinião é a melhor para o utilizador final):

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

13) Você é o arquiteto de um aplicação WEB especial que exige que os seus clientes para obterem o serviço façam o download de vários ficheiros geralmente de pequena dimensão. Todos os ficheiros são estáticos (isto é nunca são alterados) excepto um que tem de ser gerado por um programa que leva 10 segundos a executar de cada vez. Os clientes conhecem a priori o URL deste ficheiro dinâmico. Qual das seguintes soluções é a que assegura que o *download* da totalidade dos ficheiros é mais rápido? (escolha a opção que na sua opinião mais se aproxima da solução certa):

- 1 - Todos os ficheiros são servidos pelo mesmo servidor e o cliente usa uma única conexão TCP e o protocolo HTTP 1.1 com suporte de *pipelining*. O cliente começa logo por pedir o ficheiro que tem de ser gerado para se despachar.
- 2 - Todos os ficheiros são servidos pelo mesmo servidor e o cliente usa várias conexões HTTP 1.0 em paralelo.
- 3 - Todos os ficheiros são servidos pelo mesmo servidor e o cliente usa uma única conexão TCP e o protocolo HTTP 1.1 com suporte de *pipelining*. O cliente só pede o ficheiro que tem de ser gerado no fim.
- 4 - Todos os ficheiros são servidos pelo mesmo servidor e o cliente usa várias conexões HTTP 1.0 em sequência, uma de cada vez.
- 5 - Os ficheiros dinâmicos estão num servidor e os outros em vários outros. O cliente usa várias conexões HTTP1.1 em paralelo, uma das quais exclusivamente para o ficheiro que tem de ser gerado.

14) Um *router* tem uma interface Ethernet com o endereço IP 192.168.0.1/24 e recebe um pacote com endereço de destino 192.168.0.5. A tabela de ARP do *router* tem o seguinte conteúdo:

192.168.0.1	23:45:A0:4F:67:CD
192.168.0.6	23:45:AB:2F:67:AD
192.168.0.10	23:45:AB:2F:60:CD
192.168.0.120	23:45:CD:4A:67:2D

Que *frame(s)* Ethernet deve o *router* enviar para encaminhar o pacote IP até ao seu destino final (podem ser 1, 2 ou 3 *frames* distintos)?

Tipo ou conteúdo do *frame* 1:

Endereço MAC origem:

Endereço MAC destino:

Tipo ou conteúdo do *frame* 2:

Endereço MAC origem:

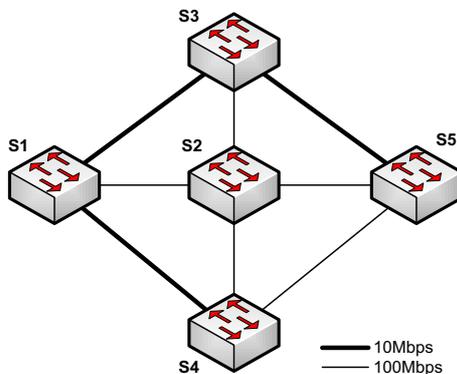
Endereço MAC destino:

Tipo ou conteúdo do *frame* 3:

Endereço MAC origem:

Endereço MAC destino:

15) Na rede abaixo existem 5 nós de comutação de pacotes a funcionarem segundo o princípio *store & forward* (S1 a S5) que podem ser *switches* Ethernet ou *routers* IP. Como sabe, os *switches* Ethernet encaminham *frames* Ethernet com base nos respectivos endereços de nível MAC ou nível canal (endereços independentes da localização). Os *routers* IP encaminham pacotes IP com base nos endereços IP de destino presentes nos cabeçalhos dos pacotes IP (os endereços IP estão dependentes da localização). Conceptualmente, os dois equipamentos fazem ambos encaminhamento de pacotes de dados mas utilizam algoritmos diferentes para realizarem as suas funções. Os *switches* Ethernet são usados em redes de periferia simples onde a utilização de difusão é possível. O exemplo mais comum é nas redes caseiras. Os *routers* IP são usados em redes mais complexas e geralmente não usam algoritmos baseado em difusão. Geralmente, as redes baseadas em *switches* Ethernet são a parte final de uma rede IP mais global como a Internet.



a) A rede acima pode funcionar com *switches* Ethernet convencionais com todos os canais ativos e a utilizarem o tradicional algoritmo de encaminhamento baseado em inundação (*flooding*) usado pelas redes Ethernet convencionais. Verdade ou mentira? Justifique a sua resposta.

b) Com *switches* Ethernet que poderia fazer para que a rede acima possa ser utilizada e o encaminhamento realizado com base no algoritmo de inundação?

c) Considere por hipótese que a rede acima é uma rede IP controlada por algoritmo de encaminhamento baseado no princípio *link-state*. O custo dos canais a 100 Mbps é 10 enquanto que o custo dos canais a 10 Mbps é 100. O tempo de propagação de cada canal de extremo a extremo é de 200 ms. Após o algoritmo de encaminhamento estabilizar qual a tabela de encaminhamento do nó S4? (admita que os endereços IP em cada destino são designados pelo nome do *switch* que lhes dá acesso)

Destino	Vizinho (next hop)	Custo
S1		
S2		
S3		
S4		
S5		

- d) Considere por hipótese que a rede acima está na mesma situação que na alínea c) Admitindo que os anúncios de *link-state* são transmitidos instantaneamente sem demora ou tempo de transmissão relevante, e que o tempo de processamento dos mesmos é desprezável, desprezando ainda o tempo para executar o algoritmo de Dijkstra e atualizar a tabela de encaminhamento dos nós, qual o tempo máximo que levam todos os *routers* a ficar a conhecer o novo encaminhamento quando o canal que liga S1 a S4 for abaixo?

0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
600	650	700	750	800	850	900	950	1000 milissegundos			

- e) Considere agora por hipótese que a rede acima é uma rede IP controlada por um protocolo de encaminhamento baseado no algoritmo de Bellman Ford (vetor de distâncias), que a rede está estável e todos os canais operacionais. Indique o conteúdo de um anúncio enviado por S4 a S1 sabendo que não se está a usar a opção "*split horizon with poison reverse*" ?

S1	
S2	
S3	
S4	
S5	

- f) Questão idêntica à anterior mas agora os *routers* estão a usar a opção "*split horizon with poison reverse*" ?

S1	
S2	
S3	
S4	
S5	