

Curso de Tecnologia em Sistemas de Computação
Disciplina: Redes de Computadores II
AD1 – 2º semestre de 2016 – GABARITO

Questão 0 5 pontos

O objetivo deste exercício é entender melhor a relação entre faixas de endereços IP, endereços de rede, e endereços IPs. Repare que todo endereço de rede define uma faixa de endereços IP e que todo endereço IP pertence a uma ou mais redes. O entendimento destes conceitos é fundamental e será necessário para resolver outras questões desta avaliação.

(a) Determine se o endereços IP a seguir pertencem ou não às redes correspondentes.

- i. O endereço 201.196.5.112 **não pertence** à rede 204.0.0.0/8
- ii. O endereço 85.190.16.4 **pertence** à rede 85.190.0.0/16
- iii. O endereço 174.12.235.176 **não pertence** à rede 175.128.0.0/10
- iv. O endereço 75.180.55.220 **não pertence** à rede 74.192.0.0/10
- v. O endereço 66.103.125.107 **pertence** à rede 66.103.96.0/19
- vi. O endereço 106.71.253.243 **pertence** à rede 106.71.248.0/21
- vii. O endereço 130.178.228.48 **pertence** à rede 130.178.192.0/18
- viii. O endereço 173.121.214.241 **pertence** à rede 173.121.214.0/24
- ix. O endereço 197.93.203.93 **pertence** à rede 197.0.0.0/8
- x. O endereço 235.104.125.234 **pertence** à rede 235.104.112.0/20

(b) Nos itens a seguir, serão apresentados dois endereços, correspondentes a duas redes distintas. Determine, em cada caso, se uma das redes é uma subrede da outra ou não. Em caso positivo, identifique a subrede maior e a subrede menor.

- i. 87.112.0.0/12 **está contida em** 86.0.0.0/7
- ii. 128.138.143.0/25 **é disjunta de** 128.138.148.0/22
- iii. 225.71.112.0/25 **é disjunta de** 225.71.16.0/20
- iv. 88.11.0.0/20 **é disjunta de** 88.11.55.128/25
- v. 168.73.208.36/30 **é disjunta de** 168.73.211.0/25
- vi. 184.220.240.0/23 **é disjunta de** 184.221.0.0/18
- vii. 131.83.213.192/26 **é disjunta de** 131.83.196.0/22
- viii. 79.0.0.0/8 **é disjunta de** 76.160.0.0/13
- ix. 222.27.128.0/17 **está contida em** 222.24.0.0/13

x. 146.128.160.0/20 é disjunta de 146.132.0.0/15

Questão 1 15 pontos

O problema de encaminhamento consiste em determinar por qual interface de rede um pacote IP que chega a um roteador será transmitido. O encaminhamento dos pacotes é realizado de acordo com a tabela de roteamento. O objetivo desta questão é compreender como funciona este mecanismo na Internet.

Suponha que um roteador da Internet deva encaminhar seus pacotes de acordo com a tabela abaixo, cujas faixas de endereços IP está representada em binário.

Faixa de endereço destino	Interface
11100100 01001001 10000000 00000000 a	0
11100100 01001001 11111111 11111111 a	1
11100100 01001001 11010000 00000000 a	2
11100100 01001001 11011100 00000000 a	2
11100100 01001001 11010000 00000000 a	0
11100100 01001001 11010011 11111111 a	0
01100100 00000000 00000000 00000000 a	1
01100111 11111111 11111111 11111111 a	
11100100 01001001 11000000 00000000 a	
11100100 01001001 11000111 11111111 a	
caso contrário	

- (a) Construa a tabela de roteamento com base nas informações da tabela acima, isto é, determine o prefixo (em notação binária) correspondente a cada linha da tabela acima. Sua tabela deve indicar a interface de rede correspondente a cada prefixo.

Resposta:

Prefixo	Interface
11100100 01001001 1	0
11100100 01001001 1101	1
11100100 01001001 11011100 0	2
11100100 01001001 110100	2
011001	0
11100100 01001001 11000	0
-	1

- (b) Reescreva a tabela de roteamento encontrada acima utilizando a notação a.b.c.d/x.

Resposta:

Prefixo	Interface
228.73.128.0/17	0
228.73.208.0/20	1
228.73.220.0/25	2
228.73.208.0/22	2
100.0.0.0/6	0
228.73.192.0/21	0
0.0.0.0/0	1

(c) Determine para qual interface de rede cada um dos pacotes abaixo, com os respectivos endereços de destino, será encaminhado.

- | | |
|--|---|
| i. 228.73.220.10 → interface 2 | vii. 228.73.193.59 → interface 0 |
| ii. 228.73.196.21 → interface 0 | viii. 228.73.218.236 → interface 1 |
| iii. 228.73.221.214 → interface 1 | ix. 99.37.142.50 → interface 1 |
| iv. 228.73.255.108 → interface 0 | x. 228.73.217.108 → interface 1 |
| v. 228.73.208.139 → interface 2 | xi. 100.105.195.27 → interface 0 |
| vi. 228.73.210.105 → interface 2 | xii. 99.8.67.192 → interface 1 |

(d) Determine quais regras (ou seja, linhas) da tabela de roteamento acima podem ser removidas sem afetar o encaminhamento dos pacotes. Indique se isto não for o caso.¹

Resposta:

A regra do prefixo 228.73.192.0/21 é redundante.

Questão 2 5 pontos

Um problema fundamental em gerência de redes consiste em dividir uma determinada rede em múltiplas subredes. Resolver este problema nos permite alocar endereços IP para as estações pertencentes a cada uma destas subredes, visto que uma interface de rede de uma estação ou roteador pertence a exatamente uma subrede.

Considere um roteador que interconecta diferentes subredes associadas às suas interfaces. Cada item a seguir ilustra diferentes configurações para o roteador, indicando o endereço de rede que deve ser dividido, o número de subredes a serem criadas (uma para cada interface do roteador), e o número de estações em cada subrede.

Para cada configuração, determine os endereços das subredes na forma a.b.c.d/x para atender aos requisitos, ou indique não ser possível atendê-los (explique sua resposta neste caso). Repare que não há uma solução única.²

¹Dica: procure por faixas mais específicas.

²Dica: aloque os endereços das subredes em ordem decrescente de seus tamanhos (i.e., maior primeiro).

i. R_1 : 189.192.0.0/11 com 5 subredes: R_{11} : 100000 estações 189.216.0.0/15 R_{12} : 300000 estações 189.192.0.0/13 R_{13} : 300000 estações 189.200.0.0/13 R_{14} : 100000 estações 189.218.0.0/15 R_{15} : 300000 estações 189.208.0.0/13	ii. R_2 : 113.0.0.0/8 com 5 subredes: R_{21} : 4200000 estações R_{22} : 4200000 estações R_{23} : 2400000 estações R_{24} : 700000 estações R_{25} : 3000000 estações Alocação impossível	iii. R_3 : 224.76.116.0/23 com 5 subredes: R_{31} : 20 estações 224.76.117.64/27 R_{32} : 60 estações 224.76.116.128/26 R_{33} : 80 estações 224.76.116.0/25 R_{34} : 20 estações 224.76.117.96/27 R_{35} : 60 estações 224.76.116.128/25
---	--	---

Questão 3 10 pontos

Considere o problema de encaminhamento de pacotes em uma rede baseada em circuitos virtuais. Neste tipo de rede os roteadores possuem tabelas de roteamento que mapeiam a interface de entrada e o número de circuito em uma interface de saída e outro número de circuito virtual. Os pacotes de uma determinada conexão carregam o número do circuito virtual do enlace sendo atravessado, que é atualizado pelo roteador ao encaminhá-lo. O objetivo desta questão é entender como funcionam circuitos virtuais.

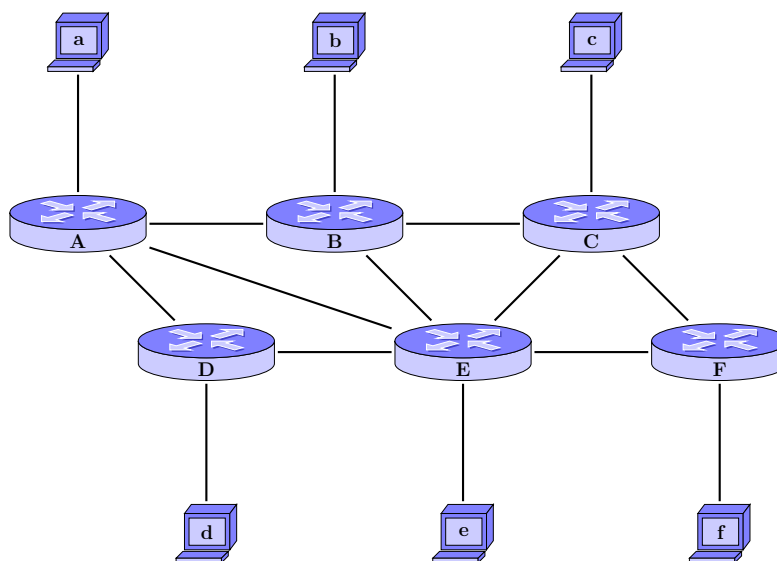


Tabela de A	
Entrada	Saída
D, 7	B, 7
a, 7	E, 5
a, 6	D, 5
a, 9	D, 4
D, 1	B, 2
a, 3	B, 4
B, 5	a, 4

Tabela de B	
Entrada	Saída
C, 9	b, 6
C, 1	E, 7
b, 9	A, 5
A, 7	b, 7
A, 4	b, 5
A, 2	C, 6

Tabela de C	
Entrada	Saída
F, 3	c, 9
E, 6	F, 6
E, 4	B, 9
F, 7	c, 6
B, 6	c, 7
E, 1	c, 1

Tabela de D	
Entrada	Saída
d, 9	E, 6
d, 7	A, 1
A, 5	E, 2
A, 4	E, 5
d, 2	A, 7
d, 8	E, 9

Tabela de E	
Entrada	Saída
D, 9	e, 3
D, 5	C, 1
D, 6	C, 4
A, 5	F, 8
B, 7	e, 1
D, 2	C, 6

Tabela de F	
Entrada	Saída
f, 4	C, 7
f, 5	C, 3
C, 6	f, 4
E, 8	f, 5

Considere a rede anterior, composta por estações e roteadores, e as tabelas de roteamento destes roteadores. Note que todo enlace de saída na tabela de roteamento corresponde a um enlace de entrada na tabela do roteador do outro lado do enlace. Por exemplo, a saída E,3 na tabela do roteador A corresponde à entrada A,3 na tabela do roteador E.

- (a) Em cada item a seguir, será apresentado um pacote, identificado por sua estação e circuito virtual de origem. Determine o caminho que estes pacotes irão percorrer pela rede. Em particular, determine a sequência de enlaces que cada pacote irá atravessar e, para cada enlace, o número do circuito virtual que o pacote irá conter ao atravessá-lo.

i. (d, 9) : $\mathbf{d} \xrightarrow{9} \mathbf{D} \xrightarrow{6} \mathbf{E} \xrightarrow{4} \mathbf{C} \xrightarrow{9} \mathbf{B} \xrightarrow{6} \mathbf{b}$

ii. (d, 8) : $\mathbf{d} \xrightarrow{8} \mathbf{D} \xrightarrow{9} \mathbf{E} \xrightarrow{3} \mathbf{e}$

iii. (d, 7) : $\mathbf{d} \xrightarrow{7} \mathbf{D} \xrightarrow{1} \mathbf{A} \xrightarrow{2} \mathbf{B} \xrightarrow{6} \mathbf{C} \xrightarrow{7} \mathbf{c}$

iv. (b, 9) : $\mathbf{b} \xrightarrow{9} \mathbf{B} \xrightarrow{5} \mathbf{A} \xrightarrow{4} \mathbf{a}$

v. (f, 5) : $\mathbf{f} \xrightarrow{5} \mathbf{F} \xrightarrow{3} \mathbf{C} \xrightarrow{9} \mathbf{c}$

vi. (f, 4) : $\mathbf{f} \xrightarrow{4} \mathbf{F} \xrightarrow{7} \mathbf{C} \xrightarrow{6} \mathbf{c}$

- (b) Considere agora que desejamos criar novos circuitos virtuais, indicados nos itens a seguir. Determine o número de CV que será utilizado em cada enlace destes novos circuitos. Considere que as numerações utilizadas nos dois sentidos de cada enlace são independentes, e que os circuitos criados em cada item continuam existindo nos itens seguintes. Note que há mais de uma resposta correta.

i. $\mathbf{b} \xrightarrow{1} \mathbf{B} \xrightarrow{1} \mathbf{E} \xrightarrow{2} \mathbf{C} \xrightarrow{2} \mathbf{c}$

iii. $\mathbf{b} \xrightarrow{3} \mathbf{B} \xrightarrow{2} \mathbf{E} \xrightarrow{3} \mathbf{C} \xrightarrow{3} \mathbf{c}$

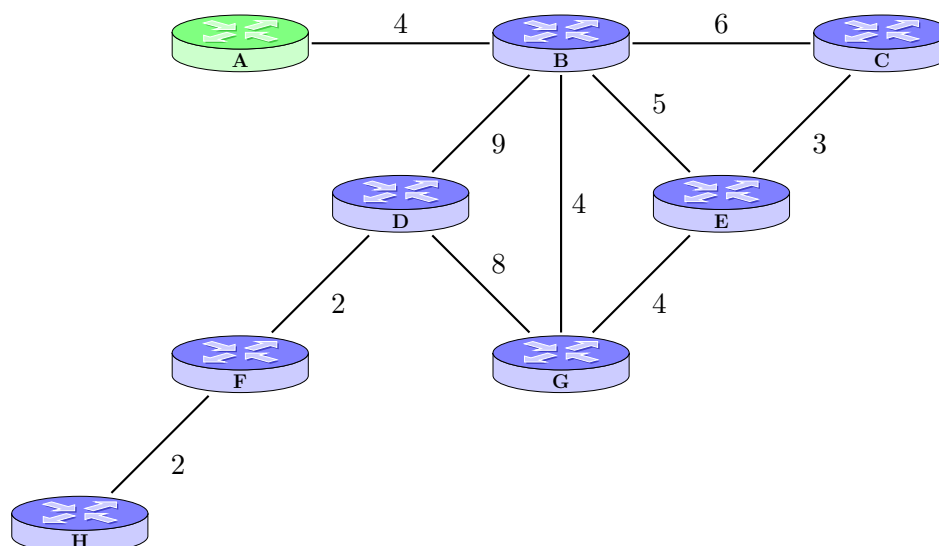
ii. $\mathbf{b} \xrightarrow{2} \mathbf{B} \xrightarrow{1} \mathbf{A} \xrightarrow{1} \mathbf{E} \xrightarrow{2} \mathbf{e}$

iv. $\mathbf{f} \xrightarrow{1} \mathbf{F} \xrightarrow{1} \mathbf{C} \xrightarrow{1} \mathbf{E} \xrightarrow{1} \mathbf{A} \xrightarrow{1} \mathbf{B} \xrightarrow{1} \mathbf{b}$

Questão 4 15 pontos

O algoritmo de Dijkstra — que leva o nome do professor holandês Edsger W. Dijkstra, que o desenvolveu em 1956 — é um dos algoritmos mais utilizados para encontrar os caminhos mais curtos em uma rede onde as arestas (enlaces) possuem pesos não negativos. Este algoritmo é utilizado, por exemplo, na Internet, para que roteadores, conhecendo a topologia da rede em questão, possam calcular rotas ótimas e encaminhar pacotes segundo estas rotas. Algoritmos de roteamento que seguem esta ideia são ditos algoritmos do tipo estado de enlace (*link state*). O objetivo desta questão é entender como funciona o algoritmo de Dijkstra.

Considere a rede ilustrada abaixo, onde os enlaces estão anotados com seus respectivos custos.



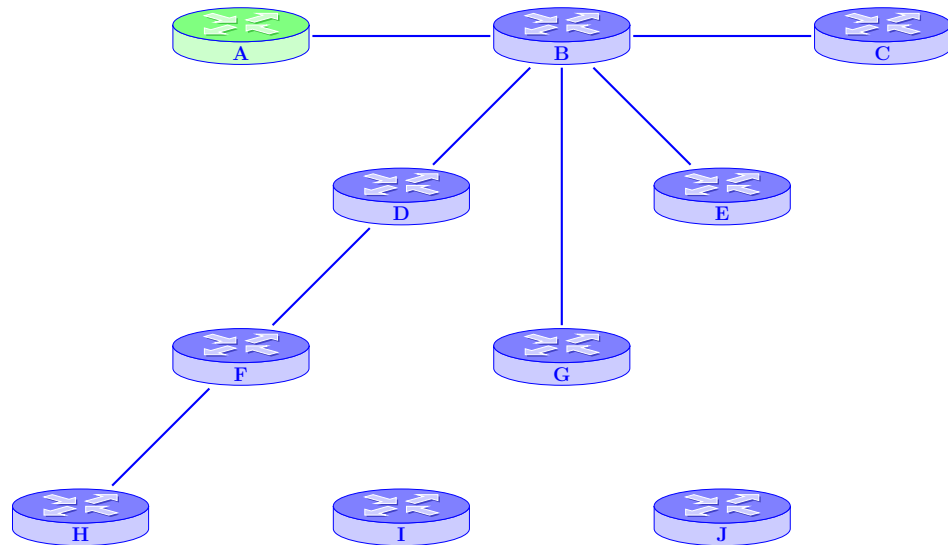
- (a) Utilizando o algoritmo de Dijkstra, calcule os caminhos mais curtos a partir do nó A, destacado em verde, para todos os outros nós da rede. Construa uma tabela igual à mostrada em aula que mostra o funcionamento do algoritmo de forma iterativa.

Resposta:

	N'	$d_B p_B$	$d_C p_C$	$d_D p_D$	$d_E p_E$	$d_F p_F$	$d_G p_G$	$d_H p_H$
0	A	4 A	∞ -	∞ -	∞ -	∞ -	∞ -	∞ -
1	AB		10 B	13 B	9 B	∞ -	8 B	∞ -
2	ABG		10 B	13 B	9 B	∞ -		∞ -
3	ABGE		10 B	13 B		∞ -		∞ -
4	ABGEC			13 B		∞ -		∞ -
5	ABGECD					15 D		∞ -
6	ABGECDG							17 F
7	ABGECDGFH							

- (b) A partir do resultado do item anterior, construa a árvore de caminhos mínimos a partir de A calculada pelo algoritmo. Construa também a tabela de roteamento de A.

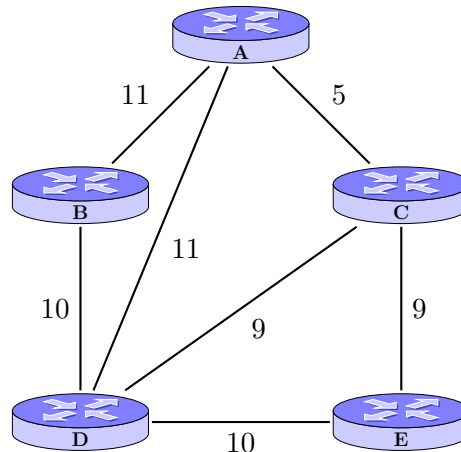
Resposta:



FALTA A TABELA DE ROTEAMENTO!!

Questão 5 15 pontos

Algoritmos de roteamento do tipo *distance vector* são algoritmos distribuídos para calcular os caminhos mais curtos em uma rede com custos. Nestes algoritmos, os nós da rede não possuem conhecimento da topologia da rede e atualizam seus caminhos mínimos em função de mensagens trocadas com seus vizinhos — isto é, os nós devem continuamente cooperar uns com os outros, através da troca de informações, para que todos descubram seus caminhos mínimos. O objetivo desta questão é compreender como funcionam estes algoritmos.



- (a) Considere a rede ilustrada acima, onde os enlaces estão anotados com seus respectivos custos. Vamos assumir que os nós da rede executam uma versão síncrona do algoritmo *distance vector*, de forma que cada passo do algoritmo é executado por todos os nós simultaneamente, antes de todos avançarem para o passo seguinte.

Antes da execução do algoritmo, todos os nós sabem apenas o custo dos enlaces que os liga a seus vizinhos. Determine as tabelas de distância iniciais de cada nó. A partir destas tabelas de distância, determine também os vetores de distância iniciais de cada nó. Este é o “passo 0” do algoritmo.

Resposta:

Passo 0:

A		custo até				B	custo até				C	custo até				D	custo até				E	custo até							
		B	C	D	E		A	C	D	E		A	B	D	E		A	B	C	E		A	B	C	D				
via	B	11	∞	∞	∞	via	A	11	∞	∞	∞	via	A	5	∞	∞	∞	via	A	11	∞	∞	∞	via	C	∞	∞	9	∞
	C	∞	5	∞	∞		D	∞	∞	10	∞		D	∞	∞	9	∞		B	∞	10	∞	∞		D	∞	∞	∞	10
	D	∞	∞	11	∞		E	∞	∞	∞	9		E	∞	∞	∞	9		C	∞	∞	9	∞		E	∞	∞	∞	10

vetor de A					vetor de B					vetor de C					vetor de D					vetor de E				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0	11	5	11	∞	11	0	∞	10	∞	5	∞	0	9	9	11	10	9	0	10	∞	∞	9	10	0

- (b) Na primeira iteração do algoritmo, todos os nós enviam aos seus vizinhos os vetores de distância calculados no passo 0. Cada nó utiliza os vetores recebidos para compor uma nova tabela de distâncias, e utiliza esta nova tabela para atualizar o seu próprio vetor de distâncias. Determine as novas tabelas de distância de cada nó e, a partir delas, calcule os novos vetores de distância de cada nó. Isto conclui o passo 1 do algoritmo.

Resposta:

Passo 1:

A		custo até B C D E				B	custo até A C D E				C	custo até A B D E				D	custo até A B C E				E	custo até A B C D							
via	B	11	∞	21	∞	via	A	11	16	22	∞	via	A	5	16	16	∞	via	A	11	22	16	∞	via	C	14	∞	9	18
	C	∞	5	14	14		D	21	19	10	20		D	20	19	9	19		B	21	10	∞	∞		D	21	20	19	10
	D	21	20	11	21		E	∞	∞	19	9		E	∞	∞	19	9		C	14	∞	9	18		E	∞	∞	19	10

vetor de A					vetor de B					vetor de C					vetor de D					vetor de E				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0	11	5	11	14	11	0	16	10	20	5	16	0	9	9	11	10	9	0	10	14	20	9	10	0

- (c) As iterações seguintes do algoritmo procedem da mesma forma que a primeira, mas utilizando os vetores de distância calculados no passo anterior. Esta dinâmica irá continuar até a *convergência* do algoritmo, isto é, até que chegue um passo em que o vetor de distâncias de todos os nós não se modifique. Repita o item anterior — isto é, determine as novas tabelas de distância e recalcule os vetores de distância de todos os nós — até que ocorra a convergência do algoritmo. Em quantos passos ocorreu esta convergência?

Resposta:

O algoritmo irá convergir em apenas 2 passos.

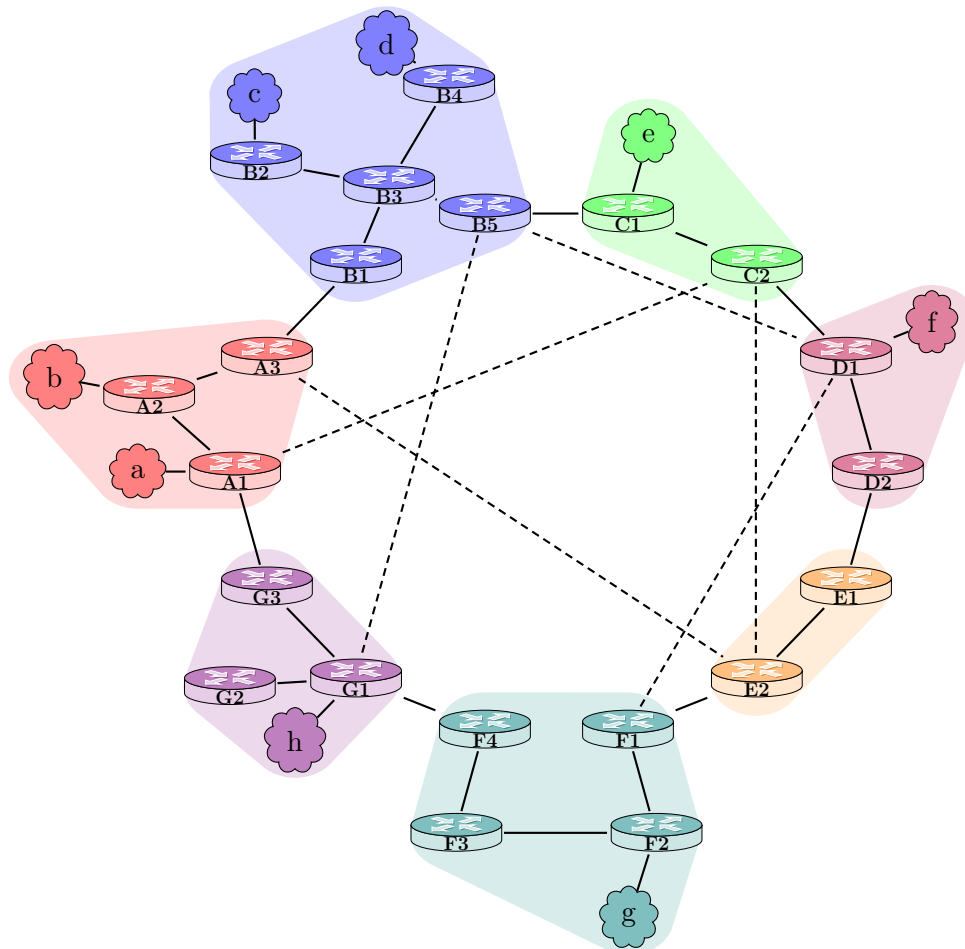
Passo 2:

A		custo até				B	custo até				C	custo até				D	custo até				E	custo até							
	B	C	D	E	A		C	D	E	A		B	D	E	A		B	C	E	A		B	C	D					
via	B	11	27	21	31	via	A	11	16	22	25	via	A	5	16	16	19	via	A	11	22	16	25	via	C	14	25	9	18
	C	21	5	14	14		D	21	19	10	20		D	20	19	9	19		B	21	10	26	30		D	21	20	19	10
	D	21	20	11	21								E	23	29	19	9		C	14	25	9	18						
												E	24 30 19 10																

vetor de A					vetor de B					vetor de C					vetor de D					vetor de E				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0	11	5	11	14	11	0	16	10	20	5	16	0	9	9	11	10	9	0	10	14	20	9	10	0

Questão 6 10 pontos

Ao contrário de roteamento dentro de um sistema autônomo (intra-AS), que é orientado a desempenho (encontrar caminhos mínimos pelos quais os pacotes irão transitar), o roteamento entre sistemas autônomos (inter-AS) na Internet é orientado a política de uso. Os sistemas autônomos negociam enlaces entre eles e políticas de utilização para estes enlaces. O objetivo desta questão é compreender o funcionamento do protocolo de roteamento inter-AS utilizado na Internet, o BGP.



Considere a rede a seguir, onde as cores distintas identificam diferentes sistemas autônomos (AS). Nesta rede, há dois tipos de enlaces entre ASs: os enlaces denotados por linhas

contínuas, que formam um ciclo entre todos os ASs, compõem o *backbone* da rede, e podem ser utilizados por todo tipo de tráfego. Além disso, alguns ASs negociam *peering links*, “atalhos” diretos entre eles, denotados por linhas tracejadas. Cada um destes enlaces somente pode ser utilizado para comunicações entre estações destes ASs, não sendo permitido tráfego de terceiros. As nuvens, identificadas por letras minúsculas, representam subredes.

(a) Determine se, entre cada um dos seguintes pares de roteadores, existe comunicação iBGP ou eBGP (ou indique se não houver comunicação BGP entre eles).

- | | | |
|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| i. G3 e E1 : — | v. G3 e G2 : iBGP | ix. C1 e C2 : iBGP |
| ii. A1 e F3 : — | vi. D1 e A1 : — | x. C2 e C1 : iBGP |
| iii. B1 e B5 : iBGP | vii. C2 e C1 : iBGP | xi. E1 e E2 : iBGP |
| iv. B1 e A1 : — | viii. F3 e F2 : iBGP | xii. C2 e E2 : eBGP |

(b) Considere, agora, que diversos pacotes serão enviados entre estas redes. Em cada item abaixo, são apresentados as subredes de origem e destino de um destes pacotes. Determine quais ASs estes pacotes irão atravessar e, a partir desta informação, determine os roteadores que ele irá atravessar até o seu destino.

- i. $h \rightarrow a$
ASs: G - A
Caminho: G1 - G3 - A1
- ii. $e \rightarrow b$
ASs: C - A
Caminho: C1 - C2 - A1 - A2
- iii. $h \rightarrow c$
ASs: G - B
Caminho: G1 - B5 - B3 - B2
- iv. $d \rightarrow f$
ASs: B - D
Caminho: B4 - B3 - B5 - D1
- v. $d \rightarrow e$
ASs: B - C
Caminho: B4 - B3 - B5 - C1
- vi. $b \rightarrow h$
ASs: A - G
Caminho: A2 - A1 - G3 - G1
- vii. $a \rightarrow d$
ASs: A - B
Caminho: A1 - A2 - A3 - B1 - B3 - B4
- viii. $b \rightarrow g$
ASs: A - G - F
Caminho: A2 - A1 - G3 - G1 - F4 - F3 - F2
- ix. $e \rightarrow c$
ASs: C - B
Caminho: C1 - B5 - B3 - B2

x. $b \rightarrow d$

ASs: A - B

Caminho: A2 - A3 - B1 - B3 - B4

(c) Em cada item a seguir, os ASs apresentados devem tomar a decisão de anunciar ou não uma rota até uma determinada subrede para um AS vizinho. Com base nas políticas de utilização descritas anteriormente, determine se os ASs realizarão tais anúncios. Considere que a rota em questão é a rota que o AS anunciante utiliza para enviar seus pacotes para a subrede destino.

- i. AS F **anuncia** rota até b para AS E
- ii. AS F **anuncia** rota até g para AS E
- iii. AS E **não anuncia** rota até h para AS A
- iv. AS E **não anuncia** rota até f para AS C
- v. AS A **anuncia** rota até b para AS G
- vi. AS G **anuncia** rota até e para AS F
- vii. AS D **anuncia** rota até f para AS F
- viii. AS G **anuncia** rota até f para AS A

Questão 7 15 pontos

Considere o problema de tradução de endereços entre a rede privada e a rede pública que um NAT precisa resolver. Este problema é resolvido utilizando uma tabela de tradução de endereços que é atualizada quando uma nova conexão é estabelecida entre uma estação na rede privada e outra na rede pública. O objetivo desta questão é compreender exatamente como funciona este mecanismo.

Considere um NAT cujo endereço IP na rede pública é 124.46.4.117 e que gerencia as conexões da rede privada, que ocupa a faixa 192.168.0.0/16. Inicialmente o NAT em questão possui a seguinte tabela de tradução, onde cada regra é identificada por um número:

	(IP, porta) da estação local	(IP, porta) da estação remota	Porta pública no NAT
(1)	192.168.0.1, 29458	20.31.43.174, 2558	31726
(2)	192.168.0.2, 12348	52.49.158.166, 12583	1029
(3)	192.168.0.2, 28254	158.218.184.109, 30749	23578
(4)	192.168.0.2, 23316	189.86.178.14, 12263	22598
(5)	192.168.0.2, 21545	210.178.172.54, 26404	17492
(6)	192.168.0.1, 20362	253.53.106.203, 20192	1024
(7)	192.168.0.1, 20129	1.26.205.163, 5571	23983
(8)	192.168.0.1, 11718	58.201.164.246, 17957	18053
(9)	192.168.0.3, 31973	73.80.195.42, 11234	12948
(10)	192.168.0.2, 13714	212.56.76.55, 4869	23591

Suponha que todos os fluxos nesta questão são fluxos TCP, identificados unicamente pelos endereços e portas das duas estações envolvidas na conexão.

- (a) Considere que o NAT irá receber uma sequência de pacotes provenientes da rede pública (cuja estação de destino está na rede privada). Em cada item a seguir, identificamos os endereços e portas, de origem e destino, de um destes pacotes ao ser enviado pela estação que o gerou. Para cada pacote, determine os endereços e portas, de origem e de destino, que serão colocados no pacote quando o NAT realizar a tradução de endereços e encaminhá-lo à rede privada. Se o NAT descartar o pacote em vez de encaminhá-lo, indique isto em sua resposta.

- i. Origem: 20.31.43.174, 2558; Destino: 124.46.4.117, 22598
descartado
- ii. Origem: 73.80.195.42, 11234; Destino: 124.46.4.117, 23591
descartado
- iii. Origem: 79.42.46.7, 14024; Destino: 124.46.4.117, 31726
descartado
- iv. Origem: 158.218.184.109, 30749; Destino: 124.46.4.117, 23578
→ **Origem: 158.218.184.109, 30749; Destino: 192.168.0.2, 28254**
- v. Origem: 52.49.158.166, 12583; Destino: 124.46.4.117, 1029
→ **Origem: 52.49.158.166, 12583; Destino: 192.168.0.2, 12348**
- vi. Origem: 189.86.178.14, 12263; Destino: 124.46.4.117, 22598
→ **Origem: 189.86.178.14, 12263; Destino: 192.168.0.2, 23316**
- vii. Origem: 20.31.43.174, 2558; Destino: 124.46.4.117, 31726
→ **Origem: 20.31.43.174, 2558; Destino: 192.168.0.1, 29458**
- viii. Origem: 58.201.164.246, 17957; Destino: 124.46.4.117, 12948
descartado
- ix. Origem: 14.253.8.235, 20295; Destino: 124.46.4.117, 18053
descartado
- x. Origem: 1.26.205.163, 5571; Destino: 124.46.4.117, 23983
→ **Origem: 1.26.205.163, 5571; Destino: 192.168.0.1, 20129**

- (b) Considere agora, que o NAT irá receber uma sequência de pacotes provenientes da rede privada (cujas estações de destino estão na rede pública). Os endereços e portas, de origem e destino, destes pacotes são identificados nos itens a seguir.

Para cada pacote, determine se o NAT precisará ou não criar uma nova entrada em sua tabela de tradução ao encaminhá-lo para a rede pública. Se a nova entrada for necessária, determine o seu conteúdo; se não, identifique a entrada já existente que o NAT irá utilizar para encaminhar o pacote. Considere que somente portas a partir da 1024 estão disponíveis para o NAT. Note que há mais de uma solução correta.³

- i. Origem: 192.168.0.2, 23316; Destino: 72.139.246.42, 18768

Nova entrada:

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(11)	192.168.0.2, 23316	72.139.246.42, 18768	1025

- ii. Origem: 192.168.0.2, 21545; Destino: 210.178.172.54, 26867

Nova entrada:

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(12)	192.168.0.2, 21545	210.178.172.54, 26867	1026

- iii. Origem: 192.168.0.2, 13714; Destino: 212.56.76.55, 29908

Nova entrada:

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(13)	192.168.0.2, 13714	212.56.76.55, 29908	1027

- iv. Origem: 192.168.0.2, 18959; Destino: 212.56.76.55, 29908

Nova entrada:

³Dica 1: cuidado com as portas já utilizadas. Dica 2: a entrada que um pacote criar pode ser utilizada pelos que forem enviados depois.

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(14)	192.168.0.2, 18959	212.56.76.55, 29908	1028

- v. Origem: 192.168.0.2, 18959; Destino: 212.56.76.55, 29908

Encaminhado segundo a entrada (14)

- vi. Origem: 192.168.0.2, 27468; Destino: 210.178.172.54, 26867

Nova entrada:

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(15)	192.168.0.2, 27468	210.178.172.54, 26867	1030

- vii. Origem: 192.168.0.1, 29458; Destino: 20.31.43.174, 2558

Encaminhado segundo a entrada (1)

- viii. Origem: 192.168.0.1, 29458; Destino: 20.31.43.174, 2558

Encaminhado segundo a entrada (1)

- ix. Origem: 192.168.0.2, 23316; Destino: 189.86.178.14, 18054

Nova entrada:

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(16)	192.168.0.2, 23316	189.86.178.14, 18054	1031

- x. Origem: 192.168.0.2, 23316; Destino: 189.86.178.14, 13934

Nova entrada:

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(17)	192.168.0.2, 23316	189.86.178.14, 13934	1032

- (c) Utilizando sua resposta para o item (b), determine os endereços e portas, de origem e destino, que o NAT irá colocar em cada um dos pacotes anteriores quando for encaminhá-lo à rede pública.

- i. Origem: 192.168.0.2, 23316; Destino: 72.139.246.42, 18768
 → **Origem: 124.46.4.117, 1025; Destino: 72.139.246.42, 18768**
- ii. Origem: 192.168.0.2, 21545; Destino: 210.178.172.54, 26867
 → **Origem: 124.46.4.117, 1026; Destino: 210.178.172.54, 26867**
- iii. Origem: 192.168.0.2, 13714; Destino: 212.56.76.55, 29908
 → **Origem: 124.46.4.117, 1027; Destino: 212.56.76.55, 29908**
- iv. Origem: 192.168.0.2, 18959; Destino: 212.56.76.55, 29908
 → **Origem: 124.46.4.117, 1028; Destino: 212.56.76.55, 29908**
- v. Origem: 192.168.0.2, 18959; Destino: 212.56.76.55, 29908
 → **Origem: 124.46.4.117, 1028; Destino: 212.56.76.55, 29908**
- vi. Origem: 192.168.0.2, 27468; Destino: 210.178.172.54, 26867
 → **Origem: 124.46.4.117, 1030; Destino: 210.178.172.54, 26867**
- vii. Origem: 192.168.0.1, 29458; Destino: 20.31.43.174, 2558
 → **Origem: 124.46.4.117, 31726; Destino: 20.31.43.174, 2558**
- viii. Origem: 192.168.0.1, 29458; Destino: 20.31.43.174, 2558
 → **Origem: 124.46.4.117, 31726; Destino: 20.31.43.174, 2558**
- ix. Origem: 192.168.0.2, 23316; Destino: 189.86.178.14, 18054
 → **Origem: 124.46.4.117, 1031; Destino: 189.86.178.14, 18054**
- x. Origem: 192.168.0.2, 23316; Destino: 189.86.178.14, 13934
 → **Origem: 124.46.4.117, 1032; Destino: 189.86.178.14, 13934**

Questão 8 10 pontos

A técnica de bit de paridade é frequentemente usada para detectar erros em transmissões de sequências de bits. O objetivo desta questão é entender como calcular o bit de paridade e como a técnica é empregada para detecção de erros.

- (a) Considere o mecanismo de paridade par. Calcule o bit de paridade para cada um dos pacotes de 10 bits abaixo.

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| i. 1000010010 — paridade 1 | xi. 1101011000 — paridade 1 |
| ii. 1101011111 — paridade 0 | xii. 0000101101 — paridade 0 |
| iii. 0101111001 — paridade 0 | xiii. 0000101110 — paridade 0 |
| iv. 1000001001 — paridade 1 | xiv. 1011111110 — paridade 0 |
| v. 0010101000 — paridade 1 | xv. 1110001110 — paridade 0 |
| vi. 0011010111 — paridade 0 | xvi. 1011111111 — paridade 1 |
| vii. 1001010001 — paridade 0 | xvii. 1100001001 — paridade 0 |
| viii. 0001011111 — paridade 0 | xviii. 0011111010 — paridade 0 |
| ix. 0000000110 — paridade 0 | xix. 0101110100 — paridade 1 |
| x. 1000101010 — paridade 0 | xx. 0111000001 — paridade 0 |

- (b) Suponha que cada pacote acima foi transmitido juntamente com seu bit de paridade por um canal de comunicação ruidoso. Este canal pode introduzir erros invertendo os bits que são transmitidos, como um canal de rádio. Considere que a estação do outro lado do canal recebeu os bits indicados nos itens abaixo (onde o último bit da sequência é o bit de paridade recebido). Repare que o bit de paridade também está sujeito aos erros introduzidos pelo canal!

Para cada pacote, determine a paridade da sequência recebida, e determine também se o pacote será aceito ou rejeitado em função das paridades⁴. Baseado neste resultado, decida, para cada pacote, se a técnica de detecção de erro funcionou adequadamente, ou seja, se os erros de bit apresentados pelo pacote foram detectados.

- | | |
|---|--|
| i. Pacote: 1000010010
Recebido: 10000100101
Paridade: 0 — Pacote aceito
Resultado: Sem erro | iv. Pacote: 1000001001
Recebido: 10010010011
Paridade: 1 — Pacote rejeitado
Resultado: Erro detectado |
| ii. Pacote: 1101011111
Recebido: 11000111100
Paridade: 0 — Pacote aceito
Resultado: Erro não-detectado | v. Pacote: 0010101000
Recebido: 00101010001
Paridade: 0 — Pacote aceito
Resultado: Sem erro |
| iii. Pacote: 0101111001
Recebido: 01011110010
Paridade: 0 — Pacote aceito
Resultado: Sem erro | vi. Pacote: 0011010111
Recebido: 00110101111
Paridade: 1 — Pacote rejeitado
Resultado: Erro detectado |

⁴Lembre-se que o receptor dos dados não possui acesso ao pacote original, logo ele não pode comparar o pacote recebido com o original para decidir se aceita ou não.

vii. Pacote: 1001010001 Recebido: 01010100110 Paridade: 1 — Pacote rejeitado Resultado: Erro detectado	xiv. Pacote: 1011111110 Recebido: 10111110100 Paridade: 1 — Pacote rejeitado Resultado: Erro detectado
viii. Pacote: 0001011111 Recebido: 00010111110 Paridade: 0 — Pacote aceito Resultado: Sem erro	xv. Pacote: 1110001110 Recebido: 11101011100 Paridade: 1 — Pacote rejeitado Resultado: Erro detectado
ix. Pacote: 0000000110 Recebido: 10000001100 Paridade: 1 — Pacote rejeitado Resultado: Erro detectado	xvi. Pacote: 1011111111 Recebido: 10111111101 Paridade: 1 — Pacote rejeitado Resultado: Erro detectado
x. Pacote: 1000101010 Recebido: 10011000100 Paridade: 0 — Pacote aceito Resultado: Erro não-detectado	xvii. Pacote: 1100001001 Recebido: 11000010010 Paridade: 0 — Pacote aceito Resultado: Sem erro
xi. Pacote: 1101011000 Recebido: 10010110000 Paridade: 0 — Pacote aceito Resultado: Erro não-detectado	xviii. Pacote: 0011111010 Recebido: 10110110101 Paridade: 1 — Pacote rejeitado Resultado: Erro detectado
xii. Pacote: 0000101101 Recebido: 00001001010 Paridade: 1 — Pacote rejeitado Resultado: Erro detectado	xix. Pacote: 0101110100 Recebido: 01011101101 Paridade: 1 — Pacote rejeitado Resultado: Erro detectado
xiii. Pacote: 0000101110 Recebido: 00001001100 Paridade: 1 — Pacote rejeitado Resultado: Erro detectado	xx. Pacote: 0111000001 Recebido: 01110100110 Paridade: 0 — Pacote aceito Resultado: Erro não-detectado

QUESTÕES EXTRAS

Questão 9 5 pontos

O protocolo TDMA é um protocolo de acesso a um meio de transmissão compartilhado. Ele funciona alocando fatias de tempo (*slots*) às estações de forma sucessiva. Somente a estação a quem o slot pertencer pode transmitir em um dado momento e, se ela não possuir dados, o meio fica ocioso. Nesta questão você deve compreender como funciona este mecanismo.

Considere um meio compartilhado por 5 estações por TDMA, em slots de 60 ms. Suponha que as estações transmitam dados a uma taxa de 20 Mbps, em quadros de 5000 bytes.

(a) Qual é a quantidade máxima de dados que uma estação pode transmitir em um slot?

Resposta:

Em um único slot, cada estação pode transmitir até 150000 bytes de dados.

(b) Qual é o maior número de quadros que uma estação pode transmitir em um slot?

Resposta:

Cada estação transmite no máximo 30 quadros por slot.

- (c) Considere agora que as estações estejam prontas para transmitir seus dados conforme a tabela a seguir. Repare que cada estação irá transmitir uma quantidade diferente de dados, e que estes dados estarão disponíveis em instantes de tempo diferentes.

	Dados	Pronta para transmitir em
Estação 1	1.08 Mbits	450.0 ms
Estação 2	1.8 Mbits	102.0 ms
Estação 3	2.76 Mbits	407.0 ms
Estação 4	2.16 Mbits	828.0 ms
Estação 5	2.16 Mbits	169.0 ms

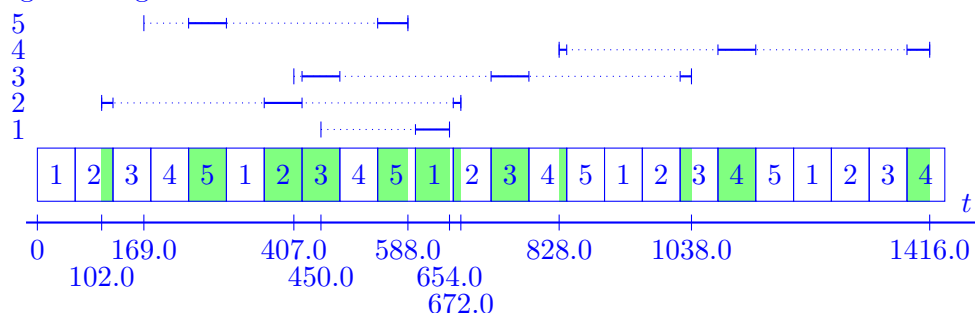
Suponha que o primeiro slot pertence à estação 1 e segue em ordem crescente. Para cada estação, determine:

- Quantos quadros são necessários para transmitir seus dados;
- O instante de tempo em que seu primeiro quadro começa a ser transmitido;
- O instante de tempo em que a estação termina de transmitir seu último quadro;
- O retardo inicial da transmissão;⁵
- A vazão média (*throughput*) obtida pela estação.⁶

Resposta:

	(i) Quadros	(ii) — (iii) Período de transmissão	(iv) Retardo inicial	(v) Vazão média
Estação 1	27 quadros	600.0 ms — 654.0 ms	150.0 ms	5.3 Mbps
Estação 2	45 quadros	102.0 ms — 672.0 ms	0.0 ms	3.2 Mbps
Estação 3	69 quadros	420.0 ms — 1038.0 ms	13.0 ms	4.4 Mbps
Estação 4	54 quadros	828.0 ms — 1416.0 ms	0.0 ms	3.7 Mbps
Estação 5	54 quadros	240.0 ms — 588.0 ms	71.0 ms	5.2 Mbps

A figura a seguir ilustra o cenário de transmissões observado:



- (d) No cenário anterior, determine a vazão (*throughput*) média e a utilização média (fração de tempo em uso) do meio de transmissão. Para ambos, considere o tempo desde a primeira disponibilidade dos dados (entre todas as estações) até o final de todas as transmissões.

⁵Tempo decorrido entre a estação ter dados para transmitir e a transmissão efetivamente iniciar.

⁶Razão entre a quantidade de dados transmitidos e o tempo necessário para transmitir estes dados, medido entre a disponibilidade dos dados e o final da transmissão.

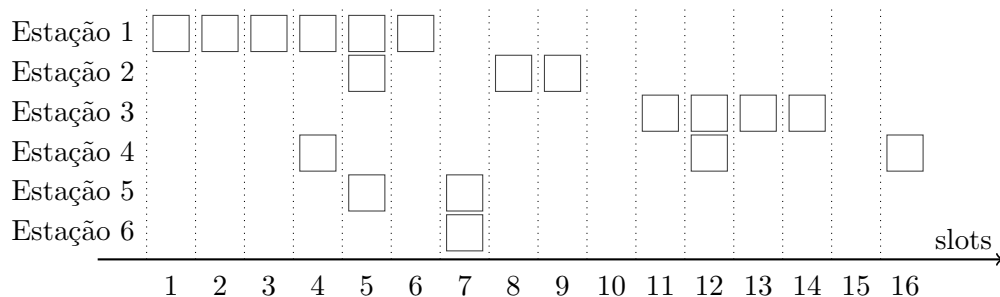
Resposta:

Durante o período de tempo considerado, foi obtida uma vazão média de 7.58 Mbps. Isto corresponde a uma utilização do meio de 37.9% neste período.

Questão 10..... 5 pontos

Em contraste com o protocolo TDMA, o protocolo Slotted ALOHA (S-ALOHA) é um protocolo de acesso a meio de transmissão compartilhado com uma abordagem distribuída, porém sincronizada e que ainda permite a ocorrência de colisões. Nesta questão você deve compreender como funciona este protocolo.

Considere o seguinte perfil de transmissões realizadas por estações executando o protocolo Slotted ALOHA.



- (a) Para cada slot de tempo mostrado na figura acima, determine se ocorreu uma transmissão com sucesso (S), uma colisão (C), ou se o slot permaneceu ocioso (O).

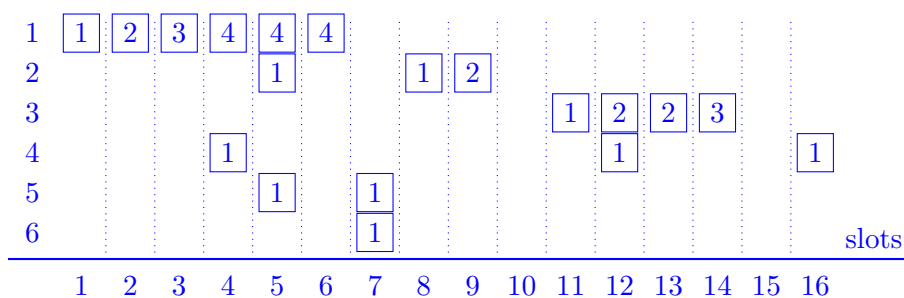
Resposta:

slot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
estado	S	S	S	C	C	S	C	S	S	O	S	C	S	S	O	S

- (b) Considere que cada estação deseja transmitir o seguinte número de quadros a partir do instante de tempo zero:

Estação	Quadros para transmitir
Estação 1	4 quadros
Estação 2	2 quadros
Estação 3	3 quadros
Estação 4	4 quadros
Estação 5	3 quadros
Estação 6	2 quadros

Utilizando o perfil de transmissões ilustrado na figura acima, determine qual quadro está sendo transmitido por cada estação em cada uma das transmissões realizadas. Identifique cada quadro com o seu número de ordem na sequência transmitida por aquela estação.

Resposta:

- (c) Determine o instante de tempo em que cada uma das estações consegue realizar sua primeira transmissão de quadro com sucesso.

Resposta:

Estação	Primeira transmissão
Estação 1	Slot 1
Estação 2	Slot 8
Estação 3	Slot 11
Estação 4	Slot 16
Estação 5	Nenhum sucesso
Estação 6	Nenhum sucesso

- (d) Determine quantos quadros restam a ser transmitidos por cada uma das estações ao final do tempo mostrado acima.

Resposta:

Estação	Quadros restantes
Estação 1	0 quadros
Estação 2	0 quadros
Estação 3	0 quadros
Estação 4	3 quadros
Estação 5	3 quadros
Estação 6	2 quadros

- (e) Determine a utilização e a eficiência de uso do canal — lembrando que a utilização é dada pela fração de tempo que o canal foi utilizado, e a eficiência é dada pela fração de tempo que o canal foi utilizado com sucesso.

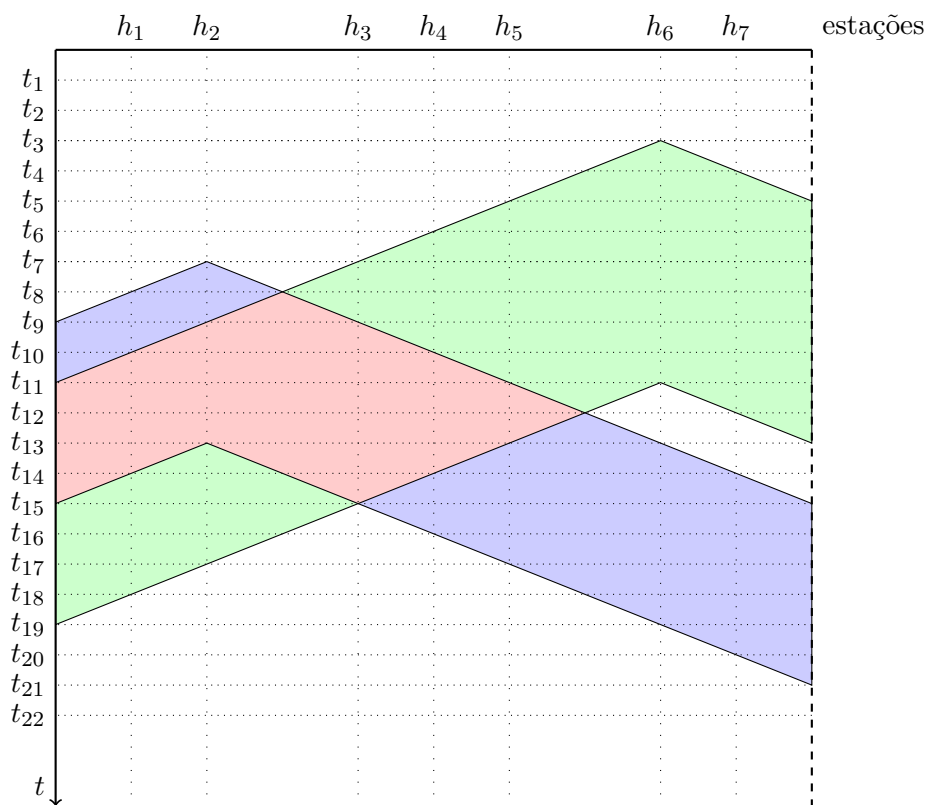
Resposta:

A utilização do canal nesse período foi de 87.5%. Já a eficiência de uso do canal foi bem inferior, 62.5%.

Questão 11 5 pontos

O CSMA é um dos mecanismos mais utilizados para acessar o meio compartilhado, fazendo parte do padrão Ethernet. Uma de suas principais características é que, antes de iniciarem suas transmissões, as estações escutam o meio para detectar transmissões que estejam em andamento, minimizando (mas não evitando) as colisões. O objetivo desta questão é compreender melhor o funcionamento deste mecanismo.

Considere o cenário de transmissão ilustrado na figura a seguir, onde o posicionamento das estações é apresentado no eixo horizontal, e o tempo no eixo vertical. Responda às perguntas utilizando a figura.



- (a) Quais estações transmitiram? Em que instantes de tempo cada uma destas estações iniciou e terminou sua transmissão?

Resposta:

Duas estações transmitiram: a estação h_6 iniciou sua transmissão primeiro, utilizando o meio entre os instantes de tempo t_3 e t_{11} . Depois disto, a estação h_2 transmite dados entre t_7 e t_{13} .

- (b) Considere todas as estações que não transmitiram. Determine o instante de tempo que cada uma delas começa e termina de receber cada uma das transmissões.

Resposta:

Estação	Transmissão de h_6	Transmissão de h_2
h_1	$t_{10} - t_{18}$	$t_8 - t_{14}$
h_3	$t_7 - t_{15}$	$t_9 - t_{15}$
h_4	$t_6 - t_{14}$	$t_{10} - t_{16}$
h_5	$t_5 - t_{13}$	$t_{11} - t_{17}$
h_7	$t_4 - t_{12}$	$t_{14} - t_{20}$

- (c) Para cada estação, determine o instante de tempo em que ela detecta a colisão.
- (d) Para cada estação, determine o período de tempo em que ela percebe o meio como ocupado.

Resposta:

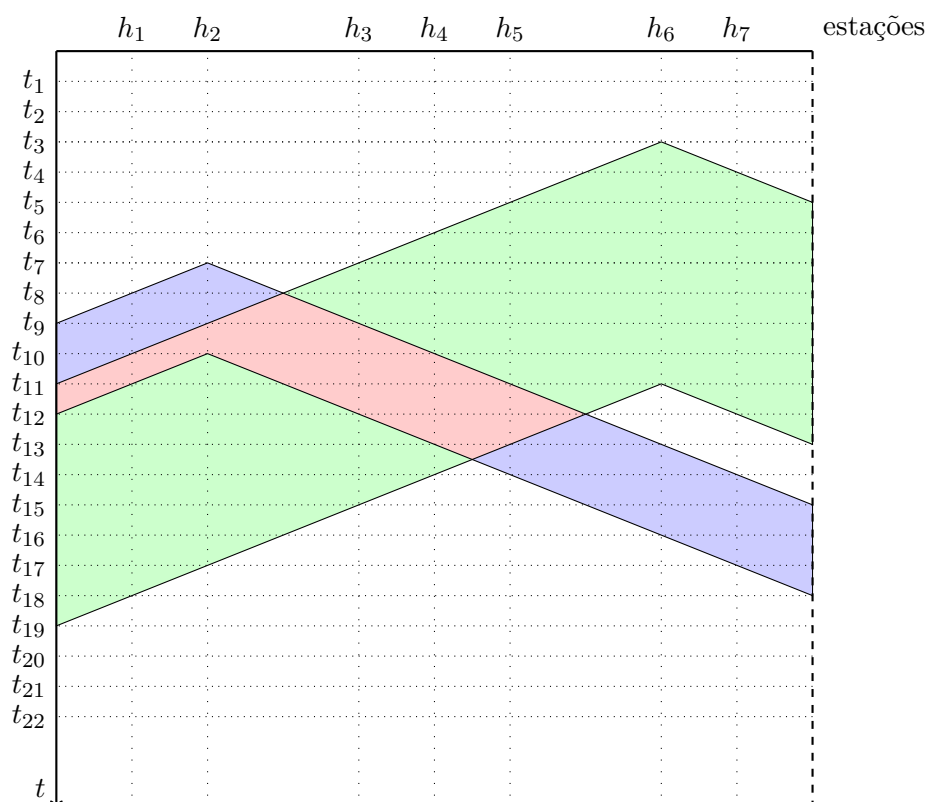
Estação	Vê meio ocupado entre:	Detecta colisão em:
h_1	$t_8 - t_{18}$	t_{10}
h_2	$t_7 - t_{17}$	t_9
h_3	$t_7 - t_{15}$	t_9
h_4	$t_6 - t_{16}$	t_{10}
h_5	$t_5 - t_{17}$	t_{11}
h_6	$t_3 - t_{19}$	t_{13}
h_7	$t_4 - t_{20}$	t_{14}

- (e) Considere os instantes de tempo t_4 , t_{10} e t_{19} . Quais estações podem iniciar uma transmissão nestes instantes de tempo?

Resposta:

	Estações:
t_4	h_1, h_2, h_3, h_4, h_5
t_{10}	—
t_{19}	h_1, h_2, h_3, h_4, h_5

- (f) Considere agora o mesmo cenário de transmissão acima, mas com o uso do protocolo CSMA/CD, conforme ilustrado na figura a seguir. Repita os itens (a) a (e) para este cenário.



Resposta:

Novamente, as estações h_6 e h_2 transmitiram. Desta vez, a estação h_6 transmitiu entre os instantes de tempo t_3 e t_{11} , e a estação h_2 transmitiu entre os instantes de tempo t_7 e t_{10} . As demais estações recebem estas transmissões conforme a tabela a seguir:

Estação	Transmissão de h_6	Transmissão de h_2
h_1	$t_{10} - t_{18}$	$t_8 - t_{11}$
h_3	$t_7 - t_{15}$	$t_9 - t_{12}$
h_4	$t_6 - t_{14}$	$t_{10} - t_{13}$
h_5	$t_5 - t_{13}$	$t_{11} - t_{14}$
h_7	$t_4 - t_{12}$	$t_{14} - t_{17}$

As estações irão receber transmissões e detectar a colisão das mesmas nestes instantes de tempo:

Estação	Vê meio ocupado entre:	Detecta colisão em:
h_1	$t_8 - t_{18}$	t_{10}
h_2	$t_7 - t_{17}$	t_9
h_3	$t_7 - t_{15}$	t_9
h_4	$t_6 - t_{14}$	t_{10}
h_5	$t_5 - t_{14}$	t_{11}
h_6	$t_3 - t_{16}$	t_{13}
h_7	$t_4 - t_{17}$	t_{14}

Por fim, nos instantes de tempo assinalados, as estações que enxergam o meio como livre (e, portanto, podem transmitir) são as seguintes:

	Estações:
t_4	h_1, h_2, h_3, h_4, h_5
t_{10}	—
t_{19}	$h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6, h_7$

- (g) Compare os períodos de tempo em que as estações percebem o meio como ocupado nos dois casos. Qual foi o ganho de tempo trazido pelo CSMA/CD para cada estação?

Resposta:

O ganho de tempo, para cada estação, é dado pelo período em que a estação veria o meio como ocupado com o protocolo CSMA, mas como livre com o protocolo CSMA/CD. Este período de tempo é indicado nesta tabela:

Estação	Ganho de tempo
h_1	$t_{18} - t_{18}$
h_2	$t_{17} - t_{17}$
h_3	$t_{15} - t_{15}$
h_4	$t_{14} - t_{16}$
h_5	$t_{14} - t_{17}$
h_6	$t_{16} - t_{19}$
h_7	$t_{17} - t_{20}$