

Curso de Tecnologia em Sistemas de Computação
Disciplina: Redes de Computadores II
AD1 – 1º 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 71.25.123.237 **pertence** à rede 71.25.120.0/22
- ii. O endereço 113.35.185.239 **pertence** à rede 113.34.0.0/15
- iii. O endereço 134.103.212.123 **não pertence** à rede 134.103.216.0/22
- iv. O endereço 91.20.83.95 **pertence** à rede 91.20.0.0/17
- v. O endereço 215.195.245.66 **pertence** à rede 214.0.0.0/7
- vi. O endereço 254.57.166.210 **não pertence** à rede 244.0.0.0/6
- vii. O endereço 72.36.225.80 **não pertence** à rede 84.0.0.0/6
- viii. O endereço 115.102.58.76 **não pertence** à rede 115.102.58.128/25
- ix. O endereço 209.138.187.6 **pertence** à rede 209.138.184.0/21
- x. O endereço 69.154.108.143 **pertence** à rede 69.128.0.0/10

(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. 154.169.248.0/21 **é disjunta de** 154.169.220.128/26
- ii. 144.0.0.0/6 **é disjunta de** 130.0.0.0/10
- iii. 50.75.197.200/30 **é disjunta de** 50.75.196.0/25
- iv. 216.224.0.0/12 **é disjunta de** 218.0.0.0/9
- v. 241.155.144.0/20 **está contida em** 241.155.0.0/16
- vi. 180.171.51.0/24 **é disjunta de** 180.171.54.112/29
- vii. 32.24.0.0/15 **é disjunta de** 32.18.192.0/19
- viii. 96.33.74.0/23 **é disjunta de** 96.33.71.0/25
- ix. 203.143.0.0/16 **contém** 203.143.232.0/21

x. 204.251.192.0/18 contém 204.251.224.0/21

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
00001010 11100100 00000100 00000000 a	0
00001010 11100100 00000101 11111111 a	1
00001010 11100100 00000100 11100000 a	0
00001010 11100100 00000100 11111111 a	2
00001010 11100100 00000100 11110000 a	3
00001010 11100100 00000101 00100000 a	2
00001010 11100100 00000101 00100111 caso contrário	1

- (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
00001010 11100100 0000010	0
00001010 11100100 00000101 001	1
00001010 11100100 00000100 111	0
00001010 11100100 00000100 11110	2
00001010 11100100 00000100 0	3
00001010 11100100 00000101 00100	2
-	1

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

Resposta:

Prefixo	Interface
10.228.4.0/23	0
10.228.5.32/27	1
10.228.4.224/27	0
10.228.4.240/29	2
10.228.4.0/25	3
10.228.5.32/29	2
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. 10.228.5.37 → interface 2 | vii. 10.228.2.213 → interface 1 |
| ii. 10.228.7.160 → interface 1 | viii. 10.228.4.250 → interface 0 |
| iii. 10.228.4.43 → interface 3 | ix. 10.228.4.230 → interface 0 |
| iv. 10.228.4.246 → interface 2 | x. 10.228.4.243 → interface 2 |
| v. 10.228.5.48 → interface 1 | xi. 10.228.5.42 → interface 1 |
| vi. 10.228.5.98 → interface 0 | xii. 10.228.5.60 → 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 10.228.4.224/27 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 : 118.88.0.0/14
com 4 subredes:
 R_{11} : 10000 estações
118.90.128.0/18
 R_{12} : 70000 estações
118.88.0.0/16
 R_{13} : 20000 estações
118.90.0.0/17
 R_{14} : 40000 estações
118.89.0.0/16

ii. R_2 : 73.28.92.0/22
com 5 subredes:
 R_{21} : 170 estações
 R_{22} : 230 estações
 R_{23} : 230 estações
 R_{24} : 170 estações
 R_{25} : 50 estações
Alocação impossível

iii. R_3 : 202.232.0.0/13
com 3 subredes:
 R_{31} : 60000 estações
202.232.0.0/16
 R_{32} : 30000 estações
202.234.0.0/17
 R_{33} : 50000 estações
202.233.0.0/16

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.

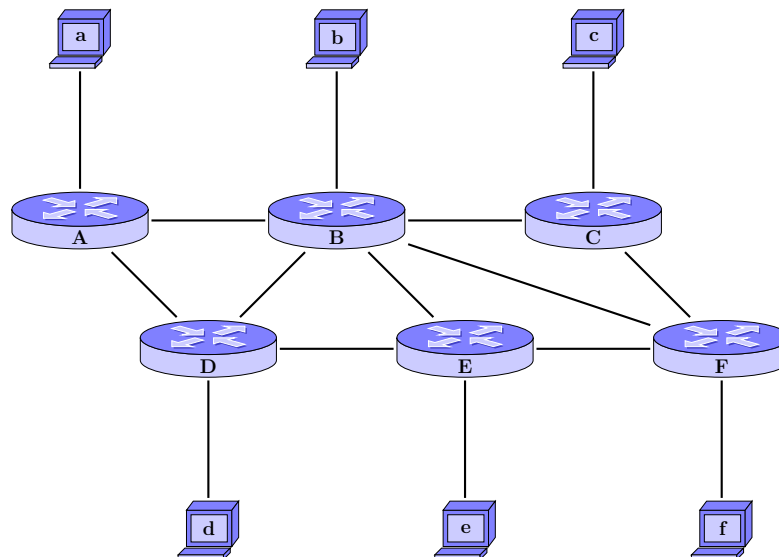


Tabela de A	
Entrada	Saída
D, 6	a, 1
D, 4	B, 4
D, 3	a, 7

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

Tabela de C	
Entrada	Saída
B, 7	F, 2
c, 5	B, 9
F, 5	B, 3
B, 1	c, 3

Tabela de D	
Entrada	Saída
d, 4	A, 3
d, 5	B, 3
d, 6	A, 4
B, 1	d, 4
E, 5	B, 4
B, 6	E, 6
d, 1	A, 6
B, 4	d, 3

Tabela de E	
Entrada	Saída
D, 6	e, 4
e, 5	D, 5
B, 1	e, 7
D, 5	B, 5
e, 8	B, 7

Tabela de F	
Entrada	Saída
f, 3	B, 1
f, 5	C, 5
C, 9	B, 4
C, 2	f, 4

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. (c, 5) : $c \xrightarrow{5} C \xrightarrow{9} B \xrightarrow{6} D \xrightarrow{6} E \xrightarrow{4} e$

ii. (d, 6) : $d \xrightarrow{6} D \xrightarrow{4} A \xrightarrow{4} B \xrightarrow{8} b$

iii. (f, 3) : $f \xrightarrow{3} F \xrightarrow{1} B \xrightarrow{4} b$

iv. (d, 1) : $d \xrightarrow{1} D \xrightarrow{6} A \xrightarrow{1} a$

v. (f, 5) : $f \xrightarrow{5} F \xrightarrow{5} C \xrightarrow{3} B \xrightarrow{4} D \xrightarrow{3} d$

vi. (b, 8) : $b \xrightarrow{8} B \xrightarrow{1} C \xrightarrow{3} c$

- (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. $c \xrightarrow{1} C \xrightarrow{1} B \xrightarrow{2} E \xrightarrow{1} e$

iii. $d \xrightarrow{2} D \xrightarrow{1} E \xrightarrow{2} e$

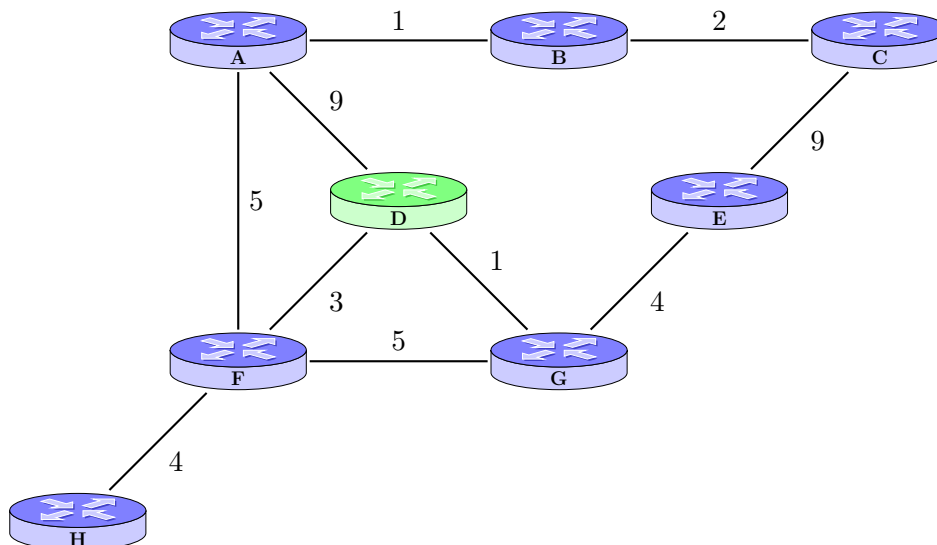
ii. $a \xrightarrow{1} A \xrightarrow{1} D \xrightarrow{1} d$

iv. $d \xrightarrow{3} D \xrightarrow{1} A \xrightarrow{2} a$

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.



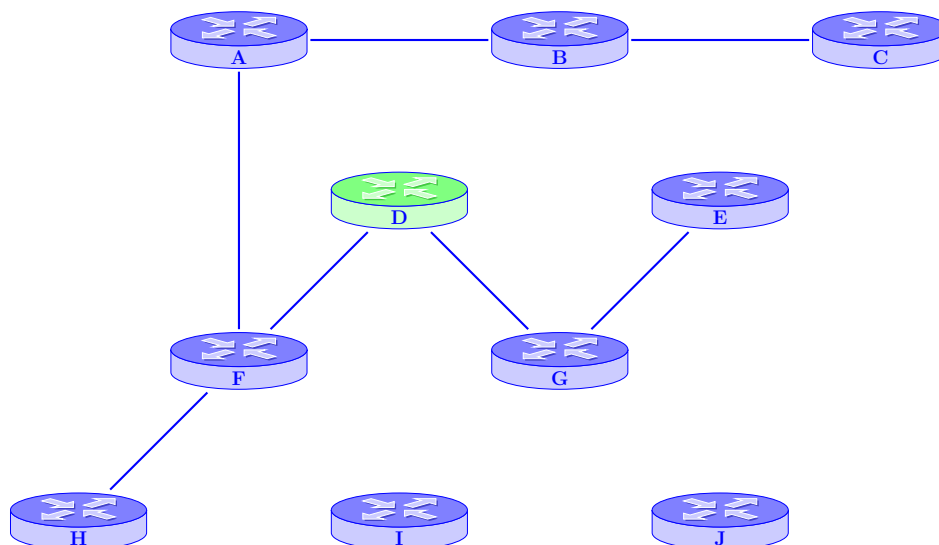
- (a) Utilizando o algoritmo de Dijkstra, calcule os caminhos mais curtos a partir do nó D, destacado em verde, para todos os outros nós da rede. Construa uma tabela igual à mostrada em aula que mostra o funcionamento do algoritmo de forma iterativa.

Resposta:

	N'	$d_A p_A$	$d_B p_B$	$d_C p_C$	$d_E p_E$	$d_F p_F$	$d_G p_G$	$d_H p_H$
0	D	9 D	∞ -	∞ -	∞ -	3 D	1 D	∞ -
1	DG	9 D	∞ -	∞ -	5 G	3 D		∞ -
2	DGF	8 F	∞ -	∞ -	5 G			7 F
3	DGFE	8 F	∞ -	14 E				7 F
4	DGFEH	8 F	∞ -	14 E				
5	DGFEHA		9 A	14 E				
6	DGFEHAB			11 B				
7	DGFEHABC							

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

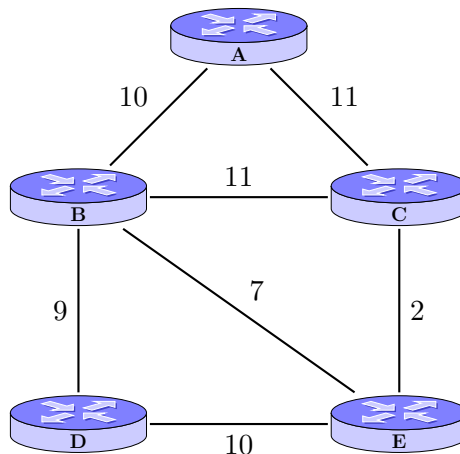
Resposta:



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	10	∞	∞	∞	via	A	10	∞	∞	∞	via	A	11	∞	∞	∞	via	B	∞	9	∞	∞	via	B	∞	7	∞	∞
	C	∞	11	∞	∞		C	∞	11	∞	∞		B	∞	11	∞	∞		E	∞	∞	∞	10		C	∞	∞	2	∞
							D	∞	∞	9	∞		E	∞	∞	∞	2						D	∞	∞	∞	10		
							E	∞	∞	∞	7																		

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	10	11	∞	∞	10	0	11	9	7	11	11	0	∞	2	∞	9	∞	0	10	∞	7	2	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	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	10	21	19	17	via	A	10	21	∞	∞	via	A	11	21	∞	∞	via	B	19	9	20	16	via	B	17	7	18	16
	C	22	11	∞	13		C	22	11	∞	13		B	21	11	20	18		E	∞	17	12	10		C	13	13	2	∞
							D	∞	∞	9	19		E	∞	9	12	2					D	∞	19	∞	10			
							E	∞	9	17	7																		

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	10	11	19	13	10	0	9	9	7	11	9	0	12	2	19	9	12	0	10	13	7	2	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.

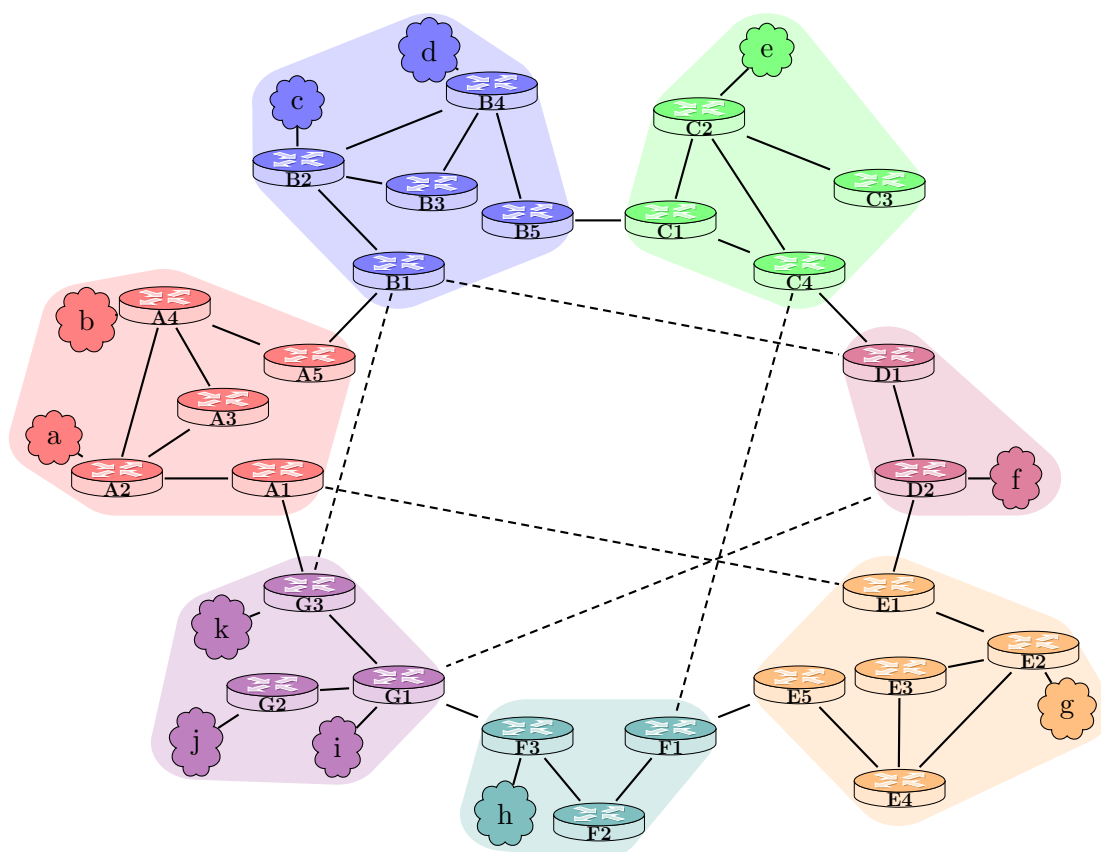
Passo 2:

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	10	19	19	17	via	A	10	21	29	23	via	A	11	21	30	24	via	B	19	9	18	16	via	B	17	7	16	16
	C	20	11	23	13		C	22	11	23	13		B	21	11	20	18		E	23	17	12	10		C	13	11	2	14
					D		28	21	9	19	E		15	9	12	2						D	29		19	22	10		
					E		20	9	17	7																			

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	10	11	19	13	10	0	9	9	7	11	9	0	12	2	19	9	12	0	10	13	7	2	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 so-

mente 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. E2 e E4 : iBGP | v. A5 e E2 : — | ix. A3 e A4 : iBGP |
| ii. B1 e D1 : eBGP | vi. G3 e E2 : — | x. A5 e B1 : eBGP |
| iii. C3 e F3 : — | vii. C2 e E5 : — | xi. C3 e E4 : — |
| iv. B2 e B3 : iBGP | viii. E1 e E2 : iBGP | xii. F2 e F3 : iBGP |

- (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. $k \rightarrow i$
ASs: G
Caminho: G3 - G1
- ii. $e \rightarrow f$
ASs: C - D
Caminho: C2 - C4 - D1 - D2
- iii. $e \rightarrow g$
ASs: C - D - E
Caminho: C2 - C4 - D1 - D2 - E1 - E2
- iv. $d \rightarrow g$
ASs: B - C - D - E
Caminho: B4 - B5 - C1 - C4 - D1 - D2 - E1 - E2
- v. $f \rightarrow g$
ASs: D - E
Caminho: D2 - E1 - E2
- vi. $c \rightarrow j$
ASs: B - G
Caminho: B2 - B1 - G3 - G1 - G2
- vii. $j \rightarrow a$
ASs: G - A
Caminho: G2 - G1 - G3 - A1 - A2
- viii. $a \rightarrow i$
ASs: A - G
Caminho: A2 - A1 - G3 - G1
- ix. $b \rightarrow k$
ASs: A - G
Caminho: A4 - A2 - A1 - G3
- x. $k \rightarrow e$
ASs: G - A - B - C
Caminho: G3 - A1 - A2 - A4 - A5 - B1 - B2 - B4 - B5 - C1 - C2

- (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 B **não anuncia** rota até k para AS A
 - ii. AS G **anuncia** rota até j para AS D
 - iii. AS C **anuncia** rota até e para AS D
 - iv. AS D **anuncia** rota até f para AS B
 - v. AS A **anuncia** rota até b para AS E
 - vi. AS F **anuncia** rota até c para AS E
 - vii. AS F **anuncia** rota até j para AS E
 - viii. AS E **anuncia** rota até g para AS D

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 194.137.160.241 e que gerencia as conexões da rede privada, que ocupa a faixa 172.16.0.0/12. 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)	172.16.0.1, 15786	9.168.113.212, 31043	16347
(2)	172.16.0.2, 19614	25.91.231.242, 4441	17377
(3)	172.16.0.3, 30642	151.125.202.84, 10976	28303
(4)	172.16.0.4, 8475	72.156.94.219, 12757	8204
(5)	172.16.0.5, 32557	147.112.128.163, 9044	15593
(6)	172.16.0.1, 7517	157.205.124.67, 12025	11339
(7)	172.16.0.2, 2593	173.66.212.196, 22874	11529
(8)	172.16.0.1, 30195	185.181.19.10, 6520	21108
(9)	172.16.0.2, 22408	184.66.15.137, 13491	19589
(10)	172.16.0.6, 17705	124.70.207.204, 26698	27013

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: 151.125.202.84, 10976; Destino: 194.137.160.241, 15593
descartado

- ii. Origem: 124.70.207.204, 26698; Destino: 194.137.160.241, 27013
→ **Origem: 124.70.207.204, 26698; Destino: 172.16.0.6, 17705**
- iii. Origem: 38.193.166.233, 14197; Destino: 194.137.160.241, 27013
descartado
- iv. Origem: 151.125.202.84, 10976; Destino: 194.137.160.241, 17377
descartado
- v. Origem: 72.156.94.219, 12757; Destino: 194.137.160.241, 8204
→ **Origem: 72.156.94.219, 12757; Destino: 172.16.0.4, 8475**
- vi. Origem: 9.168.113.212, 31043; Destino: 194.137.160.241, 16347
→ **Origem: 9.168.113.212, 31043; Destino: 172.16.0.1, 15786**
- vii. Origem: 223.147.133.111, 20190; Destino: 194.137.160.241, 19589
descartado
- viii. Origem: 147.112.128.163, 9044; Destino: 194.137.160.241, 15593
→ **Origem: 147.112.128.163, 9044; Destino: 172.16.0.5, 32557**
- ix. Origem: 25.91.231.242, 4441; Destino: 194.137.160.241, 17377
→ **Origem: 25.91.231.242, 4441; Destino: 172.16.0.2, 19614**
- x. Origem: 48.67.182.70, 27211; Destino: 194.137.160.241, 15593
descartado

- (b) Considere agora, que o NAT irá receber uma sequência de pacotes provenientes da rede privada (cuja estação de destino está 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: 172.16.0.5, 32557; Destino: 147.112.128.163, 17649

Nova entrada:

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(11)	172.16.0.5, 32557	147.112.128.163, 17649	1024

- ii. Origem: 172.16.0.2, 19614; Destino: 25.91.231.242, 4441

Encaminhado segundo a entrada (2)

- iii. Origem: 172.16.0.1, 30195; Destino: 185.181.19.10, 6520

Encaminhado segundo a entrada (8)

- iv. Origem: 172.16.0.6, 17705; Destino: 124.70.207.204, 26698

Encaminhado segundo a entrada (10)

- v. Origem: 172.16.0.6, 27950; Destino: 124.70.207.204, 26698

Nova entrada:

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(12)	172.16.0.6, 27950	124.70.207.204, 26698	1025

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

- vi. Origem: 172.16.0.4, 8475; Destino: 128.238.129.176, 29377

Nova entrada:

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(13)	172.16.0.4, 8475	128.238.129.176, 29377	1026

- vii. Origem: 172.16.0.1, 7517; Destino: 157.205.124.67, 12025

Encaminhado segundo a entrada (6)

- viii. Origem: 172.16.0.1, 15786; Destino: 9.168.113.212, 31043

Encaminhado segundo a entrada (1)

- ix. Origem: 172.16.0.4, 8475; Destino: 58.159.200.244, 13933

Nova entrada:

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(14)	172.16.0.4, 8475	58.159.200.244, 13933	1027

- x. Origem: 172.16.0.1, 7517; Destino: 193.39.135.14, 24492

Nova entrada:

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(15)	172.16.0.1, 7517	193.39.135.14, 24492	1028

- (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: 172.16.0.5, 32557; Destino: 147.112.128.163, 17649
 → **Origem: 194.137.160.241, 1024; Destino: 147.112.128.163, 17649**
- ii. Origem: 172.16.0.2, 19614; Destino: 25.91.231.242, 4441
 → **Origem: 194.137.160.241, 17377; Destino: 25.91.231.242, 4441**
- iii. Origem: 172.16.0.1, 30195; Destino: 185.181.19.10, 6520
 → **Origem: 194.137.160.241, 21108; Destino: 185.181.19.10, 6520**
- iv. Origem: 172.16.0.6, 17705; Destino: 124.70.207.204, 26698
 → **Origem: 194.137.160.241, 27013; Destino: 124.70.207.204, 26698**
- v. Origem: 172.16.0.6, 27950; Destino: 124.70.207.204, 26698
 → **Origem: 194.137.160.241, 1025; Destino: 124.70.207.204, 26698**
- vi. Origem: 172.16.0.4, 8475; Destino: 128.238.129.176, 29377
 → **Origem: 194.137.160.241, 1026; Destino: 128.238.129.176, 29377**
- vii. Origem: 172.16.0.1, 7517; Destino: 157.205.124.67, 12025
 → **Origem: 194.137.160.241, 11339; Destino: 157.205.124.67, 12025**
- viii. Origem: 172.16.0.1, 15786; Destino: 9.168.113.212, 31043
 → **Origem: 194.137.160.241, 16347; Destino: 9.168.113.212, 31043**
- ix. Origem: 172.16.0.4, 8475; Destino: 58.159.200.244, 13933
 → **Origem: 194.137.160.241, 1027; Destino: 58.159.200.244, 13933**
- x. Origem: 172.16.0.1, 7517; Destino: 193.39.135.14, 24492
 → **Origem: 194.137.160.241, 1028; Destino: 193.39.135.14, 24492**

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. 1000101011 — paridade 1 | xi. 0011000110 — paridade 0 |
| ii. 1011111111 — paridade 1 | xii. 0001011000 — paridade 1 |
| iii. 0011000000 — paridade 0 | xiii. 1010111100 — paridade 0 |
| iv. 1001000111 — paridade 1 | xiv. 1011000101 — paridade 1 |
| v. 0001111010 — paridade 1 | xv. 0100010110 — paridade 0 |
| vi. 0010000000 — paridade 1 | xvi. 1001100010 — paridade 0 |
| vii. 1010001010 — paridade 0 | xvii. 0001000011 — paridade 1 |
| viii. 0110111101 — paridade 1 | xviii. 1001100101 — paridade 1 |
| ix. 0111001111 — paridade 1 | xix. 0000010111 — paridade 0 |
| x. 0111001110 — paridade 0 | xx. 1011001101 — 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: 1000101011
Recebido: 1000101011
Paridade: 0 — Pacote aceito
Resultado: Sem erro | v. Pacote: 0001111010
Recebido: 00011110101
Paridade: 0 — Pacote aceito
Resultado: Sem erro |
| ii. Pacote: 1011111111
Recebido: 00011101111
Paridade: 1 — Pacote rejeitado
Resultado: Erro detectado | vi. Pacote: 0010000000
Recebido: 00100001001
Paridade: 1 — Pacote rejeitado
Resultado: Erro detectado |
| iii. Pacote: 0011000000
Recebido: 10110001100
Paridade: 1 — Pacote rejeitado
Resultado: Erro detectado | vii. Pacote: 1010001010
Recebido: 10000010101
Paridade: 0 — Pacote aceito
Resultado: Erro não-detectado |
| iv. Pacote: 1001000111
Recebido: 10010001111
Paridade: 0 — Pacote aceito
Resultado: Sem erro | viii. Pacote: 0110111101
Recebido: 01100110011
Paridade: 0 — Pacote aceito
Resultado: Erro não-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.

- | | |
|---|---|
| ix. Pacote: 0111001111
Recebido: 01111011111
Paridade: 1 — Pacote rejeitado
Resultado: Erro detectado | xv. Pacote: 0100010110
Recebido: 01000101110
Paridade: 1 — Pacote rejeitado
Resultado: Erro detectado |
| x. Pacote: 0111001110
Recebido: 01110011100
Paridade: 0 — Pacote aceito
Resultado: Sem erro | xvi. Pacote: 1001100010
Recebido: 00001000100
Paridade: 0 — Pacote aceito
Resultado: Erro não-detectado |
| xi. Pacote: 0011000110
Recebido: 00110101100
Paridade: 1 — Pacote rejeitado
Resultado: Erro detectado | xvii. Pacote: 0001000011
Recebido: 00010000111
Paridade: 0 — Pacote aceito
Resultado: Sem erro |
| xii. Pacote: 0001011000
Recebido: 00100110001
Paridade: 0 — Pacote aceito
Resultado: Erro não-detectado | xviii. Pacote: 1001100101
Recebido: 10010001101
Paridade: 1 — Pacote rejeitado
Resultado: Erro detectado |
| xiii. Pacote: 1010111100
Recebido: 10101101010
Paridade: 0 — Pacote aceito
Resultado: Erro não-detectado | xix. Pacote: 0000010111
Recebido: 00000101110
Paridade: 0 — Pacote aceito
Resultado: Sem erro |
| xiv. Pacote: 1011000101
Recebido: 10110001010
Paridade: 1 — Pacote rejeitado
Resultado: Erro detectado | xx. Pacote: 1011001101
Recebido: 10010010010
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 70 ms. Suponha que as estações transmitam dados a uma taxa de 40 Mbps, em quadros de 8750 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 350000 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 40 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	7.28 Mbits	465.0 ms
Estação 2	7.56 Mbits	293.0 ms
Estação 3	7.84 Mbits	598.0 ms
Estação 4	4.48 Mbits	82.0 ms
Estação 5	7.28 Mbits	958.0 ms

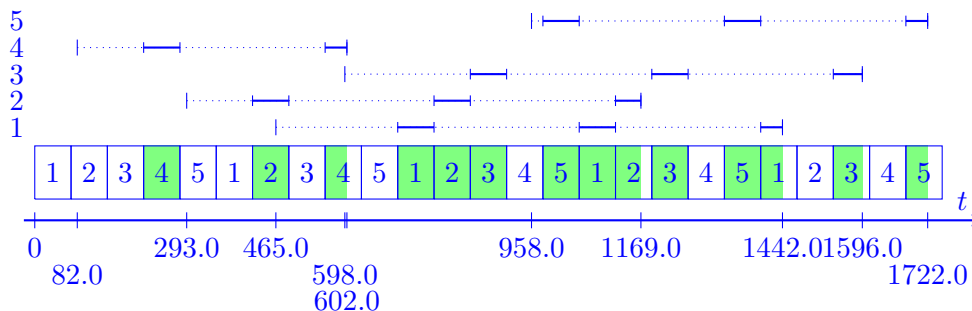
Suponha que o primeiro slot pertence à estação 1 e segue em ordem crescente. Para cada estação, determine:

- 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	104 quadros	700.0 ms — 1442.0 ms	235.0 ms	7.5 Mbps
Estação 2	108 quadros	420.0 ms — 1169.0 ms	127.0 ms	8.6 Mbps
Estação 3	112 quadros	840.0 ms — 1596.0 ms	242.0 ms	7.9 Mbps
Estação 4	64 quadros	210.0 ms — 602.0 ms	128.0 ms	8.6 Mbps
Estação 5	104 quadros	980.0 ms — 1722.0 ms	22.0 ms	9.5 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.

Resposta:

Durante o período de tempo considerado, foi obtida uma vazão média de 21.0 Mbps. Isto corresponde a uma utilização do meio de 52.5% neste período.

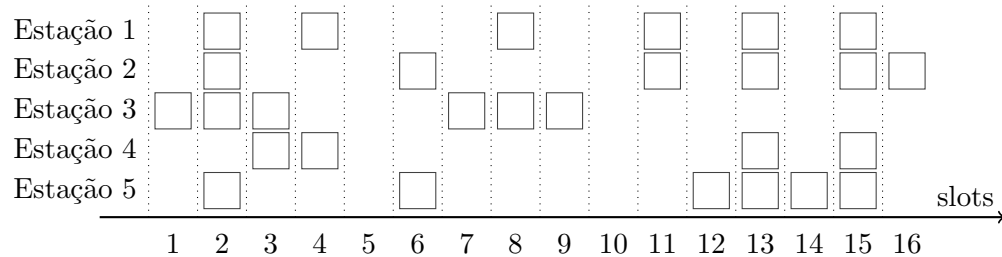
⁵Tempo decorrido entre a estação ter dados para transmitir e a transmissão efetivamente iniciar.

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.

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:

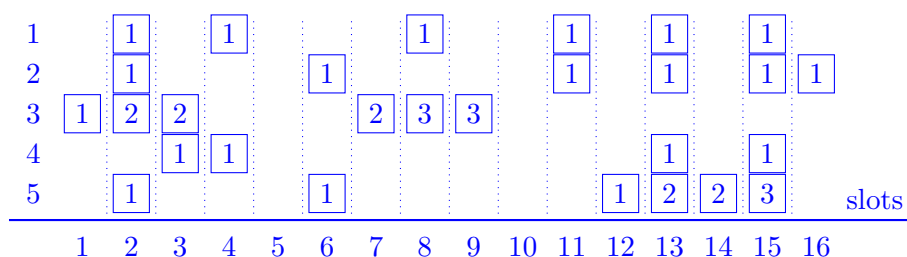
slot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
estado	S	C	C	C	O	C	S	C	S	O	C	S	C	S	C	S

- (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	3 quadros
Estação 2	4 quadros
Estação 3	3 quadros
Estação 4	4 quadros
Estação 5	4 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	Nenhum sucesso
Estação 2	Slot 16
Estação 3	Slot 1
Estação 4	Nenhum sucesso
Estação 5	Slot 12

- (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	3 quadros
Estação 2	3 quadros
Estação 3	0 quadros
Estação 4	4 quadros
Estação 5	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.

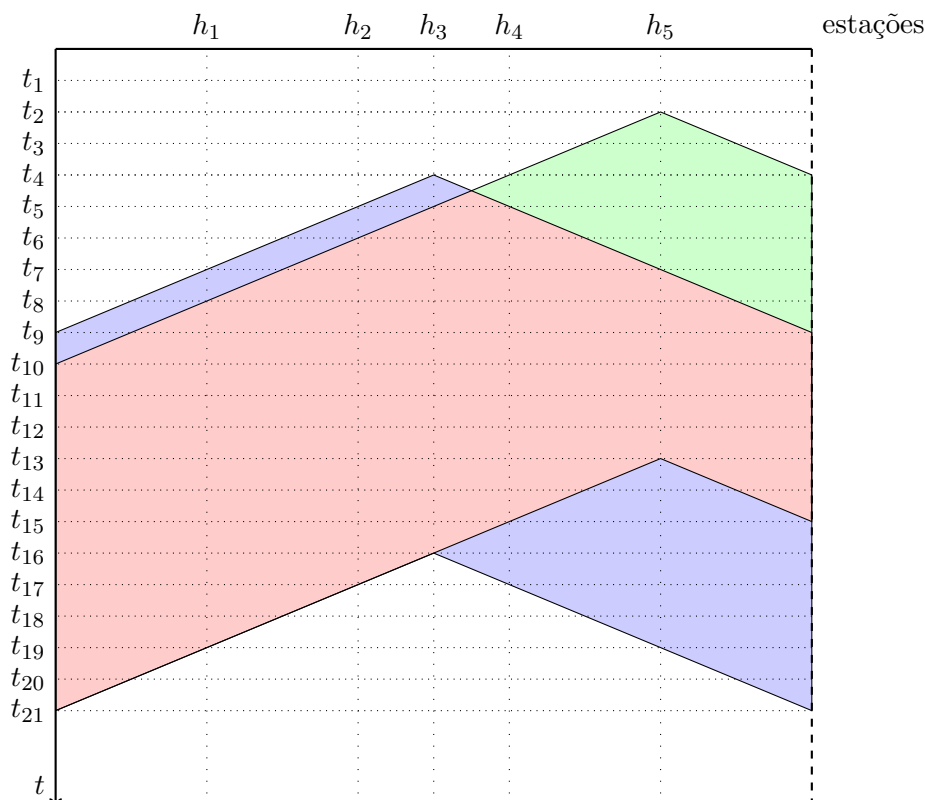
Resposta:

A utilização do canal nesse período foi de 87.5%. Já a eficiência de uso do canal foi bem inferior, 37.5%.

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_5 iniciou sua transmissão primeiro, utilizando o meio entre os instantes de tempo t_2 e t_{13} . Depois disto, a estação h_3 transmite dados entre t_4 e t_{16} .

- (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_5	Transmissão de h_3
h_1	$t_8 - t_{19}$	$t_7 - t_{19}$
h_2	$t_6 - t_{17}$	$t_5 - t_{17}$
h_4	$t_4 - t_{15}$	$t_5 - t_{17}$

- (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:

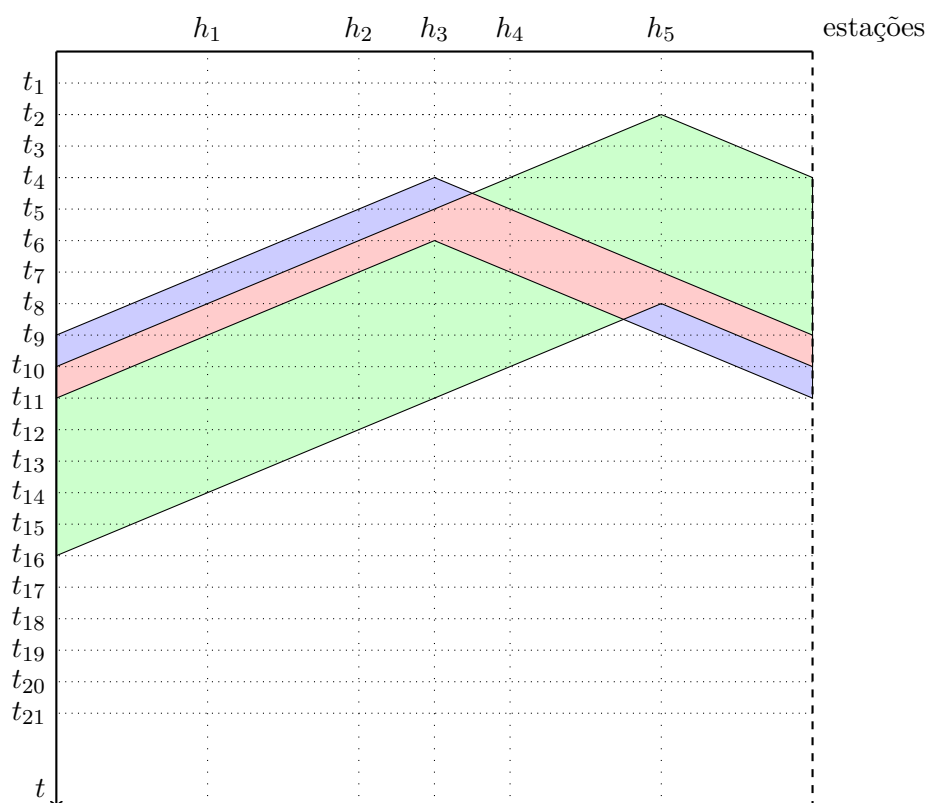
Estação	Vê meio ocupado entre:	Detecta colisão em:
h_1	$t_7 - t_{19}$	t_8
h_2	$t_5 - t_{17}$	t_6
h_3	$t_4 - t_{16}$	t_5
h_4	$t_4 - t_{17}$	t_5
h_5	$t_2 - t_{19}$	t_7

- (e) Considere os instantes de tempo t_3 , t_7 e t_{17} . Quais estações podem iniciar uma transmissão nestes instantes de tempo?

Resposta:

	Estações:
t_3	h_1, h_2, h_3, h_4
t_7	—
t_{17}	h_3

- (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_5 e h_3 transmitiram. Desta vez, a estação h_5 transmitiu entre os instantes de tempo t_2 e t_8 , e a estação h_3 transmitiu entre os instantes de tempo t_4 e t_6 . As demais estações recebem estas transmissões conforme a tabela a seguir:

Estação	Transmissão de h_5	Transmissão de h_3
h_1	$t_8 - t_{14}$	$t_7 - t_9$
h_2	$t_6 - t_{12}$	$t_5 - t_7$
h_4	$t_4 - t_{10}$	$t_5 - t_7$

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	$t_7 - t_{14}$	t_8
h_2	$t_5 - t_{12}$	t_6
h_3	$t_4 - t_{11}$	t_5
h_4	$t_4 - t_{10}$	t_5
h_5	$t_2 - t_9$	t_7

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

	Estações:
t_3	h_1, h_2, h_3, h_4
t_7	—
t_{17}	h_1, h_2, h_3, h_4, h_5

- (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	$t_{14} - t_{19}$
h_2	$t_{12} - t_{17}$
h_3	$t_{11} - t_{16}$
h_4	$t_{10} - t_{17}$
h_5	$t_9 - t_{19}$