

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**IF678 – Infraestrutura de Comunicação**  
**4ª Avaliação Escrita (25/10/2022)**  
**Prof. José Augusto Suruagy Monteiro**

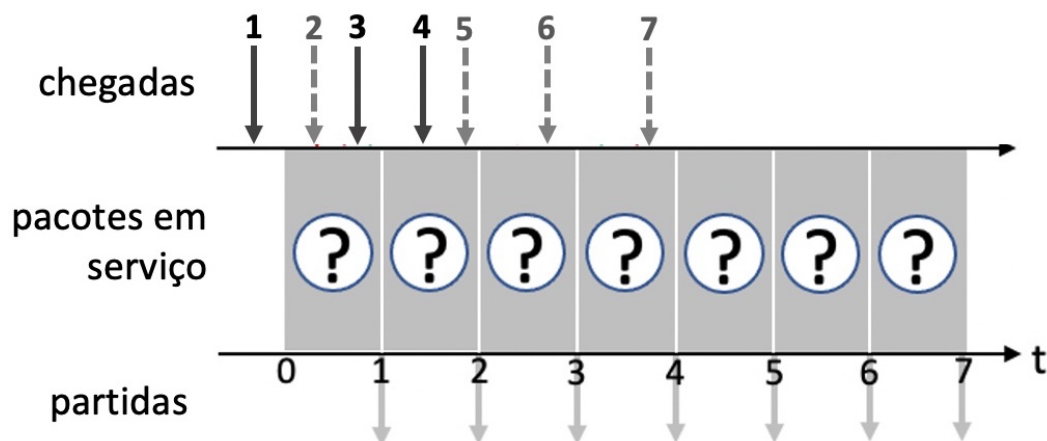
- 1) (1 ponto) **Funções da camada de rede:** Explique com suas palavras em que consistem as duas funções principais da camada de rede: o encaminhamento/repasso e o roteamento, indicando ainda se cada uma é implementada no plano de dados e/ou no plano de controle da camada de rede.

O **encaminhamento/repasso** ocorre num roteador quando recebe um pacote, consulta a sua tabela de repasse para determinar a porta de saída baseado no endereço IP de destino e encaminha o pacote através do elemento de comutação até a porta de saída correspondente. É implementado no plano de dados.

O **roteamento** consiste na troca de informações entre roteadores e na determinação da melhor rota da qual é derivada a tabela de repasse distribuída para cada porta de entrada do roteador. É implementado no plano de controle.

- 2) (1 ponto) **Escalaonamento de pacotes.** Considere o padrão de chegadas na fila da porta de saída de um roteador, de duas classes de pacotes representadas pelas setas sólidas e setas tracejadas, abaixo. Suponha que cada pacote leva uma fatia de tempo para ser transmitido, e só pode iniciar a transmissão no início de uma fatia de tempo após a sua chegada. Indique a sequência dos números de sequência dos pacotes transmitidos nos instantes  $t = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$  com o uso das seguintes políticas de escalaonamento:

- Escalaonamento FCFS/FIFO
- Escalaonamento com prioridade para a classe de pacotes de setas tracejadas:
- Escalaonamento Round-Robin:
- Escalaonamento de enfileiramento justo com pesos (WFQ – *Weighted Fair Queuing*), onde os pacotes da classe das setas sólidas têm peso 1 e os da classe das setas tracejadas têm peso 2.



**Respostas:**

- a) FCFS/FIFO: ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) ( 6 ) ( 7 )

- b) Prioridade: ( 1 ) ( 2 ) ( 5 ) ( 6 ) ( 7 ) ( 3 ) ( 4 )  
 c) Round-Robin: ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 5 ) ( 4 ) ( 6 ) ( 7 )  
 d) WFQ: ( 1 ) ( 2 ) ( 5 ) ( 3 ) ( 6 ) ( 7 ) ( 4 )

3) (1,5 pontos) **Endereçamento IP:** Assuma que você seja o administrador da rede corporativa da sua empresa e você recebeu o bloco de endereços 150.161.180.0/23 para dividir em cinco subredes com as seguintes características:

- a) uma subrede deverá dar suporte a até 254 interfaces,  
 b) outra subrede deverá dar suporte a até 126 interfaces,  
 c) outra subrede deverá dar suporte a até 62 interfaces, e  
 d) duas subredes deverão dar suporte a até 30 interfaces.

Aloque o bloco de endereços recebido entre estas 6 subredes. Para cada subrede, as alocações devem ter o formato a.b.c.d/x.

Bloco original: 150.161.10110100.00000000 (onde a parte sublinhada corresponde ao prefixo da rede com 23 bits).

Para a subrede para até 254 interfaces podemos reservar a primeira ou a segunda metade deste bloco. Reservemos a primeira (24° bit "0"): 150.161.180.0/24

Na segunda metade (24° bit "1", que faz com que o 3° byte tenha o valor 181 em decimal), aloquemos a primeira metade (25° bit "0") para a subrede que deve dar suporte a até 126 interfaces: 150.161.181.0/25

Na outra submetade (25° bit "1"), aloquemos a próxima metade (26° bit "0") para a subrede que deve dar suporte a até 62 interfaces: 150.161.181.128/26

Finalmente dividamos a outra subsubmetade (26° bit "1") em duas subredes cada uma dando suporte a até 30 interfaces: 150.161.181.192/27 e 150.161.181.224/27.

4) (1,5 pontos) **CRC:** Suponha que o receptor em uma comunicação recebeu um quadro formado pela seguinte sequência de bits, incluindo o campo de CRC: 10110111111, para um polinômio gerador  $G(x) = x^3 + x^2 + 1$ .

- a) (0,5 ponto) A mensagem recebida acima está correta? Justifique a sua resposta.

Dividamos a mensagem pelo polinômio gerador (1101)

```

10110111111  1101
1101
1100
1101
1111
1101
1011
1101
1101
1101
000 <= Resto zero: não foi detectado erro

```

- b) (0,25 ponto) Assumindo que a mensagem esteja errada, o que você poderia afirmar sobre os bits que estariam errados na mensagem?

Não poderia afirmar nada sobre que bits estariam errados.

- c) (0,25 ponto) Caso a mensagem esteja correta, quais seriam os dados recebidos? Caso esteja errada, assumindo que o campo de dados da mensagem acima estivesse correto, qual deveria ser o valor do campo de CRC?

Como  $G(x)$  tem grau 3, os três últimos bits da mensagem recebida correspondem ao campo de CRC. Desse modo, os dados propriamente ditos seriam os seguintes bits: 10110111

- d) (0,5 ponto) Apresente uma combinação de erros para a mensagem correta obtida acima que não seriam detectados pelo cálculo de CRC. Justifique sua resposta.

Qualquer sequência de bits errados que tenha o mesmo padrão do polinômio gerador não seria detectado por ser divisível por  $G(x)$ . Portanto, bastaria aplicar um erro qualquer na mensagem com o padrão de  $G(x)$  e fazer a divisão para verificar que o resto daria zero:

```
101101111111 <= Mensagem original
   1101         <= Aplicamos o erro com padrão de G(x)
101011011111 <= Mensagem corrompida

101011011111  1101
1101           11011011
1111
1101
1010
1101
1111
1101
1011
1101
1101
1101
000 <= Resto zero: não foi detectado erro
```

5) (1,5 pontos) **Protocolos de acesso ao meio:**

- a) (0,4 ponto) quais são as características desejáveis para um protocolo de acesso múltiplo para um canal de difusão (*broadcast*) com velocidade de  $R$  bps? Explique.

Idealmente o protocolo de acesso deveria garantir:

- (i) se houver apenas um nó querendo transmitir, que possa usar toda a banda do canal ( $R$  bps), sem desperdiçar banda.
- (ii) se houver  $M$  nós querendo transmitir, cada um possa usar em média  $R/M$  bps, mais uma vez, sem desperdício.
- (iii) não haja necessidade de nenhum controle centralizado ou sincronismo entre os nós, por simplicidade e tolerância a falhas
- (iv) seja simples, para que seja barata a sua implementação.

- b) (0,3 ponto) apresente sucintamente os protocolos de divisão de canal e avalie quais destas características desejáveis são atendidas pelos mesmos.  
Nos protocolos de divisão de canal, a largura de banda  $R$  é dividida entre os  $N$  nós participantes. Caso um dos nós não use a sua parte, a banda fica ociosa (desperdício).  
Atende a característica (ii) apenas no caso particular de que  $M=N$ .  
É um esquema simples (característica iv).
- c) (0,4 ponto) apresente sucintamente os protocolos de acesso aleatório e avalie quais destas características desejáveis são atendidas pelos mesmos.  
Não há nenhum controle entre os nós. Quando um nó quer transmitir pode aguardar que o canal esteja liberado e transmite. Caso mais de um transmita simultaneamente ocorre uma colisão desperdiçando as transmissões.  
Atende à característica (i): se apenas um nó quiser transmitir, transmite na taxa  $R$  sem colisões.  
Não atende à característica (ii) por conta das possíveis colisões quando há mais de um nó querendo transmitir.  
Atende às características iii (não há necessidade de coordenação e nem sincronização entre os nós na maioria dos protocolos) e iv (é simples).
- d) (0,4 ponto) apresente sucintamente os protocolos de revezamento e avalie quais destas características desejáveis são atendidas por eles.  
Há uma permissão (token) que é passada entre os nós. Um nó transmite quando estiver de posse do token e depois passa o token adiante para o próximo nó.  
i) Se houver apenas um nó querendo transmitir consegue transmitir a quase  $R$  bps, pois é preciso que o token circule entre os demais nós até retornar ao mesmo.  
ii) Com  $M$  nós querendo transmitir, há um pequeno desperdício de banda na passagem do token entre os  $M$  nós, mas não há colisões.  
iii) O token é a “sincronização” entre as estações.  
iv) Não é muito simples, pois precisa lidar com situações como a de perda do token.
- 6) (1,75 pontos) Compare os dois principais **protocolos de acesso ao meio** utilizados em redes locais cabeadas e sem fio, respectivamente o CSMA/CD e o CSMA/CA. Para cada um destes protocolos responda:
- a) (0,4 ponto) o que faz o transmissor quando tem algum pacote a transmitir?  
CSMA/CD: Aguarda o meio ficar livre e transmite.  
CSMA/CA: aguarda e envia um pedido de transmissão (RTS)
- b) (0,35 ponto) em que casos podem ocorrer colisões?  
CSMA/CD: tempo vulnerável em que um nó iniciou a transmissão e outro ainda não percebeu isso; se dois nós aguardarem que um terceiro termine a sua transmissão para transmitir, haverá uma colisão
- c) (0,25 ponto) como cada interface percebe a ocorrência destas colisões?

CSMA/CD: pelo aumento da potência do sinal no meio.

CSMA/CA: pela ausência do recebimento do CTS

- d) (0,25 ponto) o que a interface faz ao perceber a ocorrência de colisão?

CSMA/CD: interrompe a transmissão após o envio de um sinal de reforço de colisão.

CSMA/CA: fica quieto...

- e) (0,25 ponto) em caso de colisão, quando o dado será retransmitido?

CSMA/CD: aguarda um intervalo aleatório (retirada exponencial binária) e volta a escutar o meio, transmite se estiver livre.

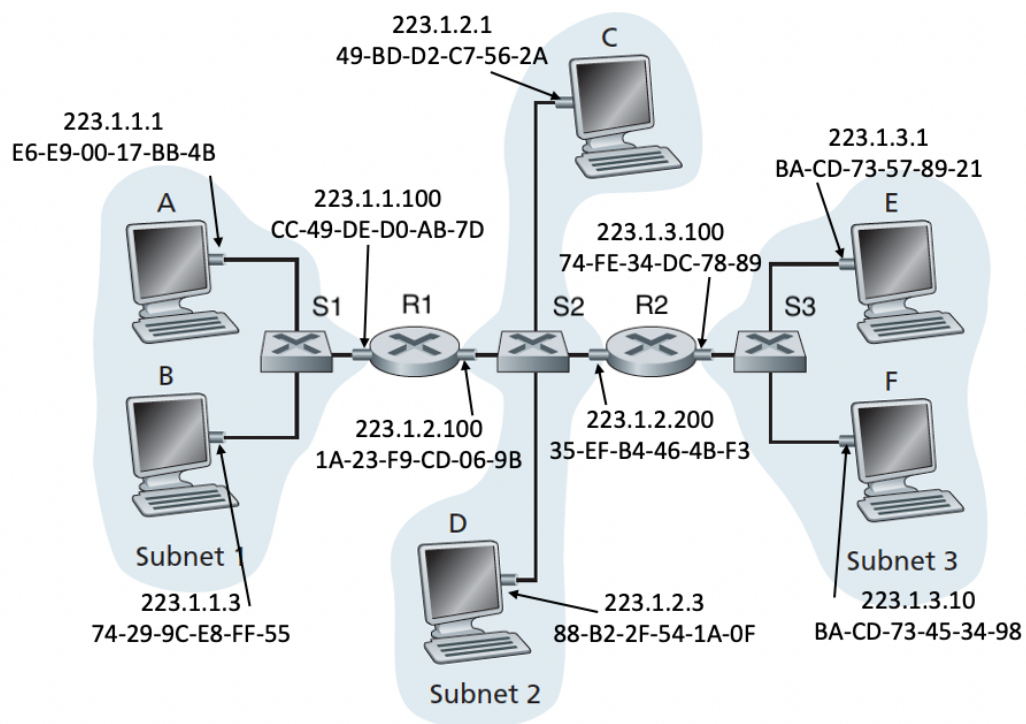
CSMA/CA: aguarda um intervalo aleatório para tentar novamente enviar um RTS, caso não tenha sido enviado no meio tempo um CTS para outro nó.

- f) (0,25 ponto) como o transmissor sabe que teve sucesso com a sua transmissão?

CSMA/CD: considera que teve sucesso se terminou a transmissão do quadro sem a detecção de uma colisão, mas não sabe se o destinatário recebeu.

CDMA/CA: sabe que teve sucesso com o recebimento de ACK do receptor.

- 7) (1,75 pontos) Considere as três subredes abaixo interconectadas por dois roteadores, como ilustrado na figura abaixo, onde estão apresentados ainda os endereços IP e MAC de cada uma das interfaces.



- a) (0,25 ponto) Explique como cada interface recebe o seu endereço IP e o seu endereço MAC.

Os endereços MAC já vêm configurados de fábrica em cada placa de rede (interface). Os endereços IP são configurados pelo administrador da rede ou automaticamente via DHCP.

- b) (0,5 ponto) Considere o envio de um datagrama do Hospedeiro “E” para o Hospedeiro “F”. O Hospedeiro “E” pedirá ao roteador “R2” para ajudar a encaminhar o datagrama? Por quê?

Dado que “E” e “F” estão na mesma subrede (a 3) – “E” perceberá isso pelo endereço IP de “F” – não há a necessidade de intervenção do roteador R2. A comunicação é feita diretamente de “E” para “F”.

No quadro Ethernet que contém o datagrama IP, quais são os endereços IP e MAC da origem e do destino?

Endereço IP origem: 223.1.3.1

Endereço MAC origem: BA-CD-73-57-89-21

Endereço IP destino: 223.1.3.10

Endereço MAC destino: BA-CD-73-45-34-98

- c) (0,25 ponto) Suponha que “E” queira enviar um datagrama IP para “B”, e assuma que a cache ARP de “E” não contenha o endereço MAC de “B”. “E” efetuará uma consulta ARP para descobrir o endereço MAC de “B”? Por quê?

Não, como “B” se encontra em outra subrede, “E” deverá encaminhar o datagrama via o roteador R2 e só precisará do endereço MAC de R2.

- d) (0,25 ponto) No quadro Ethernet (que contém o datagrama IP originado em “E” e destinado a “B”) que é entregue ao roteador “R2”, quais são os endereços IP e MAC da origem e do destino?

Endereço IP origem: 223.1.3.1

Endereço MAC origem: BA-CD-73-57-89-21

Endereço IP destino: 223.1.1.3

Endereço MAC destino: 74-FE-34-DC-78-89 (Endereço MAC da interface direita de R2)

- e) (0,25 ponto) Suponha que o Hospedeiro “A” queira enviar um datagrama para o Hospedeiro “B”, e nem o cache ARP de “A” contém o endereço MAC de “B”, nem o cache ARP de “B” contém o endereço MAC de “A”. Dessa forma, “A” transmitirá uma mensagem de requisição ARP. Que ações o comutador “S1” tomará quando receber a mensagem de requisição ARP?

A mensagem de requisição ARP é enviada via difusão para o endereço FF-FF-FF-FF-FF-FF, assim S1 repassará a solicitação seja para B que para R1.

O roteador “R1” também receberá a mensagem de requisição ARP?

Sim, vide acima.

Em caso afirmativo, “R1” encaminhará a mensagem para a sub-rede 2?

Não, pois foi uma mensagem de camada de enlace destinada apenas aos que fazem parte da subrede 1.

- f) (0,25 ponto) No cenário do item anterior (e), assim que o Hospedeiro “B” receber esta mensagem de requisição ARP, ele enviará a mensagem de volta ao Hospedeiro “A”. Mas enviará uma mensagem ARP de consulta para o endereço MAC de “A”? Por quê?

“B” aprenderá o endereço MAC de “A” a partir do quadro no qual veio a solicitação ARP. Portanto, não é necessário fazer uma nova consulta.

O que o comutador “S1” fará quando receber a mensagem de resposta ARP do Hospedeiro “B”?

Repassará a mensagem diretamente para “A” pois já terá aprendido a que interface ele está conectado e a resposta é enviada diretamente para o endereço MAC de “A” e não por difusão.