

Estudo dirigido sobre o capítulo 5 (parte 1) – camada de enlace



INSTITUTO FEDERAL
RIO GRANDE DO SUL

1. Descreva os dois tipos de canais de camada de enlace.

- O primeiro tipo são os canais de *broadcast*, que são comuns em redes locais (LANs), LANs sem fio, redes por satélite e redes de acesso híbridas de cabo coaxial e de fibra (HFC)
 - Muitos hospedeiros estão conectados ao mesmo canal de comunicação e é preciso um protocolo de acesso ao meio para coordenar transmissões e evitar colisões entre quadros transmitidos
- O segundo tipo de canal de camada de enlace é o enlace de comunicação ponto a ponto, tal como o existente entre dois roteadores ou entre um modem discado residencial e um roteador ISP

2. Quais são os serviços oferecidos por um protocolo de camada de enlace ?

- Enquadramento de quadros
- Acesso ao enlace
- Entrega confiável
- Controle de fluxo
- Detecção de erros
- Correção de erros

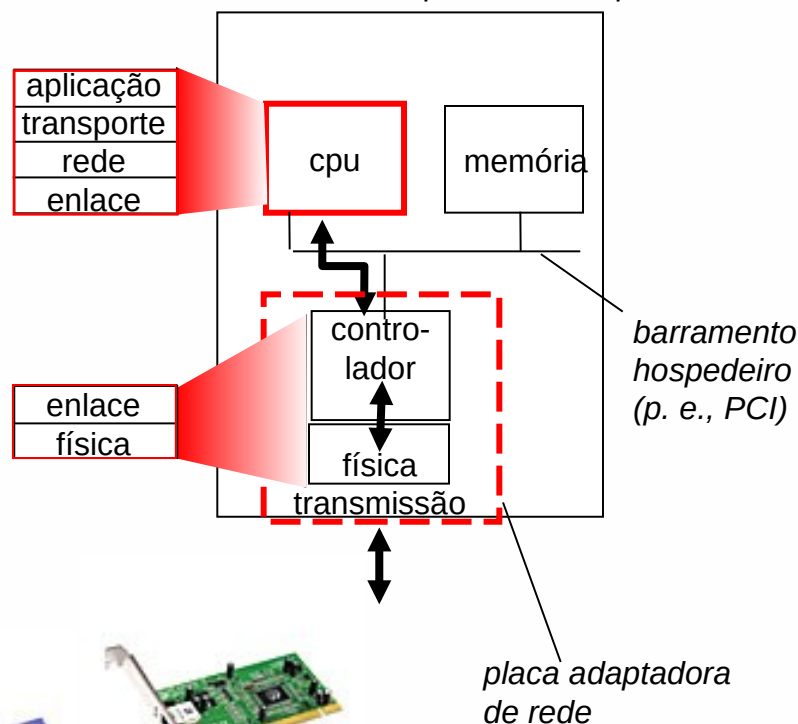
3. Onde é implementada a camada de enlace ?

- Na maior parte, a camada de enlace é implementada em um adaptador de rede, por vezes também conhecido como controlador de interface de rede (NIC)
- No núcleo do adaptador de rede está o controlador da camada de enlace, normalmente um único chip de sistema especial, que implementa vários serviços da camada de enlace
- Dessa forma, muito da funcionalidade do controlador da camada de enlace é implementado em hardware
- Parte da camada de enlace é implementada em software que é executada na CPU do hospedeiro: recepção do datagrama, montagem de informações de endereçamento da camada de enlace e ativação do controle de hardware
 - No lado receptor, o software de camada de enlace responde a interrupções do controlador (por ex., devido ao recebimento de um ou mais quadros), lida com condições de erro e passa o datagrama para a camada de rede

3. Onde é implementada a camada de enlace ?



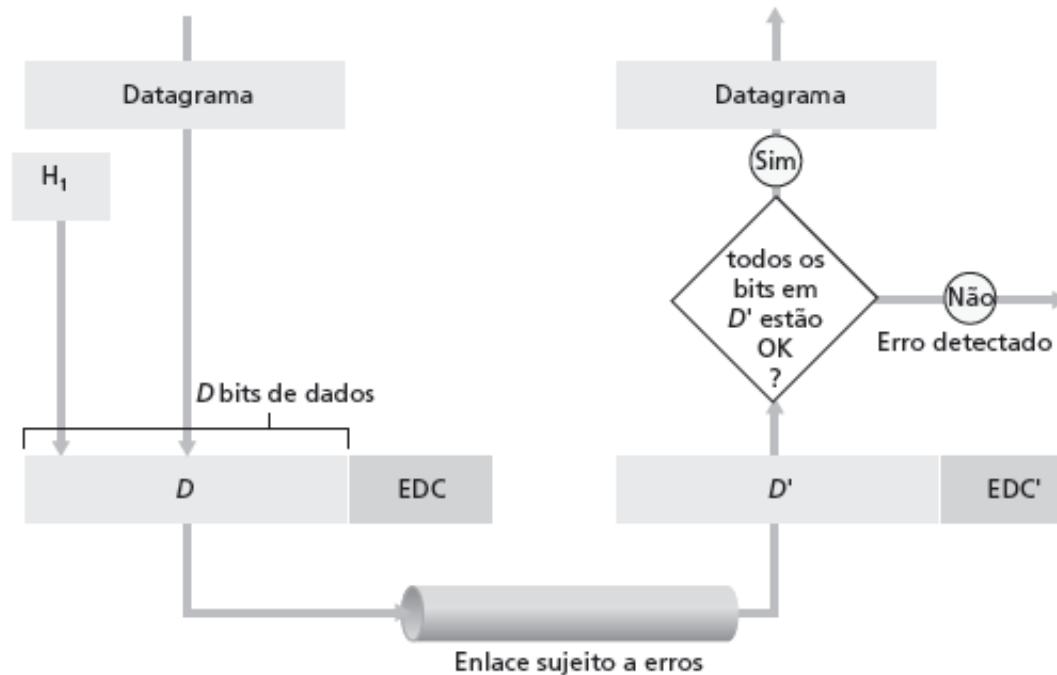
esquema do hospedeiro



4. Explique a figura 5.4.

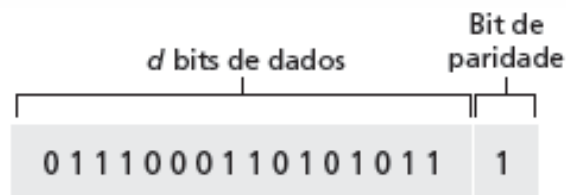
- No nó remetente, para que os dados, D , fiquem protegidos contra erros de bits, eles são aumentados com bits de detecção e de correção (*error detection-and-correction bits* – EDC)
- Tanto D como EDC são enviados ao nó receptor em um quadro de enlace
 - No nó receptor, são recebidas sequências D' e EDC' , que podem ser diferentes dos D e EDC originais, como resultado de alterações nos bits em trânsito

4. Explique a figura 5.4.



5. Como é implementada a técnica de paridade par no transmissor ?

- Em um esquema de paridade par, o remetente simplesmente inclui um bit adicional e escolhe o valor desse bit de modo que o número total de 1 nos bits $d+1$ (a informação original mais um bit de paridade) seja par



6. Explique a técnica de paridade bidimensional.

	Paridade de linha →			
Paridade de coluna ↓	$d_{1,1}$	...	$d_{1,j}$	$d_{1,j+1}$
	$d_{2,1}$	...	$d_{2,j}$	$d_{2,j+1}$

	$d_{i,1}$	...	$d_{i,j}$	$d_{i,j+1}$
	$d_{i+1,1}$	...	$d_{i+1,j}$	$d_{i+1,j+1}$

Nenhum erro

1	0	1	0	1	1
1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	0	1
0	0	1	0	1	0

Erro de bit
único corrigível

1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	0	0
0	1	1	1	0	1
0	0	1	0	1	0

Erro de paridade

Erro de paridade

7. O que é CRC ?

- É uma técnica de detecção de erros usada amplamente nas redes de computadores de hoje
- Códigos de verificação de redundância cíclica (*cyclic redundancy check* - CRC) também são conhecidos como códigos polinomiais, já que é possível considerar a cadeia de bits a ser enviada como um polinômio cujos coeficientes são os valores 0 e 1 na cadeia de bits, sendo as operações na cadeia de bits interpretadas como aritmética polinomial

7. O que é CRC ?

- Considere a parcela de d bits de dados, D , que o nó remetente quer enviar para o nó receptor
- O remetente e o receptor devem, primeiramente, concordar com um padrão de $r+1$ bits, conhecido como um gerador, que será denominado G
- Para uma dada parcela de dados, D , o remetente escolherá r bits adicionais, R , e os anexará a D de modo que o padrão de $d+r$ bits resultante (interpretado como um número binário) seja divisível exatamente por G usando aritmética de módulo 2
- O processo de verificação de erros é simples: o receptor divide os $d+r$ bits recebidos por G
 - Se o resto for diferente de zero, o receptor saberá que ocorreu um erro; caso contrário, são aceitos como corretos

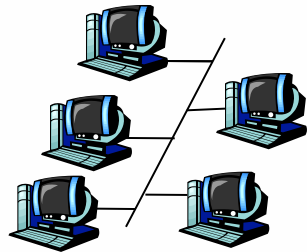
8. Qual é o significado do termo *broadcast* ?

- Pode ter vários nós remetentes e receptores, todos conectados ao mesmo canal de transmissão único e compartilhado
- O termo *broadcast* é usado porque, quando qualquer um dos nós transmite um quadro, o canal propaga o quadro e cada um dos nós recebe uma cópia
- A ethernet e as LANs sem fio são exemplos de tecnologias de *broadcast* de camada de enlace

9. Qual é o objetivo dos protocolos de acesso múltiplo ?

- Para assegurar que o canal *broadcast* realize trabalho útil quando há vários nós ativos, é preciso coordenar, de algum modo, as transmissões destes nós ativos
- Essa tarefa de coordenação é de responsabilidade do protocolo de acesso múltiplo

9. Qual é o objetivo dos protocolos de acesso múltiplo ?



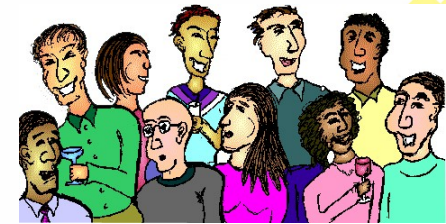
fio compartilhado (p. e., Ethernet cabeado)



RF compartilhada
(p. e., WiFi 802.11)



RF compartilhada
(satélite)



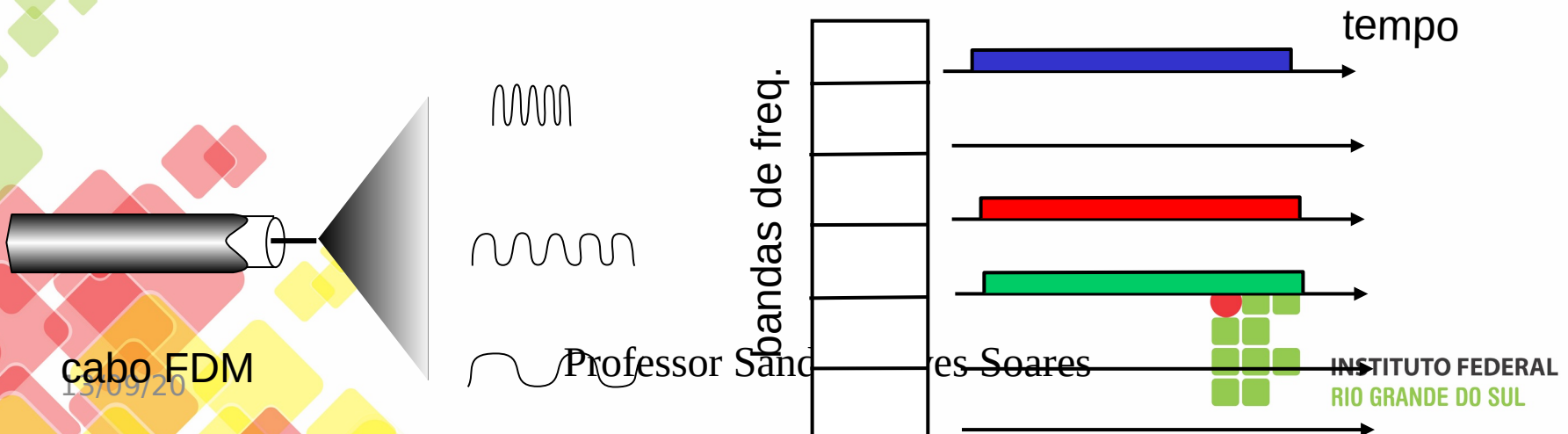
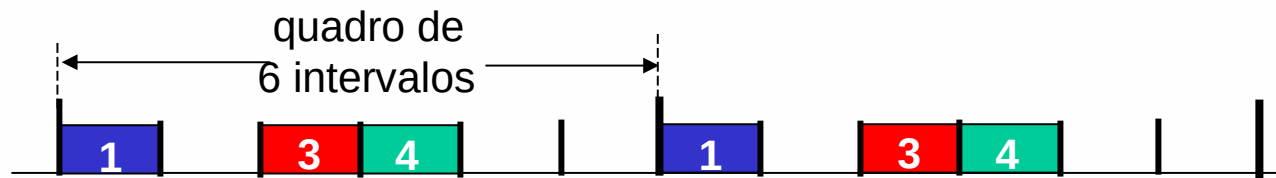
humanos em uma festa
(ar e acústica compartilhados)

10. Como podem ser classificados os protocolos de acesso múltiplo?

- Podemos classificar qualquer protocolo de acesso múltiplo em uma das seguintes categorias: protocolos de divisão de canal, protocolos de acesso aleatório e protocolos de revezamento

11. Liste os três protocolos de divisão de canal.

- Multiplexação por divisão de tempo (TDM) e a multiplexação por divisão de frequência (FDM)
- Um terceiro protocolo de divisão de canal é o protocolo de acesso múltiplo por divisão de código



12. Aponte uma desvantagem de um protocolo de acesso múltiplo que use multiplexação por divisão de tempo (TDM) .

- A primeira desvantagem é que um nó fica limitado a uma velocidade média de R/N bps, mesmo quando ele é o único nó com pacotes a enviar
- A segunda desvantagem é que o nó deve sempre esperar sua vez na sequência de transmissão – de novo, mesmo quando ele é o único nó com um quadro a enviar

13. Como funciona um protocolo de acesso múltiplo por divisão de código (CDMA) ?

- O protocolo CDMA atribui um código diferente a cada nó
- Então, cada nó usa seu código exclusivo para codificar os bits de dados que envia
- Se os códigos forem escolhidos cuidadosamente, as redes CDMA terão a maravilhosa propriedade de permitir que nós diferentes transmitam simultaneamente...
 - e, ainda assim, consigam que seus receptores respectivos recebam corretamente os bits codificados pelo remetente (admitindo-se que o receptor conheça o código do remetente), a despeito das interferências causadas pelas transmissões dos outros nós

14. Como é o funcionamento de um protocolo de acesso aleatório ?

- Com um protocolo de acesso aleatório, um nó transmissor sempre transmite à taxa total do canal, isto é, R bps
- Quando há uma colisão, cada nó envolvido nela retransmite repetidamente seu quadro até que passe sem colisão
- Mas quando um nós sofre uma colisão, ele nem sempre retransmite o quadro imediatamente
- Em vez disso, ele espera um tempo aleatório antes de transmitir o quadro
- Cada nó envolvido em uma colisão escolhe atrasos aleatórios independentes

15. Como é o funcionamento do *slotted ALOHA* em cada nó ?

- Quando o nó tem um novo quadro para enviar, espera até o início do próximo intervalo e transmite o quadro inteiro no intervalo
- Se não houver uma colisão, o nó transmitirá o seu quadro com sucesso e, assim, não precisará considerar a retransmissão do quadro
- Se houver uma colisão, o nó a detectará antes do final do intervalo
 - Ele retransmitirá seu quadro em cada intervalo subsequente com probabilidade p até que o quadro seja transmitido sem colisão

16. Qual é a diferença do Aloha pura em relação ao *slotted ALOHA* ?

- O *slotted ALOHA* requer que todos os nós sincronizem suas transmissões para que comecem no início de um intervalo
- O primeiro protocolo ALOHA era, na realidade, um protocolo sem intervalos e totalmente descentralizado
- No ALOHA puro, quando um quadro chega pela primeira vez, o nó imediatamente o transmite inteiro ao canal *broadcast*
- Tanto no *slotted ALOHA* quanto no ALOHA puro, a decisão de transmitir tomada por um nó independe da atividade dos outros nós ligados ao canal *broadcast*

17. O que são detecção de portadora e detecção de colisão ?

- Detecção de portadora – um nó ouve o canal antes de transmitir
 - Se um quadro de outro nó estiver correntemente sendo transmitido para dentro do canal, o nó então esperará (se afastará – *back off*) por um período de tempo aleatório e, então, novamente sondará o canal
- Detecção de colisão – um nó que está transmitindo ouve o canal enquanto transmite
 - Se detectar que outro nó está transmitindo um quadro interferente, ele para de transmitir e usa algum protocolo para determinar quando deve tentar transmitir novamente

18. Se todos os nós realizam detecção de portadora, por que ocorrem colisões?

- Quanto mais longo for o atraso de propagação fim a fim do canal, maior será a chance de um nó que detecta portadora ainda não poder perceber uma transmissão que já começou em outro nó da rede

19. Descreva o protocolo de revezamento de seleção (*polling*) . Dê um exemplo de tecnologia que o utiliza.

- O protocolo de *polling* requer que um dos nós seja designado como nó mestre
- O nó mestre seleciona cada um dos nós por alternância circular
- O protocolo de *polling* elimina as colisões e os intervalos vazios que atormentam os protocolos de acesso aleatório, o que permite que ele tenha uma eficiência muito maior
- Uma desvantagem é que o protocolo introduz um atraso de seleção
- Outra desvantagem é que se o nó mestre falhar, o canal inteiro ficará inoperante
- O protocolo 802.15 e o Bluetooth são exemplos de protocolos de *polling*

20. Descreva o protocolo de revezamento de passagem de permissão . Dê um exemplo de tecnologia que o utiliza.

- Um pequeno quadro de finalidade especial conhecido como uma permissão (*token*) é passado entre os nós obedecendo a uma determinada ordem fixa
- Quando um nó recebe uma permissão, ele a retém somente se tiver alguns quadros para transferir, caso contrário, imediatamente a repassa para o nó seguinte
- Se um nó tiver quadros para transmitir quando recebe a permissão, ele enviará um número máximo de quadros e, em seguida, passará a permissão para o nó seguinte
- A passagem de permissão é descentralizada e tem uma alta eficiência
- Desvantagem: a falha de um nó pode derrubar o canal inteiro
- Exemplos: FDDI e o IEEE 802.5
- A FDDI foi projetada para LANs de alcance geográfico maior, incluindo as denominadas redes de área metropolitana (MANs)

21. O que é um endereço MAC? Descreva algumas de suas características .

- São endereços de camada de enlace
- É também denominado endereço de LAN, um endereço físico ou um endereço MAC (*media access control*)
- Para a maior parte das LANs (incluindo a Ethernet e as LANs 802.11 sem fio), o endereço MAC tem 6 bytes de comprimento
- É possível mudar o endereço MAC de um adaptador via software, apesar deles serem projetados como permanentes
- O endereço MAC de um adaptador tem uma estrutura linear e nunca muda, não importando para onde vá o adaptador (semelhante ao CPF)
- O endereço IP é hierárquico (semelhante ao endereço da moradia)
- Numa rede *broadcast*, conforme o endereço MAC de destino, somente o adaptador deste nó interromperá seu nó pai quando receber um quadro

22. Descreva uma consulta ARP .

- Como existem endereços de camada de rede e endereços de camada de enlace, é preciso fazer a tradução de um para outro – essa é uma tarefa do protocolo de resolução de endereços (*address resolution protocol* – ARP)
- Para enviar um datagrama, o nó da fonte deve dar a seu adaptador não somente o datagrama IP, mas também o endereço MAC para o nó de destino
- Um módulo ARP no nó remetente toma como entrada qualquer endereço IP na mesma LAN e retorna o endereço MAC correspondente
- O ARP converte endereços IP apenas para nós na mesma sub-rede
- Cada nó tem em sua RAM uma tabela ARP que contém mapeamentos de endereços IP para endereços MAC

22. Descreva uma consulta ARP .

- No caso do mapeamento não estar contigo na tabela ARP, o nó remetente monta um pacote especial denominado *ARP Query*
- O endereço de destino é *FF-FF-FF-FF-FF-FF*
- O único nó (no máximo) que atende a essa condição devolve um pacote ARP de resposta ao nó que fez a consulta, com o mapeamento desejado
- O nó que fez a consulta pode, então, atualizar sua tabela ARP
- O ARP é um protocolo *plug-and-play*, isto é, é construída automaticamente

23. O que há de novo quando o pacote é dirigido a um hospedeiro em outra sub-rede.

- Um roteador que tem duas interfaces, tem dois endereços IP, dois módulos ARP e dois adaptadores
- Quando um pacote é dirigido a outra sub-rede, o endereço MAC de destino primeiramente utilizado é o da interface do roteador que leva à outra sub-rede

23. O que há de novo quando o pacote é dirigido a um hospedeiro em outra sub-rede.

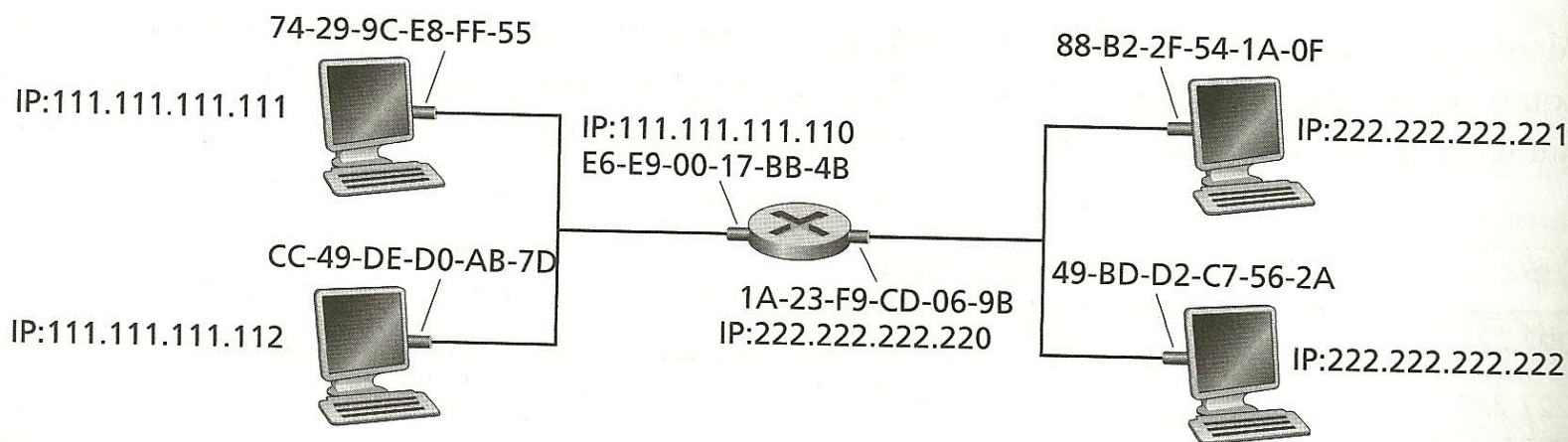


Figura 5.19 Duas sub-redes interconectadas por um roteador