



**INSTITUTO FEDERAL**  
Paraná  
Campus Paranavaí



RDE – Semana 1

# Redes de Computadores


Camada de Enlace

André R. Zavan

1

## OBJETIVOS DA AULA

- Camada de Enlace
  - *Enquadramento*
  - *Técnicas de Bit e Byte Stuffing*
  - *Endereçamento*
  - *Detecção de Erros*



2

2

## CAMADA DE ENLACE

- Garantir a comunicação entre dispositivos adjacentes
- Criar, interpretar corretamente os quadros
- Detectar e quando possível corrigir erros
- Controle de Fluxo



3

3

## CAMADA DE ENLACE

- É sabido que a camada física é responsável pela transmissão efetiva dos dados, ou seja, transmissão bit a bit.
  - Já a camada de enlace trabalha com bloco de bits, denominados QUADROS ou FRAMES.

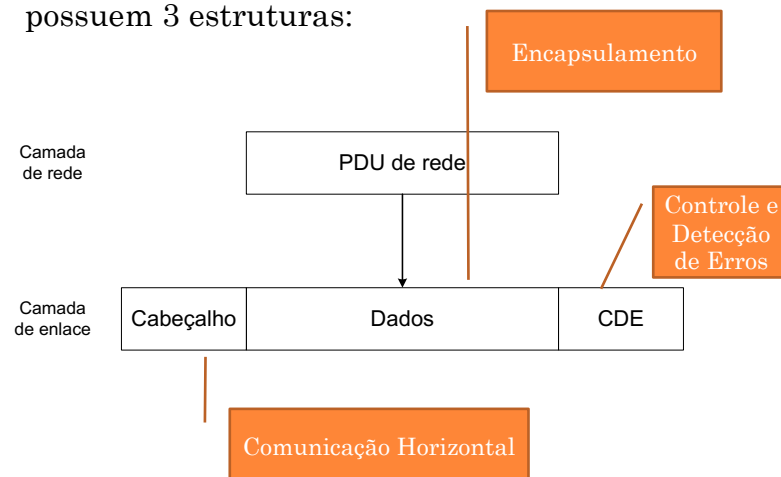


4

4

## ESTRUTURA DE UM QUADRO

- Na grande maioria dos protocolos os QUADROS possuem 3 estruturas:



5

## ENQUADRAMENTO (FRAMING)

- Como a camada de enlace trabalha com quadros, o receptor deve ser capaz de identificar o **início** e **fim** de cada bloco transmitido.
- No exemplo abaixo (*comunicação vertical*) a camada física enviou uma sequência de bits para a camada de enlace, na qual esses bits foram enquadrados, sem delimitação de quadros.

0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 (a)

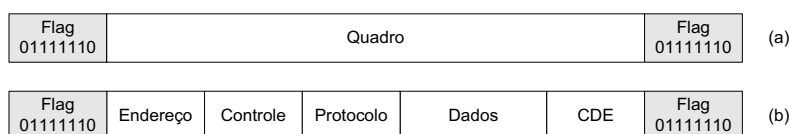
|                 |           |                   |
|-----------------|-----------|-------------------|
| 0 0 1 1 0 0 0 0 | 1 1 1 1 0 | 0 0 1 0 0 1 1 1 1 |
|-----------------|-----------|-------------------|

(b)

6

## ENQUADRAMENTO (FRAMING)

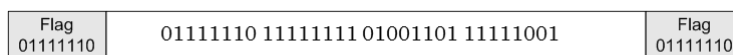
- Na sua grande maioria os protocolos utilizam um *FLAG* para identificar os limites (início/fim) do quadro.
- No caso do protocolo de enlace PPP e HDLC é utilizado o mesmo *FLAG* para identificar tanto o início como o fim de cada quadro.



7

## ENQUADRAMENTO (FRAMING)

- Existem casos em que esse tipo de delimitação pode causar problemas:
  - Ocorrência do próprio *FLAG* dentro quadro.



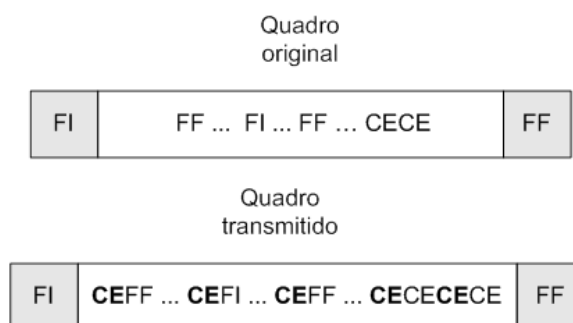
Nesta situação se faz necessário diferenciar o FLAG delimitador e o flag que representa a informação!

8

## TÉCNICAS: *BIT E BYTE STUFFING*

### Byte Stuffing

- Adota-se um caractere especial que permite identificar a ocorrência do delimitador dentro de quadro.



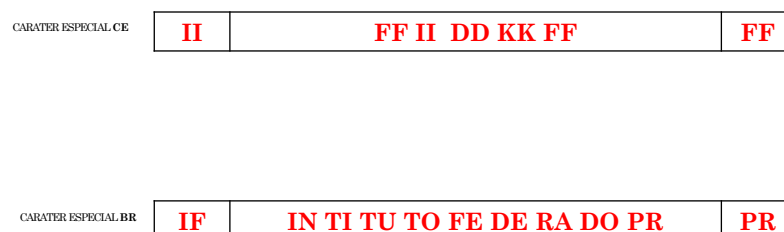
Aula 10: Camada de Enlace

9

9

## ENQUETE – BYTE STUFFING

- Aplicando a técnica acima informe qual será o quadro transmitido para cada exemplo:

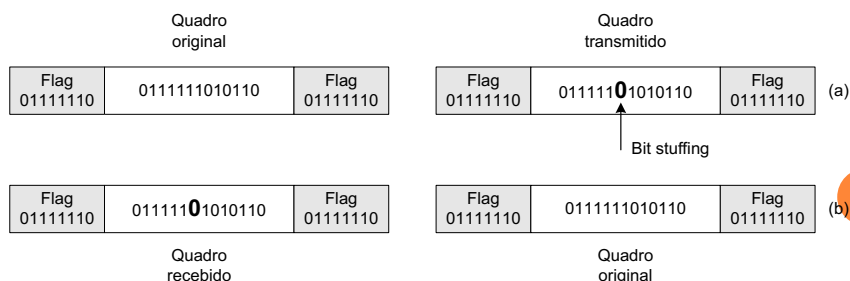


10

10

## BIT STUFFING

- Sempre que surgir uma sequência de cinco bits “1” dentro do quadro, um bit adicional “0” é adicionado pelo transmissor após a sequência.
- Se aparecer um bit “0” após uma sequência de cinco bits “1”, significa que a sequência é uma informação e o bit “0” deverá ser removido. Caso contrário, a sequência representa realmente um delimitador.



Aula 10: Camada de Enlace

11

## EXERCÍCIO – BIT STUFFING

- Aplicando a técnica acima informe qual será o quadro recebido para cada exemplo:

|          |                    |          |
|----------|--------------------|----------|
| 01111110 | 001111101111100000 | 01111110 |
|----------|--------------------|----------|

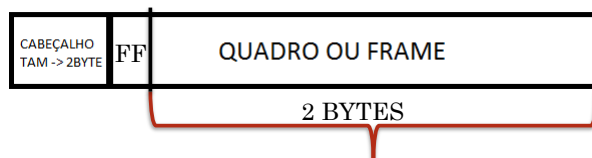
|          |               |          |
|----------|---------------|----------|
| 01111110 | 0111111010110 | 01111110 |
|----------|---------------|----------|

Aula 10: Modelo de Camadas

12

## ENQUADRAMENTO (FRAMING)

- Em protocolos orientados a caractere é possível implementar outro tipo de enquadramento, no qual este leva em consideração o *tamanho do quadro*.
- Existe um cabeçalho que indica o número de bytes que compõe o restante do frame, não sendo necessário um delimitador de fim, apenas de início.



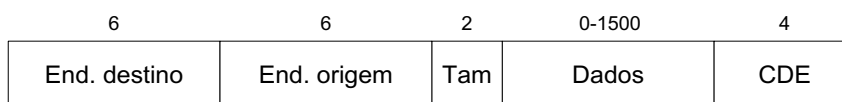
Aula 10: Camada de Enlace

13

13

## ENDEREÇAMENTO DA CAMADA DE ENLACE

- Associado a interface de comunicação, que conecta o dispositivo a rede.
  - Endereço Físico ou
  - MAC (*Medium Access Control*)



Aula 10: Camada de Enlace

14

14

## ENDEREÇAMENTO DA CAMADA DE ENLACE

```

Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe

Sufixo DNS primário . . . . . : 
Tipo de nó . . . . . : híbrido
Roteamento de IP ativado . . . . . : não
Proxy WINS ativado . . . . . : não

Adaptador Ethernet Conexão local:

Estado da mídia . . . . . : mídia desconectada
Sufixo DNS específico de conexão . . . . . : 
Descrição . . . . . : Micron PCI Express Gigabit Ethernet Adapter
Endereço Físico . . . . . : 48-5B-39-5A-08-B2
DHCP Habilitado . . . . . : Sim
Configuração Automática Habilitada . . . . . : Sim

Adaptador de Rede sem Fio Conexão de Rede sem Fio:

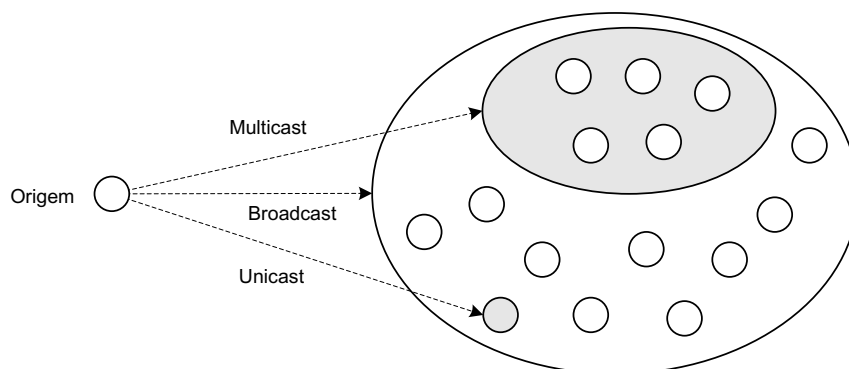
Sufixo DNS específico de conexão . . . . . : 
Descrição . . . . . : Atheros AR9285 Wireless Network Adapter
Endereço Físico . . . . . : 1C-4B-D6-CE-BA-C1
DHCP Habilitado . . . . . : Sim
Configuração Automática Habilitada . . . . . : Sim
Endereço IPv6 de link local . . . . . : fe80::fc23:6be3:48a:b49c%11(Preferencial)
  
```

Aula 10: Camada de Enlace

15

15

## FORMAS DE ENDEREÇAMENTO



Aula 10: Camada de Enlace

16

16



## DETECÇÃO DE ERROS

- O controle de erros da camada de enlace envolve duas importantes etapas:

- Detecção do Erro
- Correção do Erro



Aula 10: Camada de Enlace

17

17

## DETECÇÃO DE ERROS

- O mecanismo de detecção de erros é semelhante ao dígito verificador de uma conta bancária.

|          |      |        |       |   |    |
|----------|------|--------|-------|---|----|
| Agência: | 0692 | Conta: | 55987 | 2 | OK |
|----------|------|--------|-------|---|----|

- Este dígito verificador é gerado a partir dos números que compõem a conta corrente utilizando de uma função específica.

Aula 10: Camada de Enlace

18

18

## DETECÇÃO DE ERROS

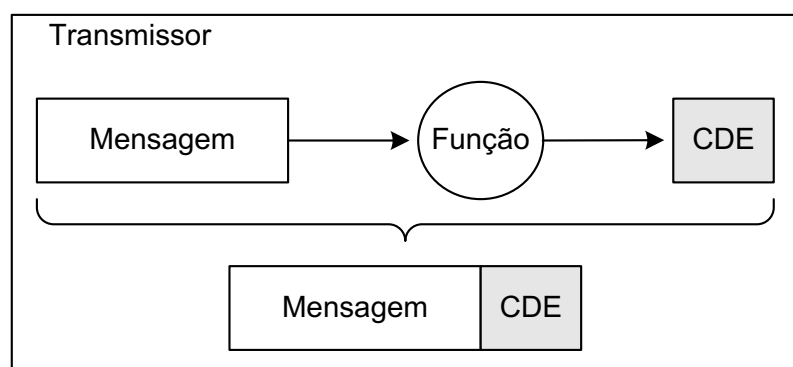
- Em redes de computadores a detecção de erro é feita através de informações de controle que são enviadas junto com os dados transmitidos.
  - *Antes do envio da mensagem é executado uma função para gerar o **CÓDIGO DE DETECÇÃO DE ERROS**.*
    - *Similar ao dígito da conta corrente*
  - *Após gerado o código de verificação o mesmo é anexado ao final da mensagem e enviado para o destino, onde ele irá recalcular esse código e comparar com o código enviado.*

Aula 10: Camada de Enlace

19

19

## DETECÇÃO DE ERROS - TRANSMISSOR

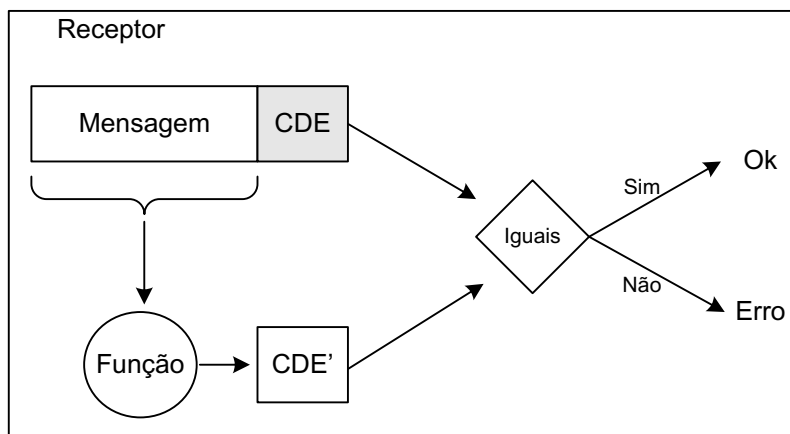


Aula 10: Camada de Enlace

20

20

## DETECÇÃO DE ERROS - *RECEPTOR*



Aula 10: Camada de Enlace

21