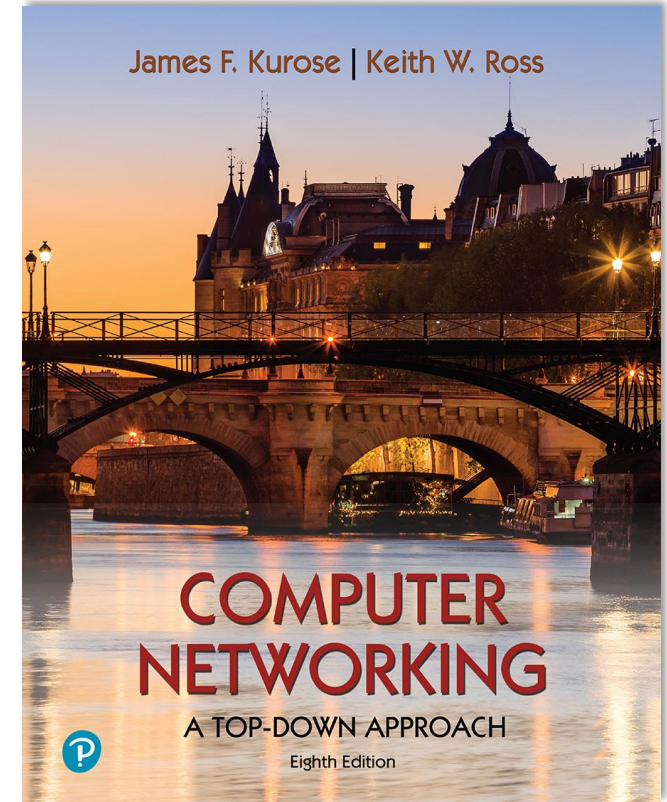


# Capítulo 6

## A Camada de Enlace e LANs

Todos os direitos autorais do material 1996-2020  
J.F. Kurose e K.W. Ross, Todos os direitos reservados



*Redes de computadores:  
uma abordagem top  
down*

8ª edição  
Jim Kurose, Keith Ross  
Pearson, 2020

# Camada de enlace, LANs: roteiro

- Introdução
- **Detecção e correção de erros**
- Protocolos de acesso múltiplo
- LANs
  - endereçamento, ARP
  - Ethernet
  - Interruptores
  - VLANs
- Virtualização de links: MPLS
- Rede de data center

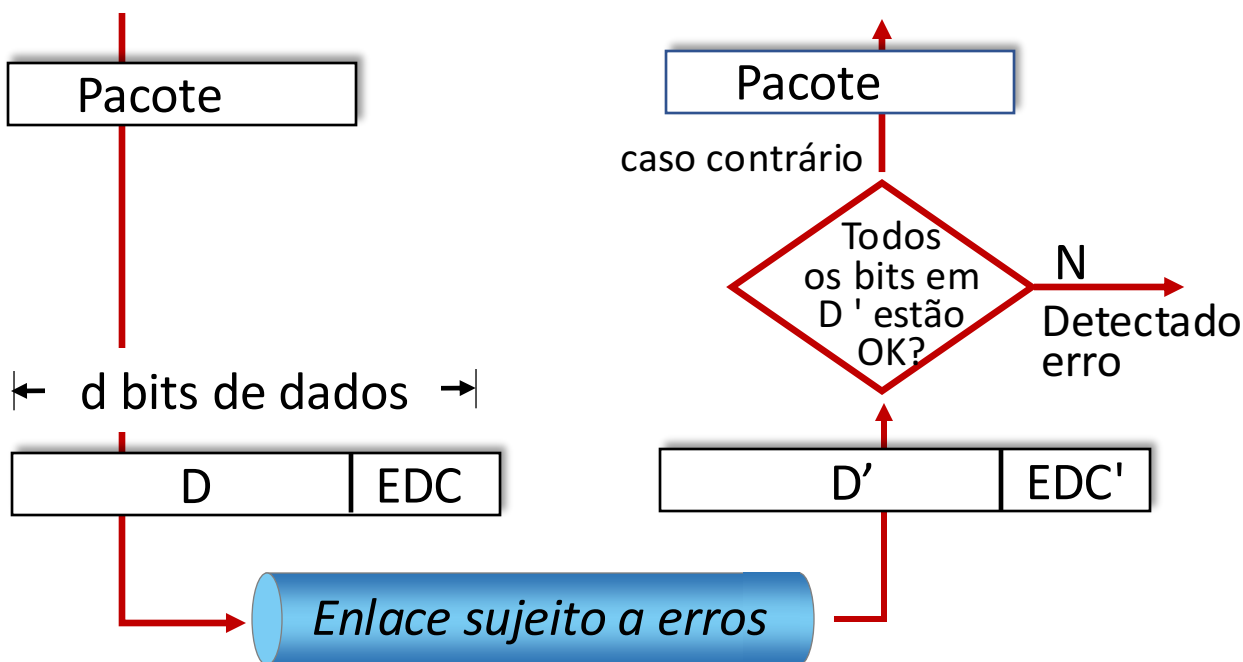


- Um dia na vida de uma solicitação da web

# Detecção de erros

EDC: bits de detecção e correção de erros (por exemplo, redundância)

D: dados protegidos por verificação de erros, podem incluir campos de cabeçalho



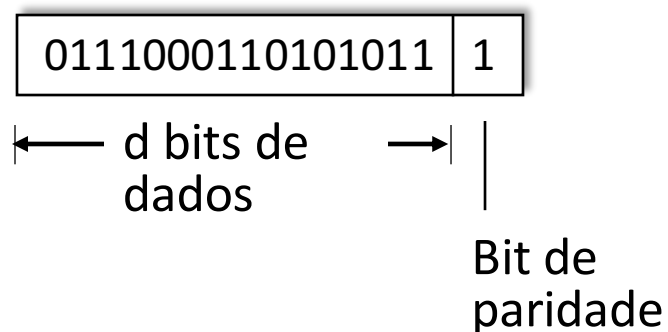
A detecção de erros não é 100% confiável!

- protocolo pode perder alguns erros, mas raramente
- campo EDC maior produz melhor detecção e correção

# Verificação de paridade

## Paridade de único bit:

- Detectar erros de único bit



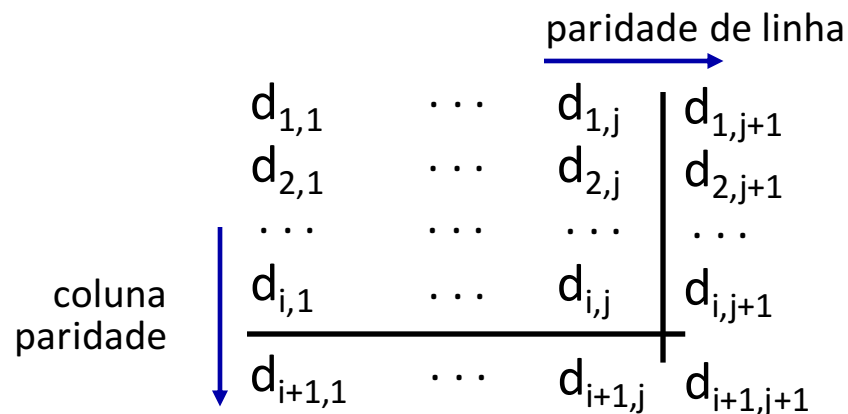
**Paridade par:** defina o bit de paridade para que haja um número par de 1

Sem erros:

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

## Paridade de bits bidimensional:

- Detecte *e corrija* erros de bit único



**Detectado e Corrigível de bit único erro:**

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

Arrows indicate "Erro de paridade" (parity error) for both the row and column containing the error.

# Soma de verificação da Internet (revisão)

**Objetivo:** detectar erros (*ou seja*, bits invertidos) no pacote transmitido

## Emissor:

- tratar o conteúdo do segmento UDP (incluindo campos de cabeçalho UDP e endereços IP) como sequência de inteiros de 16 bits
- **soma de verificação:** adição (soma de complemento) do conteúdo do segmento
- valor de soma de verificação colocado no campo de soma de verificação UDP

## Receptor:

- Calcula a soma de verificação do segmento recebido
- Verifica se a soma de verificação calculada é igual ao valor do campo de soma de verificação:
  - Se diferente - Erro detectado
  - Se igual - nenhum erro detectado.
    - *Mas podem ocorrer erros e esses não serem detectados?*

# Verificação de redundância cíclica (CRC)

- Codificação de detecção de erros mais poderosa
- **D**: bits de dados (dados, pense neles como um número binário)
- **G**: padrão de bits (gerador), de  $r + 1$  bits (dado)



objetivo: escolha  $r$  bits CRC, **R**, de modo que  $\langle D, R \rangle$  exatamente divisível por  $G$  (mod 2)

- o receptor conhece  $G$ , divide  $\langle D, R \rangle$  por  $G$ . Se for diferente de zero restante: erro detectado!
- Pode detectar todos os erros de rajada menores que  $R+1$  bits
- amplamente utilizado na prática (Ethernet, 802.11 WiFi)

# Verificação de redundância cíclica (CRC): exemplo

## Queremos:

$$D * 2^r \text{ XOR } R = nG$$

De modo equivalentemente:

$$D * 2^r = nG \text{ XOR } R$$

## De modo equivalentemente:

se dividirmos  $D \cdot 2^r$  por  $G$ ,  
deseja que o resto  $R$  satisfaça:

$$R = \text{resto} \left[ \frac{D * 2^r}{G} \right]$$

