

**FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
REDES DE COMPUTADORES I**

Detecção de Erros - CRC

Grupo Docente:

- Eng^o. Felizardo Munguambe (Ms.C)
- Eng^o. Délcio Chadreca (Ms.C)

Tópicos da Aula

- ▶ Introdução;
- ▶ Função de Detecção de erros;
- ▶ CRC;
- ▶ Algoritmo de Cálculo;
- ▶ Polinómios geradores mais usados; e
- ▶ Conclusão;

Introdução

A camada de ligação de dados, é responsável por pegar nos pacotes de dados recebidos da camada de Rede e os transformar em quadros que irão trafegar pela rede. Esta camada adiciona informações como:

- Endereço da placa de rede de origem;
- Endereço da placa de rede de destino;
- Dados de controle;
- Dados; e
- **CRC;**
- (...)

Endereço de destino	Endereço de origem	Informação de controle	Dados	CRC
---------------------	--------------------	------------------------	-------	-----

Na figura, nós vemos um exemplo hipotético de um pacote de dados.

Função de Detecção de erros

Conforme foi introduzido anteriormente, encapsulamento da trama/quadro inclui um campo de detecção de erros designado CRC (*Cyclical Redundancy Check*) ou FCS (*Frame Check Sequence*). Sempre que é criada uma trama, é adicionado um código de detecção de erros ao cabeçalho. Quando a trama é recebida, o receptor aplica o código de detecção de erros à trama para verificar se ocorreram erros durante a transmissão. **O processo é aplicado ao longo da ligação em todas as redes.**

CRC (*Cyclical Redundancy Check*)

A placa de rede, ao colocar um pacote de dados no cabo de rede, faz uma conta denominada CRC (*Cyclical Redundancy Check*). Essa conta consiste em somar todos os *bytes* presentes no pacote de dados e enviar o resultado dentro do próprio pacote. A placa de rede do dispositivo receptor irá refazer os cálculos e verificar se o resultado calculado corresponde ao valor enviado pelo dispositivo transmissor.

cont.

Se os valores forem iguais, significa que o pacote chegou íntegro ao seu destino. Caso contrário, significa que houve algo de errado na transmissão (uma interferência no cabo, por exemplo) e os dados recebidos são diferentes dos originalmente enviados, ou seja, os dados chegaram corrompidos ao destino. Nesse caso, o dispositivo receptor pede ao transmissor uma retransmissão do pacote defeituoso.

Cálculo de CRC

O cálculo do CRC é subdividido em duas etapas:

- Cálculo antes do envio dos dados (**Pelo Transmissor**); e
- Cálculo de confirmação na recepção de dados (**Pelo Receptor**);

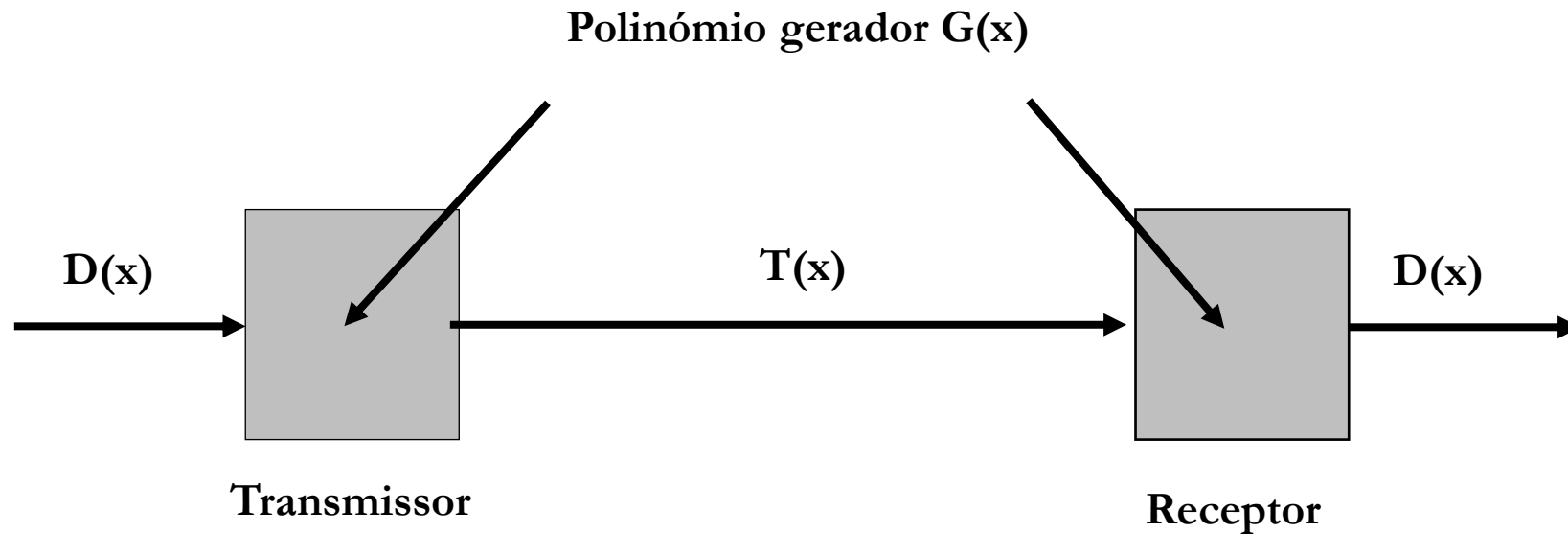
Este método de detecção de erros adiciona *bits* de detecção de erros sobre o cabeçalho do quadro.

O CRC interpreta dados como um polinómio, por exemplo, os dados **10110** são representados pelo polinómio $x^4 + x^2 + x^1$. (Repare que os pesos dos bits a 1 são 4, 2 e 1, usados como potências dos polinómios)

Os Dados (quadro) a serem transmitidos são **n** bits.

- Polinómio de **n** termos, x^{n-1} até x^0

Princípio:



- $D(x)$ é a função que representa a sequência de *bits* de dados que o emissor pretende enviar para o receptor.
- $G(x)$, representa um padrão de bits conhecido pelo emissor e pelo receptor dos dados. É fundamental para o cálculo do CRC.
- $R(x)$, representa a sequência de bits que deve ser anexada sobre os dados antes do envio. A função $R(x)$ representa o código CRC.
- $T(x)$, função que representa a mensagem com o CRC incorporado.

Algoritmo de Cálculo

Passo 01: Multiplicar a função $D(x)$ por x^r .

- Onde: x^r , representa o termo de maior expoente do gerador (da função $G(x)$)
- **$D'(x) = D(x) * x^r$.**

Passo 02: Dividir **$D'(x)$** por $G(x)$.

Passo 03: Encontrar o CRC (**$R(x)$**), $R(x)$ é o resto da divisão (Divisão do passo anterior);

Passo 04: Compor **$T(x)$** : $T(x)$ é resultante da anexação de $R(x)$ sobre a mensagem $G(x)$.

Nota A: Se **n** , representa o número de bits de $G(x)$, isto é, do gerador, então, então $R(x)$ deve possuir **$n-1$** bits.

Exemplo

Existem fundamentalmente dois modos de implementar o algoritmo de resolução apresentado anteriormente.

- Modo A: Uso de códigos polinomiais;
- Modo B: Uso de números binários;

Exercício: O emissor deseja enviar um quadro com a seguinte sequência de *bits*: **1101011011**. Calcule o Código CRC e determine a sequência de *bits* que será enviada sabendo que o Código gerador é **10011**.

Resolução (Cálculos no Emissor)

Dados:

Quadro: 1101011011, logo $D(x) = x^9 + x^8 + x^6 + x^4 + x^3 + x^1 + x^0 = x^9 + x^8 + x^6 + x^4 + x^3 + x + 1$.

Gerador: 10011. $G(x) = x^4 + x + 1$.

$$x^r = x^4.$$

Resolução:

Passo 01: $D'(x) = D(x) * x^r = (x^9 + x^8 + x^6 + x^4 + x^3 + x + 1) * (x^4) = x^{13} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4$ ou (11010110110000)

Passo 02:

Dividendo [D'(x)]

$$\begin{array}{r}
 x^{13} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 \\
 \underline{x^{13} + x^{10} + x^9} \\
 x^{12} + x^9 + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 \\
 \underline{x^{12} + x^9 + x^8} \\
 x^7 + x^5 + x^4 \\
 \underline{x^7 + x^4 + x^3} \\
 x^5 + x^3 \\
 \underline{x^5 + x^2 + x} \\
 x^3 + x^2 + x
 \end{array}$$

Resto [R(x)]

Divisor [G(x)]

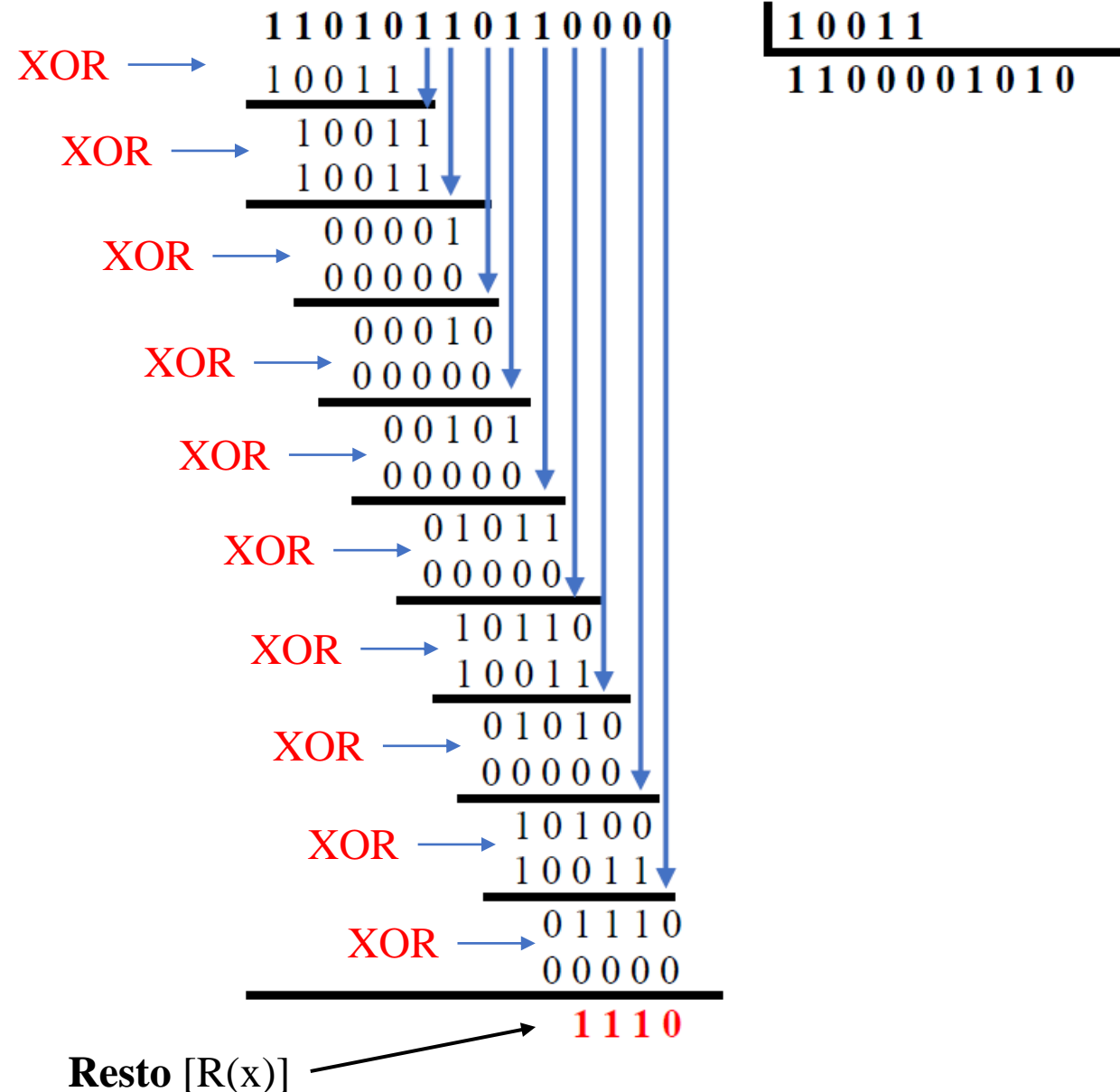
$$\begin{array}{r}
 x^4 + x + 1 \\
 \hline
 x^9 + x^8 + x^3 + x
 \end{array}$$

Quociente [Q(x)]

Ou, pelo Modo B.

x	y	x XOR y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Nota: Ao invés de fazer a subtração entre os números, usa-se a operação de OR exclusivo



Passo 03:

$R(x) = x^3 + x^2 + x$; em binário: **1110**.

Passo 04: $T(x) = D(x)R(x) = x^{13} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + x$
(**1101011011110**)

Cálculo no Receptor

Depois do cálculo do CRC, cujos bits foram **1110**, o emissor envia os *bits* de dados juntamente com os *bits* de CRC.

O receptor utiliza os *bits* enviados [$T(x) = 11010110111110$] e divide-os pelo gerador [$G(x)$].

- Se o resultado da operação de divisão tiver resto zero [$R(x)=0$], significa que os dados foram enviados sem erros. Caso contrário, houve algum erro durante a transmissão dos dados.

$$x^{13} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + x \quad \Big| \quad x^4 + x + 1$$

Polinómios geradores mais usados

$$\text{CRC-12} - x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x + 1$$

$$\text{CRC-16} - x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$$

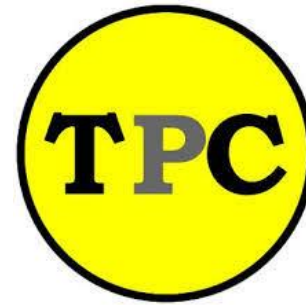
$$\text{CRC-CCITT} - x^{16} + x^{15} + x^5 + 1$$

$$\text{CRC-32} - x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^2 + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^2 + x^{16} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$$

Outros métodos de detecção de erros

Fora o CRC, existem outros métodos usados na camada de Enlace de dados que são usados para detectar erros, nomeadamente:

- Cálculo de Paridade;
- Calculo de Paridade Bidimensional;
- Soma de verificação (checksum);



Conclusão

Actualmente, a maioria das soluções de comunicação retiraram o processo de verificação de erros no nível de ligação de dados e passaram a verificar os erros apenas no destino final. Quer isso dizer que a responsabilidade da detecção de erros passa para as camadas de erro e aplicação. O objectivo é aplicar o processo apenas uma vez, reduzindo o tempo de processamento para a detecção de erros ao longo de toda a rede. Esta opção deve-se a maior fiabilidade das redes actuais.

Exercícios

1. Diga de que forma o CRC é implementado (via Hardware ou Software).
2. Encontre o código CRC para os seguintes casos, e confirme o calculo com base na verificação no receptor.
 - a) Quadro: 111100101 e Gerador: 101101;
 - b) Trama: 1010111011 e Gerador: 10011; (Pelo Modo B)
 - c) $D(x)=x^8+x^5+x^2+x+1$, $G(x)=x^3+x^2+1$; (Pelo Modo B)

Bibliografia consultada

- Barrett, D., & King, T. (2010). *Redes de Computadores*. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos Editora.
- Boavida, F., Bernardes, M., & Vapi, P. (2011). *Administração de Redes de Informáticas*. Lisboa: FCA - Editora de Informática, LDA.
- Leon-Garcia, A., & Widjaja, I. (2001). *Communication Networkd - Fundamental Concepts and Key Architectures*. The McGraw-Hill Companies.
- Peterson, L. L., & Davie, B. S. (2011). *Computer Networks: a systems approach*. San Francisco: Morgan Kufmann.
- Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2011). *Computer Networks* . Boston,: Pearson Education, Inc.,.
- Torres, G. (2001). *Redes de Compotadores Curso Completo*. Axcel Books do Brasil Editora.
- Véstias, M. (2009). *Redes Cisco - Para profissionais*. Lisboa: FCA - Editora de Informática, LDA.

OBRIGADO !!!