

Curso: Engenharia de Computação

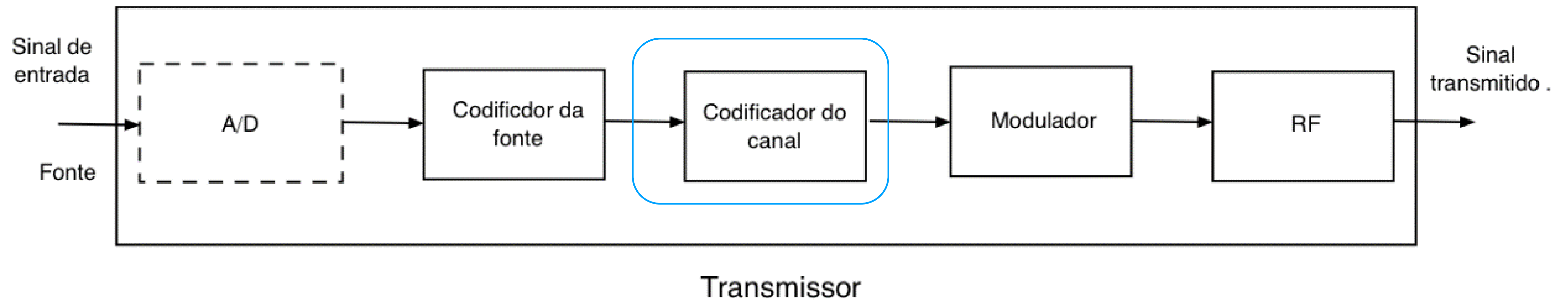
Sistemas de Comunicações Móveis

Prof. Clayton J A Silva, MSc
clayton.silva@professores.ibmec.edu.br



Códigos Corretores de Erros

Transmissor



Codificadores de erros

- A transmissão confiável de dados a **altas taxas** tem representado um desafio cada vez maior aos engenheiros
- Os **códigos corretores** têm contribuído de modo significativo para o avanço na área
- Frequentemente, no contexto de comunicações digitais, ocorrem erros de detecção acarretados por problemas de transmissão, implicando a necessidade de correção de erros
- A solução está na **teoria da codificação**

Teoria da codificação

Todo símbolo produzido por uma fonte de informação possui uma **probabilidade de ocorrência** em uma mensagem, logo pode ser modelado como uma **variável aleatória**

Entropia é a medida da incerteza associada a uma variável aleatória que representa o comportamento da transmissão dos símbolos

Taxa de informação é a média ponderada da informação associada a cada símbolo, medida em bits.

Teoria da codificação

- Existem códigos que podem tornar a probabilidade de erro na decodificação muito pequena
- A probabilidade decresce exponencialmente quando n é aumentado, no entanto o aumento da complexidade do sistema também ocorre
- Objetivos da teoria da codificação:
 1. Encontrar **códigos longos e eficientes**
 2. Encontrar **métodos práticos de codificação/decodificação eficientes**

Teoria da codificação

- Tipos de erros:

1. Erros aleatórios, provocados pelo ruído, como discutimos
2. Erros em surto, em caso contrário

Teoria da codificação

- Tipos de códigos:

1. **Códigos lineares e não lineares**, em que os **dígitos redundantes** são calculados como combinações lineares ou não lineares dos **dígitos da informação**.
2. **Códigos de bloco e convolucionais**. A **redundância** é colocada em um **bloco de dígitos** que verifica a ocorrência ou não de erros. Quando são usados mais blocos configuram-se os **códigos convolucionais**.

Códigos de blocos (n, k, d)

- Processo de codificação
 1. Segmenta-se a mensagem em blocos de k dígitos
 2. Acrescenta-se a cada bloco $(n - k)$ dígitos redundantes
 3. Os dígitos redundantes são definidos a partir dos k dígitos da mensagens e destinam-se à **detecção simples** ou **detecção e correção** de erros
 4. A **eficiência do código** é definida pela razão entre o número de bits de informação e o número total de bits, n/k

Códigos de blocos (n, k, d)

- Distância de *Hamming* é o número de posições em que duas palavras de um código diferem.

Por exemplo, a distância entre as palavras 0101 0101 e 1101 0100 é igual a 2.

- A distância mínima (d) de um código é a menor distância de *Hamming* encontrada entre suas palavras
- Para obter a distância de *Hamming* de um código basta aplicar a operação lógica **ou exclusivo** entre todas as palavras do código.

Códigos de blocos (n, k, d)

- **Deteção de erros:** em um código com distância mínima d , o menor número de mudanças necessárias para converter uma palavra do código em outra é pelo menos d , logo
é possível detectar $d - 1$ erros
- **Correção de erros:** após detectar que há erro, é necessário decidir qual é a palavra do código mais provável. Supondo palavras com mesma probabilidade, decide-se pela palavra mais próxima da n -upla recebida. Se houver até t erros,
decide-se acertadamente se $2t + 1 \leq d$

Códigos simples

Códigos de repetição

- Em códigos de repetição, os parâmetros são:

$$k=1, c \geq 1 \text{ e } n=k+c=1+c$$

- Como $k=1$, o código tem apenas duas palavras, uma delas é uma sequência de n 0s; a outra uma sequência de n 1s.
- Os dígitos de paridade são todos uma repetição do dígito de informação c vezes.

Códigos simples

Códigos de repetição

- Uma regra simples de decodificação é decidir pelo bit que aparece mais vezes na recepção.
- A distância de *Hamming* do código é $d=n$ e a eficiência é $1/n$.

Códigos simples

Códigos com 1 bit de paridade

- Em códigos com 1 bit de paridade, os parâmetros são:

$$k \geq 1, c=1 \text{ e } n=k+c=k+1$$

- Como $c=1$, o código tem apenas um bit redundante, que é definido na transmissão para tornar o número de bits 1 par (ou ímpar).

Códigos simples

Códigos com 1 bit de paridade

- A regra de decodificação é contar o número de bits recebidos. Se a paridade não estiver correta significa que houve um erro na transmissão.
- A distância de *Hamming* do código é $d=2$ e a eficiência é $k/(k+1)$.
- O código permite a detecção de 1 erro, mas não corrige. Pode ser eficaz quando se dispõe de canal de retorno para retransmissão da palavra.

Outros códigos

- **Códigos convolucionais:** oferecem um enfoque para o controle de erros muito diferente dos códigos de blocos.
- Converte uma sequência inteira (não importa o comprimento) em uma sequência de dados.
- Admite uma **memória** de k bits, logo, para a memória, 2^k combinações possíveis. Cada uma das combinações de memória pode ser representada por um **estado**.
- Cada novo bit a ser transmitido produz um **deslocamento à direita** da palavra da memória, que corresponde a uma **transição de estado**



IBMEC.BR

 /IBMEC

 IBMEC

 @IBMEC_OFICIAL

 @IBMEC

 **ibmec**