

Avaliação de Desempenho de Códigos de Canal

Joab de A. Silva, Yngrid Keila S. Cabral, Marcelo Portela Sousa e Jerônimo R. Silva
 Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba *Campus* Campina Grande
 Capítulo Técnico da ComSoc – Ramo Estudantil IEEE do IFPB *Campus* Campina Grande
 E-mail: {joab.a.silva, yngrid.k.cabral, marcelo.portela, j.s.rocha}@ieee.org

Resumo—O uso de codificação em sistemas de comunicações sem fio tem como objetivo melhorar o desempenho e a qualidade da comunicação, por meio da detecção e correção de erros. Este artigo tem como finalidade simular três técnicas de codificação de canal para comparar e demonstrar seu comportamento em um canal binário simétrico.

Index Terms—Codificação de Canal, Código de Blocos, Códigos de Hamming, Códigos Cíclicos, Canal BSC.

I. INTRODUÇÃO

Em sistemas de comunicações sem fio as informações trocadas entre transmissor e receptor estão sujeitas a efeitos nocivos, recorrentes da característica ruidosa do canal utilizado. Dependendo do impacto provocado pelo ruído, o sinal recebido é prejudicado de tal forma que pode torná-lo incompreensível [1].

Para diminuir os efeitos prejudiciais citados, técnicas de codificação de canal podem ser utilizadas. O objetivo da codificação de canal é, por meio da adição de *bits* redundantes, identificar e, de acordo com a técnica de codificação adotada, corrigir os erros gerados na informação transmitida [2].

O presente artigo tem como objetivo apresentar uma comparação entre três técnicas de codificação: *Cíclica*, *Linear* e *Hamming*, por meio de simulações da transmissão de informações em um *Binary Symmetric Channel* - BSC, que representa um modelo de canal ruidoso.

II. CODIFICAÇÃO DE CANAL

Segundo Togneri [1], a codificação de canal é a segmentação ou separação do fluxo de *bits* de entrada em blocos de tamanho L *bits*, mapeando cada bloco de mensagem em uma palavra código N *bits*, em que $N > L$, assim fornecendo a proteção contra erros necessária. O decodificador mapeia inversamente a palavra código recebida para a mensagem L *bits* correspondente.

Esse tipo de codificação de canal é chamado de Codificação de Bloco, e é dividida em *Cíclica*, *Linear* e *Hamming*.

A. Linear

Considerando um nó que atua como centro de informações, como um roteador, tradicionalmente ao encaminhar um pacote, ele é simplesmente repetido. A codificação permite que o nó combine os pacotes recebidos em um único pacote ou em vários pacotes de saída [5].

Antes de cada bloco transmitido, o transmissor mapeia cada uma das mensagens K até um ponto em \mathbb{R} , denominado *ponto*

de mensagem. Especificamente a mensagem para o receptor k , W_k , é mapeada para

$$\theta_k \in \Theta_k \subseteq \mathbb{R} \mid |\Theta_k| = |W_k| = \lceil 2^{LR_k} \rceil$$

em que L é o tamanho do bloco de transmissão [6].

Seja,

$$\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_L]^T, \mathbf{z}_k = [z_{k1}, z_{k2}, \dots, z_{kL}]^T,$$

$$\mathbf{n}_k = [n_{k1}, n_{k2}, \dots, n_{kL}]^T, \mathbf{y}_k = [y_{k1}, y_{k2}, \dots, y_{kL}]^T$$

em que $[]^T$ é a transposição da matriz. Agora para codificar θ_k introduz-se $\mathbf{g}_k \in \mathbb{R}_{L \times 1}$, e codificando a informação de resposta do receptor k , tem-se $\mathbf{F}_k \in \mathbb{R}^{L \times L}$. Pode-se escrever a sequência de transmissão como

$$\mathbf{x} = \sum_{k=1}^K [\mathbf{g}_k \theta_k + \mathbf{F}_k (\mathbf{z}_k + \mathbf{n}_k)] \quad (1)$$

em que, \mathbf{F}_k é a matriz triangular com zeros em sua diagonal principal, que garante a causalidade [6].

B. Cíclico

A codificação Cíclica é uma variação da codificação de Blocos em que a cada deslocamento de uma palavra de código uma nova é gerada [1].

A mensagem original possui tamanho k e a mensagem codificada tamanho n , em que o tamanho da mensagem codificada deve ser maior que o tamanho da mensagem original, pois, a quantidade de *bits* $n-k$ refere-se à redundância de *bits* [3].

Seja \mathbf{C} um código cíclico de dimensão $k \times n$. O gerador polinomial, \mathbf{G} , do código \mathbf{C} , é dado por [4]:

$$G = g_0 + g_1 X^1 + g_2 X^2 + \dots + g_{n-k} X^{n-k} \quad (2)$$

Sendo a matriz geradora dada por [3]:

$$G = \begin{pmatrix} g \\ xg \\ \vdots \\ x^k g \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_0 & g_1 & \cdots & g_{n-k} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & g_0 & \cdots & g_{n-k-1} & g_{n-k} & 0 & \cdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots & & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & g_0 & g_1 & \cdots & g_{n-k} \end{pmatrix}.$$

C. Hamming

Hamming ou Distância de Hamming é um importante parâmetro para detecção de erros de *bits* entre a palavra código transmitida e a recebida, assim detectando a diferença de *bits* entre as duas palavras, que é fornecida pela distância de Hamming. Tal propriedade foi proposta por R. W. Hamming [8], que estabeleceu os fundamentos da detecção e correção de erros.

Considerando duas mensagens de tamanho N $\mathbf{a}=a_1a_2\dots a_N$ e $\mathbf{b}=b_1b_2\dots b_N$. A distância de Hamming entre a e b , $d(\mathbf{a},\mathbf{b})$ é definida pelo número de *bits* diferentes entre a e b . A distância de Hamming obedece às seguintes condições [1]:

- 1) $d(\mathbf{a},\mathbf{b}) \geq 0$ com igualdade quando $\mathbf{a}=\mathbf{b}$
- 2) $d(\mathbf{a},\mathbf{b}) = d(\mathbf{b},\mathbf{a})$
- 3) $d(\mathbf{a},\mathbf{b}) + d(\mathbf{b},\mathbf{c}) \geq d(\mathbf{a},\mathbf{c})$

III. SIMULAÇÃO

A simulação foi desenvolvido por meio da ferramenta MATrix LABORatory (MATLAB 2014a).

A simulação é composta de uma fase de sensoriamento espectral a partir da detecção de energia, em que a informação obtida por meio deste processo será codificada e introduzida em um canal BSC. Após isso, a informação codificada e afetada pelo canal ruidoso passa pelo processo de decodificação, em que um teste de verificação da taxa de erro de *bit* é executado. Este processo é repetido para as três técnicas de codificação.

Nas codificações cíclica e linear, como exposto na Seção II, o tamanho da mensagem é k , que é o tamanho máximo em *bits* que um determinado dado da mensagem pode assumir, e o tamanho da mensagem codificada é n , que na presente simulação $n = 2 * k$, tendo em vista que a exigência é que o tamanho da mensagem codificada deve ser maior que a mensagem original [3].

O modelo de canal BSC é um equivalente discreto de um cana AWGN(*Additive White Gaussian Noise*) [7]. Neste modelo uma taxa de erro de *bit* é provocada à mensagem de acordo com o valor da probabilidade de erro do canal, com valor variando de 0 a 1, sendo 0 equivalente a 0% e 1 equivalente a 100% de erro. Na simulação foram testados 100 valores de probabilidade, no intervalo de 0,01 a 1, ou seja, de 1% a 100%.

A informação resultante da influência do canal BSC é então decodificada de acordo com a peculiaridade de cada técnica. A cada resultado obtido, um teste de verificação da taxa de erro de *bit* é executado, de modo que ao término da simulação seja obtida uma média da taxa de erro de cada técnica de codificação. Esse resultado é utilizado para a análise e discussão dos resultados na seção a seguir.

IV. RESULTADOS

A partir dos resultados obtidos é possível inferir que as codificações de bloco Linear e Cíclica apresentam melhor desempenho quando os valores de probabilidade de erro são altos em relação à codificação Hamming, porém, entre ambas não foi possível determinar de forma absoluta a que possui melhor

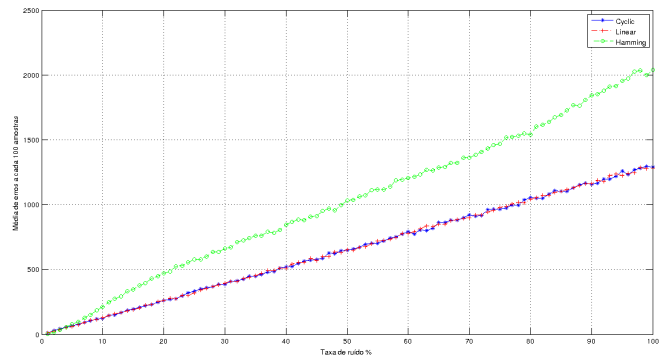


Figura 1. Gráfico da média de erros.

desempenho, visto que ao analisar o gráfico da Figura 1 gerado pelos resultados estas permanecem oscilando em desempenho.

A codificação Hamming apresentou melhor desempenho em relação as codificações de bloco com probabilidades de erro aproximadamente até 4%, pelo fato de que a quantidade de *bits* de redundância ($m = n - k$), é igual a 4, em que n é o tamanho da palavra código e k é o tamanho da mensagem, isso nos garante nesse caso em que $n = 15$ e $k = 11$, que até 2 *bits* sejam corrigidos, então com menos *bits* Hamming é mais eficiente que Cíclico e Linear.

V. CONCLUSÃO

As técnicas de codificação de canal são utilizadas para atenuar as perdas decorrentes dos canais ruidosos. A partir dos resultados obtidos é possível concluir que as codificações de bloco Linear e Cíclica, possuem desempenho satisfatório em condições adversas, tornando mais usual a implementação destes em ambientes reais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ramo Estudantil do IEEE IFPB-CG, ao Capítulo Técnico da ComSoc e ao IFPB, campus Campina Grande pelo apoio institucional. Este trabalho foi financiado pelo IFPB.

REFERÊNCIAS

- [1] Togneri, R.; DeSilva, C. J. S., "Fundamentals of Information Theory and Coding Design". pag. 199-318, 2006.
- [2] Loyola-Camorim, R. D., "Codificação de Canal com Taxa Variável". Monografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. 2010.
- [3] Augot, D.; Betti, E.; Orsini, E., "An Introduction to Linear and Cyclic Codes". Article. INRIA Paris-Rocquencourt; niversity of Florence; University of Milan.
- [4] Do; Guo, H.; Hsu, C.-Y., "Systematic Reducing the PAPR of OFDM By Cyclic Coding". IEEE Conference Publications. 2003.
- [5] Fragouli, C.; Le Boudec, J. & Widmer, J. "Network coding: An instant primer", Computer Communication Review, 2006.
- [6] Ahmad, Z.; Chance, Z.; Love, David J.; Wang, Chih-Chun. "Concatenated Coding Using Linear Schemes for Gaussian Broadcast Channels With Noisy Channel Output Feedback", IEEE Transactions on Communications, Vol. 63, Nº. 11, Novembre.
- [7] Romano, G.; Ciunzo, D., "Minimum-Variance Importance-Sampling Bernoulli Estimator for Fast Simulation of Linear Block Codes over Binary Symmetric Channels". IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 13, Nº. 1, January 2014.
- [8] R.W. Hamming, Error Detecting And Error Correcting Codes, Bell System Tech. J., 29, 147-160, 1950.