

**Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**

---

# Algoritmo para Codificação e Decodificação de Códigos Polares visando Aplicações em Sistemas 5G

Leonardo Terças <sup>1</sup>

Universidade Estadual Paulista (UNESP) Campus de São João da Boa Vista - SP

Vanessa Beatriz Martão <sup>2</sup>

Universidade Estadual Paulista (UNESP) Campus de São João da Boa Vista - SP

Cintya Wink de Oliveira Benedito <sup>3</sup>

Universidade Estadual Paulista (UNESP) Campus de São João da Boa Vista - SP

## 1 Introdução

A implementação das comunicações sem fio de quinta geração (5G) estão previstas para 2020 e tornaram-se um grande alvo para diversas pesquisas. Deste modo um dos estudos desenvolvidos são sobre técnicas de codificação de canal, pois ao utilizar uma boa técnica de codificação é possível se aproximar cada vez mais da capacidade do canal, que é a melhor forma de transmitir uma informação de forma confiável através de um canal de comunicação. A codificação polar é um dos candidatos para compor os sistemas 5G em comparação com outras codificações conhecidas, devido ao bom desempenho e baixa complexidade de implementação, [2]. Códigos polares são códigos de bloco  $(N, K)$ , contruídos a partir da combinação e divisão de canais de comprimento finito, utilizando a técnica proposta por [1] chamada de polarização de canal. Neste trabalho, apresentamos uma implementação computacional da codificação e decodificação de códigos polares com taxa  $R = 1/2$  e diferentes comprimentos  $N$ , utilizando o software MATLAB.

## 2 Desenvolvimento

O algoritmo proposto gera  $K$  bits aleatórios em um vetor  $u$  de comprimento  $N = 2^n$ , com  $n > 0$ , que servirão como mensagem de entrada no codificador. As demais entradas  $N - K$  de  $u$  serão fixadas (congeladas) pelo processo de polarização de canal, [1]. O codificador de um código polar é baseado na seguinte matriz de polarização

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

---

<sup>1</sup>leonardo.tercas@unesp.br<sup>2</sup>nessa.bia.martao@hotmail.com<sup>3</sup>cintyawink@gmail.com

Dessa forma, o codificador polar gera a palavra-código  $x$  da seguinte forma:  $x = u.F(n)$ , onde  $u$  é um vetor de  $N$  bits incluindo os bits de informação e os bits congelados, e  $F(n)$  é o  $n$ -ésimo produto de Kronecker da matriz  $F$  dada em (1). Os bits que saem do codificador passam por um modulador  $BPSK$  e por um canal no qual será introduzido um ruído AWGN. Códigos polares possuem como padrão o algoritmo de decodificação por Cancelamento Sucessivo (SC). Este decodificador SC é encontrado a partir do codificador, onde o XOR e os nós de conexão são representados pelos nós probabilísticos  $f$  e  $g$ , calculados no domínio *Log-Likelihood Ratio* (LLR), de entradas  $a$  e  $b$ , por

$$f(a, b) = \log \left( \frac{e^{a+b} + 1}{e^a + e^b} \right) \quad \text{e} \quad g(a, b, s) = (-1)^s a + b, \quad (2)$$

onde  $s$  é a soma dos bits previamente decodificados que estão participando do nó  $g$  atual.

Por fim, é feita a comparação entre os valores  $u$  de entrada e  $\hat{u}$  estimado na saída, e um gráfico é gerado com os valores obtidos de BER (*Bit-Error-Ratio*) em função da razão sinal ruído,  $E_b/N_0$ . A Figura 1 ilustra as curvas obtidas para os seguintes valores  $(N, K) = (128, 64 ; 256, 128 ; 512, 256 ; 1024, 512 ; 2048, 1024)$ . Observe que quanto maior o comprimento do código menor a razão sinal ruído.

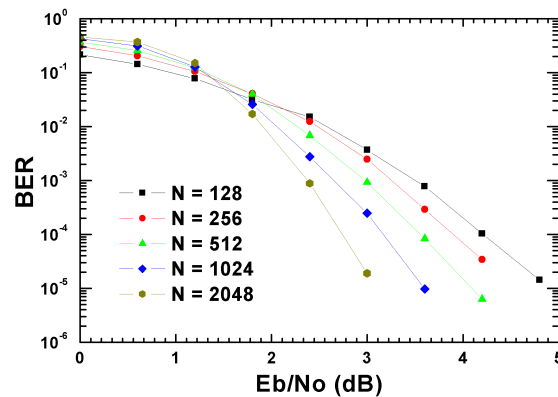


Figura 1: BERs para diferentes comprimentos de código.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPESP Processo 2018/26733-8.

## Referências

- [1] E. Arikan. Channel Polarization: A Method for Constructing Capacity-Achieving Codes for Symmetric Binary-Input Memoryless Channels, *IEEE Transactions on Information Theory*, volume 55, no. 7, pp. 3051-3073, 2009. DOI: 10.1109/TIT.2009.2021379.
- [2] B. Tahir, S. Schwarz and M. Rupp. BER Comparison between Convolutional, Turbo, LDPC, and Polar codes, *24th International Conference on Telecommunications (ICT)*, pp. 1-7, 2017. DOI: 10.1109/ICT.2017.7998249