

Análise de Estratégias de Polarização de Canal para Códigos Polares em Sistemas 5G

Paulo C. N. Domenciano¹, Matheus G. D. Barros², Cintya W. O. Benedito³
FESJ/Unesp, São João da Boa Vista, SP

A tecnologia de banda larga móvel se tornou essencial no mundo em que vivemos, sendo utilizada na conexão entre máquinas e no cotidiano de todos que se utilizam de tecnologias de comunicação. A busca pelo aprimoramento das redes de comunicações móveis é constante, levando ao aperfeiçoamento das tecnologias e sua posterior substituição por uma geração mais recente que melhor atende às necessidades atuais dos usuários. A quinta geração de redes móveis (5G), representa um marco significativo no avanço das comunicações sem fio em termos de velocidade, capacidade e segurança. Com vistas a garantir a confiabilidade dos dados transmitidos por esses sistemas, a estratégia de codificação de canal é utilizada, garantindo que uma mensagem transmitida através de canais ruidosos seja recebida e decodificada da maneira correta pelo receptor, que restaura a mensagem original. Os códigos polares, [1], são uma estratégia de codificação de canal de alto grau de desempenho e baixa complexidade, sendo eficazes em sistemas 5G. A polarização de canal é uma estratégia de “freezing” (congelamento) utilizada nos códigos polares que define quais são os canais mais confiáveis e os menos confiáveis para a transmissão de informação. Neste trabalho, vamos apresentar e analisar a polarização de canal através de dois métodos: parâmetro de Bhattacharyya e DEGA (*Density Evolution with Gaussian Approximation*), os quais são de interesse nos sistemas 5G e em outras aplicações [2].

Considere um canal W_N , com $N = 2^n$, $n \geq 1$. A polarização de canal é uma estratégia que inicialmente faz a combinação dos canais e depois os divide novamente, porém colocando uma maior capacidade nos canais que serão utilizados para enviar as informações (canais confiáveis) e menos capacidade nos canais que serão congelados (canais ruidosos). Na etapa da divisão dos canais, os métodos de polarização se ajustam à natureza do canal, cada um com características e complexidades próprias. Em sistemas 5G, o canal utilizado é o AWGN (*Additive White Gaussian Noise*), e então iremos apresentar os métodos de polarização para este canal.

O parâmetro de Bhattacharyya Z quantifica a separação entre duas distribuições de probabilidade, auxiliando na seleção de bits congelados. Os cálculos dos parâmetros, utilizados para a seleção dos canais, são dados pelas funções de recorrência

$$Z(W_N^{(2i-1)}) = 2Z(W_{N/2}^{(i)}) - Z(W_{N/2}^{(i)})^2 \quad \text{e} \quad Z(W_N^{(2i)}) = Z(W_{N/2}^{(i)})^2, \quad i \in \{1, \dots, N\}, \quad (1)$$

em que o parâmetro inicial ($i = 1$) para um canal AWGN, assumindo uma transmissão binária com potência unitária e variância do ruído σ^2 , é descrito por

$$Z_{AWGN} = \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}\right). \quad (2)$$

E, as $N/2$ posições com o maior valor do parâmetro de Bhattacharyya são congeladas, enquanto as restantes transmitem informação.

¹paulo.domenciano@unesp.br

²mg.barros@unesp.br

³cintya.benedito@unesp.br

A DEGA busca evoluir as densidades das razões de verossimilhança (LLR, *Log-Likelihood Ratio*) considerando a estrutura de nós f e g de um decodificador SC (*Successive Cancellation*), tal estrutura pode ser vista em [2]. Considerando que em todos os estágios as LLRs tenham uma distribuição gaussiana $\mathcal{N}(\mu_N^{(i)}, 2\mu_N^{(i)})$, com $i \in \{1, \dots, N\}$, as atualizações são feitas a partir de

$$\mu_N^{(i)} = \begin{cases} \phi^{-1}(1 - (1 - \phi(\mu_N^{(i-1)}))^2), & \text{para o nó } f \\ 2\mu_N^{(i-1)}, & \text{para o nó } g \end{cases}, \quad (3)$$

onde $\phi(x)$ é a função dada pela aproximação

$$\phi(x) = \begin{cases} \exp(-0,4527x^{0,86} + 0,0218), & 0 < x < 10 \\ \sqrt{\frac{\pi}{x}} \exp(-\frac{x}{4})(1 - \frac{10}{7x}), & x \geq 10 \end{cases}. \quad (4)$$

Para compreender melhor os efeitos dos métodos de polarização de canal estudados, foi utilizada a linguagem *Python* para simular a transmissão de uma mensagem por um canal AWGN com modulação BPSK (*Binary Phase Shift Keying*). Os parâmetros específicos da simulação incluíram um tamanho de bloco de $N = 256$ e uma taxa de codificação de $R = 1/2$.

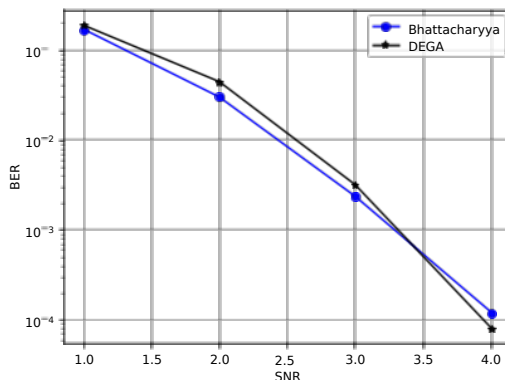


Figura 1: Desempenho dos diferentes algoritmos de construção. Fonte: autores.

Na Figura 1, que apresenta a taxa de erro de bit (BER, *Bit Error Rate*) em função da razão sinal-ruído (SNR, *Signal-to-Noise Ratio*), pode-se notar que ambas as estratégias fornecem um desempenho parecido nessa configuração. Para uma análise mais extrema é necessário aumentar o tamanho de N , a razão sinal-ruído entre outros parâmetros da simulação. No entanto, esses algoritmos exigem um grande esforço computacional, deixando claro uma das principais limitações dessa abordagem.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro através da Bolsa PIBITI-Unesp nº 12131 e do Projeto nº 405842/2023-6, e ao FINEP através do projeto nº 0527/18.

Referências

- [1] E. Arıkan. “Channel Polarization: A method for constructing capacity-achieving codes for symmetric binary-input memoryless channels”. Em: **IEEE Transactions on Information Theory** 55 (2009), pp. 3051–3073. DOI: 10.1109/TIT.2009.2021379.
- [2] B. Tahir. “Construction and performance of polar codes for transmission over the AWGN channel”. Tese de doutorado. ITC/TUW, 2017.