

Efeito do Desvanecimento $\alpha - \mu$ no desempenho dos Códigos Polares

Effect of fading $\alpha - \mu$ on the performance of Polar Codes

DOI:10.34117/bjdv7n3-759

Recebimento dos originais: 08/02/2021

Aceitação para publicação: 29/03/2021

Francisco Caio Parente de Barros

Formação acadêmica mais alta: Graduado em Engenharia Elétrica

Instituição de atuação atual: Universidade de Pernambuco

Endereço completo: Rua Ouriço do Mar, 17, Quadra C-12, Ouro Preto, Olinda, Pernambuco, Brasil. CEP: 53370-160

E-mail: fcpb@poli.br

Maria de Lourdes Melo Guedes Alcoforado

Formação acadêmica mais alta: Doutora em engenharia elétrica

Instituição de atuação atual: Universidade de Pernambuco

Endereço completo: R. Benfica, 455 - Madalena, Recife - PE, 50720-001

E-mail: mlmga@poli.br

Waslon Terlizzie Araújo Lopes

Formação acadêmica mais alta: Doutorado

Instituição de atuação atual: Universidade Federal da Paraíba

Endereço completo (pode ser institucional ou pessoal, como preferir): Rua Severino Massa Spinelli, 200/201, Tambaú, João Pessoa, PB, 58.039-210

E-mail: waslon@ieee.org

RESUMO

O objetivo deste trabalho é investigar o desempenho de um sistema que transmite informação com o uso da técnica de codificação polar na presença do Ruído Aditivo Gaussiano Branco (AWGN) e desvanecimento $\alpha - \mu$. Observa-se que, para alcançar uma Taxa de Erro de Bit (BER) igual a 10^{-3} , no cenário em que $\alpha = 2$ e $\mu = 2$, é necessário um acréscimo de 2 dB na relação sinal ruído (E_b/N_0) em relação a um sistema no qual apenas o ruído AWGN se faz presente quando o comprimento do bloco é 512 bits, e taxa de código igual a 0,5.

Palavras-Chave: AWGN, codificação polar, desvanecimento $\alpha - \mu$.

ABSTRACT

The objective of this work is to investigate the performance of a system that transmits information using the polar coding technique in the presence of the White Gaussian Additive Noise (AWGN) and fading $\alpha - \mu$. It is observed that, in order to reach a Bit Error Rate (BER) equal to 10^{-3} , in the scenario where $\alpha = 2$ and $\mu = 2$, an increase of 2 dB in the signal-to-noise ratio is necessary (E_b / N_0) in relation to a system in which only AWGN noise is present when the block length is 512 bits, and code rate equal to 0.5.

Keywords: AWGN, polar coding, fading $\alpha - \mu$.

1 INTRODUÇÃO

Codificação polar é um esquema de codificação proposto por Arikan [1] em 2009 que alcança a capacidade simétrica de um Canal Discreto Sem Memória de Entrada Binária (B-DMC) com o uso da técnica de polarização de canal [1]. É mostrado em [2] que a codificação polar tem aplicações na Quinta Geração de Telefonia Móvel Celular (5G) como uma alternativa aos Códigos de Verificação de Paridade de Baixa Densidade (LDPC) [3]. Os códigos polares foram propostos e testados inicialmente em canais AWGN [1], [4] e, posteriormente, em canais AWGN com desvanecimento Rayleigh [5],[6].

Distribuições de desvanecimento generalizado, como a distribuição α - μ [7], permitem a investigação do desempenho do sistema em diferentes condições do canal sem fio. Na distribuição α - μ , a constante α é um parâmetro de potência que representa a não linearidade do meio de transmissão enquanto que a constante μ simboliza a quantidade de clusters de propagação [7].

Este trabalho analisa o desempenho da codificação polar em canais de comunicação móveis caracterizados pelo desvanecimento $\alpha - \mu$.

O restante deste artigo encontra-se organizado da seguinte forma. Na Seção II é abordado o tema da polarização do canal. A Seção III retrata a distribuição α - μ . A Seção IV tem como finalidade apresentar o modelo do sistema utilizado. A discussão dos resultados é feita na Seção IV e, por fim, a Seção V contém as conclusões do trabalho.

2 CODIFICAÇÃO POLAR E POLARIZAÇÃO DO CANAL

O ponto chave do esquema de codificação polar é a possibilidade de acessar cada coordenada de uma ênupla no canal, W , separadamente e realizar a transmissão de informação nas que forem mais adequadas [1].

Inicialmente o comprimento do bloco, N , e a quantidade de bits de informação, K , presente em cada bloco são definidos. Portanto, o código terá taxa $R=K/N$. Os K bits de informação são alocados nos K canais mais adequados para transmissão e essa escolha é feita com o uso do parâmetro de Bhattacharyya [1], que pode ser calculado recursivamente, para cada coordenada do canal W . Os $N-K$ canais que não são utilizados para transmitir bits de informação são usados para transmitir os bits congelados (frozen bits), que são sempre 0 [1].

Para codificar uma mensagem, u , com componentes (u_1, \dots, u_N) e bits congelados já inclusos, gerando uma palavra-código, x , com componentes (x_1, \dots, x_N) , a seguinte

operação se faz necessária, $\mathbf{x}=\mathbf{uG}$, em que G é denominada matriz geradora de dimensão $N \times N$ [1]. Por exemplo, para $N= 4$, tem-se uma matriz geradora definida por:

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

e \mathbf{x} é dado por

$$(x_1, x_2, x_3, x_4) = (u_1, u_2, u_3, u_4) \cdot G, \quad (2)$$

logo, $x_1= (u_1 \oplus u_2 \oplus u_3 \oplus u_4)$, $x_2= (u_3 \oplus u_4)$, $x_3= (u_2 \oplus u_4)$, $x_4=u_4$ e \oplus representa a soma módulo 2.

A. Polarização do canal

A técnica de polarização de canal, proposta em [1], permite a geração de N canais independentes, $W_N^{(i)}$, $1 \leq i \leq N$, onde uma fração desses canais tende a ter informação mútua $I(W) = 1$ enquanto que nos canais restantes a informação mútua tenderá a zero. $W_N^{(i)}$ é gerado a partir de N cópias de um B-DMC, W. Esta operação consiste de duas etapas, sendo a primeira a fase de combinação de canais e a segunda a fase de separação de canais [1].

3 DESVANECIMENTO $\alpha - \mu$

Em comunicações móveis o cenário mais comum é a ausência da linha de visada direta entre o transmissor e o receptor o que faz com que exista propagação multipercurso entre os pontos.

A distribuição α - μ faz uso dos parâmetros α e μ para representar diversas condições de canal. A partir da distribuição α - μ é possível gerar as distribuições Rayleigh, Weibull, Gamma e Nakagami-m [7]. A sua envoltória, V, é dada por:

$$V^\alpha = \sum_{i=1}^{\mu} (F_i^2 + G_i^2), \quad (3)$$

em que F_i e G_i são processos gaussianos mutualmente independentes nos quais $E[F_i] = [G_i] = 0$, $E[F_i^2] = E[G_i^2] = \frac{\hat{v}^\alpha}{2\mu}$, $\hat{v} = \sqrt[\alpha]{E(V^\alpha)}$

[7] e $E[\cdot]$ é o operador valor esperado.

4 MODELO DO SISTEMA

O sistema proposto neste trabalho envia informação com o uso da técnica de codificação polar através de um canal AWGN com desvanecimento α - μ , modulação por Chaveamento de Mudança de Fase Binária (BPSK) [8] e decodificação Successive Cancellation[1]. Assim, o sinal recebido $r(t)$ é dado por:

$$r(t) = v(t) \cdot s(t) + n(t), \quad (4)$$

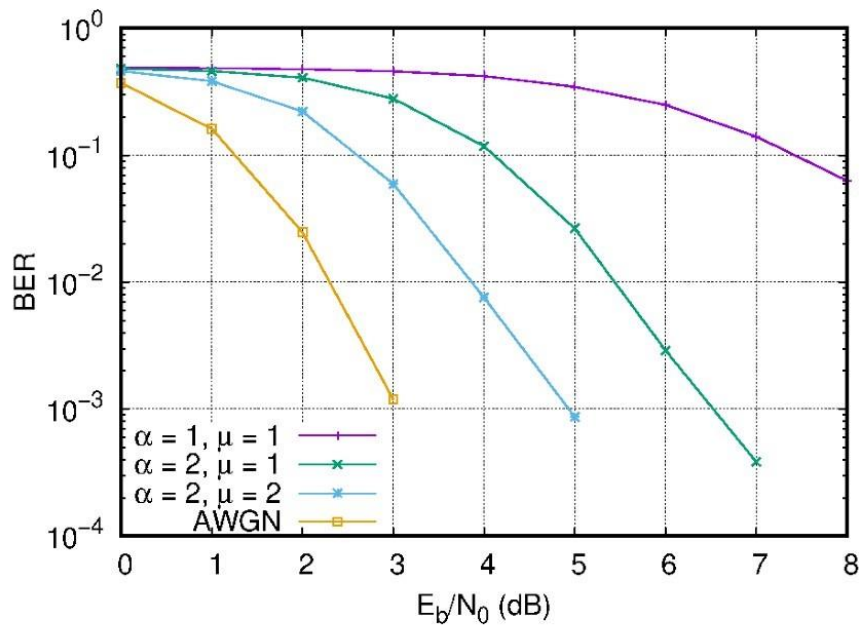
em que $v(t)$ é a envoltória do desvanecimento, $s(t)$ é o sinal transmitido e $n(t)$ é o ruído AWGN.

5 RESULTADOS

A métrica usada para a verificação do desempenho é a Taxa de Erro por Bit (BER) em função da relação sinal-ruído (E_b/N_0), em decibéis (dB). Os resultados foram gerados com $R=0,5$, $N=512$, $1 \leq \alpha \leq 2$ e $1 \leq \mu \leq 2$.

Na Fig. 1 pode-se observar o efeito negativo que o desvanecimento causa na qualidade de transmissão. No cenário onde $\alpha=2$ e $\mu=1$ tem-se o desvanecimento Rayleigh e o mesmo possui desempenho inferior quando comparado ao cenário em que $\alpha=2$ e $\mu=2$ tendo em vista que este último alcança BER igual a 10^{-3} para $E_b/N_0=5$ dB enquanto que o Rayleigh atinge a mesma BER para 6,5 dB. Esse ganho de 1,5 dB em relação aos dois cenários é explicado pelo aumento da quantidade de clusters que leva ao aumento da probabilidade de a informação ser corretamente recebida pelo receptor. O cenário onde $\alpha=1$ e $\mu=1$ apresenta desempenho inferior quando comparado ao Rayleigh devido a alteração no parâmetro α que representa a não-linearidade do meio de propagação. Observa-se que o Rayleigh alcança BER igual a 10^{-1} em 4 dB enquanto que o cenário $\alpha=1$ e $\mu=1$ atinge a mesma BER em 7,5 dB. O cenário com apenas a presença do AWGN possui desempenho superior a ambos os cenários com desvanecimento e alcança BER igual 10^{-3} em $E_b/N_0=3$ dB.

Figura 1. Taxa de erro de bit em função da relação sinal-ruído para o canal AWGN e com desvanecimento α - μ considerando $R=0,5$ e $N=512$.



6 CONCLUSÕES

A investigação realizada neste trabalho mostra o quanto o desvanecimento α - μ afeta negativamente, em termos da BER, o desempenho da codificação polar, na presença do ruído AWGN, e esse impacto leva à necessidade de usar mais energia para alcançar BER mais adequada com determinadas aplicações quando comparado com o cenário no qual apenas o ruído AWGN se faz presente.

Como sugestão de trabalhos futuros pode-se usar esquemas de entrelaçamento com o objetivo de diminuir o impacto negativo do desvanecimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar os seus sinceros agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas (PPGES) da Universidade de Pernambuco (UPE).

REFERÊNCIAS

1. E. Arıkan, “Channel polarization: A method for constructing capacity-achieving codes for symmetric binary-input memoryless channels,” *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 55, no. 7, pp. 3051–3073, July 2009.
2. P. Chen, B. Bai, Z. Ren, J. Wang, and S. Sun, “Hash-polar codes with application to 5G,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 12 441–12 455, 2019.
3. A. K. Pradhan and A. Thangaraj, “Photograph LDPC codes with block thresholds: Extension to degree-one and generalized nodes,” *IEEE Transactions on Communications*, vol. 66, no. 12, pp. 5876–5887, December 2018.
4. M. El-Khamy, H. MahdaviFar, G. Feygin, J. Lee, and I. Kang, “Relaxed polar codes,” *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 63, no. 4, pp. 1986–2000, April 2017.
5. F. C. P. Barros, M. L. M. G. Alcoforado, and W. T. A. Lopes, “Efeito do desvanecimento Rayleigh no desempenho dos códigos polares,” in *Anais da IX Conferência Nacional em Comunicações, Redes e Segurança da Informação (Encom 2019)*, Petrolina, PE, Outubro 2019, pp. 87–88.
6. W. T. A. Lopes, Y. Xue, and E. S. Sousa, “Performance of modulation diversity with polar encoding in Rayleigh fading channel,” in *Proceedings of the 16th ACM International Symposium on Performance Evaluation of Wireless Ad Hoc, Sensor, and Ubiquitous Networks (PE-WASUN’2019)*, Miami, FL, USA, November 2019, pp. 51–55.
7. M. D. Yacoub, “The α - μ distribution: A physical fading model for the Stacy distribution,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 56, no. 1, pp. 27–34, 2007.
8. A. Ramzan and M. O. B. Saeed, “LDPC-coded OFDM-system with BPSK modulation: Performance comparison with uncoded OFDM system,” in *2018 3rd International Conference on Control and Robotics Engineering (ICCRE)*, April 2018, pp. 213–217.