

Simulação de Códigos Turbo para um Canal de Comunicações Através da Rede de Baixa Tensão com Ruído Impulsivo Assíncrono

João Luiz Rebelatto, Richard Demo Souza e Marcelo Eduardo Pellenz

Resumo—O desempenho de códigos turbo em um ambiente com ruído impulsivo característico da rede de baixa tensão é investigado. Simulações computacionais investigando os efeitos do comprimento do código, da energia do ruído e da velocidade de transmissão são apresentadas.

Palavras-Chave—Códigos turbo, ruído impulsivo, comunicação através da rede de baixa tensão.

Abstract—The performance of turbo codes in an environment with impulsive noise typical of power lines is investigated. Computer simulations investigating the effects of code length, impulsive noise energy and transmission rate are presented.

Keywords—Turbo Codes, impulsive noise, power line communications.

I. INTRODUÇÃO

O sistema de distribuição de energia elétrica em baixa tensão forma atualmente a maior rede instalada no planeta, sendo acessível em praticamente qualquer lugar. O nível de capilaridade deste sistema, bem como o número de usuários conectados a ele, o torna uma solução bastante atraente para transmissão de dados. Porém, como esse sistema foi projetado para a distribuição de energia e não para fins de comunicação, o mesmo apresenta diversos desafios para transmissão confiável da informação [1], [2], [3]. Entre eles, provavelmente a característica mais limitante para a transmissão fiel da informação é a presença do ruído, o qual, diferentemente de outros canais de comunicação, não pode ser caracterizado apenas como ruído aditivo Gaussiano (AWGN), pois é formado pela composição de pelo menos cinco classes de ruído, dentre os quais o ruído impulsivo assíncrono é o que causa maiores danos, sendo o mais difícil de modelar e combater. Para tal, são utilizados códigos corretores de erros [4].

Nesse projeto é apresentada a performance dos chamados códigos turbo [5], em especial no que diz respeito à energia do ruído impulsivo, à velocidade de transmissão e ao comprimento do entrelaçador do código. Todas essas simulações visam obter algumas regras que podem ser muito úteis para

João Luiz Rebelatto e Richard Demo Souza estão vinculados ao Departamento Acadêmico de Eletrônica e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (CPGEI), Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, CEFET/PR, Curitiba - PR. Fone: 41-3104708. joaoluiz@eletrica.eng.br, richard@cpgei.cefetpr.br

Marcelo Eduardo Pellenz está vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada (PPGIA) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, PUC-PR, Curitiba - PR. Fone: 41 - 2711690. marcelo@ppgia.pucpr.br

Este trabalho foi financiado em parte pelo CNPq (Processo 113969/2004).

o projeto de novos esquemas de transmissão de dados através da rede de baixa tensão.

II. METODOLOGIA

O codificador turbo utilizado foi baseado em [5], o qual é de taxa 1/3 e inclui um bit sistemático e dois codificadores convolucionais recursivos de 16 estados com matriz geradora dada por $G(D) = \frac{1+D+D^2+D^4}{1+D^3+D^4}$, e onde o comprimento do entrelaçador do código é L . O modelo de ruído impulsivo utilizado foi baseado em [6], o qual utiliza cadeias de Markov particionadas.

Como o enfoque deste trabalho está concentrado no desempenho dos códigos turbo, parte-se do princípio de que o canal de transmissão não possui seletividade em frequência nem variância no tempo, possuindo como empecilho para a transmissão confiável dos dados apenas a presença do ruído, seja ele de fundo ou impulsivo. Com o intuito de poder investigar o efeito do ruído impulsivo para diferentes velocidades de transmissão através do canal, foi definido o fator B como sendo o número de símbolos afetados por cada evento de erro (rajada).

III. RESULTADOS

As simulações mostram a taxa de erro de bit (BER) em função da relação sinal ruído de fundo (E_b/N_0), variando-se os seguintes fatores do codificador, um de cada vez: a) energia do ruído impulsivo, b) velocidade de transmissão, c) comprimento do código (comprimento L do entrelaçador).

A. Energia do Ruído

A Figura 1 apresenta a BER vs. E_b/N_0 para um entrelaçador de comprimento $L = 16384$, comprimento das rajadas do ruído de $B = 128$ símbolos por rajada, e variando-se a relação entre a energia do sinal e a energia do ruído impulsivo ($E_b/N_{0[imp]}$). Através da análise da Figura 1, pode-se chegar à conclusão de que os códigos turbo possuem uma grande eficiência mesmo na presença do ruído impulsivo, pois o seu desempenho na presença de ruídos de fundo e impulsivo ficou a menos de 0.5dB do caso de apenas ruído de fundo.

B. Velocidade de Transmissão

Quanto maior a velocidade de transmissão, pior o desempenho dos códigos turbo, pois a ocorrência de um ruído impulsivo afetará um número maior de símbolos (ou seja, o

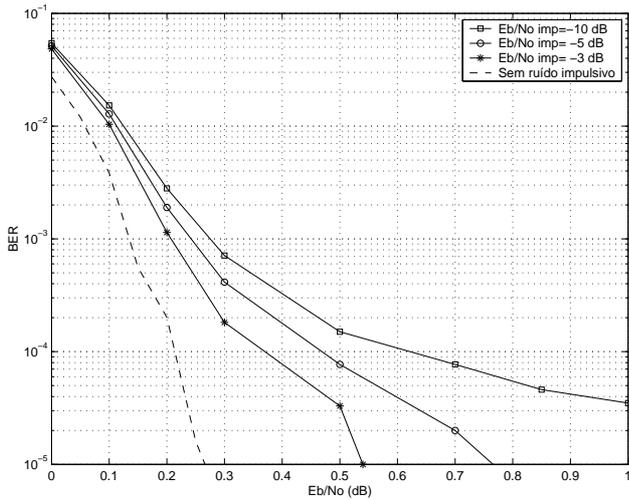


Fig. 1. Taxa de erro de bit (BER) versus relação sinal ruído de fundo (E_b/N_0), para o código turbo de taxa 1/3, entrelaçador de comprimento $L = 16384$, o comprimento das rajadas do ruído impulsivo de $B = 128$ símbolos por rajada, variando-se a relação sinal ruído impulsivo $E_b/N_{0[imp]} = \{-3.0, -5.0, -10.0\}$ dB.

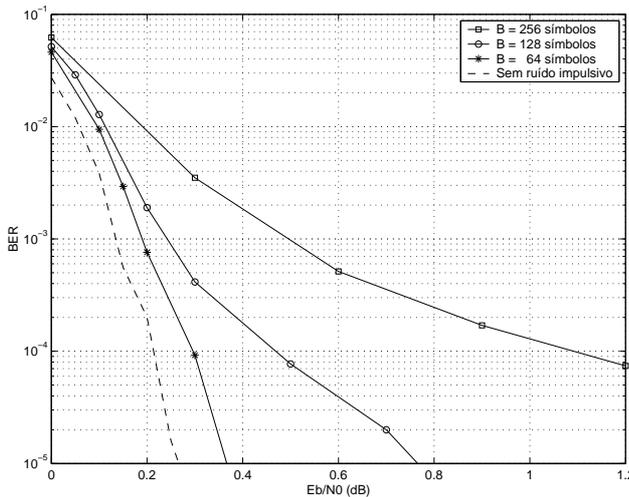


Fig. 2. Taxa de erro de bit (BER) versus relação sinal ruído de fundo (E_b/N_0), para o código turbo de taxa 1/3, entrelaçador de comprimento $L = 16384$, relação sinal ruído impulsivo $E_b/N_{0[imp]} = -5.0$ dB, variando-se o comprimento das rajadas do ruído impulsivo de $B = \{64, 128, 256\}$ símbolos.

valor B aumenta). A Figura 2 apresenta a BER vs. E_b/N_0 para o caso do codificador turbo em questão, com um entrelaçador de comprimento $L = 16384$, porém fixando a relação sinal ruído impulsivo $E_b/N_{0[imp]} = -5.0$ dB, e variando-se o comprimento das rajadas do ruído de $B = \{64, 128, 256\}$ símbolos por rajada. Pode-se observar que à medida que se aumenta a velocidade de transmissão o desempenho do código piora.

C. Comprimento do Código

Um bloco de informação com comprimento maior torna o código mais eficiente, pois aumenta a eficiência do entrelaçador, diminuindo a probabilidade da ocorrência de

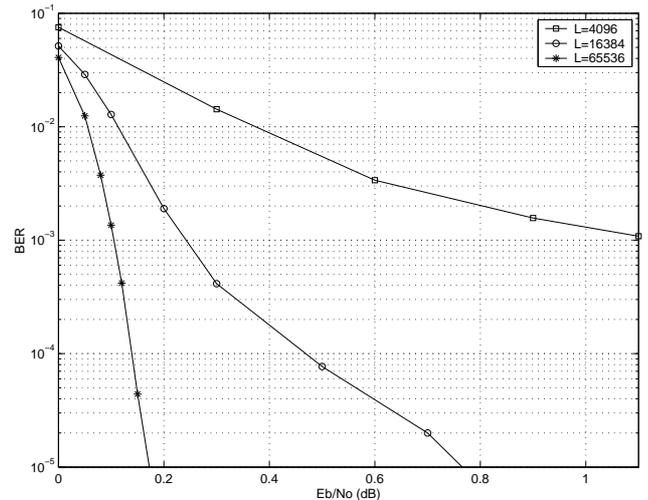


Fig. 3. Taxa de erro de bit (BER) versus relação sinal ruído de fundo (E_b/N_0), para o código turbo de taxa 1/3, relação sinal ruído impulsivo $E_b/N_{0[imp]} = -5.0$ dB, comprimento das rajadas do ruído impulsivo de $B = 128$ símbolos por rajada, variando-se o comprimento do entrelaçador de canal de $L = \{4096, 16384, 65536\}$.

erros em rajada. Porém, um aumento de L acarreta num atraso na decodificação.

A Figura 3 mostra a BER vs. E_b/N_0 para o caso do codificador turbo em questão, relação sinal ruído impulsivo $E_b/N_{0[imp]} = -5.0$ dB, comprimento das rajadas do ruído de $B = 128$ símbolos por rajada, e variando-se o comprimento do entrelaçador do código de $L = \{4096, 16384, 65536\}$. Percebe-se que para códigos de comprimento relativamente pequenos a taxa de erro de bit é bem maior que no caso de códigos maiores.

IV. COMENTÁRIOS FINAIS

Conforme apresentado neste trabalho, simulações computacionais mostraram que a escolha adequada do comprimento do código em função da velocidade de transmissão e da energia do ruído permite que os efeitos do ruído impulsivo sejam praticamente eliminados pelo código turbo.

REFERÊNCIAS

- [1] H. Dai and H. V. Poor, "Advanced signal processing for power line communications," *IEEE Commun. Magazine*, vol. 41, no. 5, pp. 100-107, May 2003.
- [2] M. Gotz, M. Rapp, and K. Dostert, "Power line channel characteristics and their effect on communication system design," *IEEE Commun. Magazine*, vol. 42, no. 4, pp. 78-86, Apr. 2004.
- [3] M. Zimmermann and K. Dostert, "A Multipath model for the power line channel," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 50, no. 4, pp. 553-559, Apr. 2002.
- [4] J. G. Proakis, *Digital Communications*, McGraw-Hill, Third-Edition, 1995.
- [5] B. Vucetic and J. Yuan, *Turbo Codes - Principles and Applications*, Kluwer Academic Publishers, First-Edition, 2000.
- [6] M. Zimmermann and K. Dostert, "Analysis and modeling of impulsive noise in broad-band power line communications," *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol. 44, no. 1, pp. 249-258, Feb. 2002.