

Efeito do Erro de Estimação em canais sob desvanecimento generalizado $\alpha - \kappa - \mu$

Higo Thaian Pereira da Silva, Fabrício B. S. Carvalho e Waslon Terllizie A. Lopes

Resumo— O desvanecimento em pequena escala é um efeito inerente a transmissões sem fio, por isso, é importante conhecer métodos estatísticos e analíticos para estimar os efeitos do desvanecimento. Este artigo apresenta uma análise dos impactos do erro de estimação na taxa de erro de bit em canais com desvanecimento $\alpha - \kappa - \mu$. Mostra-se por meio de simulações, a degradação que o erro de estimação provoca na recepção do sinal.

Palavras-Chave— Comunicações sem Fio, Desvanecimento generalizado, Erro de Estimação, Taxa de erro de bit.

Abstract— The small scale fading is a inherent effect to wireless transmissions. Therefore, its important known statistical and analytical methods to estimate the fading effects. This article presents a analysis of estimation error impacts on the bit error rate in $\alpha - \kappa - \mu$ fading channels. It is shown, by simulations, the degradation of the estimation error causes in signal reception.

Keywords— Wireless communications, Generalized fading, Estimation error, Bit error rate.

I. INTRODUÇÃO

A crescente necessidade por informação requer o desenvolvimento de tecnologias de comunicação sem fio, visto que esta tecnologia viabiliza, por exemplo, a mobilidade dos usuários [1]. Dados atuais mostram que o número de usuários de telefonia móvel já ultrapassa os 7 bilhões em todo o mundo [2]. Nesse sentido, faz-se necessário o estudo de modelos para o canal de comunicações sem fio de modo a garantir a qualidade da informação no processo de recepção dos sinais transmitidos pelo canal sem fio.

Sendo assim, é necessário o estudo dos vários efeitos que o sinal transmitido sofre por toda extensão do canal sem fio. Ao longo desse canal, o sinal transmitido pode sofrer múltiplas reflexões, espalhamentos ou difrações. Além disso, as perdas de propagação e sombreamento podem afetar a qualidade do sinal recebido [2]. Em particular, o desvanecimento provoca flutuações aleatórias na amplitude e na fase dos sinais transmitidos e, como consequência, tais efeitos levam à uma degradação do sistema de comunicação sem fio devido ao aumento da taxa de erro de bit (BER – Bit Error Rate) [3]. Existem vários modelos estatísticos que caracterizam o comportamento do desvanecimento, sendo alguns dos mais citados na literatura os modelos: Rayleigh, Nakagami-m, Hoyt, Rice e Weibull. Neste trabalho será abordado o modelo generalizado $\alpha - \kappa - \mu$ [1], [4], cujos parâmetros podem ser ajustados para se adaptar a maioria dos modelos de desvanecimento.

Higo Thaian Pereira da Silva, Fabrício Braga Soares de Carvalho e Waslon Terllizie Araújo Lopes, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, Brasil, E-mails: higo.silva@cear.ufpb.br, fabricio@cear.ufpb.br e waslon@cear.ufpb.br.

Para recepção adequada dos sinais, o receptor deve estimar a amplitude do desvanecimento em cada instante de tempo. No entanto, em virtude do ruído aditivo e da variação temporal do desvanecimento, o receptor pode não conseguir fazer uma estimativa perfeita do canal. Os erros de estimação do canal podem levar a erros de detecção se o sistema não estiver suficientemente preparado.

Este artigo analisa os efeitos do erro de estimação sobre a BER em um canal com desvanecimento generalizado $\alpha - \kappa - \mu$ e está organizado da seguinte maneira: a Seção II apresenta o modelo do sistema de comunicação sem fio abordado no trabalho. Na Seção III é detalhado o modelo de desvanecimento $\alpha - \kappa - \mu$. Os resultados de simulação são mostrados na Seção IV e a Seção V é dedicada as conclusões do trabalho.

II. MODELO DO SISTEMA DE COMUNICAÇÃO

Considere o sistema de comunicação sem fio em que o canal é afetado por um desvanecimento lento e não-seletivo em frequência. Nesse caso, o sinal recebido $s_r(t)$ pode ser descrito como

$$s_r(t) = rs(t) + n(t), \quad 0 \leq t \leq T \quad (1)$$

em que $s(t)$ é o sinal transmitido, $n(t)$ é o ruído aditivo gaussiano branco (AWGN) modelado por um processo estocástico complexo de média nula e densidade espectral de potência $N_0/2$, r é a magnitude do desvanecimento e T é o tempo de símbolo.

III. DESVANECIMENTO $\alpha - \kappa - \mu$

No modelo de sistema de comunicação sem fio utilizado na Seção II, a envoltória do desvanecimento pode ser descrita por [1], [4]

$$R = \left(\sqrt{\sum_{i=1}^{\mu} (X_i + p_i)^2 + (Y_i + q_i)^2} \right)^{\frac{2}{\alpha}} \quad (2)$$

em que α modela a não-linearidade do canal, μ quantifica o número de ondas parciais que possuem atrasos temporais semelhantes (*clusters*) [1], X_i e Y_i são variáveis aleatórias gaussianas de média nula e variâncias σ^2 , e por sua vez, p_i e q_i são as componentes médias de fase e quadratura. O parâmetro κ modela a razão entre a potência da componente de visada direta (LOS – *Line-of-Sight*) e as componentes espalhadas sendo expresso por [1], [4]

$$\kappa = \sum_{i=1}^{\mu} \frac{(p_i^2 + q_i^2)}{2\mu\sigma^2}. \quad (3)$$

Por fim, a distribuição $\alpha - \kappa - \mu$ (considerando a envoltória normalizada $P = \frac{\Gamma}{\sqrt{E[\Gamma^\alpha]}}$, em que $E[\cdot]$ é o operador valor esperado), é dada por [4]

$$f_P(p) = \frac{\alpha \kappa^{\frac{1-\mu}{2}} (1+\kappa)^{\frac{1+\mu}{2}} \mu p^{\frac{\alpha(1+\mu)}{2}-1}}{e^{\mu(\kappa+p^\alpha+\kappa p^\alpha)}} \times \dots \quad (4)$$

$$I_{\mu-1} \left(2\sqrt{\kappa(1+\kappa)\mu p^{\frac{\alpha}{2}}} \right)$$

em que $I_\nu(\cdot)$ é a função de Bessel modificada de primeira espécie e $\Gamma(\cdot)$ é a função Gamma de Euler. Esta distribuição é dita generalizada pois ajustando-se os parâmetros $\alpha - \kappa - \mu$ pode-se chegar a distribuições conhecidas, como Rayleigh, Rice ou Hoyt [1], [4].

IV. RESULTADOS DE SIMULAÇÃO

As simulações foram baseadas na transmissão de 1000 mensagens, cada uma composta de 250 símbolos, sendo 50 símbolos piloto utilizados na estimação do desvanecimento (vazão de 80%) em um esquema de modulação 64-QAM. Nesse cenário, a envoltória estimada pode ser expressa por

$$\hat{r}(t) = r(t) + \delta(t) \quad (5)$$

em que $\delta(t)$ é um processo estocástico gaussiana de média nula que modela o erro de estimação. Supondo que o desvanecimento é constante durante uma mensagem completa de N ($N = 250$) símbolos, a estimação do desvanecimento pode ser feita por K ($K = 50$) símbolos pilotos conhecidos no transmissor e no receptor. Assim, a variância do erro de estimação pode ser expressa por [4]

$$\text{Var}[\delta(t)] = \frac{N_0}{2KE_s} \quad (6)$$

sendo E_s é a energia do símbolo. Para estimar o desvanecimento, foi considerado que a média do ruído gaussiano branco converge a aproximadamente zero com K amostras, o que leva a

$$\hat{r}(t) = \frac{E \left[\sum_{i=1}^K r s_i(t) + n_i(t) \right]}{E \left[\sum_{i=1}^K s_i(t) \right]} \quad (7)$$

em que os sinais s_i são símbolos pilotos.

A Figura 1 mostra a curva de BER do sistema considerando a estimação do desvanecimento $\alpha - \kappa - \mu$ para três casos de potência de visada direta ($\kappa = 1, 10, 100$) com canal sem distrorção de envoltória ($\alpha = 2$) e apenas um bloco de mensagens com mesmos atrasos temporais ($\mu = 1$). Como esperado, percebe-se que os casos com maior componente de visada direta ($\kappa = 10, 100$) levam a uma menor BER. Por exemplo, para uma SNR de 15 dB a BER diminui de 10^{-2} para 10^{-3} quando κ varia de 1 para 100.

A Figura 2 mostra o comportamento da variância do erro de estimação comparado com a curva teórica (Equação 6) em função da relação sinal-ruído. Como esperado, percebe-se que quanto maior os valores de SNR e de κ mais próximo a variância simulada fica de seu valor teórico.

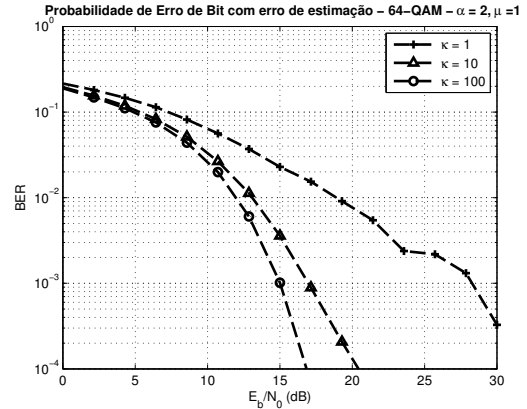


Fig. 1. Taxa de erro de bit calculada para diferentes casos de desvanecimento em função da relação sinal-ruído por bit (E_b/N_0) considerando o erro de estimação.

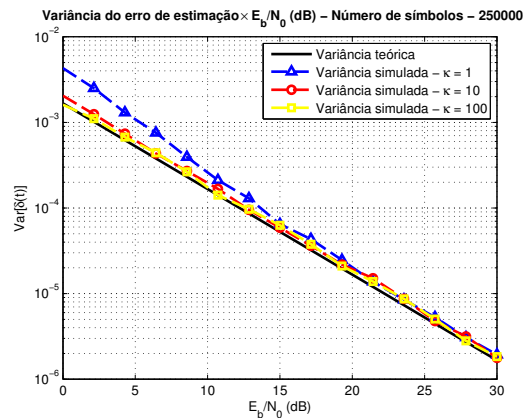


Fig. 2. Comportamento da variância do erro de estimação em função da SNR nos vários casos de desvanecimento em comparação com o resultado teórico.

V. CONCLUSÕES

Este artigo mostrou que o desempenho de um sistema de comunicações sem fio modelado com desvanecimento generalizado pode ter seu desempenho significativamente afetado na presença de erros de estimação. Mostrou-se por meio de simulações que a presença de uma forte componente de visada direta leva a uma redução da BER mesmo considerando os erros de estimação de canal.

REFERÊNCIAS

- [1] F. P. Batista, *Estimação de Parâmetros por Máxima Verossimilhança para Ambientes Generalizados do Canal sem Fio*. Dissertação de Mestrado, Inatel – Instituto Nacional de Telecomunicações, Dezembro 2015.
- [2] Anatel – Agência Nacional de Telecomunicações. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/dados/index.php/acessos-telefonia-movel>. Acesso em 17 de fevereiro de 2016.
- [3] F. B. S. Carvalho, W. T. A. Lopes e M. S. Alencar. “Sensoriamento Espectral Cognitivo Baseado em Testes Estatísticos em Canais Sujeitos ao Desvanecimento Nakagami- m ”. *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações (SBRT 2015)*, pp. 632–636, Juiz de Fora, MG, Setembro 2015.
- [4] G. Fraidenraich e M. D. Yacoub, The $\alpha - \eta - \mu$ and $\alpha - \kappa - \mu$ Fading Distributions. *Proceedings of the IEEE Ninth International Symposium on Spread Spectrum Techniques and Applications*, pp. 16–20, Manaus, AM, August 2006.