

Caracterização e Análise de Modelos Estatísticos de Canais com Desvanecimento Rayleigh

Douglas Tanajura Barreto de Carvalho¹, Leocarlos Bezerra da Silva Lima²

Resumo—Este artigo apresenta uma descrição geral dos modelos de canais com desvanecimento de Rayleigh para comunicações móveis. Os modelos de canal são analisados e comparados considerando diversos parâmetros estatísticos.

Palavras-Chave—Canais com desvanecimento, desvanecimento Rayleigh, modelamento computacional de canais, multipercursos, efeito Doppler.

Abstract—This paper presents a general description of Rayleigh fading channel models for mobile communications. The channel models are analyzed and compared considering several statistical parameters.

Keywords—Fading channels, Rayleigh fading, computational modeling channels, multipath, Doppler effect.

I. INTRODUÇÃO

O conhecimento detalhado de um canal de comunicação a ser usado em uma análise, projeto, simulação e implementação de um sistema de comunicações pode ser decisivo para a escolha de parâmetros importantes, como taxa e potência de transmissão, modulação, etc. Modelagem computacional tem sido uma ferramenta fundamental para o estudo e desenvolvimento de sistemas modernos de transmissão e recepção.

Um sinal emitido por um transmissor está sujeito a diferentes mecanismos de propagação. Esses mecanismos, por sua vez, podem gerar um efeito conhecido como desvanecimento por multipercursos, caracterizado por uma distorção do sinal transmitido no receptor devido à combinação de várias versões do mesmo, que percorrem caminhos diferentes entre o transmissor e receptor. Além disso, o movimento relativo entre transmissor e receptor gera modulações indesejadas na frequência do sinal transmitido, fenômeno conhecido como efeito Doppler [4].

O presente artigo apresenta uma descrição e caracterização dos principais modelos de canais com desvanecimento Rayleigh. A seção II caracteriza o desvanecimento que ocorre em canais com multipercursos e descreve a distribuição de Rayleigh que modela este fenômeno. A seção III apresenta e analisa os principais modelos computacionais para canais com desvanecimento Rayleigh. As conclusões são apresentadas na seção IV.

¹Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Sergipe – UFS, São Cristóvão-SE, Brasil, E-mail: douglas-tanajuraa@gmail.com. Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Pesquisa – COPEs da UFS. ²Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, Brasil, E-mail: leocarlos@ufs.br.

II. DESVANECIMENTO RAYLEIGH

Os mecanismos de dispersão no tempo e dispersão em frequência em um canal de rádio móvel levam a quatro efeitos distintos possíveis, que se manifestam dependendo da natureza do sinal transmitido, do canal e da velocidade relativa entre transmissor e receptor. O espalhamento da natureza do sinal transmitido leva à dispersão no tempo e ao desvanecimento seletivo em frequência. O espalhamento Doppler leva à dispersão em frequência e ao desvanecimento seletivo no tempo [4].

O modelo de desvanecimento Rayleigh é usualmente utilizado quando existem muitos objetos que dispersam o sinal e não há visada direta entre transmissor e receptor. A função densidade de probabilidade deste modelo é dada por

$$p_R(r) = \frac{2r}{\sigma^2} e^{-\frac{r^2}{\sigma^2}}, \quad r \geq 0, \quad (1)$$

em que σ^2 é a variância do processo.

III. MODELOS COMPUTACIONAIS

Os modelos de canal são analisados considerando várias figuras de mérito: funções de autocorrelação da envoltória complexa e do envelope ao quadrado, funções de correlação cruzada (em quadratura e em fase) do sinal com desvanecimento, taxa de cruzamento de nível e da duração média dos desvanecimentos. Essas propriedades são importantes para justificar a adequação dos modelos como simuladores de desvanecimento Rayleigh válidos. Todas foram deduzidas e simuladas, mas, dada a limitação de espaço, apenas a autocorrelação da parte real da envoltória consta no presente texto, uma vez que demonstra satisfatoriamente as diferenças entre os modelos.

A. Modelo de Clarke e a Generalização de Aulín

O modelo de Clarke consiste num modelo bidimensional de propagação por espalhamento, em que o plano XY representa o plano horizontal. O sinal total recebido é dado por [2]

$$c(t) = E_0 \sum_{n=1}^M A_n e^{j(\omega_n + \phi_n)}, \quad (2)$$

em que E_0 é a amplitude do sinal enviado, A_n a amplitude do sinal recebido e M o número de multipercursos. As fases ϕ_n são uniformemente distribuídas entre 0 a 2π e independentes entre si e dos ângulos de chegada α_n . Além

disso, $\omega_n = 2\pi f_d \cos \alpha_n$, em que f_d é o deslocamento Doppler.

Visando uma propagação em meio urbano, Aulin [1] propôs um modelo em que ele investiga a influência da propagação, considerando que a n -ésima componente do sinal transmitido chega no receptor com um ângulo de elevação β_n em relação ao plano XY . Desta forma,

$$\omega'_n = 2\pi f_d \cos \alpha_n \cos \beta_n. \quad (3)$$

A Figura 1 apresenta a autocorrelação da componente real para os modelos de Clarke e Aulin sobre as mesmas condições de simulação, sendo $J_0(\cdot)$ é função de Bessel modificada de primeiro tipo e ordem 0. Notou-se que um aumento do ângulo β_n faz com que a correlação entre as amostras se aproxime de zero mas rapidamente.

O modelo de Clarke [2] é amplamente usado no meio científico além de ter sido base de alguns simuladores de canais com desvanecimento amplamente utilizados, como os modelos de Jakes [3], de Smith [5] e de Young [7].

B. Modelo de Jakes e a Modificação de Zheng

O modelo de Jakes [3] se baseia numa soma de senóides (N_0 osciladores), para gerar canais com desvanecimento Rayleigh correlacionados no tempo. Os coeficientes de transmissão são modelados por $u(t) = u_R(t) + ju_I(t)$, em que [6]

$$u_R(t) = 2 \sum_{n=1}^{M_0} \cos(\omega_n t) \cos(\beta_n) + \sqrt{2} \cos(\omega_m t) \cos(\varphi), \quad (4a)$$

$$u_I(t) = 2 \sum_{n=1}^{M_0} \cos(\omega_n t) \sin(\beta_n) + \sqrt{2} \cos(\omega_m t) \sin(\varphi), \quad (4b)$$

$M_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{N_0}{2} - 1 \right)$, $\beta_n = \phi_n = \phi_{-n}$ (β_n representa aqui uma composição de fases iniciais de cada oscilador), $\varphi = \phi_0 = \phi_{M/2}$ e $\omega_m = 2\pi f_d$.

C. Modificação de Zheng-Xiao

O modelo de Zheng-Xiao proporciona médias estatísticas corretas [6]. Além disso, A_n (ganho de percurso), α_n (ângulo de chegada) e ϕ_n (fase inicial) são consideradas variáveis aleatórias. Os coeficientes de transmissão são modelados por [6]

$$u(t) = \sqrt{2} \sum_{n=1}^{N_0} A_n \cos(\omega_m t \cos \alpha_n + \phi); \quad (5)$$

em que $\alpha_n = \frac{2\pi n - \pi + \theta}{4N_0}$, $A_n = \frac{e^{j\psi_n}}{\sqrt{N_0}}$ e $\{\theta, \phi, \psi_n\}$ são variáveis aleatórias uniformemente distribuídas sobre o intervalo $[0, 2\pi)$, para qualquer n .

A Figura 2 apresenta a autocorrelação da componente real para os modelos de Jakes e Zheng sobre as mesmas condições de simulação. Nas simulações foram usados $N_0 = 8$ pois trata-se de um número suficiente para que bons resultados em médias estatísticas sejam obtidos.

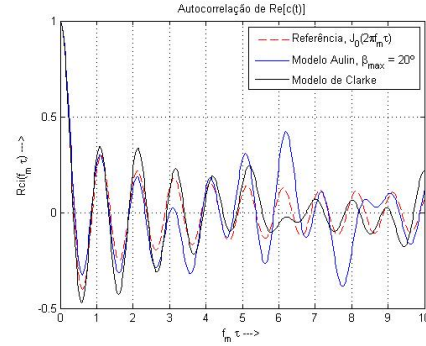


Fig. 1. Comparação entre as funções de autocorrelação dos modelos de Clarke e Aulin.

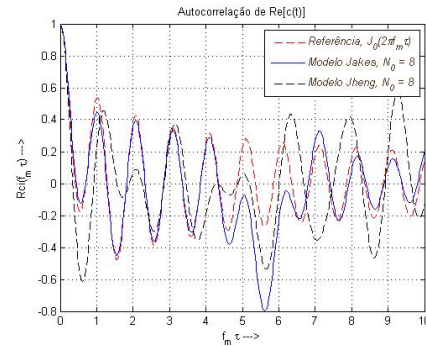


Fig. 2. Comparação entre as funções de autocorrelação dos modelos de Jakes e Zheng.

IV. CONCLUSÕES

Foram descritos os principais modelos de desvanecimento Rayleigh para canais de comunicações móveis. Os modelos foram analisados e comparados através de suas propriedades estatísticas, considerando aumento de M e do número de amostras simuladas.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Coordenação de Pesquisa – COPES da Universidade Federal de Sergipe (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC) pelo suporte financeiro a esta pesquisa.

REFERENCES

- [1] AULIN, T. *Characteristics of a digital mobile radio channel*. IEEE Transactions on Vehicular Technology, p. 45-53, maio 1981.
- [2] CLARKE, R. H. *A statistical theory of mobile-radio reception*. The Bell Systems Technical Journal, n. 6, p. 957-1000, 1968.
- [3] JAKES, W. C. *Microwave mobile communications*. New York: Wiley, 1974.
- [4] RAPAPORT, T. S. *Comunicações sem fio, princípios e práticas*. 2. ed. [S.l.]: Pearson, 2009.
- [5] SMITH, J. I. *A computer generating multipath fading simulation for mobile radio*. IEEE Transactions on Vehicular Technology, n. 3, p. 39-40, ago. 1975.
- [6] XIAO, C.; ZHENG, Y. R.; BEAULIEU, N. C. *Second-order statistical properties of the WSS Jakes' fading channel simulator*. IEEE Transactions on Communications, n. 6, p. 888-891, jun. 2002.
- [7] YOUNG, D. J.; BEAULIEU, N. C. *The generation of correlated rayleigh random variates by inverse discrete fourier transform*. IEEE trans. on Commun., v. 48, n. 7, p. 1114-1127, jul. 2000.