

Simulação da Resposta ao Impulso de um Canal VLC

Mensah Marius Francis Locossou e Jaime Portugheis

Resumo— Este artigo considera sistemas de comunicação através da luz visível, VLC (do inglês, Visible Light Communication). As fontes ópticas utilizadas são os diodos emissores de luz, LEDs (do inglês Light Emitting Diodes). O objetivo do trabalho foi desenvolver um software de simulação do modelo matemático do canal tendo como base algoritmos recursivos já propostos na literatura.

Palavras-Chave— *Sistemas VLC, resposta impulsiva do canal.*

Abstract— This article considers communication systems through visible light, VLC (Visible Light Communication). The optical sources used are light emitting diodes (LEDs). The objective of this work was to develop software for simulating the mathematical model of the channel based on recursive algorithms already proposed in the literature..

Keywords— *VLC systems, channel impulse response.*

I. INTRODUÇÃO

Os sistemas de comunicações atuais utilizam dois tipos de meios de transmissão de informação: meios confinados, como fibras óticas e cabos coaxiais, e, o espaço livre, neste caso através de ondas de radiofrequência (de 3Khz a 300 Ghz) e luz (650 a 1550 nm). Os sistemas que usam o espaço livre e luz são conhecidos como sistemas FSO (do inglês, “Free Space Optics”). Eles são utilizados para ambientes externos e para distâncias longas (na maioria das vezes os enlaces possuem distancias de 100 m até 6 km). Comunicação através da luz visível, VLC, se refere ao uso de comprimento de onda da luz visível (de 380 nm até 780 nm) em ambientes internos e distâncias curtas (de 30 cm até 20 m) [1]. Existe atualmente uma tendência mundial de reposição das lâmpadas incandescentes e fluorescentes por diodos emissores de luz, LEDs (do inglês, Light Emitting Diode) [1]. Além de prover iluminação, avanços recentes na tecnologia dos LEDs permitem que eles comutem sua intensidade luminosa entre diferentes níveis e a taxas muito rápidas. Esta capacidade de comutação tornou capaz o aparecimento de sistemas de comunicação VLC utilizando como fonte óptica LEDs. Uma das primeiras tarefas necessárias ao projeto de um sistema de comunicação eficiente é a caracterização do canal físico (o meio de propagação) juntamente com a proposta de um modelo matemático do canal. Desde o aparecimento de sistemas de comunicação óptica pelo espaço livre em ambientes internos na faixa do infra-vermelho, conhecidos como sistemas IR (do inglês, InfraRed), muitos estudos foram realizados para a caracterização do canal e proposta de um

modelo [2], [3]. Num ambiente interno, o sinal óptico detectado no receptor sofre dispersão temporal devido às reflexões em paredes e outros objetos. O modelo matemático resultante é obtido através de uma resposta ao impulso que é a somatória de diversas respostas ao impulso do canal (cada uma delas correspondendo a um número limitado de reflexões) [3]. Um algoritmo recursivo para o cálculo da resposta ao impulso de um sistema IR foi proposto em [3]. Este algoritmo ofereceu uma boa base para desenvolver o software utilizado para os sistemas VLC. Entretanto, como um sistema VLC possui um espectro de faixa larga quando comparado a um sistema IR, existia a necessidade de modificar-se o algoritmo de [3]. Mais recentemente, o algoritmo de [3] foi modificado para que fosse possível a obtenção de um modelo de canal mais adequado para um sistema VLC [4].

II. MODELO DO CANAL

O modelo geométrico incluindo as características geométricas do canal estão apresentados na Figura 1. A configuração LOS (do inglês, “Line Of Sight”) exige que não exista nenhuma superfície refletora no ambiente. Desse modo, o receptor recebe apenas a luz que provem diretamente da fonte emissora. Os parâmetros descritos na figura são:

- Φ , ângulo entre o feixe de luz e a normal do emissor;
- Θ , ângulo entre a normal do receptor e o feixe de luz;
- R , distância entre a fonte e o receptor.

Na configuração NLOS (do inglês, “Non Line Of Sight”), é considerado que cada feixe de luz emitido pelo emissor sofre um dado número de reflexões k antes de chegar no receptor.

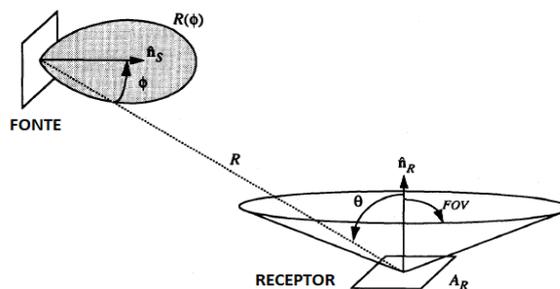


Figura 1: Modelo geométrico de um canal VLC

Seja $h^{(0)}(t; S; R)$ a resposta ao impulso dos feixes com linha de visada (configuração LOS) e $h^{(k)}(t; S; R)$ a resposta ao impulso dos feixes que sofreram exatamente k reflexões antes

Mensah Marius Francis Locossou e Jaime Portugheis, Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Limeira -SP, Brasil, E-mails: mlocossou@hotmail.fr, jaime@ft.unicamp.br. O primeiro autor foi parcialmente financiado pelo PIBIC/CNPq.

de chegar no receptor. Desse forma, a resposta ao impulso $h(t; S;R)$ do sistema pode ser escrita na forma de um somatório infinito:

$$h(t, S, R) = \sum_{k=0}^{+\infty} h^{(k)}(t, S, R)$$

A resposta ao impulso do sistema LOS é dada por:

$$h^{(0)}(t, S, R) = T(\phi)(\text{Arg}(\theta))/R^2 \delta(t-R/c)$$

onde $\text{Arg}(\theta)$ representa a área efetiva do fotodetector e c a velocidade da luz.

Para estimar $h(t; S;R)$ do sistema todo, considerar-se-á apenas um número finito máximo M de reflexões. Isso significa:

$$h(t, S, R) = \sum_{k=0}^M h^{(k)}(t, S, R)$$

III. RESULTADOS

De acordo com a teoria mostrada acima junto com os códigos Matlab dos sistemas IR de [6], criou-se três códigos Matlab com os seguintes objetivos: determinar a forma de distribuição da potência luminosa num dado ambiente e gerar a resposta ao impulso de um canal VLC na configuração LOS e NLOS (com $k=1$). Os resultados apresentados foram obtidos após simulação feita usando os parâmetros da Tabela 1. A Figura 2 mostra a forma de distribuição da potência luminosa no ambiente da Tabela 1.

Parâmetro	Valor
Dimensão do ambiente	5 x 5 x 3 m ³
Coefficiente de reflexão das paredes	0,8
Posição do emissor	(2,5 ; 2,5 ; 3)
Posição do receptor	(1,5 ; 1,5 ; 0)
Área efetiva do fotodetector	1 cm ²
Ordem Lambertiano	1
FOV	85°
Δt	0,5 ns

Tabela 1: Parâmetros usados para a simulação

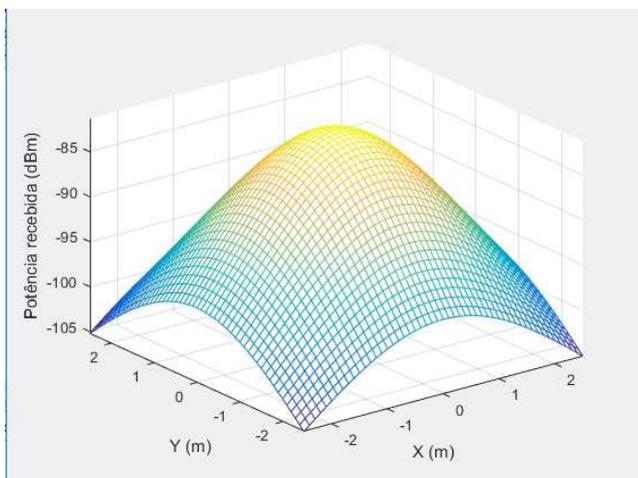


Figura 2: Distribuição da potência no ambiente

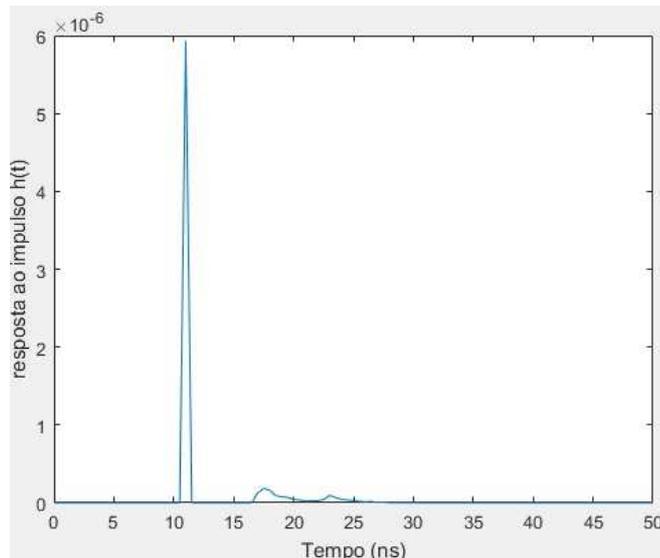


Figura 3: Resposta ao impulso so canal VLC

IV. COMENTARIOS FINAIS

Podemos observar da Figura 3 que a contribuição para a resposta ao impulso devido a apenas uma reflexão ($k=1$) é desprezível quando comparada ao impulso gerado pela linha de visada (pulso logo após 10 ns). Essa resposta era de se esperar já que o ambiente simulado não possui nenhum obstáculo entre o transmissor e o receptor. Pretende-se no futuro adicionar ao software desenvolvido uma opção de descrição de obstáculos entre o transmissor e o receptor.

REFERENCIAS

[1] P. H. Pathak, X. Feng, P. Hu, e P. Mohapatra, Visible Light Communication, Networking, and Sensing: A Survey, Potential and Challenges, IEEE Comm. Surveys and Tutorials, vol. 17, no. 4, pp. 20472077, 2015.

[2] J. M. Kahn e J. R. Barry, Wireless Infrared Communications, Proceedings of the IEEE, vol. 85, no. 2, pp. 265-298, 1997.

[3] J. R. Barry, J. M. Kahn, W. J. Krause, E. A. Lee, e D. G. Messers hmitt, Simulation of Multipath Impulse Response for Indoor Wireless Optical Channels, IEEE Journ. Selected Areas in Comm., vol. 11 , no. 3, pp., 367-378, 1993.

[4] K. Lee, H. Park e J. R. Barry, Indoor Channel Characteristics for Visible Light Communication, IEEE Comm. Letters, vol. 15, no.2, pp. 217-219, 2011.

[5] S. Haykin e M. Moher, Communication Systems, Wiley, 2009.

[6] Z. Ghassemlooy, W. Popoola, S. Ra jbandari, "Optical Wireless Communications : System and Channel Modelling with MATLAB", CRC Press, 2012.

[7] O. Bouchet, Wireless Optical Communications, Wiley, 2012.

[8] T. Komine, M. Nakagawa, Fundamental Analysis for Visible-Light Communication System using LED Lights, IEEE Trans. Consumer Electronics, February 2004, p. 100107.

[9] J. B. Carruthers e P. Kannan, Iterative Site-Based Modeling for Wireless Infrared Channels, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 50, No. 5, Maio, 2002.