

Um Simulador de Comunicação por Luz Visível

Marcela T. G. Santos, Edlane O. G. Alves, Whasley S. Cardoso, Marcelo P. Sousa
 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - *Campus* Campina Grande

Resumo—O VLC (*Visible Light Communication*) permite transmitir informação por meio do espectro de luz visível comumente utilizado na iluminação. Este artigo apresenta um resumo do estado da arte em VLC e expõe resultados obtidos com uma simulação que exhibe a distribuição de potência considerando um enlace de visada direta em um ambiente *indoor*. Os resultados consideram o impacto relacionado à posição, quantidade e potência dos transmissores para diferentes cenários.

Keywords—VLC, *Indoor*, *Distribuição de Potência*.

I. INTRODUÇÃO

As redes sem fio são sistemas que interligam vários equipamentos fixos ou móveis utilizando o ar como meio de transmissão [1]. As comunicações ópticas sem fio partem dessa definição realizando, entretanto, a transmissão de dados através de feixes ópticos por meio do ar, água ou vácuo, podendo ser empregada, por exemplo, em sistemas de comunicação pessoal de curto alcance, sistemas *outdoor* e *indoor* [2].

As comunicações ópticas sem fio usam luz visível para a transmissão de dados (VLC), e são uma alternativa para comunicações sem fio *indoor*. Além disso podem ser integrados a projetos luminotécnicos e ser imune a interferências eletromagnéticas.

Este artigo tem como objetivo apresentar o estado da arte em comunicações ópticas sem fio, mais especificamente em VLC, bem como expor os resultados obtidos por meio de uma simulação que exhibe a distribuição de potência em um ambiente *indoor*, considerando um enlace com visada direta.

II. COMUNICAÇÃO POR LUZ VISÍVEL

A utilização do espectro de luz visível para transmissão de dados se deu inicialmente para a comunicação entre carros e semáforos [3]. O desenvolvimento dos LEDs (*Light Emitting Diode*), sua crescente utilização na iluminação, e a possibilidade que estes têm de “ligar” e “desligar” em uma frequência não perceptível a olhos humanos, culminou em pesquisas voltadas à transmissão de dados atreladas ao projeto luminotécnico de ambientes *indoor* [4].

Entretanto, as atuais pesquisas na área sugerem a utilização do LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*), que permite que a informação seja modulada em uma taxa 10 vezes superior a do LED. Logo, enquanto o denominado Li-Fi (*Light Fidelity*), utilizando LEDs, pode alcançar taxas de até 10 Gbps, a utilização de LASERs implicaria em uma taxa superior à 100 Gbps. De acordo com Haas [6] acredita-se que, apesar de elevado, o custo tende a diminuir futuramente, devido a maior produção, e será possível, por consequência, a utilização destes na iluminação.

A VLC pode ser aplicada para a Internet das Coisas. Estudos apontam que os protocolos de rede, como o IP, podem

interoperar com protocolos propostos VLC [9]. Há pesquisas ainda que utilizam o termo Internet das Luzes (*Internet of Lights* - IoL), em que dispositivos e lugares que tenham LED poderão se utilizar disto para enviar e receber dados [8].

Portanto, especialmente para os cenários de comunicações *indoor*, o uso de VLC vem se apresentando como uma alternativa às soluções convencionais, como o *Wi-Fi*. Com base nisso, foi implementada uma ferramenta de simulação em Python (versão 2.7.12) para avaliar a distribuição de potência óptica, abordando aspectos como a teoria e a matemática utilizada e baseado em outros códigos informados na literatura, implementados em Matlab[4]. O simulador permite analisar a distribuição de potência óptica para ambientes internos a partir da configuração de diferentes cenários e arranjos de transmissores e receptores, considerando um enlace com visada direta.

III. SIMULADOR DE DISTRIBUIÇÃO DE POTÊNCIA ÓPTICA

Por meio da simulação é possível visualizar a distribuição da potência óptica recebida no plano receptor que pode ser influenciada por fatores como: dimensões do ambiente; quantidade e posicionamento dos transmissores; potência óptica irradiada.

Os componentes usados na transmissão e recepção do sistema VLC devem funcionar para comprimentos de onda entre 350 nm a 750 nm que é a faixa de comprimento de onda atuante da luz visível. O enlace simulado faz uso de transmissores ópticos utilizando LEDs e utiliza os fotodetectores como receptor óptico.

A configuração estabelecida para o enlace pode influenciar positiva ou negativamente na qualidade do sinal propagado. Kahn e Barry, lista diferentes tipos de configurações utilizadas para transmissão óptica sem fio em ambientes internos, em que o grau de diretividade do enlace é um critério para classificar os tipos de topologias [10]. Um enlace com linha de visada direta foi utilizado.

A distribuição angular da intensidade de radiação considera o modelo generalizado de *Lambert* [4]:

$$R_0(\phi) = \begin{cases} \frac{(m_1+1)}{2\pi} \cos^{m_1}(\phi), & \text{para } \phi \in [-\pi/2, \pi/2] \\ 0, & \text{para } \phi \geq \pi/2 \end{cases} \quad (1)$$

Em que m_1 é a ordem de emissão *Lambertina* e expressa o direcionamento do feixe emitido pela fonte óptica. Quanto maior for essa ordem, maior é a diretividade do feixe [4].

São variáveis de entrada do simulador: quantidade de LEDs; potências individuais dos LEDs; dimensões do ambiente; e a matriz de posição dos transmissores. Nos enlaces ópticos com

linha de visada, a perda de percurso depende do quadrado da distância entre transmissor e receptor. É utilizado na simulação uma potência óptica de transmissão de 20 dB [4].

O campo de visão do sistema de recepção está relacionado ao ângulo de abertura do receptor, que possui a capacidade de detectar em uma determinada área, a quantidade de feixes ópticos ou de radiação eletromagnética incidente sobre a mesma. Um valor de 60° foi utilizado para representar o campo de visão [4].

A potência recebida é dado por [4]:

$$P_{r-los} = H_{los}(0)P_t, \quad (2)$$

Em que, H_{los} é o ganho DC do receptor e P_t é a potência transmitida.

IV. RESULTADOS

A diferença de comportamento entre os resultados obtidos está relacionada a quantidade de transmissores e a disposição dos mesmos na matriz de posição, implicando em uma diferente distribuição de potência no meio, representada pelas cores (quanto mais clara, maior é a potência).

O gráfico exibido na Fig. 1 representa a distribuição de potência em um ambiente com dimensões de 5 de comprimento, por 5 de largura e 3 de altura, com a disposição de quatro transmissores localizados na superfície superior (teto) do ambiente, considerando que a distância entre a fonte e o plano do receptor é de 2,15 m.

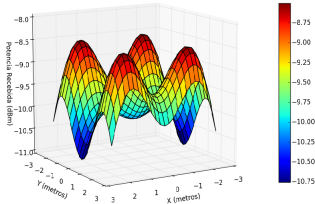
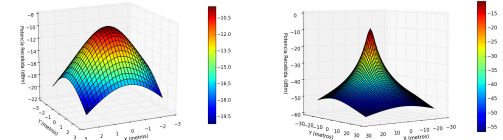


Fig. 1: Distribuição de potência óptica Simulação com 4 transmissores

A partir da visualização da Fig. 1, por exemplo, receptores que se encontram mais ao centro dos transmissores detectam melhores níveis de sinal, acarretando assim em uma maior qualidade no sinal recebido.

Observando os dois gráficos na Fig. 2 é possível avaliar a diferença da distribuição de potência em ambientes com dimensões diferentes. Para ambos os casos foram utilizados apenas 1 transmissor com mesma potência de transmissão e distância para o plano receptor. No primeiro gráfico (Fig. 2(a)), tem-se 5 de comprimento por 5 de largura, enquanto que para o segundo (Fig. 2(b)), tem-se 50 de comprimento por 50 de largura, sendo ambos com mesma altura (3 m).

No segundo ambiente existe, principalmente nas extremidades, uma maior área com baixos níveis de potência, ou seja, por se tratar de um ambiente maior, a potência, neste caso, tende a diminuir nas extremidades, se comparado ao primeiro ambiente. Logo, para cenários diferentes, é necessário o devido planejamento de quantidade, posicionamento e potência dos



(a) Distribuição Óptica de Potência. Simulação com 1 transmissor em um ambiente 5x5x3. (b) Distribuição Óptica de Potência-Simulação com 1 transmissor em um ambiente 50x50x3.

Fig. 2: Distribuição de potência em ambientes com dimensões diferentes.

transmissores para uma adequada distribuição de potência que atenda aos requisitos do projetista.

V. CONCLUSÃO

Este artigo indicou avanços no desenvolvimento de tecnologias em VLC. Além disso, um simulador programado em Python foi desenvolvido para dimensionar a distribuição de potência óptica em ambientes *indoor*. Como perspectivas de contribuição dessa pesquisa, os autores pretendem avaliar outras configurações de enlace, considerando os efeitos de multipercurso.

REFERÊNCIAS

- [1] IEEE Doc. IEEE P802.11-96/49C. "802.11 Tutorial – 802.11 MAC Entity: MAC Basic Access Mechanism Privacy and Access Control". U.S.A., 1996. [IEEE802.11a]
- [2] D. K. Borah, A. C. Boucouvalas, C. C. Davis, S. H. and K. Yiannopoulos, "A Review of Communication-Oriented Optical Wireless Systems". EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking 2012:91, 2012.
- [3] P. R. Lins Júnior, M. T. Galdino Santos, E. O. Gusmão Alves, Y. K. Silva Cabral, "Comunicação Por Luz Visível: Características e Oportunidades de Pesquisa e Desenvolvimento". Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação, Vol. 5 No.2, 2015.
- [4] Z. Ghassemlooy, W. Popoola, and S. Rajbhandari, "Optical Wireless Communications- System and Channel Modelling with Matlab". Boca Raton, Flórida, U.S.A.: CRC Press, 2013.
- [5] D. Tsonev, S. Videv and H. Haas, "Towards a 100 Gb/s Visible Light Wireless Access Network", in Optical Express, Vol. 23, No. 2, 2015.
- [6] N. Safage, "Laser Li-Fi Could Blast 100 Gigabits per Second". Em: <http://spectrum.ieee.org/tech-talk/semiconductors/optoelectronics/laser-li-fi-could-blast-100-gigabits-per-second>. Acessado em: 12 de agosto de 2016.
- [7] S. Schmid, T. Bourchas, S. Mangold, T. R. Gross, "Linux Light Bulbs: Enabling Internet Protocol Connectivity for Light Bulb Networks". Disney Research, Sep. 2015.
- [8] D. Wang, D. Donno ; "Domenico Giustinianoemonstration Abstract: Research Platform for Visible Light Communication and Sensing Systems". IMDEA Networks Inst., Madrid, Spain. 2016.
- [9] H. Haas, H. Elgala, R. Mesleh, "Indoor Optical Wireless Communication: Potential and State-of-the-Art", in IEEE Communications Magazine, Sep. 2011.
- [10] J. M. Kahn and J. R. Barry, "Wireless Infrared Communications," Proc. IEEE, vol. 85, no. 2, pp. 265–98, Feb. 1997.