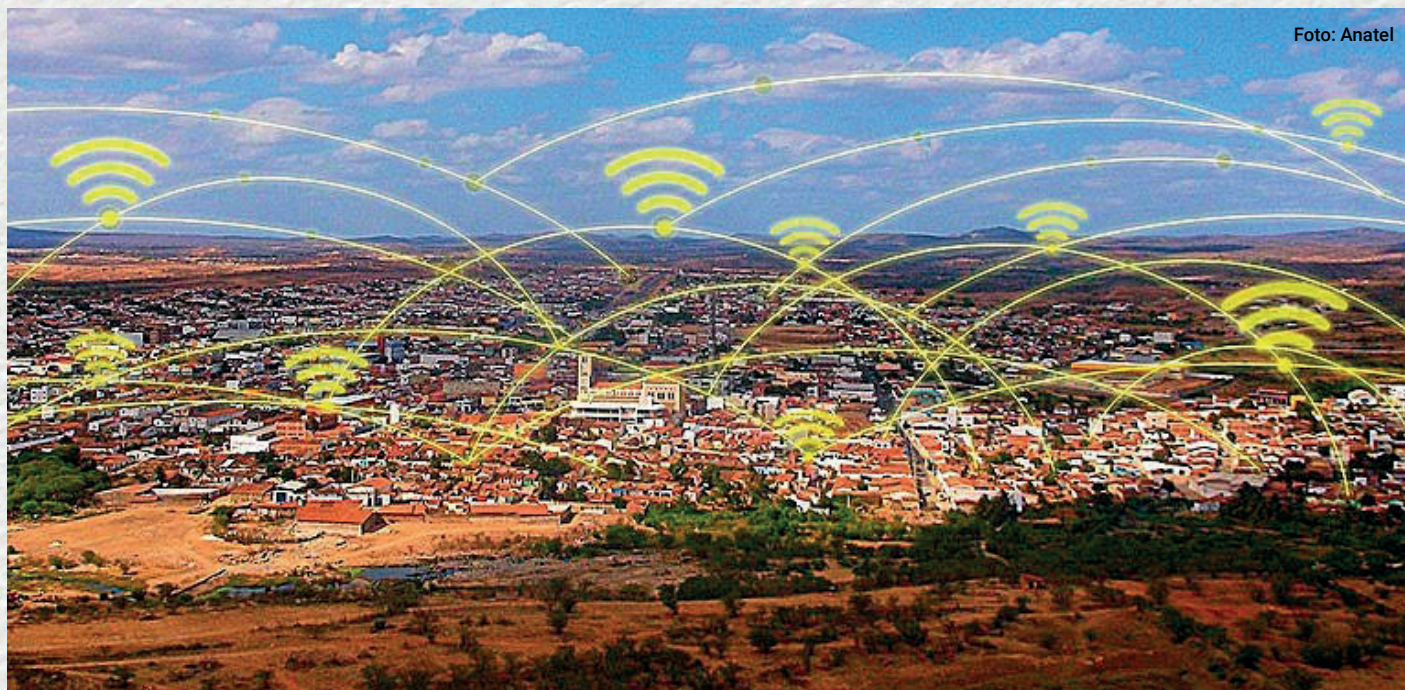


Perda de Percurso Indoor LOS e NLOS de Redes 5G na faixa de ondas milimétricas

Por Anderson Fagiani, Tom Jones Moreira



Resumo

Trabalhos de pesquisas em propagação que contemplam investigações e testes nas faixas de frequências de ondas milimétricas têm se tornado frequentes, tendo em vista as iniciativas de utilização dessas faixas de frequências nas redes móveis de quinta geração (5G). O presente artigo tem o propósito de contribuir com os estudos de propagação em

ondas milimétricas, sobretudo na caracterização da perda por percurso média em canais de propagação indoor. As análises dos resultados dos testes de medidas em 28 GHz permitiram verificar os valores do coeficiente de propagação da perda de percurso média nos ambientes indoor em cenários LOS (*line-of-sight*) e NLOS (*non-line-of-sight*).

Palavras-Chave: 28 GHz; 5G; indoor; ondas milimétricas; perda de percurso; propagação

1. Introdução

Os efeitos dos fenômenos de propagação bem como as características do canal sem fio vem sendo exaustivamente estudados em diversos testes de medidas, envolvendo ambientes outdoor [1] e indoor [2]. De fato, tais efeitos, em larga e pequena escala afetam diretamente o desempenho dos sistemas de comunicações e são levados em consideração no desenvolvimento e planejamento de sistemas de comunicação sem fio. A escassez de espectro eletromagnético em baixas frequências motivou os estudos e a exploração das faixas de ondas

milimétricas como potenciais faixas de frequências a serem utilizadas nas comunicações móveis de quinta geração (5G).

No propósito de contribuir com as publicações já realizadas nas faixas de ondas milimétricas, esse trabalho visa realizar uma investigação do comportamento do canal de comunicação sem fio indoor, sobretudo em seus aspectos de propagação, nos termos de medidas de potência de recepção.

Ainda, o principal fator de contribuição está

relacionado à característica investigativa do canal sem fio indoor na frequência de 28GHz. Nesse sentido, foi realizado um conjunto de medidas do nível de potência do sinal recebido em ambientes indoor para a determinação da perda de percurso e do coeficiente de propagação.

De forma específica, foi realizada uma análise estatística visando descrever o comportamento da perda de percurso, i.e., do coeficiente de propagação do canal sem fio indoor nos ambientes com características LOS (*line-of-sight*) e NLOS (*non-line-*

II. Arranjo Experimental

Essa seção II possui o objetivo de descrever a montagem dos experimentos utilizados nesse trabalho para as medidas em ambiente indoor com características do tipo LOS e NLOS. O ambiente LOS foi escolhido um corredor de 3,5 de largura por 3,2 de altura, e 66 m de distância máxima sem obstruções. E para o ambiente NLOS com distância máxima de 78 m entre corredores e salas com obstruções de paredes de alvenarias.

O sistema de transmissão é composto pelo gerador Keysight EXG N5173B (que possui range entre 9 kHz e 40 GHz) configurado para o modo de portadora sem modulação com nível de potência de 12dBm. A frequência de operação foi configurada em 28GHz. Uma antena omnidirecional [4], com ganho de 12,2dBi, foi instalada para a transmissão a uma altura 1,70m em relação ao piso do ambiente

of-sight) na faixa de frequência de 28 GHz. De acordo com [3], o comportamento da perda de percurso não é tão simples e direto como nas baixas frequências. E isso motiva este estudo nas faixas de ondas milimétricas especificamente em 28 GHz.

O restante deste trabalho está dividido da seguinte forma: na Seção II é apresentado o arranjo dos equipamentos usado nos testes, a Seção III descreve os resultados experimentais obtidos enquanto que a seção IV apresenta as conclusões deste trabalho.

indoor, no local onde foi o arranjo experimental.

O sistema de recepção utiliza diversidade espacial por meio de duas antenas slotted-waveguide com ganhos de 14dBi cada [4], e instaladas a uma altura 1,70m em relação ao piso do ambiente indoor. A combinação dos sinais recebidos pelo sistema de antenas é realizada por um somador de Wilkinson. Foi garantida a separação mínima entre as antenas do sistema de recepção de 40λ [5], com o propósito de descorrelacionar os sinais recebidos em cada uma das antenas. As medidas realizadas contemplaram uma fase de testes em que foi considerada a recepção individual em cada uma das antenas. As análises dos sinais recebidos nos testes foram realizadas com o equipamento *Keysight Field Fox Microwave Analyser* N9952A com operação de até 50 GHz.

III. Resultados Experimentais

A partir da potência média recebida nos testes de medições na frequência de 28 GHz, determinou-se a perda de percurso em três condições diferentes de medidas. No primeiro teste de medições, foram utilizadas duas antenas no sistema de recepção. O segundo e terceiro testes de medições consideraram individualmente cada uma das antenas anteriormente empregadas. Os passos de medidas foram de 1 m, e em cada ponto foram realizadas 1.000 medições, para se extrair a potência média de recepção. Posteriormente por meio da regressão não linear, determinou-se o coeficiente de propagação para os três testes de medições.

Como resultado, o sinal recebido utilizando as duas antenas apresentou um coeficiente de propagação superior se comparado com a utilização das duas antenas separadamente. O valor do coeficiente de propagação encontrado foi de 2,8595 para a recepção com utilização de duas antenas, e 2,5601

e 2,6491 para a recepção individual de cada antena. Os sinais combinados resultarão uma em potência média de recepção 3,8 dB superior ao encontrado com a recepção utilizando as antenas individuais. A **Fig. 1** apresenta os resultados obtidos para a perda de percurso e o coeficiente de propagação para o ambiente indoor com característica LOS.

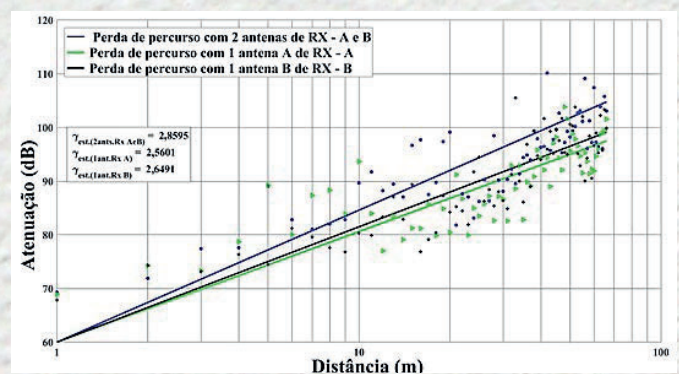


Fig. 1. Perda por percurso e coeficiente de propagação em ambiente indoor com característica LOS em 28 GHz.

Para o ambiente indoor com características NLOS o resultado apresentado do coeficiente de propagação foi de 4,6496 com recepção utilizando as duas antenas, enquanto que, para as antenas utilizadas individualmente, foram encontrados os valores de 4,3265 e 4,3018 respectivamente para cada antena. O nível médio da potência recebida com recepção utilizando as duas antenas foi de 5,8 dB superior, se comparado com a recepção com as antenas individuais.

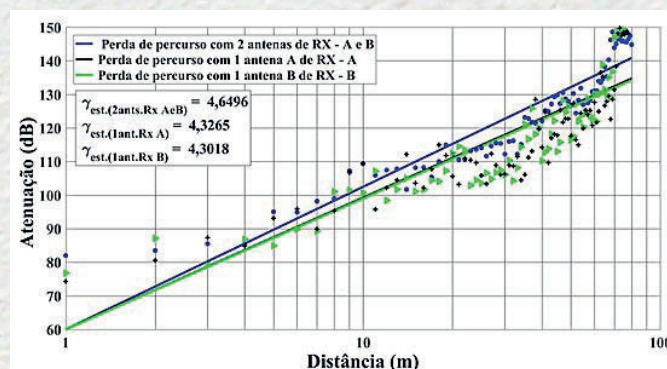


Fig. 2. Perda por percurso e coeficiente de propagação em ambiente indoor com característica NLOS em 28 GHz.

IV. Conclusões

Neste trabalho, foi possível realizar uma análise estatística das medidas relacionadas à perda de percurso de um canal de comunicação sem fio indoor na frequência de operação 28GHz. Os resultados obtidos indicaram um coeficiente de propagação em torno de 2,5 a 2,8 para ambientes de características LOS. Para o ambiente NLOS foi encontrado valores de 4,3 a 4,6 do coeficiente de propagação, o qual representa fortes degradações no sinal neste perfil de ambiente.

O nível de potência média recebida com duas

antenas foi superior em ambos cenários de recepção. Entretanto, os sinais combinados sofreram diferentes degradações dos múltiplos percursos e sombreamento, que ao somados resultaram em um coeficiente de propagação superior ao sinal recebido com as antenas individuais. Os resultados obtidos poderão contribuir referencialmente para com outros novos estudos investigativos. Além, de aprimorar para outros os métodos mais eficazes para a estimação do coeficiente de propagação em ambientes indoor e projetos que envolvam sistemas SIMO (*Single Input Multiple Output*).

Referências

- [1] M. K. Samimi, G. R. MacCartney, S. Sun, and T. S. Rappaport, "28 GHz Millimeter-Wave Ultrawideband Small-Scale Fading Models in Wireless Channels," IEEE Vehicular Technology Conference, May 2016.
- [2] J. Dou, L. Tian e H. Wang, "45GHz propagation channel modeling for an indoor conference scenario," IEEE 26th Annual International Symposium, Dec 2015.
- [3] S. Rangan, T. S. Rappaport e E. Erkip, "Millimeter Wave Cellular Wireless Networks: Potentials and Challenges,"

Proceedings of the IEEE , Mar 2014.

- [4] S. J. Arismar Cerqueira e I. F. da Costa, "Waveguide-based Antenna Arrays for mm-waves 5G Networks," IET Antennas_Special Issue, 2017.
- [5] P. Njemcevic e V. Lipovac, "Estimation of Radio Signal Spatial Local Mean," International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks , 08 Dec. 2016.



Tom Jones Moreira é Especialista em Projetos de Comunicações IOT (SigFox, Wi-Sun), Pós Graduado em Ciência de Dados e Big Data, com MBA em Gerenciamento de Projetos. Membro IOT Fórum Brasil. Membro da Sociedade Brasileira de Engenharia de Televisão (SET). Membro do IPV6 TASKFORCE Brasil. Coordenador de Engenharia da Tecsys do Brasil.

Contato: tom@tecsysbrasil.com.br

Anderson Fagiani é Mestre em Telecom com a dissertação de modelos de propagação em ondas Milimétricas 5G, Pós Graduado em Eng. De Circuitos Eletrônicos Avançados.

Contato: fagiani@outlook.com

