

Caracterização de Canais Sem Fio sob Desvanecimento TWDP na Faixa de Ondas Milimétricas

Vitor de Aguiar Carazza e Ugo Silva dias

Resumo— A utilização de ondas milimétricas para os novos sistemas de redes sem fio tem se tornado uma proposta promissora. Apesar dos desafios inerentes ao alcance de propagação, pode-se destacar a grande quantidade de espectro disponível e a possibilidade de trafegar taxas de dados extremamente elevadas. Neste contexto, o presente trabalho visa investigar a capacidade de canais sem fio operando na faixa de ondas milimétricas considerando as tecnologias de redes celulares. A capacidade ergódica, utilizando o modelo de desvanecimento TWDP (*Two-Wave With Diffusal Power*), também é investigada. Comparações são realizadas com o modelo de Rice e excelentes resultados são encontrados.

Palavras-Chave— Caracterização de canal, Ondas milimétricas, Capacidade do canal, Capacidade ergódica, Rice, TWDP.

Abstract— The use of millimeter waves for the new wireless network systems has become a promising proposal. Despite the challenges inherent in the propagation's range, the large available spectrum and the possibility of data traffic at extremely high rates can be highlighted. In this context, this paper aims to investigate the wireless channel capacity operating in the range of millimeter wave considering the cellular network technologies. The ergodic capacity, using the TWDP (*Two-Wave With Diffusal Power*) fading model, is also investigated. Comparisons are made with the model of Rice and excellent results are found.

Keywords— Channel Modeling, Millimeter waves, Channel capacity, Ergodic capacity, Rice, TWDP.

I. INTRODUÇÃO

As frequências utilizadas em sistemas por ondas milimétricas representam uma das mais recentes contribuições no cenário de comunicações sem fio. Nestas frequências, o espectro disponível para uso é extremamente superior ao de redes celulares e de redes locais sem fio. Essa disponibilidade chega a ser 10 a 100 vezes maior do que nas faixas não licenciadas de 900 MHz, 2.4 GHz e 5 GHz, o que permite canais de comunicação com banda de 1 GHz ou mais [1].

Em frequências elevadas, com o comprimento de onda menor que um centímetro, grande parte dos objetos do meio físico são relativamente grandes, causando o fenômeno do sombreamento. Nestas frequências, os mecanismos de propagação por meio de reflexão e espalhamento ganham força frente à difração, permitindo que enlaces sejam estabelecidos mesmo que não haja linha de visada [1].

Quanto às características de propagação do sinal, em cenários externos com linha de visada, medições em ondas

Vitor de Aguiar Carazza e Ugo Silva Dias pertencem ao Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brasil, E-mails: carazza.vitor@gmail.com, udias@unb.br.

milimétricas nas frequências de 28, 38, 60 e 73 GHz obtiveram o expoente α , do modelo log-distância, entre 1,8 e 2,2, já em cenários sem linha de visada este valor varia de 4 a 5 [1]. Dessa forma, pode-se utilizar a equação de Friis para descrever o modelo de perda de percurso em larga escala, principalmente em cenários com linha de visada. Por outro lado, o modelo de pequena escala para ondas milimétricas é consideravelmente diferente. Nesse contexto, o modelo de desvanecimento TWDP (*Two-Wave With Diffusal Power*) proposto por Durgin, Rappaport e de Wolf é defendido pelos autores por ser uma das formas mais realistas de descrever o sinal recebido em altas frequências.

II. CAPACIDADE DO CANAL

A capacidade de um canal é a taxa máxima que a informação pode ser transmitida em um canal na presença de ruído. A partir do Teorema de Shannon, pode-se reescrever a relação sinal-ruído pelo quociente da potência recebida pela potência do ruído. Utilizando-se a Equação de Friis, com a adaptação do expoente para o parâmetro α , obtém-se a Capacidade de Canal em função de parâmetros físicos, descrita por

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{G_r \times G_t \times P_t \times \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^\alpha}{k \times B \times NF \times T} \right), \quad (1)$$

em que $G_r, G_t, P_t, \lambda, \alpha, d, k, B, NF, T$ representam, respectivamente, o ganho na recepção, ganho na transmissão, potência transmitida, comprimento de onda, decaimento de potência, a distância entre antenas, a constante de Boltzmann, a largura de banda, o fator de ruído e temperatura absoluta.

TABELA I

VALORES UTILIZADOS PARA CÁLCULO DE CAPACIDADE

Tecnologia	Frequência	Banda	α	NF
Ondas Milimétricas	28 GHz	1 GHz	2.2	7 dB
LTE	2.5 GHz	20 MHz	2	3 dB
UMTS	1.8 GHz	5 MHz	2	3 dB
GSM	800 MHz	300 KHz	2	3 dB

A Capacidade do Canal, calculada com os valores das Tabelas I e II, é apresentada na Figura 1. Como esperado, é possível observar a grande vantagem de ondas milimétricas para curtas distâncias, possuindo taxas superiores às de todas as outras tecnologias dentro de um raio de 120 metros. Assim,

TABELA II
PARÂMETROS UTILIZADOS PARA CÁLCULO DE CAPACIDADE

Parâmetros	Valores
Boltzmann (k)	1.38×10^{-23}
Temperatura (T)	298.15 [K]
Velocidade da Luz (c)	3×10^8 [m/s]
Ganho na Transmissão (G_t)	0 dB
Ganho na Recepção (G_r)	0 dB
Potência de Transmissão (P_t)	1 W

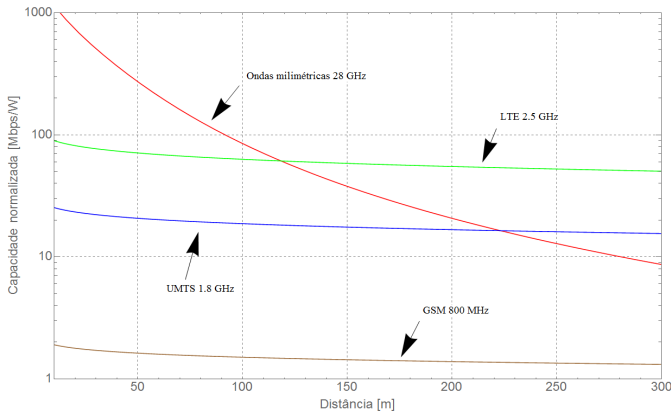


Fig. 1. Capacidade do canal para diversas tecnologias no mercado.

a tendência neste mercado é que as antenas e células para redes celulares se tornem cada vez menores, principalmente com a interferência entre as estações transmissoras sendo reduzida devido às grandes perdas de percurso e à dificuldade de atravessar obstáculos.

A. Capacidade Ergódica

A capacidade ergódica é definida como a taxa média máxima alcançável sobre todos os blocos de desvanecimento (média de longa duração). Sua expressão é apresentada em (2), em que γ é a SNR e $f_R(\gamma)$ representa a FDP (Função Densidade de Probabilidade) da SNR instantânea.

$$C_{erg} = \int_0^{\infty} B \log_2(1 + \gamma) f_R(\gamma) d\gamma. \quad (2)$$

O modelo de desvanecimento TWDP, com sua expressão contida em [2], é apresentado na Figura 2 para valores distintos de K e Δ . O parâmetro K , assim como na distribuição de Rice, representa a razão entre a potência das componentes dominantes pela potência das componentes difusas do sinal. Já o parâmetro Δ é definido como o quociente da máxima potência das componentes dominantes do sinal pela potência média delas. É possível ver na capacidade ergódica, na Figura 3, o impacto do parâmetro Δ muito menor em relação ao parâmetro K . Essa característica não é evidente quando observadas apenas as FDPs do sinal, em que é visível a diferença das curvas para diferentes valores de Δ . Em outras palavras, por mais que o parâmetro Δ mude drasticamente as FDPs do sinal, tornando-o mais dispersivo e em um aspecto bimodal, a capacidade ergódica é pouco alterada. Dessa maneira, fica

evidente que o uso de ondas milimétricas dependerá de uma componente principal forte no sinal, presentes em cenários com linha de visada.

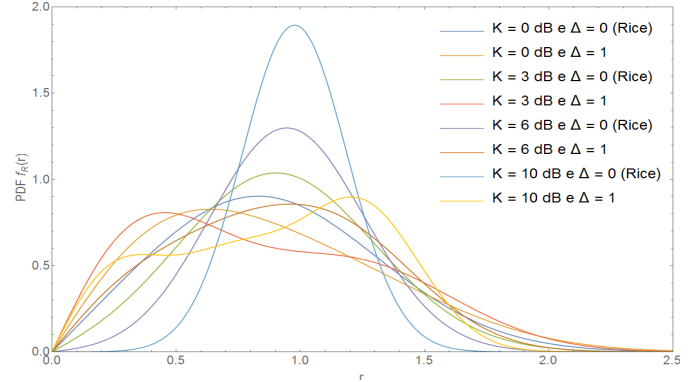


Fig. 2. FDP TWDP para valores distintos de K e Δ .

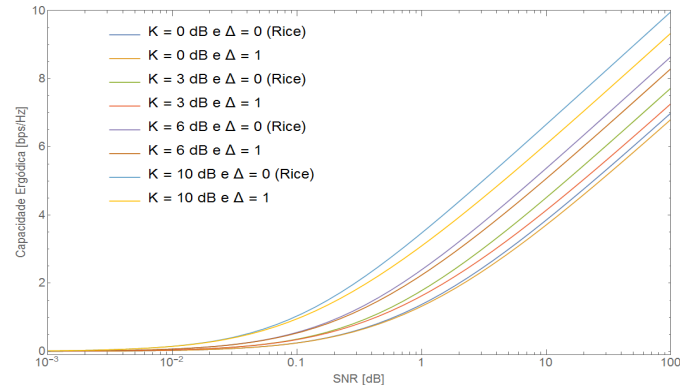


Fig. 3. Capacidade ergódica para TWDP com diferentes valores de K e Δ .

III. CONCLUSÕES

Com a realização deste trabalho, foi possível verificar características do sistema de comunicações por ondas milimétricas. Ao adaptar o fator de decaimento α e a banda de transmissão à cada tecnologia apresentada, foi possível estimar a capacidade do canal. É evidente que a banda disponível em ondas milimétricas permitirá taxas de transmissão de dados superiores às fornecidas atualmente para os usuários. Porém, seu alcance é limitado ao raio de 100 a 200 metros.

Observou-se também que a capacidade ergódica depende principalmente do fator K , ou seja, é necessário que haja uma componente principal forte no sinal para alcançar boas capacidades. Em cenários com linha de visada, é provável que este fator seja alto o suficiente para garantir a taxa de dados desejada. Entretanto, sem linha de visada, este fator dependerá dos multipercursos do sinal, podendo não ser suficiente para garantir a qualidade necessária.

REFERÊNCIAS

- [1] Theodore S. Rappaport, Robert W. Health Jr., Robert .C. Daniels, J. N. Murdock, "Millimeter Wave Wireless Communications", 2014, Prentice Hall, Pearson.
- [2] Gregory D. Durgin, Theodore S. Rappaport, David A. de Wolf, "New Analytical Models and Probability Density Functions for Fading in Wireless Communications", June 2002, IEEE.
- [3] ITU-R P.1411-7, "Propagation data and prediction methods for the planning of short-range outdoor radiocommunication systems and radio local area networks in the frequency range 300 MHz to 100 GHz", 09/2013.