

Introdução

Com o decorrer dos anos, é possível perceber a maior utilização dos serviços de banda larga de acesso à internet, bem como o difundido uso da telefonia celular. Atualmente, no Brasil, ocorre a implantação da tecnologia de terceira geração do sistema de comunicações móveis pessoais e estuda-se a tecnologia que será usada nas redes de quarta geração. Entre as tecnologias mais cotadas para assumir a quarta geração estão o WiMAX e LTE, sendo que a primeira encontra-se em estado de maturidade mais avançado. Existem alguns centros de testes do WiMAX difundidos pelo Brasil, dentre os quais podem ser citados Motorola e Intel em Parintins (AM) e UFOP em Ouro Preto (MG). Ambas as tecnologias WiMAX e LTE empregam OFDM como base de sua camada física.

A tecnologia WiMAX visa aplicabilidade, tanto nas redes de quarta geração de telefonia móvel pessoal, quanto na concorrência com as tecnologias de internet banda larga cabeada, sendo o ADSL e o modem a cabo as mais difundidas nessa categoria.

O cenário atual motivou o desenvolvimento desta pesquisa que investiga o comportamento do sinal eletromagnético em 3,5 GHz, por meio de medições, utilizando sinais WiMAX OFDM-256. A faixa de frequência escolhida dá-se por dois motivos: vasto interesse e avanço da tecnologia WiMAX em torno desta frequência e escassez de espectro em baixas frequências.

Dentre as camadas físicas do padrão WiMAX, a tecnologia OFDM é a que está sendo mais discutida, pesquisada e aceita. O sistema utiliza as subportadoras OFDM, denominadas de piloto, para realizar a estimativa do canal. Em razão disso, decidiu-se utilizar estas mesmas subportadoras para verificar parâmetros característicos do canal de rádio propagação móvel, tais quais: variabilidade do sinal, taxa de cruzamento de nível, tempo médio de desvanecimento, banda de coerência e espalhamento de retardos (*delay spread*).

Ao longo deste trabalho, é analisada a variabilidade do sinal das subportadoras piloto do sinal obtido ao longo de campanhas de medição, realizadas no bairro da Gávea, na cidade do Rio de Janeiro. Tal variabilidade tem suas distribuições

comparadas com as distribuições teóricas, Rayleigh e m-Nakagami, presentes na literatura, e que propõem a caracterizar a variabilidade do nível do sinal em ambientes de linha de visada (LOS) e com linha de visada obstruída (NLOS). É utilizada a fórmula teórica de taxa de cruzamento de nível e tempo médio de desvanecimento para a distribuição m-Nakagami, proposta por Yacoub. Os resultados podem ser visualizados no capítulo 5 deste texto.

Além da variabilidade do sinal, é estudada a banda de coerência do canal. Não foi realizada medição da banda de coerência utilizando técnicas de sondagem em banda larga tradicionais, como realizado por diversos autores citados ao longo deste trabalho. Entretanto, faz-se uso das características do sinal OFDM, onde se tem a informação de diversas subportadoras banda estreita consecutivas, para realizar o estudo da correlação entre as subportadoras, com o intuito de conhecer a banda de coerência do canal.

É possível verificar que os valores de banda de coerência encontrados neste trabalho são condizentes com as informações amplamente difundidas por Cox. Com base nessas informações, são calculados os valores médios de *delay spread*. Estes valores, por sua vez, são comparados com os valores de *delay spread* calculados a partir da fórmula determinada por Rappaport, que relaciona o valor deste parâmetro em função da banda de coerência de 50%.

Ao longo do primeiro capítulo deste trabalho, são apresentadas, de forma sucinta, algumas informações sobre o sistema WiMAX e a tecnologia OFDM, a fim de contextualizá-los.

Aspectos do canal de rádio propagação móvel são expostos no capítulo dois.

No capítulo três, é realizada revisão bibliográfica relativa às distribuições de probabilidade Log-normal, Rayleigh, Rice e m-Nakagami. As distribuições Rayleigh, Rice e m-Nakagami são amplamente difundidas, com o objetivo de caracterizar o comportamento do nível do sinal propagado pelo canal rádio móvel que sofreu os efeitos do desvanecimento em pequena escala, sendo a distribuição Rayleigh um caso particular das distribuições de Rice e m-Nakagami para situações em que não há presença de linha de visada (NLOS). A distribuição Log-normal se propõe a caracterizar sinais que sofrem o efeito do desvanecimento em larga escala. Lee determina que o estudo de variabilidade em pequena escala deve ser realizado, utilizando sinais obtidos ao longo de um setor. A dimensão deste setor é exposta na subseção 3.5 deste texto.

Uma vez realizadas as revisões bibliográficas referentes aos aspectos de propagação em canal rádio móvel e distribuições de probabilidade que

caracterizam o comportamento do sinal, é realizada, no capítulo 4, uma descrição do ambiente, dos equipamentos e dos parâmetros utilizados na realização das medições em campo. Estas medições forneceram o banco de dados utilizado ao longo desta pesquisa para desenvolver as análises estatísticas propostas e comparação com os aspectos teóricos pertinentes.

Foi utilizada a linguagem de programação MatLab para desenvolver rotinas que processam os dados brutos e fornecem informações refinadas e de fácil manipulação para que as informações de variabilidade do sinal, taxa de cruzamento de nível, tempo médio de desvanecimento e banda de coerência sejam obtidas. Novamente, fez-se uso da ferramenta MatLab para gerar essas informações, compará-las com informações teóricas e apresentar gráficos que permitem a análise humana. Estes gráficos são apresentados e explicados no capítulo 5.

Por fim, são expostas as conclusões obtidas ao longo dos estudos teóricos realizados e das análises dos gráficos gerados e expostos.