

Seção: Tutoriais Telefonia Celular

Redes 4G: Propagação

Estudo de Propagação

O estudo de propagação é obtido com o envolvimento de aspectos de propagação através de modelos em conjunto com parâmetros de avaliação de desempenho de redes de dados. Realiza-se uma simulação de eventos usando software específico que simula os fenômenos de propagação para avaliação do desempenho de rede de dados sem fio com alteração da taxa de transmissão (ou nível de modulação), relacionado com parâmetros de propagação, considerando aspectos do ambiente através do fator de atenuação e interferência entre células, com arranjos celulares para reuso de frequências.

As considerações sobre propagação seguem as definições clássicas através dos modelos de espaço livre e *shadowing* onde se estuda inicialmente apenas os modelos sem mobilidade, para depois ser introduzido mais esta variável. A atenuação no espaço livre é a forma mais utilizada em função da simplicidade para avaliação do efeito da atenuação de sinal na cobertura de sistemas sem fio.

O fenômeno de propagação a ser analisado é a atenuação sofrida pelo sinal no espaço livre. A melhor analogia é imaginar uma esfera que vai se expandindo e com isto diminuindo a potência por metro quadrado. Este modelo é denominado de espaço livre, pois não existe a influência de nenhum obstáculo ou superfície no processo de propagação. O modelo de espaço livre pressupõe uma condição ideal de propagação, onde há somente um caminho entre o transmissor e o receptor.

À medida que a onda se afasta da antena isotrópica (que irradia igualmente em todas as direções), na forma de uma esfera que se expande, existe uma diminuição da potência por unidade de área, como mencionado anteriormente. Considerando um sistema de transmissão com potência de transmissão P_t em *Watts* e ganhos das antenas de transmissão e recepção G_t e G_r respectivamente, a potência recebida pode ser determinada pela expressão:

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} [1]$$

Onde P_t é a potência de transmissão em *Watts*, G_t é o ganho da antena de transmissão, G_r é ganho da antena de recepção, λ é o comprimento de onda e d a distância entre o transmissor e o receptor.

Pela expressão (2) é possível observar que o único fator que afeta a atenuação, além da distância em que se encontra o receptor, é a frequência. Ou seja, quanto maior a frequência maior a atenuação. Entretanto, com o aumento da frequência é possível construir antenas com ganhos maiores em função do menor comprimento de onda, que é o fator utilizado para dimensionamento das antenas.

Por questão de facilidade define-se a atenuação no espaço livre como a expressão:

$$L = \frac{(4\pi)^2 d^2}{\lambda^2} \quad [2]$$

Em função de grandes atenuações sofridas pelo sinal, o mais comum é calcular a atenuação L em *dB* através da expressão:

$$L_{dB} = 10 \log L = 10 \log \left(\frac{(4\pi)^2 d^2}{\lambda^2} \right) \quad [3]$$

Na prática, utiliza-se uma relação entre a potência recebida de um ponto de referência em uma distância d_o e a potência recebida na distância d de interesse. Desta forma o cálculo da atenuação pode ser feito através da relação entre a distância de interesse e a distância de referência, considerando o fator de atenuação β que especifica o ambiente. Para atenuação no espaço livre é considerado $\beta=2$.

Este modelo é interessante, pois permite uma caracterização de ambientes com a alteração do fator de atenuação β . A expressão abaixo apresenta esta relação:

$$\frac{P_r(d_o)}{P_r(d)} = \left(\frac{d}{d_o} \right)^\beta \quad [4]$$

Onde β é o fator de atenuação, determinando o modelo que reflete o ambiente. A expressão (4) mostra que a relação entre a potência recebida na distância de referência e a potência recebida na distância de interesse é proporcional à relação entre a distância do ponto de

referência até o receptor e a distância de referência. Observe que o fator de atenuação β estabelece o rigor da atenuação a ser imposta ao sinal.

Com o parâmetro β é possível apresentar diferentes cenários testados desde o mais estável até o bastante severo. Os valores do β variam entre 2 e 6 como mostra a Tabela 1 [RAPPAPORT].

Tabela 1: Fator de atenuação β .

Ambiente		β
Outdoor	Espaço Livre	2
	Área urbana	2,7 a 5
Indoor	LOS	1,6 a 1,8
	Obstruído	4 a 6

Em geral utiliza-se uma média das medidas recebidas na distância d em *Watt* e convertidas para *dB* como na expressão:

$$\left[\frac{P_r(d)}{P_r(d_o)} \right]_{dB} = -10\beta \log \left(\frac{d}{d_o} \right) \quad [5]$$

Observe a inversão entre a potência recebida no ponto de referência d_o e a potência recebida no ponto de interesse.

Para se chegar ao modelo de *Shadowing* é necessário incluir uma variável aleatória que mostra a incerteza da potência recebida. Para tanto na expressão (6) é incluída uma variável aleatória que representa a incerteza do sinal recebido. A expressão para representar esta incerteza é a seguinte:

$$\left[\frac{P_r(d)}{P_r(d_o)} \right]_{dB} = -10\beta \log \left(\frac{d}{d_o} \right) + X_{dB} \quad [6]$$

Onde X é uma variável aleatória log-normal Gaussiana e X_{dB} é uma variável aleatória Gaussiana com média zero e desvio padrão σ_{dB} . O valor do desvio padrão representa a caracterização de diferentes ambientes. A próxima tabela mostra valores do desvio padrão para diversos ambientes.

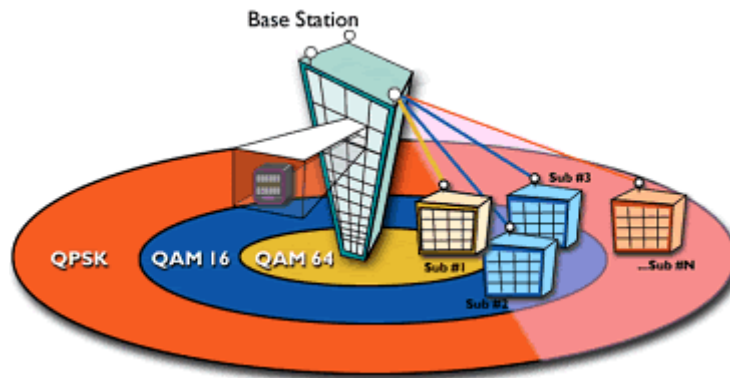


Figura 2: Associação dinâmica de técnicas de modulação.

Fonte: Marks, 2003.

Para se calcular a área em cada nível de modulação, utilize-se a expressão abaixo:

$$A_i = \int_0^{\theta} \int_{r_1}^{r_2} r dr d\theta \quad [7]$$

Onde, r_1 e r_2 são as áreas de limite de cada nível de modulação e o θ é o ângulo da antena. Os limites r_1 e r_2 são variáveis e dependem do ambiente.

O raio total da circunferência para cada nível de modulação pode ser calculado por:

$$r_i = 10^{\frac{-\log(P_r d) + \log(P_r d_0)}{10\beta}} \quad [8]$$

A expressão (8) delimita cada nível de modulação e mostra que o raio da circunferência depende do ambiente e das causas da influência em todos os níveis de modulação e na capacidade dos serviços.

Com este resultado é construída a cobertura de propagação, considerando um terreno plano. A área total da propagação é dada pela equação (9):

$$A_T = \sum_{n=1}^n \int_0^{\theta} \int_{r_{n-1}}^{r_n} r dr d\theta \quad [9]$$

Onde, n é o número de níveis de modulação.

Além disso, tratando-se de sistemas móveis ainda temos as questões de multipercurso que podemos mostrar de forma muito intuitiva através da figura 3 abaixo.

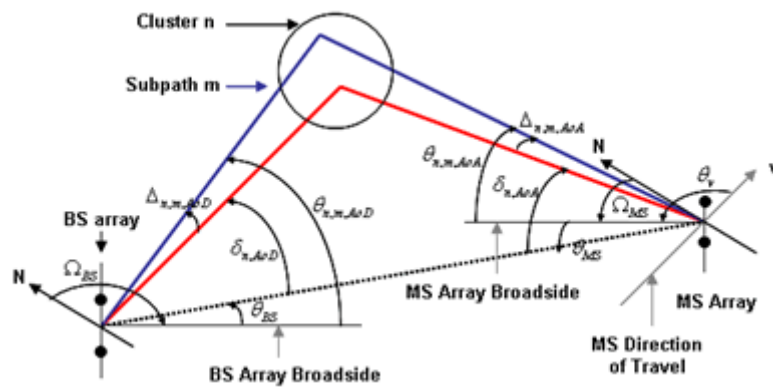


Figura 3: Modelo de canal 3GPP para simulações MIMO.

Nesta figura temos um terminal móvel recebendo uma cadeia de sinais de caminhos, sendo que para o Wimax podemos utilizar a somatória destes sinais como uma forma otimizar a recepção, diferentemente de sistema como GSM que tratam este tipo de fenômeno como interferência.

⇐ Página Anterior

⇒ Próxima Página