

Modelos de Propagação: Espaço Livre

CMS 60808 2016-1

Bruno William Wisintainer

bruno.wisintainer@ifsc.edu.br

Introdução

- Os mecanismos da propagação da onda eletromagnética podem ser atribuídos a:
 - Reflexão;
 - Difração;
 - Dispersão.
- Múltiplas reflexões em objetos fazem com que as ondas eletromagnéticas trafegam por diferentes caminhos de tamanhos variáveis.

Modelos tradicionais

- Focam na previsão de uma intensidade média do sinal recebido a determinada distância do transmissor, além da variabilidade da intensidade do sinal em áreas próximas.
- Modelos que preveem a intensidade média do sinal para uma distância de separação transmissor-receptor (T_x-R_x) são chamados de modelos de propagação em larga escala.

Propagação no espaço livre

- Caminho livre entre (T_x-R_x).
- Exemplos:
 - Satélites;
 - Enlaces de rádios de micro-ondas com linha de visão;



Fonte: Cirp USP (<http://www.cirp.usp.br/siteantigo/?pg=palRedeSemFio>)

Propagação no espaço livre

- Potência decai com o inverso do quadrado da distância entre T_x - R_x :

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \rightarrow \text{Equação de Friis}$$

P_t :: Potência transmitida (em W);

$P_r(d)$:: Potência recebida (em W);

G_t :: Ganho da antena transmissora (em unidade);

G_r :: Ganho da antena receptora (em unidade);

d :: Distância entre T_x - R_x (em metros) e;

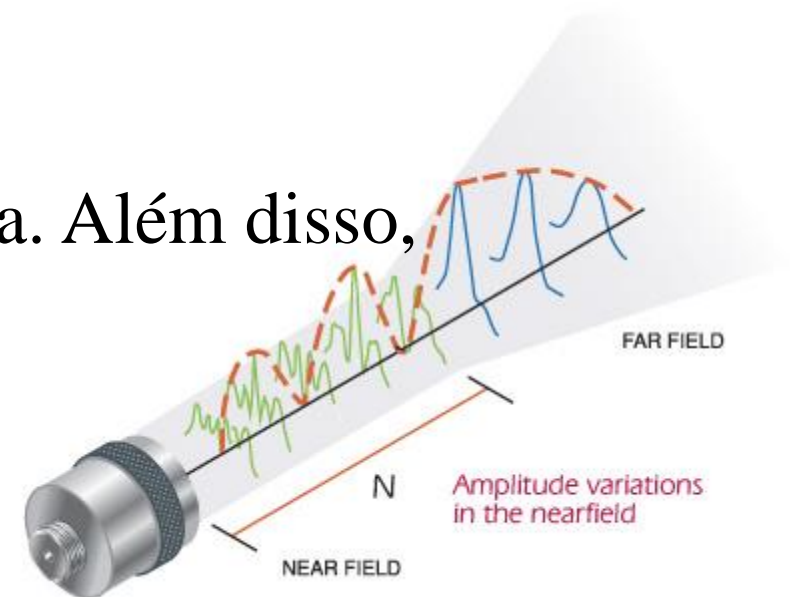
λ :: Comprimento (em metros).

Equação de Friis

- É apenas uma previsão válida para P_r para valores de d que estão no campo distante da antena de transmissão. A distância de Fraunhofer (campo distante – d_f) é dada por:

$$d_f = \frac{2D^2}{\lambda}$$

- onde D é a maior dimensão linear física da antena. Além disso,
- $d_f \gg D$ e $d_f \gg \lambda$.



Exercício

1) Ache a distância do campo distante para uma antena com dimensão máxima de 1 m e frequência de operação de 900 MHz.

Exercício

2) Considere que um receptor esteja localizado a 10 km de um transmissor de 50 W. A frequência da portadora é de 6 GHz e assume-se a propagação no espaço livre, $G_t = 1$ e $G_r = 1$. Ache a potência no receptor.

Exercício

- 3) Se um transmissor emite 50 W de potência, calcule:
- a) A potência de transmissão em dBm;
 - b) A potência recebida em dBm, considerando que as antenas T_x e R_x tenham ganhos unitários, a frequência da portadora seja de 900 MHz e a distância T_x - R_x , com linha de visada, seja de 100 m;
 - c) $P_r(10 \text{ km})$.

Exercício

4) Considere uma rede local (LAN) operando na frequência de 900 MHz, com células de raio 10 m e antenas não direcionais. Sob o modelo de perda no espaço livre, qual a potência de transmissão exigida pelos *access points* de modo que todos os terminais dentro da célula recebam uma potência mínima de $10 \mu\text{W}$? Qual o resultado se a frequência de operação for 5 GHz?

Perda de caminho (*Path Loss*):

- Diferença entre a potência transmitida efetiva e potência recebida (em dB), e pode ser representado por:

$$PL(dB) = 10 \log \left(\frac{P_t}{P_r} \right) = -10 \log \left[\frac{\lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right]$$

- Potência recebida considerando PL (todos em dB ou dBm):

$$P_r = P_t + G_r + G_t - PL$$

- Lembre-se que dB + dBm = dBm

Exercício

- 1) Considere que a potência do transmissor seja 1 W a 60 GHz, alimentada na antena transmissora.
 - a) Calcule a perda no caminho em espaço livre a 1 m, 100 m;
 - b) Calcule a potência do sinal recebido nessas distâncias.

Exercício

2) Um satélite em órbita geoestacionária a 36000 km da superfície da Terra transmite com uma potência de $P_t = 100$ W. A antena transmissora tem um ganho de $G_t = 18$ dB. A estação da Terra tem uma antena parabólica com ganho de $G_r = 40$ dB. A frequência de transmissão é 4 GHz. Determine a potência recebida.