

IE 708 – COMUNICAÇÕES MÓVEIS
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação – UNICAMP
Maio 2016

4.0 **1. Cobertura Estatística.** Considere uma célula com formato circular. Para efeitos de cálculo de confiabilidade de cobertura, considere que a célula possa ser segmentada em três círculos concêntricos de raios 1, 2, e 4 km e que possa-se admitir que a potência média, tomada na periferia do respectivo segmento, seja aproximadamente constante dentro de cada segmento. Suponha que no primeiro segmento a potência média seja de -70 dBm. Considere que o desvanecimento de longo prazo possa ser modelado pela distribuição de Cauchy, dada pela PDF

$$f_w(w) = \left(\pi \sigma \left(1 + \left(\frac{w - \bar{w}}{\sigma} \right)^2 \right) \right)^{-1} \quad \text{e CDF} \quad F_w(w) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \text{ArcTan} \left(\frac{w - \bar{w}}{\sigma} \right),$$
 em que \bar{w} é a

mediana e σ é um fator de escala. Para fins práticos, suponha que a mediana possa ser aproximada pela média, e o fator de escala pelo desvio padrão., dados em unidades logarítmicas. Para um coeficiente de perda de percurso de 5, desvios padrões de 5 dB, 10 dB, e 15 dB, para os respectivos segmentos do centro para a periferia, e sensibilidade do receptor igual a -90 dBm. Determine:

- 0.7 a. As potências médias em cada segmento.
- 0.7 b. A porcentagem de cobertura em cada segmento.
- 0.7 c. A porcentagem de cobertura em toda a área circular.
- 0.7 d. De quanto deve ser alterada a potência da ERB de forma a se ter uma cobertura de no mínimo (aproximadamente) 90% no segmento periférico.
- 0.7 e. A nova porcentagem de cobertura em cada segmento.
- 0.7 f. A nova porcentagem de cobertura em toda a área circular.

3.0 **2. Difração.** Um *link* de rádio em 6 GHz deve ser instalado para cobrir uma distância de 25 km. Um obstáculo de 6 m ergue-se acima das antenas a 9 km do transmissor. As antenas de transmissão e recepção possuem ganhos de 5 dBi cada. O limiar de recepção do receptor é de -90 dBm e, por confiabilidade, uma margem de 10 dB acima deve ser admitida.

- 0.75 a. Determine a potência do transmissor tanto em dBm quanto em Watt.
- 0.75 b. Determine o quanto deve se erguer as antenas acima do obstáculo para a desobstrução rádio.
- 0.75 c. Na situação em b., redimensione a potência do transmissor (dBm e Watt).
- 0.75 d. Por economia, construíram-se torres menores que aquelas especificadas, mas sem que houvesse comprometimento na qualidade do *link* de rádio. Para essa condição (antenas menores), determine o quanto as antenas foram erguidas acima do obstáculo.

3.0 **3. LCR e AFD.** O desvanecimento, como explorado nas formulações, é um fenômeno espacial. Embora deduzidas na dimensão temporal, as formulações podem ser trasladadas para a dimensão espacial.

- 0.6 a. Obtenha a taxa de cruzamento de nível em termos de cruzamentos por distância.
- 0.6 b. Obtenha a distância média de desvanecimento para um dado nível.
- 0.6 c. Escreva as formulações de a) e b) com a razão entre nível e valor rms em dB.
- 0.6 d. Exercite a formulação em a) (ou c)) para um nível de 5 dB abaixo do valor rms. Obtenha ainda a distância entre desvanecimentos. (Os resultados serão dados em função do comprimento de onda.)
- 0.6 e. Idem a d) usando a formulação de b) (ou c)).

1

$$f_w(w) = \left(\pi \sigma \left(1 + \left(\frac{w - \bar{w}}{\sigma} \right)^2 \right) \right)^{-1}$$

$$F_w(w) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \text{ArcTan} \left(\frac{w - \bar{w}}{\sigma} \right)$$

$$\alpha = 5 \text{ dB}, \omega_T = -90 \text{ dBm}$$

raio central $\hat{=} r_c = 1 \text{ km}$

raio interm. $\hat{=} r_i = 2 \text{ km}$

raio periferia $\hat{=} r_p = 4 \text{ km}$

$$p_c = \frac{\text{área central}}{\text{área total}} = \frac{\pi \times 1^2}{\pi \times 4^2} = \frac{1}{16}$$

$$p_i = \frac{\text{área interm.}}{\text{área total}} = \frac{\pi \times 2^2 - \pi \times 1^2}{\pi \times 4^2} = \frac{3}{16}$$

$$p_p = \frac{\text{área periferia}}{\text{área total}} = \frac{\pi \times 4^2 - \pi \times 2^2}{\pi \times 4^2} = \frac{12}{16}$$

$$\omega_x - \omega_y = -10 \alpha \log \left(\frac{r_x}{r_y} \right)$$

a) Área Central

$$r_x = r_y = r_c \Rightarrow \omega_y = -70 \text{ dBm}$$

$$\boxed{\omega_c = -70 \text{ dBm}}$$

Área Intermediária

$$\omega_c - \omega_i = -10 \alpha \log \left(\frac{r_c}{r_i} \right)$$

$$\boxed{\omega_i = -85 \text{ dBm}}$$

Área Periferia

$$\omega_c - \omega_p = -10 \alpha \log \left(\frac{r_c}{r_p} \right)$$

$$\boxed{\omega_p = -100 \text{ dBm}}$$

b) $\beta = 1 - F_w(\omega_T)$

$$\beta = \frac{1}{2} - \frac{1}{\pi} \text{ArcTan} \left(\frac{\omega_T - \bar{\omega}}{\sigma} \right)$$

Área Central

$$\bar{\omega} = \omega_c = -70 \text{ dBm}, \omega_T = -90 \text{ dBm}, \sigma = 5 \text{ dB}$$

$$\boxed{\beta_c = 92\%}$$

Área Intermediária

$$\bar{\omega} = \omega_i = -85 \text{ dBm}, \omega_T = -90 \text{ dBm}, \sigma = 10 \text{ dB}$$

$$\boxed{\beta_i = 65\%}$$

Área Periferia

$$\bar{\omega} = \omega_p = -100 \text{ dBm}, \omega_T = -90 \text{ dBm}, \sigma = 15 \text{ dB}$$

$$\boxed{\beta_p = 31\%}$$

c) $\mu = \beta_c \times p_c + \beta_i \times p_i + \beta_p \times p_p$

$$\boxed{\mu = 41\%}$$

d) $\beta_p = \frac{1}{2} - \frac{1}{\pi} \text{ArcTan} \left(\frac{\omega_T - \omega_p}{\sigma} \right)$

$$\omega_p = \omega_T - \sigma \times \text{TAN} \left(\left(-\beta_p + \frac{1}{2} \right) \pi \right)$$

$$\omega_T = -90 \text{ dBm}, \beta_p = 0.9, \sigma = 15$$

$$\boxed{\omega_p = -44 \text{ dBm}}$$

$$\boxed{\Delta \omega = 56 \text{ dB}}$$

$$e) \begin{aligned} \omega_c &= -70 + 56 = -14 \text{ dBm} \\ \omega_i &= -85 + 56 = -29 \text{ dBm} \\ \omega_p &= -100 + 56 = -44 \text{ dBm} \end{aligned}$$

$$\beta_c = 98\%$$

$$\beta_i = 95\%$$

$$\beta_p = 90\%$$

$$f) \mu = \beta_c \times p_c + \beta_i \times p_i + \beta_p \times p_p$$

$$\mu = 91\%$$

$$2) f = 6 \text{ GHz}$$

$$\therefore \lambda = \frac{1}{20} \text{ m}$$

$$d_1 + d_2 = 25000 \text{ m}$$

$$d_1 = 9000 \text{ m}$$

$$d_2 = 16000 \text{ m}$$

$$G_T = G_R = 5 \text{ dB}_i$$

$$W_T = -90 \text{ dBm}$$

$$h = 6 \text{ m}$$

$$a) x = -h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \frac{d_1 + d_2}{d_1 \times d_2}}$$

$$x = -0,5 \Rightarrow F = 0,3$$

$$L_K = -20 \log 0,3$$

$$L_K = 10,5 \text{ dB}$$

$$L_0 = 20 \log f + 20 \log d + 32,44 - G_T - G_R$$

$$L_0 = 126 \text{ dB}$$

$$W_T - L_0 - L_K = W_T + 10$$

$$W_T = 56,5 \text{ dBm}$$

$$W_T \text{ dBm} = 10 \log \frac{W_T \text{ WATT}}{10^{-3}}$$

$$W_T \text{ WATT} = 10^{\frac{W_T \text{ dBm}}{10}} \times 10^{-3}$$

$$W_T \text{ WATT} = 447 \text{ WATT}$$

$$h_a = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

$$h_a = 17 \text{ m}$$

$$c) W_T - 126 = -90 + 10$$

$$W_T = 46 \text{ dBm} = 410 \text{ WATT}$$

$$d) x = -h_a \sqrt{\frac{2}{\lambda} \frac{d_1 + d_2}{d_1 \times d_2}}$$

$$x = -\frac{h_a}{12}$$

Para $x = 1$, $L_K \approx 0 \text{ dB}$

$$\therefore |h_d| = +12 \text{ m}$$

¶

Em vez de 17 m acima
bastaria 12 m.

3) Do Livro

$$R_c = \sqrt{2\pi} f_m P \exp(-P^2)$$

$$T_c = \frac{1}{\sqrt{2\pi} f_m P} (\exp(P^2) - 1)$$

$$f_m = v/\lambda$$

a) É fácil verificar que

$$\frac{R_c}{v} = \frac{\# \text{ cruzamentos / tempo}}{\text{velocidade}}$$

$$= \frac{\# \text{ cruzamentos}}{\text{velocidade} \times \text{tempo}}$$

$$= \frac{\# \text{ cruzamentos}}{\text{distância}} \triangleq N_D$$

$$\therefore N_D = \frac{\sqrt{2\pi} P \exp(-P^2)}{\lambda}$$

b) Idem para

$T_c \times v =$ (Tempo médio de duração do desvanecimento) \times velocidade

= Distância média de desvanecimento $\triangleq D_D$

$$\therefore D_D = \frac{\lambda}{\sqrt{2\pi} P} (\exp(P^2) - 1)$$

c) $P_{dB} = 20 \log P$

$\Rightarrow P = 10^{P_{dB}/20}$

$$N_D = \frac{\sqrt{2\pi}}{\lambda} 10^{\frac{P_{dB}}{20}} \exp\left(-10^{\frac{P_{dB}}{10}}\right)$$

$$D_D = \frac{\lambda}{\sqrt{2\pi}} 10^{-\frac{P_{dB}}{20}} \left(\exp\left(10^{\frac{P_{dB}}{10}}\right) - 1 \right)$$

d) ~~$N_D = 1/\lambda$~~

$$N_D = 1/\lambda; \text{Dist} = \lambda$$

e) $D_D = \lambda \times 0,26$