

IE 708 – COMUNICAÇÕES MÓVEIS
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação – UNICAMP
Maior 2013

- 3.0 1. 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, 4, e 9 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 -60 dBm. Considere que a envoltória do sinal recebido obedeça a uma distribuição Rayleigh. Para um coeficiente de perda de percurso de 2 e sensibilidade do receptor igual a -70 dBm.
- 0.6 a. Determine as potências médias na periferia de cada segmento.
 - 0.6 b. Estime a porcentagem de cobertura em cada segmento.
 - 0.6 c. Estime a porcentagem de cobertura em toda a área circular.
 - 0.6 d. Determine de quanto deve ser alterada a potência da ERB de forma a se ter uma cobertura de no mínimo (aproximadamente) 90% no segmento periférico.
 - 0.6 e. Determine a nova porcentagem de cobertura na área.

- 2.6 2. Considere um sistema WCDMA de 3,84 Mcps, onde são oferecidos serviços de voz e dados, cujas características são mostradas na Tabela-1. Sabe-se que: a eficiência do reuso de frequência vale $f = 3/4$; a eficiência de controle de potência é $p_i = 0,8$; o número de setores por célula é $s_i = 1$; o fator de carga estabelecido é de 0,75 no máximo; e o número de portadoras por célula é 1. O sistema deve ser dimensionado de forma que a carga seja igualmente compartilhada pelos serviços de voz, dados a 120 kbps, e dados a 384 kbps.
- 1.0 a. Determine o número de modems na ERB para cada serviço.
 - 1.0 b. Suponha que os serviços de voz, dados a 120 kbps, e dados a 384 kbps operem com uma taxa de bloqueio não superior a 7%, 5%, e 5%, respectivamente. Sabendo-se que os usuários dos respectivos serviços geram 20, 5 e 5 milierlangs, determine o número de usuários servidos por célula.
 - 0.6 c. Assuma que a densidade de usuários seja de $1/10^4 m^2$ e que os usuários de dados sejam os mesmos dos de voz. Para uma célula circular, determine o seu raio.

Tabela-1: Características de serviços do sistema WCDMA

	Voz	Dados	Dados
Taxa de transmissão (em kbps)	12	120	384
Relação Sinal-Ruído Mínima (em dB)	4	1	1
Fator de atividade	0.5	1	1

$$\rho = (1 + I) \sum_{i=1}^M \left(1 + \frac{s_i p_i G_i}{a_i \gamma_i} \right)^{-1}$$

- 2.2 3. Considere um sistema celular em uma área urbana de cidade grande com as seguintes especificações: frequência de operação de 1 GHz; altura da antena da ERB de 40 m; altura da antena do móvel de 1,5 m. Utilize o modelo de Hata e, para facilitar, considere a célula com área circular.
- 0.8 a. Determine a SIR-dB para o downlink para o padrão de reuso 7.
 - 0.7 b. Idem a a. para o padrão 7x21.
 - 0.7 c. Considere a sensibilidade do receptor de -110 dBm. Determine a potência da ERB para uma célula de raio de 4 km.

2.2 4. A PDF $f_{R_N}(r)$ da envoltória R_N de um sinal Nakagami- m é dada por

$$f_{R_N}(r) = \frac{2m^m r^{2m-1}}{\Gamma(m)\Omega^m} \exp\left(-\frac{mr^2}{\Omega}\right).$$

- 0.7 a. Obtenha a PDF $f_{P_N}(\rho)$ Nakagami- m , onde $P_N = R_N/\sqrt{\Omega}$ é a envoltória normalizada com relação ao valor rms do sinal.
- 0.7 b. A envoltória alpha-mu $R_{\alpha-\mu}$ pode ser obtida daquela de Nakagami- m pela relação $R_{\alpha-\mu}^\alpha = R^2$, onde $\alpha > 0$ é um parâmetro que descreve a não linearidade do meio e $\mu = m$ se relaciona com o número de clusters de multipercurso. Defina $\hat{r}^\alpha = E[R_{\alpha-\mu}^\alpha]$. Obtenha a PDF $f_{R_{\alpha-\mu}}(r)$ em termos de α , μ , \hat{r} a partir de $f_{R_N}(r)$.
- 0.8 c. Dados os momentos da alpha-mu (veja paper), obtenha o valor médio da envoltória e o valor médio da potência de um sinal alpha-mu.

$$1. d_1 = 1 \text{ km}$$

$$d_2 = 4 \text{ km}$$

$$d_3 = 9 \text{ km}$$

$$W_1 = -60 \text{ dBm}$$

$$f_0(x) = \frac{x}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$\therefore f_w(w) = \frac{1}{w} \exp\left(-\frac{w}{w}\right)$$

$$F_w(w) = 1 - \exp\left(-\frac{w}{w}\right)$$

$$P_{\text{Prob}}\{w > w_T\} = \exp\left(-\frac{w_T}{w}\right)$$

$$\alpha = 2$$

$$W_T = -70 \text{ dBm}$$

$$W_T \text{ dBm} = 10 \log\left(\frac{w}{10^{-3}}\right)$$

$$w = 10^{-3} 10^{W_T \text{ dBm} / 10}$$

$$\frac{w_x}{w_y} = \left(\frac{dx}{dy}\right)^{-\alpha}$$

$$\alpha = 2, dy = 1, w_y = w_1$$

$$w_x = w_1 \times dx^{-2}$$

Or

$$W_x = W_1 - 20 \log dx$$

$$W_T = -70 \text{ dBm}$$

$$\Rightarrow w_T = 10^{-10} \text{ WATTS}$$

$$a. d_1 = 1 \text{ km}, W_1 = -60 \text{ dBm} \quad (1)$$
$$\Rightarrow \bar{w}_1 = 10^{-9} \text{ WATTS}; \bar{W}_1 = -60 \text{ dBm}$$

$$d_2 = 4 \text{ km}$$
$$\bar{w}_2 = \frac{10^{-9}}{16} \text{ WATTS}; \bar{W}_2 = -72 \text{ dBm}$$

$$d_3 = 9 \text{ km}$$
$$\bar{w}_3 = \frac{10^{-9}}{81} \text{ WATTS}; \bar{W}_3 = -79 \text{ dBm}$$

$$b. P_{\text{Prob}}\{w > 10^{-10}\} = ?$$

Area 1

$$P_1\{w > 10^{-10}\} = \exp\left(-\frac{10^{-10}}{10^{-9}}\right)$$

$$P_1\{w > 10^{-10}\} = 90.5\%$$

Area 2

$$P_2\{w > 10^{-10}\} = \exp\left(-\frac{10^{-10}}{10^{-9}/16}\right)$$

$$P_2\{w > 10^{-10}\} = 20.2\%$$

Area 3

$$P_3\{w > 10^{-10}\} = \exp\left(-\frac{10^{-10}}{10^{-9}/81}\right)$$

$$P_3\{w > 10^{-10}\} = 0.03\%$$

$$c. A_{\text{req}} = \pi 9^2$$

$$A_{\text{req}} = 81\pi$$

$$A_1 = \pi$$

$$\frac{A_1}{A} = \frac{1}{81}$$

$$A_2 = 4^2\pi - \pi = 15\pi$$

$$\frac{A_2}{A} = \frac{15}{81}$$

$$A_3 = 9^2\pi - 4^2\pi = 65\pi$$

$$\frac{A_3}{A} = \frac{65}{81}$$

$$P\{w > 10^{-10}\} =$$

$$\frac{1}{81} (90 \times 1 + 20 \times 15 + 0.03 \times 65)$$

$$P\{w > 10^{-10}\} \approx 4.88\%$$

$$d. P\{w > 10^{-10}\} = \exp\left(-\frac{10^{-10}}{\bar{w}_3}\right) > 0.9$$

$$\Rightarrow \bar{w}_3 > 9.49 \times 10^{-10} \text{ watts}$$

$$\bar{w}_3 > -60.22 \text{ dBm}$$

$$\Delta W = -60.22 + 79$$

$$\Delta W = 18.8 \text{ dB}$$

$$P_{\text{m}} = \frac{9.49 \times 10^{-10}}{10^{-9}/81} = 76.869 = 18.8 \text{ dB}$$

$$e. \bar{w}_1 = -60 + 18.85 = -41.15 \text{ dBm} \text{ (Z)}$$

$$\bar{w}_1 = 7.079 \times 10^{-8} \text{ watts}$$

$$\bar{w}_2 = -72.04 + 18.85 = -53.19 \text{ dBm}$$

$$\bar{w}_2 = 4.80 \times 10^{-9} \text{ watts}$$

$$\bar{w}_3 = -60.22 \text{ dBm}$$

$$\bar{w}_3 = 9.49 \times 10^{-10} \text{ watts}$$

$$P_1\{w > 10^{-10}\} = ?$$

Area 1

$$P_1\{w > 10^{-10}\} = \exp\left(-\frac{10^{-10}}{7.079 \times 10^{-8}}\right)$$

$$P_1\{w > 10^{-10}\} = 99.86\%$$

Area 2

$$P_2\{w > 10^{-10}\} = \exp\left(-\frac{10^{-10}}{4.8 \times 10^{-9}}\right)$$

$$P_2\{w > 10^{-10}\} = 97.94\%$$

Area 3

$$P_3\{w > 10^{-10}\} = \exp\left(-\frac{10^{-10}}{9.49 \times 10^{-10}}\right)$$

$$P_3\{w > 10^{-10}\} = 90\%$$

$$P\{w > 10^{-10}\} =$$

$$\frac{1}{81} (99.86 + 97.94 \times 15 + 90 \times 65)$$

$$P\{w > 10^{-10}\} \approx 92\%$$

2. WCDMA

$$W = 3.84 \times 10^6 \text{ cps}$$

$$f = 0.625$$

$$P = 0.8$$

$$S = 1$$

$$P = 0.75$$

$$a. P_{Voz} = P_{D120} = P_{D384} = 0.25$$

$$P_i = \frac{1}{f} \left(1 + \frac{S_i P_i G_i}{a_i H_i} \right)^{-1}$$

$$P_{Voz} = \frac{4}{3} \left(1 + \frac{0.8 \times \frac{3.84 \times 10^6}{12 \times 10^3}}{0.5 \times 10^{4/10}} \right)^{-1}$$

$$P_{Voz} = 6.50944 \times 10^{-3}$$

$$P_{D120} = \frac{4}{3} \left(1 + \frac{0.8 \times \frac{3.84 \times 10^6}{120 \times 10^3}}{1 \times 10^{4/10}} \right)^{-1}$$

$$P_{D120} = 6.24957 \times 10^{-2}$$

$$P_{D384} = \frac{4}{3} \left(1 + \frac{0.8 \times \frac{3.84 \times 10^6}{384 \times 10^3}}{1 \times 10^{4/10}} \right)^{-1}$$

$$P_{D384} = 1.81292 \times 10^{-1}$$

$$\# Voz = \frac{0.25}{P_{Voz}} = 38$$

$$\# D120 = \frac{0.25}{P_{D120}} = 4$$

$$\# D384 = \frac{0.25}{P_{D384}} = 1$$

b. Da Tabela de Cálculo (2)

$$Voz \quad N = 38, B = 7\% \Rightarrow A = 34.4 \text{ erl.}$$

$$\# U_{SU-Voz} = \frac{34.4}{0.02} = 1720$$

$$D_{120} \quad N = 4, B = 5\% \Rightarrow A = 1.52 \text{ erl.}$$

$$\# U_{SU-D120} = \frac{1.52}{0.005} = 304$$

$$D_{384} \quad N = 1, B = 5\% \Rightarrow A = 0.0526$$

$$\# U_{SU-D384} = \frac{0.0526}{0.005} = 10$$

$$c. \text{ Área celular} = \frac{1720}{0.0001} = 17.200.000 \text{ m}^2$$

$$\pi r^2 = 17.200.000 \text{ m}^2$$

$$r = 2340 \text{ m}$$

$$3. f = 10^3 \text{ MHz}$$

$$h_t = 40 \text{ m}$$

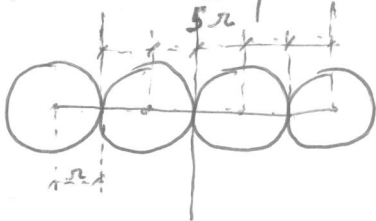
$$h_r = 1.5 \text{ m}$$

$$L = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_t$$

$$- A(h_r) + (44.9 - 6.55 \log h_t) \log d$$

$$A(h_r) = 3.2 \log^2(11.75 h_r) - 4.97$$

7 células por cluster



distância sinal desejado = r

" " interferente = $5r$

$$a. SIR_{dB} = 10 \log \left(\frac{P_D}{P_I \times 6} \right)$$

$$= 10 \log P_D - 10 \log P_I - 10 \log 6$$

$$10 \log P_D = P_{dB} - L_D$$

$$10 \log P_I = P_{dB} - L_I$$

$$\therefore SIR_{dB} = L_I - L_D - 10 \log 6$$

$$L_I - L_D = (44.9 - 6.55 \log h_t) \log 5r$$

$$- (44.9 - 6.55 \log h_t) \log r$$

$$= (44.9 - 6.55 \log h_t) \log 5$$

~~$$SIR_{dB} = 44.9 - 6.55 \log h_t$$~~

$$SIR_{dB} = (44.9 - 6.55 \log h_t) \log 5 - 10 \log 6$$

$$SIR_{dB} = 16.3 \text{ dB}$$

$$b. SIR_{dB} = (44.9 - 6.55 \log h_t) \log 5 \quad (4)$$

$$- 10 \log 2$$

(divide o # interferentes por 3)

$$SIR_{dB} = 21 \text{ dB}$$

$$c. A(h_r) \approx 0$$

$$L \approx 147 \text{ dB}$$

$$P_{eRB} = L = P_T$$

$$P_{eRB} = -110 + 147$$

$$P_{eRB} = 37 \text{ dBm}$$

Outra Forma

$$a. L = 34.4 \log d + 125.88$$

$$\Rightarrow \alpha \approx 3.44$$

$$SIR = 10 \log \left(\frac{\sqrt{3N}^\alpha S}{6} \right)$$

$$S=1 \Rightarrow SIR = 10 \log \left(\frac{\sqrt{21}^{3.44}}{6} \right)$$

$$SIR = 15 \text{ dB}$$

$$b. \alpha \approx 3.44, S=3$$

$$SIR = 10 \log \left(\frac{\sqrt{21}^{3.44} \times 3}{6} \right)$$

$$SIR = 19.7 \text{ dB}$$

$$c. P_{eRB} = 37 \text{ dBm}$$

$$f_{R_N}(\rho) = \frac{2^m \rho^{2m-1}}{\Gamma(m) \Omega^m} \exp\left(-\frac{m \rho^2}{\Omega}\right)$$

$$a. P_N = R_N / \sqrt{\Omega}$$

$$\Rightarrow R = \sqrt{\Omega} P$$

$$f_{P_N}(p) dp = f_{R_N}(\rho) d\rho$$

$$dp = \frac{d\rho}{\sqrt{\Omega}}$$

$$f_{P_N}(p) \frac{d\rho}{\sqrt{\Omega}} = \frac{2^m \rho^{2m-1}}{\Gamma(m) \Omega^m} \times$$

$$\times \exp\left(-\frac{m \Omega p^2}{\Omega}\right)$$

$$f_{P_N}(p) = \frac{2^m \rho^{2m-1}}{\Gamma(m)} \exp(-m p^2)$$

$$b. R_{\alpha-\mu}^\alpha = R_N^2$$

$$R_{\alpha-\mu} = R_N^{2/\alpha}$$

$$\frac{dR_{\alpha-\mu}}{dR_N} = \frac{2}{\alpha} R_N^{2/\alpha - 1}$$

$$f_{R_{\alpha-\mu}}(r) dr_{\alpha-\mu} = f_{R_N}(\rho) d\rho$$

$$f_{R_{\alpha-\mu}}(r) \frac{2}{\alpha} r^{\frac{2}{\alpha} - 1} = \frac{2^m \rho^{2m-1}}{\Gamma(m) \Omega^m} \times$$

$$\times \exp\left(-\frac{m \rho^2}{\Omega}\right)$$

$$f_{R_{\alpha-\mu}}(r) = \alpha^m \frac{\rho^{2m-1}}{\Gamma(m) \Omega^m}$$

$$\times \exp\left(-\frac{m \rho^2}{\Omega}\right)$$

$$f_{R_{\alpha-\mu}}(r) = \alpha^m \frac{\rho^{\alpha m - 1}}{\Gamma(m) \Omega^m} \times \exp\left(-\frac{m \rho^{\alpha}}{\Omega}\right) \quad (5)$$

$$f_{R_{\alpha-\mu}}(r) = \frac{\alpha^m \rho^{\alpha m - 1}}{\Gamma(m) \Omega^m} \exp\left(-\frac{m \rho^{\alpha}}{\Omega}\right)$$

$$c. E[R_{\alpha-\mu}^k] = \frac{\Omega^{k/\alpha} \Gamma(\mu + k/\alpha)}{\mu^{k/\alpha} \Gamma(\mu)}$$

$$c.1 E[R_{\alpha-\mu}] = \frac{\Omega \Gamma(\mu + 1/\alpha)}{\mu^{1/\alpha} \Gamma(\mu)}$$

$$c.2 E[R_{\alpha-\mu}^2] = \frac{\Omega^2 \Gamma(\mu + 2/\alpha)}{\mu^{2/\alpha} \Gamma(\mu)}$$