

IE 708 – COMUNICAÇÕES MÓVEIS
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação – UNICAMP
Mai 2015

1. Considere o uplink de um sistema de microcélulas com padrão quadrangular. Considere ainda apenas a primeira camada de interferentes e a potência do ruído no receptor como uma porcentagem p daquela de um único interferente.

- a. Obtenha a fórmula para a SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio) em função dos parâmetros n_i , r , k (como definidos no curso) e p , para as situações de nenhum a todos os interferentes ativos. (Obs. Se não conseguir fazer este item, declare que não conseguiu e a fórmula será fornecida.)
- b. Considere: (i) reuso de 5; (ii) $f = 2$ GHz; (iii) $h_t = 4$ m; (iv) $h_r = 1,5$ m; (v) raio da célula de 100 m; e (vi) $p = 10\%$; (vii) usuário na posição de pior caso. Reescreva a equação de SINR obtida em (a) levando-se em conta esses parâmetros.
- c. Estime a SINR (linear e dB) para as situações de nenhum a todos os interferentes ativos.
- d. Em um sistema real, dependendo da demanda de tráfego, nem todos os interferentes estarão em atividade ao mesmo tempo. Uma forma de se determinar a atividade do canal é através do tráfego escoado. A probabilidade de atividade do canal, neste caso, é dada diretamente pelo tráfego escoado por canal. Suponha que cada célula tenha 20 canais e que o tráfego oferecido seja aproximadamente 20 erl. Determine a probabilidade de atividade de canal. Escreva a probabilidade $p_i(4)$ de haver i canais ativos em 4.
- e. Calcule a razão SINR média na forma linear e depois transforme-a em dB. Comente.

2. Considere o sistema WCDMA ($W=3,84$ Mcps) com dois tipos de serviço como mostrado na Tabela-1. Sabe-se que: a eficiência do reuso de frequência vale $f = 0,8$; a eficiência de controle de potência é $p_i = 0,9$; o número de setores por célula é $s_i = 1$; o fator de carga estabelecido é de 0,8 no máximo; e o número de portadoras por célula é 1. O sistema deve ser dimensionado de forma que a carga devido ao serviço de voz seja de 0,2.

- a. Determine o número de modems na ERB para cada serviço.
- b. Suponha que os serviços de voz e dados operem com uma taxa de bloqueio não superior a 7% e 5%, respectivamente. Sabendo-se que os usuários dos respectivos serviços geram 20 e 1 milierlangs, determine o número de usuários servidos por célula.
- c. Determine a potência em dBm necessária para recepção adequada de cada serviço.
- d. Sabendo-se que: (i) a potência do transmissor é de 30 dBm; (ii) uma margem de 10 dB deva ser dada; (iii) a frequência de operação é de 1 GHz; (iv) a perda de percurso seja dada por $L = 20 \log f[\text{MHz}] + 40 \log d[\text{km}] + 40$ dB; estime o raio de cobertura de cada serviço.

(A potência de ruído é dada por kTW , onde k é a constante de Boltzman, T é a temperatura em Kelvin, e W é a banda.)

Tabela-1: Características de serviços do sistema WCDMA

	Voz	Dados
Taxa de transmissão (em kbps)	12	384
Relação Sinal-Ruído Mínima (em dB)	5	1.0
Fator de atividade	0.5	1

$$N_R = \frac{I_t}{I_N}, N_R = \frac{1}{1-\rho}, P_i = \rho_i I_t, \rho_i^{-1} = 1 + \frac{s_i P_i G_i}{a_i \gamma_i}, \rho = (1 + I) \sum_{i=1}^M \rho_i$$

3. Considere um ambiente Rayleigh onde a potência seja \bar{w} (watts).
- Escreva a função densidade de probabilidade (fdp) $f_w(w)$ e a função distribuição de probabilidade (FDP) $F_w(w)$ da potência instantânea W .
 - Defina W_{dBm} e \bar{w}_{dBm} as respectivas potências instantânea e média dadas em dBm. Escreva as correspondentes fdp e FDP, i.e. $f_{W_{dBm}}(w_{dBm})$ e $F_{W_{dBm}}(w_{dBm})$. (Obs. Se não conseguir fazer este item, declare que não conseguiu e as fórmulas serão fornecidas.)
 - Suponha que a potência transmitida seja de w_{TdBm} e a perda de percurso seja dada por $L = 20 \log f[MHz] + 40 \log d[km] + 40$ dB. Determine a probabilidade de o sinal recebido estar acima do limiar de recepção w_{RdBm} (confiabilidade).
 - Considere $W_{TdBm} = 40$ dBm, $W_{RdBm} = -100$ dBm, $f = 2$ GHz, $d = 10$ km. Calcule a confiabilidade do sistema.
 - Para as demais condições do item (d) mantidas, determine a distância para que a confiabilidade seja de 90%.

1. Microcélula, Quadrado
Oplink, m_i , r , k , p

a. Como as interferentes
são idênticas nas quatro
direções, então

$$SINR_i = \frac{m_i^2 [1 + (m_i k)^2]}{r^2 [1 + (r k)^2] (p+i)}$$

$i = 0, 1, 2, 3, 4$

b. Reuso de 5, Pior caso

$$m_i = 3, r = 1$$

$$k = \frac{R}{dB} = \frac{100}{4k_t k_r}$$

$$k = \frac{100}{\frac{4 \times 4 \times 1.5}{3 \times 10^8 / 2 \times 10^9}}; \quad k = 0,625$$

$$SINR_i = \frac{29,2247191}{(0,1+i)}$$

c.

	SINR _i				
i	0	1	2	3	4
LIN	29,2	26,6	13,9	9,4	7,1
dB	24,7	14,2	11,4	9,7	8,5

$$d. a = \frac{A(1-B)}{N} \quad (1)$$

$$A = 20, N = 20$$

Da tabela, $B = 0,15$

$$a = \frac{20(1-0,15)}{20}$$

$$a = 0,85$$

Probabilidade de i
interferentes em 4

$$p_i(4) = \binom{4}{i} 0,85^i 0,15^{4-i}$$

$$\left(\text{Bernoulli } p_i(n) = \binom{n}{i} a^i (1-a)^{n-i} \right)$$

e.

i	0	1	2	3	4
$p_i(4)$	5,0625 $\times 10^{-4}$	0,114 75	0,097 5375	0,368 475	0,522 00625

$$\overline{SINR} = \sum_{i=0}^4 SINR_i \times p_i(4)$$

$$\overline{SINR} = 8,978740625$$

$$\overline{SINR}_{dB} = 9,5 \text{ dB}$$

Note que a probabilidade
de 3 ou 4 canais estarem
ativos é aprox. 90%.

Portanto, a SINR deve
ficar entre uma e outra
situação.

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

$$f = 0.8 = \frac{1}{1+I} \Rightarrow 1+I = 1.25$$

$$P_i = 0.9; s_i = 1; P = 0.8$$

$$P_v = 0.2, P_D = 0.6$$

$$a. P_{\text{serviço}} = (1+I) \left(1 + \frac{spG}{aR} \right)^{-1}$$

$$P_v = 1.25 \left(1 + \frac{0.9 \times 3.84 \times 10^6 / 12 \times 10^3}{0.5 \times 10^{0.5}} \right)^{-1}$$

$$P_v = 6.8 \times 10^{-3}$$

$$P_D = 1.25 \left(1 + \frac{0.9 \times 3.84 \times 10^6 / 384 \times 10^3}{1 \times 10^{0.1}} \right)^{-1}$$

$$P_D = 1.5 \times 10^{-1}$$

$$\# \text{ Modem V} = \frac{0.2}{6.8 \times 10^{-3}} = 30$$

$$\# \text{ Modem D} = \frac{0.6}{1.5 \times 10^{-1}} = 4$$

$$b. B_v = 7\%, N_v = 30 \Rightarrow A_v = 26.2 \text{ erl.}$$

$$\# \text{ Assin. V} = \frac{26.2}{20 \times 10^{-3}} = 1310$$

$$B_D = 5\%, N_D = 4 \Rightarrow A_D = 1.52 \text{ erl.}$$

$$\# \text{ Assin. D} = \frac{1.52}{1 \times 10^{-3}} = 1520$$

c. Usando as Fórmulas

(2)

$$P_i = P_i \frac{I_N}{1-P}$$

$$I_N = 1.38 \times 10^{-23} \times 300 \times 3.84 \times 10^6$$

$$I_N = 1.59 \times 10^{-14}$$

$$1-P = 0.2$$

$$P_v = \frac{6.8 \times 10^{-3}}{1.25} \times \frac{1.59 \times 10^{-14}}{0.2}$$

$$P_v = 4.3248 \times 10^{-16} \text{ watts}$$

$$P_{v \text{ dBm}} = -124 \text{ dBm}$$

$$P_D = \frac{1.5 \times 10^{-1}}{1.25} \times \frac{1.59 \times 10^{-14}}{0.2}$$

$$P_D = 9.54 \times 10^{-15} \text{ watts}$$

$$P_{D \text{ dBm}} = -110 \text{ dBm}$$

$$d. 30 - L_v - 10 = -124$$

$$L_v = 144 \text{ dB}$$

$$\Rightarrow d_v \in 25 \text{ km}$$

$$d_v = 12.5 \text{ km}$$

$$30 - L_D - 10 = -110$$

$$L_D = 130$$

$$d_D = 5.6 \text{ km}$$

3. Rayleigh, w, \bar{w}

$$a. f_w(w) = \frac{1}{\bar{w}} \exp\left(-\frac{w}{\bar{w}}\right)$$

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

$$b. W_{dBm} = 10 \log \frac{w}{10^{-3}}$$

$$\bar{w}_{dBm} = 10 \log \frac{\bar{w}}{10^{-3}}$$

$$\text{Mas } \ln x = \log x \times \ln 10$$

$$\therefore W_{dBm} = \frac{10 \ln(w/10^{-3})}{\ln 10}$$

$$\frac{dW_{dBm}}{dw} = \frac{10}{w \ln 10}$$

$$f(w_{dBm}) dw_{dBm} = f_w(w) dw \Big|_{w=10^{-3} \cdot 10^{\frac{w_{dBm}}{10}}}$$

$$f(w_{dBm}) = \frac{\ln 10}{10} \cdot 10^{\frac{w_{dBm} - \bar{w}_{dBm}}{10}} \times \exp\left(-10 \frac{w_{dBm} - \bar{w}_{dBm}}{10}\right)$$

$$\text{Prob}\{W_{dBm} \leq w_{dBm}\} =$$

$$= \text{Prob}\left\{10 \log \frac{w}{10^{-3}} \leq w_{dBm}\right\}$$

$$\therefore F_{W_{dBm}}(w_{dBm}) = \text{Prob}\left\{w \leq 10^{-3} \cdot 10^{\frac{w_{dBm}}{10}}\right\}$$

$$\therefore F_{W_{dBm}}(w_{dBm}) = F_w\left(10^{-3} \cdot 10^{\frac{w_{dBm}}{10}}\right)$$

$$\therefore F_{W_{dBm}}(w_{dBm}) = 1 - \exp\left(-10 \frac{w_{dBm} - \bar{w}_{dBm}}{10}\right)$$

$$c. \text{Reliability} \triangleq R(w_{dBm}) \quad (3)$$

$$= 1 - F_{W_{dBm}}(w_{dBm})$$

$$R(w_{dBm}) = \exp\left(-10 \frac{w_{dBm} - \bar{w}_{dBm}}{10}\right)$$

$$R(w_{rdBm}) = \exp\left(-10 \frac{w_{rdBm} - (w_{tdBm} - L)}{10}\right)$$

$$L = 20 \log f + 40 \log d + 40$$

$$d. w_{rdBm} = -100 \text{ dBm}$$

$$w_{tdBm} = 40$$

$$f = 2000 \text{ MHz}$$

$$d = 10 \text{ km}$$

$$\therefore L = 146 \text{ dB}$$

$$\therefore R(-100 \text{ dBm}) = 1.83 \%$$

$$e. -10 \frac{w_{rdBm} - (w_{tdBm} - L)}{10} = \ln[R(w_{rdBm})]$$

$$\frac{w_{rdBm} - (w_{tdBm} - L)}{10} = \log\left(\ln\left(\frac{1}{R(w_{rdBm})}\right)\right)$$

$$40 \log d = -20 \log f + 10 + 10 \log\left(\ln \frac{1}{0.9}\right)$$

$$\Rightarrow d \approx 4 \text{ km}$$