IE 708 – COMUNICAÇÕES MÓVEIS
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação – UNICAMP
Maio 2014

3,0

1. Considere um sistema celular hexagonal ideal com padrão de reuso de N em um ambiente com coeficiente de perda de percurso de α. Considere ainda o downlink, o receptor posicionado para a condição de pior caso, e apenas a primeira camada de interferentes. Assuma que a potência do ruído no receptor seja uma porcentagem p daquela de um único interferente.

0,75 a. Calcule a SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio).

0,75 b. Considere agora $N = 7$, $\alpha = 4$, e $p = 10\%$ Estime a SINR (linear e dB) para as situações de nenhum a todos os interferentes ativos.

0,75 c. 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 54 canais e que o tráfego oferecido seja 54 erl. Determine a probabilidade de atividade de canal.

0,75 d. Calcule a razão SINR média.

3,0

2. Um link de rádio em 3 GHz será instalado às margens de um vale, com transmissor e receptor distantes 4 km entre si. Em relação às referidas margens, o vale se aprofunda a 16 m e lá as elevações presentes não ultrapassam 1 m. (Por facilidade, suponha as elevações no centro do vale.)

1,0 a. Supondo antenas transmissoras e receptoras idênticas, determine as suas alturas para desobstrução do caminho de rádio.

1,0 b. Determine a potência do transmissor para um receptor de sensibilidade de -85 dBm e uma margem de operação (para compensar desvanecimento) de 10 dB.

1,0 c. Por disponibilidade, a empresa utilizou torres de 10 m de altura para as antenas. O que não se levou em conta, no entanto, é que em época de chuva, o vale inunda e as águas podem chegar até as ditas margens. Relativamente ao fenômeno de propagação, descreva o que ocorre nesse processo de inundação, especificando as marcas relevantes de acordo com o nível das águas e os correspondentes níveis de sinal.

4,0

3. Considere uma célula com formato circular, divida em três regiões: (i) um círculo central, do tipo urbano, de raio 1 km; (ii) um segmento circular médio, de raio 3 km, suburbano; e (iii) um segmento circular externo, de raio 6 km, área aberta. Admita que a potência média, tomada na periferia do respectivo segmento, seja aproximadamente constante dentro de cada segmento e que o sinal sofra um desvanecimento do tipo lognormal. Considere uma perda de percurso na região urbana dada por $L = 20\log f[MHz] + 40\log d[km] + 40$ dB, um ganho de 5 dB para a região suburbana, e outros 5 dB para a área aberta, ganhos estes relativos à perda da área urbana. Suponha a freqüência de operação de 1 GHz, a potência transmitida de 100 watts, um limiar de recepção de -80 dBm, e desvios padrões de 10 dB para todas as regiões.

0.8 a. Determine as potências médias na periferia de cada segmento.
0.8 b. Estime a porcentagem de cobertura em cada segmento.
0.8 c. Estime a porcentagem de cobertura em toda a área circular.
0.8 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.
0.8 e. Determine a nova porcentagem de cobertura na área.

Tabela-1 Valores de **x** e **β(-x)**. Dado: **β(x) = 1- β(-x)**

x	β(-x)	x	β(-x)	x	β(-x)
0.0	0.5	0.9	0.81594	1.8	0.96407
0.1	0.53983	1.0	0.84134	1.9	0.97128
0.2	0.57926	1.1	0.86433	2.0	0.97725
0.3	0.61791	1.2	0.88493	2.1	0.98214
0.4	0.65542	1.3	0.90320	2.2	0.98610
0.5	0.69146	1.4	0.91924	2.3	0.98928
0.6	0.72575	1.5	0.93319	2.4	0.99180
0.7	0.75804	1.6	0.94520	2.5	0.99379
0.8	0.78814	1.7	0.95543	2.6	0.99534

1. DOWNLINK, N, α, 6 interferentes

a. $SINR = \dfrac{R^{-\alpha}}{p D^{-\alpha} + 6 D^{-\alpha}}$

$D/R = \sqrt{3N}$

$$\boxed{SINR = \frac{(3N)^{\alpha/2}}{p+6}}$$

b. $N = 7$, $\alpha = 4$, $p = 10\%$

$SINR_i = \dfrac{441}{p+i}$, $i = 0, 1, \dots, 6$

$SINR_i$

i	0	1	2	3	4	5	6
LIN	4410	401	210	142	108	87	72
dB	36,4	26	23.2	21,5	20.3	19.4	18.6

c. 54 canais, 54 erl.
Da tabela $B = 10\%$

$p = \dfrac{A_c}{54} = A(1-B)/54 =$

$\boxed{p = 0.9}$

d. Probabilidade de i interferentes ativos em 6

$p_i(N) = \binom{6}{i} p^i (1-p)^{6-i}$

i	0	1	2	3	4	5	6
$\binom{6}{i}$	1	6	15	20	15	6	1
$p_i(6)$	10^{-6}	54×10^{-6}	$1,215 \times 10^{-3}$	$1,458 \times 10^{-2}$	$9,8415 \times 10^{-2}$	$3,54294 \times 10^{-1}$	0,531441

$\overline{SINR} = \sum_{i=0}^{6} SINR_i \, p_i(N)$

$= p_0(6) \times 4410 + p_1(6) \times 401 + p_2(6) \times 210 + p_3(6) \times 142$

$+ p_4(6) \times 108 + p_5(6) \times 87 + p_6(6) \times 72$

$\boxed{\overline{SINR} = 82,06}$

$\boxed{\overline{SINR}_{dB} = 19,14 \text{ dB}}$

Se fosse feito diretamente em dB

~~$\overline{SINR}_{dB}$ = ...~~

$\overline{SINR_{dB}} = \sum_{i=0}^{6} SINR_{dB\,i} \, p_i(6)$

$\boxed{\overline{SINR}_{dB} = 19,1 \text{ dB}}$

2. $f = 3\,GHz$

$\therefore \lambda = 0{,}1\,m$

$d = 4000\,m$

$d_1 = d_2 = 2000\,m$

a. Cálculo do primeiro raio de Fresnel

$$h_1 = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

$$h_1 = 10\,m$$

Como as antenas serão instaladas nas margens e a profundidade do vale é de 16 m e as elevações não ultrapassam 1 m, qualquer antena servirá. (O raio da primeira zona de Fresnel é de 10 m, o que estará 5 m acima das elevações.

Resposta: antena de qualquer altura.

b. Espaço livre

$$L = 20\log f + 20\log d + 32.44$$

$$L = 20\log 3\times10^3 + 20\log 4 + 32.44$$

$$\boxed{L \cong 115\ dB}$$

$$P_{dBm} - L - 10 = -85$$

$$\boxed{P_{dBm} = 40\ dBm}$$

$$\boxed{P = 10\ WATTS}$$

c. Com a inundação, ②

o ambiente passa à condição de terreno plano e podem ocorrer reflexões da onda. (Modelo de 2 raios).

Podem, assim, ocorrer nulos e máximos.

NULOS $\quad d = \dfrac{2h_t h_r}{n\lambda} = \dfrac{2h^2}{n\lambda}$

$$4000 = \frac{2h^2}{n \times 0.1} \Rightarrow h = 10\sqrt{2n}$$

n	h (m)
1	14.2
2	20
3	24.5

Nulos ocorrerão quando a água atingir os níveis

26 - 14.2 = 11,8 m

26 - 20 = 6 m

26 - 24.5 = 1,5 m

MÁXIMOS $\quad d = \dfrac{4h_t h_r}{(2n-1)\lambda} = \dfrac{4h^2}{(2n-1)\lambda}$

$$4000 = \frac{4h^2}{(2n-1)0.1} \Rightarrow h = 10\sqrt{2n-1}$$

n	h (m)
1	10
2	17.3
3	22.3
4	26.5

Máximos ocorrerão quando a água atingir os níveis

26 - 10 = 16 m

26 - 17.3 = 8.7 m

26 - 22,3 = 3,7 m

$$\frac{W_r}{W_t} = \underbrace{G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2}_{\text{Espaço Livre}} \times \underbrace{4 \sin^2\left(\frac{2\pi h_t h_r}{\lambda d}\right)}_{\text{Excesso}}$$

Como d é constante, a perda no espaço livre é a mesma.

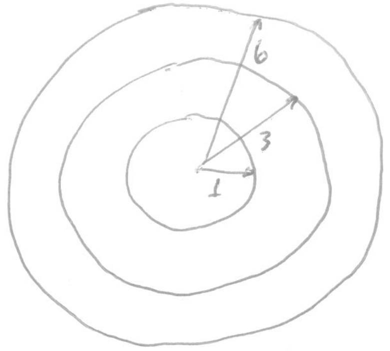
<u>NULOS</u> Recepção Nula

<u>MÁXIMOS</u> . Ganho de 4

$$\left(\sin\left(\pi/2\right) = 1\right)$$

Ou $10 \log 4 = 6\ dB$

3.



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

$L_S = 20\log f + 40\log d + 35$

$L_A = 20\log f + 40\log d + 30$

$d_U = 1\,km,\ d_S = 3\,km,\ d_A = 6\,km$

$f = 10^3\ MHz$

$W = 100$ watts $= 50\ dBm$

$W_T = -80\ dBm$

$\sigma_U = 10\ dB,\ \sigma_S = 10\ dB,\ \sigma_A = 10\ dB$

a. $L_U = 100\ dB$

$L_S = 114\ dB$

$L_A = 121\ dB$

$\therefore\ \overline{W_U} = -50\ dBm$

$\overline{W_S} = -64\ dBm$

$\overline{W_A} = -71\ dBm$

b. $\frac{W_T - \overline{W_U}}{\sigma_U} = -3 \Rightarrow \beta_U = 100\%$

$\frac{W_T - \overline{W_S}}{\sigma_S} = -1{,}6 \Rightarrow \beta_S = 94{,}5\%$

$\frac{W_T - \overline{W_A}}{\sigma_A} = -0{,}9 \Rightarrow \beta_A = 81{,}6\%$

c. $P_U = \frac{\pi \times 1^2}{\pi 6^2} = \frac{1}{36}$

$P_S = \frac{\pi 3^2 - \pi 1^2}{\pi \times 6^2} = \frac{8}{36}$

$P_A = \frac{\pi 6^2 - \pi 3^2}{\pi 6^2} = \frac{27}{36}$

$\mu = \frac{1}{36}\left[1 + 8 \times 0{,}945 + 27 \times 0{,}816\right]$

$\boxed{\mu = 85\%}$

d. $\frac{W_T - \overline{W_A}}{\sigma_A} = -1{,}3$

$\frac{-80 - \overline{W_A}}{10} = -1{,}3$

$\overline{W_A} = -67\ dBm$

$\Delta \overline{W_A} = -67 + 71 = 4\ dB$

$\therefore\ \boxed{W = 54\ dBm = 252 \text{ WATTS}}$

$\overline{W_U} = -46\ dBm$

$\overline{W_S} = -60\ dBm$

$\overline{W_A} = -67\ dBm$

$\frac{W_T - \overline{W_U}}{10} = -3{,}4 \Rightarrow \beta_U = 100\%$

$\frac{W_T - \overline{W_S}}{10} = -2 \Rightarrow \beta_S = 97\%$

$\frac{W_T - W_A}{10} = -1{,}3 \Rightarrow \beta_A = 90\%$

$\mu = \frac{1}{36}\left[1 + 8 \times 0{,}97 + 27 \times 0{,}9\right]$

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