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

1. Banda de Coerência

a. Considere que a largura de banda de coerência (B_C , Hertz) seja obtida para correlação de envoltória inferior a 20%. Obtenha B_C .

b. Suponha que a função densidade de probabilidade do tempo de chegada do sinal seja dada por $f_T(t)=\frac{1}{2}\exp\left(-\frac{t}{2}\right)$, com t em μs. Obtenha o mean time delay e o delay spread.

c. Com base nos dados desta questão, determine se sistemas GSM (2G) e WCDMA (3G) são de banda estreita ou de banda larga.

d. Considere que a interferência intersimbólica (ISI) passe a ser crítica quando o atraso exceda 20% do tempo de bit. Suponha que o sistema deva operar de forma que a probabilidade de ocorrência de ISI seja inferior a 1%. Calcule a taxa de transmissão máxima permitida neste sistema.

e. No item anterior, suponha que a taxa tenha sido de 300 kbps. Calcule a probalilidade de ocorrência de ISI.

2. Taxa de Cruzamento de Nível e Tempo Médio de Desvanecimento

Considere que a máxima velocidade de um veículo em um sistema de comunicações sem fio operando em 1.8 GHz seja de 144 km/h. O valor rms do sinal recebido é de 14 dBμV e o receptor opera com uma sensibilidade de 7 dBμV. A taxa de transmissão nos canais de sinalização é de 10 kbps. Determine:

a. O tempo médio de desvanecimento.
b. O número médio de bits em erro.
c. A taxa de cruzamento de nível.
d. O número médio de bits entre cruzamentos.
e. A taxa de um código corretor de erros para este sistema.

3. Diversidade

Considere que a função densidade de probabilidade (FDP) de potência do sinal recebido possa ser aproximada por $f_W(w)=\frac{2}{k}\left(1-\frac{w}{k}\right)$, sendo k uma constante.

a. Determine a potência média $\overline{w}$ e expresse $f_W(w)$ em termos de $\overline{w}$.

b. Determine a função distribuição de probabilidade, conhecida como probabilidade de outage ($P_{out}(w)$), na saída do combinador por seleção pura.

c. Determine a FDP $f_{out}(w)$ na saída do combinador.

d. Determine a confiabilidade do sistema para uma um nível de 10 dB abaixo da média, considerando-se uma antena.

e. Determine o número de antenas necessárias para se chegar a uma confiabilidade superiror a 99.99 %.

1.

a. $P_r = \dfrac{J_0^2(\omega_m \tau)}{1 + (\Delta\omega \bar{T})^2}$

$\tau = 0$

$\dfrac{1}{1+(\Delta\omega\bar{T})^2} = 0{,}2$

$1+(\Delta\omega\bar{T})^2 = 5$

$\Delta\omega\bar{T} = 2$

$\Delta\omega = \dfrac{2}{\bar{T}}$

$B_c = \dfrac{1}{\pi\bar{T}}$

b. $E[T] = 2\mu s$

$VAR[T] = 2\mu s$

c. $\bar{T} = 2\mu s$

$\therefore B_c \cong 160$ kHz

~~d~~ GSM (2G)

Largura do Canal = 200kHz.

$\therefore$ Banda Estreita

WCDMA (3G)

Largura do Canal = 5 MHz.

Banda Larga.

d. Seja T_b o tempo de bit

$PROB\{T > 0{,}2 T_b\}$.

$= \int_{0{,}2T_b}^{\infty} f_T(t)\,dt$

$= 1 - F_T(0{,}2T_b)$

①

$PROB\{T > 0{,}2 T_b\}$

$= \exp\left(-\dfrac{0{,}2T_b}{2}\right)$

$PROB\{T > 0{,}2T_b\} = 0{,}01$

$\Rightarrow \exp(-0{,}1T_b) > 0{,}01$

$\Rightarrow T_b = 46\ \mu s$

$\boxed{TAXA = \dfrac{1}{T_b} = 22\ kbps}$

e. $\dfrac{1}{T_b} = 300\times10^3 \Rightarrow T_b = \dfrac{10^6}{3\times10^5}\ \mu s$

$\therefore \exp\left(-0{,}1 \times \dfrac{10^6}{300\times10^3}\right)$

$PROB\{ISI\} = 72\%$

2.

$f = 1.8\ GHz$

$v = 144\ km/h$

$20 \log(\sqrt{2}\sigma) = 14$

$\sqrt{2}\sigma = 10^{0,7}$

$20 \log R = 7$

$R = 10^{0,35}$

$$\boxed{\rho = \frac{R}{\sqrt{2}\sigma} = 10^{-0,35}}$$

$$f_m = \frac{v}{\lambda} = \frac{144 \times 10^3 / 3600}{3 \times 10^8 / 1.8 \times 10^9}$$

$$\boxed{f_m = 240\ Hz}$$

a) $$\tau = \frac{1}{\sqrt{2\pi} f_m \rho} [\exp(\rho^2) - 1]$$

$$\tau = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\ 240 \times 10^{-0,35}} [\exp(10^{-0,7}) - 1]$$

$$\boxed{\tau = 0.82 ms}$$

b) # bits em erro

$= 0.822 \times 10$

$= 8.2$

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

$R_c = \sqrt{2\pi}\ 240\ 10^{-0.35} \exp(-10^{-0,7})$

$R_c = 220\ /s$

d) $\frac{1}{220} \times 10000 = 45$ bits/mng

②

e) Taxa do Código

~~$\frac{k}{n} = \frac{8,2}{45} = 0,182$~~

O código deve ser tal que corrija 8.2 em 45 bits.

$8,2/45 = 0.182$

(Não é possível especificar a taxa).

3. $f_W(w) = \frac{2}{k}\left(1 - \frac{w}{k}\right)$

$0 < w \leq k$

a. $E[W] = \bar{w} = \int_0^k w f_W(w)\, dw$

$$\boxed{\bar{w} = 3k}$$

$$\boxed{f_W(w) = \frac{2}{3\bar{w}}\left(1 - \frac{w}{3\bar{w}}\right)}$$

b. $P_{OUT}(w) = \text{Prob}\{w_1, \ldots w_M \leq w\}$

$= F_W^M(w)$

$F_W(w) = \int_0^w f_W(w)\, dw$

$$\boxed{F_W(w) = \frac{2w}{3\bar{w}}\left(1 - \frac{w}{6\bar{w}}\right)}$$

$P_{OUT}(w) = F_W^M(w)$

$$\boxed{P_{OUT}(w) = \left[\frac{2w}{3\bar{w}}\left(1 - \frac{w}{6\bar{w}}\right)\right]^M}$$

c. $f_{OUT}(w) = \frac{d P_{OUT}(w)}{dw}$

$= M F_W^{M-1}(w)\, f_W(w)$

$$\boxed{f_{OUT}(w) = M\left[\frac{2w}{3\bar{w}}\left(1 - \frac{w}{6\bar{w}}\right)\right]^M \times \frac{2w}{3\bar{w}}\left(1 - \frac{w}{6\bar{w}}\right)}$$

d. CONFIABILIDADE $= 1 - P_{OUT} \triangleq R(w)$

$R(w) = 1 - P_{OUT}(w)$

$10 \log \frac{w}{\bar{w}} = -10 \Rightarrow \frac{w}{\bar{w}} = 0.1$

$M = 1$

$$\boxed{R(w) = 93{,}4\%}$$

e. Para $\frac{w}{\bar{w}} = 0.1$ e $R(w) \geq 99.99\%$

$M = ?$

Para $M = 1$, $F_W(w) = 0.06555\ldots$

~~Para $M = 2$, $P_{OUT}(w)$~~

$M = 1$, ~~ABAIXA~~ $R_1(w) = 93.4\%$

$M = 2$, $R_2(w) = 99.57\%$

$M = 3$, $R_3(w) = 99.97\%$

$M = 4$, $R_4(w) = 99.998\%$