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

1. Taxa de Cruzamento de Nível (LCR) e Tempo Médio de Desvanecimento (AFD).
Defina t como a razão entre um nível de tensão e o valor rms do sinal em um ambiente com desvanecimento Rayleigh. Sejam $N(x)$ e $T(x)$, respectivamente, a taxa de cruzamento de nível e o tempo médio de desvanevimento para o nível x.

   a. Escreva a LCR e AFD em termos de em termos de t, i.e. $N(t)$ e $T(t)$. (Se não coneguir fazer este item, peça ajuda e as fórmulas serão fornecidas.)
   b. Suponha que o sistema transmita a uma taxa b bits/seg. Determine o número de bits entre cruzamentos. Determine o número de bits em erro. (Em ambos, admita o limiar t.)
   c. Determine a proporção p de bits que devem ser corrigidos em relação aos bits transmitidos. (Use as fórmulas obtidas em a.)
   d. Expresse a proporção encontrada em (c) em termos de $t_{dB} = 20\log(t)$.
   e. Para um limiar de $t_{dB} = -10dB$ e admitindo um código com palavra código de 32 bits, determine o número de bits que o código deve ser capaz de corrigir.

2. Ganho de Diversidade, Rayleigh - PSC.
Um sistema de comunicações sem fio opera com confiabilidade de 90% e uma antena.

   a. Determine em decibéis a SNR acima da SNR média considerada.
   b. Suponha que o sistema deva operar com uma confiabilidade de 99,999%. Determine o número de antenas a serem empregadas.
   c. Determine o ganho em decibéis na SNR média obtido com o emprego das antenas.
   d. Suponha que a confiabilidade deva ser mantida em 90% mas usam-se as antenas como determinadas em b. Determine o ganho da SNR instantânea em relação ao uso de uma antena.

3. Transmissão Digital - DBPSK

   a. Determine a taxa de erro de bit em um ambiente Gaussiano e uma SNR de 10 dB.
   b. Idem a a. para um ambiente Rayleigh.
   c. Idem a b. para PSC para duas antenas.
   d. Determine o número de antenas para que a taxa de erro de bit com o sistema PSC seja da mesma ordem de grandeza daquela do ambiente Gaussiano.

1. a. $$N(t) = \sqrt{2\pi} f_m t \exp\left(-t^2\right) \qquad T(t) = \frac{\exp\left(t^2\right) - 1}{\sqrt{2\pi} f_m t}$$

①

b. Bits entre cruzamentos

$$\boxed{b \times \frac{1}{N(t)}}$$

Bits em erro

$$\boxed{b \times T(t)}$$

c. Proporção de Correção

$$\frac{b \times T(t)}{b \times \frac{1}{N(t)}} = \boxed{N(t) \times T(t)}$$

$$\boxed{N(t) \times T(t) = 1 - \exp(-t^2)}$$

$$\boxed{p = 1 - \exp(-t^2)}$$

d. $t_{dB} = 20 \log t$

$$\Rightarrow t = 10^{t_{dB}/20}$$

$$\boxed{p = 1 - \exp\left(-10^{t_{dB}/10}\right)}$$

e. $t_{dB} = -10 dB$

$$\Rightarrow \boxed{p = 0.095}$$

$$\# bits = 32 \times 0.095$$

$$\boxed{\# bits = 3}$$

2. $R = 1 - \left[1 - \exp\left(- \frac{\gamma}{\gamma_0} \right) \right]^M$ (1)

a. $M = 1$

$R = \exp\left(- \frac{\gamma}{\gamma_0} \right) = 0.9$

$R = 0.9 \Rightarrow \frac{\gamma}{\gamma_0} = 0.10536$

$\boxed{10 \log \frac{\gamma}{\gamma_0} \cong -10 \text{ dB}}$

b. $R = 0,99999$

De (1)

$M = \frac{\log(1-R)}{\log\left[1 - \exp\left(-\frac{\gamma}{\gamma_0}\right)\right]}$

$M = \frac{\log(1-0.99999)}{\log(1-0.9)}$

$M = 0.5/0.1$

$\boxed{M = 5}$

c. $10 \log\left(\frac{\gamma}{\gamma_0}\right) = 10 \log \sum_{i=1}^{5} \frac{1}{i}$

$\boxed{10 \log \frac{\gamma}{\gamma_0} \cong 3,59 \text{ dB}}$

$\boxed{\frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{137}{60}}$

d. De (1) $(R = 0.9)$

$\frac{\gamma}{\gamma_0} = -\ln\left[1 - (1-R)^{1/M}\right]$

$10 \log \frac{\gamma}{\gamma_0} = 10 \log \left\{ -\ln\left(1 - (1-R)^{1/M}\right) \right\}$

$\boxed{10 \log \frac{\gamma}{\gamma_0} = -0,01372717 2 \text{ dB} \quad (M=5)}$

$\boxed{10 \log \frac{\gamma}{\gamma_0} \simeq -10 \text{ dB} \quad M = 1}$

$\boxed{\Delta \text{dB} \simeq 10 \text{ dB}}$

3. DBPSK

a. $prob(erro|\gamma_b) = \frac{1}{2}\exp(-\gamma_b)$

$\gamma_{b_{dB}} = 10\ dB \Rightarrow \gamma_b = 10$

$\boxed{prob(erro|\gamma_b) = 2{,}2699964 \times 10^{-5}}$

b. $p = \frac{1}{2(1+\gamma_{b0})}$

$\gamma_{b0_{dB}} = 10 \Rightarrow \gamma_{b0} = 10$

$p = 1/22$

$\boxed{p = 0.454545..}$

c. $p = \frac{2!}{2(1+\gamma_{b0})(2+\gamma_{b0})}$

~~p = 1/264~~

$p = 1/132$

~~p = 3,79~~

$\boxed{p = 7{,}575..\ 10^{-3}}$

d. $p = \frac{M!}{2\prod_{i=1}^{M}(i+\gamma_{b0})} \leq 2.26999 \times 10^{-5}$

Tentativa e Erro

$M = 3 \Rightarrow$ ~~p = 3/3432 = 8.74 × 10^{-4}~~

$p = \frac{3}{1716} = 1{,}74825 \times 10^{-3}$

$M = 4$

$p = 12/24024 = 4{,}995 \times 10^{-4}$

$M = 5$

$p = \frac{60}{360360} = \frac{1}{6006} = 1{,}665 \times 10^{-4}$

$M = 6$

$p = \frac{360}{5765760} = \frac{1}{16016} = 6.24 \times 10^{-5}$

Assim

$\boxed{M \geq 6}$