FEUP Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

EEC5275
Complementos de Comunicações Digitais

(2002-2003)

Primeiro Mini-teste

Duração: 1.30h (sem consulta) 25 de Outubro de 2002

1. A saída de um canal linear é $r(n) = c_1 a(n-1) + c_2 a(n-2) + c_3 a(n-3) + n(n)$, em que $a(n) = \pm 1$ é a sequência de dados transmitidos, independentes e equiprováveis, c_i são parâmetros do canal, com $c_2 = \max(c_i)$, e $n(n)$ é ruído AWGN com variância σ_n^2. Pretende-se fazer a igualização do canal com um filtro adaptativo de 3 coeficientes que introduza um atraso de T segundos, em que T é a duração de cada símbolo $a(n)$.

a) Determine a matriz de autocorrelação **R** e o vector de correlação cruzada **p** em função dos parâmetros dados. Calcule os valores concretos se $c_1 = 0{,}3$, $c_2 = 0{,}8$, $c_3 = 0{,}3$ e $\sigma_n^2 = 0{,}001$.

b) Admita que $\mathbf{p} = \begin{bmatrix} 0{,}3 & 0{,}8 & 0{,}3 \end{bmatrix}^T$ e que

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 0{,}821 & 0{,}48 & 0{,}09 \\ 0{,}48 & 0{,}821 & 0{,}48 \\ 0{,}09 & 0{,}48 & 0{,}821 \end{bmatrix}$$

Determine o vector de coeficientes óptimo.

c) Calcule o erro quadrático médio mínimo.

d) Determine o valor máximo do passo de adaptação por forma a garantir a convergência do algoritmo do gradiente. Indique também uma gama de "segurança" de μ que recomende.

e) Suponha que os coeficientes do igualizador adaptativo são nulos no início. Quais são os seus valores após dez iterações do algoritmo do gradiente, se $\mu = 0{,}2$?

Nota: se não tiver resolvido a alínea b) considere $c_{opt} = \begin{bmatrix} -0{,}48 & 1{,}54 & -0{,}48 \end{bmatrix}^T$.

2. Um canal é modelizado como um filtro FIR de resposta impulsional

$$\mathbf{h} = \begin{bmatrix} 0{,}5 & 1 & 0{,}5 \end{bmatrix}^T$$

Na sua entrada está uma sequência binária $a(n) = \pm 1$ com os valores que se indicam:

n	...	-1	0	1	2	3	4
$a(n)$	-1	-1	1	1	-1	1	-1

Deseja-se igualizar este canal com um igualizador de quatro coeficientes inicializados em 0 usando o algoritmo LMS com um passo de adaptação 0,02. Admitindo que o atraso total "canal + igualizador" é 3, determine:

a) Potência média da resposta desejada.
b) Valor de $\mathbf{c}(2)$.
c) Desajuste.

3. Um receptor inclui um igualizador DFE com três coeficientes directos e dois coeficientes de "feedback" actualizados de acordo com o algoritmo LMS. O emissor envia uma mensagem de símbolos ± 1 equiprováveis através de um canal tendo-se obtido a seguinte tabela:

n:	...	28	29	30	31	32	33
Entrada do DFE:	...	0,25	-0,25	-0,5	0,1	0,8	-0,2
Saída do DFE:	...	1	-1	-1	1	1	?

a) Desenhe um diagrama de blocos do igualizador DFE. Anote o esquema convenientemente com as variáveis de que necessita para efectuar a actualização dos coeficientes.
b) No instante n = 32 os vectores de coeficientes directo e de "feedback" têm os valores $\begin{bmatrix}1 & -2 & 1\end{bmatrix}^T$ e $\begin{bmatrix}0,7 & 0,3\end{bmatrix}^T$, respectivamente. Determine os seus valores no instante seguinte.
c) Quanto vale a saída do DFE em n = 33?
d) Determine o valor do erro $e(33)$ se μ = 0,1.

4. Considere um sistema adaptativo no qual os símbolos de entrada valem

$$a(n)=\begin{cases}0 & n<0\\ 2 & n=0,1,4,5,8,9,\ldots\\ -2 & n=2,3,6,7,10,\ldots\end{cases}$$

a resposta desejada é $d(n)=a(n)-a(n-2)$ e o filtro tem um só coeficiente, inicializado em zero e actualizado de acordo com o algoritmo RLS, com α = 0,95 e $tr[\mathbf{P}(0)]=50$.

a) Estime $\hat{\mathbf{R}}(100)$.
b) Calcule o coeficiente $\mathbf{c}(1)$ e o vector de ganho de Kalman $\mathbf{k}(1)$.
c) Calcule o erro de estimação *a priori* em n = 2.

Se precisar use:

$$\sum_{k=0}^{m} z^k = \frac{z^{m+1}-1}{z-1}$$

$$\cos(a+b)=\cos a\cos b-\operatorname{sen}a\operatorname{sen}b$$

$$sen(a+b)=\operatorname{sen}a\cos b+\cos a\operatorname{sen}b$$

FEUP Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

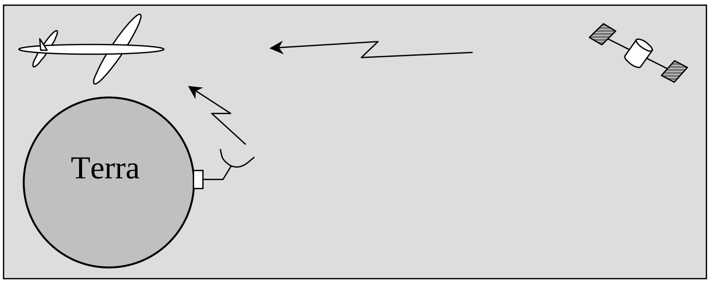
EEC5275
Complementos de Comunicações Digitais

(2002-2003)

Segundo Mini-teste

Duração: 1.30h (sem consulta) 6 de Dezembro de 2002

1. Considere o cenário da figura seguinte em que um "jammer" tenta interferir nas comunicações satélite-avião. As perdas "jammer"-avião são L'_s = 160 dB e as perdas satélite-avião são L_s = 200 dB. Considerando que o satélite emite com uma potência P_T = 35 dBW e que o "jammer" emite com uma potência P_{Tj} = 60 dBW, qual deve ser o ganho de processamento do sistema SS para que no receptor do avião se tenha E_b/N_j = 10 dB?



2. Um conjunto de k utilizadores partilha um ambiente DSSS/BPSK. Admitamos que um dos receptores recebe os outros k-1 sinais com igual potência. Destes, apenas um é desejado e todos os outros são interferência. Sendo esta modelizada como ruído gaussiano de densidade espectral de potência constante e sendo o ruído térmico desprezável:

a) Determine o ganho de processamento que o receptor deve possuir se k = 21 e a probabilidade de símbolo errado dever ser inferior a 10^{-6}.

b) O receptor é substituído por outro com PG = 26 dB. Se a probabilidade de bit errado máxima admissível for a mesma quantos utilizadores (ou seja, k-1) suporta este receptor?

c) Imagine uma situação com k = 30 na qual o receptor da alínea b se aproxima muito mais de um dos emissores interferentes que dos outros 28 de tal modo que a probabilidade de bit errado é 3.10^{-5}. Nessa situação qual é a relação em dB entre a potência recebida do emissor mais próximo e a potência recebida de cada um dos outros?

3. Descreva o método de espalhamento espectral conhecido por “saltos em frequência” e mostre qual é a diferença entre FH lento e FH rápido.

4. Um sistema SFH/BFSK com um débito binário de 3 kbits/s está a trabalhar num ambiente de interferência de banda larga em que todo o canal está a ser perturbado por potência cinco vezes mais elevada que a do sinal desejado. Sem “jammer” é E_b/N_0 = 60 dB e $N_0 = 10^{-21}$ W/Hz. Se se desejar $P_e = 10^{-7}$ com detecção não-coerente:

a) Qual é o ganho de processamento mínimo?

b) Qual é a largura de banda usada?

5. O polinómio 453_8 gera uma sequência pseudo-aleatória de comprimento máximo.

a) Desenhe o circuito gerador da sequência PN.

b) Determine os valores da função de autocorrelação desta sequência.

c) Quantos polinómios primitivos existem com o mesmo grau do polinómio dado?

d) Determine o polinómio recíproco de 453_8 exprimindo-o na forma polinomial.

6. O polinómio binário $g(x) = x^7 + x^3 + 1$ é primitivo.

a) O que é um par preferido? Mostre, com valores numéricos, como a partir de uma sequência pseudo-aleatória gerada por $g(x)$ pode obter um par preferido.

b) Determine os valores da função de correlação cruzada entre as duas sequências da alínea a).

c) Explique como pode obter sequências de Gold. Quais são os valores da função de correlação cruzada entre sequências de Gold? Quantas existem com comprimento 127 geradas com base em $g(x)$?

d) Explique como pode obter sequências de Kasami. Quais são os valores da função de correlação cruzada entre sequências de Kasami? Quantas existem com comprimento 127 geradas com base em $g(x)$?