

TE903 – Comunicação Digital

Exercício de Simulação N° 3 Simulação e Estimação da BER de um Sistema 16-QAM (devolver em 20/09/2019)

10 de setembro de 2019

Evelio M. G. Fernández

O trabalho consiste em, primeiramente, simular o equivalente em banda base de um sistema de transmissão digital em banda passante com modulação 16-QAM.

- O equivalente em banda base do sistema pode ser construído a partir do *script* de simulação de um sistema 4-PAM visto em sala de aula.
- Na configuração dos parâmetros do sistema utilize um fator de *rolloff* $\alpha = 0,5$ nos filtros de transmissão e recepção e considere um canal de comunicação sem distorção (com resposta impulsiva $h(t) = \delta(t) \equiv$ fazer $h = 1$ no Matlab). Os demais parâmetros (frequência de amostragem, fator de *oversampling* e tamanho da resposta impulsiva dos filtros) podem ser mantidos como no *script* de simulação visto em sala de aula;
- O resultado da simulação deve ser apresentado por meio das seguintes figuras:
 - Função de transferência do canal;
 - Espectro dos sinais transmitidos (componentes em fase e quadratura);
 - Espectro dos sinais recebidos (componentes em fase e quadratura);
 - Diagrama de olho dos sinais na saída dos filtros casados (fase e quadratura);
 - Diagrama da constelação recebida considerando SNRs de 5, 10 e 20 dB.

Na sequência, deverá ser estimada a taxa de erro de bits na recepção do sistema 16-QAM operando no canal Gaussiano.

- Mostrar a curva de desempenho de erro (BER vs. E_b/N_0). No mesmo gráfico mostrar a curva analítica correspondente que pode ser plotada com o seguinte *script* Matlab:

```
M=16; EbN0=[0:1:15];  
for k=1:1:length(EbN0)
```

```

EavN0=(log2(M))*(10^(EbN0(k)/10));
Pe(k)=2*(1-1/sqrt(M))*erfc(sqrt(3*EavN0/(2*(M-1))));
BER(k)=Pe(k)/log2(M);
end
semilogy(EbN0,BER);
xlabel('Eb/N0 (dB)');
ylabel('BER');
grid

```

Por fim, simule a transmissão do sinal 16-QAM através de um canal com distorção (considere $h = [0.19+0.56j \ 0.45-1.28j \ -0.14-0.53j \ -0.19+0.23j \ 0.33+0.51j]$). Apresente as seguintes figuras:

- Função de transferência do canal complexo (equivalente em banda base do canal passa-faixa);
- Diagrama de olho dos sinais na saída dos filtros casados (fase e quadratura);
- Diagrama da constelação recebida considerando SNRs de 5, 10 e 20 dB;

Comente sobre os resultados obtidos com o canal com distorção. Compare o valor da BER para $E_b/N_0 = 10$ dB considerando o canal ideal e o canal com distorção. Como poderia ser atenuado o efeito da distorção no desempenho do sistema?