



Homeworks 1 e 2 referentes às aulas do Capítulo I de
“Técnicas de Radar – UFSM00271”, aulas disponibilizadas em
<http://www.fccdecastro.com.br/download.html>

Centro de Tecnologia – Departamento de Eletrônica e Computação UFSM00271 – TÉCNICAS DE RADAR

Prof. Fernando DeCastro

A solução deste
homework deve ser
enviada por e-mail
em 07/05.



Homework 1

Para efeito de avaliar em laboratório o desempenho de um radar OTH (*Over The Horizon*) quanto à resolução de *range*, a saída de RF de um gerador de sinais de radar (ver <https://www.fccdecastro.com.br/pdf/RSGen.pdf>) é conectada na entrada de RF do RX do radar OTH (ver slides 25 a 46 de https://www.fccdecastro.com.br/pdf/CE_Cap_III.pdf). O radar opera na banda de HF e utiliza compressão de pulso por um código de Frank $N = 4$. O gerador de sinais modula cada *burst* de RF transmitido com uma sequência de $N^2 = 16$ símbolos (i.e., 16 *chips*) da modulação PSK (*phase shift keying*), sequência que é definida pelo código de Frank $N = 4$. A duração de cada *chip* da sequência de símbolos PSK é $\Delta t_{\text{Chip}} = 0.1$ [ms]. O *delay* τ [s] entre o sinal do gerador de RF e a referência de tempo do *matched-filter* no RX para a sequência PSK é zero, de modo que o sinal do gerador simula um alvo a um *range* $= 0.5 c \tau$ [m] zero, representando um alvo na origem do *display (scope)* do radar. Não há desvio de frequência entre o sinal do gerador de RF e o oscilador local do *front-end* do RX do radar, de modo que o desvio Doppler ν [Hz] é zero, representando um alvo com velocidade zero, i.e., um alvo estático.

Pede-se:

- (a) Determine e plote a superfície da magnitude $|\Psi(\tau, \nu)|$ da função de ambiguidade definida pelo *matched filter* no RX, o qual é casado à sequência PSK recebida do gerador de RF.
- (b) A partir do resultado em (a) determine e plote a curva $|\Psi(\tau)|$ obtida de $|\Psi(\tau, \nu)|$ calculada para desvio Doppler ν [Hz] zero (alvo estático).
- (c) A partir do resultado em (a) determine e plote a curva $|\Psi(\nu)|$ obtida de $|\Psi(\tau, \nu)|$ calculada para *delay* τ [s] zero, i.e., *range* $= 0.5 c \tau$ [m] = 0 (alvo na origem do *display* do radar = alvo localizado nas vizinhanças próximas da antena do radar).
- (d) A partir do resultado em (b) determine o *range resolution* resultante da compressão de pulso obtida com a sequência PSK definida por este código de Frank $N = 4$ e compare com o *range resolution* que seria obtido sem a compressão de pulso. A partir dos valores de *range resolution* obtidos com e sem compressão de pulso, determine o fator de compressão de pulso ρ .
- (e) Compare analiticamente no âmbito da operação do radar os resultados obtidos para este código de Frank $N = 4$ com os resultados obtidos para o código de Barker Barker13 = [1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1], conforme Exemplo 6 no slide 98 de https://www.fccdecastro.com.br/pdf/TR_Cap_I.pdf.

Homework 2

Um radar adota um filtro de Kalman adaptativo (**método Sigma**) como *track filter* de seu sistema de *target tracking*. Um alvo é detectado pelo CFAR. Sua posição inicial verdadeira \underline{x}_0 e sua velocidade inicial verdadeira \underline{v}_0 são:

$$\underline{x}_0 = \begin{bmatrix} 2.5 \\ 1.6 \\ 5.2 \end{bmatrix} \text{ [m]} \quad \underline{v}_0 = \begin{bmatrix} 10.0 \\ 20.0 \\ 15.0 \end{bmatrix} \text{ [m/s]}$$

O sistema de *target tracking* rastreia o alvo medindo sua distância desde o instante $t_{Inicial} = 0.0$ [s] até o instante $t_{final} = 100.0$ [s]. A velocidade do alvo pode ser considerada constante no intervalo de tempo $\Delta t = 0.1$ [s] entre duas medidas consecutivas durante o rastreamento que ocorre no intervalo $t_{Inicial} < t < t_{final}$. A incerteza das medições é representada através de um ruído de medição de variância 1.0 [m²] e média zero obtido de um gerador de números randômicos com distribuição estatística uniforme para o conjunto de amostras geradas. A velocidade \underline{v} do alvo detectado é mantida constante e igual a \underline{v}_0 no intervalo $t_{Inicial} < t < t_{manobra}$, onde $t_{manobra} = 20$ [s] é o instante em que o alvo efetua uma manobra súbita alterando sua velocidade \underline{v} para

Pede-se:

Otimize ajustando experimentalmente os seguintes 4 parâmetros do filtro de Kalman: (1) a variância **Q** do ruído do processo considerada representativa das incertezas do modelo cinemático do alvo, (2) a inicialização da incerteza **P** na predição do estado cinemático do alvo, (3) o **Limiar** do método Sigma e (4) a **Escala** do método Sigma.

$$\begin{aligned} \underline{v}_{manobra} &= && \text{A partir da manobra o alvo} \\ &= \begin{bmatrix} 100.0 \\ 200.0 \\ 15.0 \end{bmatrix} \text{ [m/s]} && \text{mantém velocidade } \underline{v} \\ &&& \text{constante no intervalo} \\ &&& t_{manobra} < t < t_{final}. \end{aligned}$$

Considera-se que os referidos parâmetros do filtro de Kalman estejam otimizados quando os seguintes indicadores de desempenho (ver definição gráfica dos indicadores em **vermelho** nos slides 4 e 5) tenham sido conjuntamente minimizados tal que seu valores resultem menores que os respectivos valores máximos (max) abaixo indicados:

τ_v^x [s] – tempo de resposta após manobra p/ a componente x da velocidade estimada: $\tau_v^x(\max) = 5.0$ [s]

τ_v^y [s] – tempo de resposta após manobra p/ a componente y da velocidade estimada: $\tau_v^y(\max) = 5.0$ [s]

$\Delta_{v(pp)}^z \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ – variação pico a pico pós transitório inicial p/ a componente z da velocidade estimada: $\Delta_{v(pp)}^z(\max) = 8.0 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

$R_{(pk)}$ [m] – valor de pico do residual: $R_{(pk)}(\max) = 30.0$ [m]

(a) Plote os gráficos respectivos, neles explicitando os valores obtidos p/ τ_v^x , τ_v^y , $\Delta_{v(pp)}^z$ e $R_{(pk)}$.

(b) Explícite os valores numéricos resultantes p/ **Q**, **P**, **Limiar** e **Escala**.

Nota: A solução da otimização deve resultar numericamente estável, i.e., em sucessivas execuções da solução no Matlab, o valor de pico $R_{(pk)}$ do residual deve variar o mínimo possível.

Homework 2



