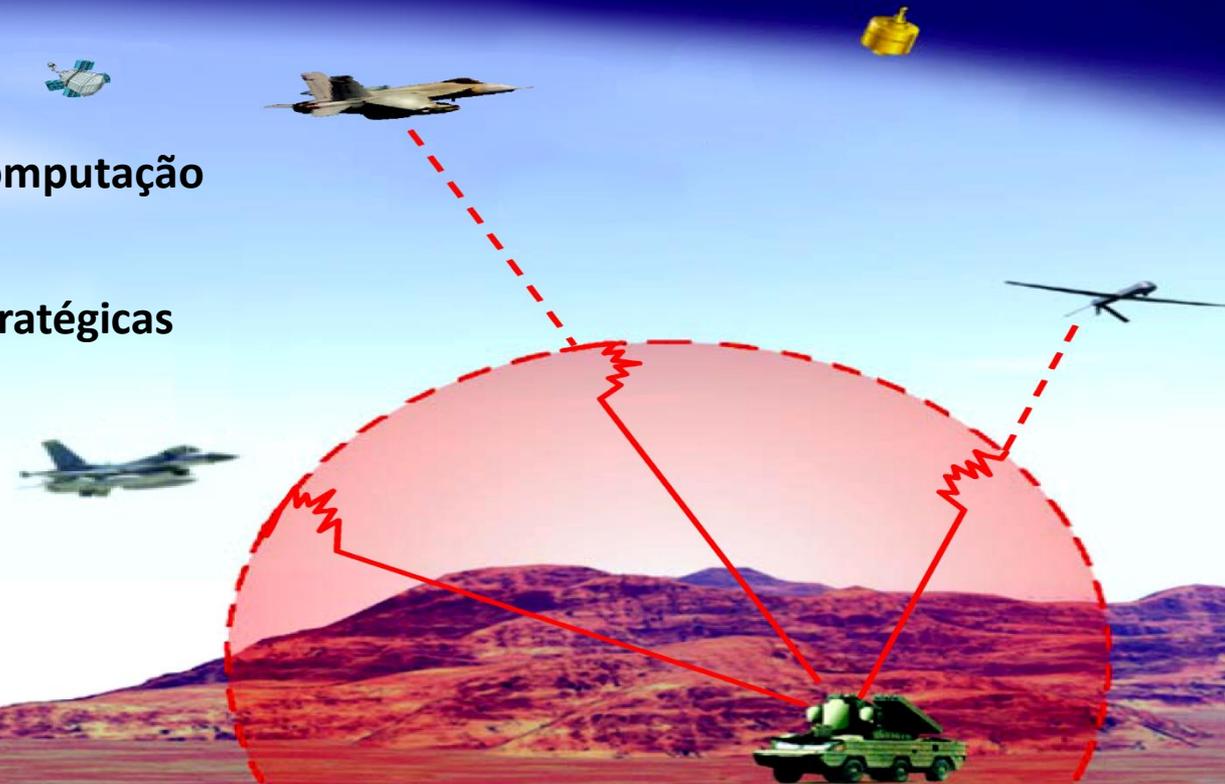




Homework 3 referente às aulas do Capítulo II de
“Comunicações Estratégicas – UFSM00269” – 2024-2 , aulas
disponibilizadas em
<https://www.fccdecastro.com.br/>

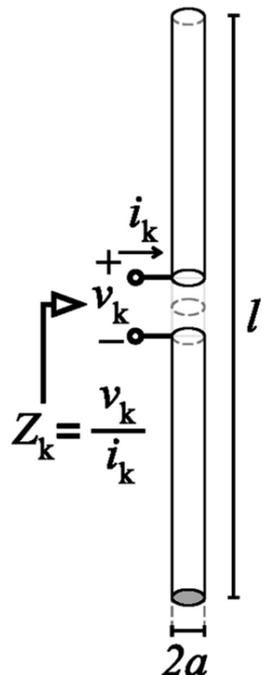
Departamento de Eletrônica e Computação
Centro de Tecnologia
UFSM00269 – Comunicações Estratégicas
Prof. Fernando DeCastro

A solução deste *homework*
deve ser enviada por e-mail
em 11/12.

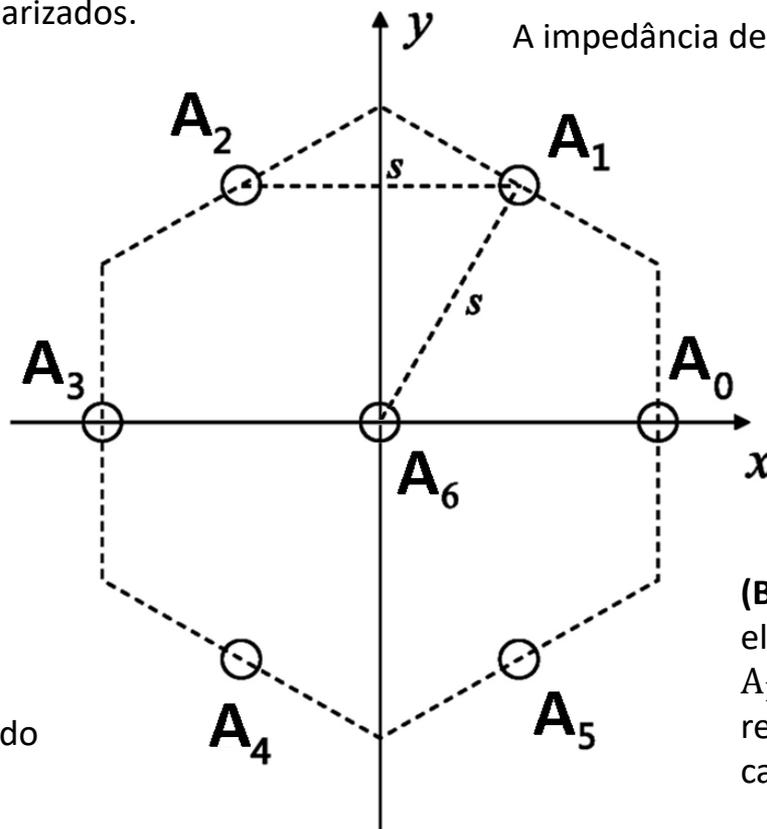


Homework 3

Considere o *phased-array* do tipo *Uniform Circular Array* (UCA) com elemento central, conforme mostrado em (B), operando em $f_0 = 850\text{MHz}$ e constituído por 7 dipolos cilíndricos de tamanho $l = 0.5\lambda$ e de raio $a=5\text{mm}$ conforme (A), separados entre si de $s=0.25\lambda$, sendo λ o comprimento de onda em f_0 . O plano xy é paralelo ao plano do solo de modo que os dipolos são verticalmente polarizados.



(A) Geometria do dipolo usado no array mostrado em (B).



A impedância de carga de cada dipolo é $Z_T = 50 [\Omega]$.

Coordenadas do centro do dipolo A_k , $k = 0, 1 \dots 6$

- $A_0: (s, 0, 0)$
- $A_1: (s \cos 60^\circ, s \sin 60^\circ, 0)$
- $A_2: (-s \cos 60^\circ, s \sin 60^\circ, 0)$
- $A_3: (-s, 0, 0)$
- $A_4: (-s \cos 60^\circ, -s \sin 60^\circ, 0)$
- $A_5: (s \cos 60^\circ, -s \sin 60^\circ, 0)$
- $A_6: (0, 0, 0)$

(B) *Uniform Circular Array* (UCA) com elemento central, formado por 7 dipolos A_k idênticos ao mostrado em (A) e respectivas coordenadas do centro de cada k -ésimo dipolo, $k = 0, 1 \dots 6$.

$$\begin{bmatrix} v_0 \\ v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \\ v_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{00} & Z_{01} & Z_{02} & Z_{03} & Z_{04} & Z_{05} & Z_{06} \\ Z_{10} & Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} & Z_{14} & Z_{15} & Z_{16} \\ Z_{20} & Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} & Z_{24} & Z_{25} & Z_{26} \\ Z_{30} & Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} & Z_{34} & Z_{35} & Z_{36} \\ Z_{40} & Z_{41} & Z_{42} & Z_{43} & Z_{44} & Z_{45} & Z_{46} \\ Z_{50} & Z_{51} & Z_{52} & Z_{53} & Z_{54} & Z_{55} & Z_{56} \\ Z_{60} & Z_{61} & Z_{62} & Z_{63} & Z_{64} & Z_{65} & Z_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_0 \\ i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ i_6 \end{bmatrix}$$

(C) Relação entre a tensão v_k e corrente i_k nos terminais do k -ésimo dipolo do UCA mostrado em (B). Z_{mn} , $m \neq n$, é a impedância mútua entre os dipolos A_m e A_n . Z_{nn} é a impedância própria do dipolo A_n .

Homework 3

Um conjunto de ondas EM planas originadas em coordenadas distintas no espaço \mathbb{R}^3 incidem no UCA. As tensões nos terminais dos 7 dipolos resultantes da incidência das ondas EM são digitalizadas e convertidas para banda-base pelos

respectivos 7 receptores (RX) do *array* e são representadas pelo vetor $\underline{V}_T[n] = \begin{bmatrix} V_{T_0}[n] \\ V_{T_1}[n] \\ \vdots \\ V_{T_6}[n] \end{bmatrix} [V]$. As 7 sequências de $NSmpl =$

2000 amostras IQ correspondentes às componentes $V_{T_0}[n], V_{T_1}[n] \cdots V_{T_6}[n]$ do vetor $\underline{V}_T[n]$, $n = 0, 1 \cdots NSmpl - 1$, são respectivamente armazenadas nos arquivos VT0.txt, VT1.txt \cdots VT6.txt, disponíveis para *download* em http://www.fccdecastro.com.br/HW/CE_HW3_VT_2024-2.zip.

Pede-se:

(a) Plote o gráfico do espectro de autovalores resultante da decomposição em subespaços dos sinais representados pelo

vetor $\underline{V}_T[n] = \begin{bmatrix} V_{T_0}[n] \\ V_{T_1}[n] \\ \vdots \\ V_{T_6}[n] \end{bmatrix} [V]$.

(b) Determine os auto vetores de ruído da decomposição em subespaços de $\underline{V}_T[n]$.

(c) Determine o espectro $PMU(\theta, \phi)$ resultante do processamento efetuado pelo algoritmo MUSIC sobre o conjunto de subespaços determinados em (a) e plote $PMU(\theta, \phi)$ em um gráfico de contorno (*contour plot*).

(d) A partir de (c), determine por inspeção visual os máximos locais de $PMU(\theta, \phi)$ e determine em graus $[\circ]$ os DOAs (θ_m, ϕ_m) das M ondas EM que incidem no *array*, $m = 0, 1 \cdots M - 1$.

(e) Compare analiticamente a resolução angular do resultado obtido em (d) com a resolução angular do resultado obtido no Exemplo 1 no slide 18 do Cap II.6 das notas de aula em https://www.fccdecastro.com.br/pdf/CE_Cap_II.6_II.7.pdf.

Homework 3

Dica: Utilize a seguinte sequência de declarações escritas no pseudocódigo do software MathCad para ler os arquivos

VT0.txt, VT1.txt ... VT6.txt e convertê-los em $\underline{V}_T[n] = \begin{bmatrix} V_{T_0}[n] \\ V_{T_1}[n] \\ \vdots \\ V_{T_6}[n] \end{bmatrix} [V]$:

$\underline{\text{Dat}} := \text{READPRN}(\text{"VT0.txt"})$ $\underline{\text{Dat}} := \underline{\text{Dat}}^{\langle 0 \rangle} + j \cdot \underline{\text{Dat}}^{\langle 1 \rangle}$ $\text{VT}^{\langle 0 \rangle} := \underline{\text{Dat}} \cdot V$

$\underline{\text{Dat}} := \text{READPRN}(\text{"VT1.txt"})$ $\underline{\text{Dat}} := \underline{\text{Dat}}^{\langle 0 \rangle} + j \cdot \underline{\text{Dat}}^{\langle 1 \rangle}$ $\text{VT}^{\langle 1 \rangle} := \underline{\text{Dat}} \cdot V$

$\underline{\text{Dat}} := \text{READPRN}(\text{"VT2.txt"})$ $\underline{\text{Dat}} := \underline{\text{Dat}}^{\langle 0 \rangle} + j \cdot \underline{\text{Dat}}^{\langle 1 \rangle}$ $\text{VT}^{\langle 2 \rangle} := \underline{\text{Dat}} \cdot V$

$\underline{\text{Dat}} := \text{READPRN}(\text{"VT3.txt"})$ $\underline{\text{Dat}} := \underline{\text{Dat}}^{\langle 0 \rangle} + j \cdot \underline{\text{Dat}}^{\langle 1 \rangle}$ $\text{VT}^{\langle 3 \rangle} := \underline{\text{Dat}} \cdot V$

$\underline{\text{Dat}} := \text{READPRN}(\text{"VT4.txt"})$ $\underline{\text{Dat}} := \underline{\text{Dat}}^{\langle 0 \rangle} + j \cdot \underline{\text{Dat}}^{\langle 1 \rangle}$ $\text{VT}^{\langle 4 \rangle} := \underline{\text{Dat}} \cdot V$

$\underline{\text{Dat}} := \text{READPRN}(\text{"VT5.txt"})$ $\underline{\text{Dat}} := \underline{\text{Dat}}^{\langle 0 \rangle} + j \cdot \underline{\text{Dat}}^{\langle 1 \rangle}$ $\text{VT}^{\langle 5 \rangle} := \underline{\text{Dat}} \cdot V$

$\underline{\text{Dat}} := \text{READPRN}(\text{"VT6.txt"})$ $\underline{\text{Dat}} := \underline{\text{Dat}}^{\langle 0 \rangle} + j \cdot \underline{\text{Dat}}^{\langle 1 \rangle}$ $\text{VT}^{\langle 6 \rangle} := \underline{\text{Dat}} \cdot V$

$\text{VT} := \text{VT}^T$

Note que V nas declarações $\underline{\text{Dat}} \cdot V$ no pseudocódigo acima insere a unidade $[V] = [\text{Volt}]$ em $\text{VT}^{\langle k \rangle}$, $k = 0, 1 \dots 6$, unidade que não está contemplada nos valores numéricos armazenados nos arquivos VT0.txt, VT1.txt ... VT6.txt.