

## LOCALIZAÇÃO ADAPTATIVA DE USUÁRIOS/ALVOS EM SISTEMAS DE RECEPÇÃO COMPOSTOS POR ARRANJO DE ANTENAS UTILIZANDO O MÉTODO ROOT-MUSIC E MÉTODOS DE RASTREAMENTO DE SUBESPAÇO

Paulo André Camargo Cocco (PIC/Uem), Pedro Henrique Basso Bessa (PIC/Uem), Rafael Krummenauer (Orientador), e-mail: rkrummenauer2@uem.br

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia / Maringá, PR

**Área: Engenharias / Subárea: Engenharias IV**

**Palavras-chave:** localização, rastreamento, root-MUSIC

### Resumo

Este trabalho trata do problema de localização adaptativa de usuários/alvos em sistemas de comunicações sem fio e de Radar, com o principal objetivo de investigar o desempenho de métodos de estimação de direção de chegada (DOA, do inglês *Direction of Arrival*) em receptores cujas antenas estão dispostas num arranjo linear uniforme, atuando em cenários em que os usuários/alvos estão mudando de posição continuamente. Foram estudados métodos de estimação DOA baseados em ajuste de subespaço, com foco no método root-MUSIC (*Multiple Signal Classification*) e métodos algébricos de rastreamento de subespaço. Os resultados de simulação numérica indicam que a combinação do método root-MUSIC com métodos de rastreamento de subespaço gera estimativas precisas e robustas no rastreamento das posições angulares dos alvos mesmo em cenários de baixa relação sinal-ruído.

### Introdução

Este projeto abordou o problema de estimação de direção de chegada (DOA) utilizando um arranjo linear de sensores igualmente espaçados. Especificamente, há interesse em alta resolução espacial na estimação em cenários caracterizados por baixa relação sinal-ruído e os usuários/alvos são móveis. Neste projeto foram estudados vários métodos de estimação DOA, dentre os quais destacam-se os métodos baseados em decomposição de subespaços, a saber, MUSIC (Schmidt, 1986), root-MUSIC (Krim e Viberg, 1996) e ESPRIT (*Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Technique*) (Roy e Kailath, 1989). Como o problema proposto trata de cenários não-estacionários, foram estudados também métodos algébricos de rastreamento de subespaço com foco no algoritmo de Strobach e no algoritmo PAST (vide (Strobach, 2009) e (Real et al., 1999)).

## Materiais e métodos

Neste projeto foram estudados os métodos MUSIC, root-MUSIC e ESPRIT para estimação de direção de chegada, com foco principal no root-MUSIC. Estes métodos têm em comum o uso da informação do subespaço de sinal (ESPRIT) e do subespaço de ruído (MUSIC e root-MUSIC) dos dados observados.

Como o cenário é não-estacionário devido ao movimento das fontes de sinal, foram estudados também métodos algébricos de rastreamento de subespaço. Uma alternativa segura em termos numéricos para computar os subespaços de sinal e de ruído a cada nova amostra na aquisição dos dados do arranjo seria utilizar a decomposição em valores e vetores singulares (SVD, do inglês *Singular Value Decomposition*) da matriz de covariância espacial. No entanto, este procedimento pode ser computacionalmente custoso para sistemas operando em tempo real, de forma que buscamos alternativas para esta tarefa. Os algoritmos utilizados para substituir a SVD foram o algoritmo de Strobach baseado em uma recursão de Householder de posto baixo (Strobach, 2009) e no algoritmo PAST (vide (Real et al., 1999)). Vale salientar que a informação da decomposição do subespaço de ruído é a principal informação de entrada do método root-MUSIC.

Todas as simulações e testes foram feitos na esfera de software, utilizando o software MATLAB® como plataforma de programação, simulação e análise numérica e gráfica dos resultados.

## Resultados e Discussão

Os estudos foram realizados por simulações numéricas. Nas simulações foi utilizado um arranjo linear de antenas igualmente espaçadas por meio comprimento de onda em relação à frequência da portadora. Valores menores que meio comprimento de onda resultariam em menor cobertura angular do arranjo.

Foram gerados os dados para um cenário não-estacionário. Cada instante dos dados gerados é representado por um *snapshot* (vetor que carrega o valor instantâneo da amplitude das frentes de onda incidentes no arranjo). Definimos as posições angulares de 3 fontes de sinal distintas e geramos 1000 *snapshots* com ruído aditivo de observação em um arranjo com 10 antenas.

O método de estimação DOA aplicado foi o root-MUSIC, utilizando como método de rastreamento de subespaço o algoritmo de Strobach. A Figura 1 a seguir mostra a movimentação simulada das fontes ao longo do tempo, enquanto a Figura 2 mostra o resultado do rastreamento para uma relação sinal-ruído de 0 dB e sinais de mesma potência.

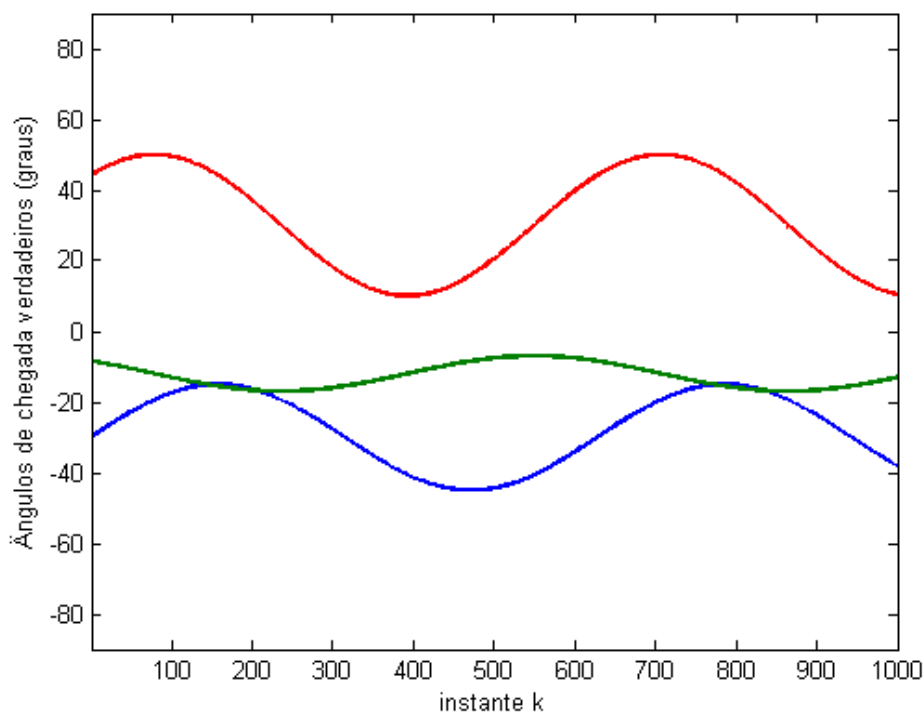


Figura 1 – Movimentação das fontes ao longo do tempo.

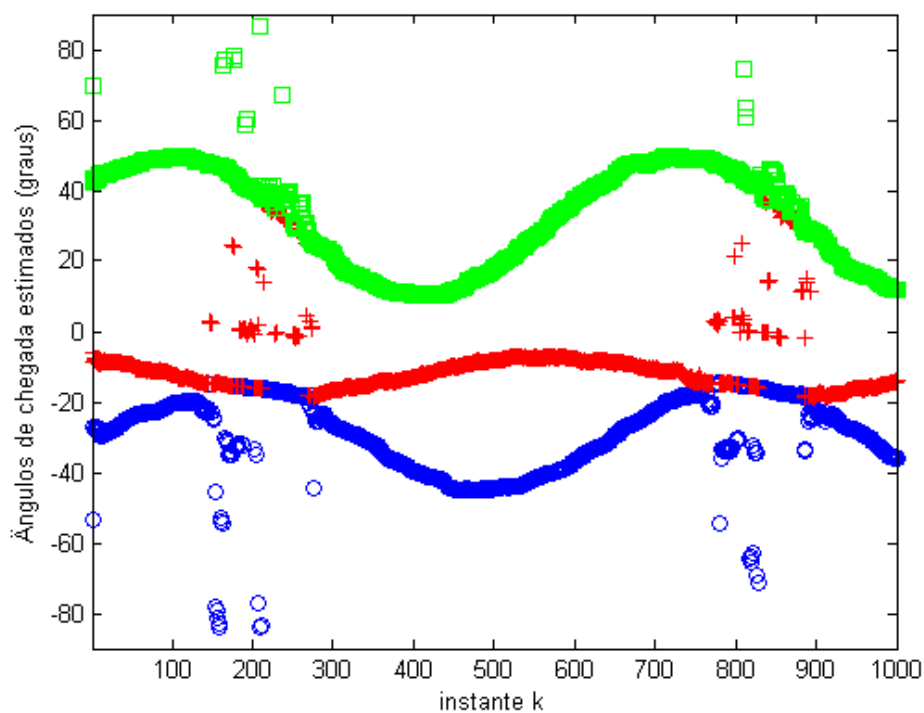


Figura 2 – Rastreamento angular do root-MUSIC combinado com o algoritmo de Strobach.

Analisando os gráficos obtidos observa-se que o rastreamento angular é feito com boa precisão nos instantes em que não há coincidência de localização angular entre as fontes. Nas situações de coincidência angular entre as fontes ocorrem erros de estimação significativos. Este comportamento é esperado, uma vez que o método de estimação não prevê em sua construção a possibilidade de atuar corretamente com fontes em mesma posição angular.

## Conclusões

A partir da análise dos algoritmos e dos resultados obtidos na pesquisa concluiu-se que os métodos estudados, especialmente o root-MUSIC, oferecem boa qualidade na estimação dos ângulos das fontes de sinal (usuários/alvos) em cenários não estacionários e de baixa relação sinal-ruído. Observa-se também que o método não tem capacidade de resolver situações nas quais duas ou mais fontes de sinal compartilham a mesma posição angular simultaneamente.

## Agradecimentos

DEQ-UEM

## Referências

KRIM, H.; VIBERG, M. Two decades of array signal processing research: the parametric approach. **IEEE Signal Processing Magazine**, v. 13, n. 4, p. 67-94, 1996.

REAL, E. C.; TUFTS, D. W.; COOLEY, JAMES W. Two Algorithms for Fast Approximate Subspace Tracking. **IEEE Transactions on Signal Processing**, v. 47, n. 7, p. 1936-1945, 1999.

ROY, R.; KAILATH, T. ESPRIT- estimation of signal parameters via rotational invariance techniques. **IEEE Transactions on Acoustic, Speech and Signal Processing**, v. 37, n. 7, p. 984-995, 1989.

SCHMIDT, R. O. Multiple emitter location and signal parameter estimation. **IEEE Transactions on Antennas and Propagation**, v. 34, n. 3, p. 276-280, 1986.

STROBACH, P. The fast recursive row-Householder subspace tracking algorithm. **Signal Processing**, v. 89, n. 12, p. 2514-2528, 2009.