

Simulador Radar de Vigilância

Guilherme Moura Delfino, João Gabriel Vinholi, Caroline Camilo da Silva, Renato Machado, Olympio Coutinho
Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Resumo—Este artigo apresenta um simulador de radar de vigilância monoestático usando a toolbox phased array do MATLAB. A simulação ocorre em banda base. O simulador considera uma antena giratória com diagrama de irradiação do tipo fan-beam. O cenário simulado considera a presença de alvos de interesse e clutter. O usuário pode escolher a velocidade e a seção reta do alvo, os quais permanecem constantes durante a simulação. O clutter é modelado como sendo estacionário e com distribuição do tipo Rayleigh. Assume-se que o sinal eco recebido pelo receptor radar é contaminado com ruído aditivo, branco e gaussiano. O detector é formado por um filtro casado, Indicador de Alvo em Movimento (MTI), integrador não coerente e por um detector de Taxa de Falso Alarme Constante pela Média de Células de Resolução (CA-CFAR). Essa é uma versão inicial do simulador, ao qual devem ser agregadas novas funcionalidades em trabalhos futuros.

I. INTRODUÇÃO

Radares são sistemas de monitoramento terrestre que utilizam pulsos eletromagnéticos para detectar, identificar e localizar objetos (alvos) de interesse — aeronaves, navios, veículos, pessoas, ou meteorologia, por exemplo. O princípio básico de funcionamento de um sistema radar é a emissão de energia (ondas contínuas ou pulsos eletromagnéticos), a qual se propaga e interage com o meio. Como resultado, parte da energia (sinal eco) retorna ao receptor radar trazendo informação sobre a interação. A energia refletida que retorna ao radar traz não apenas informação sobre a presença de alvo, mas também informação sobre a sua localização e velocidade radial. Os simuladores de radar são a maneira mais eficiente, em termos financeiros, para se avaliar técnicas de detecção, tipos de alvo e de clutter, sensibilidade do sistema, entre outros requisitos de projeto. As simulações proporcionam agilidade nos testes e podem ser facilmente utilizadas com o propósito de ensino e pesquisa, bem como em atividades de extensão.

O desenvolvimento de um simulador radar não é uma tarefa simples. O simulador deve contemplar características do cenário simulado, i.e., estatística de clutter e de background, a presença de ruído aditivo (eventualmente a presença de ruído multiplicativo), modelo das seções reta-radar, modelo das antenas, além de parâmetros de operação do sistema, e.g., largura de banda, largura de pulso, potência de transmissão, sensibilidade do receptor, etc. Existem simuladores do tipo blackbox no mercado, os quais são normalmente fornecidos pelo próprio fabricante do sistema radar. O principal problema relacionado aos simuladores blackbox é que permitem apenas poucas configurações, em geral pré-definidas pelos fabricantes. Uma das ferramentas ainda muito utilizada pela academia e pela indústria para a simulação de sistemas digitais é o software MATLAB. Como exemplos de sistemas que podem ser simulados fazendo-se uso do MATLAB têm-se, sistemas de controle, comunicações, automação, biomédicos, entre outros. O MATLAB é uma ferramenta muito atrativa em função de seus toolboxes que passam por um processo de certificação rigoroso pela Mathworks.

Este artigo propõe uma versão preliminar de um simulador Radar de vigilância monoestático usando o toolbox Phased Array do MATLAB. Para simular a transmissão dos pulsos, considera-se uma antena giratória com padrão de radiação Fan-beam no formato cosseno. O cenário simulado considera a presença de alvos de interesse e clutter. O simulador permite configurar a velocidade e a seção reta radar (RCS, radar cross-section) do alvo, as quais permanecem constantes durante a execução de uma simulação. O clutter é modelado como sendo estacionário e com distribuição do tipo Rayleigh. Assume-se que o sinal eco recebido pelo receptor radar é contaminado com ruído aditivo, branco e gaussiano (AWGN - additive white gaussian noise). O detector é formado por um filtro casado, Indicador de Alvo em Movimento (MTI), integrador não coerente e por um detector de Taxa de Falso Alarme Constante pela Média de Células de Resolução (CA-CFAR). Toda a simulação é realizada em banda base. O restante desse artigo está organizado da seguinte forma. Na Seção II, descreve-se o simulador proposto. A Seção III apresenta alguns resultados preliminares. Finalmente, a Seção IV conclui o artigo com algumas considerações finais.

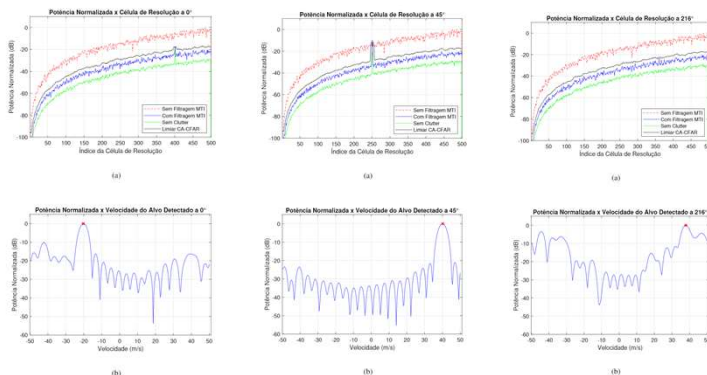
II. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O simulador se baseia em objetos do phased array toolbox do MATLAB. Primeiramente, foram definidas as características do radar a ser simulado, i.e., largura de pulso, frequência de operação, potência de transmissão, taxa de amostragem, frequência de repetição de pulsos, número de pulsos integrados, o ganho de transmissão e recepção, as perdas do sistema e a figura de ruído do receptor. A temperatura de ruído foi ajustada para se obter uma razão sinal-ruído (SNR) desejada na distância máxima não ambígua do radar e considerando um alvo determinístico de seção reta radar unitária. Os alvos simulados mantêm velocidade constante. A quantidade de alvos, suas velocidades, posições e seções reta-radar podem ser definidos a cada simulação a fim de testar a capacidade de detecção do radar. A posição e a velocidade são definidas em relação a um eixo de coordenadas cartesianas com o sistema radar posicionado no centro desse eixo de coordenadas. Simula-se também a existência de clutter estacionário. O clutter é modelado com distribuição Rayleigh. Pode-se configurar a razão sinal-clutter (SCR) do sinal recebido no receptor do radar. Os parâmetros definidos são utilizados para gerar o sinal simulado transmitido. O sinal recebido é o resultado da interação do sinal transmitido com a cena, mais a adição do ruído no receptor. Na sequência, o sinal recebido passa pelas etapas de processamento no receptor, passando pelo filtro casado, pelo MTI, pelo integrador e, finalmente, pelo filtro CA-CFAR. Como resultado, obtêm-se as estimativas de distância e velocidade radial dos alvos detectados. O diagrama abaixo ilustra as etapas de simulação realizadas para se chegar nas estimativas.

III. RESULTADOS

TABELA I
DETECÇÕES APÓS UMA REVOLUÇÃO DO RADAR PROPOSTO

Ângulo Azimutal	Célula de Resolução	Tipo	Velocidade Estimada
0°	401	Alvo	20,3 m/s
45°	251	Alvo	-40,3 m/s
216°	360	Falso Alarme	-37,9 m/s



III. CONCLUSÃO

Este artigo propôs um simulador de radar monoestático com capacidade de detectar a posição e estimar a velocidade radial de deslocamento de alvos. Algumas técnicas de processamento de sinais foram utilizadas a fim de melhorar o desempenho do sistema. O filtro STC facilitou a detecção de alvos distantes, enquanto o filtro casado e a integração aumentaram a SNR do sinal recebido. Por fim, o filtro CA-CFAR manteve a taxa de falso alarme do sistema constante. Os resultados mostraram que o sistema proposto tem capacidade de detectar e localizar alvos em azimute, mesmo sob influência de clutter e ruído.

REFERÊNCIAS

- Merril Skolnik. Radar Handbook. McGraw-Hill Education, 2008.
- Byron Ede. Radar: Principles, Technology, Applications. PrenticeHall, 1992.
- Cambridge Pixel Tracking & Display Solutions.SPX Radar6 Simulator. <https://web.archive.org/web/20210227125909/https://www.cambridgepixel.com/products/simulation-recording/spx-radar-simulator/>. Fev. de 2021.
- MathWorks.PhasedArraySystemToolbox. <https://www.mathworks.com/products/phased-array.html>. Mai. de 2021.
- M. A. Richards. Fundamentals of Radar Processing. McGraw-Hill Education, 2013.
- John Proakis e Masoud Salehi. Digital Communications. McGraw Hill, 2007.
- Harry L. Van Trees. Optimum Array Processing. Wiley Interscience, 2002.
- Bassem R. Mahafza. Radar Systems Analysis and Design Using MA-TLAB. CRC Press, 2013.