

드론 탐지를 위한 DTV 기반 PCL 시스템의 CFAR 탐지 결과 분석

*박지훈, 박근호, 박도현, 김형남
부산대학교 전자공학과

e-mail : pos02112@pusan.ac.kr, hnkim@pusan.ac.kr

Analysis of CFAR detection results of DTV-based PCL system
for drone detection

*Ji Hun Park, Geun-Ho Park, Do-Hyun Park, Hyoung-Nam Kim
Department of Electronics Engineering
Pusan National University

Abstract

A passive coherent location (PCL) system is one of the radar systems and exploits existing broadcast signals. The PCL receiver obtains a direct-path signal and a target reflected signal. These collected signals enable us to derive a cross-ambiguity function and to estimate the bistatic range and Doppler frequency. In this paper, we present drone detection results using a digital television based PCL system and analyze the detection performance of some constant false alarm techniques.

역을 할당하지 않아도 되는 장점을 가지고 있으며, 이에 따라 송신기 설계가 불필요해 송신기 설계가 요구되는 모노스테틱 레이더에 비해 비용을 절감할 수 있다[2].

본 논문에서는 digital television (DTV) 신호를 활용하는 PCL 시스템의 드론 탐지 결과를 제시한다. 별도의 처리를 하지 않은 탐지 결과는 부엽 및 클러터 신호가 포함되어 있기 때문에 이로부터 표적을 추출하는 과정이 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 실제 측정 데이터로부터 다양한 종류의 constant false alarm rate (CFAR) 탐지기를 이용하여 표적을 추출하고 각 탐지기에 따른 탐지 성능을 비교한다.

I. 서론

최근 드론의 활용성이 높아짐에 따라, 사유지나 국가 중요 시설 침범, 불법 촬영 등의 드론 악용 가능성이 커지고 있다. 이에 따라, 레이더 기반의 드론 탐지 기술 수요가 지속적으로 증가하고 있다.[1]

Passive coherent location (PCL) 시스템은 주요 보안 시설 등에서 드론을 탐지하기 위한 수단 중 하나로서, 기존의 방송 및 통신 신호원을 신호원으로 사용하는 것이 특징이다. 이러한 PCL은 별도의 주파수 대

II. PCL 시스템 개요

1. Cross-ambiguity function

Cross-ambiguity function (CAF)은 신호원과 수신기의 직선경로로 전파되는 기준 신호와 이동 표적에 의해 반사된 표적 신호 사이의 상관관계로서, 바이스테틱 거리와 도플러 주파수에 대한 함수로 나타난다. 표적은 CAF의 특정한 바이스테틱 거리와 도플러 주파수에서 첨점을 형성한다. 이 첨점을 기준으로 표적 탐지를 수행할 수 있다.

2. CFAR 탐지기

CFAR 탐지기는 표적의 CAF 그래프 상에서 표적의 존재 유무를 판단하고, 신호원에 의해 생기는 부엽이나 다른 잡음들로부터 표적만을 분리하기 위해 사용된다. CFAR 탐지기는 테스트 셀에서 표적의 존재유무를 판단하기 위해 테스트 셀 주변의 잡음 전력을 이용하여 문턱 값을 계산한다. 테스트 셀이 문턱 값보다 크면 표적이 존재한다고 판단한다. CFAR 탐지기의 원도는 표적 존재유무를 알고자하는 테스트 셀과 잡음을 측정하는 참조 셀, 그리고 테스트 셀에 인접해 있는 상대적으로 높은 값을 가지는 셀을 배제하기 위한 가드 셀로 이루어져 있다.

CFAR 탐지기는 주변 잡음의 전력을 구하는 방식에 따라 종류가 나뉜다. Cell averaging (CA)-CFAR 탐지기는 테스트 셀 주변의 참조 셀 내 잡음의 전력 평균을 계산하여 문턱 값을 결정한다. Censored (CS)-CFAR 탐지기는 참조 셀 내에 있는 잡음을 오름차순으로 정리하고 가장 큰 N 개의 샘플을 제외한 나머지의 평균으로 문턱 값을 결정한다. 클러터는 CAF 상에서 잡음에 비해 상대적으로 값이 크기 때문에 제외되는 N 개의 샘플에 있을 확률이 높다. 따라서 균일한 잡음 환경에서는 CA-CFAR 탐지기가, 클러터가 다수 분포해 있거나 다중 표적이 존재하는 환경에서는 CS-CFAR 탐지기가 우수한 성능을 보일 수 있다[3].

III. DTV 기반 PCL 시스템을 활용한 드론 탐지 결과 분석

드론 탐지를 위해 설계한 DTV 기반의 PCL 시스템은 황령산 송신소로부터 송출되는 DTV 신호 (701 MHz, KBS1)를 0.5초 간격으로 수신하였으며, 수신기는 부산대학교 제 10공학관 옥상에 설치하였다. 기준 채널은 황령산 송신소를, 감시 채널은 제 10공학관에서 북서방향을 지향한다. 드론의 경로는 직선으로 왕복하는 경로를 반복하여 이동시켜 탐지하였다. 드론은 DJI사의 인스파이어 2 모델을 사용하였다.

그림 1은 0.5초 간격으로 수신한 신호들의 CAF 결과 중 13개 (총 6.5초의 수집시간)를 중복해서 나타낸 결과이다. 그림 1의 좌측 (바이스태틱 거리 0.3 km 이하)을 보면 $y=0$ 축에 대칭인 포물선의 경로로 표적이 이동하는 것을 확인할 수 있다. 표적의 바이스태틱 거리는 감소한 이후 다시 증가하며, 도플러 주파수가 양수에서 음수로 변하는 것은 드론이 PCL 수신기와 DTV 송신기의 직선경로를 지나치는 상황이라는 것을 의미한다. 또한 표적 탐지 결과 이외에도 클러터나 부엽에 의한 탐지 결과가 바이스태틱 거리 0.3 km 이상

에서 주로 나타난다.

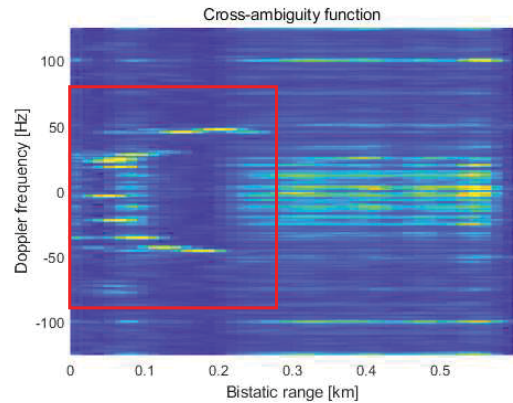


그림 1. PCL 시스템의 CAF 결과.

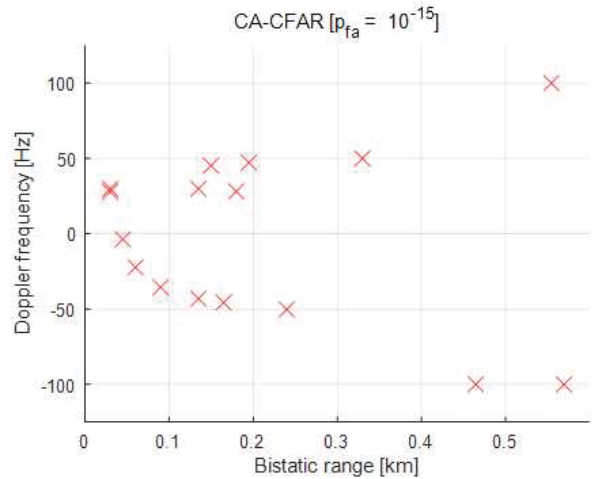


그림 2. CA-CFAR 탐지기 구현 결과.

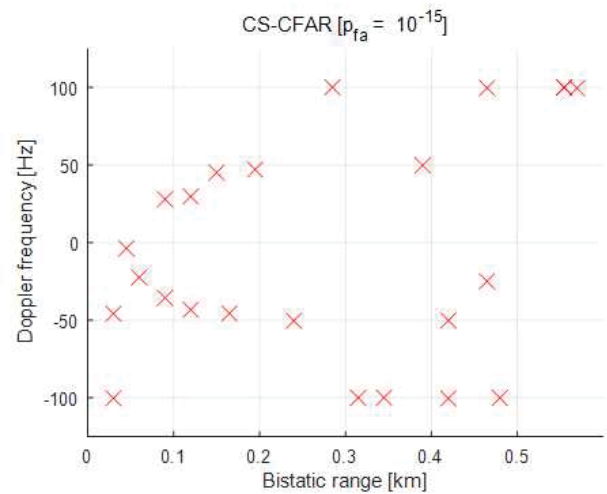


그림 3. CS-CFAR 탐지기 구현 결과.

표적을 탐지하기 위해 CA-CFAR 탐지기와 CS-CFAR 탐지기를 사용하였으며, 두 탐지기 모두 도플러 주파수 축 1차원 배열로 셀을 설정하였다. 여기서, 도플러 주파수 축의 해상도를 고려하여 참조 셀은 100개, 가드 셀은 60개로 설정하였다. CAF의 클러터 환경을 고려하여 두 CFAR 탐지기의 오탐지 확률은 10^{-15} 으로 설정했다.

그림 2와 3은 각각 CA-CFAR 탐지기와 CS-CFAR 탐지기의 결과를 나타낸 것으로서, CS-CFAR 탐지기가 CA-CFAR 탐지기보다 드론의 경로를 명확하게 보여준다. 하지만 CS-CFAR의 탐지 결과에서는 표적 이외에도 오탐지 결과가 CA-CFAR 탐지기보다 많이 나타난 것을 확인할 수 있다. CS-CFAR는 클러터 및 부엽이 존재하는 상황에서도 잡음 분산 추정이나 CA-CFAR에 비해 상대적으로 정확하기 때문에, 오히려 클러터나 부엽에 의한 침점을 탐지할 확률이 높다.

IV. 결론

본 논문에서는 DTV 신호 기반 PCL 시스템의 드론 탐지 결과에 CA-CFAR 탐지기와 CS-CFAR 탐지기를 적용한 결과를 제시하였다. 실측 결과를 확인해보면, CS-CFAR 탐지기의 결과는 드론의 이동 경로를 더 명확하게 나타내었지만, 클러터나 부엽에 의한 탐지 결과를 CA-CFAR에 비해 더 많이 생성한 것을 확인하였다. 향후에는 좀 더 다양한 종류의 탐지기를 사용하여 탐지 성능을 비교할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

“이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.2017R1D1A1B04035230)”

참고문헌

- [1] Y. Liu, X. Wan, H. Tang, J. Yi, Y. Cheng and X. Zhang, “Digital Television Based Passive Bistatic Radar System for Drone Detection”, *IEEE Conf Radar, May. 2017*, pp. 1493-1497.
- [2] M. P. Jarabo-Amores, D. Mata-Moya, P. J. Gomez-del-Hoyo, J.L. Barcena-Humanes, J. Rosado-Sanz, N. Rey-Maestre, M. Rosa-Zurera, “Drone detection feasibility with passive radars”, *Conf. European Radar (EuRAD), Sep. 2018*, pp.

313-316.

- [3] W. A. Holm, *Principles of Modern Radar, Scitech, 2007.*