

국가중요시설 보호를 위한 안티드론체계 발전방향 분석

박 경 근*

Analysis of the Development of Anti-Drone Systems for the Protection of Weighted Facility

Park kyung keun*

요 약

최근 전쟁의 양상은 드론을 활용한 공격이 전술적으로 중요한 요소로 대두되고 있으며 드론은 레이더로 탐지가 어렵고 저렴한 비용으로 운용이 가능하며, 정찰, 폭발물 투하, 자폭 등과 같은 다양한 공격 방식을 수행할 수 있어 전쟁의 새로운 패러다임으로 떠오르고 있다. 따라서 드론을 통해 국방 및 군사시설, 정부 및 행정 시설, 에너지 및 산업기반 시설 등 국가중요시설이 테러 및 적대 세력의 주요 타격 목표가 될 가능성이 높으며, 이에 따라 국가중요시설을 보호하기 위해 드론 위협을 분석하고 효과적인 안티드론 체계의 구축의 필요성이 강조되고 있다. 본 연구는 드론 위협 분석을 통해 다층방어모델 구축 중심으로 방향성을 제시하고자 한다.

Abstract

Through the Russia-Ukraine war, drones have emerged as a tactically significant weapon system, posing a threat to traditional defense systems with their low cost and diverse attack methods. In particular, drones are difficult to detect by radar, making them a prominent means of terrorism against critical national facilities such as military bases, nuclear power plants, and communication and energy infrastructure. As a result, the need to analyze drone threats and establish effective countermeasures is growing. This study aims to propose response directions focused on building a multi-layered defense model to counter drone threats.

Keywords

difficulty to detect, low cost, mass operation, various types of attacks, major national facilities

1. 서 론

드론의 출현과 제반 응용기술의 발전은 현 시대의 대표적인 기술 혁신 중 하나로, 일상 생활의 다양한 분야에서 광범위하게 사용하고 있다. 그러나 이러한 드론의 기술적 진보는 군사적으로 새로운 위협과

방호체계의 재정비 필요성을 야기하고 있다. 드론은 기존의 물리적 대응을 우회하거나 무력화가 가능하며, 이로 인해 국가 및 군사중요시설은 드론을 통한 다양한 형태의 공격 위협에 노출되고 있다. 특히 최근 전쟁양상에서 보여준 다수의 드론을 동시에 운용하는 ‘군집형 드론(Swarm drone)’ 기술이 실제로

* 건국대학교 미래국방기술융합학과
- ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4433-9696>

• Received: Jun. 30, 2025, Revised: Jul. 17, 2025, Accepted: Jul. 20, 2025
• Corresponding Author: Park Kyung keun
Dept. of Defense Acquisition and Technology Convergence,
Konkuk University, Korea
Tel.: +82-33-460-3633, Email: qkrums19@naver.com

전쟁에 적용되어, 동시다발적 접근, 자동화된 자율 경로 설정으로 기존 레이더 및 방호시스템을 무력화 시켰다[1]. 따라서 안티드론 시스템 구축을 위한 작전수행체계의 체계적인 발전이 필요하며 이를 위한 다층방어모델과 인공지능 및 C4I(Computers & Intelligence, Command, Control, Communications,)체계 구축이 선제적으로 필요하다.

II. 다층방어시스템 구현 및 운영

2.1 위협분석

최근 드론 기술은 비약적인 발전을 통해, 고성능 센서, 인공지능 기반 자율비행, 실시간 영상 전송, 군집 운용 등이 가능해지면서 상업·군사 영역 모두에서 활용도가 급증하였다. 그러나 이와 동시에 다양한 위협요소도 제기되었다.

첫째, 정찰 및 감시 활동을 통해 민감정보 수집이 가능하다는 점이며 둘째, 소형 폭탄, 탄두 등을 장착한 물리적 자폭공격이 가능하다는 점. 셋째, 전자전(EW) 공격으로 전파교란 등을 이용한 통신 장애를 유발하는 점[2]. 마지막으로 군집 드론을 통해 제어되는 다수의 드론을 이용한 복합 공격이 가능한 것이다.

대표적인 사례로 민간용 드론 2대를 이용해 대통령 연설장 상공을 테러한 2018년 베네수엘라 대통령 암살 시도사건[3]과 2019년 이란계 무장 세력 후티 반군이 수십 대의 드론으로 아랍코 석유시설 공격[4]을 통해 세계 석유 공급의 5% 이상이 일시적으로 중단되는 사건이 있었다.

또한 최근 러·우 전쟁에서 러시아는 하루 수백~700대 규모의 드론 공격으로 우크라이나 방공망을 압도하고 있고, 우크라이나는 정찰 드론과 전자전 공격, 드론을 이용한 폭탄투하로 러시아에 대응하고 있다[5]. 따라서 국내의 드론에 대응하기 위한 안티 드론 기술의 발전이 중요해지고 있으며, 다양한 센서 융합, AI 기반 탐지·추적, RF/레이저 대응 기술의 발전이 핵심요소로 자리잡고 있다.

2.2 안티드론 다층방어시스템 구축

안티드론기술은 드론 위협을 탐지하고 식별하며, 필요 시 무력화하는 일련의 대응 기술 및 체계로 드론 위협에 효과적으로 대응할 수 있는 핵심 방어체계이다. 따라서 국가중요시설을 보호하기 위해 통합적이고 효율적인 운영방안 수립이 필수적이며 효과적인 작전수행[6]을 위해 그림 1과 같이 다층 방어모델(Layered defense model) 구축을 제시하고자 한다.

그림 1과 같이, 다층 방어 모델(Layered defense model)구축을 통해 ① 장거리 레이더 탐지 ② 중거리 RF 분석기와 근거리 EO/IR 센서를 통한 식별 ③ 레이저/재밍 조합을 실시하여 위협향적의 접근 거리에 따라 다른 기술을 적용한 타격을 통해 무력화를 시키는 등 단계별로 대응해야한다. 각 안티드론기술의 특성을 고려한 드론의 탐지 거리에 대한 대응체계 개념을 제시하는 것이다.

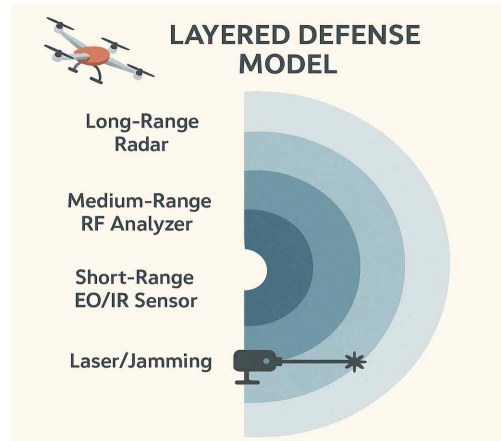


그림 1. 다층방어 모델
그림 1. Layered defense model

드론 위협이 점점 정교하고 다양화됨에 따라, 단일 대응 방식으로는 효과적인 방어가 어렵다. 따라서 다층 방어모델은 탐지, 분석 및 식별, 무력화에 이르는 전 과정을 통합함으로써, 조기 대응, 정확한 판단, 효율적 자산 운용, 체계적 통제라는 방어체계의 4대 요소를 충족시키는 가장 실효성 있는 모델이다. 해당 시스템을 구현하기 위해서는 정보·기술적인 요소를 단계별로 적용해야한다.

먼저 ① 장거리 레이더 기반탐지(Radar detection)로 드론은 RCS(Radar Cross Section, 레이더 반사면적)가 작아 일반적인 레이더로는 탐지가 어려우며

저고도·저속·소형 물체 탐지에 특화된 mmWave Radar 또는 Pulse-Doppler Radar 필요하다[7]. Doppler 분석으로 물체 속도를 측정하여 드론을 구분하고 Micro-Doppler Signature(물체의 이동 또는 회전시 발생하는 진동변화)분석을 통해 드론의 프로펠러로 인한 주기적 미세 진동의 특징을 바탕으로 합성곱 신경망 CNN(Convolutional Neural Network) 기반 분류기 학습을 통해 드론을 구별해 낸다.

② 중거리 RF 분석으로는 RF 신호 기반 탐지(RF signal analysis)를 말하며 드론은 일반적으로 2.4GHz/5.8GHz 대역의 ISM 주파수에서 조종기와 통신을 하게 된다. 이때 송신 신호 패턴(패킷 간격, 신호 강도, 주파수 대역)을 기반으로 비인가 드론 식별하게 되는데 스펙트럼 분석(Spectrum sensing): FFT(Fast Fourier Transform) 기반으로 주파수를 대역 대별로 분석하고 RF Fingerprinting(무선 주파수 지문 인식)으로 머신러닝 기반 송신기 고유 신호 식별하며 Anomaly Detection(비정상 감지)기능으로 이상 신호 탐지(One-Class SVM, Autoencoder)하여야 한다.

③ 레이저/재밍 조합을 통해 앞서 선행된 탐지, 분석 및 식별 단계를 바탕으로 위협거리별 무력화를 실시하게 된다. RF 재밍(Radio Frequency Jamming)은 드론과 조종기 간의 제어 주파수 대역(일반적으로 X밴드, 8-12GHz)에 고출력 노이즈 신호를 방출하여 통신을 마비시키고 GPS 재밍 / 스푸핑(GNSS Jamming/Spoofing)은 드론이 수신하는 위성 위치신호(GPS, GLONASS 등)를 차단하거나 가짜 위치신호(GPS 스푸핑)를 주입해 드론을 오작동시키며 GPS L1 대역(1575.42 MHz) 또는 L2 대역에 고출력 전파를 방출한다[8].

지향성 RF 무기(Directional RF Weapon) 및 레이저는 특정 방향으로 고지향성 전자기 펄스 또는 혼합 신호 스펙트럼을 송출하여 드론의 제어 시스템을 마비시키거나 과열시키며 고출력 레이저 무기(High-Energy Laser) 고에너지 광선을 방출하여 드론의 회전익, 광학센서, 전자회로에 열손상을 유발 → 추락 또는 무력화시키고 요격 드론 / 넷건(Interceptor Drone/Net Gun)드론을 실물 드론이나 넷 발사 장치로 포획 또는 충돌로 물리적으로 무력화시킬 수 있다. 이격거리 및 요격 우선순위에 대한 대응개념은 아래의 표 1과 같다.

표 1. 이격 거리 및 요격 우선순위 선정
Table 1. Prioritize separation distance and interception

Distance	A technical association
5Km ~ 3Km	RF jamming, GPS / GNSS jamming
3Km ~ 1Km	directional RF, directional laser
1Km ~ 0.3Km	high-power laser, interception drone

이러한 안티드론 기술은 물리적 기반의 레이더, RF 분석기, 전자광학(EO), 적외선(IR) 센서 등의 탐지기술과 재밍(Jamming), 해킹(Takeover), 레이저, 드론 포획망 등의 무력화 수단으로 구성된다. 각 기술은 독립적으로 운용될 수도 있으며, 통합체제로 구성될 경우 효과가 극대화되며 아래 그림 2와 같다.

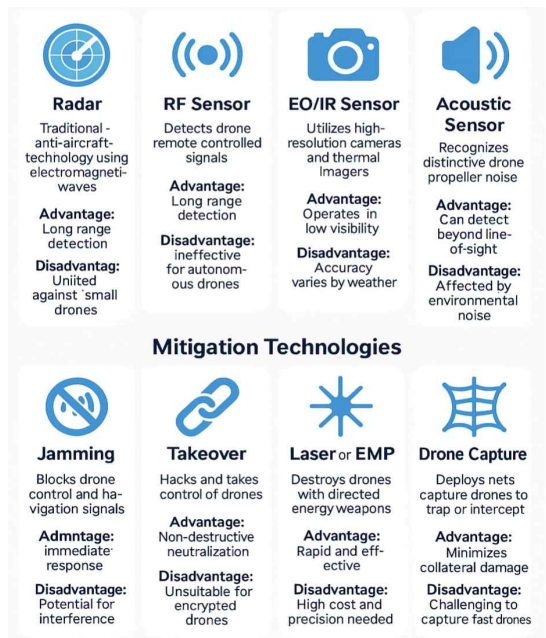


그림 2. 드론 탐지 및 완화기술
Fig. 2. Drone detection and mitigation technologies

2.3 인공지능 및 자동화 C4I체계 구축

안티드론 다층방어시스템 구축을 위해서는 아래의 그림 3과 같이 탐지 및 대응 체계를 중앙 관계 시스템에 연동하여 실시간 상황 공유를 통해 위협 우선순위 자동 판단과 지시가 가능해야한다.

그림 3과 같이 실시간 상황을 인지하고 명령을 하달할 수 있도록 지원하는 통합 시스템을 통해 드론 위협 탐지 장비(레이더, RF 분석기, EO/IR 센서)

와 대응 장비(재밍 시스템, 레이저 무기 등)를 C4I 시스템과 연계하면, 전체 공역의 통합 감시와 신속한 대응 지휘가 가능해진다[9]. 따라서 실시간 상황 공유를 통해 군, 경찰, 공항 등 여러 기관 간 드론 위협 정보를 동시에 공유가 가능하며 자동으로 위협 우선순위를 지정해 즉각대응이 가능하다.

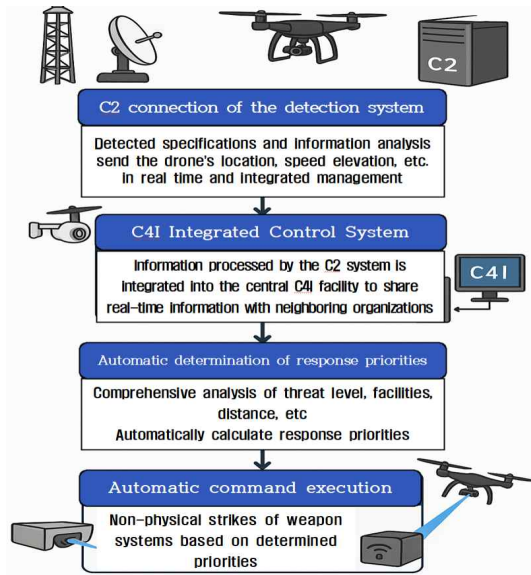


그림 3. C4I체계 연동을 통한 구조적 대응
Fig. 3. Structural response through C4I system

III. 결 론

본 연구는 국가중요시설을 위협하는 드론 위협을 분석하고, 이에 효과적인 대응을 위한 다층방어 기반 안티드론체계의 구축 및 운영방안과 이를 구현하기 위해 인공 지능 및 자동화 C4I체계 구축의 필요성을 제시하였다. 또한 다층 방어시스템을 기반으로 탐지, 분석 및 식별단계에서 장·근거리 레이더, RF 스캐너, 전자광학(EO) 및 적외선(IR) 센서 등을 융합한 다중센서 네트워크를 통해 광역/근거리 탐지를 수행하고 AI 기반 위협도 평가 및 항적분석 시스템을 통해 실시간 추적 및 위협 분류를 실시하며 무력화 단계를 통해 재밍, 고출력 레이저, 네트워크 등 드론의 이격거리에 따라 위협 수준별 대응 자산을 다층으로 배치하여 적시적인 무력화를 통해 단일 탐지수단 및 단일 무력화에 의존하는 기존 체계를 보완하였다.

향후에는 AI 기반 위협도 평가, 이상행동 탐지, 실시간 항적분석 등에 활용하는 구체적 알고리즘(CNN, SVM, Autoencoder 등)과 데이터 수집·학습·검증 체계에 대한 연구를 통해 다층 방어모델을 체계화하여 드론위협으로부터 국가중요시설 방어에 기여해야 할 것이다.

References

- [1] https://www.nearthlab.com/kr/resources/newsroom.php?bgu=view&idx=252&utm_source=chatgpt.com. [accessed: Apr. 05, 2025]
- [2] <https://insidegnss.com/breaking-the-formation-the-impact-of-gnss-spoofing-on-uav-swarms/>. [accessed: May 23, 2024]
- [3] https://www.axios.com/2019/09/14/saudi-arabia-oil-dron-e-strikes-us-blames-iran/?utm_source/. [accessed: Sep. 15, 2019]
- [4] C. Ha, "A Study on the Response Plan through the Analysis of North Korea's Drones Terrorism at Critical National Facilities - Focusing on Improvement of Laws and Systems -", Journal of the Society of Disaster Information, Vol. 9, No. 2, pp. 395-410, Jun. 2023. <https://doi.org/10.15683/kosdi.2023.6.30.395>.
- [5] <https://apnews.com/article/russia-drone-attack-ukraine-war-d16f45fdbb8fbd0152c7a2c7c5d3cf9f?utm>. [accessed: Jul. 01, 2025]
- [6] J. Y. Song, "A Study on the Operation Plan of Multi-layered Defense Interceptor Missiles considering the Korean Missile Defense System and the Strategic Strike System", Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 30, No. 1, pp. 31-42, Mar. 2021. <https://doi.org/10.9709/JKSS.2021.30.1.031>.
- [7] <https://dronelife.com/2025/06/20/low-swap-radars-bring-mobile-drone-detection-to-the-tactical-edge/>. [accessed: Jun. 20, 2025]
- [8] https://www.ft.com/content/41703199-201e-4702-b34a-a0a633cdfcf5?utm_source. [accessed: Apr. 17, 2025]
- [9] S. Yoon and Y.-H. Choi, "Network construction direction for dronebot combat system", Hwarang Dae Research Institute, Vol. 76, No. 3, pp. 435-454, Oct. 2020. <http://doi.org/10.31066/kjmas.2020.76.3.016>.