

인공지능(AI)을 활용한 드론방어체계 성능향상 방안에 관한 연구

마해철¹⁾, 문종찬²⁾, 박재영³⁾, 이수한³⁾, 권혁진^{4)*}

1) 대한민국 해군, 2) 사이버작전사령부, 3) 대한민국 육군, 4) 국립서울과학기술대학교

A study on Improving the Performance of Anti - Drone Systems using AI

Hae Chul Ma¹⁾, Jong Chan Moon²⁾, Jae Yong Park³⁾, Su Han Lee³⁾, Hyuk Jin Kwon^{4)*}

1) ROK Navy, 2) Cyber Operations Command, 3) ROK Army, 4) SNUST

Abstract : Drones are emerging as a new security threat, and the world is working to reduce them. Detection and identification are the most difficult and important parts of the anti-drone systems. Existing detection and identification methods each have their strengths and weaknesses, so complementary operations are required. Detection and identification performance in anti-drone systems can be improved through the use of artificial intelligence. This is because artificial intelligence can quickly analyze differences smaller than humans. There are three ways to utilize artificial intelligence. Through reinforcement learning-based physical control, noise and blur generated when the optical camera tracks the drone may be reduced, and tracking stability may be improved. The latest NeRF algorithm can be used to solve the problem of lack of enemy drone data. It is necessary to build a data network to utilize artificial intelligence. Through this, data can be efficiently collected and managed. In addition, model performance can be improved by regularly generating artificial intelligence learning data.

Key Words : Artificial Intelligence. Anti-Drone. Anti-Drone System. Counter Drone. Drone Detection. Drone Identification.

Received: November 14, 2023 / **Revised:** December 21, 2023 / **Accepted:** December 23, 2023

* Corresponding Author: Hyuk Jin Kwon / Professor, Seoul National University / kwonhj@seoultech.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

1. 서론

드론은 원래 별이 윙윙거린다는 의미이지만, 우리는 통상적인 무인 항공기(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)를 드론이라 지칭하고 있다. 몇 년 전만 하더라도 취미용 완구라는 이미지가 짙었지만, 기술이 발전함에 따라 신속하고 위협적인 공격수단의 일종으로 두각을 나타내고 있다. 드론은 2019년 사우디 아랍코 유전 공격과 같은 비정규전과 테러공격에 활용되고 있다. 또한, 우크라이나-러시아 전쟁을 통해 앞으로 전쟁의 양상을 바꿀 수 있는 저비용 고효율의 비대칭 무기로써 대두되고 있으며 비대칭 전력의 확충을 위한 세계 각국의 개발은 배가될 전망이다.[1]

드론 위협은 우리에게도 낯설지 않다. 바로 북한 무인기 도발 때문이다. 북한 무인기는 2014년부터 작년 말까지 수차례 식별되었고, 국내 언론의 많은 지면을 차지하며 드론방어체계 부실이라는 안보 이슈를 몰고 왔다. 현재 각국은 드론 위협을 신규 안보 위협으로 규정하고 대응방안 마련에 고심하고 있다. 우리나라도 2009년 주요 시설 대공방어 시스템 개발을 시작으로 2021년 이후 국내 안티드론시스템 도입 및 제도 마련 등 인프라 구축이 국가 주요 시설을 중심으로 활발히 진행되고 있다.[2]

드론은 원래 크기가 작아 기존의 방공망에 의한 탐지가 어려울뿐더러 민첩한 기동이 가능하고, 비교적 원거리에서 조종할 수 있어 운영의 주체를 판단하기 곤란하다. 무엇보다 크기가 작아 탐지와 식별이 어려워 드론방어 솔루션 마련이 쉽지 않다. 인류의 눈부신 과학기술 발전에도 불구하고 아직까지 완벽한 드론방어체계 운용 국가가 없다는 것은 드론의 유용성을 역설하는 좋은 예라고 할 수 있다.

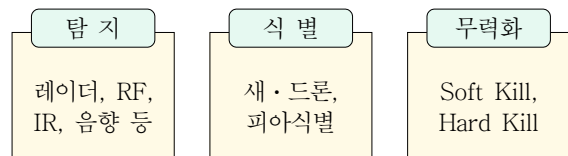
드론은 이제 단순한 취미용의 무인비행체가 아니라 테러나 범죄 등 불법행위에 활용될 수 있는 일종의 무기화도 같은 존재로 변질되며 사회안전을 위협하고 있다.[3] 문제는 이러한 드론의 기술적 진보와 보급이 가속화되고 있다는 사실이다. 특히, 최근 화두가 되고 있는 인공지능 기술이 더욱 스마트하고

위험적인 드론의 출현을 기정사실화 하고 있다는 점은 드론방어체계(Anti-Drone System) 고도화의 필요성과 당위성을 제공하고 있다. 이런 측면에서 본 연구는 아직도 난제로 꼽히고 있는 드론방어체계의 성능개선을 위한 인공지능 활용방안을 논해보고자 한다.

2. 드론방어체계의 개념과 수단

2.1 드론방어체계의 개념

드론방어체계는 범죄, 테러 등 여러 분야에서 사회 안전을 저해할 수 있는 드론의 위협요인에 대응하는 공중 방어 플랫폼의 개념으로 등장하였다. 이러한 개념에 기존 군의 공중방위 3단계인 ‘공중감시-식별-요격’을 드론의 영역으로 가져와 ‘탐지-식별-무력화’라는 3단계로 구분하여 드론방어체계를 설명하는 것이 일반적이다.[4] ‘탐지’는 다양한 수단을 활용하여 주요시설 상공에 날아다니는 물체를 찾아내는 것이다. 다음 과정인 ‘식별’은 신호 분석을 통해 탐지된 물체가 조류인지 드론인지 확인하고, 드론일 경우 피아식별을 한다. 마지막 ‘무력화’ 단계에서는 전파교란, 스푸핑, 레이저 공격, 그물포획, 조류 등 최적의 방법으로 위협드론을 무력화하여 주요시설 및 인명을 보호한다.



[Figure 1] 3 Phases of the Anti-Drone System

주지한 바와 같이 드론방어체계는 탐지, 식별, 무력화 3단계로 구분할 수 있다. 이러한 개념은 드론을 비행체로 인식하고 이를 무력화하는 운용개념을 단계적으로 발전시키는 관점에서 적절하다고 판단된다. 그중에서도 탐지는 드론방어작전 수행을 위해 우선적으로 선결되어야 하는 단계이고 가장 난이도가 높은 단계이다.[5] 또한, 무력화는 탐지와 식별

이 선행되어야만 수행 가능한 단계라는 측면에서 본 연구는 탐지와 식별단계에 중점을 두고 진행하였다.

2.2 드론방어체계의 탐지·식별 수단 비교

드론방어체계의 기술은 크게 드론을 탐지·식별하는 기술과 드론을 무력화하는 기술로 분류한다. 무력화 기술은 다시 하드킬(Hard Kill)과 소프트킬(Soft Kill)로 구분할 수 있다. 드론방어체계를 구성하는 각 수단의 특성에 대한 기존 연구들은 다수 존재한다.[6-11] 기존 연구에 포함된 대표적인 탐지·식별 수단은 음향, 전자파(RF), 광학(EO/IR), 레이더 등이며, 특성은 다음과 같다.

음향 센서는 물체가 발산하는 고유한 음파 특성을 바탕으로 드론을 식별한다. 드론 프로펠러 방사 소음을 탐지하여 드론 유무를 판단할 수 있을 뿐만 아니라, 드론 프로펠러가 방사하는 음원 특징 분석을 통해 기종 판단도 가능하다. 또한, 레이더 차폐지역에서도 드론을 탐지할 수 있다. 하지만, 드론 소음을 탐지함에 있어 주변 소음 영향에 민감하기 때문에 환경에 따라 탐지거리가 짧아질 수 있다는 것이 치명적인 단점이다.

전자파(RF) 탐지는 조종자가 드론을 조종하는 신호 또는 드론이 송신하는 전자파 신호를 바탕으로 드론을 탐지·식별하는 방법이다. 통상 드론의 조종 신호는 ISM(Industrial Scientific and Medical) 대역인 2.4GHz 대역(제어신호 송수신용)과 5.8GHz 대역(영상데이터 송수신용)을 주로 사용하고 있다. 이 대역의 RF 신호의 방향과 위치를 바탕으로 조종자 및 드론 위치 추정이 가능하다. 전자파 탐지는 전파환경에 따라 최대 2km 내외의 지역에서 드론을 탐지·식별할 수 있다. 그러나 현대 도심은 와이파이 및 이동통신 등의 영향으로 복잡한 전파환경을 지니고 있어 드론 탐지거리가 짧아지거나 제 성능을 발휘하지 못하는 경우가 발생한다. 또한 최근 북한이 사용한 무인기처럼 GPS를 기반으로 사전 설정된 경로를 스스로 비행하는 드론은 별도의 전파를 송수신하지 않아 탐지가 불가능하다는 제한 사항이 있다. 그럼에도 레이더 차폐구역에서 운용할

수 있다는 점과 등록된 드론에 국한하여 기종과 모델번호를 확인할 수 있다는 장점이 있다.

광학(EO/IR) 센서는 가시광선 영역과 적외선 열화상 영역의 영상정보를 활용하여 드론을 탐지·식별 한다. 최근에는 광학 성능의 비약적인 발전에 따라 소형 드론을 5km 이상 거리에서도 탐지할 수 있다. 무엇보다 광학을 이용할 경우 획득된 데이터를 직접 소프트웨어에 활용하여 탐지·식별문제를 해결할 수 있어 높은 범용성을 확보할 수 있다. 이러한 범용성을 바탕으로 비행체 형상과 위험물(공격 수단) 탑재 여부도 확인할 수 있다. 반면, 기상환경에 민감하여 안개나 구름이 끼거나 태양광이 너무 강한 경우 본래의 성능이 현저하게 감소한다는 단점이 있다.

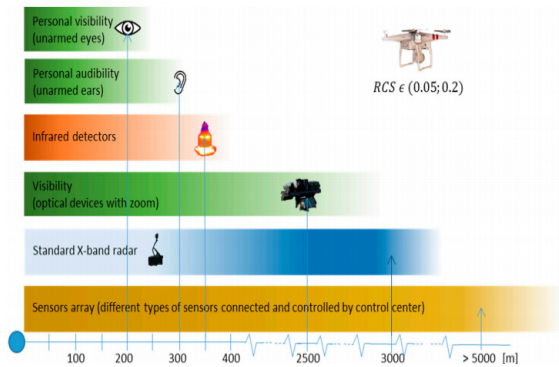
레이더는 위에서 언급한 센서들과 달리 스스로 에너지를 방사하는 센서(Active Sensor)로 특정 대역의 RF 신호를 송출하고 표적으로부터 반사되어 돌아오는 신호를 수신하여 드론을 탐지한다. 날씨, 온도, 낮/밤 등과 무관하게 안정적인 탐지 성능을 보장하는 전천후 센서로 탐지거리가 길다는 장점이 있다. 하지만 다른 센서에 비해 제작, 구매, 도입 비용이 매우 높은 편이며, 신호를 송출하기 때문에 아군 장비와의 간섭 문제를 고려해야 하고 설치지역보다 상대적으로 고도가 낮은 지역은 탐지가 어렵다. 또한, 제자리비행(Hovering)을 하게 된다면 레이더 소프트웨어가 드론항적으로 판단하기 무척 어렵게 된다.[12]

앞서 언급한 연구들은 드론 탐지·식별 수단의 메커니즘(Mechanism) 측면에서 장단점을 분석한 반면, 탐지거리를 기준으로 정량적 분석을 진행한 연구도 존재한다. Jan Farlik는 각 수단별 드론 탐지실험을 통해 레이더, 광학, 적외선, 음향, 육안 순으로 탐지성능이 우수함을 확인했으며 그 결과는 그림 2와 같다.

본 연구에서는 향후 군사적 활용을 염두하고 군 대테러분야 전문가¹⁾ 자문을 통해 드론방어체계 수

1) 군 드론방어개념은 대테러작전에 기반해 발전해왔다.

단을 탐지거리, 식별능력, 신뢰성, AI 범용성 그리고 비용적 측면의 추가분석을 진행했다. 전문가 의견은 정량화를 위해 3단계(우수, 보통, 낮음)로 구분했다. 드론방어체계의 탐지·식별 수단을 분석한 결과는 표 1과 같으며, 상대적으로 광학 센서가 가장 유용한 수단으로 평가됐다. 이후 평가는 레이더, 전자파, 음향 순이었다.



[Figure 2] Result of the Drone Detection Range Test[13]

<Table 1> Assessment of Detection & Identification Sensors

구분	음향	전자파	광학	레이더
탐지거리	낮음	보통	우수	우수
식별능력	보통	보통	우수	낮음
신뢰성	보통	보통	우수	우수
AI 범용성	보통	보통	우수	보통
비용	낮음	낮음	보통	우수

모든 장비들은 기술 특성에 따른 장단점이 존재한다. 따라서 장비들의 장점이 시너지 효과를 발휘하고 단점이 상호보완 될 수 있도록 복합적으로 이용하는 것이 중요하다.[14] 이는 드론방어체계에서도 유효하다. 탐지·식별 수단의 장단점이 명확하여 향후 드론방어체계는 상호보완을 위한 다중 수단 운용이 필요할 것으로 판단된다.

다만 Jan Farlik의 연구와 군 대테러 전문가 자문 결과에서 레이더와 광학수단이 공통적으로 높은 평

가를 받았다는 점은 드론방어체계 탐지·식별 수단으로 우선 고려할 수 있음을 시사한다.

3. 드론방어체계의 인공지능 활용

3.1 인공지능 활용 필요성

오늘날 군사혁신은 4차 산업혁명을 견인하는 첨단 기술 활용에 초점을 맞추고 있다. 인공지능, 사물인터넷, 클라우드, 빅 데이터, 이동통신 기술 등을 활용하는 군사혁신 방안을 탐색하는 것이다.[15]

드론의 위협이 증대되고 있는 시점에서 드론방어체계의 군사혁신은 시급한 과제이다. 현재 대다수 드론방어체계는 탐지·식별 단계에서 단일 수단을 활용하고 있다. 일부 드론방어체계가 레이더와 광학 수단을 모두 포함하고 있지만, 탐지·식별 성능 향상을 위한 시스템 통합이 아니다. 이는 각 수단의 상호작용이 결여된 운용자 편의를 도모하기 위한 통합 관제의 개념에 가깝다. 따라서 각 수단의 상호보완적 운용을 보장하는 시스템 구조로 개선해야한다. 이 상호보완의 효율을 극대화하기 위해서 인공지능 중심의 드론방어체계 구축이 필수적이다.

드론방어작전은 신속함이 생명이다. 드론 기술발달로 적의 드론은 보다 빠르고 은밀하게 기동할 것이다. 이는 아군의 대응시간 단축을 시사한다. 때문에 현행 드론방어체계는 많은 정보를 동시에 평가해야하는 운용자의 부담과 오판을 초래할 수 있다. 더욱이, 현행 탐지·식별 수단이 드론과 새, 풍선과 같은 비행체를 구분할 수 없어 운용자의 혼선을 가중시키는 측면까지 고려해야한다. 반면, 인공지능은 인간이 구분하지 못하는 미세한 차이를 신속하게 식별하여 분석·예측 결과를 제공한다. 인공지능 중심의 드론방어체계 구축이 필요한 이유이다. 이는 궁극적으로 아군 드론방어작전의 신속성을 보장하는데 기여할 것이다. 드론방어체계 외에도 인공지능은 빠른 상황인식과 판단에 기여할 수 있으며, 인명피해를 최소화하고 효율적으로 군사적 목표를 달성하도록 지원할 수 있기에 앞으로의 군사 활동에서 인

공지능 기술은 더욱 중요해질 것이다.[16]

3.2 강화학습을 통한 광학 추적성능 향상

드론방어체계에서 광학장비는 드론 탐지와 식별에 있어 중요한 역할을 하고 있다. 우리는 광학 장비를 통해 새와 드론 식별 문제를 해결할 수 있으며, 폭발물과 같은 드론의 무장 탑재 여부를 확인할 수 있다. 원거리에서 드론을 포착하기 위해서는 무엇보다 광학의 줌(Zoom) 성능이 중요하다. 현재 광학기술의 발달로 5km 이상 거리의 소형 드론 탐지가 가능한 수준이며, 컴퓨터 비전(Computer Vision)을 활용한 식별 기술도 비약적으로 향상되었다. 하지만 원거리에서 드론을 최초 포착한 이후 안정적으로 추적하는 일은 여전히 쉽지 않다. 국내 최신 광학장비는 0.001° 단위로 카메라의 PTZ(Pan, Tilt, Zoom)를 조정할 수 있는 수준까지 발전했다. 하지만 드론의 위치를 파악한 뒤 카메라를 조작하기 때문에 민첩하게 움직이는 드론 추적에 있어 시간 지연은 원칙적으로 불가피하다. 때문에 카메라와 드론의 거리가 멀어지면 안정적인 추적은 더욱 어려워진다. 원거리 소형 드론의 추적 안정성이 부족할수록 획득되는 드론 영상의 블러(Blur) 및 노이즈(Noise) 가중, 추적 실패 등의 문제가 수반된다. 이러한 문제는 강화학습으로 해결할 수 있다. 강화학습은 인공지능 모델의 행동을 학습하는 방식으로, 행동에 따른 주변 환경과의 상호작용에서 오는 보상을 최대화하는 방법을 통해 최적의 전략을 찾는 방법이다.[17] Mariusz Wisniewski는 이런 문제의 해결에 있어 매 순간마다 재귀적으로 입력을 받는 LSTM층을 접목하는 것이 유의미한 성능향상에 기여할 것이라고 주장했다.[18] 이에 근거하여 강화학습을 통해 현재 불안정한 광학 카메라의 드론 추적 성능을 향상시킬 수 있을 것이다. Mariusz Wisniewski의 연구에서는 시뮬레이션을 통해 드론 비행영상을 렌더링하고 이를 활용하여 인공지능을 학습시켰다. 하지만, 합성 데이터(Synthetic Data)로 학습된 모델은 실제 데이터(Real Data)에서 성능이 저하되는 경우가 많다. 군에서는 드론 탐지·

식별에 관계된 실제 데이터를 상대적으로 손쉽게 구할 수 있다. 따라서, 각종 훈련이나 실제 수행되는 작전간 획득되는 드론 비행영상과 각종 유사 비행체 영상을 학습 데이터로 활용한다면 서로 다른 분야나 환경에서 데이터를 수집하고 사용하는 것으로 인해 발생하는 도메인 격차(Domain Gap)를 줄일 수 있을 것이다. 더불어, 레이더에서 포착되는 비행 궤적을 실시간으로 연동하여 드론 비행경로 예측에 활용하고, 드론의 각종 전술적 비행형태를 학습 데이터로 추가 활용한다면 카메라의 안정적인 추적에 도움이 될 것이다.

3.3 데이터 확장을 통한 드론 식별능력 향상

군의 감시장비와 같은 안보영역은 물론, 사회안전망, 산업 전반의 영역에서 컴퓨터 비전을 이용한 인공지능 솔루션은 이미 수준 높은 서비스를 제공하고 있다. 때문에 여타 수단보다 AI 범용성이 높은 광학장비는 드론방어체계의 성능향상의 핵심수단으로 평가되고 있으며, 실제 광학장비와 인공지능을 접목한 드론방어 솔루션을 제공하는 업체도 늘어나는 추세이다. 이러한 측면에서 군 역시 컴퓨터 비전에 기반한 드론방어체계 성능향상에 주력할 필요가 있다.

모든 인공지능이 그렇듯 드론방어체계의 식별능력을 향상하기 위해서도 해당 인공지능 모델의 학습은 필수적이며, 이를 위한 데이터 마련이 선결되어야 한다. 하지만, 통상적인 상용 드론 외 적성국의 드론 데이터 획득이 쉽지 않다는 문제가 있다. 이러한 데이터의 한계는 아군의 드론방어체계가 완전하지 못한 식별능력을 갖게 하는 아쉬움을 낳는다. 각국의 정보기관이 적성국 장비 제원 획득을 위한 저마다의 노력을 기울이고 있지만, 컴퓨터 비전을 근간으로 하는 드론 식별 문제 해결을 위해 일정 수준 이상의 학습 데이터를 획득하기란 쉽지 않다. 우리나라의 경우 여타 국가보다 폐쇄성이 짙은 북한과 대치하고 있어 적성장비의 특성을 파악하는데 더 많은 어려움을 겪고 있다. 통상적으로 북한 군사장비에 대한 정보는 연합·합동 정찰자산이나 북한의 방산수출 팸플릿, 열병식과 같은 행사의 언론보도 등

을 통해 제한적으로 획득할 수 있다. 문제는 이렇게 얻어지는 자료들이 매우 제한적이며 대부분 2차원 이미지라는 것이다. 결국 북한 드론 식별능력 신장을 위한 인공지능 학습 데이터의 절대적 부족 문제가 해결되지 않는다.

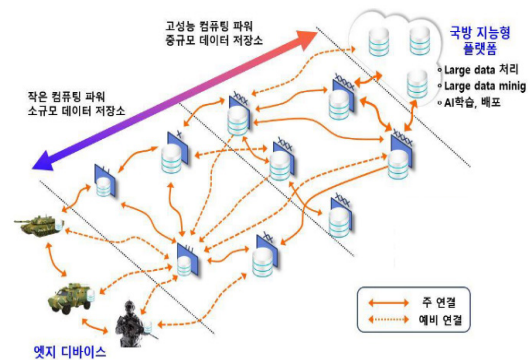
이러한 근본적인 제한사항을 해결하기 위해 평면 이미지를 3차원으로 변환해주는 NeRF(Neural Radiance Fields)를 이용할 수 있다. 2020년에 발표된 NeRF는 다각도에서 연속적인 이미지를 생성할 수 있다는 장점을 이용해 2차원 이미지의 렌더링이 가능하다.[19] 이는 기존에 획득한 북한 드론의 이미지를 3차원으로 변환하여 드론 식별능력 향상에 필요한 학습 데이터를 마련할 수 있음을 시사한다. 다만, NeRF에 활용할 수 있도록 기존의 이미지를 유사 기종끼리 분류하고 고품질 이미지를 선별하는 등 별도의 데이터 정제과정과 앞서 이야기한 합성 데이터(Synthetic Data)가 지니는 실제 세계와의 간극을 해소해야 한다. 최근에는 NeRF 보다 적은 데이터를 바탕으로 사물을 렌더링할 수 있는 pixel NeRF가 공개 되었다.[20] 기존 NeRF가 특정 사물에 대한 이미지 100장을 바탕으로 렌더링을 진행했으나, pixel NeRF는 렌더링에 필요한 이미지를 3장까지 대폭 축소할 수 있다. 상대적으로 정보 획득이 어려운 적성국 장비 렌더링에 대한 가능성이 높아진 것이다. 또한, 영상 속 객체 렌더링에 특화된 모델인 Nerfies도 활용 가능하다.[21] 이를 활용한다면 아군 감시장비에 포착되는 북한 드론영상의 렌더링에 있어 기존 NeRF보다 선명한 결과물을 획득할 수 있을 것이다. 이제 우리 군이 그동안 가지고 있던 정보를 바탕으로 직접 데이터 확장을 시도하고, 드론방어체계 식별능력 향상을 추진해야 할 시점이다.

3.4 데이터 환류체계 구축을 통한 성능개선

인공지능의 모델을 개발하고 그 성능을 향상하는 방안은 크게 모델 중심과 데이터 중심으로 나눌 수 있다. 모델 중심은 고정된 데이터를 바탕으로 알고리즘 자체의 최적화와 개선에 집중하게 된다. 반대로 데이터 중심은 알고리즘은 고정되어 있고, 최초

인공지능을 학습시킨 데이터의 재처리 또는 추가를 통해 성능을 향상시키는 방법이다. 따라서 데이터의 양과 질이 무엇보다 중요하다. 하지만, 데이터 부족 문제로 인해 국방분야 인공지능 개발 및 운영에 있어 제한사항이 상존한다. 군 내부적으로 어떠한 데이터를 수집해야할지 정의되지 않았고, 데이터 수집을 위한 표준도 마련되어 있지 않다. 더욱이, 군의 보수적인 보안정책은 또 다른 걸림돌이 되고 있다. 군의 원시 데이터 수집이 여타 집단보다 용이하다 할지라도 수집된 원시 데이터의 이관·처리에 있어 보안문제가 뒤따르기 때문이다. 윤정현은 군이 인공지능을 도입, 활용하기 위한 데이터 부족문제가 국방 인공지능의 폭넓은 활용과 성능 개선을 어렵게 하는 요인이라 지적하며, 데이터의 수집·저장·전처리 및 분석학습이 이루어지는 국방 데이터 플랫폼 구축의 선행 필요성을 주장했다.[22]

인공지능 중심의 드론방어체계의 구축과 운용에 있어서도 이는 선결해야 할 과제이다. 이러한 문제 해소를 위해 인공지능 활용을 위한 국방 네트워크 구축이 필요하며 네트워크 구성은 그림 3으로 설명할 수 있다.

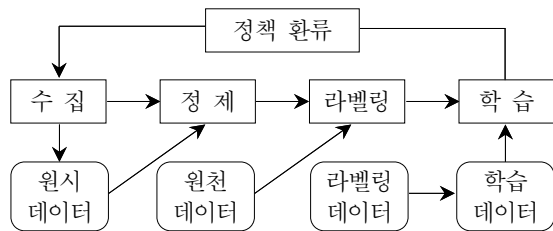


[Figure 3] Example of a Data Network for AI

이러한 네트워크의 구축은 데이터의 획득과 저장, 활용을 가능하게 함으로써 드론방어체계에 인공지능을 접목시키기 위한 밑거름이 될 것이다. 이 네트워크를 통해 옛지 디바이스인 드론방어체계에서 수집되는 모든 정보는 각각의 분산 노드를 거쳐 중앙 서버인 국방지능형 플랫폼으로 이관된다. 이 때 네

트위크의 생존성을 위해 주연결과 예비연결을 각기 구분한다. 이렇게 수집된 데이터는 인공지능 모델 성능 개선을 위한 학습 데이터로 활용되며, 학습 데이터는 정해진 주기에 따라 배포되어야 한다.

상기 네트워크를 기반으로 드론방어체계가 구축된다면 군에서는 데이터 수집부대와 관리부대를 이분화하여 드론방어체계 데이터 수집·관리를 고도화 해야한다. 먼저 일선 작전부대는 작전·훈련간새, 드론, 풍선과 같은 각종 대공표적 정보를 수집한다. 정보부대에서도 드론방어체계의 성능 향상을 위해 수집한 각종 드론과 유사 비행체 사진을 데이터 관리부대로 이관해야 한다. 데이터 관리부대는 수집된 데이터에 대한 정제 및 라벨링 작업을 거쳐 드론방어체계의 탐지·식별 성능 향상을 위한 인공지능 학습 데이터를 생산한다. 이를 토대로 일련의 드론방어체계 데이터 환류 시스템을 그림 4와 같은 형태로 도식할 수 있다.



[Figure 4] Data Feed-Back in Anti-Drone System

군은 위와 같은 데이터 환류체계를 바탕으로 각 탐지·식별 수단에서 획득한 원시 데이터를 인공지능 학습에 필요한 학습 데이터로 변환해야 한다. 음향 센서를 예시로 살펴보자. 군에서 수집한 드론 프로펠러 방사소음 특성을 분석하여 인공지능 모델 학습에 활용한다면 적어도 우리가 확보한 음원 수준 내에서 드론 탐지와 기종 식별이 가능할 것이다. 무엇보다 아군이 운용중인 모든 드론의 프로펠러 방사소음을 수집할 수 있을 것으로 보유한 음원 데이터와 매칭 되지 않는 드론을 의아 드론으로 우선 평가하고 드론방어작전을 전개하는 프로세스도 구축할 수 있다. 여타 탐지·식별 수단에 접목된 인공지능 모델 학습도 동일한 과정을 적용할 수 있다. 때

문에 군에서 현재 보유하고 있는 각종 데이터의 종합과 처리가 선행 되어야한다. 추가로 수집되는 데이터는 인공지능 성능향상을 위한 학습 데이터로 지속 활용할 필요가 있다. 데이터 중심의 인공지능 모델 성능개량 방법에 입각하여 이러한 데이터 환류 사이클 반복은 우리군 드론방어체계 성능을 점차 고도화해 나가는데 중요한 역할을 할 것이다.

중요한 점은 각각의 탐지·식별 수단에서 수집된 데이터를 시계열 순으로 함께 구분하여 라벨링 하는 것이다. 현재 레이더나 광학 카메라가 원거리에서 포착한 드론 신호는 매우 미약하거나 흐릿하여 드론 탐지·식별문제 해결에 활용되지 못하고 있다. 하지만, 시계열 순으로 각 수단의 신호를 구분하여 라벨링 해나간다면, 미약했던 신호가 궁극적으로 어떠한 정답과 연결되는지 알 수 있을 것이다. 결국 드론방어체계의 구조가 인공지능 중심으로 변경됨으로써 미세한 레이더의 스펙트럼 신호가 드론인지 새인지 평가할 수 있을 것이며, 궁극적으로 드론 탐지·식별 능력을 한층 향상시킬 수 있을 것이다.

4. 결 론

하루가 다르게 발전하는 과학기술의 진보는 인류 편의 증진에 기여하고 있지만, 새로운 난제를 쏟아 내기도 한다. 가장 대표적인 것이 기후환경 변화에 따른 재해·재난, 전쟁과 같은 유형이다. 이러한 변화는 새로운 안보위협으로 이어져 인류를 위협하는 부메랑이 되어 돌아오고 있다. 각국은 이런 안보위협 확장에 따라 저마다의 해결책 마련에 분주한 모습이다. 새롭게 대두되고 있는 안보 위협인 드론방어 문제도 마찬가지이다. 기술의 진보가 드론을 더욱 위협적인 무기체계로 변모시켜 왔고, 이 위협을 상쇄하기 위한 많은 노력이 수반되고 있기 때문이다. 문제는 드론 위협 증가 폭이 상쇄의 폭보다 크다는 점이다.

이에, 본 연구에서는 인공지능을 활용한 드론방어체계 성능향상 방안을 제시했다. 과학기술의 발달에

따라 레이더나 광학 등 각 탐지·식별 수단의 성능이 향상되고 있으나, 각 수단의 장단점은 여전하다. 따라서 드론방어체계 구축시 각 수단의 상호보완을 고려한 시스템 설계가 필요하다. 또한, 현행 드론방어체계를 인공지능 중심으로 재설계함으로써 탐지·식별 성능향상의 근간을 마련할 수 있을 것으로 보인다. 이후 강화학습을 통해 보다 안정적인 카메라의 드론 추적 성능을 확보해야 한다. 군내 데이터 수집·이관 및 환류체계를 구축하고, 부족한 데이터 보강을 위해 최신의 인공지능 알고리즘을 적극 활용해야 한다. 드론방어체계의 탐지·식별 성능향상을 위한 학습 데이터 마련도 중요한 과제이다. 이들을 요약하면 다음 표 2와 같이 정리할 수 있다.

<Table 2> The Expected Effect of Applying Artificial Intelligence

구 분	기대 효과
카메라 PTZ 강화학습	카메라 추적 안정성 증가, 노이즈, 블러 감소
데이터 확장	적성국 데이터 부족 문제 해결
데이터 환류체계 구축	체계적 데이터 수집·관리, 주기적인 모델 성능 개선

기술의 발달에 따라 날이 증대되고 있는 드론 위협에 맞서기 위해 이제는 이론적 수준의 논의가 아닌 세부 실천방안과 추진동력을 확보해야 한다. 2022년 말 북한의 무인기 출몰에 얼마나 많은 혼란과 소란이 있었는가? 문제는 드론의 기술적 진보가 우리의 행동보다 빠르다는 것이다. 이제 우리의 미비점을 직시하고 드론의 위협을 상쇄하기 위한 합치된 노력이 절실한 시점이다.

References

1. 최석 등, 불법드론 대응 기술동향, 항공우주산업 기술동향 21권 1호, p.60, 2023.
2. 강현상, 안티드론시스템 국내 동향, 전자파기술

- 제32권 제2호, p.28, 2021.
3. 이동혁 등, 안티드론 개념 정립 및 효과적인 대응 체계 수립에 관한 연구, 시큐리티연구 제60호, p.14, 2019.
4. 김보람, 안티드론 기술의 이론과 실제—드론, 어떻게 방어할 것인가?, 시큐리티월드 2017년 1월호, p.97, 2017.
5. 김용환 외, 드론의 역습 - 새로운 패러다임의 위협과 안티드론, 국방과 기술 제470호, p144, 2018.
6. 김세일 등, 드론 위협에 대한 방어체계 분석, 한국융합과학회지 11권 11호, pp287-310, 2022.
7. 박홍성, 국가중요시설의 드론 테러 대응방안: 국회를 중심으로, 시큐리티연구 제71권, pp.77-100, 2022.
8. 안용운, 국가중요시설의 대드론 방호시스템 구축 방안, 한국군사학논총 제11권 제 2호, pp.59-78, 2022.
9. 이인제 외, 불법 드론 대응을 위한 저고도 드론 탐지 기술 동향, 전자통신동향분석 제37권 제1호, pp.10-20, 2022.
10. 차도완 등, 군사용 드론 현황 및 對드론대책, 국방과 기술 제471호, pp.140-153, 2018.
11. 황순필 외, 국가중요시설 방호를 위한 안티드론 시스템 구축 방안 연구, 디지털융복합연구 제18권 제11호, pp.247-257, 2020.
12. 김용환 외, 드론의 역습 - 새로운 패러다임의 위협과 안티드론, 국방과 기술 제470호, p.145, 2018.
13. Jan Farlik et al, Multispectral Detection of Commercial Unmanned Aerial Vehicles, Sensors 19(7), doi: 10.3390/s19071517, 2019.
14. 안용운, 국가중요시설의 대드론 방호시스템 구축방안, 한국군사학논총 제11권 제 2호, p.74, 2022.
15. 정춘일, 4차 산업혁명과 한국적 군사혁신, 한국군사 제 6호, p.13, 2019.

16. 황태성, 이만석, 인공지능의 군사적 활용 가능성과 과제, 한국군사학논집 제76권 제3호, p.8, 2020.
17. 네이버 두산백과(검색일: 2023.10.31.).
18. Mariusz Wisniewski et al, Reinforcement Learning for Pan-Tilt-Zoom Camera Control, with Focus on Drone Tracking, AIAA SciTech 2023 Forum, 2023.
19. Ben Mildenhall et al, NeRF: Representing Scenes as Neural Radiance Fields for View Synthesis, Communications of the ACM Volume 65. Issue 1, pp.99-106, 2021.
20. Alex Yu et al, pixelNeRF: Neural Radiance Fields from One or Few Images, Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR), pp.4578-4587, 2021.
21. Keunhong Park et al, Nerfies: Deformable Neural Radiance Fields, IEEE/CVF International Conference on Computer Vision(ICCV), pp.5865-5874, 2021.
22. 윤정현, 국방 분야의 인공지능 활용성 제고 방안과 시사점, STEPI Insight 제279호, pp.44-52, 2021.