

미래 전장에서의 인공지능(AI) 공격형 자폭 드론 운용 방안

이오성*

*광운대학교 방위사업학과

e-mail:dldhtjd1132@naver.com

How to operate artificial intelligence (AI)-based attack self-destruct drones in future battlefields

Lee-Oh Seong*

*Kwangwoon Universtiy Department of Defense Indurtsty

요약

최근 러시아-우크라이나 전쟁과 나고르노-카라바흐 분쟁을 통해 공격용 드론은 재래식 전쟁의 통념을 흔드는 비대칭 전력이자 게임 체인저(Game Chaner)로 부상하였다. 특히 병력 자원 급감과 전장의 지능화라는 환경 변화에 대응하기 위해 인공지능(AI) 기술이 접목된 완전 자율형 자폭드론(Loitering Munition)의 운용 필요성이 더욱 증대되고 있다. 본 논문은 미래 전장에서 자폭드론의 생존성을 높이고 타격 효율을 극대화하기 위한 AI 기반 공격형 자폭드론의 운용 방안을 제시하고자 한다. 먼저, 적 방공무기체계의 요격과 전자전(제밍, 스푸핑) 위협을 극복하기 위해 탈 중앙식 지휘통제(Decentralized C2) 시스템 기반의 군집 운용 및 동적 경로 최적화 적용을 제안한다. 둘째, 전장 인식의 신속성을 극대화하기 위해 AI 기반 자율 표적 식별 및 '센서 투 슈터(Sensor-to-Shooter)'체계의 고도화가 필수적이다. 셋째, 고도의 자율성 확보에 따른 책임 공백 및 윤리적 문제를 해결하기 위해 '윤리 통제기(Ethical Governor)'를 제안한다. 본 연구가 제안하는 AI 기반 자폭드론 운용 방안은 한국군의 유·무인 복합전투체계(MUM-T) 구현과 국방혁신 4.0에 부합하는 미래지향적 무인 전력 발전 전략 수립에 실질적으로 기여할 것으로 기대된다.

1. 서론

현대 전장의 패러다임이 급격하게 변화함에 따라, 공격형 자폭 드론은 단순한 무인 비행체를 넘어 전쟁의 승패를 결정짓는 '게임 체인저(Game Changer)'로 부상하고 있다. 특히 러시아-우크라이나 전쟁과 나고르노-카라바흐 분쟁을 통해 드론은 저비용·고효율의 비대칭 전력으로서 그 효용성을 입증하였다.

한국군 역시 인구 절벽에 따른 병력 자원 감소와 북한의 무인기 도발 위협에 대응하기 위해 공격형 드론 전력화를 적극적으로 추진하고 있다. 그러나 현행 자폭드론 운용은 적의 전자전(EW) 및 방공망에 대한 취약성, 세계 최고 수준 대비 약 70%에 머물러 있는 국내 기술력, 그리고 자율성 강화에 따른 윤리적·법적 책임 공백이라는 한계에 직면해 있다.

본 연구는 이러한 운용상의 문제점을 분석하고 이를 극복하기 위해 인공지능(AI)기반의 '탈중앙식 군집 운용', '센서 투 슈터(Sensor-to-Shooter)', '윤리적 통제기(Ethical Governor)를 활용한 발전 방안을 제시함으로써 미래 전장에서 작전 효율성과 윤리적 정당성을 동시에 확보하고자 한다.

2. 현행 공격형 자폭드론 운용의 문제점

2.1 적 방공무기체계 및 전자전(EW) 취약성

현행 공격형 자폭드론은 현대 전장에서 '게임 체인저'로서의 효용성을 입증하고 있으나, 적의 고도화된 방어 체계와 교란 기술 앞에서는 여전히 치명적인 운용상 한계를 노출하고 있다. 이러한 취약성은 크게 적 방공무기에 의한 물리적 요격과 전자전 장비에 의한 소프트킬(Soft-Kill) 위협으로 구분된다.

2.1.1 방공망 요격

자폭형 드론은 표적을 향해 최단 경로인 직선으로 비행할 경우, 적의 방공무기에 의해 매우 쉽게 요격당하는 특성을 가진다. 방공무기는 이동하는 비행체를 일정 시간 관찰하여 획득한 조준점을 근거로 사격하기 때문에, 별도의 회피 기동이나 경로 수정 없이 직선으로 접근하는 드론은 격추될 확률이 매우 높다. 특히 최근 대드론 체계의 발전으로 방공무기의 무차별적인 대량 사격이 가능해짐에 따라 요격 확률은 더욱 상승하고 있다. 실제로 러시아-우크라이나 전쟁 초기 뛰어난 성능을 보였던 중고도 장기체공(MALE) 드론들은 러시아군이 대공포, 지대공 미사일을 휴대용

대공무기(MANPADS)등 방공체계를 본격적으로 운용하기 시작하자 전장에서 급격히 지취를 감추었다. 또한 자폭드론은 소형화를 통해 레이더 반사면적(RCS)을 줄이려 노력하지만, 일단 탐지될 경우 대공포의 무차별적인 랜덤 사격에 노출되어 파괴될 위험이 상존한다.

2.1.2 전자전(EW)에서 GPS 재밍·스푸핑

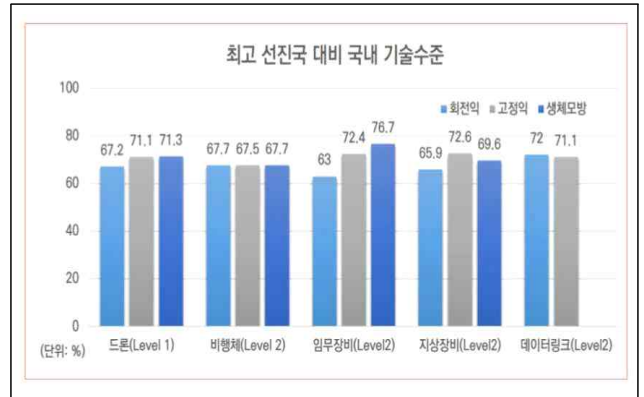
공격형 자폭 드론의 가장 심각한 취약점 중 하나는 전자전(Electronic Warfare)에 대한 민감성이다. 대부분의 드론이 GPS 기반 항법 시스템과 무선 통신 링크에 전적으로 의존하기 때문에, 적의 재밍(Jamming)이나 스푸핑(Spoofing) 공격에 노출될 경우 조종 신호가 차단되거나 항법 데이터가 왜곡되어 작전 능력을 완전히 상실하게 된다. 전자파 교란은 드론의 통신을 무력화하여 조종자가 통제권을 획득하는 것을 차단하며, GPS 스푸핑은 허위 신호를 송출해 드론을 엉뚱한 위치로 유도하거나 하이재킹(Hijacking)을 시도할 수 있게 한다.

2.2 국내 기술력 수준 및 운용 기반 미흡

국내의 드론 및 인공지능(AI) 기술력은 미국, 이스라엘 등 세계 최고 수준과 비교했을 때 전반적으로 약 70% 수준에 머물러 있는 것으로 평가된다. 또한 공격형 자폭드론의 효과적 전력화를 가로막는 가장 큰 문제는 체계적인 전술 및 운용 개념의 부족이다. 현재 한국군은 자폭드론을 단일 플랫폼 내에서 탐지-식별-타격까지는 실시간으로 수행하는 개념으로 운용하기 위한 구체적인 교리가 정립되지 않은 상태이다.

2.2.1 국내 기술력 수준 분석

국방 드론 공통 프로그램작업분할구조(pWBS)별 분석에 따르면, 국내 기술 수준은 최고 선진국 대비 회전익 드론 67.2%,(격차 3.43년), 고정익 드론 71.7%(격차 3.1년), 생체모방 드론 71.3%(격차 2.7년) 수준이다. 특히 자폭드론 운용의 핵심인 이동형 표적 공격의 신속성과 정확성을 결정짓는 머신러닝 기술은 선진국 대비 69~70% 수준이며, 보상 기반 머신러닝 기술의 경우 세계 최고 수준과의 격차가 약 4년에 달한다.



[그림 1] 드론의 선진국 대비 국내 기술 수준 분석

자폭드론이 스스로 표적을 탐지하고 직접 타격하는 ‘자율형 AI 공격 드론’으로 발전하기 위해 필수적인 객체 추적·식별 및 형상 인식 기술은 미국의 DARPA 등과 비교해 약 70%수준(격차 3년 이상)으로 평가된다. 특히, 군집드론 운용을 위한 분산지능 알고리즘과 통신 동기화 기술은 아직 연구 시작 단계에 머물러 있어, 미래 전장의 핵심 기술 확보가 시급한 상황이다.

2.2.2 운용 기반 및 제도적 미흡점

특히 최근 도입된 폴란드산 Warmate의 경우 소부대 전술타격용으로 설계되었음에도 불구하고, 우리 군은 이를 전략·작전급 제대인 드론작전사령부 중심으로 편성·운용하고 있어 무기체계 설계 목적과 실전 운용 주체간의 괴리가 발생하고 있다.

국내 드론 산업은 약 350여 개의 중소기업 위주로 구성되어 상호 과열 경쟁이 심하고 체계적인 기술력 축적이 어렵다. 군 사용 무기의 인증 및 시험에 대한 높은 장벽과 자금 조달의 어려움으로 인해 많은 업체가 완제품보다는 부품 납품에 머물러 있으며, 군 수요 부족으로 개발이 중단되는 사례도 발생하고 있다. 또한, 예산 구조상 자폭드론이 방위력개선비가 아닌 전력운용비로 도입되는 등 예외적인 절차로 인해 제도적 불일치와 운용 공백이 발생하고 있으며, 이를 뒷받침할 방위사업법 개정 등의 정책적 후속 조치가 미흡한 실정이다.

2.3 윤리적 문제

공격형 자폭드론의 자율성 강화는 전자전 환경에서의 작전 지속성을 보장하는 필수 요소로 여겨지지만, 이는 동시에 심각한 윤리적·법적 문제와 정면으로 충돌한다. 특히 인간의 실시간 개입 없이 기계가 독립적으로 생사를 결정하는 상황은 국제인도법(IHL) 준수와 책임 소재 규명이라는 중대한 과제를 제기한다.

자폭드론이 통신 두절 상태에서 자율적으로 운용될 때, 국제인도법의 핵심 원칙인 구별의 원칙, 비례의 원칙, 주의의 원칙을 이행하는 데 근본적인 제약이 발생한다. 자폭드론을 사전 입력된 정보와 자체 센서에만 의존해 표적을 식별하는데, 전투원이 항복하거나 민간인이 갑자기 작전 지역에 진입하는 등의 유동적인 전장 상황을 실시간으로 반영하지 못해 민간인을 공격할 위험이 있는 구별의 원칙(Distinction), 자율 드론이 예상치 못한 민간 물자의 가치 변화 등을 동적으로 재평가 할 능력이 제한적이며, 이는 사전 프로그래밍된 군사적 이익과 실제 피해 사이의 괴리를 발생시켜 과도한 민간인 피해로 이어질 수 있는 비례의 원칙(Proportionality), 통신 두절로 지휘관이 새로운 정보를 바탕으로 공격 중단 명령을 내리는 것을 불가능하게 만들어, 공격 전 최종 확인이라는 주의 의무 이행을 원천적으로 차단하는 주의의 원칙(Precautions in Attack) 위 세 가지 원칙을 어긋나게 된다.

3. 인공지능(AI) 기반 자폭드론 운용 발전방안

3.1 탈중앙식 지휘통제 군집 운용

군집 드론(Drone Swarm)은 다수의 드론이 상호 네트워크를 기반으로 하나의 유기체처럼 움직여 작전 효과를 극대화하는 개념으로 단일 플랫폼 운용 대비 비약적인 생존성 향상을 보장해야 한다.

첫째, 중앙집중식 통제의 한계 극복 및 단일 장애점 제거가 필요하다. 기존의 중앙집중식 조정 방식은 급변하는 전장 상황에 대응하는 속도가 늦고, 지휘소나 모체 드론이 무력화될 경우 군집 전체가 통제 불능에 빠지는 취약점이 있다. 이를 해결하기 위해 계층식 조정, 합의 조정, 신생 조정과 같은 탈중앙식 지휘통제(Decentralized C2) 방식을 적용해야 한다. 탈중앙식 운용은 개별 드론의 즉각적인 반응성을 높여 군집 전체의 임무 유연성을 극대화하며, 블록체인 기술과 스마트 계약을 접목할 경우 중앙 서버 없이도 보안성이 확보된 상태에서 자율적인 식별 및 대형 유지가 가능해져 적의 공격으로부터 생존 확률을 대폭 높일 수 있다.

둘째, 지능형 임무 재할당 및 전투력 복원성을 확보해야 한다. 적의 물리적 타격이나 전자전으로 인해 군집 내 특정 드론이 손실되더라도 AI 기반의 지능협업 기술을 통해 잔여 드론들이 실시간으로 임무를 재분석하고 할당함으로써 작전의 연속성을 유지해야 한다. 군집 드론의 개체 수가 일부 줄어들더라도 전투력이 완만하게 감소하는 특성을 가지며, 단순한 개체 보충만으로도 신속한 전력

복원이 가능하여 고가의 단일 무기체계보다 생존 및 지속 작전 능력 면에서 압도적인 우위를 점한다.

3.2 ‘센서 투 슈터(Sensor-to-Shooter)’ 체계

자폭드론은 단일 플랫폼 내에서 탐지(Sensor)-식별-결심-타격(Shooter)의 전 과정을 실시간으로 수행하는 'Sensor to Shooter' 개념을 구현하는 핵심 수단이다.

첫째, 지능형 'Recon-Strike' 통합 루프 구축이다. 기존의 드론 운용이 지상통제장비(GCS)를 통한 원격 조종에 의존했다면, 발전된 자폭드론은 카메라 → AI 인식 → 비행 제어로 이어지는 자율적 타격 루프를 형성해야 한다. 이는 탐지된 표적에 대해 실시간 타격을 실시함으로써 '선견(See first), 선결(Decide first), 선타(Strike first)'의 능력을 갖춘 체계종합 비행체로서의 역할을 수행하게 한다.

둘째, 전술제대 내 실시간 작전 구조 전환이다. 정찰 드론이 표적을 탐지·식별하면 자폭드론이 즉각 투입되어 정밀 타격을 수행하고, 다시 후속 정찰을 통해 전투피해평가(BDA)를 실시하는 정찰-타격-피해평가의 실시간 연계 체계를 확립해야 한다. 이러한 구조는 감시와 타격 사이의 시간적 공백을 단절 없이 연결하여 시한성 표적(Time-Sensitive Target)에 대한 대응 능력을 획기적으로 높인다.

셋째, 유·무인 복합전투체계(MUM-T)와의 연동이다. 자폭드론은 단독 임무뿐만 아니라 유인 항공기나 다른 드론봇 체계와 실시간으로 표적 정보를 공유하며 군집화된 전력을 발휘해야 한다. 인공지능 기반의 지능형 임무 계획 수립 기술(Task-based Mission Control)을 통해 운전자 한 명이 다수의 드론을 제어하거나, AI가 최적의 결합 방법을 추천하여 임무 효율성을 배가시키는 방향으로 발전해야 한다. 결국 이러한 센서 투 슈터 체계의 확립은 병력 자원 감소에 따른 전투력 공백을 메우고 미래 전장의 패러다임을 변화시키는 핵심 동력이 될 것이다.

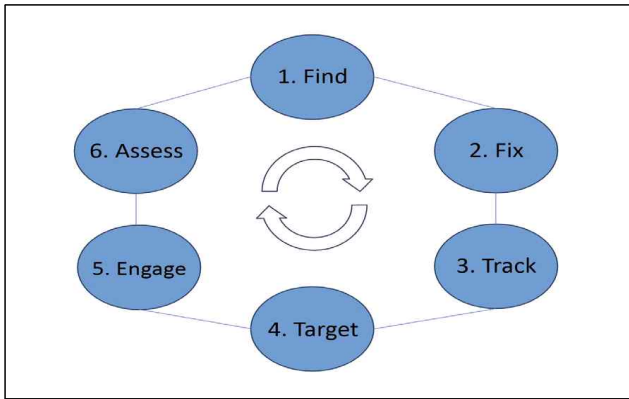
3.3 윤리적 통제기(Ethical Governor)

자폭드론이 독립적으로 임무를 수행하는 과정에서 발생할 수 있는 윤리적 딜레마를 극복하기 위해, 소프트웨어 모듈 형태의 윤리적 통제기를 도입해야 한다.

첫째, 전시국제법 및 교전규칙의 프로그래밍이 필요하다. 윤리적 통제기는 자폭드론이 임무 수행 중 구별의 원칙, 비례의 원칙 등 국제인도법을 준수하는지 자율적으로 평가하도록 설계되어야 한다. 이는 Watt의 기계식 조속기 개념을 발전시킨 것으로, 무기체계의 치명적인 행동을 사전에 정의된 윤리적 경계 내로 제한하는 역할을 수행한

다.

둘째, F2T2EA 절차 내 ‘표적화(Target)’ 단계와의 통합이다. 자폭드론의 공격 루프 중 무장 효과 도출이 이루어지는 표적화 단계에 윤리적 통제기를 통합하여, AI가 스스로 공격 가능 여부를 판단하게 해야 한다. 통제기는 분석된 전장 상황을 바탕으로 결심권자에게 ‘GO-NO GO’ 여부를 조언하거나 최적의 교전 방안을 제시함으로써 윤리적 사고를 예방한다.



[그림 2] F2T2EA 절차

4. 결론

본 연구는 현대 전장에서 ‘게임 체인저’로 부상한 공격형 자폭드론의 현행 운용 문제점을 분석하고, 이를 극복하기 위한 인공지능(AI) 기반의 발전 방안을 도출하였다.

첫째, 적의 전자전(EW) 및 방공망 위협에 대비하여, 탈 중앙식 지휘통제 기반의 군집 운용이 필수적이다. 개별 드론의 반응성을 높여 임무의 유연성을 극대화하여 적의 공격으로 생존 확률을 높이는 것이다.

둘째, 자폭드론의 탐지-식별-타격까지는 실시간으로 수행하는 개념으로 운용하기 위한 구체적인 교리가 정립되지 않았다는 고려하여 전 과정을 수행하는 ‘센서 투 슈터(Sensor to Shooter)’의 개념을 구현하여 시한성 표적에 대한 대응 속도를 획기적으로 높여야 한다.

셋째, 자율성 강화에 따른 윤리적 딜레마와 책임 공백 문제를 극복하기 위해 ‘윤리적 통제기(Ethical Governor)’를 도입함으로써 AI가 스스로 공격 가능 여부를 판단하도록 만들어야 한다.

결론적으로 미래의 공격형 자폭드론은 단순한 비행체가 아닌, 지능화된 유기체적 군집체계로 발전해야 한다. 우리 군은 부족한 국내 기술을 확보함과 동시에 윤리적 문제를 해결하는 등 실질적인 운용 방안을 확보해야 한다.

참고문헌

- [1] 길병욱, “인공지능(AI) 기반 공격용 드론의 효과적 전력화 방안에 대한 연구”, 한국군사학논총, 제 12집 제 4권, 2023. 12.
- [2] 김한수, “자율제어체계 공격형 무인항공기의 윤리적 고찰과 극복 방안”, 한국산학기술학회논문지, 제 25권 3호, 2024. 03.
- [3] 박상혁, 김상권, 남궁승필, “공격 드론을 활용한 해의 전투사례 연구”, 문화기술의 융합(JCCT), 제 9권 5호, 2023. 09.
- [4] 오지현, 박기태, 정동윤, 윤기혁, 김정규. "유도무기와 자폭드론의 운용개념에 대한 고찰." Journal of the KNST, 제8권 제3호, 2025. 09.
- [5] 유재명, 길병욱. "AI 공격용 드론 개발 방향 및 시사점." 한국방위산업학회지, 제30권 제1호, 2023. 04
- [6] Alghamdi, Saleh, et al. "Autonomous Navigation Systems in GPS-Denied Environments: A Review of Techniques and Applications." King Abdulaziz City for Science and Technology, 2024.
- [7] 고범수. "공격형 드론의 활용방안 연구 및 한국군의 적용방안 제언." 공학석사 학위논문, 광운대학교 대학원, 2025. 06.
- [8] 김세준. "자폭드론의 자율성 확보에 따른 윤리적 문제 및 극복 방안 논의." 공학석사 학위논문, 광운대학교 대학원, 2025. 06.
- [9] 박종수. "현대 전투사례 분석을 통한 국방 드론의 발전 방향에 관한 연구." 공학박사 학위논문, 광운대학교 대학원, 2024. 06.
- [10] 임성훈. "자폭형 드론과 방공무기체계 교전 시뮬레이션에 관한 연구." 석사 학위논문, 국방대학교, 2024. 01
- [11] 국방기술진흥연구소. "미래국방 2030 기술전략 - 국방 드론." 2022. 03.
- [12] 국방기술진흥연구소. "미래국방 2030 기술전략 - 국방 AI 기술로드맵." 2022. 03.