Check for updates

Journal of KIIT. Vol. 24, No. 6, pp. 259-271, Jun. 30, 2026. pISSN 1598-8619, eISSN 2093-7571
http://dx.doi.org/10.14801/jkiit.2026.24.6.259

개인 전투원 생존성 보장을 위한 정보기술 기반 드론 조기경보체계 구현 및 초기 검증 연구

박경근*, 김정호**[1], 정채윤**[2]

A Study on the Implementation and Preliminary Verification of an Information Technology-based Drone Early Warning System for Individual Combatant Survivability

Kyung-Keun Park*, Jung-ho Kim**[1], and Chae-yoon Jung**[2]

요 약

현대전에서 드론은 핵심 무기체계로 활용되고 있으며, 이에 대응하기 위한 대드론 방호체계 구축과 개인 전투원의 생존성 보장 방안 또한 중요시되고 있다. 그러나 기존 대드론 관련 연구와 체계 개발은 주로 국가 및 군사중요시설, 특정 무기체계 방호에 집중되어 왔으며, 개인 전투원의 생존성 보장을 위한 연구는 상대적으로 부족한 실정이다. 특히 전장에서 드론은 사람의 인지·반응 속도를 능가하고 있으며, 개인 전투원을 직접 공격할 수 있는 수단으로 활용되고 있어, 개인 단위의 조기경보 및 대응체계 구축이 필요하다. 이에 본 연구는 정보기술 관점에서 개인 대드론 조기경보체계의 구축방안을 제시하고, 이를 위한 실용성 기반 설계방안, 공학적 구현모델 및 정량적 검증방안, 전투실험 기반 전력화 검증을 통합적으로 제시함으로써 드론 위협에 대한 개인 생존성을 향상시키는 방안을 도출하고자 하였다.

Abstract

In modern warfare, drones have evolved beyond reconnaissance and surveillance platforms into key weapon systems capable of low-altitude penetration, target identification, loitering attacks, and precision strikes. Accordingly, the establishment of counter-drone protection systems and the enhancement of survivability have become increasingly important. However, most existing counter-drone research and system development have primarily focused on protecting national critical infrastructure, military facilities, and major weapon systems, while studies addressing the survivability of individual soldiers remain relatively limited. In particular, drones are increasingly employed on the battlefield as direct attack assets against not only critical infrastructure and weapon systems but also individual personnel, based on their detection, identification, and tracking capabilities that exceed human cognitive and reaction speeds. Therefore, an individual-level early warning and response system is required. From an information technology perspective, this study proposes a framework for a personal counter-drone early warning system and presents practical design measures, an engineering implementation model, and quantitative verification methods to enhance individual survivability against drone threats.

Keywords

swarm drones, personal survivability, counter-drone systems, information technology-based defense

* 건국대학교 일반대학원 미래국방기술융합학과(교신저자)
- ORCID: https://orcid.org/0009-0000-4433-9696
** 대한민국 육군
- ORCID[1]: https://orcid.org/0009-0007-3412-3614
- ORCID[2]: https://orcid.org/0009-0009-9617-3531

· Received: Mar. 30, 2026, Revised: Jun. 02, 2026, Accepted: Jun. 05, 2026
· Corresponding Author: Kyung-Keun Park
Dept. of Defense Acquisition and Technology Convergence (Konkuk University) Korea
Tel.: +82-33-460-3633, Email: qkrrurms19@naver.com

Ⅰ. 서 론

현대전에서 드론은 다양한 전술적 수단으로 활용되고 있다. 기존 군에 전력화된 드론은 정찰감시 임무에 고정되었으나, 현재 공격 및 교란 전술 등 다양한 전투 영역에서 활용되고 있고 단독 또는 다수의 드론을 동시에 투입하여 부여된 목표를 집중 공격함으로써 상대의 구축된 방어체계 · 목표를 신속히 제거한다. 이와 같이 드론은, 전장에서 공격수단으로 급부상하고 있으나, 현재 대드론 방호전력은 한정되어 국가 및 군사 중요시설, 전략 무기체계 방호를 우선하고 있어, 개인 전투원의 생존성 보장은 어려운 실정이다[1]. 또한 대드론 대응 작전은 드론을 탐지 및 식별, 요격의 초점을 맞추고 있으며, 드론 위협에 개인의 생존성을 보장하기 위한 방안은 회피, 개인화기 타격에 의존하였다. 본 연구의 목적과 범위는 그림 1과 같다. 그림 1은 드론 위협환경, 기존 대응체계의 한계, 그리고 개인 생존성 중심 조기경보체계의 연구 방향을 개념적으로 나타낸다.

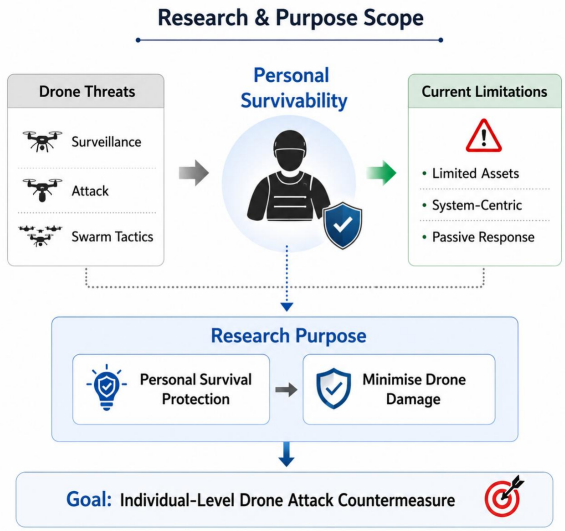


그림 1. 연구의 목적과 범위
Fig. 1. Purpose and scope of the study

Ⅱ. 드론의 특징

2.1 물리적 접근

현재 군사용 드론은 대부분 소형·경량 플랫폼으로 제작되며 임무와 용도에 따라 차이가 있지만 보통 1~25kg 수준의 무게로 저속 · 저고도 비행이 가능하며 전기모터 기반 비행을 실시한다[2]. 또한 소형 부피 · 크기는 레이더에서 탐지가 가능한 단면적이 상대적으로 낮고, 새 · 풍선 등 공중물체와 비슷한 형태를 보이고 있어, 기존 방공레이더 및 장비에서 기체 탐지를 어렵게 하고 있다. 그림 2는 드론의 소형·저고도·저피탐 특성과 EO/IR 기반 객체인식 구조를 나타낸다. 이러한 특성은 기존 방공레이더 기반 탐지를 제한하며, 개인 단위 조기경보체계 필요성을 증가시킨다.

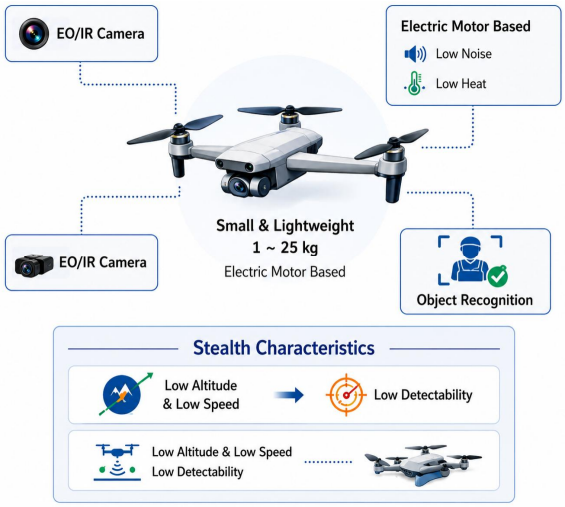


그림 2. 드론의 물리적 특성
Fig. 2. Physical properties of drones

또한 드론은 전자광학 · 적외선(EO/IR)카메라, 거리 측정기(Range sensor), 관성측정장치(IMU, Inertial Measurement Unit) 등 범용화된 상용 부품으로 제작되어 민수 시장 및 인터넷을 통해 쉽게 조달이 가능하고, 상대적으로 낮은 가격과 설계의 단순화는 누구든지 손쉽게 제작 및 운용할 수 있다[3].

따라서 현대전에서 드론은 소형화, 저비용, 그리고 대량생산이 가능한 물리적·구조적 특성을 기반으로 전장에서 다양한 임무가 가능하다.

2.2 소프트웨어 접근

현대전에서 드론은 분산형 시스템(Distributed networked system)을 통해 네트워크를 기반으로 상

호 연동되며, 기체의 단독임무, 다수의 기체가 연동된 통합임무 등 다양한 형태의 작전수행이 가능하다. 또한 드론은 지휘통제체계(C2, Command and Control)와 연동되어 실시간으로 수집된 정보가 지휘소에 공유되며, 빠른 상황판단 및 의사결정을 지원한다. 특히 지휘통제체계에서 드론으로부터 획득한 데이터를 실시간으로 처리하여 위치 추적, 경로 예측, 위협판단 등 다양한 전술적 의사결정의 수단으로 활용된다[4]. 최근 드론 플랫폼에 딥러닝 기반 객체인식 기술이 적용되어 표적 탐지 · 식별 능력이 더욱 고도화되고 있으며, 영상 기반 객체인식 알고리즘을 통해 사람 형상, 차량, 특정 장비 등을 자동으로 탐지하고 분류할 수 있다. 이러한 객체인식 기술은 드론이 획득한 실시간 영상정보를 표적 데이터로 전환하고, 이를 전술적으로 공유·활용할 수 있도록 지원한다[5].

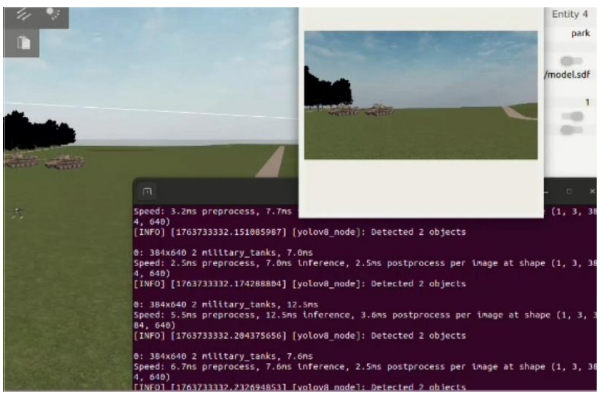


그림 3. 가상환경에서의 드론의 객체인식 기술
Fig. 3. Object recognition technology of drones in a virtual environment

그림 3은 가상환경을 통해 구현된 드론의 객체인식 방법을 나타낸 것으로, 드론을 통해 획득한 시각 정보를 실시간으로 처리하여 객체 단위로 인식 및 표적을 구별한다. 이와 같은 객체인식 및 표적 추적 능력은 드론의 전술적 활용성을 크게 향상시킨다. 드론은 단순히 물리적으로 접근하여 공격하는 수준을 넘어, 방어체계의 취약 지점을 선택적으로 식별하고 공격하는 지능형 전술 운용이 가능하다. 또한 획득된 표적 정보는 개별 드론뿐만 아니라 상위 지휘통제체계와 통합되어 표적 획득, 공격 우선순위 결정, 비행 경로 최적화 등 다양한 작전수행방법을 지원한다. 현대전에서 드론은 네트워크 기반 운용, 체계 · C2의 연동, 딥러닝 객체인식, 자율항법 기능을 통해 단순 정찰수단을 넘어 지능형 전투체계로 발전하고 있으며, 이에 따라 개인 전투원의 생존성 중심 보장을 위한 방안이 필요하다[6].

III. 현대전에서 드론 전술 분석

현대전에서 드론은 센서 기반 탐지, AI 기반 객체인식, 네트워크 기반 정보공유, 저고도 정밀타격 능력을 결합함으로써 다양한 목표에 대해 탐지·식별, 추적, 타격할 수 있는 전술 수단으로 활용되고 있다. 초기 단계에서 드론은 부여된 작전범위에서 탐색 및 정찰을 실시하며, 탑재된 EO/IR, 거리 센서, 항법장치 등을 활용하여 다양한 정보를 획득한다. 또한 드론이 수집한 정보는 네트워크 기반 통신체계를 통해 실시간으로 공유되며, 수집된 센서 데이터는 기존에 축적된 빅데이터와 연계되어 인공지능 기반 알고리즘을 통해 분석된다. 이 과정에서 드론은 사람, 차량, 장비 등 객체를 자동으로 식별하고 분류할 수 있다. 특히 이러한 객체인식 과정은 드론의 자동화된 의사결정 구조와 연계되어 수행되므로, 사람의 직접적인 개입이 제한된 상황에서도 신속한 탐지·식별, 추적이 가능하다[7]. 그 결과 개인 전투원은 드론의 접근 및 공격 의도를 사전에 인지하거나 이에 대응할 수 있는 시간적 여유를 충분히 확보하기 어려운 상황에 놓이게 된다.

목표 식별 이후 드론은 식별된 표적에 대해 저고도로 접근하여 근접 자폭 공격 또는 폭탄 투하 방식으로 타격을 수행한다. 특히 러시아 - 우크라이나 전쟁에서는 드론이 저고도 은밀 침투, 근접 자폭 공격, 정밀 폭탄 투하 등의 방식으로 운용되면서 전투원과 장비에 치명적인 피해를 발생시켰다. 이는 드론이 전장에서 단순한 정보수집 수단이 아니라 직접적인 타격 수단으로 활용되고 있음을 보여준다.

또한 드론 공격은 물리적 피해뿐만 아니라 심리적 효과도 함께 발생한다. 전장에서 개인 전투원은 지속적인 소음, 예측 불가능한 공격, 상공에서의 노출 등 여러 가지 위험에 직면하게 된다. 이러한 환경에서 개인의 판단력을 저하시키고, 공포와 패닉을 유발하

여 대응 의지를 약화시키는 요인으로 작용한다.

따라서 현대전에서 드론은 사람의 인지적 한계와 심리적 취약성을 동시에 공략하는 공격 수단이며, 개인 전투원의 생존성에 직접적인 위협을 가하는 핵심 전술체계로 평가할 수 있다[8].

IV. 개인용 드론 위협 조기경보체계 구축방안

현대전에서 개인 전투원이 드론 위협에 효과적으로 대응하기 위해서는 드론 위협을 조기에 탐지하고, 신속한 상황 판단을 지원하며, 합리적인 행동을 위한 대드론 조기경보체계의 구축이 필요하다[9]. 특히 드론은 저고도·저속비행, 소형화 특성을 바탕으로 개인을 직접 탐지·식별, 추적·공격하는 양상으로 발전하고 있다는 점에서, 개인 전투원이 직접 활용 가능한 대드론 조기경보체계의 필요성은 더욱 증대되고 있다. 기존 지휘통제체계 및 레이더에서 획득된 공중위협 정보는 주로 지휘소, 중요자산 및 부대 단위 방호를 중심으로 정보가 제공되어 왔다. 이로 인해 개인 전투원이 드론 위협을 실시간으로 획득하고, 이를 바탕으로 즉각적인 회피·엄폐·분산 등의 생존 행동을 수행하는 데에는 구조적 한계가 존재한다[10]. 이에 본 장에서는 개인 전투원이 생존성 보장을 위해 실질적으로 활용 가능한 대드론 조기경보체계 구축방안을 세 가지 측면에서 제시한다.

그림 4는 정보기술 기반 설계, 공학적 구현 및 정량적 검증, 전투실험 기반 전력화 검증으로 구성된 전체 체계 구축 방향을 나타낸다. 첫째, 정보기술을 활용하여 실용성 기반 설계방안을 통해 개인 전투원이 착용 및 휴대하기 편한 장비 운용과 이를 위한 IoT(Internet of Things) 기반 경량 센서 노드 구성, 다계층 센서 융합 및 엣지 컴퓨팅 적용 방법을 제시한다. 둘째, 공학적 구현모델 및 정량적 검증방안으로 계층형 시스템 아키텍처, 센서 데이터 처리 및 위협판단 알고리즘, 개인 생존성 중심 정량적 평가지표를 제시한다. 셋째, 전투실험 기반 전력화 검증방안으로 M&S 기반 모의실험, SIL/HIL 기반 장비 연동시험, 사용자 운용성 검증, 야전 운용시험 및 전력화 적용방안을 제시한다. 이를 통해 단순한 개념적 대안에 머무르지 않고, 실제 전장환경에서 개인 생존성 보장 수단으로 활용될 수 있는 공학적·운용적 기반을 제시하고자 한다[11].

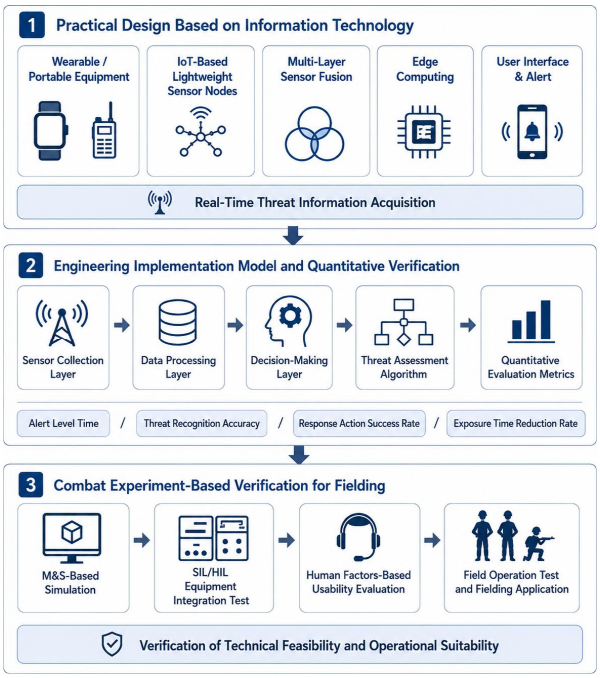


그림 4. 개인용 드론 조기경보체계 구축 방향
Fig. 4. Directions for establishing a drone early warning system for individual combatants

4.1 정보기술 활용을 통한 실용성 기반 설계

개인 전투원의 생존성 보장을 위한 대드론 조기경보체계는 실제 전장에서 개인이 착용 또는 휴대할 수 있는 수준으로 설계되어야 한다. 개인 전투원은 개인화기, 탄약, 보호장구류, 통신장비 등 다양한 장비를 동시에 운용하므로, 조기경보체계는 전투행동에 방해하지 않도록 소형화, 경량화, 편의성, 운용지속성 등의 요소를 핵심 설계 조건으로 갖추어야 한다[12]. 또한 장비 운용 과정에서 불필요한 전파방출로 위치가 노출되지 않도록 설계되어야 한다. 이를 위해 개인 장비 수준에 적용 가능한 IoT 기반 경량 센서 노드가 필요하다. IoT 기반 센서는 개인이 착용하거나 휴대할 수 있는 소형 센서를 통해 소리, 진동, 열, 전파, 영상, 위치정보 등을 수집하고, 이를 개인 단말기 또는 지휘통제체계와 공유하여 드론 접근 여부를 조기에 경보하는 장치이다. 이러한 센서는 헬멧, 전투조끼, 방탄복, 배낭, 손목형 단말 등에 적용될 수 있으며, 개인 또는 분대 단위에서 실시간 공중위협 정보를 획득하는 기반이 된다[13].

드론은 저고도 비행 및 소형 크기의 특성으로 단일 센서만으로는 안정적인 탐지와 식별이 제한된다. 따라서 방공 레이더, RF 신호 탐지, 음향 탐지, EO/IR 영상정보 등 서로 다른 특성을 갖는 센서 데이터를 융합하는 다계층 센서 융합 구조가 필요하다. 레이더는 위치와 항적 정보를 제공하고, RF 센서는 조종 및 영상전송 신호 탐지에 활용되며, 음향 센서는 프로펠러와 전기모터의 고유 소음 특성을 식별한다. EO/IR 영상정보는 드론의 형상과 이동 특성을 확인하는 데 활용된다. 이처럼 센서별 장점을 상호 보완하면 단일 센서 탐지의 한계를 줄이고 위협인지 정확도를 높일 수 있다[14].

정보기술 관점에서 조기경보체계는 센서 계층, 데이터 처리 계층, 의사결정 계층으로 구성할 수 있다. 센서 계층은 다양한 탐지수단으로부터 데이터를 수집하고, 데이터 처리 계층은 잡음 제거, 시간 동기화, 비행 특성 제시 등 전처리를 수행한다. 의사결정 계층은 확률 기반 위협판단 알고리즘과 불확실성 처리 기법을 적용하여 드론 위협 가능성을 산출하고, 이를 개인 전투원에게 경보정보로 제공한다[15]. 또한 본 체계는 엣지 컴퓨팅 기반으로 설계되어야 한다. 전장환경에서는 통신 두절, 전파방해, 지연시간 증가가 발생할 수 있으므로 모든 데이터를 중앙 지휘소로 전송해 처리하는 방식에는 한계가 있다. 따라서 개인 단말 또는 분대급 소형 컴퓨팅 장비에서 센서 데이터를 1차 처리하고, 일정 수준 이상의 위협이 판단될 경우 즉시 경보를 제공해야 한다. 이를 통해 통신 제한 상황에서도 최소 수준의 위협인지 기능을 유지하고, 경보 지연시간과 통신부하 및 보안위험을 줄일 수 있다[16].

그림 5는 IoT 기반 센서노드, 다중센서 융합, 엣지 컴퓨팅, 사용자 경보 인터페이스로 구성된 실용성 기반 설계개념을 나타내며, 결론적으로 정보기술 활용을 통한 실용성 기반 설계는 개인 전투원이 대드론 조기경보체계의 실제 운용 가능성을 결정하는 핵심 요소이다. 본 체계는 IoT 기반 경량 센서 노드, 다계층 센서 융합, 엣지 컴퓨팅, 직관적 경보 인터페이스를 기반으로 드론의 접근 방향, 거리, 위협수준, 권고행동을 제공하여 개인 전투원이 드론 위협을 조기에 인지하고 생존 행동을 신속하게 수행할 수 있도록 해야 한다[17].

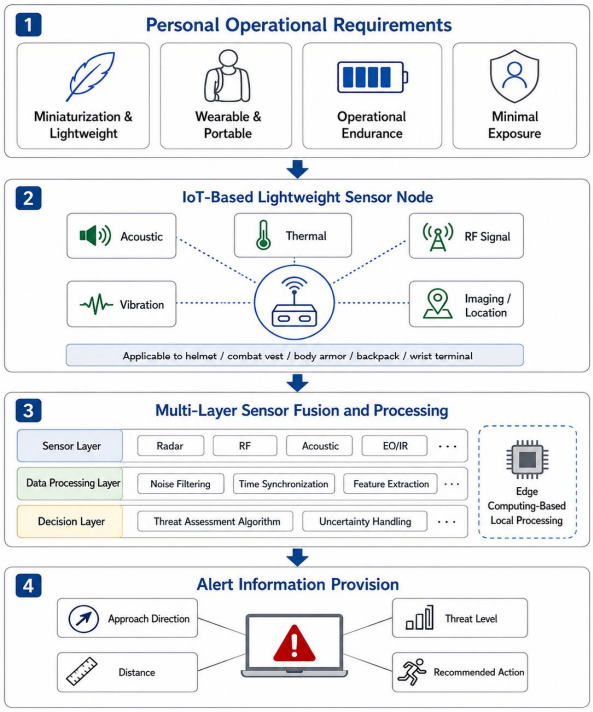


그림 5. 실용성 기반 설계개념
Fig. 5. Practicality-based design concept

4.2 공학적 구현모델 및 정량적 검증방안

개인 전투원의 생존성 보장을 위한 대드론 조기경보체계가 실제 전장환경에서 활용되기 위해서는 체계 구성요소와 데이터 처리 절차, 위협판단 알고리즘, 정량적 검증지표가 함께 제시되어야 한다. 본 체계의 목적은 개인이 드론 위협을 조기에 인지하고 회피·엄폐·기체 공격 등 생존 행동을 수행할 수 있도록 대응 가능한 시간을 확보하는 데 있다[18]. 따라서 공학적 구현모델을 계층형 시스템 아키텍처로 구체화하고, 개인 전투원의 생존성 효과를 계량적으로 평가하기 위한 정량적 검증방안을 제시한다.

본 연구에서 제안하는 개인 대드론 조기경보체계는 ① 정보수집 계층, ② 엣지 컴퓨팅 계층, ③ 데이터 융합 계층, ④ 위협평가 계층, ⑤ 사용자 경보 인터페이스 계층으로 구성된다. 기존 시스템은 주로 지휘소와 주요 자산 위주로 공중위협 정보를 제공하였으나, 본 체계는 개인 또는 분대 단위에서 위협정보를 직접 수집·처리·판단하고, 이를 행동 가능한 경보정보로 전환하는 것을 목표로 한다[19].

본 체계의 데이터 처리 절차는 데이터 수집 → 전처리 → 특징 추출 → 센서 융합 → 위협지수 산

출 → 경보단계 결정 → 사용자 경보 제공의 순서로 이루어진다. 데이터 수집 단계에서는 RF, 음향, EO/IR, 레이더 등 복수 센서로부터 데이터를 획득한다. 전처리 단계에서는 전장 소음, 통신간섭, 영상 흔들림, 이상치 등을 제거하고, 서로 다른 센서 데이터의 시간 기준을 동기화한다. 특징 추출 단계에서는 RF 신호의 세기와 지속시간, 음향 신호의 주파수 특성, EO/IR 영상의 객체 형상과 이동량, 레이더 정보의 거리·방위각·속도·항적정보 등을 추출한다. 이후 센서 융합 단계에서는 센서별 탐지 결과를 통합하여 드론 존재 가능성을 산출하고, 위협평가 단계에서는 개인과 드론 간 상대적 위험도를 계산한다. 센서 융합을 통한 통합 드론 존재 확률은 센서별 탐지확률과 신뢰도 가중치를 반영하여 식 (1)과 같이 산출할 수 있다[20].

$$P_D = \sum_{i=1}^{n} w_i p_i \tag{1}$$

식 (1)에서 P_D는 통합 드론 존재 확률을 의미하며 p_i는 i번째 센서가 산출한 드론 탐지확률, w_i는 i번째 센서의 신뢰도 가중치, n은 활용된 센서의 수를 의미한다. 이때 식 (2)와 같이 센서 가중치는 다음 조건을 만족하도록 정규화한다.

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \tag{2}$$

이 방식은 센서별 특성과 환경조건을 반영할 수 있다는 장점이 있다. 예를 들어 주간 시계가 양호한 환경에서는 EO 영상정보의 가중치를 높일 수 있고, 야간 또는 저시정 환경에서는 IR 열영상 정보의 가중치를 높일 수 있다. 반대로 차량소음이나 폭발음이 큰 환경에서는 음향 센서의 가중치를 낮추어 오탐 가능성을 줄일 수 있다. 따라서 통합 드론 존재 확률은 단일 센서의 탐지 결과보다 전장환경 변화에 더 유연하게 대응할 수 있다[21]. 개인 생존성 관점에서는 드론이 존재하는지 여부뿐만 아니라, 드론이 개인의 위험권에 언제 도달하는지가 중요하다. 따라서 본 연구에서는 드론과 개인 간 상대거리, 위험권 반경, 접근속도를 기반으로 위험권 진입시간을 산출한다[22].

$$T_{danger} = \frac{R - R_{danger}}{V_c} \tag{3}$$

식 (3)에서는 T_{danger}는 드론이 개인 위험권에 진입하기까지 남은 시간, R은 드론과 개인 간 상대거리, R_{danger}는 개인 주변의 위험권 반경, V_c는 드론의 접근속도이다. 이 값은 개인에게 실제로 주어진 대응 가능 시간을 판단하는 핵심 변수이다. 예를 들어 드론이 탐지되었더라도 위험권 진입시간이 충분히 길다면 경계 수준의 경보로 대응할 수 있으나, 위험권 진입시간이 짧을 경우 즉각적인 위험 경보와 회피·엄폐 행동 유도가 필요하다.

최종 위협수준은 드론 존재 확률, 접근위험도, 시간위험도, 군집위험도를 결합하여 통합 위협지수로 산출한다.

$$TI = P_D \times A_r \times T_r \times S_r \tag{4}$$

식 (4)에서는 TI은 통합 위협지수, P_D 통합 드론 존재 확률, A_r은 접근위험도, T_r은 시간위험도, S_r은 군집위험도이다. 접근위험도는 드론이 개인 방향으로 접근하는 정도를 의미하며, 시간위험도는 위험권 진입시간이 짧을수록 높게 산정된다. 군집위험도는 단일 드론보다 복수 드론이 동시에 접근할 경우 개인의 회피 방향 선택이 제한되고 피해 가능성이 증가한다는 점을 반영하기 위한 요소이다. 통합 위협지수는 0에서 1 사이의 값으로 정규화하며, 값이 클수록 개인에게 미치는 위협수준이 높다고 판단한다. 위협지수 산출 이후에는 사용자가 즉각 이해할 수 있도록 경보단계를 단순화해야 한다. 본 연구에서는 위협지수를 기준으로 경보단계를 주의, 경계, 위험의 3단계로 구분한다. 예를 들어 TI<0.3은 주의 단계, 0.3≤ TI<0.7은 경계 단계, TI≥0.7은 위험 단계로 설정할 수 있다. 주의 단계에서는 드론 의심 신호가 존재하나 직접적인 위협수준은 낮은 상태로 판단하여 지속 감시와 이동 준비를 유도한다. 경계 단계에서는 드론 접근 가능성이 존재하므로 접근방향과 거리 정보를 제공하고 엄폐 위치를 확보하도록 한다. 위험 단계에서는 드론이 개인 방향으로 근접하고 있거나 위험권 진입이 임박한 상태로 판단하여 즉각적인 회피·엄폐·분산 행동을 유도한다.

본 체계의 정량적 검증은 기존 대드론체계에서 주로 활용되는 요격 성공률 중심 평가와 구분되어야 한다. 개인 대드론 조기경보체계의 핵심 목적은 드론을 격추하는 것이 아니라, 개인에게 위협을 조기에 알려 대응시간을 확보하고 위험노출을 줄이는 데 있기 때문이다.

표 1은 통합 위협지수에 따른 경보단계와 개인 전투원의 대응행동 기준을 나타낸다. 따라서 본 연구에서는 탐지 성능, 실시간성, 위협인지, 대응행동, 생존성 향상 효과를 종합적으로 평가하기 위해 다음과 같은 정량적 평가지표를 설정한다[23].

표 1. 위협지수 기반 경보단계 및 행동기준
Table 1. Alert stages and behavior criteria based on threat index

Threat index	Alert stage	Criteria	Behavior
TI < 0.3	Caution	Suspected drone signals	Increased surveillance, ready to move
0.3≤ TI<0.7	Warning	Possible approach	Move to cover
TI≥0.7	Danger	Imminent close approach	Immediate evasion, cover, and dispersion

표 2. 드론 조기경보시스템 성능평가 기준
Table 2. Performance evaluation criteria for the drone early warning system

Category	Evaluation metric	Definition
Detection performance	Detection rate	Ratio of successfully detected drones in actual drone approach scenarios
Reliability	False alarm rate	Ratio of alarms triggered when no drone is present
Real-time capability	Alarm latency	Time elapsed from sensor detection to user alert
Survivability	Alarm lead time	Secured time from alarm occurrence until drone enters the danger zone
Cognitive performance	Threat recognition accuracy	Ratio of cases where the user correctly identifies approach direction, distance, and threat level
Behavioral performance	Response action success rate	Ratio of appropriate actions performed within the time limit
Effectiveness	Exposure reduction rate	Reduction ratio of time exposed to the danger zone before and after applying the system

표 2는 드론 조기경보시스템의 성능평가 기준을 나타낸다. 이 중 경보 리드타임과 피해노출시간 감소율은 본 체계의 효과성을 판단하는 핵심 지표이다[24]. 경보 리드타임은 개인이 경보를 수신한 시점부터 드론이 위험권에 진입하기 전까지 확보된 시간으로, 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$T_{\leq ad} = T_{danger} - T_{alert} \tag{5}$$

식 (5)에서 $T_{\leq ad}$는 경보 리드타임, T_{danger}는 드론이 위험권에 진입하기까지 남은시간, T_{alert}는 센서 탐지 후 사용자에게 경보가 제공되기까지의 지연시간을 의미한다. 경보 리드타임이 클수록 개인은 회피, 엄폐, 분산, 연막 운용 등 생존 행동을 수행할 수 있는 시간적 여유를 확보하게 된다.

피해노출시간 감소율은 조기경보체계 적용 전후 개인이 위험권에 노출된 시간이 얼마나 감소했는지를 나타내는 지표로, 다음과 같이 산출할 수 있다.

$$R_{\exp osure} = \frac{T_{\exp osure,\text{미적용}} - T_{\exp osure,system}}{T_{\exp osure,\text{미적용}}} \times 100 \tag{6}$$

식 (6)에서 $R_{\exp osure}$는 피해노출시간 감소율, $T_{\exp osure,\text{미적용}}$은 경보체계 미적용 조건에서의 위험노출시간, $T_{\exp osure,system}$은 경보체계 적용 조건에서의 위험노출시간을 의미한다. 이 지표는 조기경보체계가 단순히 위협을 탐지하는 수준을 넘어 실제로 개인의 위험노출을 얼마나 감소시켰는지를 평가하는 데 활용된다.

종합하면, 제시한 공학적 구현모델은 대드론 조기경보체계가 센서 수집 - 엣지 처리 - 데이터 융합 - 위협평가 - 사용자 경보 제공의 일련의 절차를 통해 실제로 동작할 수 있음을 보여준다[25]. 또한 통합 드론 존재 확률, 위험권 진입시간, 통합 위협지수, 경보 리드타임, 피해노출시간 감소율 등 정량적 수식을 제시함으로써, 제안 체계가 개인 생존성 향상 효과를 계량적으로 평가할 수 있는 기반을 제공한다. 본 연구에서는 제안한 드론 조기경보모델의 초기 타당성을 확인하기 위해 Python 기반 시나리오 모의실험을 수행하였다. 본 모의실험은 실제 군 장비의 절대 성능을 검증하기보다, 제한된 가상 조

건에서 센서융합 및 위협지수 산출 절차가 정상적으로 작동하는지를 확인하는 데 목적이 있다. 주요 입력변수는 표 3과 같이 설정하였다.

표 3. Python 기반 시나리오 모의실험 입력조건
Table 3. Input conditions for Python-based scenario simulation

Variable	Value	Description
Initial distance, R_0	300, 500, 800 m	Initial distance between drone and soldier
Approach speed, V_C	10, 15, 20 m/s	Drone approach speed
Danger radius, R_{danger}	30 m	Threshold radius for direct threat
Number of drones, N	1, 3, 5	Single or swarm approach
Sensor detection probability, P_i	0.45 - 0.90	RF, acoustic, EO/IR, and radar detection probability
Sensor weight, w_i	$\sum w_i = 1$	Reliability weight of each sensor
Alarm latency, T_{alert}	0.5 - 2.0 s	Time from detection to user alert

표 3은 모의실험에 적용한 주요 입력조건을 나타낸다. 초기거리와 접근속도는 개인 전투원이 확보할 수 있는 대응시간을 결정하며, 위험권 반경은 직접적 위협을 판단하는 공간적 기준으로 설정하였다. 센서 탐지확률과 센서 가중치는 통합 드론 존재확률 산출에 활용하였으며, 이를 바탕으로 통합 위협지수, 경보 리드타임, 피해노출시간 감소율을 계산하였다. 표 3의 입력조건을 바탕으로 가상 드론 접근 시나리오를 구성하여 초기 모의실험을 수행하였다. 모의실험에서는 센서 탐지확률과 신뢰도 가중치를 반영하여 통합 드론 존재확률과 통합 위협지수를 산출하였으며, 위험권 진입시간, 경보 리드타임, 피해노출시간 감소율을 계산하였다. 그 결과는 표 4와 같다. 표 4는 Python 기반 가상 드론 접근 시나리오에 대한 초기 모의실험 결과를 나타낸다. 모의실험 결과, 제안 알고리즘은 제한된 가상 조건에서 100.0%의 탐지율과 0.0%의 오경보율을 보였으며, 평균 통합 드론 존재확률은 0.168로 산출되었다. 평균 위험권 진입시간은 12.86초, 평균 경보 리드타임은 8.26초로 나타났고, 조기경보체계 적용 시 피해노출시간 감소율은 64.22%로 계산되었다. 이는 제안한 센서융합 및 위협지수 산출 절차가 개인 생존성 중심 지표인 경보 리드타임과 피해노출시간 감소율로 연결될 수 있음을 보여준다.

표 4. Python 기반 시나리오 모의실험 결과
Table 4. Results of Python-based scenario simulation

Scenario	Virtual drone approach scenario
Detection rate	100.0%
False alarm rate	0.0%
Mean detection probability	0.168
Mean time to danger zone	12.86 s
Mean alarm lead time	8.26 s
Exposure reduction rate	64.22%

다만 표 4의 결과는 실제 군 장비나 실비행 드론 데이터를 기반으로 한 절대적 성능값이 아니라, 제한된 가상 입력조건에서 제안 알고리즘의 계산 가능성과 평가지표 적용 가능성을 확인하기 위한 초기 모의실험 결과로 참고문헌을 활용하였다[26].

향후 연구에서는 실제 RF, 음향, EO/IR, 레이더 데이터를 수집하여 센서별 탐지확률과 신뢰도 가중치를 보정하고, SIL/HIL 기반 장비 연동시험과 야전 운용시험을 통해 제안 체계의 실효성을 검증할 필요가 있으며, SIL/HIL 기반 검증 절차는 참고문헌의 연구방법을 활용하였다[27].

4.3 전투실험 기반 전력화 검증

앞에서 제시한 공학적 구현모델과 정량적 검증지표가 실제 군 운용환경에서 활용되기 위해서는 전장 환경을 고려한 단계적 전투실험과 체계검증이 필요하다. 본 연구에서 제안하는 대드론 조기경보체계는 기존 요격 중심 체계와 달리, 개인이 드론 위협을 조기에 인지하고 회피·엄폐·분산 등 생존 행동을 수행할 수 있도록 지원하는 것을 목표로 한다. 따라서 평가 기준은 요격 성공률이 아니라 경보 리드타임, 위협인지 정확도, 대응행동 성공률, 피해노출시간 감소율 등 개인 생존성 중심의 지표로 설정되어야 한다. 본 체계는 RF 탐지, 음향

탐지, EO/IR 영상, 방공 레이더 정보, 엣지 컴퓨팅, 센서 융합 알고리즘, 사용자 경보 인터페이스 등 다양한 기술요소가 결합된 복합체계이다. 따라서 군 자체 실험만으로는 기술 성숙도 확보와 신속한 전력화에 한계가 있으므로, 민간 방산기업, 연구기관, 대학 등과 연계한 민·군 협력형 검증 및 전력화 방식이 필요하다. 본 연구에서는 전력화 검증 절차를 ① M&S 기반 모의실험, ② SIL/HIL 기반 장비 연동시험, ③ 사람요인 기반 사용자 운용성 검증, ④ 야전 운용시험 및 전력화 적용의 4단계로 제시한다. 첫째, M&S 기반 모의실험에서는 드론 위협 모델, 센서 탐지 모델, 데이터 처리 모델, 개인 행동반응 모델을 구성하고 가상 전장환경에서 제안 체계의 적용 가능성을 검증한다. 이 단계에서는 AFSIM, OneSAF, VBS4, MATLAB/Simulink, Python, ROS2, Gazebo, AirSim 등을 활용하여 드론 접근 시나리오, 센서 탐지특성, 위협판단 알고리즘, 개인 반응을 모의할 수 있는 것으로 확인하였다 [28]. 둘째, SIL/HIL 기반 장비 연동시험에서는 M&S 단계에서 검증된 알고리즘을 실제 RF 탐지 모듈, 음향 센서, EO/IR 카메라, 임베디드 컴퓨팅 플랫폼과 연동하여 실시간 처리 가능성을 검증한다. 주요 평가항목은 데이터 처리 지연시간, 통신 제한 상황에서의 지속 운용성, 전자기적 잡음 및 소음환경에서의 탐지 신뢰성, 배터리 지속시간, 착용 편의성, 군 보안체계 적용 가능성 등이다.

셋째, 사람요인 기반 사용자 운용성 검증에서는 경보정보가 실제 사용자의 상황인식과 대응행동에 미치는 영향을 평가한다. 시각·청각·촉각 경보 방식을 비교하여 반응시간, 위협방향 인지 정확도, 의사결정 정확도, 대응행동 성공률, 인지부하 수준을 측정하고, 어떤 경보 방식이 생존 행동으로 가장 빠르게 연결되는지를 분석한다. 넷째, 야전 운용시험 및 전력화 적용 단계에서는 개활지, 산악지형, 도시지역, 야간환경, 소음환경, 통신 제한환경 등 전장 유사 조건에서 장비 운용성과 체계 통합성을 평가한다. 이 단계에서는 실제 경보 리드타임, 위협인지 정확도, 대응행동 성공률, 장비 착용성, 배터리 지속시간, 네트워크 안정성, C4I 및 방공감시자산과의 연동 가능성을 확인한다.

결론적으로 본 체계의 전투실험은 단순한 드론 탐지 성능검증이 아니라, 정보 제공이 개인 생존성을 얼마나 향상시키는가를 계량적으로 입증하는 과정이어야 한다. 이를 위해 M&S, SIL/HIL, 사람요인 검증, 야전 운용시험을 단계적으로 수행함으로써 제안 체계의 공학적 타당성과 작전적 적합성, 전력화 가능성을 검증할 수 있다. 그림 6은 M&S, SIL/HIL, 사용자 운용성 평가, 야전 운용시험으로 구성된 단계별 전력화 검증 절차를 나타낸다.

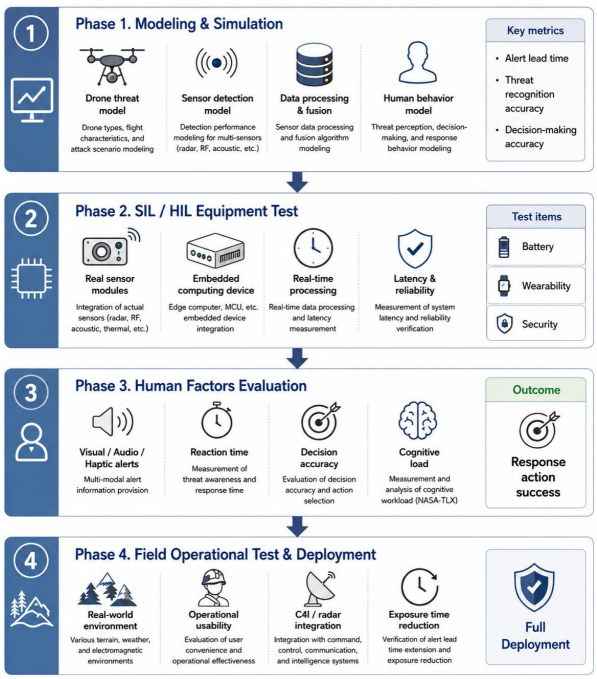


그림 6. 운용성 검증 및 전력화 적용을 위한 핵심요소
Fig. 6. Key elements for operational verification and fielding

V. 결론 및 향후 과제

본 연구는 현대전에서 드론이 개인을 직접 탐지·식별·추적·공격할 수 있는 전술수단으로 발전하고 있다는 문제인식에 기반하여, 개인 전투원의 생존성 보장을 위한 대드론 조기경보체계의 필요성과 구축 방안을 제시하였다. 기존 대드론 대응체계가 국가중요시설, 군사중요시설, 주요 무기체계 및 지휘소 방호를 중심으로 발전해 왔다면, 본 연구는 개인 전투원이 드론 위협을 조기에 인지하고 회피·엄폐·분산 등 생존 행동을 수행할 수 있도록 지원하는 개인 중심의 정보기술 기반 대응체계를 제안하였다는 점

에서 차별성을 가진다. 이를 위해 본 연구에서는 정보기술 활용을 통한 실용성 기반 설계방안, 공학적 구현모델 및 정량적 검증방안, 전투실험 기반 전력화 검증방안을 단계적으로 제시하였다. 구체적으로 개인 착용형·휴대형 운용 개념, IoT 기반 경량 센서 노드, 다계층 센서 융합, 엣지 컴퓨팅 기반 실시간 처리 구조를 제안하였으며, 센서 수집 계층, 엣지 컴퓨팅 계층, 데이터 융합 계층, 위협평가 계층, 사용자 경보 인터페이스 계층으로 구성되는 계층형 시스템 아키텍처를 제시하였다. 또한 통합 드론 존재 확률, 위험권 진입시간, 통합 위협지수 등을 활용하여 드론 위협을 정량적으로 판단할 수 있는 공학적 검증 논리를 제시하였다.

특히 본 연구는 개인 생존성 보장 효과를 평가하기 위한 핵심 지표로 경보 리드타임, 위협인지 정확도, 대응행동 성공률, 피해노출시간 감소율을 제안하였다. 이는 대드론 조기경보체계가 단순 탐지장비가 아니라 개인에게 대응 가능한 시간을 제공하고 위험노출을 감소시키는 생존성 보장체계로 평가되어야 함을 의미한다. 실질적인 전력화 검증 측면에서 중요하게 평가할 요소는 M&S 기반 모의실험, SIL/HIL 기반 장비 연동시험, 사용자 운용성 검증, 야전 운용시험 및 전력화 적용으로 이어지는 단계적 검증 절차를 제시하였다. 이러한 접근은 가상모델 검증에서 실제 운용환경 검증으로 확장되는 구조이며, 제안한 체계의 공학적 타당성과 작전적 적합성을 함께 확인하기 위한 방법이다[29]. 또한 기술성숙도 확보와 신속한 전력화를 위해 민간 방산기업, 연구기관, 대학 등과 연계한 민·군 협력형 개발이 필요함을 제시하였다.

다만 본 연구는 실제 전장 데이터를 활용한 실증실험에 제한이 있었다는 한계를 가진다. 군 운용환경의 특성 및 보안상 공중위협 탐지자료, 전장 상황자료, 개인 행동반응 자료 등은 직접 활용이 제한된다. 이에 따라 본 연구는 상용 센서 기술, 영상처리 기술, 통신기술, 인공지능 기반 데이터 분석 기술을 활용한 모의실험 및 단계적 검증방안을 중심으로 접근하였다. 향후 연구에서는 RF 신호, 음향정보, EO/IR 영상, 레이더 항적정보 등 다중 센서 데이터를 축적하여 학습용 데이터셋을 구축하고, 실제 드론 접근 상황에서 센서별 탐지확률과 신뢰도 가중치를 보정할 필요가 있다. 또한 개인 착용형 장비로 발전시키기 위해 소형화, 경량화, 저전력화, 배터리 지속시간, 착용 편의성, 통신 안정성, 보안성 등 다양한 요소에서 후속 검증이 요구되는 것을 확인했다[30]. 아울러 경보정보가 실제 생존 행동으로 연결될 수 있도록 시각·청각·촉각 기반 경보 인터페이스를 통해 개인 중심의 대응효과 연구도 병행되어야 한다.

이러한 연구 결과는 향후 군의 개인 생존성 보장체계 발전, 드론 위협 대응 교리 및 교범, 민·군 협력 대드론 기술개발, C4I 기반 공중위협 정보공유체계 발전을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

References

[1] U.S. Department of Defense, "Counter-Small Unmanned Aircraft Systems Strategy", Department of Defense, Jan. 2021. https://media.defense.gov/2021/Jan/07/2002561080/-1/-1/0/DEPARTMENT-OF-DEFENSE-COUNTER-SMALL-UNMANNED-AIRCRAFT-SYSTEMS-STRATEGY.pdf. [accessed: Apr. 27, 2026]

[2] C. Rhodes, "Small Aircraft, Sizeable Threats: Preparing Army to Counter Small Uncrewed Aerial Systems", Australian Army Research Centre, Occasional Paper, pp. 3-5, Aug. 2024. https://doi.org/10.61451/267507.

[3] J. Wang, Y. Liu, and H. Song, "Counter-Unmanned Aircraft System(s) (C-UAS): State of the Art, Challenges, and Future Trends", IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, Vol. 36, No. 3, pp. 4-29, Mar. 2021. https://doi.org/10.1109/MAES.2020.3015537.

[4] A. Sharma, P. Vanjani, N. Paliwal, C. M. W. Basnayaka, D. N. K. Jayakody, H.-C. Wang, and P. Muthuchidambaranathan, "Communication and Networking Technologies for UAVs: A Survey", Journal of Network and Computer Applications, Vol. 168, Art. no. 102739, Oct. 2020. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102739.

[5] X. Chen, J. Tang, and S. Lao, "Review of

Unmanned Aerial Vehicle Swarm Communication Architectures and Routing Protocols", Applied Sciences, Vol. 10, No. 10, Art. no. 3661, May 2020. https://doi.org/10.3390/app10103661.

[6] W. Meng, X. Zhang, L. Zhou, H. Guo, and X. Hu, "Advances in UAV Path Planning: A Comprehensive Review of Methods, Challenges, and Future Directions", Drones, Vol. 9, No. 5, Art. no. 376, May 2025. https://doi.org/10.3390/drones9050376.

[7] F. Ma, R. Zhang, B. Zhu, and X. Yang, "A Lightweight UAV Target Detection Algorithm Based on Improved YOLOv8s Model", Scientific Reports, Vol. 15, Art. no. 15352, May 2025. https://doi.org/10.1038/s41598-025-00341-7.

[8] D. Hambling, "Moving Targets: Implications of the Russo-Ukrainian War for Drone Terrorism", Combating Terrorism Center at West Point, Vol. 18, No. 7, Jul. 2025.

[9] J. H. Shim, E. C. Hwang, C. K. Son, and Y. S. Ryu, "Anti-Drone Countermeasures According to Drone Accident Cases and Technology Trend", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 24, No. 2, pp. 651-659, Feb. 2023. https://doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.2.651.

[10] N. Sirisha, B. Krishna, R. N. Kumar, K. R. Prasad, and S. R. Reddy, "AI-Driven Predictive Health Monitoring and Early Warning Systems for Enhanced Soldier Safety in IoT-Enabled Wearable Devices", E3S Web of Conferences, Vol. 619, Art. no. 03003, Mar. 2025. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202561903003.

[11] Y. S. Choi, "Technical Analysis and Future Prospects of Fog and Edge Computing from the IoT Perspective", Journal of The Korea Institute of Next Generation Computing, Vol. 16, No. 6, pp. 3-11, Dec. 2020. https://doi.org/10.23019/kingpc.16.6.202012.003.

[12] D. H. Kim, "A Study on the Development Direction of Weapon Systems Using Wearable Devices for Future Military Combatants", Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 24, No. 2, pp. 576-582, Feb. 2023. https://doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.2.576.

[13] H. Shi, Y. Zeng, H. Chen, Y. Zhu, and Q. Ma, "Systematic Analysis of a Military Wearable Device Based on a Multi-Level Fusion Framework: Research Directions", Sensors, Vol. 19, No. 12, Art. no. 2651, Jun. 2019. https://doi.org/10.3390/s19122651.

[14] S. Samaras, E. Diamantidou, D. Ataloglou, N. Sakellariou, A. Vafeiadis, V. Magoulianitis, A. Lalas, A. Dimou, D. Zarpalas, K. Votis, and P. Daras, "Deep Learning on Multi Sensor Data for Counter UAV Applications: A Systematic Review", Sensors, Vol. 19, No. 22, Art. no. 4837, Nov. 2019. https://doi.org/10.3390/s19224837.

[15] F. Arapoglou, P. Zacharia, and M. Papoutsidakis, "Intelligent Counter-UAV Threat Detection Using Hierarchical Fuzzy Decision-Making and Sensor Fusion", Sensors, Vol. 25, No. 19, Art. no. 6091, Sep. 2025. https://doi.org/10.3390/s25196091.

[16] Y. Li, X. Wang, and J. Liu, "Analysis of Key Technologies in Edge Computing and Artificial Intelligence for Military Applications", Proc. 2025 5th International Conference on Computer Science and Blockchain, Shenzhen, China, pp. 691-696, Aug. 2025. https://doi.org/10.1145/3773365.3773552.

[17] Q. Cheng, S. Zhu, J. Yue, and H. Zhang, "A Real-Time UAV Target Detection Algorithm Based on Edge Computing", Drones, Vol. 7, No. 2, Art. no. 95, Feb. 2023. https://doi.org/10.3390/drones7020095.

[18] M. Silvagni, A. Tonoli, E. Zenerino, and M. Chiaberge, "Multipurpose UAV for Search and Rescue Operations in Mountain Avalanche Events", Geomatics, Natural Hazards and Risk, Vol. 8, No. 1, pp. 18-33, 2017. https://doi.org/10.1080/19475705.2016.1238852.

[19] F. Svanström, F. Alonso-Fernandez, and C. Englund, "Drone Detection and Tracking in

Real-Time by Fusion of Different Sensing Modalities", Drones, Vol. 6, No. 11, Art. no. 317, Oct. 2022. https://doi.org/10.3390/drones6110317.

[20] K. Yue, B. Xu, J. Zhang, and J. Yang, "Multi-Sensor Data Fusion for Autonomous Flight of Unmanned Aerial Vehicles in Complex Flight Environments", Drone Systems and Applications, Vol. 12, Art. no. 0005, Mar. 2024. https://doi.org/10.1139/dsa-2024-0005.

[21] W. Wu, W. Jie, A. Luo, X. Liu, and W. Luo, "Data-Fusion-Based Algorithm for Assessing Threat Levels of Low-Altitude and Slow-Speed Small Targets", Sensors, Vol. 25, No. 17, Art. no. 5510, Sept. 2025. https://doi.org/10.3390/s25175510.

[22] P. Sánchez, G. Hérnandez, J. Fabra, and J. Ezpeleta, "Real-Time Collision-Free Navigation of Multiple UAVs Based on Bounding Boxes", Electronics, Vol. 9, No. 10, Art. no. 1632, Oct. 2020. https://doi.org/10.3390/electronics9101632.

[23] S. Dafrallah and M. A. Akhloufi, "Malicious UAV Detection Using Various Modalities", Drone Systems and Applications, Vol. 12, pp. 1-18, Mar. 2024. https://doi.org/10.1139/dsa-2023-0049.

[24] F. M. Morales and P. M. Suárez, "From Alert to Action: Social Latency of Citizen Response to Cell Broadcast Warnings During the ES-Alert Drill in Gran Canaria (Spain)", International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol. 129, Art. no. 105794, Oct. 2025. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2025.105794.

[25] S. Khatiri, S. Panichella, and P. Tonella, "Simulation-Based Test Case Generation for Unmanned Aerial Vehicles in the Neighborhood of Real Flights", Proc. 16th IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST), Dublin, Ireland, pp. 281-292, Apr. 2023. https://doi.org/10.1109/ICST57152.2023.00034.

[26] A. Mohamoud, G. D. Cubber, D. Doroftei, and D. Serrano, "A Performance Evaluation for Systems for the Detecting, Tracking and Identification of Drones", Proc. SPIE 13207, Counterterrorism, Crime Fighting, Forensics, and Surveillance Technologies VIII, Edinburgh, United Kingdom, Vol. 13207, Oct. 2024. https://doi.org/10.1117/12.3034026.

[27] W. Adiprawita, A. S. Ahmad, and J. Sembiring, "Hardware in the Loop Simulator in UAV Rapid Development Life Cycle", arXiv preprint arXiv:0804.3874, pp. 5-6, Apr. 2008. https://doi.org/10.48550/arXiv.0804.3874.

[28] U.S. Department of War, "The Standard Guidelines for Test and Evaluation of Counter-Unmanned Aircraft Systems", U.S. Department of War, Mar. 2026. https://www.war.gov/News/Releases/Release/Article/4429866/the-standard-guidelines-for-test-and-evaluation-of-counter-unmanned-aircraft-sy/. [accessed: Apr. 27, 2026]

[29] S. Kodam, N. Bharathgoud, and B. Ramachandran, "A Review on Smart Wearable Devices for Soldier Safety During Battlefield Using WSN Technology", Materials Today: Proceedings, Vol. 33, No. 7, pp. 4578-4585, 2020. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.191.

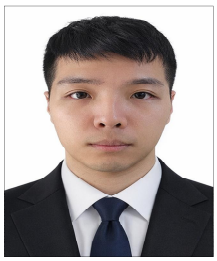
[30] Q. Hu, X. Shen, X. Qian, G. Huang, and M. Yuan, "The Personal Protective Equipment (PPE) Based on Individual Combat: A Systematic Review and Trend Analysis", Defence Technology, Vol. 28, pp. 195-221, Oct. 2023. https://doi.org/10.1016/j.dt.2022.12.007.

저자소개

박 경 근 (Kyung-Keun Park)

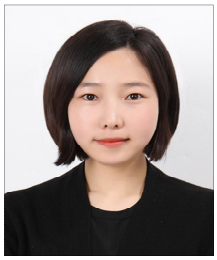
2013년 3월 : 육군 방공병과 임관
2023년 7월 : 서울과학기술대학교 일반대학원 방호공학과(공학석사)
2024년 9월 ~ 2026년 6월 : 건국대학교 미래국방기술융합학과(박사수료)
2024년 9월 ~ 현재 : 3군단 방공작전통제장교 육군 소령
관심분야 : 대드론체계, 안전공학, AI정보기술 융합

김 정 호 (Jung-ho Kim)



2013년 3월 : 육군 공병병과 임관
2024년 3월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 국방방호학과 석사과정
2024년 9월 ~ 현재 : 육군 소령
관심분야 : 드론방호체계, 군사방호설계, FPV드론 대드론전력연구

정 채 윤 (Chae-yoon Jung)



2006년 6월 : 육군 전술통신 장비정비 임관
2023년 8월 : 경희대학교 경영대학원(경영학석사)
2014년 1월 ~ 2026년 1일 : 육군 56사단 드론교육센터 드론지도교관
2024년 9월 ~ 현재 : 육군 상사
관심분야 : FPV드론, 대드론체계