



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

드론 기반 테러리즘 위협에 대비한
국가중요시설 방호 전략 연구
- 3지대 방호 개념을 중심으로



한성대학교 국방과학대학원

국 방 전 력 학 과

국 방 사 업 관 리 전 공

송 채 근

석사학위논문
지도교수 김형석

드론 기반 테러리즘 위협에 대비한 국가중요시설 방호 전략 연구

— 3지대 방호 개념을 중심으로

A Study on National Critical Infrastructure Protection
Strategies Against Drone-Based Terrorism Threats:
Focusing on the Three-Zone Defense Concept



HANSUNG
UNIVERSITY

2025년 6월 일

한성대학교 국방과학대학원

국 방 전 력 학 과

국 방 사 업 관 리 전 공

송 채 근

석사학위논문
지도교수 김형석

드론 기반 테러리즘 위협에 대비한 국가중요시설 방호 전략 연구

－ 3지대 방호 개념을 중심으로

A Study on National Critical Infrastructure Protection
Strategies Against Drone-Based Terrorism Threats:
Focusing on the Three-Zone Defense Concept

위 논문을 국방전력학 석사학위 논문으로 제출함

2025년 6월 일

한성대학교 국방과학대학원

국 방 전 력 학 과

국 방 사 업 관 리 전 공

송 채 근

송채근의 국방전력학 석사학위 논문을 인준함

2025년 6월 일



심사위원장 김 홍 빈 (인)

심 사 위 원 김 두 형 (인)

심 사 위 원 김 형 석 (인)

국 문 초 록

드론 기반 테러리즘 위협에 대비한 국가중요시설 방호 전략 연구

한 성 대 학 교 국 방 과 학 대 학 원

국 방 전 력 학 과

국 방 사 업 관 리 전 공

송 채 근

드론 기반 테러리즘은 국가중요시설에 대한 새로운 위협으로 부상하고 있으며, 이에 효과적으로 대응하기 위한 체계적인 방호 전략이 요구된다. 본 연구는 국내에서 활용 가능한 35종의 상용 드론을 대상으로 탑재중량, 최고속도, 비행시간을 핵심 변수로 설정하여 위험성 평가 및 최적 방호 전략을 제시하였다. 위험 기반 접근법을 적용한 결과, 드론의 위험도를 4등급(최고·고·중·저)으로 분류하고, 이에 기반하여 1차(15km)·2차(5km)·3차(2.5km) 방호지대 체계를 개발하였다. 기존의 고정거리 방식과 달리, 본 연구에서는 드론의 물리적 특성인 탑재중량과 도달시간, 파편 안전거리의 작전적 영향을 통합 고려함으로써 효과적인 방호체계 구축을 제안했다. 연구 결과를 바탕으로 드론위협 대응을 위한 법·제도적 개선, 위험군별 맞춤형 대응기술 도입 전략 등을 제시하였으며, 향후 다중 드론공격 대응, 인공지능 기반 탐지·추적 시스템 등에 관한 후속 연구의 필요성을 도출하였다.

[주요어] 드론, 안티드론, 국가중요시설, 테러리즘, 탑재중량, 방호지대

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 목적	1
제 2 절 연구의 범위와 방법	4
제 2 장 이론적 배경 및 선행연구 검토	6
제 1 절 드론	6
제 2 절 국가중요시설	27
제 3 절 안티드론	30
제 4 절 선행연구 검토	35
제 3 장 연구 설계 및 분석 방법	41
제 1 절 연구 대상 선정 및 자료 수집	41
제 2 절 탑재중량 및 폭발물 위험성 분석 방법	41
제 3 절 비행속도 및 접근시간 분석	45
제 4 절 위험 요인 통합 분류 체계 구축	48
제 4 장 연구 결과	53
제 1 절 드론의 탑재중량 및 폭발물 위험성 분석	53
제 2 절 드론의 속도 특성 및 대응시간 분석	55
제 3 절 통합 위험 분류 체계 개발	56
제 4 절 위험군별 최적 3지대 방호 전략	58

제 5 장 논의 및 시사점	60
제 1 절 학술적 시사점	60
제 2 절 실무적 적용 및 정책적 함의	61
제 3 절 연구의 한계 및 후속 연구 방향	63
제 6 장 결 론	64
참 고 문 헌	65
부 록	72
ABSTRACT	74



표 목 차

[표 2-1] 드론의 다양한 명칭 및 개념	7
[표 2-2] 드론의 분류	8
[표 2-3] 국내 드론산업 시장규모	14
[표 2-4] 국가중요시설의 대상	29
[표 2-5] 국가중요시설의 지정	29
[표 2-6] 탐지 기술의 장·단점	33
[표 2-7] 식별 기술의 장·단점	33
[표 2-8] 추적 기술의 장·단점	34
[표 2-9] 무력화 기술의 장·단점	35
[표 2-10] 선행연구 요약	39
[표 3-1] 드론의 안전거리(예)	44
[표 3-2] 위험군 분류 및 특성	51
[표 4-1] 등간격 구간화 적용 결과에 따른 드론 분류	56
[표 4-2] 위험군별 특성	58
[표 4-3] 위험군별 방호 전략	59

그 립 목 차

[그림 1-1] 제20차 국가테러대책위원회	2
[그림 1-2] 드론을 기반으로 한 우크라이나의 종심공격	3
[그림 2-1] 농약 방제용 드론과 택배 운송용 드론	6
[그림 2-2] 오스트리아의 Balloon Bombing	9
[그림 2-3] 미국의 Sperry Aerial Torpedo와 영국의 Queen Bee	10
[그림 2-4] 미국의 Firebee	10
[그림 2-5] 국내 최초의 드론 RQ-101	12
[그림 2-6] 국방과학연구소에서 개발된 S 드론	13
[그림 2-7] 미국의 RQ-4와 MQ-1	15
[그림 2-8] 이스라엘의 Orbiter-1K	16
[그림 2-9] 중국의 공중분리형 드론과 드론 택시 성스룽	17
[그림 2-10] 러시아의 Lancet	18
[그림 2-11] 우크라이나의 SYPAQ PPDS(골판지 드론)	19
[그림 2-12] 이스라엘의 지하터널 탐색 드론과 AI 광학 조준기	21
[그림 2-13] AESA 레이더 돔을 장착한 II-76MD과 AEW&C	23
[그림 2-14] 국가중요시설 3지대 방호개념	30
[그림 3-1] 드론정보포털의 드론 제원 검색	41
[그림 3-2] 드론 대응을 위한 가용시간	45
[그림 3-3] 드론 모델별 방호 중심점 도달시간	47
[그림 4-1] 연구에 사용된 드론 제원 분포	53
[그림 4-2] MEGA6 형상 및 주요 제원	54
[그림 4-3] FFW-015 형상 및 주요 제원	55

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 목적

드론을 기반으로 하는 국가중요시설에 대한 테러리즘은 21세기에 들어 새롭게 부상한 안보 위협으로 기술적인 발전에 따라 접근성 향상, 성능 증대, 그리고 활용범위 확장으로 그 위험성이 급증하고 있다. 탑재능력과 원격조종 기술의 발전은 드론에 대한 전통적인 물리적 대응체계의 취약점을 노출시키며, 기존 재래식 방공체계로는 대응하기 어려운 새로운 유형의 위협으로 발전하고 있다.

국제적으로 2018년 베네수엘라 대통령 암살시도¹⁾와 2019년 사우디아라비아 석유시설 공격²⁾, 그리고 최근 러시아-우크라이나 전쟁³⁾에서의 드론 활용 사례를 통해 드론은 취미용 기기에서 더 나아가 효과적인 공격수단으로 진화했음이 입증되고 있다. 국내에서도 2022년 북한 드론의 영공 침범 사건⁴⁾이 보여주듯, 드론 기반 위협은 이미 현실화되었다.

이처럼 드론 기반 테러리즘의 위협이 증대되고 있는 가운데 대한민국 정부도 2025년 3월 정부서울청사에서 제20차 국가테러대책위원회를 개최하였다[그림 1-1]. 정부는 테러 위협요인을 선제적으로 제거하고, 테러로부터 안전한 대한민국을 유지한다는 테러 대응활동 목표를 중심으로 ‘2025년 국가대테러활동 추진계획’을 심의·의결하였다. 일부 추진계획의 내용을 보면, 약 271억원이 투입되어 국가중요시설 17곳에 대한 안티드론 장비 구축과 기술 연구개발, 시험평가 등이 진행될 예정이다.

- 1) 2018년 8월 5일 베네수엘라 국가방위군 창설 81주년 행사에서 드론에 탑재된 폭탄으로 니콜라스 마두로 베네수엘라 대통령을 암살시도한 사건
- 2) 2019년 9월 14일 예멘 반군의 드론이 사우디아라비아의 국영석유회사 아람코의 석유시설과 유전을 피폭한 사건
- 3) 2022년 2월 24일 NATO 확장에 대한 러시아의 반발, 우크라이나의 서방 기조 강화, 크림반도 병합 등의 원인으로 러시아가 우크라이나를 침공한 전쟁
- 4) 2022년 12월 26일 북한의 드론이 군사분계선(MDL)을 넘어 대한민국 김포시, 파주시를 포함한 경기도 일대와 강화도 인근의 영공을 침범한 사건



[그림 1-1] 제20차 국가테러대책위원회⁵⁾

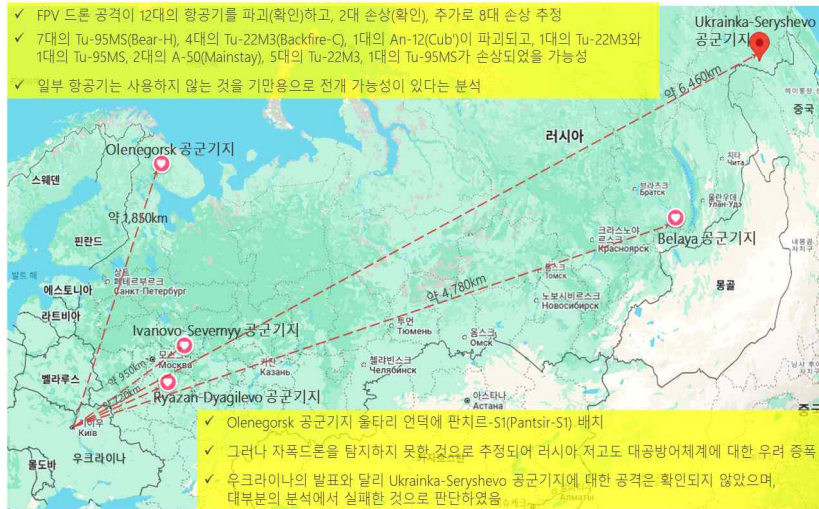
가장 최근의 사례로 2025년 6월 우크라이나는 ‘거미줄(Spiderweb)’이라는 명칭의 작전을 개시하여 러시아 내륙 깊숙한 전략 공군기지들을 타격하였다. 이번 공격은 단순한 국경 인근의 국지 타격이 아닌, 핵무기 탑재가 가능한 장거리 폭격기들이 배치된 군사기지를 직접 겨냥한 작전이었다. 사용된 무기는 FPV(First-Person View) 드론이었으며, 총 117대가 운용되었다. 이 작전은 18개월간의 정밀한 계획의 결과였으며, 드론과 폭발물을 러시아로 밀반입한 후 러시아 현지에서 조립된 특수목적 제작 목재 컨테이너를 사용했다.⁶⁾

작전이 시작되자 러시아 전역의 5개 공군기지에서 동시다발적인 공격이 이루어졌으며, 올레네고르스크(Olenegorsk), 벨라야(Belaya), 라잔-디야길레보(Ryazan-Dyagilevo), 이바노보-세베르니(Ivanovo-Severnny) 기지가 성공적으로 타격받았고, 우크라인카(Ukrainka) 기지는 탄약이 도중에 폭발하여 공격이 실패했다.⁷⁾

5) <https://n.news.naver.com/mnews/article/421/0008116543>(검색일: 2025. 5. 14.)

6) <https://www.ukrinform.net/rubric-ato/3999475-sbu-spent-18-months-preparing-operation-spider-web-that-damaged-russian-bombers-sources.html>(검색일: 2025. 6. 9.)

7) <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/satellite-imagery-shows-ukraine-attack-destroyed-damaged-russian-bombers-2025-06-03/>(검색일: 2025. 6. 9.)



[그림 1-2] 드론을 기반으로 한 우크라이나의 중심공격⁸⁾

이번 우크라이나의 드론 기반 중심공격 작전은 드론이 단순한 전술무기에서 전략적 억제력을 무너뜨릴 수 있는 수단으로 진화할 수 있음을 보여주는 사례이다[그림 1-2]. 18개월간의 정밀한 계획과 상용 소프트웨어 활용⁹⁾, 자율비행 기능을 통해 우크라이나는 상대적으로 열세인 공군력과

8) BBC(<https://www.bbc.com/news/articles/c1ld7ppre9vo>), NYT(<https://www.nytimes.com/2025/06/02/us/politics/ukraine-russia-drone-attack.html>) 등 인터넷에 공개된 자료를 도표로 정리함.

9) 이 작전에서 사용된 아두파일럿 미션 플래너는 마이클 오본(Michael Osborne)이 개발한 무료 오픈소스 커뮤니티 지원 애플리케이션으로, 아두파일럿(ArduPilot) 오픈소스 자동조종장치 프로젝트를 위한 완전한 기능을 갖춘 지상관제소 애플리케이션이다. 이 소프트웨어는 비행기(Plane), 헬리콥터(Copter), 지상차량(Rover)을 위한 지상통제 기능을 가지며, Windows에서 호환되며, 3G/4G 셀룰러 네트워크를 통해 MAVLink 원격 측정 데이터를 거의 무제한 거리에서 전송할 수 있는 원격제어 및 통신 기능을 제공한다. 핵심 기능으로는 구글 지도나 기타 지도에서 간단한 포인트 앤 클릭 방식의 웨이포인트 입력으로 자율 임무를 계획, 저장, 로드할 수 있는 자율비행 기능과 AUTO 모드에서 자동조종장치에 저장된 사전 프로그래밍된 임무 스크립트를 따르는 기능이 있으며, 이는 내비게이션 명령(웨이포인트)과 “do” 명령(카메라 셔터 작동 등)으로 구성된다. 또한 운용 중인 차량의 상태를 실시간으로 모니터링하고 자동조종장치 로그보다 훨씬 더 많은 정보를 포함하는 원격측정 로그를 기록할 수 있으며, 완전 자율, 반자율, 완전 수동 비행모드와 3D 웨이포인트를 가진 프로그래밍 가능한 임무, 선택적 지오펜싱 등의 기능을 제공한다. 우크라이나의 거미줄 작전에서는 3G/4G 셀룰러 네트워크를 통한 MAVLink 원격측정 전송으로 우크라이나 영토 내에서 러시아 영토의 드론을 원격 조작하고, 신호가 끊어졌을 때 사전 계획된 경로를 따라 인공지능을 사용하여 자동 전환되는 자율 비행모드와 목표 지점까지의 정확한 경로를 설정하는 웨이포인트 내비

방공능력을 드론으로 보완하는 전략을 성공적으로 실행하였다.¹⁰⁾

이는 드론 기반 테러리즘의 사례로 현대전에서 드론이 단지 감시정찰 도구가 아닌, 장거리 타격과 핵심 기반 시설 무력화가 가능한 테러리즘의 도구임을 입증한다고 할 수 있다. 러시아는 자국의 전략 기지 방호체계의 근본적 결함에 직면하였고, 향후 세계 각국은 이번 사례를 통해 드론 기반 테러리즘에 대한 대비 체계를 재정립하게 될 것이다.

이렇게 테러리즘에 대한 관심이 높아지고 있음에도 불구하고, 현행 국내 법령은 주로 드론 산업 육성과 안전관리에 초점을 맞추고 있어 국가중요시설 방호 측면의 체계적 대응 방안이 미흡한 실정이다. 특히 드론 기반 테러리즘에 효과적으로 대응하기 위해서는 위협의 특성을 정확히 이해하고, 이에 기반한 과학적 방호 전략 수립이 시급하다.

본 연구는 기존의 지상 위협 중심으로 설계된 국가중요시설 방호체계 내 공중 위협인 드론의 특성을 충분히 반영하지 못하고 있다는 문제의식에서 출발하였다. 특히 폭발물의 파편 안전거리와 접근시간이라는 2가지 핵심 변수를 통합적으로 고려한 정량적 분석방법을 통해, 계산된 근거에 기반한 방호지대 거리 설정 방법론을 제시하고자 한다.

이는 국가중요시설 방호 전략을 가용자산 및 능력에 의한 ‘임의적 거리 설정’에서 ‘위험을 기반으로 하는 접근법(Risk-based approach)’으로 전환하는 이론적 토대를 제공할 것이다. 최종적으로 탑재중량과 같은 드론의 물리적 특성과 접근시간, 파편 안전거리와 같은 작전적 영향을 통합적으로 고려한 ‘과학적인 3지대 방호 전략’을 제시함으로써, 제한된 방호 자원의 효율적 배분과 실효성 있는 대응체계 구축에 기여하고자 한다.

제 2 절 연구의 범위와 방법

본 연구에서는 ‘위협(Threat)’과 ‘위험(Risk)’을 구분하여 접근한다. ‘위

게이션 기능을 활용했으며, 이는 민간용 오픈소스 소프트웨어가 정교한 군사 작전에 성공적으로 활용된 주목할 만한 사례로 평가될 수 있다.(<https://ardupilot.org/planner/docs/mission-planner-overview.html>)

10) <https://www.pravda.com.ua/eng/news/2025/06/1/7515065/>(검색일: 2025. 6. 9.)

협'은 적대적 의도를 가진 행위자가 드론을 이용하여 국가중요시설을 공격하려는 잠재적 행위를 의미하고, '위협'은 그러한 위협이 실현될 가능성과 피해 규모를 정량적으로 평가한 값을 의미한다.¹¹⁾

기존 연구들은 주로 드론 대응 시스템의 기술적 측면, 탐지 방법론, 법적·제도적 대응 방안에 초점을 맞추었으나, 드론의 핵심 위험 요소인 폭발물 탑재능력과 비행속도를 통합적으로 고려한 체계적인 전략 연구는 제한적이었다. 이에 따라 본 연구에서는 국내에서 합법적으로 획득할 수 있는 상업용 드론의 실제 능력을 정량적으로 분석하고, 과학적 근거에 기반한 최적화된 방호체계 구축을 시도하였다.

국내에서 획득할 수 있는 상업용 드론 35종을 대상으로 등간격 구간화(Equal Interval Binning) 방법을 적용하여 탑재중량과 최고속도에 따른 체계적 위험 분류체계를 구축하고, 이를 바탕으로 과학적 근거에 기반한 국가중요시설 방호 전략을 개발하고자 한다. 등간격 구간화는 데이터의 최솟값과 최댓값 사이를 동일한 간격으로 구분하여 객관적인 그룹화를 가능하게 하는 방법으로, 드론의 물리적 특성에 따른 위험도를 일관되게 평가할 수 있다.

구체적으로 본 연구는 다음의 핵심 질문에 답하고자 한다: (1) 국내 상용 드론의 탑재중량과 속도 특성을 등간격 구간화로 분석할 때 어떤 위험군 분류가 도출되는가? (2) 이러한 분류에 따른 드론의 파편 안전거리와 접근시간은 국가중요시설 방호체계 설계에 어떤 영향을 미치는가? (3) 드론의 위험 특성에 기반한 과학적 방호지대 설정과 최적의 3지대 방호 전략은 어떻게 구성되어야 하는가?

본 연구를 통해 폭발물 위험성 평가 방법론을 드론 분석에 적용하고, 탑재중량과 최고속도를 통합적으로 고려하는 위험 기반 접근법을 개발함으로써, 효율적이면서 실효성 있는 국가중요시설 방호 전략을 제시하고자 한다.

11) Alex Morrow, Phil Pitsky. (2021). 『Protection of Critical Infrastructure』. Kalkar, Germany: JAPCC.

제 2 장 이론적 배경 및 선행연구 검토

제 1 절 드론

1) 드론의 개념

드론(Drone)은 이미 우리 생활 깊숙이 들어와 있다. 최근 사물인터넷(IoT)이 인공지능(AI), 차세대통신(5G), 빅데이터(Big-data)와 결합하면서 드론에까지 접목되었고, 이에 따라 일상생활에서 드론의 활용범위가 무한 확장되고 있는 추세이다[그림 2-1].¹²⁾



[그림 2-1] 농약 방제용 드론과 택배 운송용 드론¹³⁾

드론은 무인 항공기(UAV), 무인 항공기 시스템(UAS), 원격 조종 항공기(RPA), 원격 조종 항공기 시스템(RPAS), 자율 무인 항공기(Autonomous Aircraft) 등 다양한 이름으로 불리고 있으며, 일반적으로 탑승한 조종사(Pilot)가 없는 비행체를 일컫는다[표 2-1].¹⁴⁾

12) 이병석. (2021). “경찰 드론 도입 영향 요인에 관한 연구: 통합기술수용이론(UTAUT) 모형을 중심으로”. 인제대학교 대학원 박사 학위논문

13) <https://www.jejumaeil.net/news/articleView.html?idxno=341300>, <https://www.joongang.co.kr/article/20318288>(검색일: 2025. 5. 8.)

14) 이승영, 강욱. (2019). “드론 개념의 재정립에 관한 연구”. 『시큐리티 연구』, 58(2),

[표 2-1] 드론의 다양한 명칭 및 개념¹⁵⁾

구분	개념	사용연도
Drone	- 초기에 이륙 또는 발사시킨 후 사전 입력된 프로그램에 따라 정찰 지역까지 비행한 후 복귀된 비행체에서 촬영된 필름 등을 회수하는 방식의 무인 비행체 - 최근 무인 항공기를 통칭하는 용어로; 미국에서 다시 사용	1950년도 이전
RPV(Remote Piloted Vehicle)	지상에서 무선통신으로 원격조정 비행하는 무인 비행체	1980년대
UAV(Unmanned Aerial Vehicle)	- 조종사가 비행체에 직접 탑승하지 않고 지상에서 원격조종, 사전 프로그램된 경로에 따라 자동 또는 반자동형식으로 자율비행하거나 인공지능 탑재하여 자체 환경판단에 따라 임무를 수행 - 비행체 그 자체를 의미하며, 우리나라 등 대다수 국가에서 사용	1990년대
UAS(Unmanned Aerial(or Aircraft) System)	- UAV 등의 비행체, 임무장비, 지상통제장치, 데이터 링크, 지상지원 체계를 모두 포함한 개념으로 전체 시스템을 의미 - 무인 항공기가 일정하게 한정된 공역에서의 비행뿐만 아니라 민간 공역에 진입하게 됨에 따라 Vehicle이 아닌 Aircraft로서의 안전성과 신뢰성을 확보해야 하는 항공기임을 강조하는 용어	2000년대
RPA(Remote Piloted Aircraft / Aerial vehicle)	원격조종이 가능한 비행체	—
RPAS(Remote Piloted Aircraft System)	국제민간항공기구에서 공식용어로 채택하여 사용하는 있는 용어	—
Autonomous Aircraft	자율 무인 항공기	—

KS W 9000¹⁶⁾에서는 드론을 분류하고 있다. 미 육군과 NATO¹⁷⁾의 분류 형태와 유사하지만, 대분류와 세분류에서 무인 항공기, 무인 비행체

35-58.

15) 상계논문, p.43-44.

16) KS W 9000은 현행 우리나라 항공법 내 항공기의 분류와 무인 동력 비행 장치에 대한 규정과 ISO 등 국제기구에서 정한 무인 항공기 시스템의 분류와 정의 등을 기초로 제정하였다.

17) 미 육군은 드론의 최대 이륙 중량(MTOW)과 속도를 기준으로 5개의 그룹으로 분류하였으며, NATO는 STANAG 4670을 근간으로 드론의 최대 이륙 중량(MTOW)과 운용 고도, 용도 등을 기준으로 Class I, II, III 3개의 그룹으로 분류하였다.

등 다양한 명칭을 사용하였다[표 2-2].¹⁸⁾

[표 2-2] 드론의 분류¹⁹⁾

구분	대분류	세분류		최대이륙중량
최대 이륙	대형 무인 항공기	－		600kg 초과
	중형 무인 항공기	－		150kg ~ 600kg
	무인 동력 비행장치	중소형 무인 동력 비행장치 (Light UAV)		25kg ~ 150kg (자체 중량)
		소형 무인 동력 비행장치 (Small UAV)		2kg ~ 25kg
		초소형 무인 동력 비행장치 (Micro UAV)		2kg 이하
운용 고도	분류	상승한도	분류	상승한도
	저고도 무인 비행체	~ 0.15km	고고도 무인 비행체	~ 20km
	중고도 무인 비행체	~ 14km	성층권 무인 비행체	~ 50km
이착륙 방식	분류		특징	
	수직이착륙 무인 비행체		회전익, 틸트로터, 꼬리 이착륙형	
	활주 이착륙무인 비행체		고정익, 틸트로터, 글라이더형	
	보조 장치 이착륙 무인 비행체		발사대이착륙, 손으로 던지는 방식	
조종 방식	무선전파 조종 무인 비행체, 인공위성 통신 조종 무인 비행체, 통신망 조종 무인 비행체, 유선 조종 무인 비행체			

2) 드론의 역사

가장 초기의 드론 개념은 19세기 중반 오스트리아 제국의 군사 실험에서 시작되었다. 1849년 오스트리아는 반란을 일으킨 베네치아를 공격하기 위해 폭탄을 탑재한 열기구를 투입하는 전술을 시도하였고, 당시 기술력의 한계로 인해 큰 성공을 거두지는 못했지만, 인류가 무인 수단을 활용하여 원거리 공격을 감행하려 했던 첫 사례로 평가받는다[그림 2-2]. 이는 드론 개념의 원형을 제공한 역사적 사건으로 간주된다.

18) 김형석. (2024). 『하늘의 창과 방패 드론 전쟁의 최전선』. 서울: 드론박스.

19) 상계서, p.148.

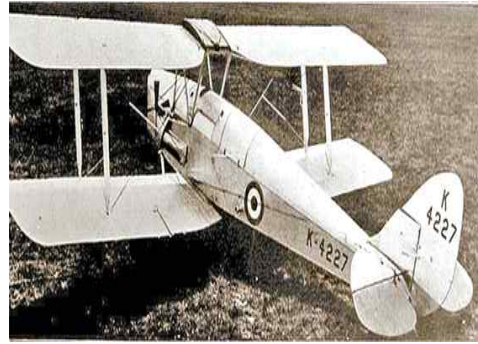


[그림 2-2] 오스트리아의 Balloon Bombing²⁰⁾

그 이후 제1차 세계대전에서 드론의 형태는 다시 한번 구체화되었다. 1917년 미국에서 ‘스페리 항공 어뢰(Sperry Aerial Torpedo)’라는 프로젝트가 추진되었고, 목표 지점까지 스스로 비행하여 폭발하는 방식으로 설계되었다[그림 2-3]. 이는 오늘날의 순항 미사일 또는 자폭 드론과 유사한 개념을 갖고 있으며, 기술적인 제약으로 대규모 실전 배치는 이루어지지 못했지만, 이후 무인 항공기 기술 발전의 중요한 전환점이 되었다.

무선통신 기술이 발전하게 된 1930년대에 이르러 본격적인 무인기 개발이 시작되었다. 1935년 영국은 라디오 조종 방식의 훈련용 무인기로 ‘DH.82B Queen Bee(이하 Queen Bee)’를 개발되었으며, 이 무인기는 세계 최초의 대량 생산된 무선 조종 항공기 중 하나이다[그림 2-3]. 주로 목재와 캔버스로 구성되었으며, 약 400대 이상이 생산되어 주로 영국 해군과 공군에서 대공포 훈련용 표적으로 사용되었다. 또한 이 항공기를 통해 ‘드론’이라는 용어가 항공기 분야에서 처음으로 사용된 것으로 여겨지고 있다.²¹⁾

20) <https://blog.naver.com/hyjang0908/223393641706>(검색일: 2025. 5. 15.)



[그림 2-3] 미국의 Sperry Aerial Torpedo와 영국의 Queen Bee²²⁾

제2차 세계대전과 냉전기의 군사 경쟁은 드론 기술의 진보를 가속화시켰다. 특히 미국은 1950년대 이후 고고도 정찰 무인기를 전략 자산으로 활용하였으며, 대표적으로 ‘Firebee’, ‘RQ-4’와 같은 장거리 비행 드론을 정보 수집과 감시 임무에 투입시켰다[그림 2-4]. 이 시기 대부분의 드론은 위성통신과 GPS 기반 기술의 도입으로 장거리 작전이 가능했으며, 자동 비행 기능의 기반이 마련되었다.



[그림 2-4] 미국의 Firebee²³⁾

21) Queen Bee가 노후되어 무인기로 개조되는 과정에서 ‘여왕의 존엄성을 훼손한다’라는 주장이 제기되어 수컷벌을 의미하는 ‘드론’으로 명칭이 부여되었다.

22) <https://limpsakang.tistory.com/897>(검색일: 2025. 5. 18.)

23) <https://www.alamy.com/stock-photo/xq-2-firebee.html?sortBy=relevant>(검색일: 2

21세기에 접어들면서 드론은 군용을 넘어 민간 영역으로 빠르게 확산되었다. 소형화와 비용절감 기술이 상업적 드론의 대중화를 견인하였고, 이에 따라 농업, 방송, 물류, 재난 대응 등 다양한 분야에서 응용이 이루어졌다. 특히 영상 촬영과 같은 콘텐츠 산업에서의 활용은 드론 기술의 사회적 수요를 크게 증가시켰다. 더불어 인공지능, 자율주행, 실시간 데이터 송수신 기술이 접목되면서 드론은 단순한 비행체를 넘어 복합 정보처리 플랫폼으로 발전하고 있다.

최근에는 드론이 전쟁의 양상 자체를 바꾸는 전략 무기로 자리 잡고 있다. 러시아-우크라이나 전쟁, 아르메니아-아제르바이잔 분쟁 등에서 드론은 전방위 공격수단으로 사용되고 있으며, 정찰, 타격, 전자전, 심지어 자폭 임무까지 수행하는 것으로 알려졌다. 특히 군집 드론(swarm drone)과 같은 첨단 전술드론은 기존의 방공체계로는 대응이 어려운 새로운 위협으로 간주되고 있다.

이처럼 드론은 100여년의 기술 축적을 통해 전통적인 항공기와는 다른 진화의 길을 걸어왔다. 단순한 공중 감시도구에서 시작된 무인기는 이제 인간이 도달하기 어려운 영역을 대신하며, 전투는 물론 산업과 일상생활까지 영향을 미치는 존재로 자리매김하였다. 앞으로는 드론의 윤리적 사용, 법제화, 사이버 보안 등의 문제도 함께 논의되어야 할 중요한 시대적 과제가 될 것이다.

3) 국내 드론 기술 개발동향

국내 드론 산업도 해외와 마찬가지로 군 수요에 의해 처음으로 시작되었다. 육군의 소요제기로 RQ-101이 최초의 드론으로 탄생하게 되었으며, 본격적인 드론 개발은 2000년대 초반 정부 주도 아래 항공우주연구원에서 시작되었다[그림 2-5].²⁴⁾ 현재까지도 드론 연구개발은 국방과학연구

025. 5. 18.)

24) 오세진, 서일수, 정진만, 김태훈. (2020). 『드론과 안티드론』. 서울: 구미서관.

소(ADD)와 항공우주연구원(KARI) 등 정부출연 연구소가 대부분을 주도하고 있으며, 체계종합 및 비행체 개발은 한국항공우주산업(KAI)과 대한항공이 주로 담당하고 있다. 그밖에 부체계 기술 개발은 LIG넥스원과 한화테크윈 등 대기업을 포함한 중소기업체들이 담당하고 있다.



[그림 2-5] 국내 최초의 드론 RQ-101²⁵⁾

최근 국방과학연구소는 30km 밖에서 적 드론을 탐지하여 킬러드론을 충돌시켜 파괴하는 세계 최고 수준의 드론 요격시스템인 ‘S 드론’을 개발하였다[그림 2-6].²⁶⁾ S-1은 북한의 GPS 교란 장비의 전파 위치를 추적 및 자폭 공격하고, S-2는 EO/IR 탐색기를 장착하여 최대 150km 밖의 표적을 공격하거나 1시간 넘게 영공을 배회하여 적을 추적할 수 있다. 현재 육군 드론사령부에 배치되어 북한의 드론 도발 시 보복 작전을 위한 전력으로 운용 중에 있다.

S-3는 군집 드론²⁷⁾ 시험용으로 활용되고, S-4는 8kg의 가벼운 중량으로 캐니스터(Canister)라 불리는 발사기에 미사일처럼 수납이 가능하다.

25) <https://it.chosun.com/news/articleView.html?idxno=2017101485000>(검색일: 2025. 5. 8.)

26) 양병희. (2024). 『KADIA Horizon: 드론과 대드론 기술 소식』. 성남: (사)한국대드론산업협회.

27) 상호 네트워크로 연결되고 동기화된 다수의 소형 드론들이 공중의 별, 육상의 개미, 수중의 피라니아 무리처럼 군집을 형성함으로써 집단의 시너지 효과를 발휘하여 적을 압도하는 개념이다.

S-6는 시설 내 특수작전용 무인 항공기 타격용으로 활용되고, S-5와 S-7은 ‘드론 속의 드론’ 개념으로 2개의 S-7이 S-5에 장착되어 비행한다. S-8은 드론 간 네트워크로 운용하는 사출기 발사 방식으로 소프트웨어나 통신 기능을 테스트하기 위한 드론이다.

S-9은 AI 기술을 적용한 국방과학연구소 최초의 드론이며, 마치 벌떼처럼 몰려다니는 군집 드론에 AI를 결합하여 조종사 통제없이 스스로 드론 간 충돌을 회피하고, 상황에 따라 군집 형상을 최적의 형태로 바꿀 수 있다. 적이 요격 시 스스로 분산됐다가 공격 시 다시 한 곳으로 집중하는 형태의 비행이 가능하다.



[그림 2-6] 국방과학연구소에서 개발된 S 드론²⁸⁾

이 외에도 국내 드론은 민간 드론 분야의 성장 가능성에 힘입어 대학 및 벤처기업들을 중심으로 소형 회전익 드론 개발에 경쟁적으로 참여하고 있다. CJ, 대한통운 등 대기업들도 민수용 드론 부분에 관심이 높아져 방재, 소방, 물품 수송 등을 위한 드론 개발에 참여하기 시작하였고, 관련 벤처기업들도 계속 등장하고 있다. 2024년 기준 국내 드론 제작업체는 약 340개이며, 드론 제조·서비스 시장 규모는 약 8,400억원으로 110억 달러(약 15조원)의 전 세계 시장 규모에 비하면 턱없이 부족한 상황이다[표 2-3].

28) <https://www.bizhankook.com/bk/article/27419>(검색일: 2025. 5. 8.)

[표 2-3] 국내 드론산업 시장규모²⁹⁾

구분	조사결과		시장규모(추정)	
	업체수	평균 매출액(백만원)	업체수	매출 추정액(백만원)
제작분야	262	1,020	345	351,961
활용분야	750	105	4,649	488,658
계	1,012	347	4,994	840,619

향후 세계적인 드론 활용의 증가추세에 따라 규제 완화 등을 통해 군 및 민수용 무인 항공기의 수요도 증가할 것으로 예상되며, 중고도 무인 항공기, 전술급 무인 항공기의 개발과 고속-수직 이착륙형 틸트로터형 무인 항공기의 핵심기술을 보유한 국내 무인 항공기 산업은 군용을 중심으로 민수 공공용에서도 세계시장 진출을 위해 적극적인 투자를 해나갈 것으로 기대되고 있다.³⁰⁾

4) 국외 드론 기술 개발동향

세계 각국에서 드론 기술 주도권 다툼이 날로 치열해지고 있다. 현재까지도 미국과 이스라엘이 군용 드론 시장을 포함한 최고 수준의 드론 기술을 확보하고 있으며, 중국과 유럽 등이 관련 기술의 개발 경쟁에 뛰어들어온 상태이다. 특히 중국은 미국의 전략급 제대의 무인 항공기 기술을 능가하기 위해 빠르게 추격하고 있으며, 전 세계적으로 고정날개형뿐만 아니라 멀티콥터를 활용한 수송용 드론 등의 출시에도 경쟁이 치열하다. 주요 국가의 드론 기술 및 개발 동향을 살펴보면 다음과 같다.³¹⁾

가) 미국

산업정책분석원 통계에 따르면 현재 미국은 비행체 형상 설계, 추진동

29) 항공안전기술원. (2024). 『2024년 드론산업 실태조사 보고서』. 세종: 국토교통부.

30) 광해용. (2021). “국가중요시설의 Anti-Drone 시스템 구축에 관한 실증연구: 계층분석 기법을 중심으로”. 고려대학교 기술경영전문대학원 박사 학위논문

31) 민진규, 박재희. (2021). 『드론학개론 현장가이드북』. 서울: 배움.

력 기술, 스텔스 무인 전투기 기술 등 군용과 민수용에서 세계 최고의 드론 기술력을 보유하고 있다. 드론 시장의 90%는 군용으로 대형 군수업체인 노스롭그루먼, 보잉, 록히드마틴 등이 주도하고 있으며, 아마존, 구글, 페이스북 등 IT 융합 기술을 갖춘 전문 개발업체와 서비스 기업이 민수용 드론 산업의 발전을 선도하고 있다. 지상 20km 대기권을 비행하며 광역 정밀 정찰이 가능한 고고도 무인 항공기 RQ-4와 중고도 무인 항공기 MQ-1을 개발하여 정찰용은 물론 미사일을 장착해서 공격용 드론으로도 운용하고 있다[그림 2-7].³²⁾



[그림 2-7] 미국의 RQ-4와 MQ-1³³⁾

나) 이스라엘

이스라엘은 미국과 군용 드론 개발을 공동으로 추진한 경험을 바탕으로 미국에 버금가는 수준의 드론 관련 기술을 확보했다. 공격용 드론뿐만 아니라 방어용 드론, 미끼용 드론 등도 개발 중이며, 이스라엘의 드론은 주변 아랍 국가들과 전쟁을 통해 기술력을 이미 검증받았기 때문에 많은 다른 국가들이 이스라엘 제품을 선호하는 편이다. 최첨단 항공전자 기술력과 실전경험을 바탕으로 한 전술급 군용 드론 분야에서 세계 최고의 기술력을 보유하고 있으며, IAI사와 Elbit사를 중심으로 전 세계 42개국 이

32) 광해용. 전계논문, p.18.

33) <https://www.airforce-technology.com/>(검색일: 2025. 5. 8.)

상에 드론 기술 및 제품 수출을 통해 미국과 대등한 영향력을 행사하고 있다.³⁴⁾

이스라엘의 Orbiter-1K는 아르메니아-아제르바이잔 전쟁을 통해 실전에서 성능이 입증된 드론으로 날개길이 2.9m, 무게 약 13kg의 드론이다. 배회폭탄(Loitering munition) 방식으로 동작하기 때문에 작전영역에서 대기 중 운용자가 지정하는 표적을 통해 자폭 공격을 수행한다[그림 2-8].³⁵⁾



[그림 2-8] 이스라엘의 Orbiter-1K³⁶⁾

다) 중국

중국은 DJI(Da Jiang Innovation)가 민수용 드론 시장에서 세계 점유율이 76.8%에 달할 정도로 양산기술을 확보하고 있다. 드론 관련 기술력이 높은 편은 아니지만 저렴한 생산비용을 통한 가격 경쟁력으로 시장점유율을 높이고 있다. 지난 10여년 동안 군사용 전술급 무인 항공기들을 다수 개발하여 운용하고 있으며, 중국은 미국의 군사용 드론 기술을 모방한 것으로 추정되지만, 중국 나름의 독자적인 드론 기술을 보유하고 있다

34) 상계논문, p.19.

35) 허엽, 김동진, 이일로, 김대원, 정윤식. (2021). “드론의 군사적 활성화를 위한 관련기술 개발동향 및 발전방안”. 『한국산학기술학회논문지』, 22(12), 324-331.

36) <https://aeronautics-sys.com/systems/orbiter-1k/>(검색일: 2025. 5. 14.)

고 볼 수 있다.³⁷⁾

사우스차이나모닝포스트에 따르면 최근 중국 난징 항공우주대학교 연구진들이 6개의 개별유닛으로 분리할 수 있는 드론을 개발했다고 보도했다. 기존 멀티로터 드론보다 빠르고 효율적이며, 전장에서 예기치 않게 증식해 적의 방어망을 교란하여 효과적으로 임무를 수행할 수 있다고 강조하였다[그림 2-9].³⁸⁾

또한 중국 평페이항공에서 개발한 5인승 전기 수직이착륙기 드론 택시 성스룽이 선전시 서커우 크루즈 모항을 출발하여 주하이로 가는 운항 노선 시범비행에 성공하였다[그림 2-9]. 두 도시 간의 거리는 약 55km이며, 차량으로 3시간이 걸리는 거리를 단 20분 만에 주파하였고, 최고 시속은 200km, 최대 비행거리는 250km로 알려졌다.³⁹⁾



[그림 2-9] 중국의 공중분리형 드론과 드론 택시 성스룽

5) 최근 전쟁에서의 드론 기술 개발동향

가) 러시아-우크라이나 전쟁

37) 윤광준. (2016). “국내·외 드론 산업 현황 및 활성화 방안”. 『부동산 포커스』, (95), 4-14.

38) <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3255809/chinese-scientists-create-swarming-drones-can-rapidly-multiply-mid-air-create-tactical-shock>(검색일: 2025. 5. 8.)

39) <https://www.nationthailand.com/world/china/40035975>(검색일: 2025. 5. 8.)

러시아-우크라이나 전쟁은 드론이 현대 전장에서 얼마나 중요한 역할을 수행하는지를 명확히 보여주는 사례로 평가된다. 양국 모두 무인기를 정찰, 타격, 자폭 공격, 전자전 등의 다양한 용도로 적극적으로 활용하고 있으며, 우크라이나는 터키산 Bayraktar TB2를 통해 러시아의 군사 장비와 방공망을 정밀 타격했으며, 미국산 Switchblade 자폭 드론과 DJI Mavic 같은 민간 드론을 개조해 전술 임무에 투입했다.

러시아는 Orlan-10, Lancet과 같은 자국산 무인기를 통해 우크라이나의 병참 시설과 전선 배치를 공격하고, 동시에 전자전 장비를 활용해 상대의 드론 운용을 방해하고 있다[그림 2-10]. 특히 드론의 실시간 영상 및 좌표 전송 기능은 포병의 사격 정확도를 극대화하며 기존 작전 방식에 큰 변화를 가져왔다.



[그림 2-10] 러시아의 Lancet⁴⁰⁾

주목할 점은 우크라이나가 호주에서 제공받은 SYPAQ PPDS(골판지 드론)의 실전 활용이다[그림 2-11]. 이 드론은 저렴한 골판지 소재로 제작되어 무게가 가볍고 레이더 회피성이 높으며, 야간 임무나 자폭 공격에 효율적이다. 단순한 구조지만 장거리 침투가 가능하며 러시아의 후방 시설을 타격하는 데 쓰이고 있다.

40) <https://n.news.naver.com/mnews/article/081/0003383451>(검색일: 2025. 5. 15.)



[그림 2-11] 우크라이나의 SYPAQ PPDS(글라이더 드론)⁴¹⁾

전체적으로 드론은 저비용으로 높은 전략 효과를 낼 수 있는 비대칭 무기로 자리잡았다. 전통적인 군사 자산보다 민첩하고 운용 유연성이 높아 전쟁의 양상을 기술 기반 전투로 재편하고 있다. 러시아-우크라이나 전쟁은 드론이 전투 방식은 물론 군 조직과 작전 전략 전반을 바꾸고 있음을 보여주는 대표적인 전장이다.

나) 아르메니아-아제르바이잔 분쟁

2020년 9월 27일부터 11월 10일까지 44일간 진행된 제2차 나고르노-카라바흐(Nagorno-Karabakh) 전쟁은 현대 드론 전쟁의 가장 극적인 사례 중 하나로 기록되었다. 이 분쟁에서 아제르바이잔은 첨단 드론 기술을 중심으로 한 전략을 통해 30년 가까이 지속된 영토 분쟁의 판도를 완전히 뒤바꾸는데 성공했다. 군사 전문가들이 드론 전쟁의 분수령으로 평가하는 이 전쟁은 미래 전장에서 드론의 핵심적 역할을 명확히 보여주었다.⁴²⁾

아제르바이잔은 분쟁 발발 수년 전부터 터키와 이스라엘로부터 첨단 드

41) <https://n.news.naver.com/mnews/article/011/0004232218>(검색일: 2025. 5. 15.)

42) <http://www.atlasnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=2897>(검색일: 2025. 6. 9.)

론 시스템을 대량 구매하며 체계적으로 준비해왔다. 터키산 Bayraktar TB2 중고도 장기체공 무장 드론과 이스라엘산 IAI 하롭(Harop) 자폭 드론이 이 전쟁의 주역이었다. 특히 Bayraktar TB2은 실시간 정찰과 정밀 타격능력을 겸비한 시스템으로, 아제르바이잔 군은 이를 전략적 자산으로 활용했다.

전쟁 초기부터 아제르바이잔은 드론을 이용해 아르메니아의 깊은 후방 시설과 방공망을 체계적으로 무력화하는 전략을 구사했다. 첫 단계로 이스라엘산 IAI 하롭 자폭 드론을 이용해 아르메니아의 S-300 방공 시스템과 레이더 시설을 타격했다. IAI 하롭 자폭 드론은 레이더 신호를 탐지하여 그 소스를 자동으로 공격하는 능력을 갖추고 있어, 방공망 무력화에 특히 효과적이었다. 방공 시스템이 약화된 후, 아제르바이잔은 Bayraktar TB2를 전방으로 투입하여 아르메니아의 지상군과 장비를 정밀 타격했다.

이 작전의 효과는 압도적이었다. 44일간의 전쟁 동안 아제르바이잔 드론은 아르메니아의 약 240대의 탱크, 680대의 장갑차, 400여 문의 포병을 파괴했다. 이는 아르메니아 지상군 장비의 거의 절반에 해당하는 규모였다. 특히 주목할 만한 점은 아제르바이잔이 이러한 대규모 타격을 비교적 적은 비용으로 달성했다는 것이다. Bayraktar TB2 한 대의 가격은 약 500만 달러로, 현대 전투기 가격의 약 1/20에 불과했다. 아제르바이잔은 이 저비용 고효율 플랫폼을 이용해 수십억 달러 가치의 아르메니아 군사 장비를 파괴하는 데 성공했다.⁴³⁾

다) 이스라엘-하마스 전쟁

이스라엘-하마스 전쟁은 드론과 인공지능 기술이 실제 교전 상황에서 어떻게 적용되는지를 보여준 충돌이었다. 하마스는 이스라엘의 군사력 우위를 극복하기 위해 소형 자폭 드론, 개조된 상용 드론, 고정익 정찰 UAV 등을 적극 운용했다. 이들 무기는 낮은 비용에도 불구하고 병력 집중지, 차량 행렬, 감시초소 등을 타격하는 데 효과적이었다.

하마스는 자체 개발한 Shahab과 Zouari 드론을 활용해 장거리 정찰과 국

43) <https://www.militarystrategymagazine.com/article/drones-in-the-nagorno-karabakh-war-analyzing-the-data/>(검색일: 2025. 6. 9.)

경 침투 임무를 수행했으며, 일부는 소형 폭약을 탑재한 자폭 임무에 사용되었다. 드론을 통한 영상 촬영과 심리전도 함께 진행되었고, 민간 상용 부품을 기반으로 조립되어 탐지와 추적이 어렵게 설계되었다.

반면 이스라엘은 정밀한 군사 드론 체계와 AI 기반 조준 기술로 대응에 나섰다. Heron, Hermes 900과 같은 중·대형 드론은 가자지구 내 하마스의 로켓 발사대, 무기 저장소, 지휘 거점을 정밀 타격하는 데 활용되었으며, 열화상 센서와 통신정보 수집 장비가 실시간 전투 지휘에 투입되었다.

특히 이스라엘은 지하터널 탐색 드론을 본격적으로 운용하며 하마스의 은밀한 이동 경로를 탐지했다[그림 2-12]. 이 드론은 소형 비행체에 3D 공간 스캐닝, IR 센서, 음향 감지 장치를 탑재해 터널 내부를 실시간으로 분석하고, 위험 요소를 지상군에 전달했다. 드론을 통해 제작된 지하 구조 데이터는 공격 우선순위를 설정하는 데 활용되었다.

또한 이스라엘 보병은 AI 기반 광학 조준 시스템을 활용해 도시 전투 상황에서도 정확한 사격을 구현했다[그림 2-12]. 이 기술은 표적 자동 식별, 거리 계산, 탄도 보정 기능을 포함하고 있으며, 복잡한 지형에서 전투력을 유지하는 데 핵심적인 역할을 했다.



SMASH 2000L (3000)

The SMASH 2000L (3000) is the latest and most advanced fire control system by SMARTSHOOTER. All operational and technical insights from previous versions were incorporated into the system, making it even more effective while enabling significant weight and size reduction.

Our proprietary target acquisition and tracking algorithms are integrated with sophisticated image-processing software into a rugged hardware solution, providing an easy-to-use and cost-effective solution that creates the required overmatch.



[그림 2-12] 이스라엘의 지하터널 탐색 드론과 AI 광학 조준기⁴⁴⁾

드론 기술의 활용은 단순 감시나 정찰을 넘어서 작전 전 과정에 깊숙이 통합되는 양상을 보이고 있다. 이 전쟁은 소형 무인기부터 고성능 AI 시스템

44) <https://zdnet.co.kr/view/?no=20240211102715>(검색일: 2025. 5. 8.)

까지 다양한 기술이 실제 전장에서 어떻게 결합되어 활용되는지를 잘 보여준 사례로, 미래 분쟁 양상을 예고하고 있다.

5) 북한의 드론 기술 개발 동향

북한은 1970년대부터 중국 군용 드론 수입을 통해 지속적인 드론 관련 기술을 발전시켰으며, 현재는 모방단계를 지나 러시아 및 중국의 군용 드론 개조, 민간 드론 도입과 함께, 러시아가 협력하여 생산 중인 이란의 공격 드론까지 모방생산이 가능한 것으로 추정되고 있다.

2014년 3월 과주와 백령도에서 북한발 드론이 발견된 것을 시작으로 2017년 5월 성주 사드기지 침범과 2022년 12월 서울·김포·파주 등 국내 일부지역에 북한발 드론 출몰로 북한은 드론을 통해 계속된 국내 침투행위를 시도하고 있으며, 더 나아가 자체 신형드론(셋별 4·9호) 개발 등의 드론을 활용한 도발범위를 확대하고 있다.

기술적으로 북한은 채공형 자폭 드론, 인공지능 기반 자폭 공격형 무인 항공기, 전략 정찰용 대형 무인 항공기 등 다종의 무인 전력과 전자전 무기체계를 통합적으로 개발하고 있으며, 특히 II-76MD 수송기를 개조한 공중 조기경보통제기 AEW&C는 중국 KJ-2000과 유사한 AESA 레이더 돔을 장착하고 있다. 이는 북한-러시아 간 전략적 협력 강화 시기와 맞물려 외부 기술 지원 가능성을 시사한다[그림 2-13].

김정은은 2025년 3월 무인 항공기술연합체와 탐지전자전연구집단을 연이어 방문하여 드론과 전자전 기술의 중점 개발을 지시하였고, ‘무장 장비의 무인화’와 ‘인공지능 기술의 최우선적 발전’을 강조하면서 무인 전력의 작전 적용성을 확대하고 있다.⁴⁵⁾

이러한 드론과 전자전 능력 강화는 북한의 비대칭 전략 수행능력을 고도화하고 있으며, 한반도 및 동북아 안보 지형에 중대한 영향을 미칠 수 있다. 북한은 정찰위성, 유인 전투기 등 고가의 ISR 자산이 제한된 상황에서 드론을 통해 저비용 고효율의 정보 수집 및 정밀 타격 수단을 확보하

45) <https://www.spnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=93636>(검색일: 2025. 5. 8.)

려 하고 있다.

특히 핵 탑재가 가능한 순항미사일과 수중 자폭드론을 포함한 다양한 무인 체계는 재래식 전력과 결합되어 전·평시 복합적 위협을 가할 수 있다. 이는 대한민국을 포함한 동맹국들에게 효과적인 대응을 위한 안티드론 방어체계와 전자전 대응능력 확충, 군사정보 공유 및 공동 대응체계의 강화를 요구하고 있다.



[그림 2-13] AESA 레이더 돔을 장착한 Il-76MD과 AEW&C⁴⁶⁾

6) 드론 기반 테러리즘

가) 폭발물 탑재 드론을 이용한 공격형 테러

드론을 직접적인 공격 수단으로 사용하는 방식은 현대 테러리즘에서 가장 우려되는 양상 중 하나이다. 특히 소형 드론에 폭발물을 장착하여 인명 살상이나 시설 파괴를 목적으로 하는 방식은 고전적인 자살폭탄 공격의 현대적 변형이라 볼 수 있다. 이와 같은 방식은 드론의 조종 가능 거리와 정밀도, 그리고 저비용 구조 덕분에 점차 널리 퍼지고 있다.

46) <https://www.38north.org/2025/03/quick-take-first-look-at-north-koreas-airborne-early-warning-aircraft/>(검색일: 2025. 5. 8.)

대표적인 사례로 2018년 베네수엘라에서 발생한 니콜라스 마두로 대통령 암살 시도가 있다. 이 사건에서는 상용 드론 2대에 C4 폭약이 부착되어 군사 퍼레이드 도중 대통령 연설 중인 무대를 향해 돌진하였다. 비록 직접적인 살상은 발생하지 않았지만, 공격의 정교함과 그 파급력은 드론 테러의 현실성을 각인시키는 계기가 되었다.

폭발물 드론의 사용은 도시 밀집지역에서 더욱 위협적으로 작용할 수 있다. GPS 기반 자율비행 기능을 갖춘 드론은 군사 시설, 발전소, 정부 청사 등 전략적 목표에 대한 정밀 타격이 가능하다. 또한 조종자가 멀리 떨어진 안전 지점에서 공격을 수행할 수 있어 기존의 테러 방식보다 생존 가능성이 높아지고 있다.

현대 사회에서 드론 구매와 조작은 특별한 허가 없이도 가능하므로, 테러 조직이 이를 악용할 여지가 크다. 이에 따라 각국은 공항, 주요 행사장, 군사기지 등지에 드론 탐지 및 대응 시스템을 배치하고 있으며, 드론의 비행을 차단하는 전파 방해 장비(Jammer)의 도입도 확대되고 있다.

결론적으로, 폭발물 드론 테러는 기술의 민간 확산이 군사적 위협으로 전이된 대표적인 사례이다. 향후에는 얼굴 인식 기반 자동 타격, 자폭형 AI 드론 등 더욱 진화된 위협 요소가 등장할 가능성도 배제할 수 없다.

나) 드론을 통한 정찰 및 사전 감시 활동

드론을 테러 작전에 앞선 정보 수집 수단으로 활용하는 전략은 비대칭 전투 상황에서 상당한 전술적 우위를 제공한다. 소형 드론은 조용한 비행과 고해상도 촬영능력을 통해 적의 위치, 방어 수준, 이동 경로 등을 탐지할 수 있으며, 이는 이후 자살 폭탄 공격이나 로켓 공격의 정확성을 극대화하는데 기여한다.

대표적 사례는 시리아와 이라크에서 활동했던 이슬람국가(ISIS)의 작전 방식이다. 이들은 상용 드론을 개조해 전장 상공에서 미군 기지나 정부군의 위치를 파악하고, 실시간으로 영상 정보를 전달함으로써 전투 준비에 결정적인 정보를 확보했다. 특히 모술 전투에서 이들의 드론 활용은 정부군에게 큰

혼란을 초래했다.

정보 수집용 드론은 상대적으로 저렴한 가격으로 대량 확보가 가능하며, 회수되지 않더라도 피해가 크지 않다는 점에서 테러 조직에게 매력적인 도구이다. 게다가 통신 암호화를 통해 외부 탐지를 회피하거나, AI 기반 이미지 분석을 적용하는 등 기술적 고도화도 이루어지고 있다.

테러 조직의 전략 정찰능력 향상은 단순한 소형 무력 집단의 위협을 넘어, 준국가급 무력집단으로의 변화를 의미한다. 이에 따라 국제사회는 드론을 이용한 정보 수집 및 사전 정찰 행위에 대한 감시 체계를 강화하고 있으며, 불법 드론의 신호를 추적하여 조종자를 식별하는 기술도 개발되고 있다.

다) 드론을 통한 무기 또는 폭발물 밀반입

드론을 통한 무기, 탄약, 혹은 기타 금지 물품의 운송은 기존의 육상·수상 밀수 방식보다 은밀하고 기민한 특징을 지닌다. 이와 같은 방식은 테러 조직이나 범죄 조직이 국경 감시망을 피하면서 작전 물자를 확보할 수 있게 해준다.

하마스과 같은 무장단체는 무기를 국경 너머로 운송하는 데 드론을 적극 활용해 왔다. 이들은 가자지구에서 이스라엘 국경 너머로 드론을 보내 소형 무기를 투하하거나, 약속된 지점에 낙하산 방식으로 물자를 떨어뜨리는 방식으로 운송을 시도하였다. 이와 같은 시도는 탐지가 어렵고, 공격보다는 보급의 성격을 띠기에 대응의 우선순위에서 밀리는 경우가 많다.

멕시코에서는 마약 카르텔이 마약과 함께 수류탄이나 소형 폭발물을 드론으로 운반한 사례도 보고되었다. 드론은 국경 초소나 CCTV가 감시하지 않는 빈틈을 활용해 비행하며, 회수 없이 자동 낙하 방식으로 물품을 전달하는 경우가 많다.

이러한 드론 기반 물자 이동은 테러 조직의 지속적인 작전 수행능력을 강화한다. 기존에는 무기 조달이 큰 제약이었지만, 드론의 등장으로 장거리 보급이 가능해지면서 작전의 독립성과 빈도가 증가하게 된다.

국가 안보 차원에서 이 문제를 대응하려면 단순한 항공 감시로는 한계가

있으며, 인공지능 기반 패턴 분석, 레이더-비주얼 복합 감지 시스템 등의 기술 도입이 필수적이다. 또한 드론 비행금지 구역 지정 및 자동 추적 기술의 고도화도 필요하다.

라) 전파 교란 및 사이버 공격을 위한 드론 사용

현대의 전쟁은 물리적 충돌뿐 아니라 전자적·정보적 차원에서도 치열하게 전개된다. 드론은 이러한 정보전에서 ‘플랫폼’ 역할을 하며, 특정 지역의 통신 체계를 교란하거나 사이버 공격의 경로로 활용될 수 있다.

2018년 시리아 내 러시아 군사기지에 발생한 드론 기반 전자전 시도는 이를 잘 보여주는 사례이다. 당시 정체불명의 드론들이 기지 상공에 출현하여 전파 혼선, 레이더 왜곡, GPS 신호 차단 등을 시도한 것으로 추정되었으며, 이는 지대공 미사일 운용에 혼선을 야기한 것으로 알려졌다. 해당 드론들은 민간용을 개조한 형태로, 외부 통제 시스템을 우회하는 기능까지 갖추고 있었다고 한다.⁴⁷⁾

또 다른 형태로는 드론 자체에 악성 코드가 내장되어 특정 서버에 접근하거나 통신망에 침투하는 사이버 공격 도구로 활용될 수 있다. 이 방식은 기존의 해커 공격과 달리, 공간을 활용한 비접촉 침입이기 때문에 탐지가 더 어렵다.

이러한 드론 기반 사이버 위협은 발전 가능성이 매우 크다. 드론이 특정 시설 근처에서 무선 주파수를 스캔하거나, 감청 장비를 탑재해 정보 유출을 시도할 경우, 피해 규모는 단순한 무기 이상의 수준에 이를 수 있다.

이에 대응하기 위해서는 군사용 보안 네트워크뿐 아니라, 민간 통신 인프라까지 포함한 종합 방어 체계가 필요하다. 또한 드론 제조 단계부터 사이버 보안 요소를 내장하고, 실시간 통신 검열 시스템을 통해 이상 패턴을 식별할 수 있어야 한다.

마) 공포 유발 및 허위 위협용 드론 테러

47) <https://www.nytimes.com/2018/01/08/world/middleeast/syria-russia-drones.html>(검색일: 2025. 5. 8.)

실질적인 공격보다는 대중의 공포심을 자극하거나, 국가 기반 시설을 간접적으로 마비시키기 위한 목적으로 드론을 사용하는 사례도 증가하고 있다. 이 방식은 드론이 무기를 탑재하지 않고도 전략적 목적을 달성할 수 있다는 점에서 중요하게 분석된다.

2018년 영국 개트윅 공항에서 발생한 드론 출현 사건은 이러한 유형의 대표적인 사례이다. 당시 공항 상공에 드론이 출현하였다는 신고로 인해 수백편의 항공편이 결항되었고, 수만 명의 여행객이 피해를 입었다.⁴⁸⁾ 이후 해당 드론의 실체는 명확히 규명되지 않았지만, 그 영향력은 국가 인프라에 대한 드론 위협의 현실성을 부각시키는 계기가 되었다.

이와 유사하게, 특정 정치 행사나 대중 집회에서 드론이 출현하는 것만으로도 군중이 혼란에 빠지거나, 경비 인력이 분산되며 테러 대응능력이 저하되는 결과를 초래할 수 있다.

허위 위협용 드론은 테러 조직의 실제 전투능력보다 훨씬 큰 심리적 효과를 불러올 수 있다. 이는 정보전과 결합될 경우, 언론 보도를 통해 공포심을 확산시키는 데에도 이용될 수 있다.

이와 같은 유형의 테러를 방지하려면, 단순한 ‘무장 탐지’보다 ‘의도 분석’에 기반한 통합 감시 시스템이 필요하다. 특히 인공지능 기반 군중 행동 분석과 드론 움직임 예측 기술이 핵심이 될 수 있다.

제 2 절 국가중요시설

1) 국가중요시설의 개념과 중요성

「통합방위법」 제2조 및 「국방부 국가중요시설 지정 및 방호 훈령」 제3조에 명시된 국가중요시설은 “공공기관, 공항·항만, 주요 산업시설 등 적에 의하여 점령 또는 파괴되거나 기능이 마비될 경우 국가안보와 국민

48) <https://www.dedrone.com/blog/gatwick-airport-drone-incident-shut-down-from-deliberate-drone-disruption>(검색일: 2025. 5. 8.)

생활에 심각한 영향을 주게 되는 시설”로 정의하고 있으며, 「테러방지법 시행령」 제25조에서는 「통합방위법」 제21조 제4항에 따라 지정된 국가중요시설 및 「보안업무규정」 제32조에 따른 국가보안시설로 정의하고 있다.

「경비업법 시행령」 제2조에서는 “공항·항만, 원자력발전소 등의 시설 중 국가정보원장이 지정하는 국가보안목표시설과 「통합방위법」 제21조 제4항의 규정에 의하여 국방부장관이 지정하는 국가중요시설”로 정의하고 있어 국가중요시설에 국가보안시설이 포함됨을 알 수 있다.

국가중요시설의 지정은 「통합방위법」 제21조에 따라 국방부장관이 관계 행정기관의 장 및 국가정보원장과 협의하여 지정하고 있으며, 「국방부 국가중요시설 지정 및 방호 훈령」 제8조에서는 지정절차에 따라 시설관리자가 신규지정, 등급 변경 및 해제하고자 하는 경우 관계 행정기관의 장 또는 지역군사령관을 경유하여 국방부장관에게 요청하도록 되어 있다. 이 때 국방부장관은 관계 행정기관의 장 및 국가정보원장으로부터 통보된 의견을 반영하여 국가중요시설을 지정한다.

이러한 국가중요시설은 평시에는 국력 향상과 산업발전을 이루는데 기여하며, 전시에는 전쟁수행능력을 뒷받침해주기에 매우 중요하다. 따라서 국가중요시설은 공공재적인 특성을 가진 민간 기업체로서는 대체상이 없어서 대체로 국가에서 경영하며, 시설의 기능이 마비될 경우 국가와 국민에게 미치는 영향이 매우 크다고 할 수 있다.⁴⁹⁾

2) 국가중요시설 대상과 분류

국가중요시설은 주요 국가 및 공공기관시설, 주요 산업시설, 주요 전력시설, 주요 방송시설, 주요 정보통신시설, 주요 교통시설, 주요 국제·구개선 공항, 기타시설 등으로 대상 지정된다[표 2-4].⁵⁰⁾

49) 광해용, 전계논문, p.9.

50) 국방부훈령 제1057호(2009. 5. 25.) 「국가중요시설 지정 및 방호 훈령」 제5조.

[표 2-4] 국가중요시설의 대상

구분	대상
주요 국가 및 공공기관	• 청와대, 국회의사당 등
주요 산업시설	• 철강, 조선, 항공기, 정유, 중화학, 방위산업, 대규모 가스·유류 저장시설 등
주요 전력시설	• 원자력발전소, 대용량발전소, 변전소 등
주요 방송시설	• 전국 및 지역권 방송국, 송신·중계소 등
주요 정보통신시설	• 국제위성지구국, 해저통신중계국, 국가기간전산망, 전화국 등
주요 교통시설	• 철도 교통관제센터, 지하철 종합사령실, 교량, 터널 등
주요 국제·국내선 공항	• 인천·김포공항 등
기타시설	• 대형 항만, 수원시설, 과학연구시설, 교정시설, 대도시 주요 지하공동구 등

국가중요시설은 시설의 기능, 역할, 가치의 정도에 따라 “가”, “나”, “다”급으로 분류된다[표 2-5].⁵¹⁾

[표 2-5] 국가중요시설의 지정

구분	분류기준	유형
“가”급	• 광범위한 지역의 통합방위작전수행이 요구되고, 국민 생활에 결정적인 영향을 미칠 수 있는 시설	• 청와대, 국회의사당, 대법원, 정부 청사, 원자력발전소, 공영 라디오·TV 방송 제작시설, 국제공항 등
“나”급	• 일부 지역의 통합방위작전수행이 요구되고, 국민 생활에 중대한 영향을 미칠 수 있는 시설	• 대검찰청 및 경찰청 청사, 국제 위성지구국, 주요 국내공항 등
“다”급	• 단기간 통합방위작전수행이 요구되고, 국민 생활에 상당한 영향을 미칠 수 있는 시설	• 중앙행정기관의 청사, 중요 국·공립기관 등

3) 국가중요시설 방호

「국가중요시설 지정 및 방호 훈령」에 의하면 국가중요시설은 법 제 15조의2에 따라 자체 방호계획이 수립·시행되어야 하며, 자체방호계획 수립 시 필요한 경우 관할 지역군사령관 또는 시·도 경찰청장에게 협조를 요청할 수 있다. 또한 수 개의 정부기관이 상주하는 정부청사(서울·과천·대전·세종)와 2개 이상의 정부기관이 동일 울타리 내에 위치하는 경우, 산업·

51) 국방부훈령 제1057호(2009. 5. 25.) 「국가중요시설 지정 및 방호 훈령」 제7조.

연구단지 등 특정한 지역 내에 수 개의 국가중요시설이 밀집해 있을 경우 관할 지역군사령관 및 시·도경찰청장 책임하에 방호 지휘체계 일원화와 인력 및 장애물, 통합상황실 등을 통합하여 운영할 수 있다.

한편 「통합방위지침서」 제16조에 따라 국가중요시설은 3지대 방호개념에 의하여 제1지대(경계지대), 제2지대(주방어지대), 제3지대(핵심방어지대)로 구분하여 방호한다[그림 2-14]. 제1지대는 매복활동을 통해 군·경·예비군부대와 협조된 방호계획에 의거 방호하고, 제2지대는 고정초소 설치 및 순찰근무를 통해 시설 내부 및 핵심시설에 적의 침투를 방지하여 결정적으로 중요시설을 방호하는 선이며, 소총 유효사거리(울타리 ~ 500m)를 고려한다. 제3지대는 최후의 방호선, 경비원의 상시감시체제가 구비되어 있는 선이며, 박격포 사거리를 고려하여 시설로부터 1.5km 고지 군을 연하는 선을 고려한다.⁵²⁾



[그림 2-14] 국가중요시설 3지대 방호개념⁵³⁾

제 3 절 안티드론

1) 안티드론의 개념

52) 하충수. (2022). “국가중요시설의 드론테러 위협 및 대응실태 분석을 통한 발전방안 연구”. 용인대학교 대학원 박사 학위논문

53) 표상호, 구정, 고영배, 김기형. (2012). “Wibro 기반 비행기지 방어전력 위치식별체계 구축 및 실험”. 『한국군사과학기술학회지』, 15(3), 306-314.

안티드론(Anti-Drone)은 카운터 드론(Counter Drone, C-UAS), 대(對)드론 또는 드론 방어로 불리며, 드론을 조종하는 입장이 아닌 방어하는 입장에서의 개념이다. 안티드론의 용어는 드론의 위협으로부터 인명, 시설 등을 보호하기 위한 일종의 대응 시스템으로, 학문적 개념보다는 실무상 용어라는 견해도 있다.⁵⁴⁾

미국 국토안보부(DHS)의 과학기술국(S&T)은 ‘C-UAS은 소형 무인항공 시스템(sUAS)이 보호 시설, 자산 및 법률에 의해 국토안보부에 권한이 부여된 기타 임무에 잠재적 위협을 가할 수 있는지 탐지, 식별 및 모니터링하는 데 사용되는 기술을 의미한다.’라고 설명하고 있다.⁵⁵⁾

이처럼 안티드론 시스템은 드론 기술의 빠른 발전과 함께 등장한 방어적 접근법으로, 드론이 초래할 수 있는 다양한 위협으로부터 중요 시설과 인명을 보호하기 위한 통합적 체계를 의미한다. 이는 단순한 기술적 대응책을 넘어 탐지-식별-추적-무력화로 이어지는 체계적인 대응 과정을 포함한다.

드론이 가질 수밖에 없는 낮은 레이더 단면적, 비행패턴, 소형화된 특성으로 인해 기존 방공시스템으로는 효과적인 대응이 어려워지고 있다. 따라서 레이더, 광학/적외선 카메라, RF 스캐너, 음향 센서 등 다중센서 기술과 재밍, 스푸핑, 물리적 포획 등 다양한 무력화 수단을 복합적으로 활용하는 방법으로 발전되고 있다. 이처럼 안티드론은 단일 장비나 기술이 아닌, 드론의 접근을 조기에 탐지하고 효과적으로 대응하기 위한 종합적인 방어 전략과 시스템의 총체를 의미한다.

54) 이동혁, 강욱. (2019). “안티드론 개념 정립 및 효과적인 대응체계 수립에 관한 연구”. 경찰대학교 치안대학원 석사 학위논문

55) Science & Technology Directorate(S&T). (2018). 『DHS/S&T/PIA-034 Counter Unmanned Aircraft Systems Program』. U.S.: Department of Homeland Security(DHS).에서는 ‘C-UAS’를 “The Department of Homeland Security(DHS)’s Science & Technology Directorate(S&T) is leading DHS efforts and coordinating across the Federal Government testing and evaluating technologies used to detect, identify, and monitor small Unmanned Aircraft Systems (sUAS) that may pose a potential threat to covered facilities and assets and other missions authorized to the Department by law. These protective technologies are referred to as Counter-UAS (C-UAS).”로 정리하였으며, 위 내용을 한글로 번역하여 기술하였다.

2) 안티드론 시스템 기술의 분류

안티드론 체계는 굉장히 다양하고 그 수준도 천차만별이지만 그중에서 가장 보편적으로 적용하고 있는 것은 드론에 탑재된 항법체계를 교란하는 방법이다. 세계적인 안티드론 체계 개발 및 생산 사례를 조사한 결과 (Michel, 2019), 38개국에서 277개의 제조사가 약 500여 가지 이상의 제품을 보유하고 있는 것으로 확인되었다. 대륙별로는 유럽이 43%로 가장 많았고, 뒤를 이어서 북미(28%)와 아시아(25%)가 많은 비중을 차지하고 있었다. 이 중 물리적 방법(Hard Kill)이 19%인 반면, 전자적 방법(Soft Kill)이 81%로 대부분을 차지하고 있었다.⁵⁶⁾

안티드론 시스템은 기능적으로 크게 탐지(Detection), 식별(Identification), 추적(Tracking), 무력화(Neutralization)의 네 가지 주요 기술 범주로 구분할 수 있다.

가) 탐지

드론 대응 체계의 시작은 위협 요소의 빠른 감지를 통해 이루어진다. 일반적으로 이 단계에서는 레이더, RF(무선 주파수) 수신기, 음향 센서, EO/IR(전자광학/적외선) 센서 등이 활용된다. 레이더는 넓은 영역을 효과적으로 감시할 수 있으나, 드론의 크기가 작을 경우 탐지 정확도에 제한이 있다. RF 수신기는 드론의 통신 신호를 포착하여 이를 탐지 신호로 활용하며, 상업용 드론에 특히 유용하다. 음향 센서는 드론의 회전 날개에서 발생하는 고유 소리를 분석하는 방식이나, 도심 환경에서는 외부 소음의 간섭을 받기 쉽다. EO/IR 센서는 시각 또는 열신호를 기반으로 하며, 탐지 거리와 날씨에 따라 성능 차이가 발생한다. 최근에는 이러한 다양한 센서를 통합하는 융합 기술이 주목받고 있으며, 이를 통해 탐지의 신뢰성과 범위를 함께 향상시키고자 하는 연구가 지속되고 있다[표 2-6].

56) 김종국, 전우형. (2021). “드론 대응체계 현황 및 발전방향: 항법 교란체계를 중심으로”. 『국방논단』, (1857), 1-11.

[표 2-6] 탐지 기술의 장·단점

기술	장점	단점
레이더	• 넓은 범위 탐지 가능 • 실시간 추적 지원	• 소형 드론 탐지 한계 • 복잡한 도심 환경에서 오탐 가능
RF 수신기	• 통신 신호 기반 탐지 • 상업용 드론에 효과적	• 비통신형(자율형) 드론 탐지 불가 • 주파수 혼잡 지역에서 오탐 발생
음향 센서	• 드론의 고유 소리로 탐지 • 비가시 환경에서도 사용 가능	• 외부 소음에 민감 • 감지 거리 짧음
EO/IR 센서	• 시각적 증거 확보 • 열영상으로 야간 감시 가능	• 날씨, 조명 상태에 영향 큼 • 탐지범위 제한적
융합 기술	• 다양한 센서의 장점 결합	• 비용 및 시스템 복잡도 증가

나) 식별

탐지를 통해 드론이 존재함을 인지한 후 그것이 실제로 위협인지, 아니면 일반 비행체나 새와 같은 무해한 객체인지를 판단하는 단계가 필요하다. 이를 위해 활용되는 기술은 주로 영상 분석, RF 신호 분석, 그리고 드론의 비행 특성 기반 분석 등이다. 예를 들어, 영상 분석은 딥러닝 기법을 통해 드론의 외형을 자동으로 분류하며, RF 신호 분석은 통신 프로토콜이나 주파수 대역 등을 통해 드론의 모델이나 제조사를 추정한다. 또한, 일부 시스템은 드론에 부여된 고유 식별 정보를 활용하여 합법적인 등록 여부를 확인할 수 있다. 정확한 식별은 잘못된 대응을 줄이고, 불필요한 자원 낭비를 방지하기 위해 매우 중요하며, 인공지능 기술과의 접목을 통해 자동화 수준을 높이려는 시도가 활발히 이루어지고 있다[표 2-7].

[표 2-7] 식별 기술의 장·단점

기술	장점	단점
영상 분석	• 드론 모델 식별 가능 • 딥러닝 적용 시 정확도 향상	• 영상 품질에 따라 성능 저하 • 학습 데이터 필요
RF 신호 분석	• 조종기·드론 간 통신 분석 가능 • 모델 및 제조사 추정 가능	• 암호화된 신호에는 적용 어려움 • 비통신형 드론 대응 한계
비행패턴 분석	• 자율 드론 및 군집 드론 • 구분 가능	• 다양한 비행 유형으로 인해 • 정확도 저하 가능
원격 ID 분석	• 등록 드론 여부 확인 가능 • 불법 드론 식별 가능	• 등록되지 않은 드론에는 무력 • 위·변조 가능성 존재

다) 추적

드론이 위협 대상으로 식별되었다면, 그 이후에는 실시간으로 위치를 파악하고 이동 경로를 추적하는 과정이 필요하다. 이 단계에서는 대부분 레이더와 EO/IR 센서를 병행하여 사용하며, 자동 추적 알고리즘이 함께 작동한다. 레이더는 위치와 거리, 속도 정보를 제공하며, EO/IR 센서는 드론의 실시간 영상을 확보하여 시각적인 추적을 가능하게 한다. 특히 자동 추적 알고리즘은 드론이 빠르게 움직이거나 회피 기동을 할 경우에도 지속적으로 추적이 가능하도록 카메라의 각도를 조절하며 작동한다. 또한, GPS 신호나 항공기의 위치정보 송수신 시스템(ADS-B)을 활용하면, 합법적인 비행체와 구분하여 효율적인 대응이 가능하다. 군사 분야에서는 다수의 표적을 동시 추적할 수 있는 멀티 센서 융합 추적 기능이 요구되며, 예측 기반 추적 시스템을 통해 드론의 다음 움직임을 사전에 분석하려는 기술도 등장하고 있다[표 2-8].

[표 2-8] 추적 기술의 장·단점

기술	장점	단점
레이더 추적	• 장거리 추적 가능 • 속도·거리 등 물리 정보 제공	• 장애물에 취약 • 도심지에서 반사/간섭 문제
EO/IR 센서 추적	• 시각 정보 제공 • 정밀 추적 가능	• 야간·악천후 시 성능 저하 • 고정밀 장비 필요
자동 추적 알고리즘	• 드론 자동 추적 가능 • 사람 개입 최소화	• 복잡한 환경에서는 추적 실패 • 가능성 존재
멀티센서 융합 추적	• 추적 안정성 향상 • 사각지대 최소화	• 비용 증가 • 실시간 통합 분석 필요
예측 기반 추적	• 경로 예측 가능 • 선제적 대응 가능	• 비정형 드론 동선에는 • 오차 가능성

라) 무력화

무력화는 드론을 실제로 제거하거나 작동을 정지시키는 단계를 말하며, 이는 파괴적 방식과 비파괴적 방식이 모두 포함된다. 일반적으로 RF

교란(재밍), GPS 신호 조작(스푸핑) 등은 Soft Kill 기법에 해당하며, 드론의 통신을 차단하거나 잘못된 위치 정보를 제공하여 제어를 잃게 만든다. 이러한 방식은 파괴를 동반하지 않아 민간 지역에서도 상대적으로 안전하게 적용할 수 있다.

반면, Hard Kill 방식은 물리적으로 드론을 제거하는 것으로, 레이저 무기, EMP(전자기 펄스), 유도 미사일, 고속 발사체 등이 사용된다. 포획형 드론이나 그물 발사 장치처럼 드론을 손상 없이 회수하는 기술도 개발되고 있으며, 이는 특히 도심 환경에서 2차 피해를 방지하는 데 유용하다 [표 2-9].

[표 2-9] 무력화 기술의 장·단점

기술		장점	단점
Soft Kill	RF 교란	• 통신형 드론 무력화에 효과적 • 빠른 대응 가능	• 비통신 드론에는 무력 • 전자기 간섭 위험
	GPS 신호 조작	• 드론을 오도된 위치로 유도 가능 • 비교적 비파괴적 방식	• 최신 드론에 효과 제한 • 위법 소지 가능
Hard Kill	레이저 무기	• 빠른 정밀 타격 가능 • 소음 및 잔해 없음	• 고비용 • 기상 조건 영향 큼
	EMP/고속 발사체	• 광범위 파괴 가능 • 신속 대응	• 2차 피해 우려 • 정밀 제어 어려움
	그물·포획 드론	• 회수 및 증거 확보 가능 • 민간 지역에서도 안전	• 근거리 대응만 가능 • 정확도 요구됨

드론에 대한 위협이 점차 다양해지고 현실화됨에 따라, 이를 대응하는 안티드론 시스템의 중요성도 크게 증가하고 있다. 특히 각 단계별 기술들은 상호 유기적으로 연결되어야 하며, 센서 융합과 인공지능 기반 자동화 기술의 발전은 전체 시스템의 효과성을 높이는 데 핵심적인 역할을 한다. 향후에는 다양한 환경에서도 실시간 대응이 가능한 통합형 안티드론 솔루션의 개발이 더욱 중요해질 것으로 전망된다.

제 4 절 선행연구 검토

드론을 이용한 테러 위협은 급격히 증가하고 있다. 2016년 6월부터

2021년 6월까지 전 세계적으로 최소 296건의 드론을 이용한 테러 사례가 보고되었으며, 이 중 93.6%가 중동 및 북아프리카 지역에서 발생했다.⁵⁷⁾ 드론 기반 테러리즘의 특성으로는 원격 조종 가능성, 낮은 탐지율, 폭발물 및 위험물질 운반능력 등이 있으며, 특히 상용 드론의 개조를 통한 테러 위협이 증가하고 있다.

지금까지의 드론 기반 테러리즘에 대한 선행연구는 전반적으로 실증적인 위협 분석을 위하여 미디어 자료를 근간으로 하였고, 테러리즘의 특성상 공개된 자료는 제한적일 수 밖에 없었다. 또한 국가중요시설의 위협에 대한 연구도 법적 제도적 관점에서 논의하였다.

러시아-우크라이나 전쟁에서 드론의 역할을 분석한 김형석 외(2023)의 연구에 따르면, 드론은 정찰·공격·자폭 등 다양한 용도로 활용되었으며, 우크라이나는 드론을 공세적으로 운용하는 반면, 러시아는 방어적 성격이 강한 것으로 나타났다.

러시아는 우크라이나 드론의 85.1%를 요격하며, 54.0%의 공격 성공률을 기록한 반면, 우크라이나는 러시아 드론의 43.3%만 요격하고, 14.3%의 공격 성공률을 기록하는 등 방호와 공격능력에서 차이를 보였다. 이러한 결과는 드론이 현대전에서 핵심 전력으로 자리 잡았음을 입증하는 동시에, 드론 대응체계의 성능이 전장 환경에서 실제 작전 결과에 미치는 영향을 실증적으로 보여준다. 러시아-우크라이나 전쟁은 드론의 군사적 활용 가능성과 함께 방호체계 성능의 중요성을 입증하고 있다.

유엔 대테러실(UNOCT)과 분쟁무기연구소(CAR)가 공동으로 수행한 연구에 따르면, 테러 집단은 주로 상업적 출처를 통해 드론을 획득하고 있으며, 일부 단체들은 지역 산업능력을 구축하여 자체적으로 드론을 생산하거나 개조하는 역량을 보유하고 있다. 또한 단체 간 드론 기술과 지식의 공유가 활발히 이루어지고 있어 위협이 확산될 가능성이 증가하고 있다. 이에 대응하기 위해 국가 법률 및 정책 강화, 공급망 보안 조치, 정보 관리 및 공유, 드론 대응 기술 개발, 모니터링 체계 구축, 다자간 협력 등 핵심 정책 영역을 제시하고 있다(UNOCT & CAR, 2023).

57) 김한수, 이병석. (2023), “드론 테러의 특성과 대응 방안 연구: GTD 드론 테러 데이터를 중심으로”, 『경찰학연구』, 23(4), 63-85.

드론 기반 테러리즘 위협에 대한 국내 연구로는 손현종 외(2023)가 상용 드론과 북한의 군사 드론을 대상으로 폭발물 탑재량(TNT 등가량) 및 충돌 시 충격량을 분석하였으며, 일반 상용 드론조차 상당한 위협성을 지니고, 고정익 드론은 군용 폭탄 수준의 파괴력을 가질 수 있음을 확인하였다. 김일곤(2020)은 베네수엘라 대통령 암살 시도와 사우디 석유시설 공격, 영국 공항 침입 사례를 통해 드론 기반 테러리즘 위협이 단순한 가능성이 아니라 실제 발생하고 있는 안보 위협임을 강조하였다. 연구자는 드론 조종 방식에 따라 직시 무선조종, FPV 무선조종, GPS 자율비행의 3가지 유형으로 구분하고, 이에 대한 효과적인 대응방안을 제시하였다.

국가중요시설 보호 관련 연구로는 이재원(2021), 조상근 외(2023), 박홍성(2022)이 국가중요시설이 소형 드론 위협에 취약함을 지적하며, 드론 탐지 레이더, 식별 및 무력화 기술을 통합한 ‘안티드론 시스템’ 구축의 필요성을 공통적으로 강조하였다. 이들의 연구는 법적·제도적 미비점, 자원 부족, 군-시설 간 협조체계 부족 등의 문제점을 도출하고, 이를 극복하기 위한 방안을 제시하였다.

폭발물 위험성 평가 이론 측면에서, Zhang et al.(2025)은 밀폐된 공간에서의 폭발 실험을 수행하여 TNT 등가량, 폭발 충격파 초과압, 준정적 압력, 온도 변화 등의 매개변수를 분석하였으며, 밀폐 환경에서 후연소(Afterburning) 과정이 추가적인 에너지 방출과 충격파 증폭을 유발함을 확인하였다. United Nations(2021)의 국제 탄약 기술 지침(IATG 01.80)은 탄약 및 폭발물의 안전한 관리와 폭발 피해 예측을 위한 수학적 모델과 공식들을 제공한다. André Haider(2024)는 드론 사건 대응 훈련 연구에서 드론의 폭발물 운반능력과 위협 반경을 분석하고, 이를 TNT 등가량 및 폭발 충격파 영향과 연계하여 정량적으로 평가하였다.

국가중요시설 방호 전략에 관한 선행연구들은 주로 다층 방호 개념을 강조하고 있다. 국내에서 홍태현 외(2018)는 국가중요시설 보호를 위한 국내외 법·제도를 비교 분석하였으며, 드론 안전관리 체계 강화, 대테러 조직 및 전담 인력 지정, 드론 탐지 및 무력화 기술 도입, 대테러 전문 인력 양성을 위한 교육·훈련 체계 구축을 핵심 개선방안으로 제시하였다. 황

순필 외(2020)는 국가중요시설 방호를 위한 안티드론 시스템 구축 방안을 연구하였으며, 탐지 체계는 다양한 센서를 혼합·중첩 운용해야 탐지율을 향상시킬 수 있음을 강조하였다. 하충수(2023)는 북한의 드론테러 위협을 분석하고, 법적·제도적 개선을 중심으로 국가중요시설 방호체계의 문제점을 진단하였다.

국외에서 Brown et al.(2006)은 중요 기반시설 보호를 위한 이중 및 삼중 최적화 모델을 제안하였다. 이 모델은 지능형 공격자(테러리스트)와 방호자(우리)의 상호작용, 정보의 투명성, 그리고 공격자와 방호자의 순차적 행동을 특징으로 한다. 미국 국토안보부(DHS)는 “방호의 깊이(Defense-in-depth)” 개념을 강조하며, 이는 단일 방호선에 의존하지 않고 다중의 상호 지원적인 방호 계층을 구축하는 것을 의미한다.

국가중요시설 보호를 위한 3지대 방호 전략은 공중 위협을 고려한 다층적 방호 개념으로, 탐지·식별·무력화의 단계적 대응 체계를 구축하는 방식이다(안용운, 2022, 2023). 이 전략은 시설을 중심으로 세 개의 방호 구역을 설정하여 위협을 차단한다. 첫 번째 방호 구역(경계구역)은 반경 35km 범위에서 X-band 및 Ku-band 레이더를 활용한 조기 탐지 및 추적을 수행한다. 두 번째 방호 구역(주변 구역)은 반경 13km 범위에서 전자광학 및 적외선 감시 장비를 추가 운용한다. 세 번째 방호 구역(핵심방호구역)은 시설 중심부로부터 300m~1km 범위에서 전자기파, 레이저 등의 무력화 기술을 활용한다.

이상의 선행 연구를 종합하면, 드론 기반 테러리즘 위협은 현실적이며 국가중요시설에 심각한 위협을 초래할 수 있다는 점을 알 수 있다[표 2-10]. 그러나 드론의 폭발물 탑재능력과 비행속도는 위협의 정도를 결정하는 핵심 요소임에도 불구하고, 이 제원을 통합적으로 고려한 체계적인 방호 전략 수립에 대한 내용은 제한적이다. 본 연구는 이러한 선행 연구의 토대 위에서, 국내에서 획득할 수 있는 상용 드론의 제원을 정량적으로 분석하고, 이를 바탕으로 국가중요시설 보호를 위한 최적화된 3지대 방호 전략을 제시하고자 한다.

[표 2-10] 선행연구 요약

구분	연구자 및 주요 내용	연구 성과 및 한계점
실증적 위협 분석	• 김일곤(2020), 드론 테러 사례 분석 및 드론 조종 방식에 따른 위협 유형화	• 직시 무선조종, FPV 무선조종, GPS 자율비행의 3가지 유형 분류 • 드론의 물리적 특성에 따른 정량적 평가 미흡
	• 김한수 외(2023), 전 세계 드론 테러 296건 분석	• 드론 테러의 지역적 분포 확인 • 대응 방안 제시 미흡
	• 김형석 외(2023), 러-우 전쟁 드론 활용 분석	• 우크라이나의 공세적 드론 운용과 러시아의 방어적 운용 패턴 확인
	• 손현중 외(2023), 상용 드론과 북한 군사 드론의 TNT 등가량 및 충격량 분석	• 상용 드론의 군용 폭탄 수준 파괴력 정량적 입증 • 파편 안전거리와 대응 시간 통합 고려 부족
제도적 대응	• 송인옥(2021), 국가중요시설 드론테러 예방 및 대응 법제도 연구	• 드론 관련 법체계 분석 및 개선 방안 제시 • 기술적 대응과의 연계성 부족
	• 하충수(2023), 북한의 드론테러 위협 분석 및 법적·제도적 개선방안 연구	• 북한 드론의 침투 가능성 분석 및 대응체계 문제점 진단 • 과학적 방호지대 설정 방안 미흡
	• UNOCT & CAR(2023), 테러단체의 드론 획득 및 활용 방식 분석	• 국가 법률 강화, 공급망 보안, 정보 공유 등 6가지 핵심 정책 영역 제시 • 국가중요시설 특화 방호 전략 결여
기술적 대응	• 황순필 외(2020), 안티드론 시스템 구축 방안 연구	• 센서 혼합·중첩 운용의 탐지율 향상 효과 확인 • 위협군별 최적 대응 기술 미제시
	• 임단 외(2021), 국가중요시설의 드론테러 및 사이버 테러 대응 방안	• 드론 탐지 및 무력화 기술 분석 • 실질적 방호 거리 산정 부재
	• 이재원(2021), 국가중요시설 보호 안티드론 시스템 연구	• 국가중요시설 방호체계 현황 및 개선점 도출 • 자원 배분 최적화 전략 부족
	• 박홍성(2022), 국회 중심 국가중요시설 드론테러 대응방안	• 국가 핵심 시설별 맞춤형 대응 전략 제안 • 드론 위협 특성의 정량적 분석 부족
	• 조상근 외(2023), 국가중요시설 방호력 강화를 위한 대드론체계 발전 방향	• 군-시설 협조체계 강화 방안 제시 • 과학적 방호지대 거리 설정 미흡
통합적 방호 전략	• Brown et al.(2006), 중요 기반시설 보호를 위한 이중 및 삼중 최적화 모델	• 공격자-방호자 상호작용 고려한 시설 보호 모델 개발 • 드론 특화 위협 대응 방안 미비
	• 홍태현 외(2018), 국가중요시설 드론테러위협 대응 방안 연구	• 드론 안전관리 체계 강화 등 4가지 핵심 개선방안 제시 • 위협 기반 자원 배분 전략 부재

[표 2-10] 선행연구 요약(계속)

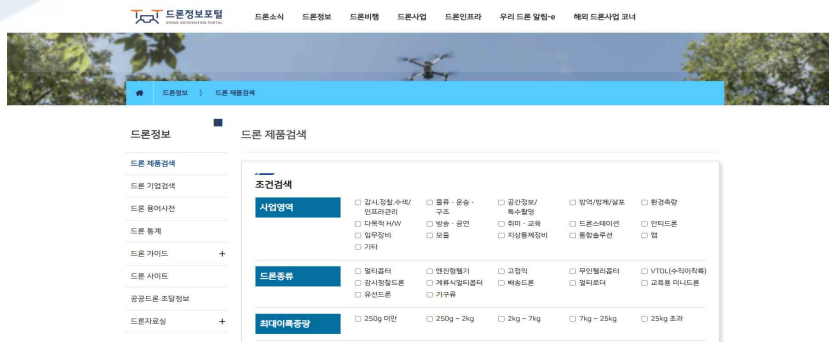
구분	연구자 및 주요 내용	연구 성과 및 한계점
통합적 방호 전략	• UN(2021), • 국제 탄약 기술 지침(IATG 01.80)	• 폭발물 안전 관리 및 피해 예측 수학적 모델 제공 • 드론 특화 폭발 위험 분석 모델 부재
	• 안용운(2022), • 국가중요시설 대드론 방호시스템 구축 방안	• 3지대 방호 전략(경계공역 3~5km, 주변공역 1~3km, 핵심 방호공역 300m~1km) 제시 • 고정 거리 방식 채택으로 위험 특성 미반영
	• 안용운(2023), • 국가중요시설 신방호체계 구축 방안 연구	• 3중 돔 방호체계 개념 발전 • 드론의 탑재중량과 속도의 통합적 고려 부족
	• André Haider(2024), • 드론 사건 대응 훈련 연구	• 드론의 폭발물 운반능력과 위협 반경의 정량적 평가 • 다양한 드론 유형별 차별화된 방호 전략 부재
	• Zhang et al.(2025), • 밀폐 공간 폭발 실험을 통한 TNT 등가량 분석	• 후연소 과정의 추가 에너지 방출 및 충격과 증폭 효과 확인 • 드론 기반 공중 폭발 시나리오 분석 제한

제 3 장 연구 설계 및 분석 방법

제 1 절 연구 대상 선정 및 자료 수집

본 연구는 국내에서 합법적으로 수집할 수 있는 상용 드론의 제원을 정량적으로 분석하고 이를 기반으로 과학적인 방호지대 거리를 도출하기 위해 국토교통부의 ‘드론정보포털’에 등록된 물류/운송/구조 및 방역/방제/살포용 드론을 연구 대상으로 선정하였다[그림 3-1]. 이 분류의 드론은 기본적으로 물체를 탑재하고 운반할 수 있는 능력을 갖추고 있어 폭발물 탑재 위험성과 접근속도를 분석하는 데 적합하다고 판단하였다.

자료 수집은 2025년 2월에 진행되었으며, 드론정보포털에 등록된 물류/운송/구조 및 방역/방제/살포용 드론 중 기본 제원이 명확히 제시된 35종을 최종 분석 대상으로 선정하였다. 수집된 데이터에는 드론의 크기(mm), 자체 중량(kg), 최대이륙중량(kg), 최대 운용거리(m), 비행시간(분), 최고 속도(km/h), 최대 운용고도(m), 구동 방식, 제작사 정보가 포함되었다.



[그림 3-1] 드론정보포털의 드론 제원 검색⁵⁸⁾

제 2 절 탑재중량 및 폭발물 위험성 분석 방법

58) <https://www.droneportal.or.kr/subList/200000000003>(검색일: 2025. 2. 14.)

드론의 폭발물 탑재능력을 평가하고 이를 바탕으로 과학적인 방호지대 거리를 도출하기 위해 각 드론의 실질적인 탑재 가능 중량을 산출하는 방법을 적용하였다. 이 분석은 단순한 위험도 산출에 그치지 않고, 방호지대 설정의 핵심 기준이 되는 파편 안전거리 도출의 기초가 된다. 드론정보포털에 등록된 자료에는 직접적인 탑재중량이 명시되어 있지 않은 경우가 많아, 다음과 같은 계산식 (1)을 사용하였다.

$$P_L = MTOW - W_E \quad (1)$$

여기서 P_L 은 탑재 가능 중량(Payload)을 kg 단위로 표시한 것이고, W_E 는 드론의 자체 중량(Empty Weight)을 kg 단위로 표시한 것이며, MTOW(Maximum Take Off Weight)는 최대이륙중량을 kg 단위로 표시한 수치로 허용된 최대 이륙 중량이다.

폭발물 위험성 평가를 위해 테러 현장에서 사용 가능성이 높은 군용 폭약인 Composition 4(C4)의 탑재를 가정하고, UN Office for Disarmament Affairs(UNODA)에서 제시한 국제 탄약기술지침서인 IATG 01.80:2021[E]의 방법론을 적용하였다. 폭발물의 위력은 TNT를 기준으로 하는 위력 변환 계수를 통해 측정되며, 압력 기준 TNT 등가 중량과 충격과 기준 TNT 등가 중량은 다음 수식으로 산출하였다.

$$TNT_{eqP} = P_L \times 1.37 \quad (2)$$

$$TNT_{eqB} = P_L \times 1.19 \quad (3)$$

여기서는 충격과 기준 TNT 등가 중량(TNT Equivalent for Blast Wave)을 kg 단위로 산출한 것이고, P_L 은 탑재 가능 중량(Payload)을 kg 단위로 산출한 양이다. 1.19는 C4의 충격과 효과 변환 계수이다.

C4와 같은 군용 폭발물의 경우, 폭발물 자체 중량(Net Explosive Quantity, NEQ) 외에도 기폭 장치, 포장재, 케이스 등을 포함한 총중량

(All-Up Weight, AUW)을 고려해야 하며, 본 연구에서는 AUW를 드론이 운반할 수 있는 폭발물 전체의 무게로 정의하였다. AUW는 IATG 01.80:2021[E]의 6.1.1절 기준에 따라 파편 안전거리와 노출 폭발물 안전거리 계산의 기준값으로 활용된다.

파편 안전거리는 폭발물에 의해 발생하는 파편이 더 이상 인명에 유해한 영향을 주지 않는 거리를 의미하며, 일반적으로 보수적인 수치로 설정된다. 반면, 노출 폭발물 안전거리는 폭발 충격파가 인체에 심각한 영향을 주지 않는 최소 거리이다. 두 안전거리는 모두 AUW를 기반으로 다음과 같은 공식으로 계산된다.

$$D_f = 634 \times (AUW)^{\frac{1}{6}} \quad (4)$$

$$D_o = 130 \times (AUW)^{\frac{1}{3}} \quad (5)$$

여기서 AUW(All-Up Weight)는 폭발물의 총중량(kg)으로, 드론이 운반할 수 있는 C4 폭발물의 총중량을 의미한다. 이렇게 산출된 안전거리는 드론의 최고속도에 따른 접근시간과 함께 외부 방호지대 거리 설정의 핵심 기준으로 작용하며, 실제 위험 특성을 반영한 과학적 방호 거리 산정에 활용된다. 다만, IATG 01.80 기반 공식은 군용 탄약고 관리 및 지상 폭발 시나리오를 기준으로 개발된 것으로, 본 연구와 같은 드론 기반 공중 폭발 상황에 직접 적용 시 다음과 같은 전제 및 제한이 존재한다.

첫 번째로는 모델링 가정이다. IATG 01.80의 공식은 지상 폭발을 기준으로 설계되었으나, 본 연구에서는 이를 공중 폭발(Airburst)에 적용하였다. 드론의 탑재물이 폭발하는 상황이다. 폭발물은 C4 단독으로, 별도의 금속 케이스나 방향성 파편 설계가 없다는 가정을 전제로 한다. 또한 드론 본체의 파편 효과는 추가 고려하지 않았다.

두 번째는 탑재중량 계산 제약이다. 일부 드론의 경우 MTOW 또는 자체 중량 정보가 부정확하거나 누락되어 추정값을 사용하였다. 또한 실제

탐재중량은 기온, 고도, 습도 등 외부 환경 조건에 따라 달라질 수 있다는 측면에서 추정값 또한 완전하다고는 할 수 없다.

세 번째는 안전거리 산출의 제약이다. 수식 (4), (5)는 개방된 야외환경을 기준으로 산출된 거리이며, 도시 밀집지역 또는 건물 내부 폭발 시에는 피해 반경이 확대될 수 있다. 또한 파편 안전거리는 최대 도달 가능 거리를 의미하므로, 실제 위험 수준은 거리별로 상이하다고 할 수 있다.

네 번째는 폭발물 위력의 변동성이다. C4의 TNT 등가량은 특정 실험 조건에서 산정된 수치이며, 실제 환경에서는 기폭 장치, 포장 방식 등에 따라 위력이 달라질 수 있다. 그러므로 이 연구에서 TNT 등가량을 기준으로 하는 계산은 특정한 실험 조건이며, 일반적이고 공통적으로 적용하기는 어려울 것으로 보인다.

마지막으로 본 모델의 계산은 드론의 비행경로, 속도, 진입 각도와 같은 작전 변수는 반영하지 않는다. 드론의 비행속도는 폭발물의 위력에 직접적으로 연관되는 운동에너지의 변화로 이어진다. 그러나 드론의 비행에는 최고속도, 순항속도 또는 기상 환경에 따라서 끝없이 변화한다. 본 연구에서는 이러한 모든 변화 요소를 일괄적으로 고려하는 계산을 하지는 않았다.

이러한 점을 감안하여, 본 연구에서는 드론별 탐재중량을 기반으로 각 모델에 대한 TNT 등가 중량 및 파편·폭압 안전거리를 산출하였다. 드론 3종(MEGA6, A-25T, MDT-H1)을 예로 든 계산 결과를 나타낸다[표 3-1].

[표 3-1] 드론의 안전거리(예)

구분	MEGA6	A-25T	MDT-H1
탐재중량(kg)	100.00	25.00	5.00
TNT 등가중량(kg)[압력 기준 1.37]	137.00	34.25	6.85
TNT 등가중량(kg)[충격파 기준 1.19]	119.00	29.75	5.95
파편 안전거리(m)	1,439.49	1,142.53	873.72
노출 폭발물 안전거리(m)	670.17	422.18	246.89

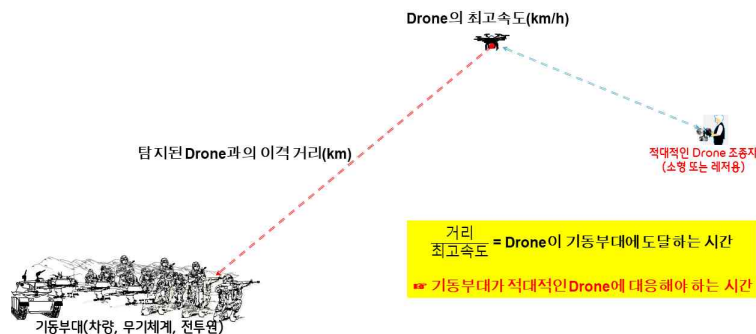
본 연구에서는 드론 모델별로 산출된 파편 안전거리와 노출 폭발물 안

전거리를 기반으로, 위험 기반 접근법을 적용하여 방호지대 거리를 과학적으로 도출하였다. 특히 위험군별 대표 드론의 파편 안전거리와 해당 속도 구간 내 드론이 방호지대에 도달하기까지 소요되는 시간을 종합적으로 고려함으로써, 고정 거리 기반의 기존 방호체계보다 실질적인 대응 가능성을 반영한 최적화된 3지대 방호 전략을 구성하였다.

본 연구에서 분석한 35종 드론의 파편 및 폭압 안전거리는 각 드론의 탑재중량을 기준으로 TNT 등가 중량을 산정하고, 이를 통해 도출하였다. 본문에서는 대표 모델 3종의 계산 사례만을 제시하며, 전체 드론 목록에 대한 세부 계산 결과는 [부록]에 수록하였다.

제 3 절 비행속도 및 접근시간 분석

드론의 속도 특성이 대응시간 확보에 미치는 영향을 분석하기 위해, 드론의 최고속도(km/h)를 기준으로 방호 중심점으로부터 0.5km에서 15km까지의 거리별 예상 도달시간을 계산하였다. 이 분석은 각 위험군별 드론에 대해 최소 필요 대응시간(5분)을 확보할 수 있는 과학적인 방호지대 거리 설정의 핵심 근거가 된다. 이를 도식하면 다음과 같다[그림 3-2].



[그림 3-2] 드론 대응을 위한 가용시간

국가중요시설(방호 대상)과 접근하는 드론 간의 관계를 보여주고 있으며, 드론이 특정 최고속도(km/h)로 비행할 때, 방호 중심점으로부터의 거리를 km 단위로 표시하여 탐지된 드론이 실제 시설에 도달하기까지 걸리는 시간을 계산하는 방식을 표현하였다. 적색 점선은 드론의 접근경로를 나타내며, 청색 점선은 드론 조종자와의 통신을 의미한다. 이는 방호시스템이 드론을 탐지한 시점부터 실제 대응 조치를 취하기까지 확보할 수 있는 시간적 여유를 정량적으로 산출하는 방법론을 시각화한 것이다.

이 계산은 드론이 최고속도로 일정하게 직선 비행한다는 가정에 따라 이루어졌다. 실제 상황에서는 가속 및 감속, 회피 기동, 기상 조건 등으로 인해 도달 시간이 다를 수 있으나, 이러한 단순화된 모델은 최악의 시나리오(최단 도달시간)를 예측하는 데 유용하며, 이는 대응 시스템의 반응시간 요구사항 설정의 기준이 된다.

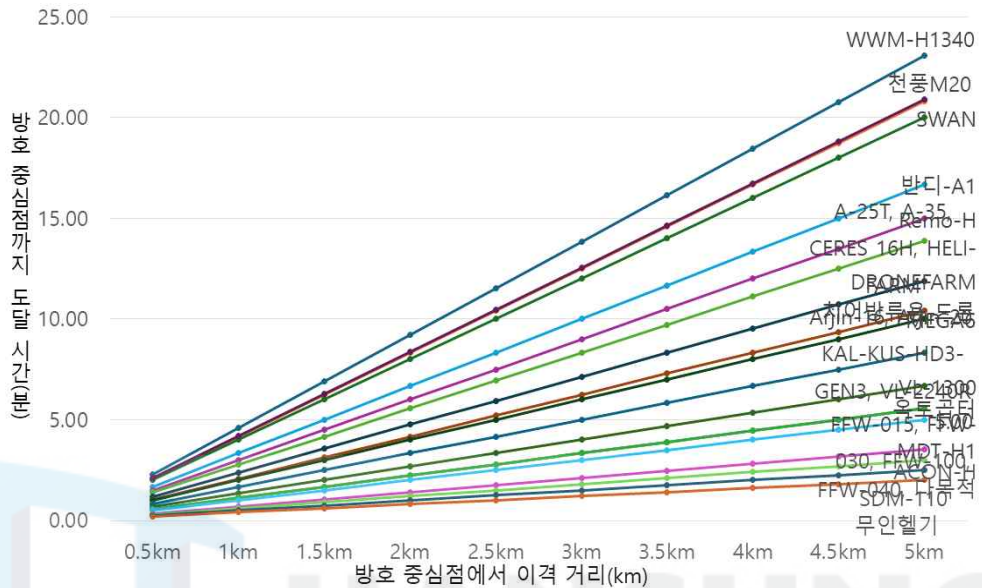
분석 결과를 바탕으로, 드론을 속도에 따라 고속 드론(80~150km/h), 중속 드론(40~80km/h), 저속 드론(13~40km/h)으로 분류하고, 각 속도 그룹별 특성과 대응 시간을 분석하였다. 이러한 속도 분류는 탑재중량과 함께 드론의 위험군 분류의 핵심 기준이 되며, 위험군별로 최소 대응시간을 확보하기 위해 필요한 탐지 거리 계산의 기초가 된다.

본 연구에서는 각 드론 위험군별 속도 특성과 접근시간 분석을 통해, 최소 필요 대응시간(5분)을 확보할 수 있는 탐지 거리를 산출한다. 이 탐지 거리는 앞서 계산된 파편 안전거리와 함께 종합적으로 고려되어, 위험군별 최적의 방호지대 거리를 결정하는 데 활용된다.

외부 방호지대는 최고위험군 드론의 필요 탐지 거리와 파편 안전거리 중 큰 값을, 중간 방호지대는 고위험군 드론의 필요 탐지 거리와 파편 안전거리 중 큰 값을, 내부 방호지대는 중위험군 드론의 필요 탐지 거리와 파편 안전거리 중 큰 값을 기준으로 설정한다. 이러한 위험 기반 접근법은 드론의 실제 위험 특성에 기반한 과학적이고 효과적인 방호지대 설정을 가능하게 한다.

본 연구에 사용된 35종의 드론을 방호 중심점으로부터 5km 거리에서 최고속도로 중심점까지 도달하는 시간을 분 단위로 정리하여 도식화하면

다음과 같다[그림 3-3].



[그림 3-3] 드론 모델별 방호 중심점 도달시간

이 그래프는 다양한 드론 모델들이 방호 중심점으로부터의 거리에 따라 도달하는 데 소요되는 시간을 보여주는 것이다. 그래프의 X축은 방호 중심점으로부터의 거리(0.5km에서 5km)를 나타내고, Y축은 드론이 해당 거리에 도달하는 데 소요되는 시간(분)을 나타낸다. 그래프에서 확인할 수 있듯이, 가장 느린 드론인 WWM-H1340(최고속도 13km/h)은 5km 거리를 이동하는 데 약 23분이 소요되는 반면, 가장 빠른 드론인 FFW-040과 다목적 무인헬기(최고속도 150km/h)는 동일한 거리를 단 2분 만에 이동할 수 있다.

속도에 따라 드론들은 여러 그룹으로 구분된다. 저속 드론(13~36km/h)은 그래프 상단에 위치하며 상대적으로 긴 이동시간을 보여주며, 중속 드론(43~85km/h)은 중간 부분에, 고속 드론(100~150km/h)은 하단에 위치하며 매우 짧은 이동시간을 나타낸다. 이러한 속도 특성은 국가중요시설 방호체계가 드론의 탐지부터 대응까지 확보할 수 있는 가용

시간에 직접적인 영향을 미치며, 효과적인 대응을 위한 최소 탐지 거리 설정의 핵심 근거가 된다.

제 4 절 위험 요인 통합 분류 체계 구축

드론의 폭발물 탑재 위험성과 속도 특성을 통합적으로 고려한 위험 분류 체계를 구축하기 위해 등간격 구간화(Equal Interval Binning) 방법론을 적용하였다. 이 방법론은 데이터의 분포 특성과 연구 목적을 고려할 때 가장 적합한 것으로 판단되었다.

1) 등간격 구간화 방법론의 적용 근거

등간격 구간화는 데이터의 최소값과 최대값을 기준으로 동일한 간격을 설정하여 데이터를 구간별로 나누는 방법으로, 다음과 같은 이유에서 본 연구에 적합하다(Evans, 1977; Slocum et al., 2009).

가장 먼저 객관성과 투명성이다. 등간격 구간화는 연구자의 주관적 판단이 개입될 여지가 적고, 분석 과정이 투명하게 드러난다(Armstrong et al., 2003). 본 연구와 같이 이산형의 데이터를 데이터 포인트가 비슷한 구간으로 나누는 과정을 통하여 특정한 목표 의식이나 연구자의 주관이 배제되는 것이다.

두 번째로는 정책적 활용성이다. 등간격 구간화 방법은 명확한 경계값을 제시함으로써 정책 결정자들이 위험 등급별 대응 전략을 수립하기 용이하게 할 수 있다.(Brewer, 2006) 일반적인 구간화를 통하여 추가적으로 고려해야 하는 특정한 구간화를 선택한 이유와 합리성에 대한 추가적인 고려가 필요하지 않다.

세 번째로는 일관된 위험 평가가 가능하다는 점이다. 다양한 드론 모델에 대해 일관된 기준으로 위험을 평가할 수 있어 형평성 있는 방호 전략 수립이 가능하다고 할 것이다.(Cutter et al., 2003) 드론의 위협은 중량과 속도라는 두 가지 변수로 고려하면서 일관되게 평가가 가능하기 때문

이다.

네 번째로는 소규모 데이터셋에 대한 적합성이다. 본 연구에서는 국내에서 비교적 상세한 데이터 수집이 가능한 35종의 드론이라는 제한된 샘플 크기를 고려하였다. 이는 다른 클러스터링 방법들보다 통계적 안정성을 확보할 수 있다.(Fisher, 1958)

이러한 관점에서 본 연구에서는 자연 분류법, 분위수 기반 분류, 계층적 클러스터링 등 다른 클러스터링 방법들과 비교한 결과, 위험 평가와 방호 전략 수립이라는 연구 목적에 등간격 구간화가 가장 적합하다고 판단하였다.(Cromley & Cromley, 1996; Milligan & Cooper, 1985)

2) 탑재중량 및 속도 구간 설정

가) 탑재중량 구간화

탑재중량은 폭발물 위험성의 직접적 지표로, 본 연구에서는 최소 2.8kg에서 최대 100.0kg의 범위를 가진다. 등간격 구간화를 적용하여 다음과 같이 3개 구간으로 나누었다.

- 구간 간격 = $(100.0 - 2.8) \div 3 = 32.4\text{kg}$
- 경량 드론: 2.8~35.2kg
- 중량 드론: 35.3~67.6kg
- 대형 드론: 67.7~100.0kg

이러한 구간 설정은 MacEachren(2004)이 제시한 위험 요소 분류의 명확성 원칙에 부합하며, 폭발물 위험 평가에 있어 실질적인 위험도 차이를 반영한다.

나) 최고속도 구간화

최고속도는 대응시간 확보의 결정 요소로, 본 연구에 사용된 데이터에서 최소 13km/h에서 최대 150km/h의 범위를 가진다. 등간격 구간화를 적

용하여 다음과 같이 3개 구간으로 나누었다.

- 구간 간격 = $(150 - 13) \div 3 = 45.67\text{km/h}$
- 저속 드론: 13~58.6km/h
- 중속 드론: 58.7~104.3km/h
- 고속 드론: 104.4~150.0km/h

이 구분은 Harrower & Brewer(2003)가 제시한 명확한 정책 기준 설정의 원칙을 따르며, 방호 전략 수립에 필요한 대응시간 차이를 체계적으로 반영한다.

다) 비행시간 구분

비행시간은 드론의 작전 지속성과 실질적 작전 반경을 결정하는 요소로, (Everitt et al., 2011)의 기존 연구와 실무적 기준을 고려하여 다음과 같이 구분하였다:

- 장시간: 120분 이상
- 중간: 30~120분
- 단시간: 30분 미만

3) 통합 위험 분류 체계

위에서 도출된 등간격 구간화 결과를 바탕으로, 드론의 위험 특성을 종합적으로 반영하는 4단계 위험 분류 체계(최고·고·중·저)를 구축하였다[표 3-2]. 이 분류는 Pérez & Scott(2005)이 제시한 공감적 위험 평가 프레임워크를 확장 적용하여, 탑재중량과 속도의 조합에 따른 실질적 위험도를 평가한 것이다.

이러한 구간 설정은 MacEachren(2004)이 제시한 위험 요소 분류의 명확성 원칙에 부합하며, 폭발물 위험 평가에 있어 실질적인 위험도 차이를 반영한다.

[표 3-2] 위험군 분류 및 특성

위험군	탑재능력 및 속도
최고	• 대형(67.7~100.0kg) + 고속(104.4~150km/h)
고(高)	• 대형(67.7~100.0kg) + 중속(58.7~104.3km/h) • 중량(35.3~67.6kg) + 고속(104.4~150km/h)
중(中)	• 대형(67.7~100.0kg) + 중속(58.7~104.3km/h) • 대형(67.7~100.0kg) + 저속(13~58.6km/h) • 중량(35.3~67.6kg) + 고속(104.4~150km/h)
저(低)	• 중량(35.3~67.6kg) + 저속(13~58.6km/h) • 경량(2.8~35.2kg) + 중속(58.7~104.3km/h) • 경량(2.8~35.2kg) + 저속(13~58.6km/h)

4) 드론 위험 특성 분석 결과

등간격 구간화를 적용하여 국내 상용 드론 35종을 분석한 결과, 다음과 같은 위험 특성 패턴이 확인되었다.

첫 번째는 고속 대형 드론의 희소성이다. 분석 대상 중 최고위험군(대형+고속)에 해당하는 드론은 극히 제한적이었다. 이는 Everitt et al.(2011)이 지적한 바와 같이, 대형 드론이 속도보다 안정성과 탑재량을 우선시하는 설계 특성 때문인 것으로 분석된다. 멀티콥터형인 MEGA6의 경우 MTOW는 200kg이지만 최고속도는 30km/h를 가진다. 이는 대형 드론의 경우 중량물을 운반한다는 특성상 고속보다는 안전성을 고려한 결과로 보인다.

두 번째는 중속 드론의 다목적성이다. 중속 드론(58.7~104.3km/h) 범주에 속한 모델들은 Monmonier(1996)의 연구에서 언급된 다목적 활용성 특성을 보였다. 방제, 정찰, 수송, 감시 등 다양한 임무 수행이 가능한 모델들이 이 범주에 집중되어 있었다. 본 연구에서 분석한 드론들은 국내에서 주로 수송용의 개념으로 설계되고 운용된다는 측면에서 이러한 특성은 일반적이었다.

세 번째는 고속 드론의 하이브리드화이다. 고속 드론(104.4km/h 이상) 대부분은 Slocum et al.(2009)이 분석한 바와 같이 하이브리드 엔진(연료+배터리) 기반이거나 엔진 형태를 유지하고 있었다. 이는 장시간 비행과

높은 기동성이 요구되는 임무에 전기 기반 시스템보다 하이브리드 시스템이 더 효과적임을 시사한다.

이러한 분석 결과는 국가중요시설 방호 전략 수립 시 위험군별 차별화된 접근이 필요함을 시사한다. 특히 위험 특성에 따른 맞춤형 대응 전략 수립이 방호 효과성을 높이는 핵심 요소임을 확인할 수 있다.

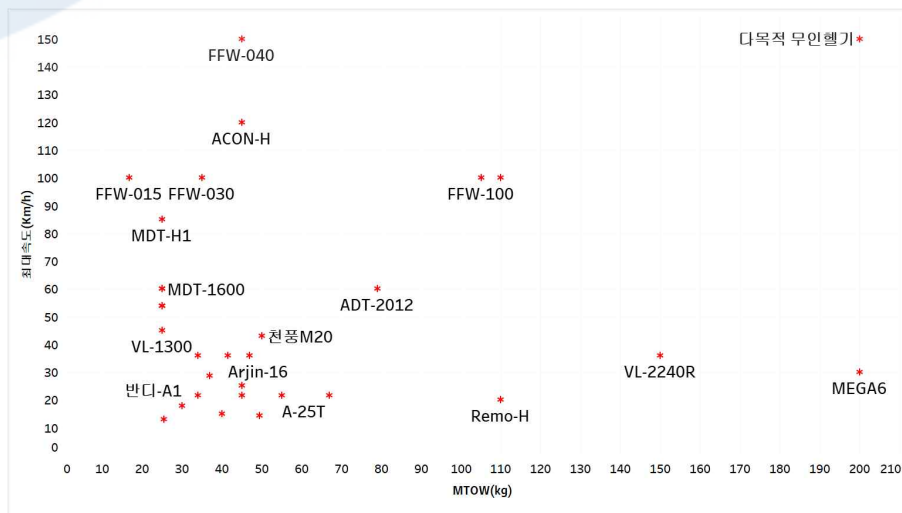


제 4 장 연구 결과

제 1 절 드론의 탑재중량 및 폭발물 위험성 분석

본 연구에서 분석한 35종 드론의 탑재 가능 중량은 최소 2.8kg에서 최대 100kg까지 넓은 범위에 분포하였다. 이러한 다양한 탑재중량의 분포는 각기 다른 위협 수준을 가진 드론에 대한 차별화된 방호 전략 수립의 중요성을 뒷받침한다.

국내에서 획득 가능한 물류/운송/구조 및 방역/방제/살포용 드론 35종의 탑재능력 제원을 분석한 결과, 경량 드론(2.8~35.2kg)이 25종(71.4%), 중량 드론(35.3~67.6kg)이 7종(20.0%), 대형 드론(67.7~100.0kg)이 3종(8.6%)으로 나타났다. 이러한 분포는 위험 기반 접근법 적용 시 중량 드론이 주요 분석 대상이 되어야 함을 시사한다. 분석에 사용된 드론을 MTOW와 최고속도로 구분하여 도식한 것이다[그림 4-1].



[그림 4-1] 연구에 사용된 드론 제원 분포

주목할 점은 30kg 이상의 대형 드론 5종이 모두 국내에서 합법적으로 등록되어 사용되고 있는 상용 드론이라는 사실이며, 100kg의 탑재능력을 갖춘 드론이 존재한다는 것은 이러한 드론들이 적대적 세력에 의해 사용될 경우 심각한 위협이 될 수 있음을 의미한다.

각 드론의 탑재 가능 중량을 기반으로 C4 폭발물의 위력을 TNT 등가 중량으로 환산한 결과, 경량 드론은 4.11~9.73kg, 중형 드론은 13.70~39.73kg, 대형 드론은 44.66~137.00kg의 압력 기준 TNT 등가 중량을 나타냈다. 이를 바탕으로 산출한 파편 안전거리는 위험군별로 뚜렷한 차이를 보였다.

특히 주목할 점은 MEGA6가 저속 드론임에도 불구하고 높은 탑재중량(100kg)으로 인해 파편 안전거리가 1,439.49m로 가장 크게 나타났다는 것이다[그림 4-2]. 이는 탑재중량이 위험 평가에서 속도보다 더 결정적인 요소일 수 있음을 시사한다. 폭발물의 양에 따라 위력 또는 위험도가 평가될 수 있다는 측면에서 이러한 결과는 자연스럽다.



- 크기: 1,800mm x 1,800mm x 1,000mm
- 자체 중량: 100kg 최대이륙중량: 200kg
- 최고속도: 30km/h, 비행시간: 0.5시간
- 종류: 멀티콥터, 제작사: 이지시스템

[그림 4-2] MEGA6 형상 및 주요 제원

또한 최소 크기의 FFW-015에서 보는 드론조차도 압력 기준 TNT 등가 중량이 3.84kg에 달해, 소형 드론도 상당한 폭발력을 가질 수 있음을 확인하였다[그림 4-3]. K413 수류탄은 무게 240 g, 폭발시간 4~5초, 살상범위 10~15m에 이른다.⁵⁹⁾ 이 정도의 위력이라면 파편 효과를 고려하지

59) <https://www.sedaily.com/NewsView/2D9DJA43L5>(검색일: 2025. 6. 9.)

않더라도 3.84kg의 위력은 단순 계산으로 수류탄의 16배에 달한다고 할 수 있다. 드론의 탑재중량 수준에 따라 위험도 현격하게 변화한다고 할 수 있다.



- 크기: 3,540mm x 2,060mm x 250mm
- 자체 중량: 14kg 최대이륙중량: 16.8kg
- 최고속도: 72km/h, 비행시간: 3시간
- 종류 VTOL(수직이착륙), 제작사: 파인브이티

[그림 4-3] FFW-015 형상 및 주요 제원

안전거리 분석 결과, 모든 드론 유형에서 파편 안전거리가 노출 폭발물 안전거리보다 약 2.1~3.9배 더 넓게 계산되었다. 경량 드론의 파편 안전거리는 793~926m, 중형 드론은 980~1,171m, 대형 드론은 1,194~1,440m로 분석되었다. 이는 기존의 고정 거리 기반 방호지대 설정 방식이 탑재물 폭발시 파편의 위험 특성을 충분히 반영하지 못하고 있음을 보여준다.

제 2 절 드론의 속도 특성 및 대응시간 분석

연구 대상 35종 드론 중 최고속도가 제시된 33종의 드론 속도를 등간격 구간화 방법론에 따라 분석한 결과, 저속 드론(13~58.6km/h)이 16종(48.5%)으로 가장 높은 비율을 차지했으며, 중속 드론(58.7~104.3km/h)이 9종(27.3%), 고속 드론(104.4~150km/h)이 8종(24.2%)으로 나타났다.

각 드론의 최고속도를 기준으로 다양한 거리에서 방호 중심점으로서의 도달시간을 계산한 결과, 속도 구간별로 현저한 차이가 확인되었다. 방호 중

심점으로부터 5km 거리를 기준으로 할 때, 고속 드론인 FFW-040(150km/h)은 약 2분 내에 목표 지점에 도달할 수 있는 반면, 저속 드론인 WWM-H1340(13km/h)은 동일 거리에서 약 23분이 소요되는 것으로 분석되었다.

이러한 분석 결과는 드론의 속도 특성이 방호시스템의 대응시간 요구사항에 직접적인 영향을 미친다는 점을 명확히 보여준다. 효과적인 대응을 위해 최소 5분의 대응시간이 필요하다고 가정할 경우, 속도 구간별로 필요한 최소 탐지 거리가 상이하게 나타났다. 고속 드론(의 경우 최소 12.5km, 중속 드론은 5km, 저속 드론은 2.5km 거리에서의 탐지가 요구된다.

또한, 비행 지속시간과 속도를 함께 분석한 결과, 일부 고속 드론의 장시간 비행능력이 주목할 만한 위협 요소로 확인되었다. 특히 다목적 무인헬기(최고속도 150km/h, 비행시간 6시간)와 FFW-040(최고속도 150km/h, 비행시간 8시간)와 같은 드론은 1차 방호지대(15km) 외부에서도 충분히 발진하여 신속하게 국가중요시설에 접근할 수 있어, 방호체계 설계 시 우선적인 대응 대상으로 고려해야 한다.

제 3 절 통합 위협 분류 체계 개발

본 연구에서 제시한 등간격 구간화 방법론과 위협 기반 접근법을 적용하여 드론의 탑재중량과 속도 특성을 종합적으로 도출하였다[표 4-1].

[표 4-1] 등간격 구간화 적용 결과에 따른 드론 분류

구분	저속	중속	고속
대형	MEGA6 등 2종	SDM-110	다목적무인헬기
중량	A-35 등 7종	ADT-2012	FFW-040 등 2종
경량	SWAN 등 11종	옥토크터 등 7종	FFW-030

이 분류 체계는 드론의 실제 위협 특성에 기반한 방호지대 거리 산출의 기초가 된다. 주목할 점은 고속 대형 드론 카테고리에 해당하는 드론은

‘다목적 무인헬기’ 1종만이 포함되어 있다는 점이다. 이는 대부분의 대형 드론이 구조적 안정성 및 운용 특성상 고속보다는 안정성과 탑재량을 우선시하는 설계 경향을 가지고 있음을 시사한다. 본 분석에서는 속도 정보가 명시되지 않은 iONE-PRO와 EFT625 2종의 드론에 대해서는 보수적 접근법을 적용하여 경량 드론 범주에서 중위험군(경량-고속)으로 분류하였다.

등간격 구간화 기반 분류 결과를 방호 전략 수립에 효과적으로 적용하기 위해, 이를 4개의 위험 등급(최고·고·중·저)으로 매핑하였다. 이 과정에서 드론의 파편 안전거리와 최소 대응시간 확보를 위한 필요 탐지 거리를 종합적으로 고려하였다.

각각 위험군의 주요 특성은 다음과 같다[표 4-2]. 최고위험군은 대형 드론과 고속 특성이 결합된 경우로, 대량 폭발물 탑재능력과 빠른 접근속도로 인해 가장 심각한 위협을 제기한다. 본 연구에서 분석한 데이터에서는 ‘다목적 무인헬기’ 1종이 이에 해당하며, 파편 안전거리는 1,322.01m, 최소 대응시간 5분을 확보하기 위한 필요 탐지 거리는 12.5km이다.

고위험군은 대형+중속 또는 중형+고속 드론으로, 높은 폭발물 위험성이나 빠른 접근능력 중 하나를 보유한 경우이다. 본 데이터에서는 SDM-110(대형+중속) 및 FFW-040, ACON-H(중형+고속) 총 3종이 해당한다. 파편 안전거리는 1,194.21m이며, 필요 탐지 거리는 5km이다.

중위험군은 대형+저속, 중형+중속, 경량+고속 드론으로, 위험 요소 중 하나는 높으나 다른 요소는 중간 수준인 경우이다. 본 데이터에서는 VL-2240R, MEGA6, ADT-2012, FFW-030과 함께 속도 정보가 없는 iONE-PRO와 EFT625를 보수적 접근법에 의해 포함시켜 총 7종이 해당한다. 특히 주목할 점은 MEGA6가 상대적으로 낮은 속도(30km/h)에도 불구하고 높은 탑재중량(100kg)으로 인해 파편 안전거리가 1,439.49m로 전체 드론 중 가장 크게 나타났다는 점이다.

저위험군은 중형+저속, 경량+중속, 경량+저속 드론으로, 상대적으로 관리 가능한 위험 수준을 나타낸다. 본 데이터에서는 총 25종이 이에 해당한다. 파편 안전거리는 1,171.14m이며, 필요 탐지 거리는 2.1km이다.

[표 4-2] 위험군별 특성

구분	저속(13~40km/h)	중속(40~80km/h)	고속(80~150km/h)
대형(> 30g)	중위험군(2종)	고위험군(1종)	최고위험군(1종)
중형(10~30g)	저위험군(7종)	중위험군(2종)	고위험군(2종)
경량(< 10g)	저위험군(11종)	저위험군(7종)	중위험군(3종)

이 위험 분류 체계는 드론의 물리적 특성(탑재중량)과 작전적 영향(접근시간, 파편 안전거리)을 통합적으로 고려하여, 국가중요시설 방호를 위한 과학적 근거에 기반한 방호지대 설정 및 대응 전략 수립의 토대가 된다. 특히 탑재중량이 속도보다 파편 안전거리 결정에 더 큰 영향을 미친다는 점은 위험 평가 시 중요하게 고려해야 할 요소이다.

제 4 절 위험군별 최적 3지대 방호 전략

통합 위험 분류 체계와 위험 기반 접근법을 바탕으로, 국가중요시설 보호를 위한 위험군별 최적화된 3지대 방호 전략을 수립하였다. 드론의 실제 위험 특성(파편 안전거리)과 최소 대응시간(5분) 확보를 위한 필요 탐지 거리를 과학적으로 산출하여 방호지대 설정을 제안한다.

위험 기반 접근법을 적용한 과학적 방호 전략은 다음과 같이 구성된다 [표 4-3]:

1차 방호지대(15km)는 최고위험군 드론에 대응하기 위한 외곽 구역으로, 최소 대응시간 5분 확보를 위한 필요 탐지 거리(12.5km)와 1차 방호 최소 기준(15km) 중 큰 값을 적용하였다. 이 구역에는 장거리 3D 레이더와 고해상도 EO/IR 카메라를 활용한 24시간 상시 감시 체계와 즉각적인 자동화 대응 시스템이 요구되며, 전체 방호 자원의 35~45%를 배분하는 것이 적절하다.

2차 방호지대(5km)는 고위험군 드론에 대응하기 위한 중간 구역으로, 최소 대응시간 5분 확보를 위한 필요 탐지 거리인 5km로 설정하였다. 이 구역에는 RF 스캐너, 음향 탐지기와 같은 다중센서 시스템을 활용한 반복

적 감시 체계가 필요하며, 재밍 시스템, 지향성 에너지 무기 등 신속한 반자동 대응체계가 효과적이다. 자원 배분 비율은 25~35%가 적절하다.

3차 방호지대(2.5km)는 중위험군 드론에 대응하기 위한 내부 구역으로, 최소 대응시간 5분 확보를 위한 필요 탐지 거리인 2.5km로 설정하였다. 이 구역에는 근거리 RF 탐지기, 광학 카메라를 활용한 정기적 감시 체계와 물리적 차단망, 포획 시스템 등 운영자 참여 기반 대응체계가 효과적이다. 자원 배분 비율은 15~25%가 적절하다.

[표 4-3] 위험군별 방호 전략

방호지대	자원 배분	중심으로부터의 거리 및 특성
1차	35~45%	• 15km • 24시간 상시 감시 체계와 즉각적인 자동화 대응 시스템
2차	25~35%	• 5km • 반복적 감시 체계와 신속한 반자동 대응 시스템
3차	15~25%	• 2.5km • 정기적 감시 체계와 운영자 참여 기반 대응체계

이러한 위험 기반 접근법의 주요 학술적 의의는 드론의 물리적 특성과 작전적 영향을 통합 고려한 데 있다. 기존의 고정 거리 방식(1차: 1.515km, 2차: 0.51.5km, 3차: 0~0.5km)과 비교할 때, 본 연구에서 도출된 방호지대 거리(1차: 15km, 2차: 5km, 3차: 2.5km)는 특히 2차 및 3차 방호지대에서 큰 확장을 보인다. 이는 실제 드론의 위험 특성(파편 안전거리)과 접근속도에 따른 대응시간을 과학적으로 산출한 결과이다.

제안된 3지대 방호 전략은 제한된 자원의 효율적 활용을 가능하게 하며, 각 시설의 중요도와 가용 자원에 따라 맞춤형으로 조정될 수 있다. 특히 탑재중량이 큰 최고위험군 드론에 대해서는 원거리에서의 조기 탐지와 무력화에 집중하고, 저위험군 드론에 대해서는 내부 방호지대에서의 물리적 차단에 초점을 두는 차별화된 접근은 비용 대비 효과성을 극대화할 수 있다. 이러한 위험 기반 방호지대 설정은 국가중요시설 방호의 과학적 근거를 제공하며, 향후 드론 위협의 진화에 따라 지속적으로 조정·발전시켜 나갈 수 있는 이론적 프레임워크를 제시한다.

제 5 장 논의 및 시사점

제 1 절 학술적 시사점

본 연구는 드론 기반 테러 위협에 대한 학술적 이해를 위험 기반 접근법(Risk-based approach)의 적용을 통해 다음과 같은 측면에서 확장하였다.

첫째, 폭발물 탑재 위험성과 속도 특성이라는 두 핵심 변수를 통합한 위험 기반 분석 프레임워크를 제시하였다. 선행 연구들이 주로 드론의 탐지 기술, 법적 규제, 전파 방해 시스템 등 단일 차원의 접근에 집중해 온 반면, 본 연구는 드론의 물리적 특성(탑재량, 속도)과 작전적 영향(도달시간, 파편 안전거리)을 통합적으로 고려함으로써 방법론적 발전을 이루었다. 위험 기반 접근법을 통해 산출된 방호지대 거리는 실효성 있는 방호체계 구축에 기여하며, 다양한 공중 위협 평가에도 응용될 수 있는 기초를 제공한다.

둘째, 상용 드론의 실제 제원에 기반한 실증적 위험성 분석을 통해 드론 기반 테러리즘 위협의 구체적 양상을 정량화하였다. 국제적으로 통용되는 폭발물 위험성 평가 방법론을 드론 기반 테러리즘 위협 평가에 체계적으로 적용하고, 최소 대응시간 확보를 위한 필요 탐지 거리를 산출함으로써, 객관적이고 재현 가능한 위험성 평가 체계를 구축하였다. 특히 저속 드론임에도 불구하고 높은 탑재중량으로 인해 가장 큰 파편 안전거리를 가질 수 있다는 사실 확인은 탑재중량의 중요성을 강조하는 학술적 성과이다.

셋째, 3지대 방호 전략의 이론적 프레임워크를 위험 기반 접근법에 따라 드론 기반 테러리즘 대응에 최적화하여 발전시켰다. 전통적인 다층 방호 개념을 공중 위협인 드론에 적용하고, 위험군별로 차별화된 방호지대 설정과 대응 방안을 제시함으로써 국가중요시설 방호 이론을 확장했다.

본 연구에서 가장 주목할 학술적 성과는 위험 기반 접근법을 통해 과

학적으로 산출된 방호지대 거리(1차: 15km, 2차: 5km, 3차: 2.5km)가 기존의 고정 거리 방식(1차: 1.515km, 2차: 0.51.5km, 3차: 0~0.5km)과 비교하여 상당한 차이를 보인다는 점이다. 특히 2차 방호지대는 기존보다 3.3배, 3차 방호지대는 5배 확장되었으며, 이는 드론의 실제 위험 특성(파편 안전거리)과 접근속도에 따른 최소 대응시간을 통합적으로 고려한 결과로, 위험 특성과 대응 자원 배분의 상관관계를 체계화한 이론적 기반이 된다.

이러한 방호지대 설정 방법론은 기존의 임의적 거리 설정에서 벗어나 객관적이고 정량적인 근거에 기반한 접근을 가능하게 함으로써, 국가중요 시설 방호 이론의 학문적 발전에 기여하였다. 또한 이 방법론은 드론 기반 테러리즘 외에도 다양한 공중 위협에 대한 방호 전략 수립에 확장 적용될 수 있는 이론적 프레임워크를 제공한다는 점에서 의의가 있다.

넷째, 폭발물 공학, 운동역학, 방호시스템 이론 등 다양한 학문 분야의 지식을 통합하여 위험 기반 접근법이라는 방법론을 복합적 문제에 적용하는 학제간 연구 방법론을 제시하였다. TNT 등가 중량을 통한 폭발 위험성 분석과 드론 속도별 최소 대응시간 확보를 위한 필요 탐지 거리 계산을 통합함으로써, 과학적 근거에 기반한 방호지대 설정 방법론을 개발했다.

제 2 절 실무적 적용 및 정책적 함의

본 연구의 결과는 국가중요시설 방호 전략의 실질적 개선을 위한 다음과 같은 실무적 적용 및 정책적 함의를 제공한다.

첫째, 위험 기반 자원 배분 전략의 필요성이 확인되었다. 기존의 일률적인 방호지대 설정 방식은 드론위협의 특성을 충분히 반영하지 못하며, 제한된 방호 자원의 비효율적 운용을 초래할 가능성이 크다. 본 연구에서 제안한 위험 기반 접근법을 적용하면, 위험군별 탐지·대응 자원의 우선순위를 과학적으로 설정할 수 있다. 예를 들어, 최고위험군 드론에 대해 자동화된 대응 시스템을 최우선 배치하고, 중·저위험군에는 상대적으로 저비

용·고효율의 대응 체계를 구축함으로써 방호 효과를 극대화할 수 있다.

둘째, 시설별 맞춤형 방호 전략 수립의 필요성이 제기되었다. 원자력 발전소, 정부기관, 에너지 인프라 등 다양한 형태로 존재하는 국가중요시설의 중요도와 지리적 환경, 운영 특성을 고려한 차별화된 방호체계가 요구된다. 본 연구에서 도출된 3지대 방호 전략은 시설별 위험 수준에 따라 방호범위를 조정할 수 있는 정책적 유연성을 제공한다.

셋째, 드론 비행 규제 및 대응 시스템 관련 법령의 보강 필요성이다. 현행 법령이 드론 산업 육성 및 안전 관리에 초점을 맞추고 있어 국가중요시설 방호에 대한 규제적 대응이 미흡한 상황이다. 본 연구에서 분석한 바와 같이, 일정 수준 이상의 탑재중량과 고속 비행이 가능한 드론은 심각한 위협이 될 수 있으므로, 비행 제한구역 설정, 탐지 시스템 의무화, 위험군별 대응체계 구축 등의 법규에 대한 보완이 필요하다.

넷째, 민·관·군 협력 체계의 구축 필요성이다. 국가중요시설의 효과적인 방호를 위해서는 군, 경찰, 정부 기관, 민간 보안업체 간 정보 공유 및 공동 대응체계가 마련되어야 한다. 본 연구에서 제시한 3지대 방호 전략은 개별 시설 차원이 아닌 지역 단위의 방호 네트워크 구축을 요구하며, 이를 위해서는 광역 감시 시스템 운영, 탐지 데이터 공유, 위협 평가 기준의 표준화가 필수적이다.

다섯째, 위험군별 차별화된 대응 기술 도입이 요구된다. 본 연구에서 제안한 위험군 분류 체계는 방호 기술 선정의 과학적 근거를 제공한다. 최고위험군 드론에는 장거리 탐지 및 무력화 기술이, 중위험군 드론에는 채밍 시스템 및 드론 요격 시스템이, 저위험군 드론에는 비용 대비 효율성을 고려한 인력 기반 대응 및 물리적 차단 시스템이 적절하다. 각 시설은 위험군별 탐지·대응 기술을 최적화하여 가용 예산과 시설 중요도에 맞게 단계적으로 도입할 필요가 있다.

여섯째, 국가중요시설별 탐지·대응능력 차이를 고려한 정보 공유 체계 구축이 필요하다. 모든 국가중요시설이 동일한 수준의 장거리 탐지 및 요격능력을 보유하기 어려운 현실에서, 시설 간 드론위협 정보의 실시간 공유 및 통합 경보 체계 구축은 방호 효과를 극대화할 수 있다. 특히 지형적

제약이나 예산 한계로 장거리 탐지가 제한되는 시설의 경우, 인접한 군부대나 정보기관과의 협력을 통한 조기 경보 네트워크 구축이 효과적이다. 이를 위해 드론 탐지 정보의 표준화 및 통합 플랫폼 개발, 시설 간 협력 프로토콜 수립 등의 제도적 기반이 마련되어야 한다.

제 3 절 연구의 한계 및 후속 연구 방향

본 연구는 방법론적 측면에서 다음과 같은 한계점을 가지고 있다.

드론 위험성 평가에서는 실제 운용 환경 변수(기상 조건, 고도, 배터리 소모)를 충분히 반영하지 못했으며, C4 폭발물 단일 유형만을 가정함으로써 다양한 위협 시나리오를 포괄하지 못했다. 드론 운용 특성 분석에서는 최고속도 직선 비행 가정과 일부 드론의 속도 정보 부재로 인한 제한이 있었다. 또한 방호체계 구축 측면에서는 국가중요시설별 탐지·대응 장비 현황과 능력 차이를 충분히 고려하지 못했으며, 장거리 탐지능력이 제한되는 시설을 위한 기관 간 정보 공유 체계 방안이 미흡했다.

이러한 한계를 보완하기 위한 향후 연구 방향은 다음과 같다. (1) 실제 운용 환경을 고려한 복합 위험 지수 개발, (2) 다양한 위험물질 및 공격 시나리오에 대한 시뮬레이션 연구, (3) AI 기반 드론 행동 예측 및 다중 드론 공격 대응 전략, (4) 위험군별 최적 대응 기술 조합 및 비용-효과 분석, (5) 국가중요시설 간 통합 경보 체계 및 정보 공유 프로토콜 개발 연구가 요구된다. 이를 통해 드론의 실질적 위협 특성을 정확히 이해하고, 효과적인 국가중요시설 방호체계를 구축할 수 있을 것이다.

제 6 장 결 론

본 연구는 국내 상용 드론의 물리적 특성과 운용능력을 과학적으로 분석하여 국가중요시설 방호를 위한 체계적 전략을 개발하였다. 위험 기반 접근법을 적용한 결과, 다음과 같은 주요 발견점과 전략적 함의가 도출되었다.

첫째, 탑재중량과 비행속도의 통합 분석을 통해 4단계 위험 분류체계(최고·고·중·저)를 구축하였다. 특히 100kg까지의 폭발물 탑재가 가능한 드론이 국내에서 합법적으로 획득 가능하다는 사실은 현존하는 위협의 심각성을 실증적으로 입증한다.

둘째, 드론의 실제 위험 특성(파편 안전거리)과 대응시간(5분)에 기반한 과학적 방호지대 설정(1차: 15km, 2차: 5km, 3차: 2.5km)을 제안하였다. 이는 기존의 임의적 거리 설정 방식과 달리, 정량화된 위험 평가를 바탕으로 한 것으로, 특히 2차 및 3차 방호지대의 유의미한 확장을 통해 실효성 있는 대응체계 구축의 기초를 제공한다.

셋째, 위험군별 최적화된 자원 배분 전략과 맞춤형 대응 기술 체계를 제시하였다. 제한된 방호 자원의 효율적 활용을 위해 위험도에 비례한 차별화된 접근(최고위험군: 자동화 시스템, 저위험군: 비용효율적 대응)이 필수적임을 확인하였다.

본 연구의 학술적 기여는 드론의 물리적 특성과 작전적 영향을 통합 고려한 과학적 방호체계의 이론적 프레임워크를 제시했다는 점에 있다. 또한 실무적으로는 국가중요시설 방호를 위한 법제도 개선, 민관군 협력 체계 구축, 위험 기반 자원 배분에 실질적 근거를 제공한다.

향후 연구에서는 다중 드론 공격 시나리오, AI 기반 예측 모델, 다양한 폭발물 유형에 따른 위험도 변화 등에 대한 심층 분석이 필요하다. 이를 통해 국가중요시설에 대한 드론 기반 테러 위협에 효과적으로 대응할 수 있는 포괄적 방호 전략이, 과학적 근거를 바탕으로 지속적으로 발전될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 국내 문헌

- 1) 곽해용. (2021). “국가중요시설의 Anti-Drone 시스템 구축에 관한 실증연구: 계층분석 기법을 중심으로”. 고려대학교 기술경영전문대학원 박사 학위논문
- 2) 김일곤. (2020). “국가중요시설 및 다중이용시설에 대한 드론테러 대응방안”. 『융합과 통섭 Journal of Convergence and Consilience』, 3(1), 17-32.
- 3) 김종국, 전우형. (2021). “드론 대응체계 현황 및 발전방향: 항법 교란체계를 중심으로”. 『국방논단』, (1857), 1-11.
- 4) 김한수, 이병석. (2023). “드론 테러의 특성과 대응 방안 연구: GTD 드론 테러 데이터를 중심으로”. 『경찰학연구』, 23(4).
- 5) 김형석, 조재희. (2023). “분쟁지역 데이터(ACLED)를 활용한 드론 운용에 대한 시공간적 분석: 러시아-우크라이나 전쟁을 중심으로”. 『선진국방연구』, 6(3), 55-81.
- 6) 김형석. (2024). 『하늘의 창과 방패 드론 전쟁의 최전선』. 서울: 드론북스.
- 7) 민진규, 박재희. (2021). 『드론학개론 현장가이드북』. 서울: 배움.
- 8) 박홍성. (2022). “국가중요시설의 드론 테러 대응방안: 국회를 중심으로”. 『시큐리티 연구』, 71, 77-100.
- 9) 손현중, 성진기. (2023). “국가중요시설 드론 테러에 대한 Risk 평가에 관한 연구: 드론의 위험성과 시설의 취약성 분석 중심으로”. 『경찰학연구』, 23(2), 199-220.
- 10) 송인옥. (2021). “국가중요시설의 드론테러 예방 및 대응을 위한 법·제도적 개선방안”. 『법학연구(연세대학교 법학연구원) Yonsei Law Review』, 31(3), 509-545.

- 11) 안용운. (2022). “국가중요시설의 대(對)드론 방호시스템 구축 방안”. 『한국군사학논총』, 11(2), 59-78.
- 12) 안용운. (2023). “국가중요시설 新방호체계 구축 방안 연구: 드론위협 대응체계(3중 돔 방호체계)를 중심으로”. 건양대학교 안보대학원 박사 학위논문
- 13) 양병희. (2024). 『KADIA Horizon: 드론과 대드론 기술 소식』. 성남: (사)한국대드론산업협회.
- 14) 오세진, 서일수, 정진만, 김태훈. (2020). 『드론과 안티드론』. 서울: 구미서관.
- 15) 윤광준. (2016). “국내·외 드론 산업 현황 및 활성화 방안”. 『부동산 포커스』, 제95호. p.6.
- 16) 이동혁, 강욱. (2019). “안티드론 개념 정립 및 효과적인 대응체계 수립에 관한 연구”. 경찰대학교 치안대학원 석사 학위논문
- 17) 이병석. (2021). “경찰 드론 도입 영향요인에 관한 연구: 통합기술수용이론(UTAUT) 모형을 중심으로”. 인제대학교 대학원 박사 학위논문
- 18) 이승영, 강욱. (2019). “드론 개념의 재정립에 관한 연구”. 『시큐리티 연구』, 제58호. p.35-58.
- 19) 이재원. (2021). “국가 중요시설 보호를 위한 안티드론 시스템 연구: 드론테러 방호체계의 개선방안을 중심으로”. 공주대학교 국가사회안전대학원 석사 학위논문
- 20) 임단, 최연준. (2021). “4차 산업혁명 시대에 따른 국가중요시설의 드론테러 및 사이버테러 대응 방안”. 『한국테러학회보』, 14(2).
- 21) 조상근, 김기원, 손인근, 서강일, 정민섭, 박상혁. (2023). “국가중요시설 방호력 강화를 위한 대드론체계 발전 방향”. 『The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT)』, 9(3), 257-262.
- 22) 표상호, 구정, 고영배, 김기형. (2012). “Wibro 기반 비행기지 방어 전력 위치식별체계 구축 및 실험”. 『한국군사과학기술학회지』,

- 15(3), 306-314.
- 23) 하충수. (2022). “국가중요시설의 드론테러 위협 및 대응실태 분석을 통한 발전방안 연구”. 용인대학교 대학원 박사 학위논문
- 24) 하충수. (2023). “국가중요시설에 대한 북한의 드론테러 위협 분석을 통한 대응방안 연구: 법적·제도적 개선을 중심으로”. 『한국재난정보학회논문집』, 19(2), 395-410.
- 25) 항공안전기술원. (2024). 『2024년 드론산업 실태조사 보고서』. 세종: 국토교통부.
- 26) 허엽, 김동진, 이일로, 김대원, 정윤식. (2021). “드론의 군사적 활성화를 위한 관련기술 개발동향 및 발전방안”. 『한국산학기술학회논문지』, 제22권 제12호.
- 27) 홍태현, 이세환. (2018). “국가중요시설의 드론테러위협 대응방안 연구”. 『한국국가안보국민안전학회지』, 7, 90-115.
- 28) 황순필, 김두환. (2020). “국가중요시설 방호를 위한 안티드론 시스템 구축 방안 연구”. 『Journal of Digital Convergence』, 18(11), 247-257.

2. 국외 문헌

- 1) Alex Morrow, Phil Pitsky. (2021). “Protection of Critical Infrastructure”, 『JAPCC』.
- 2) Armstrong, M.P., Xiao, N., & Bennett, D.A. (2003). “Exposing Digital Elevation Models to Equal Intervals”. 『Cartography and Geographic Information Science』.
- 3) Brewer, C.A. (2006). “Basic Mapping Principles for Visualizing Cancer Data Using Geographic Information Systems (GIS)”. 『American Journal of Preventive Medicine』.
- 4) Brown, G., Carlyle, M., Salmeron, J., & Wood, K. (2006). “Defending Critical Infrastructure. Interface”, 36(6), 530-544.

- 5) Cromley, R.G., & Cromley, E.K. (1996). "An Analysis of Alternative Classification Schemes for Medical Atlas Mapping". 『European Journal of Cancer』 .
- 6) Cutter, S.L., Boruff, B.J., & Shirley, W.L. (2003). "Social Vulnerability to Environmental Hazards". 『Social Science Quarterly』 .
- 7) Eilam, U. (2012). "Multi-Layered Defense and Initiated Attack in Defending the Homeland. Military and Strategic Affairs", 4(2).
- 8) Evans, I.S. (1977). "The Selection of Class Intervals". 『Transactions of the Institute of British Geographers』 .
- 9) Everitt, B.S., Landau, S., Leese, M., & Stahl, D. (2011). "Cluster Analysis (5th ed.)". 『Wiley』 .
- 10) Fisher, W.D. (1958). "On Grouping for Maximum Homogeneity". 『Journal of the American Statistical Association』 .
- 11) Harrower, M., & Brewer, C.A. (2003). "ColorBrewer.org: An Online Tool for Selecting Color Schemes for Maps". 『The Cartographic Journal』 .
- 12) Haider, A. (2024). "Drone Drills: How to Prepare for a Drone Incident". 『Joint Air Power Competence Centre』 .
- 13) MacEachren, A.M. (2004). "How Maps Work: Representation, Visualization, and Design". 『Guilford Press』 .
- 14) Milligan, G.W., & Cooper, M.C. (1985). "An Examination of Procedures for Determining the Number of Clusters in a Data Set". 『Psychometrika』 .
- 15) Monmonier, M. (1996). "How to Lie with Maps (2nd ed.)". 『University of Chicago Press』 .
- 16) Páez, A., & Scott, D.M. (2005). "Spatial Statistics for Urban Analysis: A Review of Techniques with Examples". 『GeoJournal』 . 61(1), 53–67.

- 17) Slovic, P. (1987). "Perception of Risk". 『Science』 , 236(4799), 280-285.
- 18) Slocum, T.A., McMaster, R.B., Kessler, F.C., & Howard, H.H. (2009). "Thematic Cartography and Geovisualization (3rd ed.)". 『Pearson Prentice Hall』 .
- 19) United Nations. (2021). "International ammunition technical guidelines(IATG 01.80): Formulae for ammunition management(3rd ed.)".
- 20) UN Office of Counter-Terrorism and Conflict Armament Research. (2023). "Global Report on the Acquisition, Weaponization and Deployment of Unmanned Aircraft Systems by Non-State Armed Groups for Terrorism-related Purposes". 『New York: United Nations』 .
- 21) Zhang, Y., Liu, Y., Song, P., Liang, H., Yang, D., Han, L., Jiang, H., & Zhong, K. (2025). "Experimental study on the TNT equivalence for blast parameters in a confined space". 『Defense Technology』 .

3. 웹사이트

- 1) <http://www.atlasnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=2897>
- 2) <https://aeronautics-sys.com/systems/orbiter-1k/>
- 3) <https://blog.naver.com/hyjang0908/223393641706>
- 4) <https://it.chosun.com/news/articleView.html?idxno=2017101485000>
- 5) <https://limpsakang.tistory.com/897>
- 6) <https://n.news.naver.com/mnews/article/011/0004232218>
- 7) <https://n.news.naver.com/mnews/article/081/0003383451>
- 8) <https://n.news.naver.com/mnews/article/421/0008116543>
- 9)

- <https://www.38north.org/2025/03/quick-take-first-look-at-north-koreas-airborne-early-warning-aircraft/>
- 10) <https://www.airforce-technology.com/>
- 11) <https://www.alamy.com/stock-photo/xq-2-firebee.html?sortBy=relevant>
- 12) <https://www.bbc.com/news/articles/c1ld7ppre9vo>
- 13) <https://www.bizhankook.com/bk/article/27419>
- 14) <https://www.britannica.com/topic/terrorism>
- 15) <https://www.dedrone.com/blog/gatwick-airport-drone-incident-shut-down-7-n-from-deliberate-drone-disruption>
- 16) <https://www.droneportal.or.kr/subList/200000000003>
- 17) <https://www.fbi.gov/investigate/terrorism>
- 18) <https://www.jejumaeil.net/news/articleView.html?idxno=341300>
- 19) <https://www.joongang.co.kr/article/20318288>
- 20) <https://www.militarystrategymagazine.com/article/drones-in-the-nagorno-karabakh-war-analyzing-the-data/>
- 21) <https://www.nationthailand.com/world/china/40035975>
- 22) <https://www.nytimes.com/2018/01/08/world/middleeast/syria-russia-drones.html>
- 23) <https://www.pravda.com.ua/eng/news/2025/06/1/7515065/>
- 24) <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/satellite-imagery-shows-ukraine-attack-destroyed-damaged-russian-bombers-2025-06-03/>
- 25)

<https://www.scmp.com/news/china/science/article/3255809/chinese-scientists-create-swarming-drones-can-rapidly-multiply-mid-air-create-tactical-shock>

26) <https://www.sedaily.com/NewsView/2D9DJA43L5>

27) <https://www.spnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=93636>

28)

<https://www.ukrinform.net/rubric-ato/3999475-sbu-spent-18-months-preparing-operation-spider-web-that-damaged-russian-bombers-sources.html>

29) <https://zdnet.co.kr/view/?no=20240211102715>



부 록

1. 연구에 사용된 드론 세부 제원

명칭	구분	자체 중량 (kg)	MT OW (kg)	최대 운용 거리 (m)	비행 시간 (분)	최고 속도 (km/h)	최대 운용 고도 (m)	구동방식
FFW-015	VTOL_고정익	14	16.8	50,000	360	72	5,000	배터리
FFW-030	VTOL_고정익	30	35	100,000	360	100	7,000	하이브리드
MDT-H1	헬리콥터	20	25	40,000	75	85	3,000	배터리
MDT-1600	헬사콥터	18.5	25	20,000	60	60	3,500	배터리
WWM-H1340	멀티콥터	18.5	25.5	1,000	25	13	150	배터리
KAL-KUS- HD3-GEN3	멀티콥터	26.9	34	-	120	36	-	하이브리드
FFW-040	VTOL_고정익	35	45	200,000	480	150	6,000	하이브리드
TB-505	멀티콥터	15	25	2,500	28	60	300	배터리
반디-A1	멀티콥터	20	30	500	8	18	4	배터리
옥토콥터	옥토콥터	15	25	2,000	10	54	100	배터리
M6E-X	헬사콥터	14.8	25.2	2,000	25	54	1,000	배터리
VL-1300	멀티콥터	12.3	25	5,000	35	45	150	배터리
VL-1300A	퀴드콥터	12	25	15,000	40	54	150	배터리
VL-1300R	멀티콥터	12	25	10,000	40	54	150	배터리
SWAN	엔진형 헬기	26	40	300	40	15	50	연료
Arjin-16	헬사콥터	25	41.5	500	11	36	20	배터리
CERES 16H	퀴드콥터	17.1	34	-	11	21.6	-	배터리
iONE-PRO	옥토콥터	20	37	-	30	-	-	배터리
치어방류용 드론	헬사콥터	19.8	37	200	18	28.8	150	배터리
EFT625	헬사콥터	19.3	38	-	-	-	-	배터리
ACON-H	엔진형 헬기	25	45	15,000	60	120	3,000	연료
Arjin-20	헬사콥터	27	47	500	12	36	20	배터리
FFW-100	VTOL_고정익	85	105	100,000	540	100	5,000	하이브리드
KAD3000	옥토콥터	29.5	49.5	1,000	12	14.4	30	배터리
천풍M20	멀티콥터	30	50	15,000	70	43	50	하이브리드
HELI-FARM	헬리콥터	23	45	1,000	-	21.6	-	배터리
SDM-110	엔진형 헬기	88	110	30	120	100	1,000	연료
Remo-H	엔진형 헬기	86	110	300	20	20	20	연료
A-25T	헬사콥터	30	55	3,000	25	21.6	20	배터리
DRONEFARM	퀴드콥터	16	45	20,000	11	25.2	-	배터리
ADT-2012	멀티콥터	46.4	79	2,000	30	60	-	-
A-35	헬사콥터	32	67	3,000	25	21.6	20	배터리
다목적 무인헬기	엔진형 헬기	140	200	50,000	360	150	3,600	연료
VL-2240R	멀티콥터	62	150	5,000	20	36	150	배터리
MEGA6	멀티콥터	100	200	2,000	30	30	300	연료

2. 35종 드론의 파편 및 폭발 안전거리 계산

명칭	자체 중량 (kg)	MT OW (kg)	탑재 중량 (MTOW- 자체 중량)	TNT 등가중량 (kg) [압력 기준 1.37]	TNT 등가중량 (kg) [충격파 기준 1.19]	파편 안전 거리 (m)	노출 폭발물 안전 거리 (m)
FFW-015	14	16.8	2.8	3.84	3.33	793.24	203.5
FFW-030	30	35	5	6.85	5.95	873.72	246.89
MDT-H1	20	25	5	6.85	5.95	873.72	246.89
MDT-1600	18.5	25	6.5	8.91	7.74	912.77	269.46
WWM-H1340	18.5	25.5	7	9.59	8.33	924.11	276.2
KAL-KUS- HD3-GEN3	26.9	34	7.1	9.73	8.45	926.3	277.5
FFW-040	35	45	10	13.7	11.9	980.71	311.06
TB-505	15	25	10	13.7	11.9	980.71	311.06
반디-A1	20	30	10	13.7	11.9	980.71	311.06
옥토크터	15	25	10	13.7	11.9	980.71	311.06
M6E-X	14.8	25.2	10.4	14.25	12.38	987.15	315.16
VL-1300	12.3	25	12.7	17.4	15.11	1,020.57	336.86
VL-1300A	12	25	13	17.81	15.47	1,024.55	339.49
VL-1300R	12	25	13	17.81	15.47	1,024.55	339.49
SWAN	26	40	14	19.18	16.66	1,037.28	347.98
Arjin-16	25	41.5	16.5	22.61	19.64	1,066.08	367.57
CERES 16H	17.1	34	16.9	23.15	20.11	1,070.35	370.52
IONE-PRO	20	37	17	23.29	20.23	1,071.4	371.25
치어방류용 드론	19.8	37	17.2	23.56	20.47	1,073.49	372.7
EFT625	19.3	38	18.7	25.62	22.25	1,088.55	383.23
ACON-H	25	45	20	27.4	23.8	1,100.82	391.92
Arjin-20	27	47	20	27.4	23.8	1,100.82	391.92
FFW-100	85	105	20	27.4	23.8	1,100.82	391.92
KAD3000	29.5	49.5	20	27.4	23.8	1,100.82	391.92
천풍M20	30	50	20	27.4	23.8	1,100.82	391.92
HELI-FARM	23	45	22	30.14	26.18	1,118.44	404.57
SDM-110	88	110	22	30.14	26.18	1,118.44	404.57
Remo-H	86	110	24	32.88	28.56	1,134.78	416.47
A-25T	30	55	25	34.25	29.75	1,142.53	422.18
DRONEFARM	16	45	29	39.73	34.51	1,171.14	443.59
ADT-2012	46.4	79	32.6	44.66	38.79	1,194.21	461.24
A-35	32	67	35	47.95	41.65	1,208.43	472.29
다목적 무인헬기	140	200	60	82.2	71.4	1,322.01	565.24
VL-2240R	62	150	88	120.56	104.72	1,409.15	642.21
MEGA6	100	200	100	137	119	1,439.49	670.17

ABSTRACT

A Study on National Critical Infrastructure Protection Strategies Against Drone-Based Terrorism Threats: Focusing on the Three-Zone Defense Concept

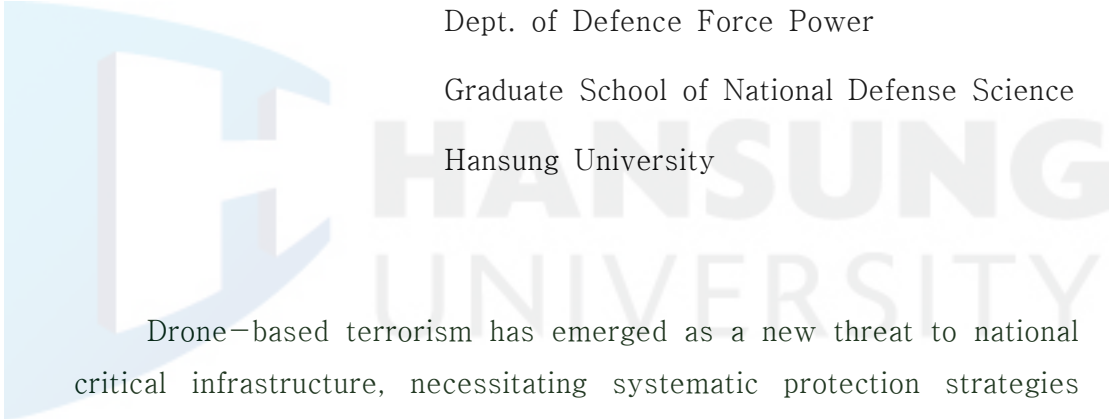
Song, Chae-Keun

Major in Defence Project Management

Dept. of Defence Force Power

Graduate School of National Defense Science

Hansung University



Drone-based terrorism has emerged as a new threat to national critical infrastructure, necessitating systematic protection strategies for effective response. This study analyzed 35 commercial drones available domestically, employing payload capacity, maximum speed, and flight time as key variables to conduct risk assessment and present optimal protection strategies. Applying a risk-based approach, the research classified drone risk levels into four categories (highest, high, medium, low) and developed a three-zone protection system consisting of primary (15km), secondary (5km), and tertiary (2.5km) zones. Unlike conventional fixed-distance approaches, this study proposed an effective protection system by comprehensively considering the physical characteristics of drones, specifically payload capacity, and operational impacts including arrival time and fragment

safety distance. Based on the research findings, the study presented legal and institutional improvements for drone threat response and customized countermeasure technology strategies for each risk group, while identifying the need for future research on multi-drone attack response and AI-based detection and tracking systems.

[Keywords] Drone, Anti-drone, National critical facilities, Terrorism, Payload capacity, Defense zone

