

SWOT 분석을 통한 북한 소형무인기 위협에 대한 대응 전략*

Countermeasure Strategies for North Korea's Small Unmanned Aerial Vehicle Threat through SWOT Analysis

장상국**

Sangguk Jang**

ABSTRACT

The purpose of this study is to present a response strategy to North Korea's small unmanned aerial vehicle threat. Recently, attacks by drones in terrorism or war using commercial drones are increasing day by day, and there are two cases in which North Korea has infiltrated drones. North Korea's small unmanned aerial vehicle response strategy was presented through a SWOT analysis. While the strength of the military is the establishment of the drone operations command and active public-private-led research on anti-drone technology, the weakness is that the system for responding to small drones in North Korea is insufficient. The opportunity factor of the external environment is that developed countries are strengthening the response capability of small unmanned aerial vehicles, and the threat factor is that the use of commercial drones in terrorism and war is rapidly increasing. The response strategy is to expand the role of the drone operation command, develop a response system that combines domestic anti-drone technology with advanced science and technology, require periodic joint air defense training using existing forces, and prevent illegal drone flights, laws and regulations need to be overhauled. Follow-up research on artificial intelligence and energy weapons that can be applied to the anti-drone system also requires attention.

초 록

본 연구 목적은 북한의 소형무인기 위협에 대한 대응전략을 제시하는 것이다. 최근 상용드론을 이용한 테러나 전쟁에서 드론의 공격은 날로 증가하고 있고, 북한도 두 차례 드론을 침투한 사례가 있다. 북한의 소형무인기 대응 전략을 SWOT 분석으로 제시하였다. 군의 장점은 드론작전사령부를 창설하고, 민간주도의 안티드론 기술 연구가 활발했지만, 단점은 북한의 소형무인기에 대한 대응체계가 미흡하다. 기회요인은 선진국들이 소형무인기의 대응 역량을 강화하고 있으며, 위협요인은 상용드론을 활용한 테러 및 전쟁에서 그 활용도가 급격하게 증가하고 있다. 대응 전략은 드론작전사령부의 역할을 확대하고, 국내 안티드론 기술과 첨단과학기술을 융합한 대응체계를 개발하며, 현존전력을 활용한 주기적인 합동방공훈련이 요구되며, 불법드론 비행을 예방할 수 있도록 법과 규정을 정비해야 한다. 안티드론 체계에 접목할 수 있는 인공지능, 에너지무기 등에 대한 후속 연구도 관심이 요구된다.

Key Words : SWOT(Strength, Weakness, Opportunity and Threat), small drone(소형 무인기), anti drone(안티드론), Drone Operations Command(드론작전사령부), response strategy(대응전략)

* 이 논문은 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음(2023년)

** 장상국, 조선대학교 군사학과 교수(주저자/교신저자, E-mail: skjang1@chosun.ac.kr)

I. 서론

현대전에서 드론이 본격적으로 전장에 등장한 시기는 2000년대 초 아프간전과 이라크전에서 미군이 새도우와 헌터를 포함한 드론들을 정찰감시 및 공격작전에 투입하면서 시작되었다. 당시 드론은 지상 표적에 대한 미사일 공격 후 정찰감시 및 표적획득, 공격작전까지 다목적으로 활용할 수 있는 미 육군의 ‘눈’이자 효과적인 공격수단이다. 걸프전 이후 코소보전, 아프간전, 이라크전을 통해 무인기는 더욱 정교하게 발전하여 정밀타격이 가능하였고, 24시간 지상작전을 지원하는 대테러 핵심 무기체계로 발전하였다.¹⁾

미 국방부는 소형드론들을 “더 이상 완구로 치부할 수 없는 수준”이라고 판단하여 이에 대한 대응개념을 2021년 7월에 『미 소형무인기시스템 대응전략서(Counter-sUAS Strategy)』라는 문건으로 발표하였다.²⁾ 여기서 제시된 3가지 대응전략은 ① 혁신과 협력을 통한 미 합동군 대응능력 강화 ② 물리적·비물리적 해결책 방안 개발 ③ 동맹 및 파트너 국가와의 관계 강화 등이다. 이를 위한 안보 환경을 첫째, 소형무인기 시스템의 신뢰성, 생존성, 성능면에서 고효율·저비용으로 신속하게 확산함에 따라 전쟁 양상을 변화시킬 수 있고, 두 번째는 새로운 전략적 경쟁국인 중국과 이란, 러시아 등이 장비 및 교리, 전술이 우수하면서 제3국 등에 전파가 가능하며, 세 번째는 적성국에 상당한 유연성을 제공하여 ‘미 합동군 기동의 자유’를 침해할 뿐만 아니라 원격으로 화생방 물질을 투발할 기회를 제공할 수 있다고 분석하고 있다.³⁾

2022년 12월 26일 오전 10시경부터 북한의 소형무인기가 군사분계선을 넘어 김포시, 파주시를 포함한 경기도 일대와 강화도 인근까지 영공을 침입한 북한의 무인기가 포착됐다. 2017년 5월 2일에 북한 무인기가 경북 성주에 있는 미군의 사드기지를 촬영하고자 침범했던 사건 이후 5년여 만의 북한 무인기의 재도발이 발생하였다.

북한에서 넘어온 무인기는 아군의 레이더에 모두 5대가 식별됐는데, 그중에 1대는 P-73 비행금지구역을 통과해 서

울 종로 상공에서 대통령실 가까이 진입했다고 공식적으로 인정하였다. 이번에 영공을 침범한 무인기 중 4대가 교란용으로 운용되었으며 크기는 약 2m 내외이고, 대통령실까지 근접한 정찰용 1대는 4m 크기로 파악되었다.⁴⁾

본 연구 배경은 세계 각국은 드론을 여러 가지 형태의 군사적 목적으로 활용 중이며, 저비용 고효율의 비대칭 무기로 전쟁의 게임체인저 역할을 하고 있다. 최근에 북한의 무인기가 서울 상공에 침범한 사례나 러시아-우크라이나 전쟁에서 드론 공격 등이 뉴스를 통해서 빈번하게 보도되고 있다.

또한, 민간 분야에서도 다양한 형태의 무인기가 산업, 농업, 수송, 레저, 개인 취미용 등으로 활용되고 있으며, 이러한 민간용 무인기는 테러 집단에서 쉽게 구매하여 폭발물을 장착하여 테러용으로 활용하거나 혹은 개인 취미용으로 사생활 촬영 및 공항이나 원자력발전소 등의 국가중요시설에 침범함으로써 드론에 대한 위협이 점차 증가하는 추세이다. 따라서 국가중요시설에 대한 드론의 불법 침입행위에 대응하기 위해서 드론을 탐지하고 식별하여 파괴 및 포획할 수 있는 드론무력화 기술에 더욱 이목이 쏠리고 있다.

선진국들은 기존 방공무기로 대응이 불가능한 중·소형, 군집 무인기에 대한 안티드론 기술을 연구개발 중이며, 공항, 원전 등 국가중요시설에도 안티드론 방어시스템을 일부 적용하여 운용하고 있다.

본 연구는 북한의 소형무인기 위협이 점차 증가함에 따라 SWOT 분석기법을 통해 내부의 장단점과 외부 환경의 기회 및 위협 요인별로 맞춤형 대응 전략을 제시하고자 한다. 외부적 요인으로 선진국의 소형드론 대응체계 역량 확대, 국가별 안티드론 기술개발, 해외 소형드론 테러 증가 등이며, 내부 요인은 드론작전사령부 창설 등 소형무인기 대응체계 구축과 소형무인기 위협에 대한 맞춤형 무기체계(소프트킬, 하드킬) 미흡, 소형무인기에 대한 항공법 및 규정 정비 등을 분석하여 대응 전략을 제시하였다. 연구 대상과 범위는 우리 군의 북한군 소형무인기에 대한 대응 전략과 소형무인기 대응에 관련된 탐지·식별과 대응 무기체계(소프트킬, 하드킬), 부대구조로 한정하였다. 본 연구는 정부 기관의 발간물, 논문, 정책연구서 등의 문헌 연구와 세미나 참석, 전문가 자문을 통해서 분석하였다.

1) 서정원 등, “소형드론 위협을 고려한 미 국방전략과 우리 군의 대응방향”, 『국방과 기술』 526호, 한국방위산업진흥회, 2022. p.93.

2) 서정원·박희정·이한렬, “드론전쟁, 우리는 대비하고 있는가?”, 『월간군사』 12호, 월간군사저널, 2022. p.80.

3) 서정원·박희정·이한렬, 상세서, p.80.

4) 북한연구소, “현실이 된 북한 무인기 위협”, 『북한』 613호, 2023. p.2.

II. 이론적 배경 및 선행연구 분석

2.1 SWOT 분석

1960년대에 Albert S. Humphrey는 경영전략 수립을 SWOT(Strength Weakness Opportunity Threat) 분석으로 최초로 사용하였다. SWOT 분석 기법은 내부의 강점(S)과 약점(W)이 무엇인지를 이해하고, 외부의 기회요인(O) 및 위협요인(T)이 무엇인가를 인식한 후, 강점과 기회를 활용하고 약점과 위협을 극복하는 전략을 수립하는 분석기법이다.⁵⁾

SWOT 분석에서 파악된 강점, 약점, 기회, 위협을 매트릭스 형태로 나타낼 때 4가지 전략이 도출될 수 있다. O-S 전략은 강점을 활용하여 기회를 살리는 공격전략, T-S 전략은 강점을 이용하여 위협을 회피하거나 최소화하는 전략, O-W 전략은 약점을 개선하여 기회로 활용하는 전략, T-W 전략은 약점을 개선함과 동시에 위협을 회피 또는 최소화하는 방어 전략을 의미한다.⁶⁾

〈표 1〉 SWOT 분석에 근거한 전략 유형⁷⁾

구분	강점 (Strength)	약점 (Weakness)
기회 (Opportunity)	O-S 전략	O-W 전략
위협 (Threat)	T-S 전략	T-W 전략

2.2 북한 무인기 현황

북한군은 유사시 대량살상무기, 미사일, 특수부대, 소형무인기 등 비대칭 전력 위주로 기습공격을 통해 유리한 여건을 조성한 후 조기에 전쟁을 종결하고 싶어 할 것이다. 특히 2021년 1월 제8차 당대회에서 북한은 ‘강력한 국방력으로 조국 통일의 역사적 위업을 앞당길 것’이라는 내용을 당 규약에 포함하여 무력에 의한 통일전략을 강조하였다.⁸⁾

북한은 DMZ 남쪽에서 감시정찰 임무를 수행하는 무인기와 최근 우크라이나 전쟁에서 무인기의 활약상을 보면서 무인기의 중요성을 인식하고 무인기 전력화에 집중하고 있으며, 7월에 무기 전시회 및 열병식에서 미국의 대형 무인기인 ‘글로벌호크’ 및 중형 ‘리퍼’의 형상을 닮은 신형 무인기 2종이 등장했다. 정찰위성이 없는 북한은 남한에 대한 정보 획득, 감시 및 정찰 임무 수행이 어려워 이를 보완하는 방안으로 소형무인기 개발에 집중하고 있다.⁹⁾

북한 무인기는 1~6m급 소형기 위주의 가오리·글라이더형으로 대공사격 표적기·정찰감시·타격용(자폭용)으로 20여종 500여 대를 보유·운용하고 있다. 그중 가장 많은 ‘방현-1·2’는 1990년대 초반부터 중국 대공사격 표적용(D-4)을 개량하여 작전반경 50km, 고도 3km 이상 상공에서 300여 대를 운용하고 있으며, 일부 무인기는 20~30kg 폭탄을 장착시켜 시속 160km로 목표물을 공격할 수 있다. 정찰과 공격 임무를 함께 수행할 수 있는 다목적 무인기인 ‘두루미’를 개발하여 운용하고 있고, 미국제 무인 표적기인 ‘스트리커(MQM-107D)’를 시리아로부터 밀수입하여 소형 폭탄을 장착하여 최대 600~800km 이격된 목표물을 시속 925km로 공격하여 자폭시킬 수 있다. 러시아제 단거리 무인정찰기인 ‘프라체’는 작전반경 60~90km로 2시간 이상 정찰 임무 수행에 운용하고 있고, ‘레이스(Tu-143)’는 핵탄두나 생화학무기를 탑재할 수 있는 것으로 추정이 되고 있다.¹⁰⁾

북한의 소형무인기 침입사례는 2014년 4월과 5월에 발견된 소형무인기는 레이더반사면적(RCS)이 매우 작아 아군의 레이더에 탐지가 제한되고, GPS수신기 및 자동조종장치를 통해서 사전에 입력된 경로로 자동 비행이 가능하고, 최대 약 300km까지 비행이 가능할 것으로 판단하였다. 탑재장비는 일반용 광학카메라만 장착되고, 실시간 데이터를 전송할 수 있는 영상전송장비는 미부착되었다. 따라서 복귀 후 카메라 영상정보를 분석할 수 있어서, 주로 정찰용으로 제작하였지만 필요시 소형 폭탄을 탑재한 자폭용으로 활용할 수 있다. 다만 탑재할 수 있는 중량이 최대 3~4kg으로 한정되어 파괴력은 매우 미약할 것으로 판단된다.¹¹⁾

5) 최병욱·강용관, “SWOT 분석을 활용한 한국군 예비전력 정예화 전략”, 『한국군사학논집』 Vol.74 No.1, 2018, p.241.

6) 장상국·최기일, 상계서, p.31.

7) 이상윤·윤홍주, “SWOT 분석을 통한 한국 마이크로 로봇의 발전방안”, 『한국전자통신학회논문지』 제7권 4호, 2012, p.882.

8) 국방부, 『국방백서 2022』, p.25.

9) 정충신, “북한, 무인기 1000대 보유… 韓, ‘드론킬러’ 띄우고 ‘레이저 요격 나선다’”, 『문화일보』(2023.1.3.).

10) 홍정기, “북한 무인기 도발과 항재전장(恒在戰場)”, 『월간군사』 No.2, 2023, p.44.

2022년 12월 26일 북한의 소형무인기 5대가 군사분계선 이남의 우리 영공을 침범하여 김포시, 파주시를 포함한 경기도 일대와 강화도 인근에서 북한의 무인기가 포착됐다. 5대 중 4대는 2m 크기의 교란용으로 지속적인 항적 파악에 실패하였고 한 대는 서울 상공의 비행금지구역인 P-73(대통령 경호용 비행금지구역)의 북부지역까지 진입한 사실을 합참에서 시인하였다.



〈그림 1〉 북한의 주요 무인기 제원¹²⁾

2.2 선행연구 분석

박제홍(2017)은 소형무인기 보급에 따른 다양한 위협과 사고 사례를 기술하고, 무인기 개발 및 운용방식에 따른 맞

- 11) 송준영, "북한 무인항공기 및 초경량 비행 장치 위협에 따른 대응방안 연구", 『군사연구』 제146집, 2018, pp.347-349.
- 12) 변종민, "北, 무인기 1천여대 보유...테러에 악용 우려", 『연합뉴스』(2017. 3. 29.).

춤형 대응체계 개발 동향을 대응체계의 개념, 탐지 및 식별, 대응 방안을 기술한 후에 점차 증가하는 소형무인기의 대중화에 따른 여러 부작용을 최소화할 수 있도록 국가보안시설에는 자동 전파교란 장치 설치를 의무화하고 소형무인기 등록 등 기술적, 제도적 대안을 제시하였다.¹³⁾

최홍락·정원호·김경석(2017)은 드론은 무선통신 기술을 사용하여 운용되므로 드론 RF신호 탐지의 중요성이 증대되어서 시뮬레이션을 통해서 가장 효과적인 WRMD(Windowed RSSI Moving Detection) 연산과 Doppler Frequency 탐지법을 제안하였다.

문민정 등(2017)은 드론은 크기도 작고 반사도가 낮은 재질을 사용하여 일반적인 센서로 탐지가 제한되는 현실을 인식하고 CW 레이더를 활용하여 드론의 도플러 신호로 드론을 탐지하는 방법에 대한 실험 내용을 제시하였다.¹⁴⁾

송준영(2018)은 북한이 소형무인기 침투와 민간용 초경량비행장치에 의한 침투 및 테러가 증가하는 현실을 직시하고 대응책으로 여가 활동 등에서 사용되는 초경량비행장치 통제에 대한 항공법을 개선하고, 경계와 방어를 높일 수 있도록 목표지역에 도달하기 전에 원거리부터 탐지 및 식별-경보전파-타격의 대응 절차를 현존 무기체계를 통해서 수행하도록 제시하였으며, 향후 적 소형무인기에 최적화된 전력을 획득해야 한다고 주장하였다.¹⁵⁾

이주현 등(2020)은 소형무인기에 대한 레이더의 탐지 기술은 RCS가 작아서 탐지거리가 매우 짧고, 영상 탐지는 악기상 환경에서는 탐지가 불가하고, RF탐지의 경우는 기종별 데이터 확보 시에만 가능하다. 따라서 이미지 센서와 FMCW 레이더에서 얻은 이미지를 각각 답러닝한 결과를

융합하여 단일 센서만 이용한 경우보다 드론 식별 성능이 향상된 센서 퓨전 기반 드론 검출 기술을 제시하였다.¹⁶⁾

손창근 등(2020)은 저렴한 비용과 사용의 용이성, 대응 기술 부족에 따른 드론 위협이 군사시설과 국가 중요 시설을 파괴하므로, 이에 대한 대응책으로 드론에 대비한 대공방

- 13) 박제홍, "무인항공기 대응체계 도입 방안", 『한국항공학회논문집』 21(1), 2017, p.145.
- 14) 문민정 등, "레이더 기반의 드론 탐지 기법 연구", 『한국위성정보통신학회 논문집』 12(2), 2017, p.99.
- 15) 송준영, 전거서, p.342.
- 16) 이주현 등(2020), "이미지 센서와 FMCW 레이더의 센서 융합을 통한 답러닝 기반 드론 탐지기법", 『대전전자공학회 학계학술대회 논문집』 2020, p.690.

어 및 안티드론 기술을 모색하고 시설별 특징에 맞는 안티드론 시스템 구축을 위한 실증사업을 추진함과 동시에 기술 개발 로드맵이 필요하다고 주장하였다.¹⁷⁾

황순필·김두환(2020)은 국가중요시설 방호를 위한 효과적인 안티드론 시스템 구축 방안으로 탐지체계는 다양한 센서의 장단점을 보완해서 증첩·혼합 운용하고, 타격체계는 작전환경을 고려해서 소프트킬 방식과 하드킬 방식을 다중배비하는 것을 제안하였다. 즉 탐지자산을 증첩·혼합 운용, 적합한 대응 방안 결심, 타격 수단의 다중배비가 핵심이다.

김규범 등(2021)은 국내외 군사용 무인기 개발동향 분석과 북한 무인기 대응 방안을 국내에서 개발하고 있는 능동 위상배열레이더 기반 무인기 대응 시스템과 북한 무인기를 직접 타격할 수 있는 전자기펄스 등의 대응 방안을 제시하였다.

임규태·이호인·류연승(2021)는 군 드론 위협을 분석하고 이에 대한 대응 방안을 제시하였다. 군 드론 위협의 요인을 분석하기 위해서 전문가들을 대상으로 설문조사를 통해서 위협요인을 기술적 보안 위협(재밍, GPS스푸핑, 하이재킹), 물리적 위협은 드론의 추락에 대한 신속한 대응체계가 미흡하고, 최근 드론 시장 확대 및 운용자 증가에 따른 드론법, 항공안전법이 현실화하지 못해서 이에 대한 제도적 개선방안을 제시하였다.

안용 운(2022)은 국가중요시설에 대한 드론테러 가능성이 증가함에 따라 대드론방호시스템을 '3중 돔(Dome) 방호 개념'을 적용하여 방호의 5원칙을 구현하도록 가용수단을 다중배비하는 방안을 제시하였다.¹⁸⁾

장상국(2022)은 중요시설 방어교리인 3지대 방어개념과 방공작전의 다중방어체계 개념에 인공지능을 활용한 '탐지-식별-무력화' 단계별 대응 방안을 제시하였다.¹⁹⁾

연합뉴스(2023. 1. 4.)에서 국방부는 북한 드론·무인기에 대응해 군에 드론작전사령부를 창설하겠다고 공식 브리핑하였다. 합동성이 강화된 드론작전사령부는 북한 무인기 대응 드론전력 확충과 감시·식별·타격체계를 강화하여 무인기와

드론 방공망을 촘촘히 구성하겠다는 내용이다.

선행연구를 분석하면 소형드론 대응책으로 감시 및 타격체계 개선방안, 안티드론 및 AI 기술의 필요성, 부대개편 등을 단편적으로 제시하였는데, 본 연구에서는 군의 강약점과 내외부 환경요인을 종합적으로 분석하여 대응방안을 제시하고자 한다.

〈표 2〉 선행연구 내용 정리

구분	연구자
감시 및 타격체계 개선	박제홍(2017), 송준영(2018), 황순필·김두환(2020), 김규범 등(2021), 안용운(2022)
안티드론 기술	문민정 등(2017), 최홍락·정원호·김경석(2017), 손창근 등(2020), 임규태·이호인·류연승(2021)
AI 등 융합기술 활용	이주현 등(2020), 장상국(2022)
조직개편/창설	연합뉴스(2023. 1. 5.)

Ⅲ. 북한 소형무인기 대응 내·외부 환경분석

3.1 북한 소형무인기 대응 내부 환경분석

3.1.1 내부환경의 강점

첫째, 북한 드론·무인기 대응을 위한 드론작전사령부를 올해 9월 창설할 예정이다. 최근 북한의 소형드론이 서울 상공을 침범함에 따라 윤석열 대통령의 지시로 육·해·공군, 해병대 인원과 전력이 합동으로 구성될 드론작전사령부를 창설하기 위해서 준비단이 임무를 수행하고 있다. 이러한 드론작전사령부가 탄생하면 각 군의 탐지자산과 타격체계를 통합 및 증첩 운용함으로써 북한 소형무인기에 대한 체계적인 대응 시스템이 구축될 것으로 판단된다.

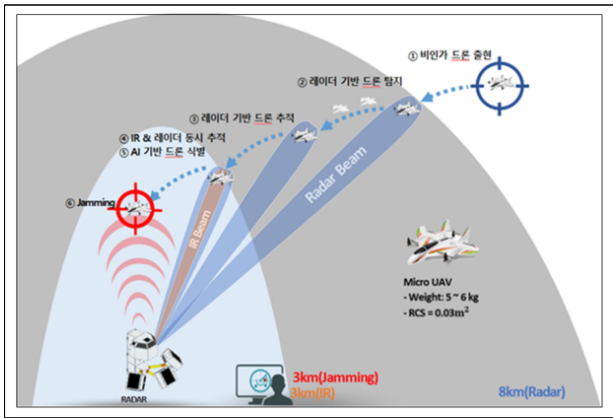
둘째, 북한 소형무인기 대응에 대한 공감대가 민관군으로 확산하고 있다. 그 증거로 드론 무력화에 관한 연구가 활발하고 관련 무기체계들이 4차 산업혁명의 첨단기술과 융합하여 조기 전력화가 가능할 것이다. 북한 소형무인기에 대한 레이더 반사면이 너무 작아서 탐지가 제한되거나 레이더에 탐지된 물체가 북한의 소형무인기인지 새폐인지 식별이 불가능한 실태이다. 방위사업청에서는 2021년 신속시범획득

17) 손창근 등, "국가 중요기반시설 보호용 안티드론 시스템의 구축", 「과학기술사학회지」14(3), 2020, p.189.

18) 안용운, "국가중요시설의 대(對)드론 방호시스템 구축", 「한국군사학논총」11(2), 2022, p.59.

19) 장상국, "인공지능 기반 국가중요시설의 드론테러 위협 대응방안", 「인문사회」13(5), 2022, p.4091.

사업으로 대구경북과학기술원(DGIST)에서 소형드론 탐지를 위해 개발한 AESA레이더와 IR센서, 전파교란이 가능한 '레이더(RADAR) 연동 안티드론 통합솔루션'을 개발하여 8km 밖에서 초소형 드론을 탐지, 식별, 전파교란 단계를 거쳐 미상의 드론이 군 중요시설에 접근하는 것을 차단하였다.²⁰⁾



〈그림 2〉 안티드론 통합솔루션

출처: 보안뉴스(2021. 6. 23.)

셋째, 안티드론에 관한 기술의 중요성을 인식하고 민간군차원의 연구개발이 활발하게 진행되고 있다.

LIG네스원은 2018년부터 국지방공레이더를 양산하였고 2020년에는 빅데이터와 인공지능 기술을 적용한 'L_ADS'를 개발하여 레이더 및 RF 스캐너 등의 센서를 사용하여 탐지의 정확성을 높이고 있고, 한화(株)에서는 '한국형 스타워즈 기술'로 알려진 소형무인기 하드킬 대응체계인 레이저 대공무기 기술을 개발하고 있다. 또한 중소기업과 대학의 기술기반 스타트업도 안티드론 제품을 활발히 개발 중이며, 담스테크는 2019년 순수 국산 기술로 제작한 초경량 재밍진 '드론헌터 엑스'를 사우디아라비아에 수출하였고, 필라넷은 안티드론 통합관제플랫폼인 'fx. Eagle Eye'는 인공지능 기술을 적용한 시스템으로 EO/IR 센서 데이터를 인공지능 기술로 분석하여 탐지부터 추적까지 가능하다.²¹⁾

최근 6년간(2014~2019) 투자된 안티드론 관련 정부 연구비는 총 720억 원이고, 그 중 방위사업청(국방분야) 예산

20) '레이더 연동 안티드론 통합솔루션 군에서 시범 운용된다', 『보안뉴스』(2021. 6. 23.).

21) 최진철·임승혁, "안티드론", 『KISTEP 기술동향브리프』2021-10호, p.16.

이 46%(약 330억 원)이며, 2019년부터 소형무인기 타격을 위한 레이저 대공무기 체계개발 연구를 수행하고 있다. 2017년부터 경찰청과 소방청, 국토교통부가 주관이 되어 "국민안전 감시 및 대응 무인항공기 융합시스템 구축 및 운용사업", "저고도 무인비행장치 교통관리·감시 기술 개발 및 실증시험" 등에 투자하고 있다. 2021년부터 非국방 다부처 R&D로 "불법 드론 지능형 대응기술 개발사업"을 추진하고 국방 R&D로 2022년부터 "소형무인기 대응체계 사업"을 수행하였다.²²⁾

3.1.2 내부환경의 약점

첫째, 북한 소형무인기에 대한 대응체계(탐지·식별 및 타격 능력)가 미흡하다.

2014년 3월에 북한제 소형무인기가 파주시와 백령도 등에 추락하여 발견됨으로써 북한의 소형무인기에 대한 위협을 인식하여, 그때부터 소형무인기에 대한 대응체계를 구축하기 시작하였다. 하지만 북한의 소형무인기가 너무 작아서 레이더 탐지가 곤란하여 현재 전방 지역에 전력화 중인 국지방공레이더에 소형무인기를 탐지할 수 있는 기능을 추가하였다.

2022년 12월 26일에 북한의 무인기 5대가 대한민국 영공을 침범한 사실을 합참에서 공식 발표하였다. 이때 교란용 4대가 김포시 일대에 비행 후 사라졌고, 정찰용 1대는 남한의 비행금지선 이내까지 비행하였는데 군은 공군의 비행기와 육군헬기까지 출동하여 기관총 100여 발을 사격하고도 민간인 피해를 고려하여 적극적인 대응을 하지 못해서 많은 질타를 받았다.

이를 분석해보면 2014년에는 발견도 하지 못한 북한의 소형무인기를 이제는 레이더로 탐지가 어느 정도 가능한 수준까지 향상되었으나 식별 및 무력화 수준은 현 방공무기체계로는 많은 어려움이 있는 실태이다.

둘째, 상용드론의 군사용 및 테러용 활용 가능성이 높고 위협이 증대되고 있다.

북한에서 작년에 남한 지역에 침투시킨 드론은 2014년 드론보다는 일부 성능이 향상된 것으로 추정되나 과거 무인기와 같이 비행경로를 사전에 입력하고 일반 상용 카메라를

22) 최진철·임승혁, 상계서, pp.22-23.

장착해서 임무를 수행하였을 것으로 평가된다. 이러한 저가의 상용드론은 구매가 쉽고 크기와 속도, 비행경로 등이 불규칙하여도 아군의 국지방공레이더 등에 일부 탐지되는 정도이므로 이를 운용하는 북한으로서는 가성비가 매우 우수한 무기체계이다.

이처럼 상용드론은 주로 테러용으로 사용되나 군사적으로는 통상 정찰용으로 활용되고 있다. 이러한 소형드론이 군사적으로 공격할 수 있는 폭약은 수류탄 1개 정도로 위협은 매우 미약하나 작년처럼 서울 상공에서 군이 대응하지 못하는 상태에서 침범한다면 국민이 공포와 공황에 빠질 수 있고, 향후 가스나 세균 같은 생화학무기를 사용한다며 치명적인 위협성이 항상 내재하므로 소형무인기에 대한 대비를 간과할 수 없다.

〈표 3〉 주요 드론 테러 사례²³⁾

연도	드론 테러 사례
2016	미상의 불법 드론이 런던 히드로공항 출현, 항공기 1시간 이륙 중지 등 피해
2018	콜롬비아(추정) 세력이 베네수엘라 대통령 연설 암살 시도를 위한 드론 폭탄 테러로 군인 7명 사상자 발생
2019	예멘 후티 반군이 사우디 석유 시설 대상 드론 공격을 통한 시설 가동 정지로 원유 생산량 절반 감량
2020	탈레반의 드론 폭탄 테러로 아프가니스탄 알람가이 시장의 전초기지를 공격하여 직원 2명 부상
2021	이라크 바그다드 총리 관저 드론 테러로 경호관 7명 부상

3.2 북한 소형무인기 대응 외부 환경분석

3.2.1 외부환경의 기회

첫째, 선진국들이 소형무인기 대응 전략에 전 역량을 집중하고 있다.

미 국방부는 '21년 7월에 공개한 『미 소형무인기체계 대응전략서(Counter-sUAS Strategy)』는 미 본토와 해외 주둔국, 잠재적 분쟁지역 내 적성국 소형무인기의 다양한 위협에 대응하기 위한 종합전략보고서다. 보고서는 위협에 대한 인식을 명확히 공유하고 적성국의 소형드론을 '심각한 악영향을 미치는 새로운 위협'으로 명확히 정의하여 구성원들의 인식을 환기하고 물리적, 비물리적 해결책을 함께 개발해야

한다고 강조하고 있다.²⁴⁾

미 육군은 전력 준비 단계에서는 위협을 평가하여 핵심기술을 개발하며 시험 및 평가의 방법들을 설정하며, 전력 방어 단계에서는 전투발전요소(DOTMLPF-P)²⁵⁾에 부합되는 합동 능력을 발굴하고 합동군의 소형무인기 대응 작전개념과 교리를 개발하여 기존 훈련체계를 개선하며, 마지막으로 타 부처, 기관, 동맹국 및 파트너 국가, 연방기관과의 협력 관계 구축 및 정보공유를 확대하여 상호운용성을 극대화하는 것이다.²⁶⁾

또한, 미 육군은 JCO(Joint C-sUAS Office)를 신설하여 현재 불법 대응체계와 운용요구도를 점검해 기술적 차이를 확인하여 기술 개발 방향을 수립하고 있다.

유럽에서는 영국, 프랑스 등이 적극적으로 안티드론 체계를 개발하고 있다. 프랑스는 2015년 4월에 여러 대의 미확인 소형무인기가 자국 내 원자력발전소에 침공한 것을 계기로 경찰과 공군이 드론을 격추할 수 있도록 탈레스(Thales)와 에어버스가 레이더로 무인기를 탐지하고 광학카메라로 식별 후, 교란 장치를 이용해 드론을 무력화시킬 수 있는 무인기 대응체계를 개발 중이며, 영국 내무성은 2019년 10월 "UK C-UAS" 보고서를 통해 드론의 활성화는 교통성, 불법 드론 대응은 내무성으로 역할을 분담하였고, 국방과학기술연구소(DSTL)²⁷⁾와 BAE systems이 레이저를 활용한 소형무인기 대응체계를 연구개발 중이다.²⁸⁾

유럽항공안전청(EASA)은 2019년 5월 드론 식별을 위해 드론의 규격을 단계별로 분류하여 단계별로 운용자가 항공청에 정보를 제공하여 운용자를 식별하도록 운용 절차와 규정을 발표하고, 미국과 불법 드론 표준화 대응 방안을 노력 중이다.

일본은 2015년 총리 관저 옥상에 방사능 물질을 탑재한 드론이 추락한 이후 드론 테러 방지를 위해 2016년 4월에 「소형무인기 비행금지법」을 시행하였고, 2019년 3월 내각은 방위관계시설과 추가 대상 시설을 지정할 수 있도록 법안을

24) 서정원 등, 전계서, p.94.

25) Doctrine, Organization, Training, Material, Leadership/education, Personnel, Facility, Policy.

26) 서정원 등, 전계서, p.95.

27) Defence Science and Technology Laboratory

28) 박재홍, "무인항공기 대응체계 도입 방안", 「한국항공학회논문지」21(1), 2017, p.150.

23) 김태영 등, "드론테러의 실증적 패턴분석 연구", 「한국치안행정논집」18(3), p.61.

개정된 「중요시설 주변 지역 상공에서 소형무인기 등의 비행 금지에 관한 법률」을 통과시켰다.²⁹⁾

중국은 2017년 6월부터 민용항공총국 주관으로 「민간 무인기 실명제 등록 관리 규정」을 도입하여 최대 이륙 무게 250g 이상의 민간 드론 보유자는 반드시 실명으로 등록하고, 12월부터는 「무인기 사용자 신분 정보 검증에 대한 공고」를 통해서 실시간 사용자의 개인 정보를 확인하고 있다.³⁰⁾

둘째, 안티드론 기술의 고도화이다.

상업용 드론이 확산하면서 범죄, 테러 등 다양한 분야에서 새로운 위협요인으로 급부상하고 있다. 이러한 드론 위협에 대응하기 위한 공중 방어 플랫폼이 ‘안티드론(anti-drones)’ 개념으로 대두하였으나, 이러한 안티드론 활동에 대한 구체적인 개념 정의가 없이 산업계, 학계, 정부 기관 등에서 실무적 용어로 사용되는 수준이다.³¹⁾

안티드론 개념을 이동욱·강욱(2019)은 ‘드론으로 야기되는 모든 범죄나 테러 등이 공공의 안녕과 질서를 침해하는 행위를 예방, 탐지, 차단하기 위해 법집행기관, 관련 기술 및 산업 주체 등이 상호 유기적으로 결합하여 수행하는 제도적, 기술적, 법적 차원의 종합적인 대응 활동’으로 정의하고 있다.³²⁾

안티드론 시스템은 소형무인기 탐지를 위한 레이더, EO/IR, RF·음향탐지 등의 탐지체계와 센서 정보를 융합하여 추적·식별하는 지휘통제 체계와 소형무인기의 통신링크, 항법장비(GNSS), 광학장비 등을 무력화시키는 무력화 기술이 융합된 시스템으로 미국, 이스라엘, 영국의 개발현황은 다음과 같다.

미국의 레이더 표적식별 성능 및 처리기술은 세계 최고의 기술력을 보유하고 있으며, 소형무인기의 낮은 RCS 표적에 대한 탐지 능력을 극대화한 레이더를 연구개발 중이다. 또한 EO/IR 및 전자전 분야에서도 소자부터 체계까지 최고 수준의 기술을 보유하고 있다. 대표적인 소형무인기 대응체계로는 SRC사의 Silent Archer 체계로 공중감시레이더, 전자공격 시스템, RF 방향탐지 시스템 및 EO/IR 체계로 구성되며,

모든 구성품은 차량 탑재, 고정시설 배치 및 원격 운용이 가능한 확장성을 갖고 있다.³³⁾

이스라엘의 방산업체(IAI ELTA, Elbit, Rafael)들은 소형무인기를 탐지하고 식별할 수 있는 레이더 및 EO/IR 센서 등을 독자 개발할 수 있는 높은 수준의 기술력을 보유하고 있다. Rafael사의 DroneDome 대응체계는 RPS-42 레이더, CONTROL사의 MEOS 감지시스템과 Netline C-Guard RD 재머 및 NetSense 광대역 탐지센서로 구성되었고, 최근에는 아이언 돔(Iron Dome) 체계의 50kw급 레이저체계(Iron Beam)를 5kw급으로 소형화 및 개조한 Lite Beam을 추가하여 지향성 레이저를 활용한 하드킬 능력을 확보하였다. 또한 IAI사 ELTA사의 DroneGuard는 단거리 대공방어 레이더인 ELM-2026시리즈를 기반으로 EO/IR 센서 및 전자전 공격 재밍 시스템을 결합한 소형무인기 대응체계다.³⁴⁾

영국은 BAE Systems, Lenoardo UK 등을 중심으로 소형무인기 탐지 및 대응을 위한 지속적인 핵심기술 및 무기체계 개발이 진행되고 있으며, RF 방식의 능동 기반기 설계 기술과 생존성 강화를 위한 전자전 기술 등에 대해 강점을 갖고 있다. 영국은 여러 기업이 협력하여 개발한 AUDS³⁵⁾는 원격에서 소형무인기를 탐지, 식별, 추적하고 식별된 위협에 대해 비행을 방해하고 추락을 유도하여 무력화시키는 대응체계이다. AUDS의 레이더, EO/IR 체계(HR 카메라, 열 영상 카메라), RF재머로 구성되며 RCS가 0.03²인 표적에 대해 8km까지 탐지할 수 있다.³⁶⁾

3.2.2 외부환경의 위협

첫째, 소형드론을 활용한 테러가 증가하고 있으며, <표 3>은 주요 드론 테러 사례이다.

2011년 9월 미국에서는 드론에 C-4 폭탄을 장착하여 의사당 및 국방부 공격계획이 FBI에 사전 발각되어 미수에 그쳤고, 2015년 4월에는 방사성 물질을 탑재한 소형드론이 투하하는 사건이 일본에서 발생하여 소형드론에 대한 보안 취약성 문제가 이슈화되었다.

29) 최진철·임승혁, 전게서, p.18.

30) 최진철·임승혁, 전게서, p.18.

31) 이동혁·강욱, “안티드론 개념 정립 및 효과적인 대응체계 수립에 관한 연구”, 『시큐리티연구』60호, 2019, p.15.

32) 이동혁·강욱, 상게서, p.23.

33) 허우녕, “소형무인기 대응체계 개발현황”, 『국방기술정보』108호, 2022, p.49.

34) 허우녕, 상게서, p.49.

35) Anti-UAV Defence System

36) 허우녕, 전게서, p.50.

〈표 4〉 SWOT 분석에 따른 전략 도출 결과

외부환경 \ 내부환경		S(강점)	W(약점)
			<ul style="list-style-type: none"> • 드론작전사령부 창설 • 안티드론 공감대 확산 • 민간주도 안티드론 기술 연구 활발
O(기회)	<ul style="list-style-type: none"> • 선진국 소형무인기 대응 역량 확장 • 국가별 안티드론 기술 고도화 	<ul style="list-style-type: none"> - 드론작전사령부 역할 확대 - 안티드론 기술 개발 확대 	<ul style="list-style-type: none"> - 현존전력+첨단전력 대응체계 구축
T(위협)	<ul style="list-style-type: none"> • 소형드론 테러활동 증가 • 북한 무인기 개발 증가 	<ul style="list-style-type: none"> - 소형무인기 대응체계 구축 - 드론작전사령부 통제 하 합동방공훈련 강화 	<ul style="list-style-type: none"> - 현존전략 활용한 대응책 강구 - 관련 항공법 정비

전쟁에서도 드론을 활용한 공격이 증가하고 있는데, 2016년 10월 이라크에서는 IS가 상용 초소형 드론을 자폭용 드론으로 개조하여 공격을 감행함으로써, 민간용 초소형 드론이 공격수단으로 사용됨으로써 위협성을 확인하는 계기가 되었다.

또한, 베네수엘라에서는 2018년 8월에 다수의 드론을 이용한 테러로 국가 원수를 암살하려는 시도와 2019년 9월 예멘의 후티 반군은 사우디아라비아의 아람코 정유시설 2곳에 대한 드론 테러를 실행하여 전 세계 산유량의 5%에 해당하는 정유시설을 파괴하는 사례도 발생했다.³⁷⁾

이러한 소형드론을 활용한 테러는 지속하여 증가하는 추세이다. 특히 구매가 쉬운 저가의 상업용 드론은 조종사의 신분 노출 없이 제3의 지역에서 임무 수행이 가능하므로, 향후 상업용 초소형 드론을 활용한 공격이 지속 증가 추세이므로 이에 대한 대비책 마련이 시급하다.

둘째, 북한의 소형무인기 고도화 및 도발 행위가 증가하고 있다.

1990년대부터 북한은 무인항공기를 개발하여 표적기, 정찰용 무인항공기, 무인공격기 등을 운용하고 있으며 일부 기종은 수출 능력까지 보유한 것으로 추정된다.

2013년 3월, 화력운용 시범 간 최초로 알려진 무인공격기는 미국의 MQM-107D Streaker 대공표적기를 모방하여 제작하였는데, 주요 특징으로는 제트엔진과 보조로켓을 부착하고 폭발물을 탑재하여 자폭용으로 운용할 것으로 추정되며, 특히, 2014년 4월과 5월 남한에서 추락한 소형무인기는 기존의 무인항공기에 비해 레이더반사면적이 매우 작아 아군의 레이더에 의한 탐지가 제한되며, GPS 수신기 및 자

동항법장치로 정해진 좌표로 자동 비행이 가능하고, 최대 약 300km까지 비행이 가능할 것이며, 탑재 장비로는 일반 광학카메라가 장비되어, 별도의 데이터링크와 영상전송장비는 미장착되어 복귀 후 카메라 확인을 통해서만 영상정보를 수집할 수 있었다.³⁸⁾

이러한 무인항공기는 최초 정찰용으로 제작하였으나 필요 시 소형 폭탄을 탑재하여 자폭용을 활용이 가능하다. 북한은 무인항공기를 ‘정찰 및 감시, 지상공격, 기만’ 등 다양한 임무를 수행할 수 있을 것으로 예상된다.

IV. SWOT 분석에 따른 북한 소형무인기 대응전략

4.1 공격(O-S) 전략

공격전략은 외부 환경의 기회요인과 내부의 강점을 극대화하는 전략이다.

〈표 4〉에서 제시한 SWOT 분석 결과에 따라 2가지 공격 전략을 제시하였다.

첫째, 드론작전사령부 중심으로 체계적인 북한 무인기 대응능력을 강화해야 한다.

국방부는 북한의 소형무인기가 지속적으로 남한 영공을 침범하여 남한의 국가중요시설에 대한 정찰 활동 및 영공 방어 실패에 대한 국민의 안보 불안감을 해소하고자 9월에 드론작전사령부 창설을 준비 중이다.

현 작전수행체계는 북한 소형무인기의 사전 침투징후 식별이 제한되고 야전에 전력화된 국지방공레이더 외 감시자산으로는 탐지 자체가 제한된다. 또한 소형무인기가 변칙적

37) 심준형 등, “드론 사고 사례와 기술 동향에 따른 안티드론 대응 방안”, 『한국산학기술학회논문집』 24(2), 2023, p.654.

38) 송준영, 전계서, pp.346-348.

으로 비행속도·고도·비행경로 운항 시 아군의 대공화기·헬기·공군기의 직접적인 대응이 제한되고 대응 시에도 인구 밀집 지역에서 교전 시에는 민간인 피해가 우려되는 여러 가지 제한사항이 발생한다.

따라서, 현재 취할 수 있는 북한 무인기 공중침투대비 작전개념을 탐지·식별 단계에서는 한미 감시·정찰자산으로 북한 무인기를 조기탐지·식별하고, 추적 및 차단 단계에서는 항적을 추적하여 상하 간에 실시간 전파하고, 필요시 공중에서 다중으로 차단해야 한다. 무력화 단계에서는 소프트킬과 하드킬 수단을 선별 운용하여 적시에 효과적으로 타격하고 민관군 통합의 지속적인 훈련도 병행해야 한다.

또한, 북한의 무인기 대응을 위한 무기체계를 개발하고 전력화시켜야 한다. 현재 전력화 중인 국지방공레이더를 활용하여 접적지역 전방부터 감시·식별이 가능하도록 체계를 중심 깊게 구축해야 하며, 특히 레이더의 초소형 드론의 식별 능력을 높이기 위해 감시장비를 복합 운용개념이 발전이 요구된다. 그리고 드론을 무력화시킬 수 있는 드론건이나 드론을 직접 잡는 킬러 드론, 스텔스 드론 등을 조속하게 개발하고 무인기 표적 정보가 실시간 연동할 수 있는 통합운용 체계도 구축해야 한다.³⁹⁾

둘째, 4차 산업혁명 기술을 융합한 안티드론 체계 구축이다.

2023년 4월 19일 국방부 보도자료는 과학기술 강군 육성을 위한 국방과학기술혁신 기본계획을 발표하였다. 「23~37 국방과학기술혁신 기본계획」은 ‘국방과학기술혁신추진법’에 근거하여 5년마다 수립되는 국방기획체계 상의 기획문서로서 국가안보 유지, 미래 전장 선도, 국가과학기술 융합관점에서 10대 전략기술 분야와 30개 국방전략기술을 선정하였다.

선진국들은 기존 방공무기체계로 대응이 불가능한 중·소형, 다수의 무인기의 대응책으로 안티드론 기술 개발을 통해 공항·원전 등 주요 시설에 안티드론 방어시스템을 적용하고 있으며, 우리나라도 안티드론 기술에 관심이 증가하고 있고, 민관 주도의 연구개발이 활발하게 진행 중이다.

소형무인기에 대한 대응 교리는 “탐지·식별-경보전파/사격 통제-타격”으로 분류되고 있으며 관련 기술은 다음과 같다.

〈표 5〉 10대 전략기술 분야 및 30개 국방전략기술 현황

10대 전략 기술분야	30개 국방전략기술
인공지능	지능형 전장인식/판단, 지능형 통합지휘결심, 스마트 전력지원, 국방 AI 플랫폼
유·무인 복합	유·무인 협업, 자율 임무수행, 차세대 워리어 플랫폼
양자	양자 암호통신, 양자 센서
우주	우주기반 감시정찰, 초정밀 위성항법, 우주영역 인식, 우주비행체
에너지	지향성 에너지, 차세대 동력원
첨단소재	고성능 반도체/전자소재, 극한환경 구조소재, 특수 기능소재
사이버·네트워크	초연결 네트워크, 사이버전 대응, 메타버스 훈련
센서·전자기전	차세대 센서, 센서 융합, 전자기전 대응
추진	첨단 엔진, 극초음속 추진, 수중 추진
WMD 대응	미사일 방어, 고위력 정밀타격, 지능형 화생방 방어

출처: 국가과학기술자문위원회

〈표 6〉 대드론체계 소요기술 분류

구분	소분류	기술개념
탐지 기술	레이더	S, X, Ku-band를 사용하여 탐지
	RF 스캐너	드론과 조종자 간의 통신신호를분석하여 드론 탐지
	광학 카메라	광학센서를 탑재한 카메라를 사용하여 탐지
	IR 카메라	IR 센서를 탑재한 카메라를 사용하여 탐지
식별	음향센서	음향센서의 소음시차를 계산하여 위치 파악
	육안식별	드론 본체에 고유 식별번호를 부착하여 등록된 조종자 확인
무력화 기술	전자식별	식별번호 또는 조정자 식별번호를 능/수동으로 식별
	공격드론/네트건	드론이나 지상에서 그물망을 발사하여 불법 드론 포획하거나 추락시킴
	Hard Kill	맹금류 독수리 등 맹금류를 조련시켜 불법 드론을 포획
	방공용 대공화기	대공포/미사일/로켓 등과 레이더, 추적장치를 결합하여 드론 격추
Soft Kill	지향성 에너지무기	불법드론을 레이저나 RF가 장착된 Gun(HPM)으로 격추
	재밍	통신신호, 위성항법신호 잔파를 방해하여 비행불능 상태로 전환
	스무핑(기만)	거짓좌표를 주입해 비행불능 또는 비행경로 이탈
지오펀싱	조종권탈취	프로토콜을 해킹하여 착륙 및 조종권 탈취
	지오펀싱	드론의 항법 소프트웨어 GPS에 비행금지구역 정보입력, 특정구역 비행방해/차단

출처: KISTER 기술동향브리프 21-10

39) 김지현, “합동드론사령부 창설...‘드론킬러’ 개발·스텔스무인기 연내생산(종합)”, 『연합뉴스』(2013. 1. 4.).

탐지 기술은 근거리 육안 탐지에서 능동 방식의 레이더 탐지를 활용하고 있다. 레이더반사면적(RCS, Radar Cross Section)이 충분해야 탐지가 쉬우나, 소형드론은 대략 0.01~0.1㎡의 RCS를 가지며 X-band 레이더를 사용하면 최대 탐지거리는 3.2km 수준으로 확장될 수 있으며, RF 스캐너는 드론과 조종자 간의 통신 주파수를 통해 신호를 분석하여 드론과 조종사의 위치를 탐지한다. 광학 카메라/적외선 카메라는 드론을 직접 촬영하거나 모터나 엔진 등 드론에서 배출되는 열원을 적외선 카메라로 탐지할 수 있고, 음향센서는 300m 내외의 근거리에서 여러 음향센서에 탐지된 드론 소음의 시차(TDoA⁴⁰)를 계산하여 드론의 정확한 위치를 탐지할 수 있으나 바람·온도·시간 등 음파 산란 장애물로 인해 부정확한 탐지 가능성도 존재한다.

이처럼 각 탐지 센서는 고유의 장·단점을 가지고 있으며 테러 목적의 위협 수준에 대비하기 위해서는 여러 센서를 복합 운용하여 드론을 탐지하는 것이 필수적이며 능력은 <표 7>과 같다.

<표 7> 탐지센서 기술

구분	능동형		수동형		
	레이더	RF 스캐너	EO/IR	음향	복합센서
탐지거리	○	△	△	△	○
탐지능력	○	△	△	○	○
정확도	○	△	△	×	○
추적 여부	○	○	△	△	○
식별능력	△	△	△	×	○
호버링표백	○	○	○	○	○
자동비행표적	○	×	○	○	○

탐지 센서 기술은 단일 센서를 운용하는 것보다는 근거리 탐지에 우수한 EO/IR, 음향 센서와 원거리 탐지가 탁월한 레이더를 복합·배열 운용함으로써 공백없이 높은 확률의 드론 탐지가 가능하게 하며, 탐지된 드론에 대한 식별은 육안 식별과 전자식별로 구분하는데 식별의 정확도를 향상할 수 있도록 저고도 소형드론 식별·주파수 통합관리시스템을 개발하여야 한다.⁴¹⁾

40) TDoA(Time Difference of Arrival): 소음 시차로, 소음이 도착하는 시간의 차이

41) 최진철·임승혁, "안티드론", KISTEP 기술동향브리프 2021-10호, pp. 4-7.

무력화 기술은 하드킬과 소프트킬로 구분하는데 하드킬은 그물/드론 네트건과 맵금류를 활용하여 정비 비행이나 저속 비행하는 쿼드콥터형 드론을 일부 포획할 때 사용할 수 있으나 고속 침투하거나 군집 드론에 비효율적이며, 방공망용 대공무기는 중·소형 저고도 드론에는 제한적이다. 또한, 현재 개발 중인 레이저 무기는 현재 초보적인 단계로 근거리 소형드론에는 무력화 정도의 피해가 가능하다. 가장 활발하게 추진되고 있는 소프트킬 방식은 통신 및 위성항법과 스푸핑을 조종권 탈취 및 정상적인 비행을 방해하거나 주요 지역에 지오픈싱을 설치하여 불법 드론 비행이 불가능하도록 설정하는 기술이 활발하게 발전하고 있다.⁴²⁾

결과적으로, 안티드론 기술 개발은 대드론체계 소요 기술을 중심으로 국내의 연구개발 노력을 집중해야 하며, 특히 소형드론의 탐지 및 식별 능력을 향상할 수 있도록 소형드론에 대한 수많은 데이터를 딥러닝을 통해서 탐지 및 식별할 수 있는 인공지능(AI)을 활용하는 방안을 복합적으로 검토해야 한다.

4.2 만회(O-W) 전략

만회 전략은 외부 환경의 기회요인을 극대화하고 내부의 약점은 줄이는 전략이다. <표 4>에서 제시한 소형무인기 대응 전략을 현존전력과 첨단기술을 융합한 체계를 구축하는 것이다.

2014년과 2022년 북한의 소형무인기 도발을 경험한 후 이에 따른 신속한 대응책을 강구하고 있다. 북한이 보유하고 있는 소형무인기는 레이더반사면적(RCS)·적외선 방출량 등이 작아서 레이더 및 전자광학 열상장비(EO/IR)로 탐지가 어렵고 탐지하여도 새 떼와 구분할 수 있는 식별 능력이 현재는 제한되는 상황이다.

군에서도 2014년 북한의 소형무인기 도발을 최초 인지한 후에 전방 지역에 전력화 중인 국지방공레이더(TPS-880K)는 소형무인기를 탐지할 수 있도록 일부 개선하여 2020년부터 전방군단에 전력화를 추진 중이다. 또한 저고도 드론을 더 멀리서 정확하게 탐지 및 식별하도록 탐지자산을 중첩 운용하는 연구개발을 한국전자통신연구원에서 2017년부터 2021년까지 시행하여 LADD(Low Altitude Drone Detection)

42) 최진철·임승혁, 전게서, pp.8-10.

시스템을 개발하였는데, 이는 EO/IR과 레이더의 연동을 통해서 거리 200m~3km에 존재하는 RCS 0.01m² 이하의 표적을 90% 이상의 확률로 탐지할 수 있는 시스템이다.⁴³⁾

대구경북과학기술원(DGIST)은 오대건 지능형로봇연구부 선임연구원 연구팀이 개발한 능동위상배열(AESA) 드론 탐지 레이더 기술이 방위사업청이 주관하는 ‘신속시범획득사업’으로 다차원 초고해상도 레이더 신호처리 기술로 많은 데이터를 처리해 물체의 거리, 방위각 등을 더욱 정확하게 추정할 수 있는 기술로 소형드론을 8km까지 탐지하는 데 성공했다.⁴⁴⁾ 이처럼 첨단기술을 적용한 무기체계를 신속시범획득 사업을 통해서 군에 조기 전력화하는 것도 고려해야 한다.

내부적인 약점을 해소하기 위해서 현재 연구개발 중인 무기체계가 신속하게 획득되도록 노력해야 할 것이며 현재 취약한 탐지를 위해서는 탐지자산의 중첩 운용과 피아식별을 위해서는 소형드론에 대한 빅데이터 구축을 통해서 인공지능으로 짧은 시간에 정확한 식별을 통해서 즉각 대응할 수 있는 시스템 구축이 요구된다.

타격체계는 하드킬과 소프트킬로 구분되는 데 매우 미미한 수준이다. 먼저 하드킬은 현존하는 대공무기로 대응하는 시스템인데 소형드론에 대해서는 사실상 대응이 불가능한 실정이다. 2022년 소형무인기가 탐지되어 대응했지만, 공중에서 폭발하는 대공탄이 없어서 실패하였고 소형 드론을 타격하기는 매우 어려운 과제이다.

현재 국방과학연구소에서 레이저 대공무기 블록-I를 개발 완료하여 2024년부터 배치될 예정인데 10km 이상 떨어진까지·갈매기 크기의 물체까지 정확히 탐지했으며 수 Km 거리 내에서 요격할 수 있으며 회당 발사 비용은 2,000원으로 매우 경제적이라고 보도되었다.⁴⁵⁾ 또한, 소프트킬은 재밍이나 스푸핑, 지오펜싱을 통해서 진행되지만 현재 군에서 적용하는 사례는 없으며 일부 재밍건 등은 중요시설의 근거리에서 불법 드론 대응에 활용하고 있는 정도이다.

해외의 안티드론 상용기술 동향은 영국의 AUDS(Anti-UAV Defence System)는 원격에서 UAV를 탐지, 추적

하고 UAV의 비행을 무력화시킬 수 있는 시스템이며, 미국의 BlackSage Technology의 UASX는 소형 감시 레이더, 영상 센서 및 RF 재밍을 사용하여 UAV를 탐지, 추적, 식별 및 무력화하는 시스템이다. 이스라엘의 RAFAEL사의 DroneDome은 드론 탐지, 추적, 식별 및 무력화를 포함한 포괄적인 안티드론 솔루션을 제공하고 있고, 중국 DJI사의 AeroScope는 RF 스캐너의 일종으로 자사의 드론에 대한 실시간 모니터링 기능을 제공한다.⁴⁶⁾

〈표 8〉 세계 각국의 안티드론 기술 현황

구분	특성
AUDS (영)	- 레이더는 PESA ⁴⁷⁾ 및 FMCW ⁴⁸⁾ 기술을 사용하는 모듈식 비 회전 전자 스캔 시스템 - EO/IR 광학장비는 중파(MWIR) 열화상 카메라와 고화질 카메라로 구성 - 전파교란기는 SDR ⁴⁹⁾
UASX (미)	- 액티브 드론 탐지 레이더는 UAV의 위치 탐지에 사용 - 영상 센서는 드론 식별을 위해 사용 - RF 드론 재머는 GNSS 위성 및 운영자와의 통신을 비활성화
Drone Dome (이)	- 360° 레이더와 RF 센서를 사용하여 드론을 탐지 - EO 센서를 이용하여 드론의 위치 및 드론 식별 기능을 제공 - 모듈식 시스템으로 사용자의 요구에 따라 고정형 또는 이동형으로 구성이 가능
Aero Scope (중)	- DJI 드론과 조종기 사이의 통신 데이터를 분석하여 드론의 모델, 위치, 속도 및 지상 컨트롤러 위치를 포함한 실시간 식별 정보를 제공

출처: 이인재 등, “불법 드론 대응을 위한 저고도 드론 탐지 기술 동향”, 「전자통신동향분석」, 제37권 제1호, 2022. p.14. 재정리

드론 무력화 특히 출원 동향은 전파 교란(재밍)과 그물망(포획망) 관련 출원이 많았으며, 2016년에는 불법 침입한 드론의 제어권을 빼앗아 드론 운항을 정지시키거나 드론 조종사에게 다시 돌려보내는 기술이 출원하였다.⁵⁰⁾

선진국들은 드론 테러에 대비하기 위해서 안티드론 기술 개발에 더욱더 적극적이며, 관련 기술에 대한 특허 동향도 <그림 3>에서 증가 추세이다. 따라서 선진국과 기술 동향을 참고하여 자체 개발 능력을 향상하거나 기술협력을 통해서 연구 능력을 확보해야 할 것이다.

43) 이인재 등, “불법 드론 대응을 위한 저고도 드론 탐지 기술 동향”, 「전자통신동향분석」, 제37권제1호, 2022. pp.14-15.

44) 김우현, “민간이 만든 소형 드론 탐지용 레이더, 군이 신속 도입한다”, 「동아시아인스」(20.12. 17).

45) 민병권, “한발 2000원에 北드론 잡는다…국산 ‘레이저포’ 개발 완료”, 「서울경제」(2023. 1. 9.)

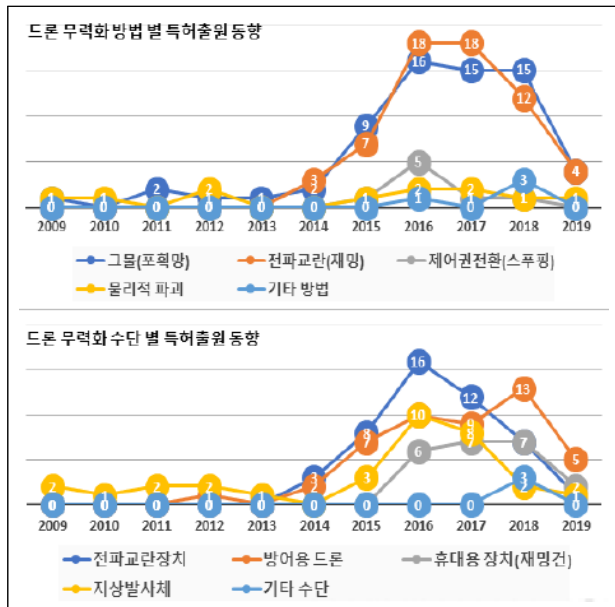
46) 이인재 등, 전계서. p.14.

47) Passive Electronic Scan Antenna

48) Frequency Modulated Continuous Wave

49) Software-Defined Radio

50) 박찬정·김기용, “안티드론 기술의 특허동향 분석: 무력화 수단 및 방법을 중심으로”, 한국차세대컴퓨팅학회 논문집, 2020, p.12.



〈그림 3〉 연도별 안티드론 특허동향

출처: 박찬정·김기용, “안티드론 기술의 특허동향 분석: 무력화 수단 및 방법을 중심으로”, 한국차세대컴퓨팅학회 논문지, 2020, p.12.

4.3 우회(T-S) 전략

우회 전략은 내부 강점을 활용하여 외부 위협을 회피하거나 최소화하는 전략이다.

첫째, 소형무인기 대응체계 구축이다.

현 작전수행체계를 진단하면 북한의 소형무인기는 사전 침투후 식별이 제한되고, 국지방공레이더 외 기타 감시자산으로 탐지가 곤란하다. 또한, 2022년 북한의 소형무인기 침투 시 변칙적 비행속도·고도·비행경로로 인해 아군의 대공화기·공군기·육군헬기가 효과적으로 대응하지 못하였다. 이러한 원인에는 비행 중인 무인기의 크기가 작아 식별 및 타격이 제한되었고 타격 시 민간인 피해를 고려하여 인구 밀집 지역에서 교전을 회피한 영향도 있다.

군은 이러한 북한의 소형무인기 위협과 대응 간 식별된 취약점을 면밀하게 분석하여 대응능력을 구축하고 있으며, 그리하여 2023년 9월에 드론작전사령부를 창설할 예정이다. 드론작전사령부는 합동전장영역에서 드론을 활용해 전략적·작전적 임무를 체계적·효율적으로 수행하고, 드론 전력을 활용한 군사작전에 대한 계획 수립 및 시행과 특히 적 무인기 대응을 위한 탐지·추적·타격 등의 군사작전을 3군 합동작전 차원에서 작전개념을 발전시키고 보완할 예정이다.⁵¹⁾

드론작전사령부는 현존전력 중심의 작전수행체계를 보완하여 발전시킬 예정이다. 지난번 무인기 침투 시 합동성이 미흡한 점을 보완하여 무인기 공중 침투대비 작전개념을 한미 감시·정찰 자산까지 활용하여 공중에서 다중 차단실시, 물리적·비물리적 수단을 적시에 효과적으로 운용할 수 있도록 개선하고, 합참·작전사 통제하에 주기적 교육훈련을 시행하고, ‘韓·美 대드론 연합작전 수행 능력’을 갖추도록 드론작전사령부의 역할이 구체적으로 정립되어야 한다.

또한 미국은 소형드론의 위협에 총체적으로 대응하기 위해 동맹 및 파트너 국가 등과 공동 노력을 통한 상호운용성 극대화를 추구하고 있다. 이와 관련하여 韓·美 안티드론 군사기술 및 정보공유를 통한 ‘안티드론 체계 연합작전 수행개념’을 발전시켜 다양한 소형드론 위협에 공동으로 대처하는 방안에 대해 깊게 고민해야 한다.

둘째, 북 무인기 대응능력을 조기에 구축하는 전략이다.

현재 북한의 소형무인기 침투에 대비하여 접적지역 전방에 국지방공레이더와 연구개발된 상용 안티드론 기술 등과 같은 감시·식별이 가능한 체계를 신속하게 구축하고, 소형무인기에 효과적으로 대응이 가능한 소프트킬과 하드킬 타격체계를 조기에 전력화해야 할 것이다. 또한, 북한의 소형무인기 침투에 대응할 수 있는 한국형 재머 ‘소형무인기대응체계 블록-I’사업과 국방과학연구소(ADD)에서는 북한 소형무인기 도발 시 이와 유사한 저가형 무인기를 100대 제작하여 북한으로 침투시킬 방안과 스텔스 무인기를 개발하여 북한의 핵심 시설에 대한 정찰 및 타격을 계획하고 있다.

4.4 생존(T-W) 전략

생존전략은 SWOT 분석 결과에 따라 위협을 회피하거나 최소화하면서 약점을 보완하는 방어적인 전략으로 첫째, 현존전력을 활용한 대응책 개발과 둘째는 상용무인기 통제 관련 규정을 정비하는 것이다.

현재 전력화 중인 국지방공레이더에 열상감시장비(TOD-3)를 장착한다면 소형무인기와 새 떼 등을 구분하는 데에는 어려움이 최소화될 것으로 예상된다. 방종관 한국국가전략연구원 전력개발 센터장은 ‘국가안보전략’ 2월호의 “소형무인기 위협 대응 무기체계의 현황과 발전 방향” 기고문에서

51) [https://namu.wiki/w/드론작전사령부\(검색일: 2023.7.19.\)](https://namu.wiki/w/드론작전사령부(검색일: 2023.7.19.))

소형무인기를 탐지·식별할 수 있는 수단인 레이더·EO/IR·RF스캐너·음향 등 모든 센서는 고유의 장단점이 있으므로 이들을 ‘복합화’하고, 차량·장갑차·항공기 등에 ‘기동화’하는 것이 필요하며, 국방부도 ‘소형무인기 대응체계’와 ‘레이더 연동 안티드론통합솔루션(신속시범획득사업)’ 등을 추진한다고 제시하였다.⁵²⁾

타격체계는 기존의 대공화기인 발칸과 비호, 휴대용 유도탄을 사용할 수 있지만 인구 밀집 지역에서 운용 시 민간인 피해 발생과 저가의 무인기에 고가의 유도탄을 발사하는 것은 경제성도 떨어진다. 따라서, 소형무인기는 위성항법장치(GPS)를 활용해서 비행하므로 전파를 발사해서 항법 체계를 제어하는 것이 매우 효과적이며 민가 지역에서 부수적인 피해도 방지할 수 있다고 판단된다.

둘째는 상용무인기에 대한 통제 관련 규정을 정비해야 한다.

비행승인대상인 초경량비행장치는 P731, R752 등 비행금지구역, R-75 비행제한구역, 민간 관제권(반경 9.3km), 군 관제권(반경 9.3km), 기타 지역(고도 150m 이하)에 따라 국토부와 국방부의 승인을 받고 비행 및 촬영하며, 인천 국제공항 등 민간 공항과 군 비행장, 개인 비행장 등을 중심으로 반경 3km 내에서 비행 허가를 받고자 하면 해당 비행장을 관할하는 기관과 사전에 반드시 협의해야 하고, 경량항공기 및 초경량비행장치의 이착륙이 허가된 이착륙장 중심 반경 3km 내에서 비행 시에는 해당 이착륙장 운영자와 사전 협의하도록 하고 있다.

이처럼 드론으로 비행 또는 촬영 시 승인 절차와 협의의 절차를 두는 이유는 드론에 대한 위험성이 높기 때문이다. 불법 드론은 비행기의 엔진으로 빨려 들어가 비행기의 이착륙을 방해할 수 있고, 가스, 석유, 식수원 등에 테러 또는 추락 시 폭발하거나 오염을 발생시킬 수 있는데, 이러한 행위는 막대한 인명 및 재산 피해를 발생시킨다. 특히, 취미용이나 호기심으로 국가중요시설에 불법적으로 침입하는 상업용 드론에 의한 위협이 증가하고 있으므로 이와 관련된 규정, 즉 비행계획 및 승인 절차 등을 간소화하되 엄격하게 적용할 필요가 있다.⁵³⁾

52) <http://www.krins.or.kr/6172>(검색일: 2023.7.19.)

53) 박세훈, “불법드론의 행정상 즉시강제 연구”, 『법학연구』 제23권 1호, 2023, p.110.

V. 결론

최근 상용 드론 기술의 발달과 대중화는 드론 범죄 및 테러 등 불법행위의 증가로 이어져 사회 안전망에 새로운 위협으로 대두되고 있다. 최근의 러시아-우크라이나 전쟁에서도 드론의 활약과 안티드론 체계의 발전을 식별할 수 있었다.

현재 우리 군은 2014년과 2022년도에 북한군의 무인기 도발을 차단하고자 다양한 방안을 마련하고 있으나, 현재까지 날로 고도화되는 북한의 소형무인기에 대한 대응체계가 미흡한 실정이다. 북한의 소형무인기는 RCS가 작아서 탐지 및 식별이 어렵고 이를 타격하는 자산도 현재 개발 중이므로 현재 북한의 소형무인기에 대한 대응책으로는 현재의 방공전력을 통합 운용하고 주기적인 합동방공훈련을 통해서 대응한다는 고육지책이 전부이다.

따라서, 본 연구는 북한의 소형무인기에 대한 대응 전략을 SWOT 분석기법을 통해서 우리 군의 장점과 약점, 외부 환경의 기회와 위협 측면에서 분석하여 각각의 전략을 제시하였다.

우리 군의 장점은 이러한 위협에 대응할 수 있는 드론작전사령부를 창설하고, 안티드론에 대한 공감대를 형성하여 민간군주도로 안티드론 기술 연구가 매우 활발하다. 단점은 북한의 소형무인기에 대한 완전한 대응체계를 구축하지 못하고 현재 미흡한 점을 보완하는 단계이며, 북한의 상용 드론에 의한 남한 영공침범이 지속적으로 증가하고 있다. 외부 환경의 기회요인은 군사 선진국들이 상용 소형무인기 테러가 증가함에 따라 이에 대한 대응 역량을 지속하여 강화하고 있으며, 국가별 안티드론 기술을 자국의 안보와 연계하여 고도화하고 있다. 외부의 위협요인은 상용 드론을 활용한 테러 및 전쟁에서 그 활용도가 급격하게 증가하고 있으며, 우리에게 위협이 되는 북한도 무인기 개발에 많은 관심과 역량을 쏟고 있다.

이에 따른 전략은 드론작전사령부의 역할을 정립하고, 민관군이 주도하여 안티드론 기술을 개발하고, 선진국의 안티드론 기술을 적극 벤치마킹하여 신속하게 기술 수준을 향상하고, 현존 방공시스템에 4차 산업혁명의 첨단과학기술을 융합한 대응체계를 개발해야 한다. 또한 현존전력을 잘 활용할 수 있도록 평시에도 주기적인 합동방공훈련이 요망되며, 불법 침투 비행을 사전 예방하도록 관련 항공법과 규정을

재정비해야 한다.

따라서, 우리는 최근 우리 주변에 자주 등장하고 있는 무인항공기에 대해 새로운 위협으로 인식하고, 이에 대한 현존 전력 극대화화 및 미래전력의 조기 전력화, 무분별한 사용의 억제, 불법 사용에 대한 근원적인 차단과 구체적·효과적인 대응 방안을 마련해야 한다.

다만 적 무인항공기의 실체와 실질적인 위협분석을 통해 과연 우리가 어떤 방향으로 어떻게 현재 전력의 운용 방법을 효율적으로 조정 및 개선하고, 미래전력의 운용개념을 정립하고 시험평가를 통해서 전력화 방향을 모색해야 한다. 경제적 논리 면에서 본다면 투자 대비 효과도 있어야 하고, 우리 영공으로 침투하는 공중 비행체에 대해 군이 주저주저하다가 아무런 조치를 못 한다면 군에 대한 역풍은 대단할 것이므로 이에 대한 고심도 함께 있다.

본 연구는 국·내외적으로 복잡하고 다양하게 대두되고 있는 상용 소형드론의 실제 위협 사례들을 제시함과 동시에 우리 군의 안티드론 체계 발전 방향을 제시하였다. 앞으로 4차 산업혁명의 발전으로 안티드론 체계에 접목할 수 있는 인공지능, 에너지무기 등 첨단과학기술은 많아질 것이다. 따라서 이에 관한 후속 연구의 필요성이 요구된다.⁵⁴⁾

54) 서강일 등, “소형드론 위협 사례와 대드론체계 발전방향”, 『문화기술의 융합』 제9권 2호, 2023, pp.331-332.

참고문헌

- 1) 국방부, 『국방백서』, 2022.
- 2) 김우현, “민간이 만든 소형 드론 탐지용 레이더, 군이 신속 도입한다”, 『동아사이언스』(2020.12.17.).
- 3) 김태영 등, “드론테러의 실증적 패턴분석 연구”, 『한국치안행정논집』18(3), 2022.
- 4) 문민정 등, “레이더 기반의 드론 탐지 기법 연구”, 『한국위성정보통신학회논문집』12(2), 2017.
- 5) 민병권, “한발 2000원에 北드론 잡는다…국산 ‘레이저포’ 개발 완료”, 『서울경제』(2023. 1. 9.)
- 6) 박세훈, “불법드론의 행정상 즉시강제 연구”, 『법학연구』23(1), 2023.
- 7) 박제홍, “무인항공기 대응체계 도입 방안”, 『한국항공학회논문집』21(1), 2017.
- 8) 박찬정·김기용, “안티드론 기술의 특이동향 분석: 무력화 수단 및 방법을 중심으로”, 한국차세대컴퓨터학회 논문집, 2020.
- 9) 북한연구소, “현실이 된 북한 무인기 위협”, 『북한』613호, 2023.
- 10) 변종민, “北, 무인기 1천여대 보유…테러에 악용 우려”, 『연합뉴스』(2017. 3. 29.).
- 11) 서강일 등, “소형드론 위협 사례와 대드론체계 발전방향”, 『문화기술의 융합』9(2), 2023.
- 12) 서정원 등, “소형드론 위협을 고려한 미 국방 전략과 우리 군의 대응방향”, 『국방과 기술』 526호, 한국방위산업진흥회, 2022..
- 13) 서정원·박희정·이한렬, “드론전쟁, 우리는 대비하고 있는가?”, 『월간군사』12호, 월간군사저널, 2022.
- 14) 손창근 등, “국가 중요기반시설 보호용 안티드론 시스템의 구축”, 『과학수사학회지』14(3), 2020.
- 15) 송준영, “북한 무인항공기 및 초경량 비행 장치 위협에 따른 대응방안 연구”, 『군사연구』 제146집, 2018.
- 16) 심준형 등, “드론 사고 사례와 기술 동향에 따른 안티드론 대응 방안”, 『한국산학기술학회논문집』 24(2), 2023.
- 17) 안용운, “국가중요시설의 대(對)드론 방호시스템 구축”, 『한국군사학논총』11(2), 2022.
- 18) 이동혁·강욱, “안티드론 개념 정립 및 효과적인 대응체계 수립에 관한 연구”, 『시큐리티연구』 60호, 2019.
- 19) 이상윤·윤홍주, “SWOT 분석을 통한 한국 마이크로 로봇의 발전방안”, 『한국전자통신학회 논문지』7(4), 2012.
- 20) 이인재 등, “불법 드론 대응을 위한 저고도 드론 탐지 기술 동향”, 『전자통신동향분석』37(1), 2022.
- 21) 이주현 등(2020), “이미지 센서와 FMCW 레이더의 센서 융합을 통한 딥러닝 기반 드론 탐지기법”, 『대전전자공학회 학술대회 논문집』2020.
- 22) 장상국, “인공지능 기반 국가중요시설의 드론테러 위협 대응 방안”, 『인문사회』21(13(5)), 2022.
- 23) 장상국·최기일, “SWOT 분석을 통한 북핵미사일 위협에 대한 대응전략”, 『한국방위산업학회지』 29(2), 2022.
- 24) 정충신, “북한, 무인기 1000대 보유… 韓, ‘드론킬러’ 띄우고 ‘레이저 요격’ 나선다”, 『문화일보』 (2023. 1. 3.).
- 25) 최진철·임승혁, “안티드론”, 『KISTEP 기술 동향브리프』 2021-10호. 허우녕, “소형무인기 대응체계 개발현황”, 『국방기술정보』108호, 2022.
- 26) 홍정기, “북한 무인기 도발과 항재전장(恒在戰場)”, 『월간군사』 2호, 2023.
- 27) ‘레이더 연동 안티드론 통합솔루션 군에서 시범 운용된다’, 『보안뉴스』(2021. 6. 23.).
- 28) <https://namu.wiki/w/드론자전사령부>(검색일: 2023.7.19.)
- 29) <http://www.krins.or.kr/6172>(검색일: 2023.7.19.)