

무인항공기 대응체계 도입 방안

Application of the Small UAV Defense System

박 제 홍

대한항공 항공기술연구원

Jehong Park

Korean Air R&D Center, Daejeon 305-811, Korea

[요 약]

쉽게 조종이 가능한 소형 무인기가 빠르게 보급되고, 무인기 산업이 빠른 속도로 성장함에 따라 공중 보안(airspace security)에 취약한 보안/전략 시설의 보안성 확보에 무인기가 새로운 위협이 되고 있다. 이러한 위협이 다양해지면서, 위협에 대응하는 무인기 대응체계 개발에 대한 연구/개발도 빠르게 연구되고 있다. 본 논문에서는 소형 무인기 보급에 따른 여러 가지 위협 및 사고 사례를 기술하고, 무인기 개발 및 운용방식에 따라 맞춤형으로 개발되고 있는 무인기 대응체계 개발 동향을 무인기 대응체계의 개념, 탐지/식별방안 및 제압/대응방안으로 나누어 기술한 후, 드론을 포함한 소형 무인기 대중화에 따른 부작용을 최소화할 수 있는 기술적, 제도적 대안을 제안하고자 한다.

[Abstract]

As a popularization of small UAS to have improved flight performance and easiness of controlling, the UAS industry is increased and also small UAS is to be a new threat for airspace security of national strategic infrastructure. Rising the new threat makes the negative side effect of small UAS operation. This phenomena brought to new R&D needs "defense system" for small UAS/UAV - called Anti-Drone. The paper addressed case study of defects, accidents and threats by small UAS/UAV as world wide level, and research and development trend of UAS defense system as each technical category - CONOP (Concept of Operation), identification/recognition method and control/supremacy techniques. As a result, this suggests the direction what and where drone defense system should be applied first and required for Korean society in the view of society system (regime) and a point of view for minimizing side effect as UAS popularization.

Key word : Unmanned Aerial System, Unmanned Aerial Vehicle, Anti-drone, Air traffic control, Flight safety.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.1.145>



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

Received 13 February 2017; **Revised** 14 February 2017

Accepted (Publication) 27 February 2017 (28 February 2017)

***Corresponding Author; Jehong PARK**

Tel: +82-10-2024-6091

E-mail: syncbig@gmail.com

I. 서론

무인항공기(이하 무인기)는 조종사 없이 원격 또는 자동으로 통제되는 항공기 또는 항공기 발사/회수/통제장치를 포함한 시스템을 통칭한다. 항공기를 외부에서 원격으로 조종할 수 있거나, 스스로 비행하며 임무를 수행하는 모든 항공기가 이에 포함된다.

1960년대 주로 유도탄의 기만기 또는 사격 연습용 표적기로 사용되던 무인기는 1970년대 말 실시간 정찰정보 전송이 가능한 군용 무인기 시스템으로 운영개념을 확장하여 개발된 이래, 2000년도 초반까지 중동 및 아프리카의 크고 작은 분쟁에서 군사 사용 목적으로 매우 큰 활약을 보여 왔다. 2000년대 후반, 정보통신기술 및 센서 Packaging 기술의 급속한 발전으로 다양한 MEMS (micro electro-mechanical systems)센서가 개발된 이후, 조종이 매우 간편한 멀티콥터 형태의 소형 무인기가 부품 모듈화를 통한 DIY(do it self)의 방식으로 대중에 보급되기 시작하였으며, 현재는 무선조종(RC; remote control) 뿐만 아니라, GPS를 이용한 경로 지정 방식의 비가시권(NLOS; non-line of sight) 운용을 지원하는 다양한 형태 및 기능의 소형 무인기까지 대중에게 보급, 그 시장규모를 넓혀가고 있다.

다양한 소형무인기가 급속하게 보급, 대중화 되는 것과 동시에 무인기의 오남용 가능성에 대한 우려도 점점 커지고 있다. 특히 일부 분쟁 지역 및 국가에서는 테러 및 군사용 목적으로 대중화된 소형 드론이 사용된 사례가 보고되고 있으며, 미국, 영국, 중국 등 소형 무인기가 대중화된 무인기 선진국에서도 사생활침해, 인명사고 및 위협 지역 침입 등 다양한 부작용에 대한 사례가 발생, 보고되고 있다.

무인기 산업이 빠른 속도로 성장함에 따라 이에 상응하는 부작용도 빠른 속도로 발생빈도를 더하고 있으며, 부작용에 대응하는 무인기 대응체계 개발 산업도 반대급부로서 빠르게 연구/개발되고 있다. 시장동향 전문기관인 Markets and markets 에 따르면, 무인기 대응체계 산업은 2022년까지 11억 4,000만 달러 규모로 성장할 것으로 전망되었고, 이러한 성장세는 민간용 소형 무인기 산업의 성장에 발맞추어 지속될 것으로 예측되고 있다[1].

본 논문에서는 소형 무인기 보급에 따른 여러 가지 위협 및 사고 사례를 기술하고, 무인기 개발 및 운용방식에 따라 맞춤형으로 개발되고 있는 무인기 대응체계 개발 동향을 무인기 대응체계의 개념, 탐지/식별방안 및 제압/대응방안으로 나누어 기술한 후, 드론을 포함한 소형 무인기 대중화에 따른 부작용을 최소화할 수 있는 기술적, 제도적 대안을 제안하고자 한다.

II. 소형 무인항공기를 이용한 피해 및 사고사례

전술한 바와 같이 항공기 자세제어용 MEMS 센서와 패키징 기술 그리고 비행통제용 오픈소스 프로그램의 비약적인 발전

을 통해 소형무인기는 보다 쉽게 조종이 가능하게 되었고, 고밀도 에너지원인 리튬 배터리의 보급 및 고성능 모터의 개발로 무인기의 운송 능력 및 비행 성능은 비약적으로 발전하게 되었다. 소형 무인기의 성능 향상은 발전소, 교정시설 등 공중 보안에 (airspace security) 취약한 국가 보안/전략 시설의 보안성 확보에 새로운 위협 수단이 되고 있다.

기존 무인기가 최대 이륙중량 (MTOW; maximum takeoff weight)의 10% 내외의 운송능력을 가지고 있던 반면, 멀티콥터형 소형무인기는 짧은 체공시간을 감수할 경우 MTOW의 최대 25% 수준까지 그 운송능력을 증대시킬 수 있다. 이는 3 kg 내외로 개발되어있는 각종 총기류 및 폭발물 등 다양한 각종 살상 무기류의 운반을 용이하게 할 수 있는 새로운 운송수단이 마련되었다는 것을 의미하며, 이는 보안 시설 및 요원 보호에 큰 위협이 되는 실정이다[2].

소형 무인기로 인한 국내 범위반 건수는 그림 1과 같이 소형 무인기 보급이 본격적으로 진행된 2014년부터 급증하고 있음을 볼 수 있다. 이는 소형 무인기의 보급에 따른 위협이 실제 부작용으로 발현되는 것으로 분석할 수 있으며, 무인기로 인한 범죄 및 사고사례 발생의 세계적 추세와도 일치한다. 최근 보고된 주요 소형무인기 사고 및 위협/피해사례는 표 1과 같다 [3],[4].

2-1 소형 무인기 위협 사례

1) 테러 사례

2016년 10월 내전 중인 시리아에서 ISIS에 의한 자폭용 드론 테러로 4명의 사상자가 발생하였다. 자폭용 드론은 인터넷으로 누구나 쉽게 구매할 수 있는 상업용 드론을 사용한 멀티콥터형 소형 무인기를 이용해 제조된 것으로서 상업용 무인기가 테러에 사용될 수 있다는 우려를 현실화 시킨 첫 번째 사례로 기록되었다.

시리아에서 발생한 본 테러 이후, 동일 방식의 시도가 수차례 반복되었고, 이에 대한 대응으로 시리아 현지 주둔 미군 지휘부는 피아식별이 불가능한 모든 소형 무인기를 격추시킨다는 지침으로 막대한 자원과 병력을 이용해 기지 방어를 수행하고 있다.



그림 1. 항공법 위반 건수 - 국내 소형무인기
Fig. 1. The trend of small UAS law violation.

표 1. 무인기로 인한 주요 사고 및 위협 사례

Table 1. Case of accident and threat by small UAS.

Year	Nation	Accident
2016	Korea	- Crash down in area of nuclear research center (Daejeon, restricted airspace)
	U.K	- Drone-commercial aircraft accident in Heathrow airport airspace - Drug carrying by drone in Oakwood prison
	U.S.	- Drone crash down in power plant - Drone crash down in Savannah nuclear weapon missile site
	S.Africa	- Drone crash down in Koeberg nuclear plant
	Syria	- IED detonation by drone
2015	U.S.	- Invasion Oklahoma city prison - Crash down in "White House"
	Japan	- Cesium doped drone invading the prime minister's house
~2014	Korea	- Invasion of North Korea drone
	EU	- Flying nearby nuclear power plant in France

최근 멀티콥터형 상용 소형 무인기에 1 kg 수준의 사제폭발물(IED, Improvised explosive device) 또는 C4 와 같은 경량 폭발물을 장착하여 자폭하는 새로운 방식의 테러는 분쟁지역의 큰 위협으로 대두되고 있으며, 소량의 화약 또는 간단한 형식의 신관(Ignitor)를 통해 어디서나 개발 및 사용이 가능한 특징으로 전 세계적으로 테러가능성을 높일 수 있다는 우려를 증폭시키고 있다.

2) 보안시설 침입 사례

국가 기간 시설 및 주요 보안시설은 군 또는 민간의 관계 레이다를 통한 공역통제로 하늘에 대한 보안을 수행해 왔다. 이는 보안 시설의 공역 보안이 유인항공기의 침입을 유일한 위협으로 가정하여 설정되었기 때문이다. 그러나 관계 레이다에 의한 공역 감시 및 통제는 주변건물, 산림 및 지상난반사 등의 환경적 한계로 고도 150 m 이상에서만 그 능력을 발휘하기 때문에 150 m 이하의 고도로 침입하는 소형무인기에 대한 국가 기간 시설 및 보안 시설의 공역은 무방비상태라 할 수 있다.



그림 2. 자폭용 드론을 이용한 테러 상상도
Fig. 2. Figures of terror attack using drone.



그림 3. 일본 총리공관 침입 세슘드론
Fig 3. Cesium doped drone invading the prime minister's house in Japan.

이러한 취약점 탓에 단순한 호기심에서부터 정보획득 및 시위에 이르는 다양한 목적으로 발전소, 주요공관, 관저 및 교정 시설 등 주요 국가 기간시설에 소형 무인기가 침입한 다수 사례가 발생하고 있다. 2015년 일본 총리관저에 방사성 물질인 세슘을 탑재한 드론이 몰래 침입하여 원자력 발전의 위험성을 경고하는 정치적 목적의 퍼포먼스로서 사용되어 드론을 이용한 각종 정치적 퍼포먼스가 가능함을 보여준 이후, 최강의 보안을 자랑하는 미국 백악관에 개인촬영용 드론이 침입, 외벽에 충돌할 때까지 아무도 확인하지 못하는 등 드론을 이용한 보안시설 침입의 위협은 빠르게 확산되고 있다.

특히 2016년에는 변전소, 교정시설 및 핵무기 시설까지, 사회의 이목을 끌 수 있는 많은 국가 기간시설에 소형무인기가 침입하는 사고가 계속되었으며, 공역통제가 가장 철저한 공항의 착륙접근 구역에 드론이 침입해 여객기와 충돌하는 사고까지 발생하였다.

2-2 소형 무인기 오남용 사례

소형 무인기의 오남용은 크게 무인기를 이용해 허가 없이 상업적 활동을 하기 위한 의도적 오남용과 무인기 비행 및 운용시 부수적으로 수집된 정보로 인한 비의도적 오남용으로 구분하여 기술할 수 있다. 의도적 오남용은 목적물로의 접근이 용이하고, 발각시 도주 및 행위 부인이 용이한 드론의 특성을 이용해 주로 스포츠경기 중계, 연예인 사생활 촬영 등의 불법적 영리활동에 이용되고 있다.



그림 4. 드론-여객기 충돌 사고 보도 (CNN, 히드로공항)
Fig 4. CNN-Report ; Crash drone and commercial aircraft @ Heathrow airport in U.K.



그림 5. 올림픽 개막식 불법 촬영/배출 영상 사례
 Fig. 5. Illegal broadcasting of olympic opening ceremony.

의도적 오남용은 저작권 침해, 초상권 침해 및 의상/디자인 등 기업정보 유출 등 주로 지적 재산권 침해 문제와 귀결되어 단속 시 처벌이 용이한 제도적 특성을 지닌다. 이에 반해 비의도적 오남용은 특정한 목적 없이 운용된 무인기에 개인의 사생활이 노출되거나 저작권이 침해되는 사례로 다양한 장소에서 불특정하게 발생하는 특성을 지닌다. 이러한 이유로 오남용 피해를 확인하거나, 가해자를 특정하기 어려운 특성도 함께 지니고 있다.

III. 무인항공기 대응체계 개발동향

앞서 살펴본 바와 같이 소형무인기로 보급에 따른 다양한 형태의 위협과 부작용이 증가함에 따라 이에 대응책이 필요하다는 목소리도 높아지고 있으며, 이에 대응되는 소형무인기 대응 시스템 관련 시장이 급격히 확대, 이를 선점하기 위한 경쟁이 치열하게 전개되고 있다.

3-1 무인기 대응체계 개념

허가받지 않은 무인기의 침입 및 무인기 연계 사고 방지의 목적으로 개발되고 있는 무인기 대응체계는 운영개념 개발 초기, 무인기의 진입 및 접근을 단순 감시할 수 있는 수준의 시스템을 목표로 개발되기 시작하였다.

무인기 대응체계의 기본적인 동작 프로세스는 탐지, 분석, 식별, 대응의 4단계로 구성되거나, 탐지/식별 및 대응으로 단순화 될 수 있다. 무인기의 성능이 진일보함에 따라 무인기 대응체계 또한 발전을 거듭하고 있으며, 현재는 의심되는 무인기를 자동으로 탐지/식별하고, 사용자에게 위협을 자동으로 경고하며, 경우에 따라 직접 무력화시키는 기술까지 포함한 통합형 시스템 개발로 대응 개념이 확장되고 있다.

최근의 무인기 대응체계는 다양한 센서 및 대응 방법을 복합적으로 사용하는 융/복합형 대응체계 구현으로 발전하고 있다. 예를 들어 침입한 무인기에 준비된 하나의 방법만을 사용하던 기존의 방식에서 벗어나, 대응해야 하는 드론의 수 및 접근 거리 정보를 수집하여 다수의 드론일 경우 지향성 방해전파로 드

론의 명령체계를 무력화시키고, 가해자 확인을 위해 포획이 필요할 경우 그물을 발사해 드론을 포획하는 등 다양한 대응을 능동적으로 수행하는 방안이 개발되고 있다 [4].

이러한 무인기 대응체계를 구현하는 기술적 방법으로 드론의 공격 또는 출현에 대해 사전에 예방하거나 무력화하는 수동적 방어 방식 (passive 방식)과 직접적으로 대응하여 드론을 격파 또는 포획하는 능동적 방식 (active 방식)으로 나눌 수 있다. 본 장에서는 다양한 형태의 무인기 대응 기술을 탐지/식별 기술과 대응/제압 기술로 분류하여 소개한다.

3-2 무인기 탐지/식별 기술

무인기 탐지/식별 기술은 크게 광학, 음향, 통신전파 탐지 및 레이더 방식으로 구분할 수 있다. 광학적 방식은 전자광학 (EO; electro optic) 또는 적외선 센서 카메라를 이용하여 감시 대상 공역을 실시간 촬영하는 방법으로 무인기를 탐지/식별하는 기술이다. 촬영된 영상에서 기존 영상과 차이를 지니는 부분의 외곽선을 영상 인식하는 방식으로 실시간 탐지/식별을 수행할 수 있기 때문에 탐지와 동시에 탐지된 사물의 종류 및 크기를 확인할 수 있는 장점을 가진다. 그러나 가시권 내에서만 운용 가능하여 운용 범위가 작으며, 운용범위를 늘리기 위해서는 매우 많은 비용이 소요되며, 안개, 강우 등 가시선 환경요인이 열악한 경우 탐지 식별 능력이 현저하게 저하되는 단점도 지니고 있다.

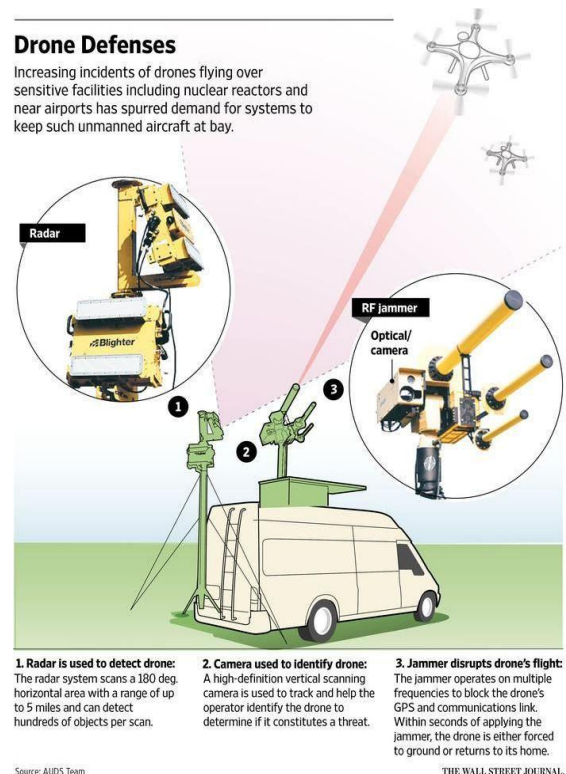


그림 6. 복합형 센서를 통한 무인기 대응체계 구성 예시
 Fig. 6. Examples of anti-small UAS by complex sensor.

음향 탐지 방식은 무인기에서 발생시키는 소음으로 무인기를 탐지/식별하는 기술이다. 음향 탐지 방식의 최대 장점은 환경조건에 영향을 받지 않고, 무인기 탐지시 바로 무인기의 종류, 거리 및 속도를 식별할 수 있다는 점이다. 그러나 식별을 위한 다양한 종류의 무인기에 대한 데이터베이스를 구축해야 하고, 일정 수준의 기만이 가능하다는 점에서 큰 단점을 가지고 있다. 주로 고감도/비가시권 (non-line of sight) 탐지에 활용된다.





전파를 이용한 탐지방식은 spectrometer의 일종인 주파수 스캐너를 이용하여 무인기와 통제 장치 간 사용주파수 및 통신대역폭을 확인함으로써 무인기의 침입을 확인하는 시스템이다. 비가시권 보다 원거리에서 탐지 및 추적이 가능하다는 장점을 가지고 있으나, 무인기 시스템이 사용하는 데이터링크 신호가 암호화 되어있거나 대역확산방식으로 주파수를 운용할 경우 탐지가 어려운 단점을 지닌다.

마지막으로 레이더를 이용한 탐지방식은 일반 레이더를 개조하여 지상 반사파 효과를 최소화할 수 있는 대포병 레이더를 기술기반으로 사용하는 탐지 방식이다. 가격이 비싸고, 낮은 고도의 무인기 탐지에 약점을 가지고 있다.

각각의 탐지 방식은 상호 보완적인 장/단점을 지니고 있다. 이러한 이유로 최근에는 두 가지 이상의 탐지방법을 복합 운용함으로써 상호 보완적 시너지를 통해 탐지 확률을 높일 수 있는 방안이 연구되고 있다.

표 2. 무인기 탐지/식별 기술 비교 분석


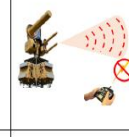

Table 2. UAS Recognition and identification technique.

Type	Optical	Acoustic	Radio	Radar
Sensor	• EO/IR CAM	• Acoustic/Ultrasonic Sensors	• Spectrometer • Frequency Scanner	• SAR, Scanning Radar (X-band, C-band)
Method	• Taking picture and auto-recognition 	• Recognition engine /propeller noise 	• Control signal scan and recognition 	• Radar scan 
cases	• Silent Strike (Boeing) • Counter-UAV System (Airbus)	• Drone Tracker (Dedrone, US)	• Drone Tracker (Dedrone, US) • Falcon Shield (SELEX-ES, Italy) • AUDS (Blighter, UK)	• ATHENA(LM, US), • HEL Effector (Rheinmetall, DE) • Drone Dome (Rafael, Israel)
Pros.	• Well detection and identification in LOS	• Well detect and identify in NLOS	• Long range detection and tracking/controls	• Long range detection and tracking/controls
Cons	• Short scan range • Non-operation in fog and rainy condition	• Required noise characteristic DB • Easy to jamming	• Weakness for secured signal • Unavailable to detect scheduled navigation system	• High cost • Impossible to classify

* EO/IR : Electro-Optical/Infrared, HEL : High Energy Laser, SAR : Synthetic Aperture Radar

표 3. 무인기 대응/제압 기술 비교 분석

Table 3. UAS punishment technique.

Type	Capture	Jamming/Spoofing	Shoot (Laser, EMP, Explosive)
Config.	• EO Tracker, Net-shooter	• Freq. Scanner, Jammer	• Radar+EO Tracker, Laser, EMP, Explosive, Drone
Method	• Physical capture by net 	• Control to landing or crash down by datalink jamming 	• Making physical damage by shoot off high energy 
Cases	• Sky Wall (OpenWorks, UK) • Tokyo Police (Japan)	• Drone Defender (Battelle) • AUDS (Blighter System Consortium, UK) • Falcon Shield (Selex ES, Italy) • Drone Dome(Rafael, Israele) • Counter-UAV System (Airbus DS, France)	<Laser> - Laser Effector (Rheinmetall, DE) - HEL-MD (Boeing, US) <EMP/Microwave> - HPM (Raytheon, US) - HPEM counter UAS (Diehl, DE) <Drone patrol> - Drone Killer (Ucon, KR)
Pros	• Capture w/o damage	• Capable long range application	• Long range applicable • Confident to damage the system
Cons	• Short range • Only applicable for small drone	• Limited capability for well-known control frequency • Restricted jamming radio emission power	• Risk for secondary damage • Expensive system

* EMP: Electro-Magnetic Pulse, HPEM: High Power Electro Magnetic

3-3 무인기 대응/제압 기술

무인기 대응/제압 기술은 크게 포획, 전파방해/기능무력화, 격추 방식으로 구분할 수 있다. 포획방식은 주로 그물을 이용한 동력원 차단을 사용하고, 온전한 형태의 포획이 필요한 경우 사용된다.

전파방해 및 기능무력화 방안은 고의적인 지향성 위성항법 시스템 교란을 통해 무인기를 무력화하는 것을 의미한다. 비교적 넓은 범위에 대응 가능하나 항재밍 기능 또는 보완항법기능을 보유한 무인기 시스템에는 대응이 불가하며, 타 시스템과의 전파방해 문제 등 풀어야 할 과제가 많은 단점을 가진 시스템으로 알려져 있다.

총, 포, 레이저 등 물리적인 에너지를 이용해 직접 타격하는 격추 방식은 격추된 무인기에 대한 2차 피해의 위험으로 인구 밀집지역에서 사용이 어렵고, 시스템 구축 및 운용에 많은 비용이 소요되는 단점을 지니고 있으나, 제압할 수 있는 범위가 넓고 대응 결과를 바로 확인할 수 있는 가장 확실한 대응/제압 방법으로 주로 군용으로 개발이 진행되고 있으며, 운용비용을 줄이기 위한 지속적인 연구개발이 진행되고 있다.

현재 개발되고 있는 무인기 대응/제압 기술의 상세는 표 3에 정리된 바와 같다.

IV. 주요 개발 현황 및 분석

4-1 해외 무인항공기 대응체계 개발 현황

무인기 대응체계는 소형무인기 및 드론의 대중화가 빠르게 진행된 미국과 유럽연합을 중심으로 진행되고 있다. 본 장에서는 미국과 유럽연합의 주요 무인기 대응체계 개발현황을 전술한다.

미국은 무인기의 무분별한 활용을 제한/통제하기 위해 무인기 대응체계를 정부차원에서 개발·장려하고, 무인기 운용의 규제를 강화하고 있다. 이는 FAA가 2016년 6월 발표한 소형 무인기 규제방안과 그 궤를 같이하며, 상업적으로 무인기를 이용하는 다양한 경우에 운영시간, 시야, 고도 등의 운영 조건을 제한하여 운용될 수 있도록 FAA 및 각 주의 규제당국이 무인기 대응 시스템을 이용하여 무인기의 운용을 통제하는 것을 포함하고 있다. 미국이 정부차원에서 무인기 대응체계 개발에 주력하고 있는 이유는 소형무인기의 대중화로 인해 2014년 기준 운용 무인기 10대중 1대가 불법 제품으로 파악될 정도로 큰 폭으로 증가하고 안전이 보증되지 않은 소형무인기 운용으로 인한 보안 위협으로 인한 피해사태가 증가하고 있기 때문이다.

이러한 정책적 배경에서 지금까지 군사용 무인기를 주로 생산해오던 항공기 제조업체 및 방위산업체들은 축적된 기술을 활용하여 무인기 대응체계 개발 및 체계 개발을 위한 요소기술 개발에 나서고 있다. 그러나 군사용으로 개발된 기술의 spin off를 위한 제약사항이 많아 빠른 시장진입에는 실패하였다.

현재 미국의 무인기 대응체계 개발을 주도하는 업체로는 휴대용 전파방해형 대응방식을 사용하는 Battelle사의 drone defender가 대표적인 제품을 개발/생산 중에 있으며, 또한 blighter system consortium이 음향탐지/대응 방식의 시스템을 FAA 및 미국토안보국의 비공식적 지원을 통해 개발 중에 있다. 동 제품은 전파탐지 및 고지향성 교란신호 인가 시스템을 이용해 공항인근에서도 사용할 수 있는 무인기 대응체계 개발


Drone Defender (Battelle, US)	
	<ul style="list-style-type: none"> · Detection : EO/IR, Frequency scan · Operation concept : Jamming signal emission → GNSS Signal or control signal separation · Specification <ul style="list-style-type: none"> - Weight : less 4.5Kg - Operation range : less 400m - Operation Duration : less 5hrs · Status : In sales

그림 7. Drone Defender 시스템 상세
Fig. 7. Detail spec of "Drone Defender" system.


Drone Dome (Rafael, Israele)	
	<ul style="list-style-type: none"> · Detection : Optical + Radar tracking · Operation concept : Jamming signal emission → GNSS Signal or control signal separation · Spec <ul style="list-style-type: none"> - Range : less 8Km · Status : In test and evaluation by customer · Cases : Applied by DoD of Israel

그림 8. 이스라엘 Drone Dome system 시스템 상세
Fig. 8. Details of Israel "Drone Dome" system.

을 목표로 하고 있으며, 세계 최초로 공항 및 항공기 착륙 접근 구역 공역을 방호할 수 있도록 미국 FAA의 사용 승인을 위한 운용시험평가를 수행 중에 있다.

유럽의 프랑스, 영국 및 유럽 방위청은 가장 적극적으로 무인기 대응체계를 개발하고 있는 국가이다.

프랑스는 소형무인기의 상업적 이용에 있어 가장 완화된 규제정책을 보이는 국가로 알려져 있다. 그러나 2015년 4월, 자국 내 원자력 발전소 위에 여러 대의 미확인 소형무인기가 다수 출현함에 따라 군사 전문 연구팀을 대상으로 경찰과 공군이 드론을 격추시킬 수 있는 무기를 개발해 줄 것을 요청한 것을 기점으로 무인기 대응체계를 개발 중에 있다. 프랑스 군수업체 탈레스(Thales)와 에어버스는 레이더로 무인기의 접근을 탐지하고 광학 카메라로 식별 후, 교란 장치를 이용해 드론을 무력화시킬 수 있는 시스템을 개발, 평가 중에 있다. 영국은 정부 산하 국방과학기술연구소 (DSTL; Defence Science and Technology Laboratory)을 중심으로 자국을 타겟으로 하는 적대국이 소형 무인기를 활용해 위협을 가할 수 있다는 판단 하에 BAE systems를 중심으로 레이저 타격형 무인기 대응체계를 연구개발 중에 있으며, Open works engineering과 같은 중소 벤처기업들이 독자적인 형태의 무인기 포획/대응 부체계들을 개발, 생산하고 있다.

유럽방위청(EDA; European Defence Agency)도 최근 유럽 전역의 군용 전력 확보 계획에 있어 무인기 대응체계 관련 프로젝트가 구매계획의 우선순위를 차지해야 하는지 여부에 대한 논의 중에 있으며, 이탈리아의 SELEX-ES, 독일의 MBDA 등의 방위산업체가 다양한 방식을 사용하는 복합형 무인기 대응 시스템 개발을 추진하고 있다. 또한 미국 및 유럽연합 이외에도 무인기 시스템 개발 선진국인 이스라엘도 무인기 관련 대응 기술을 활발하게 개발하고 있다.

4-2 국내 무인항공기 대응체계 개발 현황

국내의 무인기 대응체계 개발은 부체계를 포함한 요소 기술 및 체계 통합 형태의 개발보다는 대응체계에 사용될 단순 부체계 및 장비를 선행 개발하거나, 기존에 개발된 장비를 이용해 통합 솔루션 및 서비스를 제공하는 체계통합 중심의 두 가지

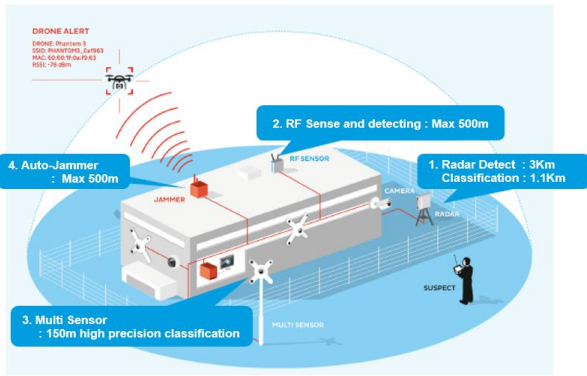


그림 9. 안티드론 통합 솔루션 개념도
 Fig. 9. System concept of STX antone solution.

방향으로 신속한 기술 개발이 진행되고 있다. 이는 국토부 고시로 지정된 무인기 전용구역 3개소 및 시범구역 5개소 외의 모든 구역은 민군의 강력한 통제를 받고 있는 국내의 특수한 환경요건에 기인한다. 2014년 발생한 북한의 소형무인기 침투사건을 계기로 저고도 침투형 소형무인기에 대한 효율적이고 즉각적인 대응 필요성이 대두되었다.

이러한 필요성에 대응하여 국내 무인기 대응체계에 사용되는 장비 개발은 주로 군사용 목적의 개발로 진행되고 있으며, 현재 저고도 레이더 탐지기 방식의 탐지/식별 시스템과 레이저 방식의 무인기 제압용 시스템이 국방과학연구소 주도의 선행 핵심기술 연구 개발 사업의 일환으로 진행 중에 있다. 저고도 레이더의 개발은 저고도용 탄두 추적의 목적으로 사용되던 “대포병 레이더”를 개량하는 방식으로 선행개발이 이루어지고 있으며, 탐지된 무인기에 대한 신속한 대응을 위해 2차 피해의 최소화가 가능한 고출력 레이저 시스템 개발도 선행연구 수준에서 병행 진행되고 있다.

이와 다른 접근 방법으로 해외에서 개발된 대응체계 구성 장치를 IT 기술과 연계하여 융/복합형 솔루션을 개발하고 국지적인 무인기 방호/대응 체계 구축을 서비스하는 방식의 대응체계 개발도 진행되고 있다. STX가 개발한 “안티드론 통합 솔루션”은 기 상용화된 저출력 레이더, RF 주파수 탐지 센서 및 전자광학 센서와 주파수 가변형 제머 장비를 독자적인 IT 기술로 통합하여 국지 지역에 한해 자동 공중방호 시스템을 구현, 서비스를 제공하고 있다. 현재 3Km의 탐지영역에서 공중 방호 감시를 수행하고, 500m 구역 내에서 자동 전파교란을 통한 직접 대응을 구현, 서비스 하고 있다 [2].

4-3 국내 무인기 대응체계 구축 방안

앞서 전술한 바와 같이 소형 무인기로 인한 오남용 등 위협에 대한 다양한 기술적 대책이 마련되어 있음에도 불구하고 국내의 소형 무인기 위협에 대한 대응은 빠르게 진행되지 않고 있다. 이는 항공법의 한계로 고도 150m 이하에서 운용되는 무인기에 대한 철저한 등록 및 통제가 이루어지고 있지 않고, 소형

무인기로 인한 사생활침해, 불법적 촬영 등에 대한 문제에 대응할 수 있는 법적 규제 및 제도적 장치가 미비하기 때문에 분석할 수 있다. 소형 무인기에 대한 부작용 및 위협을 제어하지 못할 경우 이로 인한 피해는 소형 무인기 기술 발전 및 대중화에 맞춰 급속하게 커질 것은 자명하다. 특히 국가 기간 시설 및 보안 시설이 밀집되어 있는 국내 실정 상 이러한 위험이 현실화 될 가능성은 더욱 높다.

이에 무인기 대응 방안별 특성에 맞는 국내 무인기 대응체계 구축을 아래와 같이 제안하고자 한다.

<국가 보안/기간 시설의 설치 의무화>

먼저 대부분의 국가 보안시설 및 발전소, 변전소 등 국가 기간시설에 자동 전파교란 방식의 무인기 대응시스템 설치를 제안한다. 전파교란 방식의 무인기 대응 시스템은 시설의 설치 및 운용/유지가 간편하고, 시스템의 대응 구현 시 발생할 수 있는 추락에 따른 2차 피해를 제외하면, 전파 교란 장치 전원 제거만으로 다양한 비상상황에도 즉각적으로 원 환경상태로 되돌릴 수 있는 장점으로 사용이 용이할 것으로 사료된다. 물론 공항, 항만 시설 등 시설 운용에 무선통신 사용이 필수적으로 요구되는 공공/기간시설에서 고출력 전파교란 방식의 대응시스템 사용은 시설 운용의 문제를 발생시킬 가능성을 증가시킨다. 따라서 이러한 시설에서의 전파교란 시스템의 사용은 지양하고, 대안으로 레이더 및 영상센서를 이용한 탐지 및 그물 또는 위성항법시스템 spoofing 사용으로 무인기 안전회수를 추진할 것을 제안한다. 이와 동시에 협대역 고지향성 성형빔 안테나 개발을 병행 추진함으로써 전파교란 방식과 고출력 레이저, 항법시스템 기반 등 복합적인 무인기 대응/제압 기술의 개발 추진도 필요할 것으로 사료된다.

<소형 무인기 등록 등 제도적 규제 마련>

소형 무인기에 대한 제도적 규제적용은 무인기 위협 및 오남용에 대해 어떠한 무인기 대응기술 보다 큰 효과를 볼 수 있을 것으로 기대된다. 이는 무인기 대응체계가 구축비용과 대응시 무인기의 추락, 전파교란에 따른 주변 전파환경 변경 등 2차 피해로 인한 안전상의 문제 등의 문제를 가지고 있기 때문이다. 따라서 Geo-fencing, 소형무인기 관제 등과 같은 근본적인 운용 시스템 구축을 통한 무인기 운용의 제도권 편입이 보다 근본적인 해결책이라는 의견이 상당수 존재한다[5]-[7].

제도적 규제적용 및 관제를 위해 미국은 FAA를 주도로 각종 기술 규정, 사고처리 기준, 기술 기준 등을 제시, 감독 및 통제를 수행하는 연구를 진행 중에 있다. 그러나 국내에서 대국민 보호 및 안전 확보를 위해서 진행되는 인프라 및 법, 규제는 미비한 수준이다. 150 kg 이하의 소형무인기 (항공법상 무인비행장치)에 대한 안전 기술기준 조차 제대로 마련되어 있지 않다. 특히 25 kg 이하의 초소형 무인기의 경우 무인기의 성능/속도와 관계없이 중량기준으로만 제품의 비행승인 및 기체등록/안전검사가 필요 없도록 제도가 되어있어 드론 충돌, 추락 및 범죄 사용 등에 무방비상태로 있으며, 따라서 등록제 및 최초비행검

사제 시행 등의 제도적 무인기 관리/감독체계의 구축이 필요하다.

소형무인기의 위치정보를 공유할 수 있는 기술을 등록제를 통해 강제한다면, Geo-fensing, 최소 이격거리 지정 (latitude & longitude, separation minima), 무인기 관제 및 모니터링 인프라 구축이 가능하고, 이를 통한 소형무인기 감시데이터를 수집하여 등록 및 운영 규정 위반시 처벌을 집행할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 무인기로 인한 사고에 처벌기준을 강화하고 강력하게 집행한다면, 이러한 제도적 규제적용은 무인기 위협 및 오남용에 대해 어떠한 무인기 대응기술 보다 큰 효과를 볼 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 빠르게 보급되고 있는 무인기로 인한 위협에서 대국민 보호를 위해

1. 주요 국가 기간시설 및 보안시설에는 융/복합형 무인기 대응체계를 조속히 보급하고,
2. 이와 동시에 소형 무인기 구입/등록/인증에 대한 인프라 및 법/제도를 정비하며,
3. 무인기로 인한 피해, 2차 피해 및 분쟁의 발생시 분쟁을 해결기준을 법제화 하고,
4. 무인기 안전성 확보를 위한 인증 및 운영 면허제도 적용이

빠른 시일 내에 실현되어야 할 것이다.

V. 결 론

소형 무인항공기는 누구나 쉽게 조종할 수 있도록 발전하고 있고, 항공법상 관제구인 150 m 이상을 마음껏 비행 할 수 있도록 성능이 향상되고 있으며, 가격은 점점 낮아져 누구나, 어디서나 마음만 먹으면 비행할 수 있도록 대중화 되었다. 그러나 무인기의 보급에 따른 부작용에 대한 대응기술은 최근에서야 필요성이 대두되어 개발이 진행되고 있으며, 무인기 추락에 따른 2차 피해를 막을 수 있는 근본적인 방법이 부재한 위험도 상존해 있다. 무인기 대중화에 따른 다양한 위협 및 2차 피해 최소화를 위해 등장한 기술적 대응책이 바로 무인기 대응체계며, 무인기 대응체계는 무인기 개발기술의 발전 방향에 맞춰 다양한 센서를 이용한 부체계 통합형 무인기 대응체계가 발전적으로

개발되고 있다. 그러나 무인기 대응체계의 발전은 소형무인기의 위협에 대응은 가능케 하였지만, 위협을 사전에 예방하지는 못하고 있다.

따라서 소형무인기를 사회가 요구하는 하나의 인프라로 제도적 편입을 강제하기 위해, 소형무인기 위협에 방호가 시급한 국가 기간시설 및 보안시설에는 기술이 일정수준으로 완성된 전파방해 방식을 이용한 복합형 무인기 대응체계를 우선적으로 보급할 것을 제안한다. 이와 동시에 무인기 사고를 미연에 방지하기 위한 신뢰성 있는 제도 및 규정을 정착을 위해 무인시스템 교통관리 기술, 제어 및 탐지 회피기술을 빠른 시간 안에 개발할 수 있도록 해당분야의 지속적인 국가적 연구개발 지원을 제안한다.

참고 문헌

- [1] Y.D. Jung, Trend of Anti-drone industry, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon, Korea, Sept. 2016.
- [2] STX, STX De-drone system – Anti-drone solution. [Internet]. Available: <http://www.stx.com>
- [3] Y. I. Bae, The condition for market growth of drone industry, Gyeonggi Research Institute, Suwon, Korea, Issue and analysis No.237, June 2016
- [4] D.S. So, Anti-drone – Threat and side effect of drone popularization / Market report, Korea Institute of Science and Technology Information, Daejeon, Korea, KISTI 2016-29, Sept. 2016.
- [5] Future internet team, Development of anti-drone system in U.S. KISA REPORT, Sept. 2015.
- [6] Sunhwa HAN, R&D Trend of commercial UAS in EU, Daejeon Korea, Korea Institute of Science and Technology Information, pp34-65, June 2016.
- [7] IITP, Small UAS regulation and rules in CHINA and US, Foreign ICT R&D Trend Report, IITP – Institute for Information and communication Technology Promotion, Seoul, Korea, IITP 2016-15, 2016.



박 제 흥 (Jehong PARK)

2002년 8월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학석사)

2009년 8월 : 한국항공대학교 항공우주기계공학과 (공학박사)

2003년 12월 ~ 현재 : 대한항공 항공우주사업본부 항공기술연구원

※ 관심분야 : 체계공학, 무인기시스템, 우주시스템, 체계안전, 감항인증, 위성항법/통신 및 기술분석