



Received: 2021/12/14  
Revised: 2022/02/04  
Accepted: 2022/03/08  
Published: 2022/03/31

**\*Corresponding Author:**

**Seung Woon Kim**

PO Box No. 501-202

663, Gyeryongdae-ro Sindoan-myeon, Gyeryong-si,  
Chungcheongnam-do, 32800, Republic of Korea

Tel: +82-42-553-5236

E-mail: swlycos@gmail.com

# 라이다를 활용한 드론 탐지체계 제안

## Proposing a Drone Detection System Using LiDAR

김승운<sup>1\*</sup>, 장호석<sup>2</sup>

<sup>1</sup>해군 소령/해군본부 정보화기획참모부 감시체계과

<sup>2</sup>해군 대령/해군본부 정보화기획참모부 감시체계과

Seung Woon Kim<sup>1\*</sup>, Ho Seok Jang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>LCDR/PIC of Force Support System Equipment, Surveillance System Division, DCNO for Information Planning, ROK Navy HQ

<sup>2</sup>CAPT/Chief of Surveillance System Division, DCNO for Information Planning, ROK Navy HQ

### 1. 서론

4차 산업혁명의 발전과 드론에 대한 많은 연구로 드론 기술은 날이 발전되어 현재 다양한 분야에서 활용되고 있다. 드론은 과거 군사용으로 개발되어 사용되었으나, 근래에 들어 드론 기술의 발전과 드론의 가격 하락 및 보편화를 통해 취미생활과 업무 영역에서도 다양하게 활용되고 있다. 특히 드론은 물류배송, 재난/재해 관측, 시설안전 및 농업 등 많은 분야에서 우리 생활과 밀접하게 연관되어 활용되고 있으며, 이를 통해 사람이 수행할 수 없는 부분에 대해서 불편사항을 해소하고 있다. 하지만 이러한 장점이 있는가 하면, 드론의 보편화로 인해 야기되는 문제들도 있다. 군사시설 및 주요 사회시설에 대한 군사 및 보안 위협이 제기되고 있고, 사생활 침해와 같은 사회적 물의를 일으키는 등 문제가 되는 부분도 있다[1].

드론에 대한 사회적 문제가 제기되고 있으나, 드론은 크기가 작고 비행고도가 낮으며, 속도가 빠르기 때문에 탐지 자체가 쉽지 않다. 그래서 최근에는 레이더, 카메라, 음향 센서 및 라이다 등을 활용하여 드론을 탐지하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 각각의 센서방식에 따라 드론을 탐지할 수 있으나, 센서별로 특성이 달라 성능은 다르게 나타난다. 이러한 센서 중 우리는 최근 자율주행 자동차, 지능형 로봇 및 스마트 공장 등 많은 분야에서 활용 중인 라이다로 드론을 탐지하는 방안을 제안하고자 한다. 라이다는 빛을 이용하여 물체의 거리와 방향 등을 측정하는 센서로서 타 센서보다 빠르게 물체를 탐지하여 식별할 수 있어 고속의 드론을 탐지하는 데 효과를 발휘할 수 있다.

### Abstract

본 논문은 드론의 보편화로 인해 발생하는 군사적인 위협에 대응하기 위한 드론 탐지체계를 제안하는 것을 목적으로 한다. 드론의 기술 발전으로 많은 영역에서 드론이 활용되고 있지만, 목적에 따라 군사적 위협 또는 사회적 문제를 야기하고 있는 상황이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 라이다, 레이더, 음향센서 등 다양한 센서를 이용하여 드론을 탐지하는 연구들을 조사하였고, 군 내 드론 탐지체계 현황을 확인함으로써 드론 탐지체계를 보완할 수 있는 방향을 살펴보았다. 이를 통해 라이다를 활용하여 드론 탐지체계를 구축하면 소형, 고속의 드론을 탐지하는 데 있어서 효과적일 것이며, 추후 레이더 등 기존의 탐지체계와도 병행하여 사용하면 발전하는 드론 기술에 신속히 대응할 수 있을 것으로 생각된다.

Although drones are being used in many areas due to the technological development of drones, they are causing military threats or social problems depending on the purpose. In order to solve this problem, researches on detecting drones using various sensors such as lidar, radar, and acoustic sensors were investigated, and directions for supplementing the drone detection system were examined by checking the status of drone detection systems in the military. Building a drone detection system using lidar will be effective in detecting small and high-speed drones. And if it is used in parallel with existing detection systems such as radar in the future, it is thought that it will be possible to respond quickly to the evolving drone technology.

### Keywords

드론 탐지(Drone Detection),  
라이다(LiDAR),  
드론(Drone),  
드론 위협(Drone Threat),  
감시(Surveillance)

### Acknowledgement

이 논문은 2021년도 한국해군과학기술학회 동계학술대회 발표 논문임.

따라서 라이다를 활용하여 드론을 탐지하는 방안을 제안하기 위해 먼저 드론을 활용하는 사례와 드론으로 발생하는 위협을 알아보고, 최근의 드론 탐지기술 동향을 알아 볼 것이다. 다음으로 드론에 대한 군내 탐지체계 현황을 살펴본 후 라이다 기술의 특성과 장점을 활용한 드론 탐지 체계를 제안하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 드론의 활용과 위협

드론은 사람이 타지 않고 무선전파의 유도에 의해서 비행하는 비행기나 헬리콥터 모양의 비행체를 말한다. 드론은 처음에 포격연습용 비행체 등을 위한 군사 목적으로 개발되었으며, 이후 드론은 비약적인 발전을 이루어 여러 나라에서 군사용 드론의 목적으로 발전되었다. 최근에는 드론을 군사용뿐만 아니라 민간에서도 사용하면서 업무 영역이 확대되었다. 주요 산업체에서는 드론을 이용하여 물류 배송을 수행하고, 방송국은 공중 촬영을 위해 사용하고 있다. 또한, 산의 환경을 모니터링하고, 필요시 화재 진압을 위해 사용되기도 하며, 농업 분야에서도 물뿌리기, 방제 등에 활용되고 있다. 이를 통해 드론은 사람이 수행할 수 없는 부분에 대해 많은 불편사항을 해소하고 있다.



(a) Drone for delivery



(b) Drone for photography



(c) Drone for firefighting



(d) Drone for agriculture

Fig. 1. Use of drones[14-17]

하지만 이러한 드론이 다양하게 사용되는 것과 달리 최근 사회적인 문제도 많이 야기하고 있다. 드론은 멀리 있을 경우 점으로 보여 인식이 제한되고, 건물, 나무와 같은 구조물에 근접할 경우 구분의 어려움이 있으며, 크기가 작고 움직임이 빨라 새와 혼동될 수도 있다. 이러한 점을 악용하여 테러리스트들은 드론을 공격 목적으로 사용하거

나, 일부의 사람들은 드론을 불법 감시 및 사생활 침해 등의 목적으로 사용하기도 한다. 실제로, 2015년 일본에서는 정부의 정책에 항의하기 위해 총리 관저 옥상으로 드론을 날려 보내는 일이 있었고, 2019년 9월에는 사우디아라비아 원유시설을 드론이 공격하여 석유 시설과 유전이 가동을 멈춘 사례도 있었다. 또한 우리나라에도 2014년과 2017년에 북한제 소형 무인기 추락사고가 발생하였으며, 2015년에는 국가보안시설인 원전 상공을 정체불명의 드론이 비행한 적도 있었다[2].

이처럼 세계적으로 드론을 이용한 위협이 나타나고 있으며, 북한도 우리나라 전 지역에 대한 정찰 및 공격이 가능한 드론을 개발·운용 중인 것으로 알려져 있다. 북한은 1970년대부터 중국의 군용드론을 수입하여 드론의 연구 개발을 착수한 것으로 알려져 있으며, 이후 1990년대 소형 드론인 ‘방현’을 개발하고 지속적으로 성능을 개량하여 2000년대 다양한 드론을 개발하면서 2010년대 이후에는 드론 전력화 및 운용을 하는 것으로 알려져 있다[3]. 북한이 사용하는 드론은 주로 정찰, 대공 표적 용도 및 폭약이나 생화학 무기를 장착하여 공격용으로도 사용이 가능하여 우리 군도 이에 대한 대응이 필요하며, 드론을 신속하고 정확하게 탐지할 수 있는 능력을 갖추어야 한다.

따라서 드론은 업무 영역에서 사람들에게 많은 이점을 주면서도 누가 활용하느냐에 따라 위협이 될 수도 있다. 드론에 대한 사회적 문제가 제기되면서 드론 탐지를 위한 연구도 활발히 진행되고 있다. 드론은 크기가 작아 반사가 낮고, 고속으로 이동하기 때문에 탐지하기 어려워 레이더, 카메라, 라이다 등 다양한 센서들이 활용되고 있으며, 이와 관련된 연구들을 조사하였다.

### 2.2 드론 탐지기술 동향

#### 2.2.1 레이더를 이용한 탐지

레이더를 이용하여 표적에 전파를 송신하여 되돌아오는 신호를 통해 드론을 탐지하는 방법이다. 드론 탐지 연구의 대략 70%는 능동센서인 레이더 기반으로 진행 중이다. 레이더는 표적의 거리와 속도를 파악할 수 있고, 전천후 환경에서 운용할 수 있다. 특히, 드론에 대한 레이더 유효 반사면적(RCS)을 이용하거나, 드론의 방위각 변화에 따라 변화하는 ISAR 영상을 획득하는 방식으로 탐지가 이루어지며, 드론 프로펠러의 진동 및 회전에 의해 발생하는 마이크로 도플러 현상을 이용하여 드론을 탐지하는 방식도

사용된다[4,5]. 하지만 레이더는 전파를 송수신하면서 물체의 유무와 거리 식별은 가능하나, 어떤 물체인지 확인하는 것은 제한된다. 그래서 레이더는 카메라와 인공지능 알고리즘과 함께 작동하는 경우 효과를 더 발휘할 수 있다.

### 2.2.2 RF 수신기를 이용한 탐지

드론을 무선으로 조종할 때 RF 신호를 사용하는데, 이러한 드론의 특성을 활용한 탐지방법이다. 시중에서 주로 사용되는 드론은 컨트롤러와 통신하기 위해 대개 2.4 GHz와 5.8 GHz의 통신 대역을 사용한다. 이때, 이 통신 대역을 RF 수신기로 수동적으로 들으며 통신 프로토콜을 탐지함으로써, 탐지한 주파수 대역을 주파수 DB와 비교하여 드론과 컨트롤러 간의 통신임을 확인함으로써 드론을 탐지할 수 있다[6,7]. 이러한 탐지방법은 DB에 없는 RF 신호는 확인이 제한되며, 이에 따라 새로 개발되는 드론에 대한 RF 신호를 주기적으로 수집하는 최신화가 필요하다[8].

### 2.2.3 카메라를 이용한 탐지

카메라는 드론의 실물을 보여줄 수 있고, 높은 품질로 정보를 제공할 수 있다. 이러한 카메라를 활용하여 드론을 촬영하여 이미지로 변환한 후 이미지 전처리를 수행한 다음에 딥러닝 기법을 사용하는 방식으로 드론의 크기와 위치를 추정하여 탐지할 수 있다[9]. 또한, 드론을 스테레오 카메라로 촬영하고, 여기에 인공지능 학습 알고리즘을 적용하여 드론을 탐지할 수도 있다[10]. 하지만 카메라만으로 드론을 탐지하는 것은 탐지범위의 한계가 있고 건물이 많은 곳과 빛이 적게 드는 날씨 환경에서는 효과가 떨어지기 때문에 카메라를 이용한 드론 탐지방법은 카메라가 단독으로 활용되기보다는 인공지능 기반의 학습 알고리즘과 혼합하여 사용됨을 알 수 있다.

### 2.2.4 음향 센서를 이용한 탐지

음향 센서를 이용하는 방법은 드론의 본체와 프로펠러에서 발생하는 소음을 음향 센서로 탐지하는 방법이다. 여러 종의 상용 드론의 프로펠러에서 발생하는 소음과 비행음을 녹음하고, 녹음된 소리를 전처리하여 신경망 기법에 적용함으로써 어떤 드론이 비행하고 있는지 탐지할 수 있다[11]. 하지만 이러한 소음을 기반으로 한 탐지방법은 드론의 탐지 자체는 가능하나, 위치나 방향을 정확하게 확인

할 수는 없다. 또한, 소리의 특성상 식별 가능한 거리가 제한되어 음향 센서의 감응 범위 안으로 드론이 접근하여야 유용하며, 공공장소와 같은 공간에서 주변 환경의 소음에 취약하다는 단점이 있다. 그렇기 때문에 음향 센서를 이용한 방법도 주로 단독으로 이용되기보다는 타 센서와 혼합하여 사용하는 연구가 많이 이루어지고 있다.

### 2.2.5 라이다를 이용한 탐지

라이다는 영어로 LiDAR, 'light detection and ranging'의 줄임말로써, 레이저를 발사하고 그 빛이 주위의 대상 물체에서 반사되어 돌아오는 것을 받아 물체까지의 거리, 속도 등을 측정하고, 물체의 모습을 정밀하게 3차원으로 그려내는 장치이다. 이러한 라이다를 활용하여 드론을 탐지하는 방법으로, 라이다는 단거리에서 물체의 형상 및 이동속도 측정에 탁월하여 탐지와 추적에 적절한 센서로 알려져 있다[12]. 기존 탐지 센서인 레이더, 카메라 등보다 높은 정밀도를 가져 최근에는 라이다 기반으로 드론을 탐지하는 연구가 이루어지고 있다. 라이다는 드론의 3D 좌표를 동시에 측정할 수 있으며, 조명과 환경적인 조건에 영향을 덜 받는 센서이므로 드론 탐지에 굉장히 효과적이라고 할 수 있다.

## 2.3 군내 드론 탐지체계 현황

드론을 이용한 위협은 지속적으로 증대하고 있으며, 최근 드론이 경찰뿐만 아니라 공격 임무까지 수행하는 등 군사적으로도 활용됨에 따라 우리 군에서도 드론에 대응할 수 있어야 한다. 또한, 북한은 드론부대를 운영하고 소형 무인기를 이용하여 정보를 획득하는 등 군사 목적으로 사용함에 따라 우리 군도 이에 대응하기 위해 드론 탐지가 필수적이라 할 수 있다. 드론은 크기가 작고 고속으로 이동하기 때문에 카메라나 육안으로 식별하여 신속하게 탐지하여 경계작전을 수행하는 것은 어려운 게 현실이다.

이에 따라 현재 군에서는 드론을 탐지하기 위해 레이더를 주로 사용하고 있다. 2014년과 2017년에 발생한 북한 무인기 사건 이후 우리 군은 이에 대응하기 위해 드론 무인기 대응 탐지레이더를 전력화하여 활용하고 있다. 또한, 드론 기술의 급속한 발전을 고려하여 최근 군에서는 레이더를 활용한 드론 탐지사업을 추진 중이다. 방사청은 산학연과 협업을 통해 'RADAR 연동 안티드론 통합솔루션 사업'을 추진 중이며, 현재 시범운용 단계에 들어가 있다.

Fig. 2는 본 사업을 개략적으로 나타낸 그림으로, 레이더를 이용하여 어떻게 드론을 탐지·추적하고, 식별해낼 수 있는지 보여준다. 본 사업에 참여하는 대구경북과학기술원은 능동위상배열(AESA) 레이더 기술을 이용하여 4 km 내외에서 비행하는 드론의 위치를 정확하게 포착하고, 인공지능(AI)을 활용하여 드론과 새를 구분함으로써 드론을 탐지할 수 있는 연구성과를 가지고 있다. 이를 통해 드론을 레이더로 탐지하기 위해 군에 적용할 수 있는 방안을 연구 중이며, 군에서도 드론에 대한 탐지의 중요성과 필요성을 충분히 인식하여 사업을 추진 중에 있다. 하지만, 군 내에는 레이더를 이용하는 방법 외에 아직까지는 라이다를 활용하여 드론을 탐지하는 체계는 아직 없다.

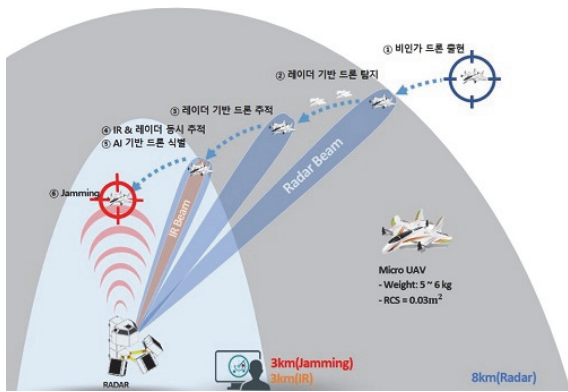


Fig. 2. Anti-drone integrated solution business with RADAR linkage[18]

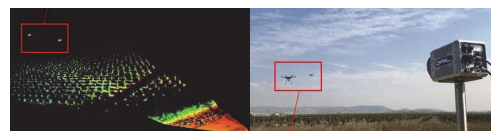
2.4 라이다를 활용한 드론 탐지체계 제안

라이다는 단거리에서 물체의 형상과 이동속도를 측정하는 데 탁월하고, 레이더·카메라 등 다른 탐지 센서보다 정밀도가 우수하다. 또한, 라이다는 3D 좌표를 자동으로 측정할 수 있으며, 조명과 환경적인 조건에 영향을 덜 받기 때문에 전천후로 활용이 가능하다는 장점이 있다[12]. 하지만 이러한 특성에도 불구하고, 군 내 드론을 탐지하는 체계 현황을 살펴보았을 때 라이다를 활용하여 드론을 탐지하는 체계는 아직 없다. 현 탐지체계인 레이더를 활용하여 드론을 탐지할 수 있지만, 드론은 크기가 작아 반사도가 낮고, 속도가 빠르기 때문에 식별 및 탐지가 어려우며, 드론이 보편화되면서 저고도에서 비행하는 드론이 많아 탐지가 쉽지 않다. 그렇기 때문에 이러한 드론을 탐지하기 위해 군에서는 레이더 외에도 라이다를 탐지체계에 적용하는 것도 고려할 필요가 있다고 생각한다.

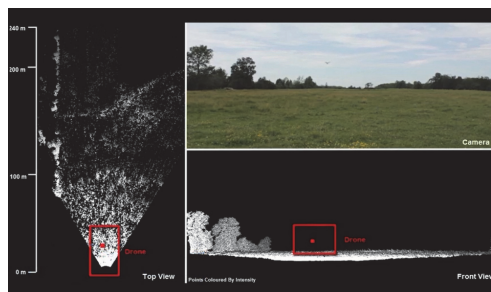
레이더는 전자파를 대상을 향해 발사하여 그 반사파를

측정함으로써 대상까지의 거리나 형상을 측정하는 방법으로 적용거리에 있어서 단거리 및 장거리에 모두 적용이 가능하나, 형상을 구현하는 데에는 한계가 있고, 전자파 방해나 스텔스 기능에 대한 제약이 따른다. 이와 달리, 라이다는 광 레이저를 사용하여 대상물에서 반사되는 반사광파를 측정하여 그 표적까지의 거리나 형상을 측정하는 방법을 사용하고, 전자적 간섭이 없으며 기상 조건에 상관없이 전천후가동이 가능하여 해상도를 높일 수 있어 형상 구현이나 비교적 단거리 적용이 가능하다. 또한, 드론의 낮은 비행고도와 소형의 크기를 고려하였을 때, 장거리 탐지보다는 단거리 탐지가 용이하고 형상 식별에 유리한 라이다가 더 적합하다고 할 수 있다. 따라서 라이다는 기존의 레이더를 활용한 드론 탐지체계를 보완할 수 있다.

Fig. 3와 같이 현재 라이다를 활용하여 드론을 탐지하는 연구는 많이 이루어지고 있다. Neptec 社의 연구진은 라이다를 이용하여 대표적인 상용 드론인 DJI Phantom3 드론을 탐지하는 실험을 하였고, 레이저 파워, 펄스 에너지 등 조건을 달리하여 드론을 탐지하는 거리를 측정하였다. 이를 통해 라이다도 드론을 탐지하는 데 충분히 효과가 있음을 확인하였다[13]. 또한, Fraunhofer 社의 연구진은 라이다로 소형 드론을 탐지하고 추적하였으며, 실험을 통해 라이다가 소형 드론을 탐지할 수 있음을 입증하였다. 라이다 기반으로 탐지하는 방법은 대상 물체를 배경과 분리하는 게 쉬웠으며, 물체의 정확한 3D 좌표를 측정할 수 있어 탐지에 효과적임을 알 수 있었다[12].



(a) Drone detection by Neptec



(b) Drone detection by Fraunhofer

Fig. 3. Example of Drone detection using LiDAR[19,20]

이러한 연구들을 살펴보았을 때, 라이다는 드론 탐지를 위한 효과적인 센서이며, 최근 많은 연구와 기술발전이 이

루어지면서 라이다의 활용 영역도 점차 넓어지고 있다. 이러한 사실을 통해 군에서도 드론을 탐지하기 위한 센서로 라이다 도입을 적극적으로 검토할 필요가 있으며, 군 내 주요 군사시설 및 군항기지 경계 등에 설치함으로써 기존 드론 탐지체계를 보완할 수 있을 것이다.

### 3. 결론

최근 다양한 분야에서 활용되고 있는 드론의 활용도와 그로 인해 발생하는 군사적 위협 및 사회적 문제를 알아보았다. 드론은 앞으로도 기술 발전을 통해 소형화되고 고속화될 것이며, 이에 따라 사회뿐만 아니라 군에도 지속적으로 위협이 발생할 수 있다. 이러한 드론에 대한 위협을 해소하기 위해 드론을 공격하거나 재밍을 통해 떨어뜨리는 등 다양한 기술들이 연구되고 발전하겠지만, 원천적으로 드론 탐지가 선행되는 것이 가장 중요하다. 드론을 탐지하는 기술은 라이다, 레이더, 음향 센서, 카메라 등 다양한 센서를 이용하여 연구되고 있으며, 본 논문은 그중에서도 레이저를 활용하는 라이다를 이용한 방법을 제안하였다. 라이다는 아직까지 주로 자율주행 자동차와 드론의 비행기술을 보조하기 위해 주로 사용되고 있으나, 감시장비의 목적으로도 충분히 활용할 수 있다. 특히 크기가 작고 저고도에서 비행하는 드론의 특성을 고려했을 때, 라이다는 드론 탐지에 효과적인 센서이며 최근에는 이러한 연구들도 진행되어 드론을 탐지하기 위한 노력이 있음을 확인하였다.

현재 군에서도 드론에 대한 탐지의 중요성이 대두됨에 따라 레이더를 이용하여 드론을 탐지하는 체계 구축사업을 추진하고 있다. 본 사업과 별개로 군에서는 라이다의 특성을 활용한 드론 탐지체계를 구축할 필요가 있으며, 이를 통해 나날이 발전하고 있는 드론에 대한 위협에 신속하게 대응해 나갈 수 있어야 한다. 따라서 우리 군은 라이다를 활용한 드론 탐지체계 구축을 적극적으로 검토하는 것이 필요하다.

### 참고문헌

[1] Dinesh Sathyamoorthy, "A Review of Security Threats of Unmanned Aerial Vehicles and Mitigation Steps", The Journal of Defense and Security, Vol. 6, No. 1, 2015, pp. 81-97.  
 [2] Kang, S. W., "A history of drone attacks older than 100 years", The Seoul Economic Daily, 2019.  
 [3] Cha, D., Park, J., Son, C., Park, Y., Kim, K., "Current status of military drones and countermeasures against drones,"

MONTHLY Defense & Technology, Vol. 471, 2018, pp. 140-153.  
 [4] Moon, M., Song, K., Yu, S., Sim, H., Lee, W., "Research on the drone detection based on the radar", Journal of Satellite, Information and Communications, Vol. 12, No. 2, 2017, pp. 99-103.  
 [5] Lee, K. W., Song, K. M., Song, J. H., Jung, C. H., Lee, W. K., Lee, M. J., Song, Y. K., "Implementation of Radar Drone Detection Based on ISAR Technique", The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering And Science, Vol. 28, No. 2, 2017, pp. 159-162.  
 [6] Lauerenzis, M., Hengy, S., Hommes, A., Kloepfel, F., Shoykhetbrod, Alex., Geibig, T., Johannes, W., Naz, P., Christnacher, F., "Multi-sensor field trials for detection and tracking of multiple small unmanned aerial vehicles flying at low altitude", Proc. of SPIE, Vol. 10200, 2017, pp. 102001A-1-102001A-13.  
 [7] Nguyen, P., Truong, H., Ravindranathan, M., Nguyen, A., Han, R., Vu, T., "Cost-Effective and Passive RF-Based Drone Presence Detection and Characterization", GetMobile Mobile Computing and Communications, Vol. 21, No. 4, 2017, pp. 30-34.  
 [8] Allahham, M. S., Al-Sa'd, M. F., Al-Ali, A., Mohamed A., Khattab, T., Erbad, A., "RF-based drone detection and identification using deep learning approaches: An initiative towards a large open source drone database", Future Generation Computer Systems, Vol. 100, 2019, pp. 86-97.  
 [9] Yi, K. W., Seo, K., "Image Based Identification and Localizing of Drones", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 69, No. 2, 2020, pp. 331-336.  
 [10] Lee, H., Shim, D. H., "Research of the Learning-based Detection and Tracking the Drone using the monocular camera", The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences, 2017, pp. 904-905.  
 [11] Yoo, S., Ryu, Y., Shin, S., Oh, H., "Analysis of commercial drone sounds and its identification", Information and Control Symposium, 2020, pp. 493-494.  
 [12] Hammer, M., Hebel, M., Laurenzis, M., Arens, M., "LiDAR-based detection and tracking of small UAVs" Proc. of SPIE, Vol. 10799, 2018, pp. 107990S-1-107990S-9.  
 [13] Church, P., Grebe, C., Matheson, J., Owens, B., "Aerial and surface security applications using LiDAR", Proc. of SPIE 10636, 2018, pp. 1063604-1-1063604-12.  
 [14] <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air>  
 [15] <https://www.dji.com/kr/newsroom/dji-introduces-new-m200-series>  
 [16] [https://twitter.com/aerones\\_com/status/820934832461148160](https://twitter.com/aerones_com/status/820934832461148160)  
 [17] [https://www.rda.go.kr:2360/board/board.do?mode=view&prgId=day\\_ppemoventEntry&dataNo=100000749205](https://www.rda.go.kr:2360/board/board.do?mode=view&prgId=day_ppemoventEntry&dataNo=100000749205)  
 [18] <https://itbiznews.com/news/articleView.html?idxno=25399>  
 [19] <https://www.neptectechnologies.com/security-lidar>  
 [20] <https://www.youtube.com/watch?v=p56GJll48kE>