

# EO/IR 영상 센서를 이용한 드론의 실시간 객체 탐지 임무 수행 서비스

(Real-time object detection service of drone with  
Electro-Optics/Infra-Red image sensors)

김 승 현, 이 병 복\*

DSC 공유대학, 한국전자통신연구원

(Seung-Hyun Kim, Byung-Bog Lee)

(DSC Platform Univ., Electronics and Telecommunications Research Institute)

Abstract : 글로벌 드론 시장 규모는 2030년까지 약 5,045억 달러까지 성장할 전망으로 드론 통신망 및 AI 기술이 주목받고 있다. 본 논문에서는 이러한 기술을 활용하기 위한 임무 수행 드론 통신 인프라를 구축하고, EO/IR 영상 센서를 이용한 드론의 실시간 객체 탐지 서비스를 제안한다. 해당 서비스는 n79 5G 특화망을 활용하여 EO/IR 영상 데이터를 전송하고, YOLOv9을 통해 실시간 객체 탐지를 진행한다. 이는 주·야간 환경에서 실시간 객체 탐지가 가능하여 수색 드론에 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords : Drone, EO/IR Sensor, 5G Communication, Real-time Object detection

## I. 서 론

최근 글로벌 드론 시장 규모를 보면 2022부터 2030년까지 연평균 성장률이 46.04%로 예측된다. 드론 유망 기술 중 5G 통신과 AI 기술을 활용하여 빠르고 안정적인 통신 환경에서 데이터를 처리하고 분석할 수 있다[1]. 본 논문에서는 풀 드론 BM[2]에 적용하기 위해 5G 통신 환경을 구축하고, 드론의 EO/IR(Electro-Optics/Infra-Red) 영상 데이터를 수집하여, YOLO[3] 기반 인공지능 모델을 학습한 후 추론을 통해 실시간으로 객체를 탐지하는 서비스를 제안한다.

## II. 본 론

### 1. 드론 통신 인프라

드론과 서버 간 데이터 송수신을 위해 상용망과

\* Corresponding Author (bblee40@etri.re.kr)

김승현: DSC 공유대학

이병복: 한국전자통신연구원

※ 본 논문은 DSC지역혁신플랫폼 차세대통신융합사업단-ETRI 인턴십 프로그램의 결과임(2021RIS-004).

※ 본 논문은 우주항공청의 재원으로 한국연구재단, DNA+ 드론기술개발사업의 지원을 받아 수행되었음(No. NRF-2020M3C1C2A01080819).

특화망을 사용할 수 있도록 드론 통신 인프라를 구성하였다. 이를 위해 표 1의 제원으로 구성된 UE(User Equipment)를 드론에 장착해서 수직 핸드오프를 지원하도록 구축하였다.

표 1. 객체 탐지 임무 수행 드론 제원

Table 1. Drone Specifications

| 항목                    | 세부 내용                                                                                                                                    |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FC(Flight Controller) | - Pixhawk Cube Orange+ (ArduCopter 4.4.1)<br>- Serial-1: 921600 bps                                                                      |
| MC(Main Controller)   | - NVIDIA Orin NX<br>- Ubuntu-20.04 LTS<br>- Mavlink Serial: 921600 bps                                                                   |
| Gimbal                | - Gremsy PixyU                                                                                                                           |
| Camera                | - EO (3840x2160), IR (640x512)<br>- I/F: MIPI-CSI, USB 3.0<br>- Temp. Accuracy: $\pm 5^{\circ}\text{C}$ (0~100 $^{\circ}\text{C}$ range) |
| UE(User Equipment)    | - 상용 및 특화 5G 단말 (수직 핸드오프 지원)                                                                                                             |

상용망의 경우 3GPP IMT-2020(3.5GHz) 대역 5G UE를 활용하였다. 이 대역은 도시 및 고밀도 환경에서 빠르고 안정적으로 넓은 커버리지로 고속 데이터 전송이 가능하다. 특화망의 경우 3GPP 5G

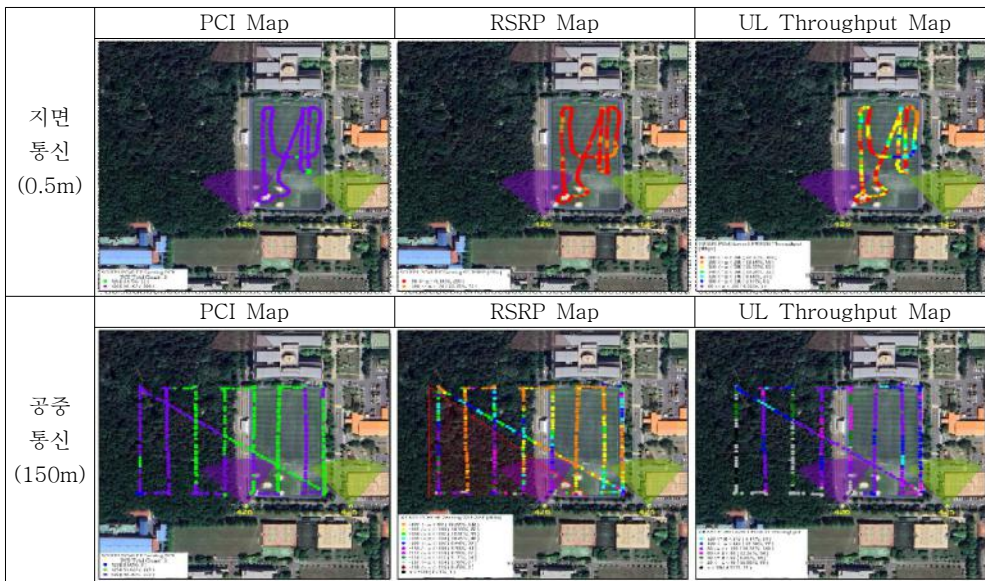


그림 1. 고도별 특화망 커버리지 및 성능 지도

Fig. 1. 5G NR n79 network coverage and performance map

NR n79(4.7GHz) 대역 UE를 활용하였다. n79 대역은 고속 데이터 전송과 동시에 산업 환경에 적합한 주파수 대역으로 드론과 같은 특정 응용 분야에서 최적의 통신 성능을 발휘할 수 있다.

그림 1은 구축한 특화망의 고도 0.5m와 150m에서의 전파 특성을 측정한 결과를 보여준다. 지면 통신(0.5m)에서는 드론의 바인딩(Binding), 아밍(Arming), 이륙(Take-off) 등과 같은 드론 운용을 위한 작업이 지상관제 시스템과의 안정적인 연결을 통해 가능하도록 한다. 공중통신(~150m)에서는 위치 및 속도, EO/IR 영상 데이터 등 드론의 메타 데이터를 UL(Up Link)로 지상관제 시스템 및 미디어 서버에 전송할 수 있도록 한다. 현재 국토교통부 항공법상 드론에 고도 제한이 있어 150m 이상의 고도에서는 비행 승인이 필요하다[4]. 따라서 별도의 허가 없이 드론을 비행할 수 있는 최대 고도인 150m와 지면 통신을 위한 고도 0.5m에서의 통신 네트워크 커버리지 및 성능을 충족할 수 있는 드론 통신 인프라를 구축하였다.

## 2. AI 모델 학습 및 추론

앞 절에서 구축한 통신 환경을 활용하여 EO/IR 영상 센서 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 각각 전처리 과정을 진행한다. 이후 YOLOv9[5]을 이용하여 데이터를 학습하고 학습된 모델을 바탕으로

추론을 진행한다.

그림 2에서는 수집된 EO/IR 영상 데이터를 어떻게 처리하는지에 대한 전체적인 흐름을 보여준다. 드론에서 EO/IR 센서를 통해 촬영된 영상을 드론 통신 인프라를 통해 미디어 서버에 전송한다. 미디어 서버는 수집한 데이터 셋을 AI 시스템에 전달하여 학습 및 추론이 이루어질 수 있도록 한다. EO/IR 영상 데이터는 해상도 차이가 있어 각각 별도로 처리한다. EO 영상 데이터는 4K(3840x2160) 해상도로 학습 및 추론을 위해서는 영상 크기를 분할하는 전처리가 필요하다. 이를 위해 슬라이싱(Slicing) 기법을 사용하여 가로 6개, 세로 4개의 패치로 영상을 분할하고, 세로 방향의 패치들은 640x100화소씩 겹치도록 하여 하나의 4K 영상을 24개의 640x640 패치로 나눈다. 한편, IR 영상 데이터의 해상도는 640x512이므로, 선형 보간법(Linear interpolation)을 사용한 패딩 기법으로 경계에 640x128화소를 추가하여 640x640 크기로 전처리한다.

Batch size가 크면 오버헤드가 발생하기 때문에 전처리 된 EO 및 IR 영상 데이터는 Batch size를 최소화하여 추론에 영향을 주지 않도록 한다. 각각 YOLOv9를 활용하여 학습하고, 학습된 모델을 각 추론 장치에 배포하여 전처리 된 영상 데이터를 실시간으로 추론할 수 있도록 한다.

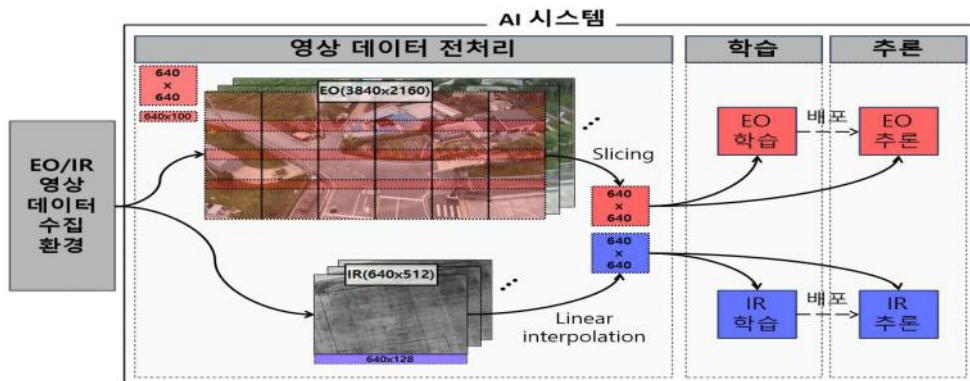


그림 2. AI 모델 학습 및 추론 과정  
Fig. 2. AI model learning and inference process

### 3. 실시간 객체 탐지

그림 3은 AI 모델 학습 과정을 통해 학습된 모델을 바탕으로 실시간 객체 탐지를 진행한 결과이다. 렌즈의 피사체 감지로부터 데이터 처리, 실시간 객체 탐지 및 가시화까지 0.6s의 시간이 소요되는 것을 확인했다. BEV(Bird's Eye Views)로 보이는 영상은 주간에 EO/IR 영상 센서를 이용하여 객체(사람)를 탐지하였다. 야간에는 EO 영상 센서를 이용하면 객체 탐지가 힘들기 때문에 IR 영상 센서를 이용하여 발열 객체(드론)를 탐지하였다.

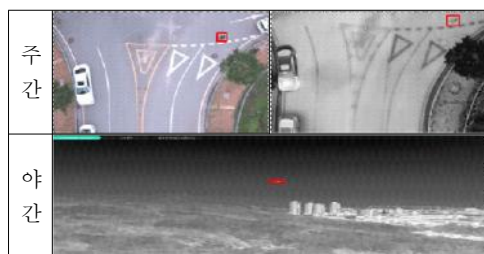


그림 3. EO/IR 영상 기반 주·야간 객체 탐지  
Fig. 3. EO/IR image-based day and night object detection

## III. 결 론

본 논문에서는 EO/IR 영상 센서를 이용하여 실시간 객체 탐지 임무 수행 서비스를 개발하였다. 드론에 상용 및 특화망 UE를 장착하고, 특화망에 한해서는 전파 특성 측정값을 기반으로 지면 및 공중 통신이 가능한 최적의 드론 통신 인프라를 구축하

였다. 구축한 환경에서 Batch size 최소화로 오버헤드 발생을 줄이고, 실시간으로 AI 모델 학습 및 추론을 진행하여 0.6s 내 원하는 객체를 탐지할 수 있도록 했다. EO/IR 영상 센서를 같이 사용하여 주·야간 환경에서 객체 탐지를 할 수 있음을 확인했다. 그러나 해당 드론의 객체 탐지 임무 수행 서비스가 원활하게 이루어지기 위해서는 드론 전용의 지면 및 공중 통신망이 구축되어야 하는데, 현재 상용망은 지상 통신 위주로 드론 통신에 적합하지 않다. 향후 연구를 통해 상용망 환경에서 통신 트래픽 분석을 기반으로 가변 대역 영상 전송에 관한 연구를 진행할 계획이다.

## References

- [1] 글로벌 ICT, 드론 시장동향 보고서 2023. <https://www.globalict.kr/main.do>
- [2] 우덕균, 김경일, 임유진, "DNA+드론 비즈니스 모델: 온보드 메타데이터 정합 4K 영상 실시간 스트리밍 기술 및 폴 드론 적용 사례", 정보와 통신: 한국통신학회지, 2022, v.39, no.3, pp.23-30
- [3] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, "You only look once: Unified, real-time object detection", in Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016, pp. 779-788.
- [4] 국토교통부, 무인비행장치(드론)Q&A. [https://www.molit.go.kr/USR/policyTarget/m\\_24066/dtl.jsp?idx=584](https://www.molit.go.kr/USR/policyTarget/m_24066/dtl.jsp?idx=584)
- [5] C. Y. Wang, I. H. Yeh, and H. Y. M. Liao, "YOLOv9: Learning what you want to learn using programmable gradient information". arXiv preprint arXiv:2402.13616, 2024.