

## Design of UWB-based UAV for Stable Operation in GNSS-Denied Environments

Myeong-Chul Park\*, Hun-Kee Lee\*\*

\*Professor, School of Software, Kyungwoon University, Gumi, Korea

\*\*Professor, Dept. of Mechanical System Engineering, Republic of Korea Naval Academy, Changwon, Korea

### [Abstract]

In this paper, we propose a UAV that can operate stably in environments where GNSS(Global Navigation Satellite System) is unavailable. GNSS-based UAVs have the problem of difficulty in ensuring reliability in mountainous areas or in environments with radio interference for military purposes. In particular, special purpose(military) UAVs that must land at precise locations can cause fatal problems. In this paper, we aim to implement an unmanned aerial vehicle capable of stable landing even in communication blind spots using an UWB(Ultra-Wideband) positioning sensor and laser guidance technology. Additionally, it has a built-in function that can identify and guide the aircraft's location through a camera on the landing station. To evaluate the UAV flight, wind resistance tests confirmed flight in wind speeds exceeding 13m/s. The results of this study are expected to be helpful in performing missions through robust operation in maritime or special-purpose spaces where GNSS communication is unavailable.

▶ **Key words:** UWB(Ultra-wideband), GNSS-Denied, UAV(Unmanned aerial vehicles) Landing, YOLOV5

### [요 약]

본 논문에서는 GNSS(Global Navigation Satellite System)가 불가한 환경에서 안정적 운영이 가능한 UAV를 제안한다. 기존 GNSS 기반 UAV는 산악 지역이나 군사적 목적의 전파방해 환경에서는 신뢰성을 보장하기 어려운 문제가 가진다. 특히, 정확한 지점에 착륙해야 하는 특수(군사) 목적성 비행체는 치명적 문제를 발생할 수 있다. 본 논문에서는 UWB(Ultra-Wideband) 측위 센서와 레이저 유도 기술을 통하여 통신 사각지대에서도 안정적인 착륙이 가능한 UAV를 구현하고자 한다. 또한, 착륙장의 카메라를 통해 비행체의 위치를 파악하고 유도할 수 있는 기능을 내장한다. 비행체의 안정적 비행을 평가하기 위한 내풍성 시험에서는 13m/s 이상의 풍속에서 안정적 비행을 확인하였다. 본 연구의 결과는 GNSS 통신이 불가능한 해상이나 특수 목적 공간에서 강건한 운영을 통하여 임무 수행에 도움이 될 것으로 사료된다.

▶ **주제어:** 초광대역(UWB), 위성항법 불가, 무인비행체 착륙, YOLOV5

- 
- First Author: Myeong-Chul Park, Corresponding Author: Hun-Kee Lee
  - \*Myeong-Chul Park (africa@ikw.ac.kr), School of Software, Kyungwoon University
  - \*\*Hun-Kee Lee (leehunkee@navy.ac.kr), Dept. of Mechanical System Engineering, Republic of Korea Naval Academy
  - Received: 2025. 11. 24, Revised: 2025. 12. 23, Accepted: 2025. 12. 29.

## I. Introduction

AAM(Advanced Air Mobility) 산업의 성장과 더불어, 지상 1,000m 이하 공역을 비행고도로 운영되는 저고도 경량 무인항공기의 활용도가 증가하고 있는 추세이다. 무인항공기 시장 규모는 2024년 364억 달러 규모이며, 2034년에는 1,572억 달러 이상으로 15.8% 이상의 연평균 성장률을 예상한다[1]. 특히, 감시 업무, 재난 구호 활동, 수색 및 구조 등 긴급 군사 작전이나 안보 자원으로 확대가 가속화되고 있고 2035년까지 무인항공기 시장에서 군사 부문이 가장 높은 매출 점유율을 예상한다. 영국 군사 지출 캠페인(Campaign on Military Spending-UK 2024)에 따르면, 2023년 기준 세계 군사 지출은 2조 4,000억 달러(성장을 6.8%)를 넘는 것으로 발표하였다[2].

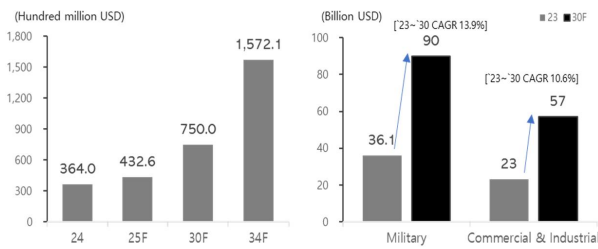


Fig. 1. Global Drone Market

이와 같은 긴급구호나 군사 작전 등의 임무를 수행하는 무인항공기는 정밀하고 안정적인 운영이 전제되는 응용 분야이며 높은 기술적 성숙도를 요구한다. 기존 무인항공기는 대부분 GPS(Global Positioning System) 등의 GNSS(Global Navigation Satellite System) 환경을 통하여 위성 통신 체계에서 위치 정보를 획득하고 운영되는 것이 일반적이다. 하지만, 산악 지대나 인위적(군사적) 전파 방해 등으로 인한 위치 정보 취득이 어려운 환경에서는 안정적인 비행체 운영을 어렵게 한다.

본 논문에서는 GNSS 불가한 환경에서 무인항공기와 지상 스테이션 간 원활한 연계 임무를 수행할 수 있는 무인항공기를 제안한다. 제안하는 무인항공기에 원하는 장소에 정확하게 착륙하는 요소에 주안점을 두었다. 이를 위하여 정밀 거리 측정을 위한 UWB 측위 센서와 착륙지 미세 조정을 위한 레이저 유도 기술을 통합하여 운영되며, 지상 스테이션에서 웹캠으로 수집한 기체 영상을 OpenCV 기반으로 분석하여 비행체 인식, 추적 및 거리 측정을 통하여 보다 정확한 착륙을 위한 정보를 비행체와 연계한다. 본 연구의 제안은 GNSS 불가 환경에서 보다 정밀하고 안정적인 무인항공기의 착륙 및 위치 인식을 통하여 특수 목적성 비

행 임무에 활용될 수 있을 것이다. 논문의 구성은 2장에서 GNSS 불가 환경에서의 비행 및 관련 연구에 대해 살펴보고 3장에서 제안하는 무인항공기에 관한 설계에 관해 기술한다. 4장에서 실제 구현된 무인항공기와 성능시험에 대해 상세히 설명하고 5장에서 결과에 관해 기술한다.

## II. Background

### 1. Related works

기존 대부분의 UWB 측위 센서는 IEEE 802.15.4a 및 802.15.4z 표준을 기반으로 정확한 거리와 위치를 측정하는 무선 기술로 GNSS 통신이 불가능한 실내에서 위치 지정을 위한 용도로 사용해 왔다[3-5]. 또한, 모바일 로봇의 위치 추정과 단거리 레이더 시스템으로 널리 활용되고 있다[6-7]. UWB 시스템은 위치 인식을 위한 태그와 고정된 앵커 노드 간의 거리 측정으로 태그의 위치를 추정하는 방식이다. 이때 앵커는 위치가 정해져 있으며, 태그와 다수의 앵커가 개별적으로 거리를 계산하여 이를 통해 위치를 산출하는 ToF(Time of Flight)를 활용한다. 거리 측정은 양방향 신호 교환을 통해 거리를 측정하는 TWR(Two-Way-Ranging) 방식과 Fig. 2와 같이 모든 앵커가 로컬 네트워크에 연결되어 있거나 정확한 클럭 동기화를 통한 신호 도착 시간의 차이를 이용하여 위치를 계산하는 TDoA(Time Difference of Arrival) 방식이 있다 [8-9].

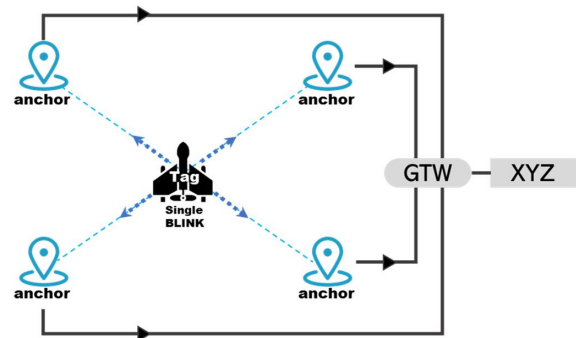


Fig. 2. Infrastructure-Based Time Difference Arrival

Hong은 드론 스테이션의 앵커 위치와 UWB 모듈의 설치 각도를 고려한 신호 처리를 통하여 정밀한 착륙을 위한 연구를 소개하였다[10]. Chen은 GPS 수신기가 불가능한 교량 하단 및 산악, 실내 환경 등의 지역에서 무인항공기의 위치 및 항법 신뢰성 향상을 위하여 2단계 삼각 측량 방법을 제안하였다[11]. Queralt는 UWM1001 노드 모듈을 이용

하여 무인항공기의 자율 비행이 가능한지 확인하고 이동식 앵커 시스템을 위한 위치 정확도 분석에 관한 연구 결과를 제시하였다[12].

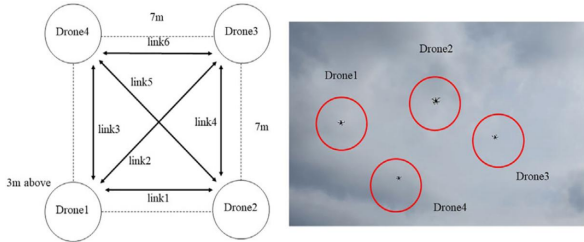


Fig. 3. Multidrone collaboration using UWB[13]

Park는 거리 오차를 보정하는 확장된 칼만 필터 기반 알고리즘과 모듈을 제공하여 UWB, GNAS, FC가 결합한 상대 위치 추정 방법을 소개하고 군집 비행의 적용 가능성을 제시하였다[13].

### III. Design

#### 1. Design of UWB-based UAV

Fig. 4는 제안하는 UAV의 구성 요소 간 기능과 데이터 흐름을 보인 것이다. UWB 측위 센서와 레이저 유도 기술을 활용한 UAV 정밀 착륙 시스템의 UAV는 구동부, 제어

부, 센서부, 통신부로 구성되어 있으며, GN703 모터로 구동하고, MPU-6050 센서를 통해 자세를 측정하고 안정성을 유지한다. DM3799 레이저 수신 센서는 레이저를 감지하고 ESP32 모듈은 기체의 위치를 실시간으로 파악한다. DWM1000 UWB 모듈은 앵커와 통신하여 비행체의 위치를 계산한다. 랜딩 스테이션에는 Ada-1654 레이저 송신 모듈과 ARDUINO UNO 제어부, HC-06 블루투스 모듈이 있어, 비행체가 착륙 지점에 정확히 도달하도록 유도한다. 착륙장 중앙에 위치한 레이저 모듈은 비행체가 착륙 지점에 가까워질 때 활성화되어 비행체를 목표 지점으로 유도한다.

사용자 GUI는 각 앵커로부터 수신된 위치 데이터를 통합하고, ESP32-CAM 웹캠을 통해 비행체의 실시간 영상을 분석하여 OpenCV 기반으로 비행체를 중앙으로 유도한다. 사용자는 GUI를 통해 중앙값을 입력하고, 컴퓨터 GUI는 이를 바탕으로 비행체의 위치를 실시간으로 조정하여 안전하고 정밀하게 착륙할 수 있도록 한다.

#### 2. Circuit design of UWB-based UAV

UAV 정밀 착륙 시스템의 전체 회로도는 Fig. 5와 같으며, 전체 시스템은 앵커, UAV, 랜딩 스테이션으로 구성된다. 각 앵커는 DWM1000 UWB 모듈과 ESP32 모듈로 구성되어 있다. DWM1000 UWB 모듈은 UAV의 태그로부터 위치 정보를 수신하고, 이 정보를 ESP32 모듈로 전달한다. ESP32는 수신된 신호를 처리하여 컴퓨터에 데이터를

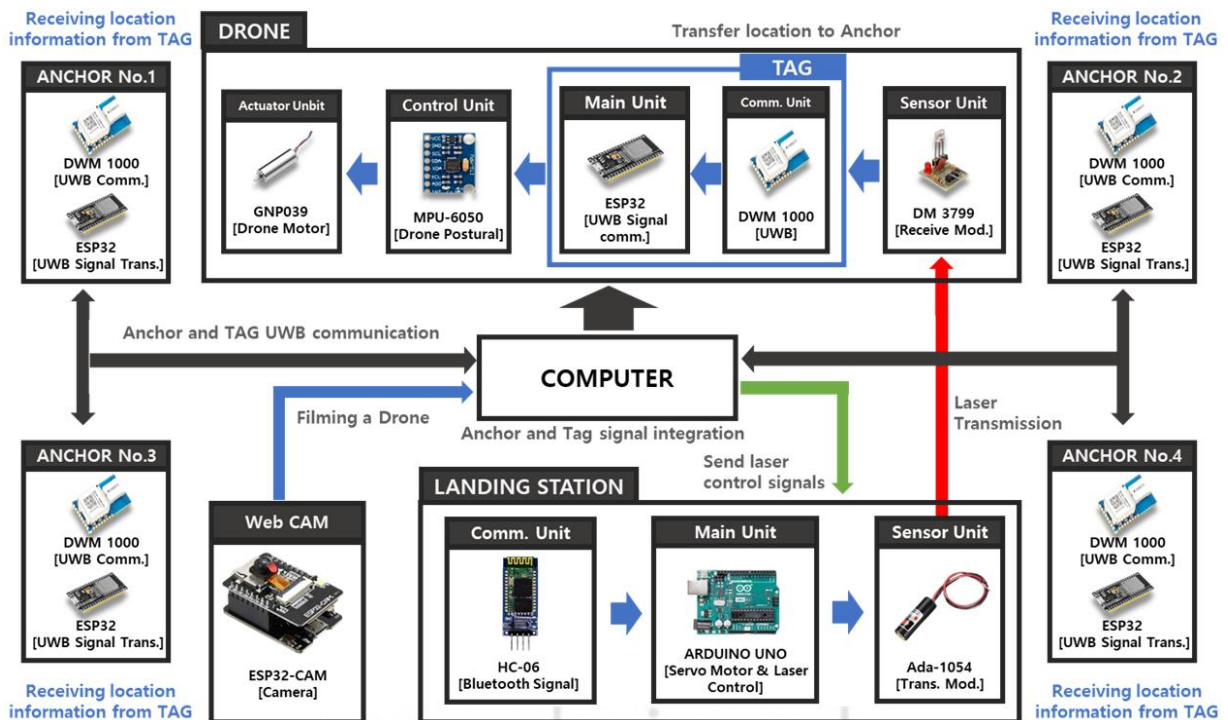


Fig. 4. Features of Components and Data Flow Diagram

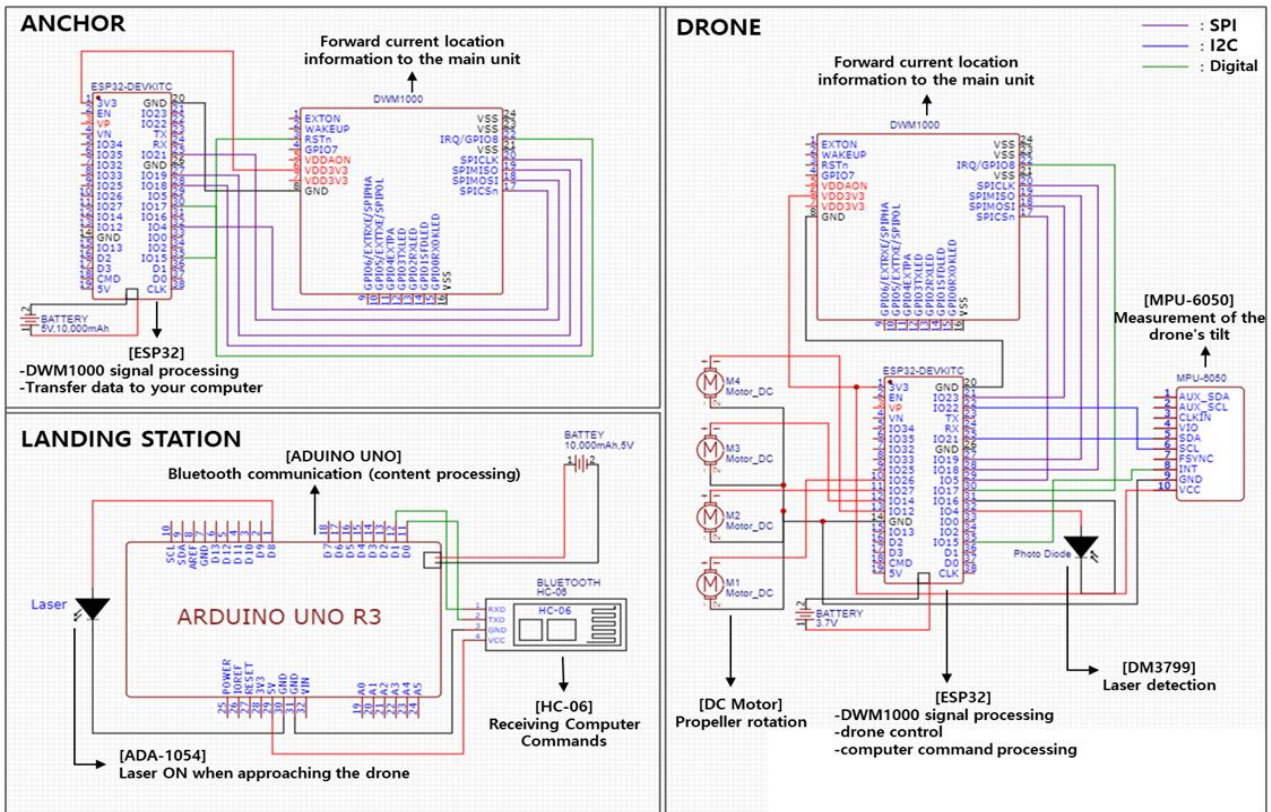


Fig. 5. Circuit design of Implemented UAV

전송한다. UAV의 ESP32 모듈은 UAV의 메인 제어 장치로, DWM1000 모듈로부터 수신된 신호를 처리하고 UAV의 위치 정보를 컴퓨터로 전달한다. DWM1000 모듈은 앵커로부터 위치 정보를 수신하여 ESP32에 전달한다. MPU-6050 자이로 센서는 UAV의 기울기를 측정하여 UAV의 자세를 제어하는 데 사용된다. UAV의 비행을 제어하는 M1, M2, M3, M4 DC 모터는 각각의 프로펠러를 회전시켜 UAV가 비행할 수 있도록 한다. DM3799 레이저 수신 센서는 레이저를 감지하여 UAV의 착륙 신호를 전달한다. 랜딩 스테이션은 UAV가 착륙할 지점을 정확히 유도하는 역할을 한다. 이 시스템은 ARDUINO UNO와 HC-06 블루투스 모듈, 그리고 ADA-1054 레이저 센서로 구성된다. ARDUINO UNO는 메인 제어 장치로서, 블루투스 통신을 통해 컴퓨터의 명령을 처리한다. HC-06 블루투스 모듈은 컴퓨터로부터 명령을 수신하여 ARDUINO UNO로 전달한다. ESP32 CAM은 영상 데이터 처리에 필요한 실시간 영상을 제공한다.

### 3. Component of UWB-based UAV

UAV 기체 메인부의 ESP32 모듈은 DWM1000 UWB 모듈로부터 수신된 신호를 처리하여 UAV의 태그와의 거리

데이터를 연산한다. 이 데이터를 실시간으로 처리하여 컴퓨터에 전송함으로써, 여러 앵커로부터 수집된 데이터를 통합하여 UAV의 정확한 위치를 계산할 수 있도록 한다. 또한, ESP32는 무선 통신을 관리하여 앵커에서 수집된 데이터를 중앙 컴퓨터에 안정적으로 전달하고 UAV의 비행을 제어한다.

착륙을 위한 랜딩 스테이션 메인부의 MCU는 아두이노 우노를 사용하며 HC-06 블루투스 모듈을 통해 컴퓨터와 통신한다. 컴퓨터로부터 수신된 명령을 받아들이고 블루투스 통신을 통해 실시간으로 데이터를 교환한다. 또한 ADA-1054 레이저 거리 센서와 연결되어 있으며 비행체가 착륙 지점에 접근하면, 아두이노 우노는 레이저 센서를 활성화하여 레이저를 작동시킨다. 이 레이저 신호는 UAV의 포토 다이오드에 감지되어 UAV의 위치를 미세 조정하는 데 사용된다. DWM1000 모듈은 UWB 신호를 송수신하여 비행체와 앵커 사이의 거리를 높은 정확도로 측정한다. 여러 앵커로부터 수집된 거리 데이터를 통해 드론의 3차원 위치를 삼각 측량 방식으로 파악한다. 수집된 데이터를 ESP32 모듈로 전달하여 비행체의 위치 정보를 실시간으로 처리하고 컴퓨터에 전송한다. 제안하는 UAV의 핵심 제원은 Table 1과 같다.

Table 1. Specification of implemented UAV

Part	Item	Specifications
Main	MCU	ESP32
Control	Postural	MPU-6050
Sensor	Laser Receive	DM3799
	DWB	DWM1000
	Optical Flow Lidar	3901-LOX

### IV. Implementation

#### 1. Implementation of UWB-based UAV

Fig. 5의 회로도들을 근간으로 UAV 및 랜딩 스테이션을 구현하였다. 비행체의 하단부에는 레이저 수신기가 용이하도록 Fig. 6의 (b)와 같이 가림막을 설치하였다. 지상부에 설치되는 랜딩 스테이션과 앵커는 Fig. 6의 (c)와 같으며, 레이저 송신부와 카메라 설치 각도를 인접하게 배치하여 비행체 유도 오차를 줄이도록 하였다.

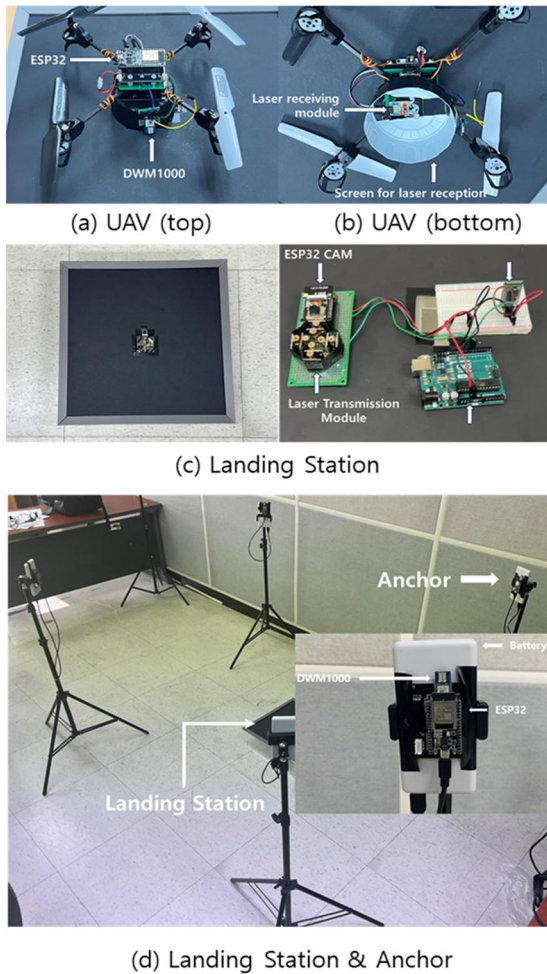


Fig. 6. Deployment of units of DWB-based UAV

UWB 측위 센서와 레이저 유도를 통한 UAV 정밀 착륙 시스템 중 UAV의 동작은 DWM1000, MPU-6050, DM3799 센서 초기화로 시작된다. 초기화 완료 후 UWB 신호를 감지하며, 신호를 감지하지 못하면 계속 찾는다. UWB 신호를 감지하면 신호 방향으로 이동하고 레이저 감지 센서가 활성화된다. 비행체가 착륙 지점에 접근하면 레이저 감지 센서가 레이저 신호를 탐지하고, 모터 속도가 감소하여 착륙을 준비한다. 비행체는 레이저 신호를 기반으로 위치를 미세 조정하며 안전하게 착륙하고, 착륙이 완료되면 시스템이 작동을 종료한다. 지상에 설치된 앵커의 동작은 DWM1000 센서 초기화, 컴퓨터 IP 주소 설정, WiFi 연결 확인으로 시작한다. 각 앵커 간 거리 측정이 준비되며, DWM1000 모듈이 신호를 감지하면 앵커 간 거리 측정 및 데이터 저장이 이루어진다. 모든 센서로부터 데이터 수신 완료될 때까지 기다린 후, 수신한 거리 데이터를 기반으로 비행체의 TAG 위치를 삼각 측량 방식으로 계산한다. 이 위치 데이터는 WiFi를 통해 중앙 컴퓨터로 전송되며, 실시간으로 비행체 위치를 표시하고 착륙 과정을 모니터링하고 제어한다. 모든 데이터를 처리하고 결과를 출력한 후 시스템 작동을 종료한다. 마지막으로, 랜딩 스테이션은 웹캠 연결 설정과 블루투스 통신 초기화로 시작된다. 웹캠은 비행체의 실시간 영상을 촬영하여 위치를 탐지한다. 비행체가 탐지되지 않으면 계속 영상을 분석하고, 탐지되면 레이저 유도 시스템을 활성화하기 위한 신호가 아두이노 우노를 통해 전달된다.

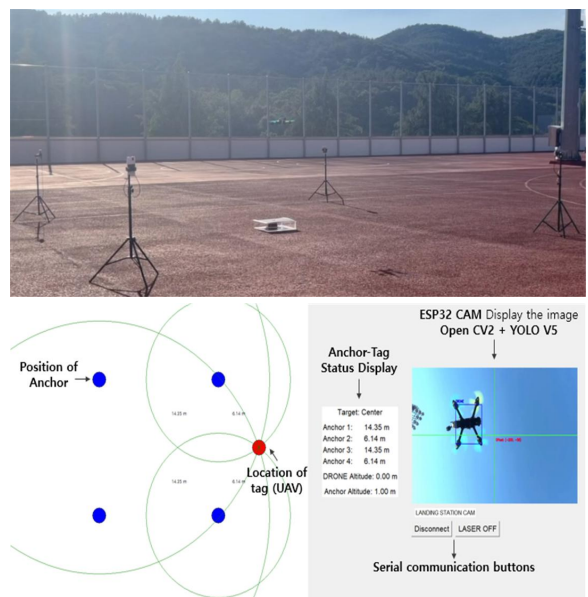


Fig. 7. GUI for a UAV landing system implemented with Python-TKinter

이 시스템이 활성화되면 레이저 전원이 켜져 비행체를 목표 지점으로 유도한다. 레이저는 비행체의 레이저 수신 센서에 감지되어 위치를 실시간으로 조정한다. 비행체가 착륙 지점에 도달하면 레이저 전원이 꺼지고, 시스템 작동이 종료된다. Fig. 7의 상단은 필드 테스트에서 동작하는 모습을 보인 것이고 하단은 Python-Tkinter[14]로 제작된 GUI 화면을 보인 것이다.

## 2. Experiment of UAV Operation

구현된 비행체의 안정적인 비행을 위한 내풍성 시험을 시행하였다. 내풍성 시험은 풍속에 대한 비행 성능을 평가하는 목적이며, 시험 항목의 적합성 유무를 판단하기 위하여 풍속 측정, 시험 비행 영상 확인 등을 수행하여 목표 달성 여부를 확인하였다.



Fig. 8. Flight Performance Test Facility(Wind Tunnel)

시험 장소는 구미시에 소재하는 K 대학교의 무인항공기 환경제어 성능시험 설비를 이용하였으며, 해당 설비는 Fig. 8과 같고 최대 풍속 30m/s, 시험부의 크기는 6\*6\*8 (m)이고 Nozzle Exit는 3\*3 (m), 난류강도에 해당하는 Tbrbulence Intensity는 흐름방향에 따른 0.8% 이내이다. 시험 환경은 Table 2와 같다.

Table 2. Environment for UAV performance testing

Item	Value
Temperature	26.7 °C
Humidity	35.4 % R.H.
Atmospheric Pressure	101.7 kPa
Wind Speed Ranges	3~13 m/s

시험은 설비의 토출구 10m, 고도 3m 지점에서 3~13m/s 풍속 조건에서 이륙-비행-착륙 과정의 내풍성 시험을 수행하였다. 시험 풍속 범위에서 이착륙 및 지정된 시간 동안의 비행이 원활하게 동작함을 확인하였으므로, 목표 풍속 조건에서 30초 이상 비행을 확인하고 평가 과정 중 드론-지상 통제시스템 간 통신이 원활하였으며 센서 데이터 (위성, 자이로 등) 수집도 정상 동작함을 확인하였다.

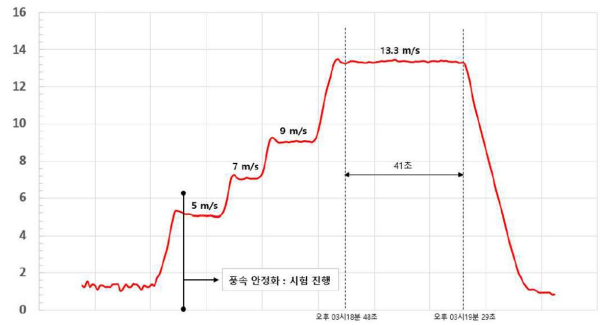


Fig. 9. Wind resistance test (wind speed graph)

Fig. 9는 내풍성 시험의 풍속 그래프를 보인 것으로, 풍속 안정화 시점에서 시험이 진행되어 점진적 풍속 변화 후 13.4 m/s 조건에서 34초간 유지된 것을 확인할 수 있다. 안정적인 착륙을 위하여 지상 웹캠에서 촬영한 이미지를 통한 비행체 탐지의 정확도를 높이기 위하여 Yolov5 모델[15]을 이용하여 데이터를 학습시킨 관련 지표는 Fig. 10과 같다. 학습은 Colaboratory에서 1,450장의 이미지 데이터 세트를 50 epoch로 학습을 시행하였다.

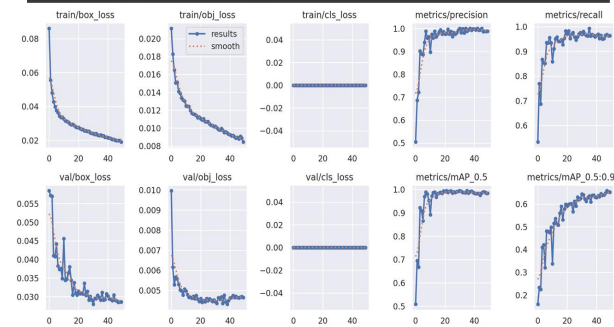
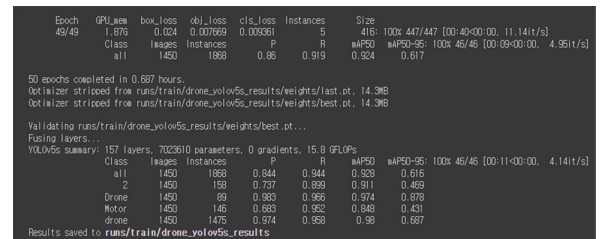


Fig. 10. Related indicators for learning outcomes

Fig. 10에서 바운딩 박스 예측에 대한 손실값 box\_loss는 0.024, 비행체 존재 여부에 대한 손실값 obj\_loss는 0.007669로 양호한 성능을 확인할 수 있고 Precision 값은 0.844, Recall 값은 0.944로 학습 결과를 확인할 수 있다. 또한 전체적인 알고리즘의 성능을 평가하는 mAP50 값이 0.928로 객체 검출 성공률이 매우 우수하며, mAP50-95 값도 0.5 이상인 0.616으로 객체의 위치와 바운딩 박스를 정밀하게 예측하는 것으로 분석된다.

## V. Conclusions

본 논문은 산악 지역이나 전파방해로 인한 GPS와 같이 GNSS 통신이 불가능한 환경에서 UAV의 안정적인 착륙을 위하여 UWB 측위 센서 기반의 시스템을 제안하였다. UAV는 지상에 배치된 UWB 센서를 장착한 4개의 앵커 사이의 거리 측정을 통하여 착륙 반경 내의 포지셔닝할 수 있게 하였다. UWB의 정확도는 BLE 및 WI-FI 방식에 비해 정밀하며 최대 범위도 200m 이상으로 안정적인 UAV 착륙 유도가 가능하다. 또한, 근거리 영역에서는 레이저 송수신과 YOLOv5를 통한 객체 탐지 기법을 적용하여 비행체 위치 인식도를 높였다. 구현된 비행체의 성능평가를 위한 내풍성 시험에서도 안정적인 비행이 가능함을 확인하였다. 향후, IMU 등의 데이터 통합을 통하여 비행체의 위치 추적과 제어를 위한 추가적 연구를 통하여 신뢰성을 향상하고자 한다.

## REFERENCES

- [1] Hana Securities, "UAV Overweight, Equity Research," September 2025.
- [2] Drone Industry Insights, "Global Drone Market Report 2025-2030," March 2025.
- [3] W. Giernacki, M. Skwierczyński, W. Witwicki, P. Wroński and P. Kozierski, "Crazyflie 2.0 quadrotor as a platform for research and education in robotics and control engineering," 22nd International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR), pp. 37-42, Sep. 2017. DOI: 10.1109/MMAR.2017.8046794
- [4] Caroline Dubois, "Sparked: A Live Interaction between Humans and Quadcopters," In ACM SIGGRAPH 2015 Computer Animation Festival. Association for Computing Machinery, p. 140, 2015. DOI: 10.1145/2745234.2792988
- [5] M. Contigiani, R. Pietrini, A. Mancini and P. Zingaretti, "Implementation of a tracking system based on UWB technology in a retail environment," 12th IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications (MESA), pp. 1-6, 2016. DOI: 10.1109/MESA.2016.7587123
- [6] Zafer Sahinoglu, "Ultra-wideband positioning systems," Cambridge university press, 2008.
- [7] James D Taylor, "Ultra-wideband radar technology," CRC press, 2018.
- [8] R. Mazraani, M. Saez, L. Govoni and D. Knobloch, "Experimental results of a combined TDOA/TOF technique for UWB based localization systems," 2017 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops), pp. 1043-1048, 2017. DOI: 10.1109/ICCW.2017.7962796
- [9] Jang YunSeok, Han Sumin, Jang Byung-Jun, "Optimization of Ranging Accuracy and Measurement Time Duration for IEEE 802.15.4z UWB," J. Korean Inst. Electromagn. Eng. Sci., Vol. 36(3), pp. 274-282, Mar 2025. DOI: 10.5515/KJKIEES.2025.36.3.274
- [10] Sung-Ho Hong, Jae-Youl Lee, Dong Ho Shin, Jehun Hahm, Kap-Ho Seo and Jin-Ho Suh, "A Study on Improving the Sensitivity of High-Precision Real-Time Location Receive based on UWB Radar Communication for Precise Landing of a Drone Station," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 39(5), pp. 323-330, May 2022. DOI: 10.7736/JKSPE.022.014
- [11] Y. -E. Chen, H. -H. Liew, J. -C. Chao and R. -B. Wu, "Decimeter-Accuracy Positioning for Drones Using Two-Stage Trilateration in a GPS-Denied Environment," in IEEE Internet of Things Journal, Vol. 10(9), pp. 8319-8326, May 2023. DOI : 10.1109/JIOT.2022.3231704
- [12] J. P. Queralt, C. Martínez Almansa, F. Schiano, D. Floreano and T. Westerlund, "UWB-based System for UAV Localization in GNSS-Denied Environments: Characterization and Dataset," IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 4521-4528, 2020. DOI: 10.1109/IROS45743.2020.9341042
- [13] J. Yang and S. Lee, "Ultrawideband coupled relative positioning algorithm applicable to flight controller for multidrone collaboration," ETRI Journal, Vol. 45(5). pp. 758-767, 2023. DOI: 10.4218/etrij.2023-0128
- [14] Andysah Putera Utama Siahaan, Afif Yasri, Ramlan Marbun, Muhammad Daffa Alfikri and Khairil Putra, "Design of GUI-based digital image processing applications in python using OpenCV and Tkinter," World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences, Vol. 16(1), pp. 49-55, 2025. DOI: 10.30574/wjaets.2025.16.1.1196
- [15] Dapinder Kaur, Neeraj Battish, Arnav Bhavsar, Shashi Poddar, "Analysis of vision-based Air-to-Air UAV detection using YOLO based architectures," Robotics and Autonomous Systems, Vol. 193, 105074, 2025. DOI: 10.1016/j.robot.2025.105074

## Authors



Myeong-Chul Park received a B.S. degree in Computer Science from Korea National Open University in 1999, and the M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science from GyeongSang National University in 2002 and

2007, respectively. He is currently a Professor in the School of Software at Kyungwoon University. He is interested in Visualization, Simulation, Education of Software, Healthcare, and DTx(Digital Therapeutics).



Hun-Kee Lee received the B.S. degree in Mechanical Engineering from Kyungpook National University in 2003, and M.S. and Ph.D. degree in Mechanical Engineering from POSTECH in 2006 and 2009

respectively. And then, Dr. Lee worked for MIT(Department Science & Engineering) as a Postdoctoral researcher for two years. He is currently a Professor in the Department of Mechanical System Engineering, Republic of Korea Naval Academy. He is interested in Optimal Shape Design, Strength Evaluation and FEM analysis for Structures.