

풍향 보정을 통한 자율 비행 드론 정밀 투하

윤재원, 신수용*

국립금오공과대학교

jerry843763@kumoh.ac.kr, *wdragon@kumoh.ac.kr

Design of a YOLOv8-Based Precision Dropping System for Autonomous Drones with Wind Compensation

Yoon Jae Won, Shin Soo Young*

Kumoh national Institute of Technology

요약

본 논문에서는 자율비행 드론(UAV)을 활용하여 특정 목표물에 정밀하게 투하물을 낙하시킬 수 있는 시스템을 설계하였다. 기존의 GPS 기반 드론 투하 시스템은 바람과 같은 외부 환경 요인으로 인해 위치 오차가 발생하는 한계가 있다. 이를 개선하기 위해 본 연구에서는 풍향계 등 별도의 센서를 사용하지 않고도 바람을 추정할 수 있는 GPS 기반 바람 추정 기법(GPS-based Wind Estimation)과 고도에 따른 바람 속도 변화를 보정할 수 있는 Power-law Wind Profile 모델을 도입하였다. Pixhawk4의 EKF 기반 바람 추정 기능을 통해 실시간으로 바람 벡터를 계산하고, 이를 바탕으로 투하 고도에서 지면까지의 바람 편차를 Power-law 모델로 보정하였다. 또한, 딥러닝 기반 객체 탐지 알고리즘인 YOLOv8을 적용하여 CMOS 센서 기반 짐벌 카메라로 촬영한 영상에서 목표 객체를 인식 및 추적하였으며, 카메라 정렬 후, 풍향과 낙하 고도 고려해서 투하 정확도 향상시킨다.

I. 서론

최근 무인항공기(UAV, Unmanned Aerial Vehicle)는 재난 대응, 군사 작전, 산업 물류 등 다양한 분야에서 활발히 활용되고 있으며, 특히 정밀 투하 기능은 고도화된 임무 수행에서 중요한 기술로 주목받고 있다.

〈세계 드론 시장 전망〉



* 출처 : 무인기산업 국내외 현황조사 및 수요기반 발전방안 연구(한국항공우주산업진흥협회, '17)

그림 1 드론 시장 규모

그러나 기존의 UAV 기반 투하 시스템은 수동 조작자에 의존하거나 GPS 좌표에 기반하여 투하 지점을 설정하는 방식이 일반적이며, 바람, 진동, 시스템 지연 등의 외란에 의해 실제 낙하시점이 목표에서 벗어날 수 있는 한계를 지닌다.

한편, 인공지능 기반 객체 인식 기술의 적용은 증가하고 있으나, 탐지된 객체의 중심 좌표를 정렬하고, 외란을 고려하여 투하 위치를 실시간으로 조정하는 정밀 투하를 구현한 사례는 아직 드물다.

본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해, YOLOv8을 활용한 실시간 객체 인식 및 중심 좌표 추적 기술, GPS와 IMU 데이터를 기반으로 외부 바람의 영향을 추정하고, 이를 낙하시점 보정, 그리고 사람의 승인을 반영한 투하 제어 시스템을 통합한 정밀 투하 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 드론에 장착된 짐벌 카메라와 Jetson Orin NX에서 구동되는 YOLOv8 알고리즘을 통해 목표를 탐지하고, 카메라의 중심과 객체의 중심을 정렬하여 투하 지점을 산정한다.

여기에 풍향 정보를 기반으로 한 오차 보정 알고리즘을 추가하여 바람으

로 인한 낙하 편차를 실시간으로 보정함으로써, 실제 낙하시점이 목표 지점과 정밀하게 일치하도록 한다.

이를 통해 본 논문은 기존 방식보다 더욱 정밀하고 신뢰성 높은 UAV 기반 투하 작업이 가능함을 입증하고자 하며, 풍향계 없이도 효율적인 보정이 가능한 알고리즘을 제시함으로써 드론 기반 정밀 운용 기술의 실현 가능성을 제안한다.

II. 본론

객체 인식 및 추적

YOLOv8은 실시간 객체 인식 분야에서 널리 사용되는 경량화된 딥러닝 모델로, 정확도와 처리 속도 간의 균형 잡힌 성능을 제공한다. 본 연구에서는 Jetson Orin NX 상에서 YOLOv8을 구동하고, SIYI A2 Mini Gimbal Camera로부터 입력되는 하향 영상을 실시간으로 분석하여 목표 객체를 탐지하였다.

사용된 SIYI A2 Mini 카메라는 CMOS 기반의 고해상도 디지털 RGB 영상 장치로, 짐벌이 탑재되어 드론 비행 중에도 영상의 흔들림을 효과적으로 억제하며 안정적인 영상 획득이 가능하다. 또한, YOLOv8과의 실시간 연동이 용이하여 실시간 객체 인식 시스템에 적합한 성능을 제공한다. YOLOv8은 탐지된 객체에 대해 바운딩 박스를 생성하고, 이로부터 중심 좌표를 계산한다. 중심 좌표는 바운딩 박스의 좌표를 기반으로 산출되며, 바운딩 박스 좌표로부터 중심점[1]은 다음과 같이 계산된다:

$$x_{center} = \frac{x_{min} + x_{max}}{2},$$
$$y_{center} = \frac{y_{min} + y_{max}}{2}$$

드론은 객체 중심과 영상 중심 간의 차이를 기준으로 x축 및 y축 방향의 위치를 조정하며, 허용 오차 범위는 중심점 대비 $\pm 5\%$ 이내로 설정한다.

$$x_{range} = x_{center} \pm 0.05 \cdot x_{center}$$
$$y_{range} = y_{center} \pm 0.05 \cdot y_{center}$$

객체 중심이 카메라 중심보다 좌측 또는 하단에 위치할 경우, 드론은 해당 방향으로 이동하여 정렬을 수행한다. 이를 통해 드론은 목표 객체 상공에

