

딥러닝 알고리즘을 사용한 UAV 정밀 투하 보조 시스템

유성원, 신수용

국립금오공과대학교

yoo36@kumoh.ac.kr, wdragon@kumoh.ac.kr

Precision Assistance Dropping System for UAV Using Deep Learning Algorithms

Yoo Seong won, Shin Soo Young

Kumoh National Institute of Technology

요약

본 연구는 드론 기술의 발전에 기여하며, 정밀한 항공 투하 작업을 위한 솔루션을 제안한다. 딥러닝 알고리즘을 활용하여 UAV의 투하 정확도를 향상시키기 위한 정밀 투하 보조 시스템을 제시한다. 본 시스템은 수직 아래를 향한 카메라와 YOLO(You Only Look Once) 객체 탐지 모델을 사용하여 목표를 인식한다. 인식된 바운딩 박스(Bounding Box)의 위치를 바탕으로 카메라 프레임 중앙에 목표를 정렬하여 적재물을 정밀하게 투하할 수 있도록 한다. Gazebo 시뮬레이션을 통해 UAV와 목표를 수직으로 정렬하는 메커니즘을 테스트하였고, 실제 UAV를 구성하여 목표를 인식한 후 물체를 투하하는 과정까지 구현하고 테스트해 보았다. 실험을 통해 본 접근 방식의 효과를 입증하였으며, 전통적인 방법에 비해 정밀도와 속도가 크게 향상됨을 확인했다.

I. 서론

무인 항공기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)는 최근 몇 년간 다양한 분야에서 중요한 도구로 자리매김하고 있다. 특히, 재난 구호, 군사 작전, 상업적 배달 등에서 드론을 이용하여 구호 물품, 택배물, 군용 폭탄과 같은 적재물 투하는 효율성과 신속성을 제공하는 중요한 기술로 주목받고 있다. 그러나 이러한 드론을 이용한 적재물 투하 작업에서는 목표 지점에 정확하게 물품을 떨어뜨리는 것이 여전히 큰 도전 과제다. 수동으로 드론을 조작하여 목표 지점까지 이동하여 목표에 정밀하게 투하하는 것은 조준 시간 지연 및 조종 실수로 인한 낮은 투하 정확도와 같은 문제를 가지고 있고 무엇보다 숙련된 조작자가 필요로 한다.

본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해 딥러닝 알고리즘을 활용한 UAV 정밀 투하 보조 시스템을 제안한다. 본 시스템은 수직 아래를 향한 카메라를 사용하여 목표를 인식하고 UAV의 위치를 호버링(Hovering)하여 목표와 수직으로 정렬하고 적재물을 투하한다. 본 논문에서는 제안한 시스템의 설계 및 구현 방법을 상세히 설명하고, 가상 시뮬레이션 및 실제 환경에서의 실험 결과를 통해 시스템의 효과와 실용성을 평가한다. 이 연구는 드론 기술의 발전에 기여할 뿐만 아니라, 정밀한 항공 투하 작업을 위한 실용적인 보조 시스템을 제시함으로써 다양한 응용 분야에서의 활용 가능성을 기대한다.

II. 본론

YOLO(You Only Look Once) 객체 탐지 알고리즘

YOLO(You Only Look Once)는 실시간 객체 탐지를 위한 딥러닝 알고리즘으로, 단 하나의 신경망을 통해 이미지 전체를 분석하여 객체를 탐지한다. YOLO는 이미지 분류와 바운딩 박스 회귀를 동시에 수행하며, 이미지 내 객체의 위치와 클래스를 예측하는 데 뛰어난 성능을 보인다. 본 논문에서 제안하는 시스템에는 YOLOv5 모델 중 YOLOv5s 버전을 사용한다. YOLOv5s는 YOLOv5 모델 중 가장 경량화된 버전으로, 연산 속도가 빠르고 메모리 사용량이 적다. 이러한 특성은 UAV에 장착되는 경량 컴

퓨터 PC에 매우 적합하다. UAV의 컴패니언 PC는 제한된 자원과 배터리 용량으로 인해 효율적인 연산이 필요하다. YOLOv5s는 이러한 제약 조건을 충족하면서도 높은 정확도를 유지할 수 있어, UAV의 실시간 객체 탐지에 이상적이다.[1]

목표 객체의 바운딩 박스를 통한 수직 정렬 알고리즘

본 논문에서는 YOLOv5s 객체 탐지 모델을 사용하여 인식된 목표 객체의 바운딩 박스를 기반으로 UAV를 목표 객체 위로 수직 정렬하는 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 바운딩 박스의 중심점을 계산하여 UAV의 위치를 조정함으로써 목표 객체를 카메라 프레임의 중앙에 배치하는 방식으로 동작한다.

우선, YOLOv5s 모델을 통해 목표 객체가 인식되면 바운딩 박스의 좌표가 생성된다. 바운딩 박스의 중심점은 바운딩 박스의 좌상단 좌표(x_{min} , y_{min})와 우하단 좌표(x_{max} , y_{max})를 이용하여 다음과 같이 계산된다:

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

수식 1 바운딩 박스의 중심점 계산식

계산된 중심점이 카메라 프레임의 x축 중심보다 왼쪽에 위치하면, UAV는 목표 객체를 카메라 프레임의 x축 중심으로 이동시키기 위해 우측으로 이동한다. 반대로, 중심점이 카메라 프레임의 x축 중심보다 오른쪽에 위치하면, UAV는 좌측으로 이동한다. 이러한 과정을 통해 UAV는 목표 객체의 바운딩 박스를 카메라 프레임의 x축 중심에 정렬할 수 있다.

동일한 방식으로, 바운딩 박스의 중심점이 카메라 프레임의 y축 중심보다 상단에 위치하면, UAV는 후방으로 이동하여 목표 객체를 y축 중심으로 이동시킨다. 반대로, 중심점이 카메라 프레임의 y축 중심보다 하단에 위치하면, UAV는 전방으로 이동한다. 이를 통해 UAV는 목표 객체의 바운딩 박스를 카메라 프레임의 y축 중심에 정렬할 수 있다.

결과적으로, UAV는 x축과 y축 모두에서 목표 객체의 바운딩 박스를 카메라 프레임의 정중앙에 위치시키게 되며, 이는 UAV가 목표 객체의 바로 위에 수직으로 정렬됨을 의미한다. 이러한 수직 정렬 알고리즘은 UAV가 목표 객체를 정밀하게 탐지하고 투하 작업을 수행하는 데 있어 중요한 역할을 한다. 그림 1은 목표 객체와 UAV가 목표 객체의 바로 위에 수직으로 정렬하는 알고리즘의 수도 코드이다.

Algorithm 1 Vertical Alignment Algorithm for UAV

```

1:  $x_{center} \leftarrow \frac{x_{min} + x_{max}}{2}$ 
2:  $y_{center} \leftarrow \frac{y_{min} + y_{max}}{2}$ 
3: if  $x_{center} < x_{frame\_center}$  then
4:   Move UAV right
5: else if  $x_{center} > x_{frame\_center}$  then
6:   Move UAV left
7: end if
8: if  $y_{center} < y_{frame\_center}$  then
9:   Move UAV backward
10: else if  $y_{center} > y_{frame\_center}$  then
11:   Move UAV forward
12: end if
13: Target object is centered in camera frame

```

그림 1 UAV와 목표 객체 수직 정렬 알고리즘 수도 코드

UAV 시스템 구성

본 연구에서 사용된 UAV 시스템은 다음과 같이 구성되었다. 드론 프레임으로는 Holybro X500 v2 쿼드 콕터 프레임을 사용하였다.

드론의 카메라로는 SIYI A2 mini를 사용하였다. A2 mini는 1축 짐벌 모노카메라로, 주행 시에는 전방을 향해 시야를 확보하며, 목표 객체 인식을 위해 적재물 투하 시에는 수직 아래를 향하도록 설정되어 있다.

자율 비행 및 YOLO 객체 인식을 위한 연산 장치로는 Nvidia Jetson Orin NX를 사용하였다. Jetson Orin NX는 강력한 GPU 성능을 제공하여 실시간 딥러닝 연산을 가능하게 하며, UAV의 제한된 공간과 전력 조건에서도 높은 효율성을 유지할 수 있다.

전체 시스템은 ROS(Robot Operating System)를 사용하여 구축하였다. ROS는 로봇 소프트웨어 개발을 위한 유연하고 강력한 프레임워크로, 다양한 센서와 액추에이터의 통합을 용이하게 한다. 이를 통해 UAV의 자율 비행 및 객체 인식 기능을 효과적으로 구현할 수 있었다.

마지막으로, 적재물 투하를 위해 Tarot Double Throwing TL2961-03을 사용하였다. 이 장치는 최대 두 개의 물품을 고리 형태로 적재할 수 있으며, 순차적 혹은 일괄적으로 투하가 가능하다. 이는 다양한 시나리오에서 적재물 투하를 유연하게 수행할 수 있도록 하여, 다양한 응용 분야에서 투하 임무를 위해 활용될 수 있다.

실험 및 결과

목표 객체로는 오픈 데이터셋[2]을 사용하여 'H' 마커 착륙 패드를 선택하였다. 중앙 정렬 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 먼저 Gazebo 시뮬레이션 환경에서 충분한 테스트를 진행하였다. 시뮬레이션을 통해 다양한 조건에서의 드론 동작을 확인하고 알고리즘의 안정성을 검증하였다. 시뮬레이션 테스트 후, 실제 UAV를 구성하여 'H' 마커 목표 객체의 중앙 부분과 수직 정렬을 수행하였다. 드론이 목표 객체 위에 수직으로 정렬되었을 때, RC를 통해 서보 모터를 작동시켜 적재물을 투하하는 실험을 진행하였다. 이 실험은 드론의 자율 비행과 정확한 목표 인식 및 투하 기능을 종합적으로 평가하기 위한 목적이었다.



그림 2 UAV 하드웨어 구성

실험 결과, 제안된 중앙 정렬 알고리즘을 사용한 경우 수동 조작에 비해 더욱 안정된 수직 정렬 움직임을 보였다. 또한, 목표 객체를 더 빠르고 정확하게 인식하여 신속히 적재물을 투하할 수 있었다.

III. 결론

본 논문에서는 딥러닝 알고리즘을 활용한 UAV의 정밀 투하 보조 시스템을 제안하고 구현하였다. YOLOv5s 객체 탐지 모델을 사용하여 목표 객체를 인식하고, 바운딩 박스의 중심점을 기반으로 UAV를 목표 객체 위에 수직 정렬하는 알고리즘을 개발하였다. 이 시스템은 실시간 객체 인식을 통해 드론의 위치를 자동으로 조정하여, 목표 지점에 정확하게 물품을 투하할 수 있도록 설계되었다. 실험 단계에서는 Gazebo 시뮬레이션을 통해 중앙 정렬 알고리즘을 충분히 테스트한 후, 실제 UAV를 구성하여 'H' 마커 착륙 패드를 목표 객체로 사용하였다. 실험 결과, 수동 조작에 비해 더 안정적이고 신속한 수직 정렬 및 물품 투하가 가능함을 확인하였다. 이는 제안된 시스템이 UAV의 물품 투하 작업에 있어 효율성과 정확도를 크게 향상시킬 수 있음을 보여준다.

본 연구는 UAV 기술의 발전에 기여하며, 재난 구호, 군사 작전, 상업적 배달 등 다양한 응용 분야에서 활용될 수 있는 정밀 투하 보조 시스템을 제시하였다. 앞으로의 연구에서는 딥러닝 기술을 통해 목표 객체를 더욱 정확히 인식하고, 시스템에서 허락된 목표에만 자동으로 정밀 투하를 수행할 수 있도록 시스템을 향상시킬 예정이다. 또한, 수동 조작과의 성능을 더욱 정량적으로 평가하여 비교할 예정이다. 이를 통해 UAV의 실용성과 신뢰성을 한층 더 높일 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ICAN(ICT Challenge and Advanced Network of HRD) program(IITP-2024-RS-2022-00156394) supervised by the IITP(Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation) This work was supported by Innovative Human Resource Development for Local Intellectualization program through the Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation(IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (IITP-2024-2020-0-01612)

참고 문헌

- [1] Nepal, U., & Eslamiat, H. (2022). Comparing Yolov3, Yolov4 and Yolov5 for autonomous landing spot detection in faulty UAVs. *Sensors*, 22(2), 464.
- [2] <https://universe.roboflow.com/search?q=h%20landing%20pad>