

인공지능 기반의 자율주행 과수용 무인 농약 살포기 플랫폼 구현

김정현, 최영은, 신수용

국립금오공과대학교

kjh454311@kumoh.ac.kr, choiye1122@kumoh.ac.kr, wdragon@kumoh.ac.kr

The implementation of an AI-based autonomous orchard unmanned pesticide spraying platform

Jung Hyun Kim, Yeong Eun Choi, Soo Young Shin

Kumoh National Institute of Techonology

요 약

본 연구에서는 과수원과 같은 복잡한 환경에서 UGV를 활용한 무인 농약 살포기 플랫폼을 개발하였다. RTK-GPS와 AI 기술을 통합하여 정밀한 경로 주행과 충돌 방지 기능을 구현하였으며, QGC를 통해 Waypoint 기반의 자율 주행을 수행하였다. 또한, YOLOv5 모델을 사용하여 사람을 감지하면 UGV가 자동으로 정지하고 안전이 확보된 후 다시 주행을 이어가는 충돌 방지 알고리즘을 도입하였다.

I. 서 론

농업 현장에서의 효율성 향상과 인력 문제 해결을 위해 농약 살포기의 무인화가 점점 더 중요한 과제로 대두되고 있다. 특히, 과수원과 같은 복잡한 환경에서는 인력 의존적인 농약 살포 작업이 시간과 비용 측면에서 비효율적일 뿐만 아니라, 작업자의 건강에도 위험을 초래할 수 있다[1]. 이에 따라, 농약 살포 작업을 무인화하여 이러한 문제를 해결하고자 하는 필요성이 점차 증가하고 있다.

기존의 무인 농약 살포기들은 주로 간단한 자동화 기술을 사용하여 제한된 범위에서의 자율주행과 농약 살포를 구현하고 있다. 이러한 시스템들은 기본적인 GPS 기반 경로 주행과 타이머 방식의 농약 살포 기능을 갖추고 있으나, 정밀한 주행과 장애물 회피, 환경 변화에 대한 적응력이 부족하다는 한계가 있다. 특히, 과수원과 같은 복잡한 환경에서는 이러한 기존 기술로는 정밀한 작업 수행이 어렵고, 작업의 효율성과 안전성이 떨어진다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 보다 정밀하고 효율적인 무인 농약 살포기 시스템을 제안한다. 이 시스템은 RTK-GPS와 AI 기반의 자율주행 기술을 통합하여, 과수원과 같은 복잡한 작업 환경에서도 정확한 경로 주행과 농약 살포를 가능하게 한다. 또한, 비용 효율성을 고려한 컴팩트한 설계를 통해, 기존 시스템 대비 경제적이면서도 고성능의 무인 농약 살포기 플랫폼을 구현하고자 한다. 이러한 접근은 농업의 자동화를 한층 더 발전시키고, 농작업의 효율성과 안전성을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

II. 본론

본 연구는 과수원 환경에서 무인으로 농약을 살포하기 위해 자율주행 시스템을 구현하는 것을 목표로 한다. 과수원은 일반 농지에 비해 협소하고 정밀한 주행이 필요하기 때문에, RTK-GPS를 사용하여 정확한 경로 주행을 구현하였다. 또한, 주행 중 장애물이 감지될 경우 즉시 정지하여 안전성을 확보하도록 설계하였다. 본 논문에서는 이러한 시스템 구성, 정밀

주행, 충돌 방지 알고리즘에 대해 상세히 다룰 예정이다.

2.1 시스템 구성

시스템 구성도와 시스템 구성 요소 및 사양은 그림 1과 표 1과 같다. 본 연구에서 사용되는 무인 농약 살포기(UGV)는 Pixhawk를 기반으로 제어되며, 이 Pixhawk는 텔레메트리를 통해 Host PC와 MavLink 프로토콜로 통신이 가능하다[2]. Host PC의 QGC와 Pixhawk 간의 통신을 통해 경로 설정, 미션 계획, 주행 모드 변경, 실시간 상태 모니터링 등을 수행할 수 있다.

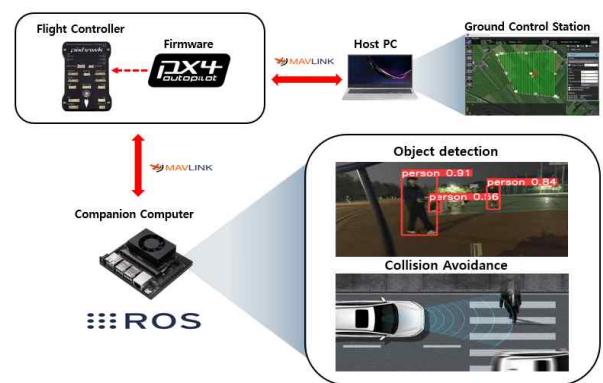


그림 1 시스템 구성도

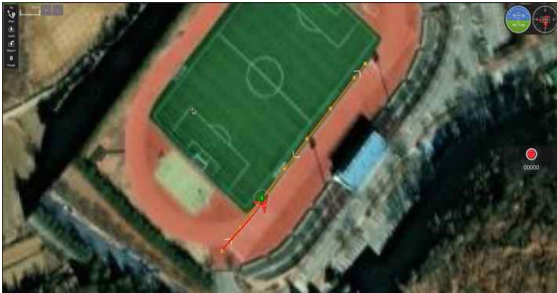
Item	Details
Flight Controller	Pixhawk 6c
Firmware	PX4
Companion Computer	Nvidia Jetson orin nx
Ground Control Station	Qgroundcontrol (QGC)
Operating System	Ubuntu 18.04 - ROS melodic
Protocol	MavLink

표 1 . 시스템 구성 요소 및 사양

또한, Jetson과 Pixhawk는 직렬연결이 되어있으며 MavLink 통신을 한다. 이를 통해 Jetson에서 객체 인식 후 충돌 위험이 감지되면 모터 제어 명령을 줄 수 있다.

2.1 RTK GPS를 이용한 정밀 주행

RTK GPS는 센티미터 수준의 위치 정확도를 제공하여 UGV의 정밀 주행을 가능하게 한다[3]. 본 연구에서는 기준국(Base station)과 이동국(Rover) 간의 실시간 위치 보정을 통해 정확한 위치 정보를 확보하고, QGC를 활용하여 UGV의 주행 경로를 설정하였다. 기준국의 위치는 Survey-in 방식을 통해 0.1m의 정확도로 얻었으며, GPS가 고정된(Fixed 상태) 후 실험 환경인 운동장에서 Waypoint를 수집하였다. 이후, UGV는 수집된 Waypoint를 따라 주행을 수행하였으며, GCS에서 실시간으로 모니터링 한 결과 및 실제 UGV는 각각 그림 2. (a), (b)와 같다.



(a)



(b)

그림 2. (a):GCS 주행 모니터링 결과
(b):무인 농약 살포기(UGV)

2.3 충돌 방지 알고리즘

본 연구에서는 객체인식 모델로 YOLOv5를 사용하였다[4]. 오픈 데이터셋으로 학습된 모델을 활용하여 실시간 추론을 수행하였으며, 본 연구의 목적에 따라 사람만을 분류 대상으로 하도록 클래스를 지정하였다. 이를 통해 시스템이 주행 중 사람을 정확하게 인식하고 충돌 방지를 수행할 수 있도록 한다. 그림 3은 YOLOv5 모델을 사용하여 실시간으로 사람을 인식한 추론 결과를 나타낸다.

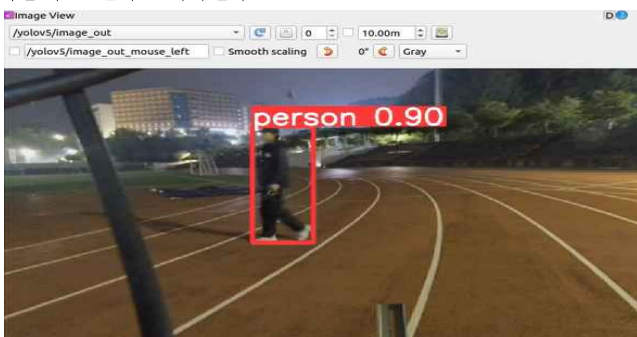


그림 3. YOLOv5 추론 결과

다음 그림 4는 충돌 방지 알고리즘을 나타낸다. QGC에는 MANUAL 모드와 AUTO.MISSION 모드가 있으며, MANUAL 모드에서는 사용자가 UGV를 원격 조종하고, AUTO.MISSION 모드에서는 QGC에서 설정한 경로를 따라 UGV가 자율적으로 미션을 수행한다.

본 연구에서는 UGV가 AUTO.MISSION 모드로 주행 중 YOLOv5 모델을 통해 사람을 감지하면, UGV를 자동으로 MANUAL 모드로 전환하도록 한다. 이때 UGV는 정지하며 사람이 카메라 시야에서 사라지면 다시 AUTO.MISSION 모드로 복귀하여 미션을 이어서 수행하게 된다.

Algorithm 1 Collision Avoidance Algorithm

```

1: Start Driving Algorithm
2: while True do
3:   if PersonDetected() = True then    ▷ True if person detected, else False
4:     Implement request_mode.data = MANUAL
5:   else
6:     Implement request_mode.data = AUTO.MISSION
7:   end if
8:   if CurrentWaypoint = LastPoint then
9:     Implement logic to end the algorithm
10:    Break
11:  end if
12: end while

```

그림 4. 충돌 방지 알고리즘

III. 결론

본 연구를 통해 과수원과 같은 복잡한 농업 환경에서 UGV를 활용한 자율주행 시스템의 가능성을 확인할 수 있었다. RTK-GPS 기반의 정밀 주행과 YOLOv5 모델을 통한 실시간 객체 인식을 결합하여, UGV가 안전하고 효율적으로 자율주행할 수 있도록 설계되었다. 이 시스템은 기존의 무인 농약 살포기보다 높은 정밀도와 안전성을 제공하며, 농작업의 자동화를 더욱 촉진할 수 있는 중요한 기술적 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다. 향후 연구에서는 다양한 환경에서의 성능 평가와 더불어, 추가적인 센서 융합을 통한 시스템의 개선이 필요할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 지역지능화혁신인재양성사업(IITP-2024-RS-2020-I201612, 50%)과 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원 - 학·석사연계ICT핵심인재양성 지원을 받아 수행된 연구임(IITP-2024-2022-00156394, 50%)

참 고 문 헌

- [1]박경은, 노수용, 박환진, 권순찬, 정미혜, 이수진. (2012-11-08). 사과재배 농업인에서 농약살포와 주관적 건강수준과의 연관성. 대한직업환경의학회 학술대회 논문집, 전라도.
- [2]A. Koubâa, A. Allouch, M. Alajlan, Y. Javed, A. Belghith and M. Khalgui, "Micro Air Vehicle Link (MAVlink) in a Nutshell: A Survey," in IEEE Access, vol. 7, pp. 87658-87680, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2924410.
- [3]<https://globalgpssystems.com/gnss/rtk-gps-understanding-real-time-kinematic-gps-technology/>
- [4]<https://github.com/ultralytics/yolov5>