

# UAV-UGV 협업 농업용 병해충 방제 시스템

김정현, 신수용\*

국립금오공과대학교 전자공학과, \*국립금오공과대학교 IT 융복합공학과

kjh454311@kumoh.ac.kr, \* wdragon@kumoh.ac.kr

## UAV-UGV Collaboration Agricultural Pest Control System

Kim-Jung Hyun, \*Shin-Soo Young

Kumoh National Institute of Technology

### 요약

본 논문은 기존의 UAV(무인 항공기) 방제 시스템의 한계를 극복하기 위해 UGV(무인 지상 차량)의 협업을 통한 농업용 방제 시스템 및 방법을 제안한다. UAV의 이동 및 자동 충전을 위한 UGV를 통합함으로써 본 시스템은 작업 효율성을 향상 시키고, 운영시간의 연장, 험난한 지형에서도 안전성을 강화한다. 제안된 시스템은 정밀 농업 기술의 중요한 발전을 나타낸다. 본 연구의 목적은 UAV와 UGV 간의 협업을 통해 방제 작업의 효율성을 극대화하고, 이를 위해 경로계획과 운영계획을 최적화하는 알고리즘을 개발하고, 이를 통해 기존 시스템의 한계를 극복하고 농업 방제 작업의 생산성을 높이는 것을 목표로 한다.

### I. 서론

본 논문에서는 UAV(무인 항공기)의 운영을 보조하는 UGV(무인 지상 차량)에 대한 시스템 설계와 구현에 대해 제안한다. 최근 UAV(무인 항공기)의 활용 증가로 농업 분야에서도 농약 및 비료 살포를 위한 UAV 도입이 주목 받고 있다[1]. UAV 기술 발전과 함께 농업 현장에서의 방제 또한 큰 발전을 이루었다. 그러나 기존의 UAV 방제 시스템은 UAV의 제한된 운영 시간, 방제 드론의 빈번한 배터리 및 농약 충전의 필요성, 또한 대형 UAV를 사용할 경우 작업자는 험난한 지형에서의 차량의 접근 어려움 때문에 직접 드론을 작업 현장까지 옮기는 등의 문제에 직면하고 있다[2]. 따라서 본 연구는 UAV의 이동 및 충전을 위한 UGV를 활용하여 이러한 문제를 극복하고자 한다. 또한 이를 통해 전체 시스템의 효율성과 안전성을 향상시키는 것을 목표로 한다.



그림 1 UAV를 활용한 농지 방제 예시  
Fig1 Examples of Farmland Control Using UAV

### II. 본론

#### 2.1 UAV-UGV 플랫폼

본 연구에서 제안하는 UAV-UGV의 플랫폼의 시스템은 그림 2과 같이 UAV, UGV, GCS로 구성된다. UAV는 방제 작업 중 배터리 잔량과 약제 사용량을 실시간으로 모니터링 하며, 일정 수준 이하로 떨어질 경우 UGV로 돌아가 충전 및 약제 보충을 요청한다. 이를 위해 센서 데이터를 기반으로 한 상태 모니터링 시스템을 구축한다. UGV는 UAV의 충전 및 약제 보충을 자동으로 수행하는 역할을 한다. UAV가 착륙하면 UGV의 충전 스테이션에서 배터리를 충전하고, 약제 탱크를 보충한다. 이 과정은 완전

자동화되어 작업자의 개입 없이 수행된다.

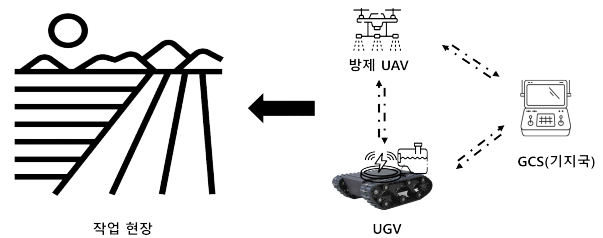


그림 2 전체 시스템  
Fig 2. Overall System

#### 2.2 UAV-UGV ROS 패키지

ROS를 활용하여 UAV와 UGV의 통신 및 제어 시스템을 구축한다[3]. 각 로봇은 그림3과 같이 독립적인 ROS 노드를 가지며, 이를 통해 상호작용한다. UAV와 UGV 간의 데이터 교환은 ROS 메시지 및 서비스 인터페이스를 통해 이루어진다.

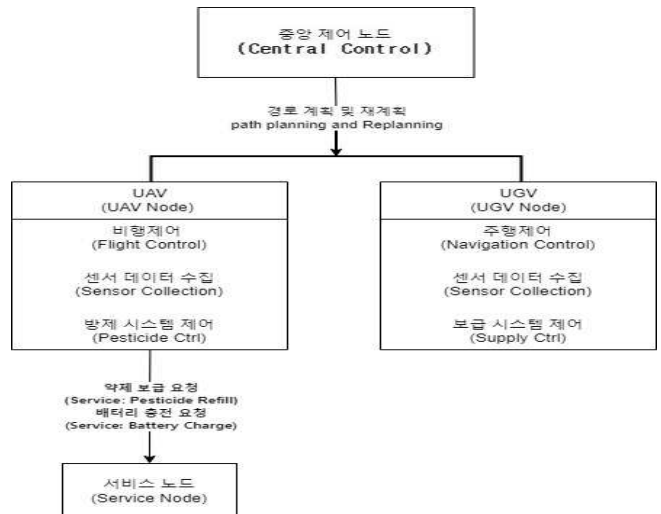


그림 3 UAV-UGV ROS 패키지  
Fig3 UAV-UGVROS Package

### 2.3 운영계획

시스템 초기화 단계에서 UAV와 UGV는 각각의 하드웨어 및 소프트웨어 시스템을 초기화를 진행한다. 중앙 제어 노드는 ROS를 통해 UAV와 UGV를 연결하고, 초기 위치, 배터리 상태, 약제 잔량 등을 수집하여 시스템을 초기화 한다. 중앙 제어 노드는 농지의 지도를 분석하여 UAV와 UGV의 초기 경로를 계획, UAV는 넓은 영역을 커버할 수 있도록 비행 경로를 설정하고, UGV는 지상에서 UAV의 경로를 따라 이동하도록 경로를 설정한다. 방제 작업이 시작되면 UAV는 경로 계획에 따라 비행을 시작하고 약제를 살포한다. 이때 UGV는 UAV의 경로를 따라 이동하며 UAV가 방제 하지 못한 영역의 지상 방제 작업을 수행. UAV와 UGV는 각각의 상태 정보를 실시간으로 중앙 제어 노드에 공유 중앙 제어 노드는 수집된 데이터를 바탕으로 경로를 조정하고 필요 시 경로 재계획을 수행한다. UAV는 비행 중 배터리 소모와 약제 사용량을 모니터링 배터리 잔량이 20% 이하이거나 약제가 부족해질 경우 중앙 제어 노드에 보급 및 충전을 요청. 중앙 제어 노드는 UGV에게 UAV의 보급 및 충전 위치를 전달하고, UGV는 해당 위치로 이동하여 UAV 도킹을 진행 UGV는 UAV의 배터리와 약제의 충전을 진행한다. UAV와 UGV는 설정된 모든 구역의 방제 작업을 완료후, 작업 중 수집된 데이터를 분석하여 방제 효율성, 배터리 및 약제 사용량, 경로 계획의 정확도 등을 평가. 분석 결과를 바탕으로 다음 작업을 위한 경로 계획 및 시스템 개선점을 도출한다.

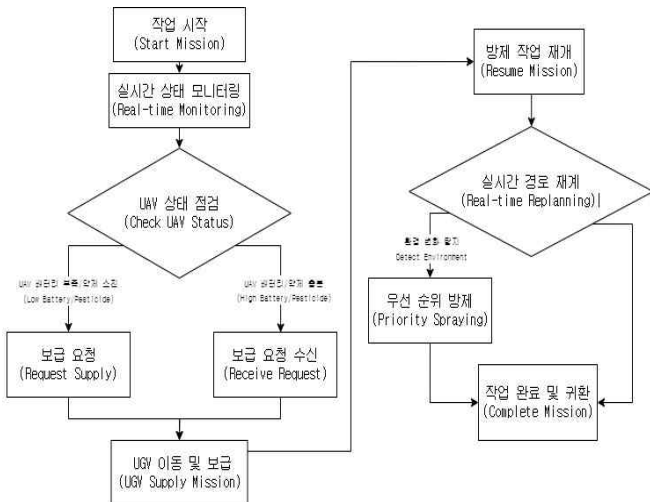


그림 4 시스템 방제 시나리오  
Fig4 System Control Scenario

### 2.4 UAV와 UGV 협업 경로계획 알고리즘

UAV와 UGV의 협업 경로계획은 두 로봇이 서로 보완적인 역할을 하여 작업 효율성을 극대화하는 것을 목표로 한다. 협업 경로계획은 두 로봇이 서로의 위치와 상태를 공유하며 동기화된 작업을 수행할 수 있도록 한다. 이를 위해 각 로봇의 상태 정보를 실시간으로 교환하고, 협업 경로계획 알고리즘을 통해 최적의 작업 경로를 산출한다. UAV는 공중에서 빠르게 이동하여 방제 작업을 수행하며, UGV는 지상에서 UAV를 지원하는 역할을 한다. 이를 위해 경로계획 알고리즘을 개발하여 UAV와 UGV의 최적 경로를 계산한다. UAV의 비행 경로는 작업 구역 내에서 최단 시간 내에 방제 작업을 완료할 수 있도록 계획되어야 한다. 이를 위해 A\* 알고리즘과 같은 휴리스틱 기반 탐색 알고리즘을 사용할 수 있다[4]. 또한, UAV의 비행 경로는 배터리 소모량과 약제 사용량을 고려하여 최적화해야 한다. UGV는 UAV의 이동 경로를 지원하며, UAV의 충전 및 약제 보충을 위해 이동해야 한다. UGV의 경로는 지형 정보와 장애물 데이터를 바탕으로 최

적화되어야 하며, D\* 알고리즘이나 RRT (Rapidly-exploring Random Tree) 알고리즘을 사용하여 실시간으로 경로를 재계획할 수 있다. UAV와 UGV는 작업 영역을 여러 소구역으로 분할하여 각 소구역에서 UAV가 최적의 경로를 따라 방제를 수행. 전체 작업 영역을 작은 단위로 나누어 각 소구역에서 효율적인 방제를 목표로 함.

### III. 결론

본 논문에서는 UAV와 UGV의 협업을 통한 농업용 방제 시스템은 기존의 문제점을 효과적으로 해결할 수 있으며, 경로계획 및 운영계획의 최적화를 통해 작업 효율성을 크게 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 내비게이션 알고리즘과 ROS를 활용한 시스템 구현 방법을 자세히 다루었다. 향후 연구에서는 실제 농경지 적용을 통한 성능 평가와 시스템 개선 방안을 모색할 것이다.

### 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] Soomin Lee, Se Yoon Choi, Kyu Hyung Cho, Dahoon Joo, Dokshin Lim, & Jiho Kim (2024). Drone Mapping System and Functions for Agricultural Spraying Drones Based on Spray Area. Transactions of the KSME C Industrial Technology and Innovation, 12(1), 1-9, 10.3795/KSME-C.2024.12.1.001
- [2] Hong-Kyou You, U-Seok Jeong, Yong-Woo Chae, & Seongsup Kim (2021). An Analysis of Economic Feasibility and Perception of Drone for Pesticide Application. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 22(12), 235-245, 10.5762/KAIS.2021.22.12.235
- [3] Dogyu Ko, Juhun Song, Hyeongseok Lee, & Hyoseok Hwang (2023-12-20). UAV/UGV cooperative system for three-dimensional map reconstruction. 한국정보과학회 학술발표논문집, 부산.
- [4] Sunghun Jung. (2023-04-19). MILP-based Energy Efficient and Cost Competitive Path Planning for the Swarm of Delivery UAV and UGV. 한국항공우주학회 학술발표회 초록집, 제주.