

초분광카메라를 이용한 UAV 및 UGV 기반 지능형 농업 시스템

김인곤, 신수용

국립금오공과대학교 IT융복합공학과

20246104@kumoh.ac.kr, wdragon@kumoh.ac.kr

Intelligent Agricultural System Based on UAV and UGV Using Hyperspectral Cameras

In Gon Kim, Soo Young Shin
Kumoh National Institute of Technology

요약

본 연구는 초분광 카메라를 탑재한 무인 항공기(UAV) 및 무인 지상 차량(UGV)을 이용한 지능형 정밀 농업 시스템을 제안한다. 시스템은 초분광 카메라를 활용하여 식물의 건강 상태 및 성장을 감시하며, 특히 농작물의 정규화 차이 식생 지수(NDVI) 값을 측정하여 식물의 건강도를 정량화한다. 이 정보를 바탕으로, UAV는 특정 영역에 대한 상세한 영상을 촬영하여 지상국에 전송한다. 지상국에서는 수신된 데이터를 분석하여 각 UGV에 구체적인 비료 및 농약 살포 지시를 내린다. 이 과정을 통해 비료 및 농약의 사용을 최적화하고, 농작물의 수확량을 증가시키며, 환경에 미치는 영향을 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다.

I. 서론

최근, 지속 가능한 농업 및 농업 생산성 향상을 위한 농업 기술의 혁신이 중요한 관심사로 부상하고 있다. 특히, 초분광 카메라를 탑재한 무인 항공기(UAV) 및 무인 지상 차량(UGV)을 활용한 지능형 정밀 농업 시스템이 주목받고 있다. 그림1은 UAV가 수집한 초분광 이미지를 보여주며, 각각의 색은 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index) 값을 나타내며, 이는 식물의 건강 상태를 정량적으로 표현한다[1]. NDVI(정규 식생 지수)는 센서 데이터를 이용하여 식생이 강하게 반사되는 근적외선과 식생이 강하게 흡수되는 적색광의 차이를 측정하여 식생을 정량화할 때 사용하는 식생 지수다. 기존의 농약과 비료 살포 방식은 광역 방제기나 무인 항공 방제기를 사용하지만, 이러한 방법들은 종종 비산 살포로 인해 환경 및 건강에 부정적 영향을 미칠 수 있는 과다 사용의 가능성을 내포하고 있다. 이에 대응하여 본 연구는 초분광 카메라와 NDVI를 활용하여 작물의 건강 상태를 정밀하게 모니터링하고, 이를 바탕으로 UGV를 통한 효율적이고 정밀한 비료 및 농약 살포가 가능한 시스템을 제안한다. 이 시스템은 실시간으로 식물의 건강 상태를 모니터링하며, 필요에 따라 농약 및 비료의 적정량을 조절하여 살포함으로써 농업의 자동화를 실현하고, 환경적 영향을 최소화하며, 농작물 수확량을 극대화하는 데 기여할 것으로 기대된다.

II. 본론

그림 2는 본 연구에서 제안된 시스템 구성도를 나타낸다. 이 시스템은 건강 상태 획득 UAV, 지상국, 정밀작업UGV로 구성되어 있다. 각 구성 요소는 서로 유기적으로 작동하며, 농작물의 상태를 실시간으로 모니터링하고 필요한 조치를 자동으로 수행하는 역할을 한다.

건강 상태 획득 UAV는 초분광 카메라를 사용하여 필드의 이미지 및 식물의 반응을 관찰한다. UAV가 수집한 데이터는 NDVI를 포함하여 식물의 생육 상태를 평가하는 데 중요한 지표로 사용된다. 일반적으로 엽록소는 가시광선을 강력하게 흡수하고 잎의 세포 구조는 근적외선을 강하게 반사한다. 식물이 아프거나 질병이 생기면 엽록소 함량이 감소하고, 근적외선 반사율도 떨어진다. 이를 통해 UAV는 식물의 건강 상태를 정밀하게 모니터링한다[2].

지상국에서는 UAV로부터 전송된 이미지와 데이터를 분석하기 위해 YOLO(You Only Look Once) v8 모델을 사용한다. YOLO는 기존 딥러닝 알고리즘과 비교하여, 객체 검출과 인식을 하나로 통합한 CNN 기반 시스템으로, 빠른 속도와 높은 인식률을 제공한다. YOLO는 세그멘테이션을 이용하여 농지 구분과 장애물 식별을 수행한다. 지상국은 이 데이터를 바탕으로 식물의 건강 상태를 평가하고, 필요한 조치를 결정한다.



그림 1 . 초분광 카메라를 이용한에서

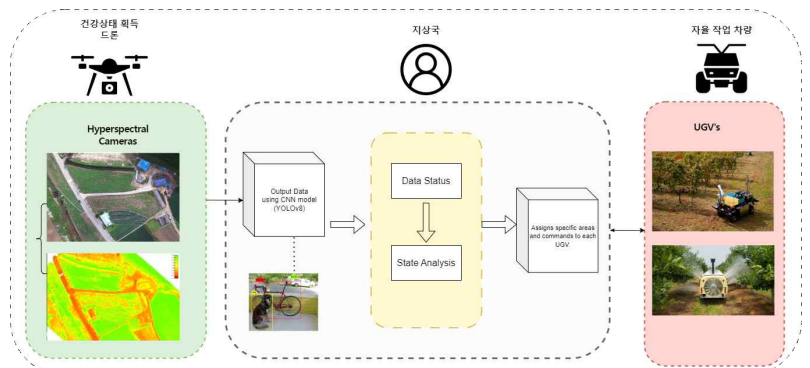


그림 2 .시스템 구성도

이를 통해 작물의 상태에 대한 정확한 평가와 필요한 농약 및 비료의 양을 계산한다. NDVI값은 식물의 생육 상태를 정량적으로 평가하는 데 중요한 역할을 한다. NDVI는 아래 그림3과 같은 공식으로 구해진다. NDVI는 -1에서 1의 숫자 사이에서 산출되며 그 값이 클수록 더 건강한 식물임을 나타낸다[3]. 지상국은 이러한 분석 결과를 바탕으로 UGV에 구체적인 비료 및 농약 살포 지시를 내린다.

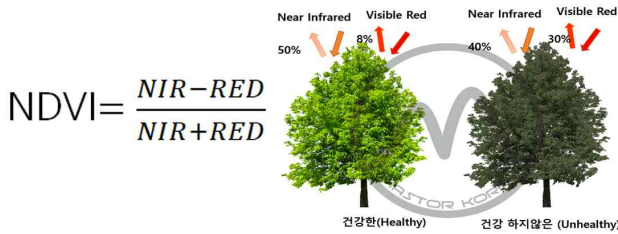


그림 3. NDVI산출 공식 및 건강상태 예시

작업 UGV는 지상국으로부터 전송된 지시에 따라 특정 지역에서 비료나 농약을 살포한다[4]. 이 과정에서 UGV는 이진트리 알고리즘을 활용하여 동적 경로를 찾는다. 이진트리는 각 노드가 최대 두 개의 자식 노드를 가질 수 있는 트리 기반의 데이터 구조로, 농장 환경의 변화나 예상치 못한 장애물이 발생하였을 때 신속하게 재구성되어 최적의 경로를 제공할 수 있다. 또한, 각 노드에 할당된 작업은 우선순위에 따라 정렬되며, UGV는 이진트리를 따라 가장 중요한 작업부터 수행한다. 이를 통해 UGV는 효율적으로 작업을 관리하며, 작업의 순서와 경로를 최적화한다[5].

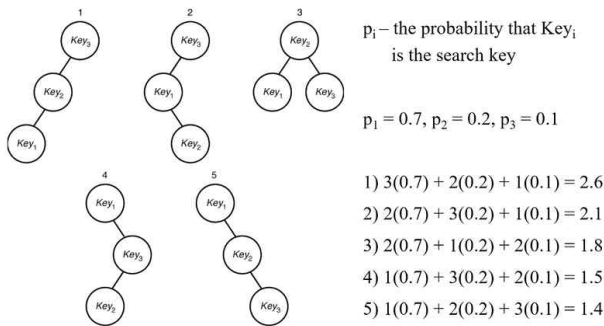


그림 4 이진트리 알고리즘 예시

이 시스템의 통합적인 접근 방식은 UAV와 UGV 간의 협업을 통해 농업의 효율성과 지속 가능성을 동시에 추구하며, 실시간 데이터 분석과 최적화된 자원 관리를 통해 환경에 미치는 영향을 최소화할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 초분광 카메라를 탑재한 무인항공기(UAV)와 무인지상차량(UGV)을 활용한 지능형 정밀 농업 시스템을 제안하고 그 실행 가능성과 효과성을 탐구하였다. 제안된 시스템은 UAV가 캡처한 상세 이미지와 NDVI 데이터를 이용하여 식물의 건강 상태를 실시간으로 평가하고, 이를 바탕으로 UGV가 필요한 농약 및 비료를 정밀하게 살포할 수 있도록 한다. 특히, 이진트리 알고리즘을 적용하여 UGV의 경로를 최적화함으로써 작업의 효율성을 극대화하였다.

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] Hassan, Muhammad Adeel, et al. "A rapid monitoring of NDVI across the wheat growth cycle for grain yield prediction using a multi-spectral UAV platform." *Plant science* 282 (2019): 95-103.
- [2] Behmann, Jan, et al. "Specim IQ: evaluation of a new, miniaturized handheld hyperspectral camera and its application for plant phenotyping and disease detection." *Sensors* 18.2 (2018): 441.
- [3] Jung, M.-H., Lee, S.-H., Chang, E.-M., & Hong, S.-W. (2012, August 31). Method of Monitoring Forest Vegetation Change based on Change of MODIS NDVI Time Series Pattern. *Journal of Korea Spatial Information Society*. Korea Spatial Information Society. <https://doi.org/10.12672/ksis.2012.20.4.047>
- [4] Miura, Hiroyasu, et al. "Plant inspection by using a ground vehicle and an aerial robot: lessons learned from plant disaster prevention challenge in world robot summit 2018." *Advanced Robotics* 34.2 (2020): 104-118.
- [5] 고정환. "산업용 AGV 시스템의 적응적 경로설정을 위한 지능형 시각 시스템의 구현." *전자공학회논문지-IE* 46.1 (2009): 23-30.