

모바일 매니플레이터를 활용한 스마트팜 토마토 질병 검출 및 방제 시스템에 관한 연구

이세연¹, 김준경¹, 손아영^{2*}, 홍성훈^{1*}

¹차세대융합기술연구원, ²한국과학기술정보연구원

seyuncom@snu.ac.kr¹, junkyeong@snu.ac.kr¹, ayson@kisti.re.kr^{2*}, seonghun.hong@snu.ac.kr^{1*}

A study on the smart farm tomato disease detection and control system using a mobile manipulator

Se-Yun Lee¹, Junkyeong Kim¹, A-Young Son^{2*}, Seonghun Hong^{1*}

¹Advanced Institute of Convergence Technology, ²Korea Institute of Science and Technology Information

요약

ICT와 데이터 분석이 활발하게 이루어짐에 따라, 스마트팜 서비스가 활성화되고 있다. 또한 고령화 사회로 문제가 되고 있는 농촌에서 하나의 일손이 될 수 있는 로봇은 중요성이 크다고 할 수 있다. 그 중에서도 모바일 매니플레이터는 이동성을 가지고 있어 넓은 스마트팜을 관리하기에 편리하며, 용도에 맞게 변경되는 엔드이펙터에 따라 다양하게 활용될 수 있어 이에 따른 연구가 필요하다. 대용량, 빠른 데이터 분석 및 관리를 위해 클라우드를 기반으로 모바일 매니플레이터를 설계하였으며, 토마토 작물에 적용시켜 이미지 데이터를 수집하고, 환경 데이터를 수집하였다. YOLO를 활용해 질병 이미지를 검출하였고, 피펫팅을 이용해 방제 작업을 할 수 있도록 하였다. 향후 스마트팜과 로봇 분야에 다양한 확장성을 기대할 수 있다.

1. 서론

최근 ICT와 데이터 분석이 활발하게 이루어짐에 따라 다양한 분야에서 발전이 되고 있다. 특히 고령화 사회로 문제가 되고 있는 농촌에서 스마트팜을 활용하려는 시도가 이루어지고 있다. 기존의 스마트팜은 센서들을 이용해 데이터를 수집하고, 창을 개폐하거나 양액을 공급하는 등의 용도로만 사용하고 있어 활용 방안이 필요하다.^[1]

또한 로봇 분야도 시장이 커지며 지속적으로 발전하고 있다. 이러한 로봇 시장에서 우위를 점하기 위해서는 로봇에 적용할 수 있는 사용 범위를 넓힐 수 있어야 하며 이를 위해서는 로봇에 클라우드를 접속시켜 인공지능을 활용하고, 영상 인식 등을 활용하는 연구·개발이 필요하다.^[2]

본 논문에서는 클라우드 환경에서의 모바일 매니플레이터 구조 설계에 대한 선행 연구^[3]에 대한 후속 연구로 스마트팜과 결합한 연구를 진행하였다. 스마트팜에서 토마토 작물의 환경, 사진 데이터를 수집하고 분석하여 질병을 조기에 검출하고, 농약을 최소한의 범위에 살포하고자 하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 모바일 매니플레이터를 활용한 스마트팜의 기존 연구 방향에 대해 살펴보고, 질병을 검출하기 위한 이미지 분석 알고리즘 및 데이터 수집에 대해 살펴본다. 3장 본문에서 모바일 매니플레이터의 구조와 동작을 수행한 결과를 보인다. 마지막으로 4장을 통해 향후 활용 방안과 연구 계획에 대해 제시하였다.

II. 관련 연구

1. 모바일 매니플레이터를 활용한 스마트팜의 기존 연구 방향

모바일 매니플레이터(Mobile Manipulator)는 스마트팩토리를 포함한 산업 현장에서 주로 활용되고 있으며, 모바일 매니플레이터를 이용해 물건을 Pick & Place, 위치 추정, 최적 경로를 제시하는 등의 연구^[3]들이 진행되고 있다. 최근에는 스마트팜 분야에서도 활용되고 있으며, 상세는 [표 1]과 같이 정리하였다. 스마트팜 내부 환경을 계측하고, 질병을 검출하고, 방제하는 기능이 연구되어 있었지만, 각각 독립적으로 연구가 수행된 점이 있었다. 본 논문에서는 이를 통합하여 환경 데이터를 수집하고, 질병

을 검출하기 위해 이미지를 수집하여 분석하고, 방제 기능을 결합한 모바일 매니플레이터를 통해 연구를 수행하였다.

[표 1] 모바일 매니플레이터를 활용한 스마트팜의 기존 연구 방향

	[4]	[5]	[6]
목적	스마트팜 내부 상태 측정을 위한 로봇 플랫폼 개발	식물 질병 검출	방제 로봇 개발
장점	내부 상태 계측을 위한 센서, 로봇 이동 플랫폼 개발	스마트팜 사진 데이터를 보정하여 질병 검출함	유량, 주행속도 등을 고려한 방제 로봇 개발
한계점	실증이 필요함	질병 검출만 수행	방제 기능만 수행

2. 질병 검출을 위한 이미지 분석 알고리즘 및 데이터 수집

선행 연구를 통해 이동 로봇 취득하는 데이터와 연산 부하를 고려하여 클라우드를 기반으로 설계하였으며^[3], 추후 확장성을 고려하여 Docker를 적용하였다. 질병을 검출하기 위해 이미지를 분석하는 다양한 알고리즘 중, 처리 속도가 빠르고 정확도가 높아 단시간에 다수의 객체를 탐지하거나 많은 양의 데이터를 처리할 수 있는 것으로, 스마트팜 연구에서도 활용되고 있는 YOLO 알고리즘^[7]을 통해 질병 검출을 하였다.

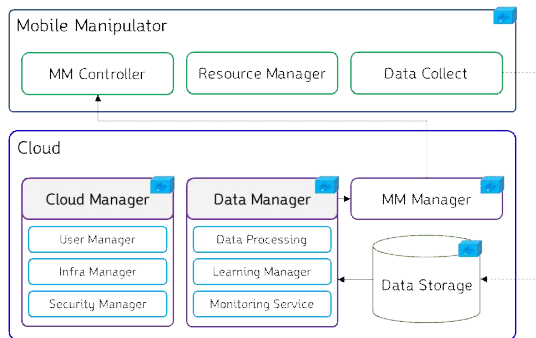
본 논문에서 YOLO 알고리즘은 Darkflow를 사용하였고, 이미지 학습을 위한 라벨링 작업인 Bounding-box 지정은 labelImg를 사용하였다. 이때 모바일 매니플레이터의 데이터 수집과 분석을 위한 컨테이너와 실제 이미지 분석을 위한 YOLO 알고리즘을 각각 컨테이너로 구성하였다.

토마토 이미지 데이터를 위해 연구원 내에서 작은 스마트팜을 구성하여 토마토를 직접 재배하였고, 모바일 매니플레이터를 이용해 이미지를 촬영하여 서버로 전송하였다. 이때 토마토 사진은 화분별, 나무별로 번호를 매겨 이미지를 촬영한 시간과 함께 이름에 표기하여 구분하였다. 질병 데이터는 웹 크롤링을 활용해 구글에서 ‘황화잎말림바이러스’, ‘탄저병’, ‘점무늬병’을 키워드로 검색한 이미지 데이터를 학습에 활용하였다.

III. 본 론

1. 스마트팜 질병 검출 및 방제를 위한 모바일 매니플레이터 구조

스마트팜 질병 검출 및 방제를 위한 모바일 매니플레이터는 크게 모바일 매니플레이터와 클라우드로 구분할 수 있으며, 연구·개발한 구조는 그림 1과 같으며, 각각의 컨테이너를 표시하였다.



[그림 1] 스마트팜 질병 검출 및 방제를 위한 모바일 매니플레이터 구조

클라우드는 사용자, 인프라, 보안을 담당하는 Cloud Manager와 데이터를 수집하고 전처리하는 Data Processing, 데이터를 학습하고 분석하는 Learning Manager, 대시보드를 위한 Monitoring Service로 구성되어 있다. 또 모바일 매니플레이터에 분석된 결과를 알려주고 동작을 제어하는 명령을 주는 MM Manager와 데이터 저장소로 구성된다.

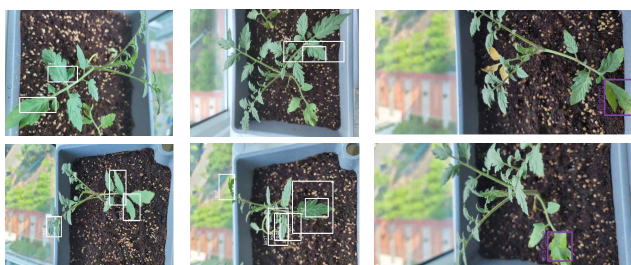
모바일 매니플레이터는 환경 정보를 수집하는 센서 정보 및 스마트팜 이미지 촬영 데이터를 수집하는 Data Collect, 모바일 매니플레이터의 전원, 위치, 동작 상태 등을 관리하는 Resource Manager, 클라우드에서 받은 명령을 수행하는 MM Controller로 구성되어 있다. 데이터 수집은 MQTT를 활용하였고, 모바일 매니플레이터와 클라우드 간의 데이터 전송은 ROS-MQTT Bridge를 통해 통신하였다.

2. 스마트팜 질병 검출 및 방제를 위한 모바일 매니플레이터 동작 결과

스마트팜 질병 검출 및 방제를 위한 모바일 매니플레이터의 동작은 다음과 같이 크게 두 가지로 구분할 수 있다.

첫 번째, 모바일 매니플레이터에 있는 센서들을 활용하여 환경 데이터를 수집하는 것이다. 기존의 스마트팜에서 활용되고 있는 CO₂, 온도, 습도 등의 센서를 모바일 매니플레이터에 장착하여 환경 데이터를 수집한다. 수집된 환경 데이터를 클라우드에 저장하고 대시보드 형태로 사용자에게 제공할 수 있다. 그 외 다양한 센서를 활용한 데이터 수집이 가능하다.

두 번째, 모바일 매니플레이터가 스마트팜 토마토의 이미지를 촬영해 질병을 조기에 감지하고, 방제 작업을 진행할 수 있다. 스마트팜 토마토의 이미지를 촬영하고, YOLO 알고리즘을 통해 이미지를 검출하였으며, 결과는 그림 2와 같다.



[그림 2] 스마트팜 질병 검출 및 방제를 위한 YOLO 알고리즘 수행 결과

YOLO 알고리즘을 통해 이미지 검출을 할 수 있는 클래스는 leaf, flower, fruit, disease, dry 다섯 개로 설정하였다. 이 중 disease, dry 상태는 Bounding-box를 보라색으로 나타내었고, 후속 작업을 수행할 수 있도록 클라우드에 알림을 줄 수 있도록 설정하였다.

질병 데이터 값인 disease로 판명되면, 마이크로피펫을 사용 가능하도록 설계된 모듈형 엔드이펙터(End-effector)^[8]가 장착된 모바일 매니플레이터의 피펫팅 작업을 통해 질병 데이터를 검출한 토마토 나무에 최소한의 범위로 방제 작업을 할 수 있도록 하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 스마트팜 질병 검출 및 방제를 위한 모바일 매니플레이터 구조를 제안하고, 연구·개발을 수행하였다. 모바일 매니플레이터를 통해 환경 정보 및 스마트팜 데이터를 수집하고, 질병 검출을 위해 YOLO 알고리즘을 활용하였다. 토마토 이미지 수집을 위해 실제 토마토를 재배하며 연구를 진행하였다. 질병이 검출되면, 피펫팅을 통해 방제 작업을 할 수 있도록 설계 및 개발하였다.

향후 데이터 학습에 따라 다양한 스마트팜 작물로의 확장이 가능하며, 엔드이펙터도 용도에 따라 교체하여 수확^[9]하거나 다른 작업들을 할 수 있도록 설계 및 확장이 가능하다. 앞으로 실제 스마트팜 환경에서 실증하고, 상용화하는 연구를 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

※ 본 연구는 차세대융합기술연구원의 지원을 받아 수행되었음 (AICT-2022-0001). 교신저자 : 손아영, 홍성훈.

참 고 문 헌

- [1] 이세연, 김준경, 김혜린, 유정민, 손아영. "DataPlatform as a Service (DPaaS)를 위한 분산 클라우드 기반의 딸기 생산량 최적화 예측 모델 선정에 관한 연구". 한국통신학회논문지, Vol. 47, No. 3, pp. 539-550. Mar. 2022.
- [2] 장동열, 유승열. "음성인식과 딥러닝 기반 객체 인식 기술이 접목된 모바일 매니플레이터 통합 시스템", 로봇학회 논문지, Vol. 16, No. 3, pp. 270-275. Jul. 2021.
- [3] 이세연, 김수호, 홍성훈, 김준경, 손아영. "분산 클라우드 환경에서의 seamless 서비스를 위한 모바일 매니플레이터 구조 설계". 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 803-804. Jun. 2022.
- [4] 임태수, 조원수, 오승현. "스마트팜 내부 상태 측정을 위한 모바일 로봇 플랫폼 개발", 대한기계학회 춘추학술대회, pp. 2128. Nov. 2022.
- [5] 박관익, 심규동, 백정현, 이상화, 박종일. "스마트팜 피노믹스 시스템에서의 식물 질병 검출 알고리즘", 한국방송미디어공학회 학술발표대회 논문집, pp. 150-153. Jun. 2022.
- [6] 김우람, 박원석, 임대영, 유영재. "시설원예 환경 분석 기반 방제로봇의 설계 및 개발", 한국지능시스템학회 논문지, Vol. 30, No. 4, pp. 290-296. Aug. 2020.
- [7] 박경옥, 황준화, 홍건교, 서동준. "스마트팜 이미지 분석을 위한 딥러닝 기반 객체 탐지 기술 연구", 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 1608-1609. Feb. 2022.
- [8] 김수호, 한정현, 남기태, 김준경, 홍성훈. "ModEE-PA: 피펫팅 자동화를 위한 시스템 엔지니어 모듈형 엔드이펙터 개발", 시스템엔지니어링 춘계학술대회논문집, May. 2022.
- [9] 설재희, 이세장, 손형일. "토마토 수확을 위한 흡착 그리퍼 기반 수확로봇 엔드이펙터 설계", 제어로봇시스템학회 국내학술대회 논문집, pp. 67-68. Jul. 2020.