

# 상부 이동식 모듈형 이미지 데이터 수집 시스템 설계

신현태\*, 정현창\*, 이명훈\*\*

\*국립순천대학교

[sy4448441@naver.com](mailto:sy4448441@naver.com), [jhc0829@s.scnu.ac.kr](mailto:jhc0829@s.scnu.ac.kr), [leemh777@scnu.ac.kr](mailto:leemh777@scnu.ac.kr)

## Design of an Overhead Rail-Based Modular Image Data Acquisition System for Greenhouse Monitoring

Shin hyun tae\*, Jeong Hyeon Chang\*, Lee MyeongHun\*\*

\*Sunchon National Univ.

### 요 약

본 논문은 기존 스마트농업 환경에서 영상 기반 모니터링 장치가 가진 공간 침해 및 운용 제약 한계를 극복하기 위해 온실 환경에 최적화된 상부 이동식 모듈형 이미지 데이터 수집 시스템을 제안한다. 기존 지상형 카메라나 드론 기반 시스템이 농작업 동선 방해나 난류, 배터리 한계 등의 문제를 안고 있는 반면, 본 시스템은 상부 레일 기반 이동 메커니즘을 활용하여 작물 생육 공간을 침해하지 않고 정밀한 이미지를 주기적으로 획득할 수 있도록 설계되었다. 제안된 시스템은 MCU 기반의 레일 컨트롤러로 위치를 정밀하게 제어하며, 라즈베리파이 메인보드를 통해 촬영된 이미지를 로컬 DB에 저장하여 데이터 무결성을 확보한다. 수집된 이미지는 히스토그램 평활화 및 메디안 필터링을 통해 조도 변화 및 노이즈가 보정되며, 이후 색상 편차 기반의 이상 감지 알고리즘이 적용된다. 이 알고리즘은 실측 이미지의 평균 RGB 벡터와 정상 생육 이미지의 기준 RGB 벡터 간의 유클리드 거리를 계산하며, 이 거리가 사전 정의된 임계값을 초과할 경우 이상 발생으로 판정한다. 이 방식은 계산 복잡도가 낮아 소형 메인보드 환경에서도 실시간 처리가 가능하다는 장점을 제공한다. 테스트베드 구동 결과, 시스템은 라인별 촬영 및 데이터 저장이 안정적으로 수행되었으며, 수집된 이미지는 전처리 과정을 통해 일관성을 확보함을 확인하였다. 본 연구는 정량적 이미지 데이터 확보를 통해 경험적 관찰 의존도를 줄이고, 향후 병해 조기 감지 및 생육 모니터링 연구의 기반을 마련함으로써 스마트농업 분야의 자동화 기술 발전에 기여할 것으로 기대된다.

### I. 서론

시설원예농업 현장에서는 다양한 요인들로 인하여 스마트농업 기술이 점차 도입이 확대되고 있다. ‘노지 원예농업의 스마트화 실태와 과제’ 조사 결과에 따르면 원예시설 분야 농가들은 스마트농업 도입에 있어 다양한 요인들 중 우선순위로 생산성 향상 및 품질 제고, 노동력 절감등이 주요 요인이 되었다.[1] 그러나 병해충 발생 예측과 같은 의사결정은 여전히 영농 경험에 크게 의존하고 있으며, 보조적으로 온도와 습도 같은 기상 요소를 활용하는 수준에 머무르고 있다. 실제 온실 내 병해충 피해는 시각적 증상이 나타난 이후에야 인지되는 경우가 많아, 후행적 대응으로 인한 병해 확산과 작황 불균형이 주요 문제로 지적되고 있다. 이러한 상황은 스마트농업의 본래 도입 목적과 상충되는 결과를 초래한다. 이를 해결하기 위한 방법으로 데이터기반 실시간 생육 변화 모니터링이 요구 된다.

이러한 배경에서 영상 기반 모니터링 기술이 주목받고 있지만, 기존 지상형 카메라 설치의 작업자의 동선이나 농기계 운행등을 방해하며 온실 구조상 충돌 위험이 크다. [2]는 온실 바닥의 배관·인프라 구조물이 차량형 또는 지상형 영상 장치 운용을 제약한다고 보고하였으며, 드론 기반 장치 역시 난류와 배터리 한계로 안정적 수집이 어렵다고 지적하였다. 반면 상부 구조 기반의 모듈형 시스템은 생육 공간을 침해하지 않으며 정밀 영상을 확보할 수 있어 현장 적용성이 높다고 판단 된다[3].

따라서 본 연구에서는 현장 실태조사 결과와 기존 장치의 한계를 반영하고 개선하여, 온실 환경에서의 최적화된 상부 이동식 모듈형 이미지 데이터 수집 시스템을 제안한다. 이를 통해 경험적 관찰에 의존하던 한계를 극복하고, 정량적인 이미지 데이터를 확보하여 향후 병해 발생 조기 감지와 생육 모니터링 연구에 활용할 수 있도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 장비구성과 설계를 다룬다. 제3장에서는 데이터 수집 및 이상 감지 알고리즘을 기술한다. 제4장에서

는 구동 결과 및 기대 효과를 제시하며, 본 논문을 마무리 한다.

### II. 본론

#### II.1 장비 구성

제안하는 그림 1과 같이 장비 구성에서는 상부 레일 기반 이동 메커니즘과 카메라 모듈, 제어 및 통신 장치로 구성된다. 레일 이동은 서보 모터 구동 방식으로 이루어지며, 위치 제어는 MCU 기반의 모터 컨트롤러에 의하여 수행된다. 카메라는 재배 라인의 상부에서 일정 간격으로 영상을 획득하며, 촬영된 이미지 데이터는 메인보드를 통해 처리된다. 데이터 전송은 무선 통신 모듈(WIFI)을 통해 외부 서버로 전송되어, 실시간 모니터링과 병해충 이상 징후 분석에 활용된다.

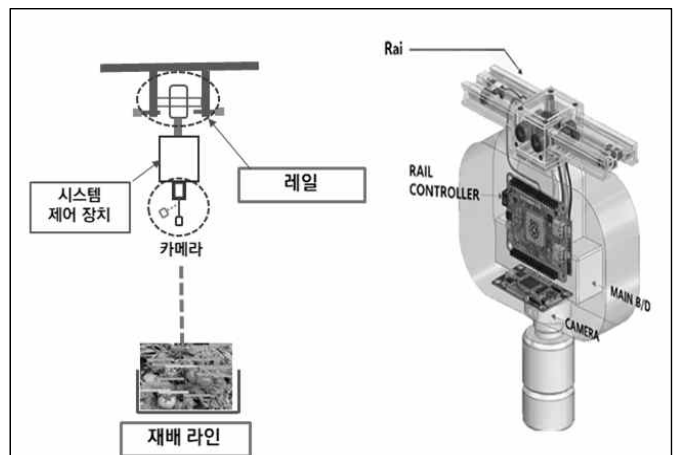


그림 1. 상부 이동식 모듈형 이미지 데이터 수집 시스템 구성도

표 1은 제안하는 장비의 세부 구성을 나타낸다.

표 1. 장비 구성도 세부내용

구성 항목	사용 장비 명	목적
이동 레일	알루미늄 프로파일 레일	카메라 이동 경로 제공
이동 제어 모듈	Rail Controller (MCU 기반 레일컨트롤러)	카메라 위치 제어
영상 수집 장치	라즈베리파이 카메라	작물 영상 촬영
시스템 제어 장치	라즈베리파이(메인보드) + 모터 제어용 MCU	시스템 통합 제어

### III. 시스템 설계

본 시스템은 상부 레일 기반 이동 메커니즘을 사용하여 온실 내 재배 라인의 상부에서 주기적으로 영상을 수집할 수 있도록 설계되었다. 카메라의 이동 경로와 촬영 횟수는 레일 길이( $L$ )와 촬영 간격( $d$ )에 따라 결정된다. 레일의 전체 길이를  $L$ , 촬영 간격을  $d$  라 하면, 전체 촬영 지점 수  $N$ 은 다음 (1)과 같이 산출된다.

$$N = \frac{L}{d} + 1 \quad (1)$$

(1) 수식을 통해서 촬영 해상도 요구 조건과 레일 길이에 따라 최적의 촬영 간격을 설정할 수 있었으며 시스템을 운영시 불필요한 데이터 중복을 줄이는 기준이 되었다.

$$T = \frac{L}{v} + N \cdot t_c \quad (2)$$

촬영 주기는 이동 시간과 촬영 시간을 고려하여 산출하였다. 레일 이동 속도를  $v$ , 1회 촬영에 소요되는 시간을  $t_c$  라 할 때, 전체 라인의 총 촬영 시간  $T$ 는 다음 (2)와 같이 계산된다.

#### III.1 데이터 수집 및 이상 감지 알고리즘

본 시스템은 촬영하여 수집된 이미지 데이터를 구역별로 라즈베리파이(메인보드)내 로컬 DB(SQLite) 형태로 저장된다. 로컬 저장은 무선 통신 환경의 불안정성에 대비하여 데이터 무결성을 확보하기 위함이다. 저장 구조는 라인 번호, 촬영 시간, 이미지 파일 경로, 전처리 여부 등을 포함한다

전처리 과정에서는 이미지 히스토그램 평활화 기법을 적용하여 조도 변화에 따른 밝기 보정을 수행하고, 메디안 필터링을 통해 노이즈를 제거 하였다. 이후 분석 모델 입력 크기에 맞춘 해상도 정규화가 수행된다.

이상 감지는 기준 이미지 대비 실측 이미지의 색상 편차 분석을 통해 수행된다. 실측 이미지의 평균 RGB 벡터를  $C_i = (R_i, G_i, B_i)$ 라 하고, 정상 생육 이미지의 기준 평균 RGB 벡터를  $\mu = (\mu_R, \mu_G, \mu_B)$ 라 할 때, 두 벡터 간의 유클리드 거리  $D$ 는 다음 (3)과 같다.

$$D = \sqrt{(R_i - \mu_R)^2 + (G_i - \mu_G)^2 + (B_i - \mu_B)^2} \quad (3)$$

위 (3) 수식과 같이  $D$ 가 사전 정의된 임계값  $\lambda$ 를 초과하게 되면 이상 발생으로 판정된다. 이 방식은 계산량이 적어 소형 메인보드 환경에서도 실시간 처리가 가능하도록 설계되었다.

### IV. 구동 결과 및 고찰

본 시스템은 온실 환경에서의 영상 수집 한계를 극복하기 위하여, 상부 이동식 모듈형 이미지 데이터 수집 시스템을 설계 하였다. 제안된 시스템은 레일 기반 이동 메커니즘과 카메라를 활용하여 재배 라인의 상부에서 정밀한 이미지를 주기적으로 획득할 수 있도록 하였으며, 촬영된 데이터는 로컬 DB에 저장되었다.

또한 색상 편차 기반의 이상 감지 기법을 적용하여 소형 메인보드 환경에서도 실시간 처리가 가능함을 확인하였다.

#### IV.1 테스트베드 구축

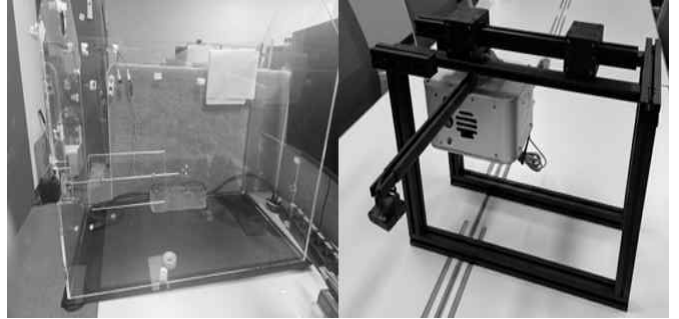


그림 2. 테스트베드

그림2와 같이 테스트베드를 구축한 결과, 시스템은 라인별 촬영 및 데이터 저장이 안정적으로 수행 되었으며, 수집된 이미지는 전처리 과정을 통해 일관성을 확보하였다. 이를 통해 기존 지상형 장치가 가진 공간 활용 제약을 일정 부분 보완할 수 있음을 확인하였으며, 실제 온실 환경에서의 적용 가능성을 검증하기 위한 기반을 마련하였다.

#### IV. 2 수집데이터

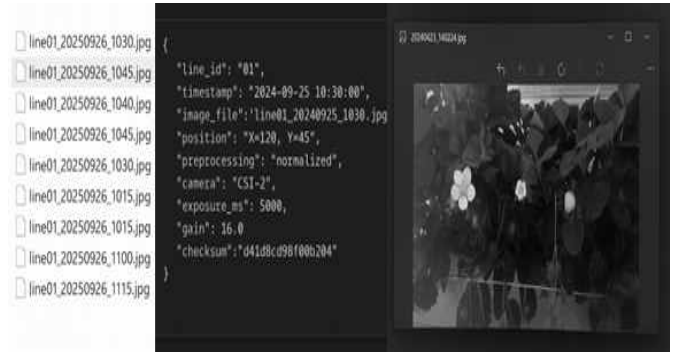


그림 3. 수집된 이미지 데이터

제안된 시스템은 정량적 이미지 데이터 확보를 가능하게 하여 경험적 의존도를 줄일 수 있음을 확인하였다. 기본 실험에서 색상 편차 기반의 단순 이상 감지 기법을 적용한 결과, 안정적인 라인별 촬영 및 데이터 저장이 수행되었으며, 수집된 이미지는 전처리를 통해 일관성을 확보하였다. 이러한 구조는 향후 병해 조기감지, 생육 모니터링, 맞춤형 재배 전략 수립등 다양한 응용 연구로 확장될 수 있다. 따라서 본 연구는 스마트농업 분야에서 영상 기반 데이터 수집 및 자동화 기술 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대된다

### ACKNOWLEDGMENT

“이 논문은 2025학년도 국립순천대학교 글로벌대학 사업비의 지원을 받아 연구되었음”

### 참 고 문 헌

- [1] 농촌진흥청, “노지 원예농업의 스마트화 실태와 과제”, (2024).
- [2] D. Cafuta, D. Rataj, V. Zlokolica, L. Vračar, and R. Stojanović, “Developing a modern greenhouse scientific research facility—A case study,” *Sensors*, vol. 21, no. 8, p. 2575, (2021).
- [3] Y. Kamarianakis, S. Perdikakis, I. N. Daliakopoulos, D. M. Papadimitriou, and S. Panagiotakis, “Design and implementation of a low-cost, linear robotic camera system for top-view greenhouse plant growth monitoring,” *Future Internet*, vol. 16, no. 5, p. 145, (2024).