

# 인공지능 가속기를 이용한 시설 재배 생육 모니터링 시스템 개발

한창희\*, 원유빈\*, 마성빈\*, 송의준\*, 고국원\*  
\*한라대학교 미래모빌리티공학과

e-mail: 202315022@hu.halla.ac.kr, 202315024@hu.halla.ac.kr, 202315006@hu.halla.ac.kr,  
202315010@hu.halla.ac.kr, kukwon.ko@halla.ac.kr

## Development of a Facility Cultivation and Growth Monitoring System Using an Artificial Intelligence Accelerator

Chang Hee Han\*, Yu Bin Won\*, Seong Bin Ma\*, Ui Jun Song\*,  
Kuk Won Ko\*

\*Dept. of Future Mobility Engineering, Halla University

본 연구는 꿀벌 감소로 인하여 수분의 어려운 점을 해결하기 위함이고 시설재배의 생육 모니터링을 위하여 인공지능을 이용한 시설 재배의 꽃의 상태를 인식할 수 있도록 인공지능 가속기를 활용했다. 인공지능을 구현하기 위하여 GPU를 사용하지 않고 NPU를 사용하여 인공지능 가속기를 개발하였으며, 기존의 시스템과 연동이 가능하도록 구성했다. 개발된 인공지능 가속기는 Yolov5m을 모델을 적용하여 초당 60 fps의 이상 인식 성능을 가졌으며, 시설재배 작물이 딸기에 적용하여 인공수분이 가능하도록 꽃을 인식하고 딸기의 상태를 인식했다. 개발된 인공지능 시스템은 시설재배 작물의 생육상태에 모니터링이 적용이 가능할 것으로 예상된다.

### 1. 서론

대한민국에서는 2022년 1월부터 대한민국에서 발생한 양봉용 꿀벌의 급격한 감소는 군집 붕괴 현상의 대표적인 사례 중 하나로 지목되고 있다. 이러한 꿀벌의 실종은 식물 세계에도 심각한 영향을 미치고 있다.

꿀벌이 사라지면서 꽃의 열매 결실에 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 꿀벌은 꽃의 수술에서 꽃가루를 수확하여 다른 꽃으로 옮기는 역할을 수행하는데, 이는 수분의 핵심적인 역할을 하고 있다. 꽃가루를 옮겨주는 과정을 통해 꽃들이 정상적으로 열매를 맺을 수 있게 되는 것이다. 그러나 꿀벌의 급격한 감소로 인해 이러한 과정이 원활하게 이루어지지 않게 되면서, 식물 세계에서 열매 결실이 제대로 일어나지 못하는 문제가 발생하고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 스마트팜 분야에서는 기존의 방법 외에도 새로운 접근 방식을 모색하고 있다. 최근에는 인공지능과 로봇을 활용하여 꿀벌의 역할을 대체하고자 하는 연구가 진행되고 있다. 로봇을 활용하여 꽃가루를 수확하고, 이를 다른 꽃으로 전달하는 작업을 수행한다. 로봇을 활용하기 위해서는 인공지능 기술을 적용하여 꽃의 위치와 상태를 정확하게 인지하고 이를 기반으로 꿀벌 대신 로봇이 수분을 수행한다. 이러한 시스템을 통해 꿀벌의 감소로 인한 식물 세계의 위기를 극복할 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 연구는

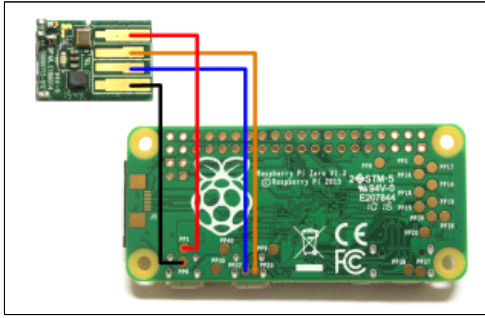
한국을 중심으로 꿀벌의 감소 문제를 탐구하며, 해결책으로 로봇과 인공지능을 활용하여 기존의 꿀벌의 역할을 대신하고자 한 이를 통해 꿀벌의 감소로 인한 생태계의 변화를 극복하고, 작물 생산성과 생태계의 안정성을 지키는 데 기여할 것으로 기대된다. 이러한 연구를 통해 지역 농가 및 스마트팜 분야에서는 꿀벌의 감소로 인한 위기에 대처할 수 있는 기술적인 대안을 찾을 수 있다.

본 연구에서는 스마트팜 기술에서 로봇 또는 드론을 이용한 인공수분을 적용하기 위하여 인공지능을 이용하여 꽃을 정확히 인식하기 위한 인공지능 영상 인식 기술을 Edge AI Embedded System 을 개발했다. 이를 위해서 인공지능 가속기 칩인 Hailo 사의 H8 NPU를 사용했다. Hailo사의 NPU인 H8은 26 TOPs의 성능으로 저전력과 초소형 크기로 인공지능 처리를 신속하고 효율적으로 수행할 수 있고 저렴한 비용으로 제공되어 스마트 팜 구현에 효과적이다. 따라서 Edge AI 기술은 시설재배 작물의 생육 모니터링에 적용 가능할 것으로 예상된다.[1][2][3]

### 2. 카메라 무선 전송 시스템

시설재배 작물에서 무인화를 위하여 드론이나 로봇에 필요한 영상 처리를 하기 위해서는 충분한 계산 능력을 가진 CPU와 GPU가 필요하며 이를 위해서는 많은 전류가 소모되고 전

체적으로 드론과 로봇의 부피와 중량이 커져 비행 시간과 운영 시간이 줄어들 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 소형의 wireless camera를 사용하여 영상을 전송을 하여 처리하는 것이 바람직하다. 이를 위해서 무선 영상 전송 시스템을 라즈베리파이 zero를 사용하여 그림 1과 같이 구성했다. 라즈베리파이 zero는 무선 모듈이 없으므로 아래와 같이 USB 무선 랜을 사용하여 연결했다.



[그림 1] Raspberry pi Zero wifi 모듈

리눅스 시스템에서 gstream의 명령을 사용하여 client에서 무선으로 영상을 송신하고 server에서 영상을 수신하기 위해서 표 1에 나타내었다.[4][5]

[표 1] Raspberry pi 송수신을 위한 명령어

|  |
|--|
| 송신 : <code>gst-launch-1.0 v4l2src device=/dev/video2 ! image/jpeg, width=640, height=480 ! rtpjpegpay ! udpsink host=192.168.30.131 port=5000 &amp;</code> |
| 수신 : <code>gst-launch-1.0 udpsrc port=5000 ! application/x-rtp, payload=26 ! rtpjpegdepay ! jpegdec ! autovideosink</code>                                 |

### 3. AI 가속기 제작

Yolov5m를 실시간으로 구현하기 위해서 일반적으로 GPU 나 고성능의 CPU를 가진 embedded system이 필요하다. 표 2과 같이 객체 인식에 사용하는 Yolov5m를 3개의 시스템에 성능을 확인했다. 고온 다습한 실내 하우스 환경에서 PC의 사용이 어려우므로 동일한 성능을 낼 수 있으면서 저가의 임베디드 환경에서 작동이 가능한 임베디드 Edge AI 가속기 개발이 필요하다. 가속기 개발에 필요한 Edge AI NPU는 Hailo사의 H8을 선정했다.

[표 2] 인공지능 임베디드 시스템 성능 비교

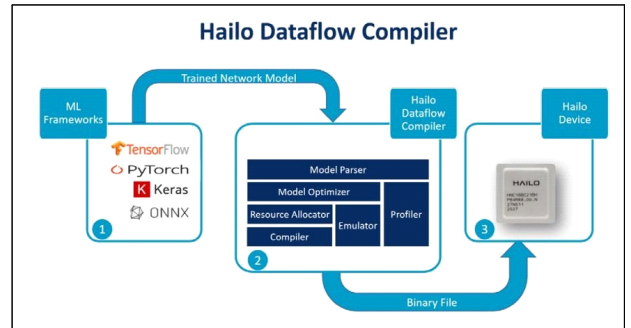
| System 사양 | 라즈베리파이 V4 | Jetson nano | PC- GPU I5/RTX2080 |
|-----------|-----------|-------------|--------------------|
| 속도        | 1 fps     | 2 fps       | 30fps              |
| 가격        | 15만원      | 47만원        | 120만원              |

그림 2은 본 연구에서 사용된 Hailo사의 H8이다. 2.5W의 전력을 소비하며, 크기는 18mm×18mm로 다른 NPU와 비교하여 소형이다.



[그림 2] Hailo H8 AI NPU

그림 3과 그림 4과 같이 Tensorflow, PyTorch등의 잘 알려진 인공지능 framework에서 onnx파일로 변환하여 쉽게 적용이 가능하다. H8의 성능은 26 TOPs로 Jetson AGX Xavier 8 GB와 20 TOPs 보다 성능이 우수하다.

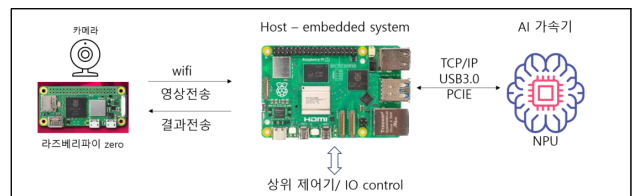


[그림 3] H8 Edge AI 가속기 dataflow



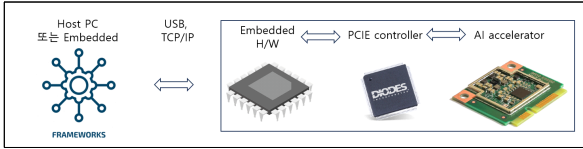
[그림 4] 인공지능 framework에서 onnx파일로 변환

드론 또는 로봇에 장착된 소형 카메라로 gstreamer를 사용한 무선 영상 전송을 위한 H8의 Edge AI 가속기 구현 개념도는 그림 5와 같다.



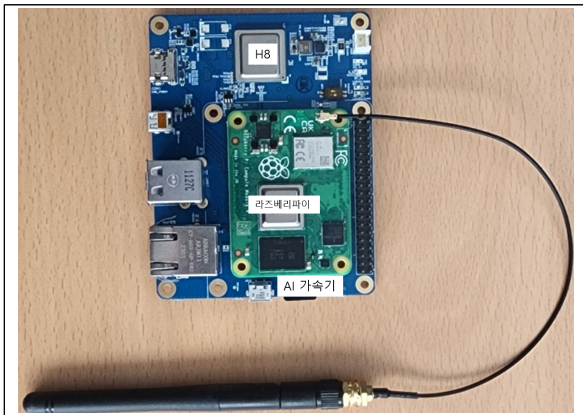
[그림 5] H8 Edge AI 가속기 dataflow

H8의 Edge AI 가속기 리눅스 기반 embedded system 연결 개념도는 다음 그림 6과 같다. 라즈베리파이 CM4에 가속기 보드 설계 Hailo H8을 PCIe IO를 통하여 연결했다. 라즈베리파이는 ubuntu 20.04에서 여러 가지 제어 프로그램 및 인공지능 처리 수행하도록 구성했다.



[그림 6] H8 Edge AI 가속기 연결 개념도

그림7은 최종적으로 제작된 Hailo의 H8을 이용한 인공지능 가속기 제작 사진을 나타내었다. PCIe를 사용하는 라즈베리파이 CM4와 연결이 가능하도록 제작되었다. 향후 라즈베리파이 CM4와 동일한 크기로 제작할 예정이다.



[그림 7] H8 Edge AI 가속기 기반 라즈베리파이 4 시스템

Edge AI 시스템을 시설 재배 농가에서 딸기에 적용하여 꽃과 딸기의 성숙도를 학습을 통해 꽃과 딸기의 성숙도에 따른 생육 상태를 인식하도록 적용했다. 딸기 생육 상태의 학습을 통해 수분에 필요한 꽃을 인식할 경우 로봇이나 드론을 사용하여 인공 수분이 가능하도록 할 수 있다. 인공 수분을 위하여 딸기의 꽃을 인식하는 신경회로망 모델은 YOLOv5m 모델을 사용하여 꽃을 2,000장의 딸기꽃 영상을 사용하여 학습했다. 딸기꽃 학습 후 딸기꽃의 confidence가 0.8 이상인 경우의 인식률은 recall(재현율)로 평가했다. 그 결과 표3에 나타난 바와 같이 꽃의 인식률은 전체 학습 인식률은 0.98%의 결과를 얻었다.



[그림 8] 학습 데이터 구축

## 4. Edge AI 시스템

### 4.1 인공지능 모델과 영상처리

딸기꽃의 인식을 위해서 사용하는 인공지능 모델은 YOLOv5m 모델을 사용했다.[6][7][8] YOLOv5m는 640×640 이미지를 입력 해야 하므로, 딸기꽃의 영상의 1280×720 이미지에서 중심부인 640×640으로 추출하여 사용했다. YOLOv5m를 사용하여 딸기꽃과 초록 딸기, 딸기를 학습했다.

### 4.2 Edge AI 시스템 구축

딸기꽃의 학습을 위한 인공지능 학습데이터는 취득한 딸기꽃 영상 2,000장을 사용하여 학습하였으며, 그림 8 나타내었다. Edge AI 시스템 구축을 위하여 학습데이터의 class를 3개로 분류했다. class의 0번은 strawberry\_flower, 1번은 green\_strawberry, 2번은 strawberry로 분류했다.[9][10][11][12]

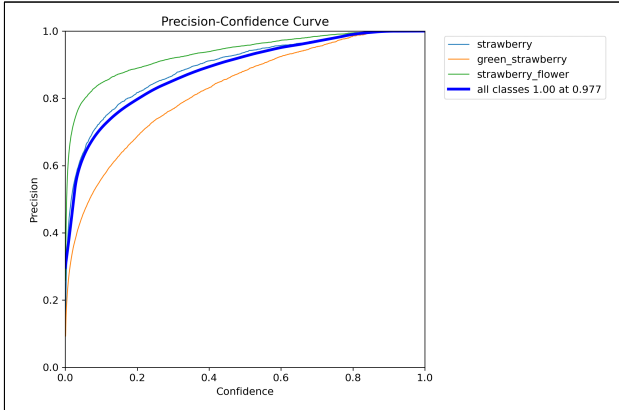
### 4.3 Edge AI 시스템 결과



[그림 9] 학습 데이터 결과

[표 3] 실험 결과 평균

| 객체 종류 | 실험 결과(테스트 동영상)                           |      | 결과   |
|-------|--|------|------|
| 동적 객체 | strawberry_flower.mp4                    | 0.99 | 0.98 |
|       | green_strawberry + strawberry_flower.mp4 | 0.97 |      |
|       | green_strawberry + strawberry.mp4        | 0.98 |      |



[그림 10] 학습 P\_curve

### 5. 결론

스마트팜 기술에서 드론과 로봇을 이용한 인공수분을 적용하기 위하여 꽃을 인식하기 위하여 인공지능을 구현하기 위하여 edge AI embedded system을 개발했다. 이를 활용하여 기본 AI GPU를 사용하는 시스템보다 저전력과 초소형 크기로 인공지능 처리를 신속하고 효율적으로 수행할 수 있고, 저렴한 비용으로 사용할 수 있게 했다. 실제 시설재배 농가에서 재배중인 딸기에 대하여 획득한 영상을 사용하여 학습하고 성능을 검증했다. 그 결과 꽃의 인식률은 0.98%의 결과를 얻었다. 향후 이를 로봇이나 드론의 인공 수분에 활용할 예정이며, 다양한 시설 재배 작물에 적용하여 생육 모니터링 시스템을 개발할 계획이다.

### Acknowledgement

“본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW 중심대학 사업 지원을 받아 수행되었음”

(2023-0-0082)

### 참고문헌

[1] 김두한, 이경환, 김철수, 양광열, 최창현, 최태현, 김용주, “작물의 생육환경 모니터링 시스템 개발”, 한국농업기계학회 학술발표논문집, 제 21권 2호, pp. 194-194, 11

월, 2016년.

[2] 배찬석, 정우혁, 이근재, 홍규량, 권지현, “딥러닝 기반의 사과 품질 실시간 모니터링 시스템”, 2024년 한국컴퓨터정보학회 하계학술대회 논문집, 제32권 1호, pp. 297-298, 1월, 2024년.

[3] 이기범, “토마토 수확 로봇을 위한 3D 위치 검출 임베디드 시스템 구현”, 한국통신학회논문지, 제 47권 11호, pp. 2007-2019, 11월, 2022년.

[4] 김영민, 강의선, “농작물 생육 관리를 위한 스마트 멀티센서 및 환경 모니터링 시스템”, 한국콘텐츠학회논문지, 제 17권 12호, pp. 138-147, 2017년.

[5] 장진호, 박은영, 황정수, 유영환, 객체 인식을 이용한 차량모니터링시스템“, 제 47권 7호, pp. 978-985, 7월, 2022년.

[6] 최병국, “SoC 기반의 엣지 디바이스를 위한 Yolov5M 경량화 및 최적화에 관한 연구”, 멀티미디어학회논문지, 제27권 제1호, pp. 170-180, 1월, 2024년.

[7] 최성용, 임성현, 이성진, “YOLOv5의 모델별 비교 분석을 통한 자율주행 차량 객체 인식 알고리즘 선정”, 2022년도 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, pp. 1678-1680, 6월, 2022년.

[8] 박경욱, 황준화, 홍건교, 서동준, “스마트팜 이미지 분석을 위한 딥러닝 기반 객체 탐지 기술 연구”, 2022년도 한국통신학회 동계종합학술발표회 논문집, pp. 1608-1609, 2월, 2022년.

[9] 방지현, 심준보, 박준, 박성욱, 김준영, 정세훈, “딥러닝 기반의 객체 탐지 모델을 활용한 과수 생육 단계 판별 시스템”, 스마트미디어저널, 11권 4호, pp. 9-18, 5월, 2022년.

[10] 최우주, 권경도, 김경철, 김국환, 양창주, “딥러닝을 활용한 딸기 생육지표 인식”, 한국산학기술학회논문지, 제24권 11호, pp. 558-565, 11월, 2023년.

[11] 장성혁, 최용, 문석표, 이상희, “딥러닝을 이용한 감자 무게 예측 시스템 설계”, 한국농업기계학회 학술발표논문집, 제 27권 2호, pp. 235-235, 11월, 2022년.

[12] 김기오, 온병원, 이석훈, 이연식, 정현준, “딥러닝 기술을 활용한 복숭아 ‘미황’의 성숙도 자동 분류”, 원예과학기술지 제42권 제1호, pp. 80-93, 2월, 2024년.