

임베디드 시스템과 인공지능 기반 객체 인식 기술을 융합한 과일 자동 분류 시스템

천중원*1, 고준섭*2, 정성엽*3, 문재현**

수원대학교 컴퓨터SW학과 학부생, 연세대학교 화공생명공학과 학부생,
수원대학교 데이터과학부 학부생, 한국기술거래사회 부회장

vvipia@suwon.ac.kr, jcgo0845@yonsei.ac.kr, unknownlimitless0301@gmail.com,
smjhoon@gmail.com

*공동 제1 저자(Co-first Author), **교신저자(Corresponding Author)

Automated Fruit Sorting System Using Embedded Systems and AI-based Object Recognition Technology

Jongwon Cheon*1, Junseop Go*2, Seong-Yeoup Jeong*3, Jaehyun Moon**

*1,3University of Suwon, *2Yonsei University, **Korea Technology Transfer Agents Association

요약

This paper describes an automated fruit sorting system using Raspberry Pi and Arduino to classify apples and oranges by freshness, using EfficientNet-B0 for detection. It offers expandability and addresses labor shortages in agriculture through automation.

1. 서론

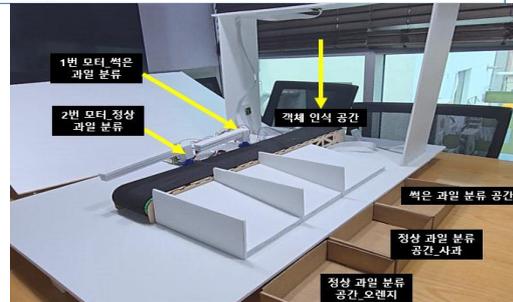
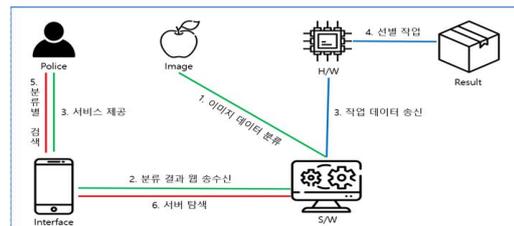
[1] 2022년 기준 농촌 고령화율은 26.1%에 이르러 특히 인구 감소 지역 중 면 지역의 65세 이상 인구 비율은 42.2%에 달할 정도로 고령화가 극심하게 진행되고 있다. 노동력 감소 문제를 해결을 위해 임베디드 시스템과 딥러닝 기술을 활용한 시스템으로 대체해 농촌인구의 감소로 인한 노동력 부족 상황을 극복할 수 있는 방안이 필요하다.

2. 제안 시스템

본 시스템은 임베디드 시스템과 딥러닝 기술을 결합하여 고령화 시대 농촌 지역의 부족한 노동력을 보완하는 자동화 분류 시스템을 제안한다. 또한 인공지능 모델의 경량화를 통해 저전력 장치에서도 이용가능하게 해 공간의 제약, 하드웨어의 제약에서 자유로워 질 수 있도록 개발하였다.

(그림 1) 시스템 구성도

(그림 1)은 전반적인 시스템의 구성도이며 사용자는 분류를 원하는 과일을 장치에 투입하면 해당 장치에 내장된 모델이 자동으로 분류를 한다.



(그림 2) 개발된 장치 실제 모습

(그림 2)에서 이 장치를 기반으로 AI 모델 학습과 임베디드 연결 방식, 또는 제어 장치 추가를 통해 여러 과일도 확장이 가능하다.

3. 임베디드 설계와 인공지능 학습

3.1. 임베디드 설계

임베디드 설계는 아두이노, 라즈베리파이, 컨베이어 벨트, 서보모터, 라즈베리파이 카메라와 같은

다양한 장치들이 유기적으로 연결되어 작동할 수 있도록 구성되었다.

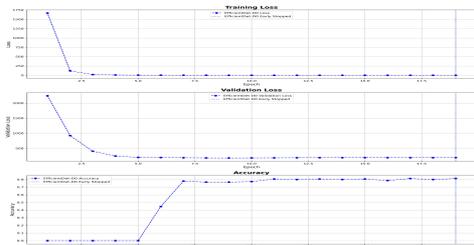


(그림 3) 정상 사과와 오렌지, 썩은 사과와 오렌지 (그림 3)은 실제 학습할때 이용한 데이터로 썩은 과일의 경우 구별을 위해 마커로 표시를 하였다.

3.2. 인공지능 학습

인공지능 학습을 위해 CNN모델, EfficientDet-D0 모델, EfficientDet-B0모델의 성능을 비교 하였다.

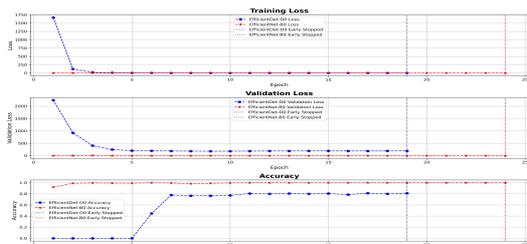
3.3. EfficientDet-D0 모델



(그림 4) EfficientDet-D0의 Train 데이터 성능 지표

3.4. EfficientNet-B0 모델

EfficientDet-D0 모델과 비교하였을 때의 EfficientNet-B0 모델의 성능은 다음과 같다. 파란색의 그래프가 EfficientDet-D0 모델, 빨간색 그래프가 EfficientNet-B0 모델이다.



(그림 5) EfficientDet-D0 /EfficientNet-B0 성능 지표

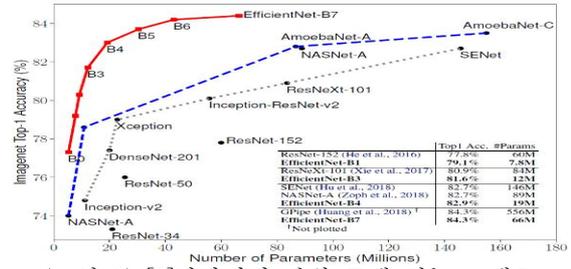
4. 한정된 자원에서 작동하는 모델 채택

처음 개발된 모델은 CNN(Convolutional Neural Network) 모델로, 시스템 자원의 효율성 보다는 정확도 향상에만 초점을 맞추어 설계되었다. 복잡한 연산과 높은 처리 능력을 요구했기 때문에, 제한된 자원에서 실행하기에는 어려움이 있었다.

4.1. EfficientNet-B0 모델의 도입 배경

제한된 처리 능력으로 인해 실시간 처리 성능이 충분하지 않은 문제를 해결하기 위해, 더 효율적이고 성능을 유지할 수 있는 대안으로 EfficientNet-B0 모델을 도입하게 되었다.

4.2. EfficientNet-B0 모델의 성능 검증



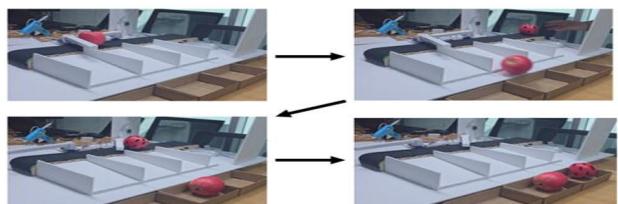
(그림 6) [2]파라미터 단위 모델 성능 그래프 EfficientNet은 적은 파라미터로도 높은 정확도를 유지하며, Compound Scaling을 통해 네트워크의 너비, 깊이, 해상도를 균형 있게 조정할 수 있다. 실제 라즈베리파이에서 CNN 모델을 실행할 때 과부하로 인해 시스템이 강제 종료되는 현상이 발생했지만, EfficientNet-B0 모델을 사용했을 때는 안정적으로 작동하는 것을 확인할 수 있었다.

4.3. 모델 튜닝 및 경량화

높은 정확도를 위해 하이퍼파라미터를 수행 하였으며 학습률과 네트워크 깊이를 조정하여 정확도를 향상 시켰다. 또한 EfficientNet-B0 모델이 본래 경량화된 구조라 하더라도 라즈베리파이 안에서 좀 더 원활하게 동작하기 위해 양자화를 진행 하였으며 양자화를 통해 정밀도를 유지하면서 메모리와 연산 성능을 최적화였다.

5. 결론

본 논문에서는 임베디드 시스템과 인공지능 기반 객체 인식 기술을 활용해 사용자의 직접적인 개입 없이 자동으로 목표 과일을 분류해주는 시스템을 저사양 기기를 통해 인공지능 정확도를 높이면서 구현하였다.



(그림 7) 과일이 분류 되는 과정

참고 문헌

[1] 도철원, "고령화 가속...전국 89개 인구감소지역 '농촌 소멸 위기'", 무등일보, 2024, 01.14.
 [2] Mingxing Tan & Quoc V. Le(2020). EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks

본 논문은 과학기술정보통신부 대학디지털교육역량강화 사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.