

딥러닝 기반 농작물 표면 검사 자동화 시스템 연구

김우진¹, 김승빈², 김민재³, 김민재⁴, 김성환⁵¹서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

18100064@seoultech.ac.kr, kdy9901@seoultech.ac.kr, alswo260179@seoultech.ac.kr,

minjaeid99@seoultech.ac.kr, sunghwan@seoultech.ac.kr

A Study on Deep learning-based crop surface inspection automation system

W. J. Kim¹, S. B. Kim², M. J. Kim³, M. J. Kim⁴, S. H. Kim⁵,¹Dept. of Mechanical System Design Engineering, Seoul National University of Science and Technology

요 약

본 연구는 머신러닝의 한 종류인 YOLOv5를 이용하여 기존 육안 선별작업을 자동화 하는 기계를 설계하는 것이다. 본 연구에서는 영상촬영과 선별작업을 진행하는 컨베이어 기구와 선별 프로그램을 제작하고, 모든 표면을 검사해 사과 품질을 3단계로 구별하는 작업을 진행하였다. 결과적으로 투입된 사과의 품질을 성공적으로 분류 하였다.

1. 서론

농촌의 인구 감소 및 고령화 현상에 따라 노동 인력 또한 줄어들고 있어 농산물의 수확에 한계를 보인다. 그 중 수확 및 저장 시기의 인력 수급은 농산물의 제한적인 저장능력으로 인해 더 중요한 요소이자 상품의 가치와 직결되는 요소이다. 따라서 노동력이 많이 투입되는 외관 품질 판별과정에서 자동화된 시스템을 도입하면 노동력을 절감할 수 있다. 또한 농산물 검사기준[1]의 사과 검사기준에서 결점과의 혼입률을 제한하여 품질을 나누고, 소비자의 외형적 선택기준[2] 또한 색과 모양, 이상 유무를 우선 시하기에 사과의 외관 표면의 품질이 중요한데, 영상처리 시스템을 통해 판별한다면 인적 오류로 인해 발생하는 주관성을 줄일 수 있을 것이다.

본 연구의 자동화 시스템은 보다 저렴하고 대체가 능한 농작물 판독 장치를 목적으로 하는데, 이를 위해 저비용 저전력 코어를 사용하여 인공지능 판독 장치를 구성하였다. 컨베이어벨트 위를 이동하는 사과의 전표면 영상을 얻을 수 있도록 기구를 설계하였으며, 획득한 영상을 기계학습 YOLO를 활용하여 사과의 품질을 판별하고 이를 분류할 수 있도록 하는 알고리즘을 개발하였다. 또한 시스템의 운용자가 진행 상황을 이해하고 관리할 수 있도록 하는 통합 관리 UI 시스템을 개발하는 것을 목표로 연구를 진행하였다.

2. 시스템 구성

본 연구에서 개발한 본 시스템은 컨베이어 시스템의 제어를 위한 Arduino Mega와 영상처리 및 분석을 위한 Raspberry Pi 4+로 구성하였으며, 시스템을 위해서 아래 Figure 1의 구성요소를 사용하였다. 컨베이어 벨트 구동을 위해 Stepping Motor를 사용하며 이를 위한 Driver, 사과의 컨베이어벨트 이동 과정에서 전표면 영상 획득을 위한 차단기(Barrier)와 분류를 위한 분류기(Classifier) 작동을 위한 서보모터를 사용한다. 또한 Photo Sensor를 활용하여 사과의 위치를 파악해 지정된 Process에 의해 시스템을 통제하며 Control Switch를 통해 운용자가 시스템을 조작할 수 있도록 한다. 그리고 회로를 통해 Power System을 설계하여 전력을 공급한다.

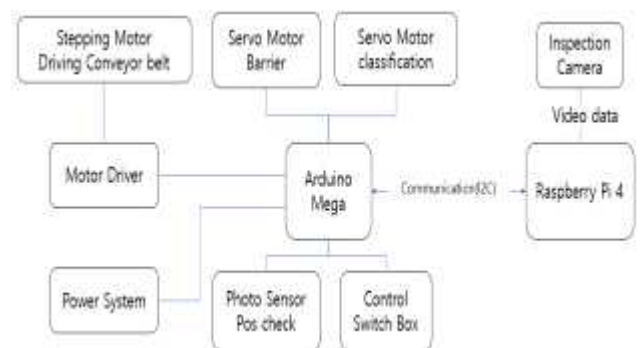


Figure 1. System Component

3. 기구적 설계

일정한 조건(빛의 양, 위치 등)에서 영상처리를 하기 위해 프로파일과 알루미늄판을 이용하여 판독부를 감싼 암실을 설치하였다. 외부의 광원으로부터 발생하는 노이즈를 차단하고 영상처리용 조명을 활용해 플리커 현상을 억제하여 일정한 광량을 유지하였다. 암실을 통해 어떠한 장소나 시간에 제약받지 않고 이 기구를 사용할 수 있게 해준다.

사과를 회전시켜 전표면 검사를 위해 컨베이어 벨트 암실 내부 판독부에 회전하는 차단봉을 설치하였다. 판독부 내부에서 포토센서로 사과를 인식하면 차단봉이 내려오고, 사과가 차단봉과 부딪혀 그 자리에서 회전할 수 있게 만들었다. 다물체 동역학 해석 (Multibody Dynamics Simulation) 소프트웨어인 'Recurdyn' 이용하여 사과의 회전에 대해 분석하고, 이를 토대로 차단봉을 설계해 3D 프린터로 제작하였다.



Figure 2. Conveyor Belt

4-1. UI

System을 control 하는 UI는 C#을 이용해 Figure 3과 같이 구성하였다. UI의 좌측에는 2개의 웹캠 원본 영상과 2개의 YOLO를 이용한 detecting 영상을 출력한다. UI의 우측에는 기구를 단독 제어하는 컨트롤 창과 수율 확인 창, 시스템의 시작, 정지 종료 명령 버튼이 위치한다. 아두이노와 메인 컨트롤러 간 시리얼 통신을 통해 기구를 제어하며, 구성된 알고리즘을 통해 시작 명령 한 번으로 사용자가 관여할 필요 없는 자동화 시스템을 구축하였다.

4-2. 알고리즘

기계를 가동하는 알고리즘은 Figure 4와 같다. Start 버튼을 클릭 시 가동이 시작되며, 포토센서 신호를 통해 사과 위치를 인식하고 차단봉을 제어한

다. 사과가 검사부에 위치하게 되면 사과 표면 검사가 시작된다. 컨베이어벨트와 차단봉에 의해 사과가 회전하고, 좌·우측 상단에 설치된 webcam을 통해 사과 전 표면 영상 정보를 획득한다. UI로 원본 사과 영상과 미리 학습된 데이터를 이용한 detecting 영상을 출력한다. detect 완료된 사과 상품 정보를 바탕으로 분류기를 제어하여 사과 품질 별로 분류한다. 포토센서 신호로 분류가 끝났음을 인식되었다면 새로운 사과를 투입한다.

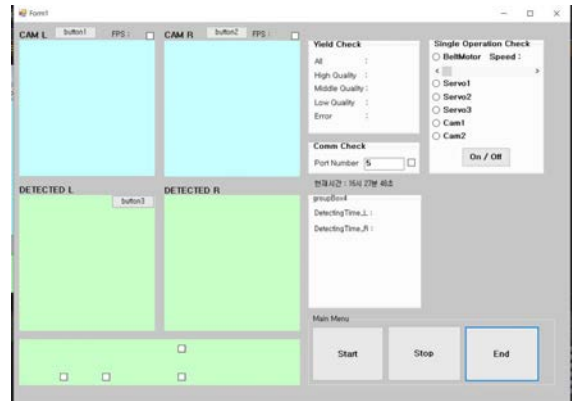


Figure 3. UI

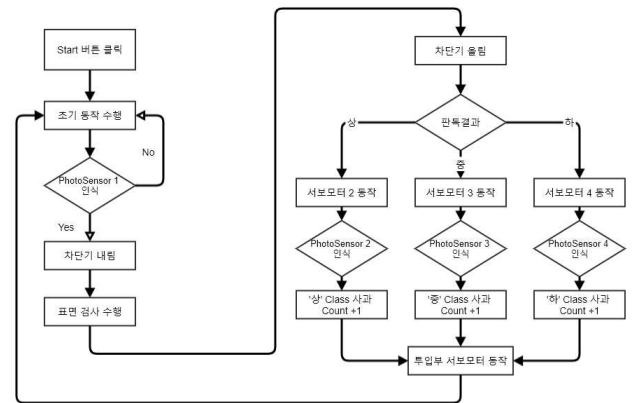


Figure 4. Algorithm

5-1. 학습 모델 선정

많은 딥러닝 알고리즘이 아직 GPU 기반으로 성능이 보장되지만, 객체 감지 모델 중 CPU에서도 뛰어난 성능이 보장되고 라즈베리파이에서도 동작할 수 있는 모델인 “YOLOv5”를 활용하기로 하였다. YOLOv5 시리즈는 대표적인 1-Stage Object Detection 방법으로 FPN, CSPN 등을 활용하여 하나의 모델에서 객체 위치와 객체 클래스 (사람, 자동차 동물 etc) 등을 학습할 수 있게 하는 방법이다.

5-2. 모델 학습

데이터 셋은 “AI-Hub“에서 제공하는 데이터 중 ”농산물 품질(QC) 이미지“ 활용하여 구성하였다. 사과와 원산지는 후지산과 양광산이고, 후지산은 크기별로 2,380개씩, 양광산은 크기별로 1,848개씩 총 12,684개의 데이터를 이용하였다. 학습 class로는 사과 상처에 해당하는 ”wound“와 사과그을음병에 해당하는 ”dot“으로 나누어 학습을 진행하였다. train 데이터셋과 validation 데이터셋 비율은 8:2로 나누었고, Overfitting 방지와 최적의 학습 결과 도출을 위해 epoch 수와 이미지크기(pixel) 등에 차이를 두어 학습을 진행하였다. 학습 결과로 라즈베리파이와 카메라 성능을 고려해 이미지크기는 416을 선택하였고, epoch는 250~300 사이가 적당한 것으로 판단하였다.

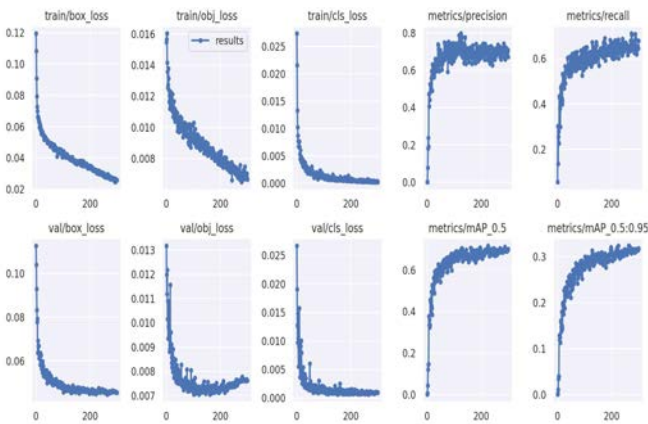


Figure 5 epoch 300 Img_size 416x416

5-3 품질 판별 알고리즘

한 면에서의 상처 개수가 아닌 매 프레임마다 바뀌는 사과의 상처는 id 누적부여로 인해 정확하게 개수를 세지 못했다. 또한 사과가 정확한 구가 아니기 때문에 한 바퀴의 정의가 모호했다. 그래서 본 연구에서는 회전하는 사과 상처의 총 개수를 판별하기 위해서는 Yolov5에서 제공하는 Detect.py 코드를 수정하여 Figure 6과 같은 상처 카운트 방식을 채택했다. 사과 상처를 정확하게 판별하는 컨베이어 벨트 속도를 구한 후 한 바퀴를 구르는 동안의 시간을 구한다. fps와 위에서 구한 시간을 이용해 사과가 한 바퀴 구르는 데 총 프레임수를 구한 후 4분할을 한다. 전체 상처 개수는 각 분할점 전후에서의 상처 개수에 평균을 구한 후 합계이다.

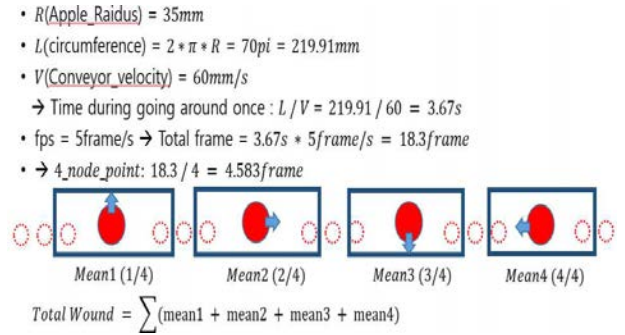


Figure 6. Apple wound count Algorithm

6. 결론 및 향후 연구

본 연구를 통해 저비용, 저전력 코어에서의 영상처리를 통해 컨베이어 위에서의 사과의 품질을 성공적으로 분류해냈으며 검출부의 조광 상태와 학습데이터의 질에 따라 결과가 크게 달라지는 것을 확인할 수 있다. 향후에는 학습데이터를 추가하여 사과 외에 더 다양한 농산물에 대해서도 표면 검사를 진행할 수 있도록 추가 하고, 조금 더 안정성 있는 전 표면 검사를 위한 기구적 설계 방안을 검토할 계획이다.

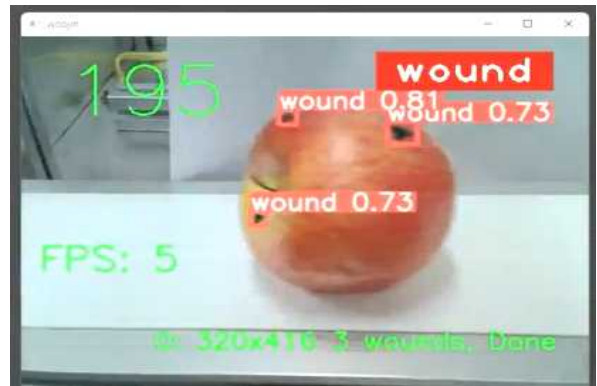


Figure 7. Detection Result

참고문헌

[1] Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (2021.07.21.), “Agricultural Products Inspection Standards”, Notice No. 2021-53

[2] Lee, Suhee. No, Sangha. Color Measurement of Fuji Apples using Color Vision System. Korea Society for Agricultural Machinery.(1998) 374-379.

[3] YOLOv5 Documentation, <https://docs.ultralytics.com>

※ 본 프로젝트는 과학기술정보통신부 정보통신창의인재양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.