

인공지능을 활용한 유통관리 시스템

(Distribution Management System Using AI)

김수현, 최재용, 이우영, 안정현, 윤상석
(Su-Hyeon Kim, Jae-Yong Choi, Woo-Young Lee, Jeong-Hyun An, Sangseok Yun)

부경대학교 전자정보통신공학부 정보통신공학전공

Abstract: This paper proposes an automated distribution management system that utilizes YOLOv5 object detection and OCR technology to recognize and manage products in various environments such as smart factories. The proposed system accurately extracts the expiration dates and the barcodes of products which will be utilized to classify and to sort products. Also, by employing a robot arm, the proposed system automates the sorting and distribution of the products. The proposed system improves the efficiency and accuracy of inventory management processes, saving time and labor.

Keywords: automation, distribution management, OCR, object detection, YOLOv5.

I. 서론

최근 자동화 기술의 발전 및 코로나 등의 감염병으로 인해 다양한 분야에 자동화 기술이 적극적으로 적용되고 있다. 특히, 대형마트, 편의점과 같은 유통업체에서는 제품 분류와 입·출고 과정에서의 오염 방지를 위해 자동화가 필수적으로 요구된다. 더불어 온라인 쇼핑의 급증으로 인해 정확하고 효율적인 유통관리 시스템의 필요성이 더욱 증대되고 있는 추세이다.

이에 따라 본 논문에서는 YOLOv5를 기반으로 한 객체 탐지 기술을 활용하여 제품의 유통기한(혹은 소비기한) 및 바코드와 관련된 정보를 추출하여 자동화된 유통관리 시스템을 구축하는 방법을 제안한다. 제안하는 시스템은 마트, 편의점 등에서 제품의 유통기한(소비기한)과 제품 정보를 실시간으로 파악하고, 해당 제품의 입고 및 출고를 자동으로 제어함으로써 유통관리의 자동화를 실현할 수 있다.

본 연구의 목표는 객체 탐지 기술을 활용하여 제품의 유통기한(소비기한)과 종류, 바코드에 대한 정보를 신속하게 추출하고 이를 기반으로 자동화된 유통관리 시스템을 구현함으로써 유통업체에서의 인력 및 시간을 절감할 수 있을 뿐만 아니라, 제품의 유통기한(소비기한) 파악과 재고 관리의 효율성과 정확성의 큰 향상을 기대할 수 있다.

II. 시스템 구성 및 동작

1. 시스템 구성

본 연구에서 고려하는 유통관리 시스템의 전체 구성은 그림 1에 도시하였다.

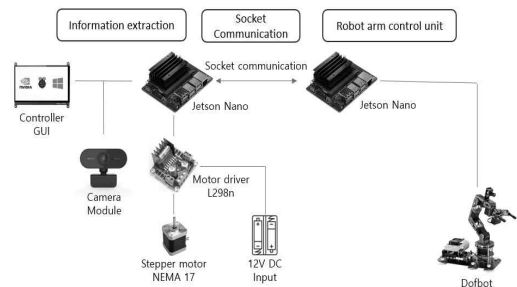


그림 1. 유통관리 시스템 구성도

사용자는 Controller의 GUI를 통해 시스템을 제어하며, 버튼을 누를 때마다 시스템은 해당 동작을 수행한다. 입고된 제품은 정확한 이미지 촬영을 위해 스텝 모터와 카메라 모듈을 사용하고, 생성된 이미지는 OpenCV를 이용하여 전처리 된다. 제안하는 시스템에서는 YOLOv5 기반의 객체 인식 알고리즘과 Google Cloud Vision API를 활용한 광학 문자 인식을 통해 데이터를 추출하고 저장하며, 이를 위해 NVIDIA Jetson Nano를 활용한다. 한편, 로봇팔

제어를 위해 또 다른 Jetson Nano를 사용하며, 소켓 통신을 활용해 두 Jetson Nano가 정보를 교환한다.

이러한 구성을 통해 유통관리 시스템은 사용자의 제어와 이미지 처리, 객체 탐지 및 문자인식, 데이터 저장 및 로봇팔 제어 등 다양한 기능을 수행할 수 있게 된다.

2. 시스템 알고리즘 및 설계

그림 2에 제안하는 유통관리 시스템의 흐름도를 도시하였다. 제안하는 시스템은 다음과 같은 과정을 거쳐 자동화된 유통관리를 수행한다.

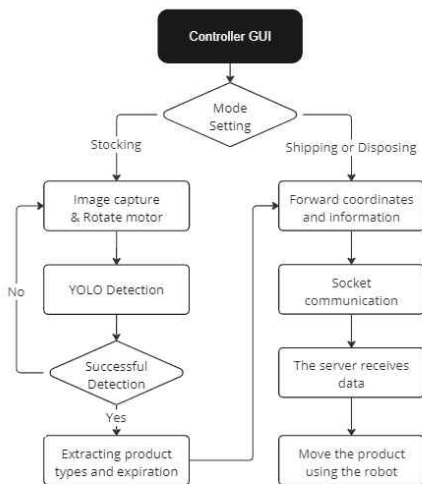


그림 2. 유통관리 시스템 흐름도

먼저 제품의 입고 과정에서는 제품의 각 면을 정확한 각도로 촬영하기 위해 카메라 모듈과 스테퍼 모터를 활용한다. 이렇게 얻은 4개의 이미지는 객체 탐지 모델의 입력으로 사용된다. 유통기한 (소비기한)을 검출하기 위해 이미지에서 해당 부분을 탐지하고, OCR을 통해 텍스트를 추출한다. 이때 OCR의 인식률을 높이기 위해 이미지의 이진화를 수행한다.

또한, Pyzbar 라이브러리를 활용하여 상품의 바코드 부분을 추출하고 바코드 해독을 통해 상품 정보를 획득하며, 추출된 유통기한 (소비기한) 데이터 및 상품 정보는 소켓 통신을 통해 로봇팔 제어를 위한 Jetson Nano에 전송된다. 로봇 팔 제어부는 상품 입고 현황을 데이터베이스로 구성하여 저장하고 있으며, 새롭게 입고된 상품의 정보 및 유통기한 (소비기한)을 기준으로 상품의 보관 좌표를 결정하고, 이에 따라 로봇 팔을 활용

해 상품 정렬을 수행한다.

출고 및 폐기 과정에서는 출고할 제품이나 유통기한이 지난 제품의 정보와 위치 좌표를 서버로 전송하여 제품을 출고하거나 폐기 처리하며 나머지 제품은 규칙에 따라 재배치하여 자동화된 입고, 유통기한 관리, 출고, 폐기 등의 작업을 수행한다.

3. 객체 탐지

제안하는 유통관리 시스템은 객체 탐지를 위해 YOLOv5 모델을 사용하여 제품의 유통기한 (소비기한)과 바코드 부분을 실시간으로 추출한다. 특히, 본 논문에서는 시스템의 실시간 객체 탐지를 위해 YOLOv5s 모델을 사용하였으며, 해당 모델 활용 시 저전력 Jetson Nano 시스템에서 실시간 객체 탐지가 가능함을 확인하였다.



그림 3. 수집한 데이터 샘플의 예시

3.1 데이터 셋 구성

본 논문에서는 직접 촬영한 약 1500장의 훈련 데이터를 활용해 YOLOv5s 모델을 훈련하였다. 훈련 데이터는 Milk, Snack, Gum 세 가지 클래스로 구성되며, 클래스 별로 약 500장의 샘플이 존재한다. 수집된 데이터 샘플의 수가 제한적이기 때문에 높은 객체 탐지 성능을 기대하기 어렵다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 임의로 선택된 4개의 학습 이미지를 일정한 비율로 결합하여 새로운 하나의 데이터 샘플을 생성하는 기법인 mosaic 기법을 활용하여 데이터 증강을 수행하였다.

YOLOv5s 모델은 각 훈련 데이터의 유통기한과 barcode 영역을 예측하는 것을 학습하며, 이를 위해 데이터 샘플의 유통기한 및 barcode 영역을 바운딩 박스로 마킹하여 ground truth로 사용하였다.

3.2 객체 탐지 모델 성능 평가

객체 탐지 모델에서 일반적으로 사용되는 성능 평가 지표는 IoU와 mean average precision(mAP)이다. IoU는 예측된 바운딩 박스와 실제 객체 바운딩 박스 간의 겹치는 영역의 넓이를 의미하며, mAP (mean Average Precision)는 객체 감지 작업에서 모델의 정확도를 의미

한다. 본 연구에서는 예측한 바운딩 박스의 IoU가 0.5를 넘는 값을 가지는 경우를 mAP_1으로 나타내었고, 예측한 바운딩 박스의 IoU가 0.5에서 0.95 사이의 값을 가지는 경우를 mAP_2로 나타내었다. 본 연구에서 수집한 데이터 셋으로 훈련한 결과를 표 1에 나타내었다. 측정 결과 mAP_1, mAP_2의 정확도는 각각 약 99.15%와 86.3%로 매우 높은 정확도를 획득할 수 있음을 확인할 수 있다.

표 1. 객체 탐지 모델 성능 지표

	precision	mAP_1	mAP_2
Best	0.985	0.99146	0.86303
Worst	0.97298	0.99146	0.86303

III. 시스템 구현 결과

1. 제품 정보 추출

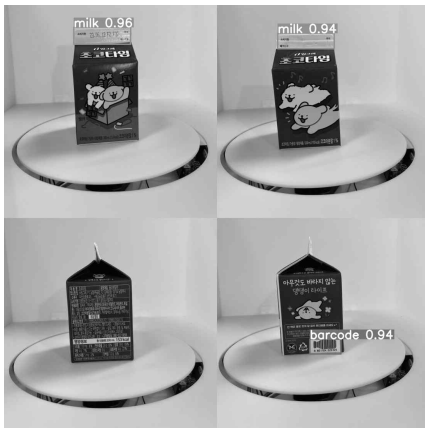


그림 4. 우유 이미지 판별 결과

그림 4에 제품 정보 추출 결과의 예시를 도시하였다. 촬영된 상품의 사진으로부터 유통기한 영역과 바코드 영역을 정확하게 탐지하는 것을 확인할 수 있다. 추출한 제품의 바코드 정보와 식품의약품안전처의 공공데이터를 활용하여 상품의 종류를 분류할 수 있으며, 이를 유통기한 정보와 함께 고려하여 해당 제품의 입고 위치를 결정한다. 입고 위치는 사전 정의된 규칙에 따라 결정되며 본 연구에서는 짧은 유통기한을 가진 제품 순서로 제품을 정렬한다. 이후 결정된 제품의 입고 위치 좌표를 로봇 팔 제어를 위한 Jetson Nano로 전송한다.

2. 로봇팔 제어를 통한 재고 관리

로봇팔 제어부는 수신된 제품 위치 좌표를 활용하여 재고 관리를 수행한다. 만약 해당 좌표에 먼저 입고된 제품이 있는 경우 해당 제품을 후 순위로 이동시킨 후 새롭게 입고된 제품 배치 작업을 수행하는 방법으로 재고를 관리한다. 제품 출고나 폐기 과정에서는 출고할 제품이나 유통기한이 지난 제품의 좌표를 수신하여 해당 제품을 배출하고, 나머지 제품들은 다시 재정렬된다.

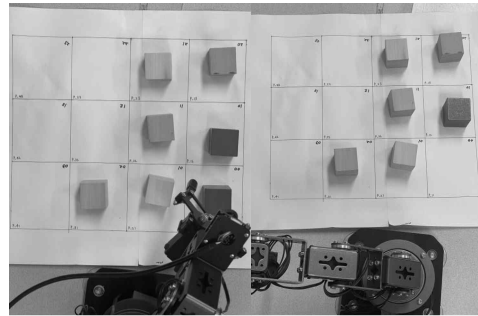


그림 5. 제품 입고과정

IV. 결 론

본 논문은 객체 탐지 기술과 OCR 광학 문자 인식을 이용하여 제품 종류와 유통기한(소비기한)을 추출하고, 이를 토대로 로봇팔을 활용하여 자동으로 재고를 관리하는 유통관리 시스템을 제안하였다. 실험 결과, 제안한 유통관리 시스템이 실시간으로 높은 정확도의 예측을 수행할 수 있음을 확인하였다. 제안된 인공지능 기반 유통관리 시스템은 제품 추적성, 유통기한 관리, 재고 관리 등의 측면에서 비용과 시간을 절약하면서도 더욱 높은 정확성을 달성함으로써 효율적인 유통관리를 가능하게 할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Yang-Jae Park, "Design of Multiple Barcode and QR Code Recognition System with Real-time Object Detection Technology", Journal of KII T. Vol. 20, No. 9, pp. 19, 2022 (in Korean)
- [2] Connor Shorten, Taghi M. Khoshgohar, "A survey on Image Data Augmentation for Deep Learning", Journal of Big Data volume 6, Article number: 60, 2019
- [3] https://pytorch.org/hub/ultralytics_yolov5/