

# 인공지능 객체인지를 통한 도넛 분류 및 무인 판매 시스템 개발

김태규<sup>1</sup>, 최지용<sup>1</sup>, 허진<sup>2</sup>, 문재현\*

<sup>1</sup>건국대학교 산업공학과 학부생, <sup>2</sup>한국공학대학교 전자공학과 학부생,

\*한국기술거래사회

ludick@konkuk.ac.kr, jiyong0808@gmail.com, b23602@tukorea.ac.kr,

smjhoon@gmail.com

\*교신저자(Corresponding Author)

## A development of an AI-based Donut Classification and Unmanned Sales System

Tae-Gyu Kim<sup>1</sup>, Ji-Yong Choi<sup>1</sup>, Jin Heo<sup>2</sup>, Jaehyun Moon\*

<sup>1</sup>Dept. of Industrial Engineering, Kon-Kuk University

<sup>2</sup>Dept. of Electronic Engineering, Tech University of Korea

\*Korea Technology Transfer Agents Association

### 요 약

인건비 상승과 비대면 서비스 수요 증가로 인해 소매업계에서 무인 판매 시스템의 도입 필요성이 커지고 있다. 이를 해결하고자 본 프로젝트에서는 인공지능 객체 인식 기술을 활용한 도넛 분류 및 무인 판매 시스템 "InoDonut"을 개발하였다. NVIDIA Jetson Nano를 기반으로 도넛을 실시간으로 인식하고 자동으로 결제하며, LLM API를 활용한 추천 시스템을 통해 고객 맞춤형 도넛 추천 서비스를 제공한다. 또한, 판매대는 AWS 서버와 연동되어 매장의 운영을 효율적으로 관리할 수 있다.

### 1. 서론

최근 몇 년간 생활폐기물의 양이 증가하며, 바코드가 붙은 쓰레기는 재활용을 어렵게 만들어 환경 문제를 악화시키고 있다. 또한, 인구 고령화와 저출산으로 인한 인력 감소로 소매업 전반에 걸쳐 인력 수급의 어려움이 가중되고 있다.[1] 특히 도넛 가게와 같은 소매점은 단순하고 반복적인 작업에 많은 인력이 필요해 인건비가 증가하고 운영 효율성이 떨어지는 문제를 겪고 있다.

### 2. 현 무인 시스템의 문제점

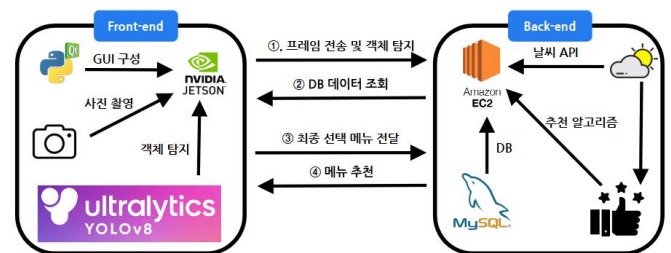
현재 대부분의 도넛 판매점은 사람이 직접 계산하거나, 키오스크를 통해 고객이 제품을 선택하여 결제를 진행하는 방식을 사용한다. 그러나 이 과정은 제품 선택의 복잡성, 긴 대기 시간 등의 문제를 야기한다. 특히 키오스크 시스템은 특정 제품을 찾는 데 시간이 오래 걸리거나, 바코드 인식을 제대로 못 하는 경우가 발생한다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 카메라를 이용한 무인 AI 키오스크 시스템을 제안한다.

### 3. 제안 시스템

#### 3.1 시스템 구성도

고객이 지정된 위치에 트레이를 올리면, 카메라가

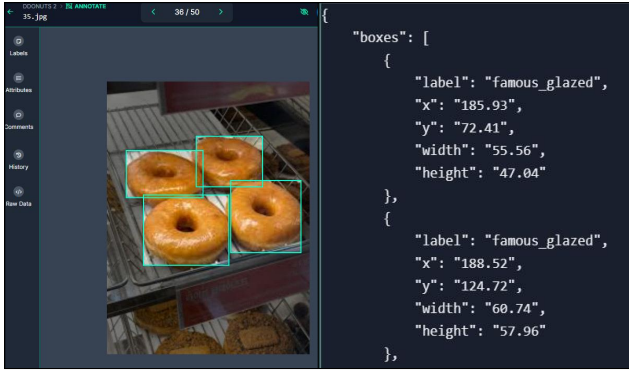
이를 촬영하여 객체 인식 기술로 도넛을 확인한다. 인식된 정보는 서버로 전송되어 실시간으로 분석되고, 결과는 키오스크 화면에 표시된다. 고객은 추천 정보를 확인하고 결제를 진행할 수 있다. 이 시스템은 PyQt5를 이용해 구축된 프론트엔드와 Python 기반의 백엔드를 사용하며, AWS 서버와 연동되어 원활한 작동을 보장한다.



[그림 1] 시스템 구성도

#### 3.2 데이터셋(학습 이미지) 제작

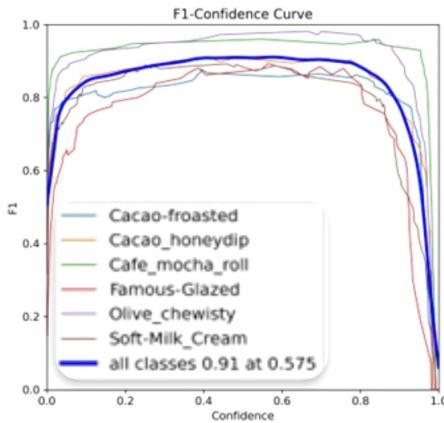
Roboflow를 이용해 도넛 이미지를 라벨링하여 총 2,150장의 학습 데이터를 구축하였다. 데이터 증강 기법(이미지 회전, 크기 조정, 밝기 조정 등)으로 부족한 클래스를 보완했으며, Pre-processing을 통해 이미지를 640x640 크기로 리사이징하고 대비를 조정하여 모델의 일반화 성능을 높였다.



[그림 2] 학습 이미지 예시

### 3.3 모델 구축

알고리즘 모델을 학습하며 epochs, patience, batch size, 이미지 크기(imgsz) 등의 하이퍼파라미터를 조정해 최적의 성능을 달성하였다.



[그림 3] 모델의 F1-confidence Curve

학습 결과, F1-score는 0.91로, 전체 클래스에서 신뢰도 0.575 이상의 성능을 기록하며 다중 객체 인식에서 안정성을 확보했다. 이는 모델이 높은 신뢰도에서 안정적으로 여러 객체를 동시에 높은 정확도로 인식할 수 있음을 의미한다.[2]

### 3.4 추천 시스템

본 프로젝트의 추천 시스템은 LLM as RS(Large Language Model as Recommendation System)을 기반으로 구축되었다. 고객이 선택한 도넛의 종류, 개수와 함께 실시간 날씨, 시간대, 영양 정보를 종합하여 추천이 이루어지며, 이는 Cold Start Problem을 해결하는데도 기여한다. 이는 보다 창의적이고 유연한 추천을 제공한다.

### 4. 시스템 구현

실제 환경을 구축해 테스트를 진행한 결과, 1.5초 내외로 상품의 이름, 가격 등의 정보를 정확하게 인식하고 분석하는 성능을 발휘하였다. 트레이에 놓인

상품을 Jetson Nano에서 실시간으로 분석한 후, 서버와의 통신을 통해 데이터를 처리하였다. 이를 바탕으로 다중 객체 인식이 가능한 무인 자동 계산 키오스크 'INoDonut'을 구현하였다. 복수의 도넛을 한 번에 처리함으로써 고객의 대기 시간을 단축하고 결제 과정을 효율화하였다.



[그림 4] 실행 결과

본 시스템은 실시간으로 안정적인 성능을 발휘하며, 객체 인식을 기반으로 한 무인 판매 시스템에서 효과적으로 사용될 수 있다. 또한, 구매 시점의 날짜와 시간, 상품의 영양 성분 등을 고려한 맞춤형 상품 추천 시스템이 제공되어 고객 만족도를 높였다.

### 5. 결론

무인 AI 키오스크 시스템 'INoDonut'을 통해 고객은 날짜와 시간에 구애받지 않고 매장을 이용할 수 있으며, 빠른 결제를 통해 시간을 절약할 수 있다. 또한 맞춤형 추천 시스템을 통해 고객에게 보다 나은 쇼핑 경험을 제공할 수 있다. 판매자 측면에서도 인건비 절감과 매장 운영 효율성 증대가 가능하며, 운영 교육에 소모되는 시간도 절약할 수 있다.

비록 본 프로젝트는 도넛 판매점을 대상으로 알고리즘을 학습하였지만, 향후 편의점, 반찬가게 등 소형 식품류를 판매하는 무인 매장에서도 실시간 인식 및 결제 시스템을 통해 고객에게 더욱 편리한 서비스를 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

### 참고문헌

- [1] 이상림, "우리나라 저출산 현황과 향후 대책 방향," 미래정책 포커스, 경제·인문사회연구회, 2023년 여름호.
- [2] Sasaki Yutaka. "The truth of the F-measure." University of Manchester, 2007

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