

# 신뢰할 수 있는 딥러닝 기반 단일 캠 좌석현황 실시간 탐지 솔루션

고성지, 나영훈, 최명근, 허종욱\*  
한림대학교 소프트웨어학부

20185103@hallym.ac.kr, 20185124@hallym.ac.kr, soc06212@hallym.ac.kr, juhoh@hallym.ac.kr\*

## Reliable Deep Learning Based Single-Cam Seat Status Real-Time Detection Solution.

Seongji-Ko, Younghun-Na, Myunggeun-Choi Jonguk-Hou\*  
Division of Software, Hallym University

### 요 약

신뢰할 수 있는 딥러닝 기반 영상처리 기술을 적용하여 도서관 등 공공장소에서 별도의 센서 없이 하나의 카메라로만 좌석의 점유 상황을 자동으로 검출하여 사용자에게 앱으로 제공하는 솔루션을 제안한다. 라즈베리파이를 이용하며 촬영과 동시에 내부적으로 분석 및 좌석탐지가 진행되며, 촬영된 데이터는 모두 탐지 즉시 휘발된다. 이로 인해 우리의 솔루션은 구조적으로 개인정보 유출 등의 민감한 데이터는 유출될 우려가 없다. 또한 탐지가 완료된 후 결과를 서버로 전송하기 때문에 서버의 처리량이 크게 감소된다. 우리는 이와 같이 신뢰할 수 있고 효율적으로 좌석을 탐지하고 정보를 제공하는 솔루션을 제안한다.

### 1. 서론

대부분의 사람들은 일상생활을 하면서 방문할 장소의 좌석 사용 유무를 알고 싶어 한다. 예를 들어 학교 시험 기간이 다가올 때, 도서관의 좌석 유무, 카페의 좌석 유무 등을 커뮤니티에 글을 올려 물어보거나, 전화로 알아내곤 한다. 또한 좌석을 점유한 채로 장시간 자리를 비우는 행위에 대한 불만도 지속해서 발생하고 있다. 다른 상황으로 지하철 무임 승차사제가 꾸준히 지속되고 있어 국가적으로 사회적 문제가 야기되고 있다[1,2]. 우리는 이러한 문제들을 해결할 방안을 고안하였다.

최근 객체 탐지기술의 성능과 속도는 꾸준히 비약적으로 증가하고 있다. 단일 객체 탐지는 물론 많은 객체의 탐지 뿐만 아니라 짧은 시간이 소요되기 때문에 실시간 탐지도 가능하다[3]. 우리는 향상된 객체 탐지 기술을 사용해 별도의 센서 없이도 카메라로만 좌석 점유 상태를 확인할 수 있는 솔루션을 탐색했다. 또한 우리는 촬영에 따른 민감한 개인정보 유출에 대해 신뢰할 수 있는 아키텍처를 제안한다.

### 2. 선행 연구

영상정보 처리를 이용하여 카페 빈자리를 찾는 연구[4] 같은 경우 픽셀의 변화율을 통해 사용 여부를 판단한다. 이 경우 테이블의 위치를 직접 입력해야 하며, 자리를 잠시 비운 경우를 구별해낼 수 없다. 영상 처리에 객체 탐지 딥러닝 기술을 적용한 연구사례 중 자동 출석 체크 시스템[5]등이 있다.

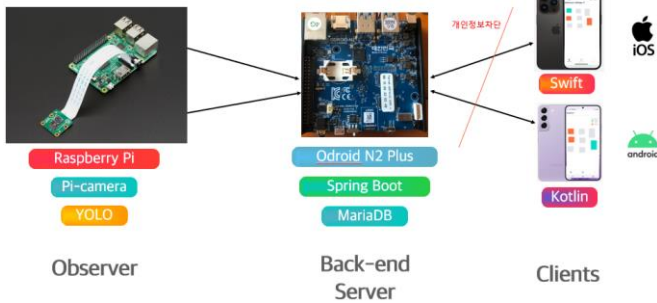
기존에 적외선 혹은 압력을 이용한 좌석 센서가 존재했다. 하지만 우리는 이 좌석 센서가 설치된 시설을 흔하게 볼 수 없었을 것이다. 그 이유는 좌석 센서가 훌륭한 해결책이 아니기 때문이다. 좌석 센서를 설치하는 방식은 좌석마다 센서를 설치해야 하므로 비용적인 측면에서 부담이 되며 개수가 많아질수록 유지보수에 대한 부담도 높아진다. 한마디로 많은 센서가 필요하고 유지보수 및 초기 구축 비용이 크게 발생한다는 문제점이 있다.

### 3. 연구내용

우리는 애플리케이션을 통해 사용자에게 좌석 현황 및 구글 맵을 이용한 혼잡도 현황 그리고 커뮤니티 기능을 제공하며 이 애플리케이션을 DeepSeat로 칭한다. DeepSeat는 그림 1과 같이 관찰자(Observer), 서버(Server), 클라이언트(Client)로 아키텍처가 구성되어 있다. 실험 장소는 한림대학교 공학관 빌리지와 제 9 회

\* 교신저자 (corresponding author)

대한민국 SW 융합 해커톤 대회 장소에서 진행하였다.



(그림 1) DeepSeat 구조

### 3-1. 좌석 탐지·처리 및 전송

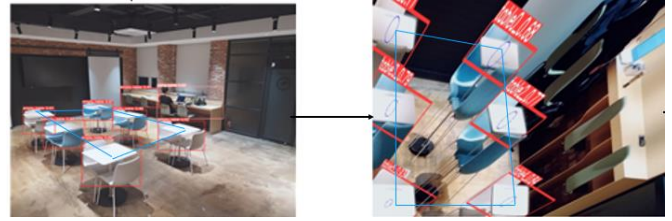
DeepSeat의 관찰자는 라즈베리파이 4와 Pi-Cam v2를 사용한다. \$84.59의 저렴한 비용으로 좋은 성능을 보인다. 더 이상의 추가비용은 전기세 등을 제외하고 부과되지 않는다. 객체 탐지 딥러닝 모델인 YOLO v5를 사용하는데 전혀 문제없는 성능을 보였다. YOLO v5는 이전 버전보다 월등히 높은 성능[6]을 보이며 현재까지도 가장 많이 사용하는 딥러닝 모델이다. 우리는 직접 커스텀 데이터를 구축하였으며 YOLO v5 모델을 이용해 모델링하였다.

DeepSeat는 4가지의 좌석 상태를 제공한다. 테이블만 탐지되면 '사용 가능', 사람이 탐지되면 '사용 중', 물체만 탐지되면 '자리 비움', 자리 비움 상태가 장시간 유지되면 '장시간 자리 비움' 상태가 된다. 장시간 자리비움 상태는 해당 사용자에게 '넋지 효과'<sup>1</sup>를 줌으로써 경각심을 제공할 수 있다. 우리는 이 상태들을 통으로 라벨링했을 때 성능이 좋은 것을 확인하였다. 즉 사람, 물체를 따로 탐지하여 결과를 나타내는 것보다 더욱 안정적이었다는 것을 의미한다. 물체 탐지가 원활하게 되도록 정교한 라벨링으로 학습 및 검증셋을 구성하고 배경만 두고 탐지 대상을 제외하는 등의 YOLO v5 공식문서에서 제안된 커스텀 데이터 구축 기법을 적용하였다. 관찰자에서는 1시간 주기로 테이블 종류 및 위치 탐지, 5초 주기로 좌석 상태 탐지를 진행한다. 프레임 기반으로 탐지가 진행이 되며 라즈베리파이에서 문제없이 실시간 탐지가 가능했다. 지나가는 사람 등 오감지를 할 수 있는 요인에 대해 모든 상태가 3번 연속 탐지될 때 결과를 최종 반영함에 따라 해결할 수 있었다.



(그림 2) 종류 및 위치탐지(좌), 상태 탐지(우)

<sup>1</sup> 넋지효과: 누군가의 강요가 아닌 자연스러운 상황을 만들어 사람들이 올바른 선택을 할 수 있도록 이끌어 주는 것



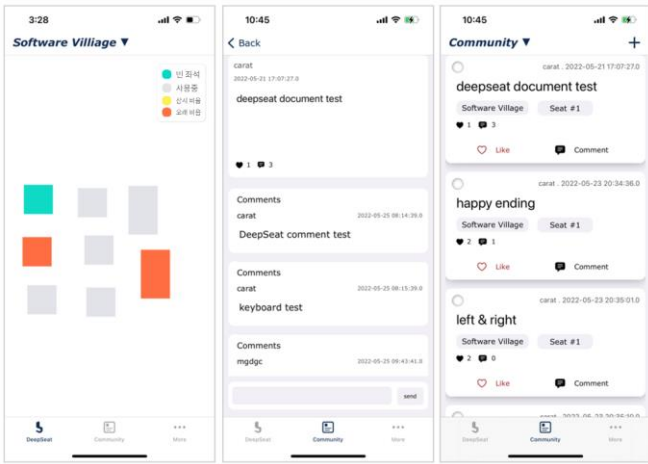
(그림 3) OpenCV 이용 원근투영법 적용 결과

우리는 애플리케이션에 좌석 정보를 사용자 친화적으로 제공할 필요가 있었는데, 이를 위해 OpenCV-python 라이브러리를 이용해 원근 투영법 기법으로 3차원 이미지를 2차원 평면으로 변환하였다. 이는 하늘에서 바닥을 정방향으로 바라보는 버드아이뷰 효과를 가져오며 사진은 찌그러지지만, 탐지된 영역의 중심 좌표는 점이기에 때문에, 중심 좌표끼리 선을 이으면 직사각형 형태가 된다. 따라서 사용자가 보다 쉽게 자리를 확인할 수 있게 된다. 탐지 및 변환이 완료되면 JSON 형태로 장소 ID, 카메라 ID, 테이블 위치 및 종류, 테이블 상태 등을 JSON 형태로 서버로 전송한 후 휘발성 메모리에 저장된 탐지 이미지를 즉시 삭제한다. 따라서 이미지는 서버에 전송되지 않으며 저장하지 않기 때문에 일반인에 대한 개인정보에 대한 유출을 사전에 막는 구조를 띠며 신뢰할 수 있게 된다.

### 3-2. 데이터 취합 및 전송

서버는 관찰자에서 보낸 데이터를 취합 받아 클라이언트로 전송한다. 이를 위한 프로그램으로 스프링 부트를 선택했다. 스프링 부트는 자바기반 웹 애플리케이션을 만들 수 있는 구조로, 안정성이 높고 REST API 구축이 간편하다. 개발 시간 단축과 SQL 확장을 더 쉽게 하기 위해서 MyBatis 구조를 추가로 도입했다. 그 결과 후반 서버 테스트 및 API 연동에서 버그 수정에 걸리는 시간을 상당히 단축할 수 있었고, 추가 API 요구 시 추가 속도는 70% 빠르게 대응할 수 있었다.

DeepSeat의 서버 하드웨어는 오드로이드 N2 Plus를 사용하였다. 우분투, 리눅스 기반 운영체제가 지원되며 Apache Tomcat을 실행할 수 있어야 하며, Java JDK를 공식적으로 지원하는 운영체제일 필요가 있었다. 또한 저전력이면서 오래 실행할 수 있어야 하고 24시간 실행되어도 무리가 가지 않는 하드웨어와 JAVA 프로그램이 지연 없이 실행될 수 있는 수준의 CPU가 필요했다. 오드로이드는 낮은 가격에 위의 조건을 충분히 만족하였다. 데이터의 탐지 및 처리가 관찰자에서 진행되고, 서버에서는 JSON 형태의 데이터만을 송/수신하기 때문에 기존의 아키텍처와는 다른 이점 또한 있다. 만약 서버에서 데이터 처리를 담당하게 된다면, 관측장비 수에 따라 요구되는 성능이 비약적으로 증가한다. 반면, DeepSeat는 성능에 대한 부담을 덜게 되어 저전력 하드웨어인 오드로이드 N2 Plus를 사용할 수 있었고 가정용 저전력 파워(350W)와 오드로이드의 풀로드(25W) 전력을 비교한 결과 최대 92%



(그림 4) DeepSeat 실행화면 까지 구동 전력을 절약했다.

### 3-3 데이터 취합 및 애플리케이션 시각화

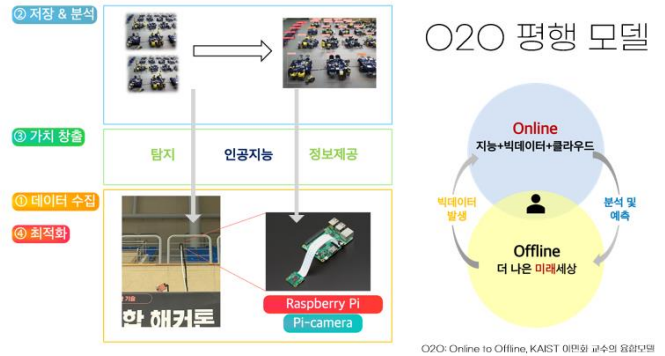
클라이언트는 사용자에게 최종적으로 보이는 애플리케이션을 의미한다. DeepSeat 의 핵심 기능인 좌석 현황을 확인할 수 있으며, 좌석별로 커뮤니티 기능을 통해 글을 남기거나 소통할 수 있다. 또한 불편 사항, 방명록, 자유 게시판 등에 글을 작성할 수 있다. 안드로이드와 iOS 로 서비스를 제공하며 UI 통일성을 최대한 높여 디자인한다. 좌석 현황 화면의 경우 좌석 뷰 표현을 위한 커스텀 뷰를 개발하였다. 비트맵 사용을 최소화하여 메모리를 Drawable 대비 30% 더 적은 메모리를 사용할 수 있었다. 또한 뷰의 재사용성이 증가하였고 데이터에 따라 동적으로 뷰 적용이 가능했다.

## 4. 결론

DeepSeat 애플리케이션을 사용함으로써 스테디존 및 북 카페의 좌석 현황을 실시간으로 조회할 수 있으므로 좌석을 탐색하는 시간을 효율적으로 활용할 수 있도록 하고 불필요한 자리 선점을 최소화할 수 있다. 이 과정에서 카메라에 담기는 영상 그대로를 송출하지 않고 재구성한 그래픽을 보여주기 때문에 상대적으로 개인정보 보호 측면에서 용이하고 이용자의 불편을 야기하지 않는 장점이 있다. DeepSeat 는 사람과 좌석, 사물(소지품)을 탐지하여 위치와 시간에 따른 좌석 점유 및 재증 상태를 여러 단계로 분류한 것이다. 다시 말해, 탐지 대상을 여러 종류로 확장하여 다른 서비스를 개발할 수 있다. 탐지 대상을 여러 종류로 확장하여 다른 서비스를 개발할 수 있다. 예컨대 탐지 대상을 자동차와 주차선으로 한다면 주차장 플랫폼 혹은 요금 자동 징수 시스템으로 확장할 수 있다. 탐지 목적을 오랜 시간 점유로 한다면 오랜 기간 대기 중인 고객 알림을 제공할 수 있어 서비스 센터 등에 설치된 디지털 사이니지에 포함하거나 검표원이 없는 열차에 설치하여 무임 승차한 승객을 탐지하는 데 일조할 수 있다. 이처럼 DeepSeat 의 다중 물체 탐지와 물체 간 위치/시간에 따른 관계 분석은 많은 분야에 적용될 수 있다. 그리고 수많은 적용 케

이스에서 DeepSeat 의 최소 카메라 방식은 큰 비용을 절감해줄 것이다.

DeepSeat 는 O2O 평행모델[7] 구조의 특성을 보인다. 데이터를 저장하고 이를 클라우드에 올리고 싸인 데이터를 통해 좌석 정보를 제공하거나 혼잡도 예측 등, 사용자에게 편의를 제공하는 형태를 지닌다. 즉, 온라인의 세계를 통해 오프라인에 더 나은 미래 세상을 제공할 수 있다.



(그림 5) DeepSeat 의 O2O 평행모델 구조

## 사사

이 논문은 2022 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022R1A4A1033600). 또한, 본 연구는 2022 년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획 평가원의 SW 중심 대학사업의 연구결과로 수행되었음(2018000216030100 1).

## 참고문헌

- [1] 김덕준, “지난해 부산 지하철 무임승차 손실 1090억원 · · · 적자의 56%”, 부산일보, 2022
- [2] 박민경, “KTX·광역전철 부정 승차 “하루 평균 500건 넘게 적발”, KBS NEWS, 2022,
- [3] Wang, Chien-Yao, Alexey Bochkovskiy, and Hong-Yuan Mark Liao. "YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors." *arXiv preprint arXiv:2207.02696* (2022).
- [4] 김민지, et al. 영상정보처리를 이용한 카페 빈 자리 찾기 모바일 어플리케이션 설계 및 구현. *한국정보과학회 학술발표논문집*, 2012, 39.1D: 163-165.
- [5] 이민혁, 서그림, 남혜민, 김건우, & 김영훈. (2019). 이미지의 객체 검출을 이용한 자동 출석 체크 시스템. *한국정보과학회 학술발표논문집*, 1645-1647.
- [6] Ge, Zheng, et al. "Yolox: Exceeding yolo series in 2021." *arXiv preprint arXiv:2107.08430* (2021).
- [7] 안상희, and 이민화. "제 4 차 산업혁명이 일자리에 미치는 영향." *한국경영학회 통합학술발표논문집* (2016): 2344-2363.