

실시간 객체 검출 기술 YOLOv5를 이용한 스마트 엘리베이터 시스템에 관한 연구

박선빈¹, 정유정¹, 이다은¹, 김태국^{2*}

¹국립부경대학교 컴퓨터·인공지능공학부 학생, ²국립부경대학교 컴퓨터·인공지능공학부 교수

A Study on the Elevator System Using Real-time Object Detection Technology YOLOv5

Sun-Been Park¹, Yu-Jeong Jeong¹, Da-Eun Lee¹, Tae-Kook Kim^{2*}

¹Student, Computer and Artificial Intelligence Engineering, Pukyong National University

²Professor, Computer and Artificial Intelligence Engineering, Pukyong National University

요약 본 논문에서는 YOLO(You only look once)v5를 기반으로 한 실시간 객체 검출 기술을 활용하여 스마트 엘리베이터 시스템을 연구하였다. 외부 엘리베이터 버튼이 눌러지면 YOLOv5 모델이 카메라 영상을 분석하여 대기자의 유무를 판별하고, 대기자가 없다고 판별되면 해당 버튼을 자동으로 취소시킨다. 연구에서는 YOLOv5와 사물인터넷에서 활용되는 MQTT(Message Queuing Telemetry Transport)를 통한 객체 탐지 및 통신 기술의 효과적인 구현 방법을 소개한다. 그리고 이를 활용하여 대기자 유무를 실시간으로 판별하는 스마트 엘리베이터 시스템을 구현하였다. 제안한 시스템은 불필요한 소비 전력을 절감하면서 CCTV(closed-circuit television)의 역할을 할 수 있다. 따라서 제안한 스마트 엘리베이터 시스템은 안전 및 치안 문제에도 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

주제어 : 사물인터넷, YOLO, 객체 검출, MQTT(Message Queuing Telemetry Transport), 라즈베리 파이, 스마트 엘리베이터

Abstract In this paper, a smart elevator system was studied using real-time object detection technology based on YOLO(You only look once)v5. When an external elevator button is pressed, the YOLOv5 model analyzes the camera video to determine whether there are people waiting, and if it determines that there are no people waiting, the button is automatically canceled. The study introduces an effective method of implementing object detection and communication technology through YOLOv5 and MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) used in the Internet of Things. And using this, we implemented a smart elevator system that determines in real time whether there are people waiting. The proposed system can play the role of CCTV (closed-circuit television) while reducing unnecessary power consumption. Therefore, the proposed smart elevator system is expected to contribute to safety and security issues.

Key Words : Internet of things, YOLO, object detection, MQTT(Message Queuing Telemetry Transport), Raspberry Pi, smart elevator

1. 서론

본 연구에서 엘리베이터를 효율적으로 운영하고 사용자의 불편함을 줄이기 위한 스마트 엘리베이터 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 YOLO(You Only Look Once)[1-4]라는 딥러닝 객체 감지 기술과 소형이면서 저렴한 가격으로 구매할 수 있는 싱글 컴퓨터인 라즈베리 파이(Raspberry Pi)[5-7]를 사용한다.

현재 아파트나 빌딩에서 많이 사용하고 있는 엘리베이터는 사람이 없을 때도 엘리베이터가 작동하여 많은 전력을 소비하는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 실시간 객체 검출 기반의 스마트 엘리베이터를 제안하였다. 제안한 스마트 엘리베이터는 대기자의 유무를 감지하고 얼굴 인식을 통해 맞춤형 서비스를 제공한다. 예를 들어 보안 서비스를 위한 CCTV(closed-circuit television)로도 활용이 가능하다. 이로써 사용자의 편의성을 높이고 전력 소비를 줄일 수 있다. 또한, 이 기술은 주거용 엘리베이터뿐만 아니라 회사나 공공시설 엘리베이터에도 적용 가능하며, 안전 및 치안 문제를 해결하는데도 도움이 될 것으로 기대된다[8,9].

2. 관련 연구

본 장에서는 YOLO와 OpenCV(Open Source Computer Vision)[10,11]를 활용한 영상 처리 기술 및 딥러닝 기반의 얼굴 인식 기술을 이용한 엘리베이터 시스템에 관한 내용을 기술한다.

2.1 객체 검출 기법

이근우의 연구에서는 영상 데이터를 기반으로 딥러닝 알고리즘을 적용하여 개인정보구 검출하여 작업자의 개인정보구 착용 준수를 확인하는 시스템을 제안하였다. 딥러닝 개인정보구 검출을 위한 학습 프레임 워크로는 YOLO 모델 중 YOLOv5 모델을 적용하였다. YOLOv5를 이용하여 개인정보구를 검출하는 과정은 다음과 같다. YOLOv5(Pytorch) 환경 셋팅 및 YOLOv5 학습 모델을 다운로드한다. YOLOv5 데이터 셋을 제작하고, YAML 파일 및 라벨 txt 파일을 제작하고 학습한다. 마지막으로 이미지 테스트를 한다. YOLO는 이미지를 $N \times N$ 개의 그리드로 분할하고, 그리드 내 객체인식의 정확성을 반영하는 신뢰도를 계산한다. 이 신뢰도를 이용

하여 가장 높은 객체 인식 정확성을 가지는 경계 상자를 검출한다[12].

2.2 센서 기반 엘리베이터 스케줄링

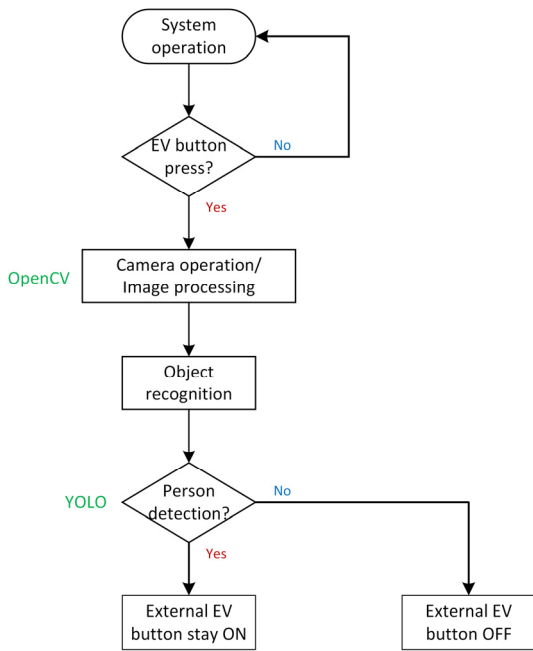
반효경의 연구에서는 센서 기반의 효율적인 엘리베이터 스케줄링 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 RFID, 비디오 센서, 바닥 센서 등의 센서를 활용하여 엘리베이터 사용자의 도착 여부를 엘리베이터 호출 버튼을 누르기 전에 미리 감지한다. 이를 통해 평균 대기 시간, 최악 대기 시간, 에너지 소모량을 줄일 수 있다[13].

3. 제안한 YOLO를 활용한 스마트 엘리베이터 시스템

본 연구에서 YOLO를 활용한 스마트 엘리베이터 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 엘리베이터, 엘리베이터 외부에 설치한 카메라, 카메라 영상을 처리하기 위한 라즈베리 파이 등으로 구성된다. 라즈베리 파이에서는 OpenCV를 통해 영상 처리와 컴퓨터 비전을 처리하며, YOLO 시스템을 통해 객체(사람)를 탐지한다.

YOLO는 이미지나 비디오에서 여러 객체를 인식하고 분류할 수 있는 실시간 객체 탐지 시스템이다[1-4]. YOLO의 결과를 시각적으로 확인하기 위해 오픈 소스 컴퓨터 비전 및 이미지 처리 라이브러리인 OpenCV를 사용한다[10,11]. YOLO는 이미지에서 탐지를 원하는 객체의 영역(bounding box)를 만들고 person 등의 이름을 표시한다.

[Fig. 1]은 제안한 시스템의 동작 과정을 나타내는 순서도이다. 사용자가 엘리베이터 외부 버튼을 누르면 대기자의 유무 판단 기능이 활성화한다. 대기자의 유무 판단은 라즈베리 파이에서 YOLO를 통해 사람(Person)을 탐지한다. 탐지 결과는 0.92 등으로 확률값으로 나타나고, 시스템에서 설정한 임계값 이상이 되면 사람으로 인지한다. 객체 인식을 통해 사람이면 엘리베이터 외부 버튼을 그대로 활성화하고, 객체 인식을 통해 탐승 대기자가 없다고 판단하면 엘리베이터 외부 버튼을 취소한다. 이를 통해 불필요한 엘리베이터 작동을 취소하여 전력 소비를 줄일 수 있다.



[Fig. 1] Data flow diagram of proposed system

4. 구현

제안한 스마트 엘리베이터 시스템은 라즈베리 파이로 구현하였고, 엘리베이터 모형을 제작하여 실제 엘리베이터 상황에서의 객체 인식(사람)을 활용하여 검증하였다.

4.1 데이터셋

COCO(Common Objects in Context) 데이터셋은 대규모 개체 감지, 분할, 캡션 데이터셋이다. 본 연구에서는 COCO 데이터셋에서 사전 훈련된 80개의 클래스가 적용된 YOLOv5n 감지 모델을 사용한다. [Table 1]은 YOLOv5n의 사전 학습된 체크 포인트를 나타낸다 [14,15].

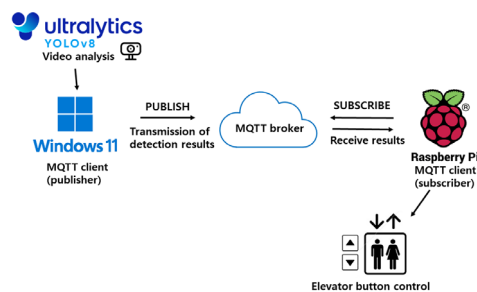
<Table 1> Pretrained Checkpoints

model: YOLOv5n	
size(pixels)	640
mAP ^{val} ₅₀₋₉₅	28.0
Speed CPU b1 (ms)	45
Speed V100 b32 (ms)	0.6
params(M)	1.9
FLOPs@640 (B)	4.5

YOLOv5에서 사전에 학습 후 제공되는 COCO 데이터셋으로 예측 테스트를 진행하였다. 그리고 사람의 뒷 모습, 위에서 본 사람의 머리 등과 같이 더 정밀한 예측을 위해 Roboflow에 등록된 엘리베이터 내부에서 촬영된 영상 데이터셋(nenona Dataset)[16]을 사용하였다. 두 데이터셋을 활용한 예측 결과는 유의미한 차이가 없어서 데이터셋의 크기가 더 큰 전자를 선택하였다.

4.2 구현 환경

[Fig. 2]는 제안하는 시스템의 동작 흐름도이다. 본 연구에서 객체 탐지 결과를 전송하기 위해 MQTT(Message Queueing Telemetry Transport) 프로토콜을 활용하였다. MQTT는 사물인터넷에서 주로 활용되는 메시징 프로토콜이다[17,18]. 실시간으로 영상의 객체를 탐지하여 전송하는 MQTT client(publisher)와 객체 탐지 결과를 전송받아 엘리베이터 버튼을 제어하는 MQTT client(subscriber)로 나누어 진행된다. Server 역할을 하는 MQTT broker와 MQTT client(publisher)는 Windows 11로 구축하였고, MQTT client(subscriber)는 라즈베리 파이 4로 구현하였다. YOLOv5은 빠르고 정확하게 영상에 실시간 객체 탐지가 가능하다. Publisher는 객체 탐지 결과를 subscriber에 전송하고, subscriber는 이 결과를 통해 엘리베이터 버튼을 조작할 수 있다. 본 연구에서 엘리베이터 버튼 동작은 LED ON/OFF로 대체하였다.

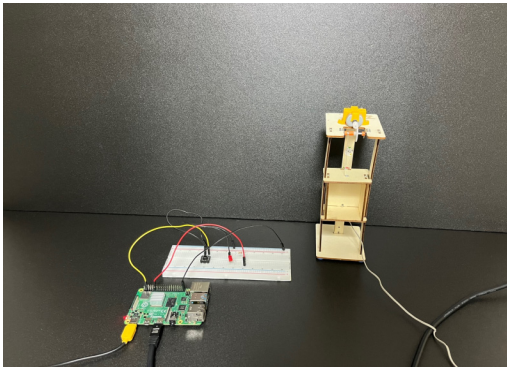


[Fig. 2] Proposed system flow diagram

4.3 구현 결과

YOLOv5n으로 예측한 대기자 탐지 결과로 Raspberry Pi가 text 형식의 'Person Detected' 결과 메시지가 5초 이상 넘어오지 않을 때 버튼을 끄도록 구현하였다. 버튼의 상태를 LED로 확인 가능하게 회로를 구성하였다.

[Fig. 3]은 회로 구성도를 나타낸다. LED는 GPIO 17



[Fig. 9] Raspberry Pi circuit (LED OFF)

5. 결론

본 연구에서 제안된 YOLO를 활용한 가정용 스마트 엘리베이터 시스템은 뛰어난 성능의 딥러닝 모델을 활용하여 대기자 탐지 결과를 MQTT 프로토콜로 효과적으로 전송함으로써 엘리베이터 시스템을 스마트하게 제어하는 방안을 제시하고 있다.

제안한 시스템은 크게 2가지 특징을 가진다. 첫째, 불필요한 소비 전력을 절감함으로써 전력비용을 절감할 수 있는 긍정적인 효과가 예상된다. 둘째, 실시간 객체 탐지를 통한 스마트 제어는 사용자에게 더 편리하고 효율적인 서비스를 제공하게 되어 생활의 편의성을 향상시킬 것으로 기대된다.

이 시스템이 객체 탐지 뿐 아니라 이상 행동이나 상황 분석 모델을 통합한다면, 치안 문제 및 다양한 안전 문제에 대응할 수 있는 차세대 스마트 엘리베이터 시스템으로 발전할 수 있다. 이를 통해 건물 내에서의 안전성을 향상시키고 사용자들에게 안심하고 이용할 수 있는 환경을 조성할 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] S.W.Jeon, D.S.Kim and H.K.Jung, "YOLO-based lane detection system," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol.25, No.3, pp.464-470, 2021.
- [2] YOLO, YOLO: Real-Time Object Detection[Internet], <https://pjreddie.com/darknet/yolo>.
- [3] S.I.Kim, D.S.Kim and H.K.Jung, "A model to secure storage space for CCTV video files using YOLO v3," *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, Vol.28, No.1, pp.65-70, 2023.
- [4] G.H.Jo, K.M.Hyun and Y.J.Song, "Parallel U-Net Based Semantic Segmentation Method Using Generated Data from YOLO V5," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol.48, No.3, pp.319-326, 2023.
- [5] B.Peng, R.U.Numonov, S.K.Yeo and T.K.Kim, "Implementation of IoT-Based Hydroponic Cultivation System," *Journal of Internet of Things and Convergence*, Vol.9, No.4, pp.56-69, 2023.
- [6] J.H.Moon, B. Peng, J.H.Kwon and T.K.Kim, "Implementation of Smart Umbrella Stand Based on IoT," *Journal of Internet of Things and Convergence*, Vol.9, No.1, pp.57-64, 2023.
- [7] Raspberry Pi Foundation, Raspberry Pi[Internet], <https://www.raspberrypi.com>.
- [8] INNOPOLIS Foundation, "Smart Elevator Market," 2019.
- [9] S.B.Park, D.E.Lee, Y.J.Jeong and T.K.Kim, "A Study on the Smart Elevator System for Home Using YOLO," *The Korea Multimedia Society Spring conference 2023*, Vol.26, No.1, pp.89-91, 2023.
- [10] S.H.Chun, J.H.Choi, Y.J.Kim and S.K.Kang, "Smart Door Implementation Using Jetson Nano-Based OpenCV and Deep Learning," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol.46, No.2, pp.380-387, 2021.
- [11] D.J.Kim, W.S.Choi, S.P.Ju, S.M.Yoo and J.Y.Choi, "Smart Streetlight based on Accident Recognition using Raspberry Pi Camera OpenCV," *The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Vol.17, No.6, pp.1229-1236, 2022.
- [12] K.W.Lee, S.W.Lee, H.S.Kim and H.K.Jung, "Deep Learning-Based Worker Personal Protective Equipment and Face Identification System," *Journal of Knowledge Information Technology and Systems*, Vol.17, No.3, pp.385-394, 2022.
- [13] H.K.Bahn, "Efficient Scheduling of Sensor-based Elevator Systems in Smart Buildings," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.17, No.10, pp.367-372, 2016.
- [14] Github, Glenn Jocher[Internet], <https://github.com/ultralytics/ultralytics/>
- [15] COCO, COCO - Common Objects in Context[Internet], <https://cocodataset.org>.
- [16] Roboflow, nenona Dataset[Internet], <https://universe.roboflow.com>.
- [17] D.Lee, S.S.Im and S.O.Choi, "Malicious Traffic Detection Method using LSTM and Sliding Window in MQTT based IoT Environment," *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol.21, No.5, pp.111-120, 2023.
- [18] MQTT, MQTT - The Standard for IoT Messaging[Internet], <https://mqtt.org>.

박 선 빈(Sun-Been Park)

[준회원]



- 2019년 3월 ~ 현재 : 국립부경대학교 컴퓨터·인공지능공학부

<관심분야>
인공지능(AI)

김 태 국(Tae-Kook Kim)

[종신회원]



- 2004년 8월 : 고려대학교 전기전자전파공학부(공학사)
- 2006년 8월 : 고려대학교 메카트로닉스학과(공학석사)
- 2014년 8월 : 고려대학교 모바일솔루션학과(공학박사)
- 2016년 3월 ~ 2022년 2월 : 동명대학교 AI학부 교수
- 2022년 3월 ~ 현재 : 국립부경대학교 컴퓨터·인공지능공학부 교수

<관심분야>
사물인터넷(IoT), 콘텐츠 전송 네트워크(CDN), 이동성, 인공지능(AI), 빅데이터(Big Data), 모바일 서비스

정 유 정(Yu-Jung Jung)

[준회원]



- 2019년 3월 ~ 현재 : 국립부경대학교 컴퓨터·인공지능공학부

<관심분야>
사물인터넷, 인공지능(AI)

이 다 은(Da-Eun Lee)

[준회원]



- 2019년 3월 ~ 현재 : 국립부경대학교 컴퓨터·인공지능공학부

<관심분야>
인공지능(AI)