

AI를 활용한 유해 화학물질 가스 누출 실시간 감지 시스템

신기택¹, 장혜리¹, 조수형¹, 홍예림¹
¹서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 학부생

rlxor309@seoultech.ac.kr, rne111159@naver.com,
 simki0924@naver.com, yaelym05@naver.com

A Real-Time Detection System for Gas Leakage of Hazardous Chemicals Using AI

Ki-taek Shin¹, Hye-ri Jang¹, Su-hyeong Jho¹, Ye-rim Hong¹

¹Dept. of Electronic and IT Media Engineering,
 Seoul National University of Science and Technology

요 약

전 세계적으로 항만 화재 사고는 매년 30만 건 이상 발생하고 있으며, 한 번의 사고 발생 시 손해액은 수백만 달러에서 수억까지 발생한다. 본 연구는 항만 및 산업 현장에서 발생할 수 있는 화재와 연기를 조기에 감지하기 위해, 기존의 관제 방식과 공공 CCTV에 딥러닝 기반 컴퓨터 비전 기술을 접목한 모델을 제안하고 구현하였다. 이 모델을 적용함으로써 항만 근로자들의 안전을 강화하고 경제적, 환경적 손실을 최소화할 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

매년 전 세계적으로 30만 건 이상의 항만화재가 보고되며[1], 사고로 인한 경제적 손실은 수백만 달러에서 수억 달러에 달한다[2]. 사고를 예방하기 위한 기존의 방법은 큰 금액의 설치비용을 지불해야 하거나 그 적용 범위가 제한적인 경우가 많았다.

본 논문에서는 적은 비용으로 도입 가능하면서 효과적으로 항만화재 사고를 예방 및 대응하기 위해 딥러닝 기반 컴퓨터 비전 기술을 적용한 화재 감지 모델과 관리 시스템을 제시한다.

2. 본론

제안하는 시스템은 화재 및 위험 상황에 대해 자동 경고 및 보고 기능 제공, 신속하고 정확한 감지를 목표로 한다. Roboflow를 활용해 다양한 화재 상황에 대한 데이터를 확보한 뒤, Colab 환경에서 객체 탐지 모델을 학습시켰다. Visual Studio Code로 작성한 HTML과 Python 파일을 Flask를 통해 웹페이지로 구현하였다.

2.1 딥러닝 모델 선정 및 학습

2.1.1 딥러닝 모델 비교 및 선정

객체 탐지 모델을 선정하기 위해 관련 모델들을

비교했다[3].

Model	Params (M)	FLOPs (G)	mAPval 50-95	Latency (ms)
YOLOv6-3.0-N	4.7	11.4	37.0	2.69
Gold-YOLO-N	5.6	12.1	39.6	2.92
YOLOv8-N	3.2	8.7	37.3	6.16
YOLOv10-N	2.3	6.7	39.5	1.84

<표1> 모델 성능지표 비교

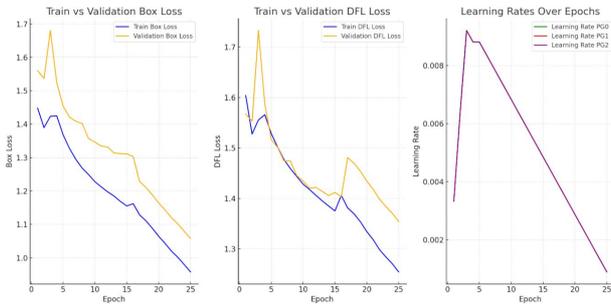
모델 비교 결과, YOLOv10과 Gold-YOLO가 비슷한 수준의 정확도를 보였고, YOLOv10이 메모리 사용과 연산 속도 측면에서 월등한 성능을 보였다. 실시간 영상에 대한 즉각적이고 정확한 객체 탐지를 목표로 하기 때문에 정확도가 높고 속도가 가장 빠른 YOLOv10모델을 선택했다.

2.1.2 딥러닝 모델 훈련

Roboflow를 활용하여 데이터셋을 구성했다. Label은 총 3가지(Fire, Smoke, Others)이며, 조명, 구름과 같은 물체와 타겟 간의 혼동을 방지하기 위해 'Others' label을 추가하여 총 38258개의 데이터를 학습시켰다. 모델 훈련 시 Train : Validation : Test

의 비율은 6 : 1 : 1로 설정했다.

Ultralytics의 YOLOv10로 25 epochs 학습했다.



<그림1> Box Loss와 DFL Loss 및 Learning Rate

학습이 진행될수록 Loss와 Learning Rate가 감소한다. Train과 Validation Loss가 유사한 형태를 보이므로 과적합이 발생하지 않았고, Learning Rate가 지속적으로 감소하므로 모델이 점차 안정화되며 학습이 진행되었다.

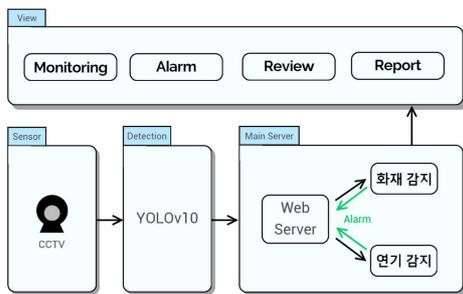
2.1.3 학습 모델 성능

Class	mAP50
Fire	0.883
Smoke	0.868
Others	0.582
Only Fire & Smoke	0.876

<표2> Label별 mAP50 성능지표

성능지표는 Recall, Precision, mAP50을 선택했다. 실제 화면에 표시할 'Fire'와 'Smoke'만을 고려하면 mAP50은 0.876로 나타났다.

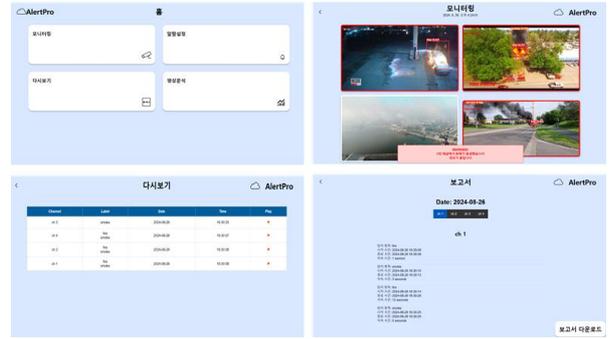
2.2 시스템 구성 및 알고리즘



<그림 2> 시스템 구성도

<그림 2>은 화재 발생의 조기 대응을 위한 시스템 구성도이다. CCTV로부터 받은 영상 정보에 대하여 학습한 YOLOv10 모델로 화재 여부를 감지한다. 불과 연기가 탐지되면 이는 웹페이지의 대시

보드를 통해 관리자에게 가시적으로 알려진다.



<그림 3> 웹페이지 구성도

본 시스템의 웹페이지는 모니터링, 알람 설정, 다시보기, 보고서 페이지로 구성되어 있다. 모니터링 페이지에서는 현재 상황을 실시간으로 확인하며, 이상 발생 여부를 감시할 수 있다. 불과 연기가 감지되면 즉시 경고 창이 나타나고, 경고음이 울리며, 카카오톡 메시지를 통해 관리자에게 화재 발생 사실을 신속하게 알린다. 다시보기 페이지에서는 불과 연기가 탐지되었던 시점의 영상을 확인 할 수 있도록 시간별로 정리하여 저장한다. 보고서 페이지에서는 탐지된 불과 연기에 대하여 시간별, 채널별 로그를 확인할 수 있다. 또한 보고서 다운로드 버튼을 통해 해당 로그를 PDF로 다운받아 저장할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 객체 탐지 모델을 활용하여 항만화재 사고를 예방 및 대응하는 안전 관리 시스템에 대해 제안한다. 기존에 설치되어 있던 CCTV의 영상 정보를 활용할 수 있다는 점에서 경제적이며, 신속하고 정확한 위험 요소 탐지와 다양하고 편리한 관리 기능으로 인해 항만화재 위험 요인에 효과적으로 대처할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] The International Association of Fire & Rescue Services [CTIF]. (2024) "World Fire Statistics Magazine issue no 29", 54, 56.
 [2] 이윤. (2020년08월05일). "베이루트 폭발참사로 30만명 갈 곳 잃어...도시절반 피해". 연합뉴스.
 [3] Ultralytics. (2024). "YOLOv10: Real-Time End-to-End Object Detection".

※ 본 논문은 해양수산부 실무형 해상물류 일자리 지원사업(스마트해상물류 x ICT멘토링)을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.