

IoT를 활용한 항만보안 시스템

정홍주¹, 김채은², 이동민³, 윤동욱⁴, 유상오⁵

¹승실대학교 전자정보공학부(전자공학전공),

^{2,3}인천대학교 동북아국제통상학부,

⁴전남대학교 전자컴퓨터공학부(소프트웨어공학전공),

⁵(주)우리카드

forb300@naver.com, ehxhfl5656@naver.com, idm6065@naver.com,

dongyug@naver.com, sangoh.yoo@gmail.com

Port Security Management System using IoT

Hong-Ju Jeong¹, Chae-Un Kim², Dong-Min Lee³,

Dong-Uk Yun⁴, Sang-Oh Yoo⁵

¹School of Electronic Engineering, Soongsil University,

^{2,3}School of Northeast Asian Studies, Incheon National University,

⁴College of Engineering Sciences, Chonnam National University

⁵Corp. Wooricard

요 약

우리나라의 무역 활동을 처리하는 항만은 국가 주요시설로 보안에 만전을 기하고 있다. 그러나 항만의 면적이 넓고 복잡하기 때문에 사각지대가 존재하고 사각지대에서의 불법행위 단속 건수는 매년 증가하고 있다. 이에 항만의 보안 강화를 위한 대책이 필요하다. 본 논문은 항만의 상황을 이동형 CCTV에 부착된 IoT 센서들로 인식하여 YOLOv5 딥러닝 모델로 분석한 후 웹 대시보드에 시각화하는 항만 보안 시스템을 제안한다. 이동형 CCTV는 특정 위치로 직접 이동할 수 있어 거리에 따라 해상도가 낮아지는 기존 CCTV의 단점을 보완할 수 있다. 또한 해당 시스템은 주변에서 쉽게 구할 수 있는 장비들과 오픈소스 라이브러리를 활용하기 때문에 다른 보안장비들에 비해 효율적인 비용으로 높은 보안 효과를 얻을 수 있다는 강점을 지닌다. 본 시스템은 항만시설뿐 아니라 군사시설, 물류시설 등 보안을 중요시하는 다른 분야에 확대 적용될 수 있다는 점에서 의의가 있다.

1. 서론

1.1 연구의 배경

우리나라의 무역 활동을 처리하는 국가 주요시설인 항만은 세계 각국으로 수출되고 수입되는 물품들과 컨테이너들을 관리 및 보관하는 등 여러 중요한 역할을 한다. 항만은 대표적인 국가 중요시설이기 때문에 검증된 사람만이 출입할 수 있게 하는 등 보안에 만전을 기하고 있다.

이러한 노력에도 불구하고 항만은 면적이 넓고 복잡하기 때문에 사각지대가 존재한다. 사각지대에서는 불법침입 등 다수의 불법행위가 행해지고 있다. 전국무역항 불법행위 단속 결과에 따르면 1)2018년에는 단속한 불법행위는 총 4,009건, 2)2020년에 단속한 불법행위는 총 5,295건이다. 통계에서 볼 수 있듯이 항만에서는 불법행위가 매년 증가하고 있으

며 모든 불법행위를 사람이 일일이 파악하고 대처하기에는 장비 및 비용이 부족한 실정이다.

이에 효율적인 비용으로 기존 시설의 한계를 극복하고 국가 주요시설인 항만의 사각지대에서 발생할 수 있는 불법행위 및 이상징후를 감지할 수 있는 대책이 필요하다.

1.2 기존 장비의 문제점

항만보안의 기본 장비인 CCTV 설치 대수는 해가 될수록 증가하고 있다. 3)2021년 해양수산부 인터뷰에 의하면 해양수산부는 2020년에 기존 CCTV 286대 외 신규로 174대를 설치 완료하였고 2021년 안에 201대를 더 설치할 계획이라 밝혔다. 항만에 설치되고 있는 CCTV는 고정형 CCTV이다. 고정형 CCTV는 거리가 먼 곳을 볼 때 해상도가 떨어지고,

1) 해양수산부. 2018년도 전국무역항 불법행위 단속 결과

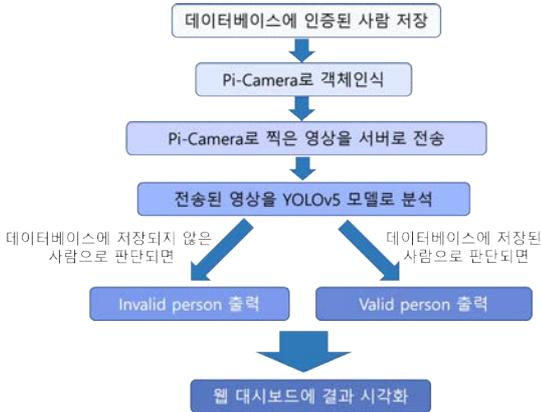
2) 해양수산부. 2020년도 전국무역항 불법행위 단속 결과

3) 연합뉴스 . cn.d. 2022년 9월 17일 인용. 문성혁 "해양수산 전 분야 탈탄소 전환...日 원전 오염수 조사 확대"

고정형이기 때문에 문제가 일어난 곳으로 이동하여 보기 어렵다는 단점을 지닌다.

1.3 해결책 제시

본 논문에서는 IoT 센서들을 활용한 항만보안 솔루션을 소개한다. IoT 센서가 탑재된 이동형 CCTV로 정보를 수집하고 CCTV를 통해 얻은 정보를 오픈소스 딥러닝 모델인 YOLOv5로 분석하여 그 결과를 대시보드에 띄우는 시스템이다.



[그림1] 시스템 흐름도

2. 본론

본 논문은 고정형 CCTV의 한계를 극복한 이동식 CCTV와 YOLOv5 딥러닝 모델로 분석한 결과를 대시보드로 시각화하는 시스템을 구성하는 데에 목적이 있다. 해당 시스템은 항만을 돌아다니는 이동형 CCTV의 카메라 모듈로 사람을 인식한 후, YOLOv5 모델로 얼굴을 분석하고 그 얼굴이 데이터베이스에 있는지 확인한 결과를 대시보드에 표시한다.

2.1 이동형 CCTV

이동형 CCTV(Closed-Circuit Television)는 라즈베리파이 CCTV와 CCTV 탑재 및 이동을 위한 아두이노 RC카로 구성된다. 제작에 활용된 라즈베리파이는 4B버전으로 이전 버전의 라즈베리파이보다 메모리가 확장되고 그래픽 기능이 개선되었다. 이에 카메라를 통한 명확한 영상을 얻는 것과 딥러닝 모델을 활용하는 것이 가능하다.

라즈베리파이에 Pi Camera V2 모듈을 연결하여 주변 촬영이 가능한 CCTV를 제작하였다. V2 모듈은 800만 화소를 지니기에 명확한 얼굴인식이 가능하다. 라즈베리파이에는 초음파센서와 GPS 센서도 장착하였다. GPS 센서는 이동형 CCTV의 현재 위치 파악과 이동형 CCTV를 특정 위치로 이동하는

데 필요한 센서이다. 이동 시 주변의 장애물과 부딪힐 우려가 있어 초음파센서를 장착하여 주변의 장애물을 감지하는 기능을 추가하였다.

2.2 영상처리

CCTV로 얻은 영상을 source로 한 영상처리 알고리즘을 적용하여 객체인식 분류를 시행하였다. 유효한 사람의 얼굴에서 특징점들을 encoding 하여 저장한 후 CCTV 영상에서 얼굴들을 인식하도록 한다. 본 과정에는 face_recognition 라이브러리와 YOLOv5 모델을 사용하였다. face_recognition 라이브러리는 얼굴의 특징점 비교에 이용하였고 YOLOv5 모델은 얼굴 인식률과 유효성 검사에 이용하였다.

2.2.1 face_recognition 라이브러리

face_recognition 라이브러리의 face_location 함수를 활용하여 CCTV 영상에서 얼굴을 추출하였다. 인식된 얼굴 객체를 encoding 하여 인식된 얼굴 객체에서 68개의 특징점 좌표들을 추출한 후 128개의 숫자로 변환하였다.

face_recognition 함수를 활용하면 특징점 사이의 거리가 0과 1 사이의 값으로 구해진다. 이 값은 얼굴이 얼마나 비슷한지에 대한 척도가 된다. 동양인 얼굴의 적절한 Threshold 값은 0.4-0.45 사이이고, 서양인의 얼굴의 적절한 Threshold 값은 0.5-0.55 사이이다.

localization 된 얼굴의 특징점들과 유효한 사람의 얼굴데이터 특징점 간의 거리를 비교했다. 이때 face_recognition 함수와 compare_faces 함수를 이용하여 거리를 계산하고 유효한 얼굴 여부를 식별했다.

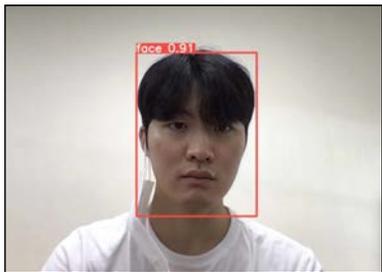
face_recognition 라이브러리의 face_location 함수를 사용하면 셀카를 찍을 수 있을 정도의 가까운 거리에서는 얼굴인식 확률이 높음을 확인할 수 있었다. 그러나 CCTV는 셀카를 찍는 거리보다 먼 거리에 있는 얼굴을 인식해서 분별해야 하기 때문에 face_recognition 라이브러리만으로는 한계가 있었다. 이 때문에 face_recognition 라이브러리로는 인식한 얼굴의 특징점 추출 및 비교만 진행하였다.

2.2.2 YOLOv5

face_recognition 라이브러리 한계의 대안으로 딥러닝 모델 YOLOv5를 이용하였다. YOLOv5를 활용하면 얼굴 데이터를 하나의 label만 설정하여 YOLOv5 모델을 통해 학습할 수 있다.

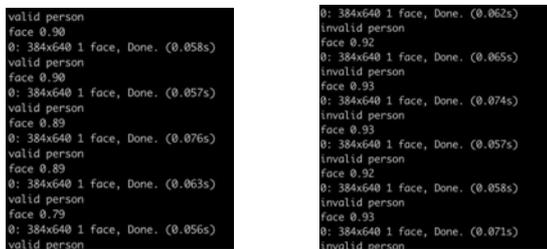
YOLO의 다양한 모델 중 라즈베리파이의 성능을

고려하여 다소 가벼운 모델인 YOLOv5.yaml 모델을 사용하여 학습하였다. 이보다 고사양인 YOLOv5m 또는 YOLOv5l을 활용한다면 높은 인식률과 먼 거리에서의 인식을 기대할 수 있다.



[그림2] YOLOv5 모델로 얼굴 인식한 결과

YOLOv5를 이용하면 CCTV로 먼 거리에 있는 얼굴을 볼 경우에도 인식할 수 있다. 먼 거리의 얼굴은 흐릿한 특징점들을 갖는 경우가 있지만 기준이 될 인식률을 설정하면 특정 인식률 이상의 객체들만 localization이 가능했다.

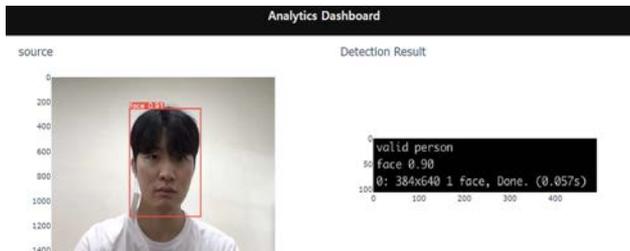


[그림3] 데이터베이스에 저장한 얼굴로 판정된 경우(좌), 데이터베이스에 없는 얼굴로 판정된 경우(우)

실시간 영상에서 프레임 단위로 얼굴을 비교할 때 비교가 되지 않는 케이스가 발생했지만 유효한 얼굴인지 여부를 알려주는 값을 도출할 수 있었다.

2-3. 분석 결과 시각화

CCTV로 얻은 영상을 YOLOv5 모델로 분석한 후 이를 대시보드에 시각화하였다. 웹 대시보드 제작에는 Flask를 활용하였다. 좌측에는 카메라에 인식된 얼굴의 인식영역을 표시하였고 우측에는 인식 결과를 배치하였다.



[그림3] YOLOv5모델로 얼굴을 인식한 결과(좌)와 이에 따른 판단 결과 display(우)

3. 결론

본 논문은 국가 주요시설인 항만의 불법행위 파악을 위해 불법행위를 감지 및 확인하는 IoT 센서를 활용한 이동형 CCTV와 분석 결과 시각화 시스템을 설계 및 구현하였다.

본 시스템은 특정 위치에 가까이 다가갈 수 있는 이동형 CCTV와 인식내용 및 영상분석 결과를 시각화하는 대시보드를 포함하여 이를 통해 항만의 상황을 빠르게 파악할 수 있다는 특징을 가진다. 특정 위치로 가까이 이동할 수 있어 기존 CCTV의 거리에 따른 해상도 저하 문제도 해결할 수 있다. 또한 라즈베리파이, 아두이노, IoT 센서 등 어렵지 않게 구할 수 있는 부품들과 오픈소스인 YOLOv5 모델을 활용한다는 점에서 효율적인 비용으로 높은 보안 효과를 얻을 수 있다는 강점을 지닌다.

본 시스템은 Pi-Camera를 활용한 영상 촬영 시간이 길어질수록 영상 화질이 다운그레이드되는 한계가 발견되었다. 이에 영상 화질 향상을 위한 후속 연구가 필요하다.

본 시스템은 기존 CCTV 시스템보다 향상된 수준의 보안기능을 제공한다. 이에 향후 항만시설뿐 아니라 군사시설, 물류시설 등 보안이 중요한 다양한 분야에 확대 적용될 수 있다는 점에서 의의가 있다.

[본 논문은 해양수산부 실무형 해상물류 일자리 지원 사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.]

참고문헌

- [1] 해양수산부. 2018년도 전국무역항 불법행위 단속 결과. nd.
- [2] 해양수산부. 2020년도 전국무역항 불법행위 단속 결과. nd.
- [3] 연합뉴스. cn.d. 2022년 9월 17일 인용. 문성혁 "해양수산 진 분야 탈탄소 전환...日 원전 오염수 조사 확대"; <https://www.yna.co.kr/view/AKR20210403044700530?input=1195m>.
- [4] 최혁준, 정현재.(2017).스마트 물류 동향 및 평택항 IoT 적용 방안.e-비즈니스연구,18(6),145-158.
- [5] 김지후. (2022). 멀티스레드 객체 탐지 응용의 중단 간 지연시간 단축 (국내석사학위논문).
- [6] 이백영. (2018).IoT 데이터 분석에 의한 제품 상태 예측 프레임워크(Doctoral dissertation, 서울대학교 대학원).
- [7] 전용호, 김익수, 이문구.(2021).YOLOv5 모델에 따른 결과 분석.한국정밀공학회 학술발표대회 논문집,(),508-508.