

항만 안전을 위한 지능형 CCTV, “Smart Eye”

백승호¹, 지영일¹, 최한샘¹

¹협성대학교 소프트웨어공학과

gortmdgh4141@naver.com, jeff012@naver.com, yongsu0318@naver.com

Intelligent CCTV for Port Safety, “Smart Eye”

Seung-Ho Baek¹, Yeong-Il Ji¹, Han-Saem Choi¹

¹Dept. of System Software, Hyup-Sung University

요 약

본 연구는 항만에서 안전 수칙을 위반하여 발생하는 사고 및 이상행동을 실시간 탐지를 수행한 후 위험 상황을 관리자가 신속하고 정확하게 대처할 수 있도록 지원하는 지능형 CCTV, Smart Eye를 제안한다. Smart Eye는 컴퓨터 비전(Computer Vision) 기반의 다양한 객체 탐지(Object Detection) 모델과 행동 인식(Action Recognition) 모델을 통해 낙하 및 전도사고, 안전 수칙 미준수 인원, 폭력적인 행동을 보이는 인원을 복합적으로 판단하며, 객체 추적(Object Tracking), 관심 영역(Region of Interest), 객체 간의 거리 추정 알고리즘을 구현하여, 제한구역 접근, 침입, 배회, 안전 보호구 미착용 인원 그리고 화재 및 충돌사고 위험도를 측정한다. 해당 연구를 통한 자동화된 24시간 감시체계는 실시간 영상 데이터 분석 및 판단 처리 과정을 거친 후 각 장소에서 수집된 데이터를 관리자에게 신속히 전달하고 항만 내 통합관제센터에 접목함으로써 효율적인 관리 및 운영할 수 있게 하는 ‘지능형 인프라’를 구축할 수 있다. 이러한 체계는 곧 스마트 항만 시스템 도입에 이바지할 수 있을 것으로 기대된다.

I. 서론

최근 CCTV와 관련된 기술은 보안 및 안전사고 예방 등 우리 주변에서 다양한 역할로 가깝게 다가와 있다. 그러나 기존의 일반적인 CCTV는 실제로 문제가 발생했을 때 확인해보면 불필요한 정보를 더 많이 담고 있을 뿐만 아니라 지속적인 모니터링을 수행하는 감시 요원만으로는 완벽하게 상황을 인식하고 판단 내리기 어렵다. 안전보건공단의 2011~2021년 항만 사고사망 현황에 따르면, 최근 10년간 항만 내에서 연평균 6건의 사망사고가 발생하고 있는 것으로 확인되었다. 앞서 말한 CCTV의 한계점으로 인해 국내 항만 내에서 안전사고, 인명사고가 끊임없이 발생하는 문제점을 해결하지 못하고 있는 것으로 판단된다. 이러한 한계점을 해결하기 위해 항만에서 안전 수칙을 위반함으로써 발생하는 사고 및 이상행동을 실시간으로 탐지한 후 위험 상황을 관리자가 신속하고 정확하게 대처할 수 있는 지능형 CCTV, Smart Eye를 제안한다. ‘Smart Eye’는 컴퓨터 비전 기반의 객체 및 행동 인식 모델을 통해 인식한

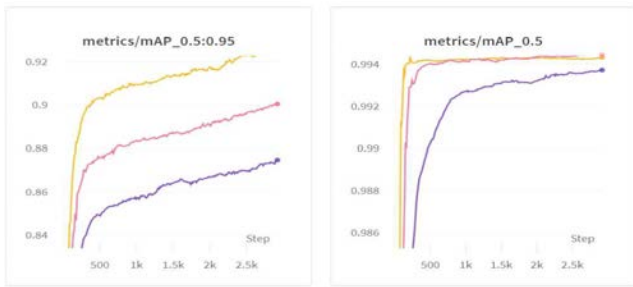
데이터를 분석하여 정확하고 의미 있는 정보만을 데이터베이스에 저장함으로써 관리자는 데이터를 효율적으로 관리할 수 있고, 실시간으로 제공되는 텍스트 및 그래프를 통해 현장 상황을 빠르게 파악할 수 있다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 컴퓨터 비전 기반의 모델 및 알고리즘을 적용한 기능에 대해 설명하고, 3장에서는 결론 및 기대효과를 서술하며 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 본문

1. 객체 및 이상행동 탐지

본 논문에서는 네트워크의 최종 출력단에서 경계 상자의 위치 찾기와 클래스 분류가 동시에 이뤄져 추론 속도가 뛰어난 YOLOv5 모델을 활용한다. Coco 데이터 세트를 활용한 기존 학습된 모델에 파인튜닝(Fine-Tune) 기법을 적용하여 기존 모델의 분류기(Classifier)를 삭제하고, 목적에 맞는 새로운 분류기를 추가하였다. 3가지 전략을 나누어 실험을 진행하였으며, 전략(1)은 고정(Freezing)을 하지 않고 사전 학습모델의 구조만 사용하여 모델 전체를

새로 학습하였고, 전략(2)는 사전 학습모델의 구조 중 백본(Backbone) 계층만 고정한 후 나머지 합성곱(Conv Base) 계층과 분류기를 새롭게 학습하였다. 마지막으로 전략(3)에서는 사전 학습모델의 구조 중 백본 계층뿐만 아니라 일부 합성곱 계층도 고정하여 분류기를 새롭게 학습하였다. 그림 1은 전략(1)(노란색), 전략(2)(분홍색), 전략(3)(보라색)으로 학습된 모델을 통해 예측된 결과를 보여주며, 전략(1)을 수행하였을 때 가장 높은 정확도를 얻는다.



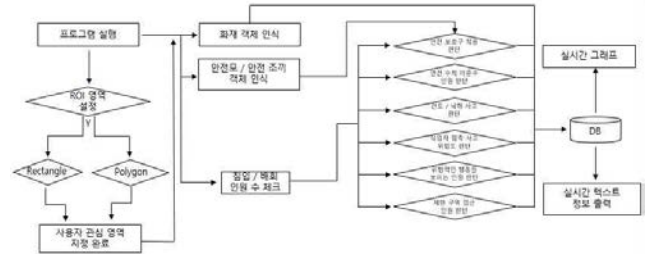
(그림 1) 객체 탐지 정확도 평가 지표

또한 각 상황에 맞게 이상행동을 복합적으로 판단하기 위해 다양한 행동 인식 모델을 활용한다. 항만 내에서 흡연, 음주, 휴대전화 사용 등, 작업 및 보행 중에 안전 수칙을 미준수하는 인원을 탐지하기 위해서는 SlowFast 모델을 활용하고, 낙하 및 진도사고, 객체 간 폭력적인 행동을 가하는 인원을 탐지하는데 I3D 모델을 적용한다. 인식한 시계열 형태의 데이터에 대해서는 큐(Queue)를 활용하여 분석하는 알고리즘을 적용하며 알고리즘은 다음과 같다. 다양한 행동 인식 모델을 통해 인식한 데이터를 일정 시간 간격으로 배치한 후, 만약 위험한 행동이라고 판단되면 실시간으로 페널티 점수를 부여한다. 시계열 데이터인 페널티 점수는 큐의 선입선출(First In First Out) 방식으로 정리하며, 만약 페널티 점수가 일정 점수를 초과하면 현재 매우 위험한 상황이라고 판단한다. 이는 기존 지능형 CCTV의 오인식 문제점 한계를 보완할 수 있다.

2. 기능 구현

그림 1은 실시간으로 입력받는 데이터의 영상 처리, 정보 전달, 화면 출력까지의 전반적인 순서도를 보여준다. 영상 데이터의 관심 영역 지정 후에 관리자가 선택한 기능에 따라 객체 탐지 및

추적, 행동 인식 처리 과정을 거친다. 처리된 데이터는 데이터베이스에 저장된 후 실시간으로 그래프, 영상, 텍스트 형태로 출력된다. 그림 1에서 처리되는 세부 기능은 아래에서 자세히 설명한다.



(그림 2) 지능형 CCTV 프로세스 순서도 .

가. 관심 영역

CCTV를 통해 얻는 영상 데이터에서 객체를 감시하기 위해선 객체 탐지, 객체 추적, 객체 인식 기술이 요구된다. 객체의 움직임을 탐색하여 프레임별로 관측 및 구별한 후 배경 분리를 통한 차이점을 가지고 영상 데이터를 얻는다[1]. 이때 영상 데이터를 통해 객체를 검출 및 분류하는 과정을 거치고 객체의 정보를 인식하여 추적하는 과정까지 이뤄진다. 이러한 방식으로 얻은 데이터를 통해 위험구역에 접근하는 객체를 관리자가 신속하게 파악할 수 있다. 앞서 설명한 객체를 인식하는 과정에서 정확도와 속도는 입력 이미지의 크기가 작을수록 향상되므로 카메라로 읽어 들이는 전체 프레임 크기의 입력 이미지로 추론하는 방식은 매우 비효율적이다. 본 논문에서는 카메라를 통해 들어오는 영상 데이터를 사용자 관심 영역 지정을 통해 입력데이터 크기를 지정할 수 있도록 개선했다. 사용자 관심 영역 기능은 YOLO 모델 훈련 과정에서 적용한 배치 사이즈 등을 고려하여 입력층 텐서 차원을 맞춰 입력 이미지의 변환을 수행한다. 이러한 방식을 통해 불필요한 입력데이터를 배제하여 원하는 정보만을 추출할 수 있기에 기존의 객체 인식 및 행동 인식 처리 정확도와 속도를 개선한다.

나. 침입 및 배회 인원 판단

사용자 관심 영역 안에 사람이 들어온다면 침입을 감지하고, 침입한 인원이 일정 시간을 초과하여 머무르게 된다면 배회 중이라고 판단한다. 이때 다른 객체 및 사물에 가려지거나 화면에 잠시 나갔다 들어와도 같은 객체로 인식시키기 위해서

SORT를 보완 확장한 기술인 DeepSort 객체 추적 알고리즘을 적용했다.

다. 제한구역 접근 인원 및 충돌사고 판단

YOLO 모델이 인식한 사람 경계 상자(Bounding box)의 중점과 항만 내 제한구역의 중점 간의 거리 기반으로 경고 또는 위험 알림 메시지를 출력한다. 또한 항만 근로 중에 일어나는 작업자 간의 부딪히는 충돌사고를 사전에 방지하기 위해 사람 경계 상자 간의 중점을 기반으로 거리를 측정하여 경고 또는 위험 알림 메시지를 출력한다. 측정된 거리의 범위에 따라 세분화하여 알림 메시지가 출력되기 때문에 관리자는 사람이 제한구역에 침입하기 이전에 대처할 수 있고, 항만 내 일어나는 충돌사고를 예방할 수 있다.

라. 안전 보호구 착용 판단

사람이 안전 보호구를 올바르게 착용하고 있는지 확인하기 위해서 YOLO 모델이 사람, 안전모, 안전 조끼를 탐지한다. 이때 사람의 경계 상자 내부에 안전모 및 안전 조끼 경계 상자의 중점이 존재하는지 분석한다. 안전 보호구 착용 여부를 판단한 후에는 보호구 미착용 인원에 대하여 경고 메시지를 출력한다.

마. 화재 발생 탐지

항만 내에서는 위험물 하역 후 잔존물을 제거하기 위해 화물창을 청소하는 과정에서 빈번히 폭발·화재 사고가 일어난다. 이를 화재 발생 초기에 감지하여 인명피해를 최소화할 수 있도록 YOLO 모델이 화재 상황에 대하여 인식한 후 경고 메시지를 출력한다.

바. 항만 내 이상 행동 탐지

I3D 및 Slowfast 모델이 낙하 및 전도 사고가 발생한 인원, 위협적인 행동을 가하는 인원, 안전 수칙을 미준수하는 인원을 인식한다. 인식한 데이터를 단기적으로 증가하거나 감소하는 추세를 복합적으로 판단한 후 경고 및 위험단계로 세분화하고 메시지를 출력한다. 위협한 상황이 어느 정도 안정되었다고 판단되면 다시 정상화 단계로 돌아간다. 이러한 이상행동 판단 및 분석을 통해 항만 내에서 발생하는 위협한 상황을 관리자가 빠르게 대처할 수 있다.

사. 실시간 데이터 제공

안전사고는 예상치 못한 순간에 발생하기에 실시간으로 확인한 후 신속하게 조치하는 것이 중요하다. 본 논문은 관리자가 장소에 국한되지 않도록 모니터뿐만 아니라 어느 장소든 실시간으로 상황을 확인할 수 있는 애플리케이션을 제안한다. CCTV를 통해 입력받은 영상 데이터를 앞서 설명한 기능을 통해 분석한 후 경고 메시지가 발생하면 현장 상황의 이미지를 데이터베이스에 저장한다. 애플리케이션에서는 데이터베이스로부터 저장된 정보들을 가져온 후 시각화하여 현장 상황을 신속하게 파악할 수 있다. 또한, 그래프만으로 판단하기 어려운 상황에는 저장된 사진을 통해 관리자가 시간과 장소의 제한 없이 효율적으로 관리할 수 있다.

III. 결론 및 기대 효과

현대사회는 영상 처리 기술이 향상됨과 동시에 CCTV 영상 분석 기술의 중요성이 점차 증가하고 있다. CCTV를 기반으로 한 기술을 통해 사람이 감시하고 판단하기 어려운 상황을 정확하고 신속하게 판단하여 효율적으로 대처할 수 있다. 본 논문에서는 항만에서 안전 수칙을 간과하여 발생하는 보안사고 및 인명사고를 예방하고 신속하게 조치하기 위하여 객체 탐지 및 추적, 행동 인식을 기반으로 구현한 지능형 CCTV를 소개했다. 앞서 소개된 ‘Smart Eye’를 통해 실시간으로 항만 내 현장 상황을 읽어 들이고 분석함으로써 위협 상황이 발생하였을 때 빠르게 대처할 수 있다는 기대효과를 가진다. 또한, 인식한 객체에 대하여 다양한 기능을 수행할 수 있기에 항만이라는 장소 외에 고정 지역에서 일정한 패턴 인식이 필요한 장소라면 그 목적에 맞게 활용할 수 있다.

참고문헌

- [1] 홍지훈, 이근호, “다중 CCTV 사물인터넷 환경에서의 객체 추적 기법”, 한국사물인터넷학회논문지, 5(1), 7-11, 2019.

감사의 글

- ※ 본 논문은 해양수산부 실무형 해상물류 일자리 지원사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.