

딥러닝을 활용한 터널 내 차선 변경 및 돌발 상황 감지

김서정, 박근호, 김동훈, 김병준, 정성환*

한국전자기술연구원

{scott3554, root, clickmiss123, jun0402, *shjeong}@keti.re.kr

Lane Change and Unexpected Situation Detection in Tunnel Using Deep Learning

Seojeong Kim, Keunho Park, Donghoon Kim, Byoungjun Kim, Sunghwan Jeong*

Korea Electronics Technology Institute

요약

본 논문은 도로 위 실시간 위험 감지가 힘든 음영 구간 중 하나인 터널 내에서 실시간으로 돌발 및 위험 요소를 감지 하는 방법론을 제안한다. 터널 내에 설치된 CCTV 영상을 통해 영상을 취득한 후 객체 검출 딥러닝 알고리즘을 통해 사람 및 차량 객체를 검출하고 Deep-sort 객체 추적 알고리즘을 통해 해당 객체의 움직임을 파악한다. 객체의 움직임이 없을 경우 차량이 정지한 상태로 파악하고 주행 차선 반대로 차량이 주행할시 역주행, 차선을 옮길 시에 차선 변경, 사람이 도로 위를 보행하는 상황들을 돌발 및 위험 요소를 판단한다. 4가지 상황을 두고 실험을 진행했고, 각 상황에 따라 80% 이상의 돌발 상황 인식 정확도를 보이는 결과를 도출하였다.

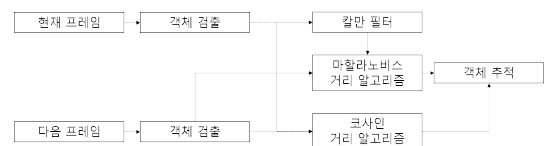
I. 서론

차량의 증가에 따른 무인시스템이 증가하면서 도로 위에 설치된 CCTV에서 취득한 영상을 통해 실시간 교통정보를 산출하며 실시간 교통상태를 자동으로 감지하는 지능형 교통 시스템에 대한 연구가 진행되고 있다. 특히, 사람이 실시간으로 위험을 감지하기 힘든 음영 구간에서 지능형 교통 시스템을 통한 실시간 교통정보 모니터링의 필요성이 더 커지고 있다. 본 논문에서는 터널 안을 실시간으로 위험을 감지하기 힘든 음영구간으로 보고 터널 내부에서의 돌발 상황을 CCTV로부터 취득하고 객체 검출 및 추적 딥러닝 알고리즘을 활용하여 실시간으로 분석하고 2차사고 방지 및 사고를 빠르게 대응할 수 있는 모니터링 시스템을 제안한다. 터널 내 돌발 상황으로는 차량의 정지, 역주행, 차선 변경, 사람의 도로 보행으로 정의한다. 언급된 4가지 상황은 터널 내에서 사고가 났거나 사고를 유발하는 상황들이고 해당 돌발 상황을 분석하고 판단하는 연구를 수행하였다.

컨볼루션 모델을 기본 모델로 사용하는 ConvNeXt-XL 뿐만 아니라 다른 버전의 YOLO 모델들, DINO 객체 검출 모델들보다 빠른 검출 속도 및 객체 검출 정확도를 보여준다.[1]

2. 객체 검출 및 추적 알고리즘

본 논문에서는 차량 및 사람 객체를 먼저 검출 한 후에 해당 객체를 추적하여 해당 객체를 상태(주행 또는 정지)를 파악해야 한다. 이를 위해서 검출 된 객체를 추적하는 알고리즘인 Deep-sort 알고리즘을 사용한다. 이는 칼만 필터 및 거리 계산 알고리즘을 사용하여 시간에 따른 객체의 방향을 추적하는 재귀 계산법으로 시스템이 시간에 따른 변화를 적절하게 예측할 수 있는 알고리즘이다.



[그림1] Deep-sort 객체 추적 알고리즘

II. 본론

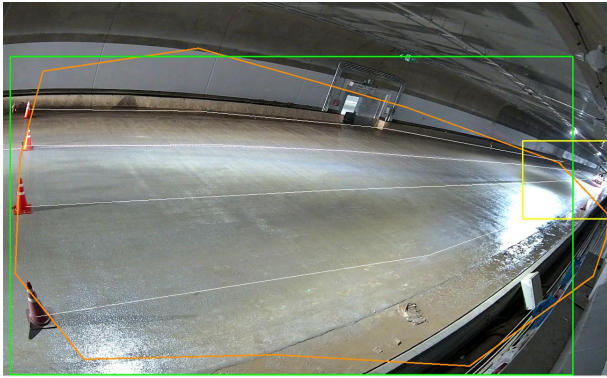
1. 객체 검출 딥러닝 알고리즘

객체 검출 딥러닝 알고리즘은 객체 후보 영역을 검출하고 해당 영역에서 객체 유무 및 객체의 종류를 분류하는 방식이다. 객체 검출 딥러닝 알고리즘으로는 객체 후보 영역과 객체의 종류를 한 번에 찾아내는 1단계 객체 검출 알고리즘과 객체 후보 영역을 찾은 뒤 후보 영역 안에서 객체를 분류하는 2단계 객체 검출 알고리즘으로 나뉜다. 2단계 객체 검출 알고리즘이 1단계 객체 검출 알고리즘에 비해 정확도가 높다는 장점이 있지만 객체 검출이 느리다는 단점이 있다. 본 논문에서는 실시간으로 터널 내 돌발 상황을 인식하는 것이 목적이기 때문에 실시간으로 객체 검출이 가능한 1단계 객체 검출 알고리즘 모델 중 하나인 YOLOv7 모델을 사용한다. YOLOv7 모델은 Transformer 모델을 기본 모델로 사용하는 SWIN-L,

3. 터널 내 돌발 상황 감지

터널 내 돌발 상황 감지 시스템은 객체 검출 및 추적 후 각 추적되는 객체의 경계상자의 중앙 하단부에 임의의 점을 찍고 해당 점을 기준으로 점이 일정 시간동안 움직이지 않을 경우 차량이 정지한 상태라 판단하며, 점이 차량 주행방향에 반대로 이동할 경우 역주행, 점이 차선(그림2에서 하얀 선)을 넘을 경우 차선 변경으로 판단한다. 사람의 경우는 도로 위에 나타나는 순간을 돌발 상황으로 감지한다. 본 연구에서는 목표 감지 거리를 70m 이내로 설정하였다. CCTV로 부터 취득한 영상은 그림 2와 같다.

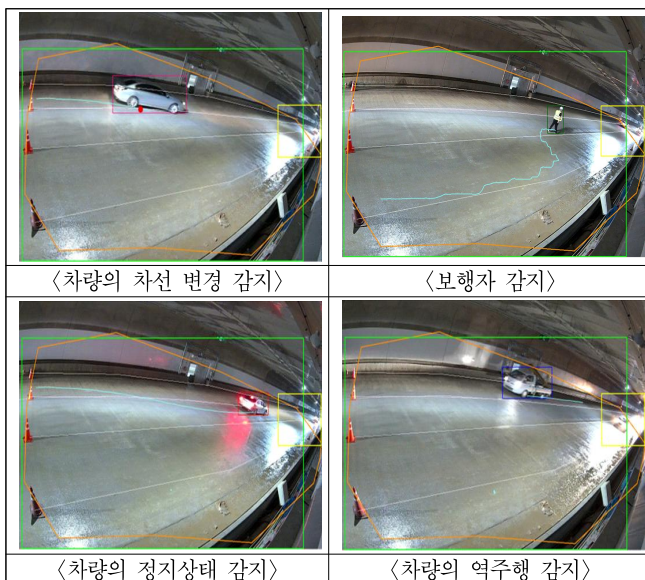
70m 이내에서만 돌발 상황을 감지하면 되기 때문에 그림2에서 주황 선 안에서만 객체 검출 및 추적을 실행하도록 주황 선 밖에 영역은 0의 값으로 만들었다. 영상에서 노란 상자 영역은 화면상으로 잘 보이지 않는 지점으로 객체 검출이 어려운 영역이다. 이 문제를 해결하기 위해 노란 상자 영역을 따로 잘라내어 480×480으로 영상크기를 조정한 다음 객체 검출 및 추적 모델에 넣어주었다. 연두색 상자 영역 역시 객체 검출 및 추적이 필요한 영역으로 해당 영역은 640×640으로 영상크기를 조정한 다음 노란 상자 영역과는 다른 객체 검출 및 추적 모델에 영상을 넣어주었다.[2]



[그림 2] 효율적인 객체 검출을 위한 영역 분할 및 관심 영역 설정

4. 터널 내 돌발 상황 감지 실험

터널 내 돌발 상황 감지 실험을 위한 실험 데이터로는 세종시 5 외곽순환도로 공사 현장에서 CCTV를 설치하고 실험 데이터를 수집하였다. 실험을 위한 PC의 GPU로는 NVIDIA 사의 GeForce RTX 3060을 사용하였다.[3] 객체 검출 및 추적 속도로는 19Fps(Frame per second)이상의 속도로 실시간으로 객체를 검출 및 추적할 수 있다. 그림 3은 각 상황별 결과 영상이다. 객체의 하단 부분을 기준으로 객체 이동시에 하늘색으로 객체 이동 경로를 표시하여 객체의 돌발 상황 발생 여부를 확인할 수 있도록 하였다. 정주행의 경우에는 분홍색으로 경계 박스가 표시되며, 정지 했을 경우 빨간색, 역주행일시에 파란색, 보행자는 초록색으로 경계 박스를 표시한다. 차선 변경 상황 발생 시에는 차선 변경이 일어난 지점에 빨간색 점을 통해 차선 변경 상황을 알릴 수 있도록 설정하였다.[4,5]



[그림 3] 돌발 상황 별 감지 예시

[표 1] 돌발 상황 별 감지 정확도

돌발 상황	돌발 상황에 해당하는 상황 수	돌발 상황을 올바르게 감지한 상황 수	정확도(%)
보행자	56	53	94.6
차량의 정지	41	36	87.8
차량의 역주행	27	21	77.8
차선 변경	35	29	82.9
전체	159	139	87.4

터널 내 돌발 상황 감지 정확도는 표 1을 통해 나타내었다. 4가지 돌발 상황에 대해 돌발 상황이 일어난 상황의 수에 대해 돌발 상황을 얼마나 올바르게 감지했는지를 통해 정확도를 도출하였다.

III. 결론

본 논문에서는 터널 내에서 돌발 상황을 감지하는 방법론을 제안하였다. CCTV를 통해 얻은 영상을 객체 검출 딥러닝 알고리즘과 Deep-sort 객체 추적 알고리즘을 통해 객체의 정지 또는 역주행, 차선 변경, 사람의 보행 상황들을 감지하였다. 직접 수집한 159개의 돌발 상황 중에 139개의 돌발 상황을 올바르게 감지하였다. 제안한 방법론은 터널 내에서는 불법인 차선 변경을 CCTV를 통해 감지하는 시스템 및 터널 내에서 사고 및 돌발 상황을 감지하는 모니터링 시스템을 개발이 가능하다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.092021C28S02000, 협력적 교통제어전략 도입을 위한 교통정보 음영구간 정보생성 및 운영관리 기술개발)

참 고 문 헌

- [1] Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, and Jian Sun. Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks. In Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS), pages 91–99, 2015.
- [2] Mikel Brostrom.: Real-time multi-camera multi-object tracker "using YOLOv5 and StrongSORT with OSNet(2022). https://github.com/mikel-brostrom/Yolov5_StrongSORT_OSNet.
- [3] H.S.Malik, M.Dwivedi, S.N.Omaker, S.R.Samal, A.Rathi, E.B.Monis, B.Khanna, and A.Tiwari, "Deep learning based car damage classification and detection", EasyChair preprints, 2020.
- [4] Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection", in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas: Caesars Palace, pp. 1–10, 2016.
- [5] Chen, Long, et al. "Real-time multiple people tracking with deeply learned candidate selection and person re-identification." 2018 IEEE international conference on multimedia and expo(ICME). IEEE. 2018.