

철도환경에서의 실시간 이미지 객체인식 및 위험 예측 시스템 설계

장용형*, 오현진*, 이승신**, 오염덕(교신저자)^o

^o한국교통대학교 소프트웨어전공,

*한국교통대학교 소프트웨어전공,

**한국교통대학교 교통에너지융합학과

e-mail: jhk4538jj@naver.com*, 1826074@a.ut.ac.kr*, jhappy@ut.ac.kr**, rdoh@ut.ac.kr^o

Design of Realtime Image Object Recognition and Risk Prediction System in Railway Environment

Zhang Yong Heng*, HyeonJin Oh*, SeungShin Lee**, Ryumduck Oh(Corresponding Author)^o

^oDept. of Software, Korea National University of Transportation,

*Dept. of Software, Korea National University of Transportation,

**Dept. of IT and Energy Convergence, Korea National University of Transportation

● 요약 ●

본 논문은 철도 건널목(교차로)에서 발생하는 차량, 보행자 및 야생 동물 사고 등의 상황에서 발생하는 위험 요소를 설정하고 철도 건널목(교차로)의 운행상황을 확인할 수 있도록 모형 철도 주변에 유형별 센서들을 설치하고 데이터를 인지하여 시스템에 저장하고, 유효한 데이터 분석을 통해 Orange3 머신러닝 기법을 적용한다. 철도 건널목에 관련된 이미지 중 위험인자로서 차량, 보행자 및 야생동물등의 객체를 감지하고 데이터를 수집하여 활용한다. 또한 이러한 데이터들은 이용자 상황에 맞는 철도 데이터 운영 시스템으로 적용할 수 있도록 위험 예측 시스템을 제안한다.

키워드: 철도 건널목(Railroad Crossing), 인식(Recognition), 오렌지 3(Orange 3), 실시간 처리(Realtime Processing)

I. Introduction

교차로 철길에서의 사고는 열차 사고 유형 중 복합적인 피해가 매우 큰 유형의 철도 사고이다. 열차와 보행자, 열차와 차량 간 사고 발생 시 열차 운행 지연 및 중단 등의 경제적, 시간적 피해가 발생하기 때문이다. [1][2] 철도 건널목에서 발생하는 소음과 진동으로 인해 인근에 서식하는 야생동물들은 서식지를 옮기는 등, 철도 소음 및 진동으로 인해 환경에 영향이 가해지기도 한다. [3]

따라서 본 논문에서는 열차 운행 안전을 위협할 수 있는 위험요소인 철도 교차로 환경에 대한 실시간 데이터를 수집한다. 다음으로 교차로의 보행자와 차량 및 철도 주변 야생동물의 움직임에 대한 인식을 강화하여 이에 대응하는 실시간 인지 시스템을 구현하여 위험상황에 효과적인 대응방안을 마련한다. 또한, 차량 번호판 정보를 인식해서 기록하고 해당 차량에 경고를 보내는 음성 안내 시스템을 개발해 사고를 예방한다.

본 논문에서 열차 모형은 실제 열차 환경과 유사하게 세팅하였으며, 모형 환경 주변에 보행자, 차량 및 동물 모형을 배치하여 가능한 사고 상황을 시뮬레이션한다. 모형의 이미지 데이터를 수집하고 Orange 3 머신러닝 툴을 사용하여 인지 모델을 훈련시킨다.

II. Related works

각종 기사들에 따르면 철도 교차로에서 열차와 보행자, 열차와 차량 간 사고가 자주 발생하는 것 뿐만 아니라, 사고에 따른 인명 피해가 크다는 사실을 확인할 수 있다. [4]

야생동물이 철도로 인해 피해를 입었다는 연구 결과도 존재하며, 이 보고서에 따르면 엘크, 사슴, 곰 등의 야생동물은 기차의 소음과 진동으로 놀라며 많은 수의 기차와 동물이 충돌하는 사고를 일으킨다.[5]

야생동물이 거주하는 지역에서 열차와 동물의 충돌사고가 지속되면 경제적, 효율성 등의 큰 손실을 입을 뿐만 아니라 야생동물 보호에도 매우 부정적인 영향을 미치게 된다.

본 논문에서는 철로 건널목에서 발생하는 보행자, 차량 사고, 철로 경로에 속한 동물서식지에서의 야생동물의 사고 위험 경보를 설정하고 실제 열차가 철로 건널목을 통과하는 상황을 모델로 하여 위험인자 데이터를 수집하였다.

딥러닝이미지 인지 기술을 사용하여 철도 주변의 보행자, 차량 및 동물의 행동을 추적하고 위치시켜 위험 지역에 계속 있는지 여부를 판단한다.

이를 통해 장치를 이용해 보행자나 차량에 음성 경고를 보내고 초음파를 발생시켜 동물을 막는 등의 적절한 대응 방안을 마련할 수 있다.

III. Real-time image recognition and risk prediction system

1. Realization of Railway Risk Factor Identification

Orange는 사용자가 간단한 방법으로 딥러닝을 사용하여 결과를 예측할 수 있도록 할 수 있다.

본 논문에서는 Logistic Regression 모델과 신경망을 사용하여 인지 모델을 훈련하고 동시에 수집된 철도 교차로 이미지 데이터에 대한 위험 예측을 수행한다.

Table1은 위험 예측의 정확도를 표현한 표이다.

Table 1. Model Prediction Score

대상지역	예측 개체	예측 모델 이름	정확도
철도 교차로/ 경유 동물 서식지	보행자, 차량, 야생 동물	Logistic Regression	0.778
		Neural Network	0.744

철도 교차 이미지 데이터에 대한 위험 예측 모델의 기능은 다음과 같다.

이미지 데이터에서 보행자, 차량 및 동물의 존재 여부를 식별할 수 있다.

동시에 대상이 위험 지역에 있는지 여부를 판단할 수 있다. 그뒤에 빠르게 중앙 서버에 위험 경고 정보과 상관 데이터를 보낸다.

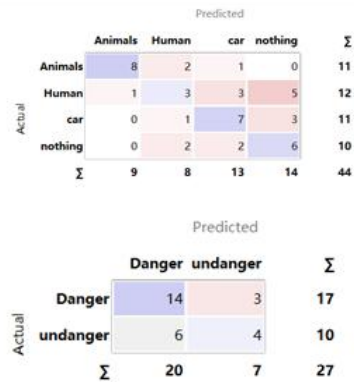


Fig. 1. confounding matrix of model evaluation

2. System Architecture

시스템의 전체 구조는 다음 Fig.2과 같이 설계하였다.

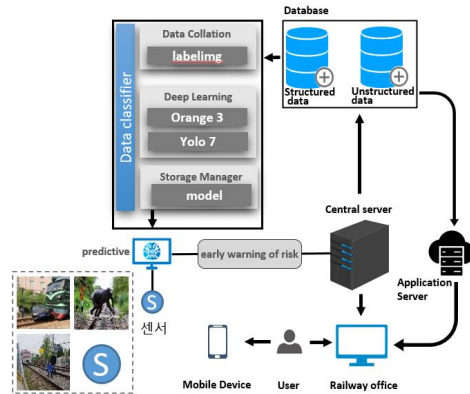


Fig. 2. The overall structure of the real-time cognitive system

각 이미지센서를 통해 수집된 철도위험요인 이미지 정보는 서버에서 제어하여 데이터베이스에 저장하여 인지모델 훈련으로 제공한다.

딥러닝을 거친 인지 모델은 철도 근처의 분포 처리 센터에 배치되어 주변의 여러 이미지 센서의 실시간 영상 데이터를 수신하고 처리한다.

철도위험요인 현황 파악 시 위험등급 구분, 서버 보고 및 조기경보로 정확하고 신속한 대응방안을 마련한다.

위험 상태에 대한 관련 데이터는 후속 인지 모델의 추가 훈련으로 서버에 의해 제어되고 저장된다.

데이터베이스에 저장된 데이터도 앱 서버를 통해 사용자에게 실시간 철도안전관리시스템으로 제공할 수 있다.

3. Simulation Model of Risk Situation at Railway Crossing

횡단보도 모델에 다양한 보행자, 차량 모델 및 이미지 센서를 배치하여 횡단보도 환경을 구현한다.

일부 다양한 사고 유형에 대해 모델을 사용하여 현장 상황을 시뮬레이션하고 이미지 센서를 사용하여 이미지 데이터를 수집하였다.



Fig. 3. Railway Crossing Model and Recognition Environment

4. Railway Image Risk Recognition Model Training

사진 수집 및 처리된 철도 위험 요소 사진 데이터는 보행자, 차량, 동물의 3가지 범주로 분류되며 이동 상태와 위치가 위험 지역인지 여부에 따라 Danger와 undanger의 2가지 범주로 분류된다.

오렌지3 툴을 사용하면 답러닝 기능을 편리하게 사용할 수 있다. 데이터 파일을 분류된 폴더에 저장하고 Import images 위젯을 사용하여 전체 폴더 경로를 읽는 것만으로 훈련 이미지 분류를 완료할 수 있다.

Orange 3을 이용한 답러닝의 구조는 다음과 같이 설계하였다.

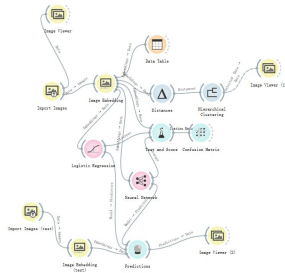


Fig. 4. Using Orange3 to design the overall structure of deep learning

Hierarchical clustering을 사용하여 서로 다른 샘플 간의 유사성을 계산하여 계층적 중첩 클러스터 트리를 생성했으며, 거리가 작을수록 유사성이 높아졌다. 이를 통해 훈련 샘플의 다양한 특징점을 분류하고 집계한다.

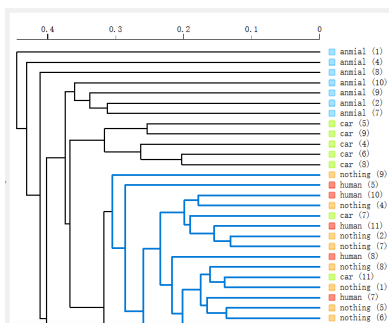


Fig. 5. Hierarchical clustering

처리된 이미지 데이터는 답러닝 훈련을 통해 훈련을 마친 후에 평가 및 테스트를 실시한다.

인식률이 높고 인식 속도가 빠른 인지 모델은 최종적으로 철도 옆에 설치된 연산 노드에 배치된다. 하나의 연산 노드는 주변의 여러 이미지 센서와 통신하고 실시간으로 상황을 감지할 수 있다. 그리고 감지 결과를 관리 및 데이터 저장을 위해 중앙 서버로 보낸다.



Fig. 6. Data Store Procedure by sensors

5. Identification of Vehicle Image Object

철도 주변 환경에서 차량 객체 인식을 위한 기능 구조는 다음과 같이 설계하였다.



Fig. 7. Car object recognition process

OpenCV 라이브러리를 통해 이미지 전처리를 수행하고 YOLO를 사용하여 여러 차량 객체의 위치를 실시간으로 찾고 이동 상태를 판단하며 차량 색상, 차량 ID 및 기타 기능을 얻는다.

이를 통해 특정 ID 차량이 위험 지역에서 장기간 정지된 것과 같은 위험 상황을 식별할 수 있습니다. 시스템 서버에 데이터와 경보를 전송하여 신속한 대응 방안을 마련한다.

6. Sensor Data Processing Structure

센서에서 생성된 다양한 데이터와 예측 결과를 라벨에 따라 Data Table에 삽입한다.

Category Table은 분류된 데이터를 저장하고 정리하여 관리자가 편리하게 읽을 수 있도록 한다.

Risk Table은 주의가 필요한 위험 상황에 대한 데이터를 저장한다.

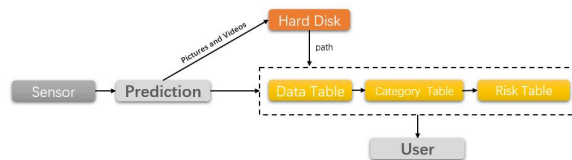


Fig. 8. Data Processing Structure

IV. Conclusions

이 논문에서는 철도 교차로 모델을 사용하여 보행자, 차량, 동물 및 열차의 사고 위험 상황을 시뮬레이션하고 철도 사고 위험 인식 모델을 훈련하기 위해 이미지 데이터를 수집한다.

인지모델은 평가와 테스트를 거쳐 철도위험 예측 서비스를 제공하고, 이를 통해 사고위험 상황이 조기 경보되면 웹 애플리케이션을 통해 관리자에게 긴급문자 등으로 정보를 제공할 수 있다.

교통안전은 물론 야생동물의 쾌적한 생활과 초음파 센서로 동물을 감지하여, 주변 동물들의 안전까지 보장한다.

또한 차량 번호의 기록도 철도 안전 위험 조기 경보 시스템에서 중요한 역할을 하였다.

카메라를 사용하여 차량 번호를 감지하고 기록하면 보행자와 차량에 대한 실시간 모니터링 및 위험 조기 경보를 수행할 수 있으며, 철도 안전 관리를 위한 보다 포괄적이고 정확한 정보를 제공하여 철도 운송의 안전성과 효율성을 향상시킬 수 있다.

ACKNOWLEDGEMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2020R1A2C1101867).

REFERENCES

- [1] Bongkwan Cho and Jaeil Jung / IJR, 3(3), 106-112, 2010
"A Study on Intelligent Railway Level Crossing System for Accident Prevention" The Korean Society For Railway 2010
- [2] To enter a crossing in defiance of traffic signals on a train.
"https://imnews.imbc.com/replay/2021/nwtoday/article/6320102_34943.html"
- [3] "Capability of Cooperation MTS and GIS, Future Prospects" "https://www.reseat.or.kr/portal/cmmn/file/fileDown.do?menuNo=200019&atchFileId=06dde1f4c33b4907b848839b7741ce1e&fileSn=1&bbsId="
- [4] Another railroad crossing in three weeks, this is a system problem "https://www.pressian.com/pages/articles/2022022813482803493" 2022
- [5] Dorsey B. Factors affecting bear and ungulate mortalities along the Canadian Pacific Railroad through Banff and Yoho National Parks[D]. Master's thesis, Montana State University. 2011.