

우회전 차량 속도제어를 위한 인공지능 기반 가시광 통신 시스템

윤예성, 이인혁, 최재필, 이예슬, 최재석, 이규진*

세명대학교, *세명대학교

babamba1101@naver.com, mahno2@naver.com, jpp877@naver.com, dldptmf040228@gmail.com, chlwotjr910@gmail.com *kyujin@semyung.ac.kr

AI-based Visible Light Communication system for right-turning vehicle speed control

In Hyeok Lee, Ye-Seong Yoon, Jae-Pil Choi, Ye-Seul Lee, Jae-Seok Choi, Kyu Jin Lee*

Semyung Univ., *Semyung Univ.

요약

본 논문에서는 최근 우회전 법률 개정에 따라 발생하는 사회적 문제를 해결하고자 AI 객체 인식 기반 교통제어 시스템을 목표로 연구하였다. 제안된 V2X 차량제어 시스템은 딥러닝 기반 보행자 검출 시스템을 통하여 신호등에 설치된 카메라가 횡단보도에 있는 보행자를 인식하고 우회전 차량에게 OOK 변조방식 기반의 가시광 통신으로 속도제어를 한다. 또한 횡단보도 앞 신호 구조물에도 불이 들어오므로써 속도가 제어된 차량뿐만 아닌 운전자, 보행자가 직접 눈에 볼 수 있는 시스템을 설계하였다. 기존 신호등을 점멸하는 방식으로 정보를 송신하며 자율주행 자동차는 이를 인식하여 보행자의 유무에 따라 우회전을 하거나 정지를 한다. YOLOv5s 모델을 사용하여 보행자 검출을 하고, 실시간으로 검출된 보행자에 따라 차량의 속도가 제어되는지를 입증한다.

I. 서론

최근 다양한 기술과 개념이 결합 되어 혁신적인 지능형교통체계(Intelligent Transportation System:ITS)가 떠오르고 있는데 그중 자율주행 차량과 연계된 교통시스템인 V2X(Vehicle-to-Everything)는 자율주행 차량이 도로 인프라, 다른 차량, 보행자 등과 통신하여 교통상황을 실시간으로 공유하고 협력하고 있다. [1] 지능형교통체계(ITS)란 첨단 검지, 통신, 컴퓨터 및 제어 기술을 활용하여 실시간으로 교통정보를 수집하고 가공하여 교통이용자에게 제공함으로써 교통체계의 안전성과 효율성을 추구하는 것이다. 최근 우리나라에서 개정된 도로교통법 제27조에 따르면 전방 차량 신호가 적색일 때 정지선, 횡단보도 및 교차로 직전에서 반드시 정지 후, 보행자가 없으면 신호에 따라 서행하여 우회전할 수 있다. 하지만 이 법안은 보행자나 다른 차량과의 교차로에서의 안전성이 부족하고, 우회전에 대한 표지판이나 신호체계가 명확하지 않아 운전자들의 혼란성을 야기할 수 있으며 일부 지역의 교차로나 도로 인프라가 우회전을 수용하기에 부적절하거나, 우회전 차량 대기시간이 길어 교통혼잡을 야기할 수 있다. 또한 신호등이 빨간불일 때는 보행자 유무와 관계없이 정지이고 초록불일 때는 보행자가 있다면 일시정지, 보행자가 없다면 속도를 줄여 천천히 지나간다는 다소 애매한 규정이 있다. 이로 인하여 운전자들은 전방 신호와 보행자에 따른 여러 가지 상황에 대처하기 힘들다 라며 지키기도, 이해하기도 어려운 우회전 규제 체계를 바꿔야 하냐고 목소리를 높이고 있다. 이에 대한 대책으로 우회전 신호등 등의 여러 가지 대책이 나오고 있지만, 우회전 신호등의 설치하는 도심 내 교통체증을 유발함을 불가피하다고 전문가들은 이야기한다. 본 논문에서는 신호등에 설치된 카메라를 이용하여 횡단보도에 있는 보행자를 인식하고 OOK 변조방식 기반의 가시광 통신을 이용하여 차량에 보행자의 정보를 송신하고 동시에 횡단보도에 설치된 우회전 신호등에도 불이 들어오게 하여 자율주행차량 뿐만 아니라 운전자와 보행자에게 동시에 경각심을 줄 수 있는 V2X 시스템을 설계하였다. 본 논문은 가시광 통신을 이용하여 운전자가 우회전 시 발생할 수 있는 문제점과 우회전 신호등

으로 인하여 발생할 수 있는 도심 내 교통체증을 완화하는 것을 목표로 연구하였다.

II. 본론

2-1. 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 인공지능 기반 가시광 통신 시스템은 그림1에 도시화한 바와 같이 횡단보도가 있는 우회전 차선의 자율주행 차량에게 보행자가 있을 경우 자동으로 자율주행 차량에게 정보를 송신하여 차량을 정지시키고 횡단보도에 설치된 우회전 차량 정차 신호가 들어온다. 보행자가 없을 경우 우회전 차선의 자율주행 차량에게 정보를 송신하여 속도를 감속시켜 일정 속도로 통행하도록 하고 우회전 차량 통행 신호가 들어오므로써 차량의 우회전 시에 발생될 수 있는 사고 및 우회전 신호등이 야기하는 교통체증과 같은 여러 문제점을 효율적으로 해결하는 교통 시스템이다.

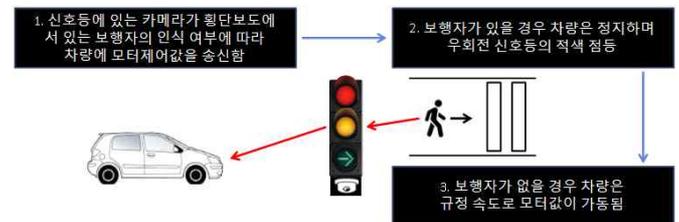


그림 1 제안된 V2X 차량제어 시스템의 개념도

그림2는 본 논문에서 개발한 인공지능 기반 우회전 차량 속도제어 가시광 통신 시스템의 구현 결과이다. 신호등은 8x32 크기의 Dot Matrix를 사용하여 신호를 송신하며 차량과 신호등 모두 각각의 아두이노를 사용한다. 신호등에 있는 카메라의 영상을 학습된 모델을 통하여 보행자의 유무를 확인한다. 보행자의 검출 여부에 맞춰서 신호등의 플리커를 발생시키고 이를 인식 받은 모터가 가동되어 속도가 변하는 방식이다. 차량 측 아두이노에 연결된 카메라에서는

신호등에서 일으킨 빛의 깜빡임의 그림 3과 같이 꺼짐을 0, 켜짐을 1로 인식하면서 수신받는다. 보행자가 검출이 될 경우 자율주행 차량에 정지하라는 정보를 송신한다. 그 후에도 지속적으로 보행자를 검출하고 보행자가 검출되지 않으면 우회전을 할 수 있도록 차량에게 정보를 송신한다.

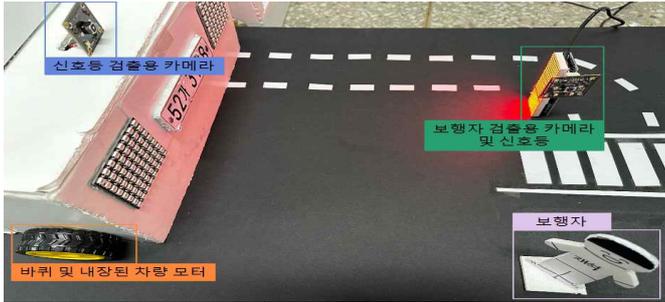


그림 2 시스템 구현 및 작동방식

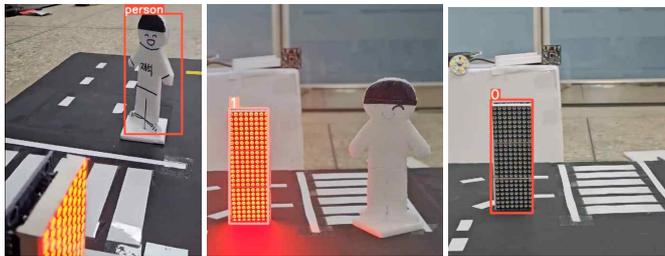


그림 3 각 카메라가 인식한 보행자와 신호등

2-2. 차량과 신호등 간 통신방식

보행자를 인식한 신호등은 OOK 변조방식을 기반으로 차량에 데이터를 전송한다. [2] 신호등을 임의로 점멸시키고 이를 인식 받은 차량은 신호등이 켜졌을 때를 '1'의 데이터로, 신호등이 꺼졌을 때를 '0'의 데이터로 인식한다. 그림 4의 전송 패킷은 신호등에서 우회전 차량에게 전송하는 데이터로써 데이터의 전송 오류를 방지하기 위한 Sync 패킷과 속도 제어를 위한 Information 패킷으로 나뉜다. Sync 패킷을 먼저 인식 받은 후에 Information 패킷을 받는다. Sync 패킷은 깜빡임이 많을수록 정확도가 올라가고 이에 따라 [0, 1, 0, 1, 0]의 깜빡임이 잘 나타나는 포맷으로 Sync 패킷을 전송하기로 하였다. 후에 전송되는 Information 패킷은 4 bits의 2진수로 전송한다. Information 패킷에 전송되는 속도 데이터의 값은 Input의 값은 신호등 측 카메라의 사람 인식 여부에 따라 다르며 Information 패킷의 bits 값은 표1의 값과 같다.

Input	4 bits	Output
Person	1111	Stop
no detected	0000	Go

표 1. Information 패킷의 속도 데이터 값

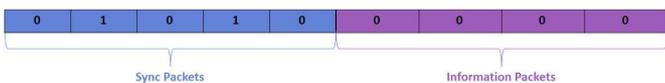


그림 4 신호등의 가시광통신 전송 패킷

2-3. 실험 및 결과

본 연구에서 개발한 교통정보 시스템은 실시간으로 보행자 검출을 진행하고 차량에 통신을 진행하기에 빠르면서 정확해야 한다. 따라서 YOLOv5 모델뿐만이 아닌 다양한 YOLO 모델을 비교하고 평가하였으며 그 결과, YOLOv5s를 사용하였다. 일반적으로 우회전 전용 도로의 횡단보도에서 제1 우선순위인 보행자로 학습을 위한 이미지를 모두 촬영하였고, 정확한 검출을 위하여 다각도, 각각 다른 거리에서 촬영을 진행하였다. 촬영된 이미지는 총 1,823장의 이미지

이며, 데이터 수를 보강하기 위하여 데이터 증강 기법을 이용하여 총 3,631장의 이미지를 이용하여 인공지능 모델의 학습을 진행하였다. 실험에는 train image를 2,558장, valid image를 730장, test image를 343장 사용하였으며 각 클래스 별 평균 정확도와 지연속도는 표2와 같다.

본 연구에서 학습시킨 AI 데이터는 일반 보행자 한 명 1가지의 클래스를 준비하였다. AI 모델이 정상적인 작동을 하는지 보기 위하여 Pycharm을 이용한 실시간으로 촬영된 영상에서 객체를 검출하는 방식을 사용하였다. 실시간 촬영을 하는 카메라는 노트북에 아두이노 카메라를 연결하여 사용하였고 (IMX179, 1080p), dot matrix를 신호등으로 사용하였다. 그림 5와 같이 횡단보도에 보행자가 인식되었을 경우 적색 신호등을 점등하며 보행자가 인식되지 않는 경우 신호등이 소등된다. 이를 지속적으로 검출하여 보행자가 없을 때 다시 신호등이 소등되어 차량이通行할 수 있게끔 한다.

Class (카메라)	Class (신호등)	Dataset (%)	Delay (ms)
no detected	0	93.71	4.419
person	1	95.19	3.983

표 2. 각 클래스 별 정확도 및 지연속도

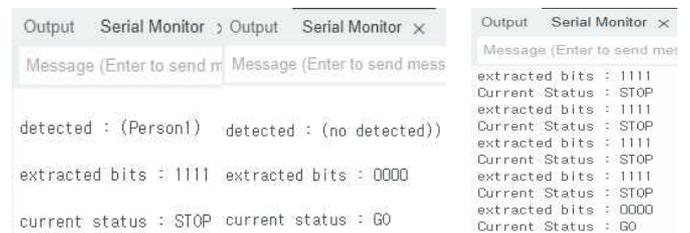


그림 5 보행자의 검출 유무에 따른 송신(좌) 수신(우) 결과

III. 결론

본 논문에서는 V2X 기술을 활용하기 위한 인공지능 기반 가시광 통신 시스템으로 ITS 구축을 목표로 연구하였다. 기존에 존재하는 신호등의 불빛을 송신부로 이용함으로써 비용 절감 또한 가능하다. 본 연구에서는 카메라의 인식범위에 보행자가 인식되면 카메라로 검출하고 우회전 차량에게 실시간으로 데이터를 전송하기 위하여 YOLOv5s를 사용하였고 실외에서도 가시광 통신을 가능하게 하는 객체인식 AI기반 OOK 변조방식의 가시광 통신으로 구현하였다. 나아가 자율주행 자동차의 정보송신 외에도 신호등 또한 보행자의 실시간 검출에 맞게 점등되기에 교통체증 완화에도 도움이 될 것으로 기대된다. 주행 중인 차량뿐만 아니라 교통신호, 도로 표지판, 보행자의 위치 등과도 통신하여 본 논문에서 다룬 우회전 관련 법안뿐만 아니라 더 다양한 문제점들을 해결하는데 목표를 두고 있다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. NRF-2021R1F1A1064574).

참고 문헌

- [1] 오현서, 최현균, & 송유승. (2016). 협력 자율 주행을 위한 V2X 통신기술. 한국통신학회지(정보와통신), 33(4), 41-46.
- [2] 윤수근, 전희진, 김병욱, 정성윤. (2017). 후미등의 가시광통신을 이용한 이동상황에서의 영상센서 기반 차량 간 거리 추정 기법. The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers Vol. 66, No. 6, (pp. 935-941).