

후미등의 가시광 통신을 이용한 인공지능 기반 차량 간 속도제어 시스템

이인혁, 윤예성, 이규진*

세명대학교, *세명대학교

mahno2@naver.com, babamba1101@naver.com, *kyujin@semyung.ac.kr

AI-based V2V speed control Visible Light Communication system

In Hyeok Lee, Ye-Seong Yoon, Kyu Jin Lee*

Semyung Univ., *Semyung Univ.

요약

본 논문에서는 실외 가시광 통신으로 차량 간 통신 기술인 V2V를 이용하여 차량의 속도를 제어하기 위함을 목표로 연구하였다. 또한, V2V에 가시광 통신 기술을 사용함으로써 차량 간 통신의 사고 위험을 개선함과 동시에 자율주행 기술의 발전을 위한 목표를 두었다. 실험 결과 앞 차량을 후미등의 LED를 임의로 플리커 현상을 만들어 제어한 후 뒤 차량에 속도를 송신하고, 뒤 차량은 수신된 정보를 바탕으로 속도가 앞 차량과 동일하게 맞춰지는 것을 확인하였다. 본 연구를 통해 기존 자동차에 있는 후미등을 이용하여 자율주행 운전이 가능하며, 추후 이 기술을 신호등과 같은 주변 사물에 적용하는 V2X 기술로서 적용하여 사고율 및 보안성을 향상할 수 있다는 기대효과가 있다.

I. 서론

최근 들어 AI, 딥러닝과 같은 차세대 기술들과 함께 세계적으로 자율주행 자동차에 대한 관심이 증가하고, 기술 개발이 계속되고 있다. 미국 자동차 기술학회인 SAE가 0단계에서 5단계까지 나눈 자율주행 기술 단계를 기준으로, 위험시 사람이 운전해 개입하는 조건부 자율주행 단계인 3단계에 머물러있는 현재 안정성, 보안성의 취약 문제와 비용 문제 등 다양한 문제들이 남아있다. 위험시 사람이 운전해 개입해야 하는 조건부 자율주행 단계인 만큼 사람이 위험에 대처할 수 있는 차간 안전거리 확보가 중요하며, 인공지능을 기반으로 주행하는 자동차인 만큼 보안에 문제가 생길 시 큰 사고로 이어질 수 있기에 안정성과 보안성 취약 문제는 꼭 해결해야 하는 문제이다. [1] 우리는 이러한 문제들을 해결하고 자율주행 자동차 기술의 발전을 위해 V2V 기술을 활용하기 위한 인공지능 기반 가시광 통신(VLC)을 선택하였다. 그러나 포토다이오드(LED)와 포토트랜지스터(센서)를 사용하는 기존 가시광 통신은 햇빛으로 인해 실외에서는 쓰이기 힘들다는 문제점이 있었는데, 우리는 이를 해결하기 위해서 LED Matrix에서 카메라로 통신을 하는 새로운 방식의 가시광 통신을 생각해냈다. 차량의 후미등의 역할을 하기 위해 LED Matrix를 송신부로 사용하였으며, 후미등을 촬영하는 카메라는 AI와 YOLO를 기반으로 객체를 인식 받아 LED의 On/Off 구분을 가능하게 하여 햇빛이 있는 실외에서도 가시광 통신을 이용할 수 있도록 하였다. 이를 통해 가시광 통신을 자율주행 자동차에 이용하면 기존 차량의 후미등을 송신부로 이용하기 때문에 비용 절감을 할 수 있을 뿐만 아니라 안정성과 보안성 취약 문제와 같은 문제들을 해결할 수 있다. 본 논문은 V2V 기술을 활용하기 위한 인공지능 기반 가시광 통신을 이용하여 현재 자율주행 자동차의 문제점을 해결하고 자율주행 자동차의 기술 개발을 목표로 하였다. [2]

II. 본론

2.1 시스템 구성 및 개념도

본 논문에서는 전방 차량 후미등의 깜빡임을 인식하여 후방차량의 속도를 제어한다. 그림1은 본 논문에서 제안된 가시광 통신을 이용한 V2V 속도제어 시

스템에 대한 개념도이다. 제안된 시스템은 앞 차량의 후미등을 송신부로 사용하고 뒤 차량의 전면에 부착된 카메라가 이를 수신한다. 앞 차량의 송신부에서 발생한 LED의 깜빡임을 YOLO 객체인식을 통하여 학습을 한 후, 카메라가 0과 1의 2진수로 정보를 해석하고 통신하는 방식이다.

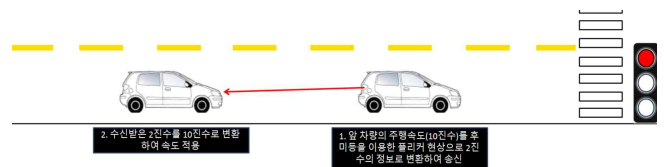


그림 1 제안된 가시광 통신을 이용한 V2V 속도제어 시스템의 개념도

그림2는 본 논문에서 개발한 인공지능 기반 차량 간 속도제어 가시광 통신 시스템의 구현 결과이다. 송신부 아두이노에서는 8x8 크기의 LED Matrix를 사용하여 신호를 송신한다. 모터는 아두이노 시리얼 모니터에 입력하면 입력된 숫자에 맞춰서 모터가 가동된다. 이때 송신되는 데이터는 아두이노에 연결된 모터의 속도에 대한 데이터를 2진수로 변환시킨 값이다. 수신부 아두이노에 연결된 카메라에서는 송신부에서 일으킨 빛의 깜빡임 꺼짐을 0, 켜짐을 1로 인식하면서 수신받는다.

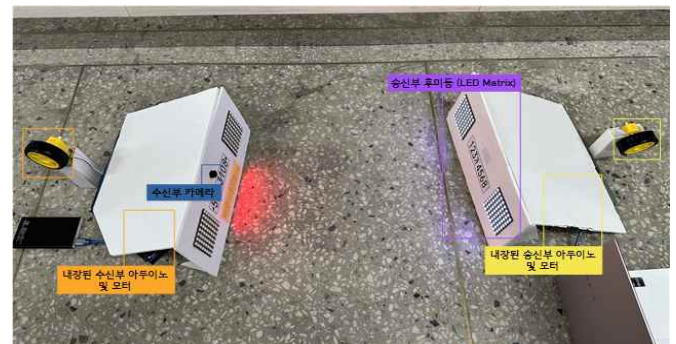


그림 2 시스템 구현 및 작동방식

본 논문에서는 후미등의 검출을 바탕으로 속도 데이터를 전송하기 위하여 OOK(On-Off Keying) 변조방식을 기반으로 한 가시광 통신을 사용한다. OOK 변조방식의 경우 후미등 LED Matrix가 켜진 경우엔 '1'의 데이터로, 꺼진 경우엔 '0'의 데이터를 나타낸다. 그림 3의 전송 패킷은 후미등에서 전송하는 데이터로 Sync 패킷과 Information 패킷으로 나뉜다. [3] Sync 패킷을 먼저 인식 받아야 후미등의 깜빡임을 속도 데이터의 시작점으로 인식하며 데이터를 받을 수 있다. 따라서 Sync 패킷을 잘 인식하기 위해선 깜빡임이 많이 필요하고 이에 따라 [0, 1, 0, 1, 0]의 포맷으로 Sync 패킷을 전송하였다. Sync 패킷 전송 후에 전송되는 Information 패킷은 4 bits의 2진수로 전송한다. Information 패킷에 전송되는 속도 데이터의 값은 표1의 값과 같다. Input의 값은 Arduino 시리얼 모니터에 입력하는 값이다. 자동차를 대상으로 연구하였기에 속도값을 15단위로 나누어서 입력받았다. [15, 30, 45, 120] 총 4가지의 입력을 받으면 [1, 2, 3, 8]의 데이터로 변환하며 이를 2진수 bits 값으로 변환한다. 변환된 값은 LED의 On/Off에 사용되는 데이터이다. 추후 더 많은 속도값이 필요하면 Information 패킷의 bit 수를 늘려서 받을 수 있다.

Input	변환 Data	4 bits
15	1	0001
30	2	0010
45	3	0011
120	8	1000

표 1. Information 패킷의 속도 데이터 값

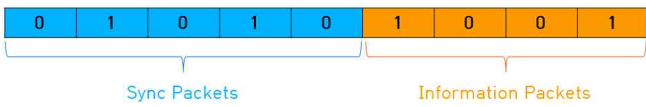


그림 3 가시광통신의 전송 패킷

그림 4는 OOK 변조방식을 기반으로 PyCharm에서 송신부의 후미등(LED Matrix)의 꺼짐과 켜짐을 인식 받은 결과이다. 수신받은 데이터는 0과 1의 데이터로 누적되어 패킷으로 인식된다. [0, 1, 0, 1, 0]을 인식받으면 그 후에 송신되는 데이터는 Information 패킷으로 인식되며 이때 받은 데이터가 모터의 속도값이 된다. [0, 1, 0, 1, 0]을 인식 받지 못하면 그 데이터는 폐기 처리되어 속도값으로서 수신되지 못하며 다시 Sync 패킷을 수신받아야 한다.

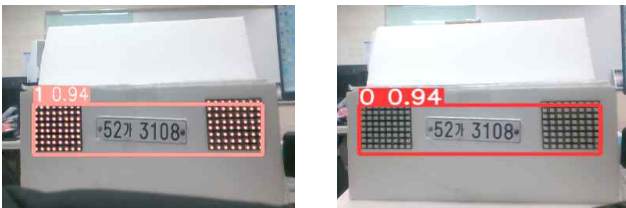


그림 4 LED의 On/Off 검출

2-2. 연구결과

그림5(좌)는 송신부 아두이노에서 모터에 속도를 입력하고 2진수로 변환한 결과이다. 변환된 결과를 OOK 방식을 통해서 후미등의 깜빡임으로 정보를 송신한다. 그림5(우)는 인식 받은 2진수 데이터를 다시 속도값으로 변환한 결과이다. 변환된 값은 모터에 전달되어 속도가 동기화된다. 수집된 원본 이미지는 2,399장이며 data augmentation 기법을 적용하여 이미지를 증강 시켰으며 총 4,798장의 이미지를 준비하였다. 실험에는 train image 3,359장 valid image 960장 test image 479장을 사용하였다. 각 클래스 별 평균 정확도와 평균 지연속도는 표2와 같다. 0과 1의 정확도는 각각 0.9564, 0.9446임을 확인하였다. 0과 1의 각 클래스의 정확도가 94% 이상임을 확인하였다. 각 클래스별

의 지연속도는 0일 때 최소 3.0ms 최대 7.0ms, 1일 때 최소 3.0ms 최대 11.0ms인 것을 확인하였다.

Class	Dataset (%)	Delay (ms)
0	95.64	5.326
1	94.46	5.894

표 2. 각 클래스 별 정확도 및 지연속도

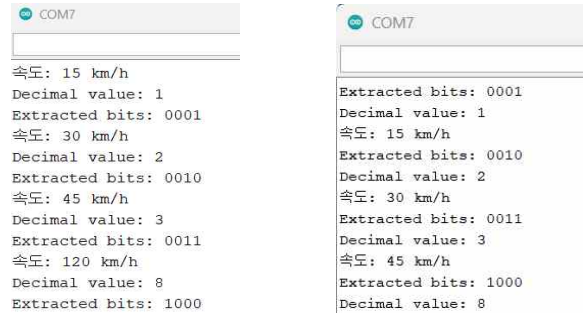


그림 5 송신부(좌) 및 수신부(우) 아두이노에서 속도 데이터를 주고받은 결과

III. 결론

본 논문에서는 V2V 기술을 활용하기 위한 인공지능 기반 가시광 통신 시스템으로 자율주행 자동차 기술의 발전을 목표로 연구했다. 또한, 차량의 후미등을 송신부로 이용함으로써 비용 절감과 안전성, 보안성과 같은 문제들을 해결하는 것에 목표를 두었다. 본 연구에서는 앞차의 속도 정보를 카메라로 검출하고 속도를 동기화시키기 위해 YOLOv5를 사용하였고, 실외에서 통신을 하기 위해 LED Matrix(포도다이오드)와 카메라를 사용하여 OOK 변조방식 기반의 가시광 통신을 구현하였다. 실험 결과 OCC(Optical Camera Communication) 기술을 이용하여 앞차의 속도에 따라 뒤차의 속도를 제어하여 동기화시키는 것을 확인하였다. 본 연구를 통해 가시광 통신 기술로 앞, 뒤 차량의 속도를 동기화시켜 현재 자율주행 자동차의 문제점들을 해결할 수 있으며, 이 기술을 단방향 통신이 아닌 양방향 통신으로 적용하여 신호등과 가로등 같은 사물을 통하여 도로의 정보들을 차량에 전달할 수 있는 V2X 기술까지 구현할 수 있다는 기대효과가 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] Park, So-hyun, and Young-ho Park. "자율주행을 위한 기반기술 수준별 SW 요소분석." Proceedings of KIIT Conference, 2018, p. 585.
- [2] Kim, Seong-Man. "무선 가시광 통신 기술." Optical Science and Technology, vol. 19, no. 1, 2015, p. 30.
- [3] Soo-Keun Yun, Hui-Jin Jeon, Byung Wook Kim, Sung-Yoon Jung. (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).