

비정형 환경 자율주행을 위한 HMI 기술에 관한 연구

김태형, 이인규, 이윤화, 김봉섭, 윤경수*

지능형자동차부품진흥원

thkim@kiapi.or.kr, iglee@kiapi.or.kr, yhlee@kiapi.or.kr, bskim@kiapi.or.kr, *kadbonow@kiapi.or.kr

A Study on HMI Technology for Autonomous Driving in Atypical Environment

Kim Tae Hyeong, Lee In Gyu, Lee Yun Hwa, Kim Bong Sub, Yun Kyung Su*

Korea Intelligent Automotive Parts Promotion Institute (KIAPI)

요 약

본 논문은 비정형 환경에서 자율주행차량과 사람이 상호 작용하기 위한 HMI(Human-Machine Interface)기술에 관한 연구 결과를 제안한다. 기존의 연구 및 개발된 HMI 기술 동향을 살펴보고 이를 통해 HMI 기술을 구현하기 위한 디스플레이 하드웨어와 비정형이라는 일반적이지 않은 환경조건을 고려한 소프트웨어 설계 방법을 기술한다. 또한 비정형 환경에서 발생할 수 있는 상황에 대한 시나리오를 정의하고, 시나리오에서의 자율주행 차량 통행규칙 정립을 통한 HMI 표출 방안을 제안한다.

I. 서론

자율주행 기술의 일환인 ADAS 기능들이 발전하고 상용화됨에 따라, 차량의 운행 과정에서 운전자의 개입이 점점 줄어들고 있으며, 차량을 제어하는 주체에 대한 변화가 뚜렷해지고 있다. 운전자는 손짓 등을 통해 타 차량 운전자나 보행자와 상호 작용을 해왔으나, 자율주행 시대에는 의사 표현의 주체가 차량 시스템이 되어야 한다. 이에 따라 고도의 자율주행일 수록 차량-보행자간 상호작용을 위한 HMI(Human Machine Interface) 기술 개발 및 적용이 필요하다.

이러한 흐름에 따라 국내·외 기업, 기관 등에서 활발하게 연구가 이루어져 왔다. 미국 Ford와 VTTI(Virginia Tech Transport Institute)는 2017년까지 공동 연구한 프로젝트를 통해, 전방 유리창 상단에 보행자 눈높이에 맞춘 조명을 설치하고 자율주행 차량의 상태에 대한 신호를 보내는 기술을 공개하였다.[1] 캐나다의 OCAD(Ontario College of Art and Design) 대학은 2018년 시각/청각/물리적 형식의 차량, 도로 인프라, 보행자 등의 조합에 기반을 둔 인터페이스를 개발하였다.[2] 자율주행을 통해 주문형 서비스를 제공하고 있는 미국의 Drive.ai는 차량의 전면, 후면 및 좌우 앞바퀴 상단에 각각 LED 스크린을 부착하고, 보행자에게 자율주행 차량의 상태를 알리고 있다.[3] 2019년 독일 Daimler ESF(Experimental Safety Vehicle) 2019는 보행자 및 다른 차량과 상호 작용을 위한 후면 유리 디스플레이 장치를 제안하였으며, 정차 시 도로 취약자 보호용 감지 시스템 등으로 사고를 예방하고자 하고 있다.[4] 독일 FEV는 차량 애플리케이션을 위한 MLA(Micro-Lens Array) 기술을 통해 도로 표면에 차량에서 표출하는 정보를 조사함으로써 상호작용하는 기술을 2019년 공개하였다.[5] 2020년 Continental은 CES 2020을 통하여 자사의 개발 플랫폼인 CUBE에서 개발된 HMI 솔루션을 발표하였으며, CUBE 플랫폼의 내/외부 상호작용을 위한 청각, 시각적 인터페이스를 포함하고 있다.[6] 본 논문은 이러한 기술 개발 동향을 검토하여 비정형 환경에서 도로 취약자와 상호 작용이 가능한 자율주행용 HMI 기술을 제안한다.

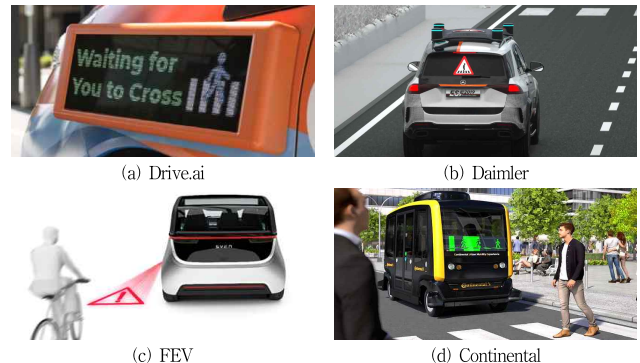


그림 1. HMI 기술 개발 동향

II. 본론

1. 비정형 환경

일반적인 정형 도로 환경과 달리 예측 불가능한 상황이 발생할 가능성이 높은 환경(좁거나 차선이 없는 도로, 교통 시설물 부재, 정적 및 동적 장애물이 많은 환경 등)을 비정형 환경이라고 정의한다. ODD (Operational Design Domain, 운용 설계 범위)를 설계하여 비정형 환경을 정의하면 그 의미는 보다 명확해진다.

비정형 환경에 해당하는 ODD는 도로 기하학, 교통 시설물, 임시 제한 구역, 동적 물체, 환경조건 등으로 구분하여 사전에 정의하였다. 이에 해당되는 대상 지역 및 구간을 선정하였으며, 아래와 같다.



그림 2. 비정형 구간 및 실제 환경 예시

2. HMI (Human-Machine Interface)

본 논문은 HMI를 통해 자율주행 차량의 의사를 전달하기 위하여, 차량 외부에 장착하기 위한 하드웨어와 표출 장면, 문구 등을 결정할 소프트웨어를 설계하고, 이에 대한 표출 예시를 보이고자 한다.

1) HMI 하드웨어

영상 매체는 시각적 요소를 이용하여 직관적이면서도 빠르게 전달이 가능하며, 아이디어를 표현할 수 있는 확장성이 넓어 영향력이 높다. 반면에 음성 매체는 청각적 요소를 이용해 외부 시선을 유도하면서도 전달 속도가 빠르고 비용 측면에서 상대적으로 낮다. 따라서 외부에 자율주행 차량의 의사를 전달할 때 두 매체의 장점을 결합할 수 있도록 동시에 표출하는 것이 효과적이다. 본 논문은 3가지 디스플레이를 선정하고, 자율주행 차량에 장착하기에 적절한 위치를 3D 모델링을 통해 제안한다. 청각적 요소는 시각적 요소와 달리 전달 범위가 비교적 제한적이지 않으므로, 별도의 과정 없이 시각화되는 문구를 읽어주는 형태를 제안한다. 첫 번째는 고해상도 패널이다. 고해상도 패널은 그래픽 요소 및 동영상 등의 배치 및 표출이 자유롭다는 장점이 있으며, 표출하고자 하는 장면에 대한 추가/변경 등이 용이하다. 두 번째는 전광판이라 불리는 LED 타일이다. LED 타일은 옥외용의 고휘도 LED를 사용하여 시인성이 뛰어나고 직관적인 표현이 가능하며, 비용부담이 낮다. 세 번째는 투명 전광판이라 불리는 미디어 파사드이다. LED 타일과 동일한 장점을 가지고 있으며, 이에 더해 투명 패널을 사용하므로써 차체에 부착하였을 때 이질감이 적다. 디스플레이 장착 예시를 3차원 모델링 한 것은 그림 3과 같다.

2) HMI 소프트웨어

디스플레이 장치를 통해 전달되는 시각적 요소는 전달하고자 하는 핵심 키워드를 사용하는 것이 빠르고 명확한 의사 전달을 가능하게 한다. 색상은 경고, 지시 등의 의미를 포함할 수 있으므로, 키워드에 어울리는 색상(녹, 황, 적 등)을 이용하는 것이 직관적이다. 이러한 소프트웨어를 설계한 예시는 그림 4와 같다.

3) 통행규칙 정립 및 HMI 표출

비정형 환경에는 수많은 유형이 존재할 것이며, 이에 대한 근거는 ODD의 조합에 의해 충분히 뒷받침된다. 따라서 본 논문은 수많은 유형 중 특정 상황에 대하여 시나리오를 정의하였다. ODD 요소 중 '교통 시설물'에 해당하는 신호등이 존재하지 않는 교차로에 대한 상황이며, 자율주행차량 외에 1대 이상의 타 차량이 교차로에 진입하고 있는 시나리오이다. 해당 시나리오에 대한 통행규칙을 다음과 같이 정의하고, 이에 대한 표출 방안은 그림 6과 같다.

step1. 자 차량은 교차로 진입 전 서행 후 차선 내 정지

step2. 타 차량 정지, 자 차량 HMI 표출을 통해 일정 시간 양보 의사 표출

step3-1. 타 차량 움직이지 않을 경우, 자 차량 주행 의사 표출 후 자 차량 주행

step3-2. 타 차량이 움직일 경우, 타 차량이 교차로를 벗어난 이후 자 차량 주행

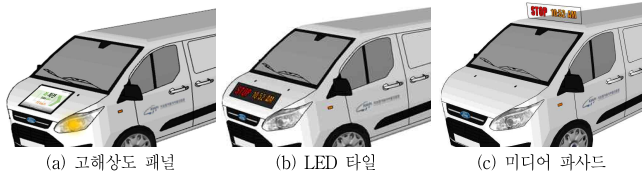


그림 3. HMI 하드웨어 장착 예시

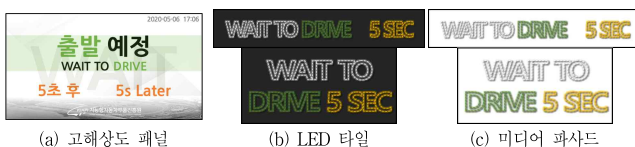


그림 4. HMI 표출 방안 예시 (자율주행차량 출발 전)

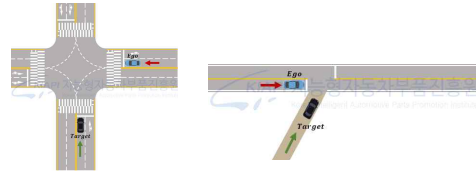


그림 5. 비정형 환경 시나리오 (신호등 없는 교차로)



그림 6. 시나리오에 대한 HMI 표출 예시

본 논문은 비정형 환경에서의 HMI 기술 구현을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 설계, 비정형 환경에서 발생할 수 있는 상황의 시나리오 정의 및 통행 규칙 정립을 기술하고, 이에 대한 예시를 통해 비정형 환경의 자율주행차량에 적용하기 위한 방안을 제시하였다.

III. 결론

본 논문에서는 비정형 환경에서 자율주행차량을 안전하게 운용하기 위한 HMI 기술에 대한 연구결과를 제안하였다. 향후 자율주행차량의 전방향(Omnidirectional)으로 표출할 수 있는 HMI 하드웨어와 보다 더 직관적인 표출 방안 등에 대한 연구를 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2019-0-00399, 비정형 주행 환경 대응이 가능한 자율차 탑재용 AI기반 인지, 판단 및 제어 솔루션 개발)

참 고 문 헌

- [1] "Ford, Virginia Tech Go Undercover to Develop Signals That Enable Autonomous Vehicles to Communicate with People," 2017, (<https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2017/09/13/ford-virginia-tech-autonomous-vehicle-human-testing.html>).
- [2] K. Mahadevan, S. Somanath, E. Sharlin, "Communicating Awareness and Intent in autonomous Vehicle-Pedestrian Interaction," in Proc. 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1-12, 2018.
- [3] D. Roberts, "Here's How Self-Driving Cars Could Catch on A Limited, Controlled Experiment in Texas Charts a Path Forward for AVs," 2018, (<https://www.vox.com/energy-and-environment/2018/5/8/17330112/self-driving-cars-autonomous-vehicles-texas-drive-ai>).
- [4] "ESF 2019: New Safety Ideas for a New Mobility," 2019, (<https://www.mercedes-benz.com/en/innovation/vehicle-development/esf-2019/>).
- [5] "Light in Sight: FEV Daughter Develops Micro-Lens-Array for automotive Applications," 2019, (<https://www.fev.com/en/coming-up/press/press-releases/news-article/article/licht-in-sicht-fev-tochter-entwickelt-mikro-linsen-array-fuer-automobile-anwendungen.html>).
- [6] "Continental: Holistic Human-Machine Interaction for Autonomous Vehicles," 2019, (<https://www.continental.com/en/press/press-releases/2019-12-12-hmi-cube-204614>).