

자율주행차의 탑승자를 위한 주행의도 전달시스템 연구

문범석, 유지훈, 유현주, 정수림, 이영섭*
 인천대학교 임베디드시스템공학과
 *Email : YSL@inu.ac.kr

A System of Delivering Self-driving Intentions to Passengers

Beomseok Moon, Jihun Yu, Hyeonju Yoo, Surim Jeong and Young-Sup Lee
 Dept. of Embedded System Engineering, Incheon National University

요 약

주행 중인 자율주행차의 탑승자는 차량의 거동을 예측할 수 없기 때문에 불안함을 느낄 수 있으므로 차량의 거동 정보를 사전에 탑승자에게 전달하여 심리적 안정을 제공하는 것은 중요하다. 본 논문에서는 완전 자율주행 상황을 가정하여 자율주행 시스템이 발생시키는 주행 의도를 탑승자에게 전달하는 하드웨어 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 자율주행차량이 사전에 생성된 경로를 따라 주행하면서 출발, 정지, 방향 전환 등과 같은 총 5 가지 상황에 대한 시각, 청각 및 촉각 알림을 통한 자율주행 의도 전달하는 것을 고려한다. 차량용 시트에 모터를 부착하여 촉각 알림을 통해 자율주행 의도를 전달 하였으며, 모니터를 통해 시각 및 청각 알림을 통해 자율주행 의도를 전달하였다. PC 에서 개발에 필요한 시뮬레이션 데이터를 처리하였으며, 시뮬레이션 환경에서 개발, 실험 및 평가가 진행되었다.

1. 서론

최근의 조사에 따르면 2026년에는 자율주행 자동차 시장이 5560 억 달러로 성장할 것으로 예측하고 있으며[1], Google Waymo, Tesla, Nvidia 및 Uber 등을 포함한 많은 기업체 및 연구 기관에서 자율주행 자동차에 대한 개발을 진행해 오고 있다[1].

SAE에서 정의한 자율주행등급에 따라 Level 3 수준의 기능을 탑재한 차량이 출시되고 있으며, Level 4 이상의 자율주행차량에 대한 연구는 주행 안정성 및 성능을 향상시키는 것을 포함하여 탑승자의 탑승감 향상 및 멀미 방지등의 측면도 고려되어 오고 있다[2].

자율주행 중인 차량의 탑승자가 차량의 거동을 예측할 수 없는 상황에 놓여 진다면 주행시 불안함을 가질 수 있으므로 탑승감이 저하될 수 있는 것으로 알려져 있다[3]. 이에 따라 주행 중인 자율주행차량의 거동 정보를 사전에 전달함으로써 승객이 느끼는 불안감의 감소 및 탑승감의 향상을 위한 연구가 필요하다[2].

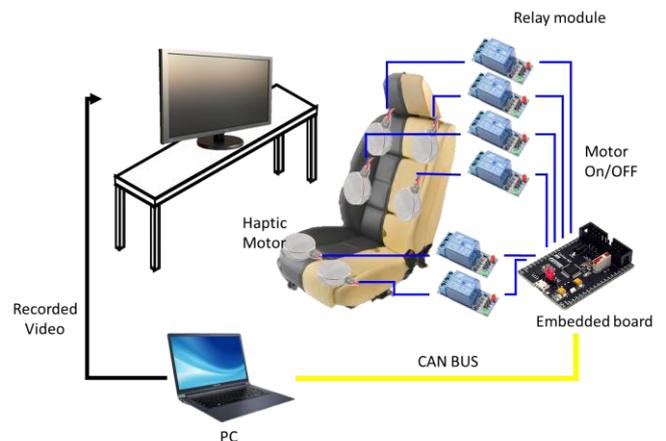
본 논문은 완전 자율주행 상황을 가정하여 시뮬레이션을 통해 차량에 탑승한 승객의 심리적 안정을 증진시키기 위하여 탑승자의 시각, 청각 및 촉각을 통한 자율주행 의도를 전달하는 시스템을 제안하였다.

2. 주행 의도 전달 시스템

2.1 H/W 및 S/W 구조

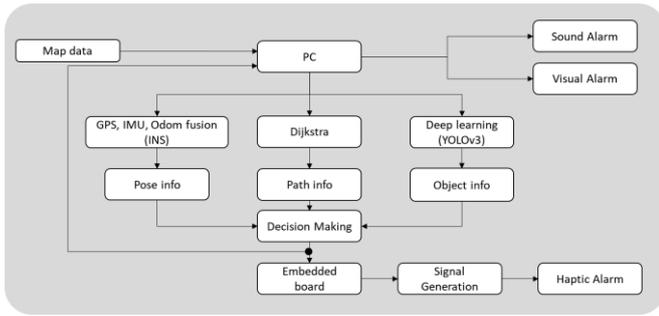
그림 1은 자율주행 의도를 전달하기 위한 H/W architecture를 나타낸다. 주행 의도를 전달하기 위하

여 스피커, 모니터 및 햅틱 모터를 사용하였으며, 햅틱 모터를 동작 시키기 위하여 별도의 embedded 보드를 사용하였다. 자율주행 상황을 가정하여 PC에서 시뮬레이션 데이터를 처리하였다. 또한 CAN 네트워크를 통하여 PC와 embedded 보드 간 통신을 하였다.



(그림 1) 제안 시스템의 H/W architecture

그림 2는 자율주행 의도를 전달하기 위한 S/W architecture를 나타낸다. 결정된 차량의 주행 의도를 PC에서는 시각 및 청각적 방법을 통해 자율주행 의도를 전달하였으며, embedded 보드를 이용하여 햅틱 모터를 동작시켜 촉각적 방법으로 주행 의도를 전달하였다.



(그림 2) 제안 시스템의 S/W architecture

2.2 주행 의도 전달 알고리즘

자율주행을 하는 차량의 주행 의도를 전달하기 위하여 앞서 언급한 알고리즘들의 결과를 이용하였다. 탑승자에게 전달하는 주행 의도는 출발, 정지, 급정지, 좌회전 및 우회전으로 총 5 가지로 정의하였다.

생성된 주행 경로를 따라 차량이 자율주행할 때 실시간으로 차량의 위치를 추정하며, 추정 결과에 따라 좌회전, 우회전에 대한 주행 의도를 탑승자에게 사전에 전달하였다. 또한 차량의 속도 변화 계획에 따라 정지, 출발 상황에 대한 주행 의도를 전달하였다. 급정지를 제외한 4 가지 상황의 경우 2 초전에 탑승자에게 주행 의도를 전달하였다.

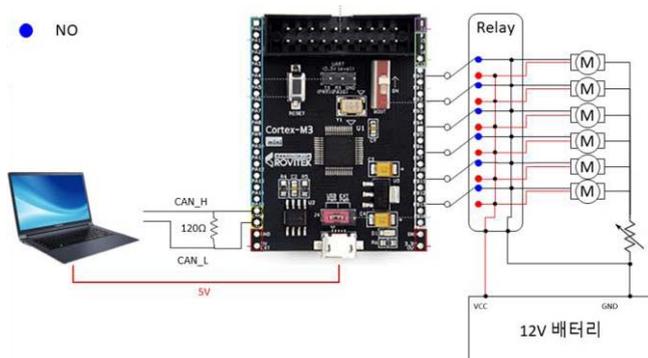
급정지 상황의 경우 사전에 예측하고 미리 알릴 수 없다. 카메라를 통해 검출된 자동차 혹은 보행자로 인하여 사고가 발생할 수 있다고 판단했을 때 급정지가 필요한 상황이라고 인지하여 탑승자에게 주행 의도를 전달하였다.

3. 실험 환경 구성

3.1 회로 설계

그림 3 은 시스템의 회로를 나타낸다. 제안된 시스템에서 모터를 동작시키기 위하여 별도의 embedded 보드를 사용하였다. PC 로 Jetson TX2 보드를 사용하였으며[4], embedded 보드로 STM 계열의 Cortex-M3 mini 를 사용하였다[5]. TX2 보드의 USB 포트를 통해 embedded 보드에 전원을 공급하였다. 제안된 시스템의 경우 차량에서 사용하는 것을 가정하고 있기 때문에 12V 배터리를 사용하였다.

PC 와 보드 간 통신을 위하여 CAN 네트워크를 구축하였다.

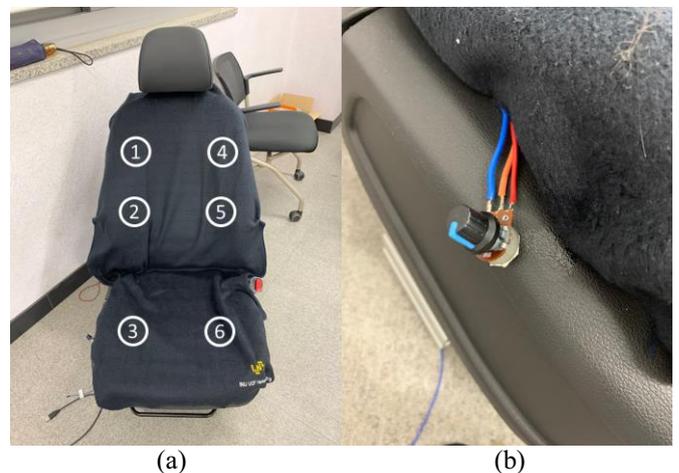


(그림 3) CAN 통신 및 모터 동작을 위한 회로

Embedded 보드를 통해 모터를 동작시키기 위하여 릴레이 모듈을 사용하였다. 각 모터 마다 1 개의 릴레이 모듈을 사용하였으며, 릴레이 모듈에 신호가 입력되었을 때 모터를 동작시키도록 설계하였다. 모터를 동작시키기 위한 전원은 12V 배터리를 통해 공급하였다.

3.2 시트 햅틱 모터 구성 및 의도 전달

그림 4 은 실험을 위한 시트를 보여준다. 햅틱 모터의 경우 DC 12V 진동 모터를 사용하였으며[6], 그림 4 (a)와 같이 우측 상단에 2 개, 우측 하단에 1 개씩, 좌측 상단에 2 개, 좌측 하단에 1 개씩 총 6 개 설치하였다. 사용자에게 따라 모터의 세기를 조절하기 위하여 그림 4 의 (b)와 같이 시트 우측 하단부에 가변 저항을 설치하였다.



(그림 4) 실험용 시트. (a) 시트에 장착된 햅틱 모터 위치. (b) 모터 세기 조절을 위한 가변 저항

표 1 앞서 언급한 5 가지 상황에 따른 동작 모터를 보여준다. 각 상황의 방향성을 따라 모터를 동작 시킴으로써 탑승자가 직관적으로 상황을 판단할 수 있게 하였다. 출발 상황의 경우 차량이 앞으로 나아가기 시작하는 상황이므로 다른 모터들에 비하여 전방에 위치한 시트 하단 모터를 동작 시켰으며, 반대로 정지의 경우 시트 하단보다 후방에 설치된 시트 상단 모터를 동작 시켰다. 좌회전 및 우회전의 경우 각 방향성에 따라 좌측 상, 하단 모터 혹은 우측 상, 하단 모터를 동작 시켰다. 급정지 상황의 경우 모든 모터를 동작 시켜 다른 상황들 보다 강하게 알림을 전달하였다.

<표 1> 상황에 따른 동작 모터

상황	동작 모터	출력 신호
출발	3, 6	1(0000001 ₂)
정지	1, 2, 4, 5	2(0000010 ₂)
급정지	1, 2, 3, 4, 5, 6	16(00010000 ₂)
좌회전	4, 5, 6	4(00001100 ₂)
우회전	1, 2, 3	8(00001000 ₂)

주행 의도를 전달하기 위하여 시각 및 청각 알림 또한 제공한다. 세 알림 형태는 동시에 전달하였다. 시각 알림의 경우 카메라 영상을 기반으로 그림 5 과 같이 전달한다. 화면에는 딥러닝 알고리즘을 통해 검출한 차량 및 보행자 정보를 출력하며, 영상 하단부에 현재 차량의 속도를 출력한다. 또한 차량 속도 우측에 차량의 상태를 표시하였다. 차량의 상태는 직진, 좌회전, 우회전, 정지 및 가속, 감속 상태를 표시하였다.



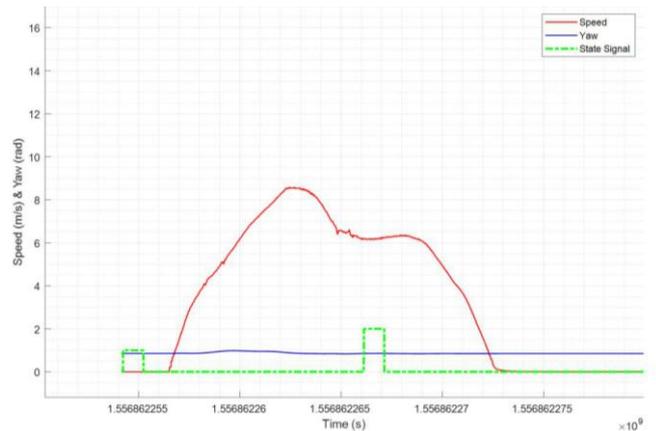
(그림 5) 주행 의도를 전달하기 위한 시각 알림 화면

4. 실험 결과

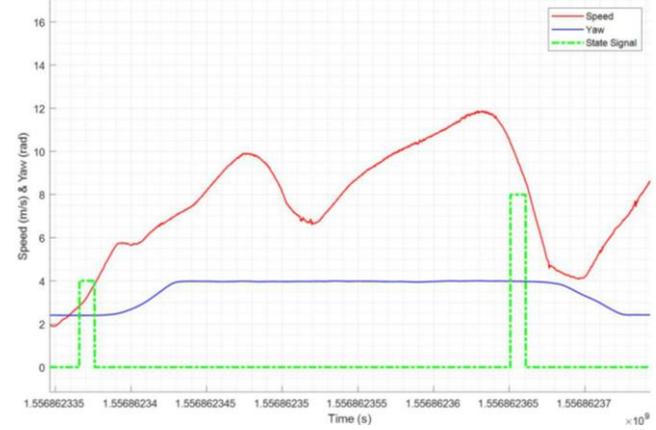
그림 6 은 차량의 속도, 차량의 진행 방향 및 판단된 상황에 대한 출력 신호를 나타낸다. 빨간색 실선은 차량의 실선을 나타내며 단위는 m/s 이다. 파란색 실선은 차량의 진행 방향을 나타내며 단위는 radian 이다. 초록색 점선은 판단된 상황에 따라 주행 의도를 전달하기 위한 출력 신호이다.

각 상황에 따라 출력 신호는 표 1 과 같다. 출력값은 2 진수로 변환되어 CAN 네트워크를 통해 PC 에서 embedded 보드로 전송되며, 전송된 값에 따라 모터를 동작 시킨다.

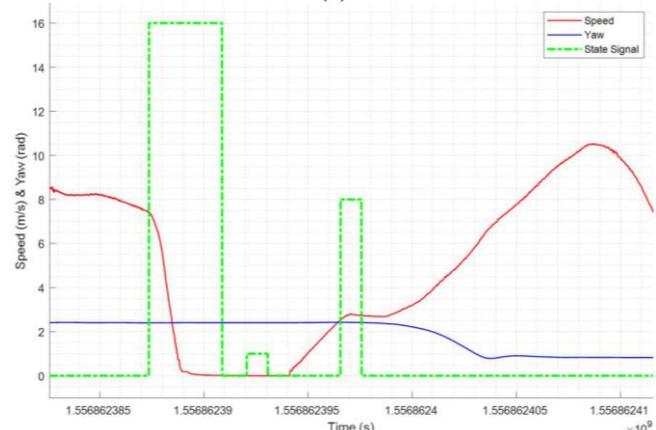
그림 6 (a)는 출발 및 정지 상황을 나타낸다. 출발 전 신호가 약 2 초간 출력되는 것을 확인할 수 있었으며, 정지하기 위해 속도를 줄이기 전 정지 신호 2 를 출력하였다. 그림 6 (b)는 좌회전 및 우회전 상황으로 차량의 진행 방향의 변화에 따라 신호가 출력되는 것을 확인할 수 있었다. 좌회전의 경우 4 의 값을 출력하였으며, 우회전의 경우 8 의 값을 출력하였다. 그림 6 (c)는 급정지 후 재출발 상황을 나타낸다. 급정지 상황의 경우 속도가 급격히 감소하는 순간부터 0m/s 가 될 때까지 16 의 값을 출력하였으며, 차량이 정지한 후 신호를 더 이상 출력하지 않았다. 재출발 시 정지 후 출발이므로 1 의 값을 출력하는 것을 확인할 수 있었다.



(a)



(b)



(c)

(그림 6) 상황 별 속도, 차량 방향 및 판단 신호. (a) 출발 및 정지 상황. (b) 좌회전 및 우회전 상황. (c) 급정지 후 재출발 상황

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 완전 자율주행 상황을 가정하여 자율 시스템의 주행 의도를 시각, 청각 및 촉각 알림을 통해 탑승자에게 전달하는 시스템을 제작하였다.

시스템을 개발, 실험 및 평가하기 위하여 TX2 와 embedded 보드를 사용하였다. 각 상황에 따라 탑승자에게 자율주행 의도를 전달하기 위하여 차량 시트에 햅틱 모터를 설치하여 촉각 알림을 통해 자율주행 의도를 전달하였으며, 모니터와 스피커를 통하여 시각 및 청각 알림을 통해 자율주행 의도를 전달하였다.

최근 자율주행자동차 산업이 빠르게 성장하고 있으며, 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 자율주행 차량에 탑승했을 때 편안함을 느낄 수 있도록 질적 수준 역시 활발한 연구가 필요하기[2] 때문에 본 논문에서 제시한 시스템의 수요가 상승할 것으로 예상된다.

향후 연구 방향으로 본 논문에서 정의한 상황 이외에도 실시간으로 변화하는 주행 환경에 따라 차로 변경 등과 같은 다양한 상황에 대한 의도 전달 시스템을 확장하기 위해 연구를 진행할 것이며, 딥러닝 알고리즘을 활용하여 표지판, 신호등 등 주행 시 필요한 교통 정보를 더욱 강인하게 검출할 수 있도록 할 것이다.

참고문헌

- [1] Autonomous Vehicle Market by Level of Automation and Component and Application – Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2019-2026(2019), Allied Market Research.
<https://www.alliedmarketresearch.com/autonomous-vehicle-market>
- [2] Sawabe, Taishi, Masayuki Kanbara, and Norihiro Hagita. "Diminished Reality for Acceleration—Motion Sickness Reduction with Vection for Autonomous Driving." 2016 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR-Adjunct). IEEE, 2016.
- [3] Diels, C., & Bos, J.E. (2016). Self-driving carsickness. *Applied ergonomics*, 53 Pt B, 374-82 .
- [4] Jetson TX2
<https://www.nvidia.com/ko-kr/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-tx2/>
- [5] Cortex-M3 mini
http://rovitek.com/product/rp/cortex_m3_mini.asp
- [6] DC 12V 소형 진동 모터.
<https://www.devicemart.co.kr/1329747>