

주행상황이해와 운전준비도가 제어권 전환에 미치는 영향에 대한 연구

김현숙*, 김우진, 김정숙, 이승준, 윤대섭

한국전자통신연구원

{hyskim, wjinkim, jungsook96, lsj0209, eyetracker}@etri.re.kr

A study on the Effect of Situation Awareness and Drive Readiness on Control Authority Switching in Automated Driving

HyunSuk Kim*, Woojin Kim, Jungsook Kim, Seung-Jun Lee, DaeSub Yoon
Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문은 레벨 2/레벨 3 자율주행차량에서 운전 준비도와 상황인식 레벨이 NDRT 유형에 따라 제어권 전환 시간에 어떤 영향을 미치는지 알기 위함이다. 시뮬레이터 차량을 이용하여 실험을 수행하였다. 실험자는 자율주행중에 물마시기, 문자하기, 전방주시 및 추월차량 계수하기와 같이 3 종류의 태스크를 각각 수행하다가 제어권 전환 요청이 오면 태스크를 멈추고 수동운전을 시작하였다. 수동 운전 시작 시간, 설문지를 통한 주관적 운전준비도와 상황인식 레벨을 측정하여 대응표본 t-test 를 수행한 결과 태스크 종류에 따라 유의한 차이를 보였다. 자율주행차량 제조업체는 운전자의 운전 준비도를 임계치 이상 유지하고, 상황정보를 제공할 수 있는 운전자 모니터링 방법을 고려하여 설계 할 수 있어야 한다.

I. 서 론

자율주행상황에서 운전자의 역할은 자율주행 단계에 따라 달라진다. SAE J3016 을 살펴보면, 레벨 3 까지가 운전자의 역할이 강조되고 레벨 4 이상에서는 운전자의 개입이 없어진다. 레벨 2 와 레벨 3 에서는 자율주행시스템이 자동으로 운전하거나 운전자에 의한 수동 운전이 가능하므로 운전자는 언제든지 운전할 수 있는 준비가 되어 있어야 한다[1]. 운전준비도(Driver Readiness)는 자율주행 모드에서 수동운전 모드로 제어권이 전환 될 때 운전자가 제어 권한을 다시 획득하여 차량을 수동으로 작동 할 수 있는지 여부를 나타내는 운전자 상태이다 [2]. 예를 들어, 운전자가 저부하(underload) 상태이거나 NDRT(Non-Driving Related Task)에 몰입하면 운전준비도는 낮은 상태가 되어 운전자의 수동 주행이 위험할 수 있어 운전준비도를 측정하는 연구가 필요하다 [3]. 자율주행 시스템이 운전하는 중에 운전자는 운전과제로부터 주의를 돌리거나(주의 산만) 주의력이 약해지면(부주의), 운전자가 차량 상태와 도로 상황에 대한 인식을 유지하는 데 전념하지 않아도 되므로 상황인식(Situation Awareness) 레벨은 감소하므로 상황정보를 제공하는 연구가 필요하다 [4, 5].

본 논문에서는 자율주행중에 운전자가 NDRT 를 수행하다가 수동운전으로 전환시 주행상황에 대한 이해와 운전준비도가 제어권 전환시간에 미치는 영향을 분석하기 위한 실험 방법 및 분석 결과를 기술한다.

II. 실험 방법

실험을 위해 운전자, 차량 및 차량에서 필요한 정보를 수집 할 수 있는 환경을 실험 1 과 같이 구축했다. 실험실의 온도와 습도는 일정하게 유지하였고, 현대 클릭

차량을 기반으로 모든 운전자 제어 장치가 작동되도록 연결하였다. 영상 정보는 키넥트 모션 센서, 생체 정보는 ETRI 에서 개발 한 ECG 센서를 사용하여 수집했다. 차량 및 환경 정보는 시뮬레이터를 통해 수집되며 운전자 정보는 별도로 부착 된 센서 및 설문지에 의해 수집된다. 차량 시뮬레이터는 데이터 수집용 서버 [2-3]에 연결되어 있다. 센터페시아에 설치된 단말기에는 주행모드, 차량 속도, 수동 전환까지 남은 시간, 남은 거리, 주변 주위환경정보를 주기적으로 운전자에게 제공한다. 제어권 전환 요청은 “수동운전해 주세요”라고 음성 안내(청각정보)와 센터페시아 단말기의 아이콘 및 문자 표기(시각정보)로 제공되었다.

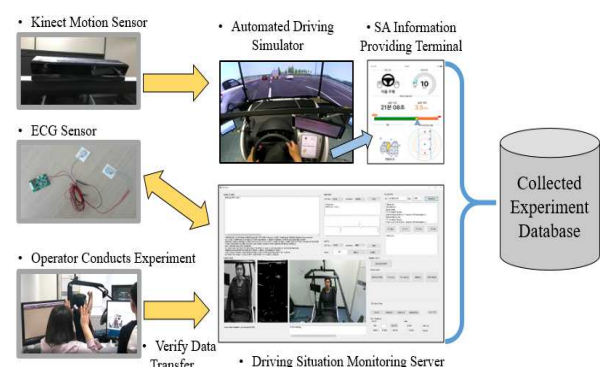


Figure 1 실험 환경 구축

실험참가자가 실험실에 도착하면 아래와 같은 절차로 실험을 진행하게 된다. NDRT 는 마시기, 문자입력하기, 전방주시 및 추월차량 계수하기 등 3 개의 태스크를 선정하였다.

- 1) 실험 목적 및 주의 사항 설명
- 2) 개인 특성 정보 설문 (운전경력, 자율주행경험, 성별 등) 및 운전부하(사전) 설문

3) 연습주행 (5 분)

4) 물마시기 실험 수행(Drinking) 및 설문지 작성: 운전자는 한 손에 물병을 들고 마시는 행동을 반복적으로 제어권 전환 안내인 TOR(Take-Over Request)가 나오기 전까지 계속한다.

5) 문자입력하기 실험 수행(Texting) 및 설문지 작성: 운전자는 스마트 폰에 디스플레이 되는 속담을 동일하게 입력하고 TOR 이 나오기 전까지 계속한다.

6) 전방주시 및 추월차량 계수 실험 수행(DRT: Drive Related Task) 및 설문지 작성: 운전자는 전방을 주시하면서 주변 차선에서 본인의 차량을 지나가는 차량을 계수하여 카운트하고, TOR 이 나오기 전까지 계속한다.

III. 데이터 분석 및 결과

제어권 전환시간은 운전자가 TOR 을 인식하고, 전방을 주시하고, 자동에서 수동운전으로 전환하기 위해 버튼을 클릭한 후 핸들에 손을 올리고 수동운전을 시작하는 시점까지의 시간을 측정하였다.

운전준비도: 제어권 전환 요청이 왔을 때 수동운전할 수 있는 준비가 어느 정도 되셨습니까?

Low 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10 High
(준비 안 됨) (충분히 준비)

주행상황알기:

Low 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10 High
(매우 어려움) (매우 쉬움)

Figure 2 운전자가 실험 후 작성하는 설문내용

운전준비도와 주행상황에 대한 이해는 그림 2 와 같이 주관적으로 느끼는 점수를 설문지에 기입하도록 안내하였다. 운전준비도는 준비 안 됨과 충분히 준비됨을 1~10 점 사이로 표기, 주행상황알기는 매우 알기 어려움과 매우 알기 쉬움을 1~10 점 사이로 표기하도록 안내하였다.

표 1 NDRT 에 따른 제어권 전환 시간, 주관적 운전준비도, 주관적 인 상황인식정보에 대한 대응표본 t-test 분석결과

평균	운전자수	TOR Response Time (s)	Driving Readiness score(0~10)	Situation Awareness score(0~10)
Drinking	17	3.7	6.59	7.09
Texting	17	3.76	7.06	7
DRT	17	3.27	8.26	8.53
t-test Drinking/DRT		t = 2.07 p= 0.04	t=-3.71 p=0.0019	t=-2.72 p=0.015
t-test Texting/DRT		t = 2.27 p= 0.03	t=-4.08 p=0.0009	t=-3.88 p=0.0013

표 1 은 NDRT 에 따른 제어권 전환 시간, 주관적 운전준비도, 주관적인 상황인식정보에 대한 분석결과와 그림 3 은 box plot 결과를 나타낸다. 전체 실험자는 48 명이었고 전처리를 수행한 후 17 명에 대해 분석하였다. 실험에 참여한 운전자는 전방주시 및 추월차량 계수를 하다가 제어권 전환을 하고 수동운전을 시작하는 시간이 물마시기와 문자하기를 수행할 때 보다 유의하게 짧아지고, 운전준비도와 상황인식(주행상황알기) 점수가 유의하게 높게 관측되었다. 이것은 운전자가 수동 운전과 관련되지 않은 물마시기 또는 문자하기같은 NDRT 에 몰입하게 되면 상황인식 레벨과 운전준비도가 낮아지고 이에 따라 제어권전환에 걸리는 시간이 더 오래 걸리는 것을 알 수 있다.

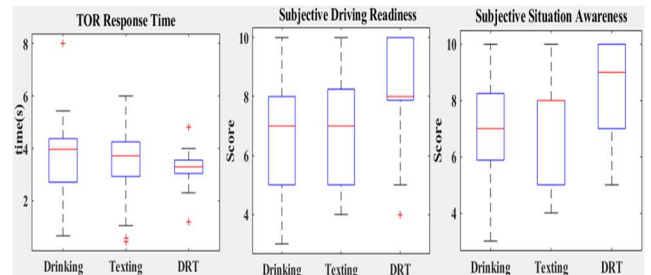


Figure 3 NDRT 에 따른 제어권 전환 시간, 주관적 운전준비도, 주관적인 상황인식정보에 대한 box plot 결과

TOR 에 반응하여 수동 운전을 시작하는 시간에 대한 box plot 을 보면 전방주시 및 추월차량 계수를 수행한 경우의 시간 분포가 물마시기와 문자하기의 시간 분포보다 작게 나타남을 알 수 있다. 또한 운전준비도와 상황인식 레벨의 범위가 높게 나타남을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 레벨 2/레벨 3 자율주행차량에서 수동운전으로 안전하게 제어권 전환을 하기 위해 고려해야 할 인적요인중에서 운전자 준비도와 주행상황인식 레벨이 NDRT 유형에 따라 어떤 영향을 미치는지 알기 위해 실험을 수행하고 분석하였다. 운전 준비와 관련된 NDRT 인 전방주시 및 추월차량 계수를 하다가 제어권 전환을 하는 경우가 운전과 관련이 없는 물마시기/문자하기보다 평균 0.5 초 제어권 전환 시간이 단축되었고, 운전준비도와 상황인식 레벨도 16%~25%이상 높게 나타났다. 따라서, 상용화를 위한 레벨 2/레벨 3 자율주행차량 제작시 운전자의 운전준비도를 임계치 이상 유지하고, 상황정보를 제공할 수 있는 방법을 고려할 수 있어야 한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 국토교통부 교통물류연구사업의 연구비지원(과제번호: 20TLRP-B131486-04, 자율주행자동차 차량·운전자 제어권 전환 안전성 평가기술 및 사회적 수용성 연구 1 단계)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] SAE J3016, Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles, September 2016.
- [2] ISO/PDTR 21959, ISO TC 22/SC 139/WG 8, "Road Vehicles: Human Performance and State in the Context 8 of Automated Driving: Part 1 - Terms and Definitions", 2018.01.
- [3] H. S. Kim, and et al, "Design of Driver Readiness Evaluation System in Automated Driving Environment," ICTC2018.
- [4] de Winter, J. C. F., Happee, R., Martens, M. H., & Stanton, N. A. (2014). Effects of adaptive cruise control and highly automated driving on workload and situation awareness: A review of the empirical evidence. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 27, 196-217.
- [5] H. S. Kim, and et al, "A study on the Effects of Providing Situation Awareness Information for the Control Authority Transition of Automated Vehicle," ICTC2019.