

# 시뮬레이터 활용 운전자의 피로도에 따른 LV3 부분자율주행차량의 제어권 전환 알람 강도 연구

한별<sup>1</sup>, 이태양<sup>1</sup>, 이채영<sup>1</sup>, 양지현<sup>1</sup>

<sup>1</sup>국민대학교 자동차공학과

## A study on alarm intensity of take-over request in Level 3 partially automated vehicles by driver fatigue in simulator users

Byeol Han<sup>1</sup>, Tae yang Lee<sup>1</sup>, Chae young Lee<sup>1</sup>, Ji Hyun Yang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Automotive Engineering, Kookmin University, Seoul 02707 Korea

### ABSTRACT

**Objective:** 차량 시뮬레이터를 이용하여 취득한 운전자의 행동 데이터와 설문 데이터를 기반으로 운전자의 컨디션에 맞는 적정 강도의 제어권 전환 알람을 도출하는 것을 목표로 한다. **Background:** 제어권 전환 시 짧은 시간에 정상적인 운전 상태로 회복하는 것뿐만 아니라 운전자의 상태에 맞는 적절한 알람을 주는 것도 또한 중요하다. 운전자의 정서는 운전 행동에 상당한 영향을 미치며, 부정적 정서의 경우 운전 행동과 높은 상관관계를 가진다. 따라서 운전자의 컨디션에 따라 만족도가 높으면서도 빠른 전환을 이끌 수 있는 알람을 제시해야 한다. **Method:** 독립변수는 피로도(높음, 낮음)와 알람 강도(4가지)이며 종속변수는 알람에 따른 조작 시간, 알람의 만족도, 선호도다. 피로도가 낮은 상태는 적정 수면시간인 약 7시간의 충분한 수면을 취하도록 하여 일상적인 상황으로 설정하였으며, 피로도가 높은 상태는 약 4시간 미만의 수면을 취하도록 하여 수면 부족으로 인한 피로도를 유발하도록 하였다. 알람은 청각 알람 장치와 촉각 알람 장치를 모두 사용한 멀티 모달리티 알람을 사용하였다. 청각 알람의 경우 제어권 전환 상황의 긴급함을 강조하기 위해 여성 화자의 음성을 사용하였고, ‘직접 운전하세요’ 라는 문장으로 구성된 음성 메시지를 사용하여 운전자의 긍정적인 감성적 경험이 가능하도록 설계하였다. 알람의 크기는 운전자를 방해하지 않는 선에서 차량 내 소음보다 15dB~30dB 크게 유지하고, 70dBA를 약한 청각 알람으로, 80dBA를 강한 청각 알람으로 설정하였다. 촉각 알람의 경우 운전석 시트의 둔부와 등반이 부분에 동적인 진동을 동시에 가해 알람을 주었으며 시트 내 최소한의 진동 세기를 약한 세기(1g)로, 가장 강한 진동을 강한 세기(2g)로 구성하였다. 알람의 종류는 청각, 촉각의 강도의 차이를 두어 강강(AH1), 강약(AH2), 약강(AH3), 약약(AH4) 4가지 알람을 사용하였다. SCANeR studio v.2021 소프트웨어 기반 운영체제의 실차 캐빈 Full Scale Driving Simulator를 이용하였고, 운전면허를 소지한 실제 운전 경력 1년 이상의 성인 10명을 대상으로 실험을 진행하였다. 실험이 시작되면 차량은 약 85km/h의 속도로 자율주행하며 운전자의 전방주시를 방지하기 위해 뉴스를 읽거나 웹툰을 보도록 지시하였다. 전방에 정차 중인 사고차량으로 인해 자율주행 상태가 해제되기 7초 전, 제어권 전환 알람이 발생하면 운전자는 조향 휠, 제동 페달, 가속 페달 중 한가지를 조작하여 사고차량을 피한 뒤 다시 본래 차선으로 복귀하여 정상주행한다. 실험자는 각 피로도 수준마다 4가지 알람과 제어권 전환 상황이 없는 경우, 5번의 실험을 랜덤으로 진행하였다. 각 시나리오가 끝난 후 알람에 대한 만족도 조사를 진행하였고, 실험이 끝난 후 피로도별로 가장 선호되는 알람에 대해 조사하였다. 데이터 취득 후, 이상치를 중앙값으로 대체한 후, SPSS 통계 프로그램으로 반복측정 2way-ANOVA를 수행하여 피로도와 알람 강도에 따른 주효과와 상호작용효과를 분석하였다. **Results:** 알람 강도에 따른 조작시간[F(3,27)=3.269, p=0.037]의 유의한 차이를 확인하였으며, 이외의 주효과, 상호작용 효과는 없었다. 하지만 평균 비교, 프로파일 도표 분석 결과를 통해 시사점을 찾을 수 있었다. 반응시간에 대한 분석 결과, 피로도가 높아진 경우 AH1, AH3, AH4 3가지 알람의 평균 조작시간이 감축된 것을 확인할 수 있었다. 피로도가 낮은 경우, 낮은 데시벨의 청각 알람

과 높은 강도의 촉각 알림(AH3)의 평균 조작속도가 가장 빨랐으나, 피로도가 높은 경우 청각, 촉각 모두 강한 알림(AH1)의 조작속도가 가장 빨랐다. 피로도가 낮은 경우와 높은 경우 모두 촉각 알림이 강할 때 가장 효과적이었다. 만족도에 대한 분석 결과, 피로도가 낮은 경우 AH3, AH2, AH1, AH4의 순으로 평균 알림 만족도가 높았으나 피로도가 높은 경우 AH1, AH3, AH4, AH2의 순으로 만족도가 높았다. 피로도가 낮은 경우와 높은 경우 모두 촉각 알림이 강할 때 만족도가 가장 높았다. 선호도 조사 결과, 피로도가 낮은 그룹의 실험 참가자는 AH2알림을 가장 선호하였으며(40%), AH4알림을 가장 선호하지 않았다(0%). 피로도가 높은 그룹은 AH1알림을 가장 선호하였으며(50%), AH4알림을 가장 선호하지 않았다(0%). **Conclusion:** 피로도가 낮은 그룹은 AH3알림의 조작시간이 가장 짧고 만족도가 가장 높았으며, 피로도가 높은 그룹은 AH1알림의 조작시간이 가장 짧고 만족도, 선호도가 가장 높았다. 따라서, 강한 촉각 알림이 효과적이며 선호된다는 것을 알 수 있었다. 선호도 조사 결과, 청각, 촉각 모두 강도가 낮은 알림(AH4)은 매우 저조한 선호도를 보였고, 사용자 경험 측면에서 적절하지 않음을 알 수 있었다. **Application:** 본 연구 결과는 부분자율주행차량 운행 시 운전자의 컨디션에 따라 적절한 제어권 전환 알림을 추천하는데 사용될 수 있다. 이는 운전 만족도를 높일 뿐 아니라 정서를 안정시켜 사고를 방지하는데 도움이 될 것이다. 또한 운전자의 개인 데이터는 운전자 맞춤 편의기능을 제공하는데 사용될 수 있으며 개인화 모빌리티 서비스를 가능하게 할 것이다.

**Keywords:** 자율주행자동차, 제어권 전환, 제어권 전환 알림, 피로도, 청각 알림, 촉각 알림

**Corresponding author:** Ji Hyun Yang ([yangjh@kookmin.ac.kr](mailto:yangjh@kookmin.ac.kr))

**Acknowledgements :** This study was supported by the Basic Science Research Program of the National Research Foundation of Korea, which was funded by the Ministry of Science, ICT, and Future Planning(2021R1A2C1005433)