

자율주행 제어권 전환 상황이 생리신호에 미치는 영향 (예비 분석)

Impact of Take-Over Events on Drivers' Physiological Responses in a Level 3 Autonomous Vehicle (Preliminary Analysis)

박명옥, 손준우*
DGIST HumanLAB

Abstract

Objective: This study aimed to investigate the effects of take-over events on driver's physiological responses in an autonomous driving simulator. **Background:** Conditional autonomous vehicle (SAE Level 3) will issue a take-over request to a driver when autonomous driving is not possible. Thus, the driver's state is an important variable for the safe transition of vehicle control. **Method:** 30 drivers were participated, consisting of two baseline scenarios and four event scenarios, to examine the heart rate (HR) and skin conductance level (SCL) during the transition of autonomous to manual driving conditions. The analysis was performed using a repeated-measures ANOVA. **Results:** The driver's heart rate (HR) and skin conductance level (SCL) for event-based take-over scenarios were significantly higher than the baseline scenarios.

Key words: Autonomous Vehicle, Take-over, Drivers' Physiological Responses

1. 서론

조건부 자율주행 자동차(SAE Level 3)는 자율 주행이 불가능한 경우, 운전자가 대처를 하도록 제어권 전환(Take-Over)을 요구한다. 즉, 비상 상황을 대처하는 주체는 운전자이며, 안전한 자율 주행의 제어권 전환을 위해서 운전자의 상태가 중요한 변수가 된다. 제어권 전환을 해야하는 운전자가 놀라거나 위험을 느낄 경우, 시스템에 대한 신뢰도가 낮아질 수 있기 때문이다. 따라서, 운전자의 상태를 객관적으로 측정하여 이와 같은 상황을 정량적으로 확인해야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 자율 주행의 제어권 전환 상황별 시나리오에서 운전자의 생체신호가 운전자의 상태를 적절히 반영할 수 있는지 알아보려고 한다.

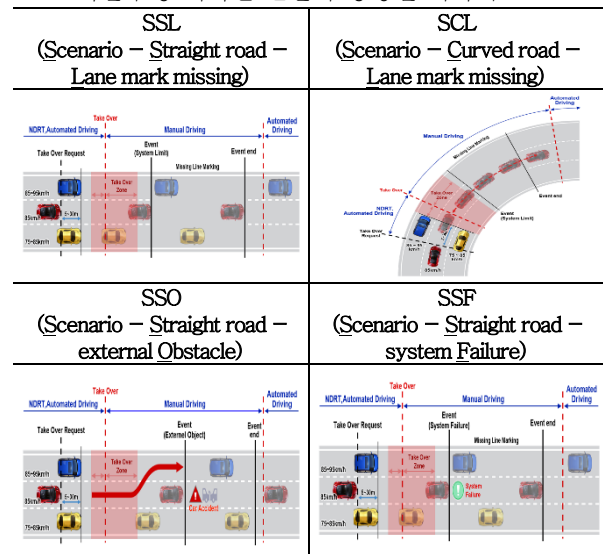
2. 자율주행 제어권 전환 상황

2.1. 자율주행 제어권 전환 시나리오

본 연구에서는 표 1 과 같이 선행연구에서 제안된 4 가지 제어권 전환 시나리오와 생체신호 기준치 측정을 위한 기준 시나리오 2 가지를 중심으로 제어권 전환 상황에 따른 운전자의 생체신호 반응을 분석하였다(Son J et. al., 2017) 또한, 기준 시나리오는 즉시 제어권 전환 상황 (Straight-No Event, SSN) 과 계획된 제어권 전환 상황 (Straight-No Event Planned, SEP) 시나리오로, 직선로 주행 중 이벤트 없이 제어권 전환을 요구하는 상황이다.

이벤트가 포함된 제어권 전환 시나리오는 직선도로 차선 불량(Straight-Lane Mark Missing, SSL), 곡선도로 차선 불량(Curved-Lane Mark Missing, SCL), 직선도로 사고 차량(Straight External Obstacle, SSO), 그리고 직선 도로 시스템 고장(Straight System Failure, SSF) 상황으로 구성된다 (박명옥 등, 2019).

표 1. 자율주행 제어권 전환의 상황별 시나리오



3. 연구방법

3.1. 실험 참가자

본 연구에서는 총 30 명의 운전자를 모집하였다. 실험 참가자의 평균연령은 53.2 세 (S.D.=18.4)이며, 평균 운전 경력은 20.0 년 (S.D.=12.8) 이다. 실험 참여자는 주 3 회 이상의 운전을 하며, 신체적 및 정신적으로 건강한 사람들로 선정하였다.

3.2. 실험 장치

3.2.1. 모의주행 시뮬레이터

모의주행 시뮬레이터는 그림 1 과 같이 5 대의 빔 프로젝터, 340° 원통형 스크린, 제어용 PC 와 운전 시뮬레이터로 구성되었다. 모의주행의 도로 주행 환경은 Forum8 사의 UC-win Road Driving Sim V. 13 을 사용하여 자동차안전연구원 고속주회로를 모사하였다. 자율주행의 기능으로는 적응형 속도 제어와 차선 유지 기능을 적용 하였다.



그림 1. DGIST 시뮬레이터

3.2.2. 생체신호 측정

생체 신호는 Biopac MP 160를 이용하여 측정하였으며, 운전자의 심리적 및 생리적 상태에 비교적 민감하게 반응하는 신호인 심박수(Heart Rate, HR)와 피부 전도도 (Skin Conductance Level, SCL)를 선정하였다.

3.3. 실험 절차

실험 절차는 실험 전 단계, 본 실험 단계, 실험 후 단계로 구성된다. 실험 전 단계에서는 실험 설명 및 동의, 센서 부착 및 사전 설문을 실시하며, 시뮬레이터 적응을 위한 주행 연습 시간 동안 수동 및 자율주행 운전을 실시한다. 본 실험 단계에서는 자율주행 상태에서 6 가지의 시나리오별 제어권 전환 요구에 관한 운전자 반응을 관찰하기 위한 모의 주행 실험을 실시한다. 운전자의 학습 및 예측 효과를 최소화하기 위하여 시나리오 순서, 발생 간격 등을 무작위로 구성하였다. 마지막으로, 실험 후 단계에서 사후 설문지를 작성한 후 실험을 종료한다.

3.4. 분석 방법

본 연구는 SPSS Version 26 프로그램을 활용하여, 일반 선형 모델의 반복측정 분석을 실시하였다. 반복측정 변수는 기준 시나리오를 포함한 6 가지 상황별 HR 과 SCL 이다.

4. 결과 및 토의

제어권 전환 상황별 운전자의 생체신호를 측정한 결과, 표 2 에서와 같이 이벤트 상황의 시나리오에서 운전자의 HR 과 SCL 이 모두 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 또한, HR 은 직선보다 운전 부하가 높은 곡선 주행 중 이벤트 시나리오에서 가장 높게 나타났으며, 통계적 유의성이 있었다 ($F(2.389,69.281) = 3.044, p = .045$). 긴장도를 나타내는 SCL 은 고장차량으로 인한 제어권 전환시에 가장 높게 나타났다. ($F(1.871,54.268) = 3.762, p = .032$).

본 논문의 범위는 제어권 전환 상황이 생리신호에 미치는 영향을 파악하기 위한 예비 분석으로, 향후 연구에서는 운전자의 성별 및 연령별의 영향 뿐만 아니라, 제어권 전환 시간, 시선 정보 등을 다양한 변수들을 종합적으로 분석할 계획이다.

표 2. 제어권 전환 시나리오별 HR 과 SCL

	HR		SCL	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
SSN	74.81	11.44	1.26	1.05
SSL	74.89	12.63	1.58	1.46
SCL	77.27	13.44	1.54	1.55
SSO	75.73	13.58	1.59	1.52
SSF	75.42	13.79	1.40	1.16
SEP	72.13	10.87	1.58	1.70

감사의 글

본 연구는 국토교통부 교통물류연구사업의 연구비 지원(과제번호: 20TLRP-B131486-04)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 박명옥, 손준우. (2019). 조건부 자율주행자동차 (Level 3) 의 제어권 전환 안전성 평가를 위한 기준 시나리오 개발. *한국자동차공학회논문집*, 27(4), 309-317.
- Son, J., Park, M. (2017). Situation awareness and transitions in highly automated driving a framework and mini-review. *Journal of Ergonomics*, 7(5), 1-6.