

Takeover Performance by Self-interruption during Non-Driving Related Tasks

Yong Deok Yun, Hyung Seok Oh, Rohae Myung

Korea University, Department of Industrial Management Engineering, Seoul, 02841

운전 외 작업 중 발생하는 자가개입에 따른 운전자 제어권 전환 퍼포먼스 연구

윤용덕, 오형석, 명노해

고려대학교 산업경영공학부

Corresponding Author

Rohae Myung

Korea University, Department of Industrial Management Engineering, Seoul, 02841

Email : rmyung@korea.ac.kr

Received : January 25, 2021

Revised : January 29, 2021

Accepted : March 17, 2021

Objective: The aim of this study is to investigate the effect of self-interruption during NDRT on takeover performance.

Background: As autonomous driving technology developing, the role of human driver becomes a passive passenger in an automated vehicle. Drivers would perform non-driving related tasks instead of driving, especially multitasking. During performing NDRTs, driver might switch between various tasks by self-interruption. However, most of studies did not considered multitasking as NDRTs. In this study, experiment considering self-interruption is conducted and investigate effects of self-interruption on takeover performance.

Method: To investigate effects of self-interruption to takeover performance, experiment using driving simulator was conducted. The experiment consists of three trials depending on types of NDRT. Watching a short video was selected as a NDRT. There were three conditions of NDRT according to self-interruption. One had no self-interruption and others had. Self-interruption was caused by an advertisement for three seconds in the middle of a video. Drivers performed monitoring or smartphone in each conditions with self-interruption.

Results: Takeover performance was measured by road-fixation time and takeover time. There was no statistically significant difference for road-fixation time depending on self-interruption. However, self-interruption has a significant effect on takeover time. Takeover time was shorter if there was a self-interruption during NDRT. Also, it was more effective to use a smartphone during self-interruption.

Conclusion: Self-interruption during NDRT makes takeover performance better. Takeover time was better in the condition with self-interruption, especially performing smartphone.

Application: Generating self-interruption during autonomous driving has a positive impact on takeover performance. This results could be utilized in designing in-vehicle devices and make interaction between drivers and vehicles more active.

Keywords: Autonomous driving, Conditionally autonomous driving, Non-Driving related task, Self-Interruption, Takeover performance, Takeover time

1. Introduction

자율 주행 기술의 수준이 높아질수록 운전자의 역할은 점차 줄어들 것이다. SAE International에 따르면 자율 주행 기술은 Table 1과 같이 5단계의 수준으로 분류된다(SAE International, 2016). 특히, 5단계 중 3단계인 조건부 자율 주행에서 운전자는 운전 및 운전 상황에 대한 모니터링에 대한 의무가 없다. 따라서 운전자는 차량 내에서 보내는 대부분의 시간에 운전 이외의 작업(Non-Driving Related Task, NDRT)을 수행할 것이다(Marinik et al., 2014).

Table 1. SAE autonomous driving level (SAE International, 2016)

SAE level	Name	Narrative description
0	No automation	The full-time performance by the human driver
1	Driver assistance	There is a driver assistance system to help with driving, but most of the driving is done by humans
2	Partial automation	driver assistance systems are applied, and the system is running but monitoring and fallback performance is essential
3	Conditional automation	It is not necessary to monitor the driving situation because the autonomous driving system is responsible for most of the traveling, but fallback performance is essential
4	High automation	Even if the autonomous drive system is in charge of the driving and the driver can refuse the control change request
5	Full automation	Autonomous driving in all situations

하지만, 조건부 자율 주행에서는 제어권 전환이 필요하다. 제어권 전환이란 자율 주행 시스템이 대처할 수 없는 상황에 대해 운전자가 개입하여 주행하는 것을 말한다. NDRT는 제어권 전환 상황에서 운전자의 행동에 주요한 영향을 미치며 NDRT를 고려한 실험들이 많이 수행되었다(Bueno et al., 2016; Neubauer et al., 2014; Radlmayr et al., 2014; Wan and Wu, 2018; Wandtner et al., 2018; Zeeb et al., 2016). 기존 문헌에서 사용한 NDRT는 크게 인위적인 과제와 실제적인 과제로 나뉜다. 대표적인 인위적인 과제는 SuRT와 n-back 과제가 있으며 실험의 목적을 위해 실제하지 않는 과제를 만든 것이다. 인위적인 과제를 사용한 실험들은 NDRT의 모달리티, 난이도 등의 조건을 변화시켜 제어권 전환 퍼포먼스를 확인하였다(Bueno et al., 2016; Radlmayr et al., 2014; Wandtner et al., 2018; Zeeb et al., 2016). 실제적인 과제는 동영상 시청이나 독서와 같이 운전자들이 실제로 자율 주행 자동차 내에서 할 수 있는 작업이다. 실제적 과제는 실제 제어권 전환 상황에서 운전자의 반응을 예측하기 위해 사용되었으며, 서로 다른 NDRT에 따라 제어권 전환 퍼포먼스가 어떻게 변화하는지 확인하였다(Carsten et al., 2012; Rauffet et al., 2020; Wan and Wu, 2018).

자율 주행 연구에서는 NDRT를 통해 실험 참가자들을 운전 상황으로부터 벗어나게 하여 높은 수준의 자율 주행 시스템을 표현하였다. 자율 주행 중 NDRT를 수행하는 것이 경계를 늦추지 않고 각성상태를 유지하는 등 긍정적인 영향을 준다는 연구도 있었지만(Jarosch et al., 2019; Schömig et al., 2015), 대부분의 연구에서는 NDRT가 제어권 전환을 방해한다는 연구들이 많았다. NDRT의 부정적인 영향에 대해 연구한 문헌에서는 운전자가 NDRT에 몰입할수록 운전 환경을 확인하는 빈도가 줄어들고 그 결과 제어권 전환 퍼포먼스가 저하된다고 기술하였다(Janssen et al., 2019; Rauffet et al., 2020; Wulf et al., 2013). 하지만, 제어권 전환 상황에서 운전자의 행동을 확인하려는 실험에서는 대부분 NDRT의 종류와는 상관없이 하나의 NDRT를 사용했다. 하지만 실제 자율 주행 상황에서 운전자들의 역할은 승객과 비슷하며, 원하는 작업을 자유롭게 수행할 수 있다. 운전자들은 일상 생활에서와 같이 여러 작업을 함께 수행할 것이다(Calderwood et al., 2014; Czerwinski et al., 2004). 따라서 제어권 전환 상황에서 운전자의 행동을 더 철저히 확인하기 위해서는 기존 연구에서 더 나아가 다중 작업을 NDRT로 수행하는 상황에 대한 연구가 필요하다.

다중 작업은 외부적 개입 혹은 내적 개입을 통한 다중작업이 있다. 외부적 개입에 의한 다중 작업에서는 전화벨이나 알림 등 외부적인

요인이 발생하여 작업 전환이 일어나며, 내적 개입에 의한 작업 전환은 지루함과 같은 감정이나 작업부하와 같이 작업자의 내부적인 요인에 의해 일어난다. 최근 제어권 전환 논문에서도 이러한 다중 작업에 대한 연구가 진행되고 있다. 개입이 있을 경우 NDRT에 대한 몰입도가 감소하여 추후 제어권 전환 알림이 발생하였을 경우 NDRT로부터 벗어나는 시간이 줄어들 것이다. 또한 몇몇 연구에서는 자율 주행 중 운전 상황에 대한 모니터링을 할 경우 운전자 상황 인식이 늘어나 제어권 전환 퍼포먼스가 향상된다고 하였다(Capallera et al., 2019; Gerber et al., 2020). 실제로 Köhn et al. (2019)에서는 NDRT 중 외적 개입을 발생시켜 운전 상황을 모니터링 하게 하였으며 이에 따라 제어권 전환 퍼포먼스를 측정하였다. 그 결과 쉬운 NDRT를 하고 있을 경우 개입이 제어권 전환에 긍정적인 영향을 미쳤다. 또한, Gerber et al. (2020)에서는 자율 주행 중 일어나는 내적 개입을 연구했으며, 내적 개입에 의해 운전 상황에 대한 모니터링이 어떻게 수행되는지 확인하였다. 하지만 위와 같은 연구에서는 모니터링만을 추가 과제로 하였으며 모니터링 이외의 서로 다른 NDRT를 수행하는 경우는 설명하지 못하였다.

본 연구에서는 여러 다중 작업 상황 중 내적 개입에 의한 다중 작업을 NDRT로 선정하여 운전자들의 제어권 전환 퍼포먼스를 확인하는 실험을 진행할 것이다. 먼저 NDRT 중 발생하는 내적 개입을 통해 NDRT의 몰입도를 낮추는 것이 제어권 전환 퍼포먼스에 영향을 미치는지 확인할 것이다. 다음으로 기존 연구와 다르게 내적 개입 시 모니터링 이외의 과제를 수행하도록 할 것이다. 기존 연구에서는 NDRT 중 모니터링을 하게 되면 상황 인식의 증가로 인해 제어권 전환 퍼포먼스가 향상될 것이라고 하였지만, 실제 실험을 통한 검증은 하지 못하였다(Gerber et al., 2020). 따라서 본 연구에서는 내적 개입 중 모니터링 이외의 과제를 했을 때의 제어권 전환 퍼포먼스를 확인하여 모니터링의 효과를 검증하는 실험을 진행할 것이다.

2. Method

2.1 Participants

실험은 고려대학교 학생 10명(남자 6명, 여자 4명)을 대상으로 진행되었으며 실험 참가자의 연령은 25세에서 32세 사이(평균 29.4세, 표준 편차 2.7세)에 분포하였다. 실험 참가자들은 모두 운전 면허를 소지하고 있었으며, 시력 혹은 교정시력이 정상이었다. 실험 참가자들은 실험 전 실험 설명서를 읽고 실험 참가 동의서를 작성하였다. 실험 참여는 모두 자발적으로 이루어졌으며, 실험 참가비는 없었다.

2.2 Apparatus

실험 환경은 OpenDS 4.5 운전 시뮬레이터를 통해 설계되었으며 45인치 크기의 모니터를 통해 실험 환경이 송출되었다. 참가자들은 Logitech G25 핸들 및 페달을 통해 운전 과제를 수행하였으며 운전 장비들은 참가자들의 자세에 맞게 위치를 조정하였다. 또한 안경형 아이트래커인 Pupil Core 아이트래커를 착용하여 운전자의 시각적 움직임 측정하였다. 마지막으로 자율 주행 중 수행하는 NDRT는 iPad pro를 통해 진행되었다.

2.3 Experimental design

3차선 고속도로 상황을 가정하여 운전 시나리오를 설계하였다. 실험 차량은 1차선에서 자율 주행 모드로 출발하며, 운전 환경은 Figure 1과 같다. 자율 주행은 1분간 지속되며, 실험 차량은 85km의 속도로 앞 차와 거리를 유지하여 주행한다. 1분간의 자율 주행 후, 앞 차량이 급제동을 하여 운전자에게 청각적으로 제어권 전환 알림이 발생한다. 제어권 전환 알림이 발생할 경우 운전자는 수동 운전으로 전환하여 장애물을 피하는 과제를 수행한다.

운전과 동시에 실험 참가자들은 NDRT를 수행한다. NDRT는 짧은 예능 동영상을 시청하는 과제를 선정하였다. 동영상은 개입의 유무를 통해 구분하였다. 개입이 없는 동영상은 일반 예능 영상이며, 개입이 있는 동영상은 영상 중간에 3초간의 빈 화면이 추가되어 있었다. 이는 요즘 유튜브 영상에 포함되어 있는 광고를 표현한 것이며, 실험에서는 이 기간 동안 추가적인 작업을 수행하도록 했다. 개입이 포함된 동영상 중 하나는 개입 기간 동안 운전 상황을 모니터링 하도록 하였으며, 나머지 하나에서는 비밀번호를 입력하여 스마트폰 잠금을 해제하는 작업을 수행하도록 하였다.

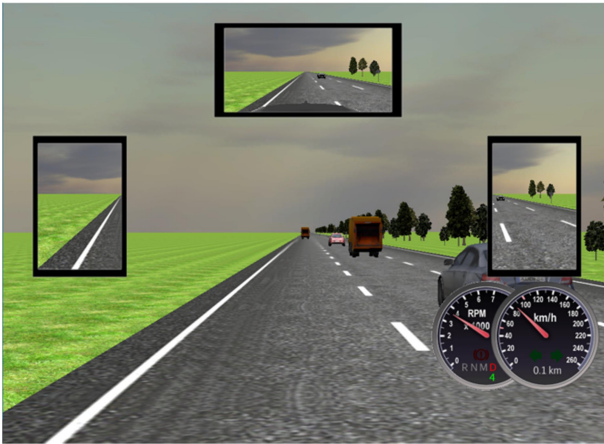


Figure 1. Display of driving simulator

이와 같이 실험은 NDRT의 종류를 집단 내 요인으로 설정하여 수행하였다. 실험 참가자들은 총 3가지 동영상(일반 동영상, 개입-모니터링 동영상, 개입-스마트폰 동영상)에 따라 총 3번의 실험을 수행하였으며 자율 주행 중 하게 되는 NDRT는 무작위로 설정하였다. 실험을 통해 Road-fixation time과 takeover time을 측정하였으며, 분산 분석을 통해 NDRT 종류의 영향을 확인하였다.

2.4 Procedure

실험실에 도착한 실험 참가자들은 실험에 대한 설명서를 읽고 실험 동의서를 작성하였다. 추가적으로 간단한 질의응답을 통해 실험 참가자들이 실험에 대해 충분히 이해하고 있는지 확인하였다. 이후, 아이트래커를 착용하고 정확한 측정을 위해 장비 교정을 진행하였다.

장비 교정 후에 참가자들은 연습 주행을 통해 운전 시뮬레이터에 적응하는 시간을 가졌다. 이를 통해 실험에 사용되는 장비의 조작 방법 및 감도를 익혔다. 연습 주행이 끝난 후, 훈련 시나리오를 통해 훈련 세션을 진행하였다. 훈련 세션에서는 자율 주행 시나리오와 NDRT에 대한 설명을 진행했다. 훈련 세션 이후, 실험 참가자들은 영상의 조건에 따라 총 3번의 실험을 진행하였으며, 실험 사이에 5분간의 휴식을 취했다.

3. Results

3.1 Road-fixation time

아이트래킹 데이터를 통해 제어권 전환 요청 이후 처음으로 도로 중앙에 시선이 고정되는 시간을 측정하였다(Ko and Ji, 2018). NDRT 중 발생하는 개입에 따른 도로 중앙으로 시선이 이동하는 시간은 Figure 2에 나타냈으며 유의미한 영향이 존재하는지 확인하기 위해 분산 분석을 통해 통계 분석을 진행하였다. 분산 분석 결과, 도로 응시 시간에는 유의미한 차이가 없었다($F(2,18) = 1.82$, p -value = 0.1908).

3.2 Takeover time

제어권 전환 요청이 발생한 이후 운전자가 어느 시점에 반응을 하는지 측정하였다. 자율 주행 시스템은 핸들이나 페달을 작동시킬 경우 비활성화되므로, 시뮬레이터 상에 핸들 혹은 페달의 입력 값이 변화하는 시간을 확인하여 이를 측정하였으며 Figure 3과 같이 나타난다. 분산 분석을 통해 개입의 종류가 제어권 전환 시간에 유의미한 영향을 미치는지 확인하였다. 그 결과 개입의 종류가 제어권 전환

시간에 유의미한 영향을 미치는 것을 알 수 있었다($F(2,18) = 16.78, p\text{-value} < 0.0001$). 이후, 각 개입 조건에 대한 비교를 위해 fisher's least significance difference 사후 검정을 진행하였다. 내적 개입이 없을 때의 제어권 전환 시간은 내적 개입 중 모니터링을 할 경우($t(9) = 3.57, p\text{-value} = 0.006$)와 스마트폰을 하는 경우($t(9) = 6.89, p\text{-value} < 0.0001$)보다 유의미하게 증가하였다. 또한 내적 개입 중 모니터링을 하는 경우와 스마트폰을 하는 경우 사이에도 유의미한 영향이 있었다($t(9) = 2.52, p\text{-value} = 0.0326$).

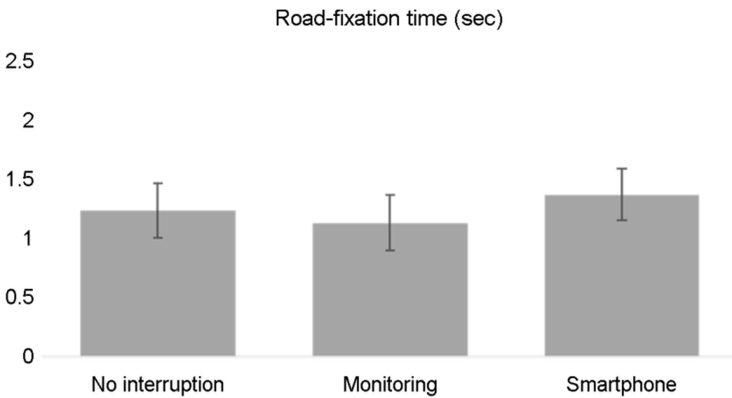


Figure 2. Road-fixation time according to interruption types. Error bars represent the standard deviations of the means

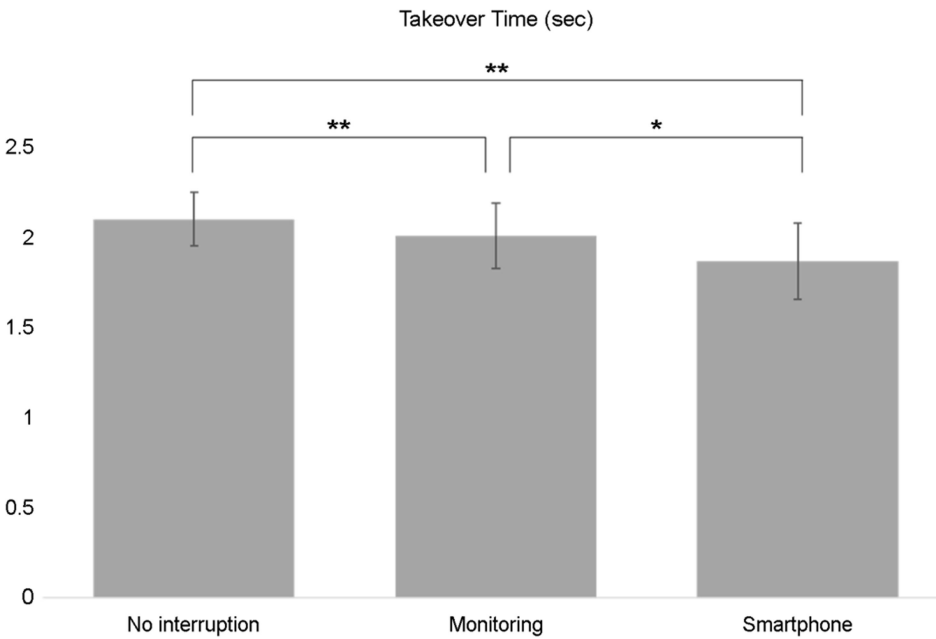


Figure 3. Takeover time according to interruption types. Error bars represent the standard deviations of the means (*: $p\text{-value} < 0.05$, **: $p\text{-value} < 0.01$)

4. Discussion

본 논문에서는 NDRT 수행 중 발생하는 내적 개입이 제어권 전환 퍼포먼스에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하였다. NDRT의 조건을

1) 내적 개입이 없는 경우, 2) 내적 개입 중 운전 상황에 대한 모니터링을 하는 경우, 3) 내적 개입 중 스마트폰 잠금을 해제하는 경우 등 세 가지로 구분하여 실험을 진행하였다. 실험을 통해 내적 개입이 제어권 전환 퍼포먼스에 미치는 영향과 자율 주행 중 수행하는 모니터링의 영향을 확인해보았다.

먼저, 제어권 전환 퍼포먼스는 시선이 처음으로 도로 중앙을 응시하는 시간과 제어권 전환을 완료하는 시간을 통해 측정하였다. 도로 응시 시간의 경우 내적 개입의 종류에 따라 유의미한 차이가 없었으나 제어권 전환 시간은 유의미한 차이가 있었다. Zeeb et al. (2015)에 따르면 시선·손·발의 움직임 등 제어권 전환 초기의 반응은 대부분 반사적인 반응이므로 실험 조건에 따라 유의미한 차이가 없다. 이처럼 본 실험에서 내적 개입에 따라 도로 응시 시간이 유의미한 차이가 없는 원인은 제어권 전환 요청이 발생하므로 인해 반사적으로 도로를 응시했기 때문이다.

다음으로, NDRT 중 개입이 없는 상황과 NDRT 중 개입이 있는 상황을 비교하여 내적 개입이 제어권 전환 퍼포먼스에 미치는 영향을 확인하였다. 기존 연구에 따르면 자율 주행 중 NDRT에 대한 몰입도가 높아질수록 제어권 전환 시간은 증가하였다(Chen et al., 2018; Ko and Ji, 2018; Rauffet et al., 2020; Vogelpohl et al., 2018; Zeeb et al., 2016). 몰입도는 작업자의 시각적 움직임으로 측정할 수 있으며, 일반적으로 시선 고정을 통해 이를 표현한다(Chen et al., 2018; Khan and Lee, 2019; Radwin et al., 2017). 즉, NDRT으로부터 다른 곳으로 시선이 이동하게 된다면 NDRT에 대한 몰입도가 감소할 것이다. 따라서 본 연구에서는 내적 개입을 발생시켜 NDRT에 대한 몰입도를 낮추게 된다면 제어권 전환 퍼포먼스가 향상될 것이라는 가설을 설정하고 실험을 통해 이를 검증하였다. 실험 결과, 제어권 전환 시간은 내적 개입이 있을 경우 감소하였으며 NDRT에 대한 몰입도를 감소시키게 되면 제어권 전환 퍼포먼스가 향상됨을 알 수 있었다.

또한, 내적 개입 중 수행하는 작업에 따른 제어권 전환 시간을 비교하였다. 여러 연구에서는 자율 주행 중 운전자에 대한 모니터링을 하면 상황 인식이 증가하여 제어권 전환 퍼포먼스를 향상될 것이라고 언급하였다(Capallera et al., 2019; Gerber et al., 2020). Gerber et al. (2020)에서는 운전자가 내적 개입을 하여 운전자에 대한 모니터링을 하는 행동을 관찰하는 실험을 진행했지만 실제로 내적 개입 및 모니터링 효과에 대한 결과는 나타나지 않았다. 따라서 본 논문에서는 내적 개입 중 수행하는 작업에 따라 제어권 전환 퍼포먼스를 비교하여 모니터링의 효과를 검증하는 실험을 수행했다. 내적 개입 중 수행하는 작업을 1) 운전 상황에 대한 모니터링, 2) 스마트폰 잠금 해제, 두 가지로 구분하여 실험하였으며, 실험 결과 스마트폰 잠금 해제를 했을 경우에 제어권 전환 시간이 더 빠른 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 두 가지 방법으로 해석할 수 있을 것이다. 첫째, 실험에서 내적 개입은 3초간 이루어 졌으며, 이는 상황 인식을 회복하기에는 너무 짧은 시간이었을 것이다. 둘째, 스마트폰 잠금 해제 작업이 모니터링에 비해 더 많은 인지적 자원을 사용하기 때문일 것이다. 내적 개입 중 모니터링을 할 때, 운전자는 시각적으로는 NDRT에서 벗어나지만 인지적으로는 완전히 벗어나지 못했을 가능성이 있다(Janssen et al., 2019). 반면, 스마트폰 잠금을 해제하는 것은 비밀번호를 입력해야 하므로 인지적으로도 NDRT로부터 벗어나야 한다. 따라서, NDRT에 대한 몰입도가 더 많이 감소하여 제어권 전환 퍼포먼스가 향상되었을 것이다.

본 연구에서는 몇 가지 한계점이 있었다. 첫째, 실험 참가자의 다양성의 문제가 있었다. 20·30대 학생을 대상으로 실험을 진행하였다. 따라서 연령대가 다를 경우 결과가 다르게 나타날 수 있을 것이며, 다양한 연령대 및 직업을 가진 참가자들을 대상으로 실험하여 더욱 보편적인 결과를 도출해야 한다. 다음으로, 주행 시간이 다소 짧았다. 실험 참가자들은 총 3번의 주행을 하였으며 자율 주행 시간은 대략 1분 정도였다. 따라서 내적 개입의 횟수가 제한되었으며 NDRT에 대한 몰입도 또한 높지 않았을 것이다. 추후 연구에서는 장기간의 자율 주행에서의 운전자 행동을 관찰하여 내적 개입의 효과를 확인할 필요가 있다. 마지막으로 본 논문에서는 제어권 전환 시간을 통해 퍼포먼스를 비교하였지만, 추후 연구에서는 시간 외 운전자의 제어권 전환 수행 결과를 통해 내적 개입의 효과를 확인해야 할 것이다.

5. Conclusion

자율 주행 기술이 발전할수록 운전자들은 운전 이외의 작업들을 수행할 가능성이 높아진다. 하지만 완전 자율 주행 기술이 상용화되기 전까지 운전자들은 시스템의 한계에 대비해야 한다. 여러 제어권 전환 논문에서는 NDRT에 따른 제어권 전환 퍼포먼스를 연구하였으며, NDRT는 제어권 전환 퍼포먼스에 주요한 영향을 미치는 요인이라는 것을 알 수 있었다. 하지만 기존 연구에서는 NDRT 수행 중 발생하는 내적 개입에 대한 고려를 하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 NDRT 중 발생하는 내적 개입을 고려한 실험을 진행하였다. 내

적 개입의 유무에 따른 제어권 전환 퍼포먼스와 내적 개입 시 수행하는 작업에 따른 제어권 전환 퍼포먼스를 측정하였다. 그 결과 내적 개입이 있을 때, 인지적 자원을 쓰는 과제를 수행하면 제어권 전환 퍼포먼스가 향상되었다. 이러한 결과를 토대로 자율 주행 중 수행하는 작업에 한해서 내적 개입이 발생할 수 있도록 내부 인터페이스를 설계한다면 운전자와 자율 주행 시스템의 상호작용이 더 적극적으로 이루어질 수 있을 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 교통물류연구사업의 연구비지원(과제번호 20TLRP-B131486-04)에 의해 수행되었습니다.

References

- Bueno, M., Dogan, E., Selem, F.H., Monacelli, E., Boverie, S. and Guillaume, A., How different mental workload levels affect the take-over control after automated driving. *In 2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (pp. 2040-2045), IEEE, 2016.
- Calderwood, C., Ackerman, P.L. and Conklin, E.M., What else do college students "do" while studying? An investigation of multitasking. *Computers & Education*, 75, 19-29, 2014.
- Capallera, M., de Salis, E., Meteier, Q., Angelini, L., Carrino, S., Khaled, O.A. and Mugellini, E., Secondary task and situation awareness, a mobile application for conditionally automated vehicles. *In Proceedings of the 11th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications: Adjunct Proceedings* (pp. 86-92), 2019.
- Carsten, O., Lai, F.C., Barnard, Y., Jamson, A.H. and Merat, N., Control task substitution in semiautomated driving: Does it matter what aspects are automated? *Human Factors*, 54(5), 747-761, 2012.
- Chen, H.Y.W., Hoekstra-Atwood, L. and Donmez, B., Voluntary-and involuntary-distraction engagement: an exploratory study of individual differences. *Human Factors*, 60(4), 575-588, 2018.
- Czerwinski, M., Horvitz, E. and Wilhite, S., A diary study of task switching and interruptions. *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 175-182), 2004.
- Gerber, M.A., Schroeter, R., Xiaomeng, L. and Elhenawy, M., Self-Interruptions of Non-Driving Related Tasks in Automated Vehicles: Mobile vs Head-Up Display. *In Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-9), 2020.
- Janssen, C.P., Iqbal, S.T., Kun, A.L. and Donker, S.F., Interrupted by my car? Implications of interruption and interleaving research for automated vehicles. *International Journal of Human-Computer Studies*, 130, 221-233, 2019.
- Jarosch, O., Paradies, S., Feiner, D. and Bengler, K., Effects of non-driving related tasks in prolonged conditional automated driving-A Wizard of Oz on-road approach in real traffic environment. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 65, 292-305, 2019.
- Khan, M.Q. and Lee, S., Gaze and Eye Tracking: Techniques and Applications in ADAS. *Sensors*, 19(24), 5540, 2019.
- Ko, S.M. and Ji, Y.G., How we can measure the non-driving-task engagement in automated driving: comparing flow experience and workload. *Applied Ergonomics*, 67, 237-245, 2018.

Köhn, T., Gottlieb, M., Schermann, M. and Krcmar, H., Improving take-over quality in automated driving by interrupting non-driving tasks. *In Proceedings of the 24th International Conference on Intelligent User Interfaces* (pp. 510-517), 2019.

Marinik, A., Bishop, R., Fitchett, V., Morgan, J., Trimble, T. and Blanco, M., Human factors evaluation of level 2 and level 3 automated driving concepts. *National Highway Traffic Safety Administration*, Washington, DC. 2014.

Neubauer, C., Matthews, G. and Saxby, D., Fatigue in the automated vehicle: do games and conversation distract or energize the driver?. *In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 58, No. 1, pp. 2053-2057), Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications. 2014.

Radlmayr, J., Gold, C., Lorenz, L., Farid, M. and Bengler, K., How traffic situations and non-driving related tasks affect the take-over quality in highly automated driving. *In Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting* (Vol. 58, No. 1, pp. 2063-2067), Sage CA: Los Angeles, CA: Sage Publications. 2014.

Radwin, R.G., Lee, J.D. and Akkas, O., Driver movement patterns indicate distraction and engagement. *Human Factors*, 59(5), 844-860, 2017.

Rauffet, P., Botzer, A., Chauvin, C., Saïd, F. and Tordet, C., The relationship between level of engagement in a non-driving task and driver response time when taking control of an automated vehicle. *Cognition, Technology & Work*, 22(4), 721-731, 2020.

SAE International., Taxonomy and definitions for terms related to driving automationsystems for on-road motor vehicles. (J3016_201609). Warrendale, PA: Author, 2016.

Schömig, N., Hargutt, V., Neukum, A., Petermann-Stock, I. and Othersen, I., The interaction between highly automated driving and the development of drowsiness. *Procedia Manufacturing*, 3, 6652-6659, 2015.

Vogelpohl, T., Kühn, M., Hummel, T., Gehlert, T. and Vollrath, M., Transitioning to manual driving requires additional time after automation deactivation. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 55, 464-482, 2018.

Wan, J. and Wu, C., The effects of lead time of take-over request and nondriving tasks on taking-over control of automated vehicles. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 48(6), 582-591, 2018.

Wandtner, B., Schömig, N. and Schmidt, G., Effects of non-driving related task modalities on takeover performance in highly automated driving. *Human Factors*, 60(6), 870-881, 2018.

Wulf, F., Zeeb, K., Rimini-Döring, M., Arnon, M. and Gauterin, F., Effects of human-machine interaction mechanisms on situation awareness in partly automated driving. *In 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2013)* (pp. 2012-2019), IEEE. 2013.

Zeeb, K., Buchner, A. and Schrauf, M., What determines the take-over time? An integrated model approach of driver take-over after automated driving. *Accident Analysis & Prevention*, 78, 212-221, 2015.

Zeeb, K., Buchner, A. and Schrauf, M., Is take-over time all that matters? The impact of visual-cognitive load on driver take-over quality after conditionally automated driving. *Accident Analysis & Prevention*, 92, 230-239, 2016.

Author listings

Yong Deok Yun: yunyd1234@korea.ac.kr

Highest degree: Undergrad. Student, Department of Industrial Management Engineering, Korea University

Position title: Ph.D. Student, Department of Industrial Management Engineering, Korea University

Areas of interest: Cognitive modeling, Cognitive Architecture, Autonomous driving

Hyung Seok Oh: prohyung@korea.ac.kr

Highest degree: M.S. Student, Department of Industrial Management Engineering, Korea University

Position title: Ph.D. candidate, Department of Industrial Management Engineering, Korea University

Areas of interest: Cognitive modeling, Cognitive Architecture, Autonomous driving

Rohae Myung: rmyung@korea.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, Texas Tech University

Position title: Professor, Department of Industrial Management Engineering, Korea University

Areas of interest: Cognitive modeling, Cognitive Architecture, Autonomous driving