

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2021.7.4.641

JCCT 2021-11-79

자율주행 차량의 안전한 상태 알림이 제어권 전환 시 상황 인식과 운전 수행에 미치는 영향

The Effect of Autonomous Driving Vehicle Positive Notification on Situation Awareness and Take-over Performance

지재영*, 김재희**, 한광희***

JaeYeong Ji*, JayHee Kim**, KwangHee Han***

요약 자율 주행 중에 많은 운전자는 안전하다고 판단되는 상황에서 운전 외 다른 활동을 수행할 것으로 예상된다. 본 연구는 반 자율주행 차량의 안전한 상황에 대한 알림의 제어권 전환 시 상황 인식 수준과 운전 수행에 미치는 영향과 주관적 평가를 살펴보았다. 실험 1에서 통제조건(경고음), 주의 알림, 안전 알림, 모든 알림 조건에 대하여 자율주행 차량의 영상을 보고 상황 인식 수준과 주관적 평가를 진행하였다. 그 결과 안전한 상황 알림 조건에서 상황 인식 수준이 가장 높았으며 만족도와 즐거움 척도에서 높은 평가를 받았고, 불신과 불쾌함에서는 낮은 평가를 보였다. 실험 2에서는 자율주행 차량 시뮬레이터를 이용하여 실제 운전 수행, 상황 인식 수준과 주관적 평가를 진행하였다. 그 결과 운전 수행에서 안전한 알림 조건에서 가장 높은 수행을 보였으며, 더 위험이 낮다고 주관적으로 평가하였다. 본 연구는 반자율주행 차량에서 안전한 상황에 대한 알림이 운전자의 만족도와 운전 수행을 개선할 수 있음을 보여 주며 불쾌한 경험을 줄이면서 안전한 자율 주행 시스템을 디자인하는 데 도움이 될 수 있을 것으로 보인다.

주요어 : 자율 주행, 알림음, 제어권 전환(TOR), 안전 알림

Abstract Drivers have willing to do secondary tasks in situations deemed safe autonomous driving. I studied that positive notifications for secure areas could improve situation awareness and driving performance after TOR(Take over request) in autonomous driving. Comparing TOR alert only and monitoring alert conditions, participants in the positive notification condition showed higher situation awareness and driving performance. Also, in emotional assessment, the positive notification condition showed higher positive evaluation than other conditions. Due to Covid-19, I designed experiments separate online with driving videos in experiment 1 and offline using a driving simulator in experiment 2. This study has implications that presented a different perspective on autonomous driving notification design.

Key words : Autonomous driving, Notification, Positive notification, TOR(Take-over Request)

*정회원, 연세대학교 심리학과 박사수료 (제1저자)
**준회원, 연세대학교 심리학과 석사과정 (참여저자)
***정회원 연세대학교 심리학과 교수 (교신저자)
접수일: 2021년 8월 17일, 수정완료일: 2021년 8월 30일
게재확정일: 2021년 9월 10일

Received: August 17, 2021 / Revised: August 30, 2021

Accepted: September 10, 2021

*Corresponding Author: khan@yonsei.ac.kr

Dept. of Psychology, Yonsei Univ, Korea

I. 서 론

미국 도로 교통 안전국(NHTSA)에서 정의한 레벨 3 자율 주행 기술이 탑재된 차량의 출시 및 판매가 한국 국토정보부 정책에 의해 2020년 7월부터 허가되었다[1]. 레벨 3 자율 주행 시스템은 일정 구간에서 자율 주행 시스템이 운전을 수행하고, 운전자는 해당 구간에서 도로 주시 의무가 없어진다[2]. 자율 주행에 관한 리뷰 연구에서, 레벨 3 자율주행 차량의 운전자는 운전 외 활동이 수동 운전 대비 2.5배 이상 증가하고, 자율 주행 구간이 길어질수록 다른 과제에 대한 몰입 수준이 높아져, 운전자의 경계가 감소하고 상황 인식 수준이 낮아질 것으로 예상하였다[3].

자율 주행 중 수동 운전이 필요한 시점에 운전자에게 수동 운전을 요청하는데, 다른 과제에 몰입했던 운전자가 상황을 인식하고 대응하기까지 시간이 소요된다. 수동 운전 전환 요구가 환경의 복잡성 증가나 자율 주행 시스템의 한계에 의한 경우, 운전자가 대응에 필요한 시간보다 더 늦게 수동 운전 전환 요구가 발생할 수 있다. 이를 보완할 방법으로 위험 지역에서 주의 알림을 제안하고 효과성에 대한 요구가 진행되었다. 제어권 전환 요청만 제공하는 것보다 주의 알림을 제공하는 경우 더 효과가 있는 것으로 나타났다[4]. 하지만 추가적인 정보의 효과일 수 있으며, 제어권 전환 요구와 유사하게 해석하여 이후에는 무시할 가능성이 있다.

본 연구에서는 운전 외 다른 활동을 하면서도 자율 주행 중임을 인식하여 경계를 유지하고, 다른 활동이 안전하게 가능한 시점을 알려줄 수 있는 개념의 ‘안전 알림’을 정의하고 이 효과성을 ‘주의 알림’을 비교 분석하고자 한다. 제어권 전환 외 추가적인 정보를 비교 분석함으로써 더 안전하고 효과적인 자율 주행 시스템에 대한 이해를 높일 수 있을 것이다. 차량에서 운전자에게 알림은 시각, 청각, 촉각을 통해 이루어지는데 본 연구에서는 청각 신호에 집중해서 보고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 제어권 전환(TOR, Take Over Request)

전방 레이더와 카메라를 활용하여 선행 차량과의 차간거리 유지 및 중앙주행을 보조하는 차로유지 보조 시스템(LFA)이나 네비게이션 정보를 이용하여 곡선

주행 시 가·감속을 돕는 스마트크루즈컨트롤(NSCC)과 같은 자율 주행 기술이 적용된 차량은 NHTSA 기준 레벨 2, BASt(German Federal Highway Research Institute)기준 부분 자동화 수준(Partially automated)에 해당한다[5]. 이 수준에서는 전 구간에 대해 안전을 이유로 운전자는 지속적으로 길을 주시하거나, 주기적으로 핸들을 잡아야 한다[2][3].

NHTSA 기준 레벨 3, BASt의 높은 자동화(Highly automated) 수준은 운전자가 핸들에서 손을 놓을 수 있고, 전방을 주시하지 않아도 된다[2][3][5]. 자동화 수준이 높아지면 운전자는 운전 외 활동이 증가하고[6] 이는 운전 기술의 저하[7], 상황 인식수준 저하[8], 자동화에 대한 과의존 현상[9]으로 이어질 수 있다. 하지만 여전히 특정 상황이나 구간에서 수동 운전이 필요한데, 자율 주행 중 운전자에게 수동 운전을 요구하는 것을 제어권 전환 요구(TOR, Take-over Request)라 명칭 한다.

운전의 제어권이 자율 주행에서 운전자로 전환 시, 운전자가 제어권 전환 요구를 듣고 반응하는 데는 5초에서 7초가 소요되고[10], 2초 이내로 제어권 전환을 요구하는 경우 대부분은 사고로 이어지는 것으로 나타났다[11]. 운전자가 제어권 전환 후 도로의 시각적 형태는 7~12초 안에 파악하였으나, 앞차와의 속도를 파악하기까지는 20초 이상이 소요되었다[12]. 하지만 제어권 전환 요구는 상황에 따라 20초 이전에 이루어지기 어려우며 지속적인 모니터링의 필요성이 제기되었고[13], 자율 주행 수준이 높아짐에 따라 대응에 필요한 시간은 더 길어질 수 있다. 따라서 제어권 전환 요구 외에도 자율 주행 중 주의를 환기하고, 제어권 전환 시 상황 인식을 높일 방법에 관한 추가적인 방법이 연구되어야 한다.

2. 주의(Monitoring) 알림

Lu와 동료들은 제어권 전환 요구 외 추가적인 방법으로, 수동 운전을 요구하진 않지만, 상황 파악을 요청하는 주의 요청(Monitoring Request)에 관한 연구를 하였다. 주의 요청은 운전 외 다른 활동에 집중된 주의를 주행 상황으로 전환을 요청하는 개념으로 제어권 전환과는 구분되는 개념으로 정의했다. 제어권 전환 전에 미리 알림을 알리는 Soft-TOR이나 Two-step TOR이 아닌 주의 전환만을 요청하는 것으로 항상 주의

전환 요청 이후에 제어권 전환 요청이 뒤따르지 않는 것이 특징이다. 연구자들은 주의 전환 요청은 전체적인 상황 인식을 증가시키고, 인지적, 신체적으로 운전자를 준비시킬 것이라고 예상하였다. 제어권 전환, 주의 알림, 모두 알림 세 조건으로 나누어 자율 주행 중 제어권 전환 시 시선 추적(Eye tracking), 반응 시간, 주관적 척도를 비교하였다. 그 결과, 주의 요청과 제어권 전환을 모두 요청한 조건이 제어권 전환만 요청한 조건보다 빠른 반응과 낮은 인지 부하를 보였고 사용성, 만족도, 신뢰도 측면에서 높은 점수를 보였다. 하지만 주의 요청만 있는 조건에서는 오히려 사고율을 보였다[4]. 해당 연구를 통해 제어권 전환 요구 외에 추가적인 알림이 운전자에게 도움이 된다는 것은 볼 수 있었다. 하지만 주의 알림 단독으로는 효과가 없는 것으로 나타나, 제어권 전환 요구 외 다른 추가적인 알림에 관한 비교 연구가 필요하다.

3. 안전 알림(Positive notification)

주의 알림이 위험한 상황, 긴장감을 유지하는 측면의 알림이라면, 반대 개념의 조건은 ‘안전’ 알림이 될 수 있을 것이다. 안전 알림은 시스템이 동작하고 있음을 알리고, 안전한 지역에 위치하여 운전 외 활동이 가능함을 알린다. 시스템에 대해서 지속적으로 동작하고 있음을 알리는 앰비언트 인터페이스(Ambient interface)에 관한 연구에서 앰비언트 사운드(Ambient Sound)가 상황 인식을 높이는 효과가 있는 것으로 나타났다[14]. 르노사의 자율 주행 콘셉트 차량인 Symbioz의 사운드 디자인에 10가지 종류의 소리를 디자인하였는데, 그 안에 ‘Everything OK’를 포함하였다. ‘Everything OK’는 본 연구의 안전 알림과 같이 주기적으로 시스템이 잘 동작하고 있다는 것을 알려주는 것이다[15].

안전 알림은 다른 경고성 알림과 달리, 지속성을 갖는데 지속적인 알림음에서 고려해야 할 점은 짜증을 유발할 가능성이 있다[16]. 자율주행 차량의 통제감을 유지하는 측면에서 변속 등 주행 상태와 관련한 지속적인 효과음에 관한 연구에서, 운전자는 주의를 필요에 따라서만 집중할 수 있는 것으로 나타났다[17]. 지속적인 알림음에 대해 운전자는 주의를 정도를 조절하며 적절한 통제감을 유지할 수 있을 것으로 보인다.

주의 알림의 경우, 제어권 전환과 같은 종류의 알림으로 인식하여 ‘양치기 소년(Cry wolf)’효과가 나타날

수 있다[18]. 양치기 소년 효과란 알림이 필요하지 않을 때 나타난 경우, 이후에 필요한 상황에도 무시하게 되는 효과이다. 주의 알림이 발생해도 제어권 전환을 요구하지 않는 경우 필요 없는데 알림이 나타난다고 운전자가 인식할 수 있기 때문이다. 하지만 안전 알림의 경우 제어권 전환과는 구분되는 개념으로 인식되어 양치기 소년과 같은 효과가 나타나지 않을 것이다.

4. 연구 문제

본 연구에서는 반 자율주행 차량에서 안전한 상황에 대한 알림의 효과를 제어권 전환 시의 상황 인식과 운전 수행의 정도를 보고 전체 경험에 대한 주관적 척도를 주의 알림과 비교 분석하여 측정해 보고자 한다.

자율 주행의 제어권 전환 요구는 계기판과 청각 신호를 통해 이루어지는데, 본 연구에서는 청각 신호에 집중하여 보았다. 청각 신호는 운전의 대부분 시각적 과제이므로 청각 신호는 과부하 된 시각자원에 의존하지 않고 처리될 수 있으며[19], 운전자가 어딜 보고 있는지와 관계없이 운전자의 주의를 끌 수도 있다[20]. 또한, 청각 경고음의 반응 속도에 대한 시뮬레이터를 활용한 연구에 따르면 주의가 분산된 상황에서도 청각적으로 충돌 경고하는 것이 경고에 반응하여 브레이크를 밟는 속도가 시각 경고보다 빠르며 효과적인 것으로 나타났다[21]. 운전자의 주의를 분산된 레벨 3의 반 자율주행 차량에서 청각 신호로 제어권 전환 외 추가적인 정보를 제공하는 것은 효과적일 것으로 예상했다. 청각 신호는 기본 주파수, 하모니의 존재, 시간에 따른 리듬의 변화 등으로 긴급성 지각을 조절할 수 있다 [22][23]. 따라서 청각 신호를 활용하여 제어권 전환, 주의 알림, 안전 알림의 세 종류의 긴급성이 다른 청각 신호로 전달이 가능할 것이다.

제어권 전환 외 추가적인 정보를 전달하는 목적은 제어권 전환 시의 상황 인식을 높이고 이에 따라 제어권 전환 반응의 수준의 높이려는 것이다. 상황 인식은 운전 중 사고의 위험과 밀접한 관련이 있는 상황 인식은 항공 분야에서 발달한 개념이다. 자동화 시스템의 발달과 함께 운전 상황에서도 최근 주목을 받고 있다.

상황 인식은 “공간과 시간이 포함된 환경의 요소에 대해 지각하고, 그것들의 의미를 이해하고, 가까운 미래에 다가올 상태에 대해 예측하는 것”으로 정의되어 있다[24]. Gregoriades 와 Sutcliffe 는 지각, 이해, 예측의

세 단계 상황 인식에 따라 자율 주행 실험에 활용할 수 있는 시뮬레이터 이벤트를 [표 1]과 같이 정리하였다[25]. 본 연구에서는 이를 참고하여 시뮬레이터 과제를 구성하였으며 이에 대한 행동 반응과 질문으로 상황 인식을 측정하였다.

표 1. 상황 인식 수준별 이벤트 분류
Table 1. Event cases categorized into Three level of SA

수준	설명	종류
1	지각(Perception): 운전자의 반응 없이도 사고가 나지 않음	광고판, 주차된 차량, 가까운 차량
2	이해(Comprehension)-속도 조절 반응 받을 요구	차간거리, 차막힘, 느린 앞차
3	위험예측(Projection Hazard)-속도 조절과 방향 조절을 모두 요구	행인, 측면차량, 후면차량

실제 위험도와 별개로 사용자의 시스템 수용도에 영향을 주는 것은 사용자 경험이다. 특히 청각 신호의 경우 ‘짜증’이 유발되면 시스템을 꺼버리거나 무시[16]할 수 있어, 사용자의 감성과 만족도를 측정하였다. 자율 주행에서 신뢰도는 아직 확보되지 못했으나[26], 신뢰도와 이용 의도와는 정적인 상관관계에 있어[27] 신뢰도를 측정하였다.

본 연구는 안전 알림은 자율 주행이 이루어지는 ‘안전한 지역에서 시스템이 정상 동작하고 있음’을 알려주는 것으로 정의하고, 청각 신호를 대상으로 단독 제어권 전환 요청, 주의 알림 추가, 안전 알림 조건을 비교하여 안전 알림의 효과에 대해 보고자 한다. 먼저 각 알림의 상황 인식의 수준, 운전 수행의 수준에 미치는 영향에 대해 볼 것이다. 또한, 사용자 경험 측면에서 분석할 수 있도록 유용성, 감성, 신뢰도에 대한 주관적 척도를 측정할 것이다. 연구 문제는 크게 아래 세 가지로 볼 수 있다.

연구 문제 1: 자율 주행에서 수동 주행으로 전환 시, 안전한 상황에 대한 알림은 상황 인식 수준에서 다른 조건과 차이를 보일 것이다.

연구 문제 2: 자율 주행에서 수동 주행으로 전환 시, 안전한 상황에 대한 알림은 운전 수행 수준에 다른 조건과 차이를 보일 것이다.

연구 문제 3: 자율 주행에서 안전한 상황에 대한 알림은 신뢰도, 유용성, 만족도에서 다른 조건과 차이를 보일 것이다.

III. 실험 1

1. 실험 방법

1) 참가자

실험 참가자 모집은 학교 게시판 공지를 통해 지원자로 이루어졌다. 참가자에 대해서는 4800원에 해당하는 스타벅스 쿠폰이 지급되었다. 실험 참가자는 정상 시력과 청력을 가진 자를 대상으로 하였다. 204명의 (평균나이 = 24.2, SD = 5.76, 남자 71명, 여자 133명)이 참가하였으며, 운전 경력이 없는 참가자가 88명(43.6%), 1년 미만이 76명(37.6%), 그 이상이 38명(18.9%)이었다. 2명은 응답하지 않았다. 조건별로 통제(Control)조건에 36명, 안전 알림(Positive) 조건에 71명, 위험 알림(Monitoring) 조건에 67명, 모든 지역(All) 조건에 30명이 참가하였다. 실험은 구글 서베이를 이용하여 제작되었으며 참가자들은 링크를 통해 온라인으로 참여하였다.

2) 실험 디자인

독립변인은 소리 조합에 따라 [표 2]와 같이 4개(통제, 안전, 위험, 전체) 조건으로 구분되며, 참가자 간 디자인으로 설계되었다. 제어권 전환(TOR) 경고음은 모든 조건에 공통으로 제시되었다. 안전과 위험 조건은 TOR 경고와 함께 각각 안전한 지역과 위험한 지역에서 알림을 제공하였으며, 전체 조건은 모든 알림을 포함하는 조건이다.

표 2. 실험 디자인
Table 2. Experimental Design

조건	소리 조합
통제(Control)	제어권 전환
안전(Positive)	제어권 전환 + 안전 알림
주의(Monitoring)	제어권 전환 + 주의 알림
전체(All)	제어권 전환 + 안전 + 주의

한 조건은 도심과 외곽 두 개의 영상으로 구성되며 순서는 교차로 제시되었다. 한 영상에서 제어권 전환 경고음은 총 세 번 제시되었다. 안전한 지역은 알림은 제어권 전환 경고음이 제시되는 전후 3초를 제외하고 영상 전체에 제시되었다. 위험 지역 알림은 영상에서 제어권 전환 경고음이 제시되는 경우를 포함하여 차량이 등장하는 모든 경우에 제시되었는데, 외곽지역 영상에서는 총 10번, 도심 영상에선 7번 제시되었다. 제어권

전환 경고음과 같은 이벤트에서는 제어권 전환보다 5초가량 앞에 주의 알림이 제시되었다.

중속 변인으로는 상황 인식의 정확성, 부가 과제 정도, 주관적 척도로 구성되었다. 각 영상이 끝난 후 3번의 제어권 전환 시의 상황 인식(Situation Awareness) 질문이 제시되어 총 6개의 상황 인식에 관한 질문에 응답하였다. 영상별로 부가 과제 수행 여부 및 편안함을 느낀 정도에 대해 평가하였으며, 참가한 조건에 해당하는 알림 소리에 대한 유용성, 감성, 신뢰도로 구성된 주관적 평가 설문에 응답하였다.

3) 실험 도구

3.1) 음원

제어권 전환 경고음과 주의 알림은 Snapshot.com에서 Warning alarm으로 검색한 결과 중에 선택하였다. 주의 알림(Pluck alert sound. wav)은 제어권 전환 경고음(Alarm beeps loop. wav)보다 낮은 피치(Pitch)의 음원을 사용하였다. 각 음원의 파형은 [표 3]과 같다.

안전 알림은 'Positive sound'와 'Notification'으로 검색되는 음원 10개를 선택하여 적합성과 감성 척도를 분석하여 최종 1개를 선택하였다. 자율 주행 적합성은 3개의 문항으로 구성되었는데, 이 중 가장 높은 점수 ($M= 3.57, SD = .95$)를 받은 음원(Simple Google Soundalike Alert 1)을 선택하였다. 해당 소리에 대해 일 표본분석으로 7점 척도의 중간값(3)과의 차이를 분석한 결과 유의미하게 적합성이 높았다, $t(23)= 2.94, p < .05$.

표 3. 실험에 사용된 음원

Table 3. Sound for experiment

소리	파형
제어권 전환	
안전 알림 (Positive)	
주의 알림 (Monitoring)	

3.2) 시뮬레이터 영상

자율 주행 영상은 Unity사의 Asset store에서 판매하는 'Driver'를 구매하여 실험 조건에 따라 반 자율주행 차량으로 프로그래밍한 것을 녹화하여 사용하였다. 각

영상은 총 3번의 제어권 전환 이벤트가 발생하고 총 4분으로 구성되었다. 각 조건 다른 소리 조합을 적용하여 전체 실험에 총 8개의 영상이 사용되었다. 한 조건의 영상은 [그림 1]과 같이 도심과 외곽으로 두 종류로 제작되었다. 따라서 소리 조합에 따라 전체 실험에는 총 8개의 영상이 사용되었다.



그림 1. 주행 상황 화면
 Figure 1. Driving Scene

3.3) 질문 문항

제어권 전환 시 상황 인식 과제는 [표 4]와 같이 차량의 종류를 묻는 것으로 4지 선다형으로 구성하였다. 한 참가자당 총 6번의 과제가 제시되었다. 이후 영상별로 부가 과제 정도와 편안함 정도에 대한 질문이 제시되어 두 번 응답을 받았다. 모든 영상과 상황 인식 과제가 끝난 후 각 조건에 해당하는 소리에 대해 유용성, 감성, 신뢰도를 묻는 9개의 질문을 [표 4]와 같이 제시하였다.

표 4. 상황 인식과제와 설문 문항

Table 4. Situation awareness tasks and survey

요인	문항
상황 인식	n 번째 경고음에 나타난 차량의 종류는?
부가 과제	영상을 보면서 다른 활동을 했다. 자율 주행을 가정한다면, 다른 활동을 하는 것이 편안하게 느껴진다
유용성	이 소리는 자율 주행을 좀 더 효과적으로 도와줄 것이다. 이 소리는 자율 주행 시 다양한 활동을 좀 더 잘 제어할 수 있게 해준다
감성	나는 이 소리에 만족한다 나는 이 소리를 경험하는 것이 즐겁다. 나는 이 소리가 듣기 좋다 나는 이 소리가 짜증이 난다 (불쾌하다)
신뢰도	이 소리는 의지할 만하다 이 소리의 의도와 결과물에 대해 의심스럽다

4) 실험 절차

실험은 온라인으로 이루어졌다. 참가자가 참가 링크를 통해 접속 후, 연구에 대한 설명을 읽고 실험 참가 동의 후 실험이 시작되었다. 실험 조건에 대한 음원의 종류와 기능에 대한 안내 영상을 본 후, 4분 분량의 실험 영상을 시청하였다. 영상 시청 후, 상황 인식 과제를 수행하고 부가 과제 여부에 대해 응답하였다. 두 번의 영상 과제가 끝나고 주관적 측정치에 대한 설문에 응답하였다. 총 소요시간은 30분 내외였다.

2. 실험 결과

1) 상황 인식

상황 인식은 과제의 정확성으로 분석하였으며, 전체 6개 과제의 평균으로 계산하였다. 2 표준편차 이상의 결측값에 대해 안전 조건에서 7개, 위험 조건 3개를 제외 후 분석을 진행하였다. 그 결과 통제(Control)조건 36개, 안전(Positive) 조건 64개, 주의(Monitoring) 64개, 전체(All) 조건 30개로 총 194개의 데이터가 분석에 사용되었다.

상황 인식에 대한 One-way ANOVA 분석결과 [그림 2]의 패턴으로 4개의 조건 간의 차이가 유의미한 것으로 나타났다, $F(3,190) = 10.643, p = .000$. 대비 검정을 통해 안전 조건과 다른 조건의 비교 분석한 결과, 안전 조건($M = .94, SD = .11$)은 통제 조건($M = .82, SD = .29$)보다 유의미하게 높은 상황 인식 수준을 보였다, $t(190) = 2.18, p = .03$. 주의 조건($M = .67, SD = .36$)에 비해서도 유의미하게 높은 수준을 보였다, $t(190) = 5.40, p = .00$. 전체 조건 ($M = .72, SD = .34$)와도 유의미한 차이가 있었다, $t(190) = 3.60, p = .00$.

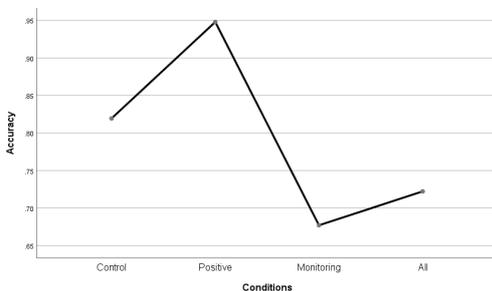


그림 2. 상황 인식의 정확도
Figure 2. Accuracy of situation awareness

2) 부가 과제

부가 과제 수행 여부에 대해 One-Way ANOVA 분석 결과, 4개의 조건 간에 차이가 나타나지 않았다, $F(3,200) = .01, p = ns$. 부가 과제 수행에 편안함에 대해서도 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. $F(3,200) = .04, p = ns$.

3) 유용성, 감성, 신뢰도

주관적 척도는 전체 조건을 제외하고 각 조건의 3개의 알림음에 대한 분석이 이루어졌다. 적합도에 대해 One-Way ANOVA 분석결과 3개의 조건 간(통제 = 4.75, $SD = 1.70$, 안전 $M = 5.11, SD = 1.38$, 주의 $M = 4.72, SD = 1.30$)에 차이가 나타나지 않았다, $F(2,171) = 1.499, p = ns$. 하지만 대비 검정결과 적합도의 제어된 문항에서 안전 조건과 주의 조건 간에 유의미한 경향을 보였다, $t(171) = 1.931, p = .056$.

만족도에 관한 4개의 문항에서 [표 5], [그림 3]과 같이 모두 유의미한 차이를 보였다. 만족도, 즐거움, 좋음 지수에서는 안전 조건이 가장 높은 점수를 보였고, 불쾌감에서는 주의 조건에서 가장 낮은 불쾌감을 느끼는 것으로 나타났다[표 5].

표 5 감성에 관한 통계치
Table 5. Statistics for emotion

요인	기술 통계			ANOVA
	TOR	안전	주의	
만족	$M = 4.17$ $SD = 1.90$	$M = 4.89$ $SD = 1.60$	$M = 4.06$ $SD = 1.51$	$F(2,170) = 4.93$ $p = .008$
즐거움	$M = 3.00$ $SD = 1.55$	$M = 3.97$ $SD = 1.61$	$M = 3.53$ $SD = 1.49$	$F(2,170) = 4.78$ $p = .010$
좋음	$M = 2.81$ $SD = 1.58$	$M = 4.06$ $SD = 1.49$	$M = 3.51$ $SD = 1.30$	$F(2,171) = 9.19$ $p = .000$
불쾌	$M = 4.43$ $SD = 1.44$	$M = 3.32$ $SD = 1.69$	$M = 2.98$ $SD = 1.50$	$F(2,169) = 9.93$ $p = .000$

신뢰도의 경우 불신척도에서 세 조건(통제 $M = 4.22, SD = 1.71$, 안전 $M = 3.81, SD = 1.67$ 주의 $M = 3.01, SD = 1.33$) 간에 유의미한 차이가 있었다, $F(2,169) = 7.13, p = .001$. 하지만 불신척도에서는 주의 조건에서 가장 낮은 정도를 보였으며, 대비 검정결과, 주의 조건과 안전 조건 간에도 유의미한 차이를 보였다. $t(169) = 2.71, p = .007$.

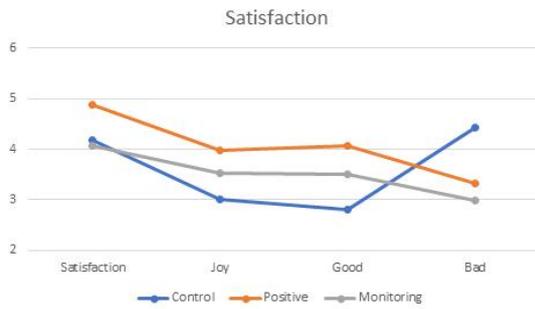


그림 3. 감성 문항 그래프
 Figure 3. Graph for emotions

3. 논의

본 연구는 반 자율주행 차량에서 안전한 상황에 대한 알림의 필요성을 보고자 하였다. 그 결과, 사람들은 안전한 상황에 대한 알림을 제공할 때 제어권 전환 경고를 단독으로 제공하거나, 주의 알림과 같이 제공하는 것보다 더 높은 수준의 상황 인식 수준을 보이는 것으로 나타났다. 하지만, 안전한 상황 알림과 주의 알림을 모두 제공한 경우, 주의 알림과 상황 인식 수준에 차이가 없는 것으로 나타났다, $t(190) = -.720, p = ns$. 이는 알림의 종류 개수와 양에 대한 고민이 필요함을 시사한다.

부가 과제의 정도에서는 차이를 보이지 않았는데, 이는 한 영상이 4분 정도로 지루함을 느끼기에는 짧은 시간이기 때문으로 해석된다. 주관적 평가척도의 감성 부분에서 만족도, 즐거움, 좋음 척도에서 안전한 상황에 대한 알림이 가장 높은 수준인 것으로 나타났으며, 불쾌감에서는 가장 낮은 수준으로 나타났다. 기존의 차량에 안전에 대한 알림, 또는 긍정적인 피드백은 거의 없어 참가자들이 낮은 자극임에도 불구하고, 본 연구 결과를 토대로 보면 긍정적 피드백을 제공하는 것은 차량 이용 경험의 만족도에 도움이 될 것이며 시스템의 수용성을 높일 수 있을 것이다.

본 연구는 반-자율주행 차량에서 안전한 상황에 대한 알림의 필요성을 인지적 측면과 감성적 측면에서 보여주었다. 하지만 영상 시청 후 이루어진 상황 인식 과제로 실재감의 한계를 갖는다. 실험 2에서 시뮬레이션을 이용하여 같은 경향성이 나타나는지 보고, 상황 인식 수준에 따른 행동 반응 데이터를 얻고자 하였다.

IV. 실험 2

실험 2에서는 시뮬레이터를 활용한 실험에서 실험 1의 결과를 재현해보고자 하였다. Covid-19로 인해 제한된 참가자를 대상으로 실험이 진행되었으며, 조건을 단순화했다. 하지만 시뮬레이터를 활용하여 이벤트 종류를 확장하고, 제어권 전환 상황에서의 질문을 추가하였다.

1. 실험 방법

1) 참가자

실험 참가자 모집은 실험 대행업체에서 자체 모집 과정에 따라 모집되었다, 참가자는 총 30명(남 18명, 여 12명)으로, 20대에서 40대까지 각 10명씩(평균나이=34.23, $SD = 8.50$) 모집하였다. 보상으로 10만 원의 사례가 제공되었다.

2) 실험 디자인

독립변인은 실험 1에서 전체(All) 조건을 제외하고 통제(Control), 안전(Positive), 주의(Monitoring)의 3개 조건으로 이루어졌다. 소리의 조합과 음원은 실험 1과 같았다.

실험은 두 번의 시뮬레이터 주행과 실험 후 주관적 척도 설문조사로 구성되었다. 한 번의 주행에는 세 번의 제어권 전환(TOR) 과제가 제시되어, 한 참가자는 총 6번의 과제를 수행하였다. 제어권 전환 과제는 Gregoriades 와 Sutcliffe의 연구를 참고하여 요구되는 반응에 따라 [표 6]과 같이 3개의 난이도로 구성하였다. 레벨 1은 상황에 대한 지각 필요하며, 레벨 2는 상황에 대해 이해를 하고 브레이크를 동작이, 레벨 3은 상황에 대한 이해와 예측을 통해 브레이크와 함께 방향 전환을 요구된다.

표 6. 상황 인식 과제와 수준

Table 6 Situation awareness tasks and levels

과제종류	수준	내용
주차된 차량	1	길가에 주차된 차량 파악
차간거리	2	앞차의 속도 파악 후 감속
교차로 차량	3	좌/우측에서 나타나는 차량을 피해 감속 후 방향 전환

한 번의 주행은 3회의 제어권 전환 이벤트로 구성되었다. 제어권 전환은 경고음 발생 후 5~7초 정도 소요된다는 연구에 따라[10], 이벤트 발생 5초 전에 발생

하고, 경고음 발생 직후부터 수동 운전으로 전환 되었다. 주의 알림은 총 6회 나타났는데, 3번은 제어권 전환 경고 5초 전에 나타났으며 나머지 3번은 이벤트가 나타날 가능성이 있는 주의가 필요한 지역에서 발생하였다. 안전 알림은 주의 알림 지역을 제외하고, 이벤트 발생 6초 후부터 전체 구간에 나타났다.

종속 변인은 상황 인식 수준, 반응의 정확도, 위험 지각수준, 부가 과제 여부, 주관적 척도(유용성, 감성, 신뢰도)가 측정되었다.

상황 인식 수준은 제어권 전환 이벤트 발생 직후 팝업을 띄워 [표 7]의 질문을 제시하였다. 이때 이벤트에 대한 위험 지각수준도 같이 측정하였다. 반응의 정확도는 브레이크와 핸들의 조작이 요구되는 시점에 조작했는지로 측정하였다. 위험지각의 경우 ‘이전 상황이 위험하다고 느껴졌습니까?’의 문구로 모든 이벤트에 대해 5점 척도로 응답을 받았다. 부가 과제 여부와 주관적 척도는 실험 1과 같은 문항으로 실험이 끝난 후 측정하였다.

표 7. 상황 인식 과제 문항

Table 7. Questions of Situation awareness tasks

과제종류	문항
주차된 차량	차량이 주차된 방향은 어디인가요?
	주차된 차량은 무엇입니까?
차간거리	앞차의 주행에 어떤 변화가 있었습니까?
	앞차의 종류는 무엇인가요?
	브레이크 동작 시, 앞차와의 거리는 어떻게 느껴졌나요?
교차로 차량	차량이 나타난 방향은 어디인가요?
	나타난 차량의 종류는 무엇인가요?

3) 실험 도구

실험에 사용된 음원과 실험 후 설문지는 실험 1과 같았다. 시뮬레이터는 실험 1과 같으며, 자율 주행 경로와 이벤트를 변경하여 사용하였다. 자율 주행 경로는 [그림 4]와 같이 도심과 외곽을 한 번 주행에 모두 포함될 수 있도록 하였다. 자율 주행 경로의 3개 지점을 설정해 해당 구역을 지나갈 때 이벤트가 무선 적으로 발생하도록 하였다. 이벤트 지점을 영역으로 설정해 AI로 주행하는 자율주행 차량이 시작점에 닿으면 제어권 전환 경고음이 울리고 수동 운전으로 전환되도록 하였다. 이때 화면상에 수동 운전 전환 표시를 제시하였다. 두 번의 주행은 같은 지도에 경로를 다르게 하여 실험에 사용하였다. 한 번의 주행은 수동 구간 사용자의 반응에 따라 달라질 수 있지만 5~6분 정도 소요되었다.

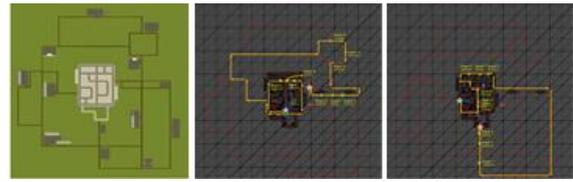


그림 4. 주행 지도
Figure 4. Driving maps

시뮬레이터 구동은 [그림 5]와 같이 PC와 모니터를 이용하였고 핸들과 브레이크, 그리고 운전용 의자를 사용하였다.



그림 5. 실험 장비
Figure 5. Experiment equipments

4) 실험 절차

실험에 대한 설명과 동의서 작성을 마친 후, 실험이 시작되었다. 2분간 자율 주행 없이 수동 운전을 통해 핸들, 브레이크, 시뮬레이터에 익숙해지도록 하였다. 본 시행 전에 자율 주행 연습 시행을 통해 자율 주행과 이벤트를 경험할 수 있도록 하였다. 연습 시행에는 상황 인식과 위험지각에 대한 질문 없이, 제어권 전환에 대한 안내와 요구되는 반응에 대한 설명을 보여주었다. 이후 참가자의 프로필을 입력 후 본 시행이 시작되었다. 첫 번째 주행이 끝나면 1분 내외의 쉬는 시간을 갖고 참가자가 원할 때 두 번째 주행을 시작하였다. 시뮬레이터의 주행은 두 가지 경로에 대해 순서는 교차로 진행되었다. 자율 주행이 끝난 후 실험 조건에 해당하는 음원을 듣고 이에 대한 주관적 평가를 진행하였다. 총 실험에는 50분 정도 소요되었다.

2. 실험 결과

1) 반응의 정확도

브레이크와 핸들의 조작이 필요한 시점에 조작했는지로 정확도를 측정하였다. 세 조건(통제 $M = .95$, $SD = .67$ 안전 $M = 1.22$, $SD = .64$, 주의 $M = 1.1$, $SD = .68$)에 대하여 두 개의 확률을 합산하여 One-way

ANOVA 분석을 한 결과 [그림 6]과 같이 약간의 차이가 있는 것으로 나타났다, $F(2,177) = 2.42, p = .092$.

대비 검정결과, 안전 조건은 주의 조건 간에 차이는 없었고, $t(177) = .960, p = ns$, 통제조건과 차이를 보였다, $t(57) = -2.19, p = .030$.

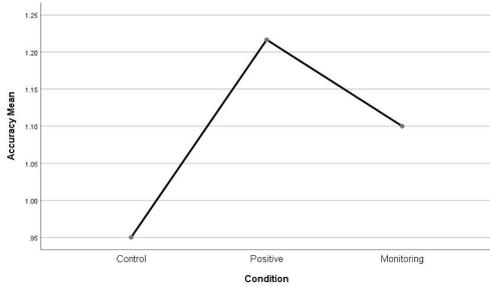


그림 6. 반응의 정확도
 Figure 6. Reaction accuracy

2) 위험지각

위험지각 데이터는 안전 조건에 2 표준편차를 초과하는 극단 값이 4개를 제외하고 분석하였다. One-way ANOVA 분석결과 위험지각에 대해 [그림 7]과 같이 세 조건(통제 $M = 3.15, SD = 1.02$, 안전 $M = 2.43, SD = 1.14$, 주의 $M = 2.83, SD = 1.34$) 간의 차이는 유의미한 것으로 나타났다, $F(2,173) = 5.46, p = .005$. 대비 검정결과, 안전 조건에서 주의 조건보다 더 위험하지 않다고 지각하는 경향이 있는 것으로 나타났다, $t(173) = -1.851, p = .066$.

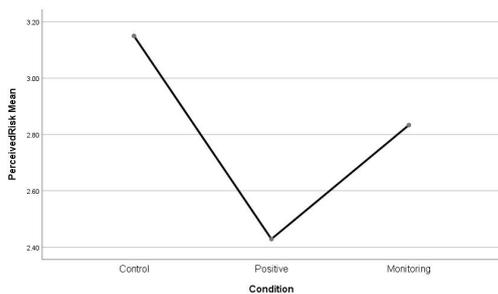


그림 7. 이벤트에 대한 위험지각
 Figure 7. Perceived risk of events

앞차와의 거리를 측정하는 과제 또한 지각된 위험과 같은 심리적 기제에 기반을 둔다고 볼 수 있다.

차간거리에서만 측정된 과제로 총 60개의 데이터를 대상으로 분석한 결과 세 조건(통제 $M = 2.95, SD = .67$, 안전 $M = 3.75, SD = .85$, 주의 $M = 3.35, SD =$

.76) 간에 차이가 있는 것으로 나타났다, $F(2, 57) = 5.49, p = .007$. 대비 검정결과, 안전 조건에서 주의 조건보다 차간거리를 더 길게 인식하는 경향이 있는 것으로 나타났으며, $t(57) = 1.66, p = .10$, 통제조건보다 유의미하게 길게 인식하였다, $t(57) = -3.31, p = .002$.

3) 상황 인식

전체 데이터를 대상으로 상황 인식 과제에 대해 One-way ANOVA 분석을 한 결과, [표 8]과 같이 두 질문 모두에서 세 조건 간의 차이가 나타나지 않았다.

표 8 상황 인식 통계치
 Table 8. Statistics of Situation awareness

문항	기술 통계			ANOVA
	TOR	안전	주의	
Q1	$M = .48$ $SD = .50$	$M = .52$ $SD = .50$	$M = .60$ $SD = .49$	$F(2,177) = .864, p = ns$
Q2	$M = .87$ $SD = .34$	$M = .95$ $SD = .22$	$M = .87$ $SD = .34$	$F(2,177) = 1.471, p = ns$

하지만 두 번째 수행된 주행에서 Q2에 대해 1과 2 수준 과제에 대해 상황 인식 수준이 100%인 것으로 나타나 첫 번째 주행에 대해서만 분리하여 분석을 진행하였다. 그 결과 세 조건(통제 $M = .90, SD = .35$, 안전 $M = 1.00, SD = .00$, 주의 $M = .87, SD = .35$) 간에 약간의 차이를 발견, $F(2, 87) = 2.038, p = .13$, 하여 대비 검정 분석을 진행하였다. Levene의 분산 동질성 검정결과, $F(2, 87) = 10.708, p = .000$.으로 등분산이 가정되지 않았다. 대비 검정에서 등분산을 가정하지 않고 분석한 결과, 안전 조건에서 주의 조건보다 유의미하게 높은 정확도를 보였고, $t(87) = 2.11, p = .04$ 통제조건보다 높은 상황 인식 정확도를 보이는 경향이 있는 것으로 나타났다, $t(87) = -1.80, p = .08$.

4) 부가 과제, 유용성, 감성, 신뢰도

실험 후 설문지로 진행된 종속 변인들은, 조건별로 10개의 데이터만 수집돼 차이를 보기에 어려움이 있었다. 부가 과제 여부에 대해 세 조건 간(통제 $M = 2.20, SD = 1.03$, 안전 $M = 1.30, SD = .67$, 주의 $M = 2.50, SD = .84$)에 유의미한 차이가 있었다, $F(2, 27) = 5.21, p = .012$. 안전 조건이 두 조건에 비해 더 주행에 집중한 것으로 나타났다. 부가 과제 하는 동안의 편안함 척도에서는 차이가 없었다, $F(2, 27) = 1.27, p = ns$.

주관적 척도에서는 불쾌감에서 세 조건(통제 $M = 3.30$, $SD = 1.16$, 안전 $M = 2.00$, $SD = 1.05$, 주의 $M = 2.50$, $SD = 1.05$) 간에 차이가 나타났다, $F(2, 27) = 3.56$, $p = .042$. 대비 검정결과, 안전 조건은 통제조건보다 유의미하게 덜 불쾌한 것으로 나타났다, $t(27) = -2.65$, $p = .013$. 불신에 관한 문항에서 세 조건(통제 $M = 3.00$, $SD = .82$ 안전 $M = 2.50$, $SD = 1.01$, 주의 $M = 3.50$, $SD = 1.59$) 간의 차이는 유의미하지 않았으나, $F(2, 27) = 1.73$, $p = .19$, 안전 조건이 주의 조건보다 의심하는 정도가 낮은 경향을 보였다, $t(27) = -1.86$, $p = .07$.

3. 논의

실험 2에서는 실험 1에서 부족한 행동 데이터와 이벤트가 나타나는 순간의 인지 반응을 보고자 하였다. 그 결과, 안전한 상황에 대한 알림을 제공하는 경우, 제어권 전환 경고를 단독으로 제공하거나, 주의 알림과 같이 제공하는 것보다 제어권 전환 후 대응을 더 정확하게 하는 것으로 나타났다. 하지만 주의 조건 또한 통제조건보다는 더 높은 정확도를 보여 주의 알림에 관한 이전 연구 결과[12]와 같은 경향을 보였다.

안전 조건에서 지각된 위험 수준을 낮게 평가했는데, 차간거리에 대해서도 대응하기에 충분하다는 반응을 보여 결과의 신뢰도를 높였다. 이는 상황을 좀 더 안전하게 인식한 것으로 해석할 수 있는데, 위험지각이 낮은 경우 대응이 늦거나 부정확할 수 있다는 연구가 있으나[28] 행동 반응의 결과는 더 정확한 것으로 나타나 시사하는 바가 있다. 위험한 정도에 따라 결과가 연구 결과가 다를 가능성이 있으나, 자율 주행의 제어권 전환은 극단적으로 위험한 경우보다는 자율 주행 시스템 센서의 인식이 어려운 지역에서 이루어지므로 더 적합한 연구 결과로 예상된다.

상황 인식 결과 두 번째 주행에서 너무 높은 정답비율로 인하여 결과가 나오지 않아, 첫 번째 주행이 결과만으로 분석을 진행하였다. 상황 인식 과제의 난이도가 실시간으로 이루어져 실험 1에 비해 쉽고, 학습효과가 발생하여 친장효과가 나타난 것으로 보인다. 하지만 첫 번째 주행의 결과를 볼 때 안전한 알림 상황에서 상황 인식 수준이 높았는데, 이는 실험 1의 결과와 같았다. 또한, 행동 반응의 결과와 일치 하므로 결과를 신뢰할 수 있을 것이다.

주관적 척도의 경우 부족한 참가자 수로 인하여 유의미한 결과를 많이 얻지 못했지만, 일반적으로 차이가 크게 나타나는 부정 척도에서 참가자의 반응을 얻어낼 수 있었다. 불신과 불쾌함 척도에서 안전 알림이 가장 낮은 불쾌함과 불신의 정도를 나타냈다. 실험 1의 결과와 같은 결과를 얻었고 다른 방향성을 보이지 않은 것에 의의가 있다.

실험 1과 같이, 주행 경로가 짧은 것은 본 실험의 한계로 볼 수 있다. 주행 시간이 길어질수록 운전 외 활동에 대한 몰입이 높아지고[3], 이에 따른 효과를 정확하게 볼 수 있을 것이다. 또한, 적은 참가자 수로 인하여 주관적 척도에서 차이를 보기 어려웠던 한계가 있었다.

V. 결 론

자율 주행 구간이 길어지고 이에 따른 상황 인식 저하가 예상됨에 따라 주의를 환기하고 상황 인식을 높이는 것에 대한 필요성이 제기되었다. 이에 제어권 전환 외 추가적인 알림을 제공함으로써 방법을 찾고자 하였고 주의 알림을 제공하여 그 효과를 본 선행 연구가 있었다. 본 연구에서는 알림의 종류를 다르게 하여 추가적인 알림에 대해 보았다.

자율 주행 구간이 길어지면 운전자들은 ‘안전하다’는 주관적인 판단하에 운전 외 다른 활동에 몰입하려고 할 것이다. 차량에 제공되는 청각 신호는 대부분 위험을 알리는 부정적인 신호들로 운전자의 긴장감을 불러일으키고자 한다. 하지만 운전자는 다른 활동을 하기 위해 ‘언제가 안전한가’를 궁금해하므로 ‘안전’ 신호를 보내는 것이 사용자의 요구와 일관성이 있다.

본 연구에서는 먼저 안전 알림을 제공할 경우의 안전과의 상관관계를 확인하고자 하였다. 안전에 대한 알림이 위험에 대처하는 능력을 높일 수 있다는 점을 보여준 것은 본 연구의 가장 큰 성과이다. 안전한 구간이 주의 알림보다 지속적으로 알림이 발생하여 주의 환기를 하는 효과가 커진 것으로 해석할 수도 있으나, 안전 알림도 주의 환기 효과를 줄 수 있다는 점은 여전히 의미가 있다. 또한, 지속적인 알림에도 불구하고 운전자에게는 만족도가 높았는데 이는 운전자의 요구 사항에 맞는 알림이기 때문일 것이다.

신뢰도 측면에서도 높은 결과를 보였으나, 이는 주의

알림의 경우 제어권 전환과 이어지지 않는 경우가 있었고 안전 알림이 있는 동안 제어권 전환이 나타나는 경우는 없었기 때문에 동일 선상의 비교가 어려웠다는 한계를 지닌다.

본 연구는 긍정적인 청각 신호의 가능성에 대해 보고자 한 것으로 실제 상황에서 고려해야 할 부분에 관한 추가 연구가 필요하다. 실제 상황을 가정했을 때, 시스템이 안전 한 구간이라 판단한 곳에서도 제어권 전환 요구가 있을 수 있을 것이다. 또한, 차 안에서 운전자가 라디오나 음악을 듣거나 통화와 같이 여러 소리가 겹칠 때의 안전 알림의 효과에 관한 후속 연구가 필요할 것이다.

본 연구에서는 안전 알림으로 단일화하여 보았으나, 자율 주행의 주행 상태의 피드백에 관한 연구로 각 상태를 차량의 실제 조작 소리와 연관하여 제시한 경우 효과가 있다는 연구 결과가 있다[29]. 따라서 맥락 정보를 포함한 안전 알림에 대한 효과를 보는 것도 의의가 있을 것으로 보인다. 또한, 개인화된 인터페이스는 사용자의 수용도와 만족도를 높일 수 있다는 연구 결과[30]에 따라 개인이 선호하는 음원을 제공하는 것에 관한 연구가 필요할 것으로 보인다.

자율 주행 시스템이 발달할수록 차의 인터페이스 관한 패러다임에도 변화가 필요할 것이다. 기존에 적용되지 않은 개념과 감각에 관한 연구들은 향후 자율 주행 차량의 안전성, 만족도, 신뢰도에 이바지할 수 있을 것이며, 본 연구도 이바지할 수 있기를 바란다.

References

- [1] MOLIT. Korea. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=1&id=95084902, 2020.
- [2] NHTSA. U.S. Department of Transportation Releases Policy on Automated Vehicle Development | National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). Retrieved August 6, 2014 from <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/U.S.+Department+of+Transportation+Releases+Policy+on+Automated+Vehicle+Development>, 2014.
- [3] De Winter, Joost CF, Riender Happee, Marieke H. Martens, and Neville A. Stanton. "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* Vol. 27 pp. 196-217.2014. DOI: 10.1016/j.trf.2014.06.016
- [4] Lu, Z., B. Zhang, A. Feldhütter, R. Happee, M. Martens, and Joost CF De Winter. "Beyond mere take-over requests: The effects of monitoring requests on driver attention, take-over performance, and acceptance." *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* Vol. 63 pp. 22-37.2019 DOI: 10.1016/j.trf.2019.03.018
- [5] Gasser, Tom M, and Daniel Westhoff. "BASt-study: Definitions of automation and legal issues in Germany." In *Proceedings of the 2012 road vehicle automation workshop*. Automation Workshop, 2012.
- [6] Wiczorek, Rebecca, and Dietrich Manzey. "Supporting attention allocation in multitask environments: Effects of likelihood alarm systems on trust, behavior, and performance." *Human factors* Vol 56, no. 7 pp. 1209-1221.2014 DOI: 10.1177/0018720814528534
- [7] Stanton, Neville A., and Mark S. Young. "A proposed psychological model of driving automation." *Theoretical Issues in Ergonomics Science* Vol 1, no. 4 pp. 315-331.2000. DOI: 10.1080/14639220052399131
- [8] Endsley, Mica R., and David B. Kaber. "Level of automation effects on performance, situation awareness and workload in a dynamic control task." *Ergonomics* Vol. 42, no. 3 pp. 462-492. 1999 DOI: 10.1080/001401399185595
- [9] Parasuraman, Raja, and Victor Riley. "Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse." *Human factors* Vol. 39, no. 2 pp. 230-253. 1997 DOI: 10.1518/001872097778543886
- [10] de Winter, Joost CF, Yke Bauke Eisma, C. D. D. Cabral, Peter A. Hancock, and Neville A. Stanton. "Situation awareness based on eye movements in relation to the task environment." *Cognition, Technology & Work* Vol. 21, no. 1 pp. 99-111.2019. DOI: 10.1007/s10111-018-0527-6
- [11] Mok, Brian, Mishel Johns, Key Jung Lee, David Miller, David Sirkin, Page Ive, and Wendy Ju. "Emergency, automation off: Unstructured transition timing for distracted drivers of automated vehicles." In *2015 IEEE 18th international conference on intelligent transportation systems*, pp. 2458-2464. IEEE, 2015. DOI: 10.1109/ITSC.2015.396
- [12] Lu, Zhenji, Xander Coster, and Joost De Winter. "How much time do drivers need to obtain

- situation awareness? A laboratory-based study of automated driving." *Applied ergonomics* Vol. 60 pp. 293-304.2017. DOI:10.1016/j.apergo.2016.12.003
- [13]Carsten, Oliver, and Marieke H. Martens. "How can humans understand their automated cars? HMI principles, problems and solutions." *Cognition, Technology & Work* Vol. 21, no. 1 pp. 3-20. 2019 DOI: 10.1007/s10111-018-0484-0
- [14]Salces, Fausto J. Sainz, Michael Baskett, David Llewellyn-Jones, and David England. "Ambient interfaces for elderly people at home." In *Ambient intelligence in everyday life*, pp. 256-284. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
- [15]Misdariis, Nicolas, Andrea Cera, and William Rodriguez. "Electric and Autonomous Vehicle: from Sound Quality to Innovative Sound Design." In *ICA-International Congress on Acoustics*. 2019. HAL Id : hal-02469333, version 1
- [16]Nees, Michael A., Benji Helbein, and Anna Porter. "Speech auditory alerts promote memory for alerted events in a video-simulated self-driving car ride." *Human factors* Vol. 58, no. 3 pp. 416-426.2016. DOI: 10.1177/0018720816629279
- [17]Beattie, David, Baillie Lynne, Martin Halvey, and Roderick McCall. "Maintaining a sense of control in autonomous vehicles via auditory feedback." .2013.
- [18]Tijerina, Louis, Mike Blommer, Reates Curry, Radhakrishnan Swaminathan, Dev S. Kochhar, and Walter Talamonti. "An exploratory study of driver response to reduced system confidence notifications in automated driving." *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles* Vol. 1, no. 4 pp. 325-334. 2016. DOI: 10.1109/TIV.2017.2691158.
- [19]Wickens, Christopher D. "Multiple resources and performance prediction." *Theoretical issues in ergonomics science* Vol. 3, no. 2 pp. 159-177. 2002. DOI: 10.1080/14639220210123806
- [20]Baldwin, Carryl L., and Jennifer F. May. "Loudness interacts with semantics in auditory warnings to impact rear-end collisions." *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* Vol. 14, no. 1 pp. 36-42.2011. DOI: 10.1016/j.trf.2010.09.004
- [21]Lewis, Bridget A., Bello N. Penaranda, Daniel M. Roberts, and Carryl L. Baldwin. "Max brake force as a measure of perceived urgency in a driving context." In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 57, no. 1, pp. 2162-2166. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2013. DOI: 10.1177/1541931213571503
- [22]Edworthy, Judy, Sarah Loxley, and Ian Dennis. "Improving auditory warning design: Relationship between warning sound parameters and perceived urgency." *Human factors* Vol. 33, no. 2 pp. 205-231.1991. DOI: 10.1177/001872089103300206
- [23]Baldwin, Carryl L., and Bridget A. Lewis. "Perceived urgency mapping across modalities within a driving context." *Applied ergonomics* Vol. 45, no. 5 pp. 1270-1277.2014. DOI: 10.1016/j.apergo.2013.05.002
- [24]Endsley, Mica R. "Toward a theory of situation awareness in dynamic systems." *Human factors* Vol. 37, no. 1 pp. 32-64.1995. DOI: 10.1518/001872095779049543
- [25]Gregoriades, Andreas, and Alistair Sutcliffe. "Simulation-based evaluation of an in-vehicle smart situation awareness enhancement system." *Ergonomics* Vol. 61, no. 7 pp. 947-965.2018
- [26]Wagner, Michael, and Philip Koopman. "A philosophy for developing trust in self-driving cars." In *Road Vehicle Automation 2*, pp. 163-171. Springer, Cham, 2015.DOI: 10.1007/978-3-319-19078-5_14
- [27]Kim, Taek-Soo, and J. H. Choi. "The Effect of Perceived Personalization of Driving Style of Autonomous Vehicle on User's Trust and Intention to Use." *Journal of Digital Contents Society* Vol. 20, no. 3 pp.587-596.2019 DOI : 10.9728/dcs.2019.20.3.587
- [28]Pelz, Donald C., and Edward Krupat. "Caution profile and driving record of undergraduate males." *Accident Analysis & Prevention* Vol. 6, no. 1 pp. 45-58.1974. DOI: 10.1016/0001-4575(74)90015-3
- [29]Beattie, David, Lynne Baillie, and Martin Halvey. "Exploring how drivers perceive spatial earcons in automated vehicles." *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies* Vol. 1, no. 3 pp. 1-24. 2017. DOI: 10.1145/3130901
- [30]Park, Sohyun, Yoonhyun Jung, and Hyunmin Kang. "Effects of Personalization and Types of Interface in Task-oriented Chatbot." *The Journal of the Convergence on Culture Technology* Vol. 7, no. 1 pp. 595-607.2021. DOI: 10.17703/JCCT.2021.7.1.595

※ 이 논문은 2019년 대한민국 교육부와 한국
연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(NRF-2019S1A5C2A03083499)