자율주행 자동차의 제어권 전환상황에서 상황인식 및 의사결정 정보 제공이 운전자에게 미치는 영향

Effects of Situation Awareness and Decision Making on Safety, Workload and Trust in Autonomous Vehicle Take-over Situations

김지현, Jihyun Kim*, 이가현, Kahyun Lee**, 변영시, Youngsi Byun**

요약 반자율 주행상황은 급커브나 도로 장애물과 같이 차량이 제어할 수 없는 상황에서 제어권 전환이 요청되며, 이때 운전자가 수동주행으로 전환하지 못한다면 심각한 사고가 발생할 수 있다. 운전자는 다른 과업으로 분산된 주의를 도로 환경으로 이전하고 도로상황 인식 후 전방의 특정 상황에 적절한 반응을 해야한다. 이를 위해서 상황인식과 의사결정이 필수적이다. 상황인식과 의사결정을 돕는 시청각 메시지 제공 여부에 따른 운전자의 안전감과 인지부하, 신뢰도의 효과를 알아보기 위해 시뮬레이터를 활용한 실험을 진행하였다. 실험은 2X2 피험자간 설계로 구성하였다. 상황인식 정보를 제공하는 경우, 음성안내음으로 제어권 전환 요청이 일어나는 이유를 제공하였고, 제공하지 않는 경우 비프음으로 제어권 전환을 요청하는 알람만 제시되었다. 의사결정 정보는 전방의 도로 상황에 어떻게 대응하여 운전해야 하는지 운전 방법에 대한 예시를 시각유형으로 제공하거나, 예시 없이 제어권 전환 요청 아이콘만 제공하는 것으로 구분하였다. 그 결과, 안전감, 인지부하, 신뢰도 모두 상황인식 정보와 의사결정 정보를 제공하였을 때 효과가 있는 것으로 나타났다. 특히 인지부하의 경우 의사결정 정보와 상황인식 정보를 포함하지 않은 경우 인지부하가 가장 높았으며, 모두 포함한 경우 인지부하가 가장 낮은 것으로 나타났다. 이 연구는 반자율주행 차량에서 운전자의 상황인식과 의사결정을 돕는 정보구성의 효과를 알아보았다는 데에 의의가 있다.

Abstract Take-over requests in semi-autonomous cars must be handled properly in the case of road obstacles or curved roads in order to avoid accidents. In these situations, situation awareness and appropriate decision making are essential for distracted drivers. This study used a driving simulator to investigate the components of auditory-visual information systems that affect safety, workload, and trust. Auditory information consisted of either voice guidance providing situation awareness for the take-over or a beep sound that only alerted the driver. Visual information consisted of either a screen showing how to maneuver the vehicle or only an icon indicating a take-over situation. By providing auditory information that increased situation awareness and visual information that aided decision making, trust and safety increased, while workload decreased. These results suggest that the levels of situation awareness and decision making ability affect trust, safety, and workload for drivers.

핵심어: Autonomous Vehicle, Take-over Request, Situation Awareness, Decision Making

*주저자,교신저자 : 연세대학교 UX전공석사; e-mail: jesskim114@gmail.com

**공동저자 : 연세대학교 UX전공석사

■ 접수일 : 접수일 : 2018년 12월 17일 / 심사일 : 2019년 1월 12일 / 게재확정일 : 2019년 4월 5일

1. 서론

국제 자동차 기술자 협회(SAE)는 현재 자율주행 등급 표준을 6단계로 규정하고 있다[1]. 그중 자율주행 2단계까지 현재 상용화가 됐으며, 3단계에 인접한 자율주행 차량들이 상용화를 준비 하고있다. 자율주행 기술의 발전으로 운전자는 도로 응시로 인한 시각적 부담이 줄었으며 스티어링 휠과 페달을 제어하던 신체적 부담이 줄어들게 되었다. 따라서 운전자는 차량 내에서 문자 전송, 전화, 게임, 회사 업무 등과 같은 주행 외 과업을 자유롭게 수행하게 될 것으로 예측된다[2]. 자율주행 3단계에 해당하는 차량들은 '조건부 자율주행'으로 규정되는 단계로 자율주행 상황에서 운전자가 전방을 주시하지 않아도 되지만 자율주행이 불가능한 일부 상황에서 자동차 제어권을 넘겨받아 수동으로 주행하는 것이다[3]. 자율주행이 해제되는 상황은 차선이 사라지는 경우, 도로 공사, 안개가 심할 경우, 또는 급커브 구간과 같이 차량이 통제할 수 없는 상황 등이 있다[4].

완전자율주행을 구현하기 위해서 많은 기업들이 차량을 중심으로하는 유무선망 서비스 개발에 힘을 기울이고 있다. 자율주행 차량은 5G LTE 통신 유무선망을 기반으로 한 V2X(Vehicle to Everything) 서비스를 통하여 차량과 도로의 정보 환경, 안정성, 편리성을 향상시킬 수 있다[5]. V2X는 차량과 차량 간 무선통신(V2V, Vehicle to Vehicle), 차량과 인프라 사이의 무선 통신(V2I, Vehicle to Infrastructure), 차량 내의 유무선 네트워킹(IVN, In-Vehicle Networking), 차량과 이동 단말 사이의 통신(V2P, Vehicle to Pedestrian)등 을 일컫는다[6]. 차량에서 수집된 도로 상황 정보는 V2X 통신을 지원하는 네트워크 인프라로 발신되어 다시 다른 차량들에게 정보를 전달 및 공유하게 된다[7]. 공유된 정보를 통하여 운전자 및 차량은 전방 도로 상황에서 일어난 사건·사고 등을 사전에 인지시켜줄 수 있다. 현재 여러 기업들이 V2X 기반시설을 구축하고 개발하고 있으며, 삼성전자는 세계 최대 가전 박람회 CES(Consumer Electronics Show) 2019에서 차량 간, 인프라 또는 보행자 간 상호연결을 통해 주행 중 전방의 갑작스러운 위험 상황에 대한 도로 교통 정보를 실시간으로 제공하여 아직 닥치지 않은 전방상황을 미리 인지하고 대처할 수 있는 V2X 서비스 시뮬레이션을 선보인 바가 있다[8]. 따라서 운전자는 보이지 않는 전방상황을 미리 알 수 있고 그에 대해 적절하게 대처할 수 있다.

자동차는 차량이 통제할 수 없는 상황에서 제어권 전환을 요청(Take-over Request : TOR)하여 자율주행을 해제하고 운전자가 수동으로 운전하도록 한다. 그러나 운전자가 주행 외의 과업에 집중하여 제어권 전환 요청을 인식하지 못하거나 적절하게 대응하지 못할 경우, 심각한 사고로 직결될 수 있다. 기존의 자동차 제어권 전환에 대한 연구는 주로 빠른 반응 시간과 성공률을 중심으로 이루어졌다. 제어권 전환 알람은 시각과 청각과 같은 2개 이상의 감각 정보로 제공했을 때 더 빠르게 인식하는 것으로 밝혀졌다[9,10]. 빠른 반응시간은 기술 근거형 행동의 결과로, 기술 근거형 행동을 하는 것은 어떠한 자극을 빠르게 지각하고 적은 불확실성으로 행위를 빠르게 선택하는 것이다[11]. 즉 반응 시간이 빠르다는 것은 자동차가 제공하는 알람을 깊이 인식하지 않고 반사적으로 반응을 하게 될 수도 있다는 것이다. 반사적인 반응은 사람들이 어떠한 신호가 발생할 것을 기대하고 신호에 대한 행위를 미리 준비를 하고 있기 때문에 반응시간을 줄일 수 있다.

빠른 반응시간은 정보 처리 속도가 빨라지는 것이 아니라 반사 작용과 관련이 있다[12]. 속도와 정확성의 상충관계 때문에 반응시간이 빠르면 더 많은 오류가 발생할 수 있다. 특히 자동차 관련 상황에서 짧은 반응시간은 오히려 운전자 반응의 정확도를 낮추고 오류를 발생시키며 결국 운전자의 안전에 심각한 위험을 초래할 수 있다.

운전자가 비주행 과업에서부터 주행 과업으로 주의를 전환하는 것은 3가지 단계로 진행되는데 첫째는 비주행 과업에서 주행에 관련된 새로운 자극으로 주의를 이동시키는 것이다. 둘째는 도로 상황 인식과 적절한 행동을 위한 의사결정을 하는 것이며 마지막으로 의사결정 결과를 행동으로 실행하는 것이다[13]. Horrey 등의 연구 결과에 따르면 제어권 전환 상황에서 비주행 과업은 인지부하를 높이기 때문에 주행 수행도와 안전에 부정적인 영향을 미친다[14].

자동차는 안전을 최우선으로 하기 때문에 운전자의 정확성을 요구하며, 주변 환경에 대해 상황 인식과 의사결정을 돕는 자동차 제어권 전환 방식을 제안할 필요가 있다. 또한 자동차에 대한 안전감은 사용자의 사용 의도에 영향을 미치며 신뢰도는 시스템의 수용도에 영향을 미치기 때문에 운전자가 차량의 자율주행 기술을 믿고 사용하며 수용하게 하기 위해서는 안전감과 신뢰도에 대한 연구가 이루어질 필요가 있다[15,16].

연구문제 : 자동차 제어권 전환 상황에서 제공해야 할 구성 정보는 무엇인가?

2. 이론적 배경

2.1 상황인식

상황 인식이란 주변의 다양한 정보를 지각하고 상황에 대해 이해하며 근미래의 상황을 예측하는 것으로 정의되며 주어진 정보 처리 접근을 중점적으로 다룬다[17]. 상황 인식이 되어야만 해당 상황에 적절하게 어떠한 행위를 할지 선택할 수 있다[18]. 특히 자동차 내에서 운전자가 주행 외 과업을 수행하여 인지부하가 증가할 경우 상황 인식이 어려워진다[19]. 또한 주행 상황에서 상황인식 정보를 획득하고 유지하는 것은 높은 주의를 요구하기 때문에 안전감에 영향을 미친다. Koo 등의 연구에 따르면 자율주행 차량에서 어떠한 기능이 실행되기 이전에 사

전알람과 기능이 실행되는 원인에 대해 안내를 제공했을 때 운전자의 안전감에 효과가 있는 것으로 나타났다[20]. 사전 정보 제공은 상황인식을 돕기 때문에 차량이 상황을 잘 통제하고 있음을 느끼게 하여 신뢰도에 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

이때 상황인식 정보는 청각 정보를 통해 제시할 수 있다. 비프음은 어떠한 상황이 발생하였다는 정보를 소리 알람을 통해 전달하는 것으로, 발생한 상황이 무엇인지 파악하기 위해서는 운전자의 주의와 상황인식이 요구된다. 반면에 음성안내음은 실제 사람의 대화처럼 TTS(Text to Speech)로 제공되며 정확한 상황에 대한 안내를 제공할 수 있다. 사전 알람과 원인에 대한 정보는 다가올 상황을 미리 제시하여, 사람이 경고 상황에 대해 인식할 수 있고 다음 행위에 대한 선택을 할 수 있는 것으로 밝혀졌다[21].

2.2 의사 결정

의사 결정이란 인간 행동에 대한 인식 과정 중 하나로 근거를 기준으로 최적의 대안을 선택하는 행위이다[22]. 이때 너무 많은 정보들이 지각되면 오히려 주의가 분산되며 작업기억에 과부하가 발생할 수 있다. 주행 상황에서는 사고가 발생하지 않도록 운전자가 적절한 행위를 취해 사고 위험에 대처해야 한다. 이때 운전자의 행동을 위한 의사결정에는 사고발생 전까지 행동을 해야한다는 시간적 압박이 따른다. 이처럼 시간적 압박이 있는 경우 정보의 양이 많을 경우보다 정보량이 적을 때 의사결정 수행도가 높았다[23]. 특히나 의사결정에서의 다양한 선택 대안들은 의사결정을 머뭇거리게 하고 실행까지의 시간을 증가시킨다[24]. 따라서 최소한의 필요로 하는 정보만 제공하는 것이 의사결정과 행동실행에 효과적이다. Walch 등의 연구는 자율주행 상황에서 시스템이 상황에 대처하는 방법을 제시하였을 때 운전자들이 안전감을 느끼는 것으로 나타났다[25]. 또한 작업 부하가 발생하면 의사결정을 하는데 인지적인 부담이 되는 것으로 밝혀졌다[26]. Eriksson 등의 연구에 따르면 자동차 제어권 전환 상황에서 운전자에게 도로 안내를 시각적으로 제시하였을 때 올바른 결정 (브레이크 또는 차선 변경)을 할 수 있었던 것으로 밝혀졌다[27].

3. 연구방법

3.1 실험설계 및 절차

이 연구는 자동차 제어권 전환 상황에서 운전자의 안전감과 인지부하, 신뢰도에 영향을 미치는 자동차 알람의 구성 정보를 알아보기 위하여 시뮬레이터를 활용한 실험을 진행하였다. 상황인식과 의사결정 정보는 각각 청각 및 시각 유형으로 제공하여 그 효과를 알아보았다.

가설 1. 상황인식 정보를 제공할 경우, 안전감, 인지부하, 신뢰도에 유의한 영향을 미칠 것이다.

가설 2. 의사결정 정보를 제공할 경우, 안전감, 인지부하, 신뢰도에 유의한 영향을 미칠 것이다.

연구의 가설을 바탕으로 2(상황인식 정보 제공 여부) X 2(의사결정 정보 제공 여부)로 피험자간 설계로 구성 하였으며 모든 조건들은 무선 할당되었다. 실험은 실제 도로 상황이 아닌 실험실에서 진행되었으며 실제 차량 대신 스티어링 휠과 페달이 있는 자동차 시뮬레이터를 활용하였다. 실험실에서 연구를 진행한 이유는 실제 도로 상황은 예측할 수 없는 상황이 발생할 수 있고 연구자의 통제가 불가능하며 참가자의 안전에 위협을 가할수 있기 때문이었다. 일반 도로상황과 비슷한 주행 환경으로 빌딩이 많은 도심 환경맵에서 다른 차량을 모두 배제한 상태로 진행되었다. 또한 시뮬레이터 상에서 자동차 제어권 전환 상황을 구현하기 위하여, 다수의 사람이 동시에 자동차를 제어할 수 있는 소프트웨어를 활용하였고 자동차의 제어는 오즈의 마법사 방식(Wizard of Oz)으로 진행되었다[28]. 즉, 자율주행 모드일 경우, 운전자가 보이지 않는 곳에서 연구원이 키보드를 통해 소프트웨어의 차량을 제어하고, 제어권 전환 알람이 제시된 뒤 운전자가 스티어링 휠을 잡는 것을 확인한 뒤 연구원이 컴퓨터로 제어하던 것을 멈추는 방식이다. 자율주행 구간에서 운전자는 게임을 진행하도록 하였으며 게임 방법은 같은 모양의 카드 위치를 기억하여 맞추는 것이었다. 이것은 작업기억을 부하시키며 손으로 조작하기 때문에 차량 내에서 적당한 주의분산과 작업부하를 일으킬 것으로 판단되었다.

실험 절차는 다음과 같다. 참가자는 본실험을 시작하기 전에 10분간 시뮬레이터를 운전하며 제어권 전환 알람에 반응하는 연습을 진행하였다. 그 이후 자율주행 시 비주행 과업으로 진행되는 게임의 연습 시간이 주어졌다. 시뮬레이터 조작과 게임을 충분히 연습한 뒤 본주행을 진행하였다. 모든 참가자들은 시뮬레이터에 탑승하여 자율주행과 수동 주행이 번갈아 가며 제시되는 시나리오를 경험하였다. 제어권 전환 상황은 알람이 울리면 자동차를 정차시키지 않고 계속 주행하는 도중에 운전자가 빠르게 핸들을 잡고 수동주행을 하도록 하였다. 주행 완료 후에 설문을 진행하였으며 모든 실험이 끝난 뒤 일정한 금전적 보상이 제공되었다. 실험 진행에 대한 예시 사진은 그림 1과 같다.

그림 1. 자동차 시뮬레이터 실험 진행 예시

3.2 실험 시나리오

자동차 제어권 전환을 충분히 경험할 수 있도록 전체 주행 시나리오 중 총 5번의 제어권 전환 구간을 설계하였다. 전환 상황은 급커브, 도로 공사, 전방의 장애물 상황으로 구성하였다. 자율주행 모드에서 자동차가 자율적으로 운전을 할 때 참가자는 게임을 진행하였고, 제어권 전환 알람이 제시되면 참가자는 게임을 멈추고 곧바로 자동차 제어권을 넘겨받아 직접 운전을 하였다. 이때 운전자가 모든 알람에 반사적인 반응을 보이지 않도록 제어권 전환 알람 외로 서행 알람, 경사로 감속 시스템, 방지턱 등 다른 시스템 알람을 함께 제공하였다(표 1의 1,2. 자율주행 기능 실행 알람, 도로상황알람 예시).

참가자들은 자율주행 구간에서 전방상황에 대해 인식하지 못하도록 게임을 진행했다. 운전자가 비주행과업에 충분히 몰두하도록 수동주행 이후에 약 2배의 자율주행 구간을 제시했다(그림 2).

표 1. 상황인식 정보 음성 안내문 사례
*TOR(Take-over Request)

1	자율주행 기능 실행 알람	“자율주행모드를 시작합니다. 핸들과 페달에서 손발을 떼주세요.”
2	도로상황알람 예시	“교차로. 서행합니다.”
		“40킬로미터 속도 제한 구역 입니다.”
3	TOR 예시	“자율주행 해제. 전방에 장애물이 있으니 핸들을 잡아주세요”
		“자율주행 해제. 전방에 급커브 길이오니 핸들을 잡아주세요”

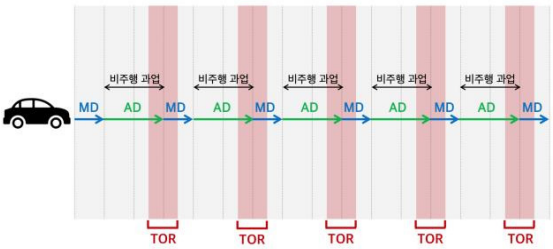

그림 2. 시나리오 도식화
(MD: 수동주행, AD: 자율주행, TOR: 자동차 제어권 전환)

3.3 독립변수

이 연구의 독립변수는 상황인식 정보와 의사결정 정보 제공 여부로 제어권 전환 시 해당 정보를 시각 및 청각유형으로 제공하거나 제공하지 않는 것으로 구분하였다. 독립변수의 조작조건별로 제시된 4가지 유형의 처치물의 예시는 그림 3과 같다.

우선 상황인식 정보는 청각 유형으로 제공되며, 제어권 전환 요청이 일어나게 된 이유를 TTS 음성안내음을 통해 제공하는 것이었다. 즉 상황인식 정보 제공 여부로 구분하여, 상황인식 정보를 제공하는 경우에는 음성안내음을 통해 어떠한 원인 때문에 제어권 전환이 요청되는지 정보를 제공하였고(표 1의 3. TOR 예시) 상황인식 정보를 제공하지 않는 경우에는 어떠한 음성안내음 없이 비프음으로 경고 알람만 제공되었다. 비프음의 경우 “삐삐” 소리로 1000Hz의 동일한 비프음이 0.28초 간격으로 두 번 울리는 형태였다.

의사결정 정보는 시각 유형으로 제공되며, 전방의 도로상황에 운전자가 적절히 대응할 수 있도록 디스플레이에 정보를 보여주는 것이었다. 즉, 전방상황에 맞게 어떻게 운전해야 하는지 주행방법을 알려주는 정보로 구성하였다. 의사결정 정보 제공 여부에 대한 구분은 디스플레이 상에 전방의 갑작스러운 도로상황에 대응할 수 있도록 주행방법을 띄워주거나, 혹은 주행방법을 전혀 알려주지 않고 오로지 제어권 전환 아이콘만 띄우는 것으로 구분하였다. 예를 들어 그림4와 같이, 전방의 장애물로 인해 제어권이 전환되는 상황에서 제어권 전환 요청 아이콘만 띄우는 것은 의사결정 정보 비제공 상황이며(그림 4의 좌측 사진), 전방상황에 맞게 주행방법을 화살표로 알려주는 것이 의사결정 도움 정보를 시각적으로 제공하는 것(그림 4의 우측 사진)이다.

그림 3. 실험 조작 별로 제시된 처치물 예시

그림 4. 자율주행 상황에서 발생한 TOR 시각알람 처치물 예시
(좌: 의사결정정보 비제공, 우: 의사결정 정보제공)

3.4 종속변수

각 정보의 유형들이 운전자의 안전감, 인지부하, 신뢰도에 미치는 영향을 확인하기 위해 설문 항목을 활용하였다. 안전감 측정을 위해 Altendorf 등의 연구에서 차량 신기술 활용에 대한 안전감 측정 설문을 활용하였고[29] 신뢰도는 Jian 등의 자동화 시스템에 대한 신뢰도 평가 설문으로 측정하였다[30]. 안전감과 신뢰도를 측정하는 설문 문항은 모두 리커트형 7점 척도 (1=전혀 그렇지 않다, 7=매우 그렇다)로 측정하였다. 인지부하는 주관적 측정방법인 NASA-TLX를 적용하여 작업부하 점수를 조사하였다[31].

NASA–TLX는 정신적 요구(mental demand), 신체적 요구(physical demand), 시간적 요구(temporal demand), 수행도(performance), 노력(effort), 좌절(frustration)의 6가지 요인으로 구성되어 있으며, 조사절차는 두 파트로 구성되어 있다. 파트1에서는 6 가지 요인들 중 두가지를 쌍 비교를 하여 둘 중 더 많은 부하를 느낀 요인을 선택하도록 하는 것이다. 총 15문항으로 이루어져 있으며 각 요인의 가중치(weights)를 평가한다. 쌍 비교에서 각 요인이 선택될 수 있는 총 횟수는 0 (관련 없음)부터 5 (다른 요인보다 중요함)사이이다. 파트2에서는 참가자가 느낀 각 요인 별 부하량(ratings)을 0부터 100까지의 숫자로 평가하도록 한다(0:매우 낮음, 100: 매우 높음). 인지부하의 전체 평균값은 파트1의 가중치와 파트2의 부하량을 결합하여 가중치를 부여한 전체 점수를 계산한 결과로 공식은 다음과 같다.

$$\textit{전체 인지부하} = (\beta 1\omega 1 + \ldots + \beta 6\omega 6) / 15$$

βi = 가중치,ωi = 부하량

3.5 참가자

참가자는 연세대학교 온라인 커뮤니티와 교내에서 오프라인으로 모집하였다. 참가 조건은 운전면허가 있는 사람과 자동차 시뮬레이터 탑승에 신체적 문제가 없는 사람으로 스크리닝하였다. 실험에 참가한 사람은 총 83명(남성51명, 여성 32명)이었으며 평균 연령은 25.6세였다(SD=3.6).

3.6 실험 장비

실험용 주행 소프트웨어는 운전자 제어(스티어링 휠, 페달)와 연구자(키보드) 간 제어권 전환이 가능한 BeamNG사의 BeamNG.Drive 소프트웨어를 활용하였다. 주행에 활용된 맵은 West Coast의 China Town이었다. 주행 조작의 방향 제어 및 가감속을 위한 휠과 페달은 Logitech G Driving Force 제품을 이용하였고 충분한 주행 시야 확보를 위하여 55인치 디스플레이가 사용되었다. 자율주행시 참가자에게 제시된 게임은 Memory Matches2이었고 스티어링 휠 옆에 설치한 아이패드에 실행시켰다. 시각정보 제공을 위해 12인치 터치패드로 클러스터 디스플레이를 대체하였다.

4. 결과

자동차 제어권 전환 상황에서 상황인식 정보와 의사결정 정보를 시청각 유형으로 제시하고, 이에 따른 운전자의 안전감과 인지부하, 신뢰도에 미치는 영향을 검증하기 위하여 분산분석을 시행하였으며 결과는 다음과 같다(표 2, 표 3).

표 2. 안전감, 인지부하, 신뢰도의 처치집단별 평균

요인	변인	의사결정 정보X 집단 평균 (표준편차)	의사결정 정보O 집단 평균 (표준편차)
안전감	상황인식 정보X	3.13(0.87)	4.23(1.36)
	상황인식 정보O	4.20(1.01)	4.63(1.28)
인지부하	상황인식 정보X	57.68(15.19)	49.59(17.88)
	상황인식 정보O	49.86(14.72)	42.09(17.89)
신뢰도	상황인식 정보X	4.26(0.95)	5.16(0.99)
	상황인식 정보O	5.23(0.86)	5.53(1.08)

표 3. 안전감, 인지부하, 신뢰도의 분산분석 결과

요인	변인	F	p
상황인식 정보	안전감	8.22	0.005**
	인지부하	4.43	0.038*
	신뢰도	9.70	0.003 **
의사결정 정보	안전감	9.01	0.004**
	인지부하	4.75	0.032 *
	신뢰도	7.79	0.007 **

*p <.05, **p <.01

4.1 안전감

상황인식 정보와 의사결정 정보의 제공 여부가 안전감에 미치는 영향은 다음과 같았다. 상황인식 정보 제공 여부에 따른 안전감에 대한 차이는 $F=8.22(p<.01)$로 유의했으며 의사결정 정보 제공 여부에 따른 안전감 차이는 $F=9.01(p<.01)$로 유의하게 나타났다. 그 결과 상황인식 정보와 의사결정 정보가 제공될 경우 그렇지 않을 때보다 안전감에 효과가 있는 것으로 밝혀졌다. 반면 상황인식 정보와 의사결정 정보가 안전감에 미치는 상호작용 효과는 유의하지 않았다.

4.2 인지부하

인지부하의 경우 상황인식 정보는 $F=4.43(p<.05)$으로 모두 통계적으로 유의하였고 의사결정 정보는 $F=4.75(p<.05)$로 나타났다. 인지부하는 상황인식 및 의사결정 정보가 포함되지 않은

경우가 메시지 구성 정보를 모두 포함된 경우보다 컸다. 그러나 상황인식 및 의사결정 정보의 상호작용 효과는 나타나지 않았다.

그림 5 좌측에 제시된 표는 NASA-TLX 파트2의 결과값만을 활용하는 RTLX(Raw TLX)방식을 활용한 결과이며 참가자가 인지부하를 느꼈던 정도를 숫자로 표현한 주관적인 부하량만을 비교하는 방식이다[32]. 각 요인별 부하량의 총점은 최대 100이다. 6가지 요인의 개별 평균 비교 결과, 시간적 요구, 노력, 좌절에서 눈에 띄는 차이가 발견되었다.

시간적 요구의 경우 다른 요인들에 비해 비교적 인지부하가 높게 나타났다. 특히 의사결정 정보와 상황인식 정보가 제공되지 않았을 경우 시간적 요구의 인지부하가 67.6으로 가장 높았다. 노력의 경우 의사결정 정보를 제공하는 경우, 제공하지 않는 처치조건보다 노력이 적게 요구되는 것으로 나타났다. 좌절의 경우 상황인식 및 의사결정 정보를 제공하지 않았을 경우, 모두 제공하였을 경우보다 인지부하가 매우 높게 나타났다(59.4).

NASA-TLX 파트1에서 진행한 6가지 요인들을 2가지씩 쌍비교한 결과와 파트2의 요인별 참가자의 주관적 부하 점수를 결합하여 계산된 전체 인지부하의 총점은100이며 그림 5의 우측에 제시되었다. 상황인식 정보와 의사결정 정보를 모두 제공하였을 때 가장 인지부하가 낮았으며(42.1) 두가지 정보를 모두 제공하지 않았을 경우 인지부하가 가장 높았다(57.6).

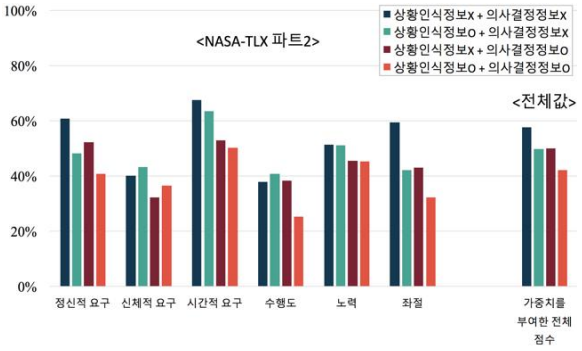

그림 5. 인지부하 측정 세부 요인별 결과

4.3 신뢰도

분석 결과, 상황인식정보 구성에 따른 신뢰도 차이도 $F=9.70(p<.01)$으로 유의하게 나왔으며 의사결정 정보 구성에 따른 신뢰도 차이는 $F=7.79(p<.01)$로 유의하게 나타났다. 즉 상황인식 정보를 포함하는 경우 또한 포함하지 않는 경우보다 신뢰도가 높은 것으로 나타났고 의사결정 정보가 포함된 경우 포함되지 않은 경우보다 신뢰도가 높았다. 하지만 상황인식 및 의사결정정보가 신뢰도에 미치는 상호작용 효과는 나타나지 않았다.

5. 논의 및 결론

5.1 결론

이 연구는 자율주행 제어권 요청 상황에서 운전자에게 상황인식과 의사결정을 돕는 시청각 메시지 제공 여부에 따라 운전자의 안전감과 인지부하, 신뢰도의 차이가 있는지 알아보았다. 그 결과 상황인식 정보를 제공할 경우 안전감, 인지부하 그리고 신뢰도에 모두 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그 이유는 음성안내음으로 전방상황에 대한 상황인식 정보를 제공할 경우 실제 보이는 정보와의 일치성을 즉시 확인할 수 있기 때문에 안전감과 신뢰도에 영향을 미쳤을 것으로 보인다. 인지부하의 경우, 차량에서 제시되는 여러 알람들과 자동차 제어권 전환 알람을 청각적으로 구분할 수 있기 때문에 유의한 결과가 나타난 것으로 해석된다. 즉 자율주행 상황에서 상황인식에 대한 정보를 음성메시지로 제공할 경우 운전자가 주행 외의 다른 행동을 하고 있을 때 차량에서 발생하는 여러가지 알람에 대하여 매번 눈으로 확인하지 않아도 되기 때문에 음성메시지가 효과적으로 나타난 것으로 보인다.

의사결정 정보를 제공한 경우 안전감과 인지부하, 신뢰도에 모두 유의한 영향이 있는 것으로 나타났다. 즉, 디스플레이에 시각정보를 통해 전방상황에 대응할 수 있는 주행방법을 띄워주는 경우, 갑작스러운 상황에서도 어떻게 운전을 할지 의사결정을 내리는데 효과적이었다. 운전자는 전방의 갑작스러운 환경에도 차량이 도로 상황을 잘 파악하고 인식하여 적절한 안내정보를 제공한다고 느껴 안전감과 신뢰도가 높았던 것으로 해석된다. 또한 운전자들이 직접 전방을 보고 판단을 내려 행동하는 것에 비해 디스플레이를 관찰하는 것이 익숙하지 않기 때문에 인지부하의 영향이 안전감과 신뢰도에 비해 낮았지만, 상황인식이 전혀 안되는 상황에서는 전방상황에 대한 시각정보를 제공하는 것이 효과가 있었으므로 인지부하에 유의한 결과가 나온 것으로 해석된다. 제어권 전환이라는 특수한 상황은 전방의 제어권 전환에 대한 원인을 빠르게 판단하고 도로 환경을 파악하며 의사결정을 해야한다. 이때 모든 의사결정과 행동이 빠르게 진행되어야 하는 상황에서 의사 결정 정보를 제공할 경우 운전자는 지나치게 많은 정보를 스스로 판단할 필요 없이 주행 도움 정보를 참고하여 주행할 수 있기때문에 인지부하를 줄일 수 있었던 것으로 판단된다.

상황인식과 의사결정 정보 제공여부에 따른 운전자의 주관적인 인지부하를 가중치를 부여하여 전체 점수로 측정한 결과는 다음과 같다. 자동차 제어권 전환 상황의 발생 원인을 음성안내음으로 제공하는 동시에, 전방상황에 대한 운전 방법을 시각적으로 제공하였을 경우 가장 인지부하가 적었다. 즉 상황인식 정보와 의사결정 정보를 모두 제공하였을 때 운전자에게 효과적인 것으로 나타났다. 이것은 운전자가 비주행과업 방해 받지 않는 상태로 자동차에서 발생하는 알람을 구분할 수 있고 이때 제어가 필요한 경우에만 반응할 수 있었기 때문이며, 전방

상황에 대해 많은 정보를 제공받는 것이 아니라 전방상황에 대응할 수 있는 적절한 운전방법을 제안받는 것이 인지부하를 최소화하는데에 적절했던 것으로 보인다. 또한 상황인식 정보를 제공하지 않으며 의사결정 정보만 제공하는 경우가 상황인식 정보만 제공하는 것보다 0.3의 차이로 인지부하가 더 높은 것으로 평균값에 차이는 미세하였지만 요인 별로 평균값을 비교했을 때 차이가 있었다. 상황인식 정보만 제공하는 경우 정신적 요구가 낮았던 이유는 비주행 과업과 주행 상황에 모두 주의를 기울이지 않을 수 있었기 때문으로 확인된다. 시간적 요구가 월등히 높았던 이유는 음성안내음을 끝까지 들어야만 상황을 인식할 수 있었기 때문에 안내음의 길이에 영향을 받았던 것으로 보인다. 반면 의사결정 정보만 제공하였을 경우 정신적 요구가 다른 요인에 비해 높게 평가되었는데, 이것은 디스플레이에 표시되는 시각정보를 실제 도로상황과 비교해보며 정보를 이해하는데에 발생한 인지부하였던 것으로 판단된다. 또한 신체적 요구의 결과가 낮게 나타난 이유는 디스플레이 상에 표시된 의사 결정 정보의 이미지대로 운전을 수행하면 되었기 때문에 어려움이 적게 나타난 것으로 보인다.

참가자 실험 상황을 관찰한 결과, 상황인식 정보를 제공하지 않는 경우 비프음으로 알람이 제시되었는데, 이때 운전자는 반사적으로 핸들을 잡으려고 했고 제어권 전환이 아닌 다른 알람이 제공되었을 때에도 조향 조작을 하려는 것이 눈에 띄게 관찰되었다. 반면에 음성 메세지로 상황인식 정보를 포함한 알람을 주는 경우 운전자는 메시지가 전달하는 내용을 충분히 청취한 후 제어권 전환 필요시에 전방상황을 확인하였고 비주행 과업을 정지한 뒤 운전을 수행하였다.

5.2 시사점 및 한계

이 연구는 운전자와 자동차 사이에서 수동주행과 자율주행을 반복하는 자율주행 3단계를 바탕으로, 제어권 전환 상황에서 운전자의 안전감, 인지부하, 신뢰도에 영향을 미치는 정보 구성을 중심으로 연구하였다. 연구의 학문적 의의는 다음과 같다. 그간 자동차 제어권과 관련된 연구들은 주로 운전자가 제어권 전환 알람에 빠르게 반응하여 수동주행으로 변경할 수 있도록 반응시간을 최소화하기 위한 인터랙션 방법을 다루거나, 알람의 적절한 제공 시점을 찾아내는 것을 중심으로 논의되어 왔다. 그러나 기존의 한정적인 자동차 제어권 전환 시스템 연구의 범위를 넓히고, 운전자의 안전을 위해 제공해야할 정보가 무엇인지 제안했다는 데에 의의가 있다.

실용적 함의점은 자동차 제조업체에서 운전자 안전을 위해 제어권 전환시 제공할 정보의 구성에 대해 알아보았다는 것이다. 자동차 제어권 전환 상황에서 음성안내음으로 상황인식에 대한 정보를 제시하여 제어권 전환의 원인에 대해 알려주고, 동시에 전방상황에 어떻게 대처해야할 것인지에 대한 의사결정 정보를 제공해야 함을 시사하고 있다. 이외로 기술의 수용 측면에서 중요한 시사점 또한 가지고 있다. 자율주행 기술이 발전함에 따라 더욱 안전하고 뛰어난 기술이 개발되고 있지만 사용자들이 기술을 받아들여야만 상용화될 수 있기 때문에 신기술에 대한 사용자의 수용성이 매우 중요하다[33]. 따라서 이 연구는 실제 기술 수용을 위해 중요한 사용자의 주관적인 안전감과 신뢰도 같은 심리적 요소를 중점적으로 측정하였다는 시사점을 가지고 있다.

그럼에도 불구하고 이 연구는 몇가지 한계점이 존재한다. 먼저 자동차 시뮬레이터를 활용하였기 때문에 자동차 조작감과 도로 상황이 실제 운전 상황과 차이가 있다는 것이다. 또한 참가자 중 55.4%의 운전경력이 1년 미만이었기 때문에, 수년의 운전경력이 있는 사람을 대상으로 했을 때와 결과적인 차이가 있을 수 있다. 시각유형으로 제시된 의사결정 정보의 경우 디스플레이 상에 표시되는 정보의 복잡도를 고려하지 않았으며, 상황인식 정보의 경우 음성안내음의 길이와 청크수를 고려하지 않았다. 따라서 다음과 같이 후속 연구를 제안하고자 한다. 자동차 제어권 전환 상황은 사고가 발생하지 않도록 운전자가 제한적인 시간 안에 수동주행으로 전환해야 한다. 이때 디스플레이 상에 띄워지는 시각정보의 양과 복잡도가 운전자의 의사결정에 미치는 영향을 확인하고, 전방상황에 대한 상황인식 정보가운전자의 인지부하에 영향을 미치지 않도록 안내음성의 적절한 길이와 청크수를 확인하는 연구를 제안한다.

참고문헌

[1] SAE International. Taxonomy and definitions for terms related to on-road motor vehicle automated driving systems. J3016. Warrendale, PA. 2014.

[2] Pfleging, B., Rang, M. and Broy, N. Investigating User Needs for Non-Driving-Related Activities During Automated Driving. Proceedings of the 15th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia. Rovaniemi, Finland. pp. 91-99. 2016.

[3] Campbell, J. L., Brown, J. L., Graving, J. S., Richard, C. M., Lichty, M. G., Bacon, L. P. and Sanquist, T. Human factors design guidance for level 2 and level 3 automated driving concepts (Report No. DOT HS 812 555). Washington, DC. National Highway Traffic Safety Administration. 2018.

[4] 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. Elsevier. pp. 230-239. 2016.

[5] 김동구, 김광순, 채찬병, 김선우, 이상현. V2X 기술 동향. 한국통신학회지(정보와통신). 34(6). 한국통신학회. pp. 11-19. 2017.

[6] 한국정보통신기술협회. 정보통신용어사전: 차량·사물 통신. 車輛事物通信. Vehicle to Everything communication, V2X communication. http://terms.tta.or.kr/dictionary/dictionaryView.do?word_seq=0764563 2019.2.4.

[7] 장재득, 김태중. 자율주행차량을 위한 밀리미터파 무선통신 기반 차량 사물 통신 기술. 주간기술동향. 1810호. 정보통신기술진흥센터. pp. 2-13. 2017.

[8] 삼성뉴스룸. "2019년 삼성전자는" ...CES 2019에서 주목할 만한 5가지. https://news.samsung.com/kr/?p=387910 2019.2.5.

[9] Jakus, G., Dicke, C. and Sodnik, J. A user study of auditory, head-up and multi-modal displays in vehicles. Applied Ergonomics. 46(Part A). Elsevier. pp. 184-192. 2015.

[10] Naujoks, F., Mai, C. and Neukum, A. The effect of urgency of take-over requests during highly automated driving under distraction conditions. Proceedings of the 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE. Krakow, Poland. 2014.

[11] Mackenzie, I. S. Human-Computer Interaction: An Empirical Research Perspective. Waltham, MA. USA. Morgan Kaufmann/Elsevier. 2013.

[12] CogniFit. Reaction Time: Cognitive Ability -Neuropsychology. https://www.cognifit.com/science/cognitive-skills/response-time November 12. 2018.

[13] Lorenz, L., Kerschbaum, P., Hergeth, S., Gold, C. and Radlmayr, J. Vom Dual-Task zum Sequential-Task Paradigma. In: TÜVTagungFahrerassistenz. München, Germany. 2015.

[14] Horrey, W. J., Lesch, M. F. and Garabet, A. Dissociation between driving performance and drivers' subjective estimates of performance and workload in dual-task conditions. Journal of Safety Research. 40(1). Elsevier. pp. 7-12. 2009.

[15] Koppel, S., Charlton, J., Fildes, B. and Fitzharris, M. How important is vehicle safety in the new vehicle purchase process? Accident Analysis and Prevention. 40(3). Elsevier. pp. 994-1004. 2008.

[16] Choi, J. K. and Ji, Y. G. Investigating the importance of trust on adopting an autonomous vehicle. International Journal of Human-Computer Interaction. 31(10). Taylor & Francis. pp. 692-702. 2015.

[17] Endsley, M. R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. Human Factors. 37(1). Sage Publisher. pp. 32-64. 1995.

[18] Adam, E. C. Fighter cockpits of the future. In Proceedings of 1993 IEEE/AIAA 12th Digital Avionics Systems Conference. Fort Worth, USA. pp. 318-323. 1993.

[19] De Winter, J. C., Martens, M. H. and Stanton, N. A. 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(Part B). Elsevier. pp. 196-217. 2014.

[20] Koo, J., Kwac, J., Ju, W., Steinert, M., Leifer, L. and Nass, C. Why did my car just do that? Explaining semi-autonomous driving actions to improve driver understanding, trust, and performance. International Journal on Interactive Design and Manufacturing. 9(4). Springler Verlag. pp. 269-275. 2015.

[21] Naujoks, F., Grattenthaler, H., Neukum, A., Weidl, G. and Petrich, D. Effectiveness of advisory warnings based on cooperative perception. IET IntelligentTransport System. 9(6). Institution of Engineering and Technology. pp. 606-617. 2015.

[22] Wang, Y. and Ruhe, G. The cognitive process of decision making. International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence. 1(2). Idea Group Inc. pp. 73-85. 2007.

[23] Wright, P. The harassed decision maker: Time pressures, distractions, and the use of evidence. Journal of Applied Psychology. 59(5). American Psychological Association. pp. 555-561. 1974.

[24] Wickens, C. D., Hollands. J. G., Banbury, S. and Parasuraman, R. 공학심리와인간수행(4th ed.). 서울: 시그마프레스. 2017.

[25] Walch, M., Sieber, T., Hock, P., Baumann, M. and Weber, M. Towards Cooperative Driving: Involving the Driver in an Autonomous Vehicle's Decision Making. In Proceedings of the 8th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. New York, USA. pp. 261-268. 2016

[26] Gonzalez, C. Task workload and cognitive abilities in dynamic decision making. Human Factors and Ergonomics. 47(1). Sage Publications. pp. 92-101. 2005.

[27] Eriksson, A., Petermeijer, S. M., Zimmermann, M., de Winter, J. C. F., Benglar, K. J. and Stanton, N. A. Rolling out the red (and green) carpet: supporting driver decision making in automation-to-manual transitions. IEEE Transactions on Human-Machine Systems. Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2017.

[28] Maulsby, D., Greenberg, S. and Mander, R. Prototyping an intelligent agent through Wizard of Oz. In Proceedings of the INTERACT'93 and CHI'93 Conference on Human factors in Computing Systems. ACM. pp. 277-284. 1993.

[29] Altendorf, E., Schreck, C. and Flemisch, F. A new method and results for analyzing decision-making processes in automated driving on highways. Advances in Human Aspects of Transportation: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Transportation. Florida, USA. pp. 571-583. 2016.

[30] Jian, J. Y., Bisantz, A. M. and Drury, C. G. Foundations for an empirically determined scale of trust in automated systems. International Journal of Cognitive Ergonomics. 4(1). Taylor & Francis. pp. 53-71. 2000.

[31] NASA Ames Research Center. NASA Task Load Index (TLX): Paper and Pencil Package. http://humansystems.arc.nasa.gov/groups/TLX/downloads/TLX_pappen_manual.pdf February 1. 2019

[32] Hart, S. G. NASA-task load index (NASA-TLX); 20 years later. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. Los Angeles, CA. 50(9). Sage Publications. pp. 904-908. 2006.

[33] Rhiu, I., Kwon, S. H., Bahn, S. W., Yun, M. W and Yu, W. Y. Research Issues in Smart Vehicles and Elderly Drivers: A Literature Review. International Journal of Human-Computer Interaction. 31(10). Taylor & Francis. pp. 635-666. 2015.