

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

• 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건 을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer 🖃





디자인학 박사 학위논문

자율 주행-비 자율 주행 모드 변경에 따른 안정적 제어권 전환을 위한 UI디자인 제안 -이미지와 텍스트 기반의 제어권 전환 정보를 활용한 운전자의 인식전환 중심으로-

Proposal of UI design for stable control switching according to autonomous driving—
non-autonomous driving mode change
– Focusing on the driver's perception conversion using image and text-based take over request information—

2023년 2월

서울대학교 대학원 미술대학 디자인학부 변 영 준

자율 주행-비 자율 주행 모드 변경에 따른 안정적 제어권 전환을 위한 UI디자인 제안

이미지와 텍스트 기반의 제어권 전환 정보를 활용한 운전자의 인식전환 중심으로-

지도교수 정의철

이 논문을 디자인학 박사 학위논문으로 제출함 2023년 2월

서울대학교 대학원 디자인학부 디자인전공 변 영 준

변영준의 박사 학위논문을 인준함 2023년 2월

위	원 장	장 성 연	(인)
부위	원장	박 영 목	(인)
위	원	김 병 수	(인)
위	원	정 석 창	(인)
위	원	정 의 철	(인)

국문초록

SAE(Society of Automotive Engineers)에서 규정한 자율 주행 Level 3단계의 자율 주행 자동차는 정해진 구간에 한해 자율 주행 시스템에 의해 주행되는 자율 주행과 운전자에 의해 차량이 제어되는 비자율 주행으로 제어 주체가 주행 상황에 따라 이원화된다. 자율 주행 시판단 및 제어가 지능화된 자율 주행 시스템에 맡겨지게 되고 이에 따라부분 자율 주행 중 운전자는 휴식, 핸드폰 사용과 같은 비 주행 관련 과업의 수행이 가능해진다. 비 주행 관련 과업의 유형에 따라 주의 분산도에 차이를 보이며 운전 과업으로 전환 시 영향을 준다. 운전자의시각과 청각 감각을 모두 사용하는 영상 시청, 게임의 경우 휴식과 같은 유형 대비하여 주의 분산도가 높다.

자율 주행 Level 3단계는 예정된 제어권 전환 상황을 고려해야 한다. 자율 주행 중 전방의 주행 환경 변화에 의해 자율 주행 기능을 활용할수 없는 구간 발생 시 운전자에게 해당 구간에 도래하기 전 제어권 전환 요청을 하여 운전자가 차량을 제어하게 한다. 이때 제한된 시간 내 안정적인 제어권 전환이 중요한 요소로 대두된다. 특히 운전자의 주의분산 정도가 높은 영상 시청과 같은 비 주행 관련 과업 수행 시안정적인 주행 과업으로의 전환은 안전을 위해 중요하다. 따라서 본연구의 목적은 자율 주행 기능의 활용으로 비 주행 관련 과업 중인운전자에게 제어권 전환 요청 발생 시 주행 상황을 효과적으로 인지시켜안정적으로 제어권 전환을 구현시키는 것이다. 이를 위해 제어권 전환요청 UI디자인 요소 중 이미지와 텍스트를 활용한 시각 정보 기반의제어권 전환 정보를 유형에 따라 구현하고 제어권 전환 과정에서운전자에게 주는 영향을 분석한다. 이를 기반으로 운전자가 주행 상황을

효과적으로 인지하여 안정적인 제어권 전환을 실행하게 하는 요인을 파악하고 그 활용에 대해 제안하는 것이다.

본 연구는 자율 주행 상황을 구현하기 위해 시뮬레이터를 활용하였다. 예정된 제어권 전환 상황인 고속도로 출입로. 도로 합류 구간 등의 5가지 유형으로 구성했다. 자율 주행 중 운전자의 비 주행 관련 과업으로 주의 분산 정도에 차이가 있는 영상 시청과 휴식을 선정하여 비교 실험을 실시했다. 운전자에게 제공되는 제어권 전환 요청 UI디자인은 제어권 전환 시 주행 상황 인지와 제어권 전환 실행을 위한 상세 정보 전달을 위해 영상, 이미지, 텍스트를 활용하여 시각 정보 중심의 5가지 유형으로 구성했다. 반 자율 주행 사용자와 미 사용자로 20명의 피실험자를 대상으로 제어권 전환이 구분된 필요한 지점으로부터 15초에서 10초 전까지 약 5초간 전환 요청 정보의 전달이 가능한 시점에 피실험자는 제어권 전환 정보를 제공받아 차량을 제어하는 실험을 실시했다. 제어권 전화 시 운전자의 주행 상황 인지 과정과 지각 능력 활용을 목적으로 구성된 제어권 전환 요청 UI디자인 유형에 따라 운전자에게 주는 작업 부하와 제어권 전환 수행에 주는 영향을 분석했다.

시각 정보 기반의 5가지 제어권 전환 요청 UI디자인 유형을 기반으로 실시한 실험 결과, 운전자의 제어권 전환 과업 시 정신적 부하에 따른 과업 수행에 있어 유의미한 차이를 보였다.

이미지 방식은 정보 전달의 간결함으로 빠르게 주행 상황이 인지되어 가장 많은 피실험자들로부터 선호되었다. 기존의 주행 경로 안내와 유사한 방식으로 피실험자들의 선호도가 높았다. 영상 방식은 정보의 상세한 전달이 장점으로 파악되었으나 제어권 전환 정보를 시청하는 시간 동안 피실험자들이 차량을 제어하지 못하는 데 대한 부담감이 발생되었다. 텍스트 방식은 구체적 상황 전달이 가능하나 문장을 읽고 이해하는 과업이 차량의 제어권 전환을 준비하는 상황에 운전자에게 심리적 부담으로 작용되어 가장 선호되지 않았다. 영상과 텍스트, 이미지와 텍스트의 조합으로 구성된 UI디자인 유형은 운전자의 성향에 따라 인지부하도에 차이가 있어 단일 제어권 전환 정보 대비 선호도에 차이가 있었다. 또한 영상 및 이미지와 동시에 텍스트 정보제공 시텍스트로 전달되는 내용에서 대부분의 피실험자들은 두 개 이상의 과업표기를 지양했다.

제어권을 전환하는데 소요되는 시간은 NDRT 유형에 따른 주의 분산도 및 반 자율 주행 사용 경험과 비례하지 않았으며 운전자의 주행 패턴 및 주행 경험 등에 의해 변화되었다. 대부분의 운전자가 제어권 전환 시간 내 과업을 완수하였으나 제어권 전환 시점에 따라 활용 가능한 UI디자인 유형에 제약이 발생하였다. 예정된 제어권 전환 요청 발생 시 운전자의 차량 제어 시점이 정해지는 주행 패턴이 고려된 제어권 전환 요청 UI디자인 유형의 제공 여부는 운전자가 안정적으로 제어권을 전환하는데 있어 높은 중요성을 나타냈다.

본 연구의 결과로 자율 주행 Level 3단계에 부합하는 제어권 전환을 위해 최적화된 시각 정보 기반의 UI디자인을 구성하는 주요 요소에 대해 분석하고 향후 개발 방향에 대해 제안한다.

주요어: 자율 주행(Autonomous Driving), 비 주행 관련 과업(NDRT:
Non Driving Related Task), 제어권 전환 요청(TOR: Take
Over Request), 사용자 인터페이스 디자인(User Interface
Design)

이 학위 논문의 일부가 한국디자인학회 Design Works, 변영준, 정의철. (2021). 자율 주행 환경의 차량 제어권 전환 상황 모델 제안 -주행과업 전환과 연관된 선행 연구 고찰을 기반으로-. 4(1), 14-27. 에게재되었습니다.

목 차

제	1 장 서론	
	1.1 연구의 배경과 목적	1
	1.2 연구의 범위와 방법	7
제	2 장 선행 연구	
	2.1 이론적 배경	.14
	2.1.1 자율 주행 자동차	.14
	2.1.2 비 주행 관련 과업	
	2.1.3 지능형 시스템	. 17
	2.1.4 운전자-자동차간 상호작용 방식	. 19
	2.1.5 운전자의 주행 상황 인식	. 20
	2.1.6 운전자 지각	. 23
	2.2 선행 연구 고찰	. 26
	2.2.1 자율 주행 조작 환경 선행 연구	. 26
	2.2.2 자율 주행 환경의 제어 방식 선행 연구	. 27
	2.2.3 운전자 과업에 따른 조작부 선행 연구	. 28
	2.2.4 인터페이스 디자인 선행 연구	. 30
	2.2.5 제어권 전환 소요 시간에 대한 선행 연구	. 31
	2.2.6 제어권 전환 GUI 디자인 관련 규정	. 32
	2.2.7 운전자 제어권 전환 평가 방식	. 34
	2.3 선행 연구 요약	. 36
제	3 장 제어권 전환 UI디자인 연구 방법	
	3.1 제어권 전환 요청 UI디자인 구성	. 38
	3.2 실험 설계	. 52
	3.3 실험 대상자	. 57
	3.4 실험 도구	. 58
	3.4.1 통제도구	. 58
	3.4.1.1 제어권 전환 UI디자인	. 58

	3.4.1.1.1 영상 기반의 제어권 전환 요청 정보	. 58
	3.4.1.1.2 이미지 기반의 제어권 제어권 전환 요청 정보	. 60
	3.4.1.1.3 텍스트 기반의 제어권 제어권 전환 요청 정보	. 62
	3.4.1.2 NDRT 구현을 위한 영상 콘텐츠	. 65
	3.4.1.3 자율 주행 시뮬레이터	. 66
	3.4.2 평가 도구	. 68
제	4 장 파일럿 실험	
	4.1 파일럿 실험 과정	.70
	4.2 파일럿 실험 결과	. 73
	4.3 파일럿 실험 소결	. 76
제	5 장 본 실험	
	5.1 본 실험 설계 개선 사항	. 78
	5.2 본 실험 대상자	. 80
	5.3 본 실험 도구	. 81
	5.4 실험 진행 과정	. 84
	5.5 결과 분석 방법	. 89
궮	6 장 실험 결과 분석	
^'II	6.1 인지 지수 및 반응 시간 실험 결과	0.1
	6.1.1 신뢰도 분석	
	6.1.2 인지 점수와 반응 시간의 기술통계	
	6.1.3. 반 자율 주행 사용 여부, 영상 시청/휴식 여부가 제어권	
	전환에 미치는 영향	
	6.1.4. 자극물 형태가 제어권 전환에 미치는 영향	
	6.1.5. 소결	
	6.2 실험 과정 영상 분석	
	6.2.1 제어권 전환 실행 시점	
	6.2.1.1 제어권 전환 정보 확인 지향형	
	6.2.1.2 제어권 선 인수 지향형	
	6.2.2 제어권 전환 정보의 활용	

	6.2.2.1 제어권 전환 성보의 맥락 활용	105
	6.2.2.2 제어권 전환 정보의 구체적 내용 파악 및 활용	.106
	6.2.3 제어권 전환 요청과 정보의 신뢰성	.107
	6.3 제어권 전환 시 판단에 영향을 주는 주관적/개별적 요소 도	_출
	6.3.1 제어권 전환 시점에 대한 인지	108
	6.3.2 영상 정보의 활용	109
	6.3.3 이미지 정보의 활용	110
	6.3.4 텍스트 정보의 활용	111
	6.3.5 운전자 성향에 따른 제어권 전환 정보의 확인	112
	6.4 제어권 전환 UI디자인 관여 요인	115
	6.4.1 안정적 제어권 전환을 위한 UI디자인 구성 사항	115
	6.4.2 제어권 전환 제공 시점에 대한 고려	116
	6.4.3 운전자 인지 능력에 따른 제어권 전환 정보 제공	116
	6.4.4 기존 주행 습관에 대한 고려	118
	6.4.5 제어권 전환 정보에 대한 신뢰도	118
	6.4.6 NDRT에 따른 제어권 전환 시 부하	119
제	7 장 결론	
	7.1 제어권 전환 UI디자인 연구 방향	121
	7.2 시사점	123
	7.3 한계 및 후속 과제	125

표 목차

- [표1] NDRT 중 시각, 청각, 인지, 정신운동 척도, A study on the Correlation between subjective driver readiness and NDRT type during automated driving, Kim (2020)
- [표2] 조작방식 연령별 선호 분석, 스마트카 입력 방식에 대한 국가별 비교 분석-한국, 중국, 미국, 유럽 4 개 지역을 중심으로, Ju (2017)
- [표3] NDRT 유형에 따른 조작 반응 시간, Wan (2018)
- [표4] NDRT 수행을 위한 영상 콘텐츠
- [표5] 인지점수와 반응시간의 평균, ():표준편차
- [표6] 인지 점수(반응 시간)의 샤피로-윌크 검정의 p-value
- [표7] 크루스칼-왈리스 검정 결과
- [표8] 자극물에 따른 인지점수(반응시간)의 샤피로월크 검정 p-value
- [표9] 자극물 형태에 따른 요인의 검정 결과
- [표10] p-value 본페로니 교정 전(후)

그림 목차

- [그림1] Modeling Drivers' Takeover Behavior Depending on the Criticality of Driving Situations and the Complexity of Secondary Tasks, Tanshi (2019)
- [그림2] Level of Driving Automation, SAE (2021)
- [그림3] The Effects of Lead Time of Take-Over Request and Non driving Tasks on Taking-Over Control of Automated Vehicles, Wan (2018)
- [그림4] A functional reference architecture for autonomous driving, Sagar (2016)
- [그림5] Designing for rich interaction integrating form, interaction and function, Frens (2006)
- [그림6] Aircrew 의사 결정 모델, Endsley (1988)
- [그림7] 상황인식 메커니즘, Endsley (1988)
- [그림8] Main effect of non-driving tasks on response time, Wan (2018)
- [그림9] 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙, 국토부 (2022)
- [그림10] 자동차의 언어, 경고등 색상, 현대자동차 (2019)
- [그림11] 디스플레이 사례 상단: Genesis, 중단/하단:Mercedes Benz
- [그림12] 제어권 전환 UI디자인 구현 디스플레이 구성(단위pixel)
- [그림13]. 시각 인터페이스 아이콘 색상 적용 요구도
- [그림14] 항공기(에어버스A320) 자율 비행 UI디자인 사용자 인터뷰
- [그림15] 'Simplified representation of the flight deck design process' A
 Crew Centered Flight Deck Design Philosophy for HSCT Aircraft
- [그림16] 'The relationship between mission objectives and performance objectives' A crew centered flight deck design philosophy for HSCT aircraft
- [그림17] Memory Model, Atkinson-Shiffrin (1968)
- [그림18] 자율 주행 중 제어권 전환 구현 환경 예시
- [그림19] TOR발생시점(공사구간, 진출입 램프구간, 차선합류구간)
- [그림20] 영상 이미지 기반 제어권 전환 모델_A-type
- [그림21] 이미지 기반 제어권 전환 모델_B-type
- [그림22] 텍스트 기반 제어권 전환 모델_C-type
- [그림23] 자율 주행 시뮬레이터
- [그림24] 파일럿 실험

- [그림25] 파일럿 실험 결과
- [그림26] 본 실험의 피실험자 실험 구성
- [그림27] 본 실험의 제어권 전환 요청 구간
- [그림28] 영상과 텍스트가 결합된 유형의 제어권 전환 정보 제공 예시
- [그림29] 이미지와 텍스트가 결합된 유형의 제어권 전환 정보 제공 예시
- [그림30] 제어권 전환 본 실험
- [그림31] 반 자율 주행 사용과 영상 시청 여부에 따른 반응 시간 분포
- [그림32] 자극물 형태에 따른 인지 점수 분위수 대조도
- [그림33] 자극물 형태에 따른 반응시간의 분포 분위수 대조도
- [그림34] 자극물의 형태에 따른 인지 점수 boxplot
- [그림35] 자극물의 형태에 따른 반응 시간 boxplot
- [그림36] 실험 과정 영상 촬영 이미지
- [그림37] 도로 축척에 따른 운전자 선호 예시
- [그림38] 도로 축척에 따른 운전자 선호 예시

제 1 장 서론

1.1 연구의 배경과 목적

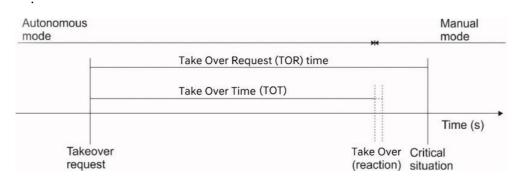
자율 주행 자동차의 확산이 진행됨에 따라 자동차 실내에서 운전자 행동 방식의 변화들을 예측할 수 있다. 1 비 자율 주행 자동차는 도로교통법 제49조²에 의해 운전자의 주행 중 주행 관련 과업 (DRT: Driving Related Task) 외 핸드폰 사용, 독서 등과 같은 비 주행 관련 과업(NDRT: Non-Driving Related Task)이 운전자에게 주의 산만(Distraction)을 발생시켜 사고로 연결될 수 있으므로 제한되어 있다. 자율 주행 자동차는 주행 시 외부 도로 상황 및 차량 상태를 파악하고, 운전자의 개입이 없는 자율 주행 가능 여부를 자율 주행 시스템(ADS: Autonomous Driving System)이 판단 후 운전자와 상호 작용을 통해 자율 주행 기능 활성화에 대한 적절성을 판단한다. 3 SAE(Society of Automotive Engineers)는 자율 주행 기능에 따라 Level 0부터 Level 5까지 구분하였고 자율 주행 Level 3 이상 단계부터 운전자는 도로교통법 제50조의 2 4 에 근거하여 자율 주행 중 영상 시청과 같은 보다 확대된 범위의 NDRT가 가능하다. 자율 주행 기능의 활용으로 NDRT와 같이 주행과 직접적인 연관이 없는 운전자의 주행 중 시간 활용은 자율 주행 중인 차량의 상태를 효과적으로 운전자에게 인지시켜야 하며 자율 주행 자동차-운전자 간 상호 작용을 효과적으로 전개하여 주행 중 차량 조작 기능의 안전성을 향상시켜야 하는 등 자율 주행 자동차의 활용으로 운전자가 경험하는 변화의 폭은 크다. 5

자율 주행 Level 3단계 이상의 ADS가 운전자에게 요구하는 과업의 특징 중 하나는 NDRT 중인 운전자에게 차량의 제어권을 전환하는 것이다. 자율 주행 Level 2단계까지는 운전자가 제어권을 전환받을 준비를 하고 있었던 것과 대조된다. 미국교통안전국(NHTSA)에 따르면 2022년 6월부터 10월까지 첨단운전자지원시스템(ADAS) 자동 운전으로 발생한 사고로 목숨을 잃은 사례가 지난 4개월 사이 11명에 이른 것으로 나타났으며 이 가운데 10건이 테슬라의 오토파일럿(자율주행 시스템)과 관련이 있는 것으로 드러났다. 6 22년 6월에 발생한 테슬라 차량 충돌 사고 16건에 대한 분석 결과 차량이 충돌 직전에 자율 주행을 정지하고 사람에게 운전제어를 넘긴 경우가 여러 건발생했다. 7 테슬라 차량은 자율 주행 2.5단계로 자율 주행 중에도 운전자가 주행 상태를 모니터링하며 제어권을 전환할 준비가 되어 있는 상태였음에도 제어권 전환 과정에서 부적절한 인터랙션 방식으로 인명 사고가 발생했다. 따라서 자율 주행 Level 3단계를 전제로 NDRT 중인 운전자에게 제어권 전환을 요청하고 주행 정보를 제공하는 UI디자인에 대한 연구의 필요성을 확인할 수 있다.

자율 주행 Level 3단계는 주행 중 고속도로 출구와 같은 곡선 주행로, 도로 합류 지점 등 ADS 작동 중 제어 영역에서 벗어나는 경로가나타날 것으로 예상되거나 사고 발생 및 도로 공사 등으로 도로가통제될 경우 도로 정보가 제어권 전환 시점 이전에 차량으로 수신되어운전자에게 제어권 전환 요청(TOR: Take Over Request)을 실행한다. 자율 주행 중 TOR 발생 시 운전자가 이를 인지하고 제어권 전환시간(TOT: Take Over Time)내에 제어권을 전환 받아야 하는 자율주행 Level 3 고유의 운전자 과업이 발생한다.

자율 주행 Level 3단계는 아래 [그림1]과 같이 자율 주행 중 가용된 제어권 전환 시간을 활용하여 운전자가 제어권 인수(TO: Take Over)를 준비하는 동안 자율 주행 시스템이 차량을 제어하며 시스템의 한계에 도달할 때까지 운전 작업을 수행한다. 운전자는 자율 주행 시스템이 부여한 제어권 전환 시간 내에 반드시 차량 제어권을 전환받아야 한다. 대한민국의 규정은 자율 주행 Level 3에서 예정된 제어권 인수 지점

15초 전으로 규정하고 있었으며 ⁸ 22년 11월부터 운전자의 반응 및 차량 고장 여부 등을 종합적으로 고려하여 제어권 전환 요청 시점을 차량 제조사가 정하게 되었다.



[그림1] Modeling Drivers' Takeover Behavior Depending on the Criticality of Driving Situations and the Complexity of Secondary Tasks, Tanshi (2019)

비 자율 주행 차량의 운전자는 전방 시선 이탈 시간(TEORT: Total Eve Off Road Time)이 2초를 초과하면 사고 유발 위험이 운전자도 1.5초를 초과하지 않으려는 경향을 보여 주행 중 차량 조작부의 사용을 위해 전방 시선 이탈 시간을 최소화하는 것이 차량의 조작부 구성에 있어 중요한 사항이었다. 9 또한 차량에서 발생되는 과다하 정보들은 운전자에게 인지부하를 주며 운전 중 주의분산(Distraction) 및 조작부를 제어하는 시간 동안의 시선 분산을 발생시켜 사고를 발생시키는 원인이 되므로 이를 최소화하기 위한 조작부의 구성 및 배치가 비 자율 주행 자동차의 운전자를 위한 실내 구성의 핵심 요소였다. 비 자율 주행 자동차는 운전자의 주행 집중과 시선 분산 방지 등, DRT 중심으로 인간 공학적 측면의 구성 원칙에 의해 구현되었다.

자율 주행 Level 3는 자율 주행 시스템의 사용으로 지정된 구간에서 자율 주행 기능 활용 시 제어권 전환이 요청되지 않았을 경우 운전자의 전방 시야를 주시해야 하는 의무는 없어진다. 이와 같이 운전자에게 부여되었던 주행 관련 과업(DRT: Driving Related Task)의 필요성이 축소되게 되면 엔터테인먼트 기능과 같이 주행 과업과 관련성이 낮은 NDRT에 운전자는 더 많이 관여할 수 있다. 10 또한 주행 주체가 ADS가 되어 자율 주행 시 주행 상황에 의해 NDRT 중 DRT로 전환할 경우는 ADS와 운전자의 인터랙션 방식이 중요한 요소로 작용한다. 운전자의 NDRT 영역이 확대된 만큼 NDRT의 활용에 부합하며 DRT로 전환이 안정적일 수 있는 운전자와 차량의 인터랙션 방식이 요구되며 그접점에 있는 UI디자인은 운전자에게 안정적 제어권 전환을 유도하는 안전과 직결된 매우 중요한 요소이다.

TOR의 성능을 향상시키기 위해 운전자의 NDRT 중 제어권 전환 필요 상황 발생 시 주행 상황 인식(SA: Situation Awareness) 능력을 높이는 것은 중요하다. ¹¹ 주행 상황 인식은 운전자의 감각을 활용하여 주행 상황에 대한 인지와 미래의 상황에 대한 예측으로 해석된다. ¹²

주행 상황 인식은 안정적인 제어권 전환을 위해 운전자가 최적의 의사결정 및 행동을 취하기 위해 중요하다. 주행 중 안전과 사고 예방을 위해 운전자의 주행 상황에 대한 인식 수준의 향상이 필요하며 이를 위해 NDRT 중인 운전자에게 제공되어야 할 정보의 종류와 양 그리고 운전자에게 제공되는 정보의 구성 방식과 방법에 대한 연구가 필요하다.

자율 주행 중 제어권 전환 요청 UI디자인에 관련된 대한민국의 법규 규제 범위는 최소화되어 있다. 이는 자율 주행 자동차 UI디자인 개발에 있어 법규가 기술 개발의 제한 요소로 작용하지 않게 하려는 목적이 있으며, 제어권 전환 요청 UI디자인 개발 시 자유도가 향상되는 장점이 있다. 또한 NDRT중인 운전자에게 제공되는 UI디자인 방식이 국가 또는 제조사별로 정립되어있지 않기 때문에 주행 상황에 따라 구체적인 방식에 대한 연구가 필요하며 디자인을 활용한 자율 주행 자동차의 경쟁력 확보 요소로 발전시킬 수 있다. 운전자 관점에서는 규제 범위에

있는 최소화된 정보 유형보다 각 제어권 전환 상황에 부합하며 차량을 조작하기 위해 최적화된 각기 다른 유형의 제어권 전환 정보를 활용하여 자율 주행 중 안정성 및 자율 주행 기능의 활용도를 향상시킬 수 있다. 또한 본 연구에서 논하는 시각 정보에 기반한 제어권 전환 정보 UI디자인 유형에 관한 연구를 기반으로 청각 및 햅틱(Haptic) 등을 동시에 활용한 멀티 모달(Multi Modal) 방식을 활용한 제어권 전환 요청 UI디자인 연구로 발전해 나아갈 수 있다.

본 연구의 목적을 요약하면 다음과 같다. 자율 주행 중 NDRT로 시간을 활용하는 운전자에게 주행 조건의 변화에 의해 TOR 발생 시주행 상황을 효과적으로 인지시키며 안정적으로 TO를 실행시키는 것이다. 이를 위해 이미지 및 텍스트와 같은 시각 정보에 기반하여 구성된 제어권 전환을 요청하는 UI디자인의 유형이 운전자에게 주는 영향을 파악하고, 그 원인에 대해 분석하여 최적화된 UI디자인을 구성하는 요인을 밝힌다. 이에 대한 제어권 전환 실험을 시뮬레이터를 활용하여 피실험자를 대상으로 실시한다. 제공되는 제어권 전환 요청 UI디자인 유형에 따라 피실험자의 반응을 확인하고 제어권 전환 과업을 최초로 경험하게 되는 자율 주행 Level 3단계의 운전자들에게 제공되어야 할 시각 정보 중심의 UI디자인 방향성에 대해 제안한다.

자율 주행 차량의 확산은 정확한 시점을 기준으로 Level 3부터 Level 5 자율 주행 차량까지 구분되어 확산되는 것이 아닌 각 자율 주행 Level의 차량이 공존하는 주행 환경을 구성하게 된다. 현재 Level 3, 4, 5 의 자율 주행 실험이 동시에 실시되고 있으나 Level 3 및 Level 4의 자율 주행 차량이 확산될 것이며 자율 주행 Level 3 차량의 TO를 위한 UI디자인은 운전자 관점에서 원활히 수행될 수 있게 구체화되어야 한다.

비 자율 주행 차량에서 금지되었던 주의 분산도가 높은 NDRT도 ADS의 활용에 의해 운전자에게 허용되는 변화를 준비하는 관점에서 ADS와 운전자간 원활한 상호작용이 이루어질 수 있도록 최적화된

UI디자인이 구현되어야 한다. 반면, 자율 주행 차에 특화된 급진적인 변화를 내재한 UI디자인은 운전자의 조작 안정성을 감소시키므로 13 단계적 변화를 거쳐 기존 차량 방식에서 Level 3 자율 주행에 부합하는 제어권 전환 UI디자인으로 진화될 수 있는 디자인 구성 요소 및 TO을 유도하는 방법에 대해 논한다. 효과적이며 안정적인 제어권 전환을 유도하는 UI디자인은 운전자의 NDRT 범위를 확장시켜 자율 주행 자동차의 궁극적인 목적인 이동 중 운전자의 시간 활용을 가능하게 할 것이다.

1.2 연구의 범위와 방법

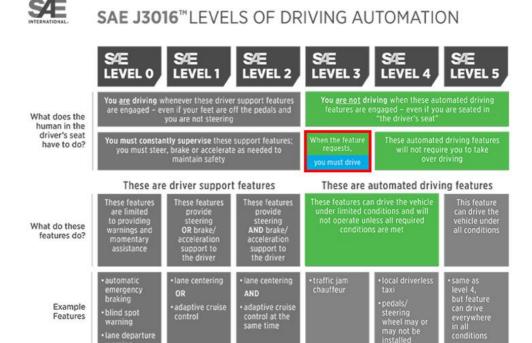
본 연구는 국제자동차기술가협회 SAE(Society of Automotive Engineers)에서 규정한 자율 주행 Level 3단계의 자율 주행 시스템을 전제로 한다. 아래의 [그림2]는 SAE에서 규정한 자율 주행 Level 0부터 Level 5까지 각 단계별 특징을 설명하고 있다.

자율 주행 Level 3는 제한된 주행 조건에 한해 운전자의 개입이 전혀 필요하지 않은 자율 주행이 가능하다. 동시에 자율 주행 중 고속도로 출구, 도로 합류 지점과 같이 자율 주행이 구현될 수 없는 구간이 존재한다. 해당 지점에 진입하기 전 운전자에 의해 차량이 조작되어야 하는 예정된 제어권 전환 과업이 발생되는 특징이 있다. 본 연구는 자율 주행 Level 3의 예정된 제어권 전환 시 자율 주행 시스템이 운전자에게 TOR을 발생하는 주행 상황을 전제로 한다.

자율 주행 Level 3단계의 특징은 자율 주행 중 NDRT가 허용된다. 이로 인해 NDRT 중인 운전자에게 차량의 제어권을 전환해야 하며 운전자의 안전과 직결되는 운전자의 신규 과업이 발생된다.

자율 주행 중 NDRT로 주의 분산되어있는 운전자에게 제어권 전환 필요 시점으로부터 15초 전부터 10초 전까지 TOR을 발생하여 운전자로부터 안정적인 제어권 전환을 유도한다. 운전자의 제어권 전환 상황 인지, 도로 상황 파악 및 제어권 전환 실행을 위해 차량의 시각 인터페이스를 중심으로 제어권 전환 UI디자인을 구성한다.

제어권 전환 요청 발생 시 운전자에게 필수로 제공 되어야 하는 시각 정보는 제어권 전환 요청 아이콘과 필요 시 표기되는 설명 문구로 규정되어있다. 그 외 남은 시간 및 거리 등은 자율 주행 Level 1 또는 Level 2 자율 주행 차량들에서 일반적으로 제공하는 주행 정보다. 이를 활용하여 영상 이미지, 스틸 이미지, 텍스트 각각을 활용한 시각 정보 중심의 제어권 전환 요청 UI디자인을 유형에 따라 구성한다. 각 유형의 제어권 전환 정보 UI디자인에 따라 운전자에게 주는 작업 부하 및 제어권 전환 수행 시 주는 영향을 분석하여 제어권 전환에 최적화된 시각 정보 중심의 UI디자인의 방향을 제안한다.



[그림2] Level of Driving Automation, SAE (2021)

자율 주행 Level 3에 부합하는 제어권 전환 요청 UI디자인의 인터페이스 구성과 변화되고 있는 운전자의 차량 조작 환경에 대한 파악을 위해 기존 차량의 조작 환경 특성에 대해 분석한다. 비 자율 주행 자동차는 일반적으로 내연기관을 사용하며 기계적 특성을 갖고 있는 동력 계통이 차지하는 비율이 전체 차량 대비 약 30% 내외 ¹⁴이기에 제한된 공간에서 운전자가 조작한다는 전제 하에 단 방향 차량 제어를 위한 조작 중심 디자인으로 최적화되어 구성되어 있다. ¹⁵ 비자율 주행 자동차의 실내 핵심 요소는 운전자의 차량 조작을 위한 조작부 디자인이며 주행 중 사용하는 물리 조작부를 중심으로 편의,

오조작의 방지, 제어 시간의 단축 등이 중요 사항이다. 16

자율 주행 Level 3의 자율 주행 자동차는 위와 같은 주행 관련 과업의 요소를 함유하나 운전자가 제어권을 전환받는 상황에 대비하여 운전자의 운전석 착석 여부를 감지하여 운전이 가능한 위치에 있음이 확인되었을 시에만 자율 주행 시스템이 작동하도록 되어있다. 자율 주행 시 외부 환경을 학습하고 이에 따라 능동적으로 반응하는 자율 주행 시스템과 운전자의 효과적 상호작용으로 제어권 전환 요청 발생 시 운전자가 주행 환경에 대응하여 요청되는 과업이 수행될 수 있는 차량 제어를 위한 UI디자인 구성을 위한 요구 사항에 대해 도출한다.

자율 주행 자동차와 같이 지능화된 시스템이 내포한 의미는 상황을 자체적으로 판단하여 수행하는 것으로 자율 주행 시스템에 의한 자율적 제어는 기능의 수행에 있어 자율 주행 시스템이 차량 제어 권한을 전적으로 부여받는 것과 같다. 이와 같이 자율 주행 시스템에 의한 자율 주행으로 Level 3단계 이상부터 운전자의 다양한 NDRT 수행이 가능해지는 등 운전자 과업영역 확대와 이동 중 시간 활용성 향상이라는 긍정적인 측면이 있다. 동시에 효과적인 제어권 전환 요청으로 안정적인 주행 과업으로의 제어권 전환 수행이라는 신규 과업을 운전자가 수행할수 있게 유도하는 자율 주행 자동차 고유의 운전자와 자율 주행 시스템 간 인터랙션(Interaction) 방식을 필요로 한다. 따라서 선행 연구의고찰을 통해 부분 자율 주행 중 자율 주행 시스템이 운전자에게 TOR 요청 시 제어권 전환을 위한 인터랙션 방법 등에 따라 안정적인 전환을 위해 구체적으로 소요되는 시간과 운전자의 시각 및 청각 등을 활용하여효과적으로 제어권 전환 요청을 제공하고 인지시키며 수행을 유도하는 방법에 대해 파악한다.

자율 주행 자동차는 실내 디자인의 확장, 인테리어 디자인의 융합, 탑승자 중심으로의 디자인 전환이 중요시되어 거주 공간 개념으로의 발전 ¹⁷이 중요시되는 부분이 있으나 본 연구는 자율 주행 중 운전자의 NDRT에 한하여 논한다. 운전자가 NDRT 가능 여부를 인지하는 시점은 비 자율 주행 구간에서 완전 자율 주행 구간으로 진입한 이후 운전자의 인지 및 자율 주행 기능의 활성화에 의해 자율 주행이 시작된 시점을 기준으로 한다. 시각 및 청각 인터페이스 방식으로 자율 주행 기능활성화 여부를 운전자가 인지할 수 있어야 하고 운전자는 자율 주행기능 활용에 의해 NDRT가 가능한 구간으로 인지해야 한다.

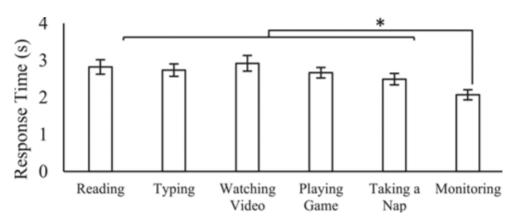
운전자의 NDRT 유형들 중 주의 분산 정도에 대한 선행 연구들을 고찰하여 운전자가 실행 가능한 NDRT를 분류하고 실험에 적용할 유형을 선정한다.

Wan(2018)의 연구 결과 18에 따르면 NDRT 유형에 따라 운전자의 주의 분산 정도에 차이가 있음을 확인했으며 제어권 전환 시 소요되는 시간에 변화를 확인했다.

아래 [그림3]은 휴식과 같은 경우 운전자의 시각 및 청각의 부하가 적은 NDRT는 반응시간이 더 적게 소요되었다. 독서, 영상 시청과 같은 경우 시각 또는 시각과 청각을 활용한 NDRT로 반응 시간은 휴식 대비 상대적으로 더 소요되었다.

또한 주행 과업 전환 후에도 수행 수준에 차이를 나타냈으며 제어권 전환 시점으로부터 운전자가 제어권 전환 준비를 위해 부여되는 시간에 따라 안전도에 차이가 있음을 확인하였다.

자율 주행 Level 3의 NDRT는 그 종류가 제한되어있지 않지만 NDRT 유형이 자율 주행 시스템과 운전자의 제어권 전환에 주는 영향에 대한 인과관계 파악을 기반으로 NDRT 중인 운전자에게 제어권 전환 요청 시 안정적인 대응을 유도할 수 있는 요인에 대해 파악한다. 이를 기반으로 자율 주행 시스템이 제어권 전환을 위해 운전자에게 제공하는 주행 정보의 종류 및 방식에 대해 정의한다.



[그림3] The Effects of Lead Time of Take-Over Request and Non driving Tasks on Taking-Over Control of Automated Vehicles, Wan (2018)

자율 주행 Level 2 이하 단계의 실내 조작부 선행 연구 등과 자율 주행 자동차 조작부의 선행 연구¹⁹²⁰ 등을 통해 자율 주행 시스템과 운전자의 동시 제어를 고려한 전자화 기반의 자율 주행 자동차는 실내 레이아웃의 변화 폭이 제한적이라는 것을 확인하였다. 운전자가 주행 중 안전벨트를 착용해야 하는 점, 완전 자율 주행과 비 자율 주행이 혼재하는 차량 인터페이스를 기반으로 하는 점, 전 구간 완전 자율 주행이 불가하여 운전자의 역할이 구간 및 주행 조건에 따라 필요하 점을 들 수 있다. 이와 같은 사항들을 고려했을 때 NDRT 중인 운전자에게 차량 내 시각 정보전달 및 차량조작을 위한 시각 인터페이스 장치인 디스플레이는 전면 윈드쉴드(Windshield)에 투영되어 나타나는 헤드 업 디스플레이(HUD: Head Up Display)와 대시보드에 위치한 클러스터(Cluster), 대시보드 중앙에 위치한 센터페시아의 디스플레이를 활용할 수 있다. 본 연구는 시각 인터랙션 요소로 운전자의 활용도가 가장 높은 대시보드의 센터페시아 디스플레이 21를 연구 범위로 한다. 운전자의 시트 포지션 변화 시 헤드 업 디스플레이는 운전자의 시야 각 변화에 따라 시각정보 내용의 확인이 불가하여 NDRT 중 주행 정자세에서의 활용이 불가하며, 클러스터는 운전자와 스티어링 휠의 정위치 시 확인할 수 있는 시각 인터페이스 장치로 NDRT 중 운전자의자세 변화 등을 고려하여 시각 정보 전달 방법에 있어 시인성 확보에문제없는 센터페시아의 디스플레이를 활용한다.

비 자율 주행 차량의 센터페시아에 위치한 디스플레이를 활용한 사용자 인터랙션 주요 기능은 인포테인먼트, 공조, 차량 시스템 설정 조작 등이다. 반면 자율 주행 차량의 디스플레이는 자율 주행 중인 차량의 외부 상태를 나타내는 레이더 및 라이다를 활용 주변 도로 상태와 지도 정보표시 등 자율 주행 차량의 상태정보를 표기하여 운전자가 주행 상태를 인지하게 하기 위해 필요하다. 이와 같이 차량 주행을 위해 운전을 위한 운전자 조작 관점과 자율 주행을 위한 디스플레이의 활용은 차이가 있다. 본 연구는 자율 주행 기능 활용으로 NDRT 중 TOR 발생 시 ADS와 운전자간 인터랙션을 위한 디스플레이 사용으로 한정하며 TOR을 위한 정보 표기에 한정한다. 실제 주행 중인 차량 조작 관점에서 센터페시아의 디스플레이를 통해 제공될 수 있는 공조, 차량 상태 등의 부가 정보 표기, 제공되는 시퀀스 등에 의해 운전자에게 주는 영향은 본 연구에서 다루지 않는다.

운전자의 주행 과업, 차량 조작을 위한 인터랙션 과정에 있어 선행연구에서 시각/청각/촉각 등을 활용한 멀티 모달 인터랙션 방식이효과적임을 확인했다. 본 연구는 시각 정보를 중심으로 UI디자인을구성하며 청각 정보는 제어권 전환 요청을 알리는 경고음(Beeping)만활용된다. 정확한 주행 상황 전달에 있어 청각 인터페이스를 활용한상세한 설명이 운전자의 효과적 판단에 유의미하게 작용하지만 본연구는 시각 인터페이스가 주는 영향에 중점을 두기 위해 청각인터페이스는 NDRT 중인 운전자에게 TOR이 발생했음을 인지시키기위한 경고음의 사용으로 한정한다. 청각 인터페이스 장치를 활용하여음성 정보의 언어적 특성, 청각 정보 발생 방향에 따른 공간감에 의한

운전자의 인지 차이는 본 연구에서 다루지 않는다. 제공되는 청각 인터페이스의 경고음은 법규에 따라 55dB 이상으로 한다.

자율 주행 자동차에서 구현되는 UI디자인이 운전자에게 요구하는 사항과 이에 따른 제어권 전환 실행은 운전자의 운전 경력 및 연령대에 따른 인지 반응 속도 등, 운전자의 주행 과업 역량이 변수로 작용하므로 피실험자 대상군 선정 시 본 연구의 범위에 부합하는 대상을 구체화하여 선정한다. 운전자의 나이, 운전경력, 성별, 시력, 보유 차종, 음주 여부등의 사항에 대해 피실험자 모집 및 실험 시 고려한다. 현재는 도로에서 주행 중 자율 주행 Level 3 이상 차량에 한하여 운전자의 영상 시청과 같은 NDRT가 가능하여 본 실험을 위해 차량 주행 화면과 조종 장치를 활용한 시뮬레이터를 활용한 운전자의 제어권 전환 실험을 실시한다. NDRT 중 제어권 전환 요청 발생 시 운전자가 제어권 전환을 실시하는 시점의 기준은 스티어링 휠 또는 가속/감속 페달을 조작하는 시점으로한다. 차량의 속도 조정이 가능한 조작 장치 중 크루즈 컨트롤 레버 및 변속 레버와 같은 조작 방식이 있으나 본 연구에서는 사용을 가정하지 않는다.

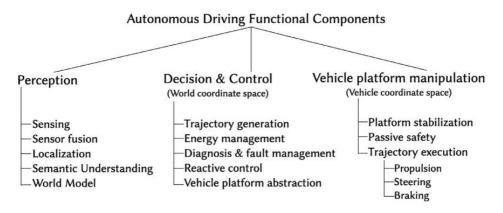
본 시뮬레이터는 실제 차량 주행과 동일한 좌우 또는 앞뒤 흔들림과 같은 물리적 움직임은 제공되지 않으나 기후, 시간, 교통량과 같은 주행 상황에 대한 변수를 통제하여 제어권 전환이 요청되는 주행 상황의 실험을 실시한다. 피실험자에 대한 평가는 반응 시간 및 과업 부하량, 제어권 전환 과정에 대한 영상 촬영을 통해 운전자가 상황을 인지하고 판단하여 제어하는 일련의 조건에 따라 반응하는 양상을 분석한다. 또한 실험 과정을 녹화한 영상을 활용하여 실험 전개 과정에서 보이는 과정을 분석한다.

제 2 장 선행 연구

2.1 이론적 배경

2.1.1 자율 주행 자동차

자율 주행 자동차는 운전자가 탑승한 상태에서 운전자의 개입 없이 목적지까지 이동하는 차량을 의미하며 차량과 운전자의 주행을 위한 상호 작용 과정은 목표, 인지, 제어, 판단, 평가의 단계를 거쳐 운행된다. ²² 차량의 자율 주행 시스템에 의해 인식된 대상에 대해 차량의 움직임이 결정 및 제어되고 차량을 의도적으로 조작하여 원하는 동작을 달성하는 것이 자율 주행 자동차의 기본적 기능 ²³ 이며 [그림4]는 세부 구성 사항이다.



[그림4] A functional reference architecture for autonomous driving, Sagar (2016)

자율 주행 자동차는 통신망과 레이더, 라이다 및 센서, 카메라를 활용한 지능형 운전자 보조 시스템으로 ^{24 25}차로 유지 및 차선 변경, 고정된 외부 환경 요소를 인식하여 지정된 목적지까지 주행 경로를 이동한다. 또한 주변 차량, 공사 구간 등의 요소 및 보행자, 동물 등과 같은 이동 물체에 대한 인식도 하게 된다. 사물의 인식 후 상황을 스스로 판단하여 출발, 정지, 선행 차량 추월 등의 주행과 관련 된 상황 판단과 통신망을 활용한 최적 경로로 운행하게 된다. ²⁶ 이와 같은 일련의 과정은 자율 주행 환경의 자동차 시스템에서만 이루어지는 것이 아니라 비 자율 주행 자동차에서도 운전자에 의한 차량 조작이 이루어지고 있으며, 자율 주행 자동차 조작부 디자인 시에는 사용자의 기존 차량 조작 방식에 대한 고려가 필요하다.

자율 주행 차의 개발에 있어 2010년부터 스탠퍼드 대학의 구글 셀프드라이빙카(Self-driving car)팀, 세바스찬트런(Sebastian Thrun)은 "What we're driving at"에서 환경 보호, 통근시간 활용, 사고 예방을 위해 24만 킬로미터 이상의 자율 주행을 시험 운행 중이라고 했으며 차량 주변정보와 상세지도 정보를 결합하여 자율 주행기능을 개발 중 이라고 했다. 2728 이와 같이 자율 주행 자동차는 특수목적이 아닌 일상 생활 속에 활용되기 위해 연구되고 있고 이 같은 사용성에 대한 고려가 반영되어야 한다.

2.1.2 비 주행 관련 과업 (NDRT: Non Driving Related Task)

NDRT는 자율 주행 중 운전자가 차량 주행 과업과 직접적인 관계 없이 행할 수 있는 부수적인 과업이다. 비 자율 주행 차량 운전자가 NDRT를 행하는 것은 운전 중 주의 산만을 유발하며 주행 안전성을 낮추므로 금지되어 있다. 운전자의 운전 과업 범위를 축소시키는 고도로 자동화된 자동 운전 시스템의 도입으로 더욱 다양한 유형의 NDRT가 가능해질 것이다. ²⁹ 실제 많은 자동차 제조업체는 자동화된 자동차의 주요 이점 중 하나가 이동 중 NDRT를 통해 '시간을 활용'할 수 있다는 점을 강조한다.

운전자의 비 자율 주행 중 NDRT는 운전자가 교통 상황, 도로 및 환경 조건에 맞춰 행하는 것으로 연구되었으며 이와 같이 상황에 따라 NDRT를 행하는 것은 자율 주행 모드에서도 동일하게 나타났다. 자율 주행 자동차에 적합한 NDRT의 규명이나 자율 주행 모드로 주행 중 NDRT의 허용 범위 정도를 조사하는 실증 연구도 확인할 수 있다.

자율 주행 Level 3는 자율 주행 중 제어권 전환 요청이 발생하면 운전자는 NDRT를 중지하고 제어권을 넘겨 받아야 한다. 차량 제어권을 인수하지 못하거나 그 과정 중 실수를 하면 사고로 이어질 수 있다. 운전자에 따라 제어권 전환 요청에 대한 응답 시간이 다르며 NDRT 유형, 운전자 연령, 경험, 성격 및 성별과 같은 다양한 요인의 영향을 받는다. 30 아래 [표1]은 NDRT 중 운전자가 받게 되는 영향을 감각에 따라 나타내었으며 이 자료를 통해 NDRT의 유형에 따라 운전자에게 인지 부하를 주는 영역에 차이를 보이며 자율 주행 중 주행 상황을 인지하고 차량 제어권을 전환하는데 영향을 주게 된다. [표1]은 1을 최대치로, 0을 최소치로 구분하여 운전자에게 주는 영향을 나타낸다.

Task cluster	Average demands				
1 ask cluster	Visual	Auditory	Cognition	Psychomotor	
Smartphone					
Computer					
Read	0.87	0	0.68	0.42	
Internet					
Texting					
Eat/drink					
Makeup					
Dress up	0.64	0	0.16	0.77	
Cleaning					
Backseat					
Sleep					
Nothing	0.11	0.05	0.11	0.04	
Scenery					
Music					
Conversation	0.14	0.70	0.76	0.00	
Movie	1.00	0.70	0.60	0.10	
Game	1.00	0.70	0.69	0.19	

[班1] A study on the Correlation between subjective driver readiness and NDRT type during automated driving, Kim (2020)

2.1.3 지능형 시스템

자율 주행 자동차는 지능화된 시스템에 의해 주행 상황을 스스로 판단하여 운전자의 지시 없이 차량을 제어한다. 이와 같은 지능형 시스템의 궁극적인 활용 목표는 주행 중 최적의 선택을 하는 것이며 지능형 시스템의 선택은 적절한 정보를 수용하고 처리한 결과에 의해 이뤄진다. 31 지능형 기술은 사용자의 문제 해결 과정에서 도움을 주기위해 사용되는데 중심을 두어야 하며 인간의 역할은 시스템의 관리자로서 다양한 종류와 양의 지능과 영향력을 분류하여 인지하고 전체 시스템의 기능을 활용하는데 있다. 32 지능형 시스템의 고도화는 세 단계로 분류할 수 있다. 첫번째 단계는 시스템에 입력된 정보를

저장하고 출력할 수 있는 정도이며 두번째 단계는 진화된 지능 수준으로 입력된 정보를 스스로 파악하고 사용자에게 여러 가지 방식으로 인지시켜주는 것이며 세번째 단계는 보다 높은 차원의 지능형 시스템으로 외부의 제어없이 스스로 상황을 판단하고 기능 제어 결정을 자체적으로 수행하는 것이다. ³³ 주행 기능과 직접적인 상관성이 낮은 영역은 지능형 시스템의 차량 활용에 있어 자동차 내부 자체적 시스템보다 외부 플랫폼과 연동하여 제공하는 커넥티드 서비스에 대한 수요가 증대되고 있다. ³⁴

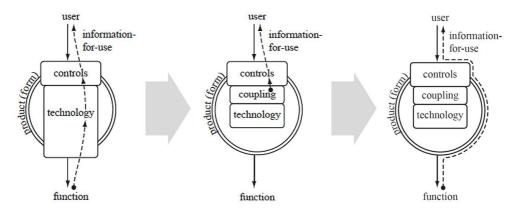
커넥티드 서비스의 활용은 차량 내에 운전자의 지능화된 에이전트의 활용을 가능하게 해준다. 운전자가 시스템을 에이전트로 여기면 에이전트와 자연스러운 상호작용이 가능하며 시스템에 대한 신뢰감을 갖게 되고³⁵ 에이전트를 통해 차량 기능의 명령을 지시하게 될 것이다. 다만 에이전트의 활용에 있어 자동차의 특성상 주행 중 발생하는 주변환경 잡음으로 인해 음성인식률이 떨어져³⁶운전자의 음성 입력을 활용한 인터랙션 방식에 있어 제한점은 고려되어야 한다.

주행과 직접/간접적인 영향을 주는 지능형 시스템의 활용에 있어 주행과 관련된 AI 플랫폼을 포함해서 차량 연동 기기까지 포괄한 통합기술이 필요³⁷ 하나 현 시점에 존재하지 않는 점을 고려하여 본 연구의범위를 차량 주행 제어 시스템과 편의 관련 시스템이 분리된 상황에서 UI디자인의 구현 방법에 대해 다룬다.

자율 주행 자동차의 상황에 따른 운전자와 차량의 효과적 인터랙션 방법에 대한 연구들이 존재한다. 지능화된 시스템의 구조를 고려하고 UI디자인에 적용하여 운전자와 차량이 TOR 발생 시 효과적 인터랙션을 구현하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

2.1.4 상호작용 방식

기존의 자동차 조작부 디자인은 내연기관의 기계적 특성을 갖고 있으며 기능이 조작부와 직접적으로 연결되어 있었기에 사용자는 각 제어부에서 물리적 제어 장치 중심으로 운전자의 판단에 의해 기능을 수행시켰다. 38 반면 모빌리티 분야에서 전자화는 빠른 속도로 진행되고 있으며 자율적 제어를 수행시키기 위해 인공 지능(A.I) 분야를 활용하게 되다.³⁹ 차량의 조작부에도 확산 적용되고 있으며 과거에는 전자화된 조작부 도입에 있어 기술적 한계, 오동작 방지에 대한 신뢰성 등으로 인한 제한 요소가 있었으나 현재는 전자적 방식의 조작부 적용이 급진적으로 증가하고 있다. 전자적 방식의 조작부 디자인은 조작 방식의 구현에 있어 자유도를 월등히 향상시킨다. 조작부 크기, 조작 종류, 조작 속도, 조작 방법 등에 있어 기계적 조작 방식과 차이를 보이며 기능의 수행을 위한 조작 방식에 있어 다양성을 확보할 수 있다. 반면 운전자에게 제공되는 기능의 수가 증가하며 복잡한 사용자 인터페이스로 운전자가 조작에 어려움을 겪는 현상을 발생시켜 디스플레이 또는 조작부와 같은 인터페이스 요소들이 얼마나 쉽고 편리하게 사용할 수 있도록 설계되었는가가 중요한 요소로 대두된다. 40 [그림5]에서는 기존의 기능 활용을 위한 기계적 제어 방식에서 전자화에 따른 사용자 중심의 확장된 제어 영역을 나타낸다. 과거에는 제품의 형상이 기능을 나타내며 사용자의 조작은 기능을 위해 즉시 반영되었다. 그러나 [그림 5]의 중앙에 있는 도표와 같이 제품의 사용자는 전자화된 인터페이스를 활용하여 기능을 실행하게 되고 인터페이스는 제품 하드웨어와 사용자의 기능 활용을 위한 정보를 연결(Coupling)한다. 이를 통해 형상의 자유도가 향상되며 크기는 축소된다. [그림5]의 가장 오른쪽 도표와 같이 제품 형태의 자유도는 인터페이스 방식의 변화로 향상되어 구현되며 더 확장된 방식의 디자인을 사용자에게 제공할 수 있다.



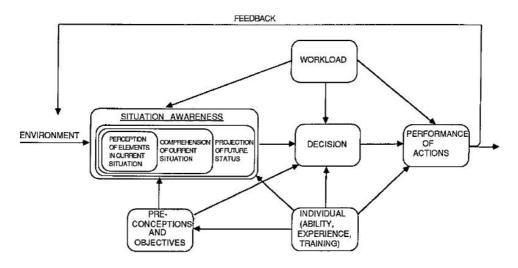
[그림5] Designing for rich interaction Integrating form, interaction and function, Frens (2006)

자율 주행 Level 3의 자동차는 수집된 주행 데이터를 학습하며 발전되는 기능을 수용할 수 있는 조작부 UI디자인을 필요로 한다. 기존의 인터페이스 디자인 방법은 현 수준의 지능형 기술과 사용자 간의다시 정의된 관계로 인해 완벽히 수용하기 힘들 것이다. 41 또한고도화된 지능을 갖고 있는 인간과 기계의 상호작용 과정 초기단계에는 어려움이 예상되며 새로운 방식을 필요로 할 것이다. 42 자율 주행자동차는 주변 환경과 사물, 신호 등을 인식하며 지정한 목적지로스스로 판단하여 이동한다. 주행의 주체는 차량이 되며 운전자는 차량제어자 역할에서 인지 및 승인의 역할이 강조되며 이 과정에서다루어지는 정보의 종류와 양, 그리고 방식에 있어 조작부의 전자적특성을 활용하여 효과적으로 상호 작용할 수 있는 방식의 연구가필요하다.

2.1.5 운전자의 주행 상황 인식(Situation awareness)

일반적으로 정의되는 상황 인식은 환경 요소들에 대한 지각 및 지각된 요소의 의미에 대한 이해, 그리고 현 상황에 대한 이해에 기반한 가까운 미래에 발생될 상황을 예측하며 지속적으로 변화하는 환경에서 사용자가 어떻게 정보를 선택하고 자신의 것으로 만드는지에 대한 것으로 상황에 대한 지각, 상황에 대한 이해력, 미래 상태에 대한 예측으로 구성된다. 운전자 관점에서의 상황 인식도 '주행 중 공간상에 편재하는 정보를 지각하여 이해하고 이를 근거로 가까운 미래에 전개될 상황을 예측하여 최종수행에 반영하는 일련의 과정을 기술하는 것'으로 정의한다. 이는 상황 인식의 실패 또는 부족이 잘못된 의사결정으로 이어져 오조작으로 인한 사고와 연결되는 직접적인 요인이 될 수 있다는 것을 나타낸다. 상황 인식에 실패하는 주요 원인으로는 작업 부하, 사용자 역량, 피로, 인터페이스의 복잡성과 운전자의 주의(Attention)와 관련된 사항이 있다.

Endsley가 제시한 [그림6]의 상황인식 모델을 자율 주행 상황에 대입하여 해석하면 상황인식의 첫 번째 과정인 지각(Perception) 단계는 전개되는 주행 환경과 도로 상황 속에서 주변의 사물에 대해 인식하는 것을 나타낸다. 그 예로 운전자는 주행중인 차량의 위치,속도와 같은 물리적 요소에 대해 지각한다. 두 번째 단계인 상황이해(Comprehension) 단계는 주어진 상황에서 일어나는 의미 있는 사건에 대한 이해를 하는 과정이며 운전자는 주변 차량의 움직임 방향차량, 주행 중 고려해야 하는 보행자에 대한 인식과 같은 위험 요소인식과 주변 사물의 영향 요소를 이해한다. 세 번째는 앞의 두 단계에서 지각하고 이해하게 된 운전 수행 환경을 기반으로 곧 맞이할 운전상황에 대해 예측(Projection)하는 단계이다.



[그림6] Aircrew 의사 결정 모델, Endsley (1988)

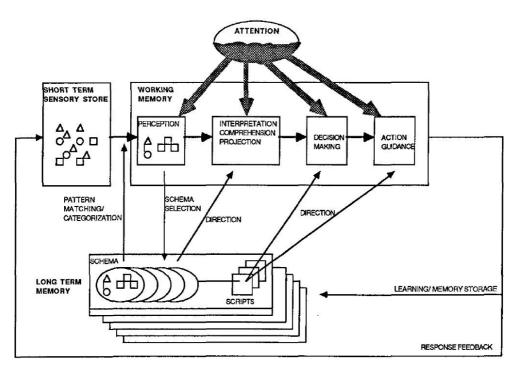
[그림7]은 상황 인식을 위한 기본 구조 형성을 단기 감각 기억, 지각, 작업 기억 및 장기 기억의 메커니즘으로 설명한다.

운전자는 주변 환경으로부터 특정 속성이 관찰되는 아이코닉 및 에코메모리 저장소를 통해 병렬로 처리되어 더 집중된 주의를 위한 신호를 제공받는다. 주변 환경이 제공하는 위치, 모양, 색상 또는 움직임 특성에따라 특정 물체에 주의를 기울일 수 있다. 그 후 일반적으로 작업기억에서 활발히 수행되는 운전자의 목표, 목적 및 작업과 관련하여이러한 기능을 장기 기억에서 활성화된 관련 스키마에 의해 작업 수행에활용된다. Endsley는 상황이 제공하는 정보를 문제 해결을 지시하는스키마를 활용하여 즉시 범주화한다는 것을 발견했다. 43 상황인식은장기 기억에 의해 잘 발달된 표현이 영향을 받으며 주어진 환경에기능하는 해결 모델을 판단하는데 활용하며 미래 행동에 대한 준비를위해서도 사용된다.

제어권 전환에 익숙하지 못한 운전자는 단순한 규칙과 발견적 방법에 의존해야 하지만, 숙련된 운전자는 장기 기억의 스키마를 활용하여 구성 요소, 속성 및 기능을 자세히 설명하는 훨씬 더 풍부한 정보를 기반으로 과업을 수행하게 된다.

새로운 환경에 의한 정보가 등장하면 개인의 스키마에 통합되어 원활한 작업처리 과정을 이루지만, 새로운 정보가 기존 스키마와 맞지 않는 것으로 인식될 경우 과업 처리에 문제가 발생한다. 이 상황에서 일어나는 가장 일반적인 반응은 차이를 무시하거나 새로운 정보에 집중하는 것이다.

제어권 전환에 있어 운전자에게 GUI를 활용한 스키마 생성이 상황 인식에 효과적이며, 시각적 양식으로 제시되는 정보에 대한 우위 현상을 고려하되 시각적 양식이 사용자의 주의력을 제한할 수 있는 점을 고려해야 한다.



[그림7] 상황인식 메커니즘, Endsley (1988)

2.1.6 운전자 지각

지각은 운전자가 접하는 환경과 대상에 의미를 부여하기 위해 선택화, 조직화, 해석화하는 과정이다. 개인은 지각을 통해 감각으로 받아들인

자료를 걸러내고, 수정하고, 해석하여 정보화한다. ⁴⁴ 일반적으로 운전자의 행동은 시각, 청각 등 외부 자극을 [그림8]에서 설명하고 있는 STSS(Short-Term Sensory Store)를 통해 지각하게 되며, 의사결정 및 반응선택(Response selection)을 하고 마지막 과정으로 반응을 보이게 된다. 이와 같은 처리과정은 과업이 반복될 때 각 단계에 다시 반영되어 그 과정에서 정보로 다시 활용한다. ⁴⁵ 운전자의 실행 행위는 상황 그대로가 아닌 상황이 무엇인지에 대한 지각을 기반으로 행해진다.

운전자의 지각 반응 시간은 '운전자가 바라보는 시각에 비춰진 어떤 사물 또는 상황과 운전자가 반응을 최초로 나타내는 시간 간격'이라 정의하였으며, 1. 지각, 2. 식별, 3. 행동판단, 4. 반응 의 과정으로 구분하였다. 46

운전은 공간상에 존재하는 사물이 지속적으로 변화할 때 여러 가지 정보를 일시에 처리해야 하는 복합적인 과업⁴⁷이며 이때 개입하는 공간 지각 능력이 우수할수록 상황 파악과 이해, 주행 예측 수행도가 우수하게 나타났다. ⁴⁸ 지각은 운전자의 내적 요소에 의해 영향을 받으며 건강 상태, 수면상태, 음주, 약물의 복용 등과 같이 사람에 의한 발생으로 행동에 영향을 주는 요소다. 이는 피로, 주의 및 집중력 저하, 제시된 정보에 대한 명확하지 않은 분석 등을 발생시키며 운전자의 지각 능력에 영향을 주며 운전수행의 저하를 가져온다. ⁴⁹

Helmholtz는 추론 관점에서 경험의 중요성을 강조하며 사람들은 어떠한 자극을 이해하기 위해 환경에 관한 사전 경험으로부터 얻은 지식을 활용한다고 주장했다. 이러한 사전 지식은 개인적 경험에 기초하여 사람들은 감각 경험의 의미(감각 세포가 탐지한 자극물)를 해석하기 위해 추론의 과정을 거친다. 보통 이러한 추론은 상당히 명확하지만, 앞서 경험한 불확실한 감각 자극에 의해 지각적인 착시를 유발할 수 있고 잘못된 결론을 내릴 수 있다.

운전의 외적 요소인 주행 환경 설계 시 인지 반응 시간 기준은 실험

결과를 토대로 안전성을 가미하여 산출된 값으로 대부분의 국가에서 주행속도에 관계없이 2.0초 또는 2.5초의 일정한 값을 사용하고 있다. 국내 기준은 위험요소를 판단하는 시간(인지시간, Perception time) 1.5초에 제동장치를 작동하는 시간(반응시간, Reaction time) 1.0초를 고려하여 2.5초를 설계기준으로 사용한다.

2.2 선행 연구 고찰

2.2.1 자율 주행 조작 환경 선행 연구

비 자율 주행 자동차의 운전자 과업은 차량의 내/외부 상황을 파악하고 주행중인 타 차량, 바이크와 같은 외부 환경 요인과 상호 작용을 통해 차량을 직접 제어하는 것이다. 50 특히, 지역별 도로 교통 환경의 특성에 따른 차이를 운전자가 파악하고, 도로 상황에 맞게 해석하여 운전 기능으로 수행하기에 운전자의 판단 역량은 안정적 주행에 지대한 영향을 준다. 또한 운전자의 운전 기능 수행 수준이 자동차 조작에 미치는 영향 외에도 자동차의 주행 시간에 따른 운전자의 피로도 차이로 인해 주행 안전도에 변화를 가져오기도 한다. 51 비 자율 주행 자동차의 운전 중 보행자와 발생하는 사고에 대한 책임은 전적으로 운전자가 갖는다.

자율 주행 자동차는 주행 중 차량의 내/외부 상황 및 주행 중 타차량의 움직임, 보행자가 표출하는 행동을 인지하여 ADS가 차량을 제어하는 역할 ⁵²을 한다. 자율 주행 자동차의 ADS는 카메라,라이다(Lidar), 레이더(Radar)를 활용하여 차량을 제어한다. ⁵³ 완전 자율 주행 중 자율 주행 2 단계 까지는 운전자의 교통 및 도로 상황에 대한 관찰을 필요로 하며 ⁵⁴ 자율 주행 3 단계부터 NDRT의 수행이가능하다. ADS의 핵심 기능은 주행 측면에서 조향, 제동, 가속 및 차량과 도로의 감시, 상황 판단 측면에서 주행 중 전개되는 상황에 대한반응, 차선 변경시기의 결정, 회전, 신호의 사용 및 기타 관련 행동,전략적 측면에서 목표지점의 설정을 의미한다. 운행 중 발생한 사고에 대한 책임 여부는 운전자와 제조사로 나뉘며 국가별로 책임 주체에 대한해석이 다르다. ⁵⁵

운전자의 역할은 과거 차량 제어 중심에서 주행 환경을 고려하여 자율

주행 상태를 인지, 승인, 제어하는 영역으로 변화된다. 차량의 상태를 지속적으로 운전자에게 전달하고 피드백 받는 인터랙션 방식에 있어 비자율 주행 자동차 대비 그 중요성이 더욱 증대된다. 자율 주행 3 단계의 상용화는 위와 같은 자율 주행 자동차의 특성에 부합하도록 완전 자율 주행 시 운전자의 NDRT 중 TOR 발생 시 최적화된 인터랙션을 필요로하며 이를 구현하기 위해 운전자의 NDRT에 대한 세부적인 행동 별특징 분석을 토대로 NDRT의 인터랙션 방식을 구체화하고 이에 따른 DRT 전환의 효용성에 대한 연구가 필요하다.

2.2.2 자율 주행 환경의 제어 방식 선행 연구

운전자에 의한 제어가 전제되는 비 자율 주행 자동차는 기계적 특성을 갖고 있는 내연 기관 구조를 기반으로 한다. ⁵⁶ 2000년 이후 자동차는 조작부의 디지털화로 대형 디스플레이 및 터치 방식 인터페이스 적용으로 접근성과 사용성이 향상되어 대시보드 조작부에 적용되는 인터페이스의 진화를 확인 ⁵⁷할 수 있다. 기계적 동력 장치의 비 자율 주행 자동차 특징은 기능판단과 수행에 있어 근본적으로 운전자의 제어를 전제로 차량이 운행된다. 이는 운전자의 단 방향 기능 명령을 중심으로 조작이 이루어져 운전자 중심의 조작부로 구성된다.

반면, 자율 주행 차는 동력계를 포함한 주요 제어 장치가 전자화된다. 전자화된 조작 방식을 활용하는 차량과 운전자의 인터랙션 방식에 있어보다 효과적인 조작 방식을 찾기 위한 선행 연구가 진행됐다. 운전자의지각과 시각을 활용하여 물리적 조작과 시각 표시 정보를 일치시켜직관성을 향상시키는 조작 방식 58부터 지능화된 시스템으로 음성과시각의 정보를 멀티 모달 에이전트를 센터페시아 상단 영역에 활용하는인터페이스 방식 59까지 다양하다. 시각 정보 없이 조작 명령이 가능한제스처 방식은 물리적 입력 장치가 요구되지 않고 시각 정보 제공을

필요로 하지 않는 장점이 있으나 운전자가 명령어를 기억하고 실행해야 하기에 실제 활용할 수 있는 기능의 한계가 있다. ⁶⁰

자율 주행 자동차의 조작 방식과 관련하여 차량 운전자의 근본적역할에 대한 이해⁶¹와 운전자에게 주행 상황을 최적화하여 인지시키는 방법⁶²을 기반으로 기능 조작 방식의 적합성⁶³에 대한 선행 연구를 분석하였다. 아래 [표2]와 같은 지능형 차량의 입력 방식에 대한 선호도에 대한 선행 연구를 고려하여 자율 주행 자동차의 조작부인터페이스 방식을 고려해야 한다.

연령		아이트래킹	제스처	터치	음성인식	물리적 버튼	전체
10대	빈도	3	8	12	18	15	56
	백분율	5.4%	14.3%	21.4%	32.1%	26.8%	100.0%
20대	빈도	45	102	190	376	85	798
	백분율	5.6%	12.8%	23.8%	47.1%	10.7%	100.0%
00-3	빈도	69	200	341	952	160	1722
30대	백분율	4.0%	11.6%	19.8%	55.3%	9.3%	100.0%
40-31	빈도	117	169	393	885	200	1764
40대	백분율	6.6%	9.6%	22.3%	50.2%	11.3%	100.0%
EA-d	빈도	74	74	276	509	103	1036
50대	백분율	7.1%	7.1%	26.6%	49.1%	9.9%	100.0%

표기 1순위 2순위 3순위

[표2] 조작방식 연령별 선호 분석, 스마트카 입력 방식에 대한 국가별 비교 분석-한국, 중국, 미국, 유럽 4개 지역을 중심으로, Ju (2017)

위의 [표2]에서 차량의 기능 명령을 위해 가장 선호되는 것은 음성인식, 터치, 물리버튼, 제스처임을 알 수 있다. 가장 선호되는 것은 음성 인식으로 볼 수 있으며 차량의 주행 소음 등으로 인한 장애 요소를 극복하기 위한 방법에 대한 연구 6465 는 과거부터 진행되고 있으나

자동차의 사용 환경 특성으로 인해 보편적으로 사용되고 있지 못하다. 터치 방식은 디스플레이를 중심으로 활용되지만 물리버튼 활용을 통해 구현되기도 한다. 본 연구는 전자화가 진행중인 자율 주행 자동차의 특성에 부합하는 센터페시아에 위치한 디스플레이를 활용하여 주행 정보를 전달하는 시각 인터랙션을 활용하여 물리 조작부를 통한 차량의 제어를 전제로 한다.

2.2.3 운전자 과업(Task)에 따른 조작부 선행 연구

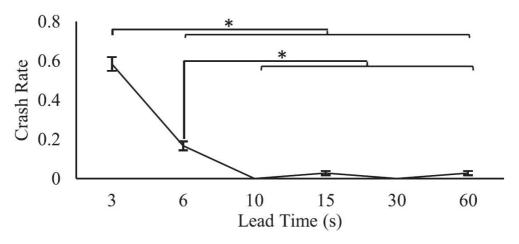
차량의 전자화로 운전자와 차량 간 상호작용이 중요한 요소로 작용된다. 66 운전자는 기존에 갖고 있던 고정적인 차량 제어 권한을 자율 주행 시스템과 양분하게 되며, TOR 발생 시 운전자의 대응이 필요하며 제한된 시간 내에 조작 주체의 변환이 가능해야 한다. 67 비 자율 주행 자동차의 운전자는 주행 상황을 파악하여 차를 직접 제어하는 역할을 했으나, 자율 주행 차는 주행 조건을 자율 주행 시스템이 판단 후, 운전자에게 인지시키고 운전자는 허용 여부를 결정하며 필요 시 운전자가 차량을 조작하는 역할로 변화한다. 68 따라서 다수의 운전자에게 내재화되어 있는 기존의 UI디자인에 기반하여 단계적인 변화를 거쳐 Level 3단계의 자율 주행 자동차 구조에 최적화된 UI디자인으로 진화시켜 구현되어야 한다. 급진적인 사용 방식의 변화는 사용자에게 조작 시 혼선을 유발하기 때문이다. 69 자동차를 제어하는 역할은 기존 비 자율 주행 자동차의 경우 운전자의 독자적 권한이었다. 반면 자율 주행 자동차는 운전자와 자율 주행 시스템 및 보행자와 같은 외부 환경 요소가 차량의 제어 주체 요소로 고려한다. 70 자율 주행 시스템 사용 시 외부 환경 요소의 움직임에 의해 차량이 제어되기 때문이다. 예를 들어, 현재 주행중인 차선으로 진로 변경하는 타 차량, 공사 구간 표지판, 보행자의 행동이 차량을 향해 표출되면 이는 자율 주행 자동차의 주행 결정에 영향을 주게 된다. 이와 같이 도로 위에서 표출되는 외부 환경 요인에 대한 자율 주행 시스템의 해석으로 제어권 전환 요청 발생 시 운전자의 NDRT 유형에 의해 분산 정도가 높다고 가정하고 정보를 필요 순서에 따라 제공한다. 운전자가 주행 과업으로 제어권을 전환하는데 활용되는 UI디자인을 구체적으로 검증하기 위해 UI가 구현되는 위치 및 정보 전달 방식, 조작 방식에 대한 설정이 필요하다.

2.2.4 인터페이스 디자인 선행 연구

운전자 실수보다 인터페이스의 부적절한 설계가 문제를 불러와 반 자율 주행 중 사망 사고를 발생시킬 수 있다는 연구 결과가 있다. ⁷¹ 차량 내에서는 운전자에게 다양한 정보가 지속적으로 제공된다. 72 과다한 정보 제공은 운전자에게 인지 부하를 가져오고 자율 주행 시스템과 운전자의 인터랙션을 복잡하게 하며 그 결과 운전자가 정보를 잘못 이해하거나 긴급 상황임에도 불구하고 주행 상황을 모니터 하지 않는 상황이 발생할 수 있다. ⁷³ 현재까지 자율 주행 차량 사고 비율은 매우 낮은 수준이며 자율 주행 시스템의 활용에 있어 대부분의 시간은 긴급하지 않은 상황으로 자율 주행 운행이 구현될 것이며 운전자는 특이 사항이 없다면 시간 간격을 두고 간헐적으로 주행 상황을 모니터링 하도록 요청 받을 것이다. 이와 같은 현상은 운전자가 NDRT 중 TOR 발생 시에도 적절하게 인지하지 못할 가능성을 발생시킬 수 있다. 현재까지 이와 같은 실질적 자율 주행 환경이 고려된 제어권 전환 요청 발생을 고려한 차량-운전자 간 UI디자인 방식에 대한 선행 연구가 충분하지 않다. 본 연구는 운전자에게 제공하는 시각 및 청각 인터페이스를 활용하여 NDRT 중 주의 산만 정도가 높은 유형을 고려한다. 제어권 전환 시점에 운전자의 인지 불가로 인한 제어권 전환의 실패가 일어나지 않도록 시각 및 청각 정보를 운전자에게 효과적으로 제공하며 운전자가 주행 상황을 인식하는 과정과 제어권 전환을 실행하기까지 일련의 과정에 있어 UI디자인을 활용하여 제공하는 정보의 유형 및 방법, 시점에 대해 제안한다.

2.2.5 제어권 전환 소요 시간에 대한 선행 연구

TOR의 시점이 운전자의 제어권 전환에 영향을 주는 것으로 선행연구 ⁷⁴ 에서 규명했다. [그림8]에서와 같이 제어권 전환 지점까지의리드 타임이 10초 이상일 때 가장 안정적인 제어권 전환 실행이구현됐다. 제어권 전환 시간이 10초 이상 부여되었을 경우 유의하게낮은 충돌률을 보였고, 6초, 3초 간격으로 유의하게 변화하는 충돌률을확인했다. 또한 10초에서 60초 사이의 리드 타임은 운전자의자연스럽고 점진적인 제어를 가능하게 했다. 그러나 리드 타임이 너무길면 운전자의 주의 산만, 대응 시점의 잘못된 선택 및 시스템에 대한신뢰 문제가 발생된다. ⁷⁵



[그림8] Main effect of non-driving tasks on response time, Wan (2018)

리드 타임이 10초 미만으로 확보된 제어권 전환 요청은 인수에 부정적 영향을 줄 수 있음을 확인했다. 너무 늦은 제어권 전환 요청 시점과 관련하여 높은 충돌 비율은 운전자가 안전하게 대응할 시간이 충분하지 않다는 것을 나타낸다. 또한 주행 상황 모니터링과 같은 NDRT가운전자가 운전 과업으로 다시 전환할 때 정신적, 육체적 자원을 덜소모하고 시간이 더 적게 소요됨을 발견했다. 이는 제어권 전환에 있어운전자 인수 성능이 NDRT에 유의하게 영향을 받는다는 것이며 많은 감각 양식이 사용되어 인지 부하가 매우 높거나 이로 인해 TOR이 너무늦게 운전자가 인지하거나 너무 늦게 발생시킨 경우에 해당한다. 이에실제 운전자가 수행하게 되는 NDRT를 고려하여 자율 주행 시스템 이 10초 이상의 제어권 전환 시점으로부터의 리드 타임을 확보하도록 제안했다.

2.2.6 제어권 전환 GUI 디자인 관련 규정

차량 내에서 활용되는 GUI디자인 요소 중 운전자에게 차량의 상태를 알리기 위한 표시 요소는 '자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙'에서 제어권 전환 시 운전자에게 표시해야 하는 방식에 대해 규정에서 '시각신호는 두 손과 조향 조종장치가 표시된 그림 정보로 구성되어야 하며, 필요 시 추가적인 설명 문구 또는 경고 식별 부호를 추가할 수 있다'라고 규정되어있다. [그림9]는 국토부에서 규정한 자율주행 중 제어권 전환 요청 시 운전자에게 제공해야 하는 시각인터페이스 표기에 대한 예시이다. 현재 제어권 전환 인터페이스 디자인은 개발 초기 단계로 운전자에게 제공해야 하는 제어권 전환을 위한 구체적인 시각 정보의 내용 및 시점, 구성 등에 대한 제시는 부족하다.



[그림9] 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙, 국토부 (2022)

제어권 전환을 요청하는 시각 정보의 색상은 '자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙' 및 '자동차 안전 기준에 관한 규칙'과 같은 자동차 법규에 규정되어있지 않으나 자동차 제조사는 운전자에게 차량의 상태를 전달하는 시각 표시 장치에 있어 특정 색상을 통용적으로 사용한다. 그 예로 현대자동차의 경우 자동차 계기판에 Red, Yellow, Green 3가지의 색을 가진 경고등에 대한 기능적 의미를 해당 사는 아래 [그림10]과 같이 전달하고 있다. 7 6

빨간색(Red)

빨간색은 주행에 밀접하거나 위험한 상태일 때 켜지는 경고의 의미로 빨간색 경고등을 무시하면 사고의 발생위험이 있어 경고등이 뜨는 즉시 바로 점검을 해야 한다. 안전한 제동과 관련된 브레이크 경고등, 사고시에 생명과 연관된 안전띠 미착용 경고등이 빨간색에 포함된다.

노란색(Yellow)

노란색은 주행 중 주의의 의미로 당장 무리는 없지만, 안전에 이상이 생길 수 있으니 원인 파악을 요청하는 것이다. 타이어 공기압 경고등,

자동차 도난 방지를 위한 이모빌라이저(Immobilizer) 경고등이 포함되어 있다.

그린(Green)

초록색 등은 자동차의 작동 상태를 알려주며 현재 어떤 기능을 사용하고 있는지 알려준다. 전조등의 상태를 알려주는 표시등, 크루즈 컨트롤 상태를 알려주는 크루즈 표시등이 초록색으로 표기된다.



[그림10] 자동차의 언어, 경고등 색상, 현대자동차 (2019)

2.2.7 운전자 제어권 전환 평가 방식

주행 상황은 차량, 운전자, 외부환경 조건(도로 상황, 교통 혼잡도, 기상, 보행자 등)의 외부 요인에 의해 변화되고, 제어권 전환 상황은 이조건들간의 상호 작용에서 발생된다. 주행 상황에 따른 운전자의 행동특성을 파악하는 것은 어려운 문제다. 상황에 의해 변화되는 운전자의심리 과정과 주관적인 조건을 매 상황마다 정확히 해석하기 어려우며

행동에 대해 객관적으로 정량화시키기가 어렵기 때문이다. 이러한 운전자 행동 특성 등의 요소를 정량화하기 위해 주로 시도되고 있는 방법은 운전작업부하를 측정하는 방법이다. 기존에 여러 가지 방식의 운전자 작업부하 측정기법들이 발표되었으며, 작업 부하량 산출 방법이나 특성이 다양하다. 측정 방식 중심으로 구분하면 작업을 수행하는 피실험자의 운전 수행 능력을 측정하는 방식, 피실험자의 개인의 주관적인 판단에 근거하여 측정하는 방식, 피실험자의 생리적인 반응을 측정하는 방식이 있다.

과업 수행도 측정은 운전자가 주행환경에서 주행 작업 역량을 평가하는 것이다. 이 방법은 주 작업 측정과 부 작업 측정으로 나눠지며, 주 작업 측정은 실험의 대상 시스템이나 피실험자를 평가할 때 시스템의 사용 역량을 조사하는 것으로 시스템이 제공하는 과업의 난이도에 따라결과가 상세히 조사되지 못하는 특징이 있다. 과업의 난이도가 증가하면 피실험자는 그 요구를 달성하기 위해 갖고 있는 평균 영역 이상의역량을 보이거나 과업 수행 방식의 개선으로 과업을 수행할 수 있게 응용하기 때문이다. 부 작업 측정은 주 작업을 실행함과 동시에 2차과업을 함께 수행하도록 하여 주작업의 수행에 미치는 영향을 측정한다.

주관적 측정 방법은 피실험자의 주관적인 판단에 기반하며 평가적도로 측정이 된다. 주관적 측정법은 NASA Task Load Index(NASA-TLX), Subjective Workload Assessment Technique (SWAT) 등이 있다. 주관적 측정 방법은 작업부하에 대해 여러 관점의정보를 제공하며 작업 부하량의 산출과 진단을 효과적으로 할 수 있다. 피실험자의 과업 실행에 영향을 주지 않으며 비교적 쉽게 산출이 된다는 장점이 있다. 반면 피실험자의 언어적 진술은 과업 수행 시 피실험자가체감한 작업부하를 정확히 반영하고 있는지에 대한 불확실성은 있다.

생리적 측정 방법으로는 심장 박동, 동공 크기 변화, 두뇌 활동을 나타내는 뇌파 기록을 측정하여 확인하는 방법 등이 있다. 생리적

측정은 피실험자가 수행하는 과업에 지장을 주지 않고 측정 가능하며 지속적인 측정 결과를 확인할 수 있는 장점이 있다. 단점으로는 측정 장비 착용으로 인한 자연스러운 과업 수행의 어려움, 생리적 반응의시간 차이 및 자극물과의 상관 관계 정도에 대한 객관적 해석이 어려운점이 있다.

사용자의 행동을 관찰 및 분석하고 파악하는데 활용할 수 있는 방법 중 하나는 비디오 관찰이다. 비디오 관찰법은 디자인에 있어서 매우 유용한 방법으로 사용자의 행동을 유발하는 특정 시스템의 상황을 비디오로 기록하고 구성하는 요인들을 분석체계에 따라 해석하여 사용자의 니즈를 분석하는 것이다. 77 비디오 관찰 방법의 과정은 1. 방법 설정(Developing on approach), 2. 현장 조사(Field work), 3. 분석(Analysis), 4. 최종 보고(Final reporting)의 4단계로, 사용자분석을 위해 필요한 과업과 요소 등에 대한 체계를 구현하였다. 78 첫째 방법 설정은 실험 촬영 시 다루는 주요 사항과 쟁점을 정의하는 단계이며 두번째 현장 조사는 관찰자가 실험 참가자를 비디오로 촬영하는 단계이다. 세번째 분석 단계는 실험실에서 촬영한 비디오를 검토하고 분석하는 단계이며 마지막 단계인 최종 보고는 비디오 분석결과물의 활용 목적에 부합하는 결과물을 산출하는 과정이다. 본 연구는이와 같은 비디오 관찰법을 활용하여 제어권 전환을 위한 피실험자 관찰에 적합한 방법으로 체계화하여 적용한다.

2.3 선행 연구 요약

현재까지는 선행된 자율 주행 자동차의 자율 주행 중 제어권 전환 및 운전자의 NDRT와 관련된 영역의 선행 연구 고찰을 기반으로 제어권 전환 시 안정적인 전환을 유도하기 위한 UI디자인에 있어 고려되어야하는 주요 요소에 대해 확인했다.

선행 연구에서 규명된 주행 중 주의 분산 정도가 높은 NDRT 수행 시 주의 분산 정도가 낮은 NDRT 대비하여 운전자의 반응 속도가 지연되는 방향으로 변화했다.

자율 주행 중 제어권 전환은 제어권 전환 지점으로부터 10초 전부터 제어권 전환 시점까지 안전성에 있어 유의미한 변화가 있음을 확인했다. 이와 같은 선행 연구의 결과들을 통해 자율 주행 자동차의 시각/청각 형식으로 제공되는 TOR 시에 NDRT중인 운전자에게 주행 상황 인식과이를 위한 지각 능력을 향상시키는 UI디자인에 대한 구체화된 연구의필요성을 확인했다.

제 3 장 제어권 전환 UI디자인 연구 방법

3.1 제어권 전환 요청 UI디자인 구성

자율 주행 시스템은 자율 주행 기능이 정상적으로 작동하기 위해 요구되는 주행 환경 조건이 성립되어야 하며 작동 상태는 운전자에게 피드백되어 자율 주행 기능의 상태를 운전자가 확인할 수 있어야 한다. 이와 같은 정보 전달을 위해 자율 주행 중 디스플레이 장치를 통해 운전자에게 표시되는 시각 정보는 속도, 경로, 차량 진행 방향 등이 있다.

자율 주행 시스템으로부터 운전자에게 제어권 전환 시에는 브레이크(Brake), 스티어링 휠(Steering wheel), 패들시프트(Paddle shift) 등을 작동시킴으로써 제어권이 운전자에게 전환되고 운전자가 자율 주행 시스템의 개입이 중지된 상태인지 여부를 인지할 수 있어야한다.

자율 주행 중 운전자의 NDRT에 따라 TOR 발생 시 제어권 전환을 안정적이며 신속히 유도하는 UI디자인 구현 방법에 대해 정의한다. 현재비 자율 주행 차량 운전자에게 주행 중 NDRT는 허용되지 않으며 자율 주행 Level 2단계의 자율 주행 중에는 주행 상황을 모니터링하는 과업이 의무화되어 있다. 운전자가 주행 과업에서 완벽히 분리되는 수준의 자율 주행이 허용되었을 시 UI디자인에 대해 기본적인 사항들이 자율 주행 관련 법규상 존재하나 운전자를 주행 과업으로 전환시키는 역할이 안전과 직결되어 있기에 가장 우선시되어 보다 구체화되어야 할 사항 중 하나이다.

제어권 전환 UI디자인은 자율 주행 차량의 인터페이스를 통해 구현되는 기능으로 승용, 상용 등으로 구분되는 차량이 갖고 있는 물리적 특성, 용도 등과 차량의 운전자에 따라 적용 방법이 다르게 적용 될 수 있다. 본 연구에서는 준중형 승용 차량으로 차종의 범위를 한정하였고 현재 '반 자율 주행 기능'이라고 통용되는 차로 유지 보조 장치, 앞 차간 거리 유지 장치, 비상 상황 시 정지 및 재 출발 장치 등의 사용 경험이 있는 사용자를 대상으로 한다.

자율 주행 Level 3는 '부분 자율 주행'이라고 명하나 자율 주행이 구현되는 동안은 운전자에게 주행과 관련된 과업이 없음을 전제로 한다. 또한 자율 주행 시작 및 종료 시점, 자율 주행 유지 시간 등은 규정되지 않았기에 본 연구에서는 자율 주행 구간 및 시점을 가정을 통해 구현한다.

제어권 전환이 요구되는 시점으로부터 15초 전 TOR을 발생시키는 규정을 기준으로 TOR UI디자인을 구현한다. TOR 후 10초간 운전자의 개입이 없을 시 ADS는 차량을 제어하며 안전을 위한 감속, 비상 경고신호 작동, 위험 최소화 운행 등의 기능이 작동하도록 규정되어 있다. 또한 선행 연구의 결과 제어권 전환 시점 6초 전부터 3초 전까지 위험도가 급격히 증가했다. 본 연구는 제어권 전환 시점 15초 전-3초 전을 기준으로 하는 UI디자인을 전제로 한다.

차량 내 시각 인터페이스 장치의 활용은 디지털화되어 가고 있다. [그림11]참조. 기존의 물리적 기능 조작 버튼 및 상태 표시 장치는 디스플레이 장치에 표기되어가고 있으며 적용 영역도 확대되어가고 있다. 차량 내 운전자와 인터랙션 할 수 있는 시각 인터페이스 장치는 제한되어 있으며 NDRT 중 운전자의 자세 변화를 고려하였을 시 정보를 정확히 전달할 수 있는 센터페시아 디스플레이에 제공할 수 있는 정보의 양에는 한계가 있다. 또한 차량의 디스플레이는 차량 디스플레이 제조사와 차량 제조사가 특정 플랫폼을 개발하여 적용을 목표로 하는 차종에 일관되게 적용한다. 차량의 세대별로 디스플레이 주변의인테리어 디자인은 변화하여 상품성을 갖추나 표기되는 UI디자인은 동일한 것을 확인할 수 있다. 이에 따라 디스플레이의 크기, 해상도,

부가 기능 등에 있어 제조사별 차이를 보이며 동일 차량 내에서도 옵션 사양에 따른 디스플레이의 크기 등에 있어 운전자에게 차별화될 수 있게 제공한다. 북미의 경우 중저가형 차량에는 차량 내 디스플레이 제공 없이 물리 버튼으로만 구성된 차량이 판매의 많은 비중을 차지하여 이와 같은 유형의 차량에 BYOD(Bring Your Own Device) 콘셉트를 적용하여 자율 주행 차량과 개인의 휴대용 디바이스를 활용한 주행 정보 제공에 대한 연구도 행해지고 있다. 79 즉, 차량 내 디스플레이의 물리적 크기에 따른 자율 주행 정보 제공의 양이 변화할 수 있으며 디스플레이크기와 해상도는 운전자에게 제공하는 정보의 양과 질을 결정하는 물리적 장치 역할을 하지만 핵심 정보를 제한된 물리적 디스플레이 공간을 활용하여 효과적으로 전달하는 것이 더 중요하다.

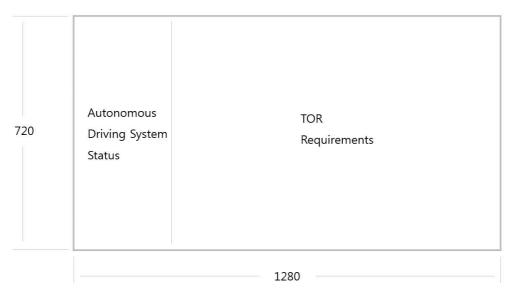
본 연구는 제어권 전환 과정에 있어 운전자에게 디스플레이에 제공되는 UI디자인 및 제공되는 내용에 따른 운전자의 안정적 제어권 전환 여부를 다룬다. 준중형 세그먼트의 차량에서 제어권 전환을 위해 사용되는 디스플레이 영역의 평균 크기는 14.5인치로 [그림12]와 같은 해상도를 적용하여 연구 취지에 부합시키며 연구 결과의 범용성을 확보한다.







[그림11] 디스플레이 사례 상단: Genesis, 중단/하단: Mercedes Benz



[그림12] 제어권 전환 UI디자인 구현 디스플레이 구성 (단위pixel)

본 연구에서 TOR 발생 시 운전자에게 제공되는 UI디자인을 활용한 정보의 종류 및 방식을 이미지와 텍스트를 활용한 시각 정보 영역으로 한정하였다. 청각 인터페이스를 활용한 안내 언어 종류, 제어 방향 안내에 따른 정보의 구체화 정도 등의 요소가 운전자에게 영향을 줄 수 있어 언어를 사용한 청각 정보 요소는 제한다. 반면 NDRT 중 운전자에게 가장 부하가 높은 유형은 시각과 청각 감각을 활용한 과업임을 고려한다. NDRT를 수행하고 있는 운전자에게 TOR 발생을 가장 효과적으로 인지시킬 수 있는 방법은 청각 인터페이스이기에 경고음을 활용하여 운전자에게 제어권 전환 상황임을 인지시킨다. 경고음은 규정 크기인 55dB로 제공하며 적용 가능 장치 중 차량 내스피커와 동일한 수준의 음량/음질을 전제로 구현한다.

운전자는 자율 주행 모드 중 예상하지 못한 상황에서 TOR을 받는데 운전자가 디스플레이를 보는 시점은 NDRT의 유형에 따라 변화하며 일정하지 않다는 특징이 있다. 이와 같이 운전자의 시선이 디스플레이로 가는 시점이 일관될 수 없으며 TOR의 시각 정보를 운전자가 인지하는 시점과 이에 따라 주행 상황에 대한 이해 수준이 달라질 수 있는 점을

UI디자인 시 고려해야 한다.

자율 주행 관련 정보 전달에 사용되는 디자인 요소는 아이콘, 색상 등과 같이 직관적으로 인식될 수 있어야 하며 자율 주행 시스템이 활성화되거나 경고를 알리는 정보 등은 시각적으로 일관되게 전달해야 한다.

본 연구는 TOR UI디자인에 있어 차량 내 신규 색상 사용으로 인한 피실험자의 혼선으로 실험 결과에 주는 영향을 최소화하기 위해 [그림 13]과 같이 기존 차량에서 활용되는 활성화, 비활성화, 경고, 위험 등을 알리는데 사용되는 아이콘 색상 원칙을 기반한다. 80



[그림13] 시각 인터페이스 아이콘 색상 적용 요구도

시각 인터페이스를 통해 제공되는 TOR은 주행 상황에 따라 긴급한(Emergency) 상황에서의 전환 요청, 운전자에게 전환 준비시간을 부여할 수 있는 조건에서의 전환 요청 그리고 주행 시간 단축 등의 요인으로 부수적인 주행 정보 제공을 위해 이벤트(Event) 성격으로 제공되는 전환 요청으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 운전자에게 시간이 주어진 경우에 한정하여 상황에 대한 경고, 제어 방향에 대한 안내, 주행 환경 성립 시 복수 단계의 제어 방향에 대한 안내를 기준으로 시각 인터페이스를 구성한다.

자율 주행 중 운전자의 NDRT는 주의산만(Distraction) 정도에 대해 운전자의 시선 분석과 시각/청각 감각의 인지 부하 등을 기준으로 구분한 선행 연구 결과를 활용한다. 휴식, 음악 감상, 독서, 게임 등 운전자 행하는 과업에 따라 NDRT의 몰입도가 변화하며 제어권 전환 시간에도 영향을 주는 것으로 선행 연구에서 밝혀졌으며 이를 활용하여 NDRT의 행위를 분류하여 적용한다.

실험 중 운전자가 실시하는 NDRT는 자율 주행 시스템이 차량을 자율 주행으로 운행하는 동안 수행 가능한 과업으로 한정한다. 이와함께 고려해야 할 운전 환경 변수에는 속도, 교통량, 주행중인 도로 폭및 차선, 날씨, 운전 시간대 및 운전자의 운전 숙련도 등이 포함되며이러한 변수는 실험 과정 및 결과에 영향을 주기에 ⁸¹ 주행 중발생되는 변수는 제안되는 시나리오에 맞춰 설정하게 된다.

현재까지 운전 중 주의산만 정도에 관한 선행 연구들은 인적 요인 측정으로 이루어졌으며 사용자의 수행 능력, 시선 추적 및 설문지 등의 방법을 활용했다. 운전자의 과업에 대한 완수 여부는 인적 요인 측정도구에서 가장 일반적으로 사용되며 사용자의 상태를 반영 할 수 있는 가장 직접적인 요인이기도 하다. 82 예를 들어, 운전자의 반응 속도 및시간과 같은 사람의 수행 능력을 기반으로 운전 시 주의 산만 정도를 측정한다. 83 시선 추적은 운전자가 시각 정보를 처리 할 때 시선의 제적 특성을 추적하는 것이며 84 안구 운동 데이터를 실시간으로 수집하여 평가된다. 운전자의 주의산만은 눈의 시선 움직임에 따른데이터를 기반으로 평가되기도 한다. 85 경우에 따라 안구의 위치가고정된 상태에 대한 분석을 통해 운전자의 주의 산만분석이 적합한경우도 있다. 86 시각 감각이 포함된 NDRT 발생 시 운전자의 시선을지정된 단위로 구분하여 도로를 주시하게 조정하며 NDRT 중 주의산만정도를 구체적으로 세분화한다.

TOR 발생 시 NDRT 주의 산만 정도에 대한 설정은 주행 중 과업에 의해 정의된다. 설정된 시나리오에 따라 선행 연구에서 제어권 전환시간에 차이를 가져온 NDRT를 수행하게 되며 주의 분산 정도가 높은 영상시청을 주행 중 실시한다. 본 실험에서 NDRT를 제외한 주행 환경, 주행 조건 구성 요소는 TOR 발생 시 도로 주행 환경으로 구분한다.

예를 들어 고속도로 출구의 곡선 주행로 주행으로 제어권 전환이 예상되면 곡선 주행로 이전 직선 주행 구간에서 TOR이 요구된다. 커브구간, 경사로, 도로 분기점이나 차선 감소 및 합류 지점과 같은 제어권 전환이 필요한 도로가 전방에 예상되는 상황에서 갑자기 운전자에게 제어권 전환이 요청되면 ADS의 정보 제공 방식과 시점을 정확히 전달하기 어려우며 운전자가 명확히 이해 못할 수 있는 정보가 제공될 수 있으며 차량을 제어하기 시작하는 운전자도 판단 또는 조작시 실수를 할 수 있다. 제어권 전환은 운전자가 제어권을 전환받기 최적의 시간에 가장 적합한 주행 환경에서 제어권 전환 필요 시점이전에 진행되어야 한다.

TOR에 있어 운전자에게 복수 단계의 제어 경로를 요청할 수 있는 상황도 있다. 예를 들어 운전자는 ADS가 단순히 곡선 주행로 진입을 요청하지 않고 합류도로 주행 후 다음 출구를 이용하여 차량을 제어해야 하는 경우도 있을 것이다. 이와 같은 복수의 제어 사항을 운전자에게 제공하여 NDRT에 따른 안정적인 제어권 전환을 도출할 수 있는 요소를 확인한다. 이는 자율 주행 중 전방에 발생될 다양한 TOR 발생요인에 따라 운전자에게 제공되는 UI디자인 정보 구성 요소 차이에 따른 주행 과업 변화 시 영향 요소를 평가하기 위함이다.

본 연구는 운전자에게 부여된 UI디자인 범위를 TOR 발생 시점부터 주행 과업 전환(스티어링 휠 또는 가감속 장치 조작)까지 한정한다.

자율 주행 중 운전자에게 제어권 전환 시간에 대한 가이드라인은 제공되고 있지만 운전자에게 적용되는 인터페이스를 활용한 UI 디자인 제공 방식 또는 제공되는 정보의 종류 등은 법규로 규정되어 있지 않다. 이는 과도한 정부의 가이드라인 설정이 자동차 제조사의 기술 개발에 장애요인으로 작용하기도하며 제작사의 차량개발 시 자유도를 보장하려는 목적이 있다. 현재 자율 주행 차량이 상용화되어 있지 않으므로 실제 자율 주행을 경험해 본 운전자가 극소수이다. 향후

다수의 운전자에게 자율 주행 중 제어권 전환을 쉽고 빠르게 유도할 수 있는 UI 디자인이 구체적으로 개발되어야 한다.

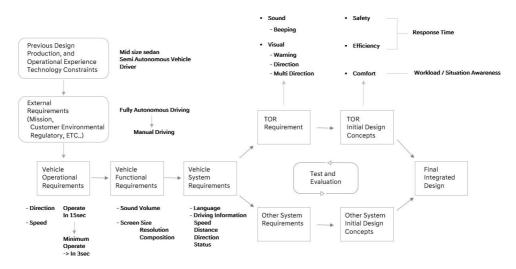
자율 주행과 유사한 원리로 제어되는 자동 항법 장치(Auto-pilot)의경우 비행체는 1900년대부터 자동 항법 장치를 활용했으며 기체의제어권 전환 인터페이스가 존재해왔다. [그림14]와 같이 에어버스 A320기종의 비행 조종 자격증을 갖고 있는 기장과 시뮬레이터를활용하여 오토파일럿을 포함한 비행 전 과정을 구현하며 탑승구에서활주로 이동 및 이륙, 상공 비행과 착륙 후 공항에서의택성(Taxing)까지 과업을 순차적으로 구성된 질문지를 활용하여 약3시간 동안 심층 인터뷰를 실시했다.

비행체의 경우 자율 비행 중 조종사(Pilot)는 본 연구에서 다루는 자율 주행 차량과 같은 수준의 NDRT를 행하나, 기체를 제어하는 파일럿 2명이 동시에 비행과 무관한 작업을 수행하는 경우는 '대화'의 경우를 제외하고 드물며 비행체의 제어 오차 범위 또한 상공 영역에서 비행하기에 차량의 제어 오차 범위와 차이를 보인다. 자율비행 중 조종사는 비행이 제어되는 과정을 모니터링 하며 TOR을 조종사가 직관적으로 인지 가능하게 UI 디자인이 구성되어있다.



[그림14] 항공기(에어버스A320) 자율 비행 UI디자인 사용자 인터뷰

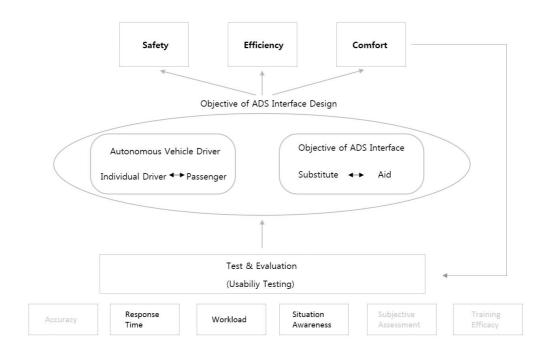
자율 비행과 관련된 UI디자인의 구성을 참조하기 위해 나사(NASA),에어버스(Airbus)사 등에서 1995년부터 구축한 Flight Deck이라명하는 비행체 제어 조작 장치의 UI디자인에 대한 가이드 라인, 자동항법 장치를 사용하는 조종사의 제어 장치 개발 철학 등에 대해알아보았다. 제어 장치 철학에 근거하여 기체 제어부에 적용하였고 제어권 전환 UI디자인 구성에 있어 그 내용을 참조할 수 있다.



[그림15] 'Simplified representation of the flight deck design process' A Crew Centered Flight Deck Design Philosophy for HSCT Aircraft

자율 주행과 유사한 개념인 비행체의 자율 비행(Auto pilot)기능 구현을 위한 비행체의 UI디자인이 포함된 플라이트텍(Flight deck), 일반적으로는 칵핏(Cockpit)이라 불리는 조작부의 구성 시 개발 원칙과 프로세스를 응용하여 [그림15]와 같이 일련의 구성 과정을 자율 주행 차량의 제어권 전환 구현 관점에 적용 가능한 프로세스를 제안한다.

제어권 전환 UI디자인에 대한 구성 원칙은 기존 반 자율 주행 차량이 사용하는 제어권 전환 방식과 NASA(National Aeronautics and Space Administration)에서 오토파일럿 사용 중 제어권 전환 인터페이스를 위해 권고되는 핵심 사항을 자율 주행 차량에 적용될 수 있도록 응용하여 [그림16]과 같이 적용하였다.



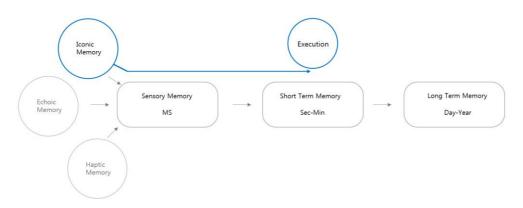
[그림16] 'The relationship between mission objectives and performance objectives' A crew centered flight deck design philosophy for HSCT aircraft

UI디자인은 총 3개의 제어권 전환을 요청하는 방식으로 구성한다. 첫째, TOR 발생 시 운전자에게 필요로 하는 역할과 상황을 청각과시각 인터페이스를 통해 전달하는 방법이다. 현재 반 자율 주행 중 TOR 인터페이스는 운전자에게 상황 전달 기능을 하고 있으며 운전자의일정 시간 개입이 없으면 작동한다. 그러나 자율 주행 Level 3의 경우전방에 TOR이 발생된 원인이 있으며 운전자는 제어권을 전환받아 주행과업을 수행한다. 이 과정에서 운전자에게 TOR 발생 원인을 전달하여

운전자가 차량 제어 방법을 사전에 판단하게 한다. 이와 같은 방식은 운전자에게 TOR 상황의 원인만 사전에 전달하여 시스템의 제어 방향은 제공하지 않으므로 시스템의 부하는 줄어드는 장점이 있으나 운전자가 필요로 하는 조치, 또는 도로 상황 파악을 운전자가 직접 판단하고 제어해야 한다.

둘째, TOR 발생 시 운전자에게 전방의 상황 및 제어 방향을 추천하는 방법이다. 전방에 발생된 상황으로 운전자에게 제어권을 전환해야 하나차량이 운전자에게 제어 방향을 사전에 안내함으로 운전자가 제어권전환을 안정적으로 행할 수 있게 한다. 예를 들어 고속도로 출입로와같은 곡선 주행로 등에서는 제어권 전환이 발생하지 않도록 자율 주행시스템의 사전에 TOR이 필요하다. TOR시 제어 방향을 사전에안내하면 운전자가 제어권 전 지점까지 남은 시간 동안 시스템의 안내방법대로 차량을 제어한다.

셋째, TOR 발생 시 운전자에게 복수의 제어 방법을 안내하는 것이다. 이는 TOR 상황에서 운전자가 단일 방법에 의한 차량 제어뿐만 아니라 제 2의 제어 방법을 동시에 제공받으므로 주행 상황에 따라 차량을 제어할 수 있는 방법을 운전자가 선별적으로 활용하는 방법이다.



[그림17] Memory Model, Atkinson-Shiffrin (1968)

[그림17]의 Atkinson-Shiffrin의 Memory Model은 새로운 정보가투입, 저장되며 기억으로부터 인출되는 방식을 구조화한 이론으로, 인간의 감각기관을 이용하여 습득하고 체계적으로 정리하여 뇌에 기억된 정보가 필요할 때 재생되어 원하는 시기에 사용되는 과정을 설명한다.

감각기억(Sensory memory)은 시각, 청각, 촉각 등의 모든 감각을 수용하는 곳이다. 현재 시야에도 책상, 연필, 볼펜 등이 시각 정보이나 단순히 보일 뿐이다. '주의 집중'하여 다음 단계인 단기기억(Short term memory)으로 넘어가지 않으면 1초 이내에 망각된다. 즉. 감각기억은 초단기 저장소로 매우 짧은 시간 동안 정보가 유지되고 즉시 처리되지 않으면 감각 기억을 유발하는 영상기억은 약 1초, 청각기억은 약 3~4초 후 잊혀진다. 그 이상 기억에서 잊혀지지 않았다면, 단기기억으로 전환된 것이다. 일상생활에서 대화 소리, 라디오 음악, 바람소리 등과 같은 수많은 청각정보가 들리지만, 3~4초만 지나면 잊혀진다. 감각기억에 들어온 정보는 지각의 단계를 거쳐 단기기억으로 전환시킬 수 있다. 단, 감각기관을 통해 들어오는 정보는 선택적으로 수용된다. 선택적으로 수용되는 정보의 특징은 얼마나 중요하고 유의미한 것인가와 그 자극을 원활히 행할 수 있는지 여부이다. 이때 본인 능력보다 약간 어려운 수준일 때 동기가 더 부여되며 그 자극과 관련된 지식이 많을수록 처리 과정이 원활해지며 과제를 처리하고 남은 자원을 다른 곳에 사용할 수 있다. 일반적인 단기기억은 30초 이하이며 뇌에서 정보를 처리하기 쉬운 형태로 바꾸는 '부호화', 계속해서 다시 떠올리는 '유지 시연' 등의 방법으로 단기 기억을 연장시킬 수 있다.

운전자의 제어권 전환 실행 관점에서 감각 기관을 활용한 단기 메모리의 활용을 고려함과 동시에 운전자의 상황인식 메커니즘 작용을 활용하여 장기 기억 속에 지각된 정보를 제어권 전환의 실행에 옮기는데 활용할 수 있다. 현재 운전자들에게는 제어권 전환이라는 주행 상황에 대한 경험이 없기에 실험으로 인해 제시된 상황에 대해 새로운 시각

정보를 제공했을 시 기존의 장기 기억에 지각된 스키마를 활용하고 제어권 전환이라는 주행 상황에 의한 기억을 반복하여 활용할 수 있을지에 대한 고려가 필요하다.

3.2 실험 설계

자율 주행 Level 3의 자율 주행 차량은 TOR 발생 시 NDRT 유형 및 운전자에게 제공되는 UI디자인의 유형에 따라 주행 상황을 이해하고 제어권 전환을 수행하는데 있어 운전자에게 발생되는 과업의 부하량에 변화를 주는 요인을 분석하여 운전자의 안정성을 향상시킬 수 있는 요소를 도출할 수 있을 것이라는 가설을 설정하였다.

실험 수행 시 자율 주행 차량에 운전자는 탑승 후 ADS에 의해 자율 주행을 실행하고 운전자는 자율 주행 기능 활성화 여부를 인지한 후 NDRT를 수행한다. NDRT의 주의분산(Distraction)정도는 선행 연구 결과를 기준으로 영상 시청과 같이 주의분산도가 높은 유형과 휴식과 같이 낮은 유형으로 설정한다. 실험 구간은 [그림18]과 같이 구성하며 도심 및 고속 국도에서의 시속 60km 주행 구간을 실험 환경으로 설정하여 다른 두 가지 제어권 전환 상황에서의 연구 결과를 대조한다.

제어권 전환 UI디자인 실험 구성은 아래와 같다.

첫째, 피실험자에게 자율 주행 자동차의 대시보드 조작부 구성 요소를 설명하고 스티어링 휠과 가감속 페달, 완전 자율 주행 모드 활성화 방법을 설명하고 기기를 테스트 사용할 수 있는 기회를 부여한다.

실험 시작 후 운전자는 비 자율 주행 구간에서 주행 과업을 수행하며 시작하고 자율 주행 구간으로 접어든다. 자율 주행 구간은 도심 및고속도로 구간으로 구성하며 자율 주행이 시작되면 운전자는 NDRT를 수행한다. 각각의 운전자는 주의 분산도가 높은 NDRT를 수행하며 제어권 전환 요청을 받는다. 이때 제공되는 제어권 전환 UI디자인은 센터 디스플레이와 스피커를 통해 운전자에게 전달되며 정보의 종류와 제공 방식을 구분하여 운전자에게 제공한다. 제어권 전환 요청은 운전자에게 시각 인터랙션으로 15초, 10초, 6초, 3초 단위로 실시한다.

청각 정보 전달 시 정보의 의미가 혼동되지 않도록 특정 기계음을

제어권 전환 요청 신호로 가정하고 실험 참가자들에게 실험 전 인지할수 있도록 제공한다. 영상을 시청하는 NDRT의 경우 주의 분산도가가장 높은 수준이며 선행 연구에 따르면 청각보다 시각인지에 더 높은 영향을 미친다. TOR 발생 시 UI디자인을 통해 제어권 전환 요청발생에 대한 청각 정보와 정보 유형에 따라 분류된 시각 정보를 제공한다.

휴식을 취하는 NDRT의 경우 주의 분산도는 낮은 수준이며 시각과 청각 부하는 자동차에서 발생하는 도로 주행 시 발생하는 소음 외에는 없다. TOR 발생에 대한 청각 정보와 정보 유형에 따라 분류된 시각 정보를 제공한다.

본 실험은 안정적 조작권 전환을 위해 NDRT 주의 분산 정도에 따른 UI디자인의 정보 내용과 전달 방식에 있어 효용성 여부를 확인하고 개선 방향에 대해 다룬다.



[그림18] 자율 주행 중 제어권 전환 구현 환경 예시

자율 주행 Level 3의 경우 2023년 전후 상용화될 것으로 예측되며 차량을 활용하여 실제 주행 환경과 같은 도로에서 실험을 진행하지 못하는 한계점이 있다. 도로에서 주행할 수 없는 자율 주행 자동차의 인터랙션 방식에 대한 실증은 자율 주행 연구 분야에서 해결해야 할 과제 중 하나이다. 87 이와 같은 한계를 고려하여 본 실험은 실험 대상자가 차량 조작을 경험할 수 있도록 자율 주행 시뮬레이터를 활용한 가상 주행 조작 환경을 구축하여 실험을 진행한다.

아래의 Case 1부터 Case 3까지는 제어권 전환 상황에 대한 예시이다.

Case 1 (공사로 인한 제어권 전환 구간)

-> S는 오후 2시에 집에서 사무실로 이동한다. 매일 동일한 이동 경로이기에 S는 차량에 탑승 후 바로 자율 주행 모드를 실행시킨다. S는 완전 자율 주행 구간에서 개인 휴대기기로 광고를 시청하며 광고에서 판매하는 상품의 가격 정보를 확인하려고 한다. 자율 주행 차량은 신호, 보행자, 주변 차량 등을 인지하며 자율 주행을 실시한다. 도로 상황에 따라 S에게 자율 주행 차량이 경고음(Beeping)을 통해 제어권 전환을 요청한다. S는 제어권 전환에 대한 정보를 센터 디스플레이를 통해확인한다.

Case 2 (고속도로 출구)

-> N은 오전 2시에 사무실에서 출장지로 이동한다. N은 자율 주행 가능 구간에 들어서자 휴식을 취한다. 자율 주행 중 휴식은 시선을 도로에 두고 손과 발은 차량의 조작 장치에 올려두지 않으며 도로 주변의 경치를 보는 수준이다. 휴식을 취하던 중 주행 경로 상 전방에

고속도로 출구 구간이 있어 제어권 전환 요청을 통해 15초 후 완전 자율 주행 구간이 끝난다는 사실을 알게 된다. N은 제어권을 넘겨받을 준비를 하거나 속도를 조정하여 완전 자율 주행 구간에 머무는 시간을 늘린다. 또는 완전 자율 주행이 추가로 가능한 경로를 선택하여 휴식시간을 연장시킬 수 있다.

Case 3 (도로 합류 구간)

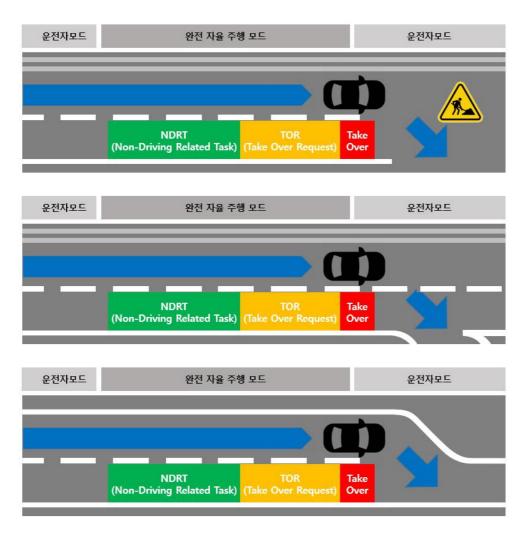
-> U는 오후 2시에 집에서 쇼핑몰로 이동한다. U는 완전 자율 주행 구간에서 개인 휴대용 전자기기를 활용하여 뮤직 비디오를 시청한다. 뮤직 비디오 시청 중 도로 상황에 따라 ADS가 TOR을 발생시킨다. U는 뮤직 비디오가 끝날 때까지 제어권 전환을 지연시키고 싶다. 다만 도로 여건 상 지연이 불가한 상황이다.

분류	NDRT	반응 시간	
NDRT	휴식	2초	
주의 분산도 낮음	₩ ¬		
NDRT	영상 시청	2초 후반	
주의 분산도 높음	8°8'/1/8		

[표3] NDRT 유형에 따른 조작 반응 시간, Wan (2018)

위의 [표3]과 같이 자율 주행 중 NDRT는 선행 연구 결과에 의해 주의 분산도가 높은 유형인 영상 시청과 낮은 유형인 휴식으로 구분하였다.

자율 주행 중 운전자에 의해 자동차가 제어되어야 하는 상황에 대해 정의하기 위해 대한민국 국토교통부에서 자율 주행 Level 3단계에서 제어권 전환이 필요한 시점으로 규정한 1. 전방 공사 구간 발생으로 인한 방향 전환 지점, 2. 고속도로 진출입로, 3. 차선 병합 구간 제어권 전환 요청 발생 지점으로 가정하였다. 운전자는 제어권 전환 요청 발생시 감속, 차선 변경 등 주행 과업을 실시 또는 선택해야 한다. [그림19]에서 제어권 전환이 필요한 지점을 도식화하여 나타내었다.



[그림19] TOR발생시점(공사구간, 고속도로 출구, 차선합류구간)

3.3 실험 대상자

자율 주행 시스템은 운전자의 나이, 성별 운정 경력 등에 따라 제어권 전환 시 수준이 다르게 나타날 수 있다. 이에 본 연구에서 실험 대상자는 사전에 규정된 제어권 전환 시나리오에 기반하여 제어권 전환 요청 발생에 따른 일련의 과정 수행이 가능한 만 25세에서 39세의 한국 국적 면허를 2년 이상 소지한 운전 경력자 20명을 대상으로 실험을 실시한다. 주행 경험과 관련된 선행 연구에서 우전자마다 다르게 갖고 있는 주행 상황의 지각에 의한 상황 판단 능력의 차이는 제어권 전환 정보 제공에 의한 차량 제어 능력의 결과를 다르게 나타날 수 있는 점을 고려했다. 운전 경력에 따라 차량 주행 시 요구되는 정보 표시의 요구 사항이 달라지는 연구 결과 88에 따르면 차량 조향과 주행 효율을 위한 정보 제공에 있어 운전자의 경력은 2년, 5년, 10년, 20년 주기로 유의미한 차이를 나타냈다. 특히 운전 경력이 20년 이상인 운전자는 주행정보에 더 민감하게 반응했고 주행 효율을 위한 정보를 선호했다. 운전자의 연령도 주행 상황에 대한 인지 반응에 변수로 작용한다. 20대에서 90세까지 연령에 따른 인지 반응 시간의 차이를 분석한 연구 결과 89 에 따르면 51세까지는 일정한 유지율을 보이지만 51세에서 55세 사이에 변곡 구간을 그리며 55세 이후에는 상대적으로 많은 양의 인지 반응 시간의 증가를 보였다. 일반적인 차량에 대한 경험이 본 실험 결과에 영향을 줄 수 있으므로 현대자동차의 준중형 세단 운전자를 실험 대상으로 한다. 또한 자율 주행에 대한 기본적인 이해를 필요로 하기에 준중형 세단의 반 자율 주행 보조 장치 사용 경험자를 대상으로 한다. 피실험자는 시력/교정 시력이 0.5 이상이며 양쪽 청력에 이상이 없고 24시간 이내 음주 이력이 없어야 한다. 실험 종료 후 참여자에게 실험 참여에 대한 소정의 실험 참가비를 지급한다.

3.4 실험 도구

3.4.1 중재 도구

3.4.1.1 제어권 전환 UI디자인

제어권 전환 UI디자인의 구성은 운전자에게 1. 영상 이미지(Movie image) 2. 스틸 이미지(Still image) 3. 텍스트(Text) 유형의 제어권 전환 정보로 제공한다. 제공되는 시점은 제어권 전환 시점으로부터 15초에서 10초 전이며 피실험자가 디스플레이에 표기되는 제어권 전환 정보를 확인하는 시간을 제한 약 10초간의 시간이 제어권 전환의 실행을 위해 피실험자에게 확보된 시간이다. 각기 다른 유형의 제어권 전환 요청 정보는 아래와 같이 운전자에게 제공한다.

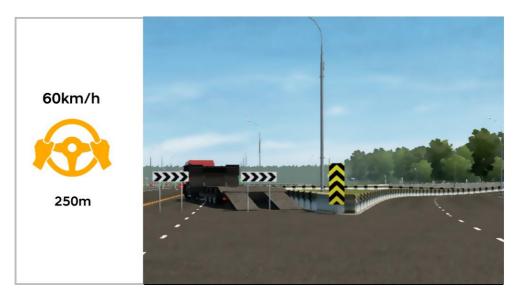
3.4.1.1.1 영상 기반의 제어권 전환 요청 정보

운전자의 지각을 활용하여 제어권 전환 시 상황을 인식하고 제어권 전환에 대한 판단을 유도하기 위해 제어권 전환 시 전개되는 주행 상황을 영상 구현에 기반한 정보 제공 방식의 UI디자인으로 구성하여 운전자에게 제공한다.

본 실험은 제어권 전환 시점의 주행 상황에서 전개되는 상황과 운전자에게 제공되는 제어권 전환 영상 정보의 내용을 동일하게 구성하여 운전자에게 제공한다. 주행상황과 영상의 이질감에 의한 운전자의 혼선이 실험 결과에 주는 영향을 방지하고 영상 정보의 활용에 대한 피실험자의 인지 범위를 확인하기 위함이다.

약 5초간 전개되는 영상 정보에는 운전자가 제어권 전환 시점에 수행해야 하는 차량 제어 방향을 제공한다.

>제어권 전환 정보 유형 A-type



TOR 15-10sec

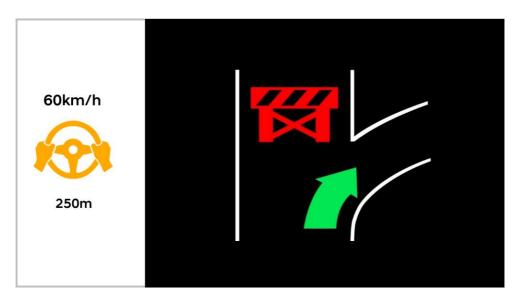


TOR 10-6se TOR 6-3sec [그림20] 영상 이미지 기반 제어권 전환 모델_A-type

[그림20]의 Case1은 피실험자에게 제어권 전환 요청 15초에서 3초 구간에 제공되는 제어 방향에 대한 영상 정보의 예시이다. 피실험자는 영상 정보에서 가장 안정적인 제어권 전환 방향을 실제 상황과 동일하게 제공받고 이를 활용하여 영상에서 제시된 주행 방향과 동일하게 차량을 제어하게 된다.

3.4.1.1.2 이미지 기반의 제어권 전환 요청 정보

자율 주행 중 제어권 전환이 요청되는 도로 상황의 변수는 다양할 것이다. 운전자에게 상황마다 변화되는 제어권 전환 상황을 사전에 정확한 이미지 정보로 함축하여 제어 방향을 안내한다. 운전자는 제어권 전환 상황에 해당하는 이미지 정보를 제공받게 되며 이와 같은 방식의시각 정보 제공은 운전자가 제어권 전환 정보를 인식하는 시간이상대적으로 축소되어 제어권 전환 정보 확인 후 주행 상황을 지각하고제어권 전환을 행동에 옮기는 일련의 과정에 보다 많은 시간을 할애할수 있다. 반면 영상 정보 대비하여 전달 할 수 있는 정보의 양에는한계가 있으며 운전자의 역량에 따라 이미지의 해석 수준이 달라질 것으로 예상된다. 제어권 전환 상황 시 제어해야 할 방향에 대한이미지를 함축적으로 구현함에 있어 제한된 색상과 표기 방식으로이미지의 품질에 따른 주행 과업의 영향을 최소화했다. 제어권 전환 전 15초-10초 구간 동안 이미지 정보를 운전자에게 사전에 제공한다.



TOR 15-10sec





TOR 10-6se

TOR 6-3sec

[그림21] 이미지 기반 제어권 전환 모델_B-type

[그림21]의 Case2는 제어권 전환 요청 상황에서 운전자가 수행해야하는 제어 방향을 운전자가 가장 빠르게 지각할 수 있는 이미지를 활용하여 시각 정보로 구성했다. 주행 중 운전자는 제어권 전환 상황의원인에 대한 상세 정보 없이 제어권 전환 시점이 되었을 때 차량의 제어방향을 제어권 전환 발생 필요 시점으로부터 15초에서 10초 전제공받는다.

3.4.1.1.3 텍스트 기반의 제어권 전환 요청 정보

제어권 전환 상황에서 차량의 제어 방향을 텍스트를 활용하여 운전자에게 제공한다. 제어권 전환 정보에 대한 텍스트 정보는 법규 등으로 구체적 내용이 규정되어 있지 않으며 NDRT 중인 운전자가 가독할 수 있는 수준의 문장 구체화 정도에 대한 수준도 정의되어야 한다. 따라서 본 실험에서는 2개 이상의 제어권 전환 과업에 대해 문장으로 표기하지 않는다. 디스플레이에 표기되는 텍스트의 비율 및 크기는 미국 도로 교통안전국(NHTSA)에서 제시한 가이드라인 90 에 기반하여 제공한다.



TOR 15-10sec



 TOR 10-6sec
 TOR 6-3sec

 [그림22] 텍스트 기반 제어권 전환 모델_C-type

Case3는 [그림22]와 같이 TOR시 차량 제어 방향을 운전자에게 텍스트로 제공한다. 변화하는 도로 상황을 텍스트 정보로 표기하는 것은 제어 방향을 운전자의 지각에 의존하지 않고 제공되는 정보와 도로 주행환경을 고려하여 상세히 제공하여 운전자의 판단에 더 많은 가중치를 두게 된다.

본 연구에서 운전자가 TOR 발생 시 접하게 되는 제어권 전환 요청 인터페이스는 이미지 정보와 청각 정보이며 청각 정보의 개입을 최소화 시키기 위해 TOR 발생 상황을 인지시키는 경고음(Beeping)에 한정한다. 시각 정보는 운전자에게 차량 제어 방향에 대한 구체적인 정보를 전달한다. 이때 운전자가 접하는 시각 정보의 유형에 따라운전자가 기억하고 판단하며 실행하는데 있어 차이가 있을 것이다.

선행 연구에 의하면 제어권 전환 발생 지점으로부터 15-10초 전에는 안정적 제어권 전환에 주는 영향이 적었다. 따라서 이 구간의 시간을 활용하여 운전자에게 약 5초 동안 제어권 전환을 위한 구체적인 시각정보를 유형별로 전달하고 운전자에게 제공된 제어권 전환을 위한 정보의 유형이 제어권 전환 시점에 운전자에게 주는 영향을 밝힌다. 각유형의 제어권 전환 정보가 운전자에게 유의미하고 적절한 수준의 과업으로 제공되는지 확인한다.

TOR을 제어권 전환 지점으로부터 15초 전 운전자에게 발생시키면 제어권 전환 정보를 확인하는 시간, 제어권 전환에 소요되는 시간으로 구분하여 안정적으로 제어권 전환을 준비할 수 있는 시간을 갖게 된다. 본 UI디자인 실험은 예정된 제어권 전환 주행 상황에서 운전자에게 제어권 전환 시점 전 15초-10초 구간의 리드타임 동안 제어권 전환 정보를 인식하고 주행 과업을 수행하여 안정적으로 차량을 제어할 수 있는 시각 정보 유형을 제시한다. 안정적 제어권 전환을 도출하는 UI디자인은 운전자의 NDRT 유형의 확장을 가능하게 하며 제어권 전환시 낮은 작업 부하와 심리적 안정감으로 주행 만족도를 상승시킬 것이다. NDRT 유형의 확장은 자율 주행으로 이동 중 운전자에게 더 넓은 범위의 시간의 활용을 제공하기에 안정적 제어권 전환 인터페이스 구현은 자율 주행을 활용하기 위한 필수적인 요구 사항이다.

3.4.1.2 NDRT 구현을 위한 영상 콘텐츠

자율 주행 중 주의 분산도가 높은 NDRT 수행을 위해 영상 시청을 요청하며 시청 시간은 최소 60초에서 최대 3분으로 구분하여 설정했다. 영상 시청 과업의 몰입도를 향상시킬 수 있는 콘텐츠로 구성하기 위해 피실험자들이 중복되는 콘텐츠를 시청하지 않으며, 영상 시청 전 영상 콘텐츠에 대한 질문을 구성하였다. 실험 시작 전 피실험자에게 영상 시청을 완료한 후 콘텐츠 내용 관련 상세 질문에 대한 정답을 맞췄을 시실험이 성립됨을 사전에 공지하여 NDRT에 대한 몰입도를 향상시켰다.

피실험자의 NDRT 과업으로의 몰입에 대한 측정은 인터뷰를 통해 주관적 몰입도를 파악하는 동시에 제공하는 NDRT 중 시청하는 영상 콘텐츠에 대한 질문 사항에 피실험자가 정답을 답했을 시 NDRT 과업에 몰입한 것으로 판단한다. 아래 [표4]는 피실험자에게 제공한 영상 목록이며 제목과 제공되는 시청 시간을 나타낸다.

	영상 화면 예시	영상 제목	시청 시간
1	Do what you can't	Ostrich	3분
2	LIFE PAINT VOLVO	Life Paint	3분
3		As Mobility Evolves So Does Humanity	2분
4		The Last Day	2분
5	ELEVEN 100 MILLON NIDDT 스웨으 이참 여자 코데호	Music Video _Eleven	3분

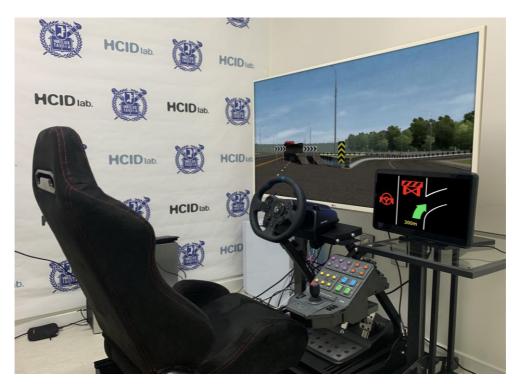
[표4] NDRT 수행을 위한 영상 콘텐츠

3.4.1.3 자율 주행 시뮬레이터

자율 주행 시뮬레이션 소프트웨어 City car driving simulator를 사용하며 주행 시뮬레이터 실험 환경을 설계하고 65인치 TV를 통해 주행 상황을 나타낸다. 피실험자들은 Logitech G29를 활용한 스티어링 휠, 가감속 페달, 변속조작장치를 통해 주행 가능 환경에 노출된다. 운전자의 NDRT는 주의 분산 정도를 구분하기 위해 타블렛 PC로 난이도가 조절이 가능한 시각 및 청각 정도를 동반한 과업을 실시한다. 실험 수행 후 설문을 통해 제어권 전환에 미치는 영향을 측정한다. 자율 주행은 주행 환경 충족 시 사용될 수 있으며 본 실험은 탑승 시작 전 주행 제어에 관여되는 경로 설정, 차량 주행 모드에 대한 안내를 실시하며 탑승 직후 자율 주행 시작을 전제로 한다. 자율 주행 중 차량의 제어 중 주행과 직접적인 관련이 있는 조작은 TOR 발생 전에는 없다. ADS에서 운전자로 제어권 전환은 스티어링 휠 또는 가감속 페달을 조작하는 시점을 기준으로 하며 [그림23]과 같이 실험 환경을 구성하였다.

시뮬레이터의 조작부와 디스플레이는 실제 주행 환경과 동일한 수준의스케일(Scale)로 구현하여 피실험자의 몰입감을 향상시킨다. 그러나차량의 가속 및 감속 시 운전자에게 전달되는 앞/뒤로 움직이는 롤링(Rolling)과 차량조향 시 좌우로 흔들리는 현상인 피칭(Pitching)은 구현되지 못해 운전자가 느낄 수 없는 점, 도어 및 루프와 같은 차량의인테리어 패널이 장착되어있지 않아 운전석 착석 시 공간감이 실제차량과 차이가 있는 점은 시뮬레이터 실험의 한계이다.

시뮬레이터를 활용한 인지반응시간은 실제 차량에서 인지-판단-반응-기계적 지연의 4개의 단계를 거치나 시뮬레이터는 기계적 지연시간이 포함될 수 없는 한계를 고려해야 한다.



[그림23] 자율 주행 시뮬레이터

3.4.2 평가 도구

실험 대상자들은 시뮬레이터 주행 환경을 활용하여 자율 주행 중 주의 분산 정도에 따라 구분되어 있는 NDRT를 수행하고 TOR 발생 시제공되는 UI디자인으로 상황을 인지하고 제어권을 전환받으며 이때 제어권 전환 정보가 운전자에게 주는 영향을 측정한다. 제어권 전환 요청 UI디자인이 운전자에게 주는 영향은 NASA TLX(Task Load index)와 회상적 발성사고법(Retrospective think -aloud)을 실시한다.

피실험자의 제어권 전환 시 운전자의 인지부하에 대한 평가는 NASA TLX(Task Load Index)를 활용했다. NASA TLX는 미항공우주국(National Aeronautics and Space Administration NASA)에서 개발한 주관적 직무난이도 평가방법이다. 직무난이도란

특정 직무 수행 시 수행자가 느끼는 어려움 또는 과업의 난이도 등을 나타낸다. 자율 주행 시 NDRT 중 제어권 전환 인터페이스에 따라운전자의 정신적 부하를 평가하는데 가장 효과적으로 사용될 수 있는 NASA-TLX(Task Load Index)로 ⁹¹ 제어권 전환 중 제공되는인터페이스 방식에 따른 직무난이도 평가를 실시했다.

Nasa TLX는 정신적 요구(Mental demand), 육체적 요구(Physical demand), 시간적 요구(Temporal demand), 노력 수준(Effort), 수행도 수준(Performance), 좌절 수준(Frustration)의 평가 속성이 있다. 운전자는 위 6개의 평가기준에 의해 주관적 평점을 부여한다. 각 평점의 부여는 100점 척도에 의해 운전자가 평가를 실시한다.

NASA TLX를 설문 후 제어권 전환 과정에 있어 UI 디자인이 주는 영향에 대해 피실험자가 말하는 회상적 발성사고법(Retrospective think-aloud)을 활용하여 제어권 전환 경험에 대한 인터뷰를 진행한다.

회상적 발성 사고법을 활용한 심층 인터뷰를 실시하여 NDRT에 따른 제어권 전환 상황 별 인터페이스 방식의 차이에 따른 결과를 조사한다. 발성사고법을 실험자가 직무(Task)를 수행과 동시에 견해를 전달하는 방식으로 실험을 실시하면 피실험자가 견해를 직무와 동시에 전달하여 인지 작업 과정 및 실험 결과에도 영향을 미칠 수 있어 회상적 발성사고법을 활용한다.

제 4 장 파일럿 실험

본 실험에 앞서 실험 설계 및 진행 방식에 대한 사전 검증을 위해 파일럿 실험을 실시하였다. 피실험자 관점에서 자율 주행 중 NDRT 수행 및 제어권 전환 과업을 실시하기 위한 주행 환경 구성 및 실험 진행 방식에 있어 실험에 몰입도를 높이기 위해 보완해야 할 사항을 본실험 전 도출하여 개선하는 목적으로 실시되었다. 실험 진행자관점에서는 제한된 시간 내에 실험 도구를 효과적으로 활용하여 피실험자들에게 일관된 실험을 진행하기 위한 보완 사항을 도출하였다.

4.1 파일럿 실험 과정

파일럿 실험에 참석한 4명의 피실험자들에게 자율 주행에 대한 개념과 자율 주행 중 제어권 전환이 발생하는 이유와 그 과정에 있어 운전자의 역할, 그리고 UI디자인의 활용 및 본 실험의 목적에 대해 설명하였다. 제어권 전환이라는 개념이 없는 현 상황을 고려하여 제어권 전환 요청을 자율 주행 관련규정에 맞춰 제어권 전환요청 아이콘과 경고음(Beeping)을 설정하여 피실험자들에게 자율 주행 시스템이 제어권 전환을 요청하는 신호라는 것을 인지할 수 있도록 설명하였다. 피실험자들에게 자율 주행 Level 3는 자율 주행 중 운전자가 주행 과업 외 원하는 행동을 할 수 있음을 설명하였고 그 유형에 대해 아직 정의되지 않았으며 본 파일럿 실험에서는 NDRT 중 주의 분산 정도가 높은 영상 시청을 준비했으며 영상 시청 후 제공된 영상 콘텐츠 관련 질문에 정답을 답해 실험이 성립됨을 공지하여 영상 시청에 몰입하도록 했다. 피실험자들에게 NDRT 행동 유형에 따라 영상 시청이 가장 높은 인지부하를 가져오는 점에 대해 사전에 설명 시 실험 수행에 있어 편향된 결과를 가져올 수 있어 비 주행관련 과업 중 영상을 시청하는 이유에 대해서는 피실험자들에게 설명하지 않았다. 피실험자 대상으로 실시한 NDRT는 현재 방역 수칙에 따라 실내에서 마스크 착용 등을 포함한 기본적인 수칙을 준수한 상태에서 실험을 실시했다.

실험 개요 설명 후 자율 주행 실험 시작에 앞서 피실험자들에게 시뮬레이터를 활용한 차량 조작 및 주행 방식에 대해 설명하고 익숙해질수 있는 시간을 부여했다. [그림24]와 같이 연습 주행 시간은 약 10분간 도심 주행과 고속 도로를 반복하여 실시했으며 피실험자가시뮬레이터를 활용하여 주행 조작에 충분히 익숙해질 수 있는 시간을 부여하였다. 연습 주행 시 시각 인터페이스 장치를 통해 비 자율 주행중 임을 인지시켰다. 피실험자들은 운전면허 소지 후 1년 경과자, 자율주행 사용자이었기에 약 10분의 시뮬레이터 자율 주행 운행 후 주행방식을 충분히 이해했음을 피실험자들에게 확인 후 시험 주행을 종료했다.



[그림24] 파일럿 실험

피실험자는 시험 주행 후 운전석에 착석하여 정해진 구간으로 자율 주행을 시작했다. 피실험자는 보이지 않는 위치에서 제2의 조작 장치(스티어링 휠 및 가감속 페달)를 활용하여 오즈의 마법사(Wizard of OZ) 방식으로 자율 주행을 구현했다. 시뮬레이터를 활용하여 충분한 시험 주행 후 좌석을 이탈하지 않고 동일한 상태에서 자율 주행 실험을 실시할 시 피실험자들로부터 자율 주행을 하고 있는 주행 상황에 대한 몰입감에 이상이 없음을 확인하였다. 피실험자는 디스플레이에 표기된 정보로 자율 주행 중인 상황을 인지할 수 있게 했으며 비 주행 관련 과업인 영상 시청 실시를 요청했다.

휴식은 피실험자가 스티어링 휠과 가감속 페달에서 손과 발을 떼고 스크린에 나타나는 자율 주행 운전 환경의 배경을 주시하고 있었다.

실험 시작 시 피실험자들에게 개인 휴대용 기기로 영상 시청물의 몰입도 향상을 위해 해외 수상 광고작을 송부했으며 실험 후 영상 마지막에 나오는 광고 콘텐츠 관련 내용에 관한 질문에 올바른 답을 해야 운전자 과업 수행 조건이 성립됨을 피실험자들에게 설명하였고 실험 중 피실험자들은 영상 시청에 몰입했다.

제어권 전환 구간은 1. 공사로 인한 우회 도로 사용 구간 2. 고속도로 출구의 램프 진입 필요 구간 3. 차선 합류 구간으로 구성하여 피실험자에게 제공했다.

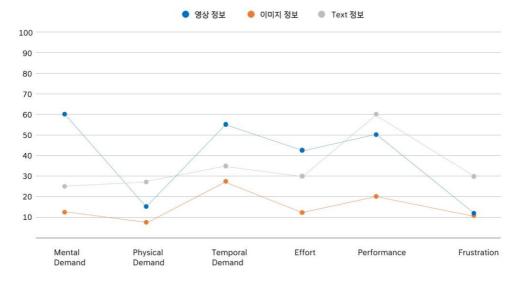
제어권 전환 시 제공된 시각 정보는 제어권 전환 16초-15초 구간에서 피실험자들에게 사전교육 시 공지한 TOR 아이콘과 경고음을 모든 실험에 공통으로 제공했다. 제어권 전환 전 15초에서 10초 구간에 제공되는 제어권 전환 요청 정보는 제어 방향을 구현한 영상, 제어 방향을 나타낸 이미지와 텍스트, 세가지로 유형을 나눠 제어권 전환 구간의 도로 상황에 부합하게 제공했다. 10초에서 6초 구간의 제어권 전환 요청은 노란색 경고 아이콘 및 제어권 전환까지 남은 시간(초), 그래프를 통해 표현하였고 6초에서 3초까지의 구간은 이전과 동일한 정보 구성으로 아이콘은 색상을 붉은색으로 변경하여 표기했다.

피실험자들에게 실시한 첫 번째 실험에서 NDRT의 유형과 관계없이 첫 1초간 노출되는 TOR 아이콘을 확인한 후 즉시 전방을 응시하여 차량 제어를 시도했다. 실험 직후 회상적 발성 사고법으로 실시한 인터뷰에서 제어권 전환 15초에서 10초간 제공되는 시각 인터페이스 활용시에 제공되었던 제어권 전환 정보는 도로 주행 상황 파악과 차량 조작을 우선적으로 하여 가장 먼저 노출되었던 제어권 전환 전 16초-15초에 제공되었던 제어권 전환 요청 아이콘 외에 다른 시각 정보는 인지하지 못했다. 이에 따라 피실험자들에게 실험에서 최초 제공되는 제어권 전환에 대한 정보를 확인 후 제어권 전환 전 15초에서 10초구간에 제공되는 제어권 전환 정보가 있음을 공지 후 실험을 실시했다. 그 결과 모든 피실험자가 디스플레이에 표기되는 제어권 전환 정보를 확인하였고 그 차이에 대해 인지하였다. 또한 제공되는 제어권 전환 정보에 따라 전방에 전개되는 도로 상황에 대한 이해 및 제어에 영향을 주는 사실을 확인했다.

피실험자들에게 자율 주행 중 제공되는 제어권 전환 정보가 제어권 전환을 실시하기 전 운전자에게 정보 전달을 위한 가용 가능 시간 동안 제공된다는 것을 인식시켜야 함을 확인했다.

4.2 파일럿 실험 결과

파일럿 실험은 자율 주행 중 영상을 시청하는 NDRT로서 주의분산도가 가장 높은 유형을 기준으로 실시했다. 모든 피실험자가 자율 주행 상황에 대한 NDRT 수행 시 주어진 과제 수행에 원활히 몰입하였음을 영상 콘텐츠 관련내용 질문의 정답 유무를 통해확인했으며 모든 피실험자들은 정답을 답했다. 영상 시청은 NDRT 중주의분산도가 높은 항목으로 피실험자의 인터뷰에서 제어권 전환 시휴식을 하고 있는 NDRT 대비하여 제어권 전환 과업에 작업 부하가상대적으로 높음을 피실험자들로부터 확인했다.



[그림25] 파일럿 실험 결과

파일럿 실험 결과는 [그림25]와 같이 나타났다. 100점 척도로 수치가 낮을수록 과업 부하가 적은 것을 나타낸다. 예를 들어 Performance를 위한 이미지 정보는 텍스트 정보 대비 수치가 낮으므로 운전자에게 더 적은 작업 부하를 주었다. 파일럿 실험에서 제공된 제어권 전환 영상 정보는 제어권 전환 상황과 동일한 영상 이미지를 제어권 전환 전 운전자에게 제공하여 차량 제어 시 조작을 원활하게 하는데 운전자의 과거 우전 경험에 의한 지각을 활용하지 않고 운전자의 감각 기관을 활용하여 제어권 전환 정보를 구성 후 적용한 것에 의의가 있다. 파일럿 실험에 참가한 피실험자는 제어권 전환을 위해 제공된 영상을 통해 확인 - 수 있는 상세한 정보에 대한 만족감을 표현하기도 했다. 반면, 영상의 내용을 확인한 후 운전자가 해석하여 제어권 전환 상황에 활용하기까지 영상 내용 시청 및 해석에 대한 시간 소요 및 해석에 있어 지체되는 시간으로 인해 주행 상황을 확인하지 못하는 어려움을 호소하였다. 또한 평가 결과 제어권 전환 상황을 상세히 제공한 영상을 활용하는 방식에 있어 보다 높은 만족도를 얻을 수 없는 이유는 제공되는 영상 정보의 내용을 파악하는데 피실험자들에 따라 부하가 있었음을 인터뷰로 확인했다.

이미지를 활용한 제어권 전환 정보 방식은 모든 피실험자가 정보의 제공 방식, 정보의 제공 시점, 제어권 전환 과업 수행 관점에서의 활용도에서 높은 만족도를 나타냈다. 피실험자에게 제공된 시각 정보는 그래픽 디자인 완성도가 높지 않았으나 차량을 제어하는 방향을 제안 받았던 과거의 경험을 활용하여 이미지를 지각할 수 있었고 더 빠른속도로 제어권 전환 상황에 대해 판단하였으며, 피실험자들은 제어권 전환 수행에 있어 적은 부담감을 표했다. 또한, 제어권 전환 상황에 대한 영상 정보 대비 제어권 전환 관련 정보를 빠른 시간 안에 인지하여도로 상황을 주시하고 제어권 전환을 수행하는데 보다 많은 시간을확보할 수 있는 장점이 있다고 답했다.

피실험자들은 텍스트를 활용한 정보 제공 방식에 대해 제어권 전환 상황에 대한 상세 정보를 획득할 콘텐츠 내용의 만족도는 있으나 텍스트를 읽는데 소요되는 시간에 따른 부담감을 나타냈으며 영상 대비 정보 전달력을 선호하는 경우가 있었으나 이미지 방식 대비 효용성이 저하되는 것으로 평가했다.

피실험자들은 제어권 전환 요청 시 영상 정보를 활용하여 제어 방향을 상세히 제공받을 수 있는 점에 대해 만족을 표했으나 그 방식에 있어 더 높은 품질로 운전에 도움이 되기 위한 아래와 같은 사항을 실험 후 인터뷰에서 확인했다.

시각 인터페이스를 활용한 제어권 전환의 사전 정보 제공은 피실험자들로부터 제어권 전환 방법에 대한 정보가 없는 상태에서 제어권을 전환하는 방법 대비 제어권 전환을 실행하는데 있어 선호되었으나 제어권 전환을 위한 리드 타임(제어권 전환 전 15초-10초)동안 제어권 전환 정보를 확인하는 과정은 심리적 부담이 발생함을 확인했다.

4.3 파일럿 실험 소결

제어권 전환 전 리드타임 15초-10초 구간을 활용하여 제어권 전환 관련 정보 유형을 차별화하여 운전자의 상황 인식 방법 및 제어권 전환 시 일련의 과정 및 관찰 요소들을 파일럿 실험으로 활용했다. 피실험자들이 시각 정보를 활용하는 방법의 관찰을 통해 리드 타임을 세분화하여 TOR시 활용 가능성에 대한 검토 필요성을 확인했다. 파일럿 실험 결과. 피실험자들은 이미지로 제공된 제어권 전화 정보를 확인한 후 바로 제어권 전환을 위해 주행 상황 파악을 위한 주행 과업에 몰입하기 시작했다. 그 결과 초기 제어권 전환 전 10초-0초 구간 동안 제공되는 시각 정보는 운전자가 명확히 인지하지 못했다. 기존 연구 결과 우전자는 주행과업 중 1.5초 이상 도로에서 시선을 이탈하지 않으려는 결과를 보였으며 ⁹² 주행환경 구축 시 인지 및 반응시간 기준은 실험 결과에 근거하며 안전성을 고려하여 대부분의 국가에서 주행속도에 따라 2.0초 또는 2.5초의 일정한 값을 기준으로 한다. ^{9 3} 이와 같은 결과를 고려했을 시, 제어권 전환 전까지 운전자에게 심리적 안정감을 야기하고 제어권 전환을 위한 인지 및 반응 시간을 고려해 시각 인터페이스를 활용하여 운전자에게 시각 정보를 효과적으로 제공할 수 있는 구간은 제어권 전환 전 15초-10초 구간과 동일하나. 시각 정보의 제공시점 및 시간단축의 필요성을 발견했다.

시각 인터페이스를 통해 제어권 전환 상황의 정보 전달을 제공한 영상, 이미지 및 텍스트 정보는 모든 피실험자가 최초 실험에서 자율 주행 중 NDRT에 충실히 몰입하여 실시하였고, 제어권 전환 상황을 처음 접하는 상태에서는 인지하지 못했다. 그러나 영상 정보의 목적과 제공되는 동안 시청해도 충분한 제어권 전환시간이 있음을 피실험자들에게 공지 후실시한 실험에서는 시각 정보를 확인하였고, 안정적인 실험을 실시할 수 있었다.

파일럿 실험에서는 1명의 피실험자가 6번의 자율 주행 중 제어권전환 UI디자인 활용에 대한 실험을 실시했다. 대부분의 피실험자들에게서 제어권 전환 실험 시작 후 약 40분 전후 시점, 실험 횟수 5회를 초과하면서부터 실험에 대한 집중력이 떨어지는 현상이 관찰됐으며 피실험자들의 인터뷰에서 집중도가 저하되었다고 답했다. 피실험자들은 반복되는 실험으로 인한 피로도 누적, 제어권 전환방법이해에 따른 긴장 완화, NDRT 중 제어권 전환에 충분한 시간이 부여됨이 인지되고 반복되는 실험으로 인한 패턴 인식 등을 이유로 답하였다. 따라서 본 실험에서는 피실험자 1명에게 부여되는 제어권 전환 상황에대해 통제하여 피실험자의 실험 몰입 유지도를 향상시킨다.

파일럿 실험을 통해 밝혀진 피실험자의 실험 패턴 인식에 의한 실험 몰입도 하락이 신뢰성 있는 결과값 산출에 영향을 줄 수 있으므로 본 실험 구성 시 실험의 진행 절차와 세부 단계를 개선하여 실시했다.

제 5 장 본 실험

본 실험은 파일럿 실험에서 확인된 피실험자의 반응과 설계된 실험의 진행 과정 상 보완이 필요한 부분들을 개선했다.

중점적으로 개선된 사항은 1. 실험의 구성 2. 제어권 전환 구간 설정 3. 피실험자 모집 4. 제어권 전환 UI디자인의 확장 5. 주의분산도가 높은 NDRT 구현을 위한 영상 콘텐츠 제공 순서로 파일럿 실험을 통해 보완된 사항과 본 실험 구성에 대해 구체적으로 논한다.

5.1 본 실험 설계 개선 사항

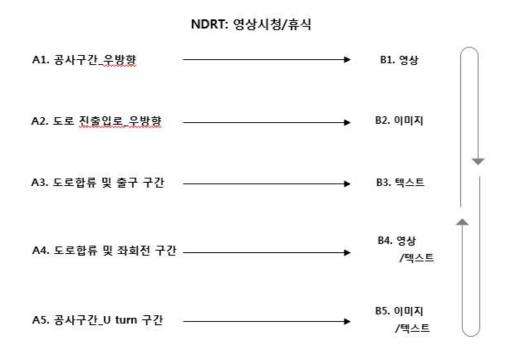
본 실험은 파일럿 실험에서 발견된 보완 사항을 개선 적용하고 피실험자의 반복되는 제어권 전환 상황 대응으로 인한 패턴 학습과 이로 인한 실험 집중도가 하락되는 현상을 방지하기 위해 아래의 [그림26]과 같이 실험 순서 및 과정을 사전에 교차하여 구성했다. [그림26]에서 A1~A5는 각기 다른 유형의 제어권 전환 실험 구간을 나타내며 B1~B5는 제어권 전환 요청 방식의 차이를 나타낸다. 총 5가지의 실험구간 및 제어권 요청 방식을 피실험자에게 제공하며 반복되는 주행 코스 및 제어권 전환 요청 방식이 피실험자들에게 중복되어 제공하지 않도록 구성했다. 또한, 각 실험 주행 코스에 따라 제어권 전환 요청 방식을 순환하여 실시할 수 있도록 구성하여 결과 도출에 있어 객관성을 확보한다.

이와 같은 방식의 파일럿 실험 시 파악한 피실험자 한 명이 실험 시 집중력을 유지하는 평균적인 시간은 40분 내외였으며 실험 횟수는 6회 내외였다. 실험 횟수의 증가는 피실험자의 집중력 저하가 발생되며 NDRT 과업에 대한 몰입도가 저하되고, 경우에 따라 많은 횟수의

반복되는 실험 시 시뮬레이터의 빠른 화면 전환으로 인해 멀미를 호소하여 실험 집중도가 하락할 수 있었다. 이와 같은 결과를 고려하여 실험 시간과 실험 횟수를 설정했다.

실험에 참여하는 피실험자의 수가 증가하지만 피실험자당 배정되는 실험 참여 시간 및 횟수가 한정되고 실험 과정에 있어 몰입도를 향상시킬 수 있으며 실험 결과값의 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

본 실험에서는 현재 자율 주행 최고속도로 규정된 60km/h의 일관된속도로 피실험자에게 제어권 전환 상황을 구현한다.



[그림26] 본 실험의 피실험자 실험 구성

제어권 전환 실험은 피실험자 1명이 총 5회 실시하기에, 학습 효과가 나타나지 않도록 아래 [그림27]과 같이 제어권 전환 주행구간을 모두다르게 설정하여 NDRT 중 제어권 전환 시점을 운전자가 예측할 수 없도록 제어권 전환 실험 주행 구간을 추가 구성했다.

파일럿 실험의 경우, 운전자가 제어권 전환 상황에서 좌측 방향으로

일관된 차량 조향을 필요로 했으나, 본 실험의 자율 주행 실험 경로는 국토교통부의 부분 자율 주행차 레벨 3 안전기준 제정을 참조하여 '고속도로 출구', '예기치 못한 전방의 도로 공사', '예상되지 않은 상황'등의 기준으로 제어권 전환이 필요한 상황을 구성하여 실시했다.

개선된 실험 주행 주간은 운전자가 좌측 또는 우측 방향, 차선 합류 구간의 조건 하에 차량 제어가 필요하도록 설정하여 반복되는 실험으로 인한 학습효과를 최소화했다.

자율 주행 Level 3의 제어권 전환 구간으로 붉은색으로 표시된 영역이 운전자가 제어권 전환을 필요로 하는 지점으로 해당 지점에 도래하기 15초 전 60km/h 의 속도로 제어권 전환 요청을 실시하였다.



[그림27] 본 실험의 제어권 전환 요청 구간

5.2 본 실험 대상자

피실험자는 한국의 온라인 자동차 커뮤니티 중 가장 많은 수의 회원을 확보하고 있는 운영 기업과 협의하여, 실험 대상 조건에 부합하는 피실험자의 모집 공고를 일정 기간 동안 게시판에 공지하여 20명을 모집하였다.

본 실험에서 요구되는 피실험자는 2년 이상의 자동차 운전 경력과 현대자동차의 준중형급 자동차를 사용하고 있는 만 25세에서 39세의 남녀로 제한했다.

피실험자의 운전경력에 따른 주행상황에 대한 지각능력 차이를 고려하여 실험 참여자 모집 공고 시 참여 가능한 피실험자의 연령을 39세로 제한하여 운전경력이 20년 미만으로 설정되도록 했다. 운전자에게 제공되는 차량 정보에 있어 일반적인 정보수준이 아닌효율적 운행에 대한 정보를 요구하는 높은 수준의 20년차 이상인숙련된 운전자는 본 실험 대상에서 제외했다.

5.3 본 실험 도구

본 실험 진행을 위해 중재 도구를 개선했다.

제어권 전환 UI디자인에 대해 구성 가능한 경우의 수를 확장하여 영상과 텍스트 및 이미지와 텍스트를 동시에 보여주는 UI디자인을 제공하여 피실험자의 제어권 전환 시 추가된 정보 유형에 대한 유효성 여부를 검증했다.

또한 운전자에게 제어권 전환 정보 제공 시점이 제어권 전환 전 15초-10초 구간으로 안전에 영향을 주지 않는 시점이라는 것을 실험 방법 설명 시 명확히 인지시키되, 제공되는 제어권 전환 UI디자인의 순서 및 정보의 유형에 대해서는 사전에 공지하지 않으므로 피실험자가 제어권 전환 정보의 유형에 대해 인지하지 못한 상태에서 제어권 전환 요청을 받고 평가하는 반복된 실험으로부터 발생되는 실험 집중도 저하를 방지시켰다. 아래 [그림28]은 영상과 텍스트 정보를 동시에 제공한 사례이며 [그림29]는 이미지와 텍스트 정보를 구성한 예시이다.

>제어권 전환 정보 유형 D-type



TOR 15-10sec





TOR 10-6se

TOR 6-3sec

[그림28] 영상과 텍스트가 결합된 유형의 제어권 전환 정보 제공 예시

>제어권 전환 정보 유형 E-type



TOR 15-10sec





TOR 10-6se

TOR 6-3sec

[그림29] 이미지 및 텍스트 제어권 전환 정보 제공 예시

5.4 실험 진행 과정

본 실험은 앞의 실험 구성에 기반하여 총 22명의 참가자를 대상으로 진행되었다. 파일럿 실험을 통해 대부분의 피실험자가 시뮬레이터에서 실험 시 초기 30분~40분 간 높은 집중도를 보인 점을 고려하여 1회 실험 시 실험 시간은 최대 40분간 실시했다.

피실험자에게는 실험 참가신청서 작성 후 자율 주행 자동차에 대한 기본적인 기능의 특징과 TOR 발생 시 제어권 전환을 위해 운전자가해야 할 행동, 본 실험의 배경과 목적을 알렸다. 또한 자율 주행 자동차의 개념과 부분 자율 주행, 완전 자율 주행의 차이, 부분 자율 주행 중 행할 수 있는 행동 유형과 TOR 발생 원인 및 대응 방법에 대해 설명했다.

자율 주행의 사용 경험이 없는 피실험자의 경우 TOR 발생 시제어권을 운전자에게 가져오기 위해 어떤 방법이 있는지를 인지시켜야하는 등 피실험자의 운전 경험과 자율 주행에 대한 이해도의 차이를 고려하여 본 실험에 대해 설명했다.

그 후 피실험자가 자율 주행 시뮬레이터 활용에 충분히 적응될 수 있을 때까지 시뮬레이터를 활용한 도로 주행 연습을 실시해 스티어링 휠 및 가감속 장치 조작에 익숙해질 수 있게 했다.

모든 피실험자가 대한민국 운전면허 소지자이자 차량 운전자이며 그 중 50%는 현재 부분 자율 주행을 사용하고 있기에, 실험 주행 시간은 5분을 초과하지 않고 시뮬레이터를 활용한 차량 조작에 비교적 빠르게 적응했다.

피실험자들은 시뮬레이터의 스티어링 휠 조향에 따른 차량의 좌우방향 움직임 변화량, 가감속 페달의 조작에 따른 속도 변화량을 확인했고 시뮬레이터 조작에 문제없다고 답했다.

이후 제어권 전환 본 실험을 실시했으며 주의 분산도가 높은 NDRT

를 실시하며 총 5회의 제어권 전화 실험을 실시했다.

피실험자들에게 자율 주행 실험임을 인지시키기 위해 주행실험을 시작할 때 피실험자들에게 스스로 주행을 시작하게 하였다. 차량 시동 및 파킹브레이크의 해제, 전후방 주행 변속 및 조향까지 일정 구간을 피실험자가 직접 주행 후, 차량의 센터 디스플레이 위치와 동일한 구간에 설치된 디스플레이를 통해 자율 주행의 시작을 알리는 아이콘 정보를 제공하여 자율 주행이 시작됨을 알렸다. 피실험자가 운전하지 않아도 도로주행이 가능하도록 제 2의 조작장치를 활용하여 실험도로를 주행했으며 이로 인해 피실험자들은 자율 주행에 의해시뮬레이터의 모니터에 주행되는 상태가 자율 주행이라고 인지할 수 있게 했다.

실험의 도로 주행 환경 설정은 기상이 맑고 시야가 충분히 확보된 오후 2시-4시의 마른 노면으로 설정했다. 피실험자가 제어권 전환 시 주변 차량의 움직임과 교통량 등에 의한 제어 변수가 발생할 수 있기에 본실험에서는 제했다. 주행 중 운전자에게 시선 분산 및 제어 시 고려요소로 작용할 수 있는 보행자가 없는 주행 환경으로 설정했다. 피실험자가 TOR을 받을 시 차량의 속도는 자율 주행 Level 3의 최대속도로 규정되어있던 60km/h를 적용했다.

자율 주행이 시작되면 피실험자에게는 디스플레이를 통해 자율 주행이 시작되었음을 인지시키는 아이콘 정보를 노출시켰다. 동시에 NDRT 중 몰입도가 높은 영상시청을 할 수 있도록 약 1분~3분으로 구성된 영상을 피실험자의 개인 휴대 기기를 통해 제공하고 영상을 시청하도록 했다. NDRT의 몰입도 향상을 위해 영상은 국제 광고제 수상작 및 10만뷰이상의 조회수를 기록한 광고, 뮤직비디오를 활용하여 피실험자가시청하는 영상을 짧은 시간 안에 몰입하여 볼 수 있도록 했다.

또한 몰입도 향상 및 몰입여부 확인을 위해 영상시작 전 영상을 집중해서 시청해야 답할 수 있는 영상 콘텐츠 관련 문제를 제시하여 영상을 시청하는 동안 영상에 대한 높은 집중도가 유지될 수 있게 했다. 피실험자에게는 영상 콘텐츠에서 제시한 문제에 정답을 맞춰야 해당 실험이 성립함을 공지하여 영상 시청 몰입의 중요도를 인지시켰으며, 모든 실험자는 제공되는 영상에 답하기 위해 자율 주행 중 영상시청에 몰입했으며 모든 피실험자는 영상 콘텐츠에 대한 정답을 맞췄다.

실험 참여자의 순서에 따라 실제 실험을 위한 주행 경로 및 제어권 전환 UI디자인이 중복되어 제공되지 않도록 총 5가지의 제어권 전환 경로와 5종류의 제어권 전환 요청 UI디자인을 사전에 실험 구성에 최적화된 순서로 구성하여 피실험자들에게 제공했다.

파일럿 실험에서의 최초 제어권 전환 실험 시, 대부분의 피실험자는 TOR이 발생할 때 제어권 전환 요청 UI 대신 시뮬레이터의 주행상황을 응시하여 즉시 운전 과업에 착수했다. 따라서 최초 실험에서 피실험자가실험에 실패할 확률을 고려하여 최종적으로 6종류의 제어권 전환경로를 본 실험에서 준비했다. 본 실험에서도 대부분의 피실험자는 실험전 NDRT를 수행하고 있는 자율 주행 중 TOR이 발생될 것임을 실험개요 설명 시 인지했으나, 실제 제어권 전환 실험에 참가하여 제어권전환 상황이 발생했을 때에는 시각 및 청각 신호를 통해 제어권 전환이필요함을 인식함과 동시에 차량을 바로 제어하려고 시도했다. 그 후피실험자에게 제어권 전환과 관련된 사전 정보가 모니터를 통해제공됨을 재 인지시켰으며, 제어권 전환정보는 제어권 전환 필요시점 전15초에서 10초 사이 제공되어 정보를 확인한 후 차량 제어를 시작해도제어권 전환에 필요한 시간이 확보됨을 피실험자들에게 알려주었다.

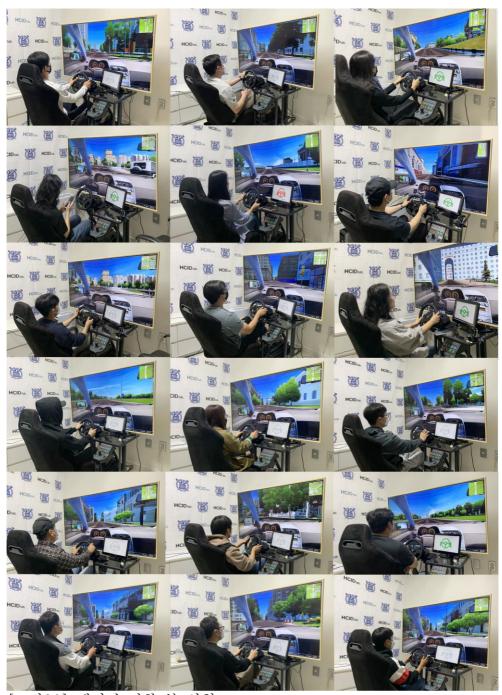
다시 시작된 실험에서 모든 피실험자는 제어권 전환 16초전 시각(아이콘)과 청각(경고음)을 활용하여 TOR을 최초로 인지했을 때 제어권 전환 UI가 제공하는 정보를 응시했다.

제어권 전환 실험 1회에 약 7분가량의 시간이 소요됐으며, 실험 직후 피실험자의 인터뷰 및 제어권 전환과 관련된 NASA TLX평가를

실시했다. NASA TLX 평가를 통해 제공된 제어권 전환 요청 UI디자인에 따른 제어권 전환 상황에서 피실험자에게 주는 영향에 대해 정신적 요구 수준, 신체적 요구 수준 등의 각 항목을 파악했다. 피실험자가 실시한 NASA TLX 설문조사의 각 항목들에 대한 결과값에 대해 신뢰도 확인을 실시한다.

피실험자는 5번의 제어권 전환 실험 종료 후 약 5분간 본 실험의 전반적인 사항에 대해 인터뷰했으며, 제어권 전환 UI디자인 및 실험과 관련하여 피실험자의 의견을 기술하는 설문지를 작성 후 본 실험의 참여 과정을 마쳤다.

실험 종료 후 피실험자들에게는 실험 참가비 3만원을 지급했다. 아래 [그림30]은 본 실험을 실시한 피실험자들이다.



[그림30] 제어권 전환 본 실험

5.5 결과 분석 방법

실험 결과는 NASA-TLX 기반의 평가 항목에 대해 신뢰도 분석을 진행하였다. 신뢰도가 높은 문항들의 평균을 인지 점수를 대표하는 값으로 사용했다. 첫 번째로 반 자율 주행 사용 여부와 영상 시청 여부로 구분되는 실험 그룹 간의 인지점수 또는 반응 시간이 차이가 있는지 확인하기 위해 분산 분석 또는 크루스칼 왈리스 검정을 하였다. 각 그룹의 종속변수가 정규성을 만족한다면 분산분석, 정규성을 만족하지 않는다면 크루스칼 왈리스 검정으로 진행했다.

다음으로 자극물에 따른 차이를 살펴보기 위해 반복 측정 분산분석 또는 프리드만 검정을 진행하였다. 피실험자 모두 5가지 자극물에 대해서 실험을 진행했기 때문에 반복측정 자료로 판단할 수 있다. 이와 같은 형태의 데이터는 독립성이 만족되지 않고, 자극물에 따라 상관성이 존재하므로 반복 측정 분산분석을 이용하여 분석하였다. 반복 측정 분산분석은 분산분석과 다르게 각 피실험자로부터 반복 측정된 종속변수의 상관성을 고려하기 위해 개체에 따른 랜덤 효과를 추가하여 분석하게 된다. 반복 측정 분산분석은 자극물에 따라 종속변수의 분포가 정규성을 만족해야 하고, 추가로 서로 다른 두 자극물에서 관측된 종속변수의 차이값의 분산은 동일해야 하는데 이를 구형성(Sphericity)이라고 한다. 모클리의 구형성 검정(Mauchly's Test of Sphericity)은 구형성을 확인하는 검정 방법으로 p-value가 0.05보다 작으면 구형성 가정이 유의하지 않다고 볼 수 있다. 만약 구형성 가정이 만족되지 않는다면 제 1종 오류가 커져 이를 보정하여 더욱 보수적인 검정 방법이 필요하고, 대표적인 방법으로는 Greeenhouse-Geisser(GG) 방법 또는 Huynh-Feldt(HF) 방법이 있다. 정규성을 만족하지 않았다면 비모수 검정 방법인 프리드만 검정을 이용하여 분석하였다. 사후 분석으로 어떤 자극물 형태가 차이가 있는지 살펴보기 위해 대응표본 t 검정을 이용했다.

분석 과정에서 정규성은 분위수대조도(QQ plot)와 샤피로-윌크 검정(Shapiro-Wilk test)을 통해 확인했다.

제 6 장 실험 결과

6.1 인지 지수 및 반응 시간 실험 결과

6.1.1 신뢰도 분석

피실험자가 실시한 NASA-TLX 기반의 5가지 인지 점수 평가 결과에 대한 신뢰도 분석 결과 크론바하 알파 값은 0.9008로 신뢰도가 높은 것으로 나타났다. 따라서, 분석할 때 5가지 항목의 평균을 피실험자의 인지 점수의 대푯값으로 이용하였다. 5가지 항목에 대한 인지 점수는 낮을수록 제어권 전환 상황 대처가 정신적 또는 신체적으로 쉬웠다는 것을 의미한다.

6.1.2 인지 점수와 반응 시간의 기술통계

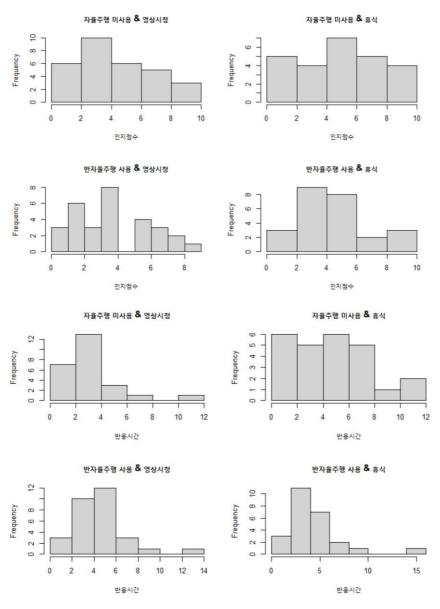
아래 [표5]는 실험 그룹과 자극물에 따른 인지점수 및 반응 시간의 요약 통계량을 나타낸다. 전반적으로 자극물이 텍스트일 때 인지 점수가 높다는 것을 확인할 수 있다.

그룹		자극물	인지 점수 평균(표준편차)	반응 시간 평균(표준편차)
		상 80	4.27(3.41)	5.20(3.56)
		이미지	2.53(1.28)	4.71(2.61)
	영상 시청	텍스트	4.83(2.62)	2.81(1.61)
반자율주행		영상+텍스트	3.17(1.65)	5.27(2.13)
사용		이미지+텍스트	4.13(2.22)	4.48(1.50)
	휴식	大0 명0	4.96(2.86)	4.14(2.11)
		이미지	3.12(1.98)	5.26(2.55)
		텍스트	6.52(2.11)	5.42(5.50)
		영상+텍스트	4.24(2.18)	4.00(1.62)
		이미지+텍스트	3.40(1.57)	3.44(0.75)
	영상 시청	것0 평0	5.27(2.82)	2.42(0.709)
		이미지	2.80(2.11)	2.65(1.08)
		텍스트	6.07(2.59)	6.58(3.30)
		영상+텍스트	5.00(2.75)	4.20(4.19)
자율주행		이미지+텍스트	3.27(1.09)	3.58(2.23)
미사용자	휴식	大0 80	3.64(2.96)	4.78(3.84)
		이미지	4.72(2.81)	3.94(2.13)
		텍스트	6.64(2.36)	6.58(3.30)
		영상+텍스트	5.04(2.24)	4.62(3.20)
		이미지+텍스트	5.92(3.28)	3.52(1.43)

[표5] 인지점수와 반응시간의 평균, ():표준편차

6.1.3. 반 자율 주행 사용 여부, 영상 시청/휴식 여부가 제어권 전환에 미치는 영향

아래 [그림31]은 반 자율 주행 사용 여부와 영상 시청 여부가 인지점수, 반응 시간에 미치는 영향을 살펴보기 위해 4개 그룹별로 정규성을확인한 결과이다.



[그림31] 반 자율 주행 사용과 영상 시청 여부에 따른 반응 시간 분포

샤피로-윌크 검정 p-value	반자율주행 사용	자율주행 미사용자
영상 시청	0.04335(0.0189)	0.5677(0.0000)
휴식	0.7139(0.0001297)	0.2327(0.06456)

[표6] 인지 점수(반응 시간)의 샤피로-윌크 검정의 p-value

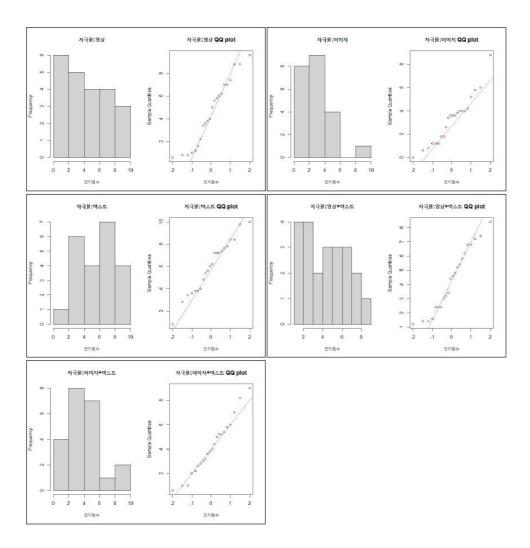
[표6]과 같이 인지 점수의 경우, 반 자율 주행을 사용하고 영상 시청한 그룹에서 정규성을 만족하지 않는 것으로 나타났고, 반응 시간의경우 대부분 그룹에서 정규성을 만족하지 않는 것으로 나타났다. 따라서아래 [표7]과 같이 크루스칼-왈리스 검정을 사용하여 그룹 사이의요인의 차이가 있는지 분석했다. 모두 p-value가 0.05보다 크므로그룹별 차이가 유의하지 않았다. 참고로 인지 점수의 경우 분산분석을진행했을 때도 그룹별 차이는 유의하지 않았다. 그리고 반 자율 주행사용 여부에 따른 그룹만 또는 영상 시청 여부에 따른 그룹만 봤을 때도그룹별 차이는 유의하지 않았다.

요인	변인	p-value
인지 점수	반자율주행 x 영상 시청	0.249
반응 시간	반자율주행 x 영상 시청	0.0518

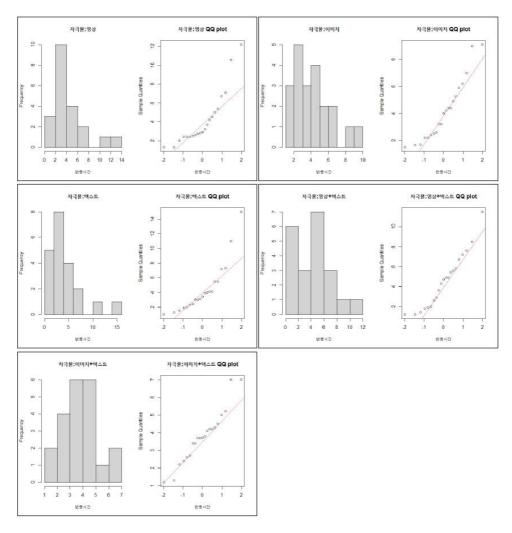
[표7] 크루스칼-왈리스 검정 결과

6.1.4. 자극물 형태가 제어권 전환에 미치는 영향

자극물 별로 종속 변수가 정규성을 만족하는지 확인하였다.



[그림32] 자극물 형태에 따른 인지 점수 분위수 대조도



[그림33] 자극물 형태에 따른 반응시간의 분포 분위수 대조도

자극물	p-value
장 80	0.163(0.000783)
이미지	0.203(0.0442)
텍스트	0.717(0.00685)
영상+텍스트	0.232(0.177)
이미지+텍스트	0.753(0.283)

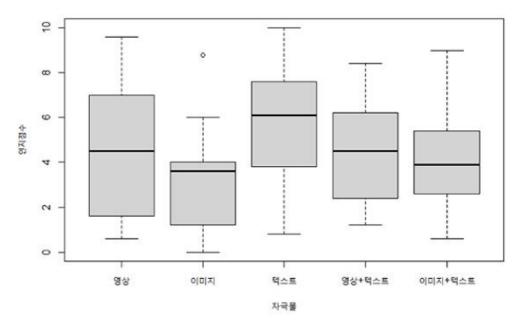
[표8] 자극물에 따른 인지점수(반응시간)의 샤피로월크 검정 p-value

위의 [표8]와 같이 인지 점수의 경우, p-value가 모두 0.05보다 크게 나타났으며 그림[32] 및 그림[33]과 같이 정규성을 만족하는 것으로 나타났다. 반면, 반응 시간의 경우 영상, 이미지, 텍스트 형태에서 정규성을 만족하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 인지 점수는 반복측정 분산분석, 반응 시간은 프리드만 검정을 이용하여 분석하였다.

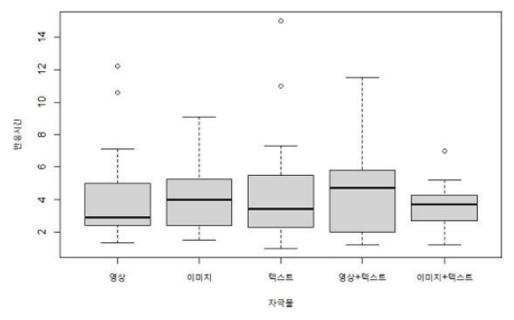
요인		검정통계량	p-value
인지 점수	반복측정 분산분석	4.687	0.002**
	모클리의 구형성 검정	-	0.293
반응 시간	프리드만 검정	1.8654	0.760

[표9] 자극물 형태에 따른 요인의 검정 결과 (반복측정 분산분석의 경우 F 검정, 프리드만 검정은 χ2 검정)

위의 [표9]와 같이 인지 점수의 경우 모클리의 구형성 검정 결과 구형성을 만족하였고 반복측정 분산분석의 p-value가 0.05보다 작아자극물에 따른 인지 점수의 차이가 유의하였다. 반면, 반응 시간의 경우정규성을 만족하지 않아 비모수 검정 방법인 프리드만 검정을 이용하였고 자극물에 따른 차이가 유의하지 않았다.



[그림34] 자극물의 형태에 따른 인지 점수 boxplot



[그림35] 자극물의 형태에 따른 반응 시간 boxplot

[그림34], [그림35]와 같이 사후 분석으로 인지 점수에 관하여 어떤 자극물의 차이로 인하여 앞선 반복측정 분산분석의 결과가 유의하게 나타났는지 확인하였다. 아래 [표10]과 같이 모든 2개의 자극물 형태

쌍에 대하여 대응표본 t 검정을 실시하였다. 이때 p-value는 본페로니 교정을 해주었다. 사후 분석 결과 이미지와 텍스트 형태의 자극물 사이에 인지 점수의 차이가 유의하게 나타났다.

	영상	이미지	텍스트	영상+텍스트
וגוםוס	0.069(0.687)	-		
텍스트	0.052(0.515)	0.000(0.000)***	1	
영상+텍스트	0.734(1.000)	0.063(0.631)	0.012(0.121)	_
이미지+텍스트	0.602(1.000)	0.126(1.000)	0.029(0.289)	0.728(1.000)

[표10] p-value 본페로니 교정 전(후)

6.1.5. 소결

제어권 전환 상황에서 인지 점수와 반응 시간이 반 자율 주행 사용여부, 자율 주행 중 영상 시청 여부, 자극물의 5가지 형태에 따라차이가 있는지 분석하였다. 반 자율 주행 사용 여부 및 영상 시청여부에 따른 차이는 유의하지 않았고, 자극물의 형태에 따른 차이는유의하게 나타났다.

사후 분석으로 어떤 자극물의 형태 사이에 차이가 있는지 살펴본 결과, 이미지와 텍스트 형태에서 인지 점수의 유의미한 차이가 있었다.

6.2 실험 과정 영상 분석

본 실험에서는 피실험자의 실험 일련의 과정을 영상 촬영하여 피실험자의 자율 주행 중 NDRT 수행에서부터 TOR 발생 후 제어권 전환을 실행하는 과정까지 확인했다. NDRT 중 제어권 전환 정보를 확인 후 주행 상황 파악을 위해 주행 상황을 응시하여 파악하고 가속 또는 감속장치를 사용하는 시점, 또는 조향 장치를 사용하는 시점을 기준으로 운전자가 제어권 전환을 시작한 것으로 설정하고 운전자가 반응하기까지의 시점을 주요 단계로 설정했다.

실험 과정의 영상 촬영을 통해 피실험자가 NASA TLX 문항으로 응답한 사항 외 NDRT의 집중 여부, NDRT 중 제어권 유형에 따른 TOR 발생 시 피실험자의 반응, 반복되는 실험에 따른 학습효과 유무 등을 관찰했다. 실험 과정 영상 촬영은 Gopro Hero4 영상 녹화 장치를 활용하여 피실험자가 영상 촬영에 동의했을 경우 정측면과 후측면에서 촬영했다.

[그림36]은 제어권 전환 실험 과정을 촬영한 예시이며 본문에서는 피실험자의 개인 신상 보호를 위해 안면부 이미지는 흐림 처리했다.



[그림36] 실험 과정 영상 촬영 이미지

피실험자의 녹화한 영상을 기반으로 실험 전개 과정에서 보이는 피실험자 반응이 일어나는 일련의 실험 과정 특징에 대해 제어권 전환을 요청 발생 시점과 제어권 전환을 실행하는 시점, 두 가지의 주요 과업 과정으로 구분하여 각 유형에 대해 분석했다.

6.2.1 제어권 전환 실행 시점

자율 주행 중 제어권 전환 요청이 발생되었을 시, 피실험자들의 운전 경험 및 개인적 성향에 따른 반응 및 전개 과정에서 보이는 양상을 아래와 같이 분석하였다.

운전자의 주행 패턴에 따라 제어권 전환 요청 발생 시 제어권 전환 정보를 확인 후 차량 제어를 실시하는 그룹과 차량 제어권을 운전자가 확보하여 차량 제어를 실시하며 제어권 전환 정보를 확인하는 그룹으로 나뉘었다. 이와 같은 제어권 전환 시점의 변화는 운전자가 사용할 수 있는 UI디자인 유형에 영향을 주는 사실을 확인했으며 본 연구에서 실시한 실험 중에는 운전자의 주행 패턴을 단기간 내 변경하는데 어려움이 있음을 확인했다.

아래에서 각 그룹별 구체적인 사항에 대해 논한다.

6.2.1.1 제어권 전환 정보 확인 지향형

제어권 전환 요청 발생 시, 제어권 전환 정보를 확인할 수 있는 시간과 차량을 제어하는데 소요되는 시간이 확보되었음을 사전에 공지했다. 이에 따라 제공되는 영상 및 텍스트 등 정보를 확인하는데 일정 시간이 소요되었지만 처음부터 끝까지 확인한 후 제어권 전환을 실행하는 유형의 피실험자 그룹이다. 이와 같은 유형의 피실험자들은 약 5초간 제공되는 제어권 전환 정보를 충분히 확인했으며 영상, 텍스트, 영상과 텍스트가 함께 제공되는 상세한 정보 제공 유형을 선호했다.

제어권 전환 정보의 확인에 시간을 충분히 활용한다는 점은 제어권 전환 지점까지 남은 시간을 제시하는 자율 주행 시스템을 신뢰한다고 해석할 수 있다. 또한 자율 주행 시스템이 제공하는 제어권 전환 정보를 상세히 확인했기에 보다 더 안정적인 제어권 전환을 실행할 수 있었다. 반면, 도로 주행 상황과 제어권 전환 정보의 내용이 일치하지 않을 시제어권 전환을 실행하는 동안 주행 상황 판단 및 차량 제어 방향에 있어 더 많은 스트레스를 받는 것으로 확인되었으며 제어권 전환 정보에 의한확신이 들지 않는 상황에서는 대응할 수 있는 제 2차 경로 옵션이 있을시 직진 주행 상태를 유지하려는 경향을 보이기도 했다. 경우에 따라차량 제어 요청에 제어권 전환 지점까지 반응하지 않았다.

이는 제어권 전환 요청 후 운전자의 반응이 없을 시 현재 채택하고 있는 비상등 점등과 동시에 차량이 멈추게 하는 기술을 넘어 운전자에게 효과적인 2차 정보를 제공하여 차량을 제어할 수 있도록 유도하는 보다 발전된 차원의 대응 방식에 대한 필요성을 나타낸다.

6.2.1.2 제어권 선 인수 지향형

비 주행 관련 과업 중 제어권 전환 요청 시 전환 정보를 확인하기에 앞서 차량의 브레이크 및 스티어링 휠을 조작하여 차량의 제어권을 운전자에게 가져온 후 제어권 전환 정보를 확인하는 유형의 피실험자그룹이다. 차량의 제어권을 운전자가 미리 가져왔기에 일정 시간이소요되는 영상 정보와 같은 정보 콘텐츠의 확인에 있어 누락되는 부분이발생하며, 부분적인 정보를 얻게 되므로 제어권 전환 상황 시 정보를 활용하는데 제약이 발생함을 확인했다. 경우에 따라 부분적으로 시청한 영상으로 제공된 제어권 전환 정보를 왜곡하여 해석 후 주행 과업을실행하여 피실험자가 제어권 전환 과업을 완료했다고 추측했으나 제시된경로가 아닌 방향으로 주행한 경우가 발생했다.

따라서 이와 같은 유형의 피실험자들은 이미지 정보와 같이 짧은 시간에 확인할 수 있는 정보 유형을 선호하게 되며, 제한된 제어권 전환 정보 확인 시간으로 인해 2개 이상의 주행 제어 과업이 표기된 문장의 이해에 어려움을 나타냈다. 이와 같은 유형은 기존 차량 운전습관과 연결된다고 해석되며 표기되는 제어권 전환 정보 유형 또한 현재 차량의 경로 안내에 표기되는 이미지 유형을 선호하는 경향을 보였다. 따라서 제어 방향 안내와 관련된 시각 정보에 있어 현재 네비게이션에서 제공되는 수준의 정보 제공에 대한 요구가 있었다.

동시에 표기되는 지도의 스케일 및 표기 영역 등 이미지가 담고 있는 정보의 비교적 높은 품질에 대한 요구가 있었다. 이와 같은 방식으로 제공 시 운전자의 관점에서 경로 이해 및 주행 실행을 위해 제공되는 이미지의 해석 수준도 높을 것으로 피실험자들의 인터뷰를 통해 예측할 수 있었다.

6.2.2 제어권 전환 정보의 활용

제어권 전환 정보를 UI디자인 유형에 따라 활용하는 방법은 제어권 전환 실행 시 운전자에 따라 다르게 나타난다. 이는 운전자의 성향 및시각 정보 해석 능력과 연결되며 반 자율 주행 사용 경험 및 운전 경력 정도와는 비례하지 않는다. 이미지 정보를 활용하여 단시간에 보다빠르고 많이 인지할 수 있는 운전자는 제공되는 정보가 정확하고 구체적으로 제시될수록 제어권 전환 시점을 정확히 인지했다. 반면 부정확한 정보를 상세하게 제공받았을 시 제어권 전환 시점에 대한 혼선으로 제어권 전환을 실행할 때 더 높은 혼선이 유발되는 것을 확인했다.

제어권 전환 정보의 활용 방법에 있어 아래에서 두 가지 그룹의 유형에 대해 상세히 서술했다.

6.2.2.1 제어권 전환 정보의 맥락 활용

제어권 전환 실행 시 제공된 제어권 전환 정보 활용 방식에 있어 제공되는 정보의 세부적인 내용의 파악 및 기억보다 차량 제어 방향의 큰 맥락에서 정보 내용을 이해하고, 제어권 전환 지점에서는 주행환경과 제어권 전환 정보 등의 내용으로 차량 제어 방향을 유추하여실행하는 유형이다. 이와 같은 유형의 피실험자들은 제공받는 제어권전환 정보에 포함되는 실제 도로와 제공된 제어권 전환 정보 이미지의일치 여부 등과 같은 세부 정보에 대한 정확도에 비중을 두지 않고제시된 차량의 주행 방향에 초점을 맞춰 제어권 전환 시점에 차량을 제어한다고 답했다.

이와 같은 유형의 피실험자들은 제공되는 제어권 전환 정보의 이해를 빠르고 쉽게 할 수 있는지 여부를 중요한 요소로 답했다.

반면 2가지 이상의 중복 과업이 있는 제어권 전환 상황에서 피실험자가 이해한 경로와 실제 제어권 정보가 유도하는 경로의 차이가 발생하기도 했다. 제공되는 텍스트 유형의 제어권 전환 정보는 지양하는 경향을 보였다. 제어권 전환 정보의 내용을 맥락에서 이해하였기에 2가지 이상의 제어 방향을 텍스트로 안내 시 모든 텍스트를 정확히 기억한 사례도 있으나 일부 내용을 누락하고 기억하는 사례도 다수 관찰되었다.

6.2.2.2 제어권 전환 정보의 구체적 내용 파악 및 활용

제어권 전환 정보의 이미지가 전달하는 콘텐츠와 실제 주행 상황에 연관성을 높게 부여하는 유형이다. 제어권 전환 정보의 영상 및 이미지에 표현된 도로뿐만 아니라 배경에서 나타나는 정보를 활용하여 제어권 전환 시점 도래 시 일치 여부를 확인하여 제어권 전환 지점 여부를 확인했다고 답했다.

또한 영상과 텍스트, 이미지와 텍스트가 포함된 제어권 전환 정보는 도로 주행 상황, 영상 정보 및 텍스트 정보의 일치 여부를 확인하여 제어권 전환 시 차량을 제어하며 영상정보-텍스트정보-주행 상황 정보, 3가지의 제공받은 정보가 일치할 때 제어 방향에 확신을 갖고 제어권 전환 과업을 실행할 수 있었다고 답했다.

이와 같은 방식은 피실험자들이 제어권 전환 시점에 확신을 갖고 비교적 안정적으로 주어진 주행 과업을 실행할 수 있으나 제공된 정보들이 일치하지 않는 상황, 또는 텍스트로 구성된 제어권 전환 요청 문장의 이해 및 실행에 있어 영상/이미지 정보와 매칭되지 않을 시 운전자의 판단에 혼선이 있었다고 답했다.

6.2.3 제어권 전환 요청과 신뢰성

대다수의 피실험자들은 실험 후 인터뷰에서 현재 반 자율 주행의 사용에 있어 가족과 함께 이동할 때 사용하지 않는다고 답했다. 자율 주행 시스템의 오류로 인해 발생하는 사고의 가능성을 내재하고 반 자율 주행을 사용하기보다 운전 과업을 택한다고 했으며 반 자율 주행은 운전자 1인 탑승 시 주로 사용한다고 답했다. 이는 자율 주행 시스템에 대한 신뢰도의 중요성을 역설하며 제어권 전환 필요 상황에서 자율 주행시스템이 제공하는 정보에 의존해야 하므로 제어권 전환 요청이 사용되는 초기 확산 단계에 신뢰도 및 정확도를 운전자에게 어떻게 빠르게 인식시킬 수 있는지에 대한 중요성을 다수의 피실험자가 강조했다.

6.3 제어권 전환 시 판단에 영향을 주는 주관적/개별적 요소 도출

제어권 전환 UI 디자인 유형에 따라 반응하는 피실험자의 판단에 영향을 주는 주관적/개별적 요소 도출을 위해 실험 후 영상 분석을 실시했으며 아래와 같은 주요 요소를 도출했다.

6.3.1 제어권 전환 시점에 대한 인지

피실험자들이 제어권 전환 요청 정보를 확인한 후 제어권 전환 필요지점까지 남은 시간이 디스플레이를 통해 제시되었지만 도로 상황을 판단하고 차량을 제어하는데 몰입하여 남은 시간의 확인을 못하는 주행사례가 있었다. 그러나 피실험자들은 제어권 전환 지점에서 제시된 방향으로 차량을 제어했다. 남은 시간 확인 없이 제어권 전환 지점을 찾은 방법에 대해 피실험자의 인터뷰를 통해 확인한 결과 "제어권 전환요청 정보에서 제시한 제어 방향과 일치하는 도로가 실제 주행 상황에서 가장 먼저 나오는 시점의 도로가 해당 지역일 것이라고 예측했다."라고 답했다. 도로 유형 A4는 좌회전이 요구되었는데 실제 제어권 전환지점보다 한 블록 앞 지점에 좌회전을 할 수 있는 구간이 있었고, 일부피실험자들은 실제 제어권 전환이 필요한 시점보다 한 블록 앞에서 좌회전을 실시했다.

이는 제어권 전환 지점의 주변 도로 상황에 따라 운전자에게 제어권 전환 정보가 상세히 제공되어야 할 필요성에 대해 나타낸다. 운전자의 주행 방향에 있어 단일 선택권이 있을 경우 제어권 전환 정보는 간소화 되어 운전자의 신속한 정보 습득과 제어권 전환 준비를 위해 활용될 수 있으나 복수 방향의 주행 방향이 운전자에게 전개될 시 제어권 전환 정보의 구체화가 필요하다. 또한 정확한 제어권 전환 시점을 운전자기 인지하지 못할 시 운전자는 제 2의 위험에 다다를 수 있다. 앞의 예시와 같이 운전자가 실제 제어권 전환 지점보다 한 블록 먼저 차량을 조향할 때 또 다른 주행 환경에 의한 위험성에 노출되기 때문이다.

제어권 전환 정보를 제공할 때, 운전자들이 제시된 제어 방향을 정확한 지점에서 실시할 수 있도록 주행 상황별 시각 정보 제공 시 구체화 정도에 대한 가이드 설정이 필요하다.

또한 운전자는 도로 주행 상황을 응시해야 하기에 제어권 전환 시점에 대한 청각 정보 등을 시각 정보와 동시에 활용한 제어권 전환 시점의 제공이 필요하다.

6.3.2 영상 정보의 활용

제어권 전환 시점으로부터 15초 전부터 10초 전까지 제공되는 영상으로 구성된 제어권 전환 정보 제공 시 피실험자들은 전반적인 제어권 전환 시간인 15초가 부족하게 체감된다고 답했다.

제어권 전환까지 15초의 시간이 남았으며 제어권 전환 정보 확인 후에도 제어권 전환 지점까지 10초의 시간이 주어진 상태이지만 심리적불안감을 나타냈다.

자율 주행 규정의 제어권 전환 제공 시점을 15초로 규정했던 점에 근거하여 제어권 전환 가용 시간을 설정하였으나 인터뷰 결과, 영상 정보를 활용함에 있어 운전자에게 충분하게 체감되는 시간은 아니었다. 이와 같은 이유로 영상과 텍스트 정보가 함께 포함되어 있는 유형의 제어권 전환 정보는 피실험자들로부터 정확한 정보 전달 효과는 우수하나 위와 같은 심리적 부담은 동일하게 발생한다고 답했다.

또한 기존에 사용하는 길 안내 방식과 같이 비교적 짧은 시간에 확인할 수 있는 이미지 유형이 심리적 안정감을 높여주기 때문에 더

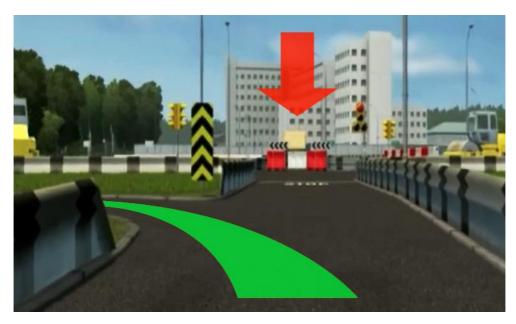
선호한다고 답했으며, 이는 자율 주행 시스템에 대한 전반적인 신뢰도가 낮다고 해석할 수 있었다.

6.3.3 이미지 정보의 활용

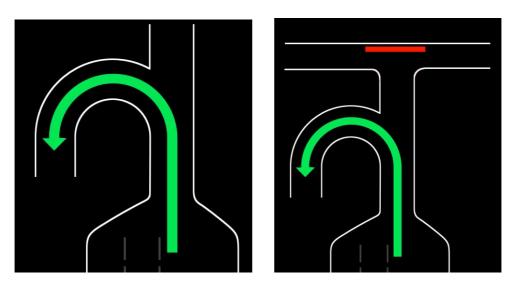
다수의 피실험자들이 선호한 이미지를 활용한 제어권 전환 정보 유형은 짧은 시간 동안 제어 방향에 대한 정보를 전달할 수 있다는 특징과 이로 인해 운전자의 제어권 전환 시 특징과 무관하게 제어권 전환 정보를 대부분 확인할 수 있다는 결과를 확인했다. 2개 이상의 과업이 요구되는 제어권 전환 상황에서도 이미지 정보는 피실험자들에게 제어 방향의 제공에 있어 역할을 한 것으로 판단되며, 보다 정확한 정보 전달을 위해 차량 제어 방향과 더불어 이미지에 표기되는 도로의 범위에 의해운전자가 차량 제어에 영향을 받는 것을 확인했다.

아래[그림37]과 같이 붉은색 화살표가 나타내는 도로의 종료 지점 전 좌측 방향으로 차량을 제어하기 위한 제어권 전환 요청 이미지 정보를 [그림38]의 2가지로 제공했다.

대부분의 피실험자는 오른쪽의 축척 이미지를 선호했는데 그 이유는 [그림38]의 오른쪽 이미지에 붉은색으로 표시된 도로의 끝 지점에 대한 정보 때문이다. 붉은색의 도로 끝을 나타내는 정보가 좌측 출구로 진행하기 전 기준이 된다고 답했다. 이는 운전자들에게 제공하는 정보의 양과 수준에 대한 중요성을 시사하며 차량 제어와 직접적으로 연결되므로 주행 상황에 따른 이미지 표시 방법에 대한 구체적 정의가필요하다.



[그림37] 도로 축척에 따른 운전자 선호 예시



[그림38] 도로 축척에 따른 운전자 선호 예시

6.3.4 텍스트 정보의 활용

제어권 전환 요청 시 제시된 텍스트 정보는 '오른쪽 고속도로 출구로 주행하세요.' 와 같이 1개의 단순 주행 과업을 요구하는 경우와 도로 상황에 의해 '차선 합류 후 좌로 굽은 도로입니다.' 와 같이 최대 2가지의 순차적 과업을 요구하는 텍스트로 구성되었다.

피실험자들은 제시된 텍스트가 약 5초의 시간 안에 읽고 이해할 수 있는 충분한 양의 텍스트였음을 실험이 끝난 후 실시 된 실험 과정을 설명하는 과정에서 확인했다. 제어권 전환이 필요한 시점에는 차량을 제어해야 하는 과업에 대한 정신적 부담감으로 인해 텍스트를 정확히 읽고 이해하기에 어려움이 발생한다고 피실험자들은 답했다. 특히 제어권 전환 요청 상황에서 2가지 이상의 과업을 요구하는 텍스트를 제공받았을 때 더 많은 부담감이 느껴진다고 했다. 따라서 텍스트는 이미지 또는 영상과 함께 제공되어 제어권 전환 방향에 대해 운전자에게 중복 확인하는 부수적인 수단으로 활용되기를 선호했다. 이미지 또는 영상과 함께 사용되는 경우에도 정확한 상황 전달을 위한 긴 문장의 활용보다 정보의 생략이 발생하지만 간략한 문장으로 주행 상황 또는 제어권 전환 방향에 대한 단일 정보 제공을 지향했다. 이와 함께 텍스트 정보는 영상 또는 이미지 정보와 함께 제어 방향에 대한 정보 동일성 여부를 확인하여 차량 제어 방향에 대해 확신을 갖고 실행하는데 부수적인 수단으로 활용되기를 바랐다.

6.3.5 운전자 성향에 따른 제어권 전환 정보의 확인

자율 주행 Level 3의 예정된 제어권 전환 상황전개로 인해 운전자에게 부여된 제어권 전환 준비시간은 약 15초였다. 제어권 전환을 위해 운전자가 직접 주행 과업을 시작하여 주행 환경을 파악하고 제어를 실행하는 10초의 시간을 제외한 5초의 시간은 운전자에게 보다 구체적인 제어권 전환 정보와 제어 방향에 대한 정보를 전달하여 차량 제어를 위한 판단에 활용하고자 했다.

피실험자들에게 제어권 전환 정보를 확인하는 5초의 시간은 차량을

제어하지 않아도 차량을 제어하기까지 충분한 시간이 남아있음을 실험 시작 전 공지했다.

그러나 대부분의 운전자들은 제어권 전환 요청 알림이 발생한 시점부터 심리적으로 차량을 제어해야 한다는 부담감이 작용하기 시작했다고 답했다. 운전자의 성향에 따라 5초간 제어권 전환 정보를 확인하기보다 직접 차량을 제어하며 제어권 전환 정보를 확인하는 방향을 선택하기도 했다. 이와 같은 유형은 영상 정보의 활용에 있어 가장 취약했는데 부분적으로 운전자에게 전달되는 제어권 전환 상황에 대한 영상 정보가 운전자에게 실효성 있는 정보로 작용하지 못할 수 있는 점을 확인했다. 또한 일부 피실험자들로부터 부분적으로 확인된 영상 정보는 제어 방향에 대한 운전자의 착각을 유발하는 경우도 관찰되었다.

반 자율 주행 사용자도 차로 유지 및 앞차와의 거리 등을 조정 중제어 요청 경고음 발생 시 즉시 차량을 제어하도록 규정되어 있어 자율주행 해제 방법과 같은 차량 지식과 자율 주행에 대한 경험으로 심리적 안정감은 관찰되었으나 제어권 전환에 있어 유의미한 결과를 보이지 않았다. 실험 결과에서 반 자율 주행 사용자가 미 사용자와 유의미한 차이를 보이지 못한 부분도 비 주행 관련 과업 중 예정된 제어권 전환이라는 과업이 대부분의 운전자들에게 신규 과업으로 받아들여 진다고 해석될 수 있다.

위와 같은 운전자의 반응을 종합해봤을 때 예정된 제어권 전환 상황에서도 제어권 전환 정보의 확인을 위해 운전자가 확인할 수 있는 시간은 도로에서 시선을 옮길 수 있는 최대 시간인 1.5초~2.5초를 기준으로 설계하는 방향이 Level 3의 자율 주행이 확산되는 초기 단계에 대다수의 운전자를 위해 적합한 방향이라고 해석된다.

제어권 전환 정보의 유형에 따라 능동적으로 지각 방식을 변화하고 제어권 전환 시 활용하여 정확히 과업을 수행하는 일부 피실험자들이

있었는데 비교적 짧은 운전 경력을 보유한 남/여로 구성되어 있었다. 이들은 영상으로 제공되는 제어권 전환 정보를 상세히 확인 후 차량의 제어를 시작했으며 제공되는 제어권 전환 정보에 대한 만족감을 표시했으며 영상 방식의 제어권 전환 인터페이스도 선호했다.

이는 운전자에 따라 제어권 전환의 수행에 있어 역량의 차이가 나타나며 반 자율 주행 경험에 의한 차이보다 개인의 성향 및 제어권 전환 상황 시 시스템에 대한 신뢰도 등에 의해 변화된다고 볼 수 있다. 또한 제어권 전환 정보의 활용도가 높은 피실험자가 제어권 전환 과업 수행에 있어 더 안정적으로 실행하였다. 이는 제어권 전환 정보의 활용에 있어 더 우수한 역량을 갖고 있는 운전자에게는 정보의 구체화 정도 및 제공 방법에 있어 차별화된 제공의 필요성을 시사한다.

6.4 제어권 전환 UI디자인 실험의 의의

6.4.1 안정적 제어권 전환을 위한 UI디자인 구성 사항

현재 시행되고 있는 자율 주행 관련 자동차 법규는 자율 주행 Level 3단계에서 예정된 제어권 전환 상황 시 전환 요청의 사전 알림에 대해 요구하고 있지만 구체적 방식에 대해 정의하고 있지 않다. 현재 자율 주행 Level 3의 확산 전 단계로서 운전자에게 안정적인 제어권 전환을 위해 제공되어야 할 UI디자인의 구체적인 개발이 필요한 시점이며 본연구를 통해 시각 정보를 활용하여 제어권 전환을 위한 UI디자인 개발 방향성을 도출했다.

본 연구에서 진행한 실험 결과 제어권 전환 상황에서 차량 제어 방향에 대해 사전에 제공한 시각 정보 중심의 UI디자인 유형에 따라 운전자들에게 제어권 전환 시 유의미한 영향을 준다는 것을 실험을 통해 확인했으며 인터뷰를 통해 그 원인 등에 대해 파악했다.

실험 참가자들은 실험 후 인터뷰에서 현재 반 자율 주행은 경고음과 클러스터(Cluster)에 표기되는 아이콘 표시로 즉각적인 제어권 전환 요청을 받고 있다고 했다. 그러나 예정된 제어권 전환 상황에서 사전에 제공되는 이미지 정보를 통해 전방의 상황을 인지할 수 있고 차량의 제어 방향에 대해 제공되는 방식에 대해 전원이 선호했으며 예정된 제어권 전환 시간 내 차량의 제어에 성공했다.

또한 실험 결과의 분석으로 제어권 전환 요청에 대한 시각 정보유형에 따라 운전자에게 유의미한 차이가 있음을 확인했기에 향후개발되어야 할 제어권 전환 UI디자인 중 시각 정보 유형의 개발 방향성을 도출했으며 각각의 유형이 갖고 있는 장단점에 대해확인하였다.

6.4.2 제어권 전환 제공 시점에 대한 고려

자율 주행 Level 3 특성상 제어권 전환 지점까지 약 15초의 시간이 확보되어 있음을 전제로 하는데 이때 운전자의 개인적 성향 차이에 따른 차량 제어 방식의 차이가 제어권 전환 UI 디자인의 활용에 영향을 주며 선호하는 제어권 전환 정보의 유형에 영향을 주게 됨을 확인했다.

운전자의 성향에 따라 제어권 전환이 필요함을 인지한 직후 차량을 직접 제어했을 때 안정감을 느끼며 이와 같은 성향의 운전자들에게는 차량을 운전자가 제어하고 있는 상태에서 제어권 전환 정보가 제공되어야 했다.

따라서 다수의 운전자에게 활용되는 자율 주행 시스템은 제어권 전환 정보 유형에 있어 보수적인 관점에서의 접근이 필요하다. 운전자에게 제공되는 제어권 전환 정보는 제어권 전환 시점까지 자율 주행으로 주행할 수 있는 시간이 확보되었고, 운전자는 자율 주행 기능을 활용하여 구체적인 제어권 전환 정보에 대해 확인할 수 있으나 운전자가 직접 차량 제어 중 제어권 전환 정보를 확인할 수 있는 방식이 자율 주행 Level 3 확산 초기에 지향되어야 한다.

영상 정보의 경우 이미지 및 텍스트에 대비하여 피실험자들로부터 체감되는 제어권 전환 시간이 비교적 짧게 느껴진다고 답했으며 이는 영상 정보의 특성상 주어진 시간을 모두 할애해야 하는 영상 정보의 특성도 원인이 된다. 따라서 영상 정보로 제공 시 본 실험에서 주어진 15초보다 충분한 시간적 여유를 갖고 운전자에게 제공되어야 할 것이다.

6.4.3 운전자 인지 능력에 따른 제어권 전환 정보 제공

운전자의 개인 인지 능력에 따라 제공되는 정보를 활용하는 방식과 운전으로 연결하는 물리적 능력의 차이로 제어권 전환 과업의 수행에 변화와 선호하는 제어권 전환 UI디자인 유형이 있음을 확인했다. 영상으로 제공된 제어권 전환 정보에 표기되는 도로 정보 외 이미지에 나타나는 주변 환경과 실제 주행 화면에서 보여지는 주변 환경과의 매칭 여부로 제어권 전환 시점을 확인하기도 했다. 반면 제어권 전환을 위한 정확한 제어 방향에 대한 정보의 품질보다 제공되는 제어 방향의 맥락 관점에서 제어 방향을 이해하고 제어권 전환 지점까지 제공되는 남은 시간 정보로 지점을 파악하고 제어권 전환을 시도하기도 했다. 위와 같이 다른 두 가지의 경우 운전자가 필요로 하는 정보 유형에 차이를 보이며 이는 선호하는 제어권 전환 방식이 구분되는 이유로 볼 수 있다.

영상과 텍스트로 제공된 제어권 전환 정보의 경우 제공된 영상 정보와 텍스트 정보가 실제 도로에서 전개되는 상황과 일치하는 지 여부를 확인하고 제어권 전환을 실시한 사례가 있었으며 이와 같은 경우 운전자는 확신을 갖고 제어권 전환을 실시할 수 있었다. 반면 영상, 텍스트, 주행 상황이 일치하지 않는 경우 위 운전자는 제어권 전환 방향에 대해 확신을 갖지 못하는 역효과가 발생하는 현상도 관찰되었다.

일부 운전자는 영상과 함께 제공되는 텍스트 정보를 동시에 확인하기 보다 영상 정보가 주는 맥락을 확인하므로 텍스트 정보의 제공이 효과가 없으며 판단에 있어 혼란을 가중시키는 요소로 작용한다고 답했으며 간략한 텍스트는 유용하나 긴 텍스트는 이해하는데 시간이 소요되어 제어권 전환에 부정적 영향을 미친다고 답하기도 했다.

이와 같은 개인의 인지 능력 차이로 인해 피실험자들로부터 확인한 일반적인 특징은 제어권 전환을 위한 정보제공 시 선호하는 제어권 전환 유형이 있었으며 타 유형과 중복하여 선호하는 경우는 없었다.

운전자 다수에 부합하는 UI디자인이 적용되는 자율 주행 자동차의 특성상 보다 고도화된 제어권 전환 정보를 제공받기 위해 운전자들의 제어권 전환에 대한 전반적인 인식 및 수행 수준을 향상시킬 수 있는 단계적 계획의 수립이 필요하다.

6.4.4 기존 주행 습관에 대한 고려

본 연구는 예정된 제어권 전환 시점에 시각 정보로 구현된 구체적인 제어권 전환 정보를 운전자에게 사전에 제공하여 실제 제어권 전환 상황에 보다 안정적으로 주행하도록 유도하는데 의의가 있다. 예정된 제어권 전환 시점과 실제 운전자가 차량을 제어하기까지 시간이 확보되어 있음을 사전에 공지하였으나 다수의 피실험자는 기존 차량 주행 중 경로 탐색을 위해 네비게이션의 길찾기 방식과 유사하게 정보 활용을 하였다. 그 예로 제어권 전환 요청 인지 후 핸들을 먼저 조작하여 차량 제어권을 가져온 후 제어권 전환 정보를 확인하며 차량을 제어함을 들 수 있다. 제어권 전환 시간이 확보되었음을 인지하나 제어권 전환 상황에 직면했을 때 기존의 자동차 제어 습관에 따라 차량의 가감속 페달 및 스티어링 휠을 직접 조작하기 시작했다. 이는 자율 주행 시스템의 사용 방법에 대한 체계적인 교육의 필요성을 시사하기도 하며 자율 주행 시스템의 신뢰도를 향상시켜 운전자가 직접 차량을 먼저 제어하기보다 제어권 전환 정보를 확인하는 주행 패턴의 내재화가 필요하다는 것을 발견했다.

이와 같이 자율 주행 확산 초기에 기존의 주행 습관을 고려해야 하는 제어권 전환 정보의 제공 방식은 운전자가 도로에서 시선을 이탈할 수 있는 시간 내에 정보를 전달할 수 있는 시각 정보 유형과 음성 정보활용 범위의 확대 등이 고려되어야 한다.

6.4.5 제어권 전환 정보에 대한 신뢰도

제어권 전환을 위해 제공되는 정보 내용과 실제 도로 상황이 일치하지 않거나 제공되는 정보의 양과 품질 문제로 운전자가 도로에서 제어권 전환 구간을 적시에 인지하지 못했을 때 차량의 제어권 전환 정보를 기준으로 판단함에 있어 혼란을 유발시켰다. 이 같은 현상은 제어권 전환 정보에 대해 운전자가 명확히 이해했다고 판단했으나 도로 주행 상황과 매칭되지 않았을 때 운전자에게 더 높은 수준의 혼란이 야기되었으며 차량 제어를 하지 못하는 경우도 발생했다.

운전자에게 제공되는 정보의 정확도 및 품질에 따라 자율 주행시스템이 판단하여 운전자에게 제공되는 제어권 전환 요청 방식을 차별화한다면 운전자는 보다 쉽게 제어권 전환 정보를 습득할 수 있을 것이다. 예를 들어 신뢰도가 낮은 제어권 전환 정보를 자율 주행시스템이 판독할 시 시스템이 능동적으로 대응하여 운전자에게 구체적인제어권 전환 정보를 제공하는 대신 제어권 전환 요청을 간소화된 정보와함께 가급적 빠른 시점에 실행하여 운전자가 직접 주행 상황을 확인하고차량을 제어할 수 있게 하는 보다 진화된 방식의 제어권 전환 디자인을구현할 수 있을 것이다.

또한 자율 주행은 주행에 필요한 필수 기능이 아닌 부가적 기능으로, 신뢰도가 낮다면 활용되는데 있어서 제한적일 것이다. 따라서 보다 많은 양의 정보를 제공하기보다 정확한 제어권 전환 정보를 제공하기 위해 제어권 전환 정보의 수준을 조정할 수 있을 것이다.

6.4.6 NDRT에 따른 제어권 전환 시 부하

피실험자의 인터뷰에서도 NDRT의 유형 중 하나인 휴식 과업 시제어권 전환까지 가용 시간이 있기에 주행 상황을 주시하고 있음에도 시각 및 청각으로 도로 상황은 인지되어 NDRT 중이기는 하나 과업에 대한 부하가 운전하는 수준은 아니지만 낮다고 생각되지 않는다고 답했다. 제어권 전환 시 영상 시청과 휴식 행동 간 정량적 분석에서도 나타나듯이 두 그룹간 결과에서 유의미한 차이를 보이지 않았다.

피실험자들은 제어권 전환 요청 알람이 발생한 순간 제어권 전환 정보를 확인하고 차량의 제어를 시작했는데 사전에 행하고 있던 NDRT 과업의 유형이 영상 시청과 휴식 수준에서는 제어권 전환 과업 수행에 유의미한 영향을 주지 않는다고 해석될 수 있다. 이와 같은 결과는 시각 정보 중심의 제어권 전환 요청 방식에 한하며 청각 및 촉각 정보와 결합된 제어권 전환 요청 방식의 경우에 대한 확인이 필요하다. 이와 같은 방식으로 운전자에게 허용 가능한 NDRT를 단계적으로 확대시켜 자율 주행 자동차의 활용 범위를 확대할 수 있을 것이다.

제 7 장 결론

본 연구는 자율 주행 Level 3단계 운전자의 NDRT 중 주행 상황에 대해 사전에 인식하고 차량 제어를 위해 판단을 유도하는 UI디자인 유형에 따른 주요 시사점을 확인했으며 아래와 같이 정리했다.

7.1 제어권 전환 요청 UI디자인 연구 방향

본 연구는 자율 주행 기능을 사용 중인 운전자가 NDRT 중 예정된 제어권 전환 상황에서 주행 상황을 효과적으로 인지하고 차량을 제어할 수 있는 제어권 전환 요청 UI디자인 요소 중 시각 정보의 제공 방향을 제안했다. 제어권 전환 실험으로 피실험자의 제어권 전환 요청 UI디자인에 대한 평가 및 제어권 전환 시 행동 관찰 등을 종합하여 아래와 같은 결론을 도출했다.

제어권 전환 UI디자인의 관여 요소는 1. 운전자 주행 패턴, 2. 제어권 전환 정보 유형, 3. 제어권 전환 정보 정확도이다.

운전자의 주행 패턴에 따라 제어권 전환 요청의 발생 시 차량을 제어하기 시작하는 시점의 변화가 있었으며 차량의 조작부를 활용하여 제어권을 넘겨받게 되면 제어권 전환 정보를 확인할 수 있는 시간이 최대 약 2초 내외로, 제공할 수 있는 정보의 종류와 양에 제약이 발생하게 된다. 운전자의 차량 제어 시점이 고려되지 않은 상태에서 영상 정보 등을 활용하여 구체적인 제어권 정보 제공 시 운전자의 정보활용은 제한적이었고 경우에 따라 왜곡하여 인식했으며 안정적 제어권 전환이 불가했다. 따라서 주행 상황에 부합하는 최적의 차량 제어시점에 운전자가 차량 조작을 시작하여 안정적 제어권 전환을 위한 제어권 전환 정보를 제공받을 수 있도록 해야 한다. 동시에 운전자의

주행 패턴과 운전자의 성향 및 도로 상황 등의 기타 요인으로 인해 차량의 제어권을 제어권 전환 정보 확인 전에 넘겨받는 경우에도 안정적으로 제어권 전환을 유도할 수 있는 UI디자인이 필요하다.

또한 운전자에 따라 제공되는 제어권 전환 정보 이미지의 활용 능력에 있어 차이를 보이는 점을 고려해야 한다. 일부 운전자의 경우 제공되는 제어권 전환 정보 이미지의 상세한 변화들을 감지하여 제어권 전환 시점시 차량의 제어 방향을 판단했다. 이는 운전자에게 제공되는 제어권 전환 정보의 신뢰도가 높은 정보를 구체적으로 이미지화하여 제공한 경우 보다 더 안정적인 제어권 전환의 실행이 가능했지만 신뢰도가 낮은 정보를 구체화하여 제공했을 시 제어권 전환 정보와 주행 상황의불일치를 운전자가 감지하여 차량을 제어하기 위한 판단을 할 때 혼선을 가져온다. 따라서 자율 주행 시스템이 확보한 제어권 전환 정보의신뢰도 수준에 따라 운전자에게 제공하는 시각 정보의 구체화 정도를 차별화하여 제공함으로 운전자의 제어권 전환 정보 활용성을 향상시킬수 있다.

본 연구의 실험 결과 운전자의 주행 패턴 및 주행 환경 변화, 주행 경험 등을 종합하여 밝힌 NDRT 중 가장 안정적인 제어권 전환 요청 UI디자인 유형은 이미지 방식이다.

자율 주행 Level 3단계의 확산 초기에는 다수의 운전자에게 부합하는 정보 유형의 제공 관점에서 구체적이며 많은 양의 정보 전달 방식보다, 운전자의 판단이 개입되어 각 주행 상황에 따라 주행 시 안정감을 줄 수 있는 방식의 제어권 전환 요청 UI디자인 유형을 기준으로 개발이이루어져야 한다. 이와 함께 운전자의 차량 제어 숙련도 상승 및 인지능력 차이에 따라 그에 부합하는 구체적인 정보를 신뢰도에 따라 제공하는 유형으로의 점진적 발전이 필요하다.

7.2 시사점

본 연구는 자율 주행 Level 3단계 이상 수준의 고도화된 자율 주행기능 사용 중 제어권 전환을 수행함에 있어 제어권 전환 정보의 유형에따라 운전자에게 정보가 전달되는 과정을 확인했으며 차량 제어 시행동으로 반영되는 과정에 대한 관찰로 그 원인에 대해 밝혔다. 또한시각 중심의 제어권 전환 정보 유형이 NDRT 중인 운전자가안정적으로 차량을 제어하도록 전환시키기 위해 고도화되어 발전해나아갈 방향에 대해 탐색했다. 본 연구를 기반으로 운전자에게 최선의제어권 전환 결과를 가져오는 디자인적 요인을 순차적으로 정립하여안정적인 제어권 전환이 이루어지게 할 수 있다.

제어권 전환 실험 시 대부분의 피실험자는 최초 1회차 실험에서 제어권 전환 과업 수행에 대한 가장 많은 어려움을 표했으며 반 자율 주행을 사용해본 경험이 없는 일부 운전자의 경우 자율 주행 중 제어권 전환 개념을 이해하는데 상대적으로 더 많은 시간이 소요되기도 했다. 그러나 운전자의 제어권 전환 과업 수행에 대한 평가 결과를 정량적으로 해석했을 때, 기존의 반 자율 주행 사용자와 미사용자 간 유의미한 차이가 없는 점을 고려했을 시 제어권 전환과 같은 신규 과업에 있어일반 운전자들에게 확산시키는 시점에 최초 UI디자인을 적용하는 방법에 대한 고려가 필요하다.

운전자의 성향에 따라 제어권 전환을 확인하는 시간의 활용과 자율 주행 시스템에 대한 신뢰 정도 등에 따라 운전자의 반응이 다르게 나타났다. 자율 주행 UI디자인을 구성함에 있어 기준이 되는 운전자의 유형과 제공하는 제어권 전환 요청 시점 및 방식에 대해 자율 주행이 확산되는 초기에 제공해야 할 유형에 대해 확인할 수 있었다.

운전자가 안정적으로 제어권 전환 정보를 확인하는데 소요되는 시간은 운전자의 성향에 따라 차이를 보이나 안정성 확보를 위해 기존의 주행 안내 방식에 대한 정보 유형의 반영이 자율 주행 확산 초기에 고려되어야 한다.

현재 자율 주행에 대한 이해도가 상이하며 자율 주행 중 운전자의 반응에 대한 데이터가 정립되지 않았으나 고도화된 수준인 자율 주행 Level 3 단계 이상의 자율 주행 시스템을 사용할 때 발생될 수 있는 각상황 별 운전자가 필요로 하는 대응이 일반화되었을 때 보다 구체적 정보를 제공하는 제어권 전환 정보의 제공이 유의미할 것이다.

본 실험에서 운전자의 성향에 따라 제어권 전환 시점까지 남은 시간과 관계없이 차량의 제어를 시작했다. 반 자율 주행 자동차의 사용 경험 및 NDRT의 유형에 관계없이 제어권 전환 요청이 발생하고 운전자가 주행 제어를 시작하는 순간부터 디스플레이를 통해 제어권 전환 정보를 확인할 수 있는 정보 유형에 제한이 생긴다. 이는 자율 주행 시스템이 운전자에게 차량의 제어권을 넘겨주는 시점이 제어권 전환 정보를 확인할 수 있는 시간보다 선행될 시 시스템의 판단에 의해 제어권 전환 시점을 의도적으로 지연시켜 운전자가 제어권 전환 정보를 확인하도록 유도하는 방법의 필요성을 나타낸다. 운전자의 주행 패턴을 변화시켜 제어권 전환 정보를 확인할 수 있게 하여 보다 안정적인 차량 제어를 유도하기 위한 목적이다. 이는 자율 주행 Level 2단계에서 제어권 전환 요청이 발생하면 운전자가 즉시 제어권을 넘겨받는 방식에서 자율 주행 Level 3와 같이 제어권 전환 필요 지점까지 시간이 확보되었을 때 고려가능한 운전자와 자율 주행 시스템간의 진화된 인터랙션 방법이다.

자율 주행 Level 2단계까지의 자동차는 운전자의 반응에 즉각 반응했기에 차량 시스템의 판단에 의한 운전자 조작의 의도적 지연이 라는 개념이 없었다. 이에 제어권 전환 시점의 조정이 운전자에게 차량의 통제 불능 상태로 인식되지 않도록 해당 시점에 차량의 상태, 운전자에게 필요한 과업 및 차량의 제어 가능 시점 등을 제시하여 제어권 전환 정보 확인에 몰입할 수 있게 해야 한다.

7.3 한계 및 후속 과제

현재 자율 주행 Level 3단계의 자율 주행 자동차가 확산되지 않은 시점이며 Level 2단계까지의 반 자율 주행 사용자와 미사용자를 대상으로 한국의 자율 주행 관련 규정에서 제시한 제어권 전환 필요 상황에 근거하여 자율 주행 환경을 시뮬레이터로 구성하고 실험을 실시했다. 본 실험 과정 및 결과 도출 과정 등을 통해 확인된 연구의한계 및 후속 과제는 아래와 같다.

본 연구는 피실험자에게 제공하는 제어권 전환 UI디자인은 이미지와 텍스트 중심으로 구성된 시각 정보를 제공했다. 청각 정보는 제어권 전환 요청의 발생을 알리기 위해 제공하는 약 1초 간의 경고음(Beeping)에 한정했다.

시각 정보의 유형을 선정할 때, 현재 자동차 운전자가 실시간 길 안내에 활용하고 있는 이미지 기반의 안내 방식과 일부 차량에 적용되고 있는 증강현실(Augmented Reality) 방식을 자율 주행 제어권 전환 요청 방식에 대한 시각 정보 제공 법규와 본 연구의 취지에 맞도록 제공시간과 시점을 조정하였다. 제어권 전환 시점까지 시간을 확보할 수 있는 점을 고려하여 텍스트를 활용한 방식으로 보다 구체적인 제어권전환 정보를 피실험자에게 제공하기도 했으며 위의 영상 및 이미지와 중복 구성하여 제공 후 실험했다. 본 연구를 시각 정보에 한정한 것은 제어권 전환 관련 정보를 청각을 활용한 음성 및 경고음 등으로 안내 시청각 정보 유형 및 제공 시점과 속도, 안내 방식 등에 따라 운전자의반응에 차이를 가져올 수 있기 때문이다.

따라서 자율 주행 중 제어권 전환을 위한 청각 정보 유형과 제공되는 내용의 구체화 정도, 제공되는 방식 및 시점에 관한 연구, 시각 정보와의 연동 방식에 관한 연구가 자율 주행 중 보다 고도화된 제어권 전환 요청 UI디자인 개발을 위한 후속 연구로 이어갈 수 있을 것이다.

본 연구에 활용된 자율 주행 실험을 위한 시뮬레이터는 차량의 주행 상황과 유사한 주행 환경을 구현하기 위해 주행 화면을 나타내는 디스플레이와 제어권 전환 정보가 제공되는 디스플레이의 크기 및 위치를 피실험자가 사용하고 있는 차량과 유사한 수준으로 구현했다. 그러나 피실험자의 운전 공간은 일상 생활에서 운행하며 적응된 차량 환경에서 수행하는 제어권 전환 과업 수행 역량에 대비하여 차이가 발생할 수 있다. 또한 물리적 움직임이 없는 시뮬레이터의 특성으로 실제 차량 주행 시 체감되는 롤링과 피칭과 같은 주행 중 발생되는 현상이 없어 실제 주행할 때 운전자가 체감하는 차량 안에의 실제 승차감과 차이가 있다고 답했다. 이와 같은 점을 보완하기 위한 운전석과 주행 화면이 연동되며 실체 차량과 동일한 움직임이 구현되는 시뮬레이터는 피실험자의 몰입감을 향상시킬 것이다. 또한 시뮬레이터에 착석했을 때 차량과 동일한 공간감을 구현할 수 있는 칵핏(Cockpit) 및 도어(Door), 루프(Roof) 등 차량 인테리어 구성 장치의 적용으로 운전 몰입도 향상 및 시뮬레이터 활용에 대한 이질감의 전반적인 개선이 가능할 것이다.

시뮬레이터에서 구현되는 본 실험의 주행 환경은 교통량과 보행자가 없는 주행 환경을 구성하였다. 피실험자가 차량을 제어할 때, 주행 환경에 의한 주의 분산 및 차량 제어의 어려움이 없는 상황에 제어권 전환 과업에만 몰입할 수 있는 상태에서 제어권 전환 실험을 실시한 것이다. 그러나 실제 도로에서 Level 3의 자율 주행 시 도로 위의 교통량, 타 차량의 주행 속도, 보행 인원의 수 및 보행 방향에 따른 시선 분산 여부, 주행 도로의 폭 등이 운전자의 반응에 변수로 작용할수 있으며, 본 연구에서 제어했던 변수들의 변화에 대한 결과값의 차이를 지속적으로 확인해 나아가야 한다.

또한 본 실험의 주행 환경은 맑은 기후의 오후 낮 시간대를 기준으로 실시되어 전방 시야의 제약이 없는 도로 주행 환경에서 실시되었다. 주행 시야 확보에 어려움이 있는 야간 주행 및 안개 등으로 전방 가시 거리의 변화가 있는 주행 상황에서 운전자의 제어권 전환 시 반응에 대한 연구도 후속되어야 할 것이다.

참고 문헌

- https://www.law.go.kr/LSW//lsInfoP.do?lsiSeq=222453&ancYd=20201020&ancNo=17514&efYd=20211021&nwJoYnInfo=N&efGubun=Y&chrClsCd=010202&ancYnChk=0#J49:0
- ³ Gastaldi, M., Rossi, R., & Gecchele, G. (2014). Effects of driver task related fatigue on driving performance. Procedia—Social and Behavioral Sciences, 111, 955—964.
- https://www.law.go.kr/LSW//lsInfoP.do?lsiSeq=236207&anc
 Yd=20211019&ancNo=18491&efYd=20221020&nwJoYnInfo=N
 &efGubun=Y&chrClsCd=010202&ancYnChk=0#J50:2
- 5 홍승혜., 최준호. (2020). 자율 주행 환경에서 멀티모달에이전트의 인터페이스가 신뢰감과 안전감에 미치는 영향-비주행과업 및 제어권 전환 맥락을 중심으로. 디자인융복합연구, 19(2), 3-21.

Hou, M., Mahadevan, K., Somanath, S., Sharlin, E., & Oehlberg,
 L. (2020). Autonomous Vehicle-Cyclist Interaction: Peril and
 Promise. In Proceedings of the 2020 CHI Conference

⁶ http://www.autoherald.co.kr/news/articleView.html?idxno=45411

⁷ https://www.thedailypost.kr/news/articleView.html?idxno=87706

⁸ 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙. (2020).

국토교통부.

- ⁹ 변재형. (2011). 차량내 인터랙션을 위한 새로운 입력방식의 탐색. Journal of Integrated Design Research, 10(3), 51-64.
- Jamson, A. H., Merat, N., Carsten, O. M., Lai, F. C. (2013).

 Behavioural changes in drivers experiencing highly—automated vehicle control in varying traffic conditions. Transportation research part C: emerging technologies, 30, 116–125.
- Tanshi, F., & Söffker, D. (2019). Modeling Drivers' Takeover Behavior Depending on the Criticality of Driving Situations and the Complexity of Secondary Tasks. In 2019 IEEE Conference on Cognitive and Computational Aspects of Situation Management (CogSIMA) (pp. 67-73). IEEE.
- Endsley, M. R. (1988). Design and evaluation for situation awareness enhancement. In Proceedings of the Human Factors Society annual meeting (Vol. 32, No. 2, pp. 97-101). Sage CA: Los Angeles, CA: Sage Publications.
- ^{1 3} Casey, S. M. (2006). The atomic chef: And other true tales of design, technology, and human error. Aegean.
- ¹⁴ Macey, S., Wardle, G. (2009). H-Point: the fundamentals of car design & packaging. Art Center College of Design.

- $^{\rm 1.5}$ Tom Pillsbury, (2019). Designing Car Interiors.
- Chen, H., Wang, X. M., & Li, Y. (2009, November). A survey of autonomous control for UAV. In 2009 International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence (Vol. 2, pp. 267–271). IEEE.
- ¹⁷ 최규한., 정주현. (2019). AEIOU 평가요소를 이용한 자율주행차량 인테리어 디자인 특성 연구. 기초조형학연구, 20(4), 583-596.
- Wan, J., & Wu, C. (2018). The effects of lead time of take-over request and non driving tasks on taking-over control of automated vehicles. IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 48(6), 582-591.
- 19 최규한., 정주현. (2019). AEIOU 평가요소를 이용한 자율 주행 차량 인테리어 디자인 특성 연구. 기초조형학연구, 20(4), 583-596.
- ²⁰ 권주영., 정소연., 주다영. (2019). 자율주행 단계별 센터페시아
 디스플레이 크기 및 위치에 대한 선호도. 한국 HCI 학회 논문지,
 14(1), 45-52.
- ²¹ 오광명. (2019). 실차 주행 연구를 통한 차량별 HMI 특성 분석. 한국 HCI 학회 논문지, 14(2), 49-60.
- ²² 구보람., 주다영. (2017). 사용자 관점의 자율주행 단계 별 인터랙션 특성. Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent

with Art, Humanities, and Sociology, 7(2), 351-359.

- Behere, S., Törngren, M. (2016). A functional reference architecture for autonomous driving. Information and Software Technology, 73, 136-150.
- Dickmann, J., Klappstein, J., Hahn, M., Appenrodt, N., Bloecher, H. L., Werber, K., & Sailer, A. (2016). Automotive radar the key technology for autonomous driving: From detection and ranging to environmental understanding. In 2016 IEEE Radar Conference (RadarConf), 1-6.
- Deepika, N., Variyar, V. S. (2017). Obstacle classification and detection for vision based navigation for autonomous driving. In 2017 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI),2092-2097.
- ²⁶ Kyoung-Hwan, A. N., Sam-Yeul, N. O. H., & Han, W. Y. (2018).
 U.S. Patent No. 9,952,054. Washington, DC: U.S. Patent and
 Trademark Office.
- ²⁷ Thrun, S. (2010). What we're driving at. The Official Google Blog, 26
- ²⁸ 백승은. (2017). 자율주행 시대, 차세대 소프트웨어에서 길을 찾다. Entrue Journal of Information Technology, 16(1), 7-33

- ^{2 9} Klingegård, M., Andersson, J., Habibovic, A., Nilsson, E., & Rydström, A. (2020). Drivers' Ability to Engage in a Non-Driving Related Task While in Automated Driving Mode in Real Traffic. IEEE Access, 8, 221654-221668.
- Kim, J., Kim, W., Kim, H. S., Yoon, D. (2020). A study on the correlation between subjective driver readiness and NDRT Type during automated driving. In 2020 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), 1774-1776.
- Ashby, W. R. (1961, May). What is an intelligent machine?. In Papers presented at the May 9-11, 1961, western joint IRE-AIEE-ACM computer conference, 275-280.
- ^{3 2} Roth, E. M., Bennett, K. B., & Woods, D. D. (1987). Human interaction with an "intelligent" machine international Journal of Man-machine Studies, 27(5-6), 479-525.
- Kärkkäinen, M., Holmström, J., Främling, K., Artto, K. (2003).

 Intelligent products—a step towards a more effective project delivery chain. Computers in industry, 50(2), 141-151.
- Wee, D., Kässer, M., Bertoncello, M., Heineke, K., Eckhard, G., Hölz, J. & Müller, T. (2015). Competing for the connected customer-perspectives on the opportunities created by car connectivity and automation. McKinsey & Company.

- ^{3 5} Lee, J. D., & See, K. A. (2004). Trust in automation: Designing for appropriate reliance. Human factors, 46(1), 50-80.
- ³⁶ 김수훈., 안종영. (2009). 자동차 잡음환경에서의 음성인식시스템. 한국디지털콘텐츠학회 논문지, 10(1), 121-127.
- 37 김준영. (2019). 차량 원격 제어를 위한 인공지능 플랫폼 기술
 고찰: 인공지능 스피커 기반 차량 서비스 사례를 중심으로.
 한국통신학회논문지, 44(12), 2362-2373.
- ^{3 8} Frens, J. W. (2006). Designing for rich interaction: Integrating form, interaction, and function. In conference; 3rd symposium of design research, 91-106.
- ^{3 9} Chen, H., Wang, X. M., & Li, Y. (2009, November). A survey of autonomous control for UAV. In 2009 International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence (Vol. 2, pp. 267–271). IEEE.
- 40 박용성., 박원규., 조영석., 한성호. (2008). 운전자 정보시스템용 사용자 인터페이스 설계: 메뉴구조, 인터랙션 방식 및 메타포에 대해. 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, 430-437.
- ⁴¹ 이서진. (2016). 게슈탈트 조형 원리로 바라본 가변적 아이덴티티에 나타난 항등성에 관한 연구. 브랜드디자인학연구, 14(1), 183-194.
- $^{4\,2}$ 정원진., 임형록. (2010). 게쉬탈트 원리가 사용자 인터페이스의

지각된 사용가능성에 미치는 영향에 대한 탐색적 연구. 정보시스템연구, 19(1), 117-148.

- ^{4 3} Hinsley, D.; Hayes, J.R.; and Simon, H.A. (1977). "From words to equations", Coanitive Processes in Comprehension, P. Carpenter and M. Just. (ed.) Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- ^{4 4} https://kapa21.or.kr/bbs/dictionary/6150, 한국행정학회.
- 45 장혜연., 장재호., 김태식., 한창수., 한정수., 안재용.. (2006). 열차 시뮬레이터 조작 시 운전자의 생체신호 변화에 대한 연구. 대한인간공학회지. 25(4). 129-135.
- ⁴⁶ Olson, P. L., Sivak, M. (1986). Perception-response time to unexpected roadway hazards. Human factors, 28(1), 91-96.
- 47 이재식., 김비아., 유완석. (1999). 음주와 피로가 주의분산과제와
 운전수행에 미치는 영향: 운전 시뮬레이션 연구. 한국심리학회지:
 산업 및 조직. 12(2). 91-107.
- 48 김비아., 이재식. (2005). 공간지각 능력에 따른 운전-관련 상황의 재인 및 예측에 관한 연구. 한국심리학회지: 문화 및 사회문제,
 11(4), 83-95.
- ^{4 9} Brookhuis, K. A., Louwerens, J. W., O' Hanlon, J. F. (1986).

 EEG energy-density spectra and driving performance under
 the influence of some antidepressant drugs. Drugs and driving,

213-221.

- Kukkala, V. K., Tunnell, J., Pasricha, S., Bradley, T. (2018).
 Advanced driver-assistance systems: A path toward autonomous vehicles. IEEE Consumer Electronics Magazine, 7(5), 18-25.
- 51 오광명. (2019). 실차 주행 연구를 통한 차량별 HMI 특성 분석. 한국 HCI 학회 논문지, 14(2), 49-60.
- Ranasinghe, C., Holländer, K., Currano, R., Sirkin, D., Moore, D., Schneegass, S., Ju, W. (2020). Autonomous Vehicle-Pedestrian Interaction Across Cultures: Towards Designing Better External Human Machine Interfaces (eHMIs). In Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1-8.
- ^{5 3} Kukkala, V. K., Tunnell, J., Pasricha, S., Bradley, T. (2018). Advanced driver-assistance systems: A path toward autonomous vehicles. IEEE Consumer Electronics Magazine, 7(5), 18-25.
- ^{5 4} Campbell, J. L., Brown, J. L., Graving, J. S., Richard, C. M., Lichty, M. G., Bacon, L. P., Sanquist, T. (2018). Human factors design guidance for Level 2 and Level 3 automated driving concepts (No. DOT HS 812 555).

- 55 이중기., 황창근. (2017). 자율주행차의 도입에 따른 '운전자'지위의 확대와 '운전자'의 의무 및 책임의 변화-미시간 주와 독일의 최근 입법동향과 시사점을 중심으로. 홍익법학, 18(4), 347-390.
- ^{5 6} Macey, S., Wardle, G. (2009). H-Point: the fundamentals of car design & packaging. Art Center College of Design.
- ⁵⁷ 박성수., 김승민. (2018). 자동차 대시보드 UX 디자인 트렌드 연구. 기초조형학연구, 19(5), 235-249.
- ⁵⁸ 변재형. (2011). 차량내 인터랙션을 위한 새로운 입력방식의 탐색. Journal of Integrated Design Research, 10(3), 51-64.
- 59 서민수., 홍승혜., 이정명. (2018). 반자율주행 맥락에서 AI 에이전트의 멀티모달 인터랙션이 운전자 경험에 미치는 효과: 시각적 캐릭터 유무를 중심으로. 한국콘텐츠학회논문지, 18(8), 92-101.
- Alpern, M., Minardo, K. (2003). Developing a car gesture interface for use as a secondary task. In CHI'03 extended abstracts on Human factors in computing systems, 932-933.
- Meschtscherjakov, A., Tscheligi, M., Szostak, D., Krome, S., Pfleging, B., Ratan, R., Ju, W. (2016). HCI and autonomous vehicles: contextual experience informs design. In Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human

Factors in Computing Systems, 3542-3549.

- Amanatidis, T., Langdon, P., Clarkson, P. J. (2018). Needs and expectations for fully autonomous vehicle interfaces. In Companion of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, 51-52.
- 63 유훈식., 주다영. (2017). 스마트카 입력 방식에 대한 국가별 비교 분석-한국, 중국, 미국, 유럽 4 개 지역을 중심으로. 예술인문사회 융합멀티미디어논문지, 7, 211-220.
- 64 한민수., 남승현., 이봉호., 함영권. (2004). 차량환경에서
 음성명령어기 사용을 위한 음성개선방법. 방송공학회논문지, 9(1),
 9-16.
- 65 김현태., 박장식. (2009). 차량에서의 음성인식율 향상을 위한 전처리 기법. 한국콘텐츠학회논문지, 9(1), 139-146.
- Meschtscherjakov, A., Tscheligi, M., Szostak, D., Krome, S., Pfleging, B., Ratan, R., Ju, W. (2016). HCI and autonomous vehicles: contextual experience informs design. In Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, 3542-3549.
- 67 김지현., 이가현., 변영시. (2019). 자율주행 자동차의 제어권
 전환상황에서 상황인식 및 의사결정 정보 제공이 운전자에게 미치는
 영향. 한국 HCI 학회 논문지, 14(2), 21-29.

- ⁶⁸ 구보람., 주다영. (2017). 사용자 관점의 자율주행 단계 별 인터랙션 특성. Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology, 7(2), 351-359.
- 69 박여현. (2017). 운전자 중심의 기술 융합에 의한 자동차 대시보드 디자인 요소 분석, 연세대학교.
- Troel-Madec, M., Boissieux, L., Borkoswki, S., Vaufreydaz, D., Alaimo, J., Chatagnon, S., Spalanzani, A. (2019). eHMI positioning for autonomous vehicle/pedestrians interaction. In Proceedings of the 31st Conference on l'Interaction Homme-Machine: Adjunct, 1-8.
- Kim, J., Kim, W., Kim, H. S., Yoon, D. (2020). A study on the correlation between subjective driver readiness and NDRT Type during automated driving. In 2020 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), 1774-1776.
- Olsen, P. (2018). Cadillac tops Tesla in consumer reports' first ranking of automated driving systems. Consum. Rep.
- Merat, N., Jamson, A. H. (2009). Is Drivers' Situation Awareness Influenced by a Fully Automated Driving Scenario. In Human factors, security and safety. Shaker Publishing.
- ^{7 4} Wan, J., Wu, C. (2018). 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.

- Jamson, A. H., Lai, F. C., Carsten, O. M. (2008). Potential benefits of an adaptive forward collision warning system.
 Transportation research part C: emerging technologies, 16(4), 471-484.
- ⁷⁶ 현대자동차. (2019). 자동차의 언어 경고등, https://young.hyundai. com/magazine/motors/detail.do?seq=17670
- ^{7 7} Lee, J. (1999). A study on the user needs analysis based on observation methods: With emphasis on the video ethnography.
- ⁷⁸ Martyn H., Paul A. (1995). Ethonography: principles in practice second edition. London: Routledge.
- ^{7 9} Garzon, S.R.(2012). Intelligent in car infortainment system: A contextual Personalized approach. In2012 Eighth international Conference on Intelligent Environments, 315–318.
- ^{8 0} Campbell, J.L., Graving, J.S., Richard, C.M. (2018). Human factors design guidance for Level 2 and Level3 automated driving concpets (No. DOT HS 812 555)
- ⁸¹ Tanshi, F., Söffker, D. (2019). Modeling Drivers' Takeover Behavior Depending on the Criticality of Driving Situations and

the Complexity of Secondary Tasks. In 2019 IEEE Conference on Cognitive and Computational Aspects of Situation

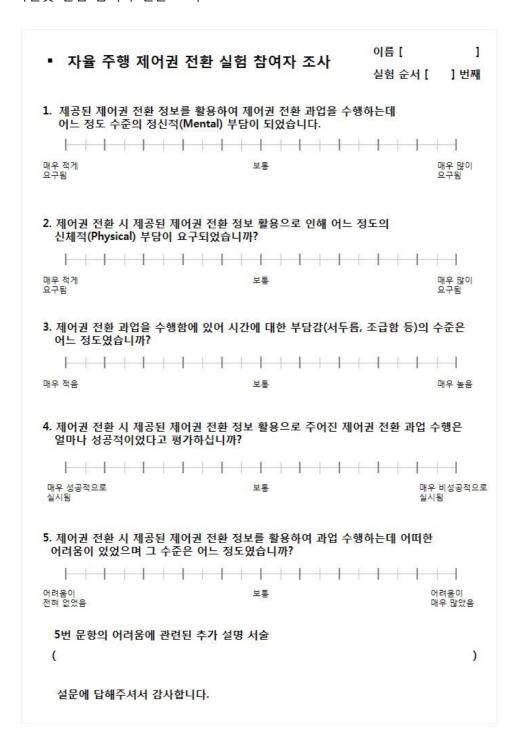
Management (CogSIMA), 67-73.

- ^{8 2} Chen, J., Zhang, Q., An, R., Lei, T. (2019). A Sensitivity Analysis Method of Human Factors Measurement Tools in Pilot Distraction. In 2019 2nd International Conference on Intelligent Autonomous Systems (ICoIAS), 47-52.
- ^{8 3} Jin, L., Niu, Q., Hou, H., Xian, H., Wang, Y., Shi, D. (2012).
 Driver cognitive distraction detection using driving performance measures. Discrete Dynamics in Nature and Society.
- Hamada, H., Inagami, M., Suzuki, T., Aoki, H. (2017). Effect of mental workload and aging on driver distraction based on the involuntary eye movement. In Advances in Human Aspects of Transportation, 349-359.
- Niezgoda, M., Tarnowski, A., Kruszewski, M., Kamiński, T. (2015). Towards testing auditory-vocal interfaces and detecting distraction while driving: A comparison of eye-movement measures in the assessment of cognitive workload. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 32, 23-34.
- ^{8 6} Ahlstrom, C., Kircher, K., Kircher, A. (2009). Considerations when calculating percent road centre from eye movement data

in driver distraction monitoring.

- ^{8 7} Luttkus, L., Mikelsons, L., Baumann, P., Kotte, O. (2019). A simulation based interaction analysis of automated vehicles. In Proceedings of the 2019 Summer Simulation Conference, 1-11.
- 88 구보람., 주다영. (2016). 운전 경력에 따른 차량 내 디스플레이 정보표시 요구사항 비교 분석. 한국자동차공학회논문집, 24(6), 668-676.
- 89 이대희. (2019). 고령운전자 인지반응시간에 대한 연구.
- Orango of Campbell, J L Brown, J.L., Graving J. S., Richard, C. M., (2106). Human factors design guidance for driver-vehicle interfaces. Report No. DOT HS,812(360),252.
- ^{9 1} Hart, S. G. (2006). NASA-task load index (NASA-TLX); 20 years later. In Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting, 50(9), 904-908.
- 9² 변재형. (2011). 차량내 인터랙션을 위한 새로운 입력방식의 탐색. Journal of Integrated Design Research, 10(3), 51-64.
- 93 최재성., 정승원., 김정민., 김태호., 신준수. (2017). 고속주행상황의 운전자 인지·반응시간에 관한 연구. 한국도로학회논문집, 19(1), 107-119.

파일럿 실험 참여자 설문 조사



파일럿 실험 참여자 인적 조사

•	성별	
	1. 남성 [] 2. 여성 []	
	나이 25-29세[] 2. 30-34세[]] 3. 35-39세[]]	
•	운전 경력 []년	
•	현재 사용중인 차종 ■ 과거 사용했던 차종 [] []
	반자율 주행 사용 경험 여부 1. 있음 [] 2. 없음 []	
•	반자율주행 사용 기간 1. 일 []회 2. 주 []회 3. 월 []회	
•	직업 [] 제조업 [] 부동산 임대업 [] 건설업 [] 과학/기술 서비스업 [] 도매/소매업 [] 공공행정/국방 [] 운수업 [] 교육/서비스업 [] 주부 [] 예술/스포츠/여가 산업 [] 숙박/식품업 [] 개인 서비스업 [] 방송/통신 정보서비스업 [] 기타()	
	성함 및 연락처	

실험 참여자 실험 개선 사항 설문

자율 주행 실험 경험 및 개선 사항 설문

■ 자율 주행 중 운전자에게 제어권 전환을 요청할 때 UI디자인에 있어 개선되어야 할 점이 있다면 기재해 주세요.

->

■ 실험 진행 과정에 있어 개선이 필요한 점이 있다면 기재해 주세요.

->

설문에 답해주셔서 감사합니다.

첨부4 실험 참가자 인터뷰 질문지

실	험 참가자 인터뷰 질문지	
•	제어권 전환 15초 전 부터 10초 전까지 제공된 제어권 전환 정보를 확인했습니까?	
]]
•	제어권 전환 정보를 확인하기에 충분한 시간이었습니까?	
]]
•	제어권 전환 정보 제공 시 안내 문구 (텍스트) 정보를 확인 했습니까	?
]
	안내 문구 (텍스트)를 확인 못했을 시 원인은 무엇입니까?	
]
•	비 주행 관련 과업을 위해 제공된 영상 문제의 정답은 무엇입니까?	
	1]
•	제어권 전환 정보가 제어권 전환 시점에 차량을 제어하는데 있어 전반적으로 도움이 되었습니까?	
	Ĺ]

첨부5 실험 참가자 인터뷰 질문지

실험 참가자 인터뷰 질문지			
■ 가장 선호하는 제어권 전환 유형은 무엇입니까?			
[]		
■ 가장 선호하는 이유는 무엇입니까?			
Ĭ.]		
■ 2번째로 선호하는 제어권 전환 유형은 무엇입니까?			
]		
■ 2번째로 선호하는 제어권 전환 유형의 이유는 무엇입니까?			
I	1		
■ 가장 선호하지 않는 제어권 전환 유형은 무엇입니까?			
]]		
■ 가장 선호하지 않는 이유는 무엇입니까?			
Ī	Ĭ		

파일럿 질의 응답 주요 내용

■ 파일럿(에어버스 A320) 인터뷰 질의 응답 주요 내용 정리

분류	질문	답변
오토파일럿	오토 파일럿은 언제 사용 하는가?	이름을 제외하고 대부분 사용 됨 이륙시에는 파덜럿이 실시간으로 상황 통제하고 이륙 여부 결정해야 하므로 AP사용 불가함 상공 비행과 공한 접근 시 사용하며 기상 상황이 안 좋을때 오로파덜럿들 더 많이 사용함
NDRT	비행증 오토파일럿 사용시 어떤 활동을 하는지?	식사와 자를 마시기도하며 기장과 부기장의 대화도 있으며 책도 읽음 하지만 주기적으로 시선은 계기 상태 디스물레이를 확인해야 함
NDRT	식사는 어떻게 하는지?	에어버스는 파일럿 시트 암 착핏에 수납식 트레이가 있음 (조이스틱 방식) 보잉은 조중대가 있어 무릎에 올려놓고 식사 함
오토파일럿	위험 경고 또는 주의 발생시 대처는?	버튼으로 경고 알람을 해제함. 미 확인시 일정 시간후 다시 발생, 디스뮬레이로 확인 가능
오토파일럿	조종사에게 반드시 필요한 비행 정보는?	비형 정보를 스크린을 통해 주로 확인해야 하며 같은 시선상에 경고 알림 등이 있음
오토파일럿	디스플레이의 색상 코드는?	조록색: 실랭, 노란색: 경고, 붉은색: 위험, 흰색: 활성화
오토파일럿	디스플레이 폰트 사이즈를 조정하는가?	폰트사이즈는 조정 불가하며 제공되는 사이즈에 익숙해져 불편함 못 느낌
오토파일럿	디스플레이 밝기는 조정하는가?	밝기는 개별 조정 가능하며 주간/야간에 조도 센서로 자동 조정 됨
파일럿	기종별 라이선스는 어떻게 취득하는가?	항공사에서 기종을 지정 후 회사 내부의 시뮬레이터를 활용하여 교육을 진행 후 라이센스를 취득 함
파일럿	제조사 별로 조종 장치가 다른데 어떻게 운행하는지?	모든 항공기는 제조사의기종별로 각각의 라이센스가 있음 각 기종별로 별도의 교육을 받고 운행이 가능함

첨부7

본 실험 참가자 구성 사항

참가자	성별	반자율주행 사용 유무
신*국	남	0
유*셉	남	0
기*연	남	0
<u></u>	여	X
김*진	남	0
손*호	남	X
김*혜	여	X
박*성	남	X
박*연	여	X
임*준	남	0
김*진	남	0
이*영	남	X
남*훈	남	X
김*현	남	0
한*현	여	0
김*정	여	0
신*준	남	0
양*환	남	X
김*준	남	X
박*인	여	X
강*은	여	X
김*민	남	X

Abstract

Study of UI design for stable control switching according to autonomous driving—non—autonomous driving mode change

Focusing on the driver's
 perception switching
 using image and text-based
 take over request information-

Byun, Youngjun
Design Major, Department of Design
The Graduate School of Fine Arts
Seoul National University

Autonomous driving Level 3, as defined by the SAE(Society of Automotive Engineers), is a self-driving vehicle driven by an autonomous driving system within a specified section and non-autonomous driving, in which the vehicle is controlled by the driver. The control subject is dualized depending on the driving situation.

During autonomous driving, judgment and control are entrusted to the intelligent autonomous driving system, and accordingly, during partial autonomous driving, the driver can perform non-driving related tasks such as resting and using a mobile phone. Depending on the type of non-driving-related task, there is a difference in the degree of dispersion of attention, and it affects when switching to a driving task. Watching videos that use both the driver's visual and auditory senses, and games have a high degree of distraction compared to types such as rest.

Level 3 autonomous driving must take into account the scheduled transition of control. During autonomous driving, when a section in which the autonomous driving function cannot be utilized due to changes in the driving environment in front occurs, the driver is requested to switch the control right before arriving at the section so that the driver controls the vehicle. At this time, stable control transfer within a limited time is emerging as an important factor. In particular, when performing a non-driving-related task such as watching a video with a high degree of driver distraction, switching to a stable driving task is important for safety.

Therefore, the purpose of this study is to implement the control transfer stably by effectively recognizing the driving situation when a request for control transfer occurs to a driver performing a non-driving task by utilizing the autonomous driving function. To this end, among UI design elements requesting control transfer, control take over information based on visual information using images and texts is implemented according to the type, and the effect on the driver in the control take over process is analyzed. Based on this, it

is to identify the factors that allow the driver to effectively recognize the driving situation and execute the stable control take over, and to propose their utilization.

This study utilized a simulator to implement an autonomous driving situation. It consists of five types, such as expressway exit and road merging sections, which are scheduled control transition situations. A comparative experiment was conducted by selecting video watching and resting that differ in the degree of distraction as the driver's non-driving tasks during autonomous driving. Control transfer request UI design provided to the driver is composed of 5 types of visual information using video images, still images, and text to convey driving situation awareness and detailed information for executing control transfer. For 22 test subjects divided into semiautonomous driving users and non-users, at the time when the take over request information can be delivered for about 5 seconds from 15 seconds to 10 seconds before the point where control transfer is required, the subject receives control take over information and drives the vehicle. A control experiment was conducted. We analyzed the workload imposed on the driver and the effect on the performance of control transfer according to the type of control take over request UI design, which is designed to utilize the driver's driving situation recognition process and perception ability during control transfer.

As a result of the experiment conducted based on the five types of control take over request UI design based on visual information, there was a significant difference in task performance according to mental load during the control transfer task of the driver.

The still image was preferred by the largest number of subjects because the driving situation was recognized quickly due to the simplicity of information delivery. In addition, the subjects' preference was high in a method similar to the existing real-time route guidance method. The video image was identified as an advantage in delivering detailed information, but a burden was generated for the subjects not being able to control the vehicle during the time they watched the control transfer information. Text information can deliver specific situations, but the task of reading and understanding sentences was the least preferred because they acted as a psychological burden to the driver in the situation of preparing for the transfer of control of the vehicle. The type of UI design composed of a combination of video image and text and still image and text had a difference in cognitive load according to driver's propensity, so there was a difference in preference compared to single control right switching information. In addition, when text information was provided simultaneously with video and still images, most of the subjects refrained from writing two or more tasks. The time required to transfer the control authority was changed by the driver's propensity and past driving experience rather than by the control authority transfer UI design type, and most drivers completed the task within the control authority transfer time. The scheduled control transfer situation suggested that a method of providing information that can respond stably is more important than reducing the driver's control time.

As a result of this study, we analyze the main elements that make up the UI design based on visual information optimized for the transition of control right to the level 3 of autonomous driving, and

suggest future development directions.

Keywords: Autonomous Driving, Non Driving Related Task

Take Over Request, User Interface Design

Student Number: 2019-35758

This study was revised and supplemented paper published at

Design Works, Youngjun Byun, Euichul Jung. (2021). Proposal of a

situation model for vehicle control right switching in an autonomous

driving environment - Based on the review of previous research on

driving tasks conversion—. 4(1), 14-27.

153