JESK J Ergon Soc Korea 2021; 40(6): 345-360
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2021.40.6.345
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Exploring Display Technologies and Requirements based on the Expected Behavior in Autonomous Vehicles

Jae Hyun Han, Su Ryeon Kim, Meen Jong Kim, Yong Gu Ji

Yonsei University, Department of Industrial Engineering, Seoul, 03722

자율주행 자동차 내 기대 행위에 따른 디스플레이 기술 및 요구 사항 탐색

한재현, 김수련, 김민종, 지용구

연세대학교 산업공학과

Corresponding Author
Yong Gu Ji
Yonsei University, Department of Industrial Engineering, Seoul, 03722
Email : yongguji@yonsei.ac.kr

Received : September 03, 2021
Revised : October 12, 2021
Accepted : November 11, 2021

Copyright@2021 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

Objective: The aim of this study is to derive the expected behavior of occupants in a fully autonomous driving environment and to explore the display technology and related requirements.

Background: With the rapid development of technology, the commercialization of autonomous vehicles is becoming visible. Many car manufacturers are focusing on supporting a variety of behaviors for the great 'in-vehicle experience' of passengers. One of the essential factors for providing 'in-vehicle experience' is 'display' in the vehicle. However, research that embodies ideas of display inside autonomous vehicles is insufficient. Therefore, to provide great "in-vehicle experience" through display in a autonomous driving environment in the future, it is important to understand the requirements from the passengers inside autonomous vehicles.

Method: First, expected behaviors in autonomous vehicles were derived through user interviews using online video conference platforms. Subsequently, display technologies and requirements based on in-vehicle expected behavior were explored through the co-design workshop.

Results: The main expected activities in autonomous vehicles were 'media viewing' and 'work'. Regardless of expected behavior, there was a strong demand for 'frontal visibility'. Additional demands such as "immersion" for "media viewing" and "efficiency" for "work" were required. Based on this, exploration of the display technology resulted in "rollable display" and "transparent display", and additional "appearance cleanliness" and "screen quality" required for each.

Conclusion: Display technology required according to expected behavior was different. As a result, the requirements for displays were also different. However, regardless of the expected behavior and display technology, the demand for 'frontal visibility' has become common.

Application: The results of the interview and analysis might help to guide user-centered value to consider when designing display inside autonomous vehicles.

Keywords: Autonomous vehicle, Expected behavior, In-vehicle display, User interview, Co-design

1. Introduction

최근 자율주행 자동차 기술이 빠르게 발전함에 따라, 학계뿐만 아니라 산업계까지 자율주행 자동차의 상용화에 대한 관심이 증가하고 있다. 미래의 자율주행 자동차에서는 기존의 주된 과업이었던 주행 과업이 사라질 것으로 예상되며, 탑승자는 차량 내부에서 주행 과업이 아닌 각기 다른 행위 양상을 보일 것으로 나타나고 있다. 이에 따라 차량 내부의 공간적 의미 역시 변화할 것으로 예상되고 있다. 차량은 더 이상 '이동 수단'의 의미만 가지는 것이 아니라, 이동 시간과 공간의 가치를 중요하게 여김에 따라 또 하나의 다른 '생활 공간'으로서 의미를 가질 것으로 예상되고 있다(Moon, 2017). 실제로 많은 연구진들은 자율주행 자동차의 공간과 행위 양상에 대한 연구를 진행하고 있다(Filo and Lubega, 2015; Pettersson and Karlsson, 2015; Kwon and Ju, 2018; Pudāne et al., 2019; Stevens et al., 2019). 뿐만 아니라, 많은 자동차 제조 기업과 부품 기업, 관련 기업들 역시 탑승자들의 다양한 행위 양상을 반영한 콘셉트 모델을 발표하고 있다. 볼보는 2018년 '360c' 모델을 통해, 1인용 수면 공간과 4인승 이동식 사무실, 거실, 엔터테인먼트 공간 등 총 4가지 형태의 모델을 발표하였고, 시트로엥은 2019년 '19_19' 콘셉트 모델을 통해, 휴식과 여행의 즐거움을 통한 '재생과 회복'의 가치를 제공하는 자동차 여행에 대한 비전을 발표하였다. 또한, 바이톤은 첫 양산 모델인 'M-Byte'를 '삶을 위한 플랫폼(platform for life)'이라고 부르며, 주행 관련 정보는 물론 영화, 음악, 게임 등 다양한 콘텐츠를 최적화된 소비 환경을 통해 제공한다고 소개하였다. 이처럼 자율주행 자동차에서는 엔터테인먼트와 휴식 등 '생활 공간'으로서의 가치가 커지고 있다.

이에, 자동차 제조 기업들은 탑승자들에게 훌륭한 '자율주행 자동차 내 경험(In-Vehicle Experience)'을 제공하기 위해 집중하고 있다. 자율주행 자동차 내 탑승자는 수동 운전 차량과 비교했을 때 행위의 자유로움이 증가할 것으로 예상되지만, 오히려 주행을 하지 않을 경우 이동하는 시간과 공간을 지루하고 단조롭게 느낄 수 있다(Langan-Fox et al., 2009). 이러한 상황 속에서 차량 내 '디스플레이'는 차량 내 즐거운 경험을 제공할 수 있는 요소 중 하나로 주목받고 있다. 기존의 차량 내부에 존재했던 디스플레이는 단순히 차량의 정보를 나타내는 수준으로 운전자-차량의 인터페이스의 출력 장치 중 하나였다(Frost and Sullivan, 2006). 그러나, 자율주행 자동차 내부에 존재할 디스플레이는 상황에 맞는 정보와 엔터테인먼트를 포함한 콘텐츠 등 다양한 정보를 제공할 수 있는 인간-기계 상호작용(Human-Machine Interaction)의 수단으로 확장될 것으로 예상된다. 이러한 디스플레이를 통해 탑승자는 다양한 실내 행위 욕구를 충족시킬 수 있을 것으로 기대되며, 이로 인해 디스플레이의 중요성 역시 증가하고 있다.

하지만 자율주행 자동차에서의 행위 양상에 따라 차량 내부의 디스플레이를 활용하는 방안과 그에 대한 아이디어를 구체화한 연구는 미비한 실정이다. 현재 유수의 기업에서 제시하고 있는 차량 내 디스플레이 역시, 사용자의 사용 맥락 및 인간공학적 요소의 고려보다는 인테리어 혹은 특정 콘셉트 기반으로 나타나고 있다. 이에 향후 자율주행 환경에서 디스플레이를 통해 향상된 '자율주행 자동차 내 경험'을 제공하기 위해서는 자율주행 자동차 내부의 탑승자 관점에서의 요구 사항을 파악하는 것이 중요해지고 있다. 본 연구는 완전 자율주행 환경에서의 탑승자의 기대 행위를 도출하고, 이에 따른 디스플레이 기술과 관련 디스플레이 요구 사항을 탐색하는 것에 그 목적을 둔다. 이를 위해 본 연구에서는 온라인 화상회의 플랫폼을 활용한 사용자 인터뷰 및 공동 디자인(Co-design) 워크숍을 통해 진행하고자 한다.

2. Related Study

2.1 Expected behaviors in autonomous vehicle

자율주행 시대에 대비한 차량 내 탑승자의 행위 연구가 다양하게 진행 중이다. Filo and Lubega (2015)는 포커스 그룹 인터뷰를 통하여 차량 내에서의 행위가 기존의 주행 과업에서 업무 및 학습, SNS를 포함한 교제 활동, 영상 시청 등의 취미 활동으로 변화할 것이라고 밝히고 있다. Pettersson and Karlsson (2015)는 자율주행 자동차 프로토타입 연구를 통해 차량 내에서 휴식, 업무, 수면, 독서 등의 활동을 할 것이라고 밝혔다. Pudāne et al. (2019)은 포커스 그룹 인터뷰를 통해 가상의 자율주행 자동차를 타고 이동 간 기대되는 행동에 대해 조사하였고, 현재와 미래, 우선적 행동과 선택적 행동으로 구분하여 정리하였다. 국내에서는 Kwon and Ju (2018)가 자율주행 자동차 콘셉트 사례 및 관련 문헌 분석을 통해 완전 자율주행 자동차 내에서 요구되는 행위를 분석하였다. 그 결과 실내 행위를 '업무 및 학습', '가정생활 및 개인관리', '휴식', '취미 및 사교'로 유형화했고, 이를 기반으로 종합적인 실내 공간 설계 가이드라인을 제시하였다. Lee et al. (2016)은 자율주행 자동차 탑승 경험이 있는 사용자의 분석을 통해, 자율주행 차량 내 사용자 경험(UX) 콘셉트를 도출하였다. 이처럼, 미래 자율주행 환경에서의 기대 행위가 다양하게 나타나고 있다.

2.2 In-Vehicle display

차량 내 최초의 디스플레이는 1981년 혼다에서 개발한 내비게이션 'Electro-Gyrocator'로, 디스플레이 기술은 1995년 소니의 GPS 내비게이션 'NVX-F160'이 개발되면서 본격적으로 차량에 적용되기 시작했다(Kang, 2009). 현재 차량용 디스플레이로는 TFT-LCD, 터치 디스플레이 등이 많이 사용되고 있으며, HUD (Head Up Display), 플렉시블 디스플레이 등 차세대 디스플레이들이 개발되어 차량 내에 탑재될 것으로 예상되고 있다.

자율주행 자동차에서의 디스플레이 관련 요구 사항을 도출하기 전, 전기차와 자율주행 자동차 등 현재 발표되고 있는 차세대 차량 내 디스플레이의 적용 동향을 먼저 조사하였다. 최근 스마트 기기 및 네트워크 발전에 따라 차량 내 인포테인먼트 서비스가 확대되고, 전장화 및 전동화와 관련된 차량 상태 정보를 표시해 줄 수 있는 디스플레이의 역할이 증가함에 따라, 많은 기업들이 차량 내 탑승자의 행위를 지원하고, 다채로운 인테리어를 제공할 수 있는 다양한 차량 디스플레이들을 제안하고 있다.

특히 차세대 차량 내 디스플레이는 크기와 기술 측면에서 그 범위가 넓어지고 있다. 전체 차량 디스플레이 중 10인치 이상 크기의 디스플레이 비중은 2019년 36.2%였지만, 2025년에는 48.2%까지 확대될 것으로 전망되고 있다. 출시 예정인 캐딜락의 럭셔리 전기차 'Lyriq'에는 34인치 OLED 디스플레이가 장착될 예정이다(Yang, 2020). 포르쉐의 순수 전기차 '타이칸'에도 총 47인치의 디스플레이가 탑재됐다. 이러한 현상은 자율주행 자동차에서도 유사하게 나타났다. 실제로, 테슬라 '모델 S'에 탑재된 17인치 시네마틱 디스플레이를 시작으로 자율주행 자동차 내 디스플레이 크기 경쟁이 시작되었으며, 바이톤 'M-Byte'의 48인치 커브드 디스플레이(Figure 1, left), 벤츠 'EQS'의 56인치 하이퍼 스크린(Figure 1, right), 삼성 하만의 49인치 대형 디스플레이 등이 연달아 발표되었다. 이처럼, 주행 부담이 감소할 것으로 예상되는 자율주행 환경에서는 대형 디스플레이를 통해 향상된 사용자 경험을 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

Figure 1. (left) 'M-Byte' interior (Byton) (right) MBUX hyperscreen (Mercedes-Benz)

나아가 형태 변형이 가능한 OLED, 투명 디스플레이 등 디스플레이 기술이 발전하면서 차량 내 디스플레이 형태에도 변화가 예상되고 있다. 캐딜락의 'Escalade'와 벤츠 'S-클래스'는 OLED 디스플레이 패널을 통해 보다 자유로운 형태의 디스플레이를 장착하기 시작했다(Yang, 2020). 크기와 형태의 다양화는 기술의 발전에 따라 더욱 증가할 것으로 보인다. 또한 기존의 기판 중심의 디스플레이에서 새로운 형태의 디스플레이들도 제안되고 있다. 현대자동차는 2018년부터 홀로그램 전문 기업 웨이레이와 협업해 홀로그램 방식의 증강현실(AR) 내비게이션을 개발하고 있다(Park, 2021). 재규어 랜드로버는 차세대 3D 헤드업 디스플레이를 개발하고 있으며(Jaguar Land Rover, 2020), 벤틀리는 홀로그램 기반의 차량 내 비서 등의 컨셉 모델을 발표하였다(Haworth, 2016). 이처럼, 많은 자동차 제조 기업들이 차량의 경쟁력을 강화하기 위하여 다양한 디스플레이 기술 도입을 통한 사용자 경험을 제공하고자 노력하고 있다(Table 1, 2).

주행 부담이 사라지게 되는 완전 자율주행 환경에서는 다양한 행위를 할 수 있을 것으로 예상된다. 차량 내 디스플레이 역시 기존의 차량 내 정보 제공의 역할 뿐만 아니라 다양한 행위를 지원하기 위해 기능과 형태가 확대될 것으로 예상된다. 이에 따라, 자율주행 환경에서 다양해질 것으로 예상되는 탑승자의 행위를 지원하기 위해, 차량 내 디스플레이에 대한 연구가 다수 진행되고 있다.

Kim et al. (2016)은 포커스 그룹 인터뷰를 통해 자율주행 환경에서의 실내 행위와, 이에 따른 전방 유리 디스플레이의 역할을 탐색했다. 연구 결과에 따르면, 참가자들은 기존에 사용하던 개인화된 콘텐츠를 차량 내부에서도 이용하면서, 동시에 화면 공유 등 디스플레이의 기능을 통해 탑승자 간 소통을 증진시키길 희망한다고 밝혔다. Kwon and Ju (2018)는 선행 연구와 다양한 자율주행 차량 콘셉트 사례 분석을 통해 차량 내 기대 행위 중 하나인 'TV 및 영화 시청'에 대해 디스플레이를 활용한 콘셉트 사례가 제시되고 있다고 밝혔다. 이처럼, 사용자들은 차량 내 디스플레이를 통해 기존의 행위를 지원받기를 희망하는 것으로 나타났다.

Table 1. Classifying in-vehicle display technology

Display technology		Detail
Projection display		LCD reflection
		Head up display
		Holographic display
2D display	Rigid OLED (Flat display)	Flat OLED
		Transparent OLED
		Mirror OLED
	Flexible OLED (P-OLED)	Bendable
		Rollable
		Foldable
		Stretchable
3D display	Stereoscopy display	Stereoscopic
		Auto stereoscopic
	Light field display	

Table 2. Display in autonomous vehicles

Automation level	Company	Model	Display type	Size (inch)	Release year
2	Cadillac	Lyriq	Curved	33	2020
3	Tesla	Model S	Touch	17	2009
	Mercedes-Benz	F 015 Luxury	Transparent	-	2015
	Tesla	Model 3	Touch	15	2017
	Byton	M-Byte	Flexible	48	2019
	Mercedes-Benz	The new EQS	Hyperscreen	56	2021
	Honda	Legend	Flat	12.3	2021
5	Bentley	Butler System	Holographic	-	2016
	Volvo	360c	Transparent	-	2018
	Granstudio	Grammer vision concept	Holographic	-	2018
	BMW	Vision i-next	Transparent	-	2019
	Audi	Icon	Flexible	-	2019

3. Method

3.1 Participants

본 연구는 주 교통수단이 승용차인 20세 이상의 성인 남녀를 대상으로 참가자들을 모집하여 진행하였다. 참가자는 미래 자율주행 자동차 탑승자의 특성 별로 풍부한 발화를 수집하기 위하여 각 그룹 별로 12명씩, 4개 그룹에 대해 총 48명의 성인 남녀(남성: 24명, 여성: 24명)를 모집하였다(Table 3). 첫 번째 그룹은 '선도 사용자(A)' 그룹으로, 이들은 혁신적인 신제품 생성에 효과적(Lüthje and Herstatt, 2004)이다. 본 연구에서는 '선도 사용자' 그룹을 크루즈 컨트롤 기능, 차선 유지 기능 등 부분 자율주행(SAE J2016 1, 2단계) 기능을 최소 3번 이상 경험해 본 사용자들로 정의하였다. 두 번째와 세 번째 그룹은 각각 '2~30대 사용자(B)' 그룹과 '5~60대 사용자(C)' 그룹으로, 연령대에 따른 요구 사항을 비교하기 위해 각각 모집하였다. 두 그룹은 사용자들은 신차와 신기술에 대해 높은 흥미를 보이는 그룹으로(Gallup Korea, 2018), 각 연령대의 사용자 중 주 교통수단이 승용차인 성인 남녀를 모집하였다. 네 번째 그룹은 UX/HCI 관련 종사자, 연구원 등 '전문가(D)' 그룹으로 구성하였다. 모집은 온라인 홈페이지 및 공고문을 통해 진행하였으며, 모집이 어려운 그룹에 대해서는 스노우볼 샘플링(snowball sampling) 방식으로 참가자를 모집하였다(Salganik and Heckathorn, 2004). 인터뷰 수행 후 그룹 조건 미충족, 데이터 누락으로 인해 총 46명을 대상으로 인터뷰 데이터를 분석하였다(A: 12명, B: 11명, C: 11명, D: 12명).

Table 3. Participants group

Group	Description
'Lead user' (A)	Effective in creating innovative new products (Lüthje and Herstatt, 2004)
'Young' (Y)	Having high interest in new cars and technologies (Gallup Korea, 2018)
'Old' (O)	Major user groups of autonomous transportation system (Tak and Kang, 2019; Sun et al., 2020)
'Experts' (E)	UX/HCI experts with expertise

본 연구는 인터뷰 진행 전 본 연구진이 속한 기관의 생명윤리 위원회의 심의를 거쳐 연구 승인을 받았다. 사전에 이메일을 통해 참가자에게 인터뷰 진행 방법을 안내하였다. 참가자에게는 실험의 참여 및 진행 절차, 중도 포기 가능성, 참여에 따른 보상을 기재하였다. 인터뷰 자료는 개인 정보 보호법에 따라 암호화하여 분석하였다. 참가자에게는 실험 완료 후 5만원 상당의 보상을 제공하였다.

3.2 Dyadic online interview

본 연구는 최근 유행 중인 코로나 팬데믹으로 인해 대면 진행이 어려워, 온라인으로 인터뷰를 진행하였다. Hinkes (2020)의 연구에 의하면, 온라인 포커스 그룹(OFGs) 인터뷰는 보건 의료, 마케팅에서 사용됐던 방법으로, 물리적 한계를 극복할 수 있다는 장점이 있다. 하지만, 온라인 특성상 4~5명의 참가자의 발화를 유도하고 조정하는 것에는 어려움이 있다(Jiang and Cohen, 2020). 이에 본 연구는 해당 어려움을 보완하기 위해 연구자 1~2명이 참가자 2인을 대상으로 동시에 진행하는 온라인 dyadic 인터뷰 방식(Lobe and Morgan, 2020)으로 진행하였다. Dyadic 인터뷰 방식은 개별 인터뷰와 비교하여 참가자 간 상호작용이 가능하며 서로의 의사교환을 통해 확장 또는 발전된 의견을 제시할 수 있으며(Kitzinger, 1995), 포커스 그룹 인터뷰보다 연구 대상자가 솔직하고 편안하게 발화할 수 있어 풍부한 발화를 도출할 수 있다는 장점을 가지고 있다(Lobe and Morgan, 2020).

인터뷰를 진행하기 위해 화상회의 프로그램인 줌(ZOOM)과 Google 문서를 활용하였다(Figure 2). 참가자는 사전에 지정된 인터뷰 시간에 맞춰, 인터넷 접속이 원활한 장소에서, 각자의 스마트폰, 노트북, 태블릿 등을 통해 화상 인터뷰 링크에 접속하였다. 온라인 비대면 인터뷰 상황에서 쉽게 상호작용이 가능할 수 있도록 하기 위해, 실시간 공유가 가능한 Google 파워포인트 프로그램을 사용하였다. 참가자가 해당 프로그램 조작이 가능한 경우에는 참가자가 직접 조작할 수 있도록 하며, 참가자가 조작이 어려운 경우에는 연구원이 참가자의 발화에 따라 대리 수행하였다.

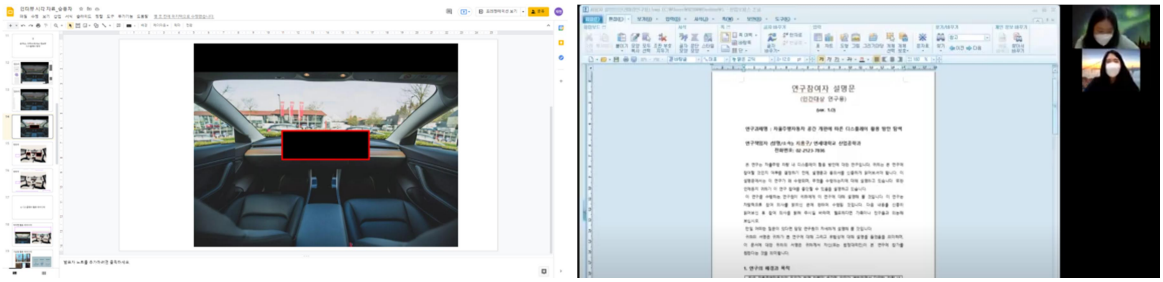

Figure 2. (left) Co-design using Google powerpoint (right) online interview by ZOOM

3.3 Co-design

Sanders and Stappers (2008)에 의하면 공동 디자인(Co-design)은 개발 단계에서 전공자 및 전문가와 비전문가의 창의성을 결합해 디자인을 이끌어내기 위해 사용되는 기법이다. 해당 기법은 각 이해관계자들이 각자의 입장에서 서로의 아이디어를 공유하고 구체화 시키는데 용이하다(Stevens et al., 2019). 본 연구에서는 자율주행 자동차가 아직 상용화 되지 않아 상상 및 실체화가 어려울 것이라는 점을 감안해, 공동 디자인을 적용한 아이디어 실체화를 통해 의견 공유 및 발화를 보다 수월하게 하고자 하였다.

3.4 Procedure

인터뷰는 진행자의 진행 하에, 각자 편안한 환경에서 약 2시간 동안 진행되었다. 인터뷰 진행에 앞서 참가자들에게 사후 분석을 위한 녹취 작업 진행 계획을 미리 밝히고, 개인 정보 보호 보장 및 추후 폐기 관련 사항을 안내한 후, 인터뷰를 수행하였다. 진행자는 2명의 참가자가 균형 있게 의견을 주장할 수 있도록 진행에 유의하였다.

인터뷰는 오프닝 세션과 3개의 인터뷰 세션으로 구성해 진행하였다(Table 4). 먼저 오프닝 세션에서는 연구의 목적과 절차, 실험 내용에 대해 설명하였다. 이후, 본격적인 인터뷰에 앞서 원활하고 효율적인 인터뷰 진행을 하기 위해, 인적 정보, 주 교통수단에 따른 차량 이용 행태, 자율주행 경험 여부 등에 대한 설문조사를 진행하였다. 이후, 차량 내 디스플레이에 대한 이해와 풍부한 발화를 도출하기 위해, 참가자들에게 LCD, 홀로그래픽, 투명 OLED, 플렉시블 OLED 등 오늘날 개발되고 있는 디스플레이의 종류와 예시를 설명하였다. 인터뷰는 스티어링 휠이 없는 완전 자율주행(SAE J2016 4, 5단계) 차량의 앞 좌석에 앉아 이동하는 상황을 가정하고 진행하였다.

이후 인터뷰 세션은 2개의 탐색 세션과 1개의 공동 디자인 세션으로 구성해 진행했다. 탐색 세션(세션 1, 2)에서는 사용자의 경험에 대해 구체화된 발화를 도출하기 위해 미리 작성한 반구조화된 질문 문항을 기반으로 인터뷰를 수행하였다. 설문 문항은 기대 행위와 디스플레이 요구 사항을 중심으로 세부 질문을 구성했다. 이 때, 세부 내용은 표준화하되, 유연성과 가변성을 지니도록 구성했다. 세

Table 4. Interview procedure

Session	Description
Opening	Explaining interview process, conducting a survey
1. Exploring in-vehicle expected behaviors	Identifying intentions to utilize travel time
	Identifying detailed causes of in-vehicle behavior
2. Deriving in-vehicle display requirements	Identifying display that can support the behaviors
	Identifying requirements while using the display
3. Co-design	Embodying participants' ideas

션 1에서는 기존 차량 이용 시 차량 내 행위, 이동 시간의 활용 의도, 차량 내 행위에 대한 세부적 원인 등을 질문하였다. 이후, 기존 사용자 경험을 바탕으로 향후 자율주행 자동차 내 기대 행위를 탐색하였다. 세션 2에서는 앞서 세션 1에서 언급한 기대 행위를 지원하기에 적합하다고 생각하는 디스플레이 기술, 해당 디스플레이를 이용할 때의 요구 사항 등을 질문하였다. 이를 통해 자율주행 자동차 내 새로운 디스플레이에 대한 요구 사항을 확인하였다. 세션 3에서는 공동 디자인(Co-design) 수행을 통해 기대 행위에 따른 디스플레이의 크기 및 배치에 대한 요구를 구체화하였으며, 참가자들이 나타낸 아이디어에 대한 의견을 수집했다.

3.5 Analysis

본 연구는 질적 연구로, 수행된 인터뷰의 분석을 위해 HCI 관련 분야 전공 대학원생이 녹취록을 작성했다. 녹취록의 문서화를 위해 국내 한 포털 사이트에서 제공하는 음성 기록 서비스(NAVER, CLOVA Note)를 활용해, 녹취록의 음성을 텍스트로 변환한 후, 연구원이 음성 파일을 다시 들으며 오타를 수정했다.

인터뷰는 근거이론에 기반한 '질적 코딩' 방법으로 분석되었다(Glaser et al., 1968; Holton, 2007). 참가자의 요구 사항을 분석하기 위해, 분석 절차를 1차 분석과 2차 분석의 계층적 구조로 조직화했다(Urban and Hauser, 1993). 1차 분석에서는 작성된 녹취록을 바탕으로 중요 발화를 추출하고 라벨링하는 과정을 거쳤다. 이어서 발화 간 유사성을 기반으로 중복 발화를 제거하여, 핵심 문장을 도출하였고, 이를 바탕으로 하위 범주를 구성하였다. 이후 진행된 2차 분석에서는, 핵심 문장들에 대해 또 다시 범주화하여 키워드로 구성된 상위 범주를 도출하였다. 범주화 과정에 있어, 연구원 간 데이터의 해석 차이를 줄이고, 연구 결과의 타당성과 신뢰성을 확보하기 위해, 연구원 2명이 각자 요구 사항을 해석한 후 비교를 통해 의견이 일치하지 않는 요구 사항에 대하여 논의 후 보완하였으며, 이후 함께 그룹화 작업을 수행하며 합의점을 도출하였다(Griffin and Hauser, 1993). 발화 별 언급 횟수를 기준으로 참가자 요구 사항의 상대적 중요도를 분석했다(Figure 3).

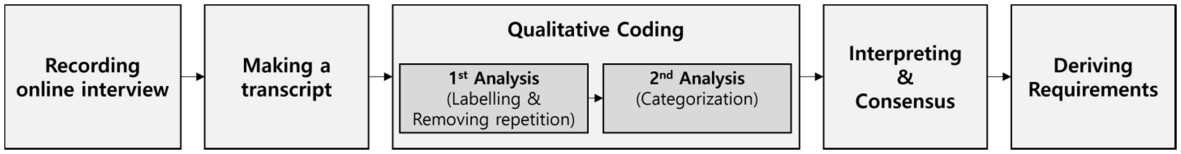

Figure 3. Overall analysis flow

4. Results

4.1 Display requirements based on the in-vehicle expected behavior

자율주행 자동차 내 기대 행위를 도출하기 위하여, 인터뷰에서 발화된 기대 행위와 각 행위 별 언급된 횟수를 분석하였으며, 이에 따른 결과는 아래와 같다(Table 5).

Table 5. Expected behaviors and the number of mentions during interview (N=46)

Expected behavior	Mentioned number
Media viewing (Movie, TV, Youtube, Netflix etc)	38
Working	18
Personal work (reading, make-up, wash up)	14
Sleeping	11
Activities with passengers (game, conversation)	8

Table 5. Expected behaviors and the number of mentions during interview (N=46) (Continued)

Expected behavior	Mentioned number
Playing a game	6
Gazing outside	6
Smartphone	5
Listening (music, radio)	5
Making a call	5
Eating	5
Etc (photo, memo)	4
Total	130

자율주행 자동차 내 기대 행위를 살펴본 결과, 주요 기대 행위로는 '미디어 시청'과 '업무'가 언급되었다. 그 외에도 응답된 기대 행위들은 참가자들이 일상생활에서 주로 하는 행위들로, 참가자들이 시간 활용을 중요하게 고려하고 있음을 확인할 수 있었다.

"영화 보고, 유튜브 보고... 평소 취미 생활을 차 안에서 할 수 있다는 생각이 드는데요? 이동 시간을 아껴 가지고"
"굳이 따로 차를 세운다든지 어디에 들어가서 일을 할 필요가 없기 때문에 업무 효율은 몇 배가 증가할 수밖에 없거든요. 차 안에서 보내는 시간이 워낙 많아서 업무 자체를 사무실로 쓸 수 있는 거죠".

이후, 기대 행위에 따른 디스플레이 요구 사항을 도출하기 위해 참가자들의 발화를 분석했다. 가장 언급이 많았던 기대 행위인 '미디어 시청'의 디스플레이 요구 사항을 분석한 결과는 아래 표와 같다(Table 6). 그 결과, '미디어 시청'의 디스플레이 주요 요구 사항으로는, '몰입(immersion)', '시야 확보(Securing a view)' 등이 언급되었다.

Table 6. User requirements based on 'Media Viewing'

Expected behavior	Keyword	User requirements		Participants
Media viewing	Sharing	Should be located in the middle so that can be shared with passengers.		A1(2), A6(1)
		Can be divided and used individually or together.		A1(1), A6(2), Y7(1), E3(1)
	Immersion	Should be separated from the windshield to focus.		A4(2), Y2(1), Y5(1)
		Should not be dispersed and be seen clearly.		A1(2), O1(1)
		Should not be distracted by adjusting the transparency.		Y2(2), Y3(2), Y7(1), E1(1), E1(2), E5(2), E6(1)
		Comfort	Comfortable posture	A3(2), A5(2), A8(1), O1(1), Y5(1), Y6(2), E1(2)
			Comfortable posture when driving long distances.	O1(1)
			Adjust display position for the comfortable posture.	A3(1), O1(1), E1(1)
			Adjust display position according to the passenger's gaze.	Y4(1)
			Easy to see in a sitting position.	A6(1), O2(2), E2(2), E2(3)

Table 6. User requirements based on 'Media Viewing' (Continued)

Expected behavior	Keyword	User requirements		Participants
Media viewing	Immersion	Comfort	The angle of the display according to the angle of the seat	A1(1), Y6(1)
			Can be divided and used.	A4(1), A6(1), A6(2), Y5(1), E1(2), E5(1)
		Display Size	Large size	A6(2), Y1(1), Y1(2), Y6(1), E2(1), E2(2)
			Should not block the view.	A4(1), O2(2), O4(2)
			Should be easy to operate with touch.	E3(2)
			Should be larger than the size of the cell phone to prevent eye fatigue.	O1(1)
			Should be appropriate for the passenger seat.	A4(2), Y5(2)
			Adjust the display size according to the situation	O4(2)
			Suitable display size for the viewing distance	A6(2)
	Securing a view	Can see the front view with the display.		Y3(1), Y6(2), O4(2)
		Can see the front view by guaranteeing the minimum front view.		A1(2), A4(1), A4(2), O1(1), O4(2)
		Can see the front view so that can relieve anxiety.		A4(1), Y3(1), O1(1), O5(2), E1(2), E3(1)
		Can see the situation, scenery while using display.		A1(1), A3(1), A6(1), Y5(2), O1(2), O2(1), O4(1), O6(2), E5(1)
		The front view without an extra operation		A6(2), A7(1), E1(1)
		Can be divided and used.		E1(1)
		Can see the front view because the display does not cover all the front windows.		A1(2), A7(1), Y2(2), Y3(1), Y3(2), O1(1), O1(2), O4(1), E1(1), E6(1)
		Can see the front view directly with raw eyes.		Y1(1)
		Can see the front view when not using the display.		A3(2), Y5(1), O4(1)
		The front view should not be blocked.		O1(1), O2(2)
	Display usability	The clarity and the splendor		O1(2), E3(2)
		Brightness and image quality		A4(2), O1(1)
		Visibility against the sunlight		Y2(1), Y2(2), O3(1)
		Automatically adjusted brightness against the sunlight.		O3(1)
	Aesthetic	Do not affect the interior of the vehicle.		Y1(2)

특히, '몰입'에 대한 요구 사항이 다수 언급되었다. 몰입이란 개인이 시간의 흐름과 자아를 잊어버리는 강한 집중과 즐거움의 경험이다 (Csikszentmihalyi, 1990). 참가자들은 '미디어 시청'의 '몰입'을 위한 요구 사항으로 자세, 시선 등의 '편안함(Comfort)'과 적절한 '디스플

레이 크기(Display size)'에 대해 언급했다. 특히, 디스플레이의 크기는 기존 전문가들의 연구와 보고서에서도 디스플레이 발전 방향으로 중요하게 고려되는 요소(Yang, 2020)로, 참가자들 역시 중요한 요소로 고려하고 있음을 확인할 수 있었다. 그 외에도 참가자들은 '몰입'을 위한 디스플레이 요소로, '전면 유리로부터의 분리', '시야 분산의 방지', '투명도 조절' 등을 언급하였다.

"큰 화면으로 보면 비율이 같아지니까 생동감? 생생함?이 높아진다고 할까요? 그래서 큰 화면으로 보는 게 좋을 것 같아요". - E2(1)
"전면에, 유리창에 있으면 뒤도 보이고 하니까 집중이 잘 안될 것 같아요. 대시 보드 쪽에 화면이 좀 분리되어 있는 게..." - Y2(1)

또 다른 주요 기대 행위인 '업무'에 관한 디스플레이 요구 사항은 다음과 같이 나타났다(Table 7). '업무'의 디스플레이 요구 사항을 살펴본 결과, '효율성(Efficiency)', '시야 확보(Securing a view)' 등에 대한 요구가 있었다.

Table 7. User requirements based on 'Working'

Expected behavior	Keyword	User requirements		Participants
Working	Efficiency	Display size	Large so that can be used to focus work.	A6(2), A8(1), O3(2), E2(2)
			Appropriate size within the scope of work view.	A4(2), Y3(2), E1(1)
		Posture	Can be used in a posture suitable for behavior.	A1(2), A4(1), A8(1), E3(1), E5(2)
			Easy to see in a sitting position (without turning head).	A6(1), Y3(2), Y5(2), Y7(1), O2(2), O5(1), O5(2), E2(2), E2(3), E5(1)
		Should not be distracted by adjusting the transparency.		Y2(2), Y3(2), Y7(1), E1(1), E1(2), E5(2), E6(1)
		The display blocks the view so that passenger can focus regardless of the front situation.		Y1(1), E1(1)
		Can be extended and used.		E1(2)
	Securing a view	Can see the front view with the display.		E1(1), E5(1)
		Can see the situation, scenery while using display.		A3(1), O4(1), E5(1), E6(1)
		Transparency can be adjusted for each area of use.		E5(1)
		Can secure a sense of opening of space.		E5(1)
		Not stuffy.		Y5(1), O4(2), E5(2)

참가자들은 '업무'의 '효율성'을 위한 요구 사항으로, '디스플레이 크기(Display Size)', '자세(Posture)', '시야 분산의 방지' 등을 언급했다.

"17인치 정도요. 17인치 이하는 쓰고 싶지는 않아요. 업무 특성상 작성해야 되는 게 많은데 화면에 따라서 잘 안 보이는 거는 그렇게 선호하지 않아서요. 눈에 피로도도 금방 오기 때문에" - Y3(2)
"앞에 왔다 갔다 거리면 일하는데 집중도 안 되고, 방해되고, 자꾸 쳐다보게 되니까 독서실같이 다 막혀 있으면 좋겠어요". - E1(1)

기대 행위에 따라 디스플레이 요구 사항이 각각 다르게 나타났지만, '시야 확보'에 대해서는 두 기대 행위 모두 동일한 요구가 존재하였다.

(미디어 시청) "저 같은 경우에는 솔직히 큰 화면으로 보는 걸 좋아해서, 크면 클 수록 좋다고 생각하는데, 예를 들어서 이제 자동차는 특성이 있다 보니까 자동차는 주변 시야도 보고 싶은 경우가 많아서" - A6(1)
(업무) "앞(쪽 디스플레이)에는 시야에서 업무를 보고, 문제가 생긴다 그러면 옆에 창문은 비어 있으니까 옆으로 전방 상황을 확인하

고 하면 될 것 같아요". - E5(1)

이러한 요구는 통제된 주행 환경 및 자율주행 기술에 대한 불안감, 풍경 감상 욕구의 잔존, 멀미 방지 등의 이유로 존재하는 것으로 나타났다.

4.2 Display requirements based on the display technologies

앞서 도출한 기대 행위 중 '미디어 시청'과 '업무' 등 주요 기대 행위를 바탕으로, 자율주행 자동차 내 디스플레이의 기술을 도출하였다. 이를 위하여 인터뷰에서 발화된 기대 행위 별 디스플레이 종류와 각 종류별 언급된 횟수를 분석하였으며, 이에 따른 결과는 Table 8과 같다.

Table 8. The type of display technology and the number of mentions during interview (N=46)

Expected behavior	Display technology	Mentioned number
Media viewing	Transparent	20
	Rollable	11
	Transparent + Rollable	3
	Flat	3
	Curved	1
Working	Rollable	6
	Transparent	4
	Flat	3
	No response	2

주요 기대 행위에 따른 디스플레이 기술을 살펴본 결과, 총 4개의 디스플레이 기술이 언급되었다. '롤러블' 디스플레이와 '투명' 디스플레이에 대한 요구가 많이 나타났지만, '미디어 시청' 시에는 투명 디스플레이가, '업무' 시에는 롤러블 디스플레이가 더 언급되었다. 그 외에도 '커브드' 디스플레이와 일반 '플랫' 디스플레이에 대한 요구가 추가로 존재하였다.

언급이 많았던 디스플레이 기술에 대해 요구 사항을 추가로 도출하기 위해 참가자들의 발화를 분석한 결과, '롤러블' 디스플레이와 '투명' 디스플레이에서 공통적으로 '전방 시야 확보'에 대한 요구가 강하게 존재함을 확인할 수 있었다. '시야 확보'는 기대 행위에 따른 디스플레이 요구 사항 도출 결과에서도 동일하게 나타난 결과로, 이를 위해 '롤러블' 디스플레이에서는 '편리한 전환(롤업, 롤다운)'이 요구되었고, '투명' 디스플레이에서는 '빠른 투명도 전환 속도'가 요구되었다.

(롤러블 디스플레이) "내 상황을 확인하려면 다시 내려야 하는 거는...(중략)... 너무 피곤할 것 같은데 뭔가 되게 불편한 느낌이 없지 않아 있어요" - E1(1)
(투명 디스플레이) "영화나 이런 걸 볼 때는 좀 불투명하게 보다가 밖을 볼 때는 투명하게 해서 밖을 보고 이런 거 보고 싶을 때 쉽게 휙휙 볼 수 있으면 좋겠어요". - Y3(1)

'롤러블' 디스플레이에서는 '깔끔한 외관'이 요구되었다. 참가자 대부분은 롤러블 디스플레이 특성상 외부 환경과 밝기에 상관없이 화질 및 가시성이 보장되는 등 디스플레이 자체의 이미지 품질이 안정적일 것으로 예상했다. 하지만, 소수 참가자들은 디스플레이 부착 위치의 외관에 대한 우려를 나타냈다.

"롤러블 장점이 싹 올라갔다가 내려온다는 그런 건데... 롤러블? 그 말려 있는? 보관되어 있는 게 눈에 보인다거나 그러면 안 될 것 같아요". - E3(1)

'투명' 디스플레이의 경우에는 '화면 품질'이 추가로 요구되었다. 참가자들은 디스플레이 부착 위치에 따라 발생할 수 있는 이미지 왜곡, 외부 환경과 밝기에 영향을 받는 투명 디스플레이 특성을 고려한 가시성 등에 대해 우려를 나타냈다.

(이미지 왜곡) "그 앞 유리를, 앞 유리 쪽에 디스플레이가 표현이 되기는 하는데 저는 조금 앞 유리가... 조금 비스듬하잖아요. 그래서 뭔가 볼 때 비스듬하게 보일 것 같아서..." - A3(1)
(가시성) "낮 같은 경우에는 햇빛 때문에 유리창에 설치를 했을 때 좀 불편하지 않을까라는 생각이 있어요. 아직 선팅이 아무리 잘 돼도 명도랑 떨어지잖아요". - A4(2)

4.3 Co-design

앞서 진행한 인터뷰 결과, 기대 행위로는 '미디어 시청'과 '업무'가 대표적으로 나타났고, 이를 지원하기 위한 디스플레이 기술로 '롤러블 디스플레이'와 '투명 디스플레이'가 도출되었다. 세 번째 세션에서는 언급된 기대 행위와 디스플레이 기술을 바탕으로, 공동 디자인 세션을 진행했다.

먼저, '미디어 시청'에서는 '몰입감'과 '시야 확보'가 중요한 요소로 언급되었다. '몰입감'을 확보하기 위해, 참가자들은 중, 대형 디스플레이에 대한 요구를 보였다. 동시에 '시야 확보'를 위해 투명 디스플레이를 활용하고자 했다(Figure 4, left, center). '몰입감'을 위해 불투명 디스플레이를 선택한 경우, 전방을 가리지 않는 하단 영역에 디스플레이를 배치하여 몰입감과 시야를 동시에 확보하였다(Figure 4, right).

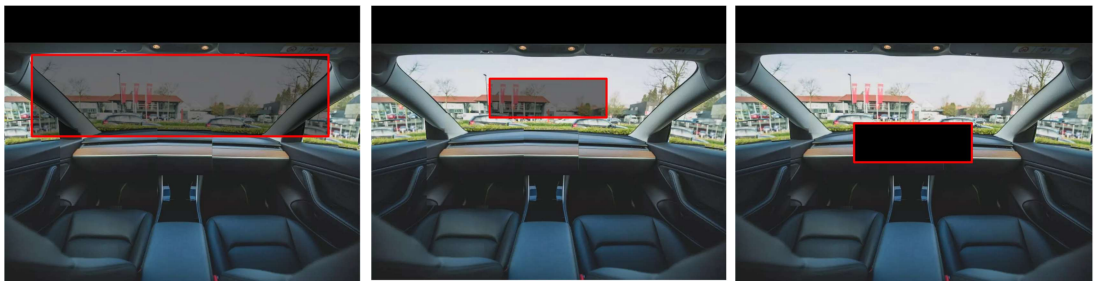

Figure 4. Display prototypes for 'Media Viewing'

반면, '업무' 시에는 '미디어 시청' 시 나타났던 디스플레이 형태와는 다른 형태가 나타났다. '업무'에서는 업무 '효율성'과 '시야 확보'가 중요한 요소로 언급되었다. 업무 효율성을 확보하기 위해 투명 디스플레이보다는 불투명 디스플레이를 요구하는 것으로 나타났다.

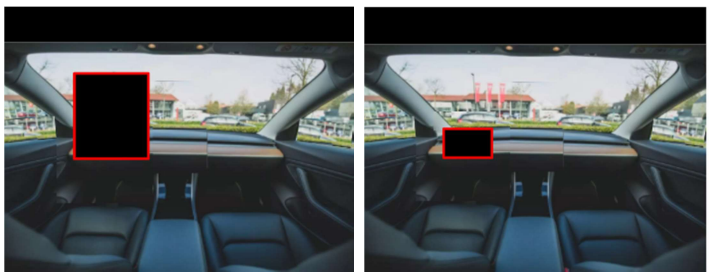

Figure 5. Display prototypes for ' Working'

업무 효율성을 중요시하는 경우, 중형 디스플레이를 통해 업무 효율성을 확보하고자 했다(Figure 5, left). 반면, 시야 확보를 중요시하는 경우, 업무는 소형 사이즈만으로도 충분하다는 의견을 나타냈다(Figure 5, right).

5. Conclusion

본 연구는 완전 자율주행 자동차가 상용화될 경우, 차량 내 탑승자의 다양한 기대 행위를 도출하고, 이를 바탕으로 도입 가능한 디스플레이 기술 및 관련 요구 사항을 탐색하고자 수행되었다. 본 연구의 목적을 달성하기 위해 주 교통수단이 승용차인 성인 남녀와 자율주행 기술 경험자, 관련 전문가를 대상으로 인터뷰를 수행하였다. 인터뷰를 통해 사용자들이 미래 자율주행 환경에서 요구하는 디스플레이 관련 사항들을 수집할 수 있었다. 분석 결과를 바탕으로 도출된 결과는 다음과 같다.

첫째, 자율주행 자동차 내 기대 행위를 인터뷰한 결과, '미디어 시청'과 '업무'가 주요 기대 행위로 나타났다. 기대 행위에 따른 디스플레이 요구 사항을 도출한 결과, '미디어 시청'을 위한 디스플레이와 '업무'를 위한 디스플레이에 대해 공통적으로 '시야 확보'에 대한 요구가 사용자 그룹에 상관없이 강하게 나타났으며, '미디어 시청'을 위한 디스플레이에서는 '몰입감'이, '업무'를 위한 디스플레이에서는 효율적인 업무를 위한 '효율성'이 추가적으로 요구되었다. 이를 통해, 차량 내 기대 행위에 따라 디스플레이 구성에 대해 참가자들의 요구 사항이 다르게 나타난다는 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 기대 행위를 지원하기 위해 자율주행 자동차 내 디스플레이 기술을 인터뷰한 결과, '롤러블' 디스플레이와 '투명' 디스플레이가 주요 디스플레이 기술로 언급되었다. 디스플레이 기술에 따른 요구 사항을 도출한 결과, '롤러블' 디스플레이와 '투명' 디스플레이에서 공통적으로 전방의 '시야 확보'에 대한 요구가 나타났으며, '롤러블' 디스플레이서는 '외관의 깔끔함'이, '투명' 디스플레이에서는 '화면 품질'이 추가적으로 요구되었다.

연구 결과를 통해, 기대 행위와 디스플레이 기술 종류에 관계없이 '시야 확보'에 대한 요구가 매우 크게 나타난다는 것을 확인할 수 있었다. '시야 확보'를 위한 측면에서는 시선 전환 속도가 빠르고, 절차가 간편할 것으로 예상되는 '투명 디스플레이'가 '롤러블 디스플레이'보다 높은 사용 편의성을 가질 것으로 나타나, 요구가 먼저 존재할 것으로 예상된다. 반면, 인터뷰 참가자 특성에 따라서는 발화에 큰 차이가 나타나지 않았다. 이는 본 연구가 현재 상용화되지 않은 자율주행 자동차를 대상으로 진행한 인터뷰이기 때문에, 경험이 아닌 상상에 의해 발화를 도출했다는 점에서 그 한계를 가진 것으로 판단된다. 또한, 운전석을 기준으로만 디스플레이 요구 사항을 분석하였기에, 추후 연구에서는 자율주행 자동차와 유사한 환경을 구축한 후, 다양한 디스플레이 사용 시나리오에서의 실제 활용 행태를 분석한다면 보다 구체적인 차량 내 디스플레이 설계 가이드라인을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 주행 과업이 아닌, 자율주행 환경에서 예상되는 탑승자들의 다양한 기대 행위를 바탕으로, 디스플레이 설계 시 고려해야 할 사용자 요구 사항을 도출하였다. 도출 결과를 바탕으로, 향후 자율주행 자동차 내부의 디스플레이 설계 시, 자율주행 자동차의 활용 목적과 자세한 사용자 조사를 통해 맞춤화 된 디스플레이 설계가 필요하다는 지침을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 나아가, 기대 행위 및 활용 목적에 무관하게 자율주행 자동차 내부의 디스플레이 설계 시 최우선적으로 고려해야 할 사용자 중심 가치에 대해 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgement

This work was supported by the LG Display (C2020005791). This work was financially supported by Korea Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) as「Innovative Talent Education Program for Smart City」.

References

Byton, https://www.byton.com/m-byte

Csikszentmihalyi, M., Flow: The psychology of optimal experience (Vol. 1990). *New York: Harper & Row*, 1990.

Filo, P. and Lubega, I., Design of interior for a self-driving car., Propose a conceptual design from a Body & Trim perspective that can be implemented in future self-driving cars. Master's dissertation. *Department of Product and Production Development, Chalmers University.* Gothenburg, Sweden, 2015.

Frost and Sullivan, HMI for Vehicle Applications - Technology Roadmaps, OEM Strategies, Opportunities and Implications, October 2006.

Gallup Korea, Perception of new automotive technologies - Autonomous driving, Car sharing, Electric vehicle, *GallupReport*, https://www.gallup.co.kr/gallupdb/reportContent. asp?seqNo=910 (retrieved March 15, 2018).

Glaser, B.G., Strauss, A.L. and Strutzel, E., The discovery of grounded theory; strategies for qualitative research. *Nursing Research*, 17(4), 364, 1968.

Griffin, A. and Hauser, J.R., The voice of the customer. *Marketing Science*, 12(1), 1-27, 1993.

Haworth, J., Look inside the futuristic Bentley reveals it could have a virtual reality butler, *The Mirror*, https://www.mirror.co.uk/lifestyle/motoring/look-inside-futuristic-bentley-reveals-7700675 (retrieved 2016. 04. 07).

Hinkes, C., Key aspects to consider when conducting synchronous text-based online focus groups–a research note, *International Journal of Social Research Methodology*, 1-7, 2020.

Holton, J.A., The coding process and its challenges. *The Sage Handbook of Grounded Theory*, 3, 265-289, 2007.

Jaguar Land Rover develops immersive 3D in-car experience with head-up display research, Jaguar Land Rover, Coventry, U.K., 2019. Accessed: Aug. 13, 2020. [Online]. Available: https://media.jaguarlandrover.com/news/2019/08/jaguar-land-rover-develops-immersive-3d-car-experience-head-display-research

Jiang, Q. and Cohen, N.L., Use of Online Focus Groups for Nutrition and Health Studies: The Northeast Regional Research Project Experience. *Topics in Clinical Nutrition*, 35(1), 9-18, 2020.

Kang, K.T., Research in In-Vehicle Display Field. In *Proceedings of ESK Conference*, 249-252, 2009.

Kim, M.J., Yoon, S.H. and Ji, Y.G., Exploring the user experience for autonomous vehicle and the role of windshield display: Based on framework approach. In *Proceedings of HCI Korea* (pp. 321-326), 2016.

Kitzinger, J., Qualitative research: introducing focus groups. *Bmj*, 311(7000), 299-302, 1995.

Kwon, J.Y. and Ju, D.Y., Analysis and classification of in-vehicle activity based on literature study for interior design of fully autonomous vehicle. *Journal of the HCI Society of Korea*, 13(2), 5-20, 2018.

Langan-Fox, J., Sankey, M.J. and Canty, J.M., Human factors measurement for future air traffic control systems. *Human Factors*, 51(5), 595-637, 2009.

Lee, J.I., lim, C.L., Kim, N.E. and Kim, J.W., A study on driver experience for autonomous vehicle using grounded theory approach. In *Proceedings of HCI Korea* (pp. 178-185), 2016.

Lobe, B. and Morgan, D.L., Assessing the effectiveness of video-based interviewing: a systematic comparison of video-conferencing based dyadic interviews and focus groups. *International Journal of Social Research Methodology*, 1-12, 2020.

Lüthje, C. and Herstatt, C., The Lead User method: an outline of empirical findings and issues for future research. *R&D Management*, 34(5), 553-568, 2004.

Mercedes-Benz, The all-new 2022 EQS from Mercedes-EQ. https://www.mbusa.com/en/future-vehicles/eqs-sedan

Moon, H.C., Future Cars, evolve into living space, not just transportation, *JoongAng Daily*, http://news.joins.com/article/21440858 (retrieved 2017. 04. 05).

NAVER, CLOVA Note, https://clovanote.naver.com/home

Park, C.K., The core of future cars is 'display'… The 50-inch monitor is going in, *MoneyS*, https://moneys.mt.co.kr/news/mwView.php?no=2021041613408097862, (retrieved 2021. 04. 17).

Pettersson, I. and Karlsson, I.M., Setting the stage for autonomous cars: a pilot study of future autonomous driving experiences. *IET Intelligent Transport Systems*, 9(7), 694-701, 2015.

Pudāne, B., Rataj, M., Molin, E.J., Mouter, N., van Cranenburgh, S. and Chorus, C.G., How will automated vehicles shape users' daily activities? Insights from focus groups with commuters in the Netherlands. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 71, 222-235, 2019.

Salganik, M.J. and Heckathorn, D.D., "Sampling and Estimation in Hidden Populations Using Respondent-Driven Sampling", *Sociological Methodology*, 34(1), 193-239, doi:10.1111/j.0081-1750.2004.00152.x, 2004.

Sanders, E.B.N. and Stappers, P.J., Co-creation and the new landscapes of design. *Co-Design*, 4(1), 5-18, 2008.

Society of Automotive Engineers (SAE), SAE-J3016: Taxonomy and Definitions for terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles, Sep 2016.

Stevens, G., Bossauer, P., Vonholdt, S. and Pakusch, C., Using Time and Space Efficiently in Driverless Cars: Findings of a Co-Design Study. *In Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-14), 2019.

Sun, H., Jing, P., Zhao, M., Chen, Y., Zhan, F. and Shi, Y., Research on the Mode Choice Intention of the Elderly for Autonomous Vehicles Based on the Extended Ecological Model. *Sustainability*, 12(24), 10661, 2020.

Tak, S.H. and Kang, K.P., Strategies for Smart Transportation System Considering Level of Automated Driving Technology and Infrastructure. *Korea Transport Institute (KOTI) Policy Research Reports*, 1-150, 2019.

Urban, G.L. and Hauser, J.R., Design and Marketing of new Products, second edition, *Prentice Hall*, Englewood Cliffs, NJ, 1993.

Yang, J.W., Evolving Car Display, *Korea Automotive Technology Institute (KATECH) Industry Analysis*, *37*, http://www.katech.re.kr/page/07090450-89fd-4a3f-8373-ee74cbb3e738;jsessionid=EB0EF5CEF1A88A3C1046E07C20C07828?ac=view&post=31d8d47e-d9fb-4e77-b3c0-4299e092ffdc& keyword=&page=1, 2020.

Author listings

Jae Hyun Han: jaehyunhann@yonsei.ac.kr
Highest degree: B.S., Department of Biomedical Engineering, Yonsei University
Position title: M.S. Candidate, Department of Industrial Engineering, Yonsei University
Areas of interest: Human-Machine Interaction, Usability Evaluation, User Experience

Su Ryeon Kim: suryeonn@gmail.com
Highest degree: M.S., Department of Medical Device Industry, Dongguk University
Position title: M.S/Ph.D. Candidate, Department of Industrial Engineering, Yonsei University
Areas of interest: Human-Computer Interaction, Human Factors, UT, Rapport, Health Care

Meen Jong Kim: mjkim67@yonsei.ac.kr
Highest degree: B.S., Department of Industrial Engineering, Yonsei University
Position title: Ph.D. Candidate, Department of Industrial Engineering, Yonsei University
Areas of interest: Human Factors, User Experience

Yong Gu Ji: yongguji@yonsei.ac.kr
Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, Purdue University
Position title: Professor, Department of Industrial Engineering, Yonsei University
Areas of interest: Human-Computer Interaction, Usability, Human Factors