

완전자율주행 차량에서 신뢰 형성을 위한 정보 제공의 중요도와 주행 맥락별 특성

박 세 익¹ · 이 주 환^{2*}

¹서울미디어대학원대학교 융합에술디자인학과 석사과정

²서울미디어대학원대학교 융합에술디자인학과 교수

Importance of In-Vehicle Information and Driving Context Characteristics for Building Trust in Fully Autonomous Vehicles

Seik Park¹ · Ju-Hwan Lee^{2*}

¹Master's Course, Department of Convergence Art&Design, Seoul Media Institute of Technology, Seoul 07590, Korea

²Professor, Department of Convergence Art&Design, Seoul Media Institute of Technology, Seoul 07590, Korea

[요 약]

본 연구는 완전자율주행(Level 5) 차량의 사용자 신뢰 형성을 위한 인터페이스 설계에 필요한 정보 제공 전략을 제안하고자 한다. 자율주행 기술의 발전에도 불구하고, 심리적 신뢰 부족은 상용화의 주요 장애물로 남아 있다. 이를 해결하기 위해 본 연구는 포커스 그룹 인터뷰와 평가설문을 통해 사용자 요구사항을 분석하고, 주행 맥락별로 신뢰 형성에 적합한 정보의 중요도를 평가하였다. 연구 결과, 완전자율주행의 신뢰 형성 단계에 따라 제공되는 정보 유형의 중요도에 차이가 있는 것을 확인하였으며, 개인화된 정보 제공과 직관적인 인터페이스가 신뢰 구축에 핵심적인 역할을 한다는 점을 발견하였다. 본 연구는 사용자 경험(UX) 설계에 있어 신뢰와 시스템 투명성의 관계를 입증하며, 자율주행 기술의 초기 수용성과 사용자 만족도를 높이기 위한 구체적인 설계 가이드라인을 제시한다.

[Abstract]

This study proposes design guidelines for user interfaces and information delivery strategies to foster trust in Level 5 fully autonomous vehicles. Despite technological advancements, psychological trust remains a significant barrier to commercializing autonomous driving technologies. To address this issue, this study employed focus group interviews and surveys to analyze user requirements and evaluate the importance of information in various driving contexts. The findings show that trust levels significantly influence the prioritization and delivery of information, highlighting the importance of personalized content and intuitive interfaces in building trust. By demonstrating the relationship between trust and system transparency, this study provides practical guidelines to enhance user experience (UX) and promote the early adoption of autonomous driving technologies. Further validation through real-world autonomous vehicle testing is recommended to refine these findings and ensure their applicability across diverse user groups and driving conditions.

색인어 : 완전자율주행, 사용자 신뢰, 시스템 투명성, 정보 제공, 사용자 경험(UX)

Keyword : Fully Autonomous Driving, User Trust, System Transparency, Information Delivery, User Experience (UX)

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2025.26.2.421>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 26 December 2024; **Revised** 16 January 2025

Accepted 31 January 2025

***Corresponding Author; Ju-Hwan Lee**

Tel: +82-2-6953-3159

E-mail: jhlee@smit.ac.kr

1. 서론

1-1 연구 배경

자율주행 기술은 지난 몇 년간 급속도로 발전해 왔지만, 현재 자율주행 기술은 대부분 미국자동차기술학회(SAE) 기준 2-3단계에 머물러 있으며, 4단계는 제한된 환경에서 시험 운행 중이다[1]. 3단계는 기술적으로 사용가능했지만 성장 속도가 느렸고, 2단계+ 기술(헨즈오프/아이즈온)이 빠르게 확산되고 있다[2]. BMW는 세계 최초로 2024년 8월부터 2단계와 3단계를 결합해 BMW 7 시리즈에 적용했다[3]. 메르세데스 벤츠는 베이징에서 지정된 도시 도로 및 고속도로에 대한 4단계 자율주행 테스트를 승인 받은 최초의 국제 자동차 제조업체가 되었다[4]. McKinsey의 연구에 따르면, 4단계로 보택시의 상용화는 2030년경, 완전 자율주행 트럭은 2028년에서 2031년 사이에 이루어질 것으로 전망한다[5]. 4단계 자율주행은 제한된 환경에서 시험 운행 중에 있으나, 상용화까지 아직 시간이 필요한 상황이다[6].

위와 같이 자율주행기술 단계의 발전과정에 시간이 필요하지만, 무엇보다 중요한 것은 5단계 완전자율주행의 상용화에는 기술적 수준과 함께 고려해야 하는 완전자율주행 차량이 용자의 심리적 도전과제가 남아 있다는 것이다. 실제로 자율주행자동차의 작동 원리에 대한 대중의 이해가 아직 부족한 실정이다[7]. Matos 등은 자율주행차량의 센서 오류, 인식 시스템의 한계, 그리고 예측 알고리즘의 불완전성 등이 주요 기술적 과제로 지적되고 있다[8]. Ansys의 연구에서는 완전자율주행을 위해 센서 기술의 개선, 인공지능 알고리즘의 고도화, 그리고 다양한 주행 환경에 대한 대응 능력 향상이 필요하다고 지적한다[9]. 하지만 Nastjuk 등은 심리적 장벽이 기술 장벽보다 더 큰 수용의 장애물로 작용한다고 했다[10]. 또한 많은 사람들이 자율주행 기술의 안전성에 우려를 제기하고 있다[7],[11].

신뢰 부족이 5단계 완전자율주행 기술 수용의 주요 장벽으로 작용하고 있다. 완전한 자율성을 도입하기 위한 중요 과제 중 하나는 자동화된 시스템에 대한 고객의 신뢰와 수용이다[12]. 신뢰는 “불확실성과 취약성으로 특징지어지는 상황에서 개인의 목표 달성을 시스템 혹은 에이전트(agent)가 도울 것이라는 태도”로 정의된다[13]. Verberne 등은 자동차의 자동화 기술의 수용성을 고려할 때 신뢰가 가장 중요한 심리적 요인임을 제시했다[14]. 하지만 J.D. Power와 MIT의 2023년 연구에 의하면, 소비자들의 자율주행자동차에 대한 신뢰도가 하락하고 있음이 확인되었다[15]. Walker 등의 연구에 따르면 운전자의 경험, 시스템 오류 및 복구 과정이 신뢰 형성에 중요한 역할을 하지만 실제 자율주행자동차 경험이 부족하여 신뢰 형성이 어렵다[7].

자율주행 기술의 발전과 대중 수용 사이의 간극을 좁히기 위해서는 기술적 개선과 더불어 심리적 장벽을 극복하기 위한 노력이 필요하다. 특히 신뢰 구축을 위한 전략적 접근이

요구되며, 이는 자율주행 기술의 성공적인 상용화와 대중화를 위한 핵심 과제가 될 것이다. 한편 완전자율주행(Level 5) 이전 단계에서의 신뢰 특성을 살펴보면, 자율주행 3단계(Level 3)에서는 시스템이 안전성을 보장해야 하지만 사용자가 특정 상황에서 개입할 수 있어야 하는 특성이 있다. 즉 시스템이 요청할 경우 정상 운전 상태로 몇 초내에 복귀해야 한다. 또한 4단계(Level 4)부터는 출발 및 주차와 같은 일부 상황 외에는 사용자가 직접 개입할 필요 없이 모든 잠재적 위험 스스로 처리해야하기 때문에 높은 신뢰도가 요구된다. 이와 같은 자율주행 단계별 신뢰 특성은 지속적인 증대 특성이 있지만 실제 차량 운행 상황별 차이가 존재한다.

1-2 연구 문제 정의

자율주행자동차 기술의 초기 수용성 저조는 주로 기술의 신뢰성 문제와 밀접하게 연관되어 있다[16]. 사용자들은 신뢰할 수 있다고 판단되는 자동화 시스템에 의존하는 경향이 있으며, 반대로 신뢰성이 낮다고 인식되는 시스템은 거부하는 경향을 보인다. 신뢰와 자동화는 ‘상호의존적 관계’를 가지며 자동화 시스템의 안전하고 효과적인 사용을 위해서는 이 관계가 적절하게 조정되어야 한다[13]. 또한, 자율주행자동차의 안전성과 프라이버시가 보장될수록 신뢰감이 높아지고, 결과적으로 수용성이 높아진다[17].

신뢰 증진을 위해서는 시스템 투명성 확보와 사용자 경험 설계가 필요하다. 그러나 최적의 투명성 수준과 이를 효과적으로 전달하여 운전자의 신뢰를 보정하고 운전 성능을 향상시키는 방법에 대해서는 불확실한 상황이다[18]. 투명성과 설명 가능성은 사용자와 자율 시스템 간의 신뢰 구축에 필수적인 요소인데, 투명성만으로는 시스템의 행동을 완전히 이해하기 어려울 수 있기 때문에 설명 가능성도 중요한 보완 요소이다. 무엇보다도 사용자의 시스템 이해도 향상이 가장 중요한 목표이다. 비전문 사용자들에게는 시스템의 결정과 행동에 대해 간단하고 이해하기 쉬운 고수준의 설명이 효과적인 수 있다. 반면 전문 사용자들에게는 더 상세하고 완전한 정보를 제공하는 투명성이 요구된다. 이러한 설계를 통해 사용자는 시스템에 대한 신뢰를 구축할 수 있다[19].

1-3 연구 목적과 중요성

본 연구는 기술 중심으로 발전하고 있는 자율주행 시장에 사용자 경험의 필요성을 이야기하고자 한다. 이를 통해 완전자율주행 기술의 초기 수용성을 높이기 위한 사용자경험 디자인 가이드라인을 제시하고자 한다. 최근 수년간 자율주행 기술은 급격한 발전을 이루었지만 5단계 완전자율주행의 상용화는 여전히 기술적, 심리적 도전 과제에 직면해있다. 특히 대중의 이해 부족과 안전성에 대한 우려가 주요 장애 요인이 될 것이고, 세부적으로는 시스템에 대한 신뢰 부족이 수용의 핵심적인 장벽이 될 것으로 예상된다. 현재까지는 소비자들의

자율주행자동차에 대한 신뢰도가 지속적으로 하락하는 경향이 있으며, 완전자율주행이 상용화되더라도 초기 수용성은 높지 않을 것으로 예상된다. 그러므로 자율주행 기술의 성공적인 상용화와 대중화를 위해서는 기술 개선뿐만 아니라 심리적 장벽을 극복하기 위한 전략적 접근이 필수적이다.

본 연구는 자율주행 기술 수용 및 UX 디자인 이론에 기여하기 위해 시스템 투명성을 확보하고 사용자 경험 설계를 통해 신뢰를 증진시키는 방안에 초점을 맞추고자 한다. 시스템 투명성이 사용자 신뢰에 미치는 영향을 분석하고 사용자의 신뢰 수준에 따른 최적의 정보와 제공 방식을 파악하고자 한다.

II. 본 론

2-1 문헌 검토

1) 기술 수용 모델(TAM; Technology Acceptance Model)

기술 수용 모델(TAM)은 사용자의 정보 기술 수용 과정을 설명하는 이론적 프레임워크로 Davis에 의해 제안되었다. 이 모델은 인지된 유용성과 인지된 사용 용이성이라는 핵심 요소를 중심으로 구성되어 있다. 인지된 유용성은 특정 시스템 사용이 개인의 업무 성과를 향상시킬 것이라는 개인의 믿음 정도를 의미하며, 인지된 사용 용이성은 시스템 사용에 필요한 노력이 적을 것이라는 개인의 기대 수준을 나타낸다[20]. Choi & Ji는 기술 수용 모델(TAM)에서 신뢰는 인지된 유용성과 행동 의도에 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다[21]. Ghazizadeh 등은 신뢰는 자동화 시스템에 대한 의존과 수용을 결정짓는 중요한 요인이라고 했으며, 운전 보조 시스템의 사용자 수용을 설명하기 위해 신뢰 요소를 고려 사항으로 제시했다[22].

기술 수용 모델(TAM)은 기술 혁신의 수용을 조사하기 위한 신뢰할 수 있는 모델이며, 자율주행 검토에 사용되어 왔다[10]. Panagiotopoulos & Dimitrakopoulos는 자율 차량 사용에 대한 행동 의도를 파악하기 위해 ‘신뢰’ 및 ‘사회적 영향’을 기술 수용 모델(TAM)에 추가하여 모델을 확장했다[23]. 이전 연구에서 자율 주행의 사용자 수용을 연구한 결과, 신뢰가 행동 의도와 긍정적인 상관관계를 가진다는 점을 확인했다[10],[24].

2) 자율주행 자동차의 신뢰 요인

Choi & Ji의 연구는 인지된 유용성과 신뢰가 자율주행자동차의 사용 의도를 결정하는 주요 요인임을 입증했다. 연구 결과에 따르면 시스템 투명성, 기술 역량, 상황 관리가 신뢰에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 시스템 투명성은 사용자가 자율주행자동차의 작동을 예측하고 이해할

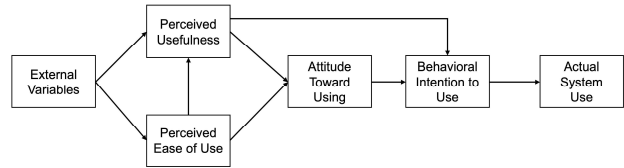


그림 1. 기술 수용 모델 [25]

Fig. 1. Technology acceptance model [25]

수 있는 정도를 의미한다. 기술 역량은 자율주행자동차의 성능에 대한 사용자의 인식을 나타낸다. 상황 관리는 사용자가 필요시 언제든지 차량에 대한 통제권을 회복할 수 있다는 믿음을 의미한다[21].

Choi & Ji는 또한 시스템 작동에 대한 정신적 모델을 이해하면 자율주행자동차에 대한 신뢰도가 높아진다고 주장했다[21]. 정신적 모델이란, Kieras & Bovair가 정의한 바와 같이, 장치의 내부 구조와 프로세스 측면에서 그 작동 방식에 대한 이해를 의미한다. 시스템 운영 투명성을 통해 사용자는 시스템 운영 및 기능에 대한 정확한 정신적 모델을 형성할 수 있다[26].

Montag 등의 연구에 따르면, 기술 역량이 높을수록 해당 기술에 대한 신뢰도가 높아질 수 있다[27]. 특정 기술과 상호 작용하는 과정에서 형성된 신뢰는 해당 기술에 대한 긍정적 태도를 유지하는데 기여할 수 있다[28].

3) 시스템 투명성의 역할

시스템 투명성은 자율주행자동차에 대한 신뢰와 수용도를 향상시킬 수 있는 잠재력을 가진 방법 중 하나이다. 시스템 투명성 정보의 내용과 전달 방식은 고도로 자동화된 차량(HAVs: Highly Automated Vehicles)의 사용자 경험을 결정하는 요소가 될 수 있다[12].

Lee & See의 연구에 의하면 운영자는 알고리즘을 이해할 수 있고 현재 상황에서 운영자의 목표를 달성할 수 있다고 판단될 때 자동화를 신뢰하는 경향이 있다. 자동화의 신뢰에 대한 높은 수준의 기능적 특이성을 개발하려면 자동화의 각 세부 수준에 대한 구체적인 정보가 필요할 수 있다. 그러나 단순히 정보만 제공한다고 해서 적절한 신뢰가 보장되는 것은 아니다. 신뢰 형성의 근간이 되는 인지적 과정에 부합하는 방식으로 제공되어야 한다[13].

Hoff & Bashir는 기술 기능에 대한 투명성이 해당 기술에 대한 신뢰를 위한 확고한 기반을 마련할 수 있다고 보았다[29]. Choi & Ji는 시스템 투명성에 있어서 자율주행 기술의 정확성에 대한 사용자 인식을 향상시키고, 운전자가 자율주행자동차의 작동을 예측하고 이해하는데 도움이 되는 정보를 제공하는 것이 중요하다고 하였다[21].

Nastjuk 등은 시스템 투명성이 자율주행에 대한 신뢰와 긍정적인 연관이 있음을 시사하며, 정확한 자율주행 기술은 자율주행자동차의 작동을 이해하는데 도움을 줌으로써 사용자 경험을 향상시킬 수 있다고 주장한다[10]. Choi & Ji는 시스

템 투명성이 신뢰에 긍정적인 영향을 주는 것을 입증했다 [21]. Taylor 등은 시스템 투명성이 사용자의 인식, 신뢰 및 전반적인 경험을 크게 향상시킬 수 있으며, 효과적인 정보 전달 방식의 필요함을 보여준다. 하지만 지나치게 많은 정보가 제공될 경우, 특히 운전과 같이 시간이 중요한 맥락에서는 성능에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 지적했다. 따라서 정보의 양과 질의 균형 그리고 사용자의 필요에 맞춘 정보 제공의 중요성을 강조했다[18].

최신 자율주행 시스템은 인간과 함께 작동하도록 설계되어 있으며, 사용자가 시스템의 작동 원리와 행동 이유를 이해할 수 있어야 한다. 이러한 이해는 기대치 조정과 신뢰 구축에 중요하다. 투명성은 시스템이 오작동 시 발생할 수 있는 문제를 이해하고, 책임을 분명히 하며, 공공의 안전과 관련된 법적 절차 및 보험과 같은 사항에 대해서도 필요하다. 따라서 투명성은 자율주행자동차 기술에 대한 신뢰를 증진시키는 중요한 요소로 작용한다[19].

시스템 투명성은 자율주행자동차 기술에 대한 사용자의 신뢰를 증진시키는 핵심 요소로 작용하며, 기술의 수용과 성공적인 구현에 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 최적의 정보 제공 방식과 내용을 결정하기 위한 실증적 연구가 될 것이다.

2-2 연구 질문

1) 연구 질문

- RQ1: 완전자율주행 차량의 주행 맥락별로 어떤 정보가 중요한가?
- RQ2: 완전자율주행 신뢰형성 단계에 따라 제공 정보의 중요도에 차이가 있는가?

2-3 연구 내용

1) 정성적 조사 연구 : 포커스 그룹 인터뷰(FGI)

완전자율주행의 사용자 관점에서 주행 맥락별 정보 요구 사항 및 전달 방식을 도출하기 위해 포커스 그룹 인터뷰를 실시하였다. 인터뷰 조사 포인트는 주행 맥락별 필요 정보, 정보 설명의 구체성 그리고 정보 전달 방식이다. 도출된 주행 맥락별 정보 요구사항과 전달 방식은 이후 평가설문 조사에 쓰일 질문으로 발전시켰다.

• 참가자 및 절차

인터뷰 참가자 선별 및 자율주행자동차에 대한 초기 인식과 시스템 투명성에 대한 생각을 파악하기 위해 사전 설문조사를 시행하였다. 총 20문항을 5점 척도, 다중선택방식 그리고 주관식으로 된 혼합 평가 방식을 사용하였다. 온라인으로 2일간 진행되었으며 응답자는 총 38명이었다. 평균 나이는 36.16세이며 운전경력은 평균 8.16년이었다.

응답자들은 첫째, 자율주행자동차에 대한 관심과 지식은 중간 정도이며 이용 의향도 중간 수준이었다. 둘째, 자율주행

표 1. 포커스 그룹 인터뷰 참가자

Table 1. Focus group interview participants

	Sex	Age	Driving Experience (Year)	Autonomous Driving Experience	Autonomous Driving Understanding
P1	M	40	21	Yes	High
P2	F	34	8	Yes	Moderate
P3	M	36	10	No	Very high
P4	M	36	10	Yes	Low
P5	M	33	10	No	Moderate

자동차의 작동방식에 대해 상세히 알고 싶어했다. 셋째, 특히 자율주행자동차의 안전성에 대한 우려가 높게 나타났는데, 이는 자율주행기술에 대한 신뢰도가 아직 충분하지 않음을 말해준다.

총 38명의 응답자 중 운전 경력이 있고 자율주행(부분자율주행 포함)에 대한 관심과 지식 정도 그리고 자율주행관련 기술을 사용한 경험이 다양하게 분포된 표1과 같이 5명이 참가하였다.

포커스 그룹 인터뷰는 온라인으로 총 70분간 진행되었다. 인터뷰 참여 전 참여자들에게 녹화 및 녹음에 대한 동의를 위한 참가동의서 및 보안서약서에 대해 간략히 설명하고 연구 내용과 목적을 설명 후 인터뷰를 진행하였다. 인터뷰는 완전 자율주행라는 상황을 가정하고 진행되었다. 본 인터뷰를 진행

표 2. 포커스 그룹 인터뷰에 이용된 질문들

Table 2. Focus group interview questions

Q1. Before Departure	- What information do you need before you leave? - How much detail should we give them? - What's the easiest way to present information?
Q2. After Departure	- What information do you need before you leave? - How much detail should we give them? - What's the easiest way to present information?
Q3. Driving	- What information do you need before you leave? - How much detail should we give them? - What's the easiest way to present information?
Q4. Before Arrival	- What information do you need before you leave? - How much detail should we give them? - What's the easiest way to present information?
Q5. After Arrival	- What information do you need before you leave? - How much detail should we give them? - What's the easiest way to present information?
Q6. Risky Situations	- What information do you need before you leave? - How much detail should we give them? - What's the easiest way to present information?
Q7	- What is the most important or real-time information that needs to be communicated autonomous driving level 5? - What's the easiest way to present it?
Q8	- What function or services would you like to see add to make the system more transparent?
Q9	- What do you think was the most important takeaway from the discussion and why?
Q10	- Do you have any additional comments you'd like to make?

하기에 앞서 참여자들의 이해를 돕고자 자율주행 단계와 시스템 투명성에 대한 내용을 설명하고 자율주행 관련 영상 두 개를 시청 후 인터뷰를 진행하였다.

인터뷰 내용은 일반적인 주행 맥락(출발 전 - 출발 후 - 주행 중 - 도착 전 - 도착 후)과 사전 설문조사에서 자율주행차 동차의 안전성에 대한 우려가 높게 나타난 것을 고려해 위험 상황을 추가하여 표 2와 같이 총 10가지 질문을 준비하였다. 인터뷰 참가자의 운전 경험을 바탕으로 각 질문마다 필요 정보, 정보 설명의 구체성 그리고 정보 전달 방식을 열린 질문 방식으로 진행하였다.

• 결과 분석 및 의미 해석

인터뷰 분석 결과, 표 3과 같이 정리할 수 있었다. 인터뷰 질문에 사용했던 출발 후 상황의 경우 주행 중 상황과 비슷한 내용의 결과가 나와 최종적으로 삭제했다. 도착 전/후 상황의 경우 답변의 맥락이 비슷하여 하나로 통합했다.

표 3. 포커스 그룹 인터뷰 분석 결과

Table 3. Focus group interview analysis results

Before departure	<ul style="list-style-type: none"> - Emphasise the importance of providing safety information and destination information - Requiring route information - Requests to provide personalised information - Suggest ways to deliver information using all the senses of sight, sound, and touch
Driving	<ul style="list-style-type: none"> - Prefer to provide only the minimum necessary information (road conditions, arrival time, etc.) - Require safety-related information to be prioritised - Prefer to communicate information visually rather than verbally
Before/After arrival	<ul style="list-style-type: none"> - Requires you to provide destination-related information (parking, charging, weather, etc.) - Personalised information offers that align with your schedule - Prefer simple trip summary information
Risky situations	<ul style="list-style-type: none"> - Emphasise quick and concise information delivery - Suggestions for voice, visual, and tactile (vibration) notifications
Material information and system transparency	<ul style="list-style-type: none"> - Arrival time, fuel/charge information is most important to many - Initially, you need a lot of information to understand how the system works - Propose new features such as integration with nearby cars, data sharing, and more

또 다른 분석 결과로는 안전 정보, 주행 정보, 도착 관련 정보라는 3개의 대주제가 도출되었고 12개의 소주제가 도출되었다. 각 정보들을 유형화하여 표 4로 정리하였다.

포커스 그룹 인터뷰를 통해 알 수 있었던 것은 첫째, 안전과 관련된 정보가 최우선으로 제공되어야 하며, 즉각적이고 명확하게 전달되어야 한다. 둘째, 사용자의 선호도와 상황에 맞는 개인화된 정보를 제공해야 한다. 셋째, 정보 설명의 구체성은 맥락에 따라 다르지만 주행 중에는 최소한의 필수 정보만 제공되어야 한다. 넷째, 정보 전달 방식은 주행 맥락에 따

표 4. 포커스 그룹 인터뷰에서 도출된 정보들의 유형화

Table 4. Categorization of information derived from focus group interview

Safety information	Basic safety information	<ul style="list-style-type: none"> - Whether Autonomous Mode is working - Instructions for wearing seat belts - Emergency Procedures
	Vehicle status information	<ul style="list-style-type: none"> - Whether major components such as lidar and tires are functioning normally - Fuel/battery level and charging need
	Risky situation alerts	<ul style="list-style-type: none"> - Crash risk warnings - Alerts to hazards such as sudden braking of surrounding vehicles - Changes in road conditions (construction, accidents, etc.)
Driving information	Route-related information	<ul style="list-style-type: none"> - Estimated time to destination - Current location and progress path - Path change option
	Traffic conditions	<ul style="list-style-type: none"> - Real-time road conditions - Highway tolls - Movement of surrounding vehicles
	Environmental information	<ul style="list-style-type: none"> - Current and destination weather
	Personalisation information	<ul style="list-style-type: none"> - Notification of scheduled schedule after arrival - Destination-related information (e.g. restaurant reservations, company schedules)
Arrival information	In-vehicle environment	<ul style="list-style-type: none"> - Adjustment according to personal preference such as temperature, lighting, etc. - Recommend content that matches your driving time
	Linked services	<ul style="list-style-type: none"> - Integration with IoT devices in the home (e.g. water shortage notification in the home) - Schedule management linked to personal devices
	Parking information	<ul style="list-style-type: none"> - Parking availability around the destination - Parking fee
Arrival information	Charging/ fuelling information	<ul style="list-style-type: none"> - Location of nearby charging/gas stations - Notification of need to charge/refuel
	Destination information	<ul style="list-style-type: none"> - Crowd conditions around the destination - Information on nearby facilities

라 시각, 청각, 촉각 그리고 개인 디바이스와의 연동 등 다양한 정보 전달 방식이 필요하다. 다섯째, 시스템에 대한 신뢰도가 높아질수록 불필요한 정보는 줄이고 필수적인 정보 위주로 제공해야 한다.

인터뷰에서 도출된 사용자 관점에서 주행 맥락별 정보 요구 사항 및 전달 방식을 바탕으로 평가설문 조사에 쓰일 항목을 표5와 같이 구성하였다. 위험 상황의 경우 독립적인 맥락으로 판단되어 본 연구에서는 더 이상 다루지 않기로 하였다. 정보 설명의 구체성의 경우 정보의 필요도가 높을수록 구체성이 높아지기에 평가설문 조사 질문에서 제외하였다.

표 5. 평가설문 조사 항목: 주행맥락 별 제공 정보 리스트
Table 5. Subjective rating items of in-vehicle information

Before departure	Safety Information	<ul style="list-style-type: none"> - Whether autonomous driving mode is in operation and basic information - Seat belt wearing instructions - Guide to emergency action
	Destination and route information	<ul style="list-style-type: none"> - Departure and destination information - Estimated time required - Expected weather information along the route
	Vehicle status information	<ul style="list-style-type: none"> - Check tire pressure - Check fuel/battery level - Check the operation status of the main sensors
	Personal schedule synchronization	<ul style="list-style-type: none"> - Notification of scheduled events after arrival - Destination Information - To-do list linked to your personal device
Driving	Driving status information	<ul style="list-style-type: none"> - Current location and progress - Change route option - Distance and time remaining to destination - Current driving speed
	Traffic and road conditions	<ul style="list-style-type: none"> - Real-time traffic information - Road construction and accident information - Information on surrounding vehicle movements
	Environmental Information	<ul style="list-style-type: none"> - Current and destination weather information
	Vehicle status monitoring	<ul style="list-style-type: none"> - Fuel/battery level and driving range - Tire pressure and temperature - Engine condition
Before arrival	Destination Information	<ul style="list-style-type: none"> - Parking Availability/Location/Fee - Charging/Gas Station Locations - Weather information around your destination - Crowd conditions around destination
	Personal schedule synchronization	<ul style="list-style-type: none"> - Notification of scheduled schedule after arrival - Destination-related information (e.g. restaurant reservations, company schedules) - Schedule management linked to personal devices - IoT device status information at home/work - Information on nearby facilities
	Vehicle Management Information	<ul style="list-style-type: none"> - Things to check after driving - Next regular inspection schedule
After Arrival	Driving Summary	<ul style="list-style-type: none"> - Total distance traveled/time - Fuel usage/efficiency - Safe driving score
	Vehicle Condition Report	<ul style="list-style-type: none"> - Whether there is any abnormality in the main parts - When to next charge/refuel - Whether a software update is needed
	Next Schedule Guide	<ul style="list-style-type: none"> - Next scheduled driving time

2) 정량적 조사 연구 : 평가설문(subjective rating) 조사

다음 단계의 연구과정에서는 앞서 고찰된 기술 수용 모델 (TAM)에 외부 변수로 신뢰를 추가하여 총 3단계로 이루어진 완전자율주행 단계의 심리적 수용 모델을 만들어 각 단계에서 적절한 시스템 투명성 수준 및 정보 전달 방식을 평가 받았다. 포커스 그룹 인터뷰에서 완전자율주행 단계의 주행 맥락별 차량내 필요 정보를 알아보았다면, 평가설문 조사에서는 완전자율주행 차량의 주행맥락별로 필요한 정보의 중요도에 대해서 평가하고자 했다.

포커스 그룹 인터뷰에서 도출된 결과를 기반으로 완전자율주행의 주행 맥락별 중요 정보에 대해서 평가설문 조사의 기틀을 만들었다. 그리고 심리적 수용 모델을 기초로 신뢰 형성 3단계를 만들어 각 단계별 주행 맥락에 따라 사용자들이 중요하게 생각하는 정보와 그 특성을 비교 분석하기 위한 평가를 수행했다.

• 연구 모델 : 완전자율주행의 심리적 수용 모델

본 연구는 아직 경험해 보지 못한 완전자율주행(Level 5) 단계에서의 사용자 경험을 알아보기 위한 연구이다. 그래서 시스템 투명성을 높여 완전자율주행 단계의 신뢰를 높이기 위한 방법을 찾기 위해 기술 수용 모델(TAM)과 자율주행차 동차의 신뢰 그리고 시스템 투명성에 대한 선행 연구들을 종합했다. 그리고 기술 수용 모델(TAM)에 신뢰를 외부 변수로 추가한 기술 수용 모델(TAM)을 채택했다(그림 2). 이는 여러 연구에서 기술 수용 모델에 있어서 신뢰가 중요 외부 변수임을 입증했기 때문이다[10],[21]-[24].

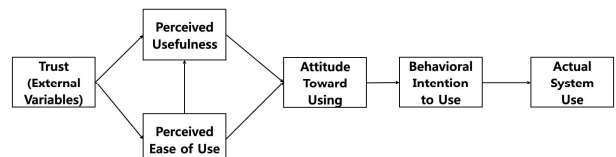


그림 2. 신뢰를 외부 변수로 추가한 기술 수용 모델
Fig. 2. Technology acceptance model with trust added as an external variable

본 연구에서는 신뢰 단계를 측정하기 위해 혁신 수용 곡선(The Innovation-Adoption Curve)를 이용했다. 혁신 수용 곡선은 Everett M. Rogers가 1962년에 제시한 혁신확산이론(Innovation Diffusion Theory)에서 나온 것으로 혁신이 인구 또는 사회 시스템에 어떻게, 왜, 그리고 어떤 속도로 확산되는지 설명하는 방법으로 만든 모델이다[30]. 완전자율주행이라는 혁신적인 기술이 사회에 어떻게 확산될 것인지 예상할 수 있는 모델이다.

이를 활용하여 5단계로 이루어진(Innovators-Early Adopters-Early Majority-Late Majority-Laggards) 모델을 연구목적에 따라 완전자율주행 차량내 제공정보의 중요도가 다르게 평가될 수 있는 3단계(그림 3)로 구분하였다.

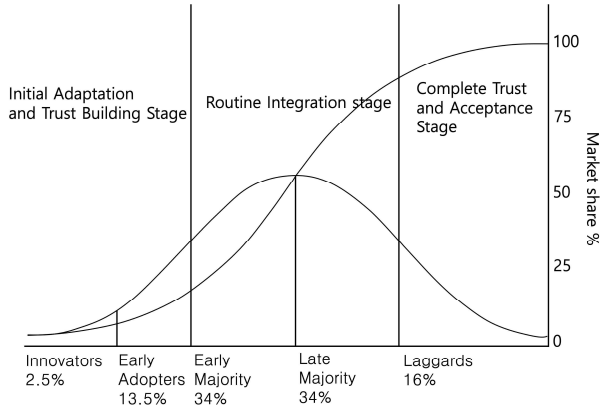


그림 3. 완전자율주행 신뢰특성의 연구 모델
Fig. 3. Research model of trust in level 5 autonomous driving

1단계는 초기 적응 및 신뢰 구축 단계(Stage1: Initial Adaptation and Trust Building stage)이다. 이 단계에서는 얼리 어답터와 같은 소수의 사람만이 차량을 구매하거나 이용한다. 처음에는 시스템에 대한 불안감이 존재해서 지속적으로 주행 상황을 모니터링하고 언제든 운전할 수 있도록 마음의 준비를 하고 있는 상태이다. 하지만 운행을 할수록 편안함을 느끼게 되어 운행 중에 간단한 게임을 즐기는 등 가벼운 활동을 할 수 있는 단계이다.

2단계는 일상 통합 단계(Stage2: Routine Integration stage)이다. 이 단계에서는 대부분의 사람들이 완전자율주행 자동차를 소유하거나 이용하고 있다. 운행 중에는 다양한 콘텐츠를 즐기고 필요하다면 개인 업무도 수행한다. 가끔 발생하는 사고와 같은 특별한 상황에서만 주행에 주의를 기울이는 단계이다.

3단계는 완전 적응 및 수용 단계(Stage3: Complete Trust and Acceptance stage)로 거의 모든 사람들이 완전자율주행자동차를 소유하거나 이용한다. 시스템에 대한 신뢰가 완벽하게 자리 잡았으며, 완전자율주행을 새로운 라이프 스타일로 완벽히 통합되었다. 차량을 교통수단이 아닌 생활 혹은 작업 공간으로 인식하는 단계이며 수동 운전에 대해서 불편함을 가지게 된다. 완전자율주행으로 인한 사회적 변화를 자연스럽게 수용하는 단계이다.

표 6. 연구 모델과 기술 수용 모델의 결합
Table 6. Combining research model and TAM model

	Stage 1	Stage 2	Stage 3
Perceived Usefulness	Low	Moderate	High
Perceived Ease of Use	Early adaptation	Moderate	Fully adapted
Attitude Toward Using	Negative	Moderate	Positive
Behavioral Intention to Use	Limited use	Moderate	Full use
Trust	Low	Moderate	High

완전자율주행의 심리적 수용 모델은 완전자율주행의 초기부터 마지막까지 사용자의 심리를 단계적으로 반영해 줄 수 있을 것이다. 앞서 3단계로 구분한 연구 모델에 기술 수용 모델(TAM)을 결합하여 표 6과 같이 표현하였다.

• 참가자 및 절차

평가설문(subjective rating) 조사는 온라인 평가 방식으로 진행하였으며, 국내 거주 중인 41명(남성 31명, 여성 10명, 평균 연령은 37.1세)이 참여하였다. 그 중 운전 면허 소지자는 39명, 평균 운전 경력은 10.1년이었다.

완전자율주행 차량의 심리적 수용 모델을 바탕으로 총 3단계로 나누어 주행 맥락별 질문을 구성하여 평가를 진행하였다. 평가 질문은 주행 맥락별 정보의 중요도를 선택하는 5점 척도(5 point scale)와 정보 제공 방식에 대한 다중 선택 항목(multiple choice), 그리고 추가 의견에 대해 자유롭게 의견을 작성하는 방식으로 이루어졌다. 본격적인 평가 설문에 앞서 완전자율주행 단계에 대한 참여자의 이해를 돕기 위해 간단한 설명과 참여자가 완전자율주행 자동차에 탑승했다는 가정과 각 단계별 상황 설정 등에 대한 안내 등 평가 설문의 유의 사항에 대해 공지하였다.

각 단계마다 표 7과 같이 상황 설정을 하여 참여자가 상황에 몰입할 수 있게 하였다. 1단계는 초기 적응 및 신뢰 구축 단계로 이제 막 시장에 출시된 완전자율주행 자동차에 탑승하고 참여자가 얼리어답터임을 가정하고 평가를 진행하였다. 2단계는 일상 통합 단계로 이전보다 업그레이드 된 완전자율주행 자동차에 탑승하고 대부분의 사람들이 소유하거나 이용하고 있다는 가정하에 평가를 진행하였다. 3단계는 완전 신뢰 및 수용 단계로 완전한 자율주행자동차에 탑승하고 있으며,

표 7. 평가설문 시 제공된 신뢰 단계에 대한 상황 설정
Table 7. Trust stage setting for subjective rating

Stage 1	<ul style="list-style-type: none"> - Only used by some people including early adopters - Begin building basic trust in the system and increase trust - There is initial high alertness and anxiety, but as trust increases, anxiety decreases and comfort increases. - Monitor the initial continuous driving situation and prepare for intervention, but as confidence increases, try simple additional activities
Stage 2	<ul style="list-style-type: none"> - Most people own or use it - Accepting fully autonomous driving as a means of everyday transportation - Perform various activities in the vehicle - Pay attention to driving only in special circumstances
Stage 3	<ul style="list-style-type: none"> - Fully autonomous cars, owned or used by almost everyone - Building complete confidence in the system - Fully integrating fully autonomous driving into a new lifestyle - Sleep or complete relaxation while driving - Recognize vehicles as living/working spaces rather than transportation - Developing discomfort or aversion to manual driving - Naturally accepting social changes brought about by fully autonomous driving

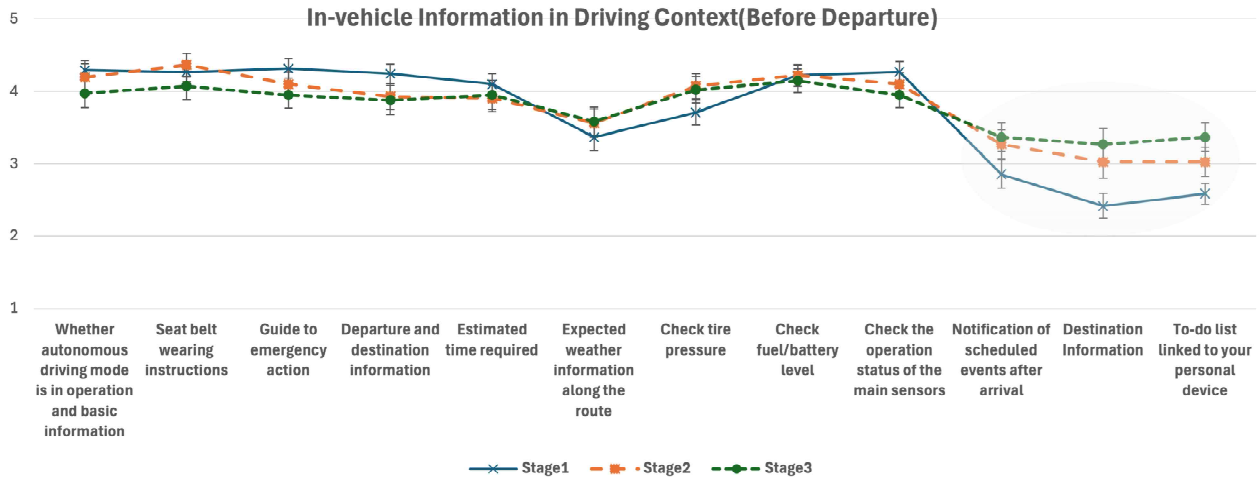


그림 4. 출발 전 주행맥락에서 완전자율주행 차량내 제공 정보 및 신뢰단계 별 중요도 점수 비교 분석 결과
 Fig. 4. The interaction effects on the importance score for in-vehicle information in before departure driving context of level5 autonomous driving and trust stages

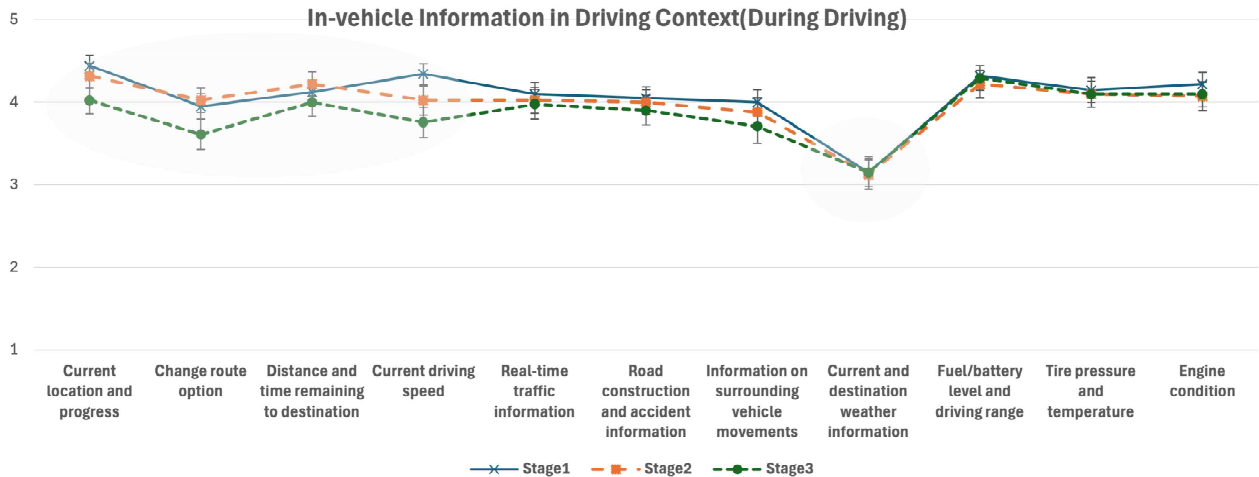


그림 5. 주행 중 주행맥락에서 완전자율주행 차량내 제공 정보 및 신뢰단계 별 중요도 점수 비교 분석 결과
 Fig. 5. The interaction effects on the importance score for in-vehicle information in during driving context of level5 autonomous driving and trust stages

거의 모든 사람들이 소유하거나 이용하고 있다는 가정하에 평가를 진행하였다.

• 결과 분석 및 의미 해석

통계적 분석 결과, 출발 전(before departure) 정보 12가지에 대한 차이는 유의미하게 나타났다($F(11,440)=22.714, p<.001$). 출발 전 정보에서는 ‘안전 관련 정보’가 평균 4.17 점으로 중요하게 나타났다(그림4). 세부적으로는 ‘자율주행 모드 작동 여부 및 기본 정보’, ‘안전벨트 착용 안내’ 그리고 ‘연료/배터리 잔량 확인’이 중요한 정보로 나타났다. 반대로 중요도가 낮게 나타난 정보 유형은 ‘개인 일정 연동’으로 그 중에서 ‘목적지 관련 정보’와 ‘개인 디바이스와의 연동된 할 일 목록’이 중요도(평균 2.95점)가 낮게 나타났다.

이러한 결과는 통계적 분석에서도 상호작용 효과의 유의미성으로 나타났다($F(22,880)=5.466, p<.001$). 신뢰 단계가 높아질수록 안전 관련 정보와 출발지와 목적지 정보 단계의 중요도가 낮게 나타나는데, 이는 신뢰할수록 안전에 대한 믿음이 커지기 때문으로 해석된다. 특히, 개인 일정 연동 정보들의 경우 신뢰 단계가 높아질수록 중요도가 올라가는데, 이는 자율주행에 대한 신뢰가 높을수록 차량 여정에 대한 사용자의 목적이 중요하다고 볼 수 있다.

출발 전에서는 1단계에서는 안전 관련 정보와 차량 점검 상태 정보를 강조하여 완전자율주행자동차에 대한 신뢰감을 형성시킨다. 신뢰 단계가 높아질수록 개인 일정 연동 정보들에 대한 기능을 추가하여 사용자의 편의성과 신뢰감을 높일 수 있다.

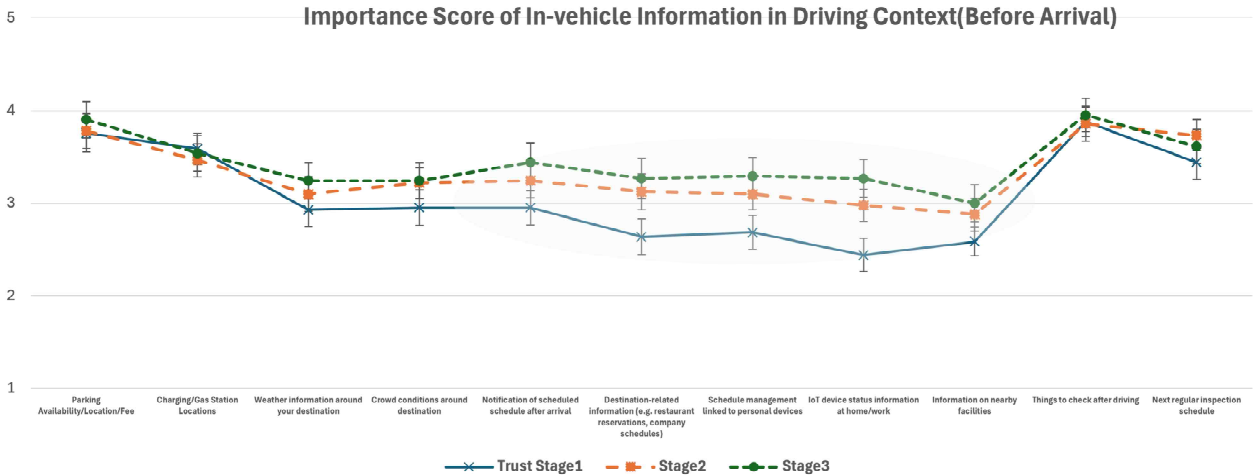


그림 6. 도착 전 주행맥락에서 완전자율주행 차량내 제공 정보 및 신뢰단계 별 중요도 점수 비교 분석 결과
 Fig. 6. The interaction effects on the importance score for in-vehicle information in before arrival driving context of level5 autonomous driving and trust stages

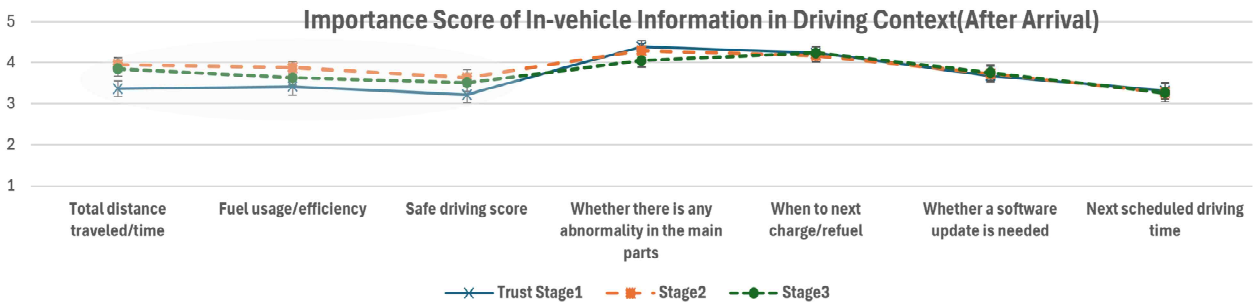


그림 7. 도착 후 주행맥락에서 완전자율주행 차량내 제공 정보 및 신뢰단계 별 중요도 점수 비교 분석 결과
 Fig. 7. The interaction effects on the importance score for in-vehicle information in after arrival driving context of level5 autonomous driving and trust stages

주행 중(during driving) 제공 정보 11가지에서 신뢰 단계 별 정보 중요도 분석 결과에서 통계적 차이가 유의미하게 나타났다(정보유형 주효과: $F(10,400)=13.785, p<.001$; 신뢰 단계 주효과: $F(2,80)=3.805, p=.026$; 상호작용 효과: $F(20,800)=1.670, p=.033$). 주행 중 제공 정보에서는 ‘현재 위치 및 진행 경로’, ‘목적지까지 남은 거리 및 시간’, 그리고 ‘연료/배터리 잔량 및 주행 가능 거리’가 중요한 정보(평균 4.22점)로 나타났다. 특히 주행 중 맥락에서는 차량 상태 모니터링 관련 정보들의 중요도(평균 4.17점)가 높았다. 이는 주행 중에 사용자의 목적지와 실시간 차량 상태에 대한 정보가 필요하다고 해석할 수 있다.

신뢰 단계가 높아질수록 주행 상태 관련 정보와 교통 및 도로 상황 관련 정보의 중요도가 떨어졌다. 그중에서도 현재 주행 속도 정보가 점점 크게 떨어졌다. 이는 자율주행자동차에 대한 신뢰가 높아짐에 따라 차량 스스로 처리할 수 있다는 믿음이 있다고 여겨진다. 그에 반해, 환경정보에 대한 중요도는 신뢰 단계와 상관없이 그 중요도가 높지 않았다. 주행 중 필요시에만 확인하는 정보이기 때문으로 해석할 수 있다.

주행 중에는 현재 위치 및 진행 경로, 목적지까지 남은 거리 및 시간 그리고 연료/배터리 잔량 및 주행 가능 거리 정보를 실시간으로 제공하고 환경 정보는 사용자가 필요할 때 확인 할 수 있게 제공 가능하다.

도착 전(before arrival) 정보 11가지에서 신뢰 단계별 정보 중요도 분석 결과에서 통계적 차이가 유의미하게 나타났다(정보유형 주효과: $F(10,400)=15.390, p<.001$; 신뢰단계 주효과: $F(2,80)=5.232, p=.007$; 상호작용 효과: $F(20,800)=2.501, p<.001$). 도착 전 제공 정보에서는 ‘주차 가능 여부/위치/요금’ 정보와 ‘주행 후 점검 사항’ 정보의 중요도(평균 3.85점)가 높게 나왔다. 전체적으로 차량 관리 관련 정보의 중요도(평균 3.74점)가 높게 나왔다. 한편 ‘개인 일정 연동’ 관련 정보들은 신뢰 단계가 높아질수록 중요도가 높게 나타났다(1단계 2.68점, 2단계 3.10점, 3단계 3.29점). ‘목적지 주변 날씨 정보’와 ‘주변 편의시설 정보’의 중요도(평균 2.96점)가 낮게 나타났다. 이는 도착 후 사용자에게 실질적으로 필요한 정보들이 중요한 것으로 나타난 것으로 이해 된다. 출발 전 상황과 마찬가지로 개인 일정 연동 관련 정보

들은 자율주행차에 대한 신뢰가 높아질수록 차량 여정의 목적이 중요해진다는 것을 알 수 있다.

차량이 도착하기 전 주차 관련 정보와 점검 사항 정보를 사용자에게 바로 제공하도록 하고 신뢰단계가 높아질수록 개인 일정과 관련된 정보를 사용자에게 제공하는 것이 가능하다.

도착 후(after arrival) 정보 7가지에서 신뢰 단계별 정보 중요도 분석 결과에서 통계적 차이가 유의미하게 나타났다(정보유형 주효과: $F(6,240)=13.434, p<.001$; 상호작용 효과: $F(12,480)=3.413, p<.001$).

도착 후 주행맥락에서는 ‘주요 부품 이상 유무’와 ‘다음 충전/주유 필요 시점’ 정보가 중요한 정보(평균 4.23점)로 나타났다. ‘주요 부품 이상 정보’의 경우 신뢰 단계가 높아질수록 중요도가 오히려 낮게 나타났다(1단계 4.39점, 2단계 4.29점, 3단계 4.05점). 이는 자율주행 기술이 완벽해질수록 자율주행자동차 스스로가 제어할 수 있다는 믿음이 생길 수 있다고 이해된다.

반면, 주행 요약 관련 정보들의 경우, 2단계(일상 통합 단계, 평균 3.82점), 3단계(완전 신뢰 및 수용 단계, 평균 3.67점), 1단계(초기 적응 단계 및 신뢰 구축 단계, 평균 3.33점) 순서로 중요도가 높게 나타났다. 도착 후에는 과거나 현재의 정보보다는 미래의 정보가 중요했지만, 운전이 점점 신경 쓰지 않게 되었을 때, 현재의 정보를 도착 후에 제공받기 위함이라고 여겨진다.

도착 후에는 주요 부품 이상 유무와 다음 충전/주유 필요 시점을 중심으로 사용자에게 제공하되, 신뢰단계가 높아질수록 주요 부품 이상 정보의 중요성을 점차 낮춰간다. 반대로 주행 요약 관련 정보들은 신뢰단계가 높아질수록 사용자에게 비중 있게 제공하는데 도착 후라는 맥락 특성상 차량에서 바로 제공 받기 보다는 개인 디바이스와의 연동을 통해서 정보를 제공 받을 수 있게 하는 방법이 제안된다.

III. 결 론

본 연구 결과 분석을 통해 완전자율주행 차량의 사용자 인터페이스 설계와 정보 제공의 가이드라인을 제공할 수 있다. 특히 완전자율주행 차량의 주행맥락 측면에서 출발 전과 도착 전 정보에서 신뢰도에 따른 중요도 차이가 가장 뚜렷하다. 안전과 직접적으로 관련된 정보가 전반적으로 높은 중요도를 보인다. 날씨 정보나 개인 일정과 같은 부가적인 정보는 상대적으로 낮은 중요도를 보이지만, 신뢰 수준이 높아질수록 중요도가 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 자율주행자동차를 신뢰할수록 개인의 삶에 조금 더 초점을 맞춘다고 볼 수 있을 것이다.

한편 본 연구는 미실현된 미래 기술에 대한 연구과정에서 필연적인 몇 가지 한계점을 가진다. 자율주행차량 경험이 없는 응답자들의 가상 시나리오에 대한 의견과 평가 방식을 사

용했기 때문에 응답자가 완전자율주행 차량을 실제로 사용했을 때와의 차이가 어느정도 발생할 수 있다. 또한 응답자의 개인적 특성(운전 경험, 기술 친숙도 등)과 정보 선호도 간의 관계 특성이 어떤 영향을 미칠 수 있을지 확인할 수 없다는 점도 있다.

위와 같은 측면에서 본 연구의 추후 연구 방향으로는 심리적 신뢰 형성 3단계가 아니라 더 세분화된 단계로 구분하여 정밀한 분석이 필요할 것이다. 또한 다양한 인구통계학적 특성에 따른 정보의 중요도 차이를 분석하는 시도가 필요할 것이다. 이를 통해 더 개인화된 정보를 제공할 수 있는 미래 자동차 환경에 적합한 연구로 발전시킬 수 있을 것이다.

또한 가능하다면 실제 자율주행차량을 이용하거나 시뮬레이터를 이용한 실험을 통해 본 연구 결과를 추가 검증하고, 실제 상황에서의 정보 간 중요도와 유용성을 평가할 필요가 있다. 더 나아가서는 긴급 상황, 악천후, 장거리 주행 등 다양한 상황과 조건들에서의 정보 요구사항을 세부적으로 분석하는 연구가 필요하다. 이는 상황에 따른 최적의 정보를 제공하는데 도움이 될 것이다.

이러한 과정을 통해 본 연구는 완전자율주행의 신뢰성 향상을 위한 UX 설계 가이드라인을 제시하고, 자율주행 기술의 초기 수용성과 사용자 경험 향상에 기여하는 가치를 지니고자 한다.

참고문헌

- [1] E. Shi, T. M. Gasser, A. Seeck, and R. Auerswald, "The Principles of Operation Framework: A Comprehensive Classification Concept for Automated Driving Functions," *SAE International Journal of Connected and Automated Vehicles*, Vol. 3, No. 1, pp. 27-37, February 2020. <https://doi.org/10.4271/12-03-01-0003>
- [2] IDTechEx. The Autonomous Car Industry in 2024: Three Key Takeaways [Internet]. Available: <https://www.idtechex.com/en/research-article/the-autonomous-car-industry-in-2024-three-key-takeaways/32114>.
- [3] BMW Group. BMW Combines Levels 2 and 3 in Automated Driving [Internet]. Available: <https://www.bmwgroup.com/en/news/general/2024/automated-driving.html>.
- [4] Mercedes-Benz Group. Testing of Level 4 Automated Driving in Beijing [Internet]. Available: <https://group.mercedes-benz.com/innovations/product-innovation/autonomous-driving/level-4-beijing.html>.
- [5] McKinsey. Autonomous Vehicles Moving Forward: Perspectives from Industry Leaders [Internet]. Available: <https://www.mckinsey.com/features/mckinsey-center-for-future-mobility/our-insights/autonomous-vehicles-moving-forward-perspectives-from-industry-leaders>.

- [6] DIGITIMES. The Current State and Future of Autonomous Driving Technology [Internet]. Available: <https://www.digitimes.com/news/a20231121PR201/autonomous-driving-av-tesla-waymo.html>.
- [7] F. Walker, Y. Forster, S. Hergeth, J. Kraus, W. Payre, P. Wintersberger, and M. Martens, "Trust in Automated Vehicles: Constructs, Psychological Processes, and Assessment," *Frontiers in Psychology*, Vol. 14, 1279271, November 2023. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1279271>
- [8] F. Matos, J. Bernardino, J. Durães, and J. Cunha, "A Survey on Sensor Failures in Autonomous Vehicles: Challenges and Solutions," *Sensors*, Vol. 24, No. 16, 5108, August 2024. <https://doi.org/10.3390/s24165108>
- [9] Ansys. Top 3 Challenges to Produce Level 5 Autonomous Vehicles [Internet]. Available: <https://www.ansys.com/blog/challenges-level-5-autonomous-vehicles>.
- [10] I. Nastjuk, B. Herrenkind, M. Marrone, A. B. Brendel, and L. M. Kolbe, "What Drives the Acceptance of Autonomous Driving? An Investigation of Acceptance Factors from an End-User's Perspective," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 161, 120319, December 2020. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120319>
- [11] H. Tan, J. Liu, C. Chen, X. Zhao, J. Yang, and C. Tang, "Knowledge as a Key Determinant of Public Support for Autonomous Vehicles," *Scientific Reports*, Vol. 14, No. 1, 2156, January 2024. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52103-6>
- [12] L. Oliveira, C. Burns, J. Luton, S. Iyer, and S. Birrell, "The Influence of System Transparency on Trust: Evaluating Interfaces in a Highly Automated Vehicle," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 72, pp. 280-296, July 2020. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.06.001>
- [13] J. D. Lee and K. A. See, "Trust in Automation: Designing for Appropriate Reliance," *Human Factors*, Vol. 46, No. 1, pp. 50-80, 2004. https://doi.org/10.1518/hfes.46.1.50_30392
- [14] F. M. F. Verberne, J. Ham, and C. J. H. Midden, "Trust in Smart Systems: Sharing Driving Goals and Giving Information to Increase Trustworthiness and Acceptability of Smart Systems in Cars," *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, Vol. 54, No. 5, pp. 799-810, October 2012. <https://doi.org/10.1177/0018720812443825>
- [15] Automotive News. Consumers Losing Trust in Self-Driving Vehicles, J.D. Power Says [Internet]. Available: <https://www.autonews.com/mobility-report-newsletter/consumers-losing-trust-self-driving-vehicles-jd-power-says/>.
- [16] K. F. Hurst and N. D. Sintov, "Trusting Autonomous Vehicles as Moral Agents Improves Related Policy Support," *Frontiers in Psychology*, Vol. 13, 976023, October 2022. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.976023>
- [17] M. H. Park, M. W. Kwon, C. Y. Kim, and K. Nah, "A Study on the Influencing Factors on the Acceptance Intention of Autonomous Vehicles Level 4-5," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 23, No. 9, pp. 1219-1228, September 2020. <https://doi.org/10.9717/kmms.2020.23.9.1219>
- [18] S. Taylor, M. Wang, and M. Jeon, "Reliable and Transparent In-Vehicle Agents Lead to Higher Behavioral Trust in Conditionally Automated Driving Systems," *Frontiers in Psychology*, Vol. 14, 1121622, May 2023. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1121622>
- [19] IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), IEEE Standard for Transparency of Autonomous Systems, Author, New York: NY, IEEE Std 7001-2021, March 2022. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2022.9726144>
- [20] F. D. Davis, "Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology," *MIS Quarterly*, Vol. 13, No. 3, pp. 319-340, September 1989. <https://doi.org/10.2307/249008>
- [21] J. K. Choi and Y. G. Ji, "Investigating the Importance of Trust on Adopting an Autonomous Vehicle," *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 31, No. 10, pp. 692-702, 2015. <https://doi.org/10.1080/10447318.2015.1070549>
- [22] M. Ghazizadeh, Y. Peng, J. D. Lee, and L. N. Boyle, "Augmenting the Technology Acceptance Model with Trust: Commercial Drivers' Attitudes towards Monitoring and Feedback," *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, Vol. 56, No. 1, pp. 2286-2290, October 2012. <https://doi.org/10.1177/1071181312561481>
- [23] I. Panagiotopoulos and G. Dimitrakopoulos, "An Empirical Investigation on Consumers' Intentions Towards Autonomous Driving," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 95, pp. 773-784, October 2018. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.08.013>
- [24] Z. Xu, K. Zhang, H. Min, Z. Wang, X. Zhao, and P. Liu, "What Drives People to Accept Automated Vehicles? Findings from a Field Experiment," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 95, pp. 320-334, October 2018. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.07.024>
- [25] F. D. Davis, R. P. Bagozzi, and P. R. Warshaw, "User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of

Two Theoretical Models,” *Management Science*, Vol. 35, No. 8, pp. 982-1003, August 1989. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>

- [26] D. E. Kieras and S. Bovair, “The Role of a Mental Model in Learning to Operate a Device,” *Cognitive Science*, Vol. 8, No. 3, pp. 255-273, July-September 1984. [https://doi.org/10.1016/S0364-0213\(84\)80003-8](https://doi.org/10.1016/S0364-0213(84)80003-8)
- [27] C. Montag, J. Kraus, M. Baumann, and D. Rozgonjuk, “The Propensity to Trust in (Automated) Technology Mediates the Links between Technology Self-Efficacy and Fear and Acceptance of Artificial Intelligence,” *Computers in Human Behavior Reports*, Vol. 11, 100315, August 2023. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2023.100315>
- [28] S.-J., Moon, “The Impact of AI Self-Efficacy, AI Anxiety, and AI Trust on Attitude and Acceptance Intentions Toward Generative AI,” *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 25, No. 11, pp. 3319-3327, November 2024. <http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2024.25.11.3319>
- [29] K. A. Hoff and M. Bashir, “Trust in Automation: Integrating Empirical Evidence on Factors That Influence Trust,” *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, Vol. 57, No. 3, pp. 407-434, May 2015. <https://doi.org/10.1177/0018720814547570>
- [30] High Tech Strategies. The Innovation-Adoption Curve [Internet]. Available: <https://www.hightechstrategies.com/innovation-adoption-curve/#:~:text=Rogers%20diffusion%20model%2C%20as%20represented,majority%2C%20late%20majority%20and%20laggards.>



박세익 (Seik Park)

2015년 : 울산대학교 (문학사(스페인·중남미학) 학사)
2024년 : 서울미디어대학원대학교(융합 예술디자인학과 석사과정)

2019년~현 재: ㈜한빛소프트 UI개발
2022년~현 재: 서울미디어대학원대학교(SMIT)
뉴미디어학부 융합예술디자인학과
HCI&디자인전공 석사과정

※ 관심분야 : 인간-컴퓨터 상호작용(HCI), 사용자 경험 디자인(User Experience Design), 자율주행(Autonomous Driving) 등



이주환 (Ju-Hwan Lee)

2003년 : 연세대학교 대학원 (인지공학, HCI 석사)
2007년 : 연세대학교 대학원 (인지공학, HCI 박사)

2000년~2007년: 연세대학교 인지과학연구소 연구원/전문연구원
2007년~2009년: 영국 옥스퍼드대학교 Crossmodal Research Lab 박사후연구원
2009년~2010년: 성균관대학교 인터랙션사이언스학과 연구교수
2010년~현 재: 서울미디어대학원대학교(SMIT)
뉴미디어학부 융합예술디자인학과 교수
※ 관심분야 : 다중감각 사용자 인터페이스(Multisensory User Interfaces), 인간-컴퓨터 상호작용(HCI), 가상 & 증강현실 인터랙션(VR & AR Interaction) 등