

LV4/4+ 자율주행 자동차 대중교통의 돌발상황에 대한 사용자 별 인지체계 연구

김영윤*, 이혁수**

A Study on the Recognition Structure by Different Stakeholder within the Unexpected Situation of LV4/4+ Autonomous Vehicle in Public Transportation

Young-Yun Kim*, Hyuk-Soo Lee**

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 22AMDP-C161756-02)

요 약

자율주행 자동차 대중교통은 자율주행 시 차량과 승객, 외부 도로의 상황, 그리고 보행자 간의 상호작용이 필요하다. 특히, 자율주행 차량과 비자율 주행차량이 공존하는 도로에서는 각 상황에 따라 서비스 별 이해관계자의 요구와 해석이 달리 상충하여 사고의 위험이 높아 질 수 있는데 이를 시각적으로 조정하기 위하여 내,외부에 HMI를 설치하고, 사용자 별 인지체계에 따른 서비스를 각각 제공 하여 서비스의 우선순위를 결정하도록 유도하는 것이 본 연구의 궁극적 목표이다. 본 연구는 자율주행 자동차 대중교통 주행 중 생길 수 있는 돌발 상황에 대처할 수 있는 HMI 개발을 위하여 차량과 그에 영향을 미치는 발생 요인(Inflencing factors)들을 도출하고 돌발상황 별 사용자간의 인지체계 연구를 위한 데이터 수집 및 이를 기반한 항목별 영향연구로 돌발상황의 카테고리를 도출하고 다양한 시나리오에 정보체계 공유 방법을 제안하였다.

Abstract

Autonomous vehicle public transportation requires interaction between vehicles, passengers, external roads, and pedestrians during autonomous driving. In particular, on roads where autonomous and non-autonomous vehicles coexist, the risk of accidents may increase due to conflicting needs and interpretations of stakeholders for each service. The ultimate goal of this study is to install HMI inside and outside and provide services according to the user's cognitive system. In order to develop HMI that can cope with unexpected situations during public transportation of self-driving cars, this study collected data for the study of cognitive systems between users of unexpected situations and proposed a method of sharing information systems in various scenarios.

Keywords

autonomous vehicle, human machine interface, user display, stake holder, external HMI, internal HMI, pedestrians

* 국립한국교통대학교 산업디자인전공 교수
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1459-4650>

** 국립한국교통대학교 산업디자인전공 교수(교신저자)
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9179-5029>

· Received: Nov. 24, 2022, Revised: Dec. 20, 2022, Accepted: Dec. 23, 2022

· Corresponding Author : Hyuk-Soo Lee

Dept of Industrial Design, Korea National University of Transportation, Korea
Tel: +82-43-841-5736, Email: hsoo@ut.ac.kr

I. 서론

본 연구의 목적은 자율주행 자동차 대중교통(레벨4/4+)의 하위제어 플랫폼 추진 전략에서 자율주행 자동차가 잠재적으로 내재하고 있는 다양한 위험요소로부터 커넥트카(Connected car)가 보유한 다양한 network 기술과 A.I 기술을 이용하여 주변 환경 및 이해관계자들과 소통하여 위험요소를 eHMI 및 iHMI를 이용하여 감소시키는 데 있다. 즉, 자율주행 자동차 대중교통(레벨4/4+)은 운전자가 그동안 행하여 왔던 ‘소통’ 중심의 운전에서 데이터화 된 솔루션 기반의 운전으로 전환하는데 문제점이 야기되는 바 이를 HMI를 이용하여 운전자의 소통을 적극적으로 대응하게 한다.

HMI를 설계하기 위하여 UX 디자인 방법론에 따른 이해관계자 분석과 이를 기반한 각 돌발 상황별 기능 정의를 내·외부의 HMI Display를 통해 전달하여 자율주행 자동차가 주행하는 데 있어 탑승객과 주변 자동차 및 보행자의 안전까지 고려한다.

시각 인지 분야 6편, GUI 연구 5편, HMI 연구 2편, 자율주행 차량 연구 2편, 그 외 관련 분야 논문 13편, 총 28개의 선행 연구 조사 결과 본 연구에서 진행하고자 하는 내용의 연구 사례는 찾아볼 수 없었다.

II. 본론

2.1 HMI 개념

본 연구에서 HMI(Automotive HMI) 개념은 인간과 자동차와의 상호작용이라고 정의하는데, 이는 자동차에서 운전자가 자동차의 정보나 상태를 파악하기 위해 탑재되는 자동차용 인간-기계 접속 장치이며, 자율주행 중에는 자율주행 자동차뿐 아니라 승객, 외부 도로의 상황, 그리고 보행자 간의 상호작용이 필요하다. 이를 디자인적 접근으로 풀어내기 위해 다양한 유형의 HMI(Human Machine Interface)를 사용한다. 자율주행 자동차와 보행자 사이의 소통을 위해 차체에 LED 장치를 표시할 수 있으며, 자율주행 자동차에 영향을 미치는 발생 요인

(Influencing factor)를 통해 HMI를 하나의 도식으로 이해할 수 있다. 이러한 프레임워크는 인터페이스와 같은 상호작용 관계를 이해하는 데 도움을 줄 수 있으며, 연구 및 산업에서 활용할 수 있다.

2.1.1 상호요인(Influencing factors)

시나리오 상황 단위에서 생각할 수 있는 자율주행 자동차와 사람 간의 상호작용에 영향을 줄 수 있는 요인을 의미한다[1].

2.1.2 고정적 인프라 구조(Static infrastructure)

특정 시나리오에서 시간이 흘러도 바뀌지 않는 것들을 의미하며, 그 예로 도로의 유형(속도 제한, 생김새)을 포함해 도로의 입구와 출구, 자율주행 자동차의 센서와 승객을 위한 표지판을 의미한다. 특히 어린이 노약자를 포함해 취약한 도로 사용자(VRU, Vulnerable Road Users)를 위한 요소들도 포함한다.



그림 1. 디자인 안에서 HMI의 역할 예시
Fig. 1. Example of HMI role in design

위의 그림 1을 예시로 들어보자면, 자율주행 자동차에 승객이 탑승하려 정차했을 때, 표시되는 HMI는 반대 차선에서 오는 자동차나 사람, 외부의 다양한 대상들에게 자동차 정차 여부, 승객 탑승 등의 정보를 전달한다.

2.1.3 자동화 시스템(Automation system)

자동화 단계가 높아질수록, (Functional scope가

넓어질수록) 정통적인 시각에서의 운전자의 역할은 능동적인 조작자에서 수동적인 감시자(부분 자율운전), 나아가서 탑승객(높은 수준의 자율주행 상태에서)로 바뀌게 되며 특정 수준의 작동 도메인을 갖추게 된다(ODD, Operational Design Domain). 즉, AV의 자동화 수준에 따라 승객에게 제공되는 정보의 양과 타입이 변화된다.

2.1.4 주행대상별 인터페이스(Addresses)

자율주행 자동차의 커뮤니케이션에서 대상 중 dynamic element로 일반적으로 운전석에 앉은 승객(조작 가능한 영역이 많은)이 그 대상이 되어 누구와 소통 하나에 따라서 적합한 인터페이스로 바뀌어야 하는데, 성격이나, 성별, 나이, 운전 경험, 운전 스타일, 단기적인 집중력이 커뮤니케이션 과정에서 영향을 끼칠 수 있다.

2.2 대중교통에서의 HMI 필요성

앞선 요소들을 활용하여, 자율주행 자동차의 인터페이스들이 환경과 영향을 통해 디자인에 고려해야 할 것은 3가지가 있다.

첫 번째, 내부 디스플레이 정보에 대한 선택 문제(Concurrency for Space in the interior)이다. 자율주행 자동차가 어느 정도 레벨에 따라 주행을 하고 있는지에 맞춰 디스플레이에 정보를 표시하는 전략이 달라져야 하는데, 예를 들어, 완전 자율주행으로 차가 움직이는 경우 에어컨이나 조명 조작, 혹은 오디오 및 영화 콘텐츠가 디스플레이에 주로 표기되고 운전과 관련한 정보는 상대적으로 덜 강조 될 수 있다. 반대로, 운전자가 직접 운전하고 있는 상황에는 네비게이션이나 운전 조작에 관한 기능에 직접적으로 바로 접근할 수 있어야 하는데, 이는 정보를 표시할 수 있는 영역의 한계 때문으로, 자율주행 시스템의 특징에 따라 한정된 인터페이스를 어떻게 활용할지 고려해야 한다[2].

두 번째, 타당성에 관한 문제(Feasibility)로써, 예를 들어, 자동차가 도로의 방해물 때문에 더 이상 전진할 수 없을 경우 eHMI는 자동차 외부의 정보를 수집하거나 상호작용함으로써 문제를 해결할 수

있으며, dHMI의 기능을 대체할 수 있다.

세 번째, 일관성(Consistency)으로, 자율주행 자동차가 갖춘 aHMI, iHMI, vHMI, eHMI 사이의 전체적인 시스템 통합이 필요하고 그 일관성이 유지되어야 한다. 이는 자동차 인터페이스가 지시하는 것과 표기하는 정보가 서로 모순되지 않도록 주의해야 한다.

2.3 HMI 사용자 경험 연구 방법

STEP 01/Pre-Study	Understanding HMI on LV4/4+
<ul style="list-style-type: none"> ■ The use case of 'LV4/4' self-driving cars was derived ■ Current trend analysis of eHMI / iHMI ■ Deriving visual cognitive priorities and investigating cognitive methods 	
STEP 02/Derive Scenario	Set hypothesis by use case
<ul style="list-style-type: none"> ■ Establish hypotheses for stone room situations <ul style="list-style-type: none"> - derive 3 different stakeholders ■ Message Strength Study for each eHMI / iHMI ■ A Study on the Visual System of Messages by Risk Level 	
STEP 03/Video Ethnography	Risk Analysis
<ul style="list-style-type: none"> ■ A Hypothesis-Based Video Study on Unexpected Situations ■ Extraction of risk factors from SNS / video shooting (in-school) / previous research data ■ Extract about 800 risk factors using matrix theorem 	
STEP 04/Scenario Categorizing	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Create Scenarios by Derived Risk Factors ■ Conduct categorization of each hazard ■ Mark by same message 	
STEP 05/HMI Message Mapping	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Classify derived messages by user <ul style="list-style-type: none"> -passenger / pedestrian / another driver ■ Derive message priority ■ Perform visualization tasks 	

그림 2. 본 프로젝트 연구 방법 요약
Fig. 2. Summary of research methodology

○ [STEP1 Pre-study]을 통해 HMI에 대한 부분들을 서론에 정의하였으며, 자율주행 자동차 대중교통에 사용되고, 있는 고도 자동화 기술과 외·내부 구조를 분석하여 HMI 디스플레이에 대한 운행 중 다양한 변수를 분석 후 상황에 따른 디자인 및 개발 범위를 설정하였다.

○ [STEP2 Scenario 도출]을 통해 보행자, 외부 운전자, 탑승객을 자율주행 자동차의 이해관계자로 지정하여 이해관계자별 시나리오의 가설을 설정하였다. 상황별 HMI의 정보를 작성하여 시나리오에 대한 솔루션 메시지 set를 구성하여 본 연구에 맞춰 교내 자율주행 자동차가 운행 시 이해관계자(보행자, 외부 운전자, 탑승객 등)와 각 상황에 맞는 그래픽 제작을 준비하였다.

○ [STEP3 Video ethnography]는 기존 자율주행 자동차 및 일반자동차에서 발생하는 다양한 위험요소를 step2에서 도출된 가설을 기반하여 비디오 분석을 실시, 이로 마련되는 위험요소에서 이해관계자들의 대응과 인지체계를 연구하였다.

○ [STEP4 Scenario 카테고리이징]은 도출된 Use case 별 도출된 위험요소에 대한 카테고리이징을 실시한 것으로 이는 향후 메시지를 시각화하는데 우선순위를 결정하는 기준이 된다.

○ [STEP5 메시지 카테고리이징]은 메시지의 방대함을 최소화하여 동일한 메시지를 찾아냄과 동시에 각 사용자별 우선순위와 위험정도를 변별하여 메시지를 시각화하는 작업이다.

III. HMI 적용 시나리오 돌출

본 논문의 HMI 적용 시나리오는 자율주행 자동차에서 eHMI(exterior HMI)와 iHMI(interior HMI)를 사용한 것을 가정하여 자율주행 자동차 이해관계자를 보행자, 외부 운전자 탑승객 순으로 이슈들을 정리하였다.

표 1. 자율주행 자동차의 돌발 상황 정리
Table 1. Summary of unexpected traffic accidents in autonomous vehicles

Phase	Category	Index	Content
A	collision	1	Self-driving cars collide with outside cars
			An external car collides with an autonomous cars
			multiple collisions
		2	Self-driving cars collide with people
		3	Self-driving cars collide with bicycles
		4	Self-driving cars collide with kickboards
		5	Collision with other objects such as telephone poles, trees, signs, etc
6	a collision with an animal		
7	a car crash ahead of the front		

B	sudden stop	1	External cars appear
		2	the sudden appearance of people such as jaywalking
		3	Bicycle appears
		4	Kickboard appears
		5	Electric poles, trees, signs, and other objects appear and suddenly stop
		6	the appearance of animals
		7	a fuel shortage
		8	Damage to the car due to external influences
		9	a high-risk car failure
		10	a collision
		11	Internal passenger crime (passenger report, sudden stop button)
		12	Occupant emergency(sudden stop button
		13	a fire inside a car
C	break down	1	a flat tire
		2	a fire inside a car
		3	Data sensor failure/damage
		4	Camera sensor failure/damage
		5	Lidar failure/damage
		6	engine freezing
		7	vandalism inside the car
		8	Air conditioning & heater failure
		9	Low battery inside car
		10	a rain spring inside a car
		11	Wheels spinning(mud, ice, snow)

이슈들을 정리하면서 자율주행 시 발생하는 상황의 유형을 일반 상황, 돌발 상황, 내부 환경, 외부 환경으로 구분할 수 있었으며, 가장 중요하게 다뤄야 하는 돌발 상황에 초점을 맞추어 상황별 정리를 했다. 돌발 상황을 일으킬 수 있는 대상별 우선순위 분류를 위한 대상의 범위는 외부 자동차, 보행자, 자전거, 킥보드, 오토바이, 동물, 자율주행 자동차의 고장, 기타 기물 등이 있다. 무생물보다는 생물을 더 높은 우선순위로 선정하였고 더 큰 사고가 날 수도 있는 대상을 우선순위로 선정하였다. 이를 통해 돌발 상황을 일으킬 수 있는 대상별 우선순위는 보행자, 자율주행 자동차의 고장, 킥보드, 오토바이, 동물, 외부 자동차, 기타 기물 순으로 우선순위를 선정하였다.

IV. HMI 메시지 셋

본 논문에서 기존 자율주행 자동차 및 일반 자동차에서 발생하는 위험요소를 기반으로 비디오 분석을 실시하여 위험요소에서 이해관계자들의 대응과 인지 체계를 연번, 유형, 상황, 인지대상, 관련성, 시나리오, 비고, 타입, 문구, 시간, 아이콘 순으로 그림 3과 같이 작성하였다.

NO.	Type	External Environment		
Situation				
Sinkhole on road ahead of self-driving vehicle upon discovery				
Interested parties				
	scenario	note		
	type	phrase + display time		
14	pedestrian	Sinkhole found through sensor > Sinkhole Warning Notice to External Display > Change Self-Driving Vehicle Warning	Communication of information	싱크홀 주의 +
	an outside driver	Sinkhole found through sensor > Sinkhole warning to external display > Notification of change of path due to sinkhole to external display	Change Path + Communication of information	Until you pass the obstacle
	passenger			

NO.	Type	Unexpected Situation		
Situation				
Bicycle occupants appear in front of self-driving vehicles				
Interested parties				
	scenario	note		
	type	phrase + display time		
34	pedestrian	Bicycle Riders Found > Vehicle quick braking > Display warning statements on external display, warning lamp	Communication of information	장애물 발견 + Until you pass the obstacle
	an outside driver	Not Applicable		
	passenger	Bicycle Riders Found > Vehicle quick braking > Quick braking guidance to internal display, warning tone	Stop Guide + Communication of information	장애물 발견 + Hold for 3 seconds

NO.	Type	Unexpected Situation		
Situation				
When a vehicle in front of an autonomous vehicle stops suddenly				
Interested parties				
	scenario	note		
	type	phrase + display time		
42	pedestrian	Not Applicable		
	an outside driver	Sudden stop to the leading vehicle > Sudden braking of a vehicle > Warning statement displayed on external display, warning tone	Target rear driving vehicle + Stop Guide + Communication of information	장애물 발견 + Hold for 3 seconds
	passenger	Sudden stop to the leading vehicle > Sudden braking of a vehicle > Quick braking guidance on internal display, warning tone		

Video analysis based on risks arising from existing self-driving cars and ordinary cars is performed to derive a total of 830 situation scenarios

그림 3. 상황별 메시지 내용
Fig 3. Expanding the contextual message content

설정된 일반 상황, 돌발 상황, 내부 환경, 외부 환경 순으로 그림 4와 같이 양식을 만들어 상황별 메시지 set를 작성하였다[3]. 상황 유형, 상황 시나리오, 이해관계자, 이해관계자별 정보 특성, 디스플레이 표시 내용, 디스플레이 표시 시간순으로 구성하였으며, 상황 유형, 시나리오는 이해관계자별 정보 특성을 고려하여 작성하였다[4]. 이해관계자는 인도에 있는 보행자, 자율주행 자동차와 같이 도로에 있는 외부 운전자, 자율주행 자동차에 탑승하고 있는 탑승객으로 구분하였으며, 이해관계자마다 각기 다른 디스플레이 표시 방식을 사용하게 된다[5].

이를 통해 돌발상황을 총 830여개의 상황 시나리오를 도출하였다. 각 Use case 별 상황 시나리오에서의 사용자별로 메시지 set를 정리하게 되면 각각의 User Journey에서 공통 메시지 set이 도출되었는데 이를 주의, 경고, 위험의 순으로 메시지의 종류를 구분할 수 있는 템플레이트를 개발하였다.

이를 기반으로 각 이해관계자별 정보 특성에 맞게 정보를 구분하게 되면 위의 그림 5와 같이 정보 전달, 정차안내, 서행안내, 경로변경, 정차 후 운행의 주행 중 정보와 단말기에서 나타나는 운행 이외의 정보로 구분 가능하다. 즉, 위의 연구로 돌발상황의 개수와 관계없이 각각의 메시지는 돌발상황의 종류에 따라 우선순위를 달리하며 최종 정보의 종류를 조합을 통해 완성하는 것을 알 수 있다[6]. 결론적으로 메시지는 동일 돌발상황에서 사용자 별 메시지의 내용과 정보의 수위가 변경되지만 위의 카테고리 안에서 정보의 조합을 통해 유기적인 형태로 구현된다.

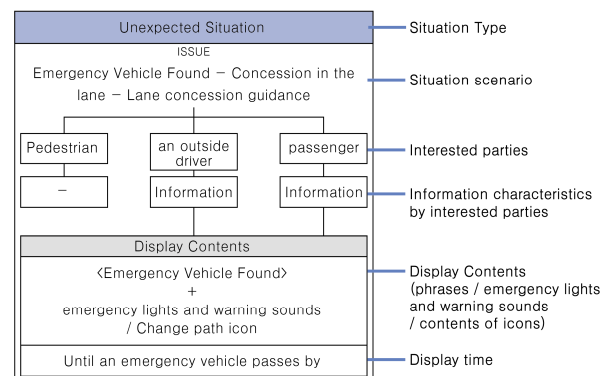


그림 4. 상황별 메시지 양식 예시
Fig 4. Example of contextual messages form

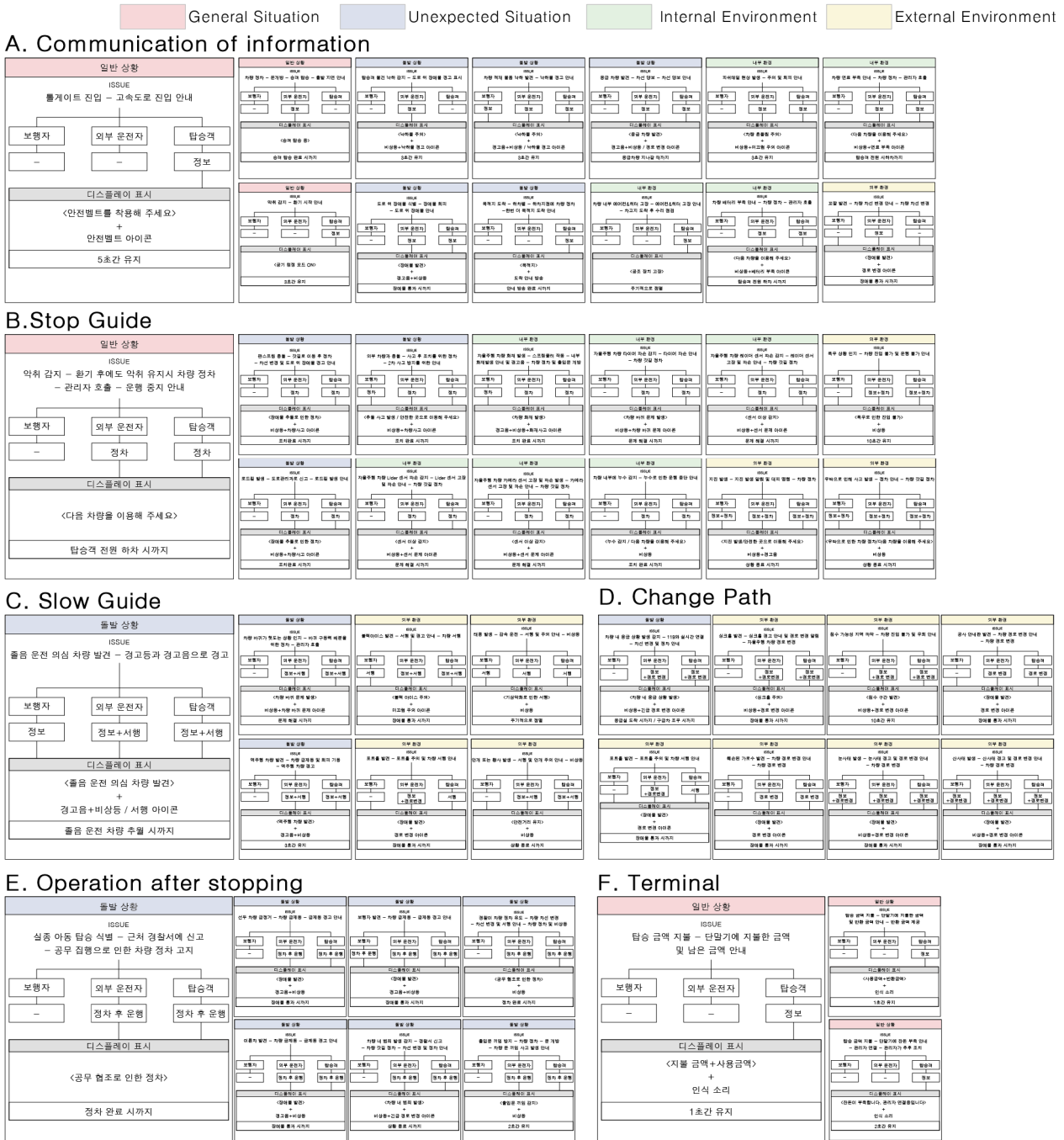


그림 5. 상황별 메시지 set

Fig. 5. Contextual message set

V. 결론

본 연구를 통해 자율주행 대중교통 HMI의 일반적인 이해와 필요성을 서술하였으며, 유형별 상황에 대한 이해관계자 시나리오 기반으로 유형 별 시나리오에 대한 우선순위를 구분하는 템플레이트를 작성하였다. 이를 바탕으로 실제 디스플레이에 구현이

능한 메시지 Set를 향후 구현예정이다. 본 연구에서 제안한 메시지 Set 알고리즘으로 확장된 Service use case의 시나리오를 도출하여 자율주행, 보행자, 비자율주행 차량 및 서비스 인프라에 이르는 서비스의 우선순위를 결정하고 특히 향후에는 습관, 환경, 관습을 적용하여 서비스 우선순위에 가중치를 부여하는 연구가 필요하다.

References

- [1] K. Bengler, M. Rettenmaier, N Fritz, and A Feierle, "From HMI to HMIs: Towards an HMI Framework for Automated Driving", Chair of Ergonomics, Technical University of Munich, Vol. 11, No. 2, pp. 61, Jan. 2020. <https://doi.org/10.3390/info11020061>.
- [2] S. H. Park and H. R. Kim, "Interface Design Guideline for Digital Information Cluster of Intelligent Vehicle", Korea Digital Design Council, pp. 247-251, Apr. 2007.
- [3] H. H. Choi and H. G. Kim, "Web Interface Design Considering User With Low Product Understanding", Dept. of Computer Science, Inha Technical College, pp. 45, Jul. 2017.
- [4] D. E. Shin, "Analysis of Optimized Ratio of Display on behalf of Human's Optical Range", Korea Digital Design Council, pp. 579-581, Oct. 2011.
- [5] S. K. No, "A Study on Consumer Response according to Types of HMI GUI Designs - focused on Telematics Devices", HONGIK UNIVERSITY, pp. 4-43, Jun. 2009.
- [6] H. S. Yang and K. D. Kang, "Development of HMI/GUI for Hyundai and Kia Motors Infotainment system", Academic Conference of the HCI Society of HCI, pp. 166-171, Feb. 2008.
- [7] Alexandros Rouchitsas and Hakan Alm, "External Human-Machine Interfaces for Autonomous Vehicle-to-Pedestrian Communication: A Review of Empirical Work", Lulea Univsersiry of Technology, Humans and Technology Division, pp 2-10, Dec. 2019. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02757>.
- [8] Im Y. JUNG, "A Study on The Dangers and Their Countermeasures of Autonomous Vehicle", The Journal of the Korea Contents Association, Vol. 20, No. 6, pp. 90-98, Jun. 2020. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2020.20.06.090>.

저자소개

김 영 윤 (Young-Yun Kim)



2013년 : University of Salford (Ph.D)
2004년 : 국민대학교 산업디자인 (디자인학 석사)
2020년 ~ 현재 : 국립한국교통대학교 산업디자인전공 교수
관심분야 : UX/UI 서비스 디자인, 사용자 경험 디자인

이 혁 수 (Hyuk-Soo Lee)



2006년 : 건국대학교 대학원 산업디자인학과 박사과정 수료
2002년 : 홍익대학교 산업미술대학원(디자인학 석사)
2007년 ~ 현재 : 국립한국교통대학교 산업디자인전공 교수
관심분야 : 제품디자인, UX/UI 서비스 디자인