

시선 추적을 통한 자율주행차 외부 표시장치의 효과적인 설치 위치에 관한 연구

하 연 화^{*1)} · 권 수 민¹⁾ · 최 승 환¹⁾ · 고 세 민¹⁾ · 이 정 기¹⁾ · 이 상 화²⁾ · 장 정 야³⁾

한국교통안전공단 자동차안전연구원¹⁾ · 목원대학교 산학협력단²⁾ · 아주대학교 TOD기반 도시교통연구센터³⁾

A Study on the Efficient Placement of External Display for Autonomous Vehicles Using Gaze Tracking

Yeonhwa Ha^{*1)} · Soomin Kwon¹⁾ · Seunghwan Choi¹⁾ · Semin Ko¹⁾ · Jungki Lee¹⁾ · Sanghwa Lee²⁾ · Jeongah Jang³⁾

¹⁾Korea Automobile Testing & Research Institute, Korea Transportation Safety Authority,
200 Samjon-ro Songsan-myeon, Hwaseong-si, Gyeonggi 18247, Korea

²⁾Industry Academic Cooperation Foundation, Mokwon University, Daejeon 35349, Korea

³⁾TOD-based Sustainable City Transportation Research Center, Ajou University, Gyeonggi 16499, Korea
(Received 27 October 2023 / Revised 13 November 2023 / Accepted 28 November 2023)

Abstract : Traffic accidents cause numerous casualties and losses every year. With the commercialization of autonomous vehicles, there is a strong emphasis on improving traffic safety. Autonomous vehicles can reduce accident rates by replacing the role of human drivers, which is expected to change the interaction between drivers and road users. Therefore, effective interaction tools between autonomous vehicles and road users are needed to adapt to these changes. In this study, we analyzed road users' gaze concentration based on the installation location and distance of external displays on autonomous vehicles. The experimental results confirmed that road users' gaze is higher at the lower part of the vehicle. Particularly, when the external display is installed at the bottom, gaze concentration is higher compared to installation at the top. Therefore, selecting the lower part as the installation location for external displays for V2H communication in autonomous vehicles is expected to contribute to enhancing road safety.

Key words : V2H(차량대도로이용자의 의사소통), eHMI(인간-기계 인터페이스), External display(외부표시장치), Autonomous vehicle(자율주행차), Placement(설치위치), Gaze tracking(시선 추적)

1. 서 론

1.1 연구 배경

교통사고분석시스템(TAAS)을 활용하여 최근 5년(2018-2022) 동안 국내에서 발생한 사고유형별 교통사고 빈도를 살펴보았다. Fig. 1에서 알 수 있듯이 차 대사람(Vehicle to Human) 사고는 전체 사고의 약 19%를 차지하며 차 대차 사고 다음으로 많이 발생한다. 이러한 현상에서 자율주행차는 운전자에 의한 변수를 줄여주기 때문에 사고 발생률을 낮추어 교통 안전성 향상에 기여할 수 있다.¹⁾

국토교통부에서 발표한 모빌리티 혁신 로드맵(2022.09)에 따라, 2023년 말에는 Lv.3 자율주행차를 상용화(제작

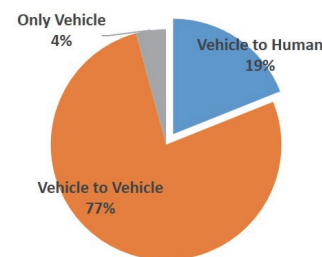


Fig. 1 Occurrence frequency by accident type(2018-2022)

· 판매 · 운행 가능)할 예정이며 2027년에는 Lv.4 자율주행차의 상용화를 목표로 하고 있는 만큼, 자율주행차의 상용화가 적극적으로 추진되고 있다. 자율주행차가 본격

*Corresponding author, E-mail: lotus95@kotsa.or.kr

¹⁾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.

적으로 실 도로에 등장하게 되면, 기존에 운전자와 도로 이용자가 사용하는 의사소통 방식인 눈 맞춤, 손짓과 같은 상호작용이 점차 사라지면서, 도로이용자가 자율주행차의 의도를 유추하지 못하는 새로운 문제가 발생할 수 있다.¹⁾ 이러한 변화에 대응하여 도로이용자와 자율주행차의 상호작용 수단으로, 특정 상황에서 자율주행차의 외부 인터페이스를 활용한 시각적 커뮤니케이션 기술에 대해 많은 연구자들이 필요성을 인지하고 있다.²⁾

자율주행차가 필요한 상황에 적절한 eHMI(external Human-Machine Interface)를 구현하는 시스템이 V2H (Vehicle to Human) 커뮤니케이션 시스템이다. V2H 커뮤니케이션이란, 자율주행차와 도로이용자의 의사소통을 의미한다.³⁾ 현재 비자율주행차와 도로이용자의 커뮤니케이션 수단으로 사용되고 있는 경적, 눈 맞춤 등을 자율주행차는 V2H 커뮤니케이션 기술을 통해 도로이용자에게 차량의 의도를 전달한다.

eHMI는 차량의 의도를 도로이용자에게 전달하여 자율주행차와 도로이용자 간의 상호작용 효율성을 향상시킬 수 있다. 암묵적 의사소통의 부족을 보상하기 위해서는 명시적 의사소통이 권장되며, 특히 모호하거나 규제되지 않은 병목 현상 시나리오에서 필요하다.¹⁾

선행 연구⁴⁾에서는 자율주행차가 멈추지 않음(Flashing yellow), 멈추는 중(Blue light movement from top to bottom), 기다리는 중(Slowly fading blue), 운행 시작(Bell sound, flashing yellow light)의 차량 의도를 eHMI로 표출하도록 설계하였다. 이때, 도로이용자가 느끼는 안전성 및 편안함 수준은 eHMI가 없는 경우에 비해 eHMI가 있는 경우가 더욱 높게 나타났다.

다른 선행연구⁵⁾에서는 경고(빨간색의 무표정 얼굴, 속도 증가 아이콘 등)와 양보(초록색의 웃는 표정 얼굴, 속도 감소 아이콘 등) 개념의 eHMI를 통해 도로이용자가 횡단할 때 나타나는 행동을 분석했다. 그 결과, eHMI를 사용한 그룹에서 횡단 의사 결정 시간이 훨씬 짧고 충돌이 적었다는 결론을 얻었다.

1.2 연구 목적

V2H 커뮤니케이션을 실현하기 위해서는 차량 외부 표시장치에서 상황에 적절한 eHMI를 표출하는 시스템이 갖춰져야 하며 궁극적으로 도로이용자가 그것을 인지하고 안전한 교통 환경을 누릴 수 있어야 한다.

현재 eHMI의 심볼 및 패턴 유형에 따른 보행자의 이해도나 eHMI가 보행자의 횡단에 미치는 영향 등에 관한 연구가 이루어지고 있다.⁶⁻⁸⁾ eHMI의 설계공간에 관한 연구에서는 eHMI의 설치위치를 전면, 측면, 지붕 등으로 분류⁹⁾하고 있으나, 물리적 eHMI 표출 장치의 설치

위치에 따른 연구는 부족한 상황이다.

현 도로에서 정보나 광고 표출 목적의 장치로 택시 표시등과 버스 목적지 표시등을 적용하고 있다. 이는 제작자가 아닌 소비자가 장착하는 구조로 차체를 훼손하지 않는 위치인 택시 상단부, 기존 목적지 표시위치에 설치하고 있다. 자율주행차 외부 표시장치의 경우, 제작 당시부터 장착할 수 있기 차체 훼손에 대한 고려는 불필요하다는 차이점이 있다.

본 연구에서 시선추적 기술을 활용하여 자율주행차를 마주하였을 때 eHMI 장치를 효과적으로 인지할 수 있는 시선 영역을 도출하고, 해당 연구를 기반으로 외부 표시장치의 효과적인 설치 위치를 도출하고자 한다.

1.3 연구 개요

자율주행차가 도로에 혼재되어있는 상황에서 도로이용자가 횡단 의사를 결정하기 위해서는 운전자가 아닌 자율주행차와의 의사소통이 필요하다. 그러므로 차량이 자율주행 중이라고 판단하기 위해서는 차량을 관찰하여 정보를 얻어야 하는 상황이 발생하게 되며, 이 때 도로이용자의 시선이 차량의 어느 위치에 주로 고정되는지를 시선 점유율에 대한 실험을 통해 연구하고자 한다. 본 연구 결과를 바탕으로 자율주행차 외부 표시장치의 효과적인 설치 위치를 도출하였다.

2. 연구 방법

2.1 참가자

참가자는 총 57명으로 모두 시력 1.0 이상(Herman Snellen 차트에 따른 정상시력 기준)으로 모집하였다. 남성 28명(49.1 %), 여성 29명(50.9 %)이며, 연령별로는 20대 9명(15.8 %), 30대 16명(28.1 %), 40대 12명(21.1 %), 50대 10명(17.5 %), 60대 9명(15.8 %), 70대 1명(1.8 %)이다.

2.2 실험 설계

보행자는 신호등이 작동하지 않는 횡단보도 앞에서 횡단을 위해 몸이 건너편을 향하도록 대기하고 있고, 고개를 좌측으로 회전하여 차량을 바라보는 형태로 실험을 진행하였다. 다만 날씨, 도로 위의 예측할 수 없는 변수 등을 차단하기 위해 실내에서 진행하였다.

차량이 전방 20 m, 10 m에서 도로이용자에게 접근하는 장면(Fig. 2 참고)을 각각 사진 촬영하여 43인치 Full HD 해상도의 디스플레이에 3초 동안 표출한다. 이를 참가자가 0.6 m 떨어진 곳에서 관찰한다(Fig. 3). 관찰하는 동안 참가자는 화면의 차량이 자율주행 중인지를 판단하는 과제를 수행한다.

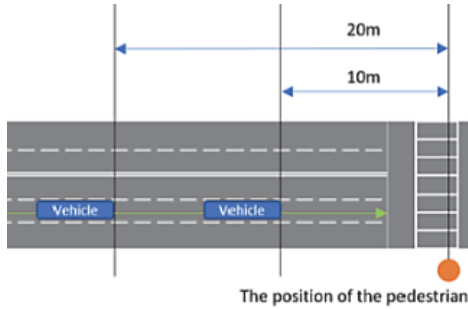


Fig. 2 Scenario

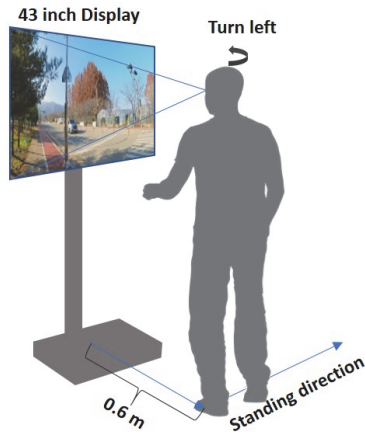


Fig. 3 Experimental setting

2.3 독립변수

차종(Table 1), 외부 표시장치 장착 위치(없음, 상단, 하단)(Fig. 4), 도로이용자와 차량 간 거리(20 m, 10 m) 3 가지의 독립변수를 포함한다.

차종은 국내 최근 5년간 자동차등록대수 중 81 %(통계청, 2018-2022)를 차지하는 승용(Sedan), 승용과 진고 차이가 뚜렷한 승합(RV)으로 선정하였다.

전면부와 측면부는 외부 표시장치의 장착 위치에서 제외시켰다. 전면부의 경우, 전방 창유리를 가리게 되어 운전자나 안전관리자의 탑승시 전방 시계범위를 방해하게 되어 부적절하다고 판단하였다. 측면부의 경우, 자율주행차에 장착되는 각종 센서에 의해 가려지거나 센서를 방해할 우려가 있고, 차량의 승강구 위치이기 때문에 부적절하다고 판단하여 제외하였다.

Table 1 Vehicle type

	Sedan	RV
Wide (mm)	1,865	1,920
Length (mm)	4,855	5,150
High (mm)	1,475	1,935

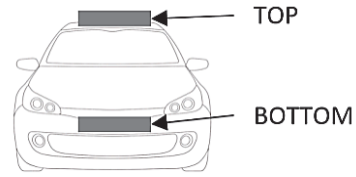


Fig. 4 Vehicle external display placement

도로이용자와 차량 간 거리는 eHMI의 효과가 30 m에 서는 무의미하며, 20 m부터 유의미한 효과를 보인다는 연구 결과¹⁰⁾를 바탕으로 선정하였다.

2.4 종속변수

종속변수로는 피시험자가 화면이 표시되는 3초 동안 시선 체류 시간을 AOI(Area of Interest)에 따라 백분율로 환산한 값(이하, 시선 점유율)이다. AOI는 Fig. 5와 같이 상단부(Top), 전면부(Front), 하단부(Bottom), 측면부(Side), 외부(Outside)로 구분하였다.¹¹⁾

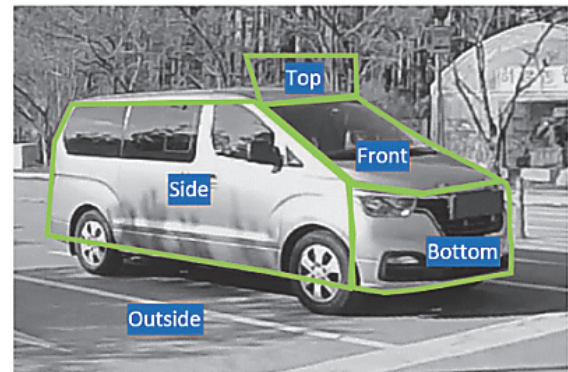


Fig. 5 AOI(Area of Interest)

2.5 장치 및 재료

외부 표시장치는 교통표지의 판독성 및 시인성이 좋은 비율인 1:4 ~ 1:5 비율(교통노면표시 규격 개선 및 표준도면 제작 연구, 2020)을 만족하는 상용 LED 전광판 사용하였으며, 자율주행 중임을 나타내는 Cyan 색(RGB = (0, 255, 255))¹²⁾의 단색 화면을 Fig. 6과 같이 표시하였다.

시선 추적 실험 장비로는 Tobii pro를 활용하였다. 시선 데이터는 AOI를 구분하여 시선의 분포를 정량적으로 나타내도록 하였으며 60 Hz로 기록하였다.



Fig. 6 Cyan color external display screen

3. 연구 결과 및 고찰

데이터는 정규성 검증을 통해 신뢰 수준 95 %에서 정규성을 띄는 것으로 확인하였다. 그러므로, t-test 양측검정(등분산 가정 두 집단), 신뢰 수준 95 %를 기준으로 데이터를 분석하였다. p 값이 0.05보다 작을 경우에는 데이터간의 유의미한 차이가 발생한 것으로 보고, 0.05보다 클 경우에는 데이터간의 유의미한 차이는 발생하지 않은 것으로 본다.

3.1 차종별 시선 점유율

차종에 따른 시선 점유율은 측면부(Side)를 제외한 나머지 부분에 대해서 유의미한 차이를 나타내지 않는다. 측면부의 경우, 승합(RV) 차량이 승용(Sedan) 차량에 비해 옆면의 면적이 더 넓어 해당 부분에서 더 높은 시선 점유율을 보인다고 할 수 있다(Table 2).

Table 2 Gaze concentration of vehicle type

	Top	Front	Bottom	Outside	Side
Sedan	7.94 %	29.42 %	26.90 %	26.92 %	8.82 %
RV	9.98 %	26.34 %	21.51 %	28.81 %	13.35 %
t	-1.2064	1.5038	1.4799	-0.5951	-2.0743
p	0.2295	0.1335	0.1397	0.5522	0.0389
	p > 0.05				p < 0.05

차종의 변화, 즉 차량의 높이의 변화는 외부 표시장치가 장착될 수 있는 상단부와 하단부의 시선 점유율에 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다.

3.2 거리별 시선 점유율

거리에 따른 시선 점유율은 상단부(Top), 외부(Outside)와 측면부(Side)에서 유의미한 차이를 나타낸다.

거리별 시선 점유율 분석 결과, 도로이용자는 차량이 자율주행 중인지 구별하기 위해 외부 시선이 거리가 좁혀짐에 따라 측면부 노출 면적이 넓어지면서 상당수 옮겨진 것으로 보인다(Table 3).

외부 표시장치의 유무와는 관계없이 거리가 좁혀짐에

Table 3 Gaze concentration of distance

	Top	Front	Bottom	Outside	Side
20 m	8.87 %	28.13 %	24.49 %	32.28 %	6.23 %
10 m	9.06 %	27.62 %	23.92 %	23.49 %	15.92 %
t	2.0925	-0.0029	0.1979	-2.3953	4.3163
p	0.0389	0.9977	0.8434	0.0175	0.00003
	p < 0.05	p > 0.05		p < 0.05	

따라 차체로 시선이 옮겨지는 현상이 나타났다. 이때, 차체가 아님에도 상단부의 시선 점유율이 증가한 원인은 외부 표시장치의 영향이 있을 것이라고 추측할 수 있다. 전면부와 하단부의 경우, 차체에 해당하는 부분으로 거리에 따른 시선 점유율의 변화가 미미한 것으로 보인다.

3.3 외부 표시장치 장착 위치별 시선 점유율

위 결과에 따라, 거리에 따른 시선 점유율은 외부 표시장치의 장착 위치가 영향을 미치는 것으로 판단되어, 거리에 따른 외부 표시장치 장착 위치별 시선 점유율에 대해 분석하고자 한다.

3.3.1 20 m 조건에서의 시선 점유율

20 m 조건에서 외부 표시장치 장착 위치별 시선 점유율(Fig. 7)에 대해 분석하였다(Table 4).

외부 표시장치가 장착되지 않은 차량의 하단부 시선 점유율이 상단부 시선 점유율에 비해 유의미하게 높은 것을 알 수 있다. 이는 외부 표시장치가 장착되지 않았을 때의 상단부가 차체가 없이 비어있어 외부와 같은 조건이기 때문에 나타나는 현상으로 볼 수 있다.

외부 표시장치가 하단부에 장착되어 있는 차량의 하단부 시선 점유율이 상단부 시선 점유율보다 높은 것을 알 수 있다. 그러나, 외부 표시장치가 상단부에 장착된 차량의 경우, 상단부가 외부와 같지 않음에도 불구하고, 상단부와 하단부의 시선 점유율이 비슷하게 분산되는 것을 알 수 있다.

외부 표시장치가 상단부에 장착된 차량의 상단부 시선 점유율과 하단부에 장착된 차량의 하단부 시선 점유율을 비교한 결과(Table 5), 하단부에 장착된 차량의 하단부 시선 점유율이 유의미하게 차이난다고 할 수 없다.

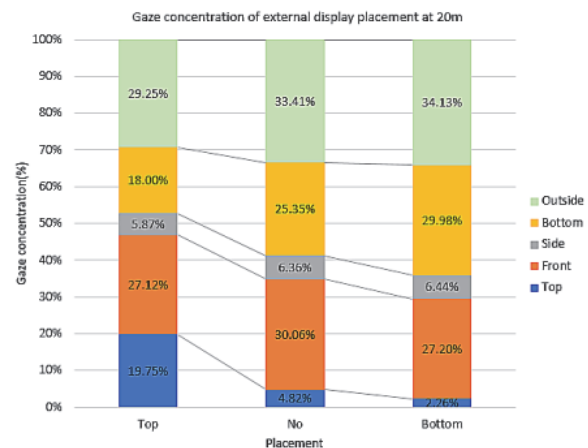


Fig. 7 Gaze concentration of external display placement at 20 m

Table 4 Gaze concentration of external display placement by AOI(Top, Bottom) at 20 m

Placement	No		Top		Bottom	
AOI	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom
Gaze concentration (%)	4.82	25.35	19.75	18.00	2.26	29.98
t	-3.2884		0.3742		-4.8823	
p	0.0016		0.7092		0.000006	
	p < 0.05		p > 0.05		p < 0.05	

Table 5 Gaze concentration of the placement where the vehicle external display is mounted at 20 m

Placement	Top	Bottom
AOI		
Gaze concentration (%)	19.75	29.98
t	-1.9491	
p	0.0542	
	p > 0.05	

따라서, 20 m 조건에서 외부 표시장치의 장착 위치에 따른 해당 부분 시선 점유율은 크게 다르다고 보기 힘들다.

3.3.2 10 m 조건에서의 시선 점유율

10 m 조건에서 외부 표시장치 장착 위치별 시선 점유율(Fig. 8)을 분석하였다(Table 6).

외부 표시장치가 장착되지 않은 차량의 하단부 시선 점유율이 상단부에 비해 확연하게 높은 것을 알 수 있다. 이는 차량이 가까울수록 차량 자체에 집중하면서 발생하는 현상이다. 외부 표시장치가 장착된 차량의 해당

Table 6 Gaze concentration of external display placement by AOI(Top, Bottom) at 10 m

Placement	No		Top		Bottom	
AOI	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom
Gaze concentration (%)	1.43	26.39	24.65	10.37	1.28	34.98
t	-3.2908		3.4586		-3.6749	
p	0.0025		0.0012		0.0005	
			p < 0.05			

Table 7 Gaze concentration of the placement where the external display is mounted at 10 m

Placement	Top	Bottom
AOI		
Gaze concentration (%)	24.65	34.98
t	2.7328	
p	0.0079	
	p < 0.05	

부분 시선 점유율이 장착 위치와 관계없이 장착되지 않은 부분에 비해 높은 것을 알 수 있다. 차량이 가까울수록 차량 자체에 집중하듯이, 차체에서 눈에 띄는 외부 표시장치에 집중하는 현상으로 볼 수 있다.

외부 표시장치가 장착된 차량의 해당 부분 시선 점유율을 비교한 결과(Table 7), 상단부보다 하단부의 시선 점유율이 유의미하게 높은 것을 확인할 수 있다. 따라서, 10 m 조건에서 외부 표시장치의 장착 위치에 따른 해당 부분 시선 점유율은 상단부보다 하단부 위치에서 유의미하게 높은 것을 알 수 있다.

3.3.3 거리에 따른 시선 점유율

도로이용자는 자율주행 중인지 판단하기 위해서는 차체를 탐색을 통해 정보를 얻고자 하기 때문에 외부 표시장치가 없을 때는 거리와 관계없이 차체 내에 시선이 위치하고 있다. 그러므로, 외부와 같은 상태인 상단부에 비해 차체인 하단부의 시선 점유율이 높은 결과를 보인다.

외부 표시장치가 장착되어 있는 경우에는 비교적 먼 거리(20 m)에서는 외부 표시장치가 상단부나 하단부에 장착되어 있을 때 시선 점유율이 크게 다르지 않다. 거리가 가까워졌을 때(10 m)는 외부 표시장치의 장착 위치와 관계없이 시선이 외부 표시장치에 집중되었으나, 상단부에 장착되는 경우에는 기존 운전자의 위치를 보는 도로이용자들의 습관으로 인해 상단부와 비교적 가

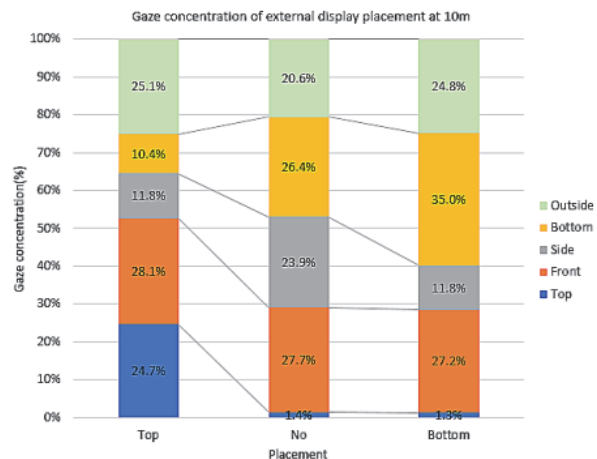


Fig. 8 Gaze concentration of external display placement at 10 m

까운 전면부의 운전석 위치로 시선이 뺏기는 현상이 나타난다. 상단부와 달리, 하단부는 전면부와 비슷한 시선 점유율을 보이면서, 상단부 장착되었을 경우에 비해 시선 점유율이 높은 것을 알 수 있다.

4. 결론

자율주행차의 V2H 커뮤니케이션을 표출하는 외부 표시장치의 효과적인 설치 위치의 도출을 위해 실험을 수행한 결과는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 도로이용자는 자율주행 중인지 판단하기 위해 차량을 탐색할 때, 차종 및 거리와 관계없이 외부 표시장치 미장착시 차체에 시선이 집중되며 상단부보다 하단부의 시선 점유율이 높다.
- 2) 외부 표시장치가 장착되어 있을 경우, 장착되어 있지 않은 부분과의 시선 집중도 차이와 외부 표시장치에 대한 시선 점유율 차이 모두 상단부에 비해 하단부에서 확연하게 드러났다.

위의 2가지 요소를 고려할 때, 차량의 정보를 얻기 위해 불필요한 시선 분산을 줄이는 외부 표시장치의 효과적인 설치 위치는 하단부이다.

도로이용자가 자율주행차와 의사소통을 하고자 할 때, 불필요한 시선의 움직임을 최소화하여 효과적으로 V2H 커뮤니케이션을 실현할 것이라고 기대할 수 있다.

후 기

본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 연구비 지원(RS-2021-KA162419)으로 수행하였습니다.

References

- 1) J. Guo, Q. Yuan, J. Yu, X. Chen, W. Yu, Q. Cheng, W. Wang, W. Luo and X. Jiang, "External Human-Machine Interfaces for Autonomous Vehicles from Pedestrians' Perspective: A Survey Study," *Sensors*, Vol.22, No.9, Paper No.3339, 2022.
- 2) C. Kaß, S. Schoch, F. Naujoks, S. Hergeth, A. Keinath and A. Neukum, "Standardized Test Procedure for External Human-Machine Interfaces of Automated Vehicles," *Information*, Vol.11, No.3, Paper No.173, 2020.
- 3) S. H. Kang, S. H. Lee, J. A. Jang, S. M. Kwon and Y. H. Ha, "A Study on Survey of Requirements for Design Thinking-Based V2H Communication," *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol.40, No.1, pp.58-68, 2022.
- 4) M. -P. Böckle, A. P. Brenden, M. Klingegård, A. Habibovic and M. Bout, "SAV2P-Exploring the Impact of an Interface for Shared Automated Vehicles on Pedestrians' Experience," *Proceedings of the 9th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications Adjunct*, pp.136-140, 2017.
- 5) M. Rettenmaier, D. Albers and K. Bengler, "After You?!—Use of External Human-machine Interfaces in Road Bottleneck Scenarios," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol.70, pp.175-190, 2020.
- 6) Y. B. Eisma, L. van Gent and J. de Winter, "Should an External Human Machine Interface Flash or Just Show Text? A Study with a Gaze-contingent Setup," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol.97, pp.140-154, 2023.
- 7) M. Wilbrink, M. Lau, J. Illgner, A. Schieben and M. Oehl, "Impact of External Human-Machine Interface Communication Strategies of Automated Vehicles on Pedestrians' Crossing Decisions and Behaviors in an Urban Environment," *Sustainability*, Vol.13, No.15, Paper No.8396, 2021.
- 8) C. Ackermann, M. Beggiato, S. Schubert and J. F. Krems, "An Experimental Study to Investigate Design and Assessment Criteria: What is Important for Communication between Pedestrians and Automated Vehicles?," *Applied Ergonomics*, Vol.75, pp.272-282, 2019.
- 9) S. C. Lee, "A Systematic Review on Design Space of External Human-Machine Interface for Autonomous Vehicle," *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol.39, No.6, pp.549-559, 2020.
- 10) L. Kooijman, R. Happee and J. C. F. de Winter, "How Do eHMIs Affect Pedestrians' Crossing Behavior? A Study Using a Head-Mounted Display Combined with a Motion Suit," *MDPI information*, Vol.10, No.386, 2019.
- 11) F. Guo, W. Lyu, Z. Ren, M. Li and Z. Liu, "A Video-Based, Eye-Tracking Study to Investigate the Effect of eHMI Modalities and Locations on Pedestrian-Automated Vehicle Interaction," *Sustainability*, Vol.14, No.9, Paper No.5633, 2022.
- 12) D. Dey, A. Habibovic, B. Pfleging, M. Martens and J. Terken, "Color and Animation Preferences for a Light Band eHMI in Interactions Between Automated Vehicles and Pedestrians," *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.1-13, 2020.