

차량용 HUD의 인지적 감성 평가
-주행정보의 색채 시인성을 중심으로-
Vehicle HUD's cognitive emotional evaluation
- Focused on color visibility of driving information

최원정* · 이해미* · 이설희* · 박영경**†
Won-Jung Choi* · Won-Jung Lee* · Seol-Hee Lee* · Yungkyung Park**†

*이화여자대학교 조형예술대학 디자인학부 색채디자인전공
*Department of Design, Ewha Womans University

**이화여자대학교 색채디자인전공 교수
**Professor, School of Design, Ewha Womans University

Abstract

The main causes of traffic accidents while driving a car is of the driver's visual distraction. In this study, the color sensitivity of the information projected on the windshield were evaluated for HUD (Head Up Display) system which helps the driver's eyes on the road while driving. The driving Information were projected 9 ° downward from front sight 0 ° under lab's fluorescent lights, LED floorlights and the TV had having 25 [lux] illumination when driving at night environment and 100,000 [lux] of daylight environment. Munsell color hue of the basic five colors (R, Y, G, B, P) and the color of traffic lights YR, W were the color of the seven characters, each character were outlined by White, Gray except for W. Total of 19 experimental stimuli was shown in the environment of day and night driving for asking visibility information of color, fatigue, preferences, and evaluate the degree of interference. The results came out that the bright Y and G color is visibility significantly for daylight. Second, with the outline of the text, the color of the outline works as a background for luminance contrast effects and affects visibility. Third, without the outline, the glass in front of the vehicle acts as the background and the luminance contrast of characters achieve greater brightness and visibility. The luminance contrast between the stimuli and background should be considered for increasing color visibility for driving information which is an important factor for HUD commercialization.

Keywords: Visibility, color sensitivity, HUD, luminance contrast, forward vision, main view of the driver

요 약

교통사고의 주된 원인은 자동차 주행 중 운전자의 시각적 주의 분산이다. 본 연구에서는 운전자의 시선을 도

이 연구는 2012학년도 이화여자대학교 Global Top 5 교내연구비 지원에 의한 연구임

† 교신저자 : 박영경 (이화여자대학교 조형예술대학 디자인학부 색채디자인전공)

E-mail : yungkyung.park@ewha.ac.kr

TEL : 02-3277-2512

FAX : 02-3277-3730

로에서 벗어나지 않게 하면서 주행정보를 제공하는 HUD(Head Up Display)시스템을 이용해서 자동차 앞 유리(windshield)에 투영된 주행정보의 색채감성을 평가하였다. 주행정보는 전방시선 0°에서 약 하방 9°에 위치하도록 설치하였고, 실험실의 형광등, 5개의 LED 조명등과 TV출력 영상을 통해 25[lux]의 야간 운전 시 조도 환경, 100,000[lux]의 주간 운전 시 조도 환경을 재현하였다. 먼셀 표색계의 기본 5색(R, Y, G, B, P)과 신호등의 색 YR, W 총 7색의 단일 색과 W를 제외한 6개 글자에 각각 흰색 글자 외곽선, 회색 글자 외곽선을 주어 외곽선 있는 글자 12개를 만들었다. 총 19개의 실험 자극물을 주간과 야간 환경에서 각각 주행정보의 컬러 시인성, 피로도, 선호도, 방해 정도를 평가하였다. 실험결과는 시인성이 유의미하게 나왔는데, 첫째, 주간에서는 Y와 G 색상같이 색상 자체의 휘도가 높은 경우 시인성이 높았다. 둘째, 텍스트의 외곽선이 있는 경우, 외곽선이 배경색으로 작용하여 색상과의 휘도대비를 일으켜 시인성에 영향을 준다. 셋째, 외곽선이 없는 경우에는 차량 전면 유리의 휘도가 배경색 휘도로 작용하여 글자의 휘도와 큰 대비를 이룰 때 시인성이 높은 것으로 나타났다. 이처럼 운전자의 주시야를 고려해 전방에 제공되는 가상의 영상, HUD의 상용화를 위해서는 주행정보의 색채시인성이 중요한데 이를 높이기 위한 방안으로 배경과 글자의 휘도대비를 고려해볼 수 있다.

주제어: 시인성, 색채 감성, HUD, 휘도 대비, 전방 시야, 운전자의 주시야

1. 서론

1.1. 연구의 필요성

2011년에 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration)에서 발표한 자료에 따르면 교통사고의 주된 원인으로 나타난 자동차 주행 중 운전자의 주의 분산은 휴대폰, 태블릿PC를 비롯한 휴대기기, 내비게이션 등의 IT기기의 사용이 늘어나게 되면서 그 심각성을 더해가고 있다. 운전자는 운전에도 도움을 받기 위한 주행정보를 자동차에 내장, 외장 되어 있는 각종 기기를 통해서 얻게 되는데 이는 주행정보를 얻는 데에는 도움을 받을 수 있지만 운전자의 시야가 아래를 향하게 되어 전방 주시율이 크게 떨어지게 된다. 이때의 전방 주시율은 음주운전시의 전방 주시율보다도 낮으며 안전운전에 방해가 된다.

운전자의 시각적 주의분산은 운전자가 전방을 주시하지 않으므로써 발생하게 되는데 시각적 주의분산은 운전자의 머리와 눈동자가 전방시야로부터 벗어나는 것을 말한다. Zwahlen 등(1988)은 운전자의 시선이 도로에서 2초 이상 벗어날 경우, 교통사고의 위험이 유의미하게 증가하였음을 발견했다.

운전자의 시선을 도로에서 벗어나지 않게 하면서 운전 중 주행정보를 제공하는 것은 교통사고의 위험을 줄일 수 있는 하나의 방법이 될 수 있다. 자동차에서 운전자가 필요로 하는 정보는 대부분 시각적인 장치에 의존하고 있다. 현재는 차량 내 장착된 계기판이나 디스플레이 장치에 정보가 표시되고 있으며, 최

근에 들어서야 몇몇 고가의 차종에서 HUD를 도입하기 시작했다. HUD(Head Up Display)란, 운전자가 고개를 든 상태로 볼 수 있는 디스플레이라는 의미로 운전자가 차량 내에서 자동차를 주행하는 데 필요한 정보를 운전자의 시선 이동 없이 인지할 수 있는 시스템이다. HUD와 같이 운전자가 전방을 주시하고 있는 상태로 주행정보를 얻을 수 있는 시스템 장치는 운전자의 시선이 차량의 전방을 향하지 않음으로 인해 발생할 수 있는 교통사고의 위험을 줄일 수 있다.

1.2. 연구의 범위와 방법

본 연구는 운전 중 운전자의 시야를 전방에 고정시킬 수 있는 장치인 HUD(Head Up Display)시스템을 이용해서 자동차 앞 유리(windshield)에 투영된 주행정보의 색채감성을 평가하는 실험을 수행했다. 실험에서는 색채의 시인성, 피로도, 선호도와 방해성을 설문조사를 통해 알아보았다. Cohen(1980)은 운전행동 중 운전과 관련된 정보획득의 90% 이상이 시지각 활동에 의해 이루어진다고 논했다. 따라서 시지각 활동으로 획득할 수 있는 자극을 사용했고 그 중에서도 색채 이외의 시각정보를 통한 자극은 제외하고 색채를 중심으로 연구했다.

실험에서 사용된 자동차 앞 유리에 투영된 자극은 자동차를 주행하는 데에 있어서 가장 핵심이 되고 운전자가 가장 많이 보는 정보인 속도를 중심으로 했다. 환경의 변화에 따라서 HUD를 통해 투영된 주행정보의 시인성에 색채가 영향을 미치는지 실험을 통해 알아보았다.

2. 이론적 배경

2.1. HUD의 이론적 배경

HUD시스템은 운전자 또는 조종사의 시선과 눈의 초점 수렴거리를 크게 변화시키지 않고 주행에 필요한 요소를 볼 수 있도록 하여 눈의 피로를 줄이고 시선 이동에 의한 돌발사고의 위험을 감소시켜 주는 장치이다. HUD는 항공분야에서 요구되는 시각적 한계를 극복하기 위해 개발된 기술로 조종사의 시계확보에 도움을 주며 조종사가 계기판(클러스터)을 바라보는 수 초 동안 발생할 위험한 상황을 방지하는데 기여한다. (Yu & Jung, 1999, 재인용: Ramsbottom & Sergeant, et al., 1992, Chao & Sien Chi, 1998, Beeek & Frost, et al., 1991)

현재에는 자동차에도 장착해 안전운전에 도움을 주는 장치로 적용되고 있다.

2.2. 차량용 HUD의 색채 시인성

2.2.1. 색채의 시인성

시인성이란 어떤 바탕색 위에 있는 그림이나 문자가 색에 따라 보이기 쉬운 성질로 변하는 것을 말한다. Red과 Yellow는 가장 주목을 끄는 색채이므로 다른 색채보다 시인성(Visibility)이 높다고 할 수 있다.

2.2.2. 차량용 HUD의 시인성

운전자가 주행 중에도 최대한 빠른 시간 안에 주행 정보를 습득하기 위해서는 문자의 색채 또한 중요한 요소이다. 색채에 있어서는 일반적으로 바탕색이나 문자나 아이콘 같은 정보표시 객체 간에 색상, 명도, 채도 차이가 클수록 시인성이 높아지는데, 빛의 세기에 따라 달라질 수 있다. 강한 빛에서는 검은 바탕에 흰 물체를 놓아둔 것이 가장 드러나 보이고 약한 빛에서는 흰 바탕 위에 놓인 검은 물체가 가장 잘 보인다. (Kim, 2007)

현재까지 HUD가 장착된 자동차의 HUD크기도 제각각이며 사용된 컬러 또한 자동차 회사별로 다르게 적용되어 있다. 차량에 장착된 HUD와 관련된 컬러에 대한 연구의 결과가 나와 있지 않은 상태이다. HUD는 자동차 앞 유리에 투영하므로 주행정보를 인지하

는 데 있어서 태양광, 인공조명 등 외부의 빛을 비롯해 주변 환경의 영향을 받는다. HUD를 투영하는 유리창 너머로 보이는 환경을 배경색이라고 할 때, 배경색 또한 주행정보를 인지하는 데 영향을 줄 수 있다. 주행 시 운전자는 대부분 도로를 주시하므로 도로색이 그 배경색이 될 수 있다. 사실상 도로색은 거의 같으나 빛에 따라 달라 보일 수 있다. 따라서 크게 나누어 보면 주간과 야간으로 나누어서 실험을 할 필요성이 있다. 주간, 야간 환경에서 어떤 색채가 잘 보이는지 실험을 통해서 알아볼 것이다.

3. HUD를 이용한 주행정보의 정확한 인지를 위한 색채 실험

3.1. 실험 대상

본 연구에서는 HUD를 이용하여 자동차의 앞 유리에 투영한 주행정보의 색채 시인성, 피로도, 선호도, 방해 정도를 평가하는 실험을 수행하였다. 참여한 피실험자는 HUD를 전혀 사용해보지 않은 20~30대 색채 디자인 대학원생으로 총 25명이 실험에 참여하였다.

3.2. 실험 환경

3.2.1. 차량 환경

차량 앞좌석 모형을 만들고 그림 1에서 보는 바와 같이 TV모니터를 통해 주행 동영상을 시연하여 주행 환경과 최대한 비슷하게 차량 시뮬레이션 환경을 구현 하였다.



Figure 1. Vehicle simulation environment while driving

3.2.2. 조명 환경

본 연구의 실험을 진행하기 위해 주행정보의 휘도 값에 영향을 많이 주는 주변 조도를 먼저 고려하였다. Choi(2002)은 LED 도로전광표지 시스템의 시인성을 분석하기 위하여, 가장 중요한 기초 변수인 휘도와 색도를 측정하였다. 이 연구에서 휘도는 주변 조도에 영향을 받기 때문에 시간대별 조도 조건을 감안하여 기본적으로 밤 시간대는 낮은 문자 휘도로 낮 시간대에는 높은 문자 휘도로 운영해야 운전자가 주행정보를 읽는데 불편하지 않게 된다고 하였다.

표 1은 한국 표준협회 조도기준으로 현재 국내에서 적용되고 있는 조도 기준이다. 본 연구에서는 주 도로(The main road)를 주행지역으로 선정하여 10~30[lux]를 야간 주행 환경의 조도기준으로 보았다. (Lee, 2009)

Table 1. Region for application of illuminance standard

illuminance ([lux])	Region
30~100	commercial area and part of the driveway
10~30	The main road
3~10	residential area driveway and a pedestrian passage

표 2에서 정리된 바와 같이 실험실 내 모든 조명을 끄고 TV에서 야간 주행 영상만 출력하여 25[lux]를 야간 운전 시 조도 환경으로 재현하였다.

Table 2. Illuminance value of the experimental environment

experimental environment	illuminance ([lux])	Simulation condition
Night	25	turn all the lights off, only television images
Day	100,000	turn all the lights on (five LED lightings + ceiling fluorescent lightings), television images
Laboratory	2170	turn ceiling fluorescent lights on

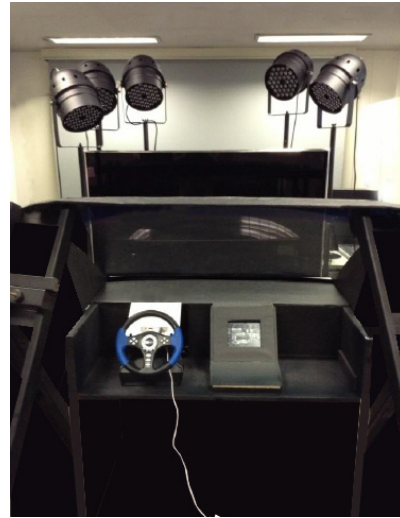


Figure 2. Lighting environment of the laboratory

그림 2는 실험실의 12개 형광등을 모두 점등한 상태의 조도환경으로 2170[lux]이다. 이 상태에서 그림 2에서 보이는 5개의 LED조명등을 모두 점등하고 TV를 통해 주간 주행 영상을 출력하면 한낮(12~13시)의 매우 밝은 태양광인 100,000[lux]가 재현된다.(표 2)

3.2.3. HUD의 투영 위치와 시야

계기판은 차량의 상황을 최대한 빠르고 정확하게 읽을 수 있는 방향으로 진화해왔다. Kim(2007)의 연구에 의하면 계기판의 시인성을 높이기 위해서는 계기판의 위치가 차량 외부의 전방을 주시할 수 있는 시선 동선과 가까워서 최단 시간 내에 시선을 옮길 수 있어야 한다고 한다. 이런 맥락에서 HUD는 경쟁력이 있다. 운전자의 전방시야를 유지하면서 유리에 투영된 주행 정보를 인지할 수 있기 때문이다.

본 연구의 실험에서는 HUD를 통해 앞 유리에 투영된 주행정보가 전방시선 0°에서 약 하방 9°에 위치하도록 설치한다. 그 위치는 하방 10°내(정상시선/선 자세)에 들어오며 그림 3과 같다.

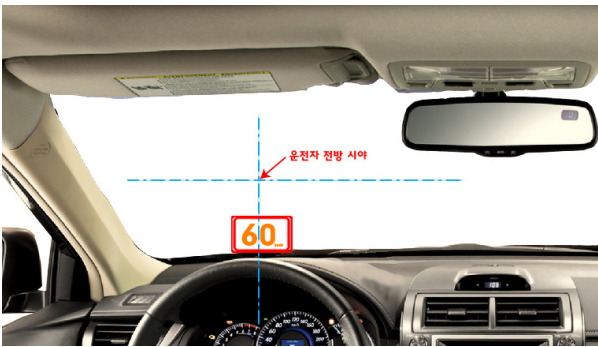


Figure 3. Projection position of Head Up Display

기존 계기판은 그림 4의 수직시야에서 나타난 바와 같이 전방 시야를 가리키는 표준시선 0°에서 하방 15° (정상시선/앉은 자세)에 위치한다. 앞 유리에 투영된 주행정보는 운전자의 눈에서 80cm 떨어진 거리에서 운전자의 수직시야 10°, 수평시야 17° 범위에 들어온다. 수직시야 10°는 그림 4에서 안구 회전 적정각 하방 30°와 색채 식별의 한계 하방 40°내에 들어오는 범위이다. 또한 수평시야 17°는 그림 4에서 색채식별 30~60°, 부호식별 5~30°와 문자식별 0~20° 내에 들어오는 범위이다.

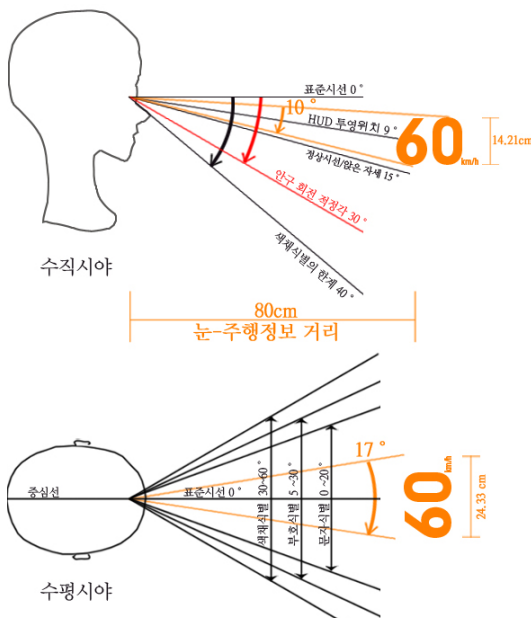


Figure 4. Visual field of a driver to use

HUD시중에 판매되고 있는 상용 HUD의 조도의 최대 세기를 기준으로 HUD의 출력 조도 세기를 맞추었다.

3.3. 실험 자극

3.3.1. 주행 정보 색채와 휘도 값

주행 정보의 색채는 Red, Orange, Yellow, Green, Blue, Purple, White (이하 R, YR, Y, G, B, P, W로 표기) 총 7가지를 선정하였다. 먼셀 표색계의 기본 5색 R, Y, G, B, P를 제외한 나머지 YR, W는 신호등의 색에서 선정되었다.

표 3은 분광 휘도계 CS-1000을 이용하여 주행정보의 각 색채 마다 휘도 값과 색채 값을 측정하였다. 휘도는 주변 조도에 영향을 받기 때문에 주간 운전 시 조도환경과 야간 운전 시 조도 환경을 각각 나누어 측정하였다.

Table 3. Luminance and color (xy) value of Driving information

Driving info	Lv (cd/m ²), x,y					
	Day (10만[lux])			Night (20~30[lux])		
	Lv	x	y	Lv	x	y
None	92.66	-	-	15.8	-	-
R	98.71	0.271	0.28	16.92	0.366	0.314
YR	106.1	0.275	0.289	19.23	0.365	0.336
Y	115.3	0.275	0.301	34.38	0.35	0.407
G	110.4	0.264	0.299	31.21	0.298	0.422
B	96.35	0.256	0.273	13.95	0.251	0.261
P	91.87	0.259	0.277	14.06	0.256	0.263
W	117.2	0.27	0.294	34.85	0.317	0.359
Gray	95.35	-	-	16.23	-	-

3.3.2. 주행 정보 형태

Kim(2007)은 운전자가 운전 중에 계기판 중 가장 많이 활용하는 계기류에 대해 총 100명을 대상으로 설문 조사를 하였다. 설문 조사 결과, 82%의 응답자가 속도계를 가장 자주 본다고 응답하였다. 이 결과를 참고하여 본 연구에서는 주행 정보 중에 속도계를 선정하였고, 흔히 경제속도로 알려져 있는 60km/h~80km/h 중 60km/h를 형태로 색채 시인성, 피로도, 선호도, 방해 정도를 평가하였다.

Table 4. Form of experimental driving information

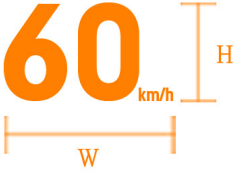



Form	
	
Font Type	ITC Avant Garde Gothic Std
Font Size	W : 24.33cm H : 14.21cm
The ratio of Text outline	Text의 20%

표 4에서 보는 바와 같이 주행 정보의 폰트 종류는 컬러를 중점으로 평가해야 하는 목적에 맞게 면적이 넓으면서 시인성이 좋은 ITC Avant Garde Gothic Std를 사용했다. 크기는 너비(W)가 24.33cm, 높이(H)가 14.21cm이다. 이는 수직 시야 10°, 수평 시야 17° 정도이다. 주행정보의 글자 외곽선은 전체 글자의 20%를 차지한다.

3.4. 실험 방법

본 연구의 실험에서 최대한 주행 환경과 비슷하게 차량 시뮬레이션 환경을 조성하고 실험 자극물로 사용되는 주행 정보는 단일 색 글자 7개(R, YR, Y, G, B, P, W)와 단일 색 글자 7개에서 W를 제외한 6개 글자에 각각 White 글자 외곽선, Gray 글자 외곽선을 주어 외곽선 있는 글자 12개를 만들었다. (표 5)

Table 5. A example of experimental driving information (R)

Single color	White text outline	Gray text outline
background none	background none	background none
		

이렇게 총 19개의 실험 자극물을 주간 운전 시 조도 환경과 야간 운전 시 조도 환경 두 가지로 나누어 주행정보의 컬러 시인성, 피로도, 선호도, 방해 정도를 평가하였다. 각 질문에 대해 5점 척도 (Bad- Poor - Fair-Good- Excellent)로 대답을 하게하였다. 표 6은 각 평가 항목에 대한 설문지 질문 형태를 나타낸 것이다.

19개의 주행 정보 각각에 대해 색채 시인성은 ‘주행정보가 잘 보이나요?’, 색채 피로 도는 ‘눈이 피로한가요?’, 색채 선호도는 ‘주행정보의 컬러가 마음에 드나요?’라는 질문을 통해 알아보았다. 마지막으로 ‘주행정보가 운전 방해가 되나요?’라는 질문을 통해 Head Up Display를 통한 주행정보의 운전 방해 정도를 알아보았다.

Table 6. Experimental questionnaire questions

Driving info.	Evaluation item	Question form
For each color (R, YR, Y, G, B, P, W 총 19개)	color visibility	주행정보가 잘 보이나요?
	color irritation	눈이 피로한가요?
	color preference	주행정보의 컬러가 마음에 드나요?
For Head Up Display	driver distraction	주행정보가 운전 방해가 되나요?

주간 운전 시 조도 환경에서 먼저 실험을 할 경우, 5개 LED 조명등이 너무 밝기 때문에 눈에 잔상이 남아 이후에 하는 실험에 영향을 줄 수 있다. 이를 배제하기 위해 야간 운전 시 조도 환경에서 먼저 실험을 수행한 뒤 주간 운전 시 조도 환경에서 실험을 수행하였다. 야간 운전 시 암순응을 마친 후에 실행하였습니다. 그림 5은 야간 운전 시 조도 환경에서 실험한 모습이다. 그림 6은 주간 운전 시 조도 환경에서 실험한 모습이다.



Figure 5. Illumination when driving at night environment



Figure 6. Illumination when driving at day environment

4. HUD 운행정보의 색채 감성 평가

4.1. 조작적 정의 및 분석 방법

본 연구에서는 가상의 운전환경에서 운전자들이 인지하는 HUD의 주행정보에 대한 시인성을 평가하고자 정보의 색채(R, YR, Y, G, B, P)를 시인성 평가요인으로 선정하였다.

분석방법으로는 각 색상별로, 외곽선의 유무 또는 외곽선의 명도별로 둘씩 짝을 지어 두 변인간의 시인성 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위한 대응표본 t검증을 실시하였다. 신뢰구간은 사회과학에서 주로 통용되는 95%로 설정하였다.

4.2. 실험 결과

4.2.1. 글자 외곽선 유무에 따른 시인성 평가 결과

주야간별 글자 외곽선의 유무에 따른 시인성 평가 결과는 그림 7, 그림 8과 같다.

주간모드에서는 Y색상을 제외한 다른 색상 자극에서는 회색 외곽선보다 백색 외곽선의 시인성이 높은 것으로 나타났다($R_2 < R_1$, $YR_2 < YR_1$, $G_2 < G_1$, $B_2 < B_1$, $P_2 < P_1$).

야간모드에서의 시인성 평균값은 백색 외곽선이 있는 주행정보의 시인성이 모든 색상에서 가장 높은 것으로 나타났다.

표 7, 표 8와 같이 주행정보의 색상별로 단색상(R, YR, Y, G, B, P), 백색 외곽선(R1, YR1, Y1, G1, B1,

P1), 회색 외곽선(R2, YR2, Y2, G2, B2, P2)의 세 가지 시인성에 대해 대응표본 t검증을 실시하였다.

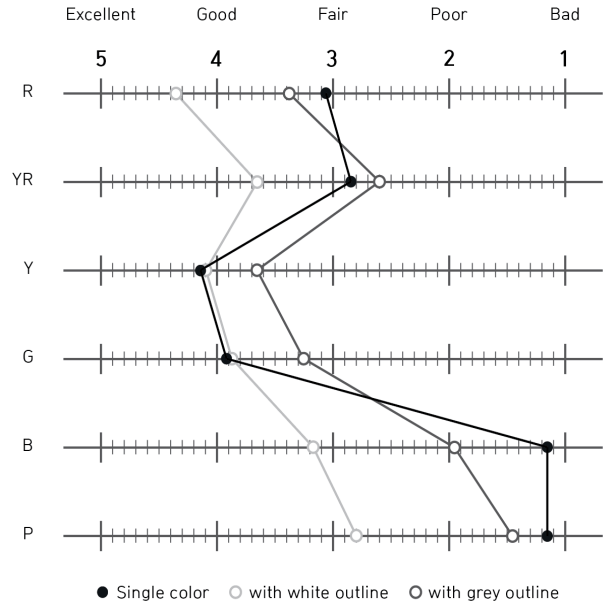


Figure 7. Result of Color Visibility (daylight)

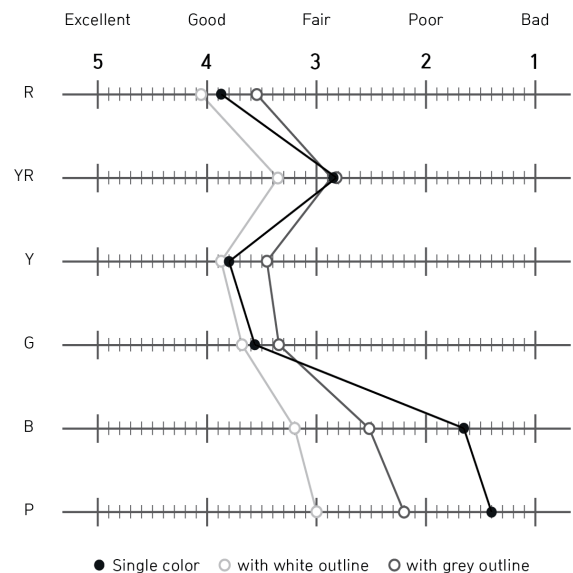


Figure 8. Result of Color Visibility (night)

Table 7. Result of Visibility Assessment for Text Outline (daylight)

Stímulus	Visibility	Matching	P-Value	Result
R	3.08	R-R1	.000	R<R1
R1	4.36	R1-R2	.000	R2<R1
R2	3.36	R2-R	.215	
YR	2.84	YR-YR1	.000	YR<YR1
YR1	3.68	YR1-YR2	.000	YR2<YR1
YR2	2.60	YR2-YR	.341	
Y	4.12	Y-Y1	.857	
Y1	4.08	Y1-Y2	.067	
Y2	3.68	Y2-Y	.102	
G	3.92	G-G1	.802	
G1	3.88	G1-G2	.002	G2<G1
G2	3.24	G2-G	.001	G2<G
B	1.16	B-B1	.000	B<B1
B1	3.16	B1-B2	.000	B2<B1
B2	1.96	B2-B	.002	B<B2
P	1.16	P-P1	.000	P<P1
P1	2.80	P1-P2	.000	P2<P1
P2	1.48	P2-P	.088	

주간모드에서는 Y색상을 제외한 다른 색상 자극에서는 회색 외곽선보다 백색 외곽선의 시인성이 높은 것으로 나타났다(R2<R1, YR2<YR1, G2<G1, B2<B1, P2<P1). 야간모드에서는 G색상을 제외한 다른 색상 자극에서는 회색 외곽선보다 백색 외곽선의 시인성이 높은 것으로 나타났다(R2<R1, YR2<YR1, Y2<Y1, B2<B1, P2<P1). 이는 휘도가 높은 백색 외곽선과 단색 글자와의 휘도대비로 인한 것으로 볼 수 있다. 가독성에 있어서 색상대비와 휘도대비 중 휘도대비가 더 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있기 때문이다. (Lee & Kim, 2007, 재인용; Bruce and Foster 1982, Cole, et al., 1990, Gegenfurtner and Kiper 1990, Knoblauch, et al., 1988, Legge 1990, Legge 1987, Radl 1980, Rivlin, et al., 1990, Rubin and Legge 1989, Shieh and Lin 2000, Tinker 1963a).

따라서 상대적으로 색상의 휘도가 낮은 R, YR, B, P와 백색 외곽선의 휘도대비가 크기 때문에 백색 외

곽선이 있는 주행정정보의 시인성이 회색 외곽선이 있는 주행정정보의 시인성보다 높은 것으로 볼 수 있다.

Lin(2003)은 텍스트의 색상별 밝기와 회색 배경의 밝기 차이에 대한 시각적 수행능력 실험을 실시하였다. 배경과 텍스트의 명암대비가 클수록 시각적 수행능력이 향상되며, 일정수준 이상의 명암대비 조건에서 텍스트의 색상은 시각적 수행능력에 유의미한 영향을 주지 않은 것으로 밝혀졌다.

본 실험에서 사용된 자극이 자동차 앞 유리에 투영됐을 때 글자의 외곽선은 배경과 같은 역할을 하게 된다. 따라서 그림 9, 그림 10와 같이 글자 색상의 휘도와 외곽선의 휘도대비가 백색 외곽선의 경우 더 크기 때문에 회색 외곽선의 주행정정보보다 백색 외곽선의 주행정정보 시인성이 높은 것으로 사료된다.

Table 8. Result of Visibility Assessment for Text Outline (night)

Stímulus	Visibility	Matching	P-Value	Result
R	3.88	R-R1	.405	
R1	4.04	R1-R2	.012	R2<R1
R2	3.52	R2-R	.095	
YR	2.84	YR-YR1	.034	YR<YR1
YR1	3.36	YR1-YR2	.045	YR2<YR1
YR2	2.84	YR2-YR	1.000	
Y	3.80	Y-Y1	.647	Y<Y1
Y1	3.88	Y1-Y2	.046	Y2<Y1
Y2	3.44	Y2-Y	.047	
G	3.56	G-G1	.600	
G1	3.68	G1-G2	.148	
G2	3.36	G2-G	.284	
B	1.68	B-B1	.000	B<B1
B1	3.20	B1-B2	.003	B2<B1
B2	2.52	B2-B	.001	B<B2
P	1.40	P-P1	.000	P<P1
P1	3.00	P1-P2	.001	P2<P1
P2	2.20	P2-P	.006	P<P2

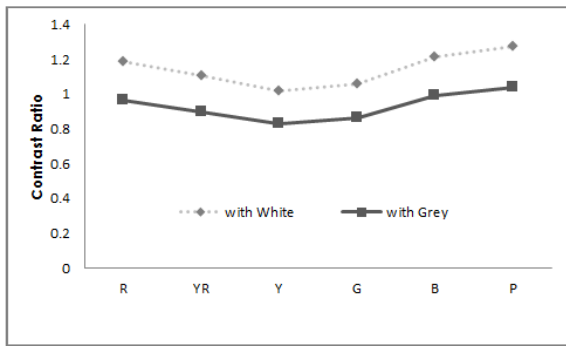


Figure 9. Contrast Ratio for Outline-Text color Lux (daylight)

주간모드에서 백색 외곽선의 휘도(117.2)와 Y 텍스트의 휘도(115.3) 차이는 거의 나지 않았으며, 대응표본 t검증 결과 Y와 Y1의 시인성 차이도 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 이는 동시적 대비처럼 인간의 지각작용이 순수한 광도의 강도에 민감하기 보다는 광도의 대비에 더 민감하기 때문이다(Chung, 2001; Kim, 1999). 백색 외곽선을 지닌 Y1의 휘도대비가 낮기 때문에 Y와 Y1에서 피험자들은 시인성의 큰 차이를 느끼지 못하는 것으로 볼 수 있다.

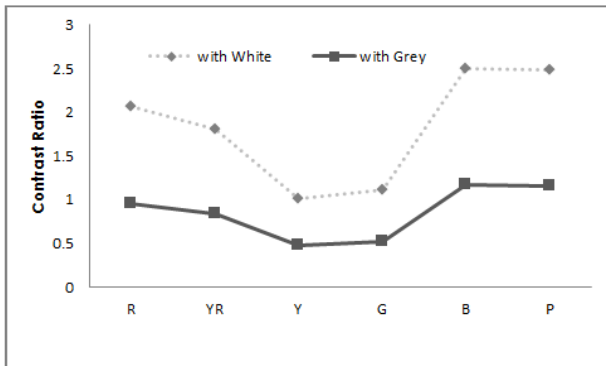


Figure 10. Contrast Ratio for Outline-Text color Lux (night)

또한 B, P 색상의 휘도가 다른 색상들에 비해 현저히 낮았는데, 백색, 회색 외곽선이 있는 주행정보(B1, B2, P1, P2)의 시인성 평가결과가 단색 주행정보(B, P)의 시인성 평가결과와 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 이 또한 휘도대비의 영향으로 볼 수 있다.

4.2.2. 글자 색상에 따른 시인성 평가 결과

HUD상 단색 주행정보의 색상에 따른 시인성 차이가 통계적으로 유의미한지 살펴본 결과 표 9, 표 10와

같이 주간에는 Y, G > R, YR > B=P, 야간에는 R, Y, G > YR > B, P의 순서로 유의미한 것으로 나타났다.

Table 9. Result of Color Visibility Assessment (daylight)

Color	Y	G	R	YR	B	P	
Visibility	4.1	3.9	3.1	2.8	1.2	1.2	Y, G > R, YR > B=P
s i g n i f i c a n t	Y						Y > R, YR, B, P
		G					G > R, YR, B, P
			R				R > B, P
				YR			YR > B, P
					B		B=P
						P	B=P

VDT(Visual Display Terminals) 환경에서의 가독성에 관한 선행 연구들을 살펴보면, 색의 가독성 차이는 색의 속성 중 밝기 차이에 의한 것임이 밝혀졌다(Jung, Cho & Han, 2006, 재인용; Bruce & Foster, 1982; Hill & Scharff, 1997; Shieh & Lin, 2000; Ling & Schaik, 2002). 따라서 주간에서 HUD 주행정보의 Y, G 색상 시인성이 높은 이유는 색상 자체의 휘도가 높기 때문이라 볼 수 있다.

Table 10. Result of Color Visibility Assessment (night)

Color	R	Y	G	YR	B	P	
Visibility	3.9	3.8	3.6	2.8	1.7	1.4	R, Y, G > YR > B, P
s i g n i f i c a n t	R						R > YR, B, P
		Y					Y > YR, B, P
			G				G > YR, B, P
				YR			R, Y, G > YR > B, P
					B		R, Y, G > YR > B, P
						P	

야간모드에서는 그림 11에서 보는 바와 같이 R(16.92)의 휘도가 Y(34.38), G(31.21), YR(19.23)에 이어 4번째 수준이었지만, R 색상의 시인성 평균점수가

가장 높게 나타났으며, 통계적으로는 Y, G 색상과 동일한 수준으로 평가되었다. 이는 주행정보를 띄우지 않은 차량 전면 유리, 즉 바탕의 휘도와 색상별 휘도의 대비로 인한 것으로 여겨진다.

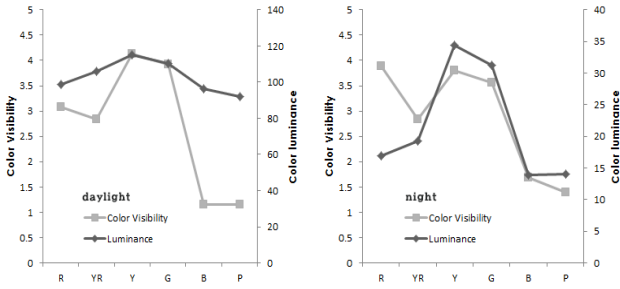


Figure 11. Color Visibility & Luminance

그림 12은 바탕과 색상별 휘도 대비를 주야간 모드 별로 표시한 것으로 야간에서 바탕과 R의 휘도대비가 바탕과 Y, 바탕과 G의 휘도대비보다 상대적으로 큰 차이로 높기 때문에 자체 휘도가 높은 Y와 G 수준으로 시인성이 높게 나타난 것으로 사료된다.

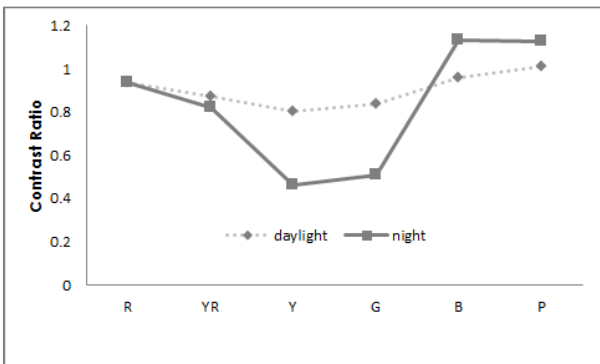


Figure 12. Contrast Ratio for Background-Text color Lux

따라서 HUD 주행정보의 시인성은 색상 자체의 휘도도 영향을 미치지만 바탕과의 휘도 대비 또한 중요한 요소로써 작용한다고 볼 수 있다.

5. 논의

HUD의 사용화를 대비하여 운전 상황에 따라 운행 정보를 시각화하는 작업은 운행 안전에 매우 밀접한 관계를 보일 것이다. 본 연구는 단일한 정보인 주행 속도에 관해서만 색상보다는 휘도 및 휘도 대비에 관한 연구를 진행하여 한계점을 보인다. 주행 정보에 속

도뿐 아니라 방향 화살표, 주요 시설물 등의 추가적인 정보가 더해질 경우 각 정보의 적절 색상, 휘도, 휘도 대비 비등이 추가로 연구되어야 할 것이다.

본 연구는 실제 주행도로가 아닌 조도와 환경을 주행환경과 비슷하게 맞춘 실험실에서 이루어졌다는 한계가 있음을 밝힌다.

6. 결론

운전자의 주시야를 고려해 전방에 제공되는 가상의 영상, HUD의 상용화를 위해서는 주행정보의 시인성이 중요하다. 특히 색채는 시인성을 높일 수 있는 주요 요소로 작용한다. 실험결과, 첫째, 주간에서는 Y와 G 색상같이 색상 자체의 휘도가 높은 경우 시인성이 높았다. 야간의 경우 휘도가 높은 Y, G 보다 R 색상이 시인성이 높은 것으로 나타났다. 이는 글자 휘도 자체보다 배경과의 휘도차에 의해 시인성이 개선된 것이다. 둘째, 텍스트의 외곽선이 있는 경우, 외곽선은 배경색으로 작용하여 색상과의 휘도대비를 일으켜 시인성에 영향을 준다. 셋째, 외곽선이 없는 경우에는 차량 전면 유리의 휘도가 배경색 휘도로 작용하여 글자의 휘도와 큰 대비를 이룰 때 시인성이 높은 것으로 나타났다. 즉, HUD 주행정보의 시인성을 높이기 위한 방안으로 배경과 글자의 휘도대비 이용을 고려해볼 수 있다.

REFERENCES

Birren, Faber. (2011). Color psychology and color therapy, Paju: Dongguk.
 Shin, J. S. (2002). Color representation, Seoul: Johyungsa.
 Ramsbottom. A., Sergeant. S., & Sheel. D., (1992). Proc SPIE 1667, 146-164
 Chao. W. & Sien Chi. J., (1998). Opt. 29, 95-103.
 Breeck, M. A., Frost. T., Windeln. W., (1991). Proc SPIE 1507, 394.
 Bruce, M. & Foster, J. J. (1982). The visibility of colored characters on colored backgrounds in view data displays, Visible Language, 16(4), 382-390.
 Choi, S. Y. Kim, M.Y. Jeo H.I. 외 3명 (2002). A Study on the Performance Index and visibility for

- LED Variable Message Sign (LED 도로전광표지 시스템에 대한 시인성 분석 및 성능 인자 연구), Journal of the Korean Institute of Electrical and Engineers Summer Conference, July, 10-12.
- Chung, W. C. (2001). Pixel-Counting Sensors (영상처리 기술), Instrumentation technology, 1-10.
- Cohen, A. S. (1980). Feed forward programming of car driver's eye movement behavior: A system theoretical approach. Final report volume one.
- Cole, F. R. Stromeyerand, C. F. III. & Kronauer, R. (1990). Visual interactions with luminance and chromatic stimuli, Journal of the Optical Society
- Gegenfurtner, K. & Kiper, D. (1992). Contrast detection in luminance and chromatic noise, Journal of the Optical Society of America A, 9(11), 1880
- Hill, A. & Scharff, LV. (1997). Readability Of Websites With Various Foreground/Background Color Combinations, Font Types And Word Styles, Proceedings of 11th National Conference on Undergraduate research, 742-746.
- Jung, H., Cho, K. J. & Han, K. H. (2006). The Impact of Brightness, Polarity, and Hue Difference on Legibility and Emotional Effect of Word in Visual Display (시각디스플레이에서 단어와 배경 간의 밝기, 대비부호, 색상차이에 따른 가독성 및 감성효과), Korean journal of cognitive science, 17(4), 337-356.
- Kim Sang-Hoon (2007). A Study on Essential Elements for Visibility Enhancement of Vehicle Cluster Gauge : Focused on South Korean Sedans (자동차 계기판 시인성 향상을 위한 시각적 필요요소에 관한 연구 : 국산 승용차를 중심으로), Journal of the Society of Korea illusart, 10(3), 81-88.
- Kim, S. H. (1999). A study of Color Preception Factor on Network Environment: Concentration on web-site environment (Network 환경에서의 색상 인지요소에 관한 연구: web-site 환경을 중심으로), Journal of the science of design, 2(4), 1-8.
- Knoblauch, K., Arditiand, A. & Szlyk, J. (1988). Reading rate depends on luminance contrast but not chromatic contrast, Investigative Ophthalmology and Visual Science (Suppl.), 29, 44.
- Lee J. S., Park J. C., Kim W. W. (2009). A Study on the Illuminance Distribution on the Pedestrian Road at the Central Business District for Classifying Lighting Environments (조명환경구역 구분을 위한 도심상업지역 보행자 도로의 조도분포 실태조사), Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, 23(6), 1-13.
- Lee, S. & Kim, J. (2007). An Experimental Study on the Impacts of Luminance Contrast Upon Readability in VDT Environments (휘도대비가 가독성에 미치는 영향에 대한 실험 연구: 화면 크기와 가독량을 고려한 휘도대비 가이드라인), Journal of the ergonomics society of Korea, 26(2), 21-33.
- Legge, G. E., Parish, D. H., Luebker, A. & Lee, H. W. (1990). Psychophysics of reading: Comparing color contrast and luminance contrast, Journal of Optical Society of America A, 7(10), 2002-2010.
- Legge, G. E., Rubin, G. S. & Luebker, A. (1987). Psychophysics of reading. V. The Role of Contrast In Normal Vision, Vision Research, 27(7), 1165-1177.
- Lin, C. C. (2003). Effects of contrast ratio and text color on visual performance with TFT-LCD, International Journal of Industrial Ergonomics, 31, 65-72.
- Ling, J. & Schaik, P. (2002). The effect of text and background colour on visual search of Web pages, Display, 23(5), 223-230.
- NTSTA (2011). National Phone Survey on Distracted Driving Attitudes and Behaviors, DOT HS 811 555
- Radl, G. W. (1980). Experimental investigations for optimal presentation-mode and colours of symbols on the CRT-screen, Proceedings of the In Ergonomic aspects of visual display terminals, 127-136.
- Rivlin, C, & Lewis, R. (1990). Guidelines For Screen Design, Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Rubin, G. S. & Legge, G. E. (1989). Psychophysics of reading. VI. The role of contrast in low vision, Vision Research, 29(1), 79-91.
- Shieh, K. & Lin, C. (2000). Effects of screen type, ambient illumination, and color combination on vdt visual performance and subjective preference,

International Journal of Industrial Ergonomics,
26(5), 527-536.

Tinker, M. A. (1963). Legibility of Print, Ames Iowa:
The Iowa State University Press.

Zwahlen, Helmut T, Adams, Charles CDeBals & David
P. (1988). Safety Aspects of CRT Touch Panel
Controls in Automobiles, Vision in Vehicles II.

Second International Conference on Vision in
Vehicles.

원고접수: 2013.05.30

수정접수: 2013.06.17

게재확정: 2013.06.24