

루미노 햅틱 디바이스의 색상 사용성 연구

이상진¹, 김병우^{2*}

¹울산대학교 대학원 전기전자정보시스템공학과, ²울산대학교 전기공학부

A Study on the Color Usability of Lumino Haptic Device

Sang-Jin Lee¹ and Byeong-Woo Kim^{2*}

¹Graduate school of Electrical Engineering, University of Ulsan

²School of Electrical Engineering, University of Ulsan

요 약 햅틱 장치는 기존 장치대비 보다 편리하고 정확하며 직관적 조작이 가능한 인간-기계 교류 장치이다. 이 연구의 목적은 햅틱 장치의 색상을 독립적인 설계 변수로 고려한 설계 인자의 운전자 반응을 정의하는 것이다. 본 논문에서는 기존의 촉각 피드백을 이용한 햅틱 장치의 인지능력을 증가시키는 방법에 대하여 연구하였다. 기존의 차량용 햅틱 장치에 색상 피드백을 더한 루미노 햅틱 디바이스를 이용하여 사용성 평가를 실시하였다. 감성 분석을 통하여 운전자가 갖는 햅틱 디바이스에 대한 감성분석을 도출하였다. 결과적으로 운전자를 만족시키는 설계 방향의 제안이 가능하였다.

Abstract Haptic device is regarded as the human machine interface technology for easier, more accurate, and intuitive operation. The purpose of this study is to define driver's affection on the haptic device in terms of its design factor : the color of haptic lighting as independent factor. This paper is studied to improve the cognitive ability of existing vehicle haptic device used by only a tactile feedback. On the color feedback usability evaluation, the lmino haptic device is used by adding color feedback to the existing vehicle haptic device. The emotional factor that driver has on the haptic device is extracted by the sensibility analysis. As a result, it is possible to suggest the design direction that satisfies the driver.

Key Words : Human machine interface, Lumino haptic device, Interface technology

1. 서론

최근 자동차 운전의 안전성 및 편의성 증대에 대한 욕구가 증대되면서 전장 부품과 IT 응용 부품의 채용이 확대되고 있다. 그러나 기존에 장착되어 있는 공조장치, 냉난방 장치, 오디오 외에 네비게이션, DMB와 같은 멀티미디어 기기들이 추가되면서 많은 기기들의 스위치수가 크게 증가하였다. 따라서 운전자들의 사용이 쉽지 않고 설계자들도 스위치의 배치가 복잡해져 설계의 자유도가 크게 감소되고 있다. 또한 차량 내부에서 편의장치 제어를 위한 단말기의 HMI(Human-machine interface)기술은 고도의 정확성, 신뢰성, 내구성뿐만 아니라 직관적인 인터

페이스가 요구된다. 이러한 사용자 인터페이스는 주행 편의성 제공과 함께 운전자의 주행 집중력을 감소시켜 안전 운행을 저해한다는 큰 문제점이 수반되고 있다. 이에 사용자로 하여금 주의력을 집중하지 않고 인터페이스의 직관적인 조작이 용이하도록 하는 기술이 개발되고 있는데, 햅틱(Haptic)기술이 그 한 예이다. 햅틱 기술은 이미 가상현실, 군사, 의료, 게임 등의 분야에서 광범위하게 기술적 진화가 이루어지고 다양한 응용분야로 확대되고 있다.

최근 다양한 분야에서 사용되고 있는 햅틱 디바이스는 이러한 사용자 인터페이스에 성공적으로 사용될 수 있는 기술적인 방법을 제공하였다. 이미 BMW는 I-Drive라는 햅틱 디바이스를 차량에 처음으로 적용하여 하나의 스위

*교신저자 : 김병우(bywokim@ulsan.ac.kr)

접수일 11년 10월 31일

수정일 12년 01월 04일

게재확정일 12년 01월 05일

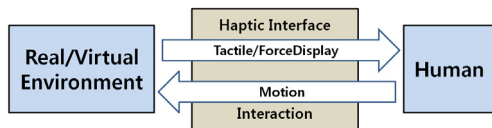
치료 다양한 기능을 제어할 수 있는 기기를 개발하였다. 따라서 사용자의 편리성을 증대 시켰으며, 최근 중대형 차량에 장착이 지속적으로 증대되고 있다.[1-2]

햅틱 디바이스의 조작에 대한 인지능력을 높이기 위해서는 햅틱 디바이스 조작에 따른 적절한 피드백이 필요하다. 피드백에는 오감(시각, 촉각, 청각, 미각, 후각)을 이용한 피드백이 있다. 기존의 햅틱 디바이스의 피드백에 대한 연구는 디바이스 사용에 대한 인지능력을 높이는 수단으로 입력에 대한 피드백으로 촉각의 주기와 강도를 바꾸어 다양한 촉각 피드백을 이용한 사용성 평가 위주로 연구되었다. 이 같은 연구조차도 차량용이 아닌 일반 산업분야나 가전분야에 대한 연구만 이루어지고 있는 실정이다.[3,4] 또한, 자동차 햅틱 장치를 실차에 장착하고 발광 색상에 따른 운전자 감성 및 정보인식 능력에 대한 정력적 분석은 실시하지 않았었다.

이에 본 연구에서는 기존의 촉각 피드백 위주의 햅틱 디바이스의 인지능력을 더욱 높이기 위하여 기존의 촉각 피드백에 그동안 적용되지 않았던 색상 피드백(광)을 부가한 루미노 햅틱 디바이스를 적용하였다. 또한, 차량용 햅틱 디바이스의 인지능력과 감성평가에 대한 사용성 평가 실험을 실시하여 가장 효율적인 색상을 제시하였다.

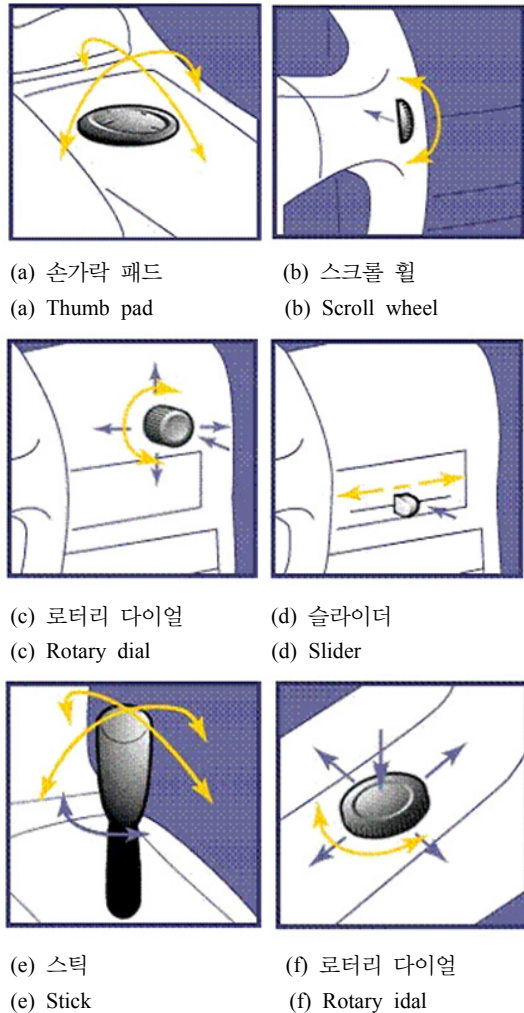
2. 루미노 햅틱 디바이스

햅틱 디바이스는 Fig. 1과 같이 인간의 운동(조작)정보를 감지하고, 인간에게 자극을 전달하는 양방향성 구조를 기본적으로 채용하고 있다. 햅틱 디바이스가 인간에게 자극을 전달하는 방법으로 촉각 피드백이 가장 많이 사용되어지고 있다.



[그림 1] 햅틱 디바이스의 동작 개념
[Fig. 1] Operation concept of haptic device

현재 차량 내에서 사용가능한 햅틱 디바이스들의 기구적인 형태로는 Fig. 2와 같이 손가락 패드, 스크롤 휠, 로터리 다이얼, 슬라이더, 스틱 등의 형태가 존재한다. 이런 다양한 디바이스들을 통합하여 하나의 햅틱 디바이스로 만들어진 것이 Fig. 3의 I-Drive 와 같은 햅틱 디바이스이다.



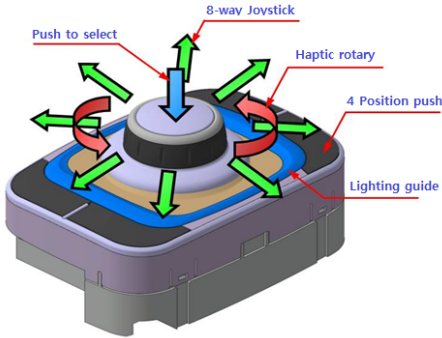
(a) 손가락 패드 (b) 스크롤 휠
(a) Thumb pad (b) Scroll wheel
(c) 로터리 다이얼 (d) 슬라이더
(c) Rotary dial (d) Slider
(e) 스틱 (f) 로터리 다이얼
(e) Stick (f) Rotary idal

[그림 2] 차량 내에서 사용가능한 다양한 햅틱 장치
[Fig. 2] Various haptic devices that can be used in a vehicles



[그림 3] BMW사의 차량용 햅틱 디바이스 I-Drive
[Fig. 3] BMW's vehicle haptic device I-drive

본 연구에서 사용된 루미노 햅틱 디바이스는 작동시 기존의 햅틱 디바이스와 같은 다양한 촉각 피드백 이용은 물론이고 색상 피드백을 이용하여 정확한 정보전달이 가능하게 된다. 이처럼 루미노 햅틱 디바이스는 다감각 피드백을 통한 정보 전달이 가능하기 때문에 운전자는 작동모드의 인지 범위를 보다 신속 정확하게 인지할 수 있다.[1-5]



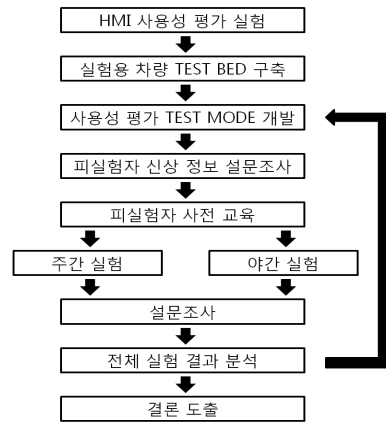
[그림 4] 루미노 햅틱 디바이스 구성도
[Fig. 4] Composition of lumino haptic device

3. 연구방법

루미노 햅틱 디바이스의 색상 사용성 평가 실험을 위해서 본 연구에서는 실험에 대한 통계학적 신뢰성을 얻기 위한 최소 인원인 30명을 실험에 활용하였다[6].

남녀 성별 비율과 연령별 비율은 국내 운전면허 소지 비율을 근거로 20대 8명, 30대 9명, 40대 8명, 50대 3명, 60이상 2명이며 남녀 비율은 6:4로 구성하여 실험을 실시하였다. 실험 참가자들은 시력과 색각적 이상(색약, 색맹)이 없는 사람들로 선정하였다.

Fig. 6과 같이 실험용 차량에 루미노 햅틱 디바이스를 장착하여 실험을 위한 테스트 베드를 구축하였다. 실험을 실시하기에 앞서 피 실험자를 대상으로 GUI 메뉴와 루미노 햅틱 디바이스의 사용법에 대해 교육을 실시하였고, 사용법을 충분히 익힐 수 있도록 연습 한 후 실험을 실시하였다. 선정된 각 색상군 별로 선정된 코스를 주행하며 피 실험자에게 과제를 제시하였고 피 실험자는 주어진 과제를 루미노 햅틱 디바이스를 이용하여 실시하였다. 각 색상군 별로 실험을 실시 한 후 설문지를 통하여 실험 데이터를 획득하였으며, 획득한 데이터베이스를 분석용 도구(MiniTab)을 이용하여 분석 및 평가를 하였다. 시각 피드백의 특성상 주변의 밝기에 영향을 받을 수 있기 때문에 실험은 주간과 야간으로 나누어 실시하여 각각 실험 결과를 도출하였다.



[그림 5] 사용성 평가 흐름도
[Fig. 5] Flow chart of usability evaluation



[그림 6] 테스트 베드 구성도
[Fig. 6] Structures of test bed

실험에 사용된 GUI의 메뉴는 Fig. 7와 같이 Phone, Audio, Radio, Sirius, Telematics, Status, Navigation, HVAC의 8가지 주요 기능으로 구분되어 있다. 루미노 햅틱 디바이스 GUI의 메인 메뉴가 8가지의 주요 기능으로 구분됨에 따라 면철 표색계를 바탕으로 각 기능별로 뚜렷하게 구분되는 명시성, 주목성이 높은 색채를 대표 컬러로 선정하였다.[7]



[그림 7] 루미노 햅틱 디바이스의 GUI 메뉴
[Fig. 7] GUI menu for lumino haptic device

선정된 대표 컬러 8가지의 색채를 채도와 명도를 4단계로 조절하여 다양한 감성적 효과를 불러일으킬 수 있도록 주요 색채 32가지를 선정하고, 이 색채들을 사용하여 실험을 실시하였다.



[그림 8] 루미노 햅틱 디바이스 사용성 평가를 위한 색상 [Fig. 8] Color of lumino haptic device for evaluation

시각 피드백의 사용성 평가를 위해 시인성, 안전성, 감성성, 효율성, 메뉴-색상간의 조화성, 만족도의 총 6가지 평가 항목을 선정하였다.

[표 1] 평가 항목 정의 [Table 1] The definition of factor for evaluation

평가항목	정의	평가 척도
시인성	색상의 변화가 명확하게 느껴지는 정도	7점
감성성	색상이 운전자의 감성에 미치는 영향	7점
안전성	햅틱 디바이스 조작 시 집중력을 저하시키는 정도	7점
효율성	색상 피드백을 이용해 조작 시 기기를 원활히 사용할 수 있는 정도	7점
메뉴-색상 조화성	메뉴와 색상간의 연관성 정도	7점
만족도	색상 피드백에 대한 전반적인 만족 정도	10점

실험 주행코스는 총 1.6km의 길이에 오르막이 380m(23.7%), 내리막 340m(21.3%), 평지(880m)이며, 방지턱 9개, 코너 12개로 구성되어 있으며, 총 9개의 구간으로 나누어져 있다.



[그림 9] HMI 평가를 위한 코스 [Fig. 9] Course for HMI experimentation

실험 주행코스의 각 구간에서 Table. 2의 수행과제를 부여한 후 피 실험자가 과제를 수행한 후 설문지를 작성하도록 하였다.

4. 연구결과 및 고찰

4.1 색상군 별 사용성 평가 결과

자동차 햅틱에 적용된 각 색상군별 평가결과를 살펴보면 시인성 Fig. 10(a) 과 안전성 Fig. 10(c) 의 경우 명도는 낮을수록 채도가 높을수록 평가 점수가 높음을 알 수 있었다. 이는 명도가 낮고 채도가 높을수록 색상간의 구별이 확실해져 시인성이 높아지기 때문이다.

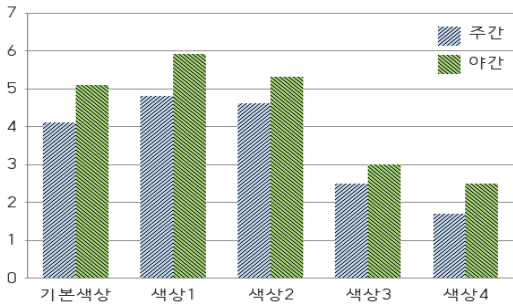
[표 2] 사용성 평가 결과 [Table 2] Results of usability evaluation

색상	시인성	감성성	안전성	효율성	만족도
기본색상	4.1 (5.1)	4.6 (5.4)	4.6 (5.2)	5.4 (5.6)	8.1
색상1	4.8 (5.9)	4.7 (5.2)	5.2 (5.7)	5.5 (5.7)	8.8
색상2	4.6 (5.3)	4.6 (5.1)	4.7 (5.4)	5.2 (5.5)	8.2
색상3	2.5 (3.0)	4.8 (5.0)	2.6 (3.3)	5.1 (5.4)	7.7
색상4	1.7 (2.5)	4.6 (5.0)	2.2 (2.5)	5.2 (5.2)	7.3

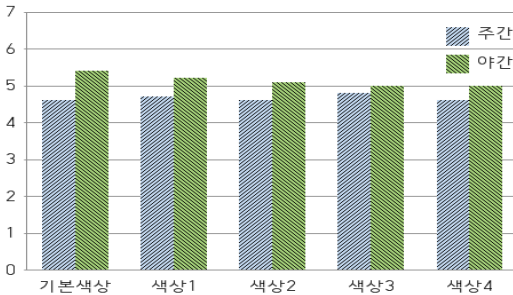
또한 시인성이 높을수록 주행 중 루미노 햅틱 디바이스의 조작 수행이 좋아 주행 집중력이 감소되는 양이 줄

어지기 때문에 안전성이 높아짐을 알 수 있다. 주간의 경우는 명도와 채도가 낮은 경우 시인성과 안전성이 매우 낮은 것을 볼 수 있는데 이는 주변 환경이 밝아서 색상의 변화를 쉽게 감지하지 못하기 때문이다.

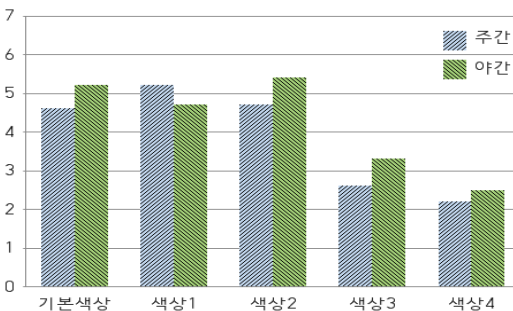
Fig. 10(b)과 같은 감성성, Fig. 10(d)와 같은 효율성의 경우, 색상 1 이 각각 5.2(5.7) 과 5.5(5.7) 로 평가점수가 가장 높게 나왔지만 다른 색상들과 큰 차이를 보이지 않고 있다.



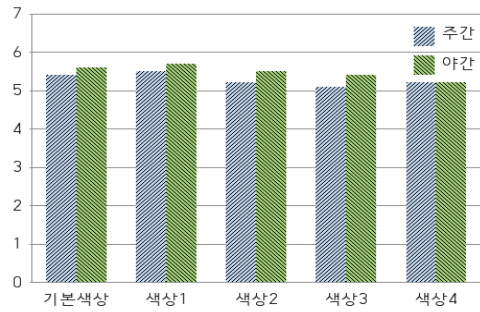
(a) 시인성 평가 그래프
(a) Visibility evaluation graph



(b) 감성성 평가 그래프
(b) Sensibility evaluation graph



(c) 안전성 평가 그래프
(c) Safety evaluation graph



(d) 효율성 평가 그래프

(d) Efficiency evaluation graph

[그림 10] 사용성 평가 결과 그래프

[Fig. 10] Usability evaluation graph

이는 루미노 햅틱 디바이스를 사용함으로 인하여 전반적으로 과업수행의 효율성이 좋다는 것을 의미한다. 전체적인 만족도 설문 조사 결과 색상1이 평균 8.867점으로 만족도가 가장 높게 나왔으며 색상4가 평균 7.367점으로 가장 낮게 나왔다.

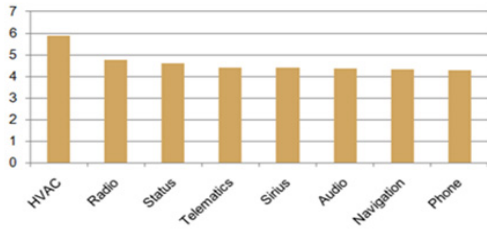
획득한 실험값을 이용하여 회귀분석을 통해 전체 만족도에 대한 전반적인 영향력을 분석한 결과 아래의 식 (1)을 도출할 수 있었다.

$$\text{만족도} = 4.33 + 0.270(\text{시인성}) + 0.0394(\text{감성성}) + 0.317(\text{안전성}) + 0.0616(\text{효율성}) \quad (R^2 = 0.917) \quad (1)$$

이 결과로 미루어 볼 때 루미노 햅틱의 색상 사용성 평가에서 큰 영향을 주는 것은 시인성과 안전성임을 확인하였다.[6] 감성성과 효율성의 경우 색상군에 관계없이 비슷한 결과 값이 나왔고, 다른 인자의 경우는 만족도와 같은 결과가 도출되었다. 이 결과를 바탕으로 색상1->색상2->기본색상->색상3->색상4의 순으로 전체적인 사용성이 높음을 알 수 있었다.

4.2 메뉴-색상 조화성

메뉴와 색상간의 조화성 설문 결과를 살펴보면 HVAC의 경우 평가점수가 5.9점(연관성이 있다)으로 나타났으며 다른 메뉴의 경우에는 평균 4-5점(보통이다) 사이로 나타났다. 자동차 HVAC 메뉴의 경우 연관성이 있는 것으로 결과가 나왔으므로 메뉴의 선택 시 식별이 쉬울 것이나, 다른 메뉴의 경우는 연관성이 보통으로 나왔기 때문에 색상 피드백에 관한 학습효과가 필요할 것이다.



[그림 11] 햅틱 메뉴와 색상 조화성
[Fig. 11] Harmony of haptic menu and color

5. 결론

본 연구는 루미노 햅틱 디바이스를 이용하여 시각피드백이 운전자의 직관력과 감성에 미치는 영향에 대해 사용성 평가를 실시하고 가장 효율적인 색상에 대해 분석하였다.

- 1) 본 연구를 통하여 색상의 명도와 채도가 달라짐에 따라 운전자의 직관력과 감성에 미치는 영향에 대해 확인할 수 있었는데, 명도가 낮고 채도가 높을수록 사용성 평가에 대한 결과가 우수하였다.
- 2) 루미노 햅틱 디바이스의 색상 사용성 평가에서 전체적인 만족도는 시인성과 안전성에 큰 영향을 받았으나 감성성과 효율성은 상대적으로 영향을 적게 주는 것을 확인할 수 있었다.
- 3) 본 연구를 통해서 루미노 햅틱 디바이스의 색상과 제어 메뉴간의 상관관계를 알 수 있었고 시각 피드백의 직관력을 높이기 위해서 학습효과가 필요함을 알 수 있었다.
- 4) 본 연구에서 실시한 통계적인 방법과 함께 생체정보에 대한 분석을 가미한 사람의 감성평가에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

References

- [1] Jin-Suk Ma and Hung-Nam Kim, "A Recent Development of haptic devices for telematics Control Units", Journal of KIEE, Vol .2004, No. 11, pp.406-409, 2004.
- [2] Jin-Myung Woo, "VRDS based approach on the opimal design of a in-vehicle display system with haptic knob" p.106, graduation thesis for master degree of Sungkyunkwan university, 2011.
- [3] Tan-Young, "A study on the evaluation of the changes in tactile feedback design elements", p.130, A graduation thesis for master degree of Korea advanced institute of

science and technology, 2003

- [4] Jun-Seok Park, "Development of smart haptic interface device", p.274, the Ministry of Information and Communication, 2007.
- [5] Chang-Kyu Han, Jung-Hoo Bae, Dae-Woo Kwon, Lee-Hwa Jung and Jun-ho Gohng, "Development of the lumino haptic switch module based on dual mode feedback for DIS", pp.488-488, Anniversary Conference of KSAE, 2008.
- [6] Seung-Hun Lee, "Engineering Statistics and Data Analysis using Minitab.", pp179-244, pp299-386, Eretec, March, 2008.
- [7] So-Young Kyung, Kyung-Wook Park, Joon-ah Park and Jin-Woo Kim, "A color navigation system for effective perceived structure: Focused on hierarchical menu structure in small display", Journal of Korean society of design science, Vol. 48, pp167-180, 2002.

이 상 진(Sang-Jin Lee)

[준회원]



- 2011년 2월 : 울산대학교 전기전자정보시스템 공학 졸업(학사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 울산대학교 전기공학부 석사과정

<관심분야>
전자제어

김 병 우(Byeong-Woo Kim)

[정회원]



- 1990년 2월 : 한양대학교 정밀기계공학과 졸업(석사)
- 2002년 2월 : 한양대학교 정밀기계공학과(박사)
- 1989년 4월 : 일본 KOSAKA 연구소 초빙연구원
- 1994년 1월 ~ 2006년 2월 : 자동차부품연구원 전자기술연구센터장
- 2006년 3월 ~ 현재 : 울산대학교 전기전자정보시스템 공학부 부교수

<관심분야>
전자제어