

## 차량용 햅틱 디바이스의 다감각 사용성 평가 연구

김현석<sup>1</sup>, 이상진<sup>1</sup>, 김병우<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>울산대학교 대학원 전기전자정보시스템공학과, <sup>2</sup>울산대학교 전기공학부

### A Study on the Multi-sensory Usability Evaluation of Haptic Device in Vehicle

Hyeon-Seok Kim<sup>1</sup>, Sang-Jin Lee<sup>1</sup> and Byeong-Woo Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate school of Electrical Engineering, University of Ulsan

<sup>2</sup>School of Electrical Engineering, University of Ulsan

**요약** 햅틱 장치는 기존 장치대비 보다 편리하고 정확하며 직관적 조작이 가능한 인간-기계 교류 장치이다. 본 논문의 목적은 기존의 촉각 피드백만을 이용한 차량용 햅틱 장치의 인지능력을 향상 시키는 방법에 대하여 연구하는 것이다. 본 연구에서는 기존의 촉각 피드백만을 이용한 차량용 햅틱 장치에 청각 피드백을 더한 다감각 피드백을 이용하여 사용성 평가를 실시하였다. 감성 분석을 통해서 운전자가 갖는 햅틱 장치에 대한 감성분석을 도출하였다. 연구결과들로부터 햅틱 장치의 구현에 필요한 몇 가지 고려사항과 방향을 제공하고 발전 가능성을 확인할 수 있었다. 또한 운전자를 만족시키는 설계 방향의 제안이 가능하였다.

**Abstract** A haptic device is regarded as the human machine interface technology for easier, more accurate, and intuitive operation. The purpose of this paper is to study how to improve the cognitive ability of the existing vehicle haptic device used only tactile feedback. In this study, usability evaluation used the multi-sensory feedback which is adding auditory feedback to the existing tactile feedback. The emotional factor that drivers have on the haptic device is extracted by the sensibility analysis. The result of study provides some consideration and direction to need in implementation of a haptic device and it also confirms their possibility meaningfully. And it is possible to suggest the design direction that satisfies the driver.

**Key Words** : Human-machine interface, Haptic device, Multi-sensory feedback, Interface technology

### 1. 서론

최근 자동차 운전의 안전성 및 편의성 증대에 대한 욕구가 증대되면서 전장 부품과 IT응용 부품의 채용이 확대되고 있다. 그러나 기존에 장착되어 있는 공조장치, 냉난방 장치, 오디오 외에 내비게이션 DMB와 같은 멀티미디어 기기들이 추가되면서 많은 기기들의 스위치수가 크게 증가하였다. 따라서 운전자들의 사용이 쉽지 않고 설계자들도 스위치의 배치가 복잡해져 설계의 자유도가 크

게 감소되고 있다. 또한 차량 내부에서 편의장치 제어를 위한 단말기의 HMI(Human-machine interface)기술은 고도의 정확성, 신뢰성, 내구성뿐만 아니라 직관적인 인터페이스가 요구된다. 이러한 사용자 인터페이스는 주행 편의성 제공과 함께 운전자의 주행 집중력을 감소시켜 안전 운행을 저해한다는 큰 문제점을 가진다. 이에 사용자로 하여금 주의력을 집중하지 않고 인터페이스의 직관적인 조작이 용이하도록 하는 기술이 개발되고 있는데, 햅틱(Haptic)기술이 그 한 예이다. 햅틱 기술은 이미 가상현

본 연구는 울산대학교 학부 일류화사업 일환으로 수행된 논문입니다.

\*Corresponding Author : Byeong-Woo Kim

Tel: +82-10-3413-6018 email: bywokim@ulsan.ac.kr

접수일 12년 10월 17일

수정일 12년 11월 06일

게재확정일 12년 11월 08일

실, 군사, 의료, 게임 등의 분야에서 광범위하게 기술적 진화가 이루어지고 다양한 응용분야로 확대되고 있다.[1]

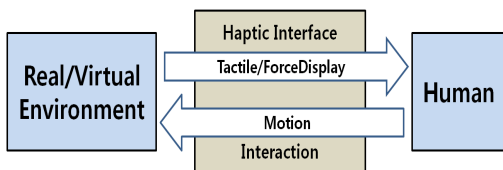
최근 다양한 분야에서 사용되고 있는 햅틱 디바이스는 이러한 사용자 인터페이스에 성공적으로 사용될 수 있는 기술적인 방법을 제공하였다. 이미 세계 완성차 업체들이 다양한 차량에 햅틱 디바이스를 적용하여 하나의 스위치로 다양한 기능을 제어할 수 있는 기기가 사용되고 있다.[2]

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 진행되었다. 또한, 이 같은 연구는 차량용이 아닌 일반 산업분야나 가전분야에서 실시되었다.[3-4] 그러나, 자동차 햅틱 장치를 실차에 장착하고 촉각 피드백 외에 다른 감각피드백과의 운전자 감성 및 정보인식 능력에 대한 정량적 분석은 실시하지 않았었다.

따라서, 본 연구에서는 기존의 촉각 피드백 위주의 햅틱 디바이스의 인지능력을 더욱 향상시키기 위하여 촉각 피드백과 함께 가장 집중력 수준이 높은 청각 피드백을 추가하였다.[5] 이 같은 다감각 피드백을 이용한 차량용 햅틱 디바이스의 인지능력과 감성평가를 실시하여 가장 효율적인 정보제공 방법을 제시하였다.

## 2. 햅틱 디바이스

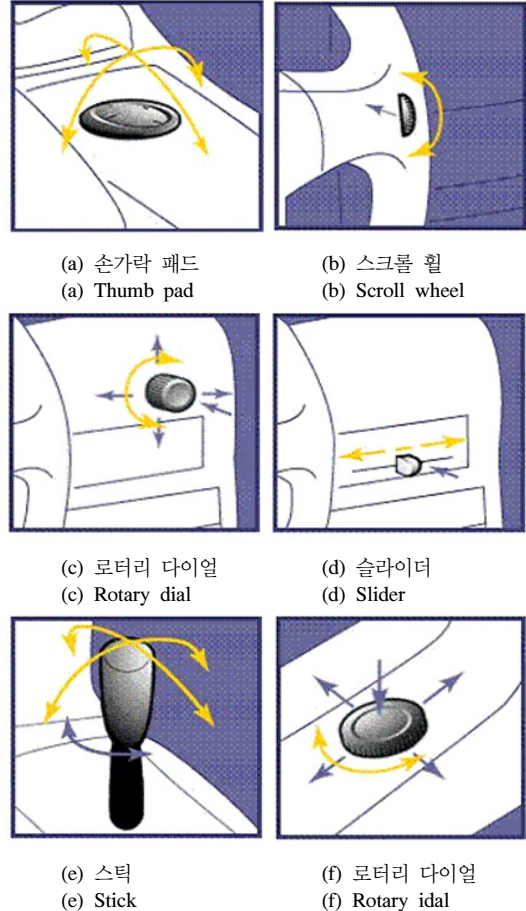
햅틱 디바이스는 Fig.1과 같이 인간의 운동(조작)정보를 감지하고, 인간에게 자극을 전달하는 양방향성 구조를 기본적으로 채용하고 있다. 햅틱 디바이스가 인간에게 자극을 전달하는 방법으로 촉각 피드백이 가장 많이 사용되고 있다.



[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, 로

터리 다이얼, 슬라이더, 스틱 등의 형태가 존재 한다. 이런 다양한 디바이스들의 기능을 통합하여 만들어진 것이 Fig. 3과 같은 햅틱 디바이스이다.[1]



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



[그림 3] 햅틱 디바이스  
[Fig. 3] Haptic Device

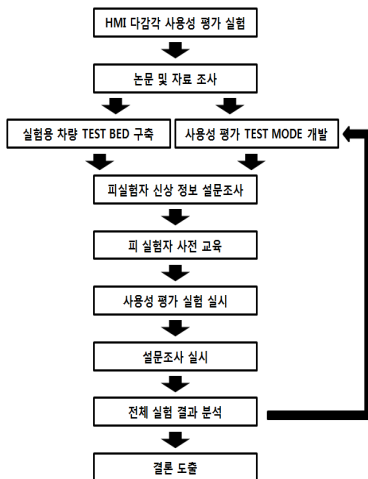
[표 1] 실험에 사용된 햅틱 디바이스의 사양  
 [Table 1] Specifications of haptic device used in the experiment.

| Item               |        | Specification              |
|--------------------|--------|----------------------------|
| Operating Function |        | rotary, Center Push, Slide |
| Slide Direction    |        | 4-direction                |
| Rotation Rate      |        | 1 : 6.4                    |
| Size               |        | 136 × 171 × 86.3 (mm)      |
| Center Push        | Force  | 800 ± 80 (gf)              |
|                    | Stroke | 1.2 ± 0.2 (mm)             |
| Slide              | Force  | 800 ± 80 (gf)              |
|                    | Stroke | 2.3 ± 0.3 (mm)             |

본 연구에서 사용된 햅틱 디바이스는 기존의 햅틱 디바이스와 같은 다양한 촉각 피드백 이용은 물론이고 촉각 피드백을 이용하여 더욱 정확한 정보전달이 가능하게 된다. 이처럼 햅틱 디바이스는 다감각 피드백을 통한 정보 전달이 가능하기 때문에 운전자는 작동모드의 인지범위를 보다 신속 정확하게 인지할 수 있게 된다.[1,5]

### 3. 연구방법

햅틱 디바이스의 사용성 평가 실험을 위해서 본 실험에는 총 40명의 인원이 참가하였다. 남녀 성별 비율과 연령별 비율은 국내 운전면허 소지 비율을 근거로 20대 11명, 30대 12명, 40대 11명, 50대 이상 6명이며 남녀 비율은 6:4로 구성되어 실험을 실시하였다.



[그림 4] 사용성 평가 흐름도  
 [Fig. 4] Flow chart of usability evaluation



[그림 5] 테스트 베드 구성도  
 [Fig. 5] Configuration of haptic test bed

실험을 위해 실험용 차량(SUV차량)에 햅틱 디바이스를 장착하여 Fig. 5와 같은 실차 테스트베드를 구축하였다. 실험을 실시하기에 앞서 피 실험자를 대상으로 햅틱 디바이스의 사용법과 GUI메뉴에 대해 교육을 실시하였고, 사용법을 충분히 익힐 수 있도록 연습 한 후에 실험을 실시하였다. 실험을 위해 선정된 코스를 주행하며 피 실험자에게 과제를 제시하였고 피 실험자는 주어진 과제를 햅틱 디바이스를 이용하여 평가를 실시하였다.

[표 2] 촉각피드백의 구성요소  
 [Table 2] The elements of the tactile feedback

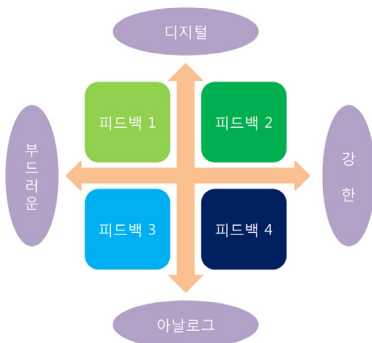
| Menu            |                  | TRIP 컴퓨터      | MAIN 메뉴       | DEPTH 1리스트    | DEPTH 2리스트 |
|-----------------|------------------|---------------|---------------|---------------|------------|
| Effect 구성       | 주요 parameters    |               |               |               |            |
|                 | Width            | 0.10          | 0.14          | 0.10          | 0.10       |
| Main Detent     | Magnitude [%]    | 79.53         | 100           | 59.06         | 59.06      |
|                 | Detent type      | Full Triangle | Full Triangle | Half Triangle | Half Sine  |
|                 | Detent width [%] | 100           | 100           | 100           | 100        |
| Periodic effect | Periodic type    | Sine          | -             | Sine          | Sine       |
|                 | Magnitude [%]    | 60            | -             | 30            | 40         |
|                 | Period           | 5             | -             | 10            | 5          |

실험에 사용되어진 다감각 피드백은 Table 2의 기본적인 진동 패턴을 이용한 촉각 피드백을 사용하였고, 청각 피드백용 사운드는 Table 3의 15가지의 햅틱 디바이스 동작에 대한 사운드를 Fig. 6과 같이 사용자의 취향에 따라 4개의 그룹으로 나누어 총 60개의 이어콘(Earcons)사운드를 선정하였다.[6]

[표 3] 실험에 사용된 사운드 피드백의 종류

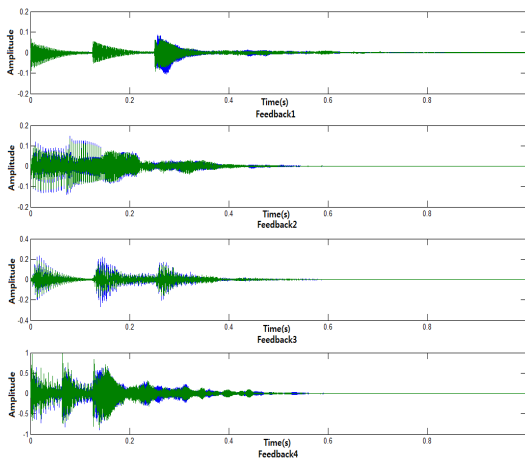
[Table 3] Types of sound feedback used in the experiment

| Sound number | Operation of haptic device |
|--------------|----------------------------|
| 1            | On                         |
| 2            | Off                        |
| 3            | Up                         |
| 4            | Down                       |
| 5            | Confirm                    |
| 6            | Cancel                     |
| 7            | Warning                    |
| 8            | Top menu move              |
| 9            | Slide                      |
| 10           | Long press key             |
| 11           | Slide plus                 |
| 12           | Slide Minus                |
| 13           | Left direction             |
| 14           | right direction            |
| 15           | Return                     |



[그림 6] 햅틱 디바이스의 패턴

[Fig. 6] Sound patterns of haptic device



[그림 7] 'On' 사운드의 그룹별 파형

[Fig. 7] The waveform of the sound 'On'

[표 4] 실험에 사용된 사운드 피드백의 정의

[Table 4] The definition of the sound feedback

| 피드백   | 피드백의 정의    | 음성 형태의 정성적 정의                                      |
|-------|------------|--|
| 피드백 1 | 부드러운 디지털음  | 부드러운 사운드를 채용하고 디지털음을 사용함으로써 세련된 느낌을 구현함            |
| 피드백 2 | 강한 디지털음    | 강한 사운드를 채용하여 힘 있고 다이내믹한 첨단 메커니즘의 느낌을 구현            |
| 피드백 3 | 부드러운 아날로그음 | 사용자에게 익숙한 아날로그 음성 채용과 부드러운 사운드로 고급차량의 느낌을 구현       |
| 피드백 4 | 강한 아날로그음   | 타악기 요소를 추가하여 힘 있고 명료한 사운드. 더불어 자극적이지 않고 중후한 느낌을 부가 |

청각 사운드 그룹별 경우 수는 Table 4와 같이 구분하였다. 구분된 그룹별 촉각 피드백과 청각 피드백의 사용성 평가를 위해 Table 5의 심미성, 유의성, 조작력, 정확성, 명확성, 만족도의 총 6가지 평가 항목을 설정하였다.[3]

[표 5] 평가 항목 정의

[Table 5] The definition of factor for evaluation

| 평가항목 | 정의                                | 평가척도 |
|------|-----------------------------------|------|
| 심미성  | 다감각 피드백이 사용자에게 호감을 주는 정도          | 7점   |
| 유의성  | 다감각 피드백과 조작메뉴간의 연관성               | 7점   |
| 조작력  | 디바이스를 이용한 조작력에 대한 만족도             | 7점   |
| 정확성  | 디바이스를 이용한 메뉴 조작의 정확한 정도           | 7점   |
| 명확성  | 디바이스 조작 시 다감각 피드백의 명확한 정도         | 7점   |
| 만족도  | 다감각 피드백을 이용한 디바이스 사용에 대한 전반적인 만족도 | 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 나누었다.

실험 주행코스의 각 구간에서 햅틱 디바이스의 15가지 기본동작에 대한 수행과제를 주어준 후, 피 실험자가 주행 중 햅틱 디바이스를 이용해 15가지의 기본동작을 수행하도록 한 후 설문지를 작성을 통하여 실험 데이터를 획득 하였다. 획득한 실험 데이터를 분석용 도구 (MiniTab)을 이용하여 분석 및 평가를 실시하였다.



[그림 8] HMI 평가를 위한 코스  
[Fig. 8] Test course for HMI evaluation of haptic

### 4. 연구결과 및 고찰

차량용 햅틱 디바이스에 적용된 각 콘셉트별 평가 결과 살펴보았다. 심미성의 경우, Fig. 9(a)과 같이 강한 사운드 보다 부드러운 사운드의 사용성 평가 점수가 높게 발생되었다. 이는 사용자가 강한 사운드 보다 부드러운 사운드를 선호함에 기인하는 현상이라 판단된다. 유의성인 경우, Fig. 9(b)과 같이 강한 사운드가 부드러운 사운드보다 평가 점수가 높게 발생되었다. 그러나, 전체 평가대상의 평균값이 3.5점 정도에 머물러 있기 때문에 전체적인 사운드가 조작 메뉴에 미치는 연관성은 낮게 발생되었다. 이는 실험에 사용된 사운드가 자연음이 아니라 임의로 만들어진 인공 사운드(이어콘)이기 때문에

[표 6] 사용성 평가 실험결과  
[Table 6] Results of usability evaluation

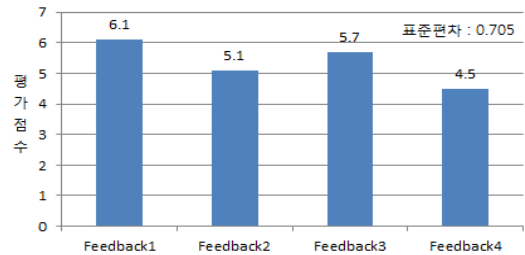
평균(표준편차)

| 구 분   | 심미성            | 유의성            | 조작력            | 정확성            | 명확성            | 만족도            |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 피드백 1 | 6.1<br>(0.884) | 3.4<br>(1.074) | 5.4<br>(0.897) | 6.0<br>(0.718) | 5.9<br>(0.844) | 8.4<br>(1.162) |
| 피드백 2 | 5.1<br>(1.074) | 3.7<br>(0.827) | 5.6<br>(1.003) | 5.7<br>(0.784) | 6.1<br>(0.739) | 7.1<br>(1.613) |
| 피드백 3 | 5.7<br>(0.922) | 3.2<br>(1.250) | 5.5<br>(0.973) | 5.9<br>(0.730) | 6.2<br>(0.746) | 7.8<br>(1.430) |
| 피드백 4 | 4.5<br>(1.008) | 3.5<br>(1.201) | 5.8<br>(1.006) | 5.8<br>(0.846) | 5.7<br>(0.987) | 6.7<br>(1.556) |

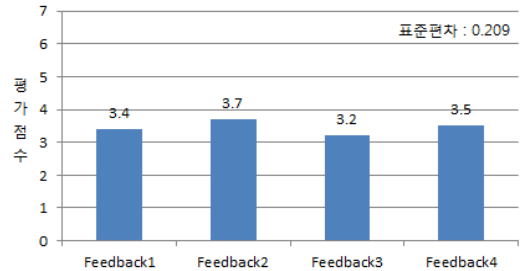
발생되는 현상이다.[6] 그러나, 사용자가 인공적인 사운드의 패턴에 익숙해지면 햅틱 메뉴와의 유의성은 높아질 수 있을 것이다. 그리고 더욱 유의성이 높은 사운드를 개발 하기위한 연구 역시 수반되어야 할 것이다.

또한, 조작력 Fig. 9(c)와 정확성 Fig. 9(d), 명확성 Fig. 9(e)의 경우는 각 콘셉트별 평가점수의 차이가 크지 않고

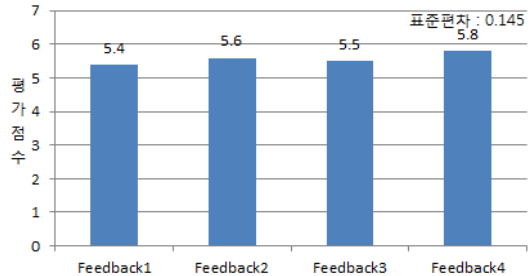
평균 5.5~6.0점 인 것을 알 수 있다. 이를 통하여, 햅틱 디바이스를 사용하게 되면 각 사운드 유형별 사용성은 전반적으로 성능이 향상되었는데, 유형별 편차는 거의 발생하지 않았다.



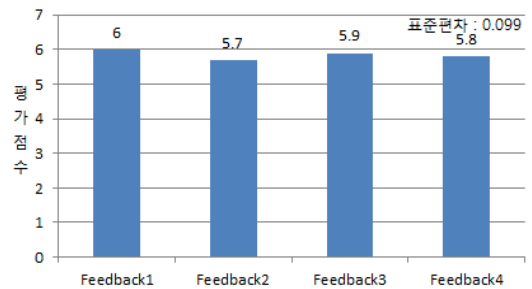
(a) 심미성 평가 그래프  
(a) Aesthetic evaluation graph



(b) 유의성 평가 그래프  
(b) Significance evaluation graph

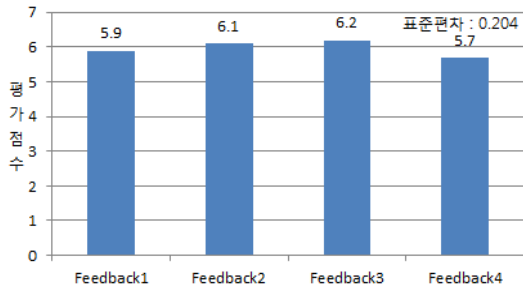


(c) 조작력 평가 그래프  
(c) Operation ability evaluation graph

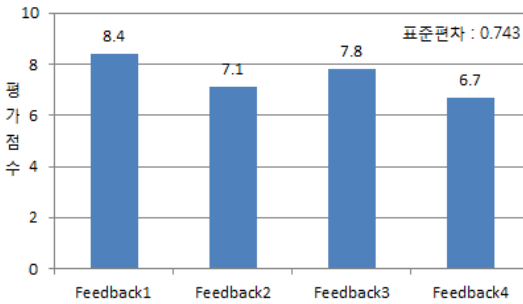


(d) 정확성 평가 그래프  
(d) Clarity evaluation graph





(e) 명확성 평가 그래프  
(e) Accuracy evaluation graph

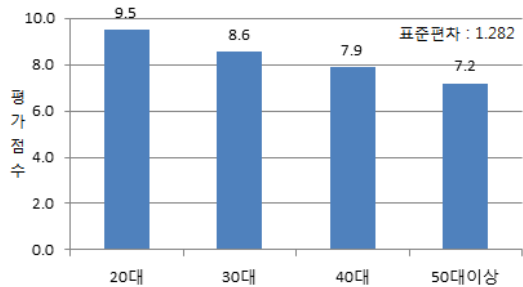


(f) 만족도 평가 그래프  
(f) Satisfaction evaluation graph

[그림 9] 사용성 평가 결과 그래프  
[Fig. 9] The graph of usability evaluation result

햅틱 디바이스 피드백에 대한 전체적인 만족도 설문조사 결과 피드백1이 평균 8.4점으로 만족도가 가장 높게 나왔으며 피드백4가 평균 6.7점으로 가장 낮게 발생되었다.

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



[그림 10] 연령별 만족도 결과 그래프  
[Fig. 10] The graph of satisfaction evaluation by age difference

$$\begin{aligned} \text{만족도} = & 0.172+0.863(\text{심미성})+0.103(\text{유의성}) \\ & +0.090(\text{조작력})+0.167(\text{정확성})+0.106(\text{명확성}) \\ & (R^2=0.935) \end{aligned} \quad (1)$$

이 결과로 미루어 볼 때, 햅틱 디바이스의 다감각 사용성 평가에서 큰 영향을 주는 것은 심미성과 정확성임을 확인하였다.[7] 그중에서도 심미성의 경우 만족도에 큰 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 이 결과를 바탕으로 피드백1 → 피드백3 → 피드백2 → 피드백4의 순으로 전체적인 사용성이 높음을 알 수 있었다.

또한, 연령대별 만족도에 대해 분석을 하기위해 사용성이 가장 높은 피드백1의 연령별 만족도를 이용하여 분석을 실시하였다. 만족도의 연령별 차이의 유의성에 대해 검증하기 위해서 Kruskal-Wallis 검정을 실시한 결과 P값이 0.004로 유의수준( $\alpha = 0.01$ )보다 작기 때문에 연령별 만족도에 차이가 있음이 유의한 것으로 나타났다. 또한, Fig. 10의 연령대별 만족도 그래프를 살펴보면 연령이 낮은 쪽의 만족도가 연령이 높은 쪽의 만족도보다 평균적으로 높음을 알 수 있다. 높은 연령층의 경우, 기존 기계기반의 입력 디바이스에 익숙해져 새로운 형식의 햅틱 디바이스에 적응하고 받아들이는 것에 거부감이 존재하기 때문이라 판단된다. 반면에 젊은 연령대의 사람들은 새로운 IT 응용 기기에 대한 거부감이 적고 적용성이 우수하기 때문에 만족도가 높게 나타났다. 따라서, 노인층 사용자들의 만족도를 높이기위해서 햅틱 디바이스의 지속적인 사용을 통한 새로운 IT 기기에 대한 습득 훈련과 노인층에 거부감이 적은 햅틱 HW 시스템의 간략화도 고려해 봐야 할 것이다.

## 5. 결론

본 연구는 햅틱 디바이스를 이용하여 다감각 피드백이 운전자의 직관력과 감성에 미치는 영향을 비교분석하였다. 또한, 이에 대한 객관적인 사용성 평가를 실시하고 가장 효율적인 피드백 영향도를 분석하였다.

- 1) 본 연구를 통하여 청각 피드백의 강함과 부드러움, 디지털과 아날로그 음에 따라 운전자의 직관력과 감성에 미치는 영향에 대해 확인할 수 있었고, 주행 중 햅틱 피드백을 사용함에 있어서 부드러운 디지털 음일수록 사용성 평가에 대한 결과가 우수하였다.
- 2) 햅틱 디바이스의 사용성 평가 결과, 전체적인 만족도는 심미성과 조작력에 큰 영향을 받았으나 유의성과 정확성, 명확성의 영향은 작게 받았음을 확인하였다.

- 3) 청각 피드백의 경우, 햅틱 조작 메뉴와의 유의성을 높이기 위해서는 지속적인 사용을 통한 학습효과 증대 노력과 메뉴에 대한 유의성이 높은 사운드의 연구개발이 요구되었다.
- 4) 전체적으로 햅틱 디바이스의 만족도를 높이기 위해서는 햅틱 디바이스 사용에 대한 적응력 및 디바이스 간략화 필요성을 확인하였다.

### 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 optimal design of a in-vehicle display system with haptic knob" pp. 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", A graduation thesis for master degree of Korea advanced institute of science and technology, pp. 130, 2003.
- [4] Jun-Seok Park, "Development of smart haptic interface device", the Ministry of Information and Communication, pp. 274, 2007.
- [5] Hye-Jeong Hyun, Min-Cheol Hwang, "A Effect on Attention Recovery by Different Modal Feedback", 2006 Fall Conference of Ergonomics Society of Korea, pp. 430-433, 2006
- [6] Bo-Min Kim, Joo-Yeon Lee and Kyung-Won chung, "A Study on the Suitability of Sound Feedback in Product User Interface", Journal of Korean Society of Design Science, Vol. 21, No. 5, pp. 5-14, 2008.
- [7] Seung-Hun Lee, "Engineering Statistics and Data Analysis using Minitab", pp. 299-386, Eretec, 2008.

---

#### 김 현 석(Hyeon-Seok Kim)

[준회원]



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

<관심분야>  
전자제어

---

#### 이 상 진(Sangl-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 KOSAKA연구소 초빙연구원

- 1994년 1월 ~ 2006년 2월 : 자동차 부품연구원 정장 기술연구센터장
- 2006년 3월 ~ 현재 : 울산대학교 전기전자정보시스템 공학부 부교수

<관심분야>  
전자제어