Title

An Ergonomic Shape Design of Automotive Push-Return Switches

ABSTRACT

Objective: 본 연구의 목표는 차량 내 조작 환경에서 스위치 외부 요소인 각도와 곡률에 대하여 조작감에 미치는 영향을 파악하고 최적 대안을 제시하고자 한다.

Background: 제품에 대한 사용자 요구사항은 기능 및 성능적 측면 중심에서 고객이 이들의 요구사항을 반영할 수 있는 고객주도형으로 바뀌어 가고 있다. 차량 내 정보조작은 HMI로써 이루어지며 push 버튼은 가장 직관적인 HMI로써 활용되고 있다. 따라서 가장 널리 활용되는 Push 버튼은 고객의 선호 및 만족을 반영한 제품개발이 필요한 실정이다.

Method: 기존 문헌조사를 통해 조작감에 영향을 미치는 스위치 외부 변수인 각도와 곡률을 도출했으며 실험 대안을 구성하기 위한 단계는 다음과 같다. (1) 기존 연구에서 제시된 내부 특성치의 반영을 위해 스위치 어셈블리를 분해하여 Tactile Switch를 교체하였다. (2) Design Software를 활용하여 도면 작성 후, 3D printer를 활용해 이를 인쇄하여 스위치 어셈블리 위에 부착하였다. (3) Driving Simulator를 활용하여 조작만족도 평가를 진행하였다.

Result: 스위치 외부요소인 각도와 곡률 두 변수 모두 조작감에 유의한 영향을 미쳤으며 이들간 상호작용 효과는 유의하지 않았다. 따라서 이를 고려하여 최적대안을 제시하였다.

Conclusion: 본 연구는 차량 내 조작 환경에서 조작감에 영향을 미치는 외부 요소에 대하여 이들이 조작 만족감에 미치는 영향을 살펴보았으며 이를 토대로 센터페시아 스위치 설계의 가이드 라인을 제시하였다.

Application: 자동차 스위치 설계의 기초자료로 활용될 수 있으며, 차량 내 환경과 유사한 다양한 산업에서의 스위치 설계에 응용될 수 있을 것으로 예상된다.

Keywords

Feel of operation, Automotive Switch, Curvature, Angle, Satisfaction

1. Introduction

기존의 제품에 대한 사용자 요구사항은 기능 및 성능적 측면에 국한되어 왔다. 그러나 소득 수준의 향상 및 사회문화적 발전에 따라 사용자들의 요구사항이 다양한 부분으로 확장되고 신속히 변하는 추세에 있으며 경쟁이 높아짐에 따라 제품의 성능 및 품질이 상향 평준화 되어 이는 더 이상 제품개발에서의 경쟁력이 되지 못하고 있다(Lai et al., 2006). 이에 따라 제품 개발 프로세스는 과거의 생산자 주도형에서 고객이 제품개발에 참여하여 이들의 요구사항을 반영할 수 있게 하는 사용자 주도형으로 바뀌어 오고 있다(Foxall and Johnston, 1989). 따라서 이러한 환경에서 고객의 필요(needs)와 선호도(Preference)를 명확하게 파악하는 것은 기업생존에서 최대 관심사이자 필수적 요건으로 변화되었으며 고객관점에서 제품을 어떻게 인식, 이해하는지에 대한 설계자의 이해가 요구된다(Hsu et al., 2000; Krippendorff, 1998; Lin et al., 1996). 자동차 시장도 이러한 제품 개발 패러다임의 변화에 맞춰 Exterior, Interior 뿐만 아니라 운전자와 자동차 사이의 HMI(Human Machine Interaction)설계에도 소비자의 선호(Preference)를 반영하여 소비자 만족을 향상시키려 노력하고 있다(white, 2001).

자동차는 단순한 운송수단을 넘어 필수품으로 현대인에게 자리 잡혀 있으며, 운전자들은 단순 주행에 따른 기능적인 부분뿐만 아니라 다양한 정보 조작을 위한 사용성 및 그에 따른 만족감을 고려하게 되었다(Park et al., 2010; Jung, 1997;). 자동차 내의 정보조작은 HMI로써 이루어지며 HMI란 사용자가 주행 또는 비주행 중에 차량 내부 및 외부 상황을 인지하고 운전자(Human)와 차량(Machine)간 발생하는 상호작용(interaction)을 운전자가 이해하여 조작할 수 있는 모든 수단 및 장치를 의미한다(Yang and Kang, 2008; Jung and Lee, 2014). 이러한 HMI의 종류로는 크게 터치스크린과 물리적 스위치의 종류인 Knob, Push Button 등이 있다(Kim et al., 2014).

운전자는 주행이라는 1차 과업(Primary task)을 위해 스티어링 휠 조작 및 페달 조작 등 여러 행동을 위한 시각적, 신체적 능력이 요구된다. 차내 공조기능을 조작하거나, 인포테인먼트 기능을 조작하는 과업 등은 주행 외적인 측면으로써 2차 과업(Secondary Task)으로 정의된다(Lansdown et al., 2004; Young et al., 2007). 이러한 2차 과업은 운전자를 주행과 관련 없는 정보로 집중시켜, 주행에 필요한 주의집중력을 불충분하게 만들어 주의분산을 야기시키며 이는 자동차 사고 발생의 주요한 원인이다(No and Lee, 2015; Stutts et al., 2001). 2차 과업(Secondary task)으로 야기된 주의분산으로 생기는 사고의 위험을 최소화하기 위해서 차량 HMI는 직관적으로 설계 되어야 하며 직관적 인터페이스란 쉽고 즉각적으로 사용할 수 있는 인터페이스로 정의 된다(Naumann et al., 2007; Hurtienne et al., 2007). 이러한 점에서 시각적 의존도가 높아 주의분산을 잠재적 위험요소로 가지고 있는 터치스크린보다 시선분산의 최소화, 명확한 Force Feedback, Blind Control, 누르는 행위의 행동 유도성을 가지고 있는 Push Button은 안전성, 직관적 조작, 간결성의 측면에서 과거

부터 현재까지 차량 내 HMI에서 가장 널리 사용되고 있다(Burnett et al., 2004; Dennerlein et al., 2000; Arsenault and Ware, 2000; Byeon, 2008).

이러한 Push button의 조작감에 차이를 발생시키는 요소로는 크게 내부적 요소(Internal Factor)와 외부적 요소(External Factor)가 있다. 내부적 요소란 스위치를 조작함으로써 나타나는 조작힘(Operating Force)의 변화를 의미하며 사용자가 스위치를 누르는 행위를 할 때 조작힘은 최대값까지 커지다가 최대값 이후에서 급속히 감소하게 되는데, 이러한 힘의 차이로 인해 사용자는 스위치 조작여부에 대해 인식할 수 있다. 스위치 내부의 조작힘은 비선형적인 특징으로 나타나게 되며 이때 변곡점을 기준으로 하는 누르는 힘의 최대값인 Peak Force, 누르는 힘의 최대값과 스위치가 접점에 닿을 때의 힘의 차이인 Drop force, 스위치가 접점에 닿을 때의 힘에 대한 깊이인 Stroke가 스위치 조작감에 영향을 미치고 이러한 내부 요소들은 Stroke, Peak force, Drop force 순으로 상대적 가중치를 가진다(Kosaka et al., 1993; Watanabe and Kosaka, 1995; Takehana et al., 2009, Ban, 2014).

스위치 내부 요소는 Force, Stoke 등에 더불어 감성적 분야까지 많은 연구가 진행되어 왔다. 스위치 내부 조작힘과 관련하여 1.5N, 2.0N, 2.5N, 3.0N, 5.0N 5가지 각각 다른 Peak Force와 Door trim, Crash pad, Center fascia, Center Console, Overhead Console, Steering wheel 7가지 차량 패키지 위치에 따른 기존 연구를 살펴본 결과 조작힘, 패키지 위치 모두 스위치 조작감에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이때 약 2.5~3.0N 정도의 조작힘을 가장 선호하는 것으로 드러났으며 이는 조작 방식에 따라서도 차이를 보였다. 편하게 스위치를 누르는 Tapping zone의 경우 2.5N을 가장 선호하였고, 손을 뻗어 누르는 Reaching zone과 손을 감싸는 grasping zone에서는 3.0N을 가장 선호하였다(Ban et al., 2013). 또한 조작 깊이인 Stroke를 각각 2.5mm, 5mm, 7.5mm 세 수준으로 나누어 주관적 만족도와의 영향을 살펴본 기존 연구 결과 버튼 조작 깊이에 따라 주관적 만족도는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 버튼 조작 깊이가 2.5mm, 7mm로 작거나 클 때보다 5mm일 때 가장 높은 주관적 만족도를 나타냈다(Park, 2014). 조작힘은 스위치 조작 감성과도 연관이 있다. 자동차 스위치와 조작 감성품질을 구조화한 기존 연구에서는 Stroke는 깊이감의 92.3%를, Peak force 및 Stroke와 Drop force가 무게감의 87.8%를, Drop force와 Stroke가 절도감의 57.2%를 설명 했다. 또한 깊이감 및 무게감, 절도감이 고급감 및 역동감을 각각 89.3%, 73.0%를 설명하며 고급감 및 역동감이 전체 감성 만족도의 95.6%를 설명하였다.

스위치 외부적 요소란 스위치가 가지는 형태(Shape)이다. 스위치 조작감에 영향을 주는 형태로는 평평하거나 볼록, 오목한 스위치 표면과 스위치가 이루는 각도가 있다. 산업현장에서 널리 사용되는 푸쉬 버튼(Push Button)은 표면이 오목할 때 손가락에 잘 맞는다는 느낌을 주며(Stanton, 1997) 원자력 산업에서도 푸쉬 버튼의 표면은 오목하게 설계하는 것이 사용자에게 더 적합하다(O'Hara et al., 2002). 또한 볼록한 스위치는 누른다는 행동 유도성을 이끌어 낼 수 있으며 증가또는 위 라는 개념양립성을 가져 산업 현장에 널리 사용될 수 있고 완성차 업체에서도 스티어링 휠의 버튼에 이와 같은 개념을 적용하였다. 키보드와 같이 누르는 행위가 주된 과업일 때에도 키보드 키(Key)의 표면(Surface)에 따라 사용자의 선호나 수행도 및 피로도에서 차이가 있다(Ilg, 1987). 각도

도 스위치 조작감에 영향을 미치는 주요한 요소이다. 스위치 각도에 따라 주관적 만족도 및 조작힘의 차이를 살펴본 기존 연구 결과, 주관적 만족도 및 조작힘 모두 유의한 영향을 미쳤다. 버튼 조작힘은 각도가 20도까지 줄어들다가 30도부터 늘어났으며, 주관적 만족도는 스위치 각도가 20도까지 증가하다 30도에서 감소하는 것으로 나타났다(Park, 2014). 또한 스위치 내부 요소인 Stoke, Peak force, Drop force와 외부 요소인 표면 모양과 각도 사이의 상대적 중요도를 도출한 기존 연구에서는 외부 요소가 전체 조작감의 100% 중 44.85%를 차지했다(Choi et al., 2015). 이는 스위치 내부요소만큼 외부요소인 형태가 조작감에 큰 영향을 미친다는 결과이다. 그러나 이러한 스위치 외부 요소는 내부 요소만큼 다양한 연구가 이루어 지지 않았으며 특히 차량 내 조작 환경에서의 연구와 두 변수의 조작감에 대한 영향 및 상호작용 효과 모두를 고려한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 사용자의 스위치 조작감을 정확하게 파악하기 위해서는 내부의 설계 요소뿐만 아니라 외부의 요소를 고려한 연구가 필요하다.

이에 맞춰 본 연구는 차량 내 조작 환경에서 스위치 외부 요소인 표면 형태와 각도에 대하여 조작감에 대한 영향을 살펴보고, 두 변수간 상호작용 효과를 고려한 최적 대안을 제시하고자 한다.

2. Method

2.1 변수 정의

2.1.1 독립 변수

본 연구는 기존 연구 결과 및 스위치 설계 전문가 의견을 토대로 조작감에 영향을 미치는 스위치 외부 요소로 표면의 곡률과 각도를 선정하였다. 곡률은 스위치 표면의 평평하고 둥근 정도를 의미한다. 스위치 크기가 고정되었을 때 두 양 끝점에서의 곡률은 두 점과 원 중심 사이의 반지름인 곡률반경을 통해 결정되며 1/R이다(Strey, 1994). 또한 두 양 끝점을 이은 선이 가지는 현(Chord)에서의 호의 높이(Height of Arc)에 의해 설명될 수 있다. 각도는 벽면으로부터 스위치가 나온 기울기로 정의 된다 (Figure 1).

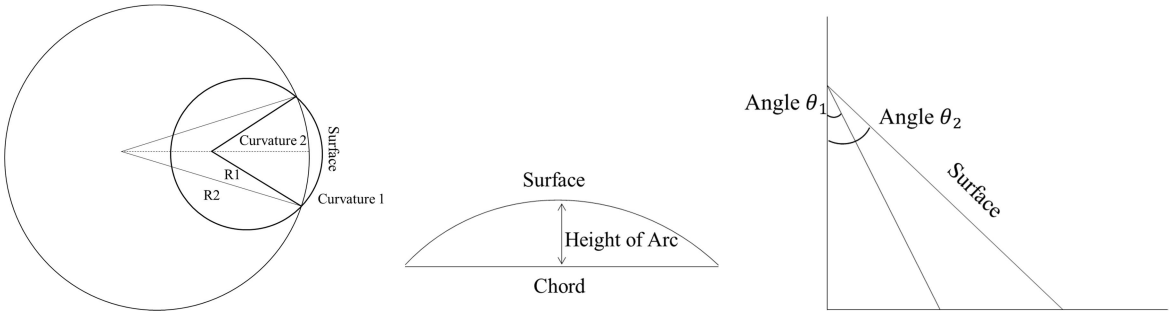


Figure 1. Curvature and Angle

2.1.2 종속 변수

감각기관을 통해 수용된 자극은 단순감성에서 복합감성을 이루어 종합적으로 만족 또는 불만을 느끼는 계층적 구조를 가지고 있다(Choe, 2013). 따라서 본 연구에서는 가장 상위의 복합 감성인 종합 조작 만족도를 종속변수로 설정하였으며, 7점 리커트 척도를 활용하여 결과 분석에 사용하였다.

2.2 실험 대안

본 연구는 스위치 외부 요소에 대한 조작감의 차이를 살펴 보고자 하였기 때문에 스위치 내부 요소인 Stroke, Peak force, Drop force는 통제 하였다. 상용화 되어 있는 스위치의 물리적 특성치를 조사한 기존 문헌 및 조작감에 영향을 미치는 변수들의 상대적 중요도와 최적수준을 제시한 기존 연구 결과를 종합하여 Stroke는 0.65~1.15mm, Peak force는 2.5N~3.5N, Drop force는 1.00N~1.75N으로 내부 요소를 고정하였다(Ban, 2014; Choi, 2015).

외부 요소인 각도는 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°로 6개 수준으로 구성하였으며 곡률은 볼록한 경우일 때의 곡률반경이 12.2mm, 22mm 2수준, 오목한 경우일 때의 곡률반경이 12.2mm, 22mm 2수준, 평평한 경우 1수준으로 하여 총 5개의 수준으로 구성하였다. 따라서 총 30개의 대안을 도출하였으며 이를 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1. Experimental alternatives

Stroke	Peak force	Drop force	Angle	Radius of Curvature (Curvature, Height of Arc)
0.65~1.15	2.50~3.50	1.00~1.75	0	12.2 (0.082, 2.50)
			5	22.0 (0.045, 1.25)
			10	0.00 (0.000, 0.00)
			15	22.0 (0.045, -1.25)
			20	12.2 (0.082, -2.50)
			25	

스위치 내부 요소의 반영을 위해 스위치 어셈블리를 분리하여 기존에 설치되어 있던 Tactile Switch를 제거하고 위에 제시 된 물리적 특성치의 Alps Co., Ltd 스위치 30개를 인쇄 회로 기판(Printed Circuit Board)위에 접착제를 사용하여 고정시켰다. 또한 외부 요소의 반영을 위해서 첫째로 Autodest 123D Design Software를 활용하여 두 변수 수준을 반영한 도면을 작성했고, 둘째로 작성된 도면을 Rokit Co., Ltd의 Edison Plus 3D Printer를 이용하여 출력했으며, 마지막으로 출력된 외부 형상을 접착제를 이용하여 스위치 어셈블리 위에 부착했다 (Figure 2).

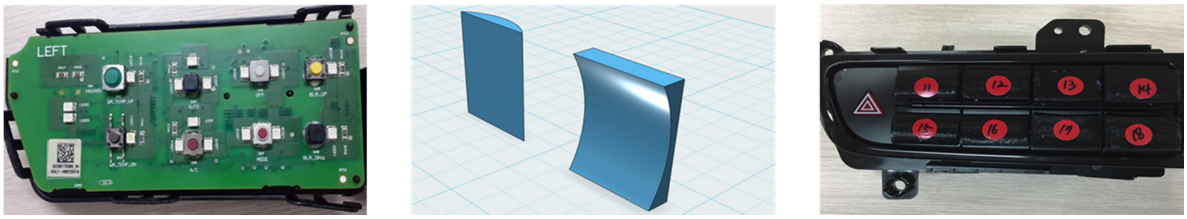


Figure 2. Printed Circuit Board, Design software and Switch Assembly

자동차 센터페시아 비상 스위치 최적 크기를 제시한 기존 연구에서는 50%의 사용자들을 위한 버튼의 크기로 가로 18mm, 세로 15mm를 제시했으며 95%의 사용자를 위한 버튼의 크기로는 가로 37mm, 세로 29mm를 제시했다(Choi et al., 2010). 따라서 본 실험 대안은 시각적, 촉각적 오염요인을 최소화 하기 위해 기존 연구 결과 및 상용화 된 스위치를 고려해 가로22mm, 세로 15mm로 크기를 고정 하였으며, 실차 스위치와 유사한 색깔 및 플라스틱 재질을 사용했다.

2.3 실험참가자

본 실험에 참가한 피실험자는 20~30대 총 17명이었다. 평균연령은 27.4세(SD = 3.4)이며 성별로는 남자 9명, 여자 8명으로 성비의 균형을 맞췄다. 대상자의 선정은 운전경험이 있으며, 손가락으로 스위치를 조작하는데 신체적 문제가 없고, 촉각적 감각 및 평가를 위한 인지적 문제가 없는 사람을 기준으로 정하였다.

2.4 실험환경

본 실험은 차량 내 조작 환경을 구성하기 위하여 실차 환경과 최대한 유사하게 Driving Simulator를 사용하였다. Driving Simulator는 PNS 거치대 및 27인치 모니터 3대, 스티어링 휠, 가속 및 브레이크 페달, 기어변속기로 구성되어 있으며 시트포지션을 자유자재로 변경할 수 있다. 이때 촉각적 조작만족도 평가라는 실험의 특성을 고려하여 운전 task로 인해 생겨날 수 있는 촉각 감각의 민감도 저하를 방지하기 위해 Driving Simulator에서 운전 시나리오는 별도로 제공하지 않았다. 또한 최적의 차량 조작부를 도출한 기존 연구결과, 운행 중 조작부는 센터페시아에 위치한 것이 운전 중 시야 할당 및 안전의 인지적 측면에서 가장 좋으며 완성차 업체 또한 센터페시아에 가장 많은 기능 할당을 하고 있기 때문에 차량 내 평가 위치는 센터페시아로 고정했다(Dukic et al., 2005). 따라서 센터페시아에 위치한 스위치를 구성할 수 있도록 별도의 프레임을 제작하여 스위치를 고정하였다. 이때 좌석 기준점은 H-30 높이로써 세단의 경우 240mm, SUV의 경우 305mm 이기 때문에 이를 고려하여 270mm로 고정하였고, 센터페시아 스위치 위치는 단순 조작 상황에서 센터페시아 중 · 하단에 위치할 때가 가장 최적이므로 좌석 기준점에서 300mm 떨어진 곳에 위치시켰다(Park et al., 2013; Aoki et al., 1999). 또한 실험참가

자와 스위치 간 거리는 성별, 개인별 차이를 고려하여 각 개인마다 Reach가 편하도록 조정 하였으며 17명 피실험자의 수치를 살펴보았을 때, 피실험자와 스위치간 거리는 최대 640mm, 최소480mm, 평균 560mm이였다. <Figure 3>은 실험환경을 나타낸다.

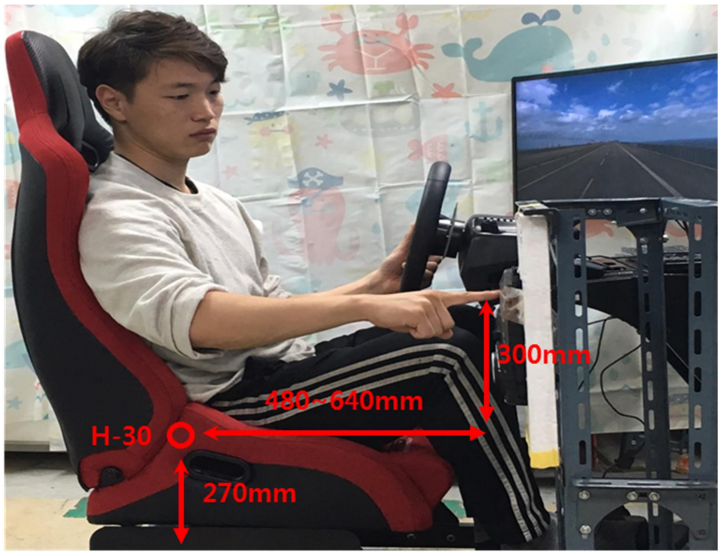


Figure 3. Experimental Environment Picture

2.5 실험절차

본 연구의 실험은 준비단계, 연습단계, 실험 및 평가단계로 이루어져 있다. 준비단계에서는 실험참가자에게 각도, 곡률 두 변수가 반영된 스위치 대안들을 조작하며 생겨나는 주관적 만족도의 향상을 위한 실험이라는 실험의 목적과 차량 내 환경과 유사한 드라이빙 시뮬레이터에서 각 대안에 대해 조작한 후 주관적 평가를 진행하는 실험 절차에 대해서 충분히 이해할 수 있도록 설명하였고 이름, 나이, 운전경력 등 피실험자 기본 정보를 작성하도록 하였다. 연습단계에서는 각도 6가지 수준과 곡률 5가지 수준이 반영된 30가지 대안에 대해 실험 중 생겨나는 Learning Effect를 제거하기 위해 30개 대안 각각마다 충분히 조작하는 시간을 부여하여 스위치 마다 생겨나는 종합적 조작 만족감의 촉각적 차이를 충분히 느낄 수 있는 시간을 부여하였다. 실험 및 평가단계에서는 첫 번째로 평가 중 생겨날 수 있는 외생변수의 영향력을 통제시키기 위해 Latin Square Randomization 실험계획법을 이용하여 따라 각 개인마다 조작해야 하는 스위치 순서를 결정지었다. 두 번째는 센터페시아에 위치한 push 스위치를 조작하는 단계였다. 피실험자는 1개 대안에 대해 실험한 후 조작만족도에 대해 평가하도록 하였으며 총 30회의 실험과 평가를 반복했다. 이때 피실험자는 별도의 운전 시나리오가 제공되지 않았기 때문에 스위치를 누르기 전 육안으로 위치를 확인한 후 기존 자동차 스위치를 누르는 것과 최대한 비슷한 속도와 힘을 가지고 스위치를 조작하게 하였으며 스위치를 잘못 누르는 상황이 생길 시 그 대안을

처음부터 다시 누르게 하여 에러를 허용하지 않았다. 평가 시 대안 별 촉각적 차이에 의해 생겨나는 종합적인 조작 만족도를 7점 척도로 평가하도록 하였으며 대안 별 스위치를 누를 때 마다 약 4~6회 충분한 반복을 허용하여 주관적 평가의 신뢰성을 높였다. 촉각적 감각의 둔화를 방지하기 위하여 10개 대안 조작 및 평가 후 약 5분간의 휴식시간을 제공하여 30개 대안 실험 중 총 2번의 휴식시간 기회를 부여했다.

3. Result

본 연구에서는 2가지 변수가 스위치 조작만족도에 유의한 영향을 미치는지 살펴보기 위하여 IBM SPSS Statistics 23을 이용하여 반복측정 분산분석을 실시하였다. 그 결과 유의수준 0.05에서 각도($F(5,80) = 9.628$, $P = 0.000$) 및 곡률($F(4,64) = 18.595$, $P=0.000$) 2가지 변수 모두 조작만족도에 유의한 차이를 만들어 내는 것으로 나타났다. 각도는 15°, 20°, 5°, 10°, 0°, 25°순으로 조작 만족도가 높게 나타났으며, 곡률은 호의 높이를 기준으로 설명할 때 -1.25mm(오목), -2.5mm(오목), 0mm(평평), 1.25mm(볼록), 2.5mm(볼록)순으로 조작 만족도가 높게 나타났다. LSD 사후분석을 실시한 결과 각도의 경우 15°가 조작만족도가 가장 높은 A 그룹으로 선정되었고 5°, 10°, 20°가 B그룹, 0°, 25°는 조작만족도가 가장 낮은 C 그룹으로 분류되었다. 곡률의 경우 호의높이가 -1.25mm(오목)일 때 조작만족도가 가장 높은 A그룹으로 선정되었고 -2.5mm(오목) 일 때 B그룹으로 분류되었으며 0mm(평평), 1.25mm(볼록)은 C그룹으로 분류되었다. 2.5mm(볼록)은 조작만족도가 가장 낮은 D 그룹으로 분류되었다. 또한 각도와 곡률 사이의 교호작용은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($F(20,320) = 1.228$, $P = 0.229$). 또한 각도와 곡률 두 변수를 독립변수로 하고 조작만족감을 종속변수로 하여 Modeling을 하기 위해 다중회귀분석을 실시한 결과, 상수는 3.725, 각도에 따른 계수는 0.003, 곡률에 따른 계수는 -0.388로 나타났다. 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\text{Satisfaction of Operation} = 3.725 + 0.003_{\text{Angle}} + -0.388_{\text{Curvature}}$$

다중회귀분석의 표준화 계수를 살펴보았을 때, 각도보다 곡률이 조작만족감에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 이때 모델의 설명력인 $R^2 = 0.575$로 나타났다. <Table 2>는 반복측정 분산분석 결과, <Table 3>는 다중회귀분석 결과를 각각 나타내며 <Figure 4,5>은 LSD 사후분석을 나타낸다.

Table 2. Summary of ANOVA result of Satisfaction of operation

Source	SS	DF	MS	F	P-value
Angle	91.992	5	18.398	9.628	0.000***
Error(Angle)	152.875	80	1.911		
Curvature	307.165	4	76.791	18.595	0.000***
Error(Curvature)	264.302	64	4.130		
Angle x Curvature	19.400	20	.970	1.228	0.229
Error(Angle x Curvature)	252.733	320	.790		

***P<0.001

Table 3. Result of Multiple Regression Analysis

Source	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	R^2
	B	Std.Error	Beta	
Constant	3.725	0.202		0.575
Angle	0.003	0.013	0.024	
Curvature	-0.388	0.064	-0.758	

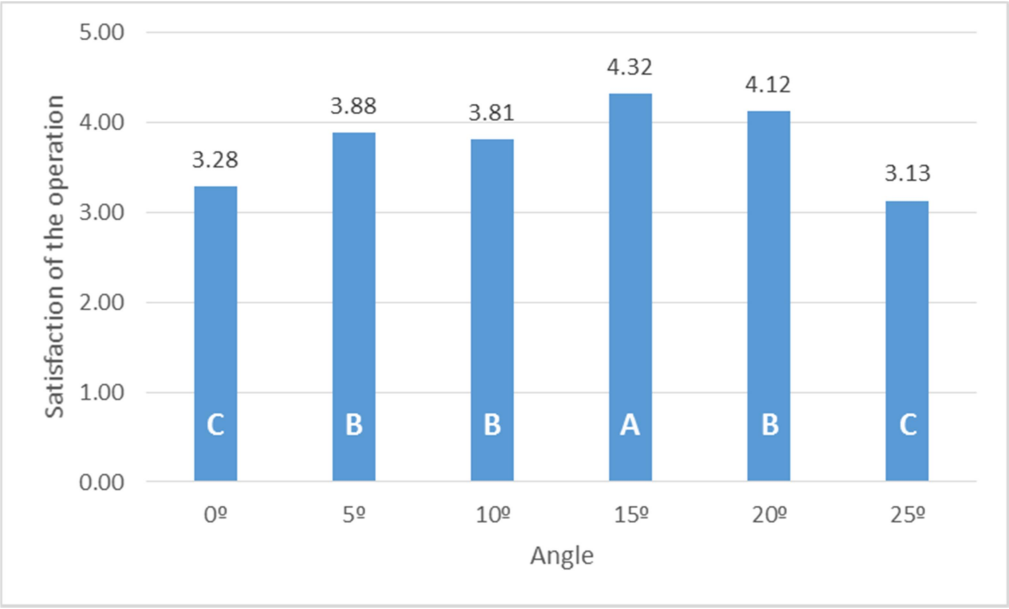


Figure 4. Result of LSD post-hoc analysis (for Angle)

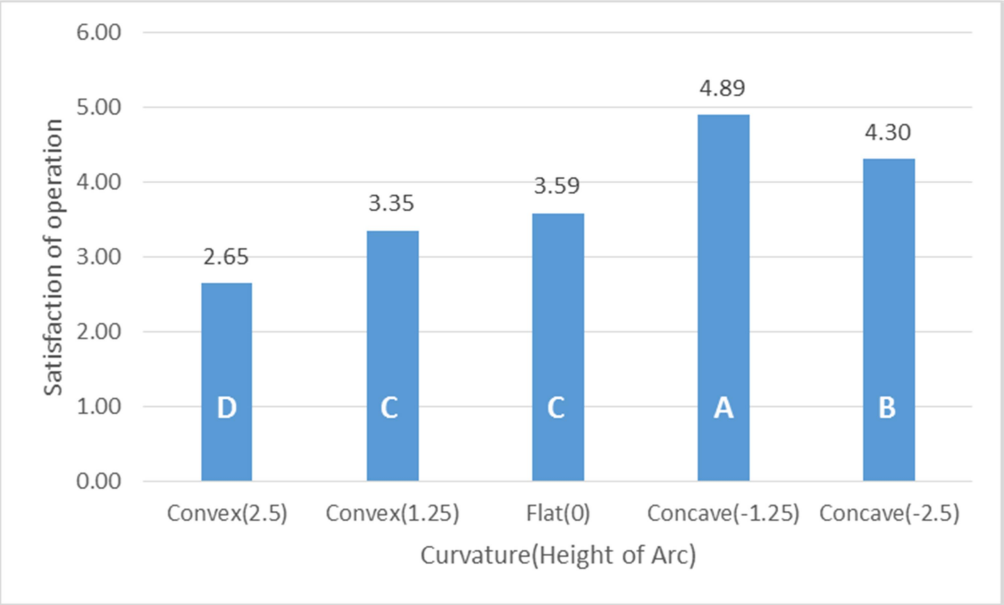


Figure 5. Result of LSD post-hoc analysis (for Curvature)

4. Discussion and Conclusion

산업환경이나 우리의 실생활 등 다양한 방면에서 Push 스위치는 널리 활용되고 있다. 차량 내 사용 환경에 따른 기존의 Push 스위치에 대한 연구들은 스위치를 조작 함으로써 생겨나는 조작 힘이나 들어가는 깊이 등 내적 요소에 초점을 맞춰 진행되어 왔다. 그러나 자동차 HMI에서 사용자와 직접적으로 인터렉션이 이루어지는 접촉점 역할을 하며 스위치 조작감에 영향을 미칠 수 있는 외형적 형상에 대해선 기존 연구가 미비한 실정이었다. 따라서 본 연구에서는 차량 내 Push 스위치 인터렉션 상황에서 조작감를 높이기 위해 스위치 설계 시 고려되어야 할 외부 요소 및 최적대안을 제시하고자 하였다. 이를 위해 본 연구 결과를 선행 연구 및 이론적 배경에 비추어 논의를 전개하고 분석된 결과를 요약하면 아래와 같다.

먼저 기존 선행 연구에서는 스위치의 외형적 형태가 산업, 사무실 등 다양한 환경에서 사용자의 손의 피로도나 누르는 힘, 선호 등 에 영향을 미친다는 것을 보여 주었다. 따라서 이를 바탕으로 스위치 외부 요소 중 차량 내 조작 환경에서 조작감에 영향을 미치는 변수를 선정했으며 선정된 변수는 자동차 센터페시아로부터 스위치가 기운 정도인 각도와 스위치 표면의 둥글거나 평평, 오목한 정도를 의미하는 곡률이었다(Choi et al., 2015). 이 두 변수가 조작만족도에 미치는 영향을 분석하기 위해 분산분석을 실시했으며 그 결과 각도와 곡률 모두 스위치 조작감에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 곡률의 경우 오목한 경우를 사용자는 더 선호 하였는데 이는 다양한 환경에서 오목한 스위치가 사용자에게 더 적합하며 손에 잘 맞는다는 느낌을 준다는 기존 연구 결과와 일치하였다(Stanton, 1997; O'Hara, 2002). 각도의 경우에는 크게 15°까지 조작 만족도가 증가하다가 20°부터 조작 만족도가 하락하는 경향을 보였다. 이는 힘과 각도가 조작감에 미치는 영향을 도출한 기존 연구와 비교해 보았을 때 유사한 결과를 보였다(Park, 2014). 또한 실험 중 참가자

에게 실시한 Interview에서 스위치 사용자는 각도보다 곡률의 오목한 느낌이 주는 만족감이 더 크다고 하였다. 이를 파악하기 위해 분산분석 결과에서 나타난 각도와 곡률의 F값을 비교해 보았을 때, 각도는 9.628인 반면에 곡률은 18.595로 F값이 약 9정도의 차이가 나타났다. 이로 비추어 보았을 때 외부 변수들 중 곡률이 각도보다 조작감에 더 큰 영향을 주는 것으로 보이며 이는 사람의 손가락 끝이 둥근 형태를 가지기 때문에 오목한 스위치를 누를 경우 편안한 느낌을 받기 때문인 것으로 보인다. 또한 사용자 조작만족감의 모델링을 위해 다중회귀 분석을 실시하여 표준화 계수를 살펴본 결과 각도는 0.024, 각도는 -0.758로 도출되어 ANOVA 결과와 마찬가지로 곡률이 각도보다 조작만족감에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 차량 내 스위치 설계 시 조작만족도의 향상을 위해서는 곡률을 가장 우선적으로 고려해야 할 것으로 보인다. 다중회귀분석에서 모델의 설명력인 R^2는 0.575로 나타나 모델의 설명력이 높지는 않았다. 이러한 원인은 각도는 15°를 기점으로 조작만족도가 하락하며 곡률은 -1.25mm를 기점으로 조작만족도가 하락하여 두 변수 모두 조작만족도와 선형관계가 아니기 때문인 것으로 보인다. 조작만족도가 하락하는 두 변수의 수준인 각도 20°, 25°와 곡률 -2.5mm을 제외하여 다중회귀를 다시 실시한 결과 R^2값은 0.884로 도출되어 모델의 설명력이 매우 높게 변화되는 것을 관찰할 수 있었다.

다음으로 각도와 곡률 두 변수간의 상호작용 효과는 유의하지 않은 것으로 드러났다. 따라서 두 변수가 고려된 스위치 외부형상 최적 대안은 각 변수별 최적값의 조합으로 나타나게 된다. 사후분석 결과 곡률은 호의 높이를 기준으로 -1.25mm(오목)가 조작만족도가 가장 높은 그룹이며, 각도는 15°가 조작만족도가 가장 높은 그룹으로 나타났다. 따라서 차량 내 센터페시아 중·하단에 위치한 스위치의 외부형상은 약간 오목하며 15° 각도를 이루도록 설계되어야 한다.

자동차 센터페시아의 촉각적 감각에 영향을 미치는 요소는 내부적 요소와 외부적 요소로 구분된다. 기존 선행연구 결과 및 본 논문의 연구 결과를 종합해 보았을 때, 자동차 센터페시아 조작만족감 최적화를 위한 스위치 설계 가이드라인은 Peak force는 2.5~3.5N, Drop force는 1.00~1.75N, Stroke는 0.65~1.15mm이며 Angle은 15°, Curvature는 -1.25mm로써 도출될 수 있다. 또한 촉각적 스위치 조작만족감에 대해 영향을 미칠 요소는 재질 등이 있을 수 있으며 이에 따라 경도, 거칠기와 같이 스위치 재질의 물성치에 대한 연구도 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서는 차량 내 조작 환경에서 자동차 스위치와 사용자 간의 실제적인 인터렉션 상황을 반영하여 직접적인 접촉이 이루어 지는 스위치 외부 요소에 대한 연구를 진행하였다. 그 결과 곡률, 각도 모두 조작만족도에 유의한 영향을 미쳤으며, 그 중 곡률이 조작감에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 두 변수를 조합한 최적대안을 도출하였으며 이는 센터페시아 스위치 설계의 가이드 라인을 제시하였다는 의의가 있다. 본 연구 결과는 스위치 설계의 기초자료로 활용될 수 있으며, 차량 내 환경과 유사한 다양한 산업에서의 스위치 설계에 응용될 수 있을 것으로 예상된다.

현재 차량의 기능의 수가 증가함에 따라 기능조작을 위한 스위치는 센터페시아 뿐만 아니라 스티어링 휠 및 센터콘솔 영역까지 확대되는 추세이며 근 미래에 게이지 클러스터는 중요한 정보표시 영역으로 확장 될 전망이다. 따라서 스티어링 휠 및 센터콘솔 등 다양한 패키지 위치의 스위

치의 중요성은 더 증대될 것으로 보인다. 그러나 본 연구에서는 센터 콘솔, 스티어링 휠, 크래쉬 패드, 도어 트림 등 차량 내 다양한 패키지 위치를 고려하지 못하였으며, 조작만족도에 영향을 미치는 스위치 내부 요소의 물리적 특성치값을 고정시켰기 때문에 외부 요소만을 고려한 결과를 제시했다는 한계점이 존재한다. 따라서 추후 연구에서는 내 ·외부 변수들의 영향 및 이들의 상호작용 효과 모두를 고려한 연구가 필요하며 다양한 패키지 위치에서의 결과 도출이 필요할 것으로 판단된다. 또한 본 연구는 자동차 조작만족감을 종속변수로 하여 촉각적 감각으로 연구범위를 제한하였다. 그러나 차량 내 환경에서 사용자의 스위치에 대한 만족도는 촉각적 요소뿐 아니라 시각적인 심미적 요소와 사용자 멘탈모델(Mental model)에 따른 개념양립성 부분을 충족하는지에 따라 크게 변화될 것으로 예측된다. 따라서 향후에는 자동차 스위치에 대한 종합적인 연구가 요구되며 이는 자동차 기능 실행에 있어서 증가, 감소라는 개념양립성 측면을 고려한 기능별 외부 형상에 대한 요소와 촉각적 요소, 시각적인 심미적 요소를 결합한 연구가 필요할 것으로 보인다.

References

Arsenault, R. and Ware, C., Eye-hand co-ordination with force feedback, *In Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems,* (pp. 408-414), ACM, 2000.

Aoki, K., Kataoka, I. and Ishii, K., Usability of display-control switches for in-vehicle information network system, (No. 1999-01-0494), *SAE Technical Paper*, 1999.

Burnett, G.E., Summerskill, S.J. and Porter, J.M., On-the-move destination entry for vehicle navigation systems: Unsafe by any means?, *Behaviour & Information Technology*, 23(4), 265-272, 2004.

Byeon, J.H., The development of interaction design model for product and user, *Achives of Design Research*, 21(1), 167-176, 2008.

Ban, K., Lim, Y., Jung, E.S., Choe, J., Lee, S. and Park, K., Investigation of Operating Forces of the Automotive Tactile Switch regarding Various Positions, *JES Ergonomics, 49(Supplement),* S544-S547, 2013.

Ban, K.M. and Jung E.S., Structural Modeling of Affective Quality for the Operation of Automotive Switch, Master's thesis, Korea University Graduate School, 2014.

Choi, D., Ban, K., Jung, J. and Jung, E.S., An Empirical Analysis of the Design Variables affecting User Satisfaction for the Operation of Automotive Switch, *JES Ergonomics*, 51, S484-S487, 2015.

Choe, J., How Can We Approach the Affective Quality?: A Study on the Affective Response and Structural Approach to the Affective Quality, *Journal of Korean Institute of Industrial Engineers*, 39(1), 73-77, 2013.

Choi, J.Y., Kim, Y.S., Bahn, S.W., Yun, M.H. and Lee, M.W., A study on optimal layout of control buttons on center fascia considering human performance under emergency situations, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(3), 365-373, 2010.

Dennerlein, J.T., Martin, D.B. and Hasser, C., Force-feedback improves performance for steering and combined steering-targeting tasks, *In Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, (pp. 423-429), ACM, 2000.

Dukic, T., Hanson, L., Holmqvist, K. and Wartenberg, C., Effect of button location on driver's visual behaviour and safety perception, *Ergonomics*, 48(4), 399-410, 2005.

Foxall, G. and Johnston, B., Strategies of user-initiated product innovation, *Technovation*, 6(2), 77-102, 1987.

Hurtienne, J. and Blessing, L., Design for Intuitive Use-Testing image schema theory for user interface design, In *16 th International Conference on Engineering Design*, 2007.

Hsu, S.H., Chuang, M.C. and Chang, C.C., A semantic differential study of designers' and users' product form perception, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 25(4), 375-391, 2000.

Ilg, R., Ergonomic keyboard design, *Behaviour & Information Technology*, 6(3), 303-309, 1987.

Jung, E.S., Jeon, Y.H., Ki, D.H., Yoon, M.H., Choe, J.H., Park, J.D. and Kang, D.S., A Study of affective approach method for automotive interior design, *Journal of Korean Institute of Industrial Engineers*, 124-127, 1997.

Jung, H.Y. and Lee, S.I., Gesture Interaction Design and Evaluation for improving the usability of In-Vehicle HMI, Master's thesis, Sungkyunkwan University Graduate School, 2014.

Kim, H., Kwon, S., Heo, J., Lee, H. and Chung, M.K., The effect of touch-key size on the usability of In-Vehicle Information Systems and driving safety during simulated driving, *Applied ergonomics*, 45(3), 379-388, 2014.

Kosaka, H., Serizawa, K. and Watanabe, I., A universal keyboard switch for a feeling test, *Proceedings of the 2nd IEEE International Workshop of Robot and Human Communication,* (pp. 225-230). IEEE, 1993.

Krippendorff, K., On the essential contexts of artifacts or on the proposition that "design is making sense (of things)", *Design Issues*, 5(2), 9-39, 1989.

Lai, H.H., Lin, Y.C., Yeh, C.H. and Wei, C.H., User-oriented design for the optimal combination on product design, *International Journal of Production Economics*, 100(2), 253-267, 2006.

Lin, R., Lin, C.Y. and Wong, J., An application of multidimensional scaling in product semantics, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 18(2), 193-204, 1996.

Lansdown, T.C., Brook-Carter, N. and Kersloot, T., Distraction from multiple in-vehicle secondary tasks: vehicle performance and mental workload implications, *Ergonomics*, 47(1), 91-104, 2004.

No, E.Y. and Lee, S.I., Development of the relation model between eye-hand coordination and driving workload: focused on in - vehicle interface, Master's thesis, Sungkyunkwan University Graduate School, 2015.

Naumann, A., Hurtienne, J., Israel, J.H., Mohs, C., Kindsmuller, M.C., Meyer, H.A. and Hublein, S., Intuitive use of user interfaces: defining a vague concept, *In International Conference on Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics,* (pp. 128-136), Springer Berlin Heidelberg, 2007.

O'Hara, J., Brown, W., Lewis, P. and Persensky, J., Human-system interface design review guidelines (NUREG-0700, Rev 2), *Washington, DC: US Nuclear Regulatory Commission*, 2002.

Park, J.S., Park, S.J., Lim, Y.J. and Jung, E.S., Development of a usability evaluation structural model on car driver, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(6), 843-851. 2010.

Park S.B. and Jung, K.H., Evaluation of Button angles and Operation displacements for ergonomic Button Design of an automobile, Master's thesis, Ulsan University Graduate School, 2014.

Park, J., Lee, B., Choi, Y., Sah, S., Jung, K. and You, H., Development of statistical geometric models for a driver's hip and eye locations, *In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting,* (Vol. 57, No. 1, pp. 1978-1982), SAGE Publications, 2013.

Strey, R., Micro emulsion microstructure and interfacial curvature, *Colloid and Polymer Science*, 272(8), 1005-1019, 1994.

Stutts, J.C., Reinfurt, D.W., Staplin, L., Rodgman, E.A., The role driver distraction in traffic crashes, *Report Prepared for AAA Foundation for Traffic Safety*, 2001, http://www.aaafoundation.org/pdf/distraction.pdf (retrieved June 10, 2003).

Stanton, N.A., *Human factors in consumer products*, CRC Press, 1997.

Takehana, Y., Kobayashi, K., Okubo, T. and Kurihara, Y., Experimental study on reactive switch by using piezoelectric devices*, In ICCAS-SICE,* (pp. 5605-5608), IEEE, 2009.

White, G.L., Car Makers Battle Inferior Interiors in Hopes of Earning Buyers' Respect, *The Wall Street Journal*, 2001.

Watanabe, K. and Kosaka, H., Evaluation of keyboard switches based on kansei (human sensitivity) information, *Proceedings of the 4th IEEE International Workshop Robot and Human Communication,* (pp. 65-70), IEEE, 1995.

Yang, H.S. and Kang, K.D., HMI/GUI development case of infotainment system in hyundai/kia motors, *HCI 2008*, 1663-1682, 2008.

Young, K., Regan, M. and Hammer, M., Driver distraction: A review of the literature, *Distracted driving*, 379-405, 2007.