

# Building Multiple Regression models on Affective Satisfaction for Automobile Multi-function Switch

Byung Ki Jin, Ji Yoon Han, Joong Hee Lee, Myung Hwan Yun

Department of Industrial Engineering, Seoul National University, Seoul, 151-742

## ABSTRACT

**Objective:** The aim of this study is to investigate the affective satisfaction of multi-function switch - under the driving condition, in terms of operating satisfaction, and to determine the relationships between the functions of multi-function switch and the luxuriousness. **Background:** The multi-function switch in terms of driving manipulates turn signals, lights, windshield wiper, and et cetera, while holding the steering wheel. Consequently, the satisfaction and luxuriousness in operation of multi-function switch with such high frequency of use are closely related to the luxuriousness of the automobile, possessed by the owner-driver. **Method:** 7 functions in 6 types of domestic and foreign products (2 Korean, 2 Japanese, and 2 Deutschland) were evaluated. Overall 95 participants, consist of 57 males and 38, were enrolled in the experiment. Six jigs were built to provide similar handling of the multi-function switch and to proceed the experiment. **Results:** The operating satisfaction of function affecting the luxuriousness resulted in order of following manipulations: 1-2-3 level of windshield wiper manipulation, turn signal control, and windshield washer spray. According to the correlation of the gender and age with the operating satisfaction, the gender is certainly demonstrated to have correlation with the operating satisfaction while the age is not. **Conclusion:** Regardless of common assumption that the visual affective factors plays the largest role in the luxuriousness, in regard to the physical location of the multi-function switch - behind the steering wheel, the low visual interaction with the driver allows to say the operating satisfaction of each function certainly holds high influence on the luxuriousness. **Application:** The results of this study are expected to provide the elevation on the operating satisfaction and luxuriousness of automobile felt by the driver through the improvement of multi-function switch, influencing the enhancement of the multi-function operating satisfaction of the actual driver.

Keywords: Multi-function switch, Affective satisfaction, Kansei engineering

## 1. Introduction

오늘날 자동차의 기술적 상향평준화로 인해 고유한 개성을 보유하지 못한 브랜드는 도태되며, 이로 인해 고객의 요구사항을 만족시키는 것은 필수 조건이 되었다(Jung, 2009). 자동차 시장에서의 고객 요구사항은 크게 기능적 요구사항과 감성적 요구사항으로 분류할 수 있는데, 자동차 브랜드별 기능적 성능이 상향 평준화됨에 따라, 고급감, 사용자 만족도 등의 감성적 요구사항의 충족이 필요하게 되었다(Khalid, 2011).

기존의 감성공학적 측면에서 자동차에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔지만(Jindo, 1997; Tanoue, 1997), 이러한 연구

는 시각적 특성만을 고려하여 내장재의 형태, 색상, 재질 종류와 같은 설계요소들만을 논제로 두었으나 사용자와 직접적으로 맞는 촉각적 관점의 감성은 고려하지 않았다(Bahn et al., 2006). 또한 ICT관련 기술이 자동차와 접목됨에 따라 시각적 요구를 최소화하며 조작할 수 있는 조작환경에 대한 연구 필요성이 대두되었다.(Burnett and Porter, 2001)

촉각적 감성 측면에서의 자동차 연구로는 자동차 시트의 고급감에 관한 국내의 소비자의 인식 차이 연구(Rhiu et al, 2010) 등이 있으며, 조작부의 촉각 고급감을 다룬 연구로는 Haptic control에 대한 Mulder et al.(2010) 등의 연구가 있다.

멀티펄션 스위치는 핸들 뒤에 위치하여 운전자가 자주 사용하는 기능이 모여 있는 스위치이다. 멀티펄션 스위치는 Haptic control과 마찬가지로 자동차 내에서의 조작부이기

때문에 단순 촉각적 감성뿐만 아니라 운전 중 사용하게 되는 여러 기능들에 대한 조작감 또한 중요시 된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 멀티펄선 스위치에 내장된 각각의 기능별 조작만족도가 운전자가 느끼는 고급감에 어떠한 영향을 미치는지 분석하고, 주요 기능별 조작만족도에 어떠한 감성이 연관되어 있는지를 도출하여 차량 멀티펄선 스위치의 전반적 조작만족도 및 고급감 향상을 위한 모형을 수립하였다.



Figure 1. The multi-function switch

## 2. Method

본 연구에서는 6종의 멀티펄선 스위치 각각의 기능별 조작만족도에 대해 피실험자가 평가를 진행하고, 이에 대한 분석을 수행 하였다.

### 2.1 Subjects

평가 대상은 국내외 세단에 사용되는 멀티펄선 스위치 (Figure 1) 6종이다. 한국제품 K1, K2, 독일 제품 D1, D2, 일본제품 J1, J2를 대상으로 평가가 이루어졌으며 실제 핸들과 유사한 조작감을 위해 별도의 지그를 제작하여, 지그에 멀티펄선 스위치를 고정시켜 실험을 진행하였다. 각각의 제품에 대해서 방향 지시등 조작만족도, 라이트 선택 조작만족도, 안개등 선택 조작만족도, 상향-하향등 조작만족도, 와이퍼 123단 조작만족도, 와이퍼 오토선택 조작만족도, 워셔액 분사 조작 만족도를 평가하는 것으로 평가가 진행되었다. 제품에 따라 7가지 기능이 모두 포함된 멀티펄선 스위치도 있지만 그렇지 않은 제품이 있어 이를 표로 정리하면 아래의 Table 1과 같이 나타낼 수 있다.

### 2.2 Participants

평가에는 일반인 95명이 참여했다. 남성은 57명, 여성은 38명이 참여했다. 연령 분포는 크게 20세에서 40세와 41세 이상인 두 집단으로 나누었으며, 20세에서 40세 이하 집단은 83명, 41세 이상인 집단은 12명이었다.

### 2.3 Experiment procedure

각 피실험자는 멀티펄선 스위치를 고정시킨 지그 앞에 앉아서 약 90분동안 준비된 6종의 멀티펄선 스위치를 조작해본 후 실험에 앞서 정의된 감성 변수를 기반으로 평가를 진행했으며, 실험은 서울대학교 UT룸에서 진행되었다. 평가에 사용된 설문지 및 감성어휘는 Figure 2와 같이 각 스위치에 대한 감성 변수를 9점 척도를 사용하여 평가하게 하고 이를 기반으로 스위치의 각 기능에 대한 조작만족도를 100점 척도를 사용하여 평가하게 했다. 그리고 각 스위치의 모든 종류의 기능에 대한 평가가 끝난 후, 전반적 고급감에 대하여 100점 척도를 통해 평가하게 했다. 멀티펄선 스위치의 감성평가 순서는 각 피실험자에 따라 무작위로 배치하여 평가 순서의 영향을 제거하였다. 하나의 멀티펄선 스위치 평가가 끝나면 다음 제품에 대한 평가를 진행한다. 이때, 우핸들 차량에 장착되어 있던 일본 제품에 대해서는 조작부의 방향이 반대임을 피실험자

Table 1. Three classification methods by which articles were assigned

Product Type	Number of Capable Functions	Turn Signal Control	Light Selection	Fog Lamp Selection	High and Low Beam Manipulation	1-2-3 Level of Windshield Wiper Manipulation	Windshield Wiper Auto-manipulation	Windshield Washer Spray
K1	7	√	√	√	√	√	√	√
K2	5	√			√	√	√	√
D1	5	√			√	√	√	√
D2	5	√			√	√	√	√
J1	6	√	√		√	√	√	√
J2	7	√	√	√	√	√	√	√

**9점 척도 예시**

· 스위치를 조작하는데 느껴지는 스위치의 부드러움은 어떻습니까?

매우 어색하다	←	어색하다	←	보통이다	→	부드럽다	→	매우 부드럽다
①		②		③		④		⑤

**100점 척도 예시**

· 해당 기능 사용해 보았을 때 느껴지는 조작 만족도 0점-100점 사이로 평가하여 주시기 바랍니다. \_\_\_\_\_ 점

· 전체적으로 멀티평션 스위치를 사용해 보았을 때 느껴지는 고급감을 0점-100점 사이로 평가하여 주시기 바랍니다. \_\_\_\_\_ 점

**Figure 2.** Example of questionnaire  
에게 인지하도록 하여 실험을 진행했다.

### 2.4 Analysis procedure

먼저, 멀티평션 스위치의 고급감에 대하여 성별 및 연령에 따른 차이가 있는지 파악하기 위해 이원분산분석(two-way ANOVA)을 실시하였다. 또한 고급감의 감성 모형을 수립하기 위하여, 7가지 기능별 조작만족도와 전반적 고급감의 상관 관계를 파악하기 위해 상관분석을 실시하였으며, 고급감에 대한 회귀식을 도출하여 전반적인 고급감에 영향을 미치는 스위치의 조작 만족도를 파악했다. 그리고, 상관 분석과 회귀 분석을 통해 고급감에 영향을 크게 미치는 기능에 대한 조작만족도와 감성변수와의 관계를 파악했다. 통계 프로그램은 SPSS(ver.21.0)을 사용하였다.

## 3. Results

멀티평션 스위치의 기능 별 조작만족도에 대한 고급감 감성 모형을 수립하기 위해 상관 분석과 회귀분석을 수행하였다.

### 3.1 Analysis of variance

**Table 2.** Analysis result of ANOVA for the luxuriousness in regard to the gender

Source	Type III Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Square	F	p-value
Correction Model	2517.574	2	1258.787	5.646	.004
Intercept	1360486.092	1	1360486.092	6101.624	.000
Gender	2517.081	1	2517.081	11.289	.001
Age	222.558	1	222.558	.998	.318
Gender * age	0.000	0			
Error	100782.962	452	222.971		
Total	2432736.000	455			
Corrected Total	103300.536	454			

성별에 따른 고급감은 유의확률이 0.001이므로 유의수준인 0.05보다 작으므로 성별에 따라 고급감에 차이가 있다고 할 수 있다. 그러나 연령의 경우 유의수준이 0.318로 0.05보다 크므로 연령에 따른 차이가 없다. (Table2)

### 3.2 Correlation analysis

멀티평션 스위치의 기능 별 조작만족도(방향 지시등, 라이트 선택, 안개등 선택, 상향하향등, 와이퍼 오토, 워셔액 분사)와 각 멀티평션 스위치의 전반적 고급감에 대한 상관분석 결과, 이들 모두에 대해서 서로 양적인 상관 관계가 있음을 확인할 수 있었다. 그 중 방향 지시등 조작만족도(0.710), 와이퍼 123단 조작만족도(0.691), 상향하향등 조작만족도(0.688)는 고급감과 pearson 상관계수가 유의수준 0.01에서 강한 상관 관계를 나타냈다.

### 3.3 Regression analysis

멀티평션 스위치의 7가지 기능의 조작 만족도 점수를 독립변수로 하고, 고급감 점수를 종속변수로 하여 회귀분석을 실시하였다. 이 때 후진제거의 방법을 통해 회귀식에 유의적으로 기여하지 못하는 변수를 제거하였다. 그 결과 안개등선택 조작만족도, 와이퍼오토 조작만족도, 상향하향등 조작만족도가 제거되어 최종적으로 방향 지시등 조작만족도, 라이트 선택 조작만족도, 와이퍼 123단 조작만족도, 워셔액 분사 조작만족도가 고급감에 유의한 영향을 주는 것을 확인할 수 있으며, 회귀식은 식(1)과 같다.

$$\text{고급감} = 0.248 * \text{방향 지시등} + 0.227 * \text{라이트 선택} + 0.262 * \text{와이퍼 123단} + 0.188 * \text{워셔액 분사} \\ (\text{adjusted } R^2=0.582) \quad (1)$$

이는 앞서 상관분석에서 방향 지시등, 와이퍼 123단, 상향하향등 기능의 조작만족도가 전반적 고급감과 강한

양적 선형관계를 보인다는 결과와 일치하다는 것을 확인할 수 있다.

Table 3는 후진제거 방법을 통해 얻은 최종모형에 대한 회귀분석 결과이다. Table 3에서 볼 수 있듯이 와이퍼 123단 조작만족도의 표준화된 영향력 지수가 0.262로 고급감에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

**Table 3.** Regression analysis result of four functions of multi-function switch

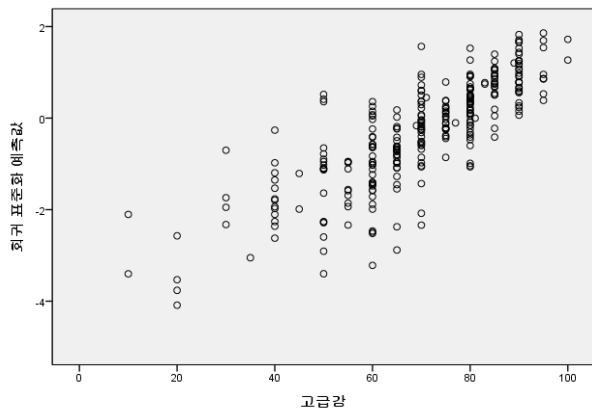
	Unstandardized Coefficient		Standardized Coefficient	t	p-value
	B	Standard Error	Beta(β)		
(Constant)	7.073	5.370		1.317	.191
Turn Signal	.246	.083	.241	2.975	.004
Light Selector	.227	.092	.220	2.460	.015
1-2-3 level windshield wiper	.262	.079	.270	3.326	.001
Washer spray	.188	.075	.207	2.509	.014

회귀 모형 전체에 대해서는 R<sup>2</sup>이 0.597(p<0.01)로 나와 이 모형이 유효한 설명력을 가지고 있다고 할 수 있으며 (Table 4), Figure 3를 통해 수립된 모형이 어느 정도 예측력이 있다는 것을 확인할 수 있다.

**Table 4.** Regression Analysis of total model

Model	R	R <sup>2</sup>	Modified R <sup>2</sup>	Standard Error of the Estimated Value
4	.773 <sup>d</sup>	.597	.582	8.735

### 3.4 Correlation between the affective variable and the



**Figure 3.** Standardized residual of luxuriousness operating satisfaction

상관분석과 회귀분석 결과를 통해 방향 지시등, 와이퍼 123단, 라이트 선택, 워셔액 분사 기능 스위치에 대한 조작만족도가 전반적인 고급감에 가장 영향을 주는 조작만족도임을 알 수 있다.

조작 만족도에 영향을 주는 감성 변수를 파악하기

위해 상관 분석과 회귀분석을 진행했다. 7가지 감성 변수(견고함, 부드러움, 탄력감, 절도감, 이동거리, 힘의 세기, 그립감)는 각 스위치의 특성을 기반으로 전문가에 의해 추출되었으며, 각 스위치 기능 별로 조작 방식의 차이로 인해 감성 변수 평가 항목에 차이가 있다.

Table 5에 이러한 감성 평가 항목을 기능별로 정리했다. 방향 지시등의 경우 견고함, 부드러움, 절도감, 이동 거리, 힘의 세기에 대한 감성을 기반으로 조작만족도를 평가했다. 라이트 선택은 견고함, 부드러움, 절도감, 이동거리, 힘의 세기에 대한 감성을 기반으로 조작만족도를 평가했다. 와이퍼 123단은 부드러움, 탄력감, 절도감, 이동 거리에 대한 기반으로, 워셔액 분사는 부드러움, 탄력감, 절도감, 힘의세기에 대한 감성을 통해 조작 만족도를 평가했다.

**Table 5.** Evaluation items of affective factors per switch

	Turn Signal	Light Selection	1-2-3 level windshield wiper	Washer spray
Solidity	√	√		
Softness	√	√	√	√
Elasticity			√	√
Understatedness	√	√	√	√
Movement displacement	√	√	√	
Strength level	√	√		√
Grip feeling	√	√	√	

방향 지시등의 경우 상관 분석 결과 절도감(0.455), 부드러움(0.445), 견고함(0.371)이 유의수준 0.01(양측)에서 조작만족도에 유의하며, 이동거리(-0.096)는 유의수준 0.05(양측)에서 음의 상관 관계를 나타냈다. 또한 회귀 분석 결과 단계 선택법으로 방향 지시등의 조작만족도에 유의한 영향을 미치는 감성 변수 부드러움, 견고함, 절도감을 추출하여 아래와 같은 회귀식(식(2))을 도출했다.

$$\text{방향 지시등 조작만족도} = 16.743 + 4.554 \times \text{부드러움} + 2.510 \times \text{견고함} + 2.122 \times \text{절도감} \quad (\text{adjusted } R^2=0.381) \quad (2)$$

라이트 선택의 경우 상관 분석 결과 부드러움(0.450), 절도감(0.367), 견고함(0.243)이 0.01수준(양측)에서 조작만족도와 유의한 상관 관계를 보였으며 그립감(0.102), 힘의 세기(-0.115)는 유의수준 0.05(양측)에서 유의한 결과를 나타냈다. 또한 회귀 분석 결과 단계 선택법으로 라이트 선택의 조작만족도에 유의한 영향을 미치는 감성 변수 부드러움, 절도감, 힘의세기를 추출하여 아래와 같은 회귀식(식(3))을 도

출했다.

$$\begin{aligned} \text{라이트 선택 조작만족도} = \\ 50.892 + 2.597 \times \text{부드러움} + 2.866 \times \text{절도감} - 1.771 \times \\ \text{힘의세기} \\ (\text{adjusted } R^2=0.248) \end{aligned} \quad (3)$$

와이퍼 123단 스위치에 대하여 상관 분석한 결과 부드러움(0.499), 절도감(0.320), 탄력감(0.291), 그립감(0.151)이 유의수준 0.01(양측)에서 유의한 상관 관계를 나타냈다. 회귀 분석 결과 단계 선택법으로 와이퍼 123단의 조작만족도에 유의한 영향을 미치는 감성 변수 부드러움, 절도감, 이동거리를 추출하여 아래와 같은 회귀식(식(4))을 도출했다.

$$\begin{aligned} \text{와이퍼 123단 조작만족도} = 15.555 + 3.993 \times \\ \text{부드러움} + 3.793 \times \text{절도감} + 1.883 \times \text{이동거리} \\ (\text{adjusted } R^2=0.331) \end{aligned} \quad (4)$$

위셔액 분사 스위치의 상관 분석 결과 부드러움(0.528), 절도감(0.506), 탄력감(0.329), 힘의 세기(-0.131) 모두 유의수준 0.01(양측)에서 유의한 상관 관계를 나타냈다. 그리고 회귀분석 결과 단계 선택법으로 위셔액 분사 조작만족도에 유의한 영향을 미치는 감성 변수 부드러움, 절도감, 힘의세기를 추출하여 다음과 같은 회귀식(식(5))을 도출했다.

$$\begin{aligned} \text{위셔액 분사 조작만족도} = \\ 30.095 + 3.248 \times \text{부드러움} + 4.412 \times \text{절도감} - 1.944 \times \\ \text{힘의 세기} \\ (\text{adjusted } R^2=0.383) \end{aligned} \quad (5)$$

네 가지 기능별 스위치의 조작 만족도에 대한 감성 변수의 회귀 분석 결과, 부드러움과 절도감이 공통적으로 조작 만족도에 가장 유의한 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다. 그리고 각 기능마다 공통적인 감성 변수 외에 특징적인 변수를 가지고 있다는 것을 확인할 수 있었다. 방향 지시등은 견고함, 라이트 선택과 위셔액 분사는 힘의세기, 와이퍼 123단의 조작만족도에 유의한 영향을 미치는 감성변수는 이동거리임을 알 수 있었다. 이는 각 기능마다의 위치 및 조작방식의 특성에 따른 것으로 해석할 수 있다.

### 3.5. Analysis of affective variable distinctions according to gender

위의 table2에서 성별에 따른 고급감에 대한 차이가 있음을 확인했다. 이에 성별에 따른 감성 변수의 차이가 있는지 파악기 위해 독립표본 t검정을 실시하였다. 분석 결과, 7가지 감성 변수 중 견고함(0.003), 절도

감(0.000), 그립감(0.001)의 유의 수준이 0.05보다 작으므로 성별에 따라 견고함, 절도감, 그립감의 차이가 발생함을 알 수 있다.

## 4. Conclusion & discussion

본 연구는 자동차의 조작만족도와 고급감을 평가하기 위해 95명의 피실험자에게 6종의 멀티펄션 스위치에 대하여 7가지 종류의 기능별 조작만족도에 대한 세부 감성(9점 척도)을 기반으로 조작 만족도(100점 척도) 및 고급감을 평가 하여 멀티펄션 스위치 고급감 모형을 개발했다.

전반적 고급감에 대한 각 기능별 조작만족도의 상관 분석과 회귀 분석 결과 방향 지시등 조작만족도, 라이트 선택 조작만족도, 와이퍼 123단 조작만족도, 위셔액 분사 조작만족도가 멀티펄션 스위치의 고급감에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 차량의 멀티펄션 스위치의 고급감을 향상시키기 위해서는 이들 기능에 대한 조작 만족도를 개선해야 한다는 것을 알 수 있었다.

앞서 도출한 고급감에 영향을 크게 미치는 4가지 기능의 조작만족도에 대한 각 감성 변수의 상관 분석과 회귀 분석 결과, 부드러움과 절도감이 공통적으로 조작 만족도에 유의한 영향을 미치는 요소임을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 실차 환경이 아닌 실험실 환경에서 이루어진 평가이므로 실제 차량에서 발생할 수 있는 진동과 핸들로 인한 간섭 등은 고려하지 않았다는 한계가 있다. 하지만 여기에서 도출된 기능 및 감성변수가 멀티펄션 스위치의 고급감 향상과 관련이 있다는 점에서 기여하는 바가 있다고 본다. 또한, 본 연구에서는 감성변수에 대한 연구였지만, 각 스위치의 설계변수에 대한 연구를 통해 최적 조작만족도를 가져오는 설계 사양을 도출할 수 있을 것이다.

성별에 따른 감성 변수의 회귀 분석 결과 견고함, 절도감, 그립감이 조작 만족도에 유의한 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 견고함, 절도감, 그립감 등의 감성 변수의 민감도를 다르게 설계함으로써, 성별에 따라 다른 만족감을 주는 설계가 가능할 것이다. 마찬가지로, 멀티펄션 스위치의 조작 감성을 사용자의 성향에 따라 다르게 제공할 수 있는 설계도 가능할 것이다.

## References

- Jung, Y.S., The Effect of Brand Personality in the Context of Korean Luxury Vehicle Market, *Journal of Aviation Management Society of Korea*, 7(3), 219-237, 2009
- Kim, H., and Ku, J.M., Perceived Quality Study for Automobile interior Part, *Journal of Ergonomics Society of Korea*, 242-247, 2010
- Jindo, T., and Hirasago, K., Application studies to car interior of Kansei engineering, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19(2), 105-114, 1997
- Tanoue, C., Ishizaka, K. and Nagamachi, M., Kansei Engineering: A Study on Perception of Vehicle Interior Image, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19(2), 115-118, 1997
- Burnett, G.E., Mark Porter, J., Ubiquitous computing within cars: designing controls for non-visual use, *International Journal of Human-Computer Studies*, 55(4), 521-531, 2001
- Bahn, S.U., Yun, M.H., Lee, C., and Lee, J.H., Development of Luxuriousness Models for Automobile Crash Pad based on Subjective and Objective material Characteristics, *Journal of Ergonomics Society of Korea*, 25(2), 187-195, 2006
- Rhiu, I.S., Lee, J.H., Song, J.B., and Yun, M.H., Differences in Perception of Luxuriousness for an Automobile Seat between Domestic and Foreign Users, *Journal of Ergonomics Society of Korea*, 229-233, 2010
- Mulder, M., Abbink, D.A., and Boer, E.R., Sharing Control With Haptics Seamless Driver Support From Manual to Automatic Control, *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 54(5), 786-798, 2012

**Myung Hwan Yun:** mhy@snu.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Industrial and Manufacturing Engineering, Penn State University

**Position title:** Professor, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

**Areas of interest:** Biomechanics, Product Design and Development, Human Factors, HCI, Kansei Engineering

## Author listings

**Byungki Jin:** bkjin01@snu.ac.kr

**Highest degree:** BS, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

**Position title:** PhD Candidate, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

**Areas of interest:** User Interface Design, Affective Engineering, Product Design

**Jiyoon Han:** good1004e@snu.ac.kr

**Highest degree:** BS, Department of Design and Human Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology

**Position title:** Master student, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

**Areas of interest:** User Interface, User Experience, Affective Engineering

**Joong Hee Lee:** jetishie@snu.ac.kr

**Highest degree:** BS, School of Industrial Engineering, Purdue University

**Position title:** Master student, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

**Areas of interest:** User Experience, Kansei Engineering