



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사학위논문

A Qualitative Study on the Auditory Experience of
Driving Sound in Electric Vehicles Considering User
Characteristics and Context of Driving

사용자 특성과 주행 맥락을 고려한 전기 자동차 주행음의
청각 경험에 대한 질적 연구

2021 년 8 월

서울대학교 대학원
산업공학과

송 예 인

A Qualitative Study on the Auditory
Experience of Driving Sound in Electric
Vehicles Considering User Characteristics and
Context of Driving

사용자 특성과 주행 맥락을 고려한
전기 자동차 주행음의 청각 경험에 대한 질적 연구

지도교수 윤명환

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2021 년 7 월

서울대학교 대학원

산업공학과

송예인

송예인의 공학석사 학위논문을 인준함

2021 년 8 월

위원장 박우진

부위원장 윤명환

위원 이경식

초록

자동차의 주행 청각 경험은 감성 측면에서 사용자의 주행 경험과 만족감을 향상시키는 중요한 설계 요소로 연구되고 있다. 또한, 사용성 측면에서 사용자에게 주행 맥락에 대한 정보를 제공하는 청각적 디스플레이(display)로서 매우 중요하다. 본 연구는 전기 자동차의 주행 청각 경험에서 사용자 성향을 고려하여 사용자 유형을 도출하고, 주행 맥락을 반영하여 사용자 유형에 따른 주행음에 대한 평가와 니즈 및 아이디어를 도출하는 것을 목적으로 수행되었다.

본 연구는 감성 및 사용성 측면에서 사용자의 특성과 주행 맥락을 복합적으로 고려하였으며, 40명(남성 29명, 여성 11명)을 대상으로 전기 자동차의 실차 주행 평가를 수행하였다. 모든 실험 참여자들은 약 1시간 30분 동안 실험을 수행하였으며, 약 15.6km를 직접 운전하며 사용자 성향 설문, 감성 평가 설문 및 Think aloud를 수행하였다. 참여자들은 사전 설문에서 참여자의 성향 및 선호하는 전기차 청각 경험에 대한 설문을 수행한 후 본격적인 주행을 시작하였다. 실험 참여자들은 저속, 중속, 고속의 속도로 주행하면서 느껴지는 소리에 대한 감성 어휘 평가를 수행하였다. 감성 어휘 평가 설문은 속도 구간이 종료되는 지점에서 안전하게 정차 후 수행하였으며, 주행하는 동안에는 Think aloud를 수행하며 실시간으로 전기차 청각 경험에 대한 평가나 니즈 등의 의견을 자유롭게 말하였다.

사용자 성향 설문 결과에 대하여 요인분석을 통해 3개의 사용자 성향을 도출하였으며, 사용자 성향을 기반으로 군집분석을 수행하여 사용자 성향에 따른 2개 사용자 유형을

도출하였다. 자동차 청각 경험의 감성 특성은 탐색적 요인분석을 통해 4개가 도출되었다. Mann-Whitney U 검정을 수행한 결과, 두 유형 간에 전기 자동차에서 나기를 기대하거나 선호하는 감성 특성에 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p < .05$). 두 사용자 유형의 청각 경험이 사용자 유형과 주행 속도에 따라 차이가 있는지 확인하기 위하여 Friedman 검정과 Mann-Whitney U 검정을 수행한 결과, 일부 감성 특성에서 주행 속도에 따른 유의미한 차이가 있었다($p < .05$). 참여자들이 수행한 Think Aloud 내용을 텍스트화하여 네트워크 분석 및 CONCOR 분석을 수행한 결과, 사용자 유형 별로 주요하게 언급한 이슈 및 니즈를 확인하고 이에 따른 디자인 전략의 예시를 제시하였다.

본 연구는 전기 자동차의 주행 청각 경험을 사용자의 성향과 주행 맥락을 복합적으로 반영하고 사용자를 유형화하여 사용자 유형에 따른 평가와 구체적인 니즈 및 개선 아이디어를 도출했다는 점에서 의의가 있다.

주요어: 전기 자동차, 청각 경험, 사용자 특성, 주행 맥락, 설계 전략

학번: 2019-28113

목차

초록	ii
목차	iv
표 목차	viii
그림 목차	x
제 1 장 서론	1
1.1 연구 배경.....	1
1.2 연구 목적.....	4
1.3 논문 구성.....	4
제 2 장 배경 이론 및 선행 연구	5
2.1 자동차 청각 경험 관련 연구.....	5
2.1.1 내연기관 자동차 실내 소리 품질 연구.....	5

2.1.2	전기 자동차 실내 소리 품질 연구.....	7
2.1.3	자동차 소리 품질 평가 및 디자인을 위한 감성공학 연구.....	8
2.1.4	자동차 소리에 대한 사용자 니즈 조사.....	10
2.2	주행 맥락과 청각 경험.....	11
2.2.1	주행 맥락 및 청각 경험.....	11
2.2.2	환경적 요인 및 차량 요인과 청각 경험.....	12
2.2.3	사용자 요인과 청각 경험.....	14
2.3	특성 및 이슈 도출을 위한 분석 방법.....	15
2.3.1	요인분석.....	15
2.3.2	네트워크 분석.....	17

제 3 장 연구 방법 19

3.1	실험 설계.....	21
3.1.1	환경적 및 차량 요인.....	21
3.1.2	사용자 요인.....	23
3.1.3	전기차 청각 경험 관련 감성 어휘 선정.....	24
3.2	사전 실험.....	26
3.3	실차 주행 실험.....	27
3.3.1	실험 참여자.....	27
3.3.2	실험 장비.....	28
3.3.3	실험 절차.....	29
3.3.4	과업 및 척도.....	31

3.3.5	데이터 분석.....	33
제 4 장	연구 결과	36
4.1	사전 실험.....	36
4.2	실차 주행 실험.....	38
4.2.1	사용자 유형.....	38
4.2.2	사운드 감성 특성에 대한 선호도.....	42
4.2.3	청각 경험 평가.....	50
4.2.4	니즈 및 개선 아이디어.....	63
제 5 장	논의	71
5.1	사용자 유형.....	71
5.2	사운드 감성 특성에 대한 선호도.....	72
5.3	청각 경험 평가.....	74
5.4	니즈 및 개선 아이디어.....	75
제 6 장	결론	83
6.1	결론.....	83
6.2	한계 및 추후 연구.....	84
참고 문헌		85

부록 A. 사전 실험 설문지	100
부록 B. 실차 주행 실험 설문지	104
Abstract	115

표 목차

Table 3.1 기존 문헌 조사로 수집된 주행 맥락.....	22
Table 3.2 최종적으로 선정된 환경적 및 차량 요인.....	22
Table 3.3 최종 선정된 20개 감성 어휘 및 정의.....	25
Table 3.4 사전 실험 대상 차량.....	26
Table 3.5 실험 참여자 기본 사항.....	28
Table 4.1 문항 및 공통성.....	39
Table 4.2 요인 분석 결과로 도출된 대표적 사용자 성향 (User Characteristics)	40
Table 4.3 사용자 유형 별 군집 중심.....	41
Table 4.4 군집중심 간 거리.....	42
Table 4.5 ANOVA 결과.....	42
Table 4.6 감성 어휘 및 공통성.....	43
Table 4.7 요인 분석 결과로 도출된 전기차 사운드 감성 특성.....	44
Table 4.8 사운드 감성 특성에 대한 선호도 평가 정규성 검정.....	46
Table 4.9 사운드 감성 특성 별 선호 점수 기술 통계.....	47
Table 4.10 사용자 유형 별 사운드 감성 특성에 대한 선호도 평가 Shapiro-Wilk 검정	48
Table 4.11 선호 사운드 감성 특성의 Mann-Whitney U 검정 결과.....	48
Table 4.12 사용자 유형 1 구간 별 기술 통계 (n=19).....	51

Table 4.13 사용자 유형 2 구간 별 기술 통계 (n=21)	51
Table 4.14 전체 참여자 구간 별 분산분석 결과: Sporty 특성.....	52
Table 4.15 전체 참여자 구간 별 분산분석 결과: Stylish 특성.....	52
Table 4.16 전체 참여자 구간 별 분산분석 결과: Comfort 특성.....	53
Table 4.17 전체 참여자 구간 별 분산분석 결과: Calm 특성.....	53
Table 4.18 Shapiro-Wilk 검정 결과.....	56
Table 4.19 사용자 유형 1(ED&SS) 구간 별 평가 Friedman Test.....	57
Table 4.20 사용자 유형 2(SD&GN) 구간 별 평가 Friedman Test.....	57
Table 4.21 사운드 감성 특성 별 사용자 유형에 따른 청각 경험 Mann-Whitney 검정 결과...	60
Table 4.22 전체 실험 참여자 구간 별 만족도 평가 기술 통계 (n=40).....	61
Table 4.23 사용자 유형 1의 구간 별 만족도 평가 기술 통계 (n=19).....	61
Table 4.24 사용자 유형 2의 구간 별 만족도 평가 기술 통계 (n=21).....	61
Table 4.25 평가구간 별 사용자 유형 간 만족도 차이.....	62
Table 4.26 고유벡터 중심성기반의 중요 단어 순위 Top 20	64
Table 4.27 Hierarchical Interpretation on CONOCOR Analysis: 전체 실험 참여자..	68
Table 4.28 Hierarchical Interpretation on CONOCOR Analysis: 사용자 유형 1	69
Table 4.29 Hierarchical Interpretation on CONOCOR Analysis: 사용자 유형 2	70
Table 5.1 사용자 유형 1의 디자인 방향 도출 (예시).....	81
Table 5.2 사용자 유형 2의 디자인 방향 도출 (예시).....	82

그림 목차

Figure 2.1 Sources of vehicle interior noise.....	6
Figure 3.1 연구 흐름도.....	20
Figure 3.2 실험 장비 및 설치 위치.....	29
Figure 3.3 주행 경로.....	31
Figure 3.4 실험 과업.....	32
Figure 3.5 감성 형용사로부터 대표 감성어휘 도출 과정.....	34
Figure 4.1 전체 사용자의 사운드 감성 특성 별 선호도 평가.....	46
Figure 4.2 사용자 유형 1과 2의 사운드 감성 특성 별 선호도 평가.....	49
Figure 4.3 구간 별 사운드 감성 특성(SAP) 평가: Sporty.....	54
Figure 4.4 구간 별 사운드 감성 특성(SAP) 평가: Stylish.....	54
Figure 4.5 구간 별 사운드 감성 특성(SP) 평가: Comfort.....	55
Figure 4.6 구간 별 사운드 감성 특성(SAP) 평가: Calm.....	55
Figure 4.7 사용자 유형 1과 2의 구간 별 사운드 감성 특성(SAP) 평가: Sporty.....	58
Figure 4.8 사용자 유형 1과 2의 구간 별 사운드 감성 특성(SAP) 평가: Stylish.....	58
Figure 4.9 사용자 유형 1과 2의 구간 별 사운드 감성 특성(SAP) 평가: Comfort.....	59
Figure 4.10 사용자 유형 1과 2의 구간 별 사운드 감성 특성(SAP) 평가: Calm.....	59
Figure 4.11 평가 구간 별 만족도 비교.....	62
Figure 4.12 전체 실험 참여자의 CONCOR 분석 결과 (깊이 7).....	65

Figure 4.13 사용자 유형 1(ED&SS)의 CONCOR 분석 결과 (깊이 7).....	66
Figure 4.14 사용자 유형 2(SD&GN)의 CONCOR 분석 결과 (깊이 7)	67

제 1 장 서론

1.1 연구 배경

과거의 사용자들은 자동차를 구매할 때 자동차의 기계적인 성능을 주로 고려하였다면, 점차 자동차 관련 기술과 시장이 발전하면서 사용자 경험 측면에서 보다 디테일한 요소들을 고려하고 만족감을 느끼는 경향이 있다. 이에 자동차 설계에서 기능성과 더불어 사용자들의 만족감을 높이기 위해, 사용성 측면과 감성 측면을 고려한 주행 경험 설계에 대한 중요성이 대두되고 있다[1, 2]. 특히 주행 환경에서 사용자 경험과 만족감을 향상시키기 위한 매력적 요인으로서 자동차 청각 경험에 대한 연구가 수행되고 있다[3-5].

자동차는 엔진, 변속기, 문, 공조 시스템 등 다양한 요소들로 구성되어 있으며, 사용자들은 자동차 환경에서 다양한 요소로부터 제공되는 소음 및 소리를 경험한다. 차량에서 제공되는 다양한 청각 경험에 대하여 사용자들을 대상으로 감성 평가 연구들이 많이 수행되고 있다. Kim은 자동차 문을 여닫는 소리에 대한 청각적 쾌적함(pleasantness)에 대한 감성 모형을 개발하였으며[6], Leite는 차량 내부의 공기조화 시스템(HVAC)의 소음에 대한 감성 모형을 개발하였다[7].

본 연구의 대상인 주행음은 자동차 주행 시 엔진, 타이어, 바람, 그리고 자동차 구조(차체)로부터 나오는 복합적으로 경험하는 소리로서[8], 자동차 환경에서 사용자가 청각적으로 가장 많이 경험하는 소리이다[3]. 이에 따라 자동차 주행음을 대상으로 사용자가 느끼는 청각 품질에 대한 감성 평가 연구가 많이 수행되고 있다.

자동차 청각 경험에 대한 선행 연구들은 대부분 음향실에서 녹음된 자동차 음원을 듣고 실험 참여자들이 평가하는 청음 평가 방식으로 수행되었다. Park의 연구에서 실험 참여자들은 다양한 차종에서 녹음한 주행 음원들을 듣고 감성 어휘에 대하여 리커트 척도로 평가하였다[3]. 그러나 이러한 자동차 소리에 대한 청음 평가 방법은 주행 환경에 따른 다양하고 구체적인 주행 맥락(context of driving)이 반영되지 않았다는 점에서 한계가 있다[8].

사용 맥락(context of use)은 사용자 중심의 사용자 경험 설계 및 평가 시 중요하게 고려되는 개념으로서, 다양한 제품 및 서비스를 대상으로 환경적 요인, 차량 요인, 사용자 요인 등으로 연구된다[9]. 자동차의 성능과 기능에 대한 기술들이 발전함에 따라 주행 경험의 복잡도가 높아지고 사용자들의 안전과 사용성에 대한 고려가 점점 중요해지고 있다. 이에 따라 차량 내 인터페이스나 기능 등의 다양한 주행 경험을 설계할 때 주행 맥락(context of driving)이 중요한 요소로서 연구되고 있다[10]. 전기 자동차의 청각 경험 설계에서도 자동차의 차량의 상태나 주행 속도 등에 대한 정보를 제공할 수 있는 디스플레이라는 측면에서 주행 맥락에 대한 연구가 매우 중요하다[11].

실제 주행 맥락을 반영하여 청각 경험을 평가하는 방법으로 자동차 시뮬레이터를 활용한 연구가 수행되었다. Gillibrand는 자동차의 외부 소리 시뮬레이터(exterior sound simulator)를 활용하여 실험 참여자가 고급 전기 및 하이브리드 자동차가 접근하는 시나리오에서 자동차의 가상 엔진음 시스템(virtual engine sound system)을 경험하고 평가하도록 하였다. 그의 연구에서는 운전자를 배제하고 보행자 위주로 0~50km/h 이하의 주행 맥락만 고려되었으며, 보다 다양한 주행 속도, 도로 유형 등의 주행 맥락과 자동차 사용자 중심의 자동차 청각 경험에 대한 고려가 부족하다는 점에서 한계가 있었다.

실제 주행 환경에서 다양한 주행 속도에 대한 청각 경험을 평가하기 위하여 Genuit은 실험 참여자들이 실제 차량을 운전하며 느껴지는 주행음을 평가하는 연구를 수행하였다[12]. 감성 어휘 평가 등 별도의 설문조사는 수행하지 않았으며 참여자들의 과업은 주어진 경로를 규정 속도 내에서 자유롭게 운전하며 경험한 주행음에 대한 묘사와 평가를 연구자에게 설명하는 것이었다. 본 연구는 이에 기반하여 저속과 중속, 고속의 주행 구간을 설계하고 실험 참여자들이 지정된 속도에 따라 경험하는 주행음에 대해 평가할 수 있도록 주행하도록 환경을 통제하였다. 또한 참여자들의 주행 속도에 따른 경험을 감성 어휘에 대한 리커트 척도로 평가하였다.

사용자 요인은 제품이나 서비스에 대한 청각 경험의 지각, 인식 및 평가에 영향을 미칠 수 있는 주요한 맥락 요인 중 하나이다. 사용자 요인에는 사용자들의 성별, 나이, 국적, 성격 등이 있으며, 많은 제품의 청각 경험 연구에서 사용자의 특성을 고려한 사용자 중심 디자인을 위한 연구가 수행되고 있다. Fiebig와 Kamp는 사용자의 특성을 기반으로 도출된 사용자 유형에 따른 제품 청각 경험의 설계 전략을 제안하였다[13].

사용자의 요인이 고려된 자동차의 청각 경험 연구에서는 기존에 소유한 차량이나 음향 관련 전문 지식, 국적 등이 고려되었다[14, 15]. Maiberger는 고급 내연기관 차량 소유주들을 대상으로 그들의 자동차 운전 성향과 소리에 대한 성향에 대한 설문조사를 기반으로 사용자 유형을 도출하여 자동차 청각 경험의 평가와의 관계를 예측하는 모델을 개발하였다[16]. 그러나 전기 자동차가 본격적으로 상용화되기 시작하는 현 시점에서 사용자 유형에 따라 전기 자동차에 대한 평가와 니즈 및 아이디어에 대한 구체적인 연구는 아직 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 주행 맥락으로서 환경 및 차량 요인과 사용자 요인을 고려하여

전기 자동차의 주행 시 청각 경험에 대한 사용자 평가를 확인하고 니즈 및 개선 아이디어를 도출하였다. 이를 위하여 사용자들의 성향을 기반으로 사용자 유형을 도출하였으며, 자동차 속도와 도로 유형을 고려하여 주행 시 경험하는 청각 경험에 대한 사용자 유형에 따른 평가 및 니즈를 확인하였다. 또한 이를 기반으로 사용자 유형에 따른 구체적인 설계 고려사항 및 전략을 제시하였다.

1.2 연구 목적

본 연구는 사용자들의 전기 자동차 주행 경험을 향상시키기 위하여 주행 시 청각 경험에 대하여 사용자의 특성에 따라서 주행 맥락을 반영한 평가, 니즈 및 개선 아이디어를 도출하는 것을 목적으로 수행되었다. 이를 위하여 다음 네 가지 세부 목표에 대한 연구가 수행되었다. 첫째, 전기 자동차의 청각 경험에 대하여 사용자의 성향을 기반으로 사용자를 유형화한다. 둘째, 사용자 유형 간에 전기 자동차에서 경험하기를 기대하거나 선호하는 감성적 특성의 차이를 비교한다. 셋째, 사용자 유형 별로 전기 자동차에서 전기 자동차의 청각 경험에 대한 평가에 차이가 있는지 확인한다. 넷째, 사용자 유형 별로 전기 자동차 청각 경험에 대한 니즈 및 불만족스러운 점을 도출한다.

1.3 논문 구성

본 논문은 6 장으로 구성된다. 제 2장에서는 배경 이론과 선행 연구를 살펴보았고, 제 3장에서는 연구 방법에 대해 소개하였다. 제 4장에서는 연구 결과를 살펴보았으며, 제 5장에서는 결과에 대하여 논의하였다. 마지막으로 제 6장에서 결론과 본 연구의 한계 및 추후 연구에 대해 제시하였다.

제 2 장 배경 이론 및 선행 연구

2.1 자동차 청각 경험 관련 연구

과거의 사용자들은 자동차를 구매할 때 기계적 측면의 성능이나 가격 측면에 대한 개선이 주된 고려 사항이었다면, 최근의 사용자들은 인테리어 디자인 등의 보다 다양한 요소로부터 자동차 구매에 대한 만족감과 성취감을 얻게 되었다. 자동차 시장에서 경쟁이 과열됨에 따라, 자동차 제조사에서는 기능적 측면 뿐만 아니라 사용자들의 감성적 측면을 만족시키는 것이 매우 중요한 경쟁력이 되었다[17, 18]. 자동차 제조사들은 각자의 브랜드 아이덴티티(brand identity)를 나타내고 차별화된 사용자 경험에 대한 연구를 많이 수행하고 있다[1, 2].

사용자의 만족을 측정하는 데 많이 활용되고 있는 Kano 모델에서는 매력적 요인(attractive attributes)을 사용자가 기대하지 못했거나 기대했던 것 이상을 충족시킬 수 있는 요인으로서 정의하였다[19-21]. 이에 따라 자동차의 디자인 품질을 향상시키고 사용자의 감성적 경험과 만족감을 향상시키기 위한 다양한 요인들에 대한 연구가 많이 수행되고 있다[1, 2]. 자동차의 주행 환경에서 경험하는 청각 품질은 사용자의 감성적 측면에서 매력적 요인으로 중요성이 대두되고 있다[3-5].

2.1.1 내연기관 자동차 실내 소리 품질 연구

자동차에서는 자동차 청각 경험은 대부분 소음에 의한 경우가 많았기 때문에 차량의 소음과 진동은 전반적인 자동차 이미지에 가장 큰 영향을 미치는 요인 중

하나로 작용하였다[22]. 주행 시 자동차에서 배출되는 소음은 내부 소음과 외부 소음이 있으며, 진동은 자동차의 엔진과 변속기 등의 다양한 부분에서 발생하고 다양한 경로로 전달된다[23].

소음은 발생 및 전달되는 특성에 따라 air-borne 소음과 structure-borne 소음으로 구분할 수 있다[24]. Air-borne 소음은 엔진, 타이어 및 외부 공기로부터 공기를 통해 차량 내부로 전달되는 소음을 의미하며, 배기 소음으로 인한 booming 소음, 풍절음, 기어 및 타이어 소음 등이 있다[25]. Structure-borne 소음은 엔진이나 차체와 같은 차량의 주요 구성 요소를 통해 실내 공간에 전달되는 진동 현상으로 인해 차량 내부에서 발생하는 소음을 의미하며, 노면음, 배기 시스템의 진동으로 인한 harshness, 차체 소음 등이 있다[26, 27].

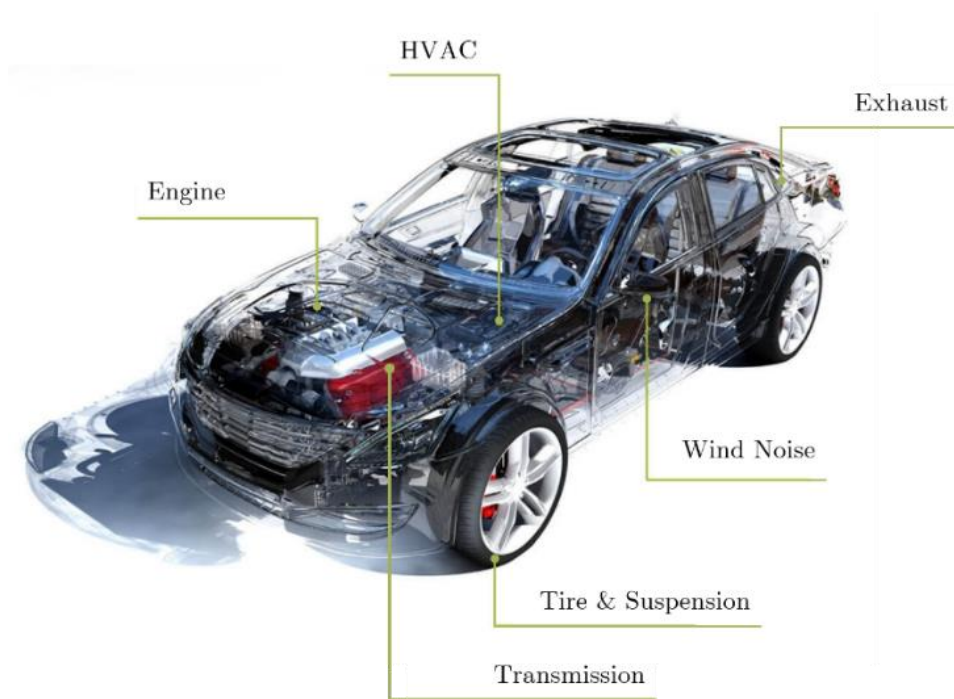


Figure 2.1 Sources of vehicle interior noise

과거에는 내연기관 자동차에서 발생하는 소음을 줄이기 위한 연구들이 많이 수행되어 왔으나[28, 29], 최근에는 자동차의 정숙성과 더불어 사용자의 만족도와 브랜드 정체성을 향상시키기 위하여 감성적 측면에 대한 연구가 많이 수행되고 있다[3, 4, 30].

2.1.2 전기 자동차 실내 소리 품질 연구

전기 자동차의 주행 소리(driving sound)는 감성 측면과 더불어 사용성 측면을 고려한 연구도 많이 수행되고 있다. 전기 자동차는 기존에 내연기관 자동차에 비해 모터로 인한 소리와 진동이 매우 미미하다는 특징이 있다. 이로 인해 저속으로 주행할 시 매우 주행음과 도로 및 공기와의 마찰음은 주변의 보행자나 자전거 이용자, 시청각 장애인들에게 소리로서 자동차가 접근하고 있다는 정보를 제공하기에 너무 작아 안전 문제가 발생하게 되었다[31, 32].

때문에 스피커를 통해 가상으로 엔진 소리를 내는 가상 엔진 사운드 시스템(Virtual Engine Sound System, VESS)에 대한 연구가 많이 수행되고 있으며[31, 33-35], 선진국을 중심으로 세계 각국에서 저속 주행 시 보행자를 위한 VESS의 장착을 법률로 규정하고 있다. 현재 대한민국의 국토교통부는 차량이 시속 30km/h 이하로 주행 시 VESS를 통해 75dB 이하의 경고음을 내야하고, 보행자가 알 수 있도록 전진 속도에 맞춰 가상 엔진 소리에 변화를 줘야 한다고 규정하고 있다.

전기 자동차의 정숙성은 저속 주행 상황에서 보행자에게 위험한 요인이 될 수 있을 뿐만 아니라 중속 이상의 속력으로 주행 시에 운전자에게 위험한 요인이 될 수 있다. 운전자의 주 과업인 운전으로 인해 운전자의 시선이 정면을 향하고 있는 상황에서 전기 자동차의 지나친 정숙성은 소리를 통해 자동차의 엔진 구동 상태나

작동 상태에 대한 피드백을 받기 어렵다는 점에서 위험한 상황을 야기시킬 수 있다[11, 36]. 때문에 최근에는 저속에서 뿐만 아니라 중속 이상의 속력에서 출력되는 VESS에 대한 연구에 대한 중요성도 점점 대두되고 있다.

2.1.3 자동차 소리 품질 평가 및 디자인을 위한 감성공학 연구

감성은 다양한 용어와 정의가 있으며, 사전적으로는 대상으로부터 감각되고 지각되어 표상을 형성하게 되는 인간의 인식능력으로 정의된다. 또한 감성은 인지 과정이 복잡한 감정 반응을 형성하기 전에 일어나는 특정한 자극에 대한 본능적인 반응으로 정의될 수 있다[37]. Russell은 감성을 의식적으로 접근할 수 있는 신경생리학 상태(neurophysiological state)라고 정의하였다[38].

사용자의 감성적인 요구를 제품에 적용하기 위한 감성공학(Affective Engineering, Kansei Engineering)은 사용자의 제품에 대한 느낌이나 이미지를 제품 요소에 반영하는 기술을 의미한다[39]. 이를 위하여 감성 공학에서는 인간이 이미지로 가지고 있는 제품에 대한 욕구를 감성으로 표현하고, 이를 세분화한다. 그리고 개발하고자 하는 제품의 물리적인 특성에 따라 그 특성에 관련 있는 인간의 감각을 조사하여 이 감각에 따라 표현되는 인간의 감성 구조를 추출하고, 제품설계를 위한 물리적 디자인 요소와 인터페이스에 의해 관련된 디자인 요소의 설계안을 제시한다.

자동차의 실내 소리 분야에서도 많은 연구에서 감성공학을 적용하여 소리의 감성 품질을 평가하고[40], 사용자의 니즈 등을 도출해왔다[31]. 감성 평가 방법 중 어휘를 사용한 평가 방법은 자동차의 사운드 뿐만 아니라 다양한 제품 및 서비스 대상 연구에서 사용되는 방법이다[41]. 감성 어휘를 활용한 자동차 소리의 품질 평가에 대한

많은 연구에서 사용자의 감성을 정성적으로 측정하기 위하여 문헌 조사, 인터뷰 등의 방법으로 청각 차원의 감성 형용사들을 수집하여 평가하는 설문조사를 수행하였다.

정성적인 감성의 측정 방법으로 rating scale measure 방법은 가장 일반적으로 활용되고 있으며, 실험 참여자들은 리커트 척도로 감성 형용사에 대해 평가하는 방식으로 수행된다[8, 42]. 의미 미분법을 활용한 감성 평가는 실험 참여자가 음원 샘플에 대하여 쌍의 양극 형용사에 대하여 해당하는 정도를 평가하는 방식으로 활용된다[6]. 또한 두 음원 샘플을 듣고 선호하는 정도를 비교하는 설문 방식인 paired comparison measure도 활용되고 있다[43, 44]. 기존의 감성 어휘를 활용한 자동차 소리 연구들은 대부분 내연기관 자동차를 중심으로 수행되어왔기 때문에 전기차에 특화된 감성 어휘에 대한 연구는 부족한 실정이다[45].

정량적인 감성 평가 방법에는 얼굴 표정이나 EEG 등의 생체 신호 측정을 통한 방법 등이 있다. 그러나 자동차 사운드 연구에서 정량적인 감성 측정 방법은 많이 수행되지 않았으며, 심박변이도(HRV)를 측정하여 실험 참여자들의 감성을 정량화하는 연구가 수행되었다[46].

사용자들이 자동차 소리를 평가하는 실험 방법으로 대부분의 연구에서 녹음된 소리 음원 샘플에 대해 인터뷰하고 평가하는 방식인 청음 평가(jury test)이 활용되었다[3]. 또한 실험 참여자들이 시뮬레이터에 탑승하여 가상 주행 환경을 운전하며 차량의 소리를 평가하는 시뮬레이터 평가(driving simulator test)도 활용되었다[47]. 그러나 실제 차량으로 주행하며 자동차 실내 소리를 평가하는 실차 주행 평가(real driving test)는 많이 수행되지 않았다[48].

2.1.4 자동차 소리에 대한 사용자 니즈 조사

감성 평가 방법은 기존의 소리에 대한 사용자의 감성적 평가를 통해 개선점을 도출하기 위한 방법으로도 활용이 되지만, 사용자 중심 자동차 소리의 방향성 및 컨셉을 도출하기 위한 방법으로도 사용되고 있다[31]. 사용자 니즈 도출을 위한 연구에서는 감성 어휘를 활용한 감성 평가 결과와 니즈에 대한 주관적인 의견을 서술하는 open question 결과를 비교하여 새로운 방향성 및 컨셉을 제시하는 조사 방법이 적용되고 있다.

자동차를 비롯한 많은 제품 및 서비스에서 사용자의 평가와 니즈 및 아이디어를 조사하기 위하여 소셜 미디어의 온라인 리뷰 텍스트 분석을 수행하고 있다[49, 50]. 내연기관 자동차는 이용자 수와 온라인 리뷰가 상대적으로 풍부하기 때문에 사운드를 비롯한 다양한 측면에서 니즈 및 개선점을 도출하기 온라인 리뷰 분석이 수행되고 있다[51].

사용자의 요구 사항을 보다 구체적이고 명확하게 도출하기 위하여 인터뷰 방법을 활용할 수 있다. 다수의 사용자들을 대상으로 하는 인터뷰나 4~5명의 전문가를 대상으로 Focus Group Interview와 휴리스틱 평가를 수행하여 구체적인 니즈를 도출할 수 있다. 전기 자동차는 내연기관 자동차에 비하여 실제 경험이 있는 사용자가 현저히 적기 때문에 소셜 미디어의 리뷰보다는 설문조사 방법이 많이 수행되고 있다. 인터뷰나 설문조사 내용을 분석하기 위한 방법으로 응답 내용을 텍스트화하여 텍스트 마이닝 기법을 적용할 수 있다[14].

2.2 주행 맥락과 청각 경험

2.2.1 주행 맥락 및 청각 경험

주행 환경에서 청각 디스플레이(auditory display) 기능은 사용자의 현재 상태에 대한 모니터링을 돕고 사운드로 출력으로 표현되는 피드백들을 사용자가 이해하도록 돕는다[11]. 때문에 청각 디스플레이는 사용자의 시선이 정면으로 고정되어야 하는 주행 환경에서 많이 활용되며, 운전 과업을 수행하는 사용자를 위하여 시선에서 자유로운 사용(eyes-free use), 음향적 신호의 빠른 감지(rapid detection), 경고성(alerting), 배경성(background)의 특징이 있다[52].

때문에 사용자의 운전 방해가 되지 않으면서 상황이나 도로 유형, 주행 속도에 대한 피드백을 제공하기 위한 자동차 사운드에 대한 연구는 매우 중요하다. 특히 내연기관 자동차에 비해 상당히 작은 전기 자동차의 소리는 보행자의 입장에서 자동차의 존재와 속도 등의 상태를 알려주거나 운전자의 입장에서 자동차의 속도나 엔진 상태 등의 상태에 대한 정보량과 지각 가능성(perceptibility)이 부족하다. 사용자의 주 과업을 방해하지 않으면서 사용자에게 필요한 정보를 청각적으로 제공하기 위해서는 주행 맥락에 대한 연구가 필요하다.

최근 자동차의 성능과 기능의 복잡도가 상승하면서, 주행 외의 다양하고 복잡한 요소들이 주 과업(primary)인 운전(driving)에 잠재적인 위험 및 방해 요소로 작용할 가능성도 증가하게 되었다. 때문에 주 과업 이외의 인터페이스와의 상호작용 등의 주행 경험(driving experience)을 설계할 때 고려해야 할 사항으로 주행 맥락(context of driving)에 대한 중요성이 대두되고 있다[10]. 전기 자동차 소리 측면에서 사용되고

있는 환경 요소와 사용자의 특성 등의 주행 맥락에 따라 청각 경험 설계에 대한 전략이 달라질 수 있다.

사용 맥락(context of use)은 제품이나 서비스 평가 및 개발 시 일반적으로 많이 활용되는 방법이며, 환경적 요인, 사용자 요인, 그리고 과업 요인으로 구성된다[9]. 환경적 요인으로는 기술적 환경, 물리적 환경, 주행 환경에서의 사용 맥락으로서 주행 맥락에 대한 선행 연구에서는 환경적 요인, 차량 요인, 사용자 요인, 과업 요인에 대한 연구가 많이 수행되었다[53].

2.2.2 환경적 요인 및 차량 요인과 청각 경험

자동차 주행 환경에서 시스템 설계 시 고려해야할 환경적 요인(environmental factor)에는 교통량, 도로 유형, 주변 차량 속도, 주변 차와의 상호작용 등이 있다[10, 53-58]. 자동차 소리 연구에서 중요하게 고려된 환경적 요인은 도로 환경, 주변 소음이 있었다.

자동차 평가에서 고려된 환경적 요인 중 도로 환경에는 도로의 포장 종류에 따른 도로 유형에 대한 연구가 수행되었다. Huang은 아스팔트, 자갈, 사암, 벨기에 등 8가지 도로 포장 재질에 따른 자동차 소리를 녹음하여 음원 샘플을 제작하고 평가하였다[59]. Maiberger는 도로 포장의 거칠기 상태를 고려하였으며[8], Gillibrand는 주차장과 보행자 도로에서 속도에 따른 소리의 차이를 비교하였다[47]. Huang은 또 다른 연구에서 언덕진 경사에서의 래틀 소음(rattling noise)을 녹음하여 평가하였다[60].

도로 환경으로서 일반도로, 고속도로, 보행자 전용도로 등 도로 유형을 고려한

연구들이 수행되었다. 도로 유형에 따라 제한되는 주행 속도로 인해 도로 유형이 고려되는 연구들도 있었으나, Gillibrand는 주차장과 보행자 우선 도로 등에서 여러가지 8가지 주행 시나리오에 따른 소리를 평가하였다[47].

대부분의 청음 평가(jury test)는 주변 소음이 컨트롤된 음향실에서 많이 수행되었으나[48], Lee는 실험참여자들에게 3가지 환경적 소음 자동차 경고음과 함께 들려주고 평가의 차이를 비교하였다[61]. 3가지 배경 소음은 건조(dry), 습기(wet), 광대역 백색소음(broadband white noise)였다.

자동차 주행 환경에서 고려되는 차량 요인(in-vehicle factor)에는 차종, 엔진 상태 및 종류, 변속기 종류, 주행 모드 등이 있다[3, 55]. 자동차 소리 연구에서 고려된 차량 요인은 속도 및 가속도, 자동차 종류, 엔진, 공조 조건, 주행 모드 등이 있었다.

자동차 사운드 평가에서 차량 요인으로서 속도 및 가속도를 고려한 연구들은 속도 및 가속도의 상태를 공회전(idle), 저속, 중속, 고속 등으로 구성하여 비교 평가하였다[8, 62, 63]. 기존의 내연기관 자동차의 특성을 고려하여 시속 대신 RPM을 기준으로 설계된 실험도 있었다[42, 64]. 또한 가속 및 감속(acceleration and deceleration)도 속력과 함께 고려될 수 있다[12, 31]. 자동차 소리 연구에서 연구된 자동차 소리로는 주행 시 실내 엔진 소리 및 외부 엔진 소리, 차 문 여닫는 소리, 경고음 등이 있다.

차량 요인으로서 자동차 종류와 엔진에 따른 소리에 대한 연구들이 수행되었다. 세단, 해치백 등의 차급을 고려한 연구와 디젤, 하이브리드 자동차, 전기 자동차 등의 엔진 종류를 고려한 연구들이 수행되었다[33, 48, 65]. 고급 자동차(luxury), 스포츠카(sport car), 컴팩트 카(compact car)의 소리 비교 연구를 수행하였다[4].

사용자가 차량 내부에서 조작할 수 있는 기능의 설정에 따른 소리를 평가하는 연구들도 다수 수행되었다. Minard는 공조 조건에 따른 실내 소리에 대한 품질 평가를 진행하였으며, 공기의 온도와 신선도에 따른 4개 공조 조건에 따른 60개 소리를 비교하였다. 주행 모드 설정에 따른 소리에 대한 연구도 수행되었으며, 주행모드는 노멀(normal), 에코(eco), 스포츠(sport)가 고려되었다[66].

2.2.3 사용자 요인과 청각 경험

자동차 환경에서 고려되는 사용자 요인(user factor)에는 경험, 연령, 성별, 운전 경력, 신체 및 정신적 상태 등이 있다[10, 53-58]. 자동차 소리 사용자의 경험, 차량 음향 관련 전문성 여부, 운전 성향, 국적이 있었다.

자동차 소리에 대한 기존의 사용자들의 경험을 고려하기 위하여 Park 등은 실험 참여자들이 기존에 소유한 차량과 주행한 경험이 있는 차량을 조사하였다[3, 8]. Takada는 실험 참여자들을 모집할 때 차량 음향이나 NVH(noise vibration harsh)에 관련된 분야 종사자들과 음향 분야 비전문가들을 구분하여 모집하였다[14]. Kim은 실험 참여자들의 국적에 따른 차이를 비교하였으며, 한국과 미국인을 대상으로 연구를 수행하였다[15].

소리의 품질을 평가할 때 고려해야할 사용자 요인으로서 사용자들의 경험에 따른 성향에 대한 연구가 수행되고 있다. 제품의 소리에 대한 평가는 사용자의 기대나 습관, 경험, 개인적 취향, 태도와 동기, 사회 문화적 영향 등과 같은 인지적인 영향에 따라 주관적이다[67]. 때문에 Fiebig와 Kamp는 그들의 소리 품질 평가 연구에서 사용자들을 유형화 하였으며, 그룹 간의 기대치의 차이를 확인하고 사용자 유형에 따른 평가

전략의 예를 제시하였다[13].

사용자들의 소리 및 소음에 대한 성향에 대한 선행 연구로 소음 민감도에 따라 사용자들이 소리 및 소음에 어떻게 반응하는가에 대한 연구들이 수행되었다[68-72]. 이와 더불어 소음에 대한 민감도와 환경적 소음에 대한 사용자들의 태도에 대한 연구들이 수행되었다[69]. Notbohm은 그의 연구에서 소리 품질에 대한 사용자들의 성향을 환경적 소음에 대한 태도, 음악에 대한 활성화, 소음 민감도, 자연적 소리에 대한 긍정적 태도의 4가지 요인으로 도출하였다[73].

많은 연구에서 자동차 청각 경험에 대한 지각과 평가에서 사용자의 성격이나 성향이 영향을 줄 수 있다는 것에 동의하지만[74-76], 사용자의 성향을 고려한 자동차 소리 품질 평가 연구는 아직 부족한 실정이다. Maiberger는 자동차 주행음 연구에서 설문조사를 통하여 자동차에 대한 운전 성향, 소음, 사회적 지위 등 6개의 사용자 성향을 도출하였다. [8].

2.3 특성 및 이슈 도출을 위한 분석 방법

2.3.1 요인분석

본 연구에서는 사용자 성향에 대한 설문 결과와 감성 형용사에 대한 감성평가 결과에 대하여 요인분석을 수행하였다. 요인분석이란 측정 변수들 사이의 상관구조나 공분산구조를 설명하는 잠재적 요인 구조를 정의하는 방법이다[77] 요인분석은 이론적 구성 개념이 하나의 측정 변수에 의해 직접적으로 기술될 수 없으며, 여러 측정 변수의 조합으로 표현된다고 가정한다. 요인분석은 측정 변수들의 관계에 기초하는 잠재변수인 요인의 구조를 규명하는 것을 목적으로 한다. 요인분석은 인간공학,

심리학을 비롯한 다양한 분야에서 리커트 척도 등의 범주형 변수 데이터의 특성을 분석할 때 빈번히 활용되는 방법으로서 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석이 있다[78]. 탐색적 요인분석을 통하여 이론적 모형을 구성하는 요인의 구조를 탐색할 수 있으며, 확인적 요인분석을 통하여 연구자가 미리 지정한 요인들에 대한 구조가 새로운 표본의 데이터에서도 타당하게 확인되는지 살펴볼 수 있다[79].

탐색적 요인분석을 수행하는 절차는 다음과 같다. 먼저 동일한 실험적 유닛에 대한 변수들을 측정하고 측정 변수의 상관 혹은 공분산 행렬을 도출한다. 그 후 포함시킬 요인 수를 선택하고 초기 요인 집합(initial set of factors)를 추출한다. 최대우도, 주성분, 주축 추출 등의 다양한 이원 추출 방법이 있으며, 측도의 다변량 정규성이 심각하게 결여되지 않았다는 전제 하에 최대 우도 추출 방법이 많이 사용된다. 그 후 초기에 추출된 결과의 해석을 용이하게 하기 위하여 요인을 회전시킨다. 회전 방법에는 크게 직각 회전(orthogonal rotations)과 사각 회전(oblique rotations)의 두 종류가 있다. 마지막으로 회전된 요인들에 대한 해석을 수행한다.

확인적 요인분석을 수행하는 절차는 다음과 같다. 먼저 측도들과 요인 간의 특성을 고려하여 요인 수를 결정하고 요인 모델(factor model)을 결정한다. 그 후 동일한 실험적 유닛(experimental units)에서 측정 변수에 대한 실험을 수행하고 데이터를 수집하여 측정 변수에 대한 상관 혹은 공분산 행렬을 도출한다. 연구자는 이론적 근거에 의거하여 선정된 모델을 수집된 데이터에 적용한다. 이 때 변동이 없는 factor loading의 추정치를 얻기 위한 방법을 선택해야 하며, 가장 일반적인 model-fitting 절차는 최대우도 측정이다. 그 후 적용된 모델의 적합성을 평가하며, 가장 일반적으로 사용되는 모형 적합도 검정은 χ^2 의 적합도 검정이다. 이 때 요인 모형이

데이터에 피팅되면 모형에 의한 상관 행렬과 실제 관측된 행렬 사이의 불일치를 최소화하기 위한 factor loading이 선택된다. 마지막으로 다른 요인 모형과 비교한다.

2.3.2 네트워크 분석

네트워크 분석은 텍스트 데이터를 분석할 때 활용되는 분석 방법 중 하나이다. 네트워크 텍스트 분석(network text analysis, NTA)은 그래프 이론(graph theory)을 기반으로하는 소셜 네트워크 분석(social network analysis)에서 파생되었다[80]. 네트워크의 구조는 노드(node)와 노드 사이를 연결하는 타이(tie)로 구성된다. 이러한 개념을 기반으로 네트워크 텍스트 분석에서는 텍스트 데이터에서 단어들을 노드로 하고 단어들의 관계에서 네트워크를 구성한다[81].

네트워크 텍스트 분석은 많은 양의 텍스트를 분석하고 단어 간의 관계를 시각화하는데 효과적인 방법으로 알려져 있어 데이터로부터 쉽게 통찰력을 얻을 수 있다는 장점이 있다[82]. 뿐만 아니라 가장 자주 언급되는 단어와 그러한 단어들의 배열을 밝혀낼 수 있으며, 네트워크에서 단어가 블록화되는 방식을 적용함으로써 동일한 단어가 서로 다른 블록으로 그룹화될 때 서로 다른 의미를 가질 수 있음을 밝힐 수 있다[83].

CONCOR (CONvergent CORrelation) 분석은 복잡하게 얽힌 네트워크에서 클러스터를 찾을 수 있는 가장 효과적인 방법 중 하나로서 구조적 등위성 분석을 위하여 일반적으로 많이 활용된다. CONCOR 분석은 단어 간의 동시출현 행렬(co-occurrence matrix)의 피어슨 상관 관계(Pearson Correlation)를 분석한 후 노드 블록을 구축하여 블록 간의 관계를 식별할 수 있다[84].

네트워크 분석의 결과물로 도출되는 네트워크 다이어그램과 중심성 지수(centrality index)는 각 노드의 분포(distribution)와 중요도(importance)를 분석하여 전체 네트워크를 세분화(segmentation)하는데 사용될 수 있다[85]. 네트워크 분석을 활용한 많은 연구에서 중심성(centrality)은 연결 중심성(degree centrality), 근접 중심성(closeness centrality), 매개 중심성(betweenness centrality), 고유벡터 중심성(eigenvector centrality)이 주로 활용되었다[86, 87].

고유벡터 중심성은 연결된 노드의 연결 중심성에 가중치를 부여한다. 높은 수준의 중심성을 가진 단일 노드에 대한 연결은 낮은 점수를 가진 여러 노드에 대한 링크보다 높은 고유벡터 중심성을 가진다. 본 연구에서는 고유벡터 중심성을 활용하여 단어 간의 관계를 정량화하였다.

네트워크 분석은 UCINET 6을 활용하여 수행되었으며 시각화는 NETDRAW 2.0을 사용하여 수행되었다. UCINET 6는 네트워크 분석에서 가장 일반적으로 사용되는 프로그램 중 하나이며, NETDRAW 2.0은 UCINET에 함께 패키징된 시각화 도구이다[88, 89].

제 3 장 연구 방법

본 연구에서는 실험 및 설문 설계 후 사전 실험과 본 실험을 수행하였다. 실험 참여자들이 직접 전기 자동차를 주행하는 실차 주행 실험을 수행하였기 때문에, 참여자들의 안전과 실험 절차의 타당성을 확인하기 위하여 사전 실험을 수행하였다. 본 실험은 40명을 대상으로 설문조사와 주행 실험 및 Think aloud를 수행하였다. 설문 조사를 통하여 사용자 성향과 선호하는 청각적 감성 특징, 전기 자동차에서 경험한 감성 특징에 대한 데이터를 수집하였으며, Think aloud를 통하여 자동차를 운전하며 실시간으로 청각 경험에 대한 평가와 주행 맥락에 기반한 니즈 및 개선 아이디어에 대한 데이터를 수집하였다.

사전 설문 결과로부터 사용자 성향을 도출하기 위하여 탐색적 요인분석을 수행하였으며, 사용자 유형을 도출하기 위하여 사용자 성향을 기반으로 K-means 군집분석을 수행하였다. 탐색적 요인분석으로 도출된 청각 경험의 감성 특성이 사용자 유형 별로 차이가 있는지 확인하기 위하여 Mann-Whitney U 검정을 수행하였다. 또한 전기차 주행 시 느꼈던 감성 특성이 사용자 유형이나 속도 구간에 따라 차이가 있는지 확인하기 위하여 Mann-Whitney U 검정과 Kruskal-Wallis 검정이 수행되었다. 마지막으로 실험 참여자들의 Think aloud 내용은 텍스트화하여 네트워크 분석을 수행하였다.

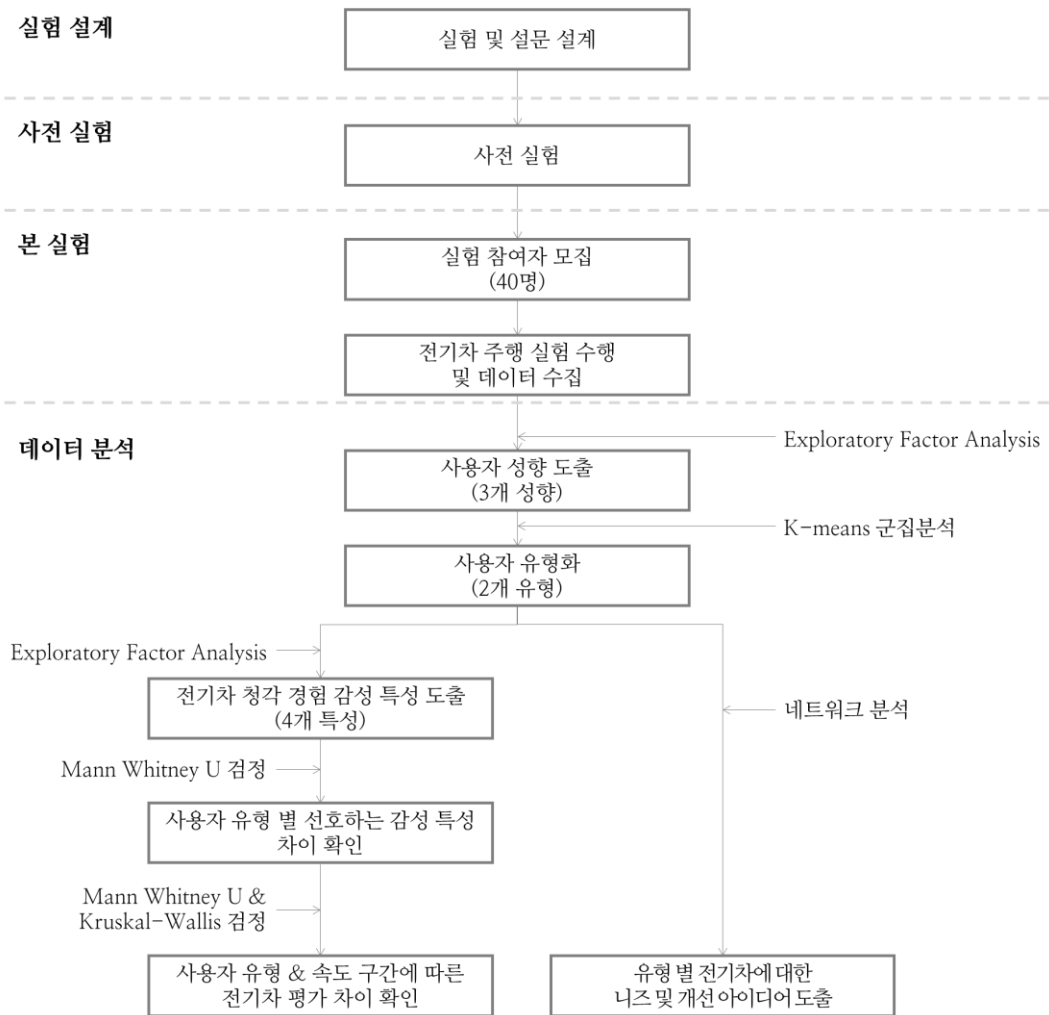


Figure 3.1 연구 흐름도

3.1 실험 설계

3.1.1 환경적 및 차량 요인

차량 상태와 주행 상황은 자동차 청각 경험에 대한 지각, 인식 및 평가에 매우 중요한 요소이다[91]. 이를 위하여 기존 문헌 조사, 휴리스틱 평가, 실차 주행 사전 실험 및 검증의 세 단계에 걸쳐 주행 구간 및 실험 환경을 설계하였다.

첫번째 단계에서 자동차 환경에서 중요하게 연구되는 주행 맥락 중, 청각 경험에 관련된 선행 연구에서 고려된 주행 환경 및 차량 상태를 수집하였다[8, 12, 16, 31, 42, 43, 47, 48, 59, 60, 62-64, 90-92]. 주행 환경 요인으로서 도로 경사, 도로 포장 재질, 도로 포장 상태, 도로 유형이 추출되었으며, 차량 요인으로서 차량의 주행 사이클(공회전, 가속, 정속, 감속, 정지), 차량 속도가 추출되었다(Table 3.1 기존 문헌 조사로 수집된 주행 맥락).

두번째 단계에서는 인간공학 전문가를 대상으로 휴리스틱 평가를 수행하여 기존 문헌에서 수집된 맥락 요인들에 대한 중요도 평가 및 실차 실험 수행 가능 여부를 검토하였다. 자동차 청각 경험 평가와 관련된 선행 연구들은 자동차 및 운전 전문가들이 운전하며 조수석에서 음향 장비로 녹음한 음원을 대상으로 평가하였다. 그러나 본 연구에서는 실험 참여자들이 직접 자동차를 운전하는 실차 주행 평가를 수행하였기 때문에, 중요도를 기반으로 1차 추출된 맥락 요소들에 대하여 참여자들의 안전을 고려한 실험 가능 여부를 휴리스틱으로 평가하였다. 그 결과 도로경사(오르막, 내리막), 도로 유형 및 주행 속도(어린이 보호구역-저속, 일반도로-중속, 고속도로-고속)으로 추려졌다.

자동차 청각 경험 평가와 관련된 선행 연구들은 자동차 및 운전 전문가들이 운전하며 조수석에서 음향 장비로 녹음한 음원을 대상으로 평가하였다. 그러나 본 연구에서는 실험 참여자들이 직접 자동차를 운전하는 실차 주행 평가를 수행하였기 때문에, 참여자들의 안전을 고려한 실험 가능 여부를 휴리스틱으로 평가 후 사전 실험을 통해 다시 한번 검증하였다. 또한 두번째 단계에서 결정된 저속, 중속, 고속의 3개 속도 구간에 대하여 검증 가능하고 안전한 속도 범위를 확인하였다. 그 결과 과 같은 환경 및 차량 요인이 추출되었다.

Table 3.1 기존 문헌 조사로 수집된 주행 맥락

주행 맥락	세부 요인	요소	참고문헌
환경적 요인	도로 경사	경사 언덕 아스팔트, 자갈, 사암, 벨기에,	Huang et al. (2015)
	도로 포장	시멘트, 공명, 조약돌 부드러운, 거친 등	Huang et al. (2019)
	도로 유형	일반도로, 고속도로 등	Maiberger et al. (2019)
차량 요인	주행 상태	idle, 가속, 감속, 정속, 정차	Brizon et al. (2012), Maiberger et al. (2019)
	주행 속도	RPM, 시속	Engler et al. (2015), Petiot et al. (2013) Yan et al. (2018), Liu et al. (2015), Ma et al. (2016), Tan et al. (2016), Li et al. (2013), Wang et al. (2014)

Table 3.2 최종적으로 선정된 환경적 및 차량 요인

환경적 요인	차량 요인
어린이 보호구역	10~30 km/h
일반도로	40~60 km/h
고속도로	80~100 km/h

3.1.2 사용자 요인

사용자의 개인적인 성향에 따라 전기 자동차 청각 경험에 대한 평가와 니즈에 차이가 있는지 확인하기 위하여 주관적인 성향에 대한 설문 문항을 설계하였다. 이를 위하여 기존 문헌 조사, 중복 및 유사 문항 제거, 전문가 휴리스틱 평가의 세 단계에 걸쳐 사용자 성향에 대한 설문 문항을 설계하였다.

첫째, 제품 및 서비스의 청각 경험에 대한 사용자들의 태도와 성향에 관련된 기존의 문헌들을 조사하여 설문 항목과 사용자 요인들을 수집하였다. 그 결과, 54개의 항목을 발췌하였으며, 선행 연구에서 54개 항목에 수행한 탐색적 요인 분석 결과로 도출된 10개 사용자 성향을 수집하였다[16, 70, 71, 73].

둘째, 1차 수집한 사용자 성향 및 설문 문항에 대하여 중복되거나 유사한 10개의 항목을 제거하였다. 또한 각 항목이 수행되었던 선행 연구에서 초기 요인과 신뢰도 분석 후 잠재적 요인에 대한 신뢰도를 낮추는 것으로 판명되어 제거된 항목들을 제거하였다. 그 결과, 44개 항목과 9개 사용자 성향이 추출되었다.

마지막으로 인간공학 전문가 대상으로 기존 문헌 재검토와 휴리스틱 평가를 수행하여 자동차 주행 환경에서 청각 경험에 영향을 미칠 수 있는 사용자 성향 3개와 설문 항목 14개를 도출하였다. 사용자 성향은 자동차 운전 성향, 주변 소음 민감도, 환경 소음 거부감이었으며, 설문 문항은 각각의 문장에 대해 동의하는 정도를 7점 리커트 척도로 응답하도록 설계되었다.

3.1.3 전기차 청각 경험 관련 감성 어휘 선정

전기 자동차 청각 경험에서 선호하는 감성적 특성과 인상에 대한 평가를 위하여 감성 형용사를 선정하였다. 이를 위하여 기존 문헌 검토 및 제조사 디자인 컨셉 조사, 전문가 휴리스틱 평가, 사전 실험을 통한 평가를 토해 감성 어휘들을 도출하였다.

전기차에서 나기를 기대하거나 선호하는 주행음 및 주행음에 대한 인상(impression)을 표현하기 위해 자동차의 다양한 청각 경험을 대상으로 수행된 선행 연구[3, 4, 14, 59, 65, 66, 92-94]와 자동차 제조사의 디자인 컨셉으로부터 감성 형용사들을 수집하였다. 이를 통해 122개의 감성 어휘를 수집하였으며, 수집된 단어들 중 중복되거나 유사한 어휘들을 통합 및 제거하고 인간공학 전문가 4인을 대상으로 25개의 감성 형용사들을 선정하였다. 기존 문헌 조사는 내연기관 자동차를 대상으로 하는 연구를 포함하여 수행했기 때문에, 사전 실험을 통하여 전기 자동차 청각 경험에 적합한 감성 형용사를 최종적으로 20개 선정하였다.

Table 3.3 최종 선정된 20개 감성 어휘 및 정의

번호	감성 어휘	정의
1	편안한	젠들하고 안정된 느낌을 주는
2	안정적인	소리의 변화가 적은
3	부드러운	소리가 차분하고 불쾌하지 않은
4	조용한	소리가 작고 고요한
5	스포티한	소리가 스포츠카나 레이싱카 같은
6	빠른	속력이 빠른 것 같은 소리가 나는
7	힘있는	강한 임팩트를 주거나 에너제틱한 느낌을 주는
8	날카로운	소리가 날카롭고 높은(high-tone)
9	우르릉거리는	낮은 음의 소음이 지속되는
10	신나는	소리가 신나고 들뜨게 만드는
11	차분한	변화가 적고 평화로운 분위기의 소리가 나는
12	거친	음높이(pitch)의 변화가 강한
13	가벼운	소리의 세기(intensity)는 작고 음높이(pitch)는 높은
14	미래적인	미래적이거나 미래지향적인
15	창의적인	흥미롭고 일반적이지 않은
16	금속같은	금속끼리 부딪히거나 긁히는 것 같은
17	공상과학 영화같은	공상과학 영화 같은
18	지적인	지적인 이미지의 소리가 나는
19	혁신적인	이전과 다르고 새로운
20	세련된	시대의 유행을 따르고 멋진

3.2 사전 실험

사전 실험은 실차 주행 실험에서 고려해야 할 사항들을 확인하고 평가 항목을 선정하는 것을 목적으로 2회 수행되었다. 첫번째 사전 실험에는 인간공학 전문가 4인이 참여하였다. 2명의 여성과 2명의 남성이었으며, 평균 나이는 29.4세이고 표준편차는 3.6세였다. 선행 연구에서 자동차 청각 경험에 유의미한 영향을 미쳤던 요소인 속도와 가속도를 평가에 반영할 수 있는 서울 시내에서 다양한 속도로 주행할 수 있는 주행 구간을 선정하였다. 사전 실험에서는 선정된 주행 구간에서 실제로 주행 가능한 속도 범위와 안전 여부를 확인하였다.

두번째 사전 실험은 전기차에서의 청각 경험이 시간의 흐름에 따라 어떠한 변화가 있었는지 확인하고 실차 주행 실험에서 고려해야 할 점들에 대한 점검을 목적 인터뷰를 수행하였다. 인터뷰는 전기차 1년 이상 소유한 사용자를 1인을 대상으로 하였으며, 기존의 인간공학 전문가 4인과 함께 실제 전기차로 주행하며 진행하였다. 첫번째 사전 실험에서는 실험에서 주행할 경로의 안전과 주행 속도를 확인하였다면, 두번째 사전 실험에서는 20km/h 이하의 저속에서부터 140km/h까지 고속 주행이 가능한 경로에서 보다 다양한 속도 변화를 경험하며 평가 및 아이디어를 논의하였다.

Table 3.4 사전 실험 대상 차량

제조사	현대	쉐보레	벤츠	테슬라	BMW
모델	 KONA	 BOLT	 EQC	 Model 3	 i3
차급	소형 SUV	소형	중형 SUV	스포츠 세단	소형

실차 주행 실험에서 사용할 차량을 선정하기 위하여 국내에서 확보할 수 있는 전기 자동차 중 가장 대표적인 국내외 제조사의 차량들을 대여하여 총 5개 차량 별로 평가 구간을 1회씩 주행하여 실험을 진행하였다. 주행 중 4명의 연구원들은 속도마다 내연기관 및 전기 자동차 청각 품질 평가에 관련된 선행 연구에서 많이 수행되었던 감성 어휘들이 7점 리커트 척도로 평가하였으며, 차량 별로 전반적인 만족도에 대한 평가가 7점 리커트 척도로 평가하였다. 또한 전기차 주행음을 들었을 때 연상되는 형용사와 전반적인 의견 등을 자유롭게 논의하였으며, 모든 내용은 기록되었다.

3.3 실차 주행 실험

3.3.1 실험 참여자

실차 주행 평가 실험을 위하여 운전 면허를 취득한지 1년 이상 된 40명의 운전자가 실험 참여자로 모집되었다. 실험 참여자들은 남성 29명, 여성 11명이었으며, 연령은 평균이 약 39세 (min = 26, max = 59), 표준편차는 9.54세였다. 사전 실험에서 얻은 전기 자동차에 대한 경험 여부가 전기 자동차에 대한 평가와 니즈 및 개선 아이디어에 영향을 미칠 수 있다는 insight를 반영하여, 전기 자동차 경험이 있는 운전자 20명과 전혀 경험이 없는 운전자 20명을 모집하였다. 전기 자동차 유경험자는 전기 자동차 동호회 온라인 사이트에서 전기 자동차를 소유한지 1년 이상 된 운전자를 모집하였다. 실험 지원자들은 모두 사전에 소유 차량, 성별, 연령, 운전 경력, 운전 빈도에 대한 정보를 제출하였으며, 연구자가 참여자들의 분포를 고려하여 최종적으로 40명을 선정하였다. 전기차 유경험자들은 남성 운전자가 16명, 여성 운전자가 4명 모집되었으며, 전기차 무경험자들은 남성 운전자가 13명, 여성 운전자가 7명 모집되었다. 전기차 유경험자와 무경험자의 평균 연령은 각각 37.6세, 40.8세였으며,

평균에 유의미한 차이가 없었다 ($p=.309$). 주행 거리는 전기차 무경험자가 유경험자에 비해 유의미하게 길었으며 ($p=.006$), 이는 전기차 유경험자의 운전경력이 상대적으로 짧기 때문인 것으로 유추할 수 있다. 운전 빈도 측면에서 전기차 유경험자들은 대부분의 (95%) 참여자가 매일 자동차를 운전한다고 응답하였으며, 전기차 무경험자들은 상대적으로 운전 빈도가 낮았다. 전기차 유경험자들은 실험 참여자들은 모두 청각적 능력에 이상이 없었으며 1일 운전자 보험료를 포함하여 10만 5천원이 사례비로 지급되었다.

Table 3.5 실험 참여자 기본 사항

	전기차 유경험자	전기차 무경험자
연령	37.6±6.94	40.8±11.36
운전 거리	38032.15±260002.03 km	98905.55±87178.08 km
운전 경력	3년 이하: 19명 (95%) 7~9년: 1명 (5%)	3년 이하: 10명 (50%) 4~6년: 4명 (20%) 7년 이상: 6명 (30%)
운전 빈도	매일: 19명 (95%) 주 1회: 1명 (5%)	2~3일 중 1회 이상: 16명 (80%) 주 1회 이하: 4명 (20%)

3.3.2 실험 장비

전기차 청각 경험을 위한 실험 차량은 현대 자동차의 KONA로 선정하였다. 실험 차량은 동일한 차종으로 2대를 2주동안 대여하였으며, 1대 당 하루 최대 2회 주행하였다. 본 연구에서는 실험 참여자들이 전기차 청각 경험에 대한 니즈와 아이디어를 보다 자연스럽게 떠올릴 수 있도록 조용하고 편안한 해당 차량을 실험 차량으로 선정하였다. 해당 차량은 보행자 안전을 위한 VESS (Virtual Engine Sound System)가 장착되어 있으며, 약 30km/h 이상 주행 시에는 가상 사운드 없이 전기 모터에서

자연적으로 발생하는 소리만 출력된다. 주행 동안 참여자들의 Think Aloud 내용과 행동을 수집하기 위하여 Figure 3.2와 같이 차량 앞 부분에 소형 카메라 (GoPro HERO 8) 이 설치되었다.



Figure 3.2 실험 장비 및 설치 위치

3.3.3 실험 절차

실험은 실험 준비, 연습 주행, 본 실험, 사후 설문 4단계로 구성되었으며 총 소요시간은 약 1시간 30분이었다. 실험 준비 단계에서는 실험 목적과 절차, 안전 및 보험에 대한 유의사항 등의 내용이 소개되었다. 유의사항에는 참여자가 안전이나 개인적인 이유로 실험 중단을 희망하는 경우 언제든지 안전한 지점에 정차하고 실험 중단이 가능하다는 등의 내용이 포함되어 있었다. 모든 참여자들은 실험 참여 동의서를 작성하였으며 1일 운전자 보험에 가입하였다. 편안하고 안전한 주행 실험을 위하여 참여자들은 운전자석에 앉아 본인에게 가장 알맞도록 시트와 핸들, 미러 등을 조절하였다. 그 후 참여자들은 자동차와 사운드에 대한 취향과 선호하는 자동차 사운드에 대한 질문으로 구성된 사전 설문 4항에 응답하였다. 실험 준비 단계는 약 15분 내외로 소요되었다.

연습 주행 단계에서 실험 차량을 직접 운전하기 전에 연구자가 Think Aloud

과업에 대해 소개하였고, 참여자들은 내연기관 차량 엔진 소리 음원을 듣고 해당 소리에 대한 느낌이나 만족스러운 점, 불만족스러운 점, 개선 아이디어 등을 근거와 함께 구두로 말하는 연습을 하였다. Think Aloud 과업 연습을 마친 후, 참여자들은 실험 차량의 기어 등 운전 환경과 악셀 및 브레이크 등의 조작 감도를 파악하며 연습 주행을 하였다. 연습 주행을 위한 구간은 1.4km였으며, 참여자가 희망하는 경우 더 연습을 할 수 있도록 안내되었다. 연습 주행 단계는 약 10분 내외로 소요되었다.

본 실험 단계에서는 실험 참여자들이 직접 실험 차량을 운행하며 여러 도로 환경에서 전기 자동차의 청각 경험에 대해 평가하였다. 본 실험에서 주행은 3개 비평가 구간과 3개 평가 구간의 총 6개 구간에서 수행되었다. 비평가 구간에서 참여자들은 도로 상황에 맞게 안전에 유의하여 운전하면서 Think Aloud 과업을 수행하였다. 3개 평가 구간에서 참여자들은 각각 저속 (30km/h 이하), 중속 (50~60km/h), 고속 (80~100km/h)로 주행하면서 해당 속도에서의 청각 경험에 보다 집중하여 구간 종료 후 정차하여 해당 속도에서의 소리에 대한 감성 평가를 수행하였다. 평가 구간에서도 참여자들은 Think Aloud 과업을 수행하였다. 구간에 대한 설문은 안전하게 정차 가능한 주차장에서 수행되었다.

실험 진행자는 모든 실험에 2명씩 배치되었으며, 주 진행자는 조수석에서 실험 전반 소개 및 진행을 담당하며 Think Aloud 조언과 A/C 통제 등을 하였다. 보조 진행자는 우측 뒷좌석에서 설문지 배부, 내용 확인, 보관을 하며 각 평가 구간의 시작점과 종료점을 안내하였다. 또한 실험 전, 후로 차량 내부 방역과 카메라 기록 실시간 확인을 하였다. 실험 참여자가 자동차 주행음에 대한 청각 경험에 집중할 수 있는 환경을 조성하기 위하여 연습 주행을 포함한 모든 주행 구간은 네비게이션 없이

진행되었다. 실험 진행자는 주행 시작 전과 다음 평가 구간 출발 전, 주행 중에 구두로 참여자에게 경로를 안내하였다.

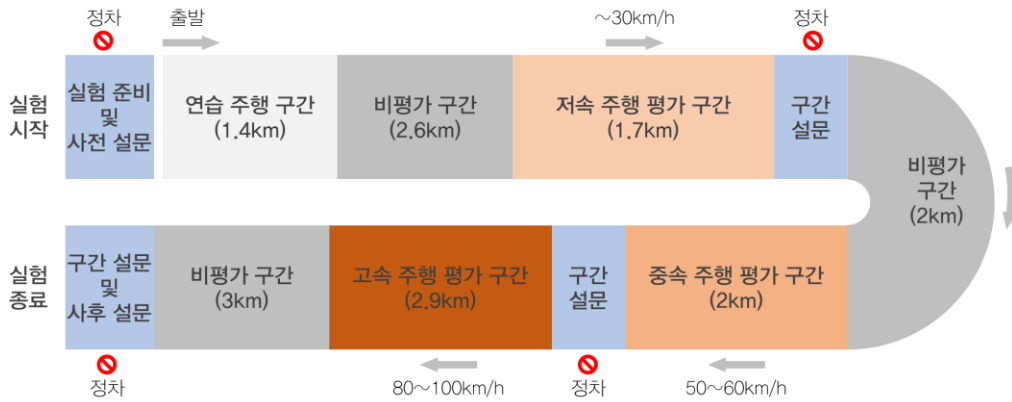


Figure 3.3 주행 경로

3.3.4 과업 및 척도

실험 참여자들은 주행 시작 전, 사용자 성향 설문과 전기 자동차에서 경험하기를 기대하거나 선호하는 사운드에 대한 설문을 수행하였다. 사용자 성향 설문은 운전 성향과 자동차의 사운드 및 노이즈에 대한 질문 14개로 구성되었으며, 참여자들은 문장에 동의하는 정도를 7점 리커트 척도로 응답하였다. 선호 사운드 설문은 감성 어휘 20개에 대하여 전기 자동차에서 경험하기를 기대하거나 선호하는 정도를 7점 리커트 척도로 응답하도록 설계되었다. 감성 어휘들은 내연기관 및 전기 자동차 청각 경험 품질 평가에 대한 기존의 연구들에서 사용되는 어휘들과 사전 실험 결과를 반영하여 선정되었다.

실험 참여자들은 저속, 중속, 고속의 평가 구간 주행 후 지정된 평가 장소에 정차하여 해당 구간에서의 청각 경험에 대해 사전 설문에서 수행했던 것과 동일한

감성 어휘 20개에 대한 감성 평가와 만족도 평가를 수행하였다. 참여자들은 평가 구간 동안 경험했던 소리가 감성 어휘에 해당하는 정도와 평가 구간에서 경험했던 사운드에 대한 만족도를 7점 리커트 척도로 평가하였다. 사후 설문은 모든 주행을 마친 후 출발 지점으로 돌아와서 수행되었다. 참여자들은 전반적인 실험 동안 전기차 주행음을 들었을 때 연상되는 형용사, 기대하는 청각 경험에 대한 묘사, 개선 아이디어, 요구 사항 및 불만족스러운 점에 대하여 주관식으로 서술하였다.

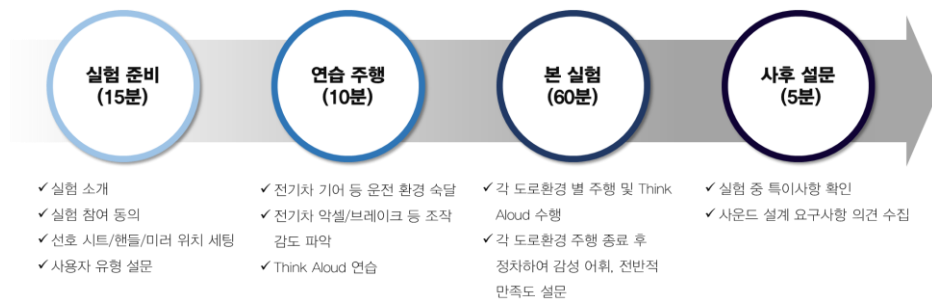


Figure 3.4 실험 과업

연습 주행 구간을 포함한 모든 주행 구간 동안 실험 참여자들은 Think Aloud를 수행하였다. 참여자들은 전기 자동차를 직접 운전하면서 경험하는 소리들에 대해 묘사 및 평가를 하였다. 실험 진행자들은 참여자가 자유롭게 자신의 생각을 구두로 얘기할 수 있도록 간섭을 최소화하였으며, 참여자의 Thinking process를 돕기 위하여 현재 들리는 소리에 대한 묘사, 긍정 및 부정 의견, 니즈와 개선 아이디어 등에 대한 질문을 하였다. 안전한 실험 진행을 위하여 참여자들은 충분한 상황 판단 하에 생각을 말하도록 안내 받았으며, 교통이 혼잡한 경우에는 가급적 질문 및 응답을 지양하였다. 모든 Think Aloud 데이터는 분석을 위하여 녹음되고 텍스트화 되었다.

3.3.5 데이터 분석

사용자 유형화

본 연구는 사용자 유형화를 위한 대표적 사용자 성향(User Characteristics, UC)을 도출하기 위하여 사전 설문에서 수집한 사용자 성향 설문 결과들에 대해 요인분석(factor analysis)을 수행하였다. 자동차 청각경험에 영향을 미치는 사용자 성향에 대한 선행 연구에 근거하여 설문조사의 요인 수를 결정하고, 요인분석을 통해 타당성을 확인하였다. 요인들의 신뢰도를 검증하기 위하여 Cronbach's alpha가 활용되었다. Bartlett의 구형성 검정이 수행되었으며, Kaiser-Meyer-Olkin와 공통성이 확인되었다. 최종 도출된 요인들에 대하여 선행 연구 기반으로 해석하고, 요인들을 구성하는 항목들을 대표할 수 있도록 연구자의 최종적인 해석을 기반으로 정의하였다.

요인분석으로 사용자 성향에 대하여 40명 사용자들을 유형화하기 위해 K-means 군집분석이 수행되었으며, 군집 수는 Elbow Method를 적용하였으며, 군집 내의 총 변동을 설명하는 WCSS(Within Clusters Sum of Squares)를 활용하여 결정되었다. 군집화 된 사용자 유형들 간에 사용자 성향에 대한 차이를 확인하기 위하여 ANOVA가 수행되었다. 요인분석과 군집분석은 SPSS 25를 활용하여 수행하였다.

사용자 유형 별 기대 및 선호 사운드

사용자 유형 별로 기대 및 선호하는 사운드와 주행 중 청각 경험에 차이가 있는지 확인하기 위하여 청각경험과 관련된 감성 형용사 20개에 대한 탐색적 요인분석이 수행되었다. 사용자 성향과 같은 방식으로 신뢰도 검증, 구형성 검정, 그리고 공통성 확인을 수행되었다. 추출된 요인들은 선행 연구를 기반으로 해석하였으며, 사운드의

감성 특성으로서 구성하는 감성 형용사들을 대표할 수 있도록 연구자의 최종적인 해석을 기반으로 요인들을 정의하였다.

요인분석으로 도출된 사운드 감성 특성(Sound Affective Properties, SP)마다 사용자 유형 별로 전기 자동차에서 나기를 기대하거나 선호하는 정도에 차이가 있는지 확인하기 위하여 Mann-Whitney의 U 검정이 수행되었으며 유의수준은 0.05였다. 요인분석과 Mann-Whitney U 검정은 SPSS 25를 활용하여 수행하였다.

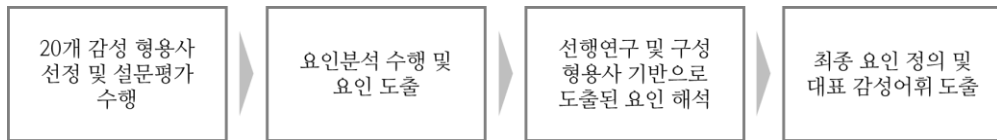


Figure 3.5 감성 형용사로부터 대표 감성어휘 도출 과정

사용자 유형 별 평가 구간에서의 청각 경험

사용자 유형 별로 구간 별로 주행하면서 느꼈던 청각 경험에 차이가 있는지 확인하기 위한 검정이 수행되었다. 각 사용자 유형마다 n 수가 30개 이하이므로 데이터의 정규성 검정을 위해 Shapiro-Wilk 검정을 수행하였는데, 유의 확률이 0.05보다 작아 정규성을 만족하지 못하여 Friedman 검정이 수행되었다. 이를 통해 각각의 사용자 유형(UC)의 실험 참여자들이 사운드 감성 특성(SP)에 대하여 평가 구간마다 다르게 느꼈는지 확인되었으며 유의수준은 0.05였다. 사후 검정으로 Bonferroni correction method가 수행되었다. Shapiro-Wilk 검정과 Friedman 검정은 SPSS 25를 활용하여 수행하였다.

사용자 유형 별 전기 자동차 청각경험에 대한 니즈 및 개선 아이디어

사용자 유형 별로 전기 자동차 청각 경험에 대한 니즈와 개선 아이디어에 대한 Think Aloud 데이터를 분석하기 위하여 모든 데이터는 텍스트로 변환되었으며, 네트워크 분석(network analysis)이 수행되었다. 텍스트 데이터는 오타자 교정과 동의어 및 유의어 통합의 과정을 거쳤다. 또한 토큰화(tokenization)로 명사(noun), 동사(verb), 형용사(adjective), 부사(adverb)를 추출하였으며 stop words들은 제거되었다. 모든 전처리 과정은 네트워크 분석 결과로 충분한 이슈들이 도출될 때까지 반복되었다. 텍스트 전처리는 Python 3.7, NLTK 3.5, 그리고 KoNLPy 0.5.2를 통해 수행되었다.

네트워크 분석은 전체 참여자와 각 사용자 유형 별 참여자에 대하여 수행되었다. 전처리된 명사, 동사, 형용사, 부사 데이터에서 동시 출현 매트릭스(co-occurrence matrix)를 도출하였으며, 이를 기반으로 CONCOR(CONvergence of iteration CORrelation) 분석이 수행되었다. CONCOR 분석은 동시 출현 매트릭스에서 단어들 간의 피어슨 상관계수를 기반으로 블록을 형성하여 구조적 등위성을 확인하기 위하여 수행되었다. 이를 통해 사용자 유형 별로 Think Aloud에 사용한 단어 노드로 구성된 블록을 형성하고 블록들 간의 관계를 파악할 수 있었다. 각 데이터 세트에 대해 수렴 기준은 0.05, 최대 반복은 25, 분할의 최대 깊이(max depth of splits)는 7였다.

네트워크 분석을 활용한 많은 선행 연구에서는 특정한 깊이를 선택하여 결과를 도출하였으나, 본 연구에서는 사용자 유형 별로 니즈와 개선 아이디어에 대해 보다 구체적이고 다차원적으로 분석하기 위하여 CONCOR 분석에 대한 계층적 해석(Hierarchical Interpretation on CONCOR Analysis)을 수행하였다. 단어 노드의 네트워크에 대한 영향력과 중요도를 비교하기 위하여 Eigenvector centrality가 확인되었다.

제 4 장 연구 결과

사전 실험 결과, 실차 주행 실험의 구체적 실험 절차와 실험 참여자 모집 시 고려사항, 척도가 선정되었다. 실차 주행 실험 데이터에 대한 분석 결과, 사용자 성향 설문에 대한 확인적 요인분석을 통해 3개 사용자 성향이 도출되었다. 사용자 성향을 기반으로 군집분석을 수행하여 2개의 사용자 유형을 도출하였다. 전기 자동차 청각 경험의 감성 특성을 도출하기 위하여 설문조사에 활용된 20개의 감성 형용사를 탐색적 요인으로 분석한 결과 4개 감성 특성이 도출되었다. 사용자 유형에 따라 전기 자동차에서 나기를 기대하거나 선호하는 감성 특성의 차이를 Mann-Whitney U 검정으로 확인한 결과, 4개 감성 특성 중 2개 감성 특성에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 사용자 유형과 주행 속도에 따라서 경험한 감성 특성에 차이가 있는지 Mann-Whitney U 검정과 Kruskal-Wallis 검정으로 확인한 결과, 1개 감성 특성에서만 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 주행 중 실시간으로 수행한 Think aloud 데이터를 텍스트화하여 네트워크 분석을 수행한 결과, 유형 별 주요 니즈 및 개선 아이디어를 확인하고 유형에 따른 디자인 전략의 예시를 제안하였다.

4.1 사전 실험

첫번째 사전 실험에서 인간공학 전문가 4인의 논의와 전기차 사용자 1인 대상 인터뷰 결과 및 평가를 기반으로 실차 주행 실험의 구체적 실험 절차와 실험 참여자 모집 시 고려사항, 척도가 선정되었다.

주행 속도는 실제 도로에서 주행 가능한 법정 속도와 도로 상황을 고려하여 저속(20~30km/h), 중속(50~60km/h), 고속(80~100km/h)이 평가 가능한 속도로

판단되었다. 이에 따라 각각 속도 대역으로 주행 가능한 구간과 구간에 대한 평가를 주행할 수 있는 안전한 장소가 선정되었다. 설문 평가는 정차하여 진행되는 반면, 주행 중 참여자들의 안전을 고려하면서 주행 맥락이 반영된 구체적 의견을 얻을 수 있는 Think Aloud 방법이 설계되었다.

평가 대상 차량은 연구원들의 휴리스틱 평가를 통해 승차감이 우수하고 SUV로서 안전한 면에서 유리하며, 일반적이고 보편적인 청각 경험을 할 수 있었던 현대 자동차의 KONA로 선정되었다. 5종 전기 자동차에서의 청각 경험은 앞좌석과 뒷좌석에서 차이가 있었기 때문에, 실험 참여자가 운전석에서 직접 운전하며 평가하도록 설계하였다. 실험 진행자는 조수석과 우측 뒷좌석에서 실험을 진행하는 것으로 결정하였다.

사전 실험에서는 15개 감성 어휘로 청각 경험을 평가하였으나, 평가 결과와 전기차 주행음에 대해 연상되는 형용사에 대한 연구원들의 응답 결과를 반영하여 총 20개 감성 어휘가 선정되었다.

두번째 사전 실험에서 논의 결과, 기존에 전기차 경험이 있는 연구원과 전기차 경험이 없는 연구원들 간에 주관적인 평가 차이가 있었다. 전기차 경험이 없는 연구원들은 차를 처음 탄 순간과 속도 구간을 지날 때, 주행을 모두 마친 후 의견에 차이가 생기는 것을 경험하였다. 이러한 결과를 기반으로 실험 참여자들을 모집할 때, 전기차 경험 여부와 남/여 성비, 청각적 능력에 대해 고려하였다.

4.2 실차 주행 실험

4.2.1 사용자 유형

요인분석을 통한 대표적 사용자 성향 도출

사전 설문에서 조사했던 운전 성향과 자동차의 사운드 및 노이즈에 대한 성향에 대한 요인분석 결과, eigenvalue 값 1 이상 기준으로 3개의 대표적 사용자 성향(User Characteristics)이 도출되었다. 요인 별 신뢰성 분석에서 3개 대표적 사용자 성향 모두 Cronbach's α 값이 0.7 이상인 것으로 확인되었다(Table 4.2). 설명된 총 분산의 cumulative percentage는 61.95% 였으며, 모든 설문 문항들에 대한 공통성 값(value of communalities)은 0.5 이상으로 대표적 사용자 성향들에 의한 설명력이 높다고 볼 수 있다. Bartlett의 구형성 검정 결과, 유의수준 0.05에서 유의한 것으로 파악되었으며($p < .001$), 표본 적절성에 대한 Kaiser-Meyer-Olkin 측도가 0.5 이상으로 전체 상관행렬이 요인분석에 적합한 것으로 판단되었다.

사전 설문의 14개 문항 중 6개 문항이 “Factor 1”로 분류되었다. 6개 문항들은 다이내믹한 운전, 자동차의 스포티한 특성과 멋진 사운드 등에 대한 니즈가 있는지 등에 관련된 질문이었으므로 “다이내믹한 운전 성향”으로 정의되었으며 Cronbach's α 값은 0.848이었다. “Factor 2”로 분류된 5개 문항들은 주변 소음에 대하여 얼마나 민감하고 수용할 수 있는지 등에 관련된 질문이었으므로 “주변 소음 민감도”로 정의되었으며 Cronbach's α 값은 0.781이었다. “Factor 3”로 분류된 2개 문항들은 소음의 환경 공해 측면에 대한 우려 등에 관련된 질문이었으므로 “환경 소음 거부감”으로 정의되었으며 Cronbach's α 값은 0.725였다.

Table 4.1 문항 및 공통성

문항 번호	초기	추출
1	1.000	0.629
2	1.000	0.637
3	1.000	0.722
4	1.000	0.546
5	1.000	0.778
6	1.000	0.603
7	1.000	0.621
8	1.000	0.512
9	1.000	0.581
10	1.000	0.625
11	1.000	0.751
12	1.000	0.539
13	1.000	0.616
14	1.000	0.512

Table 4.2 요인 분석 결과로 도출된 대표적 사용자 성향 (User Characteristics)

대표적 사용자 성향	Factor 1	Factor 2	Factor 3	문항
성향 1. 다이내믹한 운전 성향	0.863	0.050	-0.055	나는 멋진 소리를 내는 차 소리를 듣는 것을 매우 좋아한다.
	0.781	-0.068	0.033	나는 보통 자동차가 어떤 소리를 내는지 주의를 기울인다.
	0.774	-0.001	-0.159	나는 커브길이나 구불구불한 내리막길에서 빠르게 운전하는 것이 즐겁다.
	0.757	-0.031	0.081	나는 혼자 운전할 때 차가 스포티한 특성을 가지는 것이 중요하다.
	0.684	0.194	0.183	나는 사람들에게 소리로 나의 자동차 제조사에 대한 인상을 주기를 원한다.
	0.608	0.346	0.152	나는 운전 중 내리막길을 달릴 때 가장 기분이 좋다.
성향 2. 주변 소음 민감도	-0.063	0.785	-0.033	나는 소음을 신경 쓰지 않도록 내 태도를 바꿀 수 없다.
	0.223	0.783	0.339	나는 보통 소음에 굉장히 민감하다.
	-0.021	0.755	-0.180	나는 완벽하게 조용할 때에만 잠들 수 있다.
	0.196	0.672	0.151	나는 주변이 조용하기를 자주 원한다.
	-0.027	0.575	0.464	나는 주변이 시끄러우면 일에 집중할 수 없다.
성향 3. 환경 소음 거부감	0.020	0.146	0.784	나는 교통 소음에 대해 자주 화가 난다.
	0.207	0.285	0.773	소음은 자주 나를 매우 공격적으로 만든다.
	-0.071	-0.219	0.759	소음은 심각한 환경 문제이다.
Cronbach's α	0.848	0.781	0.725	

군집 분석을 통한 사용자 유형 도출

요인분석으로 도출된 3개 대표적 사용자 성향(User Characteristics)를 기반으로 K-means 군집 분석을 수행한 결과, 2개의 사용자 유형이 도출되었다. K-means 군집 분석에서 군집 수를 결정하기 위하여 Elbow Method를 적용하였으며, 설명된 변형을 군집 수의 함수로 플로팅 했을 때 곡선의 팔꿈치(elbow point)로 k=2가 선정되었다. 총 40명의 실험 참여자 중, 첫번째 군집과 두번째 군집으로 각각 19명, 21명이 군집화 되었으며 결측 값은 없었다. 두 군집의 군집 중심은 Table 4.3과 같으며 군집중심 간 거리는 Table 4.4와 같다. 군집분석 결과로 도출된 두 군집이 사용자 성향 별로 유의미한 차이를 보이는지 확인하기 위하여 Table 4.5과 같이 ANOVA를 수행한 결과, 성향 1 (다이내믹한 운전 성향)과 성향 2(주변 소음 민감도)에서 유의미한 차이를 보였고 성향 3(환경 소음 거부감)에서는 유의미한 차이를 보이지 않았다 ($\alpha=0.05$).

두 군집은 두번째 군집에 비해 성향 1과 성향 2에서 통계적으로 유의미하게 차이를 보였으며($\alpha = .05$), 성향 3 유의미한 차이를 보이지 않았다. 군집 1은 “Enthusiastic Driving & Sensitive to Sound (ED&SS)” 유형으로 정의되었으며, 군집 2는 “Safe Driving & Generous to Noise (SD&GN)” 유형으로 정의되었다.

Table 4.3 사용자 유형 별 군집 중심

	사용자 성향	군집 1	군집 2
성향 1	다이내믹한 운전 성향	4.535088	2.619048
성향 2	주변 소음 민감도	5.021	3.743
성향 3	환경 소음 거부감	4.859649	4.206349

Table 4.4 군집중심 간 거리

군집	군집 1	군집 2
군집 1		2.394
군집 2	2.394	

Table 4.5 ANOVA 결과

	군집		오차		F	유의확률
	평균제곱	자유도	평균제곱	자유도		
성향 1	36.620	1	0.891	38	41.082	0.000
성향 2	16.297	1	1.194	38	13.652	0.001
성향 3	4.257	1	1.356	38	3.141	0.084

4.2.2 사운드 감성 특성에 대한 선호도

요인분석을 통한 사운드 감성 특성 도출

전기 자동차 사운드를 묘사하는 20개 감성 어휘들에 대한 요인분석 결과, eigenvalue 값 1 이상 기준으로 4개 사운드 감성 특성(Sound Affective Properties)이 도출되었다. 요인 별 신뢰성 분석에서 4개 사운드 감성 특성 모두 Cronbach's α 값이 0.7 이상인 것으로 확인되었다 모든 설문 문항들에 대한 공통성 값(value of communalities)은 0.5 이상으로 사운드 감성 특성들에 의한 설명력이 높다고 볼 수 있다. Bartlett의 구형성 검정 결과, 유의수준 0.05 이하로 유의한 것으로 파악되었으며($p < .001$), 표본 적절성에 대한 Kaiser-Meyer-Olkin 측도는 0.681로 전체 상관행렬이 요인분석에 적합한 것으로 판단되었다.

Table 4.6 감성 어휘 및 공통성

감성 어휘	초기	추출
편안한	1.000	0.669
안정적인	1.000	0.868
부드러운	1.000	0.834
조용한	1.000	0.819
스포티한	1.000	0.763
빠른	1.000	0.817
힘있는	1.000	0.763
날카로운	1.000	0.556
우르릉거리는	1.000	0.787
신나는	1.000	0.554
차분한	1.000	0.783
거친	1.000	0.821
가벼운	1.000	0.733
미래적인	1.000	0.791
창의적인	1.000	0.846
금속같은	1.000	0.574
공상과학영화같은	1.000	0.705
지적인	1.000	0.651
혁신적인	1.000	0.815
세련된	1.000	0.595

Table 4.7 요인 분석 결과로 도출된 전기차 사운드 감성 특성

사운드 감성 특성	감성 어휘	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Sporty	거친	0.870	-0.137	-0.174	0.122
	힘있는	0.859	0.146	0.030	0.049
	우르릉거리는	0.845	0.004	-0.217	0.157
	스포티한	0.800	0.049	0.280	-0.206
	빠른	0.767	0.390	0.262	-0.090
	신나는	0.681	0.272	-0.103	0.073
	날카로운	0.632	0.247	-0.049	0.306
	금속같은	0.549	0.428	-0.209	0.214
Stylish	혁신적인	0.188	0.870	0.115	0.097
	창의적인	0.137	0.868	0.195	0.186
	미래적인	0.137	0.835	0.252	0.105
	공상과학영화같은	0.316	0.765	0.084	0.111
	세련된	0.032	0.691	0.332	0.080
Comfort	안정적인	0.012	0.465	0.793	0.150
	부드러운	-0.043	0.523	0.704	0.252
	조용한	-0.032	-0.105	0.654	0.616
	편안한	-0.195	0.383	0.649	0.251
Calm	가벼운	0.285	0.169	0.137	0.778
	차분한	-0.042	0.167	0.415	0.762
	지적인	0.155	0.493	0.060	0.616
Cronbach's α		0.903	0.916	0.85	0.769

전체 감성 어휘 중, 8개 감성 어휘가 “Factor 1”로 분류되었다. 8개 감성 어휘는 “거찬”, “힘있는”, “우르릉거리는”, “스포티한”, “빠른”, “신나는”, “날카로운”, “금속 같은”이었으며, “Sporty”로 정의되었고 Cronbach’s α 값은 0.903이었다. “Factor 2”로 분류된 5개 감성 어휘는 “혁신적인”, “창의적인”, “미래적인”, “공상과학 영화 같은”, “세련된”이었으며, “Stylish”로 정의되었고 Cronbach’s α 값은 0.916이었다. “Factor 3”로 분류된 4개 감성 어휘는 “안정적인”, “부드러운”, “조용한”, “편안한”이었으며, “Comfort”로 정의되었고 Cronbach’s α 값은 0.850이었다. “Factor 4”로 분류된 4개 감성 어휘는 “가벼운”, “차분한”, “지적인”이었으며, “Calm”으로 정의되었고 Cronbach’s α 값은 0.769였다.

사용자 유형 별 선호 사운드 비교

전체 참여자의 사운드 감성 특성(SAP)에 대한 선호도 평가 결과에 대한 정규성 검정결과, Comfort에서 정규성을 만족하지 못하였다. 이에 따라 사운드 감성 특성에 대한 선호에 차이를 파악하기 위하여 비모수 검정인 Friedman 검정을 수행한 결과, 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($N = 40, \chi^2 = 55.80, df = 3, p < .01$). Wilcoxon 검정으로 사후 검정한 결과, Comfort가 나머지 특성들에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 값을 나타냈다($p < .1$). Stylish와 Calm은 Sporty에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 값을 나타냈으며($p < .01$) Stylish와 Calm 간에는 유의미한 차이가 없었다($p > .06$).

Table 4.8 사운드 감성 특성에 대한 선호도 평가 정규성 검정

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	통계량	자유도	유의확률	통계량	자유도	유의확률
Sporty	0.136	40	0.058	0.900	40	0.002
Stylish	0.110	40	.200*	0.939	40	0.031
Comfort	0.204	40	0.000	0.853	40	0.000
Calm	0.122	40	0.135	0.969	40	0.328

* 참 유의성의 하한

a. Lilliefors 유의확률 수정

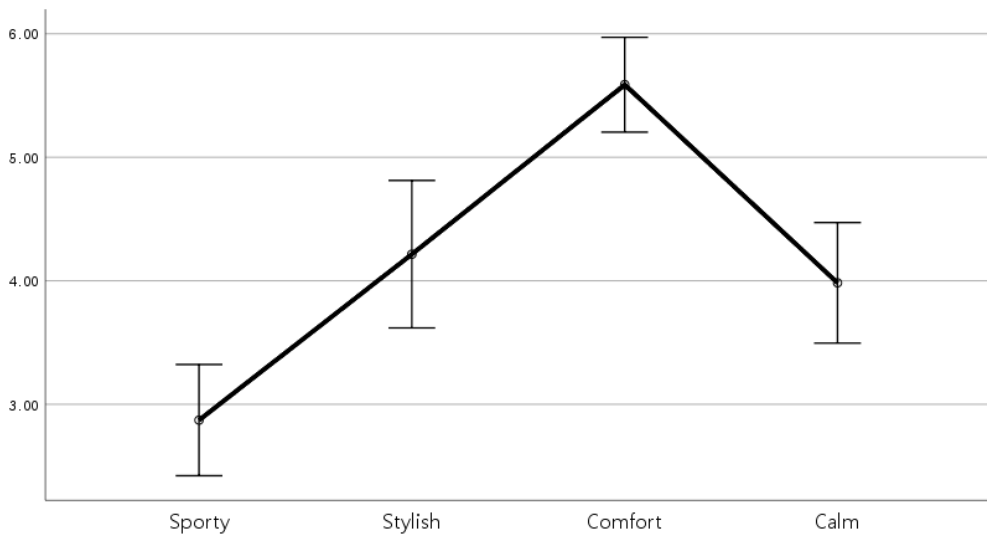


Figure 4.1 전체 사용자의 사운드 감성 특성 별 선호도 평가

사운드 감성 특성(SAP) 별 선호 점수에 대한 기술 통계 분석이 수행된 결과는 Table 4.9과 같다. 전기차에서 나기를 기대하거나 선호하는 사운드 감성 특성(SAP) 4개에 대한 7 리커트 척도 설문 결과를 분석하기 위하여 정규성 검정을 수행한 결과,

Shapiro-Wilk 검증에서 Table 4.10과 같은 결과가 도출되어 정규성을 만족하지 못했다. 또한 두 유형의 실험 참여자 수(표본 수)가 사용자 유형1 19명, 유형2 21명으로 30명 이하였으므로 사용자 유형 별로 선호하는 전기 자동차 사운드 감성 특성(SAP)에 차이가 있는지 확인하기 위하여 비모수 검정인 Mann-Whitney U 검정을 수행하였다.

Mann-Whitney U 검정을 수행한 결과, Table 4.11와 같이 4개 사운드 감성 특성 중 “Sport”와 “Stylish”에 대한 선호도 평가에서 유의미한 차이가 있는 것으로 확인되었다($\alpha = .05$). 사운드의 “Sporty” 특성에서 두 사용자 유형 간 통계적으로 유의한 차이가 있었으며(Mann-Whitney $U=103.5$, $p = .008$), 사용자 유형 1(Enthusiastic Driving & Sensitive to Sound, ED&SS)이 사용자 유형 2(Safety Driving & Generous to Noise, SD&GN)보다 더 높은 값을 가졌다. 사운드의 “Stylish” 특성에서 두 사용자 유형 간 통계적으로 유의한 차이가 있었으며(Mann-Whitney $U=90.5$, $p = .002$), 사용자 유형1이 사용자 유형 2보다 더 높은 값을 가졌다. 사운드의 “Comfort” 특성과 “Calm” 특성에서는 두 유형 간 유의미한 차이가 보이지 않았다($p > .05$).

Table 4.9 사운드 감성 특성 별 선호 점수 기술 통계

	Min	Max	M	Std	K	S
Sporty	1.000	7.000	2.87188	1.407821	1.164	1.966
Stylish	1.0	7.0	4.215	1.8665	-0.120	-1.272
Comfort	1.25	7.00	5.5875	1.20036	-1.702	3.827
Calm	1.000	7.000	3.983	1.527	-0.123	-0.664

Note. M: mean, Std: standard deviation, S: skewness, and K: kurtosis.

Table 4.10 사용자 유형 별 사운드 감성 특성에 대한 선호도 평가 Shapiro-Wilk 검정

사운드 감성 특성	사용자 유형	통계량	자유도	유의확률
Sporty	ED&SS	0.867	19	0.013
	SD&GN	0.832	21	0.002
Stylish	ED&SS	0.954	19	0.455
	SD&GN	0.911	21	0.057
Comfort	ED&SS	0.930	19	0.175
	SD&GN	0.893	21	0.025
Calm	ED&SS	0.965	19	0.664
	SD&GN	0.956	21	0.434

Table 4.11 선호 사운드 감성 특성의 Mann-Whitney U 검정 결과

사운드 감성 특성	Mann-Whitney의 U	Significance
Sporty	103.5	p < .01
Stylish	90.5	p < .01
Comfort	175.5	p > .5
Calm	176.5	p > .5

사용자 유형 별로 사운드 감성 특성에 대한 선호에 차이를 파악하기 위하여 비모수 검정인 Friedman 검정을 수행한 결과, 두 유형 모두 통계적으로 유의미한 차이를 보였다($n_1 = 19, \chi^2_1 = 33.57, df = 3, p < .01, n_2 = 21, \chi^2_2 = 30.83, df = 3, p < .01$). Wilcoxon 검정을 활용하여 사후 검정한 결과, 사용자 유형 1은 모든 사운드 감성 특성 간에 통계적으로 유의미한 차이를 보였다($p < .05$). 반면, 사용자 유형 2에서는 Stylish와 Sporty, Calm과 Stylish를 제외한 사운드 감성 특성 간에 통계적으로 유의미한 차이를 보였다($p < .05$)

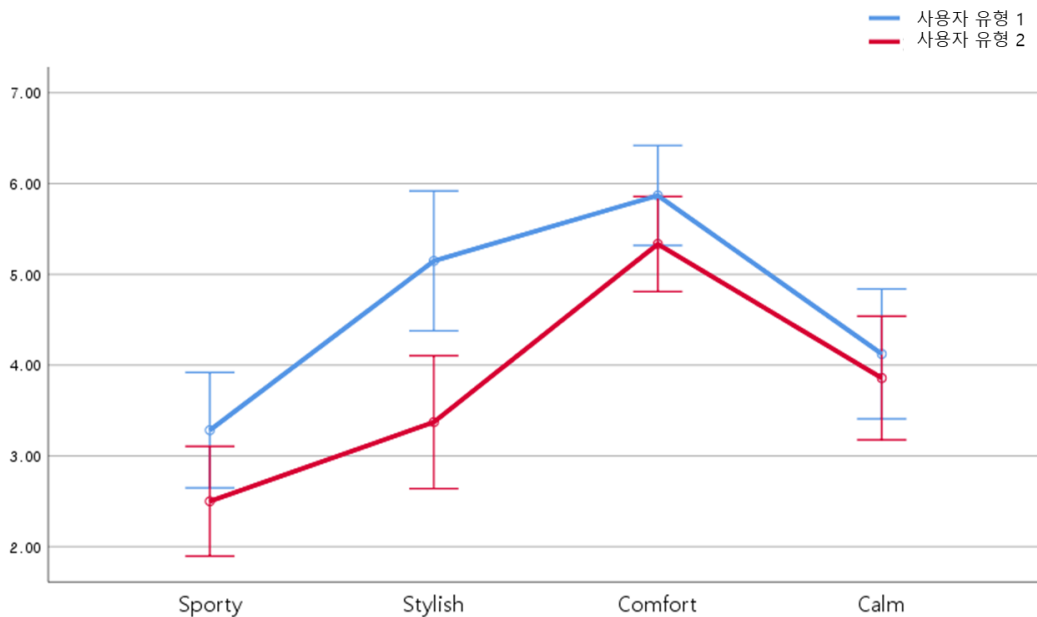


Figure 4.2 사용자 유형 1과 2의 사운드 감성 특성 별 선호도 평가

4.2.3 청각 경험 평가

전체 사용자의 평가 구간에 따른 청각 경험 평가

사용자 유형 별 비교에 앞서 전체 실험 참여자의 평가 구간 별 청각 경험 평가의 결과는 과 같다. 전체 참여자에 대하여 정규성 검정을 수행한 결과, Komogorov-Smirnov 검정에서 과 같이 정규성을 만족하는 것을 확인하였다. 이에 따라 평가 구간 별로 사운드 감성 특성에 대한 청각 경험 평가의 차이를 확인하기 위하여 One Way Repeated Measures ANOVA를 수행하였다.

ANOVA 수행 결과, Table 4.14~14와 같이 평가 구간에 따라 Stylish, Comfort, Calm에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. Sporty 특성은 Mauchly의 구형성 검정에서 구형성의 검정을 만족하지 않았으며, Greenhouse-Geisser의 유의확률을 확인했을 때 통계적으로 유의하지 않았다($p > .05$). Stylish 특성은 구형성의 가정을 만족하지 않았으며, Greenhouse-Geisser의 유의확률이 0.05보다 작았다. 또한 Bonferroni Correction을 적용한 사후 검정에서 첫번째 구간일 때 두번째와 세번째 구간보다 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다($p < .01, p < .01$). Comfort 특성은 구형성 가정을 만족하였으며, 개체-내 효과 검정에서 구간 별로 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .01$). 사후 검정 결과, 두번째 구간이 세번째 구간보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다. Calm 특성은 구형성 가정을 만족하였으며, 개체-내 효과 검정에서 구간 별로 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .01$). 사후 검정 결과, 첫번째 구간이 두번째와 세번째 구간보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다($p < .01, p < .01$).

Table 4.12 사용자 유형 1 구간 별 기술 통계 (n=19)

SA P	저속 주행 구간						중속 주행 구간						고속 주행 구간					
	Min	Ma _x	M	Std	K	S	Min	Ma _x	M	Std	K	S	Min	Ma _x	M	Std	K	S
1	1.00	3.75	2.55	0.81	-0.19	-0.99	1.00	5.00	2.44	1.11	0.67	-0.18	1.13	4.38	2.61	1.03	0.26	-0.85
2	1.00	6.00	3.79	1.63	-0.39	-1.38	1.00	6.00	3.24	1.65	-0.02	-1.33	1.00	6.00	3.42	1.74	-0.21	-1.09
3	1.00	6.50	4.63	1.40	-1.02	1.07	1.00	6.50	4.47	1.47	-0.95	0.50	1.00	6.25	3.74	1.63	-0.25	-0.77
4	1.00	5.67	3.86	1.17	-0.58	0.47	1.00	6.00	2.96	1.55	0.13	-1.04	1.00	5.33	2.84	1.34	0.15	-0.85

Note. M: mean, Std: standard deviation, S: skewness, and K: kurtosis.

Table 4.13 사용자 유형 2 구간 별 기술 통계 (n=21)

SA P	저속 주행 구간						중속 주행 구간						고속 주행 구간					
	Min	Ma _x	M	Std	K	S	Min	Ma _x	M	Std	K	S	Min	Ma _x	M	Std	K	S
1	1.00	4.13	2.42	1.02	0.54	-0.87	1.00	4.38	2.42	0.96	0.31	-0.47	1.00	5.25	2.72	1.10	0.41	-0.09
2	1.80	6.20	3.95	1.20	0.38	-0.35	1.00	5.60	3.03	1.29	0.46	-0.21	1.00	5.40	2.81	1.19	0.38	-0.52
3	1.25	7.00	4.52	1.51	-0.03	-0.56	2.75	6.75	4.52	1.05	0.27	-0.57	1.50	6.00	4.04	1.25	-0.61	-0.33
4	1.00	5.33	3.68	0.97	-0.94	1.61	1.00	5.33	3.19	1.00	0.07	0.36	1.00	4.33	2.92	0.98	-0.44	-0.45

Note. M: mean, Std: standard deviation, S: skewness, and K: kurtosis.

Table 4.14 전체 참여자 구간 별 분산분석 결과: Sporty 특성

Mauchly's Test of Sphericity							
Within Subject Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	G-G	H-F	
주행 구간	0.790	8.974	2	0.011	0.826	0.858	

Test of Within-Subjects Effects							
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
주행 구간	Sphericity Assumed	1.243	2	0.621	1.200	0.307	0.030
	G-G	1.243	1.652	0.752	1.200	0.301	0.030
	H-F	1.243	1.716	0.724	1.200	0.303	0.030

Table 4.15 전체 참여자 구간 별 분산분석 결과: Stylish 특성

Mauchly's Test of Sphericity							
Within Subject Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	G-G	H-F	
주행 구간	0.704	13.328	2	0.001	0.772	0.797	

Test of Within-Subjects Effects							
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
주행 구간	Sphericity Assumed	15.367	2	7.684	9.386	0.000	0.194
	G-G	15.367	1.543	9.957	9.386	0.001	0.194
	H-F	15.367	1.595	9.636	9.386	0.001	0.194

Table 4.16 전체 참여자 구간 별 분산분석 결과: Comfort 특성

Mauchly's Test of Sphericity						
Within Subject Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	G-G	H-F
주행 구간	0.880	4.836	2	0.089	0.893	0.933

Test of Within-Subjects Effects							
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
주행 구간	Sphericity Assumed	11.164	2	5.582	4.947	0.009	0.113
	G-G	11.164	1.787	6.249	4.947	0.012	0.113
	H-F	11.164	1.867	5.981	4.947	0.011	0.113

Table 4.17 전체 참여자 구간 별 분산분석 결과: Calm 특성

Mauchly's Test of Sphericity						
Within Subject Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	G-G	H-F
주행 구간	0.988	0.451	2	0.798	0.988	1.000

Test of Within-Subjects Effects							
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
주행 구간	Sphericity Assumed	17.163	2	8.581	15.256	0.000	0.281
	G-G	17.163	1.977	8.683	15.256	0.000	0.281
	H-F	17.163	2.000	8.581	15.256	0.000	0.281

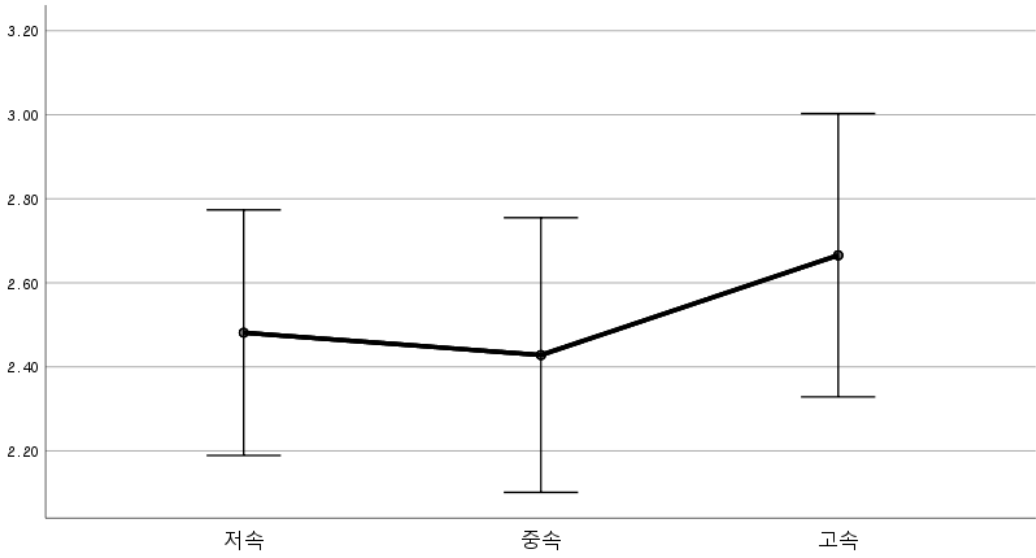


Figure 4.3 구간 별 사운드 감성 특성(SAP) 평가: Sporty

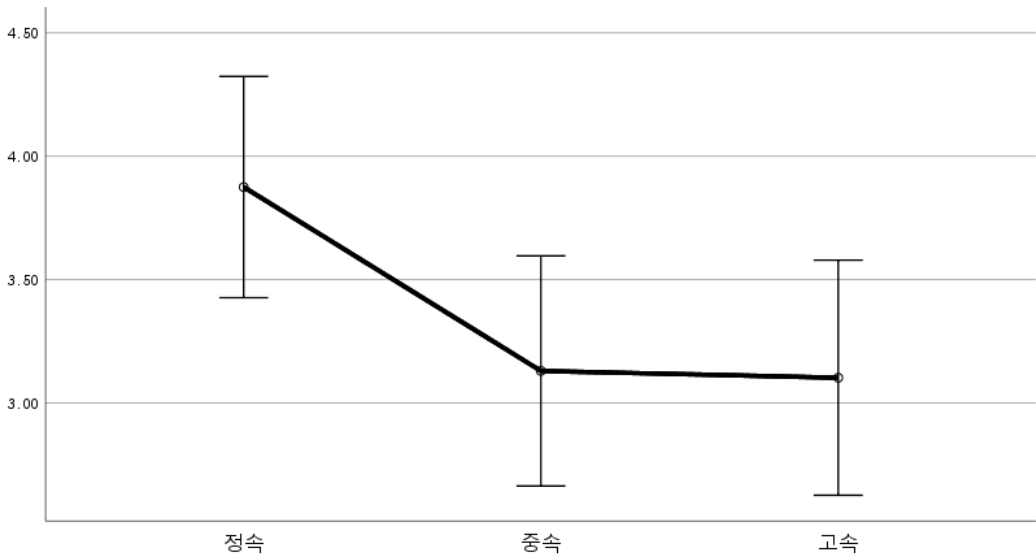


Figure 4.4 구간 별 사운드 감성 특성(SAP) 평가: Stylish

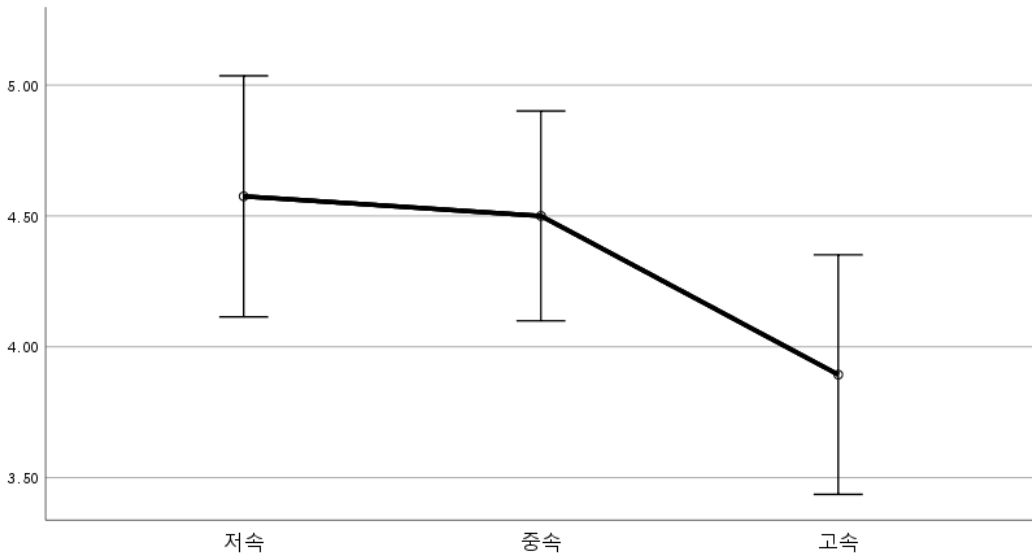


Figure 4.5 구간 별 사운드 감성 특성(SP) 평가: Comfort

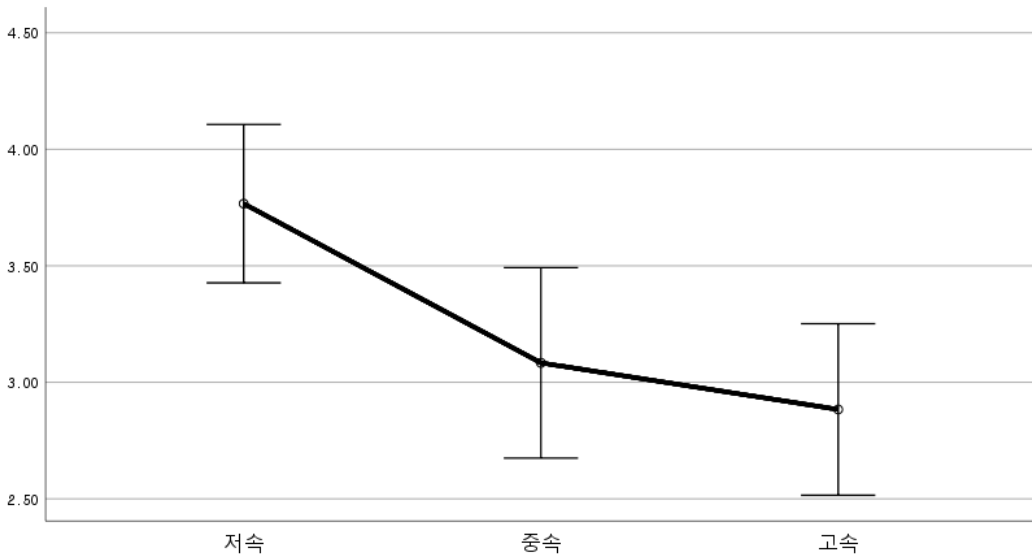


Figure 4.6 구간 별 사운드 감성 특성(SAP) 평가: Calm

사용자 유형 별 평가 구간에 따른 청각 경험 평가

사용자 유형 별로 저속, 중속 고속의 평가 구간에서 느꼈던 사운드 감성 특성(SAP)에 대한 7점 리커트 척도 평가를 분석하기 위하여 정규성 검정을 수행한 결과, Shapiro-Wilk 검정에서 Table 4.18과 같은 결과가 도출되어 정규성을 만족하지 못했다. 또한 각 유형의 n 수가 30명 이하이므로 비모수 검정인 Friedman 검정을 수행하였다.

사용자 유형1(ED&SS)과 사용자 유형2(SD&GN)은 4개 사운드 감성 특성(SAP) 중 Calm에서 평가 구간 간에 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p = .004, p = .003$). Wilcoxon 검정을 활용한 사후 검정에서 사용자 유형 1과 사용자 유형 2 모두 첫번째 구간은 두번째와 세번째 구간보다 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 그 외 Sporty, Stylish, 그리고 Comfort에서는 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

Table 4.18 Shapiro-Wilk 검정 결과

사운드 감성 특성	사용자 유형	통계량	자유도	유의확률
Sporty	ED&SS	0.957	19	0.516
	SD&GN	0.902	21	0.039
Stylish	ED&SS	0.904	19	0.057
	SD&GN	0.962	21	0.563
Comfort	ED&SS	0.929	19	0.164
	SD&GN	0.945	21	0.274
Calm	ED&SS	0.969	19	0.747
	SD&GN	0.922	21	0.094

Table 4.19 사용자 유형 1(ED&SS) 구간 별 평가 Friedman Test

	N	Chi-Square	df	p-value
Sporty	19	1.324	2	0.516
Stylish	19	2.032	2	0.362
Comfort	19	4.377	2	0.112
Calm	19	11.030	2	0.004

Table 4.20 사용자 유형 2(SD&GN) 구간 별 평가 Friedman Test

	N	Chi-Square	df	p-value
Sporty	21	2.333	2	0.311
Stylish	21	4.825	2	0.090
Comfort	21	0.775	2	0.679
Calm	21	11.429	2	0.003

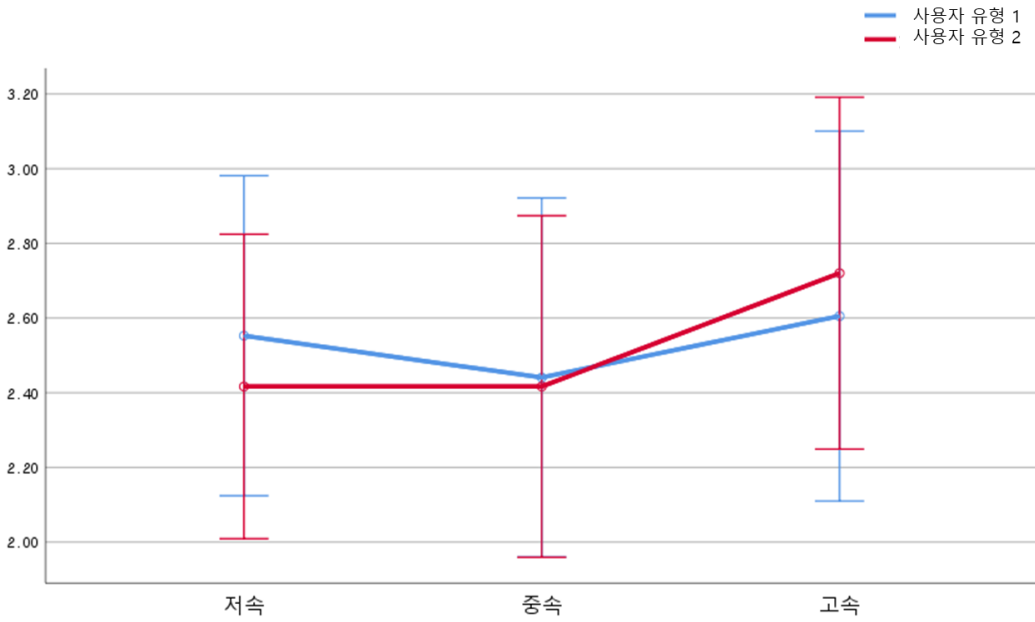


Figure 4.7 사용자 유형 1과 2의 구간 별 사운드 감성 특성(SAP) 평가: Sporty

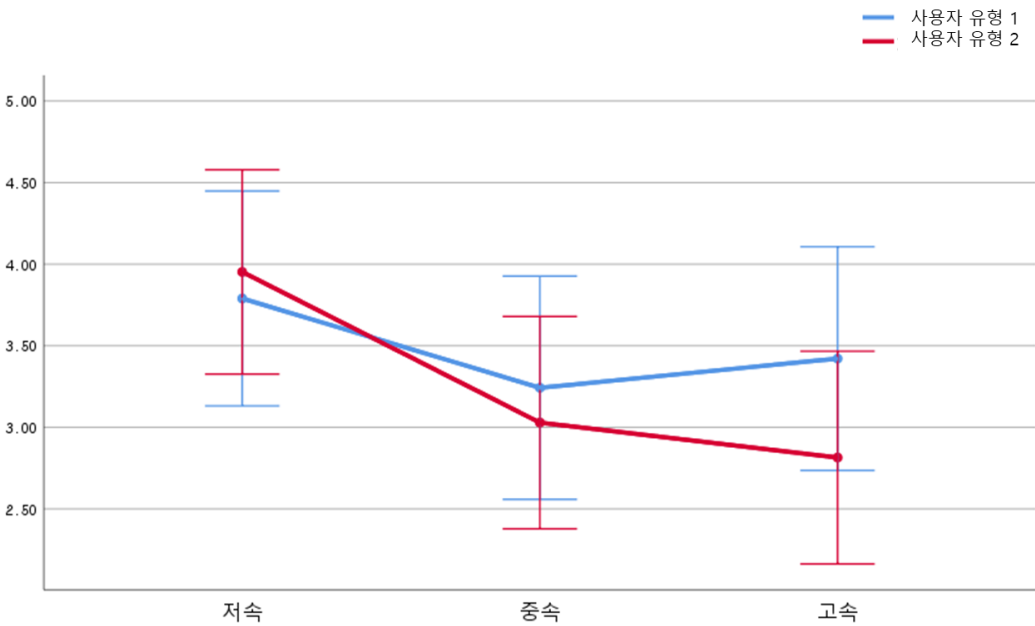


Figure 4.8 사용자 유형 1과 2의 구간 별 사운드 감성 특성(SAP) 평가: Stylish

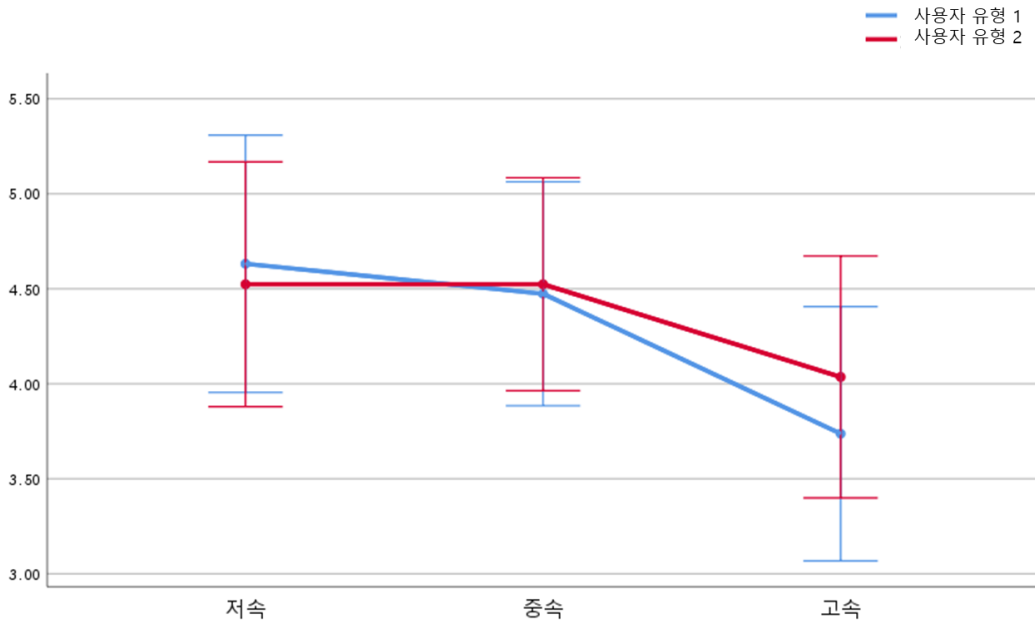


Figure 4.9 사용자 유형 1과 2의 구간 별 사운드 감성 특성(SAP) 평가: Comfort

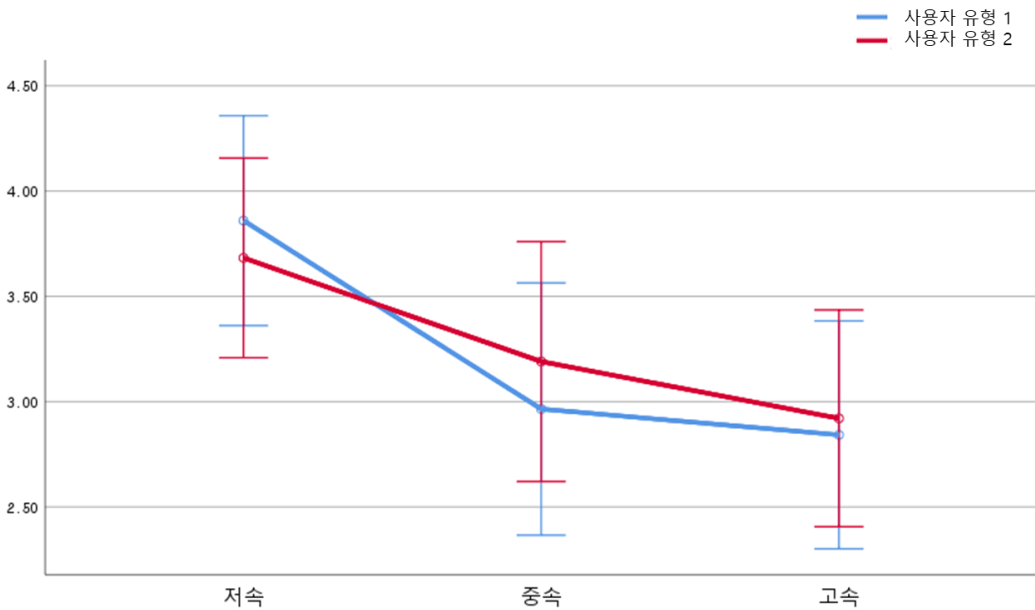


Figure 4.10 사용자 유형 1과 2의 구간 별 사운드 감성 특성(SAP) 평가: Calm

사운드 감성 특성 별 사용자 유형에 따른 청각 경험 평가

저속, 중속, 고속의 3개 평가 구간에서 사용자 유형 별로 사운드 감성 특성에 대한 평가에 차이가 있었는지 검증하기 위하여 비모수 검정인 Mann-Whitney의 U 검정을 수행한 결과, 3개 구간에서 모든 사운드 감성 특성에 대한 두 사용자 유형 간의 통계적인 유의미한 차이가 나타나지 않았다($p > .05$).

Table 4.21 사운드 감성 특성 별 사용자 유형에 따른 청각 경험 Mann-Whitney 검정 결과

평가 구간	사운드 감성 특성	Mann-Whitney U	Significance
저속 구간	Sporty	179.0	.592
	Stylish	202.5	.936
	Comfort	184.5	.688
	Calm	179.0	.592
중속 구간	Sporty	203.5	.915
	Stylish	185.0	.708
	Comfort	188.5	.768
	Calm	214.0	.708
고속 구간	Sporty	202.5	.936
	Stylish	158.0	.270
	Comfort	224.0	.520
	Calm	208.0	.830

평가 구간 별 만족도 비교

전체 실험참여자와 각 사용자 유형 별 3개 평가 구간에 대한 만족도 평가 결과와 Table 4.22~24와 같다. 청각 경험에 대한 만족도가 평가 데이터에 대한 정규성 검정 결과, 정규성을 만족하지 못하였다. 이에 따라 만족도가 평가 구간 별로 차이가 있는지 확인하기 위하여 Friedman 검정을 수행한 결과, 전체 실험 참여자 집단과 두 사용자 유형 집단 모두 구간에 따른 만족도에 대한 통계적으로 유의미한 차이는 없었다($p > .05$). 또한 Mann-Whitney U 검정 결과, 각 구간에서 두 유형 간 통계적으로 유의미한 차이는 없었다($p > .05$).

Table 4.22 전체 실험 참여자 구간 별 만족도 평가 기술 통계 (n=40)

구간	Min	Max	M	Std	K	S
저속	1	7	4.05	1.317	-.099	-.356
중속	1	7	4.35	1.442	-.278	-.527
고속	1	7	4.20	1.843	-.284	-1.069

Table 4.23 사용자 유형 1의 구간 별 만족도 평가 기술 통계 (n=19)

구간	Min	Max	M	Std	K	S
저속	1	5	3.84	1.167	-.832	.267
중속	1	6	3.95	1.508	-.227	-1.029
고속	1	7	4.11	2.052	-.201	-1.268

Table 4.24 사용자 유형 2의 구간 별 만족도 평가 기술 통계 (n=21)

구간	Min	Max	M	Std	K	S
저속	2	7	4.25	1.446	.094	-1.012
중속	2	7	4.71	1.309	-.151	-.198
고속	1	7	4.29	1.678	-.360	-.904

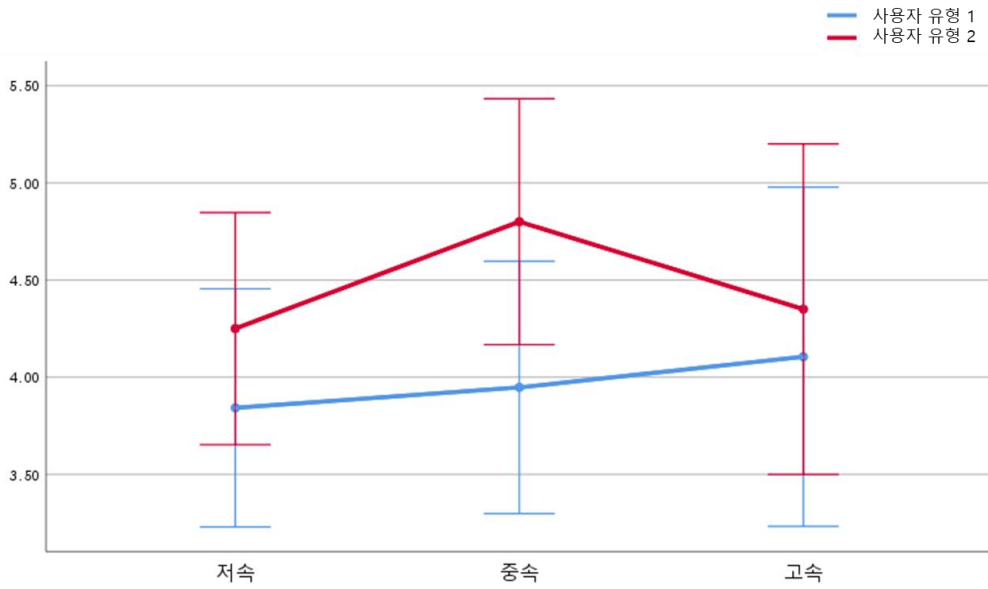


Figure 4.11 평가 구간 별 만족도 비교

Table 4.25 평가구간 별 사용자 유형 간 만족도 차이

평가 구간	Mann-Whitney의 U	Significance
저속	218.0	0.44
중속	252.5	0.15
고속	206.5	0.85

4.2.4 니즈 및 개선 아이디어

실차 주행 평가 중 실험 참여자들의 모든 발화 내용은 모두 녹화되었으며, 그 중 운전 방향 지침 등을 제외한 Think Aloud 내용은 모두 텍스트화 되었다. 텍스트화 된 데이터를 전처리하고 명사(noun), 동사(verb), 형용사(adjective), 부사(adverb)를 추출한 결과, 전체 데이터는 총 797개 document와 24,267개의 word로 구성되었다. 사용자 유형 1(ED&SS)은 317개 document와 10,137개 word로 구성되었으며, 사용자 유형2(SD&GN)은 481개 document와 14,130개 word로 구성되었다.

앞서 도출된 데이터를 활용하여, Pearson correlation 분석을 기반으로 각 유형 별 실험 참여자들이 사용한 단어들 간을 블록화하기 위하여 CONCOR 분석을 분할 깊이(depth of splits) 7까지 수행하였다. 이를 통해 깊이 7에서는 전체 실험 참여자 데이터에서 25개 블록, 사용자 유형 1 데이터에서 31개 블록, 그리고 사용자 유형 2 데이터에서 28개 블록이 도출되었다. CONCOR 분석의 깊이 7에서 결과를 시각화 한 결과는 오류! 참조 원본을 찾을 수 없습니다.~14와 같다. Node의 크기는 eigenvector centrality의 크기를 가중치로 하여 구현되었으며, 선의 굵기는 tie strength를 기반으로 구현되었다. 각각 데이터에서 15회 이상 언급된 단어들만 시각화 되었다. 각 블록 별로 같은 색깔로 구현되었으며, 블록별로 거리가 가깝게 구성되었다.

이를 기반으로 깊이 1부터 7까지 블록들이 구조화되는 양상과 각 블록을 구성하는 단어들을 eigenvalue를 기반으로 확인하기 위하여 Hierarchical Interpretation on CONCOR Analysis를 수행한 결과는 Table 4.27~Table 4.29과 같다. 블록들이 구조화된 양상을 잘 확인하기 위하여 색깔로 구분하였으며 블록에 기입된 숫자는 클러스터링 과정에서 부여된 블록의 고유 번호이다. 7번째 깊이의 블록에서

eigenvalue가 큰 단어일수록 위에 위치하고 색깔이 진하며, eigenvalue가 작은 단어일수록 아래에 위치하고 색깔이 연하다. 각각의 블록에서 eigenvalue가 높은 상위 10개 단어들만 시각화 되었다.

Table 4.26 고유벡터 중심성기반의 중요 단어 순위 Top 20

순위	전체		사용자 유형 1		사용자 유형 2	
	ID	고유벡터	ID	고유벡터	ID	고유벡터
1	소리	0.637	소리	0.618	소리	0.645
2	때	0.318	때	0.356	때	0.285
3	좋음	0.277	좋음	0.259	좋음	0.284
4	같음	0.23	같음	0.229	같음	0.228
5	들림	0.21	들림	0.201	들림	0.214
6	느낌	0.172	느낌	0.169	자동차	0.183
7	자동차	0.167	자동차	0.141	느낌	0.173
8	더	0.122	생각	0.116	더	0.129
9	NOT	0.115	전기차	0.113	NOT	0.126
10	생각	0.114	더	0.111	생각	0.111
11	전기차	0.108	속도	0.101	느끼다	0.107
12	YES	0.101	엔진	0.1	내연차	0.105
13	내연차	0.094	NOT	0.098	YES	0.104
14	속도	0.093	YES	0.095	전기차	0.104
15	지금	0.092	음	0.093	조금	0.1
16	느끼다	0.091	남	0.089	지금	0.095
17	남	0.091	지금	0.088	남	0.091
18	조금	0.089	소음	0.085	소음	0.09
19	소음	0.089	샤운드	0.08	큰	0.084
20	음	0.08	내연차	0.079	속도	0.083

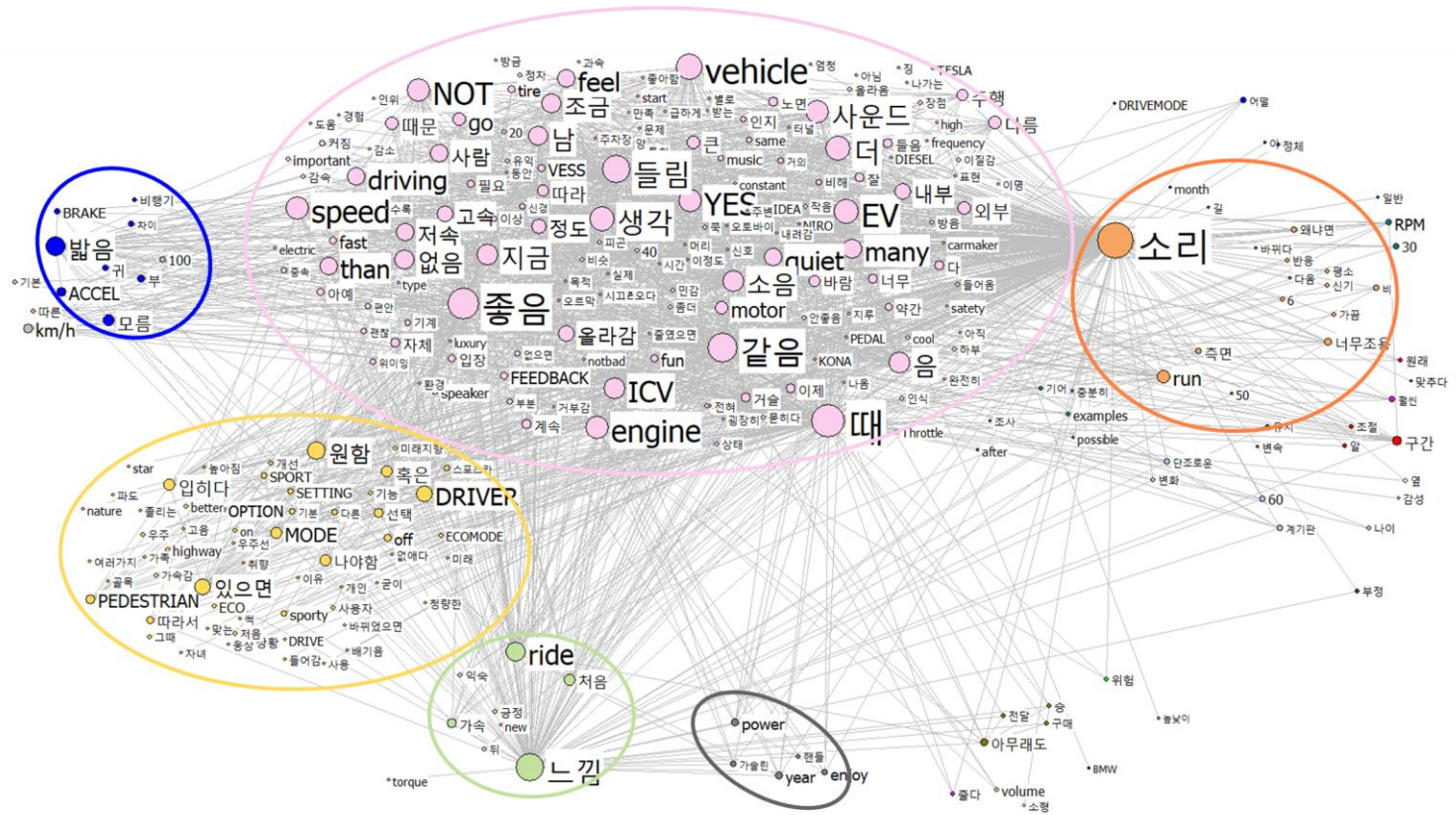


Figure 4.13 사용자 유형 1(ED&SS)의 CONCOR 분석 결과 (깊이 7)

Table 4.27 Hierarchical Interpretation on CONOCOR Analysis: 전체 실험 참여자

Depth 1	1																																			
Depth 2	3										4					129																				
Depth 3	5							6			67					68	131																			
Depth 4	7				8			37			69			70		99	133																			
Depth 5	9		10	23			24	39			71		72	85	86	101	136																			
Depth 6	11	12		17	25		26	31	41		42	73	74	79	87	93	103	143																		
Depth 7	13	15	16	19	27	28	29	34	43	44	46	75	77	81	89	96	106	145																		
같은	0.23	소리	0.64	생각	0.01	계기	0.01	약간	0.03	cool	0.00	20	0.01	가솔	0.01	때	0.32	바람	0.04	시끄	0.02	나야	0.07	선택	0.03	좋아	0.01	OPT	0.02	정속	0.01	volu	0.01	승차	0.00	
느낌	0.17	조용	0.07			이미	0.01	어명	0.00					총음	0.28	노면	0.02	기계	0.02	있으	0.06	사용	0.01			사용	0.02	즐였	0.00							
EV	0.11	엔진	0.07			파워	0.01							들림	0.21	방음	0.01	공정	0.02	원함	0.05	기능	0.01				spor	0.01	의견	0.00						
YES	0.10	많은	0.06			비행	0.01							vehic	0.17	하부	0.01	부정	0.01	입히	0.05						스포	0.01	크기	0.00						
속도	0.09	ride	0.06			단조	0.01							더	0.12			일반	0.01	미래	0.02	지향	0.02				취향	0.01								
feel	0.09	사운	0.05			줄다	0.01							NO	0.12			미래	0.01	굳이	0.02						여러	0.01								
남	0.09	주행	0.04			new	0.01							생각	0.11			뒤	0.01	off	0.02						배기	0.00								
조금	0.09	필요	0.03			enjoy	0.01							ICV	0.09			집중	0.01	개선	0.02															
저속	0.06	모드	0.02			year	0.01							지금	0.09			DIE	0.01	없으	0.01															
밝음	0.06	이제	0.02			주시	0.01							소음	0.09			맞는	0.01	우주	0.01															

Table 4.28 Hierarchical Interpretation on CONOCOR Analysis: 사용자 유형 1

Depth 1	1																								
Depth 2	3						4																		
Depth 3	5						59				60														
Depth 4	7			8			61				62		91												
Depth 5	9			23			24		63		64		77		93										
Depth 6	11	12	25		26		31	65	66	71	72	80	95	96											
Depth 7	13	15	27	29	30	33	67	69	73	76	84	97	99												
때	0.36	있으 면	0.06	30	0.02	km/h	0.04	구간	0.03	위험	0.01	소리	0.62	휠선	0.01	느낌	0.17	아무 래도	0.02	powe r	0.01	밝음	0.01	단조 로운	0.02
좋음	0.26	원함	0.06	RPM	0.02	따른	0.01	원래	0.01			run	0.05			ride	0.08			year	0.01	ACC EL	0.03	60	0.01
같음	0.23	DRIV ER	0.05	exam ples	0.01	기본	0.01					너무 조용	0.02			처음	0.03			enjoy	0.01	모름	0.03	계기 판	0.01
들림	0.20	나야 함	0.05	기어	0.01							측면	0.02			가속	0.03			가솔 린	0.01	부우 웅	0.05	변화	0.01
vehicle	0.14	MO DE	0.05									비	0.01			익숙	0.02						귀	0.05	
생각	0.12	입히 다	0.04									왜냐 면	0.01			뒤	0.01						BRA KE	0.05	
EV	0.11	혹은	0.04									신기	0.01			긍정	0.01						차이	0.07	
더	0.11	선택	0.03									가끔	0.01												
speed	0.10	따라 서	0.03									평소	0.01												
engine	0.10	보행 자	0.03																						

Table 4.29 Hierarchical Interpretation on CONOCOR Analysis: 사용자 유형 2

Depth 1	1																									
Depth 2	3						4																			
Depth 3	5				6		67																			
Depth 4	7			8		37		69			70															
Depth 5	9			23	24	39		71		72	85															
Depth 6	11		12	25	31	41		73	74	79	87	88														
Depth 7	13	14	15	27	33	43	44	75	77	81	89	91	92													
길	0.01	같음	0.23	소리	0.65	계기판	0.01	피드백	0.01	때	0.29	사운드	0.03	quiet	0.08	OPTI ON	0.01	없으면	0.01	나야 함	0.08	미래 지향	0.02	various	0.01	
내리막	0.01	느낌	0.17	들림	0.21			100	0.01	좋음	0.28	보행자	0.01	사람	0.05	MOD E	0.01	better	0.01	개선	0.02	우주선	0.01	어울림	0.01	
오르막	0.01	NOT	0.13	더	0.13					vehicle	0.18			있으면	0.05						표현	0.01			특이한	0.01
		feel	0.11	조금	0.10					생각	0.11			들음	0.05							높낮이	0.01			
		ICV	0.11	음	0.07					지금	0.10			입히다	0.05							off	0.01			
		YES	0.10	run	0.06					소음	0.09			원함	0.05							light	0.01			
		EV	0.10	저속	0.06					큰	0.08			너무	0.04							이정도	0.01			
		남	0.09	km/h	0.06					없음	0.07			music	0.03							조절	0.01			
		speed	0.08	driving	0.05					many	0.06			선택	0.02											
		밝음	0.06	고속	0.05					내부	0.06			다	0.02											

제 5 장 논의

본 연구는 전기 자동차 주행음에 대하여 사용자 특성과 주행 맥락에 따른 청각 경험의 차이에 대해 탐구하는 것을 목적으로 수행되었다. 이를 위하여 40명을 모집하여 참여자의 성향을 조사하고 사용자 유형을 도출하였다. 감성 어휘로부터 사운드의 감성 특성을 도출하고 내연기관 자동차와 비슷한 특성과 전기 자동차에서 차별점을 가지는 감성 특성을 확인하였다. 도출된 감성 특성에 대하여 사용자들의 유형에 따라 선호의 차이를 확인하고 사용자 유형화 결과를 검증하였다. 실험에 활용된 전기 자동차는 아직 설계된 주행음이 장착되지 않은 상태 그대로를 활용하였기 때문에 실험 참여자들이 운전하면서 느낀 속도에 따른 감성 특성에는 대부분 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 그러나 실험 참여자는 실제 주행 맥락을 경험하면서 주행음에 대한 보다 심층적인 평가와 니즈 및 개선 아이디어를 실시간으로 구술하였으며, 네트워크 분석으로 Think aloud 내용을 분석하여 사용자 유형에 따른 디자인 전략의 예를 제시하였다.

5.1 사용자 유형

확인적 요인분석으로 검증된 3개 사용자 성향을 기반으로 수행된 사용자 유형화를 위한 군집 분석 결과로 두 그룹의 사용자 유형을 도출할 수 있었다. 군집 중심에 대한 차이를 비교했을 때, 첫번째 유형은 두번째 유형에 비해 다이내믹한 운전을 군집 중심 4.5로 선호하는 편이었고, 주변 소음에 대해서도 군집 중심이 5점 이상으로 상당히 민감한 성향이 있었다. 이러한 특징을 반영하여 첫번째 유형을 Enthusiastic Driving &

Sensitive to Sound라고 정의하였다. 두번째 유형은 다이내믹한 운전에 대하여 보통인 4점보다 작은 약 2.6점에 군집의 중심이 위치하였고, 이는 상대적으로 안전한 운전을 선호하는 성향으로 해석할 수 있다. 두번째 유형은 주변 소음에 대하여 약 3.7점으로 보통정도의 민감한 성향으로 해석할 수 있다. 이러한 특징을 반영하여 두번째 유형을 Safe Driving & Generous to Noise라고 정의하였다.

사용자 성향 중 환경 소음에 대한 거부감은 두 유형 모두 군집중심이 4.2점 이상으로 높은 경향이 있었으며, 두 그룹 간에 차이를 보이지 않았다. 이는 교통 소음 등의 소음 공해에 대해 두 유형 모두 부정적인 견해를 가지고 있다고 해석할 수 있다.

5.2 사운드 감성 특성에 대한 선호도

20개의 감성 형용사들에 선호도 평가 결과에 대하여 탐색적 요인분석을 수행한 결과, Sport, Stylish, Comfort, Calm의 4개 사운드 감성 특성이 도출되었다. Sporty와 Comfort는 내연기관 자동차의 주행음을 대상으로 수행된 감성 평가 연구에서 일반적으로 가장 많이 도출된 대표적 감성 어휘들이다[3, 8, 45]. 이러한 특성은 기존의 내연기관 자동차 소리와 비슷한 특성으로 해석할 수 있다.

자동차 주행음에 대한 감성 평가 연구에서 Comfort와 Calm이 구별되어 도출된 연구는 거의 없었는데, 이는 전기 자동차의 소리 특성이 Comfort로 정의된 “안정적인, 부드러운, 조용한, 편안한” 감성과 Calm으로 정의된 “가벼운, 차분한, 지적인” 감성이 다르다는 것으로 해석할 수 있다. Comfort는 보다 내연기관 자동차와 비슷한 특성으로 Chang 등의 연구에서 도출된 Refine한 특성과 비슷한 경향이 있다면[4, 94], Calm은 내연기관 자동차와는 다른 전기 자동차만의 차분하고 가벼운 소리의 특성을

의미한다고 해석할 수 있다.

본 연구에서는 “혁신적인, 창의적인, 미래적인, 공상과학 영화 같은, 세련된”의 5개 단어가 Stylish로 정의되었는데, 이는 사용자들이 전기 자동차에서 내연기관 자동차와는 차별된 미래적이고 보다 세련된 특성을 기대하고 선호한다는 것으로 해석할 수 있다. 이는 전기 자동차의 특징적 소리에 대한 만족도와 음향심리(psychoacoustics)의 관계에 대한 Swart의 연구에서 도출된 futuristic 요인과 맥락을 같이한다[95].

사운드 감성 특성에 대한 선호도 평가 결과, Comfort>Stylish=Clam>Sport 특성 순서로 전기 자동차에서 경험하기를 기대하거나 선호하는 것으로 나타났다. 이는 전기 자동차 사운드의 감성 특성에 대한 사용자 만족감에 대한 선행 연구 결과와 맥락을 같이한다. Swart의 연구에서는 감성 어휘에 대한 만족도 평가 결과, 상관 분석에서는 기분 좋은(pleasant), 편안한(comfortable), 차분한(calm), 조용한(quiet), 신나는(exciting) 순으로 만족도가 높았다[95].

사운드 감성 특성에 대한 선호도가 사용자 유형에 따라 차이가 있는지 확인한 결과, Sporty와 Stylish에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 이러한 결과는 사용자 성향에 기반한 군집분석 결과와 일치하는 것으로 볼 수 있다. 사용자 유형 1(Enthusiastic Driving & Sensitive to Sound)은 Comfort>Stylish>Calm>Sporty 순으로 전기 자동차 소리의 감성 특성을 기대 및 선호하였으며, 각 특성의 선호 정도에 모두 통계적으로 유의미하게 차이가 있었다. 이를 통해 사용자 유형1은 Comfort한 감성 특성을 가장 선호하는 것은 전체 결과와 일치하는 결과이나, Calm보다 Stylish를 더 선호하며 사용자 유형 2에 비해서도 Stylish한 특성을 더

선호하는 경향이 있다. 또한, 사용자 유형2에 비해 Sporty한 감성 특성을 더 선호하였다.

사용자 유형 2(Safe Driving & Generous to Noise)은 Comfort>Calm>Stylish>Sporty 순으로 전기 자동차 소리의 감성 특성을 기대 및 선호하였다. Calm한 특성을 Sporty한 특성에 비해 통계적으로 유의미하게 선호하였으나, Calm과 Stylish, Stylish와 Sporty 간에는 선호하는 정도에 유의미한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 사용자 유형 2는 사용자 유형 1에 비해 Sporty와 Stylish한 특성에 대한 기대 및 선호 정도가 낮은 것으로 나타났다.

디자인 전략을 설계할 때, 이러한 결과를 기반으로 모든 사용자를 대상으로 하는 전략과 사용자 유형에 따른 전략을 설계할 수 있다. 모든 사용자가 전기 자동차의 주행음에서 기대하는 특성인 Comfort와 Calm 특성을 집중적으로 개발한다면, 보다 포괄적인 범위의 사용자들의 청각 경험과 만족감을 향상시킬 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 또한 사용자 유형을 고려하여 사용자가 취향에 따라 선택할 수 있도록 여러 주행음 모드를 개발한다면, Sporty와 Stylish한 특성에 차이를 주어 보다 Sporty와 Stylish 특성이 강조된 모드와 Comfort와 Calm이 강조된 모드로 설계할 수 있다.

5.3 청각 경험 평가

저속, 중속, 고속 주행에서 실험 참여자들이 경험했던 사운드 감성 특성에 차이가 있는지 확인한 결과, Sporty를 제외한 Stylish, Comfort, Calm에서 통계적으로 유의미한 차이를 확인하였다. ANOVA 결과는 사용자들은 저속 주행 시, 중속 이상의 속력으로 주행할 때보다 청각 경험에 대하여 더 Stylish하다고 느꼈다고 해석할 수 있다. 또한

60km/h 이하로 주행할 때에는 전기차 주행음이 비교적 Comfort하다고 느꼈으나 고속으로 주행할 때에는 청각적으로 덜 편안한 경험을 했다고 볼 수 있다. 또한 30km/h 이하로 주행할 때 청각적으로 Calm한 경험을 했으며, 중속 이상으로 주행할 때에는 상대적으로 전기차 소리의 Calm한 특성을 덜 느꼈다고 볼 수 있다.

사용자 유형 별로 청각적으로 경험한 소리의 감성 특성이 속도에 따라 다르게 느꼈는지 확인해본 결과, 두 유형 모두 Calm에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 두 유형 모두 고속으로 주행할 때 보다 저속으로 주행할 때보다 통계적으로 유의미하게 Calm한 특성을 덜 느낀 것으로 나타났다. 그 외의 사운드 특성에서는 속도에 따른 청각 경험에 차이가 없는 것으로 나타났다.

속도 구간에 따른 대한 만족도에 차이가 있는지 비교한 결과, 두 사용자 유형 모두 주행 속도에 따른 만족감에 통계적으로 유의미한 차이는 없었다. 그러나 사용자 유형 1은 중속 주행에서 평균적인 만족도가 가장 높은 경향이 있었다. 사용자 유형 2는 주행 속도가 빠를수록 평균적인 만족도가 높아지는 경향이 있었다. 이에 대한 참여자들의 구체적인 의견은 5.4절에서 설명하였다.

각 속도 구간에서 사용자 유형 간의 만족감에 통계적으로 유의미한 차이는 보이지 않았으나, 모든 속도 구간에서 사용자 유형 1의 평균이 사용자 유형 2의 평균보다 높았으며, 중속으로 주행할 때 청각 경험에 대한 평균적인 만족도의 차이가 가장 컸다($p = 0.15$). 이에 대한 참여자들의 구체적인 의견은 5.4절에서 설명하였다.

5.4 니즈 및 개선 아이디어

사용자들을 대상으로 Think Aloud를 수행한 내용을 텍스트화 하여 네트워크

분석을 수행하였을 때, 고유벡터 중심성을 기준으로 사용자 유형 별 데이터에서 중요한 단어들의 구성은 거의 비슷하였다. Table 4.26 고유벡터 중심성기반의 중요 단어 순위 Top 20 Table 4.26에서 볼 수 있듯이 전체 사용자 데이터에서 상위 20에 해당하는 단어들은 ‘소리, 때, 좋음, 같음, 들림, 느낌, 자동차, 더, NOT, 생각, 전기차, YES, 내연기관 자동차, 속도, 지금 느끼다, 남, 조금, 소음, 음’이었으며, 사용자 유형 별로 단어의 구성이나 순위에 큰 차이는 없었다.

CONCOR 분석을 적용한 기존의 연구에서는 휴리스틱 평가로 정해진 깊이에서 데이터를 분석하였다. Sung의 연구에서는 두 개의 주제에 대한 각각의 텍스트 데이터에서 구성되는 단어와 단어의 중요도를 출현 빈도를 기반으로 순위화 하여 비교하였다. CONCOR 분석을 수행한 연구에서는 서로 다른 주제의 데이터나 동일 주제에서 시간 간격을 두고 수집한 여러 데이터에 따라 단어들이 블록을 형성하는 양상을 비교하였다[96-98]. 또한 연구자가 지정한 깊이에서 형성된 블록들의 단어 구성의 차이를 비교한 결과를 반영하여 블록의 이름을 휴리스틱으로 지정하였다[97, 99].

기존의 연구에서는 CONCOR 분석은 깊이(depth)가 깊어질수록 블록의 개수가 많아지고 보다 세부적으로 구성되기 때문에 데이터의 복잡도와 연구 목적에 따라서 depth가 휴리스틱 평가로 정해졌다. 이러한 분석은 연구자가 지정한 깊이보다 상위 깊이에서 보다 포괄적으로 구성되는 블록의 양상과 하위 깊이에서 파생되는 블록의 양상을 알 수 없다는 한계가 있다. 이러한 한계를 보완하여 본 연구에서는 각각의 데이터에서 단어들의 구조적 등위성을 위계적으로 분석하기 위하여 CONCOR 분석과 더불어 hierarchical interpretation을 수행하였다.

전체 사용자 데이터 분석 결과, 깊이 2에서는 3개의 블록이 형성되었다. 블록 3을 구성하는 단어들은 고유벡터 중심성 순으로 “소리, 때, 좋음, 같음, 들림, 느낌, 자동차, 더, 아님, 생각” 등이 있었으며, 자동차의 소리에 대한 묘사나 설명에 대한 내용으로 해석할 수 있다. 반면 블록 4를 구성하는 단어들은 고유벡터 중심성 순으로 “나야함, 있으면, 원함, 입히다, 선택, 미래지향, 옵션, 사용자, 굳이, 끄다” 등이 있었으며, 자동차 소리에 반영되기를 바라는 니즈에 대한 내용으로 해석할 수 있다. 블록 129는 소리와는 별개로 승차감에 대한 내용이었기 때문에 3,4 블록과는 구별되어 형성된 것을 확인할 수 있었다.

전체 사용자 데이터를 깊이 4에서 분석한 결과, 7개 블록이 형성된 것을 확인할 수 있었다. 그 중 블록 7, 8, 그리고 37은 깊이 2의 블록3에서 파생된 블록임을 확인할 수 있다. 블록 7은 속도에 따른 전기차의 소리를 설명하는 내용으로 해석할 수 있으며, 블록 8을 비행기와 같이 다른 대상에 빗대어 이미지를 묘사하는 내용으로 해석할 수 있다. 블록 37을 구성하는 단어들은 내연기관 자동차와 비교하여 설명하는 내용으로 해석할 수 있다.

또한 블록 69, 70, 그리고 99는 깊이 2의 블록 4에서 파생된 블록이었다. 블록 69와 블록 70은 전기 자동차에서 사용자들이 직접 선택할 수 있는 옵션이 필요하다는 내용의 단어들로 구성되었다는 공통점이 있었으나, 블록 69는 미래지향, 우주선 등의 단어로 구성되었고 블록 70은 스포츠카나 배기음 등 단어로 구성되었다는 차이점이 있었다. 블록 99도 사용자가 선택한다는 점에서 블록 4의 다른 블록들과 맥락을 같이하나, 컨셉에 따른 옵션이 아닌 볼륨을 선택 및 조절한다는 의미의 단어로 구성되었다. 블록 133은 깊이 2에서부터 따로 구조화된 승차감에 대한 내용이었다.

사용자 유형 1(ED & SS) 데이터를 깊이 2에서 분석한 결과, 2개의 블록이 형성된 것을 확인하였다. 블록3은 고유벡터 중심성 순으로 “때, 좋음, 같음, 들림, 자동차, 생각, EV, 더, 속력, 엔진” 등의 단어로 구성되었으며, 블록 4는 “소리, 느낌, 타다, 밟음, 달리다, 악셀, 처음, 모름, 가속, 부우웅”. 두 블록 모두 속력에 대한 단어들만 언급되었으나 블록 4는 보다 가속하는 상황에 대한 내용으로 구성된 것을 확인할 수 있다.

사용자 유형 1의 데이터를 깊이 4에서 분석한 결과, 5개 블록이 형성된 것을 확인할 수 있었다. 블록7과 8은 깊이 2의 블록 3에서 파생되었으며, 블록 61,62 그리고 91은 깊이 2의 블록 4에서 파생되었다. 블록 7은 주행음 소리가 좀 더 크고 선택 가능한 모드가 있었으면 좋겠다는 등의 니즈와 관련된 내용이었으며, 블록 8은 속도에 따른 청각 경험을 비교하는 내용의 단어로 구성되었다. 블록 61은 주행 시 느껴지는 소리에 대한 부정적인 내용의 단어들만 있었으며, 블록 61은 내연기관 자동차에 비해 힘있는 전기 자동차 특성에 대한 긍정적인 내용의 단어들만 있었다. 반면 블록 91은 소리를 통해 가속감을 느낄 수 없고 소리가 단조롭다는 내용의 단어로 구성되었다.

사용자 유형 1의 데이터를 깊이 7에서 분석하였을 때, 깊이 4의 블록 7에서 파생된 블록 13과 15의 내용을 통해 보다 세분화된 주행 맥락을 도출할 수 있었다. 블록 13은 주행음의 니즈 중에서 속도감이 느껴지는 청각 경험에 대한 니즈에 내용으로 해석할 수 있으며, 블록 15는 운전자의 취향에 따라 선택할 수 있는 모드에 대한 니즈로 해석할 수 있다. 또한 깊이 4의 블록 91에서 세분화된 블록 97은 보다 가속 및 감속의 주행 맥락에서 소리에 의한 피드백이 부족하여 속도감을 모른다는 내용으로 해석할 수 있으며, 블록 99는 60km/h 정도의 정속 주행 맥락에서 변화가

적고 단조롭다는 내용으로 해석할 수 있다.

사용자 유형 2(SD&GN)의 데이터를 깊이 2에서 분석한 결과, 두개의 블록이 형성된 것을 확인할 수 있었다. 블록 3은 고유벡터 중심성 순으로 “소리, 때, 좋음, 같음, 들림, 자동차, 느낌, 더, NOT, 생각” 등이 있었으며, 청각 경험 평가에 관련된 내용으로 해석할 수 있다. 블록 4는 “조용한, 나아함, 사람, 있으면, 들음, 입히다, 원함, 너무, 음악” 등의 단어로 구성되었으며, 평가보다는 니즈에 관련된 내용으로 해석할 수 있다.

사용자 유형 2의 데이터를 깊이 4에서 분석한 결과, 6개 블록으로 구성된 것을 확인할 수 있었다. 블록 7,8, 37, 그리고 38은 깊이 2의 블록 3에서 파생되었으며, 블록 69와 70은 깊이 2의 블록 4에서 파생된 것으로 나타났다. 블록 7은 속도에 따른 소리의 느낌을 비교하여 평가하는 내용으로 해석할 수 있으며, 블록 8은 고속일 때 소리에 의한 피드백이 부족하여 계기판을 확인해야 한다는 것으로 해석할 수 있다.

사용자 유형 2의 데이터를 깊이 7에서 분석하였을 때, 깊이 4의 블록 69의 니즈가 보다 세분화된 것을 확인할 수 있었다. 블록 69는 조용하고 정숙한 청각 경험에 대한 니즈였다면, 블록 75는 조용한 청각 경험, 블록 81은 아예 소리가 없는 청각 경험이라는 점에서 차이가 있었다. 또한 깊이 4에서 청각 경험 디자인에 대한 내용인 블록 70이 미래지향적인 측면의 디자인과 조화적인 측면의 디자인으로 세분화된 것을 확인할 수 있었다.

CONCOR 분석의 계층적 해석의 장점은 다음과 같다. 첫째, 여러 단계의 설계 과정에서 필요한 설계 전략에 대한 통찰을 얻을 수 있다. 본 연구에서는 깊이 2에서보다 깊이 4에서 보다 구체적인 디자인 컨셉을 도출할 수 있었으며, 깊이 7까지

분석하였을 때, 깊이 4에 기반하여 보다 구체적인 주행 맥락이나 사용자 성향을 도출할 수 있었다. 이러한 결과는 전기 자동차 청각 경험의 설계 전략에 적용할 수 있다. 여러 단계의 설계 과정에서 종합적이고 포괄적인 전략 수립이 필요한 단계에서는 상위 위계의 단계에서 도출된 블록들을 적용할 수 있으며, 세부적인 전략 수립이 필요한 단계에서는 보다 세분화된 블록들을 적용할 수 있다.

둘째, 본 연구에서 제시하는 계층적 해석의 구조화 방식은 자동차 제조사나 설계자의 직관적 이해에 효과적이다. 설계자들은 블록을 구성하는 단어의 개수, 색 등을 보고 직관적으로 이해할 수 있다. 단어의 개수가 많고 고유벡터 중심성의 색이 진한 블록일수록 청각 경험 설계 시 더 중점적인 디자인 방향으로 적용할 수 있으며, 이해 관계자나 재정 등의 상황을 고려하여 더 중요시되는 디자인 포인트를 선택적으로 도출할 수 있다.

기존의 CONCOR 분석을 적용한 많은 연구에서는 연구자의 휴리스틱 판단에 의거하여 특정 깊이(depth)를 지정하고 결론을 도출하였으나, 본 연구에서는 계층적 해석 방법을 도입함으로써 블록이 형성되고 전개되는 양상을 정량적으로 구조화하였다. 이는 전체 구조에 대한 심층적인 이해와 디자인 전략에 대한 직관적인 통찰을 얻을 수 있다는 점에서 의의가 있다.

Table 5.1 사용자 유형 1의 디자인 방향 도출 (예시)

Depth 1	1												
Depth 2	3					4							
Depth 3	5					59					60		
Depth 4	7		8			61				62	91		
Depth 5	9		23		24	63 평가: 소리 너무 조용함		64 평가: 가속할 때 차를 타는 느낌		77	93		
Depth 6	11	12	25 평가: 저속 구간 기어 및 RPM	26 니즈: 속도에 따른		31	65	66	71	72	80	95	96
Depth 7	13 평가: EV 청각 경험 만족	15 니즈: 운전자를 위한 모드 선택	27	29	30	33 평가: 속도에 따라 위험	67	69	73	76	84 평가: 내연기관 차와 파워 비교	97 평가: 소리 없음, 악셀 페달 밝아도 모름	99 평가: 중속에서 변화 없고 단조로움

Table 5.2 사용자 유형 2의 디자인 방향 도출 (예시)

Depth 1	1												
Depth 2	3						4						
Depth 3	5				6		67						
Depth 4	7			8 니즈: 고속에서 속도에 대한 피드백 필요		37		69 니즈: 무(無)음 모드, 조용한 모드, 음악 같은 모드 선택			70		
Depth 5	9			23	24	39		71		72	85		
Depth 6	11		12	25	31	41		73	74	79	87	88	
Depth 7	13 주행 맥락: 도로 경사	14 평가: 내연기관차 와 비교	15 평가: 저속에서 VESS	27	33	43 평가: 현재 청각 경험 만족	44 니즈: 보행자를 위한 소리	75	77	81	89 니즈: 음 높낮이 조절 가능	91 니즈: 미래지향적 소리	92 니즈: 조화로운 소리

제 6 장 결론

6.1 결론

본 연구는 사용자 중심의 전기 자동차의 청각 경험을 설계하고 평가할 때 고려해야 할 주행 맥락과 설계적 측면들을 도출하는 것을 목적으로 수행되었다. 본 연구의 결과로 첫째, 사용자들의 자동차와 청각적인 성향을 고려하여 사용자 유형을 도출하였다. 둘째, 사용자 유형에 따라 전기 자동차에서 경험하기를 기대하고 선호하는 주행음의 감성 특성을 도출하였다. 셋째, 사용자 유형에 따라 전기 자동차의 속도에 따른 청각 경험에 대한 평가를 확인하였으나, 소리 크기와 크기의 변화가 적은 전기 자동차 주행음의 특징으로 인해 큰 차이는 나타나지 않았다. 넷째, 주행음에 대하여 사용자가 직접 운전하며 실시간으로 수행한 Think aloud를 통해 전기 자동차의 청각 경험에 대한 니즈와 아이디어를 수집하였으며, 정량적 텍스트 분석 기법을 활용하여 Think aloud 결과를 기반으로 사용자 유형에 따른 청각 경험 설계 전략을 제시하였다.

본 연구의 의의는 다음과 같다. 첫째, 사용자 유형 별로 전기 자동차의 청각 경험에 대한 니즈와 아이디어가 다른 것을 확인하여 전기 자동차 청각 경험 설계 시 사용자 유형 별 특성을 고려한 전략적 접근의 필요성을 확인하였다. 둘째, 주행 환경에서 전기 자동차의 청각 경험에 영향을 미치는 구체적인 환경적 요인과 차량 요인을 확인하였다. 셋째, 전기 자동차 청각 경험의 평가와 니즈를 도출하기 위한 직관적이고 효과적인 네트워크 분석 방법을 적용하여 개발 단계에 따른 사용자 유형 별 설계 전략 예시를 제시하였다.

6.2 한계 및 추후 연구

기존의 내연기관 자동차의 청각경험 연구에서는 사람의 mental model에 따른 청각적 인식(auditory perception)과 소리의 객관적인 지표 간의 관계를 탐구하기 위하여 감성공학 연구가 수행되었다. 이를 위하여 사용자가 느끼는 감성을 설명하는 감성 어휘에 대한 설문 결과와 소리의 물리적인 측정치 간의 관계를 상관분석 또는 회귀분석 등 통계적 방법으로 확인하였다. 반면 본 연구는 전기 자동차 주행음의 감성적 특성과 소리의 크기, 높낮이와 같은 음향적 지표나 loudness, sharpness, roughness, 그리고 tonality과 같은 심리음향학 지표 등의 물리적인 설계 변수 간의 관계가 파악되지 않았다는 점에서 한계가 있다. 그러나 본 연구는 전기 자동차 청각경험이 연구 개발되고 있는 현 시점에서 사용자들의 구체적 니즈와 고려 사항들에 대한 방향성 도출을 목적으로 하였다. 때문에 향후에 높은 수준으로 주행음이 설계된 전기 자동차들이 확산된 시점에서 기존의 내연기관 자동차에서 수행되었던 음향학 또는 심리음향학 지표들을 활용한 소리의 구체적인 설계 변수에 대한 연구가 수행될 것으로 기대된다.

본 연구에서는 사용자 요인으로서 자동차와 소리 및 소음에 대한 성향을 고려하였고, 환경 및 차량 요인으로서 주행 속도와 도로 유형을 고려하였다. 추후 연구로서 이들 외에 주행 환경에서 사용자 경험 설계 시 고려해야할 보다 다양하고 복잡한 주행 맥락들에 대한 연구가 수행될 것으로 기대된다. 또한 본 연구는 주행 환경에서 주행음(driving sound)에 대하여 수행되었으나, 추후에는 이를 기반으로 자율주행 등 다양한 맥락에서 사용자에게 피드백을 제공하는 조작음이나 경고음 등의 청각경험에 대한 연구를 수행할 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] I. Rhiu, S. Kwon, M. H. Yun, and D. C. Park, *Analysis of relationship between brand personality and customer satisfaction on a vehicle exhaust sound*, International Journal of Industrial Engineering, vol. 23, no. 1, 2016.
- [2] M.-Y. Ma, C.-W. Chen, and Y.-M. Chang, *Using Kano model to differentiate between future vehicle-driving services*, International journal of industrial ergonomics, vol. 69, pp. 142-152, 2019.
- [3] D. Park, S. Park, W. Kim, I. Rhiu, and M. H. Yun, *A comparative study on subjective feeling of engine acceleration sound by automobile types*, International Journal of Industrial Ergonomics, vol. 74, p. 102843, 2019.
- [4] S. Moon, S. Park, D. Park, W. Kim, M. H. Yun, and D. Park, *A study on affective dimensions to engine acceleration sound quality using acoustic parameters*, Applied Sciences, vol. 9, no. 3, p. 604, 2019.
- [5] W. Kim, Y. Lee, J. H. Lee, G. W. Shin, and M. H. Yun, *A comparative study on designer and customer preference models of leather for vehicle*, International Journal of Industrial Ergonomics, vol. 65, pp. 110-121, 2018.
- [6] W. Kim, D. Park, Y. M. Kim, T. Ryu, and M. H. Yun, *Sound quality evaluation for vehicle door opening sound using psychoacoustic parameters*, Journal of Engineering Research, vol. 6, no. 2, 2018.

- [7] R. P. Leite, S. Paul, and S. N. Gerges, *A sound quality-based investigation of the HVAC system noise of an automobile model*, Applied Acoustics, vol. 70, no. 4, pp. 636-645, 2009.
- [8] D. Maiberger, E. Strasser, U. Letens, and S. van de Par, *Contextual aspects in subjective vehicle sound assessment*, Acta Acustica United with Acustica, vol. 105, no. 3, pp. 530-544, 2019.
- [9] M. Maguire, *Context of use within usability activities*, International journal of human-computer studies, vol. 55, no. 4, pp. 453-483, 2001.
- [10] C. Harvey, N. A. Stanton, C. A. Pickering, M. McDonald, and P. Zheng, *Context of use as a factor in determining the usability of in-vehicle devices*, Theoretical issues in ergonomics science, vol. 12, no. 4, pp. 318-338, 2011.
- [11] 이다혜, 심혜린, and 최준호, *전기자동차 실내 주행 사운드의 사용자 경험 디자인: 맥락정보성과 정숙성을 중심으로*, 한국콘텐츠학회논문지, vol. 16, no. 2, pp. 14-24, 2016.
- [12] K. Genuit and A. Fiebig, *Sound design of electric vehicles-Challenges and risks*, in INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, 2014, vol. 249, no. 4: Institute of Noise Control Engineering, pp. 3492-3501.
- [13] A. Fiebig and F. Kamp, *Development of metrics for characterizing product sound quality*, in Proc Aachen Acoustics Colloquium, 2015.

- [14] M. Takada, H. Mori, S. Sakamoto, and S.-i. Iwamiya, *Structural analysis of the value evaluation of vehicle door-closing sounds*, Applied Acoustics, vol. 156, pp. 306-318, 2019.
- [15] S. Kim et al., *Target Sound Development for Luxury Sedan based on Driving Experience and Preference Study*, SAE Technical Paper, 0148-7191, 2013.
- [16] D. Maiberger, U. Letens, R. Weber, and S. van de Par, *Individual Influences on the Evaluation of Vehicle Sounds: A Typology of Premium Car Drivers with Regard to Their Attitude Towards Cars and Sounds*, Acta Acustica united with ACUSTICA, vol. 104, no. 3, pp. 509-520, 2018.
- [17] C. Hoyle, W. Chen, N. Wang, and G. Gomez-Levi, *Understanding and modelling heterogeneity of human preferences for engineering design*, Journal of Engineering Design, vol. 22, no. 8, pp. 583-601, 2011.
- [18] E. Yang, H. J. Ahn, N. H. Kim, H. S. Jung, K. R. Kim, and W. Hwang, *Perceived interior space of motor vehicles based on illusory design elements*, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, vol. 25, no. 5, pp. 573-584, 2015.
- [19] N. Kano, *Attractive quality and must-be quality*, Hinshitsu (Quality, The Journal of Japanese Society for Quality Control), vol. 14, pp. 39-48, 1984.
- [20] H. Yadav, R. Jain, S. Shukla, S. Avikal, and P. Mishra, *Prioritization of aesthetic*

- attributes of car profile*, International Journal of Industrial Ergonomics, vol. 43, no. 4, pp. 296-303, 2013.
- [21] E. Frank, B. Engels, B. Naimipour, and G. Rinaldi, *Consumer's Demand for Better Sound and Vibration Quality*, Sound and Vibration, 2015.
- [22] X. Wang, *Vehicle noise and vibration refinement*, Elsevier, 2010.
- [23] D. Bies and C. Hansen, *Engineering Noise Control: Theory and Practice, (Paperback)*, ed: Taylor and Francis: New York, NY, USA, 2009.
- [24] M. S. Qatu, M. K. Abdelhamid, J. Pang, and G. Sheng, *Overview of automotive noise and vibration*, International Journal of Vehicle Noise and Vibration, vol. 5, no. 1-2, pp. 1-35, 2009.
- [25] N. W. Alt, N. Wiehagen, and M. W. Schlitzer, *Interior noise simulation for improved vehicle sound*, SAE Technical Paper, 0148-7191, 2001.
- [26] S. Subramanian, R. Surampudi, K. Thomson, and S. Vallurupalli, *Optimization of damping treatment for structure borne noise reduction*, SAE transactions, pp. 1926-1938, 2003.
- [27] A. R. Mohanty, B. D. S. Pierre, and P. Suruli-Narayanasami, *Structure-borne noise reduction in a truck cab interior using numerical techniques*, Applied Acoustics, vol. 59, no. 1, pp. 1-17, 2000.
- [28] M. Müller, H.-G. Eckel, M. Leibach, and W. Bors, *Reduction of noise and vibration*

- in vehicles by an appropriate engine mount system and active absorbers*, SAE transactions, pp. 146-157, 1996.
- [29] M. de Diego, A. Gonzalez, G. Pinero, M. Ferrer, and J. J. Garcia-Bonito, *Subjective evaluation of actively controlled interior car noise*, in 2001 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Proceedings (Cat. No. 01CH37221), 2001, vol. 5: IEEE, pp. 3225-3228.
- [30] L. Humphreys, S. Giudice, P. Jennings, R. Cain, W. Song, and G. Dunne, *The influence of company identity on the perception of vehicle sounds*, Ergonomics, vol. 54, no. 4, pp. 338-346, 2011.
- [31] J.-F. Petiot, B. G. Kristensen, and A. M. Maier, *How should an electric vehicle sound? User and expert perception*, in International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, 2013, vol. 55928: American Society of Mechanical Engineers, p. V005T06A028.
- [32] N. Misdariis, A. Cera, E. Levallois, and C. Locqueteau, *Do electric cars have to make noise? An emblematic opportunity for designing sounds and soundscapes*, in Acoustics 2012, 2012.
- [33] M. Sarrazin, K. Janssens, H. Van der Auweraer, W. Desmet, and P. Sas, *Virtual Car Sound Synthesis Approach for Hybrid and Electric Vehicles*, SAE International 2012, 2012.

- [34] H. Van der Auweraer, K. Janssens, D. Sabbatini, E. Sana, and K. De Langhe, *Electric vehicle exterior sound and sound source design for increased safety*, in 40th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2011, INTER-NOISE 2011, 2011, vol. 4, pp. 3253-3258.
- [35] T. Tabata, H. Konet, and T. Kanuma, *Development of Nissan approaching vehicle sound for pedestrians*, EVS-25 Shenzhen, China, vol. 5, no. 9, 2010.
- [36] S. Loehmann, M. Landau, M. Koerber, and A. Butz, *Heartbeat: Experience the pulse of an electric vehicle*, in Proceedings of the 6th international conference on automotive user interfaces and interactive vehicular applications, 2014, pp. 1-10.
- [37] R. B. Zajonc, *Feeling and thinking: Preferences need no inferences*, American psychologist, vol. 35, no. 2, p. 151, 1980.
- [38] J. A. Russell, *Core affect and the psychological construction of emotion*, Psychological review, vol. 110, no. 1, p. 145, 2003.
- [39] M. Nagamachi, *Kansei engineering: a new ergonomic consumer-oriented technology for product development*, International Journal of industrial ergonomics, vol. 15, no. 1, pp. 3-11, 1995.
- [40] G. Kwon, H. Jo, and Y. J. Kang, *Model of psychoacoustic sportiness for vehicle interior sound: Excluding loudness*, Applied Acoustics, vol. 136, pp. 16-25, 2018.
- [41] 정민주, 김봉건, and 복일근, *노트북 키보드 타이핑 사운드에 대한 감성 지표 및*

- 감성 모델 개발, 대한인간공학회 학술대회논문집, pp. 203-206, 2016.
- [42] H. Liu, J. Zhang, P. Guo, F. Bi, H. Yu, and G. Ni, *Sound quality prediction for engine-radiated noise*, Mechanical Systems and Signal Processing, vol. 56, pp. 277-287, 2015.
- [43] M. J. M. Nor, M. H. Fouladi, H. Nahvi, and A. K. Ariffin, *Index for vehicle acoustical comfort inside a passenger car*, Applied Acoustics, vol. 69, no. 4, pp. 343-353, 2008.
- [44] C.-F. Chi, R. S. Dewi, and M.-H. Huang, *Psychophysical evaluation of auditory signals in passenger vehicles*, Applied ergonomics, vol. 59, pp. 153-164, 2017.
- [45] D. J. Swart, A. Bekker, and J. Bienert, *The subjective dimensions of sound quality of standard production electric vehicles*, Applied Acoustics, vol. 129, pp. 354-364, 2018.
- [46] Y. Date, S. Ishimitsu, and N. Yamagiwa, *Improvement of heart rate variability analysis for sound design*, ICIC Express Letters, Part B: Applications, Article vol. 10, no. 2, pp. 159-166, 2019, doi: 10.24507/icicelb.10.02.159.
- [47] A. Gillibrand, I. Suffield, X. Vinamata, R. Williams, and A. Brückmann, *An initial study to develop appropriate warning sound for a luxury vehicle using an exterior sound simulator*, SAE Technical Paper, 0148-7191, 2011.
- [48] C. J. da Silveira Brizon and E. B. Medeiros, *Combining subjective and objective*

- assessments to improve acoustic comfort evaluation of motor cars*, Applied Acoustics, vol. 73, no. 9, pp. 913-920, 2012.
- [49] T. Ko, I. Rhiu, M. H. Yun, and S. Cho, *A Novel Framework for Identifying Customers' Unmet Needs on Online Social Media Using Context Tree*, Applied Sciences, vol. 10, no. 23, p. 8473, 2020.
- [50] I. Rhiu and M. H. Yun, *A Qualitative and Quantitative Analysis of Social Media Data: Case Study on Smartphones*, in Global Conference on Services Management (GLOSERV 2017), 2017, vol. 10, p. 191.
- [51] A. S. Abrahams, J. Jiao, G. A. Wang, and W. Fan, *Vehicle defect discovery from social media*, Decision Support Systems, vol. 54, no. 1, pp. 87-97, 2012.
- [52] G. Kramer, *An introduction to auditory display*, Auditory display-Sonification, audification and auditory interfaces, pp. 1-77, 1994.
- [53] J. D. Hill and L. N. Boyle, *Driver stress as influenced by driving maneuvers and roadway conditions*, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol. 10, no. 3, pp. 177-186, 2007.
- [54] Y. Liao, M. Wang, L. Duan, and F. Chen, *Cross-regional driver-vehicle interaction design: an interview study on driving risk perceptions, decisions, and ADAS function preferences*, IET Intelligent Transport Systems, vol. 12, no. 8, pp. 801-808, 2018.

- [55] W.-Y. Chung, T.-W. Chong, and B.-G. Lee, *Methods to detect and reduce driver stress: a review*, International journal of automotive technology, vol. 20, no. 5, pp. 1051-1063, 2019.
- [56] E. E. Miller and L. N. Boyle, *Driver behavior in road tunnels: association with driver stress and performance*, Transportation Research Record, vol. 2518, no. 1, pp. 60-67, 2015.
- [57] C. Collet, A. Guillot, and C. Petit, *Phoning while driving II: a review of driving conditions influence*, Ergonomics, vol. 53, no. 5, pp. 602-616, 2010.
- [58] D. Shinar, *Looks are (almost) everything: where drivers look to get information*, Human Factors, vol. 50, no. 3, pp. 380-384, 2008.
- [59] H. B. Huang, J. H. Wu, X. R. Huang, M. L. Yang, and W. P. Ding, *The development of a deep neural network and its application to evaluating the interior sound quality of pure electric vehicles*, Mechanical Systems and Signal Processing, vol. 120, pp. 98-116, 2019.
- [60] H. B. Huang, R. X. Li, X. R. Huang, M. L. Yang, and W. P. Ding, *Sound quality evaluation of vehicle suspension shock absorber rattling noise based on the Wigner-Ville distribution*, Applied Acoustics, vol. 100, pp. 18-25, 2015.
- [61] S. K. Lee, S. M. Lee, T. Shin, and M. Han, *Objective evaluation of the sound quality of the warning sound of electric vehicles with a consideration of the masking*

- effect: Annoyance and detectability*, International Journal of Automotive Technology, vol. 18, no. 4, pp. 699-705, 2017.
- [62] G. Tan, G. Jie, and M. Cao, *A New Method of Sound Quality Analysis Based on Design of Experiment*, International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, vol. 30, no. 05, p. 1658001, 2016.
- [63] Y. Wang, G. Shen, and Y. Xing, *A sound quality model for objective synthesis evaluation of vehicle interior noise based on artificial neural network*, Mechanical Systems and Signal Processing, vol. 45, no. 1, pp. 255-266, 2014.
- [64] F. Yan, S. Xiao, Z. Liu, S. Du, and C. Lu, *Study on the order target of the sporty sound quality of the vehicle exhaust noise under acceleration*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, vol. 233, no. 8, pp. 2085-2095, 2019.
- [65] D. J. Swart, *Interior and Motorbay sound quality evaluation of full electric and hybrid-electric vehicles based on psychoacoustics*, in INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, 2016, vol. 253, no. 1: Institute of Noise Control Engineering, pp. 7029-7039.
- [66] S. M. Lee, J. Back, K. An, and S. K. Lee, *Design and Generation of a Target Sound to Achieve the Desired Sound Quality Inside a Car Cabin*, International Journal of Automotive Technology, vol. 21, no. 2, pp. 385-395, 2020.

- [67] M. Bednarzyk, *Qualitätsbeurteilung der Geräusche industrieller Produkte*, Der Stand der Forschung, abgehandelt am Beispiel der Kfz-Innenraumgeräusche. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe, vol. 12, 1999.
- [68] R. Guski, *Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance*, Noise and health, vol. 1, no. 3, p. 45, 1999.
- [69] H. M. Miedema and H. Vos, *Noise sensitivity and reactions to noise and other environmental conditions*, The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 113, no. 3, pp. 1492-1504, 2003.
- [70] N. D. Weinstein, *Individual differences in reactions to noise: a longitudinal study in a college dormitory*, Journal of applied psychology, vol. 63, no. 4, p. 458, 1978.
- [71] W. Ellermeier, M. Eigenstetter, and K. Zimmer, *Psychoacoustic correlates of individual noise sensitivity*, The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 109, no. 4, pp. 1464-1473, 2001.
- [72] R. S. Job, *Noise sensitivity as a factor influencing human reaction to noise*, Noise and Health, vol. 1, no. 3, p. 57, 1999.
- [73] G. Notbohm, *A questionnaire on the individual attitude towards the acoustical environment*, in INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, 2010, vol. 2010, no. 5: Institute of Noise Control Engineering, pp. 5340-5349.

- [74] R. Bisping, *Psychologische und akustische Aspekte der Klangqualität von Fahrzeuggeräuschen*, Sound engineering. Expert Verlag, Renningen-Malmsheim, pp. 34-45, 1994.
- [75] O. Jung and V. Grützmaker, *Analysis of Determining Parameters of Acoustical Comfort Inside Vehicles*, SAE Technical Paper, 0148-7191, 2011.
- [76] U. Letens, *Von der Psychoakustik über die psychologische Akustik zur ganzheitlichen Geräuschbewertung in der Fahrzeugakustik*, Fortschritte der Akustik—DAGA, vol. 2010, pp. 433-434, 2010.
- [77] 장승민, *리커트 척도 개발을 위한 탐색적 요인분석의 사용*, Korean Journal of Clinical Psychology, vol. 34, no. 4, pp. 1079-1100, 2015.
- [78] 신미미 and 김수영, *범주형 확인적 요인분석 모형의 다집단 확장*, The Korean Journal of Psychology: General-Vol, vol. 39, no. 2, pp. 175-204, 2020.
- [79] 최창호 and 유연우, *탐색적요인분석과 확인적요인분석의 비교에 관한 연구*, 디지털융복합연구, vol. 15, no. 10, pp. 103-111, 2017.
- [80] S. Wasserman and K. Faust, *Social network analysis: Methods and applications*, 1994.
- [81] J. Diesner and K. M. Carley, *Revealing social structure from texts: meta-matrix text analysis as a novel method for network text analysis*, in Causal mapping for research in information technology: IGI Global, 2005, pp. 81-108.

- [82] D. Paranyushkin, *Text network analysis*, in Conférence du Performing Arts Forum, <http://noduslabs.com/research/pathways-meaning-circulation/>, (14.09. 2011), 2010.
- [83] C. Park and C. Jung, *Text network analysis: detecting shared meaning through socio-cognitive networks of policy stakeholders*, Journal of Governmental Studies, vol. 19, no. 2, pp. 73-108, 2013.
- [84] D. Kim and I. Kim, *An analysis of hotel selection attributes present in online reviews using text mining*, J. Tour. Sci, vol. 41, pp. 109-127, 2017.
- [85] R. A. Hanneman and M. Riddle, *Concepts and measures for basic network analysis*, The SAGE handbook of social network analysis, pp. 340-369, 2011.
- [86] M. E. Newman, *The mathematics of networks*, The new palgrave encyclopedia of economics, vol. 2, no. 2008, pp. 1-12, 2008.
- [87] S. Durlauf and L. E. Blume, *The new Palgrave dictionary of economics*. Springer, 2016.
- [88] S. Borgatti, M. Everett, and L. Freeman, *Ucinet. Encyclopedia of social network analysis and mining*, ed: New York: Springer ScienceCBusiness Media, 2014.
- [89] S. P. Borgatti, *NetDraw: Graph visualization software*, Harvard: Analytic Technologies, 2002.
- [90] F. Li and Y. Zuo, *Psychoacoustic Evaluation model on the luxury of sound quality*

- in vehicle interior noise*, Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, vol. 5, no. 22, pp. 5325-5329, 2013.
- [91] C. Ma et al., *Sound quality evaluation of noise of hub permanent-magnet synchronous motors for electric vehicles*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 63, no. 9, pp. 5663-5673, 2016.
- [92] A. Minard and P. Boussard, *Perceptual evaluation of the sound quality of car HVAC systems*, in INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, 2016, vol. 253, no. 1: Institute of Noise Control Engineering, pp. 7105-7112.
- [93] Y. Date, S. Ishimitsu, and N. Yamagiwa, *Improvement of heart rate variability analysis for sound design*, ICIC Express Letters, Part B: Applications, vol. 10, pp. 159-166, 02/01 2019, doi: 10.24507/icicelb.10.02.159.
- [94] K.-J. Chang, S. Y. Moon, D. C. Park, M. H. Yun, S. Park, and S. Kim, *A Research on Brand Sound Positioning and Implementing with Active Sound Design*, in INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, 2017, vol. 254, no. 2: Institute of Noise Control Engineering, pp. 16-21.
- [95] D. Swart and A. Bekker, *The relationship between consumer satisfaction and psychoacoustics of electric vehicle signature sound*, Applied Acoustics, vol. 145, pp. 167-175, 2019.

- [96] S.-J. Jeong and B.-M. Kim, *Network analysis of social awareness of media education for primary school students studied through big data*, Computer Science and Information Systems, no. 00, pp. 11-11, 2021.
- [97] Y.-A. Sung, K.-W. Kim, and H.-J. Kwon, *Big Data Analysis of Korean Travelers' Behavior in the Post-COVID-19 Era*, Sustainability, vol. 13, no. 1, pp. 1-1, 2020.
- [98] H. Seok, G. A. Barnett, and Y. Nam, *A social network analysis of international tourism flow*, Quality & Quantity, vol. 55, no. 2, pp. 419-439, 2021.
- [99] C. Yoonhee, *Awareness and Resolution of Touristification in Korea Using Social Media Big Data Analytics*, Global Business and Finance Review, vol. 26, no. 1, pp. 68-78, 03 2021.

부록 A. 사전 실험 설문지

Pilot Test

* 필수항목

이름 *

내 답변 _____

성별 *

남

여


나이 *

내 답변 _____

다음

Google Forms를 통해 비밀번호를 제출하지 마세요.

이 설문지는 서울대학교 내부에서 생성되었습니다. 약용사레 신고

Google 설문지 

감성어휘 주관척도 평가

1. Loud: degree to which a sound is strong and noticeable in volume *

1

2

3

4

5

6

7

2. Sharp: degree to which a sound is high-tone or sharp *

1

2

3

4

5

6

7

3. Rough: degree to which a sound is rough or the variation of pitch is strong *

1

2

3

4

5

6

7

4. Static: the degree to which the sound is not clearly distinguishable from ambient noise or the pitch of sound is not clearly recognized *

1

2

3

4

5

6

7

3. Rough: degree to which a sound is rough or the variation of pitch is strong *

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

5. Powerful: degree to which a sound provides strong impact or energetic feeling *

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

7. Soft: degree to which a sound is subdued and harmonic, opposite to disgusting *

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

4. Static: the degree to which the sound is not clearly distinguishable from ambient noise or the pitch of sound is not clearly recognized *

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

6. Refined: degree to which a sound is well-tuned and unnecessary sound components are eliminated *

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

8. Full: degree to which a sound is maximal in volume and its composition or is rich *

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

9. Dry: degree to which a sound has lower level of overtones and sustains shortly *

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

11. Light: degree to which a sound is small in intensity and high in pitch *

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

13. futuristic: 미래지향적인 *

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

10. Comfort: degree to which a sound is gentle and provides a feeling of relief *

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

12. Rumbling: 우르릉 거리는 *

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

14. Metallic: 금속같은 *

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

15. creative: 창의적인 *

1

2

3

4

5

6

7

16. 전반적 만족도 *

1

2

3

4

5

6

7

Pilot Test

* 필수항목

Open question

전기차 주행음을 들었을 때 떠오르는 형용사를 3개 이상 작성해주세요. *

내 답변

뒤로
다음

Google Forms를 통해 비밀번호를 제출하지 마세요.

이 설문지는 서울대학교 내부에서 생성되었습니다. [이용사례 신고](#)

Google 설문지

Pilot Test

설문에 응해주셔서 감사합니다.

뒤로
제출

Google Forms를 통해 비밀번호를 제출하지 마세요.

이 설문지는 서울대학교 내부에서 생성되었습니다. [이용사례 신고](#)

Google 설문지

뒤로

다음

부록 B. 실차 주행 실험 설문지

No. _____

성명 _____

본 설문 평가에 참여해 주셔서 감사합니다. 저희 서울대학교 휴먼인터페이스시스템 연구실에서는 전기 자동차의 새로운 청각 경험 제공을 위한 연구를 진행하고 있습니다. 본 설문에 대한 귀하의 평가는 전기차량 엔진 가속음의 감성 품질 개선에 많은 도움이 될 것입니다. 평가는 약 2시간 정도 소요됩니다. 본 조사의 결과는 연구결과 분석에만 활용될 것이고, 참여 연구원에 한하여 데이터 열람이 가능합니다. 실험 참여에 진심으로 감사합니다. 성실한 답변 부탁드립니다.

1. 귀하의 나이는 어떻게 되십니까? (만 나이로 기입해 주십시오)

_____ 세

2. 귀하의 성별은 어떻게 되십니까?

(남 / 여)

3. 귀하가 현재 보유하고 계신 차량 (브랜드/모델) 및 과거 보유하셨던 차량은 무엇입니까? (Ex. 현대/그랜저 HG300) 만약 차량을 보유하지 않은 경우 귀하가 가장 많이 탑승해본 차종/차급은 무엇입니까? (차종: 세단, 쿠페, 왜건, SUV, 컨버터블, 해치백, 리무진, 밴, 픽업트럭 등 / 차급: 경차, 소형, 중형, 대형)

현재 보유 차량	과거 보유 또는 가장 많이 탑승해본 차종/차급		
1) _____	2) _____	3) _____	4) _____

4. 현재 소유하신 차종의 총 운전거리가 어떻게 되십니까?

_____ km

5. 현재 소유하신 차종의 운전 경력 및 기간이 어떻게 되십니까?

① 1년 이내 ② 1~3년 ③ 4~6년 ④ 7~9년 ⑤ 10년 이상

6. 귀하의 운전 빈도는 어떻게 되십니까?

① 매일 ② 2~3일에 한번 ③ 주 1회 ④ 2~3주에 한번 ⑤ 월 1회 이하

사전 설문

다음 문장에 대해 동의하는 정도를 기입해주시시오.

전혀 동의하지 않는다					매우 동의한다	
1 점	2 점	3 점	4 점	5 점	6 점	7 점

NO	문장	동의하는 정도
1	엔진에서 발생하는 기계적인 소음은 보다 효과적으로 줄여져야 한다.	
2	나는 일상에서 발생하는 소음들을 잘 받아들이 수 있다. (반대로 응답, 1 점: 매우 동의한다, 7 점: 전혀 동의하지 않는다)	
3	소음은 심각한 환경 문제이다.	
4	나는 때때로 어찌할 방법 없이 소음에 노출된다고 느낀다.	
5	나는 교통 소음에 대해 자주 화가 난다.	
6	각 이해관계자들은 처음부터 소음을 적게 내도록 노력해야 한다.	
7	소음은 자주 나를 매우 공격적으로 만든다.	
8	음악은 적절한 분위기를 조성하기 위한 좋은 방법이다.	
9	나는 때때로 굉장히 큰 소리의 음악이 필요하다.	
10	나는 기분에 따라 조용하기를 원하거나 굉장히 시끄러운 환경에 있기를 원한다.	
11	청소나 집안일을 할 때 음악을 들으면 훨씬 즐거워진다.	
12	적절한 음악을 들으면 나는 내 문제들을 완전히 잊을 수 있다.	
13	음악을 듣는 것은 긴장을 풀기 위한 가장 좋은 방법이다.	
14	운전할 때 음악을 틀지 않으면 굉장히 지루하다.	
15	나는 때때로 이웃이나 주변사람들을 고려하지 않고 소음을 낸다.	
16	나는 주변이 시끄러우면 일에 집중할 수 없다.	
17	나는 글을 읽을 때 주변에 음악이 있는 것이 좋다.	
18	나는 주변에 소음이 많아도 그냥 신경을 안 쓴다. (반대로 응답, 1 점: 매우 동의한다, 7 점: 전혀 동의하지 않는다)	
19	나는 보통 소음에 굉장히 민감하다.	
20	나는 완벽하게 조용할 때에만 잠들 수 있다.	
21	다른 사람들은 나보다 훨씬 더 소음에 민감한 것 같다. (반대로 응답, 1 점: 매우 동의한다, 7 점: 전혀 동의하지 않는다)	

NO	문장	동의하는 정도
22	나는 소음에 대한 내 태도를 변경하여 소음에 신경을 쓰지 않을 수 있다. (반대로 응답, 1 점: 매우 동의한다, 7 점: 전혀 동의하지 않는다)	
23	나는 주변이 조용하기를 자주 원한다.	
24	나는 새가 지저귀는 소리를 들었을 때 굉장히 기쁘다.	
25	나는 휴일에 자연의 소리를 들을 수 있는 곳에 가는 것을 선호한다.	
26	나는 어릴 때 자연의 소리가 굉장히 친숙했다.	
27	밀려오는 파도와 물결치는 개울은 나에게 상당한 진정 효과를 준다.	
28	'고요함'이라는 단어는 나에게 대부분 상당히 긍정적인 느낌을 연상시킨다.	
29	나는 혼자 운전할 때 차가 스포티한 특성을 가지는 것이 중요하다.	
30	자동차는 다른 도로를 주행하는 운전자들이 알아차릴 수 있도록 소리를 내야 한다.	
31	나는 커브길이나 구불구불한 내리막길에서 빠르게 운전하는 것이 즐겁다.	
32	나는 멋진 소리를 내는 차 소리를 듣는 것을 매우 좋아한다.	
33	나는 사람들에게 소리로 나의 자동차 제조사에 대한 인상을 주기를 원한다.	
34	자동차 주행음은 내가 얼마나 빠른 속도와 어떤 기어 상태로 달리는지를 나타내기 때문에 중요하다.	
35	자동차는 오래 사용할 수만 있다면 어떤 소리를 내는지는 중요하지 않다.	
36	나는 보통 자동차가 어떤 소리를 내는지 주의를 기울인다.	
37	나는 자동차 제조사에서 주행음을 잘 디자인하는 것이 중요하다고 생각한다.	
38	나는 나의 자동차가 실용적이고 기능이 잘 된다면, 내 친구나 지인이 나의 차를 좋아하지 않아도 상관 없다.	
39	나에게 자동차는 사회적 지위의 상징이기도 하다.	
40	나에게 자동차는 그저 도구이다.	
41	나는 자동차가 주요한 환경적 문제라고 믿는다.	
42	나는 도로 교통량이 사람들의 건강에 많은 부정적인 영향을 끼친다고 생각한다.	
43	혼자 운전할 때 편안한 주행 특성의 차가 중요하다.	
44	나는 운전 중 내리막길을 달릴 때 가장 기분이 좋다.	
45	나는 전기자동차가 편안한 소리를 내는 것이 좋다.	
46	나는 전기자동차가 안정적인 소리를 내는 것이 좋다.	

NO	문장	동의하는 정도
47	나는 전기자동차가 정제된 소리를 내는 것이 좋다.	
48	나는 전기자동차가 부드러운 소리를 내는 것이 좋다.	
49	나는 전기자동차가 조화로운 소리를 내는 것이 좋다.	
50	나는 전기자동차가 조용한 소리를 내는 것이 좋다.	
51	나는 전기자동차가 스포티한 소리를 내는 것이 좋다.	
52	나는 전기자동차가 빠른 소리를 내는 것이 좋다.	
53	나는 전기자동차가 힘있는 소리를 내는 것이 좋다.	
54	나는 전기자동차가 유쾌한 소리를 내는 것이 좋다.	
55	나는 전기자동차가 날카로운 소리를 내는 것이 좋다.	
56	나는 전기자동차가 우르릉거리는 소리를 내는 것이 좋다.	
57	나는 전기자동차가 기분을 들뜨게 만드는 소리를 내는 것이 좋다.	
58	나는 전기자동차가 차분한 소리를 내는 것이 좋다.	
59	나는 전기자동차가 거친 소리를 내는 것이 좋다.	
60	나는 전기자동차가 가득 찬 소리를 내는 것이 좋다.	
61	나는 전기자동차가 가벼운 소리를 내는 것이 좋다.	
62	나는 전기자동차가 미래적인 소리를 내는 것이 좋다.	
63	나는 전기자동차가 창의적인 소리를 내는 것이 좋다.	
64	나는 전기자동차가 금속같은 소리를 내는 것이 좋다.	
65	나는 전기자동차가 공상과학영화같은 소리를 내는 것이 좋다.	
66	나는 전기자동차가 지적인 소리를 내는 것이 좋다.	
67	나는 전기자동차가 혁신적인 소리를 내는 것이 좋다.	
68	나는 전기자동차가 직관적인 소리를 내는 것이 좋다.	
69	나는 전기자동차가 세련된 소리를 내는 것이 좋다.	

사전설문이 종료되었습니다. 안내자의 지시에 따라주십시오.

구간 1 설문

1. 감성어휘 주관적도 평가

자동차 사운드에 대하여 다음 형용사에 해당하는 정도의 점수를 적어주세요.

전혀 그렇지 않다						매우 그렇다
1 점	2 점	3 점	4 점	5 점	6 점	7 점

NO	감성형용사	내용	점수
1	편안한 (Comfortable)	젠들하고 안정된 느낌을 주는	
2	안정적인 (Stable)	소리의 변화가 적은	
3	정제된 (Refined)	튜닝이 잘 되고 불필요한 소음 요소가 없는	
4	부드러운 (Soft)	소리가 차분하고 불쾌하지 않은	
5	조화로운 (Harmonious)	자동차와 소리가 조화를 이루는	
6	조용한 (Quiet)	소리가 작고 고요한	
7	스포티한 (Sporty)	소리가 스포츠카나 레이싱카 같은	
8	빠른 (Fast)	속력이 빠른 것 같은 소리가 나는	
9	힘있는 (Powerful)	강한 임팩트를 주거나 에너지틱한 느낌을 주는	
10	유쾌한 (Pleasant)	소리가 즐겁고 매력적인	
11	날카로운 (Sharp)	소리가 날카롭고 높은(high-tone)	
12	우르릉 거리는 (Rumbling)	낮은 음의 소음이 지속되는	
13	신나는 (Excited)	소리가 신나고 들뜨게 만드는	
14	차분한 (Calm)	변화가 적고 평화로운 분위기의 소리가 나는	
15	거친 (Rough)	음높이(pitch)의 변화가 강한	
16	가득 찬 (Full)	풍부한, 소리의 볼륨 크고 구성이 꽉 차 있는	
17	가벼운 (Light)	소리의 세기(intensity)는 작고 음높이(pitch)는 높은	
18	미래적인 (Futuristic)	미래적이거나 미래지향적인	
19	창의적인 (Creative)	흥미롭고 일반적이지 않은	
20	금속 같은 (Metallic)	금속끼리 부딪히거나 긁히는 것 같은	
21	공상과학영화 같은 (SCI-FI)	공상과학 영화 같은	

NO	감성형용사	내용	점수
22	지적인 (Intelligent)	지적인 이미지의 소리가 나는	
23	혁신적인 (Innovative)	이전과 다르고 새로운	
24	직관적인 (Intuitive)	소리를 통해 속도 등 자동차 상태/상황에 대해 직관적으로 이해할 수 있는	
25	세련된 (Stylish)	시대의 유행을 따르고 멋진	

2. 자동차 사운드 주행음에 대한 전반적 만족도를 7점 척도로 평가해주세요.

(1 2 3 4 5 6 7)점

구간 2 설문

1. 감성어휘 주관적도 평가

자동차 사운드에 대하여 다음 형용사에 해당하는 정도의 점수를 적어주세요.

전혀 그렇지 않다						매우 그렇다
1 점	2 점	3 점	4 점	5 점	6 점	7 점

NO	감성형용사	내용	점수
1	편안한 (Comfortable)	젠들하고 안정된 느낌을 주는	
2	안정적인 (Stable)	소리의 변화가 적은	
3	정제된 (Refined)	튜닝이 잘 되고 불필요한 소음 요소가 없는	
4	부드러운 (Soft)	소리가 차분하고 불쾌하지 않은	
5	조화로운 (Harmonious)	자동차와 소리가 조화를 이루는	
6	조용한 (Quiet)	소리가 작고 고요한	
7	스포티한 (Sporty)	소리가 스포츠카나 레이싱카 같은	
8	빠른 (Fast)	속력이 빠른 것 같은 소리가 나는	
9	힘있는 (Powerful)	강한 임팩트를 주거나 에너지틱한 느낌을 주는	
10	유쾌한 (Pleasant)	소리가 즐겁고 매력적인	
11	날카로운 (Sharp)	소리가 날카롭고 높은(high-tone)	
12	우르릉 거리는 (Rumbling)	낮은 음의 소음이 지속되는	
13	신나는 (Excited)	소리가 신나고 들뜨게 만드는	
14	차분한 (Calm)	변화가 적고 평화로운 분위기의 소리가 나는	
15	거친 (Rough)	음높이(pitch)의 변화가 강한	
16	가득 찬 (Full)	풍부한, 소리의 볼륨 크고 구성이 꽉 차 있는	
17	가벼운 (Light)	소리의 세기(intensity)는 작고 음높이(pitch)는 높은	
18	미래적인 (Futuristic)	미래적이거나 미래지향적인	
19	창의적인 (Creative)	흥미롭고 일반적이지 않은	
20	금속 같은 (Metallic)	금속끼리 부딪히거나 긁히는 것 같은	
21	공상과학영화 같은 (SCI-FI)	공상과학 영화 같은	

NO	감성형용사	내용	점수
22	지적인 (Intelligent)	지적인 이미지의 소리가 나는	
23	혁신적인 (Innovative)	이전과 다르고 새로운	
24	직관적인 (Intuitive)	소리를 통해 속도 등 자동차 상태/상황에 대해 직관적으로 이해할 수 있는	
25	세련된 (Stylish)	시대의 유행을 따르고 멋진	

2. 자동차 사운드 주행음에 대한 전반적 만족도를 7점 척도로 평가해주세요.

(1 2 3 4 5 6 7)점

구간 3 설문

1. 감성어휘 주관적도 평가

자동차 사운드에 대하여 다음 형용사에 해당하는 정도의 점수를 적어주세요.

전혀 그렇지 않다						매우 그렇다
1 점	2 점	3 점	4 점	5 점	6 점	7 점

NO	감성형용사	내용	점수
1	편안한 (Comfortable)	젠들하고 안정된 느낌을 주는	
2	안정적인 (Stable)	소리의 변화가 적은	
3	정제된 (Refined)	튜닝이 잘 되고 불필요한 소음 요소가 없는	
4	부드러운 (Soft)	소리가 차분하고 불쾌하지 않은	
5	조화로운 (Harmonious)	자동차와 소리가 조화를 이루는	
6	조용한 (Quiet)	소리가 작고 고요한	
7	스포티한 (Sporty)	소리가 스포츠카나 레이싱카 같은	
8	빠른 (Fast)	속력이 빠른 것 같은 소리가 나는	
9	힘있는 (Powerful)	강한 임팩트를 주거나 에너지틱한 느낌을 주는	
10	유쾌한 (Pleasant)	소리가 즐겁고 매력적인	
11	날카로운 (Sharp)	소리가 날카롭고 높은(high-tone)	
12	우르릉 거리는 (Rumbling)	낮은 음의 소음이 지속되는	
13	신나는 (Excited)	소리가 신나고 들뜨게 만드는	
14	차분한 (Calm)	변화가 적고 평화로운 분위기의 소리가 나는	
15	거친 (Rough)	음높이(pitch)의 변화가 강한	
16	가득 찬 (Full)	풍부한, 소리의 볼륨 크고 구성이 꽉 차 있는	
17	가벼운 (Light)	소리의 세기(intensity)는 작고 음높이(pitch)는 높은	
18	미래적인 (Futuristic)	미래적이거나 미래지향적인	
19	창의적인 (Creative)	흥미롭고 일반적이지 않은	
20	금속 같은 (Metallic)	금속끼리 부딪히거나 긁히는 것 같은	
21	공상과학영화 같은 (SCI-FI)	공상과학 영화 같은	

NO	감성형용사	내용	점수
22	지적인 (Intelligent)	지적인 이미지의 소리가 나는	
23	혁신적인 (Innovative)	이전과 다르고 새로운	
24	직관적인 (Intuitive)	소리를 통해 속도 등 자동차 상태/상황에 대해 직관적으로 이해할 수 있는	
25	세련된 (Stylish)	시대의 유행을 따르고 멋진	

2. 자동차 사운드 주행음에 대한 전반적 만족도를 7점 척도로 평가해주세요.

(1 2 3 4 5 6 7)점

사후 설문

1. 전기차 주행음을 들었을 때, 연상되는 형용사를 3개 이상 적어주세요.

2. 귀하께서 생각하시는 가장 좋은 전기차 주행음은 어떤 성격을 갖는 소리인지 묘사해주세요.

3. 2번 항목이 구현되기 위해서 전기차 주행음에서 어떤 부분이 지금보다 개선되어야 하는지 묘사해주세요.

4. 전기차 주행음과 관련된 요구사항 또는 불만사항을 적어주세요.

5. 그 외 전기차 사운드(작동음, 경고음 등)와 관련된 요구사항 또는 불만사항을 적어주세요.

모든 설문이 종료되었습니다. 참여해주셔서 감사합니다.

Abstract

A Qualitative Study on the Auditory Experience of Driving Sound in Electric Vehicles Considering User Characteristics and Context of Driving

Yein Song

Department of Industrial Engineering

The Graduate School

Seoul National University

The auditory experience of driving sound has been studied as an important design factor that improves user's driving experience and satisfaction in terms of affection. Moreover, it is important as auditory display that provides user with information about context of driving in terms of usability. This study aims to derive user types by considering user characteristics and to evaluate driving sounds according to user types, and to derive needs and ideas by reflecting driving contexts in auditory experience of electric vehicle driving.

Considering characteristics and context of driving in terms of affection and usability, a real driving evaluation for electric vehicle was conducted with 40 participants (29 males and 11 females). All participants performed the experiment for about 1.5 hours, driving 15.6 km, conducting questionnaires for

user characteristics, affective evaluation, and Think aloud. After finishing pre-survey about user characteristics and preferred auditory experiences in electric vehicle, they began driving task. They performed affective evaluation for driving sounds while driving at low, medium, and high speeds using affective adjectives. The affective evaluations were conducted after stopping safely at the end of the speed sections. Think aloud method was performed which is the method for participants to express their opinions about auditory experience in real time while driving the electric vehicle.

Three user characteristics were derived by factor analysis on pre-survey, and two user types were derived according to user characteristics by performing cluster analysis based on characteristics. There are 4 of properties for auditory affection that were derived from exploratory factor analysis. The Mann-Whitney U test showed statistically significant differences between the two types of user in the affective properties expected or preferred for electric vehicles ($p < .05$). The Friedman test and Mann-Whitney U test were conducted to determine whether the two types of auditory experience differed with user types and driving speed, and there was a significant difference with driving speed only for one property ($p < .05$). As a result of conducting network analysis and CONCOR analysis for the result of Think aloud, the key issues and user needs were identified by user types and examples of design strategies were provided. The result of this study may be applied in designing more detailed and effective auditory experience in electric vehicle.

Keywords: Electric vehicle, Auditory experience, User characteristics, Context of driving, Design strategy

Student Number: 2019-28113