

서로 다른 자동차소음에 대한 운전자의 주관적 및 객관적 감성반응 측정치에 관한 조사

김태현¹ · 조재훈¹ · 조원학¹ · 이문섭² · 최현기^{1*}

¹성균관대학교 기계공학과 / ²현대자동차 NVH 개발부

An Investigation into the Measured Values of Driver's Subjective and Objective Sensibility Response Stimulated by Different Car Noises

Tae Hyun Kim¹ · Jae Hoon Cho¹ · Won Hak Cho¹ · Moon Sub Lee² · Hyeon Ki Choi¹

¹School of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University

²Advanced NVH Development Team, Hyundai Motor Company

The purpose of this study is to understand human sensory and emotional response according to car noise. This study investigated human stress levels from car noise based on the data of electro-encephalogram (EEG) and subjective evaluation analysis data. Since there are few previous works on the effect of car noise on human's reaction, more profound research about the effect of car noise on driver's emotion would be worth performing. Subjects were exposed to five different kinds of car noises. EEG data were collected while the subject was exposed to noise. In order to process EEG data, FFT analysis was used to separate the collected EEG data into α -wave and β -wave. Also, survey was performed to carry out subjective evaluation. The results of the subjective evaluation were closely correlated to those found in the EEG signal analysis. The results from this study may provide useful information for mitigating car noise induced stress.

Keywords: Car noise, Electroencephalogram, Human sensibility, Semantic differential method

1. 서 론

대부분의 소음은 인간의 스트레스와 연관되어 있다. 소음은 인간의 건강을 해치는 주요한 스트레스의 원인이 될 뿐만 아니라 청각계에도 좋지 않은 영향을 끼치고 있다. 소음에 지속적으로 노출이 되면 신경성 난청이 유발될 가능성이 높다는 연구도 있다(Uimonen *et al.*, 1998). 소음에 관한 기존 연구들은 다양한 분야에 대해서 이루어졌다. 굴삭기의 배기소음을 조절하기 위한 소음기에 대한 연구에서는 소음의 세기와 주파수에 관해서 실험하였다. 일곱 종류의 소음기를 이용하여 배기소음

을 측정하고, 그 측정결과를 바탕으로 배기소음의 세기를 줄이면서 필요 이상의 고주파나 저주파의 생성을 방지할 수 있도록 모델링을 하였다(Fang *et al.*, 2009). 또 다른 연구에서는 평범한 상황을 가진 집단과 일상생활(수면, 휴식, 공부)에 지장을 줄 수 있는 소음에 인위적으로 노출된 집단을 대상으로 비교 분석하였다. 소음에 지속적으로 노출된 집단은 평범한 집단에 비해서 많은 신체적 이상증상을 보였으며, 또한, 몇몇 피실험자들은 극도의 스트레스를 받았을 경우와 유사한 반응을 보이기도 하였다(Wallenius, 2004). 한편, 소음과 감성의 관련성에 대한 연구로 교통소음이 인체에 주는 영향에 대해 실험이

본 연구는 현대자동차 NVH의 지원으로 수행되었음.

* 연락저자 : 최현기 교수, 16419 경기도 수원시 장안구 서부로 2066 성균관대학교 기계공학부, Tel : 031-290-7938, Fax : 031-290-7938,

E-mail : hkchoi@skku.edu

2015년 4월 20일 접수; 2015년 8월 31일 1차 수정본 접수; 2015년 12월 11일 2차 수정본 접수; 2015년 12월 22일 게재 확정.

수행되었다. 이 실험에서 피실험군은 하루는 85dB 정도의 교통소음에 그리고 다음 날은 50dB 이하의 교통소음에 각각 노출되었다(Ising *et al.*, 1998). 이들에 걸쳐서 피실험자의 소변과 혈액을 검사하였고, 설문지를 통한 감성적인 검사도 진행하였다. 실험의 결과를 정리하면, 교통소음에 노출된 경우에는 일의 능률이 감소하고, 정신적인 긴장도가 높고, 혈압과 맥박이 상승하고, 혈액에서는 epineprine이 많이 검출되었고 소변에서는 단백질과 Na, Mg 등이 많이 검출되었다. 이 연구는 소음의 유무에 따라서 인체의 반응이 확연하게 다르다는 것을 보여주고 있다. 이처럼, 소음에 대한 선행연구들은 기계장비에서의 소음 자체에 관한 연구와 더불어 소음과 인체의 연관성을 조사한 사례도 있다.

위의 연구처럼 소음이 인간의 감성에 미치는 영향에 대한 많은 연구들이 진행되어 왔다. 예를 들면, 청각계 질환의 초기단계에서 소음의 영향들은 높은 생리적인 자극을 유발하고, 부정적인 감정을 나타내게 하는 것으로 알려져 왔다(Eck *et al.*, 1996; Smyth *et al.*, 1998). 또한, 일반 사무실에서 컴퓨터 소음에 대한 감성평가를 시행한 연구도 있다. 청각실험과 설문지 조사가 실시되었으며, 컴퓨터 소음은 CD-rom 구동음, HDD 작동음, 팬소음 등으로 구분하였다. 청각실험을 통해서 각 소음의 상/하한치는 31~51dB, 34~54dB, 34~58dB로 나타났고, 설문지 조사를 통해서 팬소음과 키보드 사용음이 주요 소음원인 것으로 나타났다. 55%의 사용자는 컴퓨터 소음을 시끄럽게 느끼고 있다고 답했으며, 20%의 사용자는 조용하게 느꼈다. 35%의 사용자는 컴퓨터 소음이 업무효율을 떨어뜨린다고 답했다(Jeong *et al.*, 2002).

기존의 연구들은 인간의 주관적인 감성과 소음 혹은 인체생리신호와 소음에 관해 연구했다. 주관적인 감성만으로 비교할 경우 개인의 성격과 취향이 많이 반영되고 인체의 생리신호만으로 비교한다면 인간의 감성들을 배제한 소음의 생리적 반응만 관찰하게 된다. 그리하여 본 연구에서는 자동차 주행소음 통해 인간의 주관적인 감성뿐 아니라 인체의 생리신호와도 비교하여 연구를 진행하였다. 특히, 인체의 생리신호 가운데 뇌전도(Electroencephalogram)를 중점으로 관찰하였다. 또한, 기존의 연구들보다 더 많은 자동차 주행소음을 수집하였다. 그로 인해, 자동차 주행소음과 인간의 감성 변화와의 관계를 규명하는데 있어서 더욱 다양하고 유용한 뇌전도 데이터를 얻을 수 있었다.

Lee(1993)의 연구를 살펴보면 차내 소음에 크게 기여하는 소음원으로 엔진, 흡배기계통, 구동계통 세 가지를 선정하였다. 주행소음은 세 가지 뿐 만 아니라 마찰, 외부환경, 주행속도, 풍절음, 차체모양 등 여러 소음발생의 요인에 의해 복합적 작용으로 차량마다 다른 주행소음을 나타낸다.

따라서, 본 연구에서는 다섯 가지 서로 다른 차종의 주행소음에 따라 인체의 생리적신호와 주관적신호의 상관관계를 보기 위해 운전좌석에서 들리는 주행소음을 녹음하여 사용하였다.

실험은 피실험자들이 주행소음을 들을 때 나타나는 뇌전도

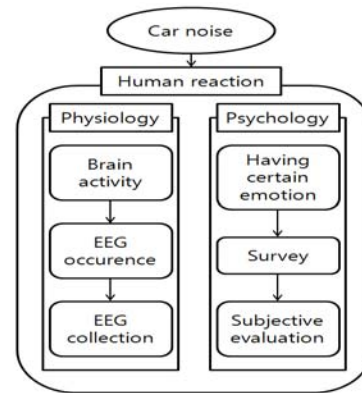


Figure 1. Experiment Schematic

데이터를 수집하는 것으로 진행되었다. 피실험자의 소음에 대한 자각을 파악하기 위해서 SD법(Semantic differential method)이 주로 이용되어 왔다(Osgood *et al.*, 1972). 소음 의미론(noise semantics)에 관한 연구에서 피실험자의 소음에 대한 자각은 리커트 스케일(Likert scale)로 수량화된다.

많은 연구자들은 이 기법을 진폭, 세기와 같은 구체적인 소리의 특성을 연구하기 위해 사용하였다. 예를 들면, 피실험자의 판단에 근거한 차량 소리의 형태에 대한 연구가 진행되었다(Buss *et al.*, 2000). 본 연구에서는 자동차 내부에서 발생하는 주행소음이 인간의 신체적 반응(뇌의 활동)과 피실험자들의 설문 결과를 바탕으로 한 정서적 반응을 관찰하였다(<Figure 1> 참조). 그리고 연구결과를 바탕으로 인간의 신체적 반응과 정서적 반응 간의 연관성에 대해서 알아보고자 한다.

2. 실험방법

2.1 실험설계

26~30세의 12명의 남성들이 피실험자로 참여하였다(평균 나이 : 28.1세, SD : 1.8세). 피실험자들의 키는 165~175cm(평균 : 169.2cm, SD : 2.7cm)이며, 몸무게는 55~75kg(평균 : 67.4kg, SD : 4.kg)이고, 청각계와 전정 신경계에 이상이 없다. 실험을 수행할 때, 눈 깜빡임, 머리의 움직임과 침 삼키기와 같은 미세한 동작들을 최대한 자제하도록 피실험자들에게 주지시켰다. 실험이 진행되는 도중에는 편하게 의자에 앉은 자세로 실험을 수행하였다. 실험이 진행되는 공간은 가로 2m, 세로 1.5m, 높이 2.2m이며 25dB 이상의 외부소음을 차단 할 수 있는 방음실을 사용하였다. 이 실험은 소리를 자극원으로 하고 있기 때문에 방음실 내부는 조명이나 주변 전자기기, 핸드폰 등은 가능한 모든 전원을 꺼 전자파를 최대한 차단하였다. 방음실에는 정해진 위치에 스피커들이 고정되어 있고, 스피커와 피실험자와의 거리는 항상 일정하게 유지하였다(Cho *et al.*, 2011). 실험 전에는 뇌파 측정에 지장을 줄 수 있는 흡연, 음주, 카페인, 약물 등의 섭취를 금하였고, 졸음 방지를 위하여 전날 충분한 수면

을 취하게 하였다.

일반적으로 연령대에 따라서 주행소음에 대한 반응이 다르게 나타난다. 그래서 연령대를 일정 영역으로 좁혀서 실험을 수행하였고, 일정한 범주의 연령대 내에서 실험데이터를 분석하였다. 피실험자의 연령대는 20대 후반(26~30세)을 선정하였다. 이처럼 피실험자의 연령을 일정한 범주로 제한함으로써 모든 연령대를 대상으로 실험하는 경우보다 훨씬 적은 수의 피실험자군을 사용하더라도 상대적으로 유의한 통계적 결과를 얻을 수 있었다.

실험에 소요된 총시간은 피실험자가 소음에 20초간 노출되는 단계와 소음노출에 연이어 고요하게 휴식을 취하는 10분간의 휴식단계로 이루어졌다. 피실험자는 5종류의 자동차 주행소음에 노출되고, 한 종류의 자동차 주행소음을 5번 듣게 된다.

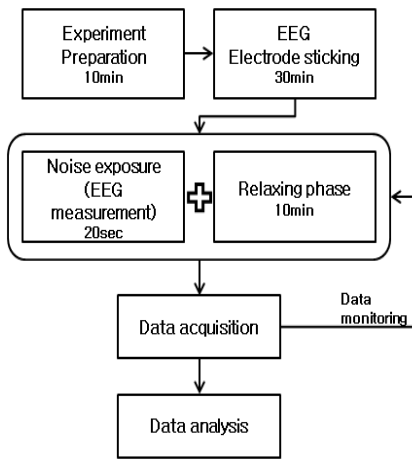


Figure 2. Experiment Procedure

20초간의 소음 노출 시간은 감성적으로 편안함 또는 불편함을 느낄 수 있는 최소한의 시간과 여러 가지 소음에 노출됨으로써 피실험자가 가질 수 있는 피로감을 고려해서 정하였다.

한 종류의 자동차 주행소음에 대한 실험은 5번의 소음에 대한 노출과 4번의 휴식 단계로 이루어졌다. 뇌전도 데이터는 소음에 노출되고 있는 동안 기록되었다. 수집하는 데이터에 오류가 있거나 노이즈가 포함되었다고 판단되면 실험을 반복하여 수행하였다.

뇌전도 수집 프로그램은 뇌전도를 수집하는 동시에 그 신호를 육안으로 확인할 수 있기에 오류나 노이즈의 판별이 가능하도록 하였다. <Figure 2>는 본 실험의 전체적인 과정을 보여준다.

서로 다른 5개의 자동차의 모델명과 녹음되어 제공된 주행소음 음원은 현대자동차로부터 제공받았다. 자동차 A의 주행소음의 크기는 68dB, B는 70dB, C는 68dB, D는 65dB, E는 62dB이다. 각각의 소음은 운전자에게 들리는 소리 그대로를 녹음하였다. <Table 1>에 실험에 사용된 자동차의 엔진 성능을 기재하였다.

주행소음에는 여러 발생요인들이 복합적으로 작용하여 발생한다.

Table 1. Car types

	A	B	C	D	E
Displacement	4395	2979	4608	3498	5038
Power(hp)	407	306	386	272	424
Fuel	Gasoline	Gasoline	Gasoline	Gasoline	Gasoline
Cylinder	8	6	6	6	8

그 중에서 차내 소음에 큰 기여를 하는 요인 중 엔진을 통해서 서로 다른 차량임을 나타내는 비교 군으로 설정하였다(Lee, 1993). 엔진이외의 다른 여러 요인들이 소음에 영향을 미치지 만 본 연구에서는 운전자에게 들려오는 소음자체를 변수로 설정하였고 <Table 1>은 자동차에 대한 정보제공으로만 사용했다. 특히 자동차 E는 현대 자동차의 엔진을 기존 자동차의 플랫폼에 장착한 제품이고 나머지 4개의 자동차는 서로 다른 3개 회사의 제품이다. 주행소음은 기어 1단과 2단에서 녹음된 것이다. 5종류의 소음은 스피커가 설치된 방음실에서 피실험자들에게 같은 조건으로 노출되었다.

2.2 뇌전도 측정

뇌전도는 주로 네 가지파로 구성되어 있으며 본 연구에서는 네 가지 중 α 파, β 파를 측정하여 분석하였다. α 파는 피실험자가 심신이 편안한 가운데 안정된 상태라 느낄 때 발생하는 파장이다. 반대로 stress wave라고 불리는 β 파는 다른 사람의 질문에 대답이나 반응을 할 때, 혹은 중요한 결정을 내릴 때와 어떤 일들에 대해 논리적으로 생각하거나 추리, 추론을 할 때 발생한다. 논리적 판단과 추론을 할 때 발생하는 β 파는 피실험자가 두려움과 긴장, 초조함, 불안함과 같은 부정적인 감정을 느낄 때에도 다량 방출된다.

뇌전도는 <Figure 3>에서 나타난 바와 같이 EEG 검출을 위한 표준적인 위치에 따라서 측정할 수 있다.

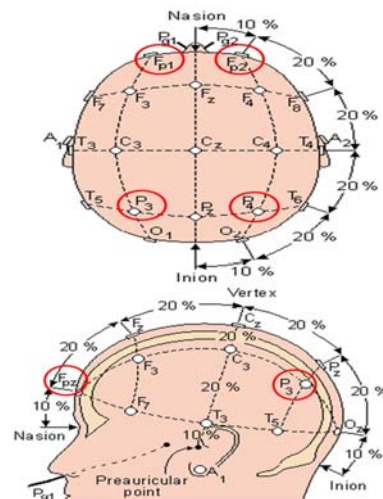


Figure 3. Location of EEG Skin Marks

일반적으로 후두엽에 있는 P3와 P4에서는 α 파를, 전두엽에 있는 Fp1과 Fp2에서는 β 파를 측정하기 용이하다.

뇌전도는 디지털 장비(모델 LXC3203; LAXTHA Inc.)를 이용하여 측정하였다. 4개의 전극을 10~20 시스템에 의거하여 피실험자의 전두엽(Fp1, Fp2)과 후두엽(P3, P4)에 부착하였다(<Figure 3> 참조). 전두엽에서 위치 Fp1, Fp2은 β 파의 신호가 강하게 발생하기 때문에 데이터를 측정하기 용이하다. 반면, 후두엽에서는 P3, P4에서 α 파의 데이터를 측정하기 용이하다. 실험이 진행될 때에는 2개의 전극은 전두엽이나 후두엽에 부착되고, 나머지 2개의 전극은 A1, A2에 부착된다. 여기서 A1과 A2는 뇌전도 측정에서 그라운드 역할을 수행하는 위치이다. 10-20 시스템은 뇌전도 측정에서 전극을 부착할 두피 위치를 설정하기 위해 사용되었다(Niedermeyer *et al.*, 2004).

실험에서 임피던스는 $50k\Omega$ 보다 낮게 유지되었다. 뇌전도 신호는 256Hz로 얻었으며 0.5Hz 이하와 50Hz 이상은 컷오프하였다. 시각적인 검사로 안 좋은 채널을 찾아내고 그것을 0으로 세팅하였다(Sharbrough *et al.*, 1991). 장비 세팅이 완료되고 나면 인체의 미세 동작을 유발할 수 있는 사물은 모두 제거한다. 그리고 10분간 피실험자는 가만히 의자에 앉아서 휴식을 취한 후에 20초간 소음에 노출되고 동시에 뇌전도 데이터를 수집 측정한다. 측정된 뇌전도 데이터는 MATLAB(Math Works Inc.) 프로그램을 사용하여 연산하였다.

뇌전도 데이터를 수집한 후엔 그 데이터를 연산, 정류하는데, 우선 뇌전도 신호를 FFT처리하여 α 파와 β 파로 구분하도록 계산하였다. 필터링된 신호는 각각 α 파와 β 파의 세기를 측정하기 위해 MATLAB를 이용해서 power spectral density representation으로 변환하였다. 이때, α 파와 β 파의 power spectral density는 평균 power spectral density를 계산한 것을 포함하고 있다; α 파(8~13Hz), β 파(13~30Hz).

2.3 주관적 평가

SD(Semantic differential method)법은 소리의 다중 지각 순위를 얻기 위해 사용된 방법이다. 피실험자는 소음에 노출된 뒤에 지각할 수 있는 모든 청각적 표현을 묘사한다. 이 과정은 8개의 묘사 가능한 형용사를 통해서 조사하였다. 8개의 형용사에 대해서 각각 1~6점까지 점수를 매긴다(<Table 2> 참조). 감성 형용사를 선정하기 위한 방법에는 문헌을 통한 수집, 관련 분야에 종사하는 전문가에 의한 수집, 제품 사용자에게 의한 수집 등이 있다(Kim *et al.*, 1999; Choe, 2013). 주관적 평가를 진행하기 위한 감성 형용사를 추출하기 위해서 먼저 일반 대상을 통해 자동차에 대한 일반적인 감성과 조사된 형용사 중 청각적 감성을 표현할 수 있는 형용사를 선정하여 정리하였다. 이어서 자동차의 주행소음에 대한 전문적인 식견을 가지고 있는 현대자동차 NVH부에 자문을 구하여 보다 명확한 감성 형용사를 추출하였다.

Table 2. Emotional Adjectives

Adjective words			
1	Silent	5	Confident
2	Dynamic	6	Refined
3	Familiar	7	Luxurious
4	Interesting	8	Satisfied

이러한 과정을 통해서 최종적으로 실험에 사용할 8개의 감성 형용사를 선정하였다.

피실험자들의 생리신호인 뇌전도는 소음에 대한 인간의 객관적인 반응이라 할 수 있고, 감성형용사를 통해 진행된 설문 조사는 인간의 주관적인 반응이라 할 수 있다. 객관적인 반응과 주관적 평가를 서로 비교하여 상호관련성이 이루어지고 있는지 확인할 필요가 있다. 주관적 평가는 뇌전도 데이터를 수집한 직후에 바로 실시하였다.

피실험자는 자신이 실험을 통해 느낀 감정들을 각각의 자동차에 대하여 표현된 형용사에 점수를 표시하였다. 표시된 점수는 각 피실험자 별, 각 차량 별로 합산하였고 합산한 차량 별로 각각의 형용사 당 높은 점수로 순위를 매겼다. 피실험자마다 느낀 감정의 크기가 다르기 때문에 상대적인 편차가 있음을 고려하여 피실험자마다 점수에 순위를 매기고 그 재설정된 점수를 각 차량 별로 합산하여 평균값을 계산하고 계산된 평균값으로 다시 순위를 매겼다. 정리된 순위는 비교가 편하도록 방사형 그래프를 사용하여 표시하였다.

3. 결과

뇌전도 데이터를 본 실험에 응용하여 사용하기 위해서 α 와 β frequency band를 power spectrum 값으로 수치화하였다. 전두엽과 후두엽에서 측정된 EEG의 raw data(<Figure 4>, <Figure 5>)를 측정하여 그 데이터를 α 파와 β 파로 분리하였다. 분리한 α 파와 β 파는 상대적인 결과 값으로 변환하여 비교 및 판단할 수 있다. 절대적인 결과 값보다 상대적인 결과 값을 이용함으로써 더 의미 있는 결과를 얻을 수 있었다.

Car E의 경우 α 파와 β 파가 power의 차이를 보이지 않았기 때문에 비교군으로 선정하였다. 비교군으로 선정된 Car E 경우의 EEG 데이터의 power를 다른 자동차에서 얻은 데이터와 백분율로 비교하였다.

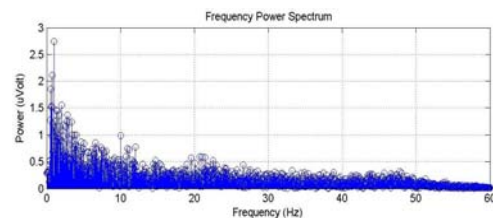


Figure 4. EEG Raw Data of Frontal Lobes

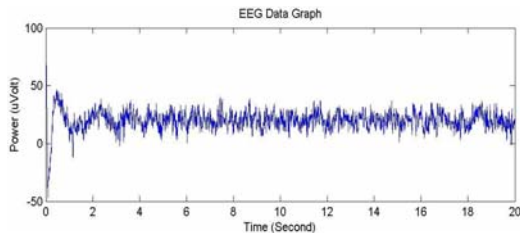


Figure 5. Power Spectrum of EEG Raw Data

상대적인 값으로 표현된 결과에서 Car E를 사용할 때의 EEG 값을 1로 설정하였다.

α 파는 Car A와 Car B에서 Car E보다 낮게 측정 되었으며 Car C와 Car D는 상대적으로 높게 측정되었다. 수치로 나타낸다면 Car A는 5.11%, Car B는 10.22% 만큼 낮은 수치였고 Car C는 8.67%, Car D는 11.67% 높았다(<Figure 6> 참조).

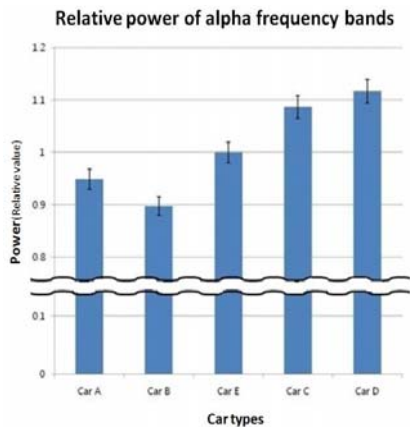


Figure 6. Relative Power of Alpha(8~13Hz) Frequency Bands

β 파는 Car E와 비교 했을 때 Car A와 Car B는 높게 측정되었으며, Car C와 Car D는 낮게 측정되었다. 이는 α 파와 상반되는 양상을 보여주고 있다. Car A는 2.36%, Car B는 5.24% 만큼 높은 수치가 측정되었으며, Car C는 8.23%, Car D는 10.47% 만큼 낮게 측정되었음을 알 수 있었다(<Figure 7> 참조).

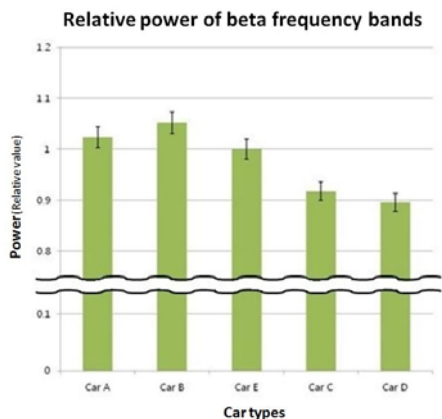


Figure 7. Relative Power of Beta(13~30Hz) Frequency Bands

SD법 결과를 비교해 보았을 때 Car A로부터 나온 소음이 피실험자에게 흥미롭고 친숙한 소리로 들렸다. 또한 Car B에서도 역동적이고 흥미롭고 세련되게 들렸으며 당당하게 느꼈다고 대답하였다. 이와는 반대로 Car C에서는 만족감과 조용함을 느꼈으며, Car D에서는 고급스럽고 조용하게 느꼈다고 답하였다. Car C와 Car D의 소음에 대해서 피실험자들이 조용하게 느낀 것을 확인할 수 있었다(<Figure 8> 참조).

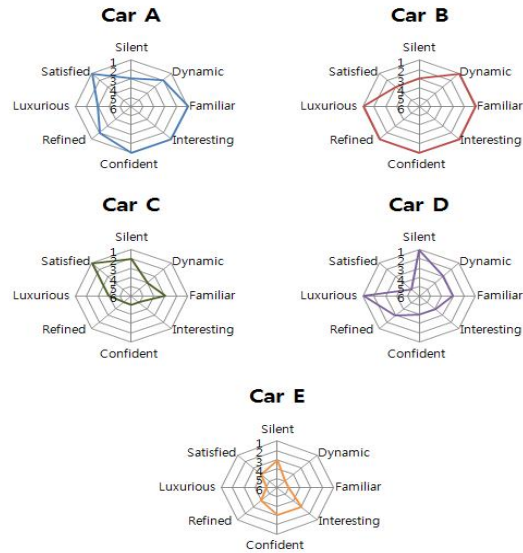


Figure 8. Subjective Evaluation Analysis

측정된 결과를 토대로 각 차량별 피실험자의 뇌전도 데이터와 주관적 평가의 상관관계를 분석하였다. <Table 3>은 두 결과 값의 표준편차와 공분산값을 통해 피어슨 상관계수를 구한 결과 값이며, <Table 4>는 피어슨 상관계수의 절대 값에 따른 상호간의 관련성을 보여준다(Dencey *et al.*, 2011). 형용사 ‘만족스러운’은 약한 상관관계를 가지고 있으며, ‘세련된’은 뚜렷함과 강함을 오가는 상관관계를 보여준다. 이 두 형용사들을 제외한 나머지 감성들은 강한 상관관계를 보여주고 있다. 양의 상관계수에 초점을 맞추어 살펴보면, α 파는 정숙한, 친근한, 고급스러운과 같은 형용사들과 상응하고, β 파는 역동적인, 흥미로운, 당당함과 같은 형용사들과 상응한다.

Table 3. Correlation Analysis

	Wave α	Wave β
Silent	0.79	-0.86
Dynamic	-0.87	0.91
Familiar	0.72	-0.74
Interesting	-0.86	0.89
Confident	-0.77	0.78
Refined	0.64	-0.71
Luxurious	0.79	-0.85
Satisfied	0.16	-0.26

Table 4. Coefficient of Correlation

Absolute value of a correlation coefficient(r)	
$0 < r < 0.1$	Almost ignored
$0.1 < r < 0.3$	Weak
$0.3 < r < 0.7$	Definite
$0.7 < r < 1$	Strong

4. 토 론

본 연구에서는 시간 흐름에 따라 변화가 많은 인간의 뇌전도 데이터를 가지고 실험을 진행하고 분석하였다. 측정된 EEG spectral components를 통해 자동차의 소음이 인체에 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 피실험자들의 주관적 평가를 분석한 결과를 통하여 인체 반응과 주관적인 감성의 연관성을 찾을 수 있었다. 뇌전도의 활성도는 측정된 데이터를 주파수 값으로 변환하여 1Hz에서 100Hz에 이르는 주파수 값을 여러 영역으로 나누어 계산하였다. 뇌파에서 인체반응을 나타내는 주요한 주파수 영역을 살펴보면 다음과 같다; Delta (1~4Hz), Theta(4~8Hz), Alpha(8~13Hz), Beta(13~30Hz), Gamma (30Hz 이상)(Robert, 2007).

뇌전도는 각각의 인체에 따라 다양한 결과를 나타내며(Vogel, 2000), 각각의 주어진 상황에 따라 다양한 결과를 얻을 수 있다(Williams et al., 2005). 게다가 뇌전도는 나이와 정신적인 상태에도 영향을 받는다(McEvoy et al., 2001; Moretti et al., 2004). 이 연구에서는 Delta, Theta, Gamma파는 제외하고 α 파와 β 파에 초점을 맞추어 분석하였다.

피실험자들의 인체 생리신호를 측정된 뇌전도 데이터와 주관적 평가 결과의 상관관계를 비교했을 때, Car A와 Car B의 소음에서는 사람이 초조하거나 긴장할 때 측정되는 β 파가 높게 나타났고, 주관적 평가에서는 역동적이고 흥미를 느끼는 것으로 나타났다. 반면, Car C와 Car D의 소음에서는 사람이 안정한 휴식상태일 때 측정되는 α 파가 높게 나타났고, 주관적 평가에서는 조용함을 느낀 것으로 나타났다. 결과 데이터를 정리해보면, 첫 째로 α 파와 β 파는 상반된 결과가 나왔으며, 두 번째로 α 파에 상응하는 감성은 정숙함, β 파에 상응하는 감성은 역동성과 흥미로움이었다. 마지막으로 뇌전도 데이터의 분석 결과와 주관적 평가의 결과가 유사한 경향성을 보이며 상호 연관성을 가짐을 확인할 수 있었다. 즉, 서로 다른 5가지의 소음에 대하여 인체는 각기 다른 반응을 보이고, 생리적 반응과 감성적 반응은 상호 연관성이 있다는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같이, 청각적 자극에 대해서 생리적 반응인 뇌전도 데이터와 감성적 반응인 주관적인 평가의 상호연관성을 확인한 점은 의미 있는 결과라고 할 수 있겠다. 기존의 연구들은 주행 소음을 줄이는 것에 초점을 맞추어 진행되어왔다. 하지만, 주관적 평가를 살펴보면 소음이 듣는 사람으로 하여금 단순히 불편감만 조성하는 것이 아니라 다른 감정도 느끼게 할 수 있음

을 확인한 것은 또 다른 유의한 결과로 평가할 수 있다.

본 연구에서는 다양한 성능을 가진 자동차에서 발생하는 소음이 사람들에게 각각 다르게 인식된다는 것을 확인하였다. 인간은 소리의 특성에 따라 다르게 인지하고 그에 상응하는 반응을 보인다. 그렇기 때문에 자동차마다 다른 주행소음 역시 소음을 듣는 사람으로 하여금 다른 반응을 일으킨다는 것을 알 수 있었다.

이러한 결과를 비추어 볼 때 주행소음의 저감에 대한 연구 뿐 아니라, 소음 색에 대한 연구와 향후 주행소음의 특성 및 운전자와의 반응을 고려한 연구들이 폭 넓게 진행 되어야 할 것이다.

마지막으로, 더욱 폭 넓은 연령대와 더 많은 피실험자들을 통해 향상된 연구를 진행할 필요가 있다. 그리고 고속주행 시 발생하는 소음에 대해서 연구를 진행하여 고속주행 소음은 운전자에게 어떤 영향을 끼칠 것인지를 알아보는 것도 흥미로운 작업이 되리라 생각한다.

본 연구에서 수행한 실험 및 분석방법은 다양한 자동차 주행소음을 통해 운전자가 느끼는 감정, 심리적 장애 및 스트레스를 정량적으로 분석해 내는 방법으로 사용할 수 있을 것이다. 이 결과를 통해 운전자에게 미치는 소음이 부정적인 측면만으로 영향을 주는 것이 아니라 소음에 따라 운전자의 반응을 고려하여 각 자동차마다의 고유의 음색을 가지는 소음을 유도함으로써 소음에 대한 부정적인 인식을 개선하고 사용자의 감성에 맞는 자동차의 새로운 설계 및 생산 방법을 고안하는데 기여하리라 생각한다.

참고문헌

- Basar, E. (1990), *Chaotic dynamics and resonance phenomena in brain function: Progress, perspectives and thoughts*, In: E. Basar and T. H. Bullock(Eds.), *Chaos in Brain Function*, Springer, NewYork, USA, 1-31.
- Buss, S., Chouard, N., and Schulte-Fortkamp, B. (2000), *Semantic Differential tests show intercultural differences and similarities in perception of car-sounds*, DAGA2000, Oldenburg, Deutschland.
- Cho, W. H., Hwang, S. H., and Choi, H. K. (2011), An investigation of the influences of noise on EEG power bands and visual cognitive responses for human-oriented product design, *Journal of Mechanical Science and Technology*, **25**, 821-826.
- Choe, J. H. (2013), How Can We Approach the Affective Quality? : A Study on the Affective Response and Structural Approach to the Affective Quality, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, **39**(1), 73-77.
- Dencey, C. and Reidy, J. (2011), *Statistics Without Maths for Psychology*, Prentice Hall, 175.
- Eck, M. V., Berkhof, H., Nicolson, N., and Sulon, J. (1996), The effects of perceived stress, traits, mood states, and stressful daily events on salivary cortisol, *Psychosomatic Medicine*, **58**, 447-458.
- Fang, J. H., Zhou, Y. Q., Hu, X. D., and Wang, L. (2009), Measurement and Analysis of Exhaust Noise from Muffler on an Excavator, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*,

- 10(5), 59-66.
- Ising, H., Dienel, D., Gunther, T., and Markert, B. (1998), Traffic Noise and Health Effects, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, **47**(2), 179-190.
- Jeong, J. H., Song, H. S., Jeon, J. Y., and Cho, M. J. (2002), Subjective Evaluation of Computer Noise for Improving the Acoustical Environment of Open-plan Offices, *Korean Society for Emotion and Sensibility*, **2002**, 101-106.
- Kim, D. N. and Cho, J. R. (1999), A Study on the Methodologies of the Quality Assessment of the Mobile Telecommunication Units Using Kansei Engineering, *Journal of the Korean Society for Quality Management*, **27**, 154-169.
- Lee, J. K. (1993), For the interior noise of a car, *Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, **3**, 11-21.
- McEvoy, L. K., Pellouchoud, E., Smith, M. E., and Gevins, A. (2001), Neurophysiological signals of working memory in normal aging, *Brain Research : Cognitive Brain Research*, **11**, 363-376.
- Moretti, D. V., Babiloni, C., Binetti, G., Cassetta, E., Dal Forno, G., Ferreric, F., Ferri, R., Lanuzza, B., Miniussi, C., Nobili, F., Rodriguez, G., Salinari, S., and Rossini, P. M. (2004), Individual analysis of EEG frequency and band power in mild Alzheimer's disease, *Clinical Neurophysiology*, **115**, 299-308.
- Niedermeyer, E. and Silva, F. L. (2004), *Electroencephalography : Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*, Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, USA.
- Osgood, C. E., Suci, C. J., and Tannenbaum, P. H. (1972), *The Measurement of Meaning*, University of Illinois Press, Urbana, 76-124.
- Robert, M. (2007), Theory of the normal waking EEG : From single neurons to waveforms in the alpha, beta and gamma frequency ranges, *International Journal of Psychophysiology*, **64**, 18-23.
- Sharbrough, F., Chatrian, G. E., Lesser, R. P., Luders, H., Nuwer, M., and Picton, T. W. (1991), American Electroencephalographic Society Guidelines for Standard Electrode Position Nomenclature, *Journal of Clinical Neurophysiol*, **8**, 200-202.
- Smyth, J., Ockenfels, M. C., Porter, L., Kirschbaum, C., Hellhammer, D. H., and Stone, A. A. (1998), Stressors and mood measured on a momentary basis are associated with salivary cortisol secretion, *International Society of Psychoneuroendocrinology*, **23**, 353-370.
- Uimonen, S., Maki-Torkko, E., and Sorri, M. (1998), Hearing and occupation, *International Journal Circumpolar Health*, **57**, 156-161.
- Vogel, F. (2000), *Genetics and the Electroencephalogram*, Springer Verlag, Berlin, Germany.
- Wallenius, M. A. (2004), The interaction of noise stress and personal project stress on subjective health, *Journal of Environmental Psychology*, **24**(2), 167-177.
- Williams, L. M., Simms, E., Clark, C. R., Paul, R. H., Rowe, D., and Gordon, E. (2005), The test-retest reliability of a standardized neuro-cognitive and neurophysiological test battery : 'neuromarker', *International Journal of Neuroscience*, **115**, 1605-1630.
- Winterer, G., Kloppel, B., Heinz, A., Ziller, M., Dufeu, P., Schmidt, L. G., and Herrmann, W. M. (1998), Quantitative EEG (QEEG) predicts relapse in patients with chronic alcoholism and points to a frontally pronounced cerebral disturbance, *Psychiatry Research*, **78**(1-2), 101-113.