

음질요소를 고려한 작동모드에 따른 진공청소기 출력소음의 음질 인덱스 사례 연구

Case study for Sound Quality Index of Vacuum Cleaner's Operating Noise

정 재 은*·양 인 형*·박 군 동*·오 재 응†

Jae-Eun Jeong, In-Hyung Yang, Goon dong Park and Jae-Eung Oh

(2010년 11월 25일 접수 ; 2010년 12월 8일 심사완료)

Key Words : Sound Quality(음질), Vacuum Cleaner(진공청소기), Semantic Differential(의미 미분법), Coefficients of Correlation(상관계수), Linear Regression(선형 회귀)

ABSTRACT

The conventional noise control attempts to simply reduce the level of product noise. But it is very straight forward way that we have considered human perception on noise. Since human listening is very sensitive to sound. Evaluation of the sound quality of a vacuum cleaner is studied base on human sensibility engineering. In this paper, we choose six vacuum cleaners that are sold in Korea and reduced noise control. The sound quality of vacuum cleaner noise is analyzed by employing the subjective evaluation and by representing them in terms of the objective quantities. Semantic differential method is used to study sound quality Evaluation. To analyze the sound quality of vacuum cleaner noise, consider the coefficients of correlation between sound metrics and subjective rating. The linear regression models were obtained for the subjective evaluation and sound quality metrics.

1. 서 론

생활수준이 향상됨에 따라 가전제품이 주거환경의 음향환경에 크게 영향을 미치는 주요 요인이 되었다. 가전제품에 대한 저소음화 연구는 꾸준히 진행되어 왔다. 특히 가전제품 중에서 소음레벨이 가장 높은 진공청소기의 경우 소음의 특성이 소비자의 성능평가 기준에 영향을 미친다. 청소기 소음 음압 레벨이 낮을수록 조용하고 가동시 소리가 좋다는 평가를 받는 경향이 있는 반면, 진공청소기의 소리가 기대치보다 작을 경우 오히려 힘이 없고 성능이 떨어진다는 인상을 줄 수 있다. 소비자가 듣는

청소기 소리의 좋고 나쁨의 평가는 단순히 작동시 소리의 음압에 의해 표현되는 것이 아니라 사람의 심리에 영향을 끼치는 음질요소에 의해 표현되기 때문에 감성공학을 고려하여 진공청소기에 대한 연구가 필요하다. 즉, 단순히 진공청소기의 저소음화가 아닌 사람의 감성을 고려한 음질 평가 및 분석이 이루어 져야 한다⁽¹⁾.

따라서 이 연구에서는 국내에서 생산되고 있는 청소기를 대상으로 소비자들에게 높은 인지도를 가지고 있는 6가지 제품을 선정하여 제품간의 객관적, 주관적 음질평가를 하고 통계처리를 통하여 청소기 소음의 음질 인덱스를 구축하는 것을 목표로 하였다.

2. 음질 분석 방법

2.1 음질 분석 개념

음원으로부터 소음이 발생하고 그 소음은 소비자

† 교신저자; 정회원, 한양대학교 기계공학부
E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr
Tel : (02)2294-8294, Fax : (02)2299-3153
* 정회원, 한양대학교 대학원 기계공학과

Table 1 Zwicker's 4 parameter

Metrics	Definition
Loudness	Auditory perception character related to the sound magnitude $N = \sum_{i=0}^{24\text{Bark}} N_i \Delta z, \quad N' = 0.08 \left(\frac{E_{TQ}}{E_o} \right)^{0.23} \left[\left(0.5 + 0.5 \frac{E}{E_{TQ}} \right)^{0.23} - 1 \right] \frac{\text{sones}}{\text{Bark}}$
Sharpness	Subjective perceptual quantity that represents the degree that sound is sharp or dull $S = C \frac{\int_0^{24\text{bark}} N'(z)g(z)zdz}{\ln\left(\frac{N}{\text{sones} \times 20} + 1\right)} \frac{\text{acum}}{\text{sones}}, \quad g(z) = e^{\left(\frac{0.171z}{\text{Bzrk}}\right)}$
Roughness	Auditory perception character related to the amplitude modulation and frequency modulation for sound with frequency modulation
Fluctuation strength	$F(z) = \frac{0.032 \cdot \Delta L(z) \cdot \Delta z}{f_{\text{mod}}(z)/4 + 4/f_{\text{mod}}(z)}$

들에게 전달되며 청취자들은 소음의 크기뿐만 아니라 심리적인 영향에 의해 소음에 대한 느낌을 받게 된다. 이러한 과정을 알고자 소비자들에 대한 음질 선호도와 음질평가가 이루어진다. Fig. 1은 이번 연구의 전체적인 과정을 나타낸다.

2.2 소음 측정 방법

청소기 선정을 국내에서 생산된 A사, B사에서 소비자의 선호도가 높은 청소기 6개를 선정 하였고 청음평가에 사용된 소음은 작동상태 소음이며 작동 단계에 따른 단수 별 소음을 녹음하였다. 청소기의 종류는 익명으로 표기하였다. 청소기의 소음은 시간에 따라서 일정한 정상상태의 소음이므로 녹음시간은 10초로 하였다. 동일한 조건에서 녹음하였고 청소기 소음의 녹음위치는 KS규격에 의거하여 청소기 본체 중심 위치에서 바닥으로부터 1 m 높이에서 측정 하였고 녹음장비는 Head Acoustics사의 Noise book를 사용하였다

2.3 객관적 음질 평가

소리에 대한 느낌을 객관적으로 표현하기 위하여 많은 음질 인자들이 개발 되었다. 그 중 대표적인 인자인 Zwicker's 4 parameter인 라우드니스(loudness), 샤프니스(sharpness), 러프니스(roughness), 변동강도(fluctuation strength)⁽²⁾를 들 수 있다. 녹음한 청소기 소음에 대하여 상용 음질분석 프로그램인 Head Acoustics의 Artemis를 이용하여 음질 분석을 수행

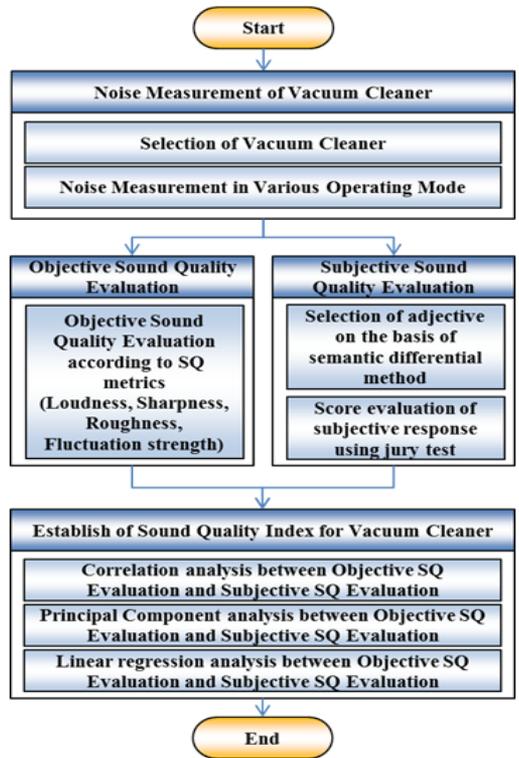


Fig. 1 Flow chart

하였다. 각 인자의 정의는 Table 1에 정리하였다.

2.4 주관적 음질 평가

(1)의미 미분법

어떠한 소음을 대한 평가자의 주관적 느낌을 형용사로 표현하는 방법으로써 한가지 소음을 평가자에게 들려주고 형용사의 단계적으로 평가하는 방법이다. 일반적으로 5점척도와 7점척도가 많이 사용되며 이 연구에서는 판단은 어렵지만 점수를 세분화할 수 있는 7점 척도를 사용하였다. 청음평가자가 자신의 기준과 척도로 절대 평가하는 방법으로 주관적 느낌을 객관적 점수로 평가가 가능하다. 감성 어휘 형용사간의 복잡한 상관관계가 존재하며 형용사 선정이 난해하다. 이를 보완하기 위해서 청음평가 전 녹음한 청소기 소음을 들려주고 해당 소음에 대한 느낌을 나타내는 형용사를 선정하였다⁽⁵⁾.

(2)주관적 음질평가

청음평가의 대상자는 청력에 이상이 없고 청소기 소음을 들어본 경험이 있는 사람을 대상으로 해야 하며, 중심 극한 정리에 의해 신빙성 있는 분석을 위해서 적어도 25개 이상의 모집단을 대상으로 평가를 해야 한다⁽³⁾.

이번 연구에서는 청소기 소음을 들어본 경험이 있는 16명의 여성과 40명의 남성으로 총 56명(20대: 20명, 30대: 20명, 40대: 16명)의 평가자로 구성하여 청음 평가를 실시하였다. 평가의 신뢰도를 높이기 위하여 청소기 소음의 재생은 무질서하게 하였다.

2.5 음질평가 데이터 통계처리

(1) 상관 분석 및 주효과 분석

두 변수 사이의 직선적인 관련 정도를 표현하는 방법으로, 주관적 음질평가의 음질 용어와 객관적 음질평가의 음질 인자간의 상관성을 확인 하는 것이고 주효과 분석은 변수들간의 상관관계를 이용하여 동질적인 몇 개의 요인으로 묶어 줌으로서 변수들 간에 존재하는 독립적인 차원을 파악 하는 것이다.

객관적 결과와 주관적 결과 사이의 상관분석은 통계프로그램인 Minitab을 이용하여 분석을 하였고 상관분석 및 주효과 분석을 이용하여 음질 용어들 간 상관성을 및 음질에 대한 기여도를 분석하여 대표적인 용어를 선별하였다

(2) 선형 회귀 분석

독립변수를 목적 변수에 대한 선형 함수식으로 표현하는 방법으로 통계 프로그램인 Minitab을 이

용하여 분석 하였다.

중속변수와 독립변수를 사용하여 회귀모형을 설정하고 회귀모형 내에 있는 회귀계수를 추정하여 회귀식을 도출하여 객관적 음질인자의 값으로 주관적 음질값을 표현하는 회귀식을 구축하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 객관적 음질 평가

각 청소기를 작동 단계에 따른 단수 별로 측정된 데

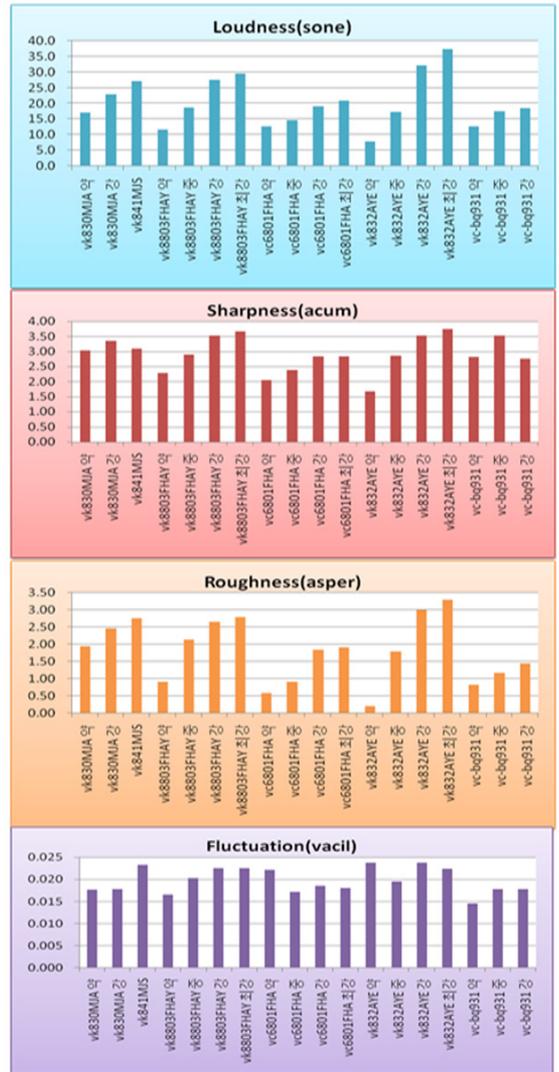


Fig. 2 Objective analysis of vacuum cleaner noise bar graph

이터를 바탕으로 객관적 음질 평가를 한 결과 모드가 약에서 강으로 갈수록 loudness, roughness, sharpness는 증가하는 반면 fluctuation은 다른 경향을 보였다. Fig. 2에 객관적 음질평가의 결과와 경향을 나타내었다.

3.2 주관적 음질 평가

음원을 청음평가 대상자에게 들려준 후 청소기의 소음을 표현 할 수 있는 형용사를 선정 하였고 ‘조용한(1점)-시끄러운(7점)’, ‘무딘(1점)-날카로운(7점)’, ‘부드러운(1점)-거친(7점)’, ‘안정적인(1점)-불안정한(7점)’, ‘고요한(1점)-요란한(7점)’, ‘유쾌한(1점)-불쾌한(7점)’, ‘차분한(1점)-어수선한(7점)’, ‘듣기 좋은(1점)-듣기 싫은(7점)’, ‘즐거움(1점)-괴로운(7점)’, ‘적막한(1점)-소란스러운(7점)’으로 선정하여 음질 평가를 하였다. 결과는 Table 2에 나타내었다.

3.3 음질평가 데이터 통계처리

(1) 객관적/주관적 음질평가의 상관도 및 주 효과 분석

Table 3에 주관적 음질 평가 점수와 객관적 음질

Table 2 Subjective analysis of vacuum cleaner noise

V.C. mode	무딘-날카로운	부드러운-거친	듣기 좋은-듣기 싫은	즐거움-괴로운
A1	5.72	6.22	5.94	5.39
A2	5.00	5.56	5.06	4.56
B	5.06	5.67	5.72	5.22
C1	3.17	2.83	3.50	3.33
C2	4.00	4.50	4.17	4.00
C3	5.00	5.17	5.17	4.83
C4	6.00	6.33	5.50	5.33
D1	3.17	2.94	3.72	3.78
D2	3.72	3.44	4.11	4.06
D3	5.22	5.00	5.56	4.94
D4	5.33	5.44	5.39	5.00
E1	2.56	2.33	3.44	3.50
E2	4.28	4.00	4.33	4.17
E3	5.61	6.39	6.11	5.89
E4	6.17	6.83	6.83	6.50
F1	3.67	3.22	4.28	4.22
F2	4.44	3.83	4.78	4.50
F3	4.44	4.50	5.94	5.39

평가 값의 상관도를 나타내었다. 개관적 음질평가 값과 주관적 음질평가 값의 상관관계는 대부분 0.8 이상으로 높은 상관관계를 갖지만 fluctuation은 요소간의 상관관계가 낮음을 알 수 있다.

주 효과 분석으로 변수들간의 상관관계를 이용하여 동질적인 몇 개의 요인으로 묶어 줌으로서 대표적인 주관적 음질 용어를 선정하였고 Fig. 3에 나타내었다. 선정된 용어는 ‘무딘-날카로운’, ‘부드러운-거친’, ‘듣기좋은-듣기싫은’, ‘즐거움-괴로운’이다⁽⁶⁾.

Table 3 Correlation of the objective and subject value

V.C. type	Loudness	Roughness	Fluctuation	Sharpness
조용한-시끄러운	0.888	0.909	0.301	0.836
무딘-날카로운	0.853	0.881	0.201	0.853
부드러운-거친	0.885	0.932	0.302	0.817
안정한-불안정한	0.903	0.925	0.321	0.879
고요한-요란한	0.885	0.931	0.265	0.817
유쾌한-불쾌한	0.863	0.833	0.279	0.806
차분한-어수선한	0.871	0.907	0.289	0.830
듣기좋은-듣기싫은	0.859	0.847	0.255	0.793
즐거움-괴로운	0.883	0.833	0.318	0.784
적막한-소란한	0.888	0.897	0.236	0.838

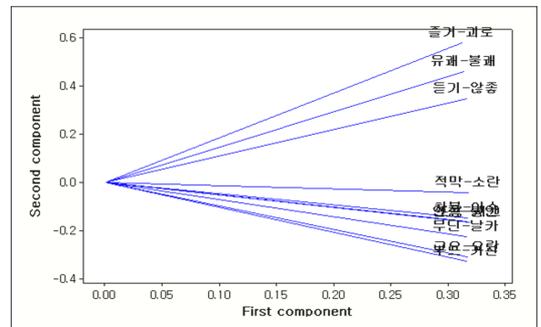


Fig. 3 Main effect analysis of adjectives

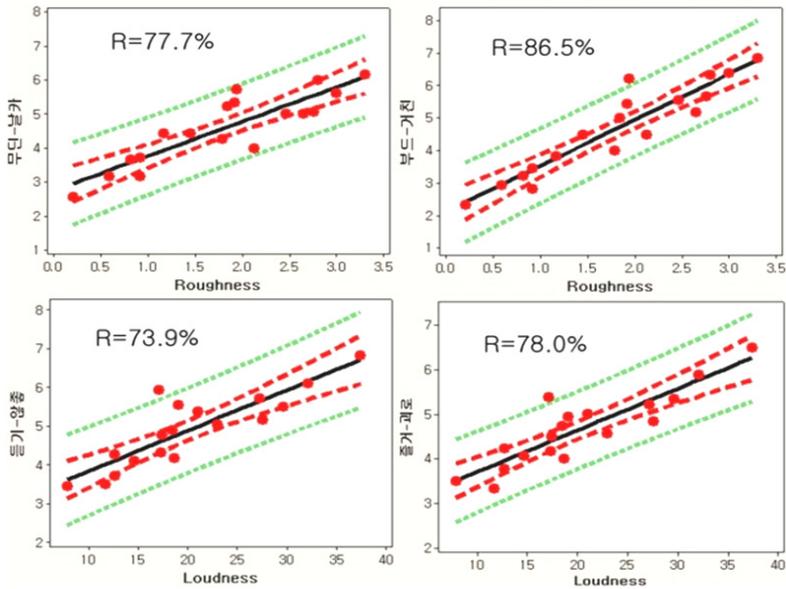


Fig. 4 Regression line of between subjective and objective sound quality value

(2) 선형 회귀 분석을 통한 진공청소기 음질 인덱스 구축

주효과 분석을 통해 선정된 형용사 쌍을 바탕으로 Table 3에 객관적 음질값과 주관적 음질값의 상관도 중 가장 높은 값을 파악해 보면 약 0.8이상의 높은 상관계수를 가지고 있으며 상관계수의 제곱인 결정계수의 값이 모두 0.7 이상으로 단순 선형회귀 분석을 해도 무관하다⁽⁴⁾.

객관적 음질평가 결과와 주관적 음질 평가 결과를 바탕으로 단순 선형 회귀 식을 식(1)에, 선형회귀 선을 Fig. 4에 나타내었다.

$$\begin{aligned}
 \text{무딘-날카로운} &= -1.747 + 2.277\text{Roughness} \\
 \text{부드러운-거친} &= -3.488 + 2.854\text{Roughness} \\
 \text{듣기싫은-듣기좋은} &= 0.2747 + 0.1364\text{Loudness} \\
 \text{즐거운-괴로운} &= 0.3312 + 0.1317\text{Loudness}
 \end{aligned} \quad (1)$$

Fig. 4에서 파선은 confidence interval이고 점선은 prediction interval이다. 이는 각각 모든 데이터의 평균값의 95% 신뢰구간, 모든 개별 데이터의 95% 신뢰구간을 뜻한다.

객관적 평가 결과와 주관적 평가 결과 사이의 상관관계 중 ‘무딘-날카로운’, ‘부드러운-거친’은 roughness가 주된 영향을 준다는 것을 알 수 있고 ‘듣기싫은-듣기좋은’, ‘즐거운-괴로운’은 loudness가

주된 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

5. 결 론

국내에서 인지도가 높은 청소기 여섯 대를 선정하여 객관적 음질 평가와 의미분법을 이용한 주관적 음질 평가를 통하여 음질 분석을 하였다. 객관적 음질 평가와 주관적 음질평가의 결과 높은 상관관계가 있음을 알 수 있었고 객관적 음질 평가 인자 중 roughness와 loudness가 주관적 음질 형용사에 많은 기여를 하는 것을 알 수 있었다. 상관도가 높은 0.8 이상의 객관적 인자를 선정하여 무딘-날카로운, 부드러운-거친, 듣기싫은-듣기좋은, 즐거운-괴로운에 대해서 식(1)과 같이 선형 회귀 식을 제시하였다. 일반적인 음질 연구에 있어서 사람의 주관적 느낌을 표현하기 위해서는 loudness와 sharpness의 영향이 크게 나타나지만 청소기의 음질평가의 결과 무딘-날카로운, 부드러운-거친에는 roughness, 듣기싫은-듣기좋은, 즐거운-괴로운에는 loudness의 상관관계가 높게 나타나고 영향이 크다는 것을 알 수 있었다.

이번 연구에서는 저소음화 되었다고 가정하여 최근 출시된 여섯 제품을 선정하여 음질 분석을 하여 청소기 음질 인덱스를 구축하였고 향후 청소기 소

음을 측정하여 인덱스에 적용한다면 청소기 소음을 점수로 제시할 수 있어 청소기의 소음의 감성적 연구에 도움이 될 것이다.

참 고 문 헌

(1) Jung, D. H., Park, S. G., Noor, F., Lee, Y. Y. and Oh, J. E., 2007, "The Sound Quality Evaluation and Preference Analysis of Vacuum Cleaner," Proceedings of the KSNVE 2007 Annual Autumn Conference, pp. 1297~1301.

(2) Zwicker, E. and Fastl, H., 1999, "Psychoacoustics Facts and Models," Springer 2nd Edition.

(3) Milton, J. S. and Arnold, J. C., 2004,

"Introduction to Probability and Statistics," Mcgrawhill 4nd Edition.

(4) Zou, K. H., Tuncali, K., Silverman, S. G., 2003, "Correlation and Simple Linear Regression," Radiology, pp. 617~622.

(5) Pflueger, M., Hoeldrich, R., Brandl, F. K. and Biermayer, W., 1999, "Subjective Assessment of Roughness as a Basis for Objective Vehicle Interior Noise Quality Evaluation," SAE Paper No.1999-01-1850.

(6) Hashimoto, T., 2001, "Sound Quality Study and Its Application to Car Interior and Exterior Noise," Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 19~26.