

진공 청소기의 음질 평가 및 선호도 분석

The Sound Quality Evaluation and preference Analysis of Vacuum Cleaner

정동현*·박상길*·누를 파와지*·이유엽**·오재응†
Dong-Hyun Jung, Sang-Gil Park, Noor Fawazi, You-Yub Lee and Jae-Eung Oh

Key Words: Sound Quality(음질), Vacuum Cleaner(진공 청소기), Paired Comparison(쌍대 비교법), Semantic Differential Method(의미 미분법), coefficients of correlation(상관계수), linear regression(선형회귀)

ABSTRACT

The Conventional noise control attempts to simply reduce the level of product noise. But it is very straight forward way that we have consider 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 two Vacuum Cleaners that are sold in Korea and reduced noise control. Comparison Method is used to evaluate noise and preference of Vacuum Cleaner by steps. 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, 진공 청소기의 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 진공 청소기에 대한 연구가 필요하다. 따라서 단순히 진공청소기의 저소음화가 아닌 사람의 감성을 고려한 음질 평가 및 분석이 이루어 져야 한다.

따라서 본 연구에서는, 국내에서 생산되고 있는 저소음 청소기를 대상으로 소비자들에게 높은 인지도를 가지고 있는 2 가지 제품을 선정하여 제품간의 객관적, 주관적 음질평가 및 선호도 분석을

통하여 두 제품의 비교, 분석을 하는 것을 목표로 하였다. 청소기 정상상태에서의 단계별 청소기 소음을 측정하고, 청음평가를 수행하여 제품간의 음질 특성을 비교하였다.

청음평가 방법으로는 쌍대 비교법과 의미미분법을 이용하였다. 같은 단계에서 청소기 소음의 선호도를 비교·분석하고, 각각의 작동 단계에서의 음질요소를 고려한 객관적 음질평가와 청음평가를 통하여 제품간의 음질 특성을 분석하였다. 이를 위해 먼저 청소기 가동의 단계별 소음을 측정 한 후, 이에 대해 객관적 음질요소 인자를 고려한 객관적 음질 평가와 청음평가를 통한 주관적 음질 평가를 실시 하였다. 청소기의 소음 측정 방법은 앞, 뒤 1m 사이에서 지상으로부터 1.3m 위인 지점에서 청소기 소음을 측정하였다. 그 다음 저소음화된 두 청소기의 음질 특성을 알아보고, 차이점과 청소기 소음이 소비자들에게 듣기 좋은 소리로 들리기 위한 연구에 도움이 될 것이다.

2. 음질 분석의 개념 및 방법

2.1 음질 분석 개념

음원으로부터 소음이 발생하고 그 소음은 소비자들에게 전달되며 청취자들은 소음의 크기뿐만 아니라 심리적인 영향에 의해 소음에 대한 느낌을 받게 된다. 이러한 과정을 알고자 소비자들에 대한 음질 선호도와 음질평가가 이루어 진다. Fig. 1은 이번 연구의 전체적인 과정을 나타낸다.

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

* 한양대학교 대학원 기계공학과

** 호원대학교 기계·자동차공학부

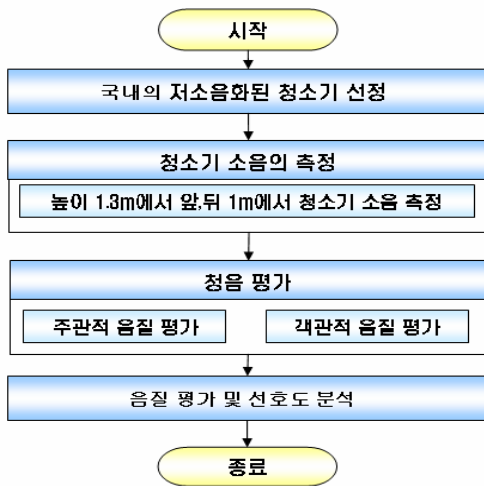


Fig. 1 Flow Chart

2.2 쌍대 비교법

쌍대 비교법은 평가대상인 두 소음을 한쌍의 조합으로 듣고 평가하는 방법으로써 각 소음의 상대적인 특성의 정도를 추정하는 방법이다. 상대적 판단으로 평가자 들의 차이가 적으며 두 음에 대해 상대평가를 하는 것이기 때문에 평가 자들이 쉽게 평가를 할 수 있다. 평가의 신뢰도를 높이기 위해 평가 순서를 무순서화 하였다. 청소기의 단계별로 쌍대비교법 조합을 만들어서 2 개 음원으로 6 개의 항목으로 청음 평가를 실시 하였다.

2.3 의미 미분법

어떠한 소음을 대한 평가자의 주관적 느낌을 형용사로 표현하는 방법으로써 한가지 소음을 평가자에게 들려주고 형용사의 단계적으로 평가하는 방법이다. 일반적으로 5 점척도와 7 점척도가 많이 사용된다. 청음평가자가 자신의 기준과 척도로 절대 평가하는 방법으로 주관적 느낌을 객관적 점수로 평가가 가능하다. 감성어휘 형용사간의 복잡한 상관관계가 존재하며 형용사 선정이 난해하다. 이를 보완하기 위해서 청음평가전에 녹음한 청소기 소음을 들려주고 소음에 대한 형용사를 평가하여 해당 소음에 대한 느낌을 나타내는 형용사를 선정하는 과정을 시행 하였다.

3. 실험 및 평가

3.1 소음 측정

청음평가에 사용된 소음은 국내에서 생산된 최신 진공 청소기의 작동상태 소음이며 작동 단계에

따른 단수 별 소음을 녹음하였다. 청소기의 종류는 익명으로 표기하였다. 청소기의 소음은 시간에 따라서 일정한 정상상태의 소음이므로 녹음시간은 10 초로 하였다. 동일한 조건에서 녹음하였고 청소기의 흡입력 및 일률은 동일한 제품들로 선정을 하였다. 청소기 소음의 녹음위치는 Fig. 2 와 같이 나타내었다. 녹음장비는 Head Acoustics 사의 Noise book 를 사용하였다.

3.2 객관적 음질 평가

소리에 대한 느낌을 객관적으로 표현하기 위하여 많은 음질 인자들이 개발 되었다. 그 중 대표적인 인자로 라우드니스 (Loudness), 샤프니스 (Sharpness), 러프니스(Roughness), 변동강도 (Fluctuation Strength)를 들 수 있다. 녹음한 청소기 소음에 대하여 상용 음질분석 프로그램인 Head acoustics 의 Artemis 를 이용하여 음질 분석을 수행하였다.

3.3 주관적 음질 평가

청음평가의 대상자는 청력에 이상이 없는 20~30 대의 10 명의 여성과 23 명의 남성으로 총 33 명의 평가자로 구성하여 청음 평가를 실시 하였다. 청음평가 전 예비 실험을 통해 청소기 소음을 표현할 수 있는 형용사를 사전 조사하여 날카로움, 시끄러움, 불쾌함, 박력 있음의 4 가지 형용사가 선정하였다. 4 개의 평가용어 적용을 위한 5 점 척도 방법은 “날카로움(1 점)-부드러움(5 점)”, “시끄러움(1 점)-조용함(5 점)”, “불쾌함(1 점)-유쾌함(5 점)”, “박력 없음(1 점)-박력 있음(5 점)” 이다. 평가의 신뢰도를 높이기 위하여 청소기 소음의 재생은 무질서하게 하였다. 음질 평가의 개략도는 Fig. 3 과 같다.

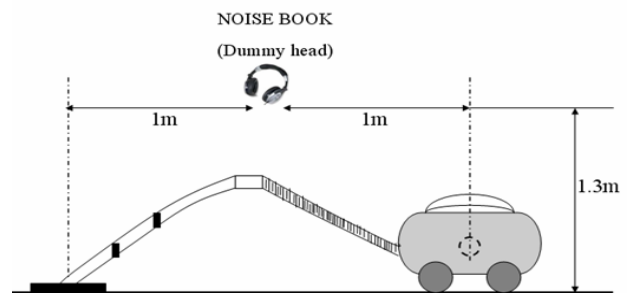


Fig. 2 Recording of Vacuum noise

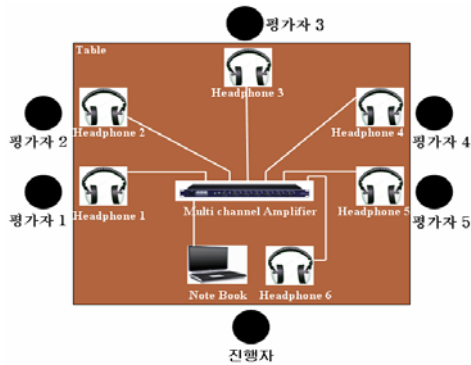


Fig 3. The experimental set up for the jury test

4. 결과 및 고찰

4.1 두 제품의 쌍대 비교법의 결과

두 제품의 가동 중 단계 중에 A 제품사는 4 단계로 되어있고, B 제품사는 3 단계로 되어있다. A 제품사의 1 단계는 가동 준비 단계이므로 비교에서 제외 시키고 단계별로 제품간의 소음을 비교한 쌍대 비교 결과는 Fig. 3 과 같다.

1 단계에서는 A 제품에서 평가자 들의 선호도가 높게 나타났고 2, 3 단계에서는 B 제품의 선호도가 높게 나타났다.

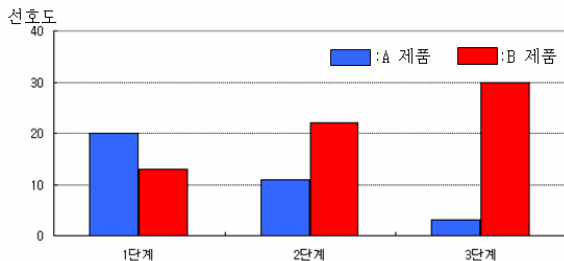


Fig. 3 Analysis of Comparison Method

4.2 두 제품의 객관적 음질 평가

객관적 음질 평가에 사용된 음질요소 인자는 Table 1 과 같이 인덱스화 하였다. 이를 토대로 A 사의 객관적 음질 평가 결과를 Table 2 에 정리하였고, B 사는 Table 3 에 정리하였다.

Table 1 Analysis metrics of the vacuum cleaner

| Analysis | Metric | Unit | Simplify |
|-----------|-------------|-------|----------|
| Objective | Loudness | sone | L |
| | Sharpness | acum | S |
| | Roughness | asper | R |
| | Fluctuation | vacil | F |
| | level | dB(A) | dB |

Table 2 Objective analysis of a vacuum cleaner

| | dB | L | S | R | F |
|----|-------|------|------|-------|--------|
| A1 | 51.49 | 7.85 | 1.7 | 0.207 | 0.0237 |
| A2 | 62.54 | 17.3 | 2.87 | 1.79 | 0.0195 |
| A3 | 73.52 | 32.1 | 3.52 | 3.00 | 0.0238 |
| A4 | 76.23 | 37.4 | 3.74 | 3.30 | 0.0224 |

Table 3 Objective analysis of B vacuum cleaner

| | dB | L | S | R | F |
|----|-------|------|------|-------|--------|
| B1 | 57.93 | 12.7 | 2.81 | 0.821 | 0.0145 |
| B2 | 64.38 | 17.4 | 3.54 | 1.17 | 0.0178 |
| B3 | 65.29 | 18.4 | 2.76 | 1.45 | 0.0178 |

4.3 두 제품의 주관적 음질 평가

두 제품 소음에 대한 주관적 음질 평가의 결과는 다음과 같이 나타난다.

Table 4 Subjective analysis of a vacuum cleaner

| | 날카로움 | 크기 | 만족도 | 느낌 |
|----|------|-----|-----|-----|
| A1 | 3.9 | 4.5 | 3.5 | 2.3 |
| A2 | 2.6 | 2.9 | 2.6 | 2.7 |
| A3 | 2.1 | 2.0 | 2.1 | 3.1 |
| A4 | 2.0 | 1.9 | 2.0 | 3.0 |

Table 5 Subjective analysis of B vacuum cleaner

| | 날카로움 | 크기 | 만족도 | 느낌 |
|----|------|-----|-----|-----|
| B1 | 2.9 | 2.9 | 2.8 | 2.6 |
| B2 | 2.7 | 3.2 | 2.7 | 2.5 |
| B3 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.8 |

4.4 상관 계수

객관적 결과와 주관적 결과 사이의 상관분석은 통계프로그램인 Minitab 을 이용하여 분석을 하였다. 두 제품 사이의 객관적 값과 주관적 값의 상관계수를 Table 6, Table 7 에 나타내었다. A 사 제품의 객관적 결과와 주관적 결과의 상관관계는 대부분 0.9 이상으로 높은 상관관계를 갖지만 Fluctuation 은 요소간의 상관관계가 낮음을 알 수 있다. B 사 제품의 객관적 결과와 주관적 결과 사이의 상관관계에서는 날카로움 과 만족도의 평가에는 Roughness, 크기와 느낌에는 Sharpness 가 주된 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

Table 6 Correlation of the objective and subjective value

| A | dB | L | S | R | F |
|------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 날카로움 | -0.97 | -0.93 | -0.993 | -0.984 | 0.19 |
| 크기 | -0.985 | -0.953 | -0.998 | -0.994 | 0.111 |
| 만족도 | -0.987 | -0.958 | -0.999 | -0.996 | 0.112 |
| 느낌 | 0.976 | 0.946 | 0.975 | 0.98 | 0.025 |

Table 7 Correlation of the objective and subjective value

| B | dB | L | S | R | F |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 날카로움 | -0.795 | -0.825 | 0.295 | -0.954 | -0.721 |
| 크기 | -0.334 | -0.382 | 0.769 | -0.634 | -0.225 |
| 만족도 | -0.713 | -0.748 | 0.412 | -0.909 | -0.629 |
| 느낌 | 0.299 | 0.348 | -0.792 | 0.606 | 0.189 |

4.5 선형 회귀 분석

날카로움과 만족도의 평가에는 Roughness, 크기와 느낌에는 Sharpness 가 영향을 미치지만 상관계수가 0.9 이상인 날카로움과 만족도의 주관적 평가에 대한 음질요소를 이용하여 선형 회귀 분석을 실시 하였다.

주관적 평가인 날카로움에 대한 객관적 음질요소인자인 Roughness 를 이용하여 식(1)과 같은 선형 회귀방정식을 구하였다.

$$\begin{aligned} \text{날카로움(A 사)} &= 3.919 - 0.617\text{Roughness} \\ \text{날카로움(B 사)} &= 3.851 - 1.091\text{Roughness} \quad (1) \end{aligned}$$

(1) 날카로움

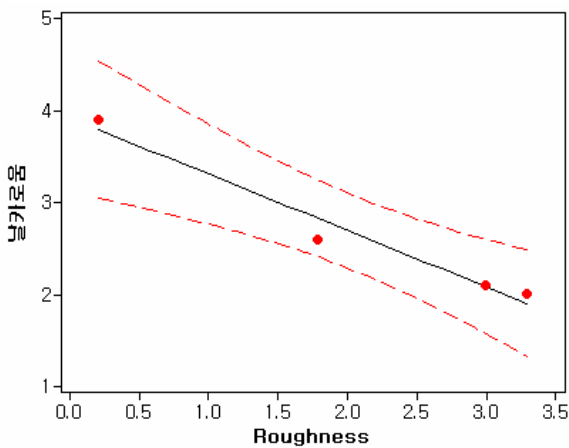


Fig 4. The linear regression of sharpness A

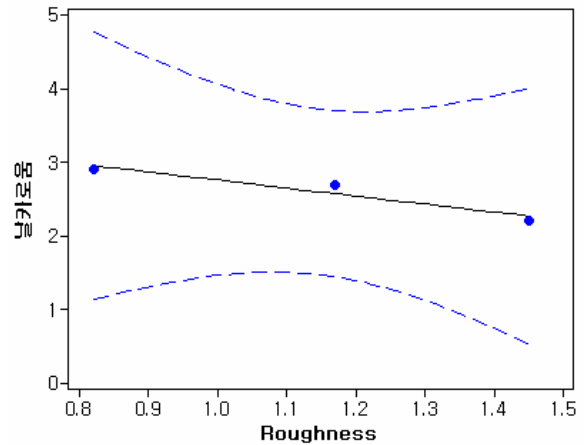


Fig 5. The linear regression of sharpness B

A 사 제품의 날카로움에 대한 선형 회귀방정식은 결정계수가 0.953 으로 회귀모형이 전체 자료에 대해서 95.3%의 설명력을 나타낸다. B 사의 제품에 대해서는 결정계수가 0.819 로 전체의 81.9%를 나타낼 수 있음을 확인 할 수 있었다. 또한 점선으로 95%의 신뢰성 구간을 나타내었다.

(2) 만족도

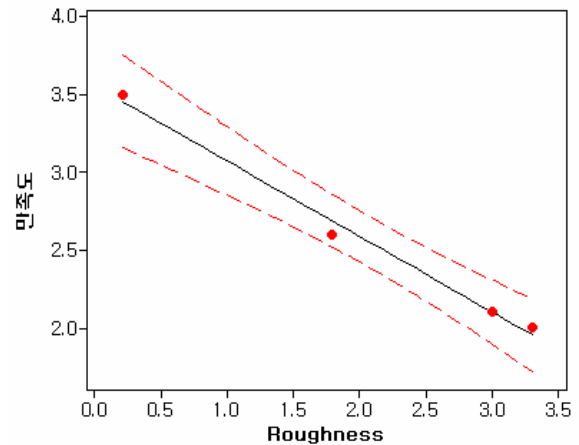


Fig 6. The linear regression of Roughness A

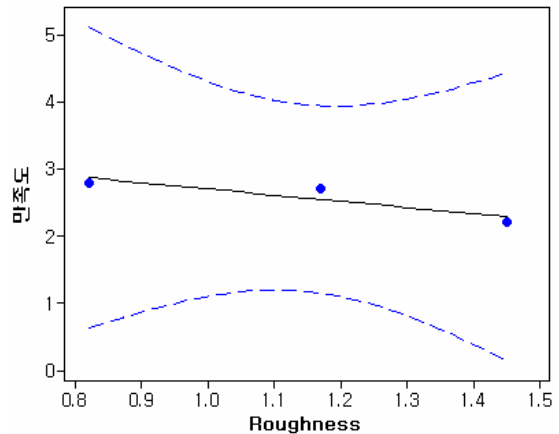


Fig 7. The linear regression of Roughness B

주관적 평가인 만족도에 대한 상관관계가 가장 높게 나타난 객관적 음질 요소인 Roughness 를 이용하여 식(2)와 같은 선형 회귀 방정식을 구하였다.

$$\begin{aligned} \text{만족도(A 사)} &= 3.558 - 0.4857\text{Roughness} \\ \text{만족도(B 사)} &= 3.630 - 0.9269\text{Roughness} \quad (2) \end{aligned}$$

A 사 와 B 사 제품의 주관적 평가인 만족도에 대한 선형회귀 방정식은 각각 0.988 과 0.751 로 나타났다. 즉 전체 결과에 대해 A 사는 98.8%, B 사는 75.1%의 설명력을 나타낸다. 점선은 선형 회귀식의 95%의 신뢰성 구간을 나타낸 것이다. A 사와 B 사의 제품에 대하여 날카로움과 만족도에 대한 선형 회귀곡선을 나타내었고 A 사 제품에 비하여 B 사의 제품의 소음이 Roughness 가 증가할수록 영향이 적음을 알 수 있었다.

5. 결론

국내에서 저소음화된 청소기 두 대를 선정하여 쌍대 비교법을 통하여 선호도 분석을 하였고 주관적 음질평가인 의미미분법과 객관적 분석을 통하여 음질 분석을 하였다. 쌍대 비교법을 통한 단계별 선호도는 Fig 2. 에 제시하였다. 1 단계에서는 A 사 제품의 소음 선호도가 크게 나타났지만 단계가 증가함에 따라 2,3 단계에서는 B 제품의 소음 선호도가 높게 나타남을 알 수 있었다. 객관적 음질평가와 주관적 음질평가의 결과 A 사는 음질 인자거리 높은 상관관계가 있음을 알 수 있었다. 하지만 B 사의 제품은 객관적 음질요소 인자 중 Roughness 의 상관도가 높게 나타남을 알 수 있었다. B 사의 제품 소음은 주관적 음질평가요소인 날카로움과 Sharpness 와의 상관도가 낮게 나타났으므로 A 제품의 소음이 B 제품의 소음보다 고주파영역에 존재한다고 할 수 있다. B 사 제품의 음질요소간의 상관도가 높은 0.9 이상을 선정하여 날카로움과 만족도 에 대해서 식(1)과 같이 Roughness 를 통하여 선형회귀곡선을 제시하였다. 만족도 또한 상관계수가 가장 큰 Roughness 를 선정하여 식(2)와 같은 선형 회귀 곡선을 제시하였다. 일반적인 음질 연구에 있어서 사람의 주관적 느낌을 표현하기 위해서는 Loudness 와 Sharpness 의 영향이 크게 나타나지만 청소기의 음질평가의 결과 A 사는 객관적 음질요소 인자가

높은 상관관계가 존재 하였지만 B 사의 제품 소음은 Roughness 의 상관관계가 높게 나타나고 영향이 크다는 것을 알 수 있었다.

이번 연구에서는 저소음화되었다고 가정하여 두사의 제품을 선정하여 음질 분석을 하였다. 더 많은 제품을 선정하여 음질평가를 진행한다면 청소기 음질 인덱스를 구축할 수 있을 것이며 소음의 등급화를 할 수 있다. 청소기의 음질 인덱스를 구축하면 청소기 소음을 측정하여 인덱스에 적용한다면 청소기 소음으로 등급화를 제시할 수 있을 것이다. 더욱더 청소기의 연구가 활발히 이루어 지리라고 생각 된다.

참고문헌

- (1) 조연 등, 2006 "가전제품 소음의 음질평가 표준 기술 개발, 보고서", 산업자원부 연구개발원, 2장.
- (2) 허덕재 등, 2000, "차량 실내 소음의 음질 분석 및 모델화", 한국소음진동공학회지 제 10 권 제 2 호, pp. 572~577.
- (3) 이상권 등, 2005, "감성공학을 기초한 진공청소기의 음질 인덱스 개발", 한국소음진동공학회지논문집 제 15 권 제 7 호, pp. 821~828
- (4) 황동건 등, 2004, "다차원 스펙트럼 해석 법을 이용한 자동차 공조시스템의 기여도 분석", 한국소음진동공학회 추계학술대회 논문집, pp. 999~1004.
- (5) E. Zwicker, H. Fastl, 1999, "Psychoacoustics : Facts and Models", Springer 2nd Edition.
- (6) 박동철 등, 2002, "승용차의 음질 개발에 관한 연구", 한국소음진동공학회지, 제 12 권, 제 5 호, pp. 342~ 349.
- (7) 이주엽 등, 2005, "청감실험을 통한 도로교통 소음에 대한 공동주택 내부 소음 기준 설정 연구", 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 83~86.
- (8)이레테크 미니탭사업팀, 2005, "새 MINITAB 실무완성"