

소비자 감성 평가를 통한 에어컨 음질 평가

The sound quality evaluation of an air-conditioner based on consumer sensory evaluation

김 휘 중† · 이 진 경* · 이 제 원* · 조 성 진*

Hoojoong Kim, Jinkyung Lee, Jeawon Lee and Sungjin Cho

Key Words : Air-conditioner(에어컨), Satisfaction Index(만족도), 1/f slope(1/f 기울기), Paired Comparison Method(쌍대비교법), Sensory Evaluation(감성 평가)

ABSTRACT

This paper proposes method to find the subjective satisfaction index of an air-conditioner using consumer's sensory evaluation for an air-conditioner. A satisfaction index of an air-conditioner is presented the annoyance and freshness as α , β exponents of 1/f slope and is changed the annoyance and freshness as exponents of 1/f slope are changed. The satisfaction index of an air-conditioner is not improved if SPL is above the proper level although the 1/f slope has optimal α , β values. Therefore, this paper proposes the satisfaction index of an air-conditioner considered both SPL and α , β exponents of 1/f slope.

1. 서 론

생활 수준의 향상과 함께 소음에 대한 관심이 높아지고 있다. 이런 소음의 발생은 생활 내에서 사용되는 가전제품들에 의해서 발생하는 경우가 대부분이며 가전제품 내에서 발생하는 여러 가지 메커니즘에 의한 다양한 소음원들이 존재하게 된다. 이러한 소음을 평가하는 방법으로 통상적으로 A-가중치(weighting)된 소음 레벨을 저감하는 목표를 두고 연구들이 수행되어 왔다. 그러나 최근에는 제품의 소음 레벨 저감 뿐만 아니라, 소비자에 의한 제품의 선호도 측면에서 작동되는 가전제품에서 발생하는 소음이 불쾌감(annoyance)을 주지 않고 편안함을 느끼게 하는 소리에 대한 연구가 수행되어 왔다.^(1~4)

가전제품에서 발생하는 소음들 중 감성적으로 인지가 되는 제품에 한 가지가 에어컨이다. 에어컨의 경우 소음은 크게 실내기의 웅 소음, 냉매 소음과 실외기의 웅 소음, 압축기 소음 및 전달음 등으로 나눌 수 있으며 특히 실내에서 소비자가 접하는 소음은 유동 소음과 관련된 에어컨 토출구의 바람 소리이다. 기존의 소음 평가는 SPL(dBA)로 주로 평가되어 왔으며 이는 에어컨 소리를 소비자가 느끼는 감성 중 대표적인 불쾌감(annoyance)과 청량감(freshness)을 대변하고

있지 못했다.

본 논문은 에어컨 소리의 쾌적성을 주관적인 평가 방법을 이용하여 전체 만족도를 지수로 표시하게 된다. 이는 에어컨 소리를 소음 레벨 뿐만 아니라 1/f 변동 리듬을 고려하여 만족도 척도를 정의하게 된다.

2. 주관 평가 및 관련 이론

2.1 주관 평가 방법

음질 요소를 이용하여 주관적으로 느끼는 음질을 객관적으로 표현하기 위한 노력의 일환으로서 임상 실험을 하고 제품의 음질 특성과 연관 짓는 연구가 비교적 최근에 이루어져 오고 있다. 이런 작업의 일환으로 음질 지수⁽⁵⁾인 라우드니스(loudness, L), 샤프니스(sharpness, S), 러프니스(roughness, R), 변동강도(fluctuation strength, FS) 등으로 객관화하려 하고 있다.

소비자의 주관 평가 방법으로는 쌍대비교법(paired comparison method), 의미미분법(semantic differential method), 선호도(preference method) 등이 있다. 이런 주관적 평가를 진행할 때는 평가하고자 하는 대상의 특성이나 실험이 이루어지는 환경 뿐만 아니라 심리적인 측면도 중요한 요소이다. 이런 소비자의 주관적인 반응을 통계적으로 정량화 하는 방법이 중요한 요소이다. 위의 소비자 감성 평가 방법을 간단히 설명하면 다음과 같다. 쌍대비교법(PCM)은 2개의 소리를 들려주고 둘의 우열을 판정하는 방법

† 교신저자; 삼성전자 생활가전사업부
E-mail : hoojoong.kim@samsung.com
Tel : (031) 218-5020, Fax : (031) 218-5196

* 삼성전자 생활가전사업부

으로 관련 통계 기법이 잘 정리되어 있고 현재까지의 주관 평가 방법 중 가장 정확한 결과를 내는 것으로 알려져 있다. 의미미분법(SDM)은 소리의 다양한 측면을 살펴보기 위해 여러 가지 표현어를 나열하고 각 말뜻에 해당되는 점수를 주어 평가하는 방법으로 최근 널리 이용되고 있는 방법 중 하나이다. 이 방법은 말뜻이 서로 대치되는 용어를 직선의 양극단에 배치되어 주어진 소리가 어느 쪽에 가까운지를 평가하게 된다. 선호도(PM)는 어떤 음원을 기준으로 만족과 불만족을 9 점 척도로 하는 방법이다. 이는 평가자가 기준 소리에서 어느 정도 만족하고 불만족한가를 평가함으로써 평가 음원의 만족도 정도를 알 수 있다.

2.2 1/f 변동리듬

1/f 변동리듬이란 에너지 스펙트럼이 주파수 f에 반비례하는 것으로 정의된다. 이 스펙트럼의 형상은 쌍곡선이지만 대수(log) 표시를 각 축에 취하게 되면 기울기가 직선(linear)이 된다. 1/f 변동리듬에서는 주파수가 높을수록 파워가 작아지고 이것은 낮은 주파수 성분은 진폭이 크고, 높은 주파수 성분일수록 진폭이 작은 것을 나타내고 있다. 이와 같이 진폭이 큰 변동은 긴 주기의 특징으로 나타나고 진폭이 작은 변동은 주기가 짧아 빈번하게 발생하는 변동리듬이라고 말하게 된다. 이와 같은 1/f 변동리듬은 많은 자연현상에서 볼 수 있고 인간의 생체에서 볼 수 있듯이 쾌적성을 창출하는 궁극적인 리듬으로 생각 되어진다. 그러나 1/f 변동리듬은 무수히 많은 패턴을 가지고 있고 실제로 변동리듬을 이용할 수 있는 주파수 대역이 제한되기 때문에 오히려 불쾌감을 유발할 수도 있다.⁽⁶⁾

3. 소비자 감성 평가 방법 및 절차

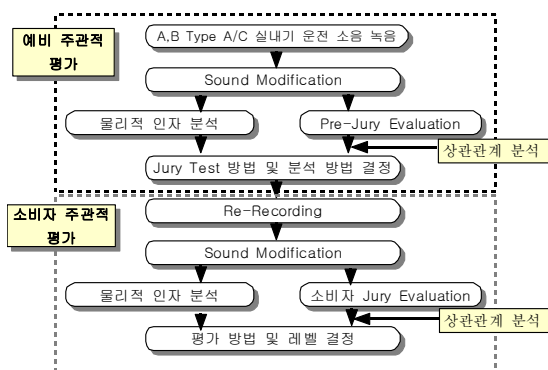


Fig.1 Process of consumer's sensory evaluation

소비자 감성 평가 프로세스는 평가 방법과 분석 방법 결정을 위한 예비 과정, 그리고 소비자 감성 평가 결과에 의해 체감소음 방법을 결정하는 본 평가 과정의 순서로 진행하였으며 전체 흐름을 Fig.1에 도시하였다.

3.1 평가 및 분석 방법 결정을 위한 예비 주관적 평가

에어컨 소음의 예비 주관 평가는 A와 B Type의 대표 모델에 대하여 송풍 소음을 완전 무향실에서 녹음한 후 상용 프로그램인 MTS사의 Sound Quality 프로그램을 이용하여 각 1/f 기울기(slope)를 동일 레벨에서 변조하였고, A, B Type A/C sound 12개의 평가음(Test Sound)을 제작하였다. 변조된 평가음을 사용하여 예비 주관적 평가를 실시하였다. 예비 주관적 평가는 에어컨 소음에 익숙한 엔지니어를 대상으로 실시하였으며 수음 방법과 평가 방법을 다르게 반복 평가하여 실제 에어컨 소리를 잘 반영하고 평가하기 쉬운 방법을 결정하였다.

3.2 소비자 감성평가

소비자 체감 평가는 국내 전업주부와 중국 소비자 등 70명을 대상으로 실시하였다. 감성 평가는 에어컨 소리를 녹음 후 변조된 평가음을 2대의 Speaker(Dynaudio Acoustics, BM 5A)을 사용하여 수음하는 방법을 사용하였으며 양쪽에 위치한 Speaker는 기준 신호로 레벨 보정하여 모든 평가자가 동일한 평가음을 듣고 평가를 할 수 있도록 하였다. 평가 방법은 먼저 평가에 사용될 모든 평가음에 대해 평가 그룹에 무순위로 청취하게 하였다. 본 평가는 1/f slope 변화에 따른 만족도 및 청량감 평가를 쌍대비교법(PCM) 방법으로 수행하였다. 또한 에어컨 음원의 레벨 만족도를 평가하기 위해서 선호도(PM) 방법을 통해서 1/f 변동리듬에 의한 만족도와 레벨에 의한 만족도를 평가하였다.

4. 소비자 감성 평가 결과

4.1 1/f slope에 의한 만족도

에어컨에서 1/f 변동리듬은 Fig.2와 같이 각 축은 대수 표시로 되어 선형성의 스펙트럼 형태로 나타나며 각 기울기를 2개의 구간으로 나누어서 진행하였다. 이 스펙트럼의 각 주파수의 에너지

값은 최소자승법(least square method)을 이용하여 $1/f$ slope의 지수를 정의하였다. 따라서 낮은 주파수 영역의 $1/f$ 의 지수는 α 로, 높은 주파수 영역의 $1/f$ 의 지수는 β 로 정의하였다. Figure 2에서 보듯이 $1/f^\alpha$, $1/f^\beta$ 로 나타낸다.

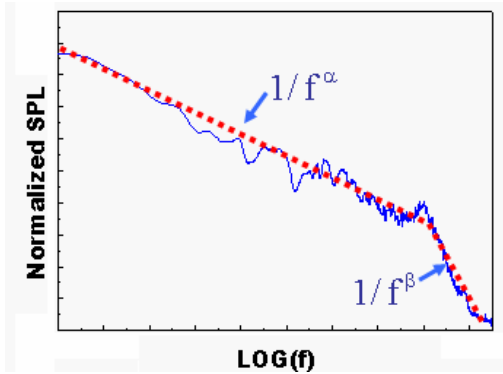
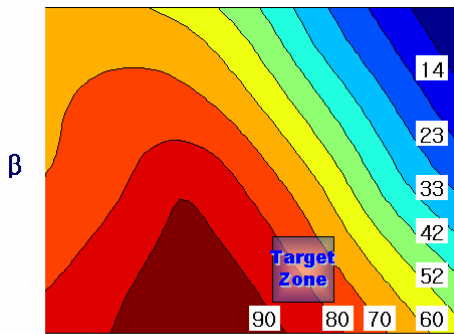
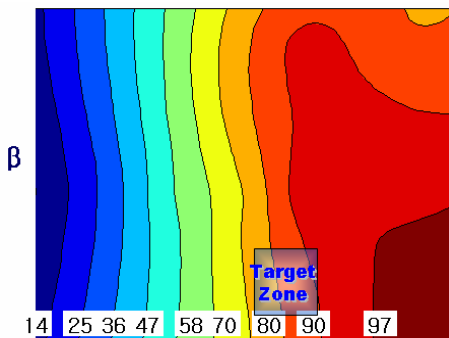


Fig. 2 Logarithm energy spectrum at each axis using $1/f$



(a) Annoyance



(b) Freshness

Fig.3 Contour plot for each index

위의 α , β 의 기울기를 변조한 소리를 이용하여 쌍대비교법(PCM)으로 소비자 평가를 진행한 결과, 불쾌감(annoyance)은 전체 에너지 스펙트럼에서 저주파가 차지하는 비중이 높을수록 감소하고 청량감(freshness)의 주 지배요소는 α 이며

절대값이 작을수록 커진다. 이는 저주파 소음이 감소함에 따라 상대적으로 고주파 소리가 더 잘 들리게 되는 것을 의미한다.

Figure 3에서 보듯이 불쾌감(annoyance)과 청량감(freshness) 모두 80 이상 만족하는 Target Zone을 찾게 된다. 이 Target Zone의 α , β 는 에어컨의 $1/f$ slope에서 80 이상의 만족도를 나타낼 수 있는 값이 된다.

4.2 레벨에 의한 만족도

에어컨 소음의 경우 $1/f$ slope에 의한 만족도가 소비자의 감성 소음에 중요한 요소이지만 전체적인 소음 레벨이 낮아지지 않는 한 $1/f$ slope만으로 만족도를 정의할 수 없으며 음압 레벨을 고려하여야만 전체 에어컨 만족도를 평가할 수 있다. 이 음압 레벨의 크기가 소비자가 만족할 만한 수준을 가질 때 $1/f$ slope에 대한 효과를 통해 만족도 향상을 구현할 수 있다.

레벨 만족도는 선호도 평가를 통해 수행되었다. 기준이 되는 $1/f$ slope을 정하고 이를 기준으로 레벨을 변조하여 음압 레벨에 대한 소비자의 선호도 평가를 수행했다. Figure 4와 같이 소비자 선호도 평가 결과 Δ 의 구간 내에서는 소비자의 만족도가 급격히 증가 또는 감소되다가 이 구간을 벗어나면 만족도의 차이가 크게 없는 것을 알 수 있다.

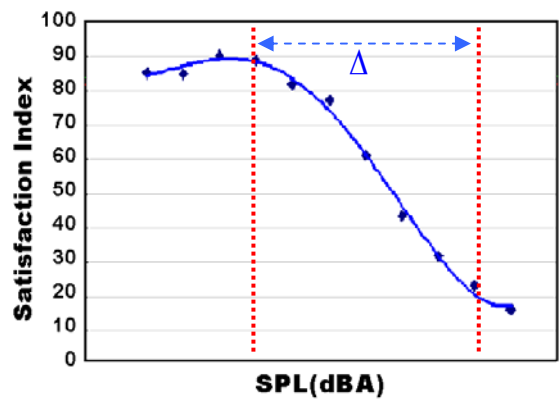


Fig.4 Satisfaction index for the SPL

4.3 $1/f$ slope 만족도와 레벨 만족도

4.1과 4.2절에서 $1/f$ slope에서의 지수 α , β 와 레벨 만족도를 통해 나타난 결과로 에어컨의 만족도를 정의하면 다음 식 (1)과 같다.

$$S.I. = A + B \times \frac{-45.34 - 45.54 \cdot \alpha - 32.71 \cdot \beta}{100} \quad (1)$$

위의 식에서 만족도(S.I.)는 $1/f$ slope 의 지수인 α , β 와 A, B 의 계수값에서 소음 레벨을 통해 전체 만족도를 예측할 수 있다. 이를 통해 에어컨 소음의 레벨과 $1/f$ slope 에 대한 기준값을 그림으로 나타내면 Fig. 5 와 같다. Figure 5 에서 주 S.I. slope 은 레벨 만족도 기준이며 최대 S.I. slope 은 각 레벨에서 α , β 가 최적의 값을 가질 때의 만족도를 의미한다. 또한 최소 S.I. slope 은 각 레벨에서 α , β 가 최저의 값을 가질 때의 만족도를 의미한다. 따라서 ① 이상의 레벨 및 최적의 $1/f$ slope 을 가질 때 소비자 만족도가 최대가 된다.

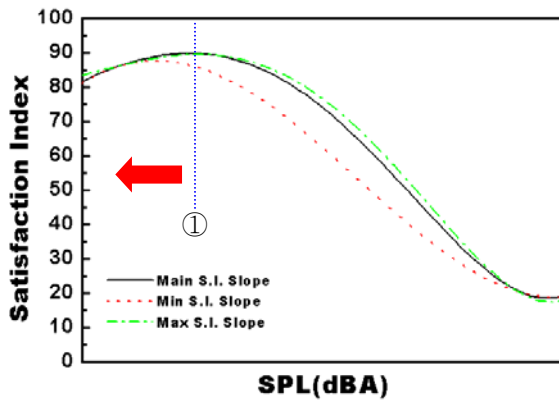


Fig.5 Satisfaction index for the SPL and $1/f$ slope

5. 결론

본 연구에서는 에어컨 실내기에서 발생하는 소음을 평가하기 위해서는 소비자 체감 평가를 통해 레벨 만족도 뿐만 아니라 불쾌감 및 청량감의 요소를 고려하여 실제 제품을 사용하고 있는 소비자의 만족도를 평가할 수 있는 방법을 제안하였다.

에어컨 만족도의 결과는 소음 스펙트럼을 통해서 각 에어컨 소음원들이 차지하고 있는 주파수별 특성들을 기술적인 방법을 통해 최적의 $1/f$ slope 을 구현할 수 있도록 개발하고 기존의 음압 레벨 저감 기술과 병행하여 제품에 적용한다면 제품을 사용하는 소비자의 감성적 만족도를 향상시키는 설계에 활용될 수 있다.

참고문헌

(1) Han, J. O., Koo, H. M., Choi, W. S. and Kim, J. B., 2003, "A Method of Noise Reduction and Improvement in Sound Quality for a Product with the Auto Louver", Proceedings of

the KSNVE Annual Autumn Conference, pp.1073~1075.

(2) Joo, J. M., 2004, "Noise and Vibration of the Digital Appliances", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering. Vol.14, No.6, pp.15~22.

(3) Lee, J. K., Lee, J. W., and Joo, J. M., 2005, "Propose Tonal Noise Standard for Air-conditioner based on Customer's Sensory Evaluation", Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp.154~157.

(4) Kim, H. J., 2006, "Design Optimization by the Correlation between the Design Parameter and the Sound Quality of Small Turbo-fan", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering. Vol.16, No.5, pp.485~494.

(5) Zwicker, E., and Fastle, H., 1999, Psychoacoustics : Fact and Models, 2nd edition, Springer.

(6) Miyake, S., 2004, Fluctuation Engineering, Sigma Press, Seoul.