

소비자 감성 평가에 의한 에어컨 Tonal Noise 평가 방법 제안

Propose Tonal Noise Evaluation Method for Air-conditioner based on Customer' s Sensory Evaluation

이진경* · 이제원* · 주재만*

Jinkyung Lee, Jeawon Lee, Jaeman Joo

Key Words : Tonal Noise (순음), A/C (에어컨), Sensory Evaluation (감성평가), Preference Index(만족도)

ABSTRACT

Generally, noise from a indoor air conditioner has been measured by overall sound pressure level, dB. Customers evaluation, however, of the noise from an air conditioners should not be depend on the only overall level but also the sensory feeling. Moreover, in this sensory evaluation, irregular, time-varying and uneven sounds which are difficult to describe itself by overall level are more affectable. Unfortunately however the formal evaluation method for this kinds of noise is not determined yet. In this research, the evaluation method for tonal noise, which is one of the unmeasurable sounds by overall level, is proposed to evaluate its acceptability based on the consumer's sense of hearing. To consider the consumer's sense, several times of Jury evaluation are carried out. The proposed approach could be applied to the other sound, which acoustical characteristics are similar to the tonal noise.

1. 서론

지금까지의 에어컨 실내기에 대한 소음 평가 방법은 전 음압(overall) 레벨을 이용한 방법에 의해 주로 이루어져 왔다. 그러나 실제 소비자는 전 음압 레벨 뿐만 아니라, 에어컨의 소음을 듣고 느껴지는 느낌을 통해 평가하게 된다. 이러한 감성 평가에 있어서, 전 음압 레벨이 어느 정도의 영향을 주기는 하지만, 오히려 이상적(異想的)이거나 시간적으로 변동이 있는 소음의 특성이 평가에 더 많은 영향을 주게 된다. 실제로도 이러한 소음이 존재하는 경우에 짜증도가 증가하는 것으로 알려져 있다. 그럼에도 불구하고 이러한 이상 소음은 일반적으로 사용되는 전체 음압 레벨로는 표현이 불가능 하다. 따라서 이러한 소음을 표현하고 평가 할 수 있는 새로운 방법에 대한 필요성이 증가되고 있다.

본 연구에서는 에어컨 실내기에서 Fan 혹은 Motor 등에 의해서 발생하는 Tonal noise 에 대한 평가 방법을 소비자 감성 평가를 바탕으로 제안함으로써 시장에서 발생할 수 있는 Tonal noise 에 대한 불만 요인을 사전에 미리 방지 할 수 있도록 하였다.

2. A/C 스펙트럼

에어컨 실내기에서 발생하는 여러 Tonal Noise 중에서, 특히 모터의 전자기력에 의해서 발생하는 Tonal Noise가 소비자의 강한 불만 요인이 되고 있다. 이러한 Tonal Noise는 모터와 팬에 의해 작동되는 에어컨 실내기의 특성상 필연적으로 발생하게 되는 것으로써, 전원 주파수의 2배 혹은 그 배수의 주파수에서 강한 저주파의 순음(Tonal Sound) 형태로 나타난다.

에어컨의 경우, 종류에 따라서 전체 소음 스펙트럼의 형태와 Tonal Noise 의 발생 형태가 다르게 나타난다. 예를 들어 A-Type A/C 의 경우에는 송풍 모드의 스펙트럼은 광대역 소음(Broad Band Noise)에 순음(Tonal Sound)이 존재하는 형태로 나타나며 Tonal Noise 의 기본 주파수 이외의 고조파 성분(Harmonics)은 나타나지 않는다. 이에 비해 B-type A/C 의 경우는 Tonal Noise 성분이 기본 주파수 이외에도 고조파 성분인 2*Tonal Noise 가 동시에 나타나기도 하고, 또한 모터 회전 주파수의 1 배, 2 배, 3 배 만큼 떨어진 부분의 Side band 성분을 동반하기까지 한다. 이와 같은 이유로, 본 과제에서는 A 와 B Type 의 A/C 을 분리하여 소비자 체감 평가에 의한 Tonal Noise 체감 평가

* 삼성전자 생활가전연구소
E-mail : jjiny.lee@samsung.com
Tel : (031) 218-5061, Fax : (031) 218-5196

방법을 제안하였다. A, B type의 A/C를 대표하는 전체 소음 스펙트럼과 각 Type 별 Tonal Noise의 특징을 나타내는 스펙트럼은 Fig 1에 도시하였다.

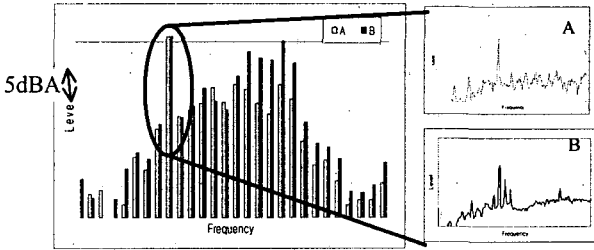


Fig. 1 Type 별 Tonal Noise 소음 스펙트럼

3. 소비자 감성 평가에 의한 규격 제안 방법 및 절차

소비자 감성 평가에 의한 평가 프로세스 제안 과정은 평가 방법과 분석방법 결정을 위한 예비 과정, 그리고 소비자 감성 평가 결과에 의해 체감 소음 방법을 결정하는 본 평가 과정의 순서로 진행하였으며 전체 흐름을 Fig. 2에 도시하였다

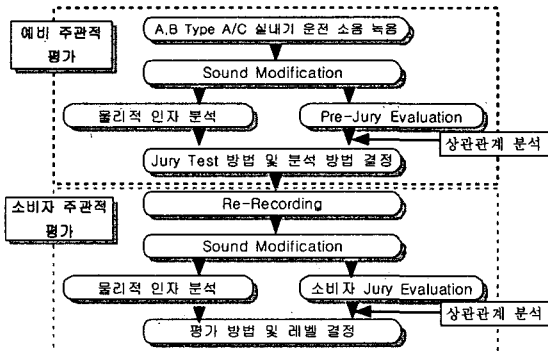


Fig.2 소비자 감성 평가에 의한 체감소음 규격 제안 과정

3.1 평가 및 분석 방법 결정을 위한 예비 주관적 평가

순음(Tonal Noise)에 대한 분석 방법은 ECMA 74-1^[1]에 정의된 Prominence Ratio 방법, Tone to Noise방법 이외에도 전체 레벨에서 Tonal Sound의 영향을 고려한 전체레벨과 순음 레벨과의 차이(Total - Peak Level)를 이용하는 방법과, 이를 변형한 전체 소음 레벨과 순음을 포함한 1/3

옥타브 분석 밴드 레벨과의 차이(Total - Peak Band)를 이용하는 방법 등이 있다. 이들 분석 방법 중 에어컨 Tonal Noise 평가 방법으로 사용하기 적합한 분석 방법을 결정하기 위하여 에어컨 소음 스펙트럼의 특징을 분석하고 예비 주관적 평가를 통하여 평가 결과와 상관관계가 높은 방법 3가지를 일차적으로 제안하였다. 제안된 방법은 1/3 옥타브 분석을 기본으로 한 Prominence Ratio 방법, Total-Peak Band 레벨 방법과, 협대역 분석(Narrow Band Analysis)을 기본으로 하는 Total-Peak Level 방법 이고 소비자에 의한 주관적 평가 이후 평가 결과를 가장 잘 설명하고 결정력이 높은 방법을 선정하기로 하였다.

예비 주관 평가는 A 와 B Type 의 Tonal Noise 를 대표하는 대표 모델에 대하여 송풍 소음을 완전 무향실에서 녹음한 후 상용 프로그램인 MTS 사의 Sound Quality 프로그램을 사용하여 1 차 Harmonic, 2 차 Harmonic 의 Tonal Noise 레벨을 변조하였고, A Type A/C sound 16 개, B Type 18 개의 평가음(Test Sound)을 제작하였다. 변조된 평가음을 사용하여 예비 주관적 평가를 실시하였다. 예비 주관평가는 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 연구원과 전업주부 등 40명을 대상으로 실시하였다. 평가에 참여한 평가자의 인적 사항은 아래 표 1.에 나타내었다.

표 1. 소비자 감성 평가 참여자

	인적 사항
인원	40명
성별	남(10명), 여(30명)
나이	20대 ~ 40대
직업	연구원(20명), 전업 주부(20명)
비고	실제 에어컨 보유자

감성 평가는 녹음, 변조하여 제작한 평가음을 Head Phone(SENNHEISER HD600)을 사용하여 수음하는 방법을 사용하였으며 각각의 Head Phone 은 기준 신호로 레벨 보정하여 모든 평가자가 동일한 평가음을 듣고 평가를 할 수 있도록 하였다. 평

가 방법은 먼저 평가에 사용될 모든 평가음에 대해 평가자에게 무순위로 들려 주어 나름대로 각각의 기준에 의한 Tonal Noise 레벨을 설정하도록 하였다. 본 감성 평가는 평가음에 대해 이전에 실시한 기준 레벨 설정을 위한 평가와는 다른 순서로 진행하였고, 각각의 평가음은 5 초의 청취 후 10 초의 공백시간을 두어 직전의 평가음과 상대비교하는 것을 배제 하였다. 평가는 7 점 척도를 사용하였으며 동일한 평가음을 반복하여 평가하게 함으로서 평가자의 반복성을 검증하였다.

4. 소비자 체감 평가 결과

4.1 A Type A/C 체감 평가 결과

A Type A/C 의 Tonal Noise 레벨 변화에 따른 소비자 체감 만족도 결과는 Fig. 3 에 도시하였다. 평가 결과 Tonal Noise 성분이 일정 기준 레벨 이하가 되면 Tonal Noise 레벨 감소에 대한 체감 만족도 평가 차이가 둔감해 지며 편차도 크게 발생하는 것을 알 수 있다. 또한 1st, 2nd Harmonic 의 동일 레벨에 대한 Tonal Noise 의 소비자 만족도 평가가 유사한 것으로 나타났는데 이는 광대역 소음에 의한 순음 소음의 마스킹 영향에 의한 것으로 500Hz 이하의 경우 광대역 소음에 의해 마스킹되어지는 순음 소음의 레벨은 동일하다고 알려져 있는 Zwicker 의 결과와 잘 일치한다^[2]. 이 결과로부터 소비자가 만족하는 최소한의 기준 레벨이 존재한다는 것을 알 수 있으며 평가가 둔감해지기 시작하는 만족도를 기준 만족도로 선정하였다. A Type A/C Tonal Noise 의 경우 예비 평가에서 제안된 3 가지 분석 방법으로 분석한 결과 1/3 옥타브 분석에 의한 Prominence Ratio 방법이 체감 만족도와 가장 강한 상관관계를 보이고 있음을 알 수 있다. ($R^2=0.91$).

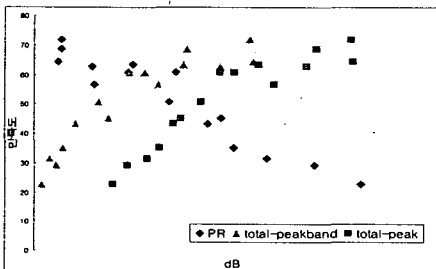
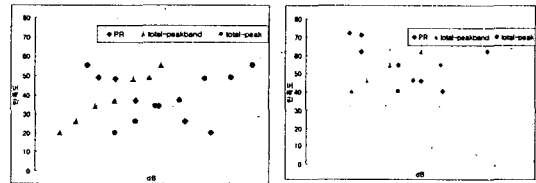


Fig. 3 A Type A/C Tonal Noise 레벨에 의한 소비자 만족도

4.2 B Type A/C 체감평가 결과

B Type A/C Tonal Noise 에 대한 소비자 체감 만족도 결과는 Fig. 4 에 도시하였으며 A Type A/C 의 경우와는 다르게 Tonal Noise 에 대한 평가가 주파수에 따라 차이를 가짐을 알 수 있다. 같은 Tonal Noise 레벨에 대하여 1st Harmonic 성분이 2nd Harmonic 성분에 비하여 체감 만족도가 낮은 것을 볼 수 있다. 이는 B Type A/C 의 소음 스펙트럼과 관계가 있다. B Type 의 송풍 소음인 경우 공력소음이 전체 소음 레벨의 많은 부분을 차지하고 있고 주파수는 300Hz ~2kHz 대역에 집중되어 있는 특징이 있는데 이는 협대역 소음(Narrow Band Noise)에 의한 순음(Pure Tone)의 마스킹(Masking)되는 형태의 마스킹 패턴으로 공력소음이 2nd Harmonic 성분에는 마스킹 영향을 주는 반면 1st Harmonic 성분에 대하여는 그렇지 못하는 것으로 분석되었다^[2]. 이 결과로 소비자 일정 만족도를 기준 레벨로 결정 할 때 A Type 에 비해 B Type 의 A/C 에 대해서는 좀 더 강화된 레벨이 제안되어야 함을 알 수 있다.



(a) 1st Harmonic

(b) 2nd Harmonic

Fig. 4 B Type Tonal Noise 레벨에 의한 소비자 만족도

5. 체감 평가 분석 방법 결정 및 체감 소음 기준 제안

지금까지 A, B Type A/C 의 1st, 2nd Harmonic 에 대한 소비자 체감 평가에 대한 분석방법을 예비 평가에서 제안된 Prominence Ratio 방법, Total Level -Peak Level, Total-Peak Band 3 가지의 방법으로 계산을 하였다. 이들 평가 방법 중에서 소비자의 체감 평가 결과와의 부합성, 에어컨 스펙트럼의 특징을 고려한 분석, 평가의 용이성 등을 고려하여 가장 적합한 평가 방법을 선정하였다. 소비자 체감 만족도와 각각의 체감 평가 방법과의 상관관계는 표 2.에 나타내었고 Prominence Ratio 방법이 만족도와 가장 강한 상관관계를 가지고 있는 것으로 분석 되었다.

6. 결론

표2 소비자 체감 만족도와 분석 방법과의 상관계수(R²)

분석방법	A Type	B Type	
	1, 2 Harmonic	1 Harmonic	2 Harmonic
Prominence Ratio 방법	0.91	0.83	0.92
Total Peak Band Level	0.83	0.86	0.90
Total Peak Level	0.85	0.86	0.90

Total-Peak 레벨 분석 방법인 경우 B Type의 Tonal Noise에 측파 대역(side band)이 존재할 경우 소비자는 Tonal Noise와 측파 대역을 합산한 음향 파워로 소음을 인식하여 평가하나 이 분석 방법은 이점을 고려 할 수 없으므로 A, B Type A/C에 동일하게 적용 될 수 있는 평가 방법으로는 적절하지 못한 것으로 분석 되었다. 또한 Total-Peak Band 방법의 경우 공력 소음에 대한 Masking 효과를 고려 할 수 없고 A Type의 경우 레벨이 작은 구간에서 만족도와 비선형적 관계가 나타나게 되므로 평가 방법으로는 적합하지 않은 것으로 분석되었다. 따라서 일정 수준의 소비자 체감 만족도를 만족하는 A, B Type의 Tonal Noise에 대한 체감 소음 평가 방법은 1/3 옥타브 분석을 기본으로 한 평균의 Prominence Ratio 방법으로 제안 하였다.

본 연구에서는 에어컨 실내기에서 발생하는 다수의 이상 소음 평가 항목 중 Tonal Noise에 대한 평가 방법 및 기준을 Tonal Noise 레벨 변조에 의한 가상 신호를 실제 제품을 사용하고 있는 소비자 체감 평가로부터 제안하였다. 제안된 규격에 대한 검증을 위하여 가상 신호가 아닌 실 제품에 대한 검토나 실 음향 환경에서의 평가 방법 검증 등에 대한 연구가 추가적으로 필요하리라 여겨진다.

본 연구에서 수행한 소비자 감성 평가에 의한 Tonal Noise 소음 평가 방법 제안의 과정은 이와 유사한 소음 형태를 갖는 BPF 음, 회전 주파수에 의한 소음등의 평가 방법을 제안하는데 적용할 수 있으며 다른 체감평가 항목에 대한 규격 제안에도 활용될 수 있다.

참고문헌

- (1)"Measurement of Airborne Noise Emitted by Information Technology and Telecommunications Equipment", ECMA 74-1. ISO 7779
- (2)E.Zwicker, H.Fastl, Psychoacoustics Fact and Models, Springer.
- (3)H.A. David, The Method of Paired Comparisons 2nd Edition, OXFORD University Press
- (4) 원태연 외 "통계조사 분석" SPSS 아카데미 2002