

소비자 감성 평가에 의한 고조파 소음의 평가 방법

Harmonic Noise Evaluation Method for Home Appliance based on Sensory Evaluation

이진경* · 정정교* · 이재원* · 주재만*

Jinkyung Lee, Jeoungkyo Jeoung, Jeawon Lee, Jaeman Joo

Key Words : Harmonic Noise (고조파 소음), Prominence Ratio, Non stationary sound (시변음),
Fluctuation Strength(변동강도), Sensory Evaluation (감성평가), Preference Index(만족도)

ABSTRACT

Generally, noise from a home appliance has been measured by overall sound pressure level or sound power level, dB. Customers evaluation, however, of this noise should be depend on the only overall level but also the sensory feeling, annoyance, displeasure and so on. 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 harmonic noise, which is a major noise from home appliance and one of the unmeasurable sounds by overall level, is proposed to evaluate its acceptability based on the consumer's sense of hearing. The proposed approach could be applied to the other sound, which acoustical characteristics are similar to the tonal noise.

1. 서론

지금까지의 가전 제품에서 발생하는 소음 평가 방법은 전 음압(overall) 레벨과 음향 파워에 의해 주로 이루어져 왔다. 그러나 실제 소비자는 전 음압 레벨의 크기 뿐만 아니라, 가전 제품의 소음을 듣고 느껴지는 불쾌감등의 느낌을 통해 평가하게 된다. 이러한 느낌에 대한 감성 평가에 있어서, 전 음압 레벨이 어느 정도의 영향을 주기는 하지만, 이상적(異想的)이거나 시간적 변동이 있는 소음의 특징이 평가에 더 많은 영향을 주게 된다. 실제로도 이러한 소음이 존재하는 경우에 짜증도가 증가하는 것은 여러 연구를 통해 알려져 있다. 그러나 이러한 이상적 소음은 일반적으로 사용되어지는 스펙트럼 분석으로 표현이 불가능 하고 전 음압 레벨로는 측정하기 어려운 특징이 있다. 따라서 이러한 이상 소음을 표현하고 평가 할 수 있는 새로운 방법에 대한 필요성이 요구되고 있다.

본 연구에서는 가전제품에서 흔히 발생하는 고조파 소음에 대한 평가 방법을 제안하기 위하여 에어컨 실내기에서 발생하는 고조파 소음을 대상으로 소비자 평가를 실시하였다.

에어컨 운전 시 실내기에서는 실외기 Compressor 의 진동이 실내기로 전달되어 발생하는 소음이 존재한다. 이 소음은 Compressor 의 운전 주파수의 고조파 형태의 순음성 소음으로 발생하게 되는데 특정 차수가 매우 강하게 나타나기도 하고 여러 차수가 동시에 발생하기도 하는 등 경우에 따라 발생 형태가 일정하지 않게 나타난다. 발생 주파수 대역 또한 주로 500Hz 미만의 저주파 대역의 순음 성분으로 나타나나 경우에 따라서는 1kHz 이상의 고주파 대역에도 발생하기도 한다.

본 연구에서는 고조파의 형태로 발생하는 소음 중 저주파 대역의 소음에 대하여 소비자 청음 평가를 실시하였고 각 고조파 성분의 레벨과 갯수에 의해서 소비자의 평가가 어떻게 달라지는지 분석하고 소비자 평가와 가장 상관관계가 높은 정량적인 평가 방법을 제안하고자 한다.

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

2. 소비자 감성 평가

2.1 고조파 소음의 평가 방법

고조파 형태로 발생하는 소음을 정량적으로 표현하는 방법으로는 Tonality, 전체 소음 레벨과 고조파 성분의 합과의 관계를 이용한 평가 방법 그리고 순음 성분을 평가하는 방법인 Prominence Ratio 를 이용한 방법 등이 있다. Tonality 는 Sound quality 파라미터의 하나로 소리의 음의 강도를 정량적으로 측정하는데 사용되는 항목이다. Tonality 는 순음 성분, 그리고 순음성분과 연관된 광대역 압소음과의 상대적인 크기와 관계하는 파라미터로 기본적인 알고리즘은 Terhadrt¹¹⁾에 의해 제안되고 발전되었다.

Prominence ratio (이하 PR) 방법은 정보 통신기기의 순음 성분을 평가하는 방법으로 처음 제안된 것으로 ECMA 74-1¹²⁾ 규격상에는 순음 성분을 포함하는 critical band 의 음향 파워와 그 양 옆의 critical band 의 음향파워의 평균의 차로 정의되어 있다. 그러나 정보 통신 기기와는 달리 가전제품의 경우 순음 성분이나 고조파 성분이 주로 1kHz 미만의 저주파의 형태로 나타나기 때문에 가전 제품 소음 평가 시 옥타브 분석에 비해 저주파 대역에서 상대적으로 넓은 밴드를 사용하는 critical band 를 적용하는 것은 옳지 않다. 본 연구에서는 critical band 대신에 저주파 대역에서 밴드 폭이 좁은 1/3, 1/12 옥타브 분석을 기본으로 하여 분석하고자 하는 주파수 대역의 고조파 소음에 대하여 연속적인 PR 을 구하였다. 고조파 성분을 포함하고 있는 소음에 대하여 평가를 할 때 여러 개의 고조파 성분에 의한 음색 보다는 가장 크게 발생하는 고조파 성분의 불쾌감에 의해 평가하는 것을 착안하여 본 연구에서는 연속된 PR 값들 중 최대값과 소비자 평가 결과를 비교한 방법을 하나의 방법으로 고려하기로 하였다. 마지막으로 전체 소음 레벨과 고조파 성분의 합과의 차를 이용한 평가 방법에 대해서도 소비자 만족도와와의 관계를 분석하였다.

2.2 녹음 및 감성 평가를 위한 음원 변조

일반적으로 sound quality 분석 시 녹음의 위치는 사용자의 입장에서 그 제품을 사용 할 때 보편적 듣는 위치에서 그 제품의 소리의 특징이

가장 잘 나타나도록 녹음을 수행한다. 그러나 복합적으로 발생하는 소음 중 특정한 소음에 대한 평가를 하고자 할 때는 제품의 일반적 수음점보다 특정 소음이 잘 표현되는 위치에서 녹음을 수행하기도 한다. 이번 연구에서는 에어컨 실내기에서 발생하는 고조파 소음이 평가 대상이므로 유체 소음의 영향을 배제 할 수 있고 고조파 소음이 가장 잘 표현 될 수 있는 실내기의 뒷면에서 녹음 하였다. 녹음은 완전 무향실에서 진행 하였고 Artificial Head(Head Acoustics, HMS III)를 이용하여 stereo 로 녹음을 하였다. 이때 Sampling Frequency 는 사람이 듣는 가청주파수 대역인 ~ 20 KHz 까지 전대역의 소음 분석이 가능한 48.0kHz 를 사용하였으며 20 초간 녹음하였다.

본 연구의 목표는 소비자가 고조파 소음을 들었을 때 고조파 소음의 레벨 변화와 순음 성분의 갯수에 따른 만족도를 분석하여 소비자의 평가 결과와 가장 잘 부합되는 평가 방법을 결정하고 불쾌하지 않게 생각되는 기준을 제시하는 것이다. 이 목적에 부합하는 소비자 감성 평가를 위하여 음원 변조를 실시하였다. 우선 에어컨 실내기 소음 중 comp 진동 전달 소음을 기본 주파수로 하는 2~5 차의 고조파 음들을 기저 대비 레벨이 동일하게 만든 기본 음원을 제작하였다. 기본 음원에서의 고조파 성분은 청감적으로 인지 할 수 없을 정도로 작은 레벨이다. 이 기본 음원을 기본으로 주파수에 따른 고조파의 평가 영향을 보기 위하여 각각의 차수의 순음에 대하여 +5, +10, +15, +20dB 의 레벨 변조를 하였다. 또한 2 개 이상의 순음 성분이 발생했을 때의 교호작용에 대한 평가의 차이를 알아 보기 위하여 2 개의 차수 조합에 의한 평가 음원을 제작 하였다..

2.3 소비자 감성 평가

소비자 감성 평가의 대상은 현재 에어컨을 보유하고 사용하고 있는 30~40 대 전업주부 24 명으로 선정하였다. Head Phone 을 통한 청음 방법을 사용하였으며 각각의 Head Phone 은 Reference Sound 로 보정을 실시하여 모든 평가자가 동일한 음원을 듣고 평가를 할 수 있게 하였다. 또한 본 청감 평가 이전에 먼저 평가자에게 고조파 소음 발생 크기가 다른 여러 소리를 미리 들려주어 평가하고자 하는 소리가 어떤 것인지를 충분히 숙지 할 수 있게 하였다.

본 청감 평가는 5sec 의 평가 음원을 청취, 평가 후 5sec 의 공백 시간을 두어 직전의 평가 음원과 상대적으로 평가하는 것을 배제 하였다. 평가 문항지는 7 점 척도를 사용하였으며 동일한 평가 음원의 반복을 통하여 평가자의 반복성을 검증하였다.

3. 소비자 감성 평가 결과

3.1 1 개의 고조파 소음에 대한 평가

고조파 소음의 발생 형태 중 특정한 차수의 순음 성분이 강하게 나타나는 경우에 대하여 우선 분석을 실시하였다. 하나의 차수의 순음 레벨 변화에 따른 소비자 만족도와 앞에서 언급한 여러 고조파 소음 평가 방법에 대한 상관관계를 분석한 결과는 다음 표 1 과 같다. 상관관계 분석 결과 고조파를 평가하는 여러 방법 중에서 1/3 옥타브 분석을 기본으로 하는 최대 PR 평가 방법이 소비자의 감성 평가 결과가 가장 강한 상관관계를 보이고 있음을 알 수 있다. 이 결과로 하나의 순음성분으로 발생하는 고조파 소음의 경우 1/3 옥타브 분석을 기본으로 한 PR 방법으로 평가하는 것이 가장 타당함을 알 수 있다. 그림 1 은 1/3 옥타브 분석을 기본으로 한 최대 PR 값과 소비자 만족도와의 관계를 나타낸 것이다. 그림 1 의 결과로 보면 각각의 고조파 차수에 대한 소비자 평가와 최대 PR 값이 선형의 형태로 나타나고 있으며 소비자가 불쾌하게 느끼지 않을 최소 기준 만족도 3.5에 해당하는 값 이하가 되면 PR 값의 감소에 대한 소비자 평가가 둔감해 지는 것을 볼 수 있다

표 1. 평가 방법에 소비자 만족도와의 상관관계

평가 방법	상관계수(R ²)
Tonality	0.75
PR(1/3)	0.89
PR(1/12)	0.26
Total-Σ 고조파	0.54

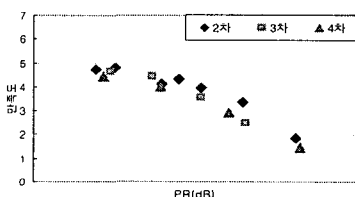


Fig. 1. 1 개의 순음 존재 시 소비자 평가 결과

3.2 2 개 이상의 고조파 소음에 대한 평가

고조파 소음의 경우 하나의 순음이 강하게 발생을 하기도 하지만 2 개 이상의 고조파 순음 성분으로 발생하기도 한다. 2 개 이상의 고조파 성분이 발생시 레벨 혹은 갯수에 대한 소비자 평가의 영향을 알아보기 위하여 2 ~ 5 차 고조파 성분 중 2 개 순음의 조합을 이용해 레벨을 변조하여 실시한 소비자 청음 평가 결과와 각각의 평가 방법과의 상관관계는 표 6 과 같다. 하나의 순음 성분의 형태로 존재할 때와 마찬가지로 1/3 옥타브 분석을 기본으로 하는 최대 PR 방법이 가장 강한 상관관계를 나타내고 있다. 2 개 Harmonic 에 대한 소비자 청음 평가 결과를 볼 때 전달음 성분의 차수와 관계없이 최대 PR 이 동일할 경우 소비자의 평가가 동일함을 알 수 있다. 이는 소비자들이 고조파 형태의 순음을 평가 할 때 순음의 개수에 상관없이 가장 날카로운 순음에 의해 평가하는 것을 알 수 있다. 위의 결과로 고조파 소음이 발생 할 때 순음 성분의 차수나 개수에 상관없이 최대 PR 을 이용한 하나의 방법으로 평가가 가능하다는 것을 알 수 있다. 소비자 평가와 최대 PR 과의 관계를 그림 2 에 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 소비자 만족도와 최대 PR 값 사이에 강한 상관관계(R²=0.86)가 있음을 보여 주고 있다. 이는 최대 PR 에 의한 평가 방법이 소비자의 평가를 잘 표현하고 있다는 것을 알 수 있다.

표 2. 평가 방법에 소비자 만족도와의 상관관계

평가 방법	상관계수(R ²)
Tonality	0.41
PR(1/3)	0.85
PR(1/12)	0.65
Total-Σ 고조파	0.21

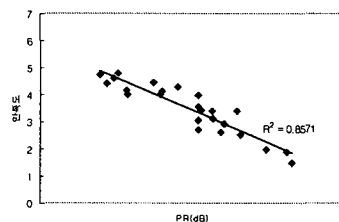


Fig. 2. 최대 PR 과 소비자 만족도

3.3 시간에 따른 변동음이 존재 할 경우

지금까지의 고조파 소음의 평가 및 분석은 시간에 따라 변동이 없는 정상음에 대하여 이루어져 왔다. 하지만 고조파 소음의 발생 주파수가 다른 원인에 의해 발생하는 소음과 유사할 경우 맥놀이 현상이 발생하거나 시간에 따라 변동하는 소음이 발생하기도 한다. 이렇게 시간에 따른 변동음이 존재 할 때 소비자의 평가는 더 나빠지게 된다. 일반적으로 변동음이 존재 할 시 동일한 레벨의 소음이라도 소비자들은 더욱 불쾌하게 여긴다고 알려져 있다. 시간 변동이 심한 고조파 소음인 경우 최대 PR 값이 같다고 하더라도 소비자 만족도가 현저히 낮음을 알 수 있다. 시변음의 변화에 대한 소비자 만족도의 영향을 알아 보기 위하여 Fluctuation Strength, 최대 PR 에 대한 만족도를 그림 3 에 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 Fluctuation Strength 값이 일정 레벨 이하 일때는 최대 PR 값에 의해서 평가가 이루어 지나 Fluctuation Strength 값이 이상일 경우 최대 PR 값에 상관없이 평가가 급격히 나쁘게 이루어 지고 있음을 알 수 있다. 위의 결과에서 알 수 있듯이 가전제품에서 발생하는 고조파 소음인 경우 음의 시간 변동량은 순음의 레벨에 상관 없이 일정 레벨 이하가 되어야 함을 알 수 있다.

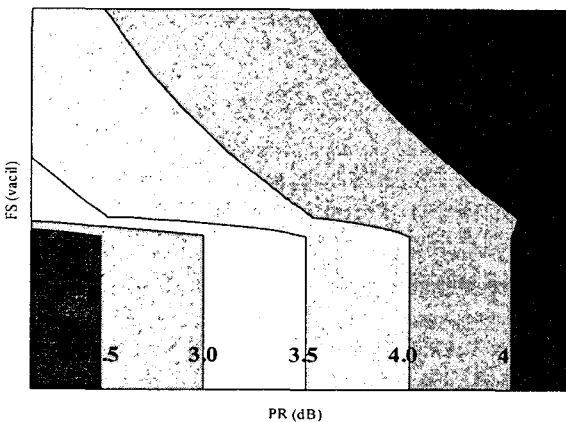


Fig 2. Fluctuation strength, 최대 PR 과 소비자 만족도

4. 고조파 소음 평가 방법 제안

지금까지 고조파 소음이 하나의 순음 형태로 존재하는 경우와 2 개 이상의 순음의 형태로 존재하는 정상음 경우에 대하여 소비자 평가 결과를 고조파 소음을 평가 할 수 있는 여러

방법으로 분석하였다. 그 결과 고조파 소음의 차수나 발생 갯수에 상관없이 1/3 옥타브 분석을 기본으로 한 최대 PR 값이 소비자 평가 결과와 가장 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 그러므로 고조파 소음을 평가 하는 방법으로 최대 PR 값이 가장 적절함을 알 수 있다. 또한 시변 소음의 경우 시변량이 일정 수준 이하이면 평가에는 영향을 미치지 않으나 일정 수준 이상이면 소비자 평가가 급격히 나빠지는 것을 확인하였다. 그러므로 소비자가 불쾌히 여기지 않은 수준인 기준 만족도를 만족하기 위해서는 최대 PR 값이 일정 레벨 이하이어야 하고 또한 시간 변동량을 나타내는 평균 Fluctuation Strength 값이 순음 성분의 크기에 상관 없이 기준 이하가 되어야 한다.

5. 결론

지금까지 가전제품에서 발생하는 고조파 소음에 대한 평가 방법을 제안하기 위하여 에어컨 실내기에서 발생하는 고조파 소음을 대상으로 소비자 평가를 실시하였다. 소비자 평가 결과와 고조파 소음을 평가하는 여러 방법과의 상관관계 분석하였다. 분석 결과 고조파 소음의 발생 형태와 상관없이 1/3 octave 분석을 기본으로 하는 최대 PR 값과 가장 상관관계가 높은 것으로 나타났으며 이 방법을 고조파 소음 평가 방법으로 제안하였다. 본 연구에서는 저주파 대역의 고조파 소음에 대한 평가 방법을 제안하였으나 향후 고주파 대역의 고조파 소음에 대한 평가 방법에 대해서도 연구가 필요하리라 여겨진다.

참고문헌

- (1) Terhardt E., Algorithm for Extraction of Pitch and Pitch Saliency from Complex Tonal Signal, Journal of Acoustical Society of America, 71(3), pp679-688(1982)
- (2) "Measurement of Airborne Noise Emitted by Information Technology and Telecommunications Equipment", ECMA 74-1. ISO 7779
- (3) E.Zwicker, H.Fastl, Psychoacoustics Fact and Models, Springer.
- (4) H.A. David, The Method of Paired Comparisons 2nd Edition, OXFORD University Press
- (5) 이진경, 이제원, 주재만, "소비자 감성평가에 의한 에어컨 tonal noise 평가 방법 제안" 소음진동공학회 춘계학술대회, 2005
- (6) 원태연 외 "통계조사 분석" SPSS 아카데미 2002