

교통소음의 음질 특성에 따른 불쾌도 감성변화에 대한 연구

A Study on Changes of the Annoyance Perception for Sound Quality Characteristics of the Traffic Noise

송치문† · 허덕재* · 조경숙* · 황대선* · 조연*

Chi Mun Song†, Hur Deog-Jae*, Jo Kyoung-sook*, Dae-Sun Hwang*, Yeon Cho*

Key Words : Traffic Noise(교통소음), Annoyance(불쾌도), Sound Quality(음질), Sound quality evaluations(음질 평가), Sound quality metrics(음질 물리량), Subjective Jury Testing(주관평가)

ABSTRACT

The A-weighting curve, very well explain the human perception for various frequency, is used to assess the traffic noise as well as the environmental noise. However, it does not reflect the annoyance perception appropriately because it assesses the noise at an A-weighted equivalent noise level of 1 kHz. In this study, we acquired the sound quality of traffic noise included various frequency and studied the human perception caused by change of frequency range.

1. 서 론

소득 수준의 향상으로 삶의 질이 향상되고 쾌적한 환경에 대한 욕구가 중요한 논점으로 되었다. 특히 생활환경소음에 대한 관심이 증가하면서 건설소음, 공장소음, 교통소음 및 생활소음에 의한 불만 및 피해사례가 급증하고 있다. 여기서 소음이란 듣기 싫은 소리로 정의하며, 육체적 측면과 정신적 측면의 부정적 영향을 나타낸다. 이전에는 육체적인 반응으로 반응으로부터 작업환경의 방해 등에 대한 연구가 진행되어 환경소음의 분류와 평가의 척도를 구성하는 것이 대부분이었다.[1,2] 그러나 최근에는 환경소음에 대하여 육체적인 반응뿐만 아니라 감성 특성을 고려한 연구가 활발히 진행되고 있다.

1934년 Fletcher는 팀버(timbre)가 서로 다른 음원에 의하여 서로 다른 인지의 표현으로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 같은 음에 대하여도 표현할 수 있다고 주장하였다.[3] Osgood는 형용사어의 분별법(SDM, Semantic differential method)등을 제안하였다.[4] 국내에서도 주거환경, 사무실 그리고 교통소음에 대한 감성 연구가 진행되고 있다. 그러나 dBA, LeqA 등 기존 평가법에서 사용되고 있는 물리량을 기준으로 연구가 수행되고 있는 실정이다.[5]

본 연구에서는 환경소음 중 교통소음의 음질에 대한 감성 특성에 초점을 맞추었으며, 일반적으로는 주파수 변화에 따른 인간의 감성변화를 A-weighting 곡선이 가장 잘 대변하고 있지만, 1 kHz 순음에 대한 주파수별 Loudness를 보정한 것으로 실생활에서 발생하는 소음에 대한 불쾌도를 반영하는 데는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 교통소음의 음질에 대한 주파수 변화에 따른 인간의 감성변화를 연구하였다.

† 책임저자, 고등기술연구원 및 아주대학교
E-mail : cmsong@iae.re.kr
Tel: (030) 330-7477, Fax: (031) 330-7116

* 고등기술연구원 제품기술센터

2. 환경소음 측정

2.1 측정 방법 및 수집

본 연구에서 조사된 교통소음은 도로와 도심에서 차

량소음이 원활하고 교통량이 많은 지역을 선정하여 차량의 이동소음을 측정하였다. 도로상의 차량 진행방향에 대해 수직한 거리에서 측정하였으며, 차량 이동 및 바람에 의한 기류 통과음의 영향을 최대한 차단하기 위하여 방풍막을 사용하였다. 측정 개요도는 아래의 그림 1과 같다.

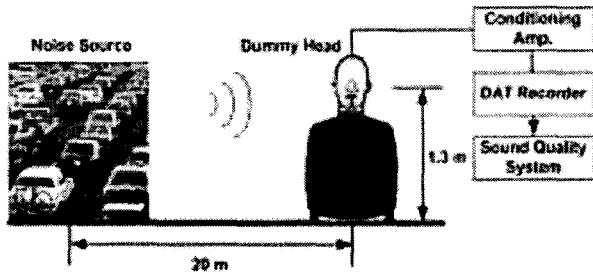


그림 1 환경소음 측정 개요도

또한 주관평가는 교통소음의 레벨 변화 및 주파수 특성 변화에 따른 불쾌도를 측정하고 감각곡선을 추출하기 위하여 정상청력을 지닌 20-30대 남녀 43명을 대상으로 평가 수행하였다.

평가는 2가지 방법에 대하여 시험을 하였다. 첫 번째 평가는 6dB 레벨 변화에 따른 불쾌도를 측정하여 감각곡선을 추출하였으며, 두 번째 평가는 주파수 특성이 변화된 다양한 음원을 청취하여 불쾌도를 측정하여 감각곡선을 추출하였다.



그림 2 교통소음 주관평가 수행 전경

2.2 시험 장치 구성

소음 측정은 인체의 청각기관의 형태를 고려한 더미 헤드를 사용하였으며, 데이터 레코더를 사용하여 48kHz의 샘플링 주파수로 기록하였다. 측정위치는 음원으로부터 수직한 직선거리 20m이고, 지면으로부터 약 1.3m 높이에서 측정하였다. 시험에 사용된 측정 장비는 표 1에 정리하였다.

표 1. 측정 및 분석 장비

시험 장비	수량	용도
Dummy Head (B&K 4100)	1	소음 측정
Conditioning Amp. (B&K 2972)	1	소음 신호 증폭
DAT Recorder (SONY PC216A)	1	시간 데이터 저장
Piston Phone (B&K 4231)	1	마이크로폰 교정
MTS Sound Quality version 3.7.5	1	분석 및 음원 재연 시스템

3. 교통소음의 음질에 대한 주관평가

3.1 평가 음원의 구성

평가 음원은 레벨 변화(시험 1) 및 주파수 특성 변화(시험 2)에 따라 각각 구성하였으며, 시험 1에 사용한 레벨 변화의 음원 구성은 주파수 밴드 구성이 24개 Bark 단위를 4개씩 묶어 6개 밴드로 표현하였으며, 전체음원에 대하여 각 주파수 구간간 +6dB 높게 구성한 음원이다. 또한 시험 2에 사용한 주파수 특성에 따른 음원은 도로교통소음과 도심교통소음을 대상으로 24개 Bark 단위를 3개씩 묶어 8개 밴드로 구성하였으며, 구성된 8개의 음원은 해당 주파수 밴드만 잘라내어 54dB부터 84dB 까지 6dB 간격으로 6개 레벨로 8초의 길이로 편집하여 구성하였다.

3.2 평가 방법

주관평가방법으로는 쌍대비교법(PCM)과 어의적 인자 추출시험으로 형용사어의 분별법(SDM)이 그동안 많이 사용되었다.[6,7] 하지만 본 연구에서는 피평가자에게 기준음원(reference sound, 1kHz 66dB sine)을 들려주고, 평가 소음을 들려주면서 기준음원에 비하여 평가 음원의 불쾌도가 높은지 낮은지를 주관적으로 평가하고 100점 척도로 표기하였다. 시험은 모두 전체 평가자가 동일한 음원을 청취 할 수 있도록 헤드폰을 사용하였으며 sound quality system을 통해 음원 제시 및 시간을 통제하였다.

4. 시험 결과

4.1 시험 1

- 주파수 대역의 크기에 따른 특성변화

그림 3은 도로교통소음원의 물리량의 변화를 보여준다. Linear SPL이나 A-weighting SPL의 값이 큰 차이를 보이지 않고 있음을 볼 수 있다. 이는 음원의 물리량 변동이 크지 않음을 알 수 있다. 또한 교통소음의 음원 성분 중 저주

파수 대역의 성분이 상대적으로 많이 포함되어 있는 것을 확인 할 수 있었다. 여기서, w0은 기준음원이며, w1~w6은 주파수 구간별 음원을 나타낸다.

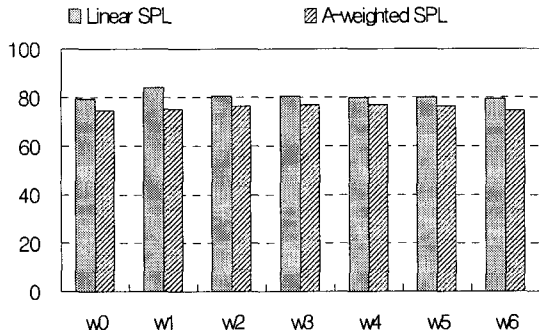


그림 3 도로교통소음의 물리적 특성 비교

주파수대역 크기에 따른 감성변화를 고찰한 결과 그림 4와 같이 음원의 크기 변화에 대한 양상과는 다른 불쾌도곡선을 확인하였는데, 유사한 레벨의 음원일 경우 주파수 성분 특성이 달라짐에 따라 불쾌도 반응 결과가 다르게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 고주파수 성분의 영향이 더욱 크게 작용하는 것을 보이고 있다.

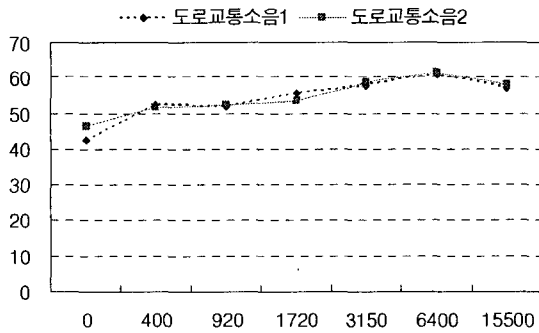


그림 4 도로교통소음의 Annoyance 비교

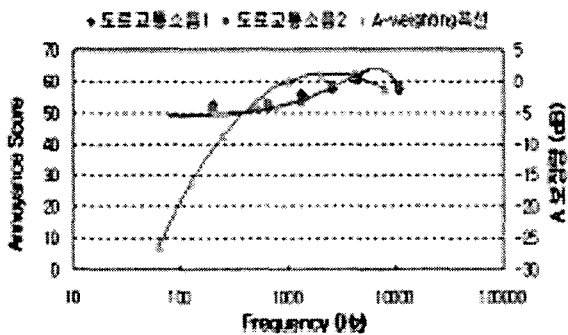


그림 5 등청감 곡선 보정치와 불쾌도 비교

등청감곡선의 청감보정과 음원간 weighting 구간별 불쾌도 민감도곡선을 비교하면 그림 5와 같이 불쾌도 곡선도 A-weighting과 같은 추이를 보이고 있다. 하지만 가장 민감한 주파수인 Peak 값이 이동하고, 저주파수에 대한 짜증도가 매우 높게 평가되고 있다.

앞에서의 결과에서 보여주듯이 음원의 크기 레벨 뿐만 아니라 음원이 가지고 있는 음질의 특성에 대한 연구가 필요하다. 특히 불쾌도 민감도가 A-weighting 곡선에 비하여 높게 평가된 중, 저주파수에 대한 분석이 요구되어 시험 2를 진행하게 되었다.

4.2 시험 2

- 주파수 특성에 따른 특성변화

교통소음의 주파수에 따른 소음도를 분석한 결과 그림 6과 7에서와 같이 저주파수 대역의 소음도가 크게 형성되어 있는 것을 볼 수 있다.

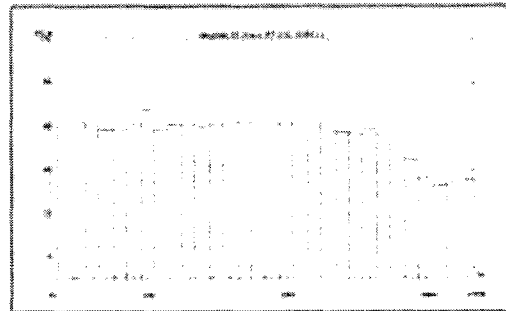


그림 6 도로교통소음의 1/3 옥타브 스펙트럼 분석 결과

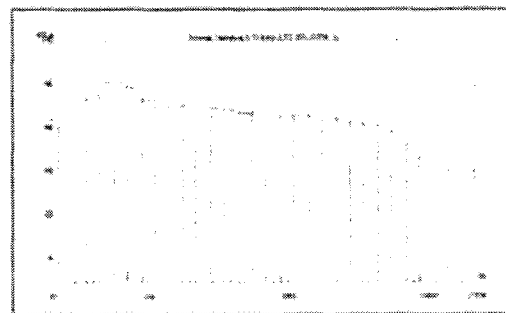


그림 7 도심교통소음의 1/3 옥타브 스펙트럼 분석 결과

신뢰도가 검증된 평가자의 교통소음의 주파수 변화에 따른 불쾌도를 분석하면 아래의 그림 8과 9와 같다.

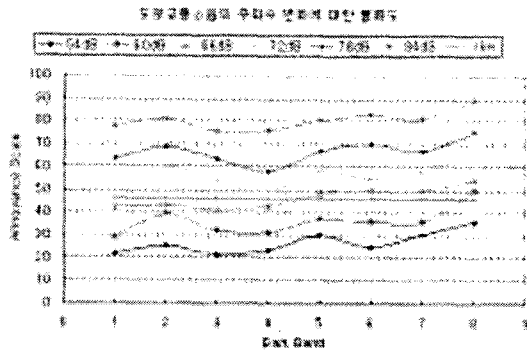


그림 8 도로교통소음의 주파수 변화에 대한 불쾌도

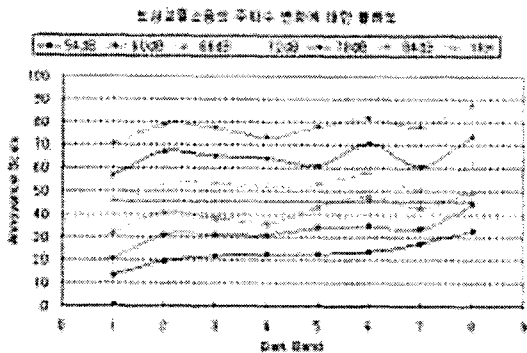


그림 9 도심교통소음의 주파수 변화에 대한 불쾌도

66dB의 1 kHz의 기준음원과 시험조건 중 66dB 레벨에 해당하는 음원에 대하여 도로교통소음과 도심교통소음원에 대한 불쾌도 평가 결과를 비교하였다. 시험 결과는 그림 10과 같으며, 시험 결과로부터 교통소음의 경우 저주파수 대역에서의 소음도는 크게 형성되지만 불쾌도의 경우 고주파수 대역에서 큰 값을 보이고 있는 것을 확인 할 수 있었다.

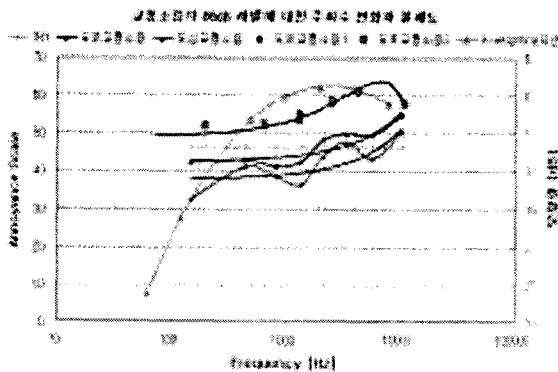


그림 10 교통소음의 주파수 변화에 대한 불쾌도

4. 결론

본 연구에서는 다양한 주파수 대역을 포함하고 있는 교통소음의 음질을 획득하여 주파수 밴드 구성이 24개 Bark 단위를 4개와 3개로 각각 묶어 6밴드와 8밴드로 음원을 구성하여 주파수 대역에 대한 레벨 및 주파수를 변화하여 인간의 감성변화를 연구하였다. 먼저 음원을 분석한 결과 물리량의 변동은 크지 않았으며, 저주파수 대역의 성분이 상대적으로 많이 분포되어 있는 것을 알 수 있었다. 그리고 감성은 고주파수 대역에 대한 불쾌도가 저주파수 대역보다 높게 평가되었으며, A-weighting 곡선과 비교하여 상대적으로 저주파수 대역의 불쾌도가 매우 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 환경기술진흥원의 2003년 차세대핵심환경기술 개발사업 과제 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Joseph sataloff, Robert Thayer Sataloff, Hyman Menduke et al. Hearing loss and Intermittent noise exposure. Journal of Occupational Medicine 1984 ;26(9): 649-656. Sep.
- (2) SHELDON COHEN, GARY W. EVANS et al. Physiological, Motivational, and Cognitive Effects of Aircraft Noise on Children. American psychologist. 1980 : 35(3) ; 231-243. March.
- (3) H. Fletcher, "Loudness, pitch and timbre of noise of musical tones and their relations to the intensity, the frequency and the overtone structure", J. Acoust. Soc. Am. vol6, 59-69, 1934.
- (4) C. E. Osgood, G. Suci, and P. Tannenbaum, The Measurement of Meaning., University of Illinois Press, Urban, 1957.
- (5) Han, M. H., "A Study on the Psychological Attributes of Noise and its Evaluation", collection of Seonam University, 565-577, 1994
- (6) 김선우 등, "음의 심리 평가를 위한 어휘의 유형화에 관한 연구," 한국소음진동공학회지 제3권 제4호, pp.361-369, 1993.
- (7) 허덕재 등, "차량 실내소음의 음질 분석 및 모델화," 한국소음진동공학회지 제10권 제2호, pp.254-260, 1993.