

# 가상의 음 재현 환경에서의 교통소음에 대한 주관적 반응

김재환\*, 임창우\*, 정원태\*, 홍지영\*, 이수갑\*, 정완섭\*\*

\*서울대학교 기계항공공학부, \*\*한국표준과학연구원 음향진동그룹

## Transportation noise annoyance in a simulated environment.

J. Kim\*, C. W. Lim\*, W. Jeong\*, J. Hong\*, S. Lee\*, W. Jeung\*\*

\*Seoul National University, \*\*Korea Research Institute of Standards and Science

[kjh03@snu.ac.kr](mailto:kjh03@snu.ac.kr), [qlider20@snu.ac.kr](mailto:qlider20@snu.ac.kr), [wontae@snu.ac.kr](mailto:wontae@snu.ac.kr), [hongjy@snu.ac.kr](mailto:hongjy@snu.ac.kr), [solee@plaza.snu.ac.kr](mailto:solee@plaza.snu.ac.kr),  
[wansup@kriss.re.kr](mailto:wansup@kriss.re.kr)

### 요약

환경소음에 관한 연구는 주로 소음노출지역에 대한 소음 측정 및 사회적 조사(Social Survey)를 토대로 이루어 졌다. 이는 장기간 소음에 노출된 사람에 대한 소음평가의 수단뿐만 아니라 소음관련 법안 제정에 있어서 규제치를 결정하는 기준으로도 사용될 수 있다. 이에 반하여 본 논문에서는 소음에 대한 순간적인 반응 즉, 짧은 순간의 소음노출에 대한 주관적 반응을 알아보려고 하였으며, 방법적 측면(Methodology)에서의 제약으로 인하여 가상의 음 재현장치의 구성을 통하여 일반인을 대상으로 청감반응실험을 할 수밖에 없다. 먼저 항공기, 기차, 자동차 소음의 샘플을 녹음하여 일련의 신호처리 과정을 통하여 청감반응실험에 사용될 음원을 만들고, 청력검사를 통하여 청각에 이상이 있다고 판단되는 피검자의 데이터는 배제시킨 후 실험을 행하였다. 이러한 청감반응실험을 통하여 소음원의 종류, 성별, 연령, 소음 민감도 등에 따라 소음에 대한 성가심, 불편감의 정도는 다르게 나타남을 알 수 있었다.

### 1. 서론

본 연구는 소음과 사람의 주관적 반응의 상관관계를 분석하고 비음향학적 인자들에 따른 심리음향학적 반응을 비교해보고자 한다.[1,2]

이를 위해서는 소음을 측정하고 이를 토대로 얻은 주관적 반응을 정량화하여 소음원이나 다른 변수간의 직접적인 비교가 가능하도록 하는 일련의 과정들이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 주관적 반응 척도를 수치단위(Numerical Scale)로 규정하여 청감반응실험에 활용하였고, 이를 토대로 소음의 주관적 반응에 대한 정량평가를 수행하였다.[3]

### 2. 청감반응실험

청감반응실험을 위하여 각 교통소음원의 샘플을 녹음하여 표본음을 만들고 이를 무작위로 배치시켜서 실험자극음(총 6개 셋)을 구성하였다.

## 2.1 음 재현장치 구성

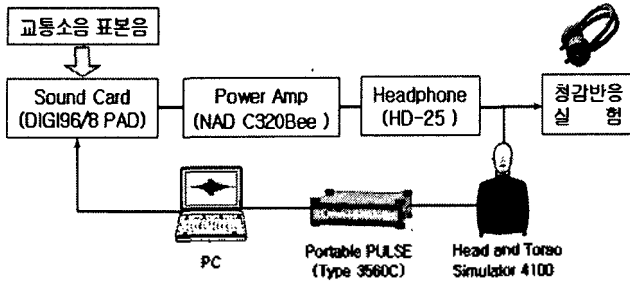


그림 1 음 재현장치 구성도

소음과 심리적 반응의 상관관계 분석을 위해서는 가상의 환경에서 제공되는 자극음의 왜곡을 최소화해야 한다. 이를 위하여 주파수 특성이 대체로 평탄하게 제작된 장비들을 사용하였으며, 실험 전 출력되는 음의 주파수 대역별 크기와 전체 크기 (Overall dB)에 대한 보정을 통하여 피실험자에 제공되는 음의 왜곡을 최소화 하였다. 위의 그림은 음 재현장치 구성도이다.

## 2.2 실험 환경 및 방법

실험에 앞서 청각에 장애가 없는 피실험자의 데이터만을 정량화 모델에 사용하기 위하여 국제표준 (ISO)에 근거하여 청력 검사(청력 Screening Test)를 실시하였다.[4,5,6]

실험은 배경소음의 효과를 최소화 하기 위하여 무향실에서 시행되었으며, 피실험자가 자극음을 듣고 표에 제시된 Annoyance Scale 에 표시하도록 하였다.

표 1 무향실 제원

|                  |                             |
|------------------|-----------------------------|
| Size             | 4100 X 4100 X 3200 (mm)     |
| Test Section     | 3200 X 3200 X 2100 (mm)     |
| Cutoff Frequency | 200 Hz                      |
| Absorb Material  | Urethane Foam               |
| Purpose          | Far Field Noise Measurement |

표 2 Annoyance Scale

|            |   |   |   |   |           |   |   |   |   |    |
|------------|---|---|---|---|-----------|---|---|---|---|----|
| Not at all |   |   |   |   | Extremely |   |   |   |   |    |
| 0          | 1 | 2 | 3 | 4 | 5         | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

## 3. 분석 및 결론

총 600 여 명을 대상을 청감반응실험을 수행하였고, 이를 통하여 얻어진 데이터를 SPSS 10.0 (for Windows)로 회귀분석을 하였다.

그리고 Annoyance Scale 0~10 중 8, 9, 10 을 Highly Annoyed 라고 정의하고 그에 대한 백분율(%HA)로써 평가척도로 삼았다.[7,8]

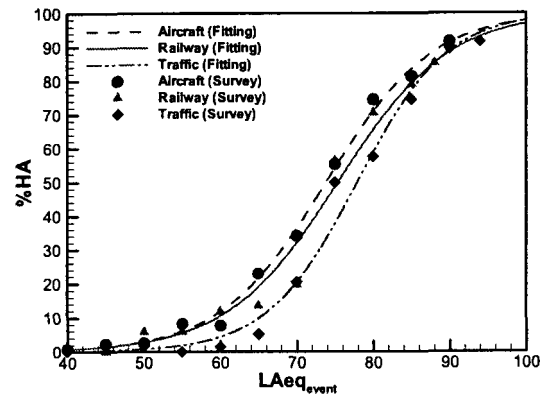


그림 2 소음원에 따른 %HA 회귀 곡선 비교

표 3 소음원별 %HA 회귀식

| 소음원 | 회귀식                                 | R <sup>2</sup> |
|-----|-------------------------------------|----------------|
| 항공기 | $\%HA=100/[1+\exp(10.76-.16 LAeq)]$ | 0.996          |
| 철도  | $\%HA=100/[1+\exp(10.50-.14 LAeq)]$ | 0.972          |
| 자동차 | $\%HA=100/[1+\exp(13.38-.17 LAeq)]$ | 0.982          |

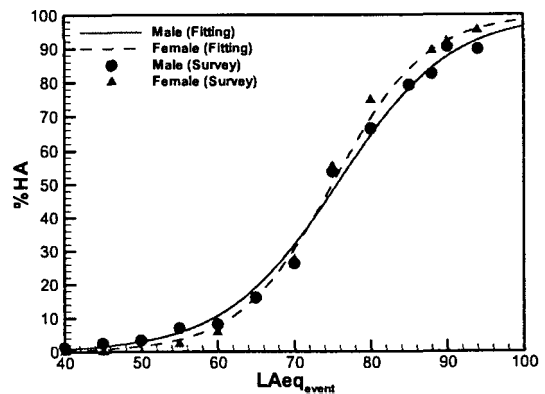


그림 3 성별에 따른 %HA 회귀 곡선 비교

표 4 성별 %HA 회귀식

| 성별 | 회귀식                               | R <sup>2</sup> |
|----|-----------------------------------|----------------|
| 남  | $%HA=100/[1+\exp(10.28-.14LAeq)]$ | 0.993          |
| 여  | $%HA=100/[1+\exp(12.37-.16LAeq)]$ | 0.993          |

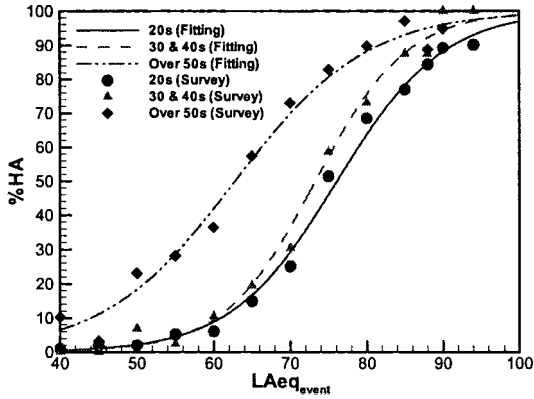


그림 4 연령에 따른 %HA 회귀 곡선 비교

표 5 연령별 %HA 회귀식

| 연령      | 회귀식                               | R <sup>2</sup> |
|---------|-----------------------------------|----------------|
| 20 대    | $%HA=100/[1+\exp(10.98-.14LAeq)]$ | 0.994          |
| 30~40 대 | $%HA=100/[1+\exp(12.34-.17LAeq)]$ | 0.991          |
| 50 대이상  | $%HA=100/[1+\exp(7.33-.12LAeq)]$  | 0.985          |

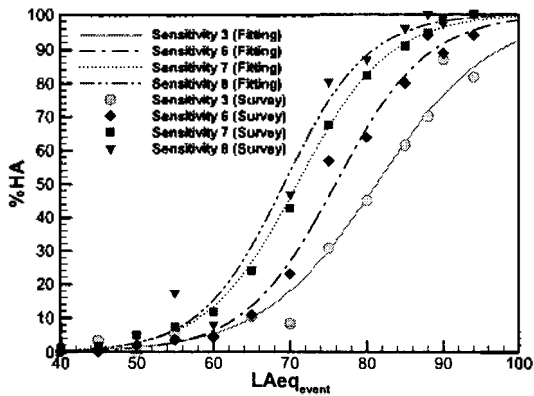


그림 5 소음 민감도에 따른 %HA 회귀 곡선 비교

표 6 소음 민감도별 %HA 회귀식

| 민감도 | 회귀식                                | R <sup>2</sup> |
|-----|------------------------------------|----------------|
| 3   | $%HA=100/[1+\exp(10.97-.135LAeq)]$ | 0.979          |
| 6   | $%HA=100/[1+\exp(12.91-.17LAeq)]$  | 0.987          |
| 7   | $%HA=100/[1+\exp(12.18-.17LAeq)]$  | 0.998          |
| 8   | $%HA=100/[1+\exp(12.95-.187LAeq)]$ | 0.980          |

전체 데이터를 소음원의 종류, 연령, 성별, 개인의 소음에 대한 민감도 별로 구분하였고 회귀곡선 모형을 L. S. Finegold 가 추천하는 로지스틱 모델(Logistic Fit)을 채택하였다.[9]

그림 2~5, 표 3~6 에서 나타났듯이 음향학적 변수(Acoustic Variables), 즉, 소음원(소음도, 주파수 특성)뿐만 아니라 비음향학적 변수(Non-Acoustic Variables), 여기서는 성별, 연령, 소음 민감도 등에 따라서도 심리적 반응의 차이가 나타난다.[10]

결과를 정리해 보면,

- 1) 소음원의 경우 항공기의 성가심, 불쾌감 정도가 가장 높았으며, 다음으로 철도, 자동차 순서로 나타났다.
- 2) LAeq 65~75 dB 정도의 소음에 노출 시 그에 대한 반응의 남녀간 차이는 거의 나타나지 않았으며, 소음도가 그 이상일 경우에는 여자가, 소음도가 그 이하일 경우에는 남자가 성가심, 불쾌감 정도가 높게 나타났다.

3) 소음 노출에 대한 연령에 따른 반응은 대체로 나이가 많을수록 성가심의 비율이 높게 나타났다.

4) 소음 민감도는 피실험자 개개인이 소음에 대해 어느 정도의 민감성을 가지는가를 나타낸다. 개개인의 민감도 측정장치나 방법 등은 현재의 기술로는 불가능한 것으로 판단되며, 참고로 H.M.E. Miedema 는 0~100 Scale 을 사용하여 피실험자에게 직접 묻는 방식으로 수행한 적이 있다.[10] 따라서 소음 민감도에 대한 정도는 전적으로 피실험자의 주관적 판단이나 느낌에 의존할 수밖에 없다. 본 실험에서는 소음

민감도를 나타내는 Scale 역시 0~10 으로 제공하였고 10 으로 갈수록 소음에 매우 민감하다고 정의 하였다. 그림 5 와 표 6 에서 볼 수 있듯이 소음에 민감한 사람일수록 성가심, 불쾌감 정도가 높아지는 경향이 나타남을 알 수 있다.

## 후 기

본 연구는 한국환경기술진흥원, 차세대 핵심환경기술 개발 사업의 일환으로 연구된 것임.

## 참고문헌

1. E. Ohstrom, M.Bjorkman and R. Rylander, (1980) "Laboratory annoyance and different traffic noise sources", *Journal of Sound and Vibration* 70(3), pp.334-341
2. G. Labiale, (1983) "Laboratory study of the influence of noise level and vehicle number and annoyance", *Journal of Sound and Vibration* 90(3), pp.361-371
3. S. Kurra, M. Morimoto, Z.I. Mackawa, (1999) "Transport noise annoyance - A simulated - Environment study for road, railway and aircraft noises, Part 1: Overall annoyance", *Journal of Sound and Vibration* 220(2), pp.251-278
4. ISO 8253-1: 1989, Acoustics - Audiometric test methods - Part 1: Basic pure tone air and bone conduction threshold audiometry.
5. ISO 8253-2: 1992, Acoustics - Audiometric test methods - Part 2: Sound field audiometry with pure tone air and narrow-band test signals.
6. ISO 8253-3: 1996, Acoustics - Audiometric test methods - Part 3: Speech audiometry.
7. Schultz, T. J. (1978), "Synthesis of social surveys on noise annoyance", *J. Acoust. Soc. Am.* 64(2), pp.377-405.
8. Karl D. Kryter, (1982), "Community annoyance from aircraft and ground vehicle noise", *J. Acoust. Soc. Am.* 72(4), pp.1222-1242
9. Lawrence S. Finegold, Michiko S. Finegold, (2002) "Development of exposure-response relationships between transportation noise and community annoyance", *Japan Net-Symposium on "Annoyance, Stress and Health Effects of Environmental Noise"*, November-December 2002.
10. Henk M. E. Miedema and Henk Vos, (1999) "Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise", *J. Acoust. Soc. Am.* 105(6), pp.3336-3344