

고속열차 실내소음 제어를 위한 Masking Effect 적용 가능성 연구

A Study on the Masking Effect for KTX Indoor Noise Control

임상혁† · 오교원* · 임희규* · 강한선* · 이재웅**

Sang-Hyuk Lim, Kyo-Won Oh, Hee-Kyu Lim, Han-Sun Kang, Jae-Eung Lee

1. 서론

KTX가 보편화 됨에 따라 점차 그 이용량이 확대되고 있고 기술이 발전됨에 따라 열차는 점차 고속화, 경량화 되어가고 있다. 이런 이유로 인하여 열차 실내의 Comfortability 문제가 야기되고 있다. 특히 열차 소음 문제는 원인 규명과 대책에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 열차는 운행되는 환경에 따라 소음원의 종류와 크기, 성향이 다르게 나타나기 때문에 현재의 방음제 사용만으로는 소음 제어에 한계를 드러내고 있다. 이런 문제점의 해결하기 위해 능동 소음 제어(Active Noise Control)의 형태로 변화하고 있다. 본 논문에서는 능동 소음 제어의 방법으로 Masking Effect의 활용 가능성에 대해 연구하였다. 기존의 일반적인 Masking Effect의 이론을 실제 적용할 수 있게 분석하여 소음의 제거 뿐만 아니라 열차 내부의 승객 Comfortability 향상에 얼마나 기여할 수 있는지를 보고자 하였다.

2. Masking Effect 실험

2.1 실험 Setting

실험은 3m x 5m x 3m의 방음벽이 장착된 공간에서 1인씩 실험에 참여하였다.

대상 음원은 Sony ICD-SX67로 녹음한 KTX의 소음을 사용하였으며 실제 소음의 크기와 동일한 조건을 만들기 위해 두 대의 Speaker를 통해 20명의 실험대상에게 들려주었다. 또한 변화하는 소리의 크기 측정을 위해 실험대상의 위치에 소음측정기를 위치시켜 측정하였다.

치시켜 측정하였다.

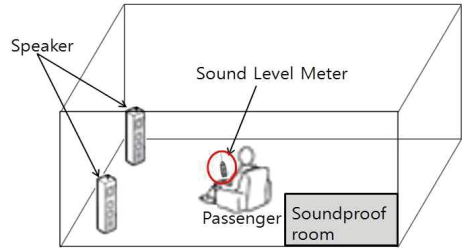


Fig.1 Measure of Masking Effect

2.2 실험 내용

외부 소음의 영향이 없는 조건을 만족하기 위해 방음실에서 실험을 하였으며 KTX 실내 소음과 유사한 환경을 만들기 위해 운행중인 열차의 소음크기인 70dB의 크기로 녹음된 소리를 Speaker를 통해 들려주었다.

Masking Effect를 위해 준비된 특성이 다른 4개의 음악을 준비하여 들려주었다.

실험에서의 주로 다른 특성적인 부분은 각 음악들(실제 사용을 위하여 Pure Tone은 제외)이 가진 시간별, 구간별 주파수 특성과 그 배합에 따른 전체적인 Noise 상승 및 승객의 Comfortability이다.

시간에 따른 주파수의 분포를 Spectrogram이라고 부른다. 음향분석기 SFS 프로그램을 사용하여 측정하였으며 이는 Masking 음악과 열차소음의 주파수 분포의 일치 정도를 확인하는데 중요한 결과를 가져온다.

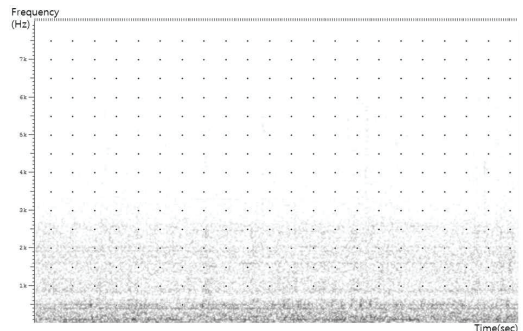


Fig.2 Spectrogram (KTX Noise)

† 교신저자; 중앙대학교 일반대학원 기계공학부
E-mail : chopin0903@naver.com
Tel : 02)820-5284

* 중앙대학교 일반대학원 기계공학부

** 중앙대학교 기계공학부

KTX의 열차 소음은 대체적으로 100Hz~800Hz 사이의 저주파수 대역에 대부분 분포되어 있으며 시간에 관계없이 일정한 주파수 분포를 보이고 있음을 확인 할 수 있다. 이에 분포과 간격으로 구분된 네 가지 음악으로 Masking Effect를 비교해 보았다.

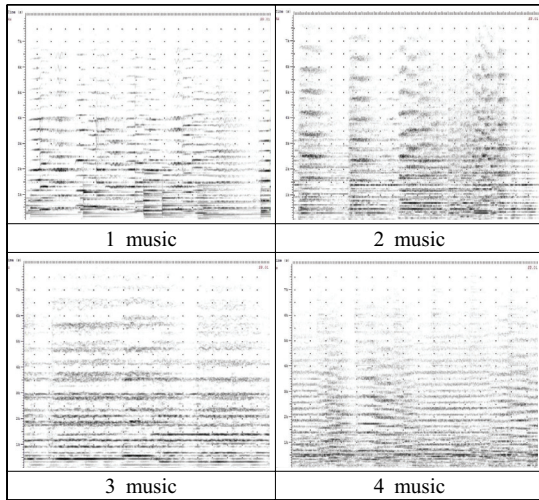


Fig.3 Spectrogram (Masking music)

Fig.3에서 볼 수 있듯이 Masking 음악들은 분포, 패턴, 배열방식에 차이를 두어 어떤 영향을 미치는지 비교하였다.

1번 음악은 각 주파수 대역의 간격이 좁고 일정한 시간마다 연주의 흐름이 전환되는 곡이다.

2번 음악은 각 주파수 대역의 간격이 넓고 짧은 시간마다 전환이 이루어지는 곡이며 각 주파수의 분리성이 강조되어 있는 곡이다.

3번 음악은 전환이 거의 없으며 대역의 폭이 넓지 않은 곡이다.

4번 음악은 Spectrogram의 형태를 KTX소음과 가장 비슷한 형태로 맞춘 곡이며 전환이 거의 없고 저주파수 대역을 깊게 연주하며 전체적으로 잔잔한 조화를 이루는 곡의 형태이다.

3. 실험 결과 분석

방음실에서의 실험은 기본적으로 소음원 70dB을 들려준 후 Masking 음원은 Relative noise -10~+10dB의 사이에서 5dB 간격으로 들려주어 효과의 유무를 설문을 통해 알아보았다.

매우 좋다	좋다	약간 좋다	보통	약간 나쁘다	나쁘다	매우 나쁘다
7	6	5	4	3	2	1

Table.1 Evaluation standard

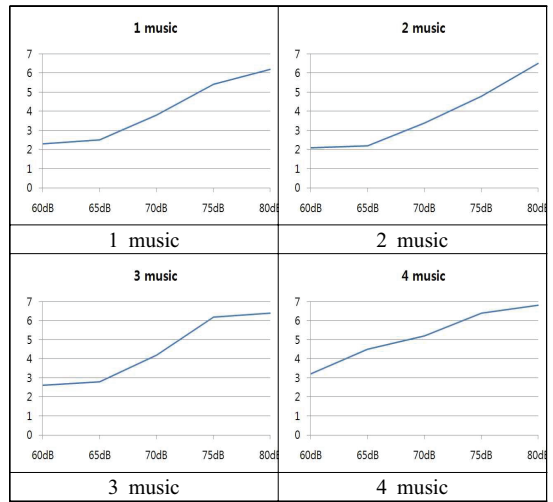


Fig.4 Satisfaction of Masking Effect

Fig.4의 그래프에서 보여주듯이 1, 2번 음악에 비교하였을때 3,4번, 특히 4번 음악의 Masking Effect가 낮은 dB부터 효과가 있는 것으로 나타났다.

전체적인 dB이 어느 정도 이상 높아지게 되면 Masking이 일어나도 Comfortability는 떨어지게 된다. 즉, 4번 음악이 효율적인 Masking Effect를 일으키는 최적의 조건에 가깝다는 결론을 알 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 KTX 열차 소음 제어를 위한 Masking Effect의 이용 가능성에 관련한 연구를 하였다. 연구 결과 Masking Effect에 음악을 사용할 때에는 Masking 음악이 소음원과 주파수 분포가 같아야 하고 각 주파수의 dB이 큰 차이를 보이지 않아야 하며 시간에 대해 지속적으로 나타나는 형태를 띠는 것이 소음원의 Masking Effect에 효과적인 것으로 나타나고 있다.