

고속차량 운전실 소음저감을 위한 실험실에서의 능동소음제어

Laboratory Test of Active Noise Control Simulating the HSR Driver's Cab

최강윤*[†], 구동희*, 서준호*

Kangyoun Choe*[†], D. H. Koo*, Junho Suh*

Abstract Active noise control test was performed in the laboratory pursuing the noise reduction in the driver's cab of a high speed rolling stock. Multiple noise sources and reference microphones, 2 control speakers, 2 error microphones are used in the test simulations. Adaptive FXLMS prediction filter was used for the control. In the laboratory, the noise reduction of more than 11 dBA was achieved. The performance comparison is shown for the different orientation of the control speakers.

Keywords : Active Noise Control, Driver's Cab, High Speed Rolling Stock

초 록 고속철도차량 운전실에서의 소음저감을 위한 능동소음제어를 실험실에서 구현하였다. 다수의 소음원과 마이크로폰, 2개의 소음제어용 스피커, 2개의 에러마이크를 이용하였다. FXLMS 알고리즘을 이용하여 능동소음제어 시스템을 구성하였다. 11dBA 이상의 소음저감 성능을 보여주었으며 스피커 방향에 따른 소음저감 성능을 비교하였다

주요어 : 능동소음제어, 고속철도차량, 운전실

1. 서 론

고속철도차량 운전실에서의 능동소음제어 실현을 위한 기초 연구로 실험실에서 고속주행시의 운전실 소음환경을 가정하여 실험환경을 구축하고 능동소음제어를 구현하였다. 능동소음제어는 일반적으로 적응제어필터를 이용하고 있다. 적응제어에 근거하여 FXLMS(Filtered-x Least Mean Square) 알고리즘이 Widrow에 의하여 고안되었으며, Burgess 가 능동소음제어에 응용하였다[1]. 본 실험에서는 FXLMS 알고리즘을 이용한 실렌티움사의 다중신호입출력 시스템 제어기와 다수의 소음원과 마이크로폰, 2개의 제어용 스피커와 에러마이크로폰을 이용하여 실험시스템을 구성하고, 운전자 귀 위치에서 녹음된 소음원과 음향시스템을 이용하여 소음환경을 재생하였다. 소음저감시험 결과와 제어용 스피커의 방향에 따른 성능을 비교하였다.

† 교신저자: 한국철도기술연구원(kchoe@krrri.re.kr)

* 한국철도기술연구원 철도안전인증연구소

2. 능동소음제어 시험시스템 및 소음저감 효과

2.1 능동소음제어 시스템

능동소음제어 시스템은 기본적으로 소음원을 측정하는 레퍼런스 마이크론, 제어기, 제어용 스피커, 소음 저감 현상을 측정하고 제어 후의 잔여 소음에 대한 정보를 제어기로 보내는 에러마이크로폰으로 구성된다.

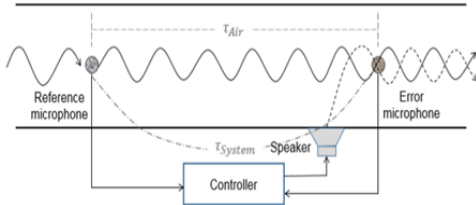


그림 1 능동소음제어시스템의 기본구성

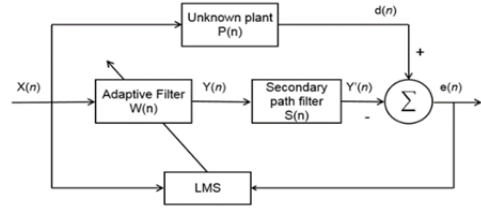


그림 2 FXLMS Algorithm

에러를 최소화하기 위한 적응제어 방법으로 FXLMS 알고리즘이 개발되었으며 능동소음제어에 응용되었다. 에러를 최소화하는 적응제어 필터는 다음과 같이 표시된다.

$$w(n+1) = w(n) + \mu x'(n)e(n)$$

여기서, $x'(n) = s(n) * x(n)$, $s(n)$ 은 secondary path filter(스피커 전달함수) 이다. 본 실험에서는 기본 알고리즘을 다차원으로 확장한 실렌티움사의 다채널 FXLMS 제어방식을 사용하였으며[2], 3 차원의 제한된 공간에 저소음영역을 구현하였다.

2.2 시험시스템 구성

운전실에서의 소음저감을 목표로 실험실내에서 아래와 같이 실험환경을 구축하였다. Silentium 사의 8x2x2 SEK(8 Reference microphone, 2 Error microphone, 2 Control speaker 사용가능) 제어기를 사용하였으며[3], 5개의 소음원과 5개의 reference 마이크, 2개의 error 마이크, 2 개의 제어용 스피커로 실험시스템을 구성하였다.

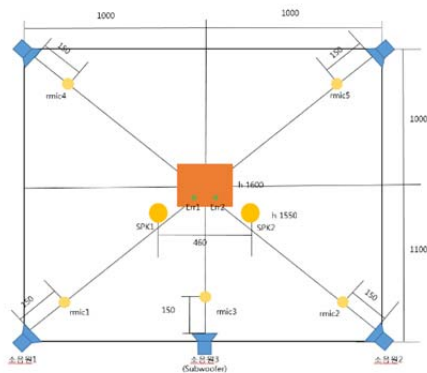


그림 3 실험장치 레이아웃 및 사진

2.3 시스템 성능평가

능동소음제어 시스템의 성능평가는 스피커를 전 방향과 상 방향으로 설치하여 두 가지 경우에 대하여 시험하였으며 대표적인 결과는 그림 4, 5와 같다.

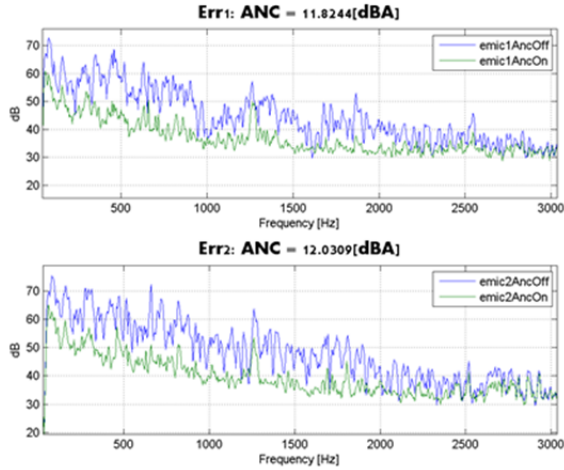


그림 4 전 방향 스피커의 소음저감효과

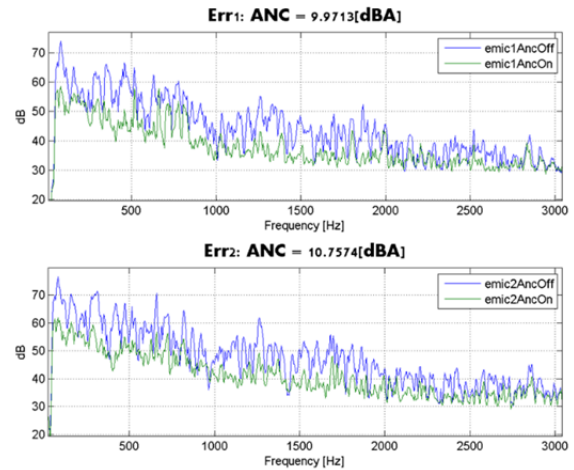


그림 5 상 방향스피커의 소음저감효과

소음저감 성능은 전 방향 스피커가 상 방향 스피커에 비하여 1.5 ~ 2 dBA 정도 우수한 성능을 보여주고 있으며, 이는 스피커와 에러 마이크로폰 사이의 전달경로 및 공간적 간섭 정도의 차이에 기인하는 것으로 판단된다.

3. 결론

고속차량 운전실에서의 소음저감을 위한 능동소음제어를 다중신호입출력시스템을 이용하여 실험실에서 구현하였다. 실험실 내에서 11 dBA 이상의 소음저감 성능을 구현하였으나, 실제 운전실에서의 소음환경은 매우 다르다. 운전실에서 주요 소음원은 광범위하게 분산되어 있으며, 이를 제어하기 위하여는 많은 시행착오가 예상된다. 스피커 방향에 따른 성능 비교 결과 전 방향 스피커가 전달 경로상으로 이점을 갖고, 보다 우수한 성능을 보여주고 있으나, 에러마이크로폰의 위치 이동(머리의 상하, 좌우, 전후 이동과 회전)에 따른 성능의 변화는 상당히 크며, 안정적인 소음제어시스템 실현을 위하여 이에 대한 대책이 마련되어야 한다.

참고문헌

- [1] S.M. Kuo, D.R. Morgan(1996) Active Noise Control Systems, John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Cherkassky et al (2012) Device, System and Method of Noise Control, US Patent Application Publication, Pub. No : US 2012/0288110 A1
- [3] Silentium QBDT User's Manual, Multi-Channel Evaluation System for ANC