

# 고속엘리베이터의 실내 소음 측정 및 능동소음제어의 적용 The Measurement of Inside noise of High-speed elevator and Application of Active Noise Control

\*이종원<sup>1</sup>, 윤지현<sup>1</sup>, 양인형<sup>1</sup>, 이정윤<sup>2</sup>, #오재응<sup>3</sup>

\*J. W. Lee<sup>1</sup>, J. H. Yoon<sup>1</sup>, I. H. Yang<sup>1</sup>, J. Y. Lee<sup>2</sup>, #J. E. Oh(jeoh@hanyang.ac.kr)<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한양대학교 기계공학과, <sup>2</sup>경기대학교 기계공학부, <sup>3</sup>한양대학교 기계공학부

Key words : Cross power spectrum, Coherence, Active Noise Control, Reference signal

## 1. 서론

건물이 고층화됨에 따라 고속엘리베이터의 수요 또한 늘고 있다. 현재 1000m/min 이상의 고속엘리베이터에 대한 기술적 구현과 적용은 이루어지고 있으나, 고속화로 인하여 발생하는 소음에 대한 문제가 제기되고 있는 실정이다. 엘리베이터가 1000m/min 이상의 고속주행을 할 경우, 수평진동을 제어하기 위한 능동 가이드레일과 롤러 및 로프, 좁은 승강로에서의 고속주행으로 인한 풍절음 등이 소음 발생의 주요 원인이 된다. 특히, 고속 엘리베이터의 경우, 대부분 승객의 수송을 목적으로 하므로 Cage 내 소음 발생은 승객으로 하여금 불안감과 불쾌감을 유발할 수 있다. Cage 내 소음 저감을 위하여 벽면의 기밀성 유지와 흡차음재 부착 등을 적용하고 있으나, 특히 1000Hz 이하의 중저주파수에 대해선 충분한 효과를 거두지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 최고속도 600m/min 으로 51 층까지 운행할 수 있는 고속엘리베이터의 실내 소음을 측정하고 이를 저감하기 위하여 능동소음제어를 적용하였다. 일반적으로 엘리베이터의 실내 소음은 엘리베이터 주행 시 승강로에서 발생하는 공기 유동으로 인한 소음이 가장 많이 유입되는 것으로 알려져있다. 이를 규명하기 위하여 엘리베이터 내부 소음과 상부 캡슐에서 소음을 측정하여 상관관계를 분석하였다.

1000Hz 이하의 중저주파수 소음에 대하여 부가음원을 발생하여 파괴간섭으로 인한 소음을 저감하는 능동소음제어를 적용하였다.

능동소음제어의 알고리즘으로는 FXLMS 알고리즘을 사용하였다. FXLMS 알고리즘은 소음원으로부터 참조신호를 받아 적응 제어 알고리즘을 통과하여 제어 신호를 발생하게 된다. 제어하고자 하는 신호와 상관관계가 높은 신호를 참조신호로 취득하는 것이 최종적인 제어의 성능을 좌우하게 된다. 엘리베이터 실내 능동소음제어를 위해서는 차실 외부에서 참조신호를 획득해야하는데, 이는 탑승자의 유무에 의한 영향이 없어야하기 때문이다. 이를 위하여 앞서 규명한 상부 캡슐의 신호를 참조신호로 하여 능동소음제어를 수행하였다.

## 2. 엘리베이터 소음 측정

엘리베이터 내부로 유입되는 공기기인 소음과 외부소음 간의 상관관계를 분석하기 위하여 엘리베이터 실내 출입문 쪽과 상부 캡슐의 전후좌우의 소음을 측정하였다. Fig.1 에 엘리베이터 소음 측정 결과를 나타내었다. 100Hz 이하에서 속도에 따른 주파수 변화 양상을 파악할 수 있다. 이를 통하여 엘리베이터의 가속, 정속, 감속 구간을 파악할 수 있다. 또한 200Hz 근방에서 잡음에 가까운 신호가 측정됨을 확인할 수 있다. 엘리베이터 내부 소음과 상부 캡슐의 상호상관 스펙트럼을 통하여 상관관계를 파악할 수 있다. Fig. 2 에 상호상관 스펙트럼을 나타내었다. 상부 캡슐 전방의 신호가 엘리베이터 내부 소음과 가장 유사하게 나타남을 확인할 수 있다. 주파수별 기여도 함수를 보았을 때 0.8 이상의 높은 기여도를 보임을 알 수 있다.

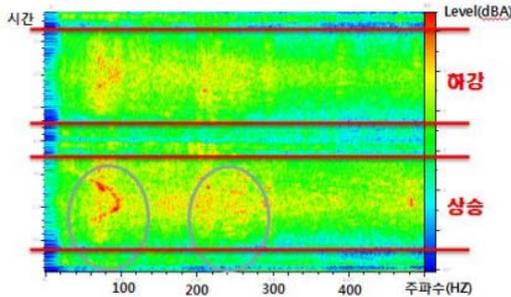


Fig. 1 Waterfall of elevator

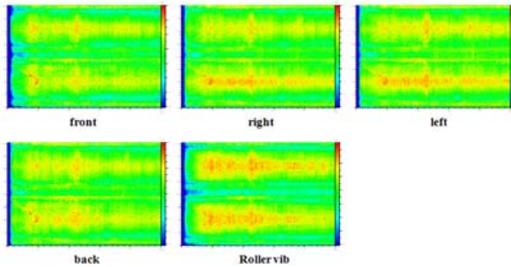


Fig. 2 Cross power spectrum between Inside and Outside Noise

### 3. 능동소음제어

엘리베이터 내부의 능동소음제어를 위하여 Fig. 3 과 같이 실험 장치를 구성하였다. 상부 캡슐의 전방에서 참조신호를 획득하고 DSP 연산을 통하여 제어 신호를 발생하였다. DSP 는 Texas Instrument(TI) 사의 TMS320C6713 DSK 보드를 사용하였다.

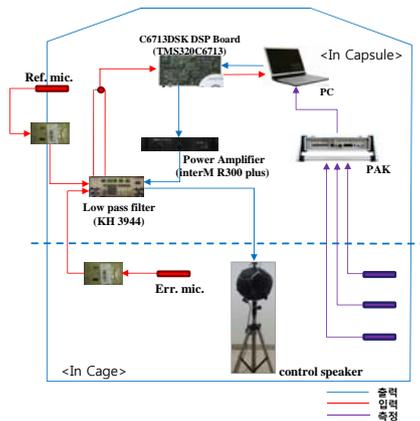


Fig. 3 Experimental setup for Active Noise Control

Table 1 Comparison of measured roughness data

|               | Before ANC | After ANC |
|---------------|------------|-----------|
| Overall(up)   | 45.9       | 44.1      |
| Max. speed    | 48.8       | 46.9      |
| 102Hz         | 29.0       | 23.7      |
| 187Hz         | 40.6       | 34.2      |
| Overall(down) | 45.9       | 44.0      |
| Max. speed    | 49.7       | 48.0      |
| 89Hz          | 38.7       | 36.9      |
| 187Hz         | 38.8       | 33.2      |

능동소음제어 결과를 Table 1 에 나타내었다. 주파수 오버울 레벨이 약 2dB, 특정주파수는 최대 6dB 가량 저감됨을 확인하였다.

### 4. 결론

엘리베이터 내부 소음과 외부 소음의 상관관계를 파악하기 위하여 소음 측정을 하였고, 상호상관 스펙트럼과 기여도 함수를 통하여 상관관계를 규명하였다. 또한 이를 바탕으로 외부소음을 참조신호로 한 능동소음제어를 적용하여 100Hz 와 200Hz 대역에서 소음이 저감됨을 확인하였다.

### 참고문헌

1. J.S. Bendat, a. G. Piersol, "Engineering Application of Correlation and Spectral Analysis", John Wiley & Sons, Inc. 2nd Edition, 1993
2. Bendat, J. S., and Piesol, A., G., "Random Data": Analysis and Measurement Procedures, 2nd Edition, Wiley-Interscience, New York, 1986
3. Kuo, S. M. and Morgan, D. R., 1996, "Active Noise Control Systems, Algorithms and DSP implementations," John Wiley & Sons, New York.
4. 김용대, 1998, "Hybrid 제어기법에 의한 능동소음제어의 성능향상에 관한 연구," 한양대학교 석사학위논문.
5. 이경태, 오재웅, 이해진, 방승우, 이정윤, 2006, "Co-FXLMS 알고리즘을 이용한 덕트의 능동소음제어," 대한기계학회 추계학술대회.