

FXLMS 알고리즘을 이용한 3 차원 인클로저 시스템의 능동소음제어

Active Noise Control of 3D Enclosure System using FXLMS Algorithm

오재응† · 양인형* · 윤지현* · 정재은* · 이종원*

Jae-Eung Oh, In Hyung Yang, Ji Hyun Yoon, Jae-Eun Jung and Jong Won Lee

Key Words : 3D Enclosure System(3 차원 인클로저), Noise Reduction(소음저감), Active Noise Control(능동소음제어), FXLMS Algorithm(FXLMS 알고리즘), DSP(디지털신호처리기)

ABSTRACT

The method of the reduction of the duct noise can be classified by the method of passive control and the method of active control. However, the passive control method has a demerit to reduce the effect of noise reduction at low frequency (below 500Hz) range and to be limited by a space. Whereas, the active control method can overcome the demerit of passive control method. The algorithm of active control is mostly used the Least-Mean-Square (LMS) algorithm because the LMS algorithm can easily obtain the complex transfer function in real-time. Especially, When the Filtered-X LMS (FXLMS) algorithm is applied to an ANC system.

1. 서 론

자동차는 엔진진동, 노면가진 등 진동원이 다양하게 존재하고 있으며, 이와 더불어 Booming Noise, 공력 소음 등 다양한 소음원이 존재하고 있다.

소음을 제어하기 위한 종래의 방법으로는 소음이 방출되는 것을 감소시키기 위해 흡음재, 차음재 또는 소음기 등을 사용하는 수동적인 방법들이 있다. 그러나, 이러한 종래의 방법은 여러가지 단점을 가지고 있다. 그 중 가장 큰 단점은 500Hz 이하의 저주파 소음에 대해서 감소가 어렵다는 점이다. 이것은 저주파의 소음은 파장이 길기 때문이며, 긴 파장에 대해서도 감소시키기 위해서는 그만큼 더 두꺼운 흡음재 또는 차음재를 사용하여야 한다. 그러나 자동차 실내의 공간적인 제약 등으로 흡음재 또는 차음재를 두껍게 하는데에 한계가 있다. 그리고, 흡음재 또는 차음재의 분진으로 인하여 청정을 요하는 환경에서는 종래의 방법을 사용하기 어려우며, 소음기의 경우 부피를 많이 차지하므로 설치장소의 구조 변경 등 또 다른 문제를 발생시킨다.

한편 자동차가 고급화 되어감에 따라 주행 소음 및 진동에 대한 소비자의 관심이 증대되었다. 따라서 자동차의 실내소음을 줄이기 위한 연구가 진행되고 있다. 자동차의 실내소음은 기존에 연구하던 덕

트계와 달리 평면파를 보장받을 수 없고 3 차원 공간내에서 상호 간섭을 일으키기 때문에 그 제어에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 3 차원 인클로저 시스템을 이용하여 3 차원 밀폐계 공간에서의 능동소음제어를 실시하고 그 성능을 확인하도록 하겠다.

2. 이 론

2.1 FXLMS 알고리즘

앞먹임 FXLMS 알고리즘의 블록선도는 Fig.1 과 같다.

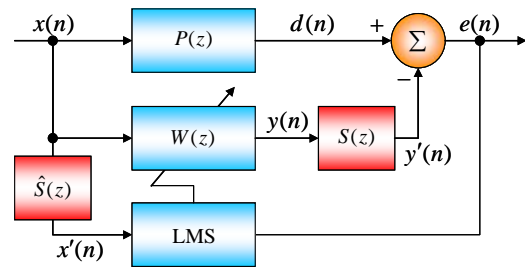


Fig.1 FXLMS 알고리즘의 블록선도

시간 n 에서의 오차신호 $e(n)$ 은 다음과 같이 표현된다.

$$e(n) = d(n) - y'(n) = d(n) - s(n) * y(n) \\ = d(n) - s(n) * [w^T(n)x(n)]$$

FXLMS 알고리즘의 목적은 순간 평균자승오차인 $\hat{\xi}(n) = e^2(n)$ 을 최소화시키는 것이며, 이 목적을 실현하기 위한 steepest descent algorithm은 다음

† 오재응; 한양대학교 기계공학부

E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr

Tel : (02)2220-0452, Fax : (02) 2299-3153

* 한양대학교 기계공학과 소음진동제어연구실

과 같이 정의 된다.

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) - \frac{\mu}{2} \nabla \hat{\xi}(n)$$

위 두 식을 바탕으로 FXLMS 알고리즘을 구할수 있으며 다음과 같다.

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

3. 제어계의 구성

3 차원 인클로저 시스템에 설치할 제어스피커의 위치를 선정하기 위해 음장해석을 실시하였으며 이를 통해 안티노드 지점을 조사하였다.

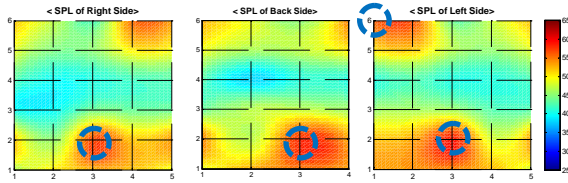


Fig.2 3 차원 인클로저 시스템의 음장해석 결과(175Hz)

제어스피커는 소음과 가까우면서도 안티노드가 있는 지점에 설치되어야 능동소음제어 시 높은 제어효율을 보장할 수 있다. 따라서 목적으로 하는 175Hz 에 대한 음장해석 결과에 주목하였다.

4. 밀폐계의 능동소음제어

밀폐계의 능동소음제어를 위한 실험장치는 아래와 같다.

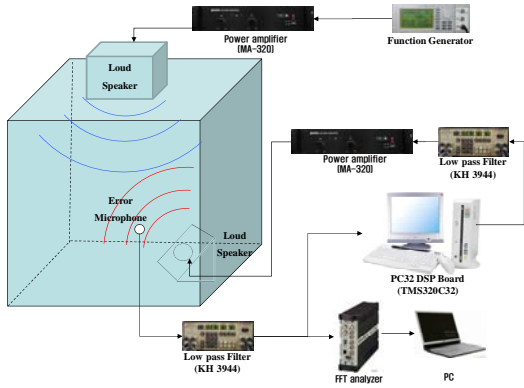


Fig.3 3 차원 밀폐계 능동소음제어 장치도

음장해석 결과를 바탕으로 오차마이크로폰 및 스피커의 위치를 선정하였으며 제어를 위한 DSP 를 설치하였다. 필터의 경우 종래에는 0~500Hz 의 Low Pass Filter 를 사용하였으나 실험시 성능 향상을 위해 목적하는 주파수 대역의 Filter 를 사용하였다. 이는 steepest descent method 상의 local minimum 을 줄여주는 역할을 하며 이로 인해 제어 성능이 향상된다.

5. 결과

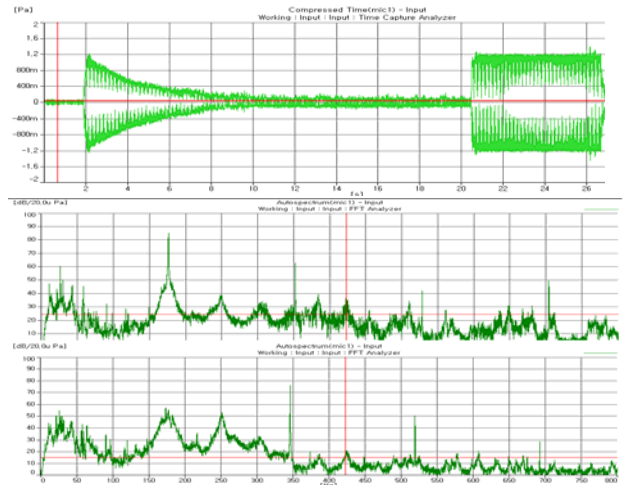


Fig.4 시간영역 및 주파수 영역에서의 능동소음제어 결과
능동소음제어 결과 175Hz 에서 21dB 가 저감된 것을 확인할 수 있다. 하지만 하나의 Filter 를 이용하여 한 주파수만 목적으로 제어를 실시하였기 때문에 다른 주파수의 소음은 변화하지 않았다.

6. 결론

본 연구에서는 FXLMS 알고리즘을 유도하고 3 차원 밀폐계에 대한 능동소음제어를 실시하였다. 이를 통해서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) FXLMS 알고리즘에 의한 제어 결과는 175Hz 에서 제어 전 83dB, 제어 후 62dB 로 21dB 저감되었다.
- 2) Low Pass Filter 를 사용하였을 경우보다 목적하는 주파수 Filter 를 사용할 경우 제어 효과가 더욱 증대함을 알 수 있었다.

후기

본 연구는 부품소재기술개발사업 “능동형 엔진 마운팅 시스템 개발” 과제의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) Lee, C. H., Oh, J. E., Lee, Y. Y. and Lee, J. Y., 2003, "The Performance Improvement for an Active Noise Control of Automotive Intake System under Rapidly Accelerated Condition," *Transactions of KSAE*, Vol. 11, No. 6, pp. 183~189.
- (2) Kuo, S. M. and Morgan, D. R., 1996, "Active Noise Control Systems, Algorithms and DSP implementations," *John Wiley & Sons*, New York.