

# FXLMS 알고리즘을 이용한 타워형 에어컨의 능동소음제어

## Active Noise Control of Tower Type Air Conditioners using the FXLMS Algorithms

류경완\* · 홍진숙† · 정의봉\*\*

Kyungwan Ryu, Chinsuk Hong and Weui Bong Jeong

### 1. 서 론

에어컨의 소음을 줄이기 위한 연구는 과거부터 꾸준히 진행되어 왔지만 500Hz 미만의 저주파 소음에 대해서는 에어컨의 구조적인 한계와 주파수 특성으로 인하여 그 감소 정도가 비교적 낮은 편이다. 하지만 능동소음제어 기술의 발달로 소음 저감을 위한 공간의 제약이나 구조 설계의 변경 없이 저주파 영역의 소음 감소가 가능해 졌다. 일반적으로 에어컨 소음은 모터, 팬, 압축기 및 유동 등 여러 가지 소음원에 의해 생긴다. 본 연구에서는 실내용 타워형 에어컨의 송풍과정에서 발생하는 토널성분 소음을 능동제어하여 에어컨의 소음원 수준을 감소시키는데 목적을 두고있다. 특히, 제어스피커에 의한 참조신호의 오염이 없는 가속도계를 참조신호로 이용한 FXLMS 알고리즘의 구현 및 능동소음제어의 효과를 알아보고 참조신호의 위치에 따른 제어 성능을 고찰하였다.

### 2. FXLMS 알고리즘의 이론

능동소음제어에 가장 널리 사용되는 FXLMS 알고리즘의 블록선도는 Fig. 1과 같다. 블록선도로부터 오차신호  $e(n)$ 은 수식 (1)과 같으며  $c'(n)$ 은 예측된 오차정렬이다.

$$e(n) = d(n) - c'(n)[x^T(n)w] \quad (1)$$

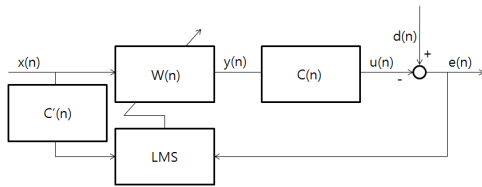


Fig. 1. Block diagram of FXLMS algorithm

† 교신저자; 울산과학기술대학교 디지털기계학부  
E-mail : cshong@uc.ac.kr  
Tel : (052) 297-3134, Fax : (051) 297-3171

\* 부산대학교 대학원 기계시스템설계

\*\* 부산대학교 기계공학부

FXLMS 알고리즘은 오차신호의 파워를 최소화시키기 위해  $w(n)$ 의 필터계수를 갱신하게 되고 결국  $e(n)$ 은 최소값으로 수렴하게 된다. 필터 계수 갱신은 Steepest descent 법을 이용하며  $\partial J / \partial w = -c'(n)[2x(n)e(n)]$ 가 되므로 FXLMS 알고리즘은 수식 (2)와 같이 필터계수를 갱신하게 된다.

$$w(n+1) = w(n) + 2\mu r(n)e(n) \quad (2)$$

여기서  $r(n)$ 은 필터링 된 참조신호, 즉  $r(n) = x(n)c'(n)$ 을 나타내고  $\mu$ 는 수식 (3)과 같은 범위를 가지게 된다.

$$0 < \mu < \frac{1}{I r^2} \quad (3)$$

여기서  $I$ 는 필터길이,  $r^2$ 은 필터링 된 참조신호의 파워이다.

### 2. 실험 구성

Fig. 2에 대략적인 실험 구성을 나타내었다. 예리신호는 마이크로폰으로 B&K 4190을 이용하였으며 바람이 나오는 출구에 위치시켰다. 그리고 참조신호로는 가속도계로 B&K 4393을 이용하였고 모터를 있는 에어컨 아래쪽에 위치시켜 팬소음에 대한 정보를 얻을 수 있도록 했다. 또한 제어스피커는 15Hz부터 3kHz까지의 성능이 입증된 BOSS사의 SE12S 17인치 우퍼스피커를 이용하여 에어컨 측면에 부착하였으며 제어기로는 dSPACE사의 rti1103모듈을 이용하여 실험을 구성하였다.

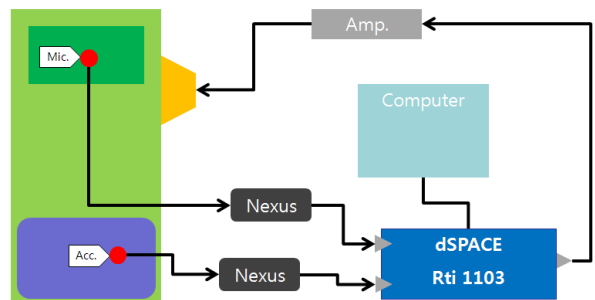


Fig. 2. Schematic diagram of implementation for active control

## 2. 실험 결과

Fig. 3은 에어컨의 하단부를 나타낸 그림이다. 이 부분에 모터가 위치하여 참조신호를 얻기가 유용

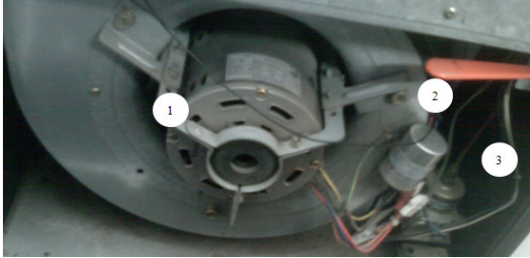


Fig. 3. Locations of accelerometers for reference signal.

하므로 가속도계의 위치를 Fig. 3에 나타낸바와 같이 1, 2 그리고 3으로 바꾸어 가며 결과를 알아보았다. Fig. 4에는 가속도계로 받은 참조신호를 스펙트럼으로 나타내었고 Fig. 5에는 참조신호인 가속도계의 위치가 달라짐에 따른 제어전과 제어후의 오차신호를 스펙트럼으로 나타내었다. 실선은 제어전의 스펙트럼이며 점선은 제어후의 스펙트럼을 나타낸다. 먼저 Fig. 5의 (a)를 보면 20Hz와 120Hz 부근의 소음이 특히 줄어든 것을 알 수 있다. (b)에서는 20Hz부터 120Hz까지의 피크들이 모두

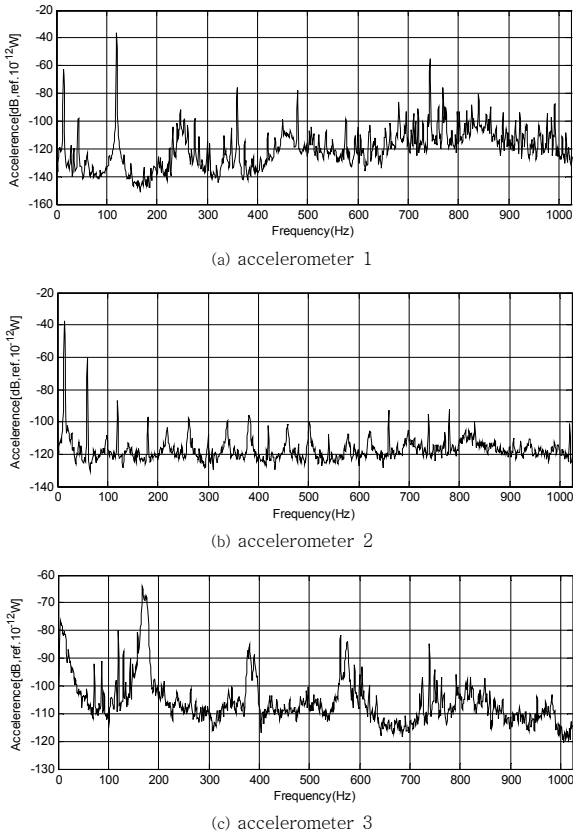


Fig. 4. Variation of reference signals with the location of the sensor

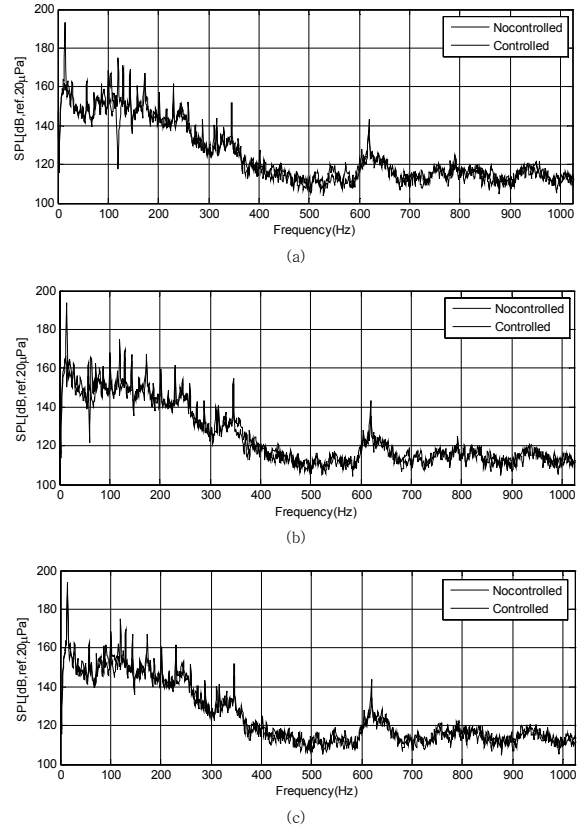


Fig. 5. Measured SPL at the error sensor location without control (faint solid) and with FXLMS control (thick dotted) when the reference signal is taken from (a) accelerometer 1, (b) accelerometer 2 and (c) accelerometer 3 as shown in Fig. 3.

줄어들었음을 알 수 있으며 (c)에서는 (a), (b)에서와는 달리 120Hz에서 180Hz의 소음이 많이 줄어들었음을 알 수 있다. 이는 Fig. 4의 참조신호와 연관 지어 생각해볼 때 어떠한 참조신호를 이용했느냐에 따라 달리 나타나는 결과라 할 수 있다. 그러므로 오차신호의 정보를 모두 포함하는 참조신호를 이용할 경우 제어성능은 크게 개선될 수 있다.

## 4. 결론

본 연구는 에어컨에서 발생할 수 있는 여러 가지 소음 중 팬소음을 줄이기 위한 방법에 관한 것이다. 먼저 단일 채널 FXLMS 알고리즘을 이용하여 저주파영역의 소음감소가 가능함을 보였고 이를 이용할 경우 기존의 설계변경이나 큰 공간의 차지 없이 기존의 에어컨 소음을 줄일 수 있음을 확인하였다. 또한 참조신호의 위치에 따라 제어 주파수에 큰 차이가 있음을 보임으로써 오차신호의 성분을 모두 포함하는 참조신호를 선정하여 제어할 경우 단일 채널 제어기만으로도 큰 효과를 얻을 수 있음을 확인하였다.