

능동소음제어의 참조신호 획득을 위한 Adaptive Noise Cancellation

Adaptive Noise Cancellation for acquisition of reference signal of Active Noise Control

이종원* · 윤지현* · 양인형* · 이정윤** · 오재용†

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

1. 서론

수동적인 소음제어 방식은 500Hz 이하의 저주파 대역에서 소음제어 효과가 미미하고, 흡차음제 설치 공간 제약 등의 단점이 있다. 이를 해결하기 위해 설치공간이 작고 500 Hz 이하의 넓은 주파수 대역을 제어할 수 있는 능동소음제어가 부각되었다.

FXLMS 알고리즘은 복잡한 전달함수를 실시간으로 구할 수 있기 때문에 소음의 특성 변화와 시스템의 환경변화 등에 대해서도 성능을 유지해야 하는 능동소음제어 시스템에 주로 사용되고 있다. FXLMS 알고리즘은 소음원의 신호를 참조신호로 획득하여 적응형 필터를 통과시켜 제어신호를 발생시키게 된다. 이때 참조신호는 제어하고자 하는 위치의 소음과 상관도가 높거나 주파수 특성이 명확하게 나타날수록 높은 제어성능을 얻을 수 있다. 하지만 대부분의 경우 주변의 잡음 등의 영향으로 지배적인 주파수 특성을 나타내는 참조신호를 획득하는 것이 어렵다. 이러한 문제점의 해결 방안으로서 LMS 알고리즘을 적용한 Adaptive Noise Cancellation 기법을 제안할 수 있다.

본 연구에서는 잡음 성분을 제거한 참조신호를 획득하기 위해 Adaptive Noise Cancellation 기법을 적용하였다. 또한 이러한 방법을 통하여 획득한 참조신호를 이용하여 능동소음제어를 수행하고 잡음을 제거하지 않았을 경우와 비교 분석하였다.

2. 이론

2.1 Adaptive Noise Cancellation

Adaptive Noise Cancellation은 두 개의 센서 신호와 적응 필터 연산에 의해 진행된다. 하나의 센서는 소음원에 위치한다. 이때 소음원은 잡음 성분을 포함

하게 된다. 다른 하나의 센서는 잡음만을 측정할 수 있는 곳에 위치한다. 잡음이 포함된 소음원 신호에서 잡음 신호를 이용하여 잡음 성분을 제거하게 되는데 이때 LMS 알고리즘이 적용된다. Adaptive Noise Cancellation의 개념과 블록선도를 Fig. 1 과 Fig. 2에 나타내었다.

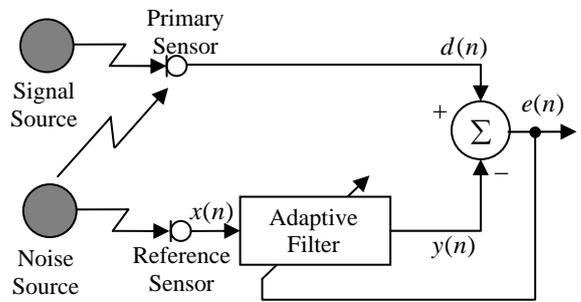


Fig. 1 Basic concept of Adaptive Noise Cancellation

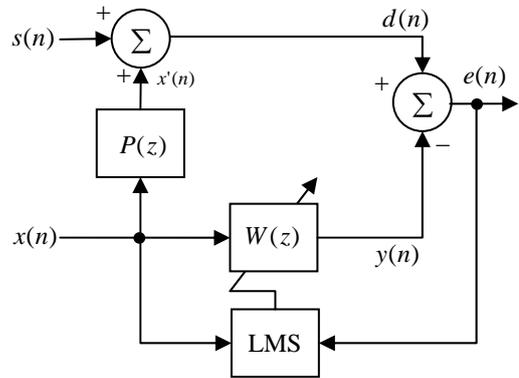


Fig. 2 Block diagram of Adaptive Noise Cancellation

여기서 $P(z)$ 는 소음원과 잡음 사이의 전달경로를 의미한다. 적응필터는 잡음신호 $x(n)$ 를 이용하여 전달경로를 통과한 잡음 $x'(n)$ 을 계산해내는 것이 목적이다. 오차신호 $e(n)$ 를 최소화하기 위해서 적응필터 $W(z)$ 가 LMS 알고리즘에 의해 생성된다.

† 오재용; 한양대학교 기계공학부

E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr

Tel : (02) 2294-8294, Fax : (02) 2299-3153

* 한양대학교 대학원 기계공학과

** 경기대학교 기계공학부

2.2 FXLMS 알고리즘

FXLMS 알고리즘의 블록선도는 Fig. 3 과 같다.

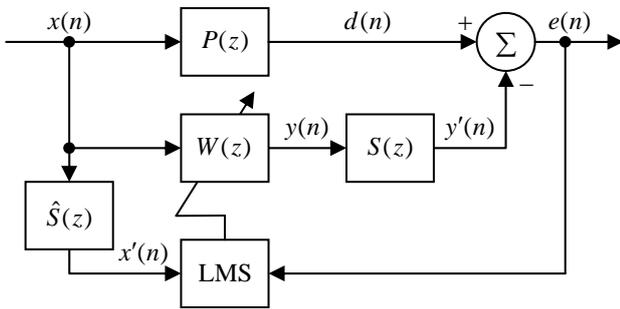


Fig. 3 Block diagram of FXLMS algorithm

오차 센서와 제어 액추에이터 사이에 있는 부가경로 전달함수 $S(z)$ 는 오프라인으로 모델링 되도록 하며 그 예측치는 $\hat{S}(z)$ 로 표시한다. 참조신호 $x(n)$ 은 적응 필터 $W(z)$ 와 부가경로 전달함수 $S(z)$ 를 통과하여 오차신호 $e(n)$ 을 최소화하기 위한 제어신호 $y'(n)$ 을 발생시키기 위해서 사용된다. 부가경로 전달함수 예측치 $\hat{S}(z)$ 와 함께 적응필터 $W(z)$ 는 유한응답필터로 구현된다. 시간 n 에서의 오차신호 $e(n)$ 은 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} e(n) &= d(n) - y'(n) = d(n) - s(n) * y(n) \\ &= d(n) - s(n) * [\mathbf{w}^T(n) \mathbf{x}(n)] \end{aligned}$$

적응필터의 목적은 순간 평균자승오차인 $\hat{\xi}(n) = e^2(n)$ 을 최소화시키는 것이며, 이 목적을 실현시키기 위한 steepest descent algorithm 은 다음과 같이 정의된다.

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

여기서, $\nabla \hat{\xi}(n)$ 는 시간 n 에서의 평균자승오차 gradient 의 순간 추정치이며 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \nabla \hat{\xi}(n) &= \nabla e^2(n) = 2[\nabla e(n)]e(n) \\ &= 2[-s(n) * \mathbf{x}(n)]e(n) = -2\mathbf{x}'(n)e(n) \end{aligned}$$

위의 계산과정에 의해 구해진 FXLMS 알고리즘은 다음과 같다.

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

3. 덕트 능동소음제어 시뮬레이션 결과

덕트 시스템에 가진 소음과 잡음을 동시에 발생시켰고, Adaptive Noise Cancellation 을 통해 잡음을 제거한 신호를 참조신호로 하여 능동소음제어 시뮬레이션을 수행하였다.

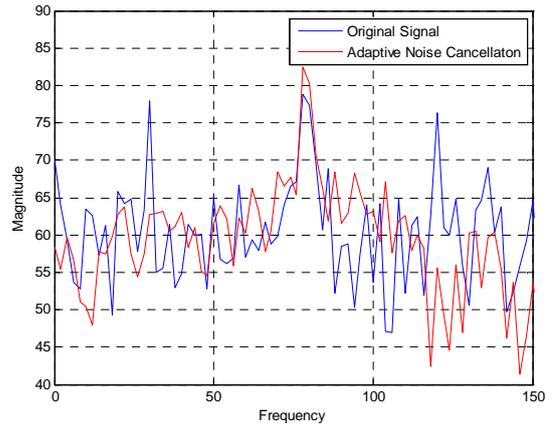


Fig. 4 Comparison of sound source

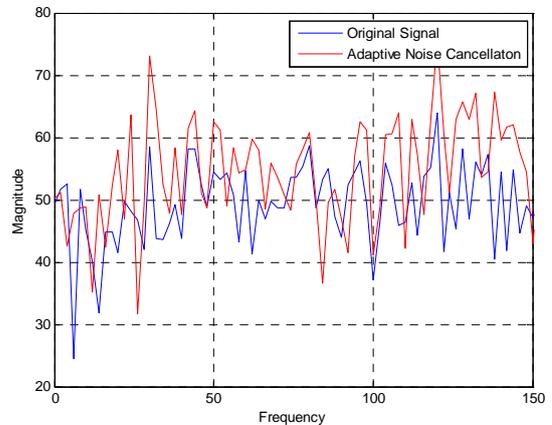


Fig. 5 Comparison of active noise control performance

Fig. 4 는 Adaptive Noise Cancellation 을 통하여 잡음 성분을 제거하였을 때와 제거하지 않았을 때의 비교 그래프이다. 두 가지 입력 신호를 참조신호로 하여 능동소음제어를 실시하였고 그 결과가 Fig. 5 에 나타났다.

4. 결론

특정 목적주파수를 제외한 잡음성분을 Adaptive Noise Cancellation 을 적용하여 제거하였고, 이를 참조신호로 하여 능동소음제어를 실시한 결과, 목적주파수 부근만 소음이 저감된 것을 확인하였다.

주파수 전대역 제어를 하기 위해서는 원신호를 참조신호로 하는 것이 유리하고, 특정주파수 제어를 하기 위해서 Adaptive Noise Cancellation 을 활용하는 것이 유용함을 확인하였다.