

준 1차원 공간 내에서의 소음제어에 관한 연구

박장관^o, 정태진, 정천수
 숭실대학교 전기공학과

A study on Active Noise Control in the quasi one dimension space

Jang-Kwan Park^o, Chan-Soo Chung
 Soongsil univ. Electrical Engineering Automatic control Lab.

Abstract

This paper studies on a feedback active noise control method for the quasi stationary. The quasi one dimension space means a duct space which have a shorter 2th path than the one dimension space.

To control noise signal, a feedback active noise control using FXLMS algorithm is used Computer simulation show that the algorithm can control noise signal in the quasi stationary.

1. 서 론

준 1차원공간이란 2차경로의 거리가 1차원 공간에 비해 짧은 덕트 공간을 말한다. 이 공간에서 소음원은 공간 외부에 위치하며 소음원에 의해 발생된 소음신호가 공간내로 전달되는 것을 제어할 필요성이 있다[2][3].

본 논문에서는 준 1차원공간에서의 능동소음제어 방법에 대해 연구한다. 능동소음제어에는 비궤환신호 방식과 궤환신호 방식으로 나뉘고 대상환경에 따라 그 효과가 다르다[1]. 준 1차원공간의 경우에는 소음신호가 전달되는 경로가 짧아서 일반적인 소음제어방식을 사용한다면 소음신호의 측정과 오차신호의 측정시 제어신호가 같이 유입되는 등 불필요한 신호가 함께 측정되는 단점이 있으므로 궤환신호 방식을 사용하는 것이 더 효과적이다 [2][3].

궤환신호 방식에는 여러 가지가 있지만 그 중에서 오차신호의 경로를 고려하여 그 영향을 최소화할 수 있는 FXLMS 알고리즘을 이용한다[5][6].

2. 궤환신호 방식의 소음제어

일반적인 공조덕트내의 소음제어는 그림 1에서와 같이 오차마이크의 위치에서 소음을 제어하기 위해

기준마이크에서 측정된 소음신호를 바탕으로 ANC에서 크기는 같고 위상이 180° 반전된 신호를 추정하여 소음신호를 제어하는 방법이다[2][3].

이 경우 적응필터를 사용하여 효과적으로 제어할 수 있는 반면, 제어신호가 기준마이크로 궤환되고,

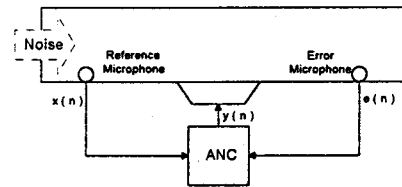


그림 1. 비궤환 신호 방식의 블록선도

2차경로를 추정하는 추정필터가 필요한 어려움이 있다.

본 논문에서 사용하는 궤환신호 방식은 오차마이크와 제어스피커로 소음을 제어하는 방식으로 그림 2와 같다.

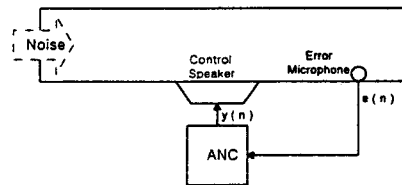


그림 2. 궤환 방식의 블록선도

이 경우에는 오차마이크에서 입력되는 소음신호를 최소화하기 위해 제어스피커 위치에서의 소음신호를 추정하여 소음을 제어하는 방식이다. 궤환루프가 존재하므로 시스템의 안정도 문제와 제어스피커에서 오차마이크까지의 전달특성을 정확히 알아야만 하는 어려움이 있지만 소음원의 신호를 추정하기 어렵거나 소음원이 다수인 경우 그림 1의 경우보다 효율적이다.

2.1 FXLMS 알고리즘

그림 3는 Widrow가 제안한 FXLMS (Filtered-X LMS) 알고리즘의 블록선도이다. 이 알고리즘의 특징은 오차신호가 전달되는 2차경로를 $S(z)$ 고려하여 실제 시스템 구성시에 발생하는 문제를 해결할 수 있다는 것이다.

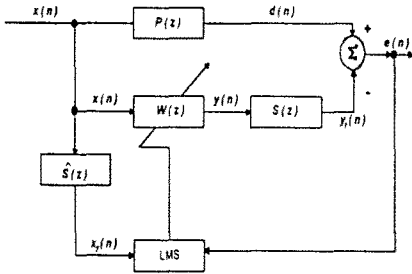


그림 3. 2차경로를 고려한 FXLMS 알고리즘 블록선도

그림 3에서와 오차신호는 $d(n)$ 과 $y(n)$ 의 차이가 아니라 2차경로를 통과한 $y_f(n)$ 와의 차이가 되므로 오차신호는

$$\begin{aligned} e(n) &= d(n) - y_f(n) \\ &= d(n) - s(n) * y(n) \\ &= d(n) - s(n) * [w^T(n) x(n)] \end{aligned} \quad (2-1)$$

이다.

$x_f(n) = [x_f(n) \ x_f(n-1) \ \dots \ x_f(n-M+1)]^T$ 여기서, $x_f(n) = s(n) * x(n)$ 이면, 추정필터의 계수는

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

식(2-2)와 같이 갱신하게 되므로 2차경로 $S(z)$ 의 전달특성의 모형인 $\hat{S}(z)$ 를 LMS구조의 앞단에 첨가하여 그 영향을 고려할 수 있다.

2.2 FXLMS알고리즘을 이용한 원마이크방식

FXLMS알고리즘을 적용한 원마이크방식의 블록선도는 그림 4와 같다. 그림 3에서의 $S(z)$ 는 2차경로를 나타내지만, 그림 4에서는 제어대상을 나타낸다. 그림 4에서 오차신호는

$$E(z) = D(z) - S(z)Y(z) \quad (2-3)$$

이고, 여기서

$$\begin{aligned} Y(z) &= W(z)X(z) \\ &= W(z)[E(z) + \hat{S}(z)Y(z)] \end{aligned} \quad (2-4)$$

가 되고, 식(2-3)에 식(2-4)을 대입하면

$$E(z) = \frac{D(z)[1 - \hat{S}(z)W(z)]}{1 + [S(z) - \hat{S}(z)]W(z)} \quad (2-5)$$

이 된다. 만일 $\hat{S}(z) = S(z)$ 이면 $E(z)$ 는

$$E(z) = D(z) - S(z)W(z)D(z) \quad (2-6)$$

가 되고 전달함수는

$$H(z) = \frac{E(z)}{D(z)} = 1 - S(z)W(z) \quad (2-7)$$

와 같이 된다. 여기서, 식(2-6)을 만족하는 블록선도는 그림 5와 같고 이 블록선도는 그림 3에서 보인 FXLMS알고리즘과 동일함을 알 수 있다.

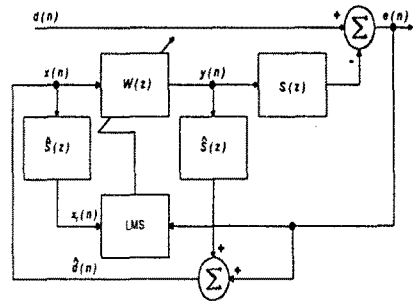


그림 4. 궤환 능동소음제어의 블록 선도

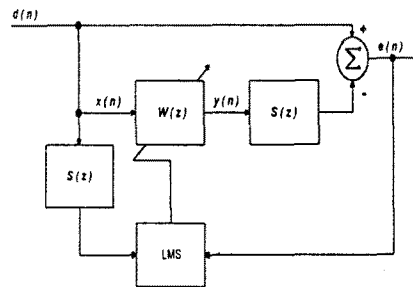


그림 5. 식(2-6)을 만족하는 전달함수 블록선도

2.3 모의 실험

본 논문에서의 제어대상은 그림 6에서 보인 준정상장 공간에서의 소음신호이다. 그림 4에서의

$S(z)$ 는 그림 6에서 제어스피커와 공간 그리고 오차 마이크로폰의 특성을 포함하는 전달경로를 의미한다. 따라서 이를 추정하여 식(2-8)¹⁾과 같은 전달함수를 구하였다.

실제의 물리적 전달경로를 정확하게 모형화를 할 수 없다는 가정 하에 $\hat{S}(z)$ 는

$$\hat{S}(z) = S(z) + \Delta(z) \quad (2-9)$$

와 같이 정하였다. 식(2-7)에서 $\Delta(z)$ 는 모형화 오차이다.

모의실험에서 사용된 소음신호는 그림 7과 같은 복합주파수의 소음신호를 사용하였고, 샘플 주파수는 20(kHz) 이다.

그림 8은 FXLMS알고리즘에 의해 추정된 소음 신호이고 그림 9는 오차신호이다. 즉 제어가 없을때의 소음신호가 폐환제어기를 구성함으로써 20dB 이상 감소됨을 나타내고 있다.

그림 9에서 오차신호의 크기가 zero로 수렴하지 못하는 이유는 실험에서 $S(z) \neq \hat{S}(z)$ 이기 때문이라 생각된다.

3. 결 론

본 논문에서는 준 정상장 내에 있는 소음제어를 위한 방법으로 FXLMS알고리즘을 적용한 원마이크 소음제어방식을 제안하였다.

모의 실험의 결과로서 원마이크 소음제어방법을 이용함으로써 약 20dB이상의 소음제어성능을 얻을 수 있었다. 그림 4에서와 같이 오차마이크 한 개로도 소음을 추정하여 소음제어를 함으로써, 제어신호가 입력로 유입되는 문제를 해결하였다. 그러나, 일반적인 소음제어방식 보다는 구조가 복잡하지만 DSP칩으로 구현하는데에는 어려움이 없으리라 생각된다.

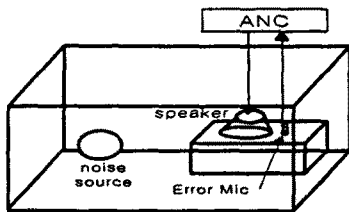


그림 6. 실험에 사용된 시스템모형

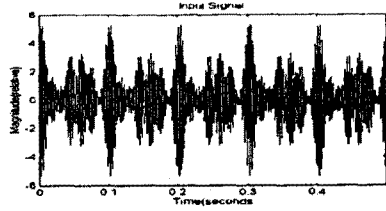
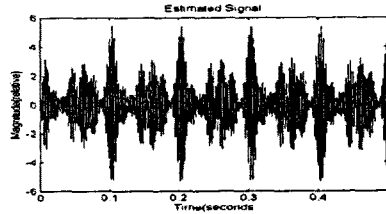
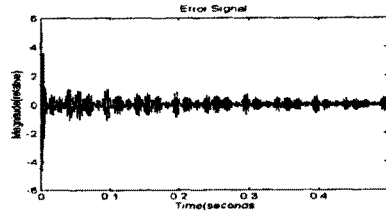


그림 7. 소음 신호



그림(8) FXLMS로 추정된 소음신호



그림(9) 오차 신호

참고문헌

- [1] Sen M. Kuo & Dennis R. Morgan, "Active Noise Control System", A Willey-interscience Publication.
- [2] P.A. Nelson and S.J. Elliott, "Active Control of Sound", ACADEMIC PRESS
- [3] M.O. Tokhi and R.R. Leitch, "Active Noise Control", CLARENDON PRESS.
- [4] Simon Haykin, "Adaptive filter theory", Pren-tice - Hall
- [5] 정찬수 · 신승식 외, "강인성을 개선한 적응능 동소음제어 시스템", 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, pp.993-995, 1996.7.
- [6] 정찬수 · 오학준 외, "강인성을 고려한 능동소음제어 시스템에 관한 연구", 석사학위논문, 숭실대학교, 1994. 12

주1)

$$S(z) = \frac{z^{-3}(1 + 0.322z^{-1} + 0.2824z^{-2} - 0.2317z^{-3} + 0.2155z^{-4})}{1 - 0.00883z^{-1} + 0.049z^{-2} - 0.0151z^{-3} + 0.5237z^{-4}} \quad (2-8)$$