

강인성을 개선한 적응능동소음제어 시스템 구현

°신승식* 이철기* 오학준** 구춘근*** 정찬수*

* : 숭실대학교 전기공학과 ** : 대우자동차(주) 기술연구소 *** : 대유전문대학

Implementation of the adaptive ANC system improving robustness

°Seung-Sik Shin* Cheol-Ki Lee* Hak-Jun Oh** Choon-Keun Koo*** Chan-Soo Chung*

*: Dept. of Elec. Engineering, Soongsil University ** : Daewoo Motor Co., LTD *** : DaeYoo College

Abstract

This paper presents an implementation of the adaptive ANC (Active Noise Control) system improving robustness. The system using the proposed algorithm shows a good performance of control, when the adaptive filter well does not work. We construct a real duct system and use DSP chip for experiment. Experimental results of the proposed algorithm prove the system to be superior than the conventional filtered-x LMS algorithm when the adaptive filter is out of order.

1. 서론

산업 발전과 경제 성장으로 인간의 생활 수준이 향상되었고, 생활 환경에 대한 관심도 증가하게 되었다.

생활 환경에 대한 관심 중에서도 소음 공해에 대한 관심 증가는 최적의 생활 환경을 갈망하는 현대인에게 반드시 풀어야 할 과제를 남겼다. 소음은 산업현장에서 엔진 가동으로 유발되기도 하고, 아파트의 보일러를 가동시킬 때 나타나기도 하며, 이 밖에도 비행기나 자동차, 사무실 등 쾌적하고 조용한 환경을 요구하는 공간에서 인간에게 듣기 싫은 소리로 나타나 작업 능률과 생산성 향상을 저해시키고 자기 발전에도 나쁜 영향을 준다[1,2].

능동소음제어방법은 인위적으로 만든 음압이 제거하고자 하는 음압을 상쇄시키도록 함으로써 소음을 감쇄시키는 방법이다[1,4,6,7]. 이러한 소음원과 인위적으로 만든 음과의 오차를 이용하여 시스템의 변화에 적응하여 응답하도록 하는 적응제어 알고리즘으로써 filtered-x LMS 방법이 많이 이용되고 있다. 그러나, 실제 공조 덕트 시스템에 적용될 경우 오차 경로를 보상하는 필터가 동작하지 않을 경우 효과적인 소음감쇄는 기대할 수 없다. 따라서, 본 논문은 filtered-x LMS 알고리즘에 강인성을 개선한 알고리즘을 제안하며, 실험으로 비교·분석한다.

2. 본론

2-1. Filtered-X LMS 알고리즘

실제의 공조 덕트 시스템에서 사용되는 filtered-x LMS 알고리즘의 블록선도는 그림 2-1과 같이 표현될 수 있다.

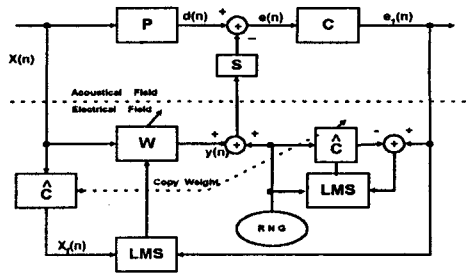


그림 2-1 Filtered-X LMS 알고리즘의 블록선도

그림 2-1은 Eriksson이 제안한 알고리즘의 블록선도이다. 입력신호와 오차신호에 무상관인 RNG는 오차경로의 전달함수를 추정함에 있어 P.E (Persistently Excitation) 조건을 만족시켜주기 위해 추가되었다. 제어신호를 발생시키는 적응필터의 계수 W는 LMS 알고리즘의 갱신식 (2-1)로 구할 수 있다.

$$W(n+1) = W(n) + \mu \cdot X_f(n) \cdot e_1(n) \quad (2-1)$$

여기서, μ 는 step-size, $X_f(n)$ 은 $X(n)$ 이 필터링된 LMS 알고리즘의 입력신호이고, $e_1(n)$ 은 오차신호이다. 또한, 적응필터 \hat{C} 는 오차경로를 역모형화함으로써 덕트의 시변 특성에 시스템이 적응할 수 있게 하며, 2차경로의 전달함수에 대한 사전 지식이 필요하지 않은 장점이 있다[3,6].

2-2. 강인성을 개선한 적응능동소음제어 시스템

Eriksson의 filtered-x LMS ANC 시스템은 설치할 때마다 시스템을 모형화하지 않아도 되고 프로그램을 바꾸지 않아도 되어 설치가 용이하다.

그러나 적응필터(W)의 강인성이 고려되지 않을 경우, 즉 적응필터가 고장나서 제대로 동작하지 않을 경우에는 그때마다 필터를 복원시켜야하며 적응필터의 수리가 완료될 때까지 소음은 공조 덕트를 그대로 통과하게된다.

이러한 단점을 보완하기 위하여 강인성이 고려된 filtered-x LMS ANC 시스템이 제안되었다[7].

그림 2-2 에서 오차경로(E)와 스피커(S), 그리고 오차마이크로폰의 전달함수를 측정하여 \hat{C} 로 고정된 후 오차에 대해 적응필터 \hat{P}_0 를 W에 병렬로 연결하여 보상하였다.

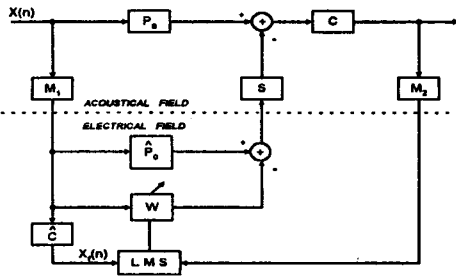


그림 2-2 강인성을 고려한 능동소음제어 알고리즘의 블록선도

그림 2-2에서 \hat{P}_0 는 입력마이크로폰으로부터 제어스피커까지의 덕트 전달함수 P_0 를 측정하여 고정시킨 값이고, 2차 경로내의 전달함수를 off-line 으로 측정하여 \hat{C} 로 고정하였다. P_0 와 \hat{P}_0 의 차이에 대해서는 적응필터를 병렬로 연결하여 보상함으로써 전체 시스템의 안정된 성능을 보장하도록 고려하고 있다. 그런데 이 시스템(그림 2-2)는 \hat{P}_0 와 \hat{C} 를 미리 측정하여야 설치가 가능하므로 그때마다 전문가가 동원되어야 하고, 시스템이 변화한 경우 \hat{P}_0 의 기능이 약화되는 단점이 있다.

그림 2-3은 이를 보완한 적응능동소음제어 시스템의 알고리즘을 나타낸 블록선도이다 [4,5]. 그림 2-3에서처럼 적응필터 W_1 에 또 하나의 적응필터 W_0 를 병렬로 연결하여, W_0 를 일정한 간격 N 마다 W_1 에 의해 식(2-2)처럼 갱신시킨다.

$$W_0(N+1) = W_0(N) + W_1(N) \quad (2-2)$$

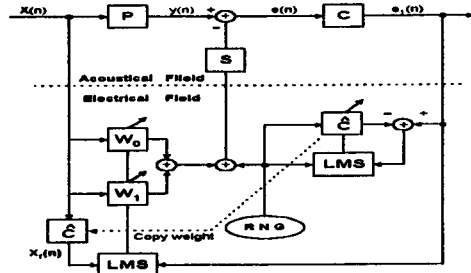


그림 2-3 적응 능동소음제어 시스템의 블록선도

여기서, W_1 은 식 (2-1)로서 주어지며, $W_1(N+1)$ 을 계산할 때에는 초기값을 reset 한다.

2-3. 실험 및 결과 분석

실험은 아래의 그림과 같은 공조 덕트시스템에 신호처리 전용 칩인 Motorola社의 DSP 56001을 사용하였다.

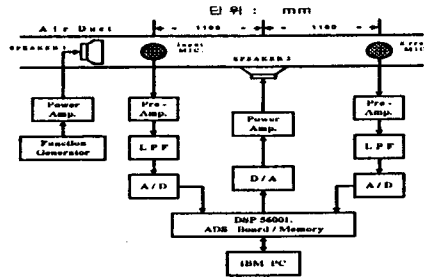


그림 2-4 공조 덕트 시스템의 계통도

실제의 덕트 시스템에서의 실험은 다음과 같이 구분하여 비교·분석한다.

실험은 위에 설명한 세 개의 시스템에 대해서 적응필터가 정상적으로 동작할 때와 그렇지 않을 경우에 대해서 비교하는 방법을 사용하였다. 이때 사용된 입력신호는 300[Hz]의 단일 주파수이고, sampling rate 는 20[KHz]이며, FIR 적응필터(W)의 차수는 16차로 하여 실험했다.

2-3-1. Filtered-X ANC 시스템

그림 2-5는 filtered-x LMS 알고리즘을 사용한 실험결과이다.

그림 2-5에서 위에 있는 그림은 입력마이크로폰에서 검출된 소음원 신호이고, 밑에 있는 그림은 오차마이크로폰에서 검출된 감쇄되어진 신호이다.

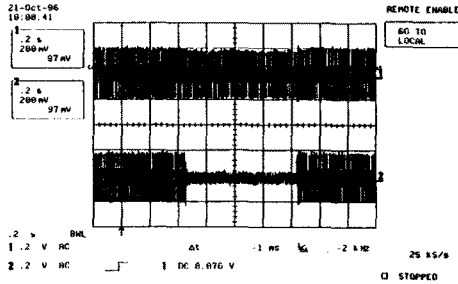


그림 2-5 Filtered-X ANC 시스템의 결과

적용필터(W)를 정상적으로 작동시킬 경우 filtered-x ANC 시스템은 소음을 감쇄시키고 있으나, 적용필터를 가동시키지 않을 경우 시스템은 원래의 소음을 그대로 전달해주고 있다.

2-3-2. 강인성을 고려한 Filtered-X ANC 시스템

그림 2-6은 강인성을 고려한 filtered-x LMS ANC 시스템의 실험결과로서, 적용필터를 정상적으로 동작시킬 경우 원래의 소음을 제어한다. 이러한 소음제어성능을 위해서는 덕트 경로에 대한 모형화 오차가 적어야 한다.

적용필터가 정상적으로 동작하지 않을 경우에는 원래의 소음을 제어할 수도 있고 제어하지 못할 수도 있는 불안정한 요소를 갖으며, 시스템 구성시 전문적인 지식을 요구하게 된다.

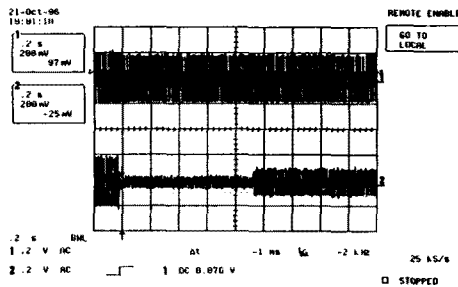


그림 2-6 강인성을 고려한 Filtered-X ANC 시스템의 결과

2-3-3. 강인성을 개선한 적응 능동소음제어 시스템

그림 2-7은 적응 능동소음제어 시스템이 제어경로와 오차 경로를 On-Line으로 실행하여 소음을 감쇄한 그림이다.

적용필터의 정상 동작시에 소음은 이전 시스템과 마찬가지로 소음을 감쇄시키고 있으며, 적용필터를 가동시키지 않을 경우에도 제안한 적응 능동소음제어 시스템은 소음 감쇄를 하고 있다.

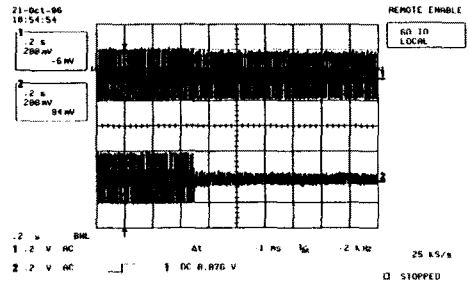


그림 2-7 강인성을 개선한 적응 능동소음제어 시스템의 결과

3. 결론

본 논문에서는 능동소음제어 시스템의 성능 향상을 위한 방법으로 강인성을 개선한 적응 능동소음 제어시스템을 제안한다. 실험 결과, 제안한 시스템은 오차경로에 대한 사전 정보없이 소음을 제어할 수 있고, 적용필터가 작동할때와 같이, 적용필터가 작동하지 않을 때에도 만족할 만한 소음 감쇄를 이루었다.

참 고 문 헌

- [1] P. A. Nelson and S. J. Elliott, *Active Control of Sound*, Academic Press, 1992.
- [2] R. R. Leitch, "Active Noise Control Systems," IEE Proceedings, Vol 134, Pt.A, No. 6, pp. 525-456, June 1987.
- [3] L. J. Eriksson, M. C. Allie, "Use of Noise for On-line Transducer Modeling in an Adaptive Active Attenuation System," J. Acoust. Soc. Am85(2), pp. 797-802, February 1989.
- [4] 정찬수, 신승식 외, "강인성을 개선한 적응능동소음제어 시스템," 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.661-663, July, 1996.
- [5] 정양용, "공조덕트시스템에서 강인성이 개선된 적응능동소음제어기 설계," 박사학위논문, 숭실대학교, 1996.
- [6] L. J. Eriksson, "Active Sound Attenuation Using Adaptive Digital Signal Processing Techniques," Ph.D. thesis, University of Wisconsin-Madison, December 1985.
- [7] 정찬수·오학준 외, "강인성을 고려한 능동 소음 제어시스템," 대한전기학회 추계 학술대회 논문집, pp.332-334, Feb. 1994.