

# SISO 에 의한 덕트소음의 능동제어에 관한 연구

차 경 환, 이 채 봉  
동서대학교 정보통신공학과

## A study on the Active Control of Duct Noise using SISO

Kyung-Hwan Cha, Chai-Bong Lee

Department of Information & Communication Engineering Dongseo University

### 요 약

본 연구에서는 일반적인 능동소음제어 방법을 적용할 수 없는 길이가 짧은 덕트에 대해서 하나의 마이크로폰과 스피커로 제어할 수 있는 SISO(Single Input Single Output)를 적용한 실시간 제어기의 구현과 성능평가에 대해서 기술하였다. 길이가 짧은 덕트를 대상으로 실험한 결과 전체적으로 1.4dBa 의 소음저감을 얻었다.

### I 서 론

디지털신호처리기술 및 반도체의 발전에 의해 능동소음제어 기술은 공조용 덕트의 출구에서 방사되는 소음을 제어하기 위하여 많이 사용되고 있다. 현재까지 공조용 덕트의 능동소음장치를 개발하여 상품화한 회사는 미국의 DIGISONIX 사, 일본의 HITACHI 사, MITSUBISHI 중공업 등이 있다. 개발된 소음장치는 대부분 길이가 긴 덕트를 대상으로 하고 있으며 덕트내의 환경변화에 효율적으로 대응하기 위하여 적응알고리즘을 채택하고 있다. 소음장치는 덕트내의 송풍기 소음을 입력시키는 마이크로폰과 역위상의 상쇄음을 방사하는 스피커 그리고 상쇄되지 않은 에러를 감지하여 필터계수를 갱신시켜주기 위한 에러 감지용 마이크로폰으로 구성되어있다.

덕트의 능동소음제어기에서는 스피커에서 방사되는 상쇄음이 송풍기의 소음을 입력시키는 마이크로폰에 입력되어 제어기의 성능을 저감시키고 시스템을 불안정하게 만드는 음향피드백현상을 제거하는 것이 매우 중요하다. 따라서 제어기내에 음향피드백 보상필터를 구성하고 이러한 현상을 최소화 하고 있다. 하지만 길이가 짧은 덕트에서는 소음을 입력시키는 마이크로폰과 에러를 감지하는 마이크로폰을 설치하기가 어렵고 제어기의 계산시간도 제약을 받기때문에 길이가 긴 덕트에서 사용하고 있는 방법을 채택하기에는 많은 문제점이 있다.

본 연구에서는 길이가 짧은 덕트에서 하나의 마이크로폰으로 송풍기 소음의 입력과 에러 감지를 동시에 할수있는 SISO 방법을 적용하여 시스템을 구현하고 그 성능을 평가하였다.

## II. SISO 에 의한 능동소음제어기법

그림 1은 무방향성 스피커에서 발생하는 음향피드백 현상을 능동소음제어 프로그램내에서 음향피드백 보상필터를 이용하여 제거시켜주는 능동소음제어 기법이다. 이러한 기법은 덕트내에서 음파가 전파되는 길이가 어느정도 확보되는 길이가 긴 덕트에서는 가능하다. 그러나 두개의 마이크로폰을 설치하기에는 덕트 길이가 짧은 경우에는 충분한 계산시간을 확보할 수 없기때문에 프로그램내에서 음향피드백 보상필터를 구성하기가 곤란하고, 실시간 처리에 있어서도 문제점이 발생한다.

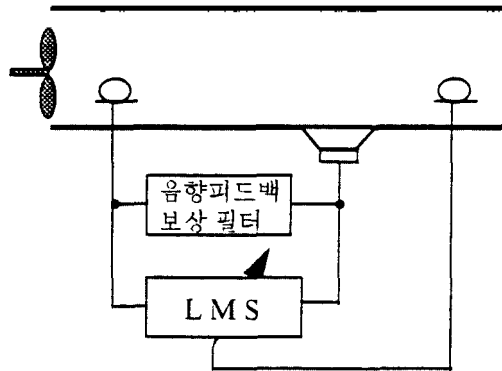


그림 1. 음향피드백 보상필터를 이용한 긴 덕트의 능동소음제어기법

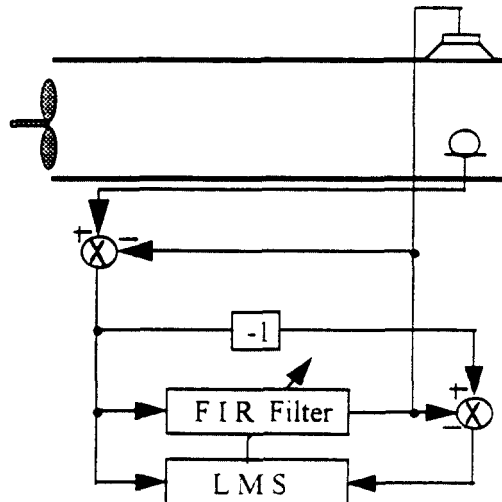


그림 2. SISO방법에 의한 짧은 덕트의 능동소음제어기법

그림 2는 길이가 짧은 덕트에서 하나의 마이크로폰으로 소음의 입력과 예러 감지를 동시

에 할수있게 구성된 능동소음제어 기법이다. 마이크론과 스피커의 위치는 입력된 신호에서 스피커의 출력신호를 프로그램내에서 빼더라도 영향을 받지않도록 구성하였다. 그리고 순수하게 입력된 소음신호에 대해서 역위상의 상쇄신호가 되도록 LMS(Least Mean Square) 알고리즘에 의해서 필터계수가 갱신된다. 이러한 SISO기법에 의해 제어성능을 향상시키기 위해서는 스피커와 마이크론을 가능한 가까이 위치시키는 것이 효율적이다.

### III. SISO에 의한 능동소음제어기의 구현

능동소음제어기의 하드웨어는 그림 3에서와 같이 개발의 효율성과 제어기의 크기를 최소화하기 위하여 프로세서 내부에 프로그램 메모리와 데이터 메모리가 내장되어 있는 TI사의 PLCC형태의 TMS320E25 1개를 사용하였다. 입력부는 마이크론을 통해서 입력되는 소신호를 증폭시키는 소신호 증폭회로, 앨라이싱(aliasing)을 방지하기 위한 저역통과필터(Low Pass Filter) 1개, 12bit의 분해능을 갖는 ADC(Analog to Digital Converter) 1개로 구성되어있다. 출력부는 아날로그 신호로 변환시켜주는 DAC(Digital to Analog Converter) 1개, 아날로그 출력신호를 매끄럽게 해주는 저역통과필터 1개, 스피커를 구동시켜주는 파워증폭회로로 구성되어있다.

구현된 제어기는 제어 알고리즘의 성능검토에 있어서 DSP내부 메모리의 내용과 변수들을 한단계씩 검토하기 위하여 PGA 형태의 에뮬레이터로도 동작할 수 있게 구성되었다. 소프트웨어는 실시간 처리를 위하여 기계어로 작성하였다

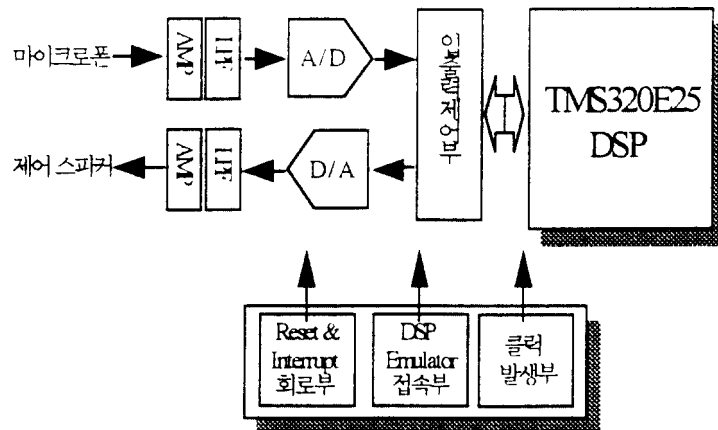


그림 3. 능동소음제어기의 하드웨어 구성도

#### IV. 실험 및 결과

실험에 사용된 덕트의 단면은 0.20m X 0.20m, 길이는 0.80m 이며 얇은철판으로 제작하였다. 그림 4는 능동소음제어 실험구성을 보여주고 있다.

능동소음제어에서 덕트의 음향학적 특성은 제어장치의 성능과 안전성 측면에서 매우 중요하다. 덕트내 길이방향으로 전파하는 평면파만을 제어하기 위하여 덕트내의 동일한 위치에 설치한 두개의 마이크로폰사이의 전달함수를 구하였다. 그 결과 800Hz 까지는 (0,0)모드의 평면파가 진행한다는 것이 확인되어 800Hz 이하에서 좋은 제어성능을 얻을수 있다는 것이 예측되었다.

능동소음제어 실험은 두개의 음원을 사용하였다. 첫번째는 B&K의 4205 SOUND POWER SOURCE를 사용하였고, 두번째는 송풍기를 사용하였다. 송풍기의 회전에 의해 발생하는 공기의 흐름은 마이크로폰에 turbulence noise를 발생시킨다. 이러한 영향은 마이크로폰의 입력 신호를 백색잡음화시키며 제어기의 안정도를 열화시키는 문제점이 발생한다. 따라서 이러한 영향을 제거하기 위하여 turbulence screen을 마이크로폰에 장착시켰다.

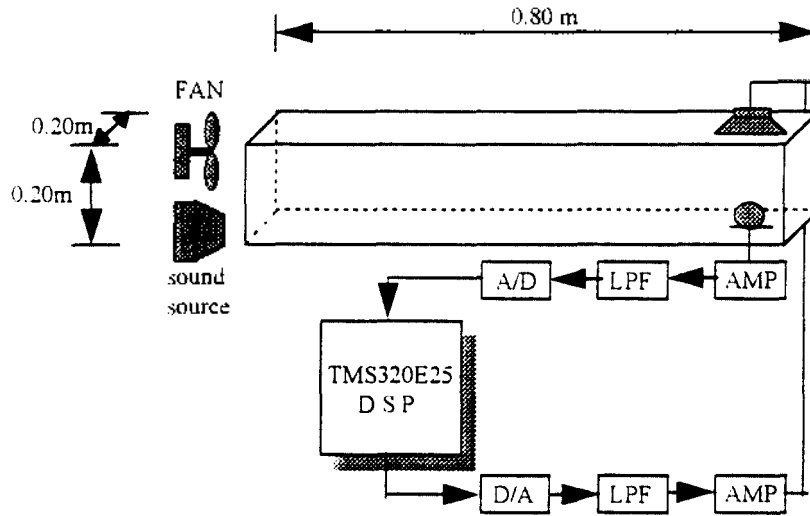


그림 4. 짧은 덕트의 능동소음제어 실험 구성도

그림 5는 음원이 SOUND POWER SOURCE인 경우에 실험한 결과이다. 윗쪽의 스펙트럼은 제어 이전의 소음 스펙트럼이며, 아래쪽의 스펙트럼은 제어 이후의 소음 스펙트럼이다. 능동소음제어 전후의 스펙트럼을 400Hz 까지 비교해보면 300Hz 대역의 저주파성분이 많이 감소된 것을 확인할 수 있었고 전체적으로는 1.4dBa의 소음저감을 얻었다. 능동소음제어 이후의 스펙트럼 형태가 평탄화되어 소음의 음색측면에서도 부드럽게 순음화 된것을 확인

할 수 있었다.

그림 6은 음원이 송풍기인 경우에 실험한 결과이다. 스펙트럼의 형태가 바람성분으로 인하여 전반적으로 평탄하게 나타났다. 특히 280Hz부근의 단일음성분은 회전체의 BPF(Blade Passing Frequency)성분으로 높은 에너지를 보이고 있다. 제어결과 스펙트럼은 그림 5의 결과에서와 같이 300Hz 대역과 BPF성분이 감소된 것을 확인할 수 있다.

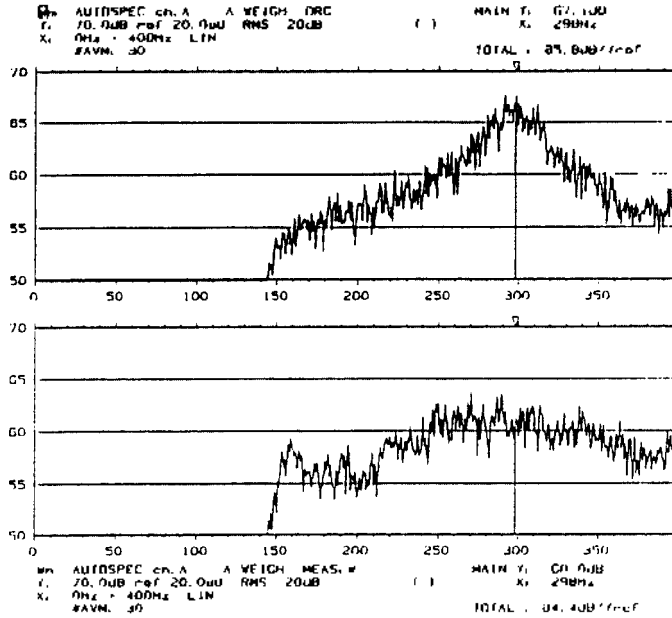


그림 5. SOUND POWER SOURCE에 의한 능동소음제어 스펙트럼

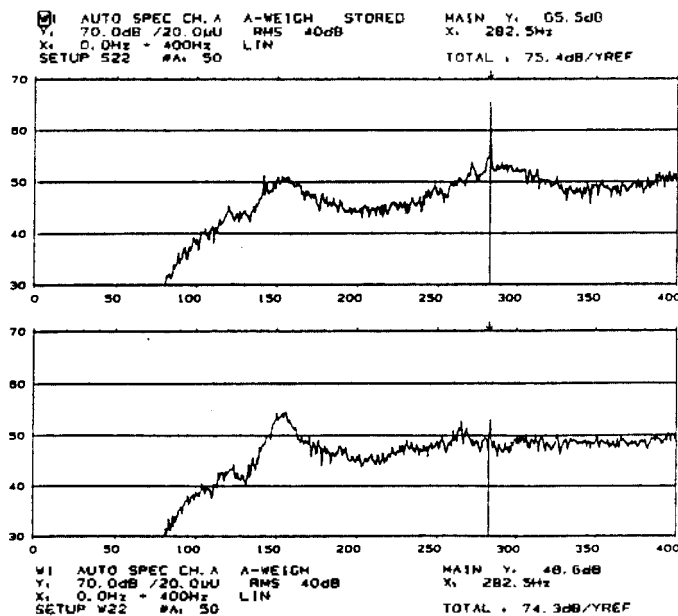


그림 6. 송풍기에 의한 능동소음제어 스펙트럼

## V. 결 론

덕트의 출구에서 발생하는 소음을 제어하기 위하여 개발된 능동소음제어 방법은 덕트의 크기, 덕트내 유속의 흐름, 소음원의 특성에 따라서 성능이 많은 제약을 받는다.

본 연구에서는 덕트의 길이가 짧아서 소음원의 입력용 마이크로폰과 애러감지용 마이크로폰을 설치할 수 없고, 연산시간의 제약에 의해 음향피드백 보상필터를 적용할 수 없는 문제점을 극복하기 위하여 SISO방법을 적용하여 실시간 제어를 구현하였다.

짧은 덕트를 대상으로 두개의 음원으로 실험한 결과 송풍기보다는 SOUND POWER SOURCE를 사용하였을때 제어성능이 좋았으며 전체적으로 1.4dBA를 저감시켰다. 특히 송풍기의 경우 BPF성분이 15dBA 감소된 것은 SISO방법이 단일음에 대해서는 제어성능이 뛰어나다는 것을 알수있다. 송풍기 바람에 의한 영향을 최소화하기 위해서는 일자형 형태의 덕트보다는 굽은형태의 덕트를 대상으로 능동소음제어를 적용하는 것이 효과적인 것을 알았다.

앞으로 절대적인 소음치의 저감과 더불어 스펙트럼의 형태를 평탄화하여 음색지각모델에 기초한 소음의 순음화에도 많은 노력이 필요하다고 생각된다.

## 참고문헌

1. B.Widrow, S.D.Steams, "Adaptive Signal Processing", Prntice-Hall, Inc., 1985
2. B.Widrow et al, "Adaptive noise cancelling:Principle and Applications", Proc. IEEE Vol.63 pp1692-1716, 1975
3. Swinbanks, M. A., "The active control of sound propagation in long ducts" JSV, 27(3), pp411-436,1973
4. 차경환, 이재봉, 김천덕, "SISO에 의한 가전기기의 능동소음제어", 제2회 전기음향 학술대회 논문집, pp148-153, 1996