

외란 관측기 타입의 속도 추정기를 이용한 능동 흡음기 구현

Electroacoustic absorber using Disturbance-observer-type Velocity Estimator

조영은*, 김기현*, 유호민*, 왕세명†

Youngeun Cho*, Kihyun Kim*, Homin Ryu*, Semyung Wang†

1. 서 론

소음원의 역위상을 갖는 음파를 발생시켜 두 음파간의 상쇄 원리를 이용하여 소음을 저감하는 기존의 능동 소음 제어 방식(active noise cancellation)과는 달리 임피던스 정합 원리를 이용하여 소음을 흡음 및 저감하는 능동 흡음기(Electroacoustic absorber)가 소개되었으며⁽¹⁾ 이를 통해 능동 흡음기의 소음 저감 성능이 확인되었다.

능동 흡음기를 구현하기 위해서는 음압과 속도 신호를 얻기 위한 마이크로폰과 속도 센서를 필요로 한다. 이러한 능동 흡음기를 여러 개 사용하여 능동 흡음기 어레이(array)를 만들기 위해서는 다수의 센서를 필요로 하기 때문에 시스템 구축과 비용에 있어서 어려움을 겪게 된다.

본 연구에서는 이러한 어려움을 극복하기 위하여 스피커 다이어프램의 속도를 측정하기 위한 속도 센서 대신 외란 관측기 타입의 속도 추정기(Disturbance-observer-type Velocity estimator)를 사용하여 능동 흡음기를 구현하는 연구를 수행하였다.

2. 능동 흡음기 소개

2.1 능동 흡음기 원리

능동 흡음기는 스피커의 공진 주파수 근처에서의 음향 임피던스를 조절하여 공기의 특성 임피던스와 일치시켜 임피던스 정합 원리로서 소음을 저감시

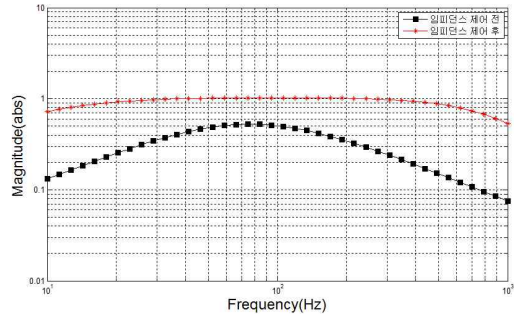


그림 1. 공기 특성 임피던스로 정규화된 스피커의 특성 음향 임피던스

킨다. 능동 흡음기를 표현하는 식은 아래와 같다.

$$\begin{aligned} SP(s) &= Z_m v(s) - Bli(s) \\ E(s) &= Z_e i(s) + Blv(s) = K_p p(s) - K_v v(s) \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, Z_m 와 Z_e 는 스피커의 기계적, 전기적 임피던스, s 는 다이어프램 면적, K_v 는 속도 게인, K_p 는 압력 게인, p 는 스피커 다이어프램 근처에서 측정된 압력, v 는 스피커 다이어프램의 속도이다. 그림 1에서와 같이 속도 게인과 압력게인의 비율이 공기의 특성 임피던스가 될 때(임피던스 제어 후), 임피던스 정합을 만족하게 되어 소음이 흡수 된다.

3. 외란 관측기 타입의 속도 추정기

3.1 스피커 다이어프램의 속도 추정을 위한 외란 관측기

외란 관측기는 본래 시스템에 원하지 않는 외란을 예측하여 제거하는 것을 주목적으로 하는 기법이다. 이러한 시스템에 대한 외란을 예측할 수 있는 개념에 착안하여 스피커 다이어프램의 속도를 예측할 수 있는 외란 관측기 타입의 속도 추정기

† 교신저자; 광주과학기술원 기전공학부
E-mail : smwang@gist.ac.kr
Tel : (062)715-2390, Fax : (062)715-2384
* 광주과학기술원 기전공학부

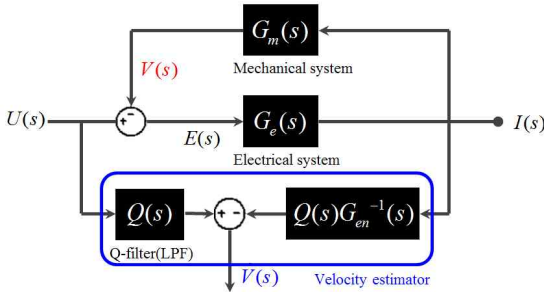


그림 2. 스피커 다이어프램의 속도를 예측하기 위한 외란 관측기 타입의 속도 추정기

(Disturbance-observer-type Velocity estimator)가 연구된 바 있다.⁽²⁾ 그림 2는 스피커의 전기적 시스템 $G_e(s)$ 에 대한 외란을 다이어프램의 속도 $V(s)$ 로 설정하여 이를 예측하기 위한 외란 관측기 타입의 속도 추정기를 나타내고 있다.

본 연구에서는 외란 관측기 타입의 속도 추정기를 통한 속도를 LSV(laser scanning vibrometer)를 통해 얻은 속도와 비교함으로써 그 신뢰도를 판단하였다.

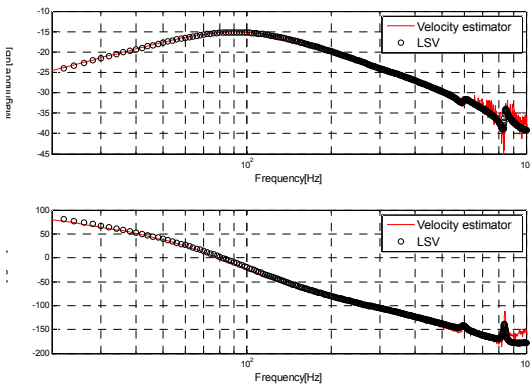


그림 3. 속도 주파수 함수 결과 비교

그림 3에서 구현된 속도 예측기가 관심주파수 영역(20~500Hz)에서 LSV와 유사한 속도 신호를 얻어내고 있음을 확인할 수 있다.

3.2 능동 흡음기에 적용된 속도 추정기

앞서 구현된 속도 추정기를 능동 흡음기에 적용하기 위해서는 스피커 끝단에 인가되는 임피던스 피드백 전압 $E(s)$ 이 속도 추정기에 사용되는 신호인 스피커 끝단의 전압 $U(s)$ 과 전류 $I(s)$ 에 아무런 영향

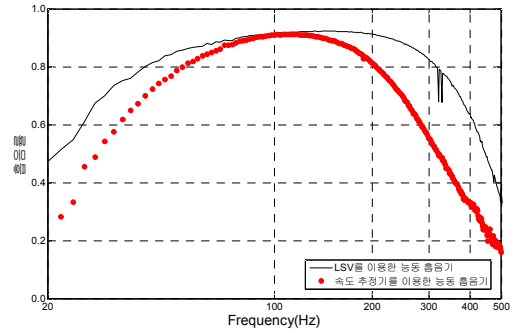


그림 4. LSV와 속도 추정기를 이용한 능동 흡음기의 흡음 성능 비교

을 미치지 않도록 적절히 보상해 주는 것이 필요하다. 그림 4에서와 같이 LSV를 이용한 능동 흡음기에 비해 속도 추정기를 사용하면 흡음 성능이 떨어짐을 볼 수 있다. 이는 스피커 끝단에 인가되는 임피던스 피드백 전압이 속도 추정기에 영향을 미쳐 제대로 속도 추정을 하지 못한 데에 원인이 있다. 따라서 추후에 이러한 문제점을 해결하여 LSV를 사용했을 때와 동일한 흡음 성능을 갖도록 하는 연구를 진행할 예정이다.

4. 결 론

본 연구에서는 외란 관측기 타입의 속도 추정기를 구현하여 능동 흡음기에 적용하였으며, 이를 통해 능동 흡음기에 적용할 수 있는 가능성을 확인하였다. 추후에 스피커 끝단에 인가되는 임피던스 피드백 전압을 제대로 보상하여 향상된 흡음 성능을 갖도록 하는 연구를 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] H.Lissek, R.Boulandet, and R.Fleury, "Electroacoustic absorbers: Bridging the gap between shunt loudspeakers and active sound absorption", J. Acoust. Soc. Volume 129, Issue 5, pp. 2968-2978, 2011.

[2] Yaoyu Li, George T.C. Chiu, "Control of Loudspeaker using Disturbance-Observer Type Velocity Estimation", IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS, 2005