평판 진동형 스피커 모델의 실험적 검증

Experimental validation of model of flat vibration speaker

강민우[1], 최형욱[1], 박영우[2], *#노명규[2]

M. W. Kang[1], H. W. Choi[1], Y. W. Park[2], M. D. *#Noh (mnoh@cnu.ac.kr)[2]

[1] 충남대학교 BK21메카트로닉스 사업단 [2]충남대 메카트로닉스 공학과

Key words : Flat vibration speaker, Transfer function, Magnetostrictive actuator

1. 서론

전기적 신호로 물체를 진동시켜 음향신호를 얻어내는 변환기인 스피커는 1877년 미국과 독일에서 시작되어 1925년 진공관 증폭기의 개발과 함께 등장하였다. 그 이후 영구자석 등 자성체의 개발, 고온용 접착제 및 관련 재료의 개선으로 1930년대 초기에 현재의 스피커 형상에 가까운 스피커가 등장하였다[1].

하지만 보이스 코일(Voice Coil)타입의 스피커는 진동판을 포함하고 있어 스피커의 음량을 늘이려면 스피커 자체의 크기를 키우게 되는 한계점을 가지고 있다. 이전의 연구에서 이러한 한계점을 극복하기 위해 자기변형(Magnetostriction) 재료를 사용한 구동기로 평판을 진동판으로 하여 소리를 발생하는 평판 진동형 스피커의 진동 모델이 제안되었다[2][3]. 제안된 모델은 동일한 크기의 보이스코일 타입 스피커보다 크기대비음량, 음의 무지향성 등 여러 가지의 장점을 가지고 있었다.

본 논문에서는 제안된 진동 모델을 실제로 구현하여 완성된 시스템의 실험을 통해 평판 진동형 스피커의 진동 및 음향특성에 대해 연구하였다.

2. 시스템의 구성

시스템은 Fig. 1과 같이 구성된다. G_a는 구동기에 전류를 공급해주는 증폭기로서 Texas Instrument사의 TPA3106D1을 사용하였다. 최종적인 스피커가 모바일(Mobile)형태로 구상되었기 때문에 Class-D 타입의 증폭기가 사용되었다. Class-D 타입의 증폭기는 동급의 Class-A나 Class-B 타입보다 높은 효율을 가지고 있다. K_a는 구동기로서 자기장에 의한 자기변형 물질의 변위로 표현될 수 있다. 구동기는 코일이 자기변형 물질을 감싸고 있는 형태로 제작되었으며 코일의 턴 수 및 코일에 흐르는 전류로 자기장의 양을 알 수 있는데 자기장에 대한 자기변형 물질의 변위 히스테리시스 곡선을 선형화 하여 얻어질 수 있다. G_p는 가로가 80mm, 세로가 50mm, 두께가 20mm인 목재 평판을 사용하였다. G_m은 소리를 전달하는 공기를 의미한다. 신호의 전달과정을 살펴보면 음원신호는 스피커 증폭기를 거쳐 전류로 변환된다. 변환된 전류는 구동기로 입력되어 변위를 발생시킨다. 이 발생된 변위는 테이블의 평판을 진동시키며 테이블 평판의 진동이 공기로 전달되어 음압으로 출력된다. 실제로 제작된 구동기의 모습은 Fig. 2와 같다.

시스템 블록의 전달함수를 각 각 G_a, K_a, G_p, G_m으로 표현하고 전체 블록을 G_t로 표현하면 이는 간단한 오픈루프(Open loop) 시스템으로 식(1)과 같이 표현할 수 있다.

$$G_t = K_a \cdot G_a \cdot G_p \cdot G_m \qquad (1)$$

평판의 진동모델 G_p을 구하고자 하는 경우 G_t, K_a, G_a, G_m을 실험으로 측정한 후 식(2)로부터 구할 수 있다.

$$|G_p| = \frac{|G_t|}{K_a|G_a \cdot G_m|} \qquad (2)$$

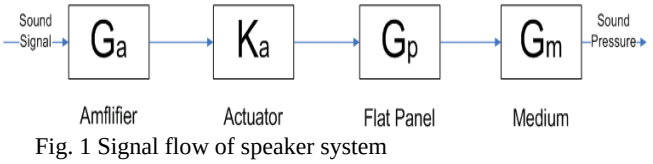

Fig. 1 Signal flow of speaker system

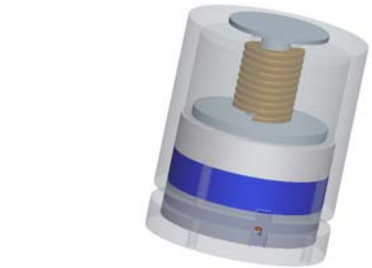

Fig. 2 Magnetostrictive actuator

3. 실험장치 및 방법

시스템 블록 G_a, G_m, G_t의 전달함수를 도출하기 위해 실험을 구성하였다. G_a는 증폭기의 전달함수로서 입력은 음원신호이고 출력은 코일에 인가되는 전류이다. 스펙트럼 분석기(DataPhyics SignalCalc)를 사용하여 Fig. 3과 같이 랜덤신호에 대한 구동기의 코일에 흐르는 전류의 주파수 응답을 실험하였다. 랜덤신호는 분석기 자체에서 생성시켜 주었으며 코일에 흐르는 전류는 전류센서(Tektronics P6021)로 측정하였다. Fig. 4의 실험결과를 보면 증폭기는 약 2.5kHz에서 최대 증폭비로 가지고 있으며 그 보다 높거나 낮은 대역에서는 낮은 증폭 비를 갖는 것을 볼 수 있다.

G_m은 스피커가 작동할 때 공기의 진동에 대한 전달함수로서 입력은 평판의 진동변위이고 출력은 음압이다. 스펙트럼 분석기를 사용하여 Fig. 5와 같이 평판의 변위에 대한 공기의 음압의 주파수 응답을 실험하였다. 평판의 변위는 변위센서(AEC 5706PS)를 사용하여 측정하였으며 공기의 음압은 마이크로폰(B&K 4189)을 사용하여 측정하였다. 분석 시 스피커의 작동신호는 분석기의 랜덤신호를 사용하였다. Fig. 6의 결과를 보면 약1kHz이상에서 일정한 증폭 비를 갖는 형태이다.

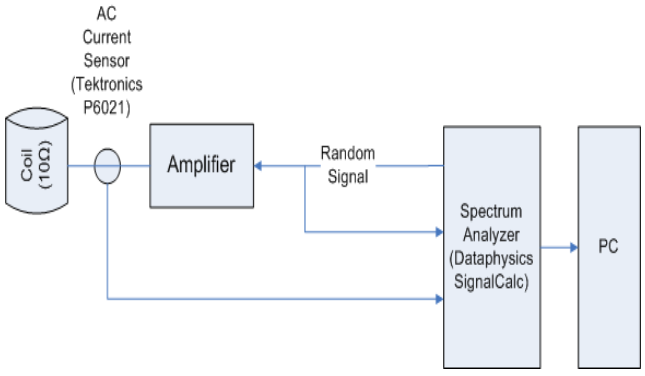

Fig. 3 Experimental setup to measure the amplifier transfer function

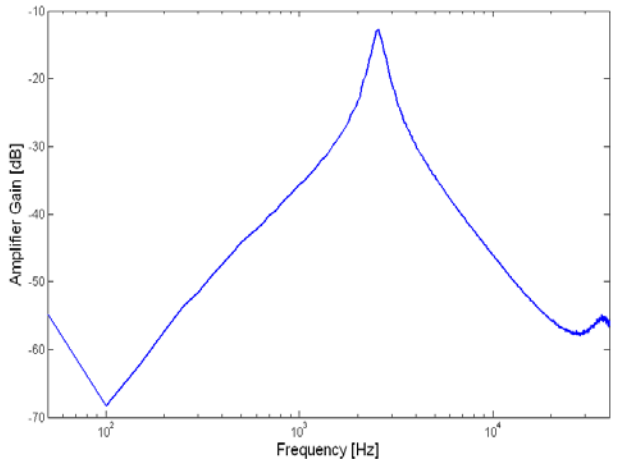

Fig. 4 Measured amplifier transfer function

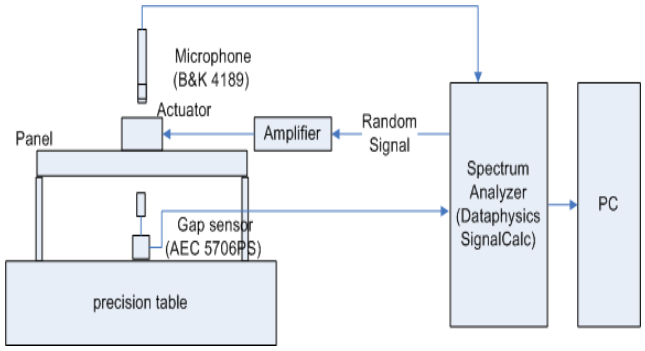

Fig. 5 Experimental setup to measure the transfer function of the medium

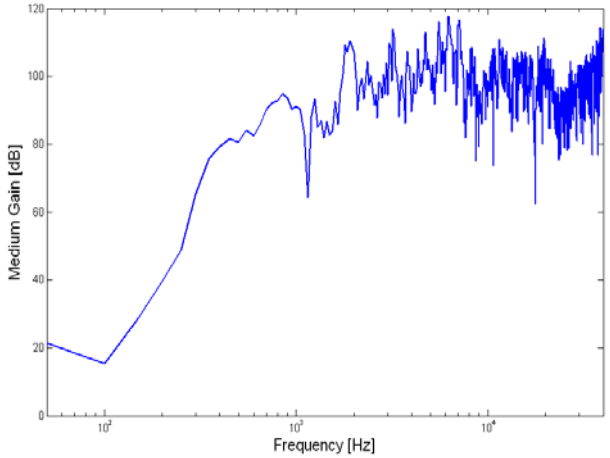

Fig. 6 Measured transfer function of medium

G_t는 시스템의 전체의 전달함수로서 입력은 음향신호이며 출력은 음압이다. 스펙트럼 분석기를 사용하여 Fig. 7과 같이 음향신호에 대한 음압의 주파수 응답을 실험하였다. 실험 시 음향신호는 분석기의 랜덤신호를 사용하였다.

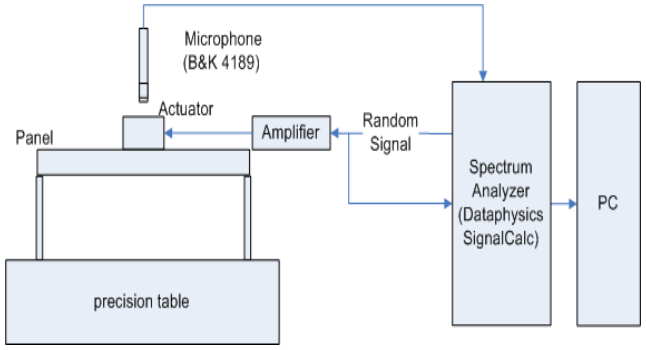

Fig. 7 Experimental setup to measure the system transfer function

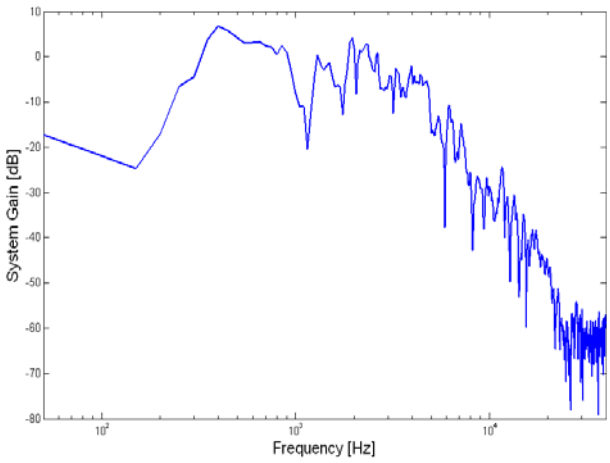

Fig. 8 Measured system transfer function

전체적인 시스템의 진동 및 음향특성은 Fig. 8과 같다. 사람의 가청주파수는 20~20kHz이다. 하지만 일상생활에서 음악을 통해 듣는 소리는 10kHz이하 이거나 10kHz를 크게 벗어나지 않는다[4]. 제작된 스피커의 진동특성을 보면 400Hz~10kHz에서 고른 분포를 보이는 것을 볼 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 실험을 통하여 실제로 제작된 스피커의 진동특성을 보였다. 그 결과 제작된 스피커가 일반적인 음악을 재생하는 것이 가능할 것으로 예측된다.

후기

본 연구는 중소기업청 산학공동 기술개발사업으로 수행된 연구 결과임.

참고문헌

1. 변홍정, “스피커 제작기술의 국내외 동향”, 대한전자공학회, 전자공학회지 제 13권 6호, 513-520, 1986
2. 최형욱, 김윤종, 박영우, "평판 진동형 스피커 설계를 위한 음향해석 및 진동모델링", 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, 521-522, 2008.
3. Unique freedom speaker F-Driver, Gansu Tianxing Rare Earth Functional Materials Co., Ltd
4. NF Viemeister, "Auditory intensity discrimination at high frequencies in the presence of noise", Science 16 September 1983 221: 1206-1208