

32 채널 스피커 시스템을 이용한 소리 공 형성 Realization of sound balls by using 32-channel loudspeaker system

장지호† · 송민호* · 박진영* · 김양한*

Ji-Ho Chang, Min-Ho Song, Jin-Young Park and Yang-Hann Kim

1. 서 론

다수의 스피커를 이용하여 음향 에너지를 원하는 어떤 영역에 집중시키는 것이 가능하다는 것은 이미 알려져 있는 사실이다. 이것은 점 집중(point focusing)의 개념이 영역으로 확장된 영역 집중(zone focusing)으로써, 음향 밝기 제어(brightness control)와 음향 대조 제어(contrast control)가 제안된 바 있다.¹ 전자는 입력 신호의 파워와 음향 에너지를 집중시키고자 하는 영역의 음향에너지 비를 최대화하는 것이고, 후자는 음향 에너지를 집중시키고자 하는 영역과 낮추고 싶은 영역의 음향에너지 비를 최대화시키는 방법이다.

이러한 방법을 이용하여, 공 모양의 영역에 음향 에너지를 집중시키면 (Fig.1), 이 영역이 가상 음원의 효과를 가질 것이라고 기대할 수 있다. 청자와 이 영역과의 거리에 따라 음압의 크기가 변화하기 때문이다. 그리고, 이 영역의 위치를 시간에 따라 변화시키면 가상음원이 공간 상에서 움직이는 효과를 얻을 수 있다. 이렇게 음향 에너지가 집중된 공 모양의 영역을 소리 공(sound ball)이라고 정의할 수 있을 것이다.

이러한 연구의 시작으로써, 본 논문은 한국과학기술원 소음 및 진동제어 센터에 설치된 32 채널 스피커 시스템을 이용하여 단일 주파수에서 2 차원 평면 상에 소리 공을 형성시키는 것을 목적으로 한다.

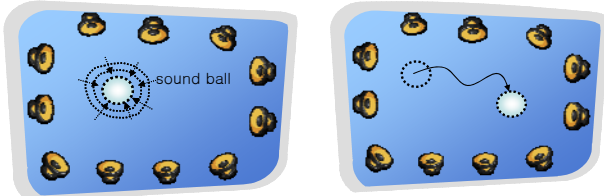


Fig.1 다수의 스피커를 이용한 소리 공 형성 (좌)과 소리 공의 이동(우)

2. 문제정의 및 실험설계

2.1 문제 정의

제어하고자 하는 2 차원의 영역이 있고 그 주위에 32 개의 스피커가 배열되어 있다고 가정하자. l 번째 스피커에 의한 음장을 $p^{(l)}(\vec{r}, \omega)$ 라고 할 때, 이 음장은 다음과 같이 스피커로 입력되는 신호 $q^{(l)}(\omega)$ 와 스피커에서 제어영역까지의 전달함수 $h^{(l)}(\vec{r}, \omega)$ 의 곱으로 표현된다.

$$p^{(l)}(\vec{r}, \omega) = q^{(l)}(\omega) h^{(l)}(\vec{r}, \omega). \quad (1)$$

따라서 모든 스피커에 의한 음장 $\tilde{p}(\vec{r}, \omega)$ 은 다음과 같이 표현된다.

$$\tilde{p}(\vec{r}, \omega) = \sum_{l=1}^{32} p^{(l)}(\vec{r}, \omega) = \sum_{l=1}^{32} q^{(l)}(\omega) h^{(l)}(\vec{r}, \omega). \quad (2)$$

여기서 전달함수 $h^{(l)}(\vec{r}, \omega)$ 는 측정을 통해 구할 수 있으므로, 스피커로 입력되는 신호 $q^{(l)}(\omega)$ 가 구하고자 하는 해이다.

2.2 실험설계

제어하고자 하는 2 차원의 영역은, 본 실험에서 사용하는 32 채널 스피커 시스템(Fig.2)의 크기에 따라 1.35m x 1.35m 의 정사각형으로 정한다. 그리고, 실험실의 잔향을 고려하여 관심 주파수는 1kHz 로 결정한다. 본 실험실은 바닥을 제외한 5 면에 흡음재가 부착되어 있고(Fig.2), 1kHz 이상의 음파는 충분히 흡수되기 때문이다. 스피커는 각각 8 개, 16 개, 8 개씩 세 줄로 배열되어 있는데, 본 실험의 제어 영역인 2 차원 평면의 높이는, 스피커의 가운데 줄의 높이와 일치시킨다.

이 영역을 5cm 간격으로 샘플링하면, Fig.3 과 같이 총 729 개의 측정점을 갖는다. 이 때 샘플링 간격인 5cm 는 관심 주파수 2000Hz 에 해당하는 파장의 약 1/6 정도으로써 공간 앨리어싱(spatial aliasing)을 발생시키지 않는다. 음향 에너지를 집중하고자 하는 공간, 즉 밝은 공간은 원으로 정하였고, 반치름

† 한국과학기술원 기계공학과 소음 및 진동제어 센터
E-mail : chang.jiho@gmail.com
Tel : (042) 350-3060, Fax : (042) 350-8220
* 한국과학기술원 기계공학과 소음 및 진동제어 센터

은 a 라고 표기한다.

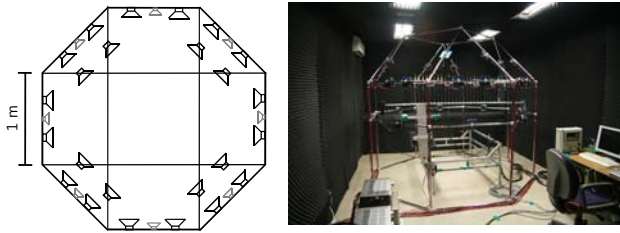


Fig. 2 32 채널 스피커 시스템: 스피커의 배치 (좌)와 흡음재가 부착된 실내(우)

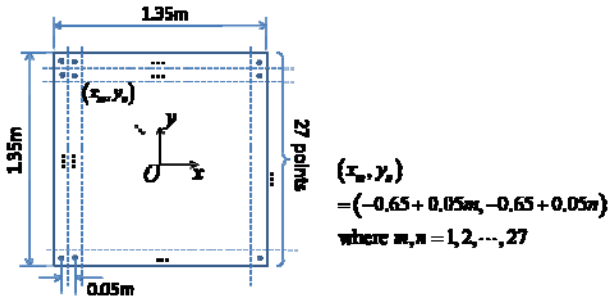


Fig. 3 제어영역과 측정점

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 전달 함수의 측정

각각의 스피커에 입력되는 신호와 측정점에서의 음압 간의 전달함수 $h^{(l)}(\vec{r}, \omega)$ 를 먼저 모두 구해야 한다. 각각의 스피커에 차례로 일정 크기를 갖는 chirp 신호를 입력하고, 그에 의한 음압을 27 개의 마이크로폰(array microphone)이 직선상에 0.05m 간격으로 배치된 어레이를 0.05m 씩 이동하여 총 27 번 측정하였다. Fig.4 는 그 예로써 첫 번째 스피커에 의한 전달함수의 크기와 위상 값을 보여주고 있다. 전달함수의 크기가 왼쪽 상단에서 크고, 위상이 오른쪽 아래로 갈수록 증가하는 것을 볼 때, 스피커의 위치가 왼쪽 상단 부근임을 알 수 있다. 전달함수의 크기가 음원에서의 거리가 멀어짐에 따라 단조 감소하지 않는 것은 반사파의 영향이라고 할 수 있다.

3.2 소리 공 형성

밝은 공간을 반지름이 0.1m 인 원으로 두고, 그 원의 중심이 원점과 같다고 할 때, 그림 5 와 같은 음장을 얻을 수 있다. 그림 5(좌)는 밝기 제어, 그림 5(우)는 대조 제어에 의한 음장이다. 중앙의 검정색 점선으로 표시된 원이 음향 에너지를 집중시킨 공간을 나타내고 있는데, 주변의 다른 공간보다 이 공간에서의 음압 값이 큰 것을 알 수 있다. 이 때, 음향 대조값은 각각 9.11dB, 10.45dB 이다.

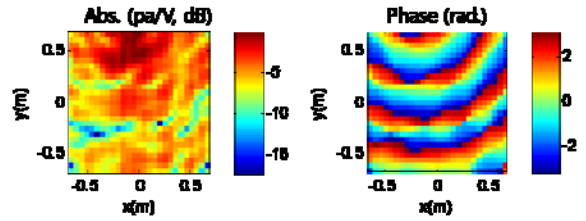


Fig. 4 첫 번째 스피커의 입력신호와 측정점에서의 음압 간의 전달함수: 크기(좌)와 위상(우)

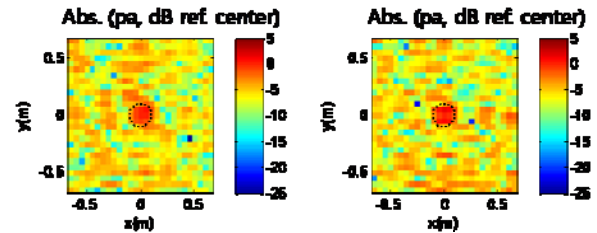


Fig. 5 음향 밝기 제어(좌)와 대조 제어(우)에 의한 소리 공 형성

4. 결론

소리 공을 형성하는 연구의 시작으로써, 본 논문에서는 32 채널 스피커 시스템을 이용하여 1kHz 의 단일 주파수에서 2 차원 평면 상에 원 모양의 소리 공을 형성하는 연구를 수행하였다. 그 결과, 밝은 공간의 위치가 원점이고 반지름이 0.1m 일 때 약 10dB 정도의 음향 대조값을 얻었다. 향후 과제로는, 밝은 공간의 위치와 크기에 따른 음향 대조값의 변화를 알아보고, 단일주파수에서 주파수 대역으로, 2 차원에서 3 차원으로 확장하는 것이 요구된다.

후 기

이 연구는 교육과학기술부의 BK21 사업과 한국과학기술원 HRHRP(High Risk High Return Project)의 지원을 받았고, 지원에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] J.-W. Choi and Y.-H. Kim, "Generation of an acoustically bright zone with an illuminated region using multiple sources," J. Acoust. Soc. Am., 111(4), 1695-1700, 2002.
- [2] J.-H. Chang, C.-H. Lee, J.-Y. Park, and Y.-H. Kim, "A realization of sound focused personal audio system using acoustic contrast control," J. Acoust. Soc. Am, 125(4), 2091-2097, 2009.