

# 국악기의 음향 방사 특성 조사 연구

정철호\*, 장해원\*, 이정권\*, 이원구\*\*, 한찬훈\*\*

\*KAIST 기계공학과 소음 및 진동제어 연구센터, \*\*충북대학교 건축공학과

## An Experimental Study on the Radiation Characteristics of the Korean Traditional Musical Instruments

C.-H. Jeong\*, H.-W. Chang\*, J.-G. Ih\*, W.-G. Lee\*, C.-H. Haan\*

\*NOVIC, Dept. of Mechanical Engineering, KAIST, e-mail: chejong@kaist.ac.kr.

\*\*Dept. of Architectural Engineering, Chungbuk national university.

### 요약

현재 국악기의 음향특성에 대한 상세 정보가 매우 부족하며, 이러한 정보의 부재는 국악당의 설계에 있어서 최적의 음향을 전달하는 공간을 형성하지 못하게 하는 한 원인이 되고 있다. 따라서, 대표적인 각종 국악기의 음향특성을 측정하고 분류한 후 데이터베이스를 구축하면, (1) 향후의 국악 및 국악기 개발에 대한 기초연구로서 활용될 수 있으며, (2) 국악 전용 연주장의 설계에 있어서 입력 데이터로 요긴하게 활용될 수 있으리라 판단된다.

본 연구는 국악기의 음향방사특성을 조사하기 위한 제 2 단계의 연구로서, 기존의 연구 [1] 에 새로운 국악기 8 종을 추가하였다. 선정된 국악기는 현악기중에서 거문고와 해금, 관악기 중에서 피리와 태평소, 타악기 중 북과 쥘거리, 징 및 남성창으로, 원거리 (far-field) 음향 방사 특성을 조사하였다.

### 1. 서론

건물 내부 공간에서의 음향 특성을 예측하는 과정은 공연장의 음향 설계에 있어서 매우 중요하다. 공연장에서의 음의 분포 및 음향 특성을 예측하기 위해서는 건물의 내부 형상, 건축 자재의 물성 및 배치 등이 일차적인 고려 대상이 되겠지만, 음원의 지향성에

따라서도 음의 분포 및 음향 특성이 달라지기 때문에, 최근 들어 음원의 방사 특성을 함께 고려하여야 한다고 제안되고 있다 [2]. 본 연구에서 방사 특성을 측정할 국악 음원으로는 현악, 관악, 타악, 성악의 대표적인 음원의 거문고, 해금, 피리, 태평소, 북, 쥘거리, 징, 남성 판소리 창외 8 종을 선정하여 시험하였다. 주파수 대역은 1 kHz 를 기준으로 한 옥타브 밴드로서, 250 Hz~4 kHz 의 범위로 제한하였다. 125 Hz 이하의 저주파수는 측정 고정구의 반경에 의하여 제한되었고, 8 kHz 이상의 범위는 측정시의 신호대 잡음비가 좋지 않기 때문이다.

### 2. 국악 음원의 방사 특성 측정

음원의 지향성이란 원거리 특성이므로, 원거리 조건을 만족하기 위하여는 음원과 측정 마이크로폰의 거리가 최소한 가장 낮은 관성 주파수의 한 파장 이상 떨어져 있어야 한다. 250 Hz 옥타브 밴드를 가장 낮은 관성 주파수 범위로 결정하고, 고정구의 곡률 반경은 1.5 m 로 설정하였다. 측정 고정구를 이용하여 지향성을 측정하는 개략도는 그림 1 과 같다.

측정은 KAIST 에 설치되어 있는 전무향실에서 행하여 졌는데, 반무향실 조건을 만들기 위하여 바닥에 베이클라이트 및 폴리에틸렌 수지로 된 20 mm 두께의

판을 설치하였다. 실험장치의 바닥이 음향학적으로 단단하고 무한한 배플 조건을 만족하는 선행 연구에서 확인되었다 [1].

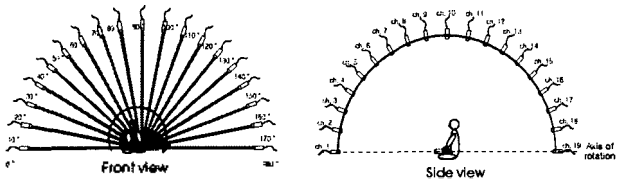


Fig. 1. Measurement setup for the directivity.

실험에서는 어레이 마이크로폰 (B&K 4935) 19 개가 사용되었고, 곡의 신호는 실시간으로 신호 분석기 (B&K PULSE type 3560D)에 의해 처리되며, PCM 녹음기 (Sony SIR-1000)를 이용하여 녹음하였다.

음향 방사 특성 측정 시 연주자의 머리위에 측정 고정구가 있는 경우를 90°로 정의하고 연주자의 오른쪽으로 0°, 왼쪽을 180°로 정의하였다. 마이크로폰은 1 번 channel 이 연주자의 전방, 19 번 channel 이 연주자의 뒤쪽을 나타낸다. 지향성 측정의 결과로서의 음의 지향성은 음원을 둘러싼 반구의 형태에서 매 입체각 10° 마다 주어지지만, 본 논문에서는 이해와 표현의 편의상 수직방향 지향성과 수평방향 지향성의 두 가지 2 차원의 결과만을 표시한다. 수평방향 지향성은 0°와 180°의 신호를 분석한 결과이며, 수직방향 지향성은 고정 측정구 90° 음압 레벨을 나타낸다.

### 2.1. 거문고

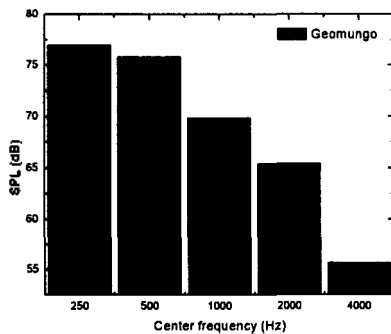


Fig. 2. Cumulative spectrum of the sound of Geomungo.

거문고는 250~500 Hz 대역에서 가장 큰 소리를 방사한다. 수직방향 지향성은 전후방향 지향성이며

울림통이 뒤쪽을 향하기 때문에 전방보다 후방의 음압이 더 크다.

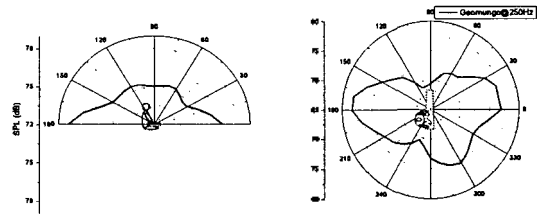


Fig. 3. Directivity pattern of the Geomungo at 250 Hz.

### 2.2. 해금

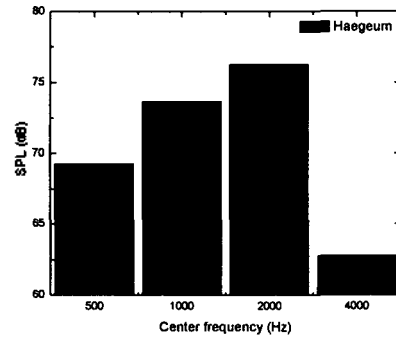


Fig. 4. Cumulative spectrum of the sound of Haegeum.

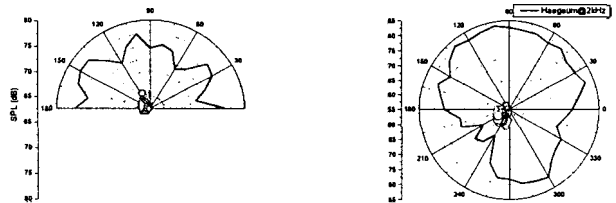


Fig. 5. Directivity pattern of the Haegeum at 2 kHz.

해금은 2 kHz 대역에서 가장 큰 소리를 방사한다. 해금의 소리는 울림통의 방향인 연주자의 왼쪽으로 주된 방사특성을 보인다. 수직방향 지향성은 주로 위쪽 방사 형태를 보인다. 250 Hz 미만의 소리는 전혀 방사되지 않는다.

### 2.3. 북

북은 주로 저주파수에서 방사가 잘 되며, 수직방향으로는 앞뒤 지향성을, 수평방향으로는 오른쪽 지향성을 나타낸다.

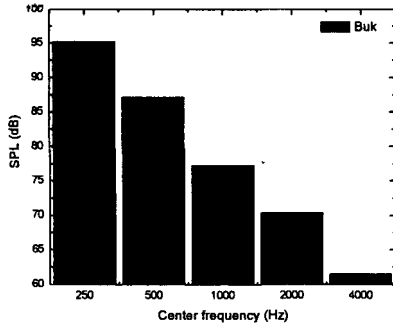


Fig. 6. Cumulative spectrum of the sound of Buk.

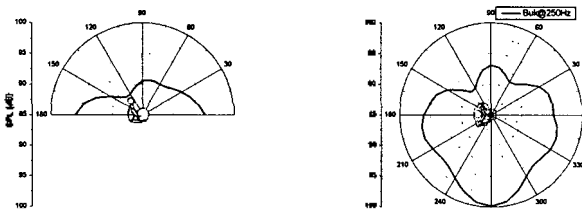


Fig. 7. Directivity pattern of the Buk at 250 Hz.

#### 2.4. 풍과리

풍과리는 2 kHz 대역에서 가장 방사가 잘 일어난다. 전주파수 대역에서 양쪽방향 지향성을 나타내며, 오른쪽보다는 왼쪽으로 더 방사가 잘 일어난다. 125 Hz 이하의 주파수에서는 방사가 되지 않는다.

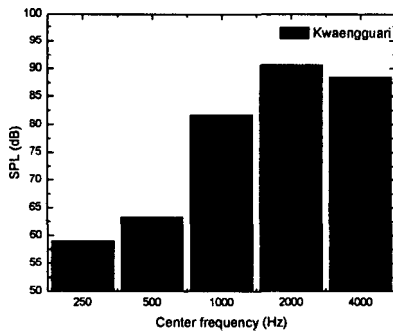


Fig. 8. Cumulative spectrum of the sound of Kwaengguari.

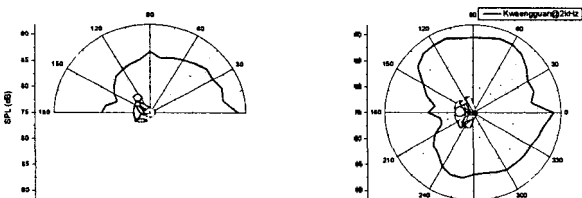


Fig. 9. Directivity pattern of the Kwaengguari at 2 kHz.

#### 2.5. 징

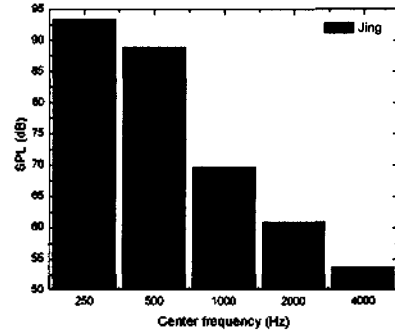


Fig. 10. Cumulative spectrum of the sound of Jing.

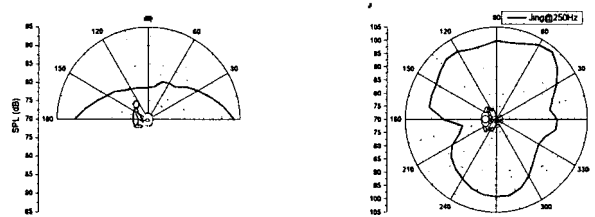


Fig. 11. Directivity pattern of the Jing at 250 Hz.

징은 500 Hz 미만의 저주파수가 가장 잘 방사되며 수직방향으로는 앞뒤 지향성을, 수평방향으로는 옆쪽 지향성을 가진다. 전체적으로 왼쪽방향 지향성이 더 크게 나타난다.

#### 2.6. 피리

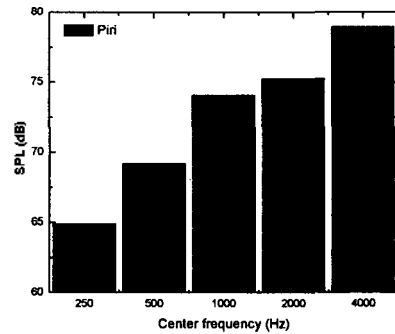


Fig. 12. Cumulative spectrum of the sound of Piri.

피리는 4 kHz 의 고주파수 대역에서 가장 방사가 잘되며 수직방향으로는 앞쪽지향성을, 수평방향도 역시 앞쪽 및 옆쪽 지향성을 가진다. 피리는 125 Hz 미만의 소리를 낼 수 없다.

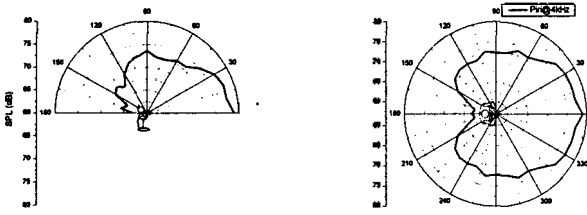


Fig. 13. Directivity pattern of the Piri at 4 kHz.

### 2.7 태평소

태평소 역시 250 Hz 이하의 소리는 방사하지 못하며 2 kHz 대역에서 가장 큰 소리를 방사한다. 피리와 마찬가지로 전형적인 앞쪽 지향성을 가진다. 본 연구에서 측정된 악기중에서 음압 레벨이 가장 큰 악기이다.

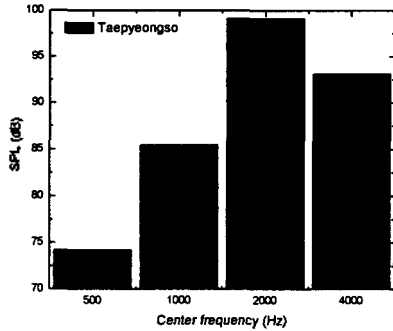


Fig. 14. Cumulative spectrum of the sound of Taepyeongso.

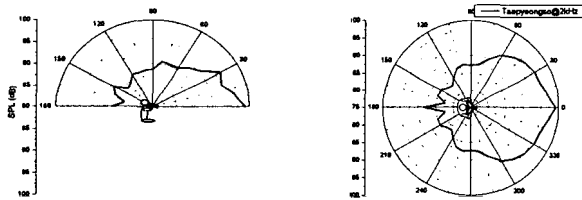


Fig. 15. Directivity pattern of the Taepyeongso at 2 kHz.

### 2.8. 판소리 (남성)

남성 판소리는 500 Hz 대역에서 가장 소리가 크며, 이는 여성 판소리가 1 kHz 대역에서 가장 큰 소리를 방사하는 것과는 다르다. 지향성은 주파수가 높아질수록 앞쪽 지향성을 가지는 것이 특징이다.

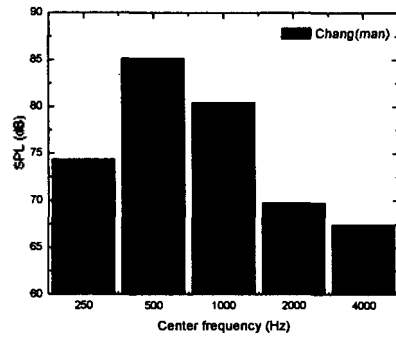


Fig. 16. Cumulative spectrum of the sound of Pansori.

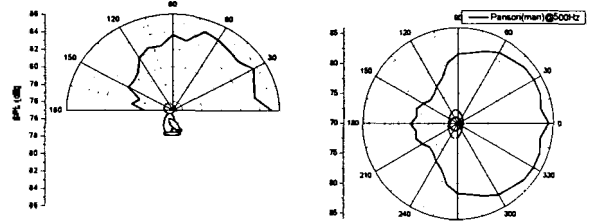


Fig. 17. Directivity pattern of the Pansori at 500 Hz.

## 3. 결론

본 연구에서는 국악 전용 연주장의 음향 설계에 있어서 중요한 인자가 되는 국악의 음원에서 음향 방사 특성을 파악하였다. 본 연구 결과는 향후 건설될 국악원들의 음향 설계에 기초적이고 중요한 참고자료가 될 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 BK21 과 NRL 그리고 “국악기 음원의 방사특성조사에 따른 국악기의 음향특성 DATABASE 구축에 관한 연구조사” 프로젝트에서 일부 재정 지원을 받았습니다.

### 참고문헌

- [1] C.-H. Jeong, J.-G. Ih, C.-H. Yeon, and C.-H. Hann, "국악음원의 방사특성을 고려한 국악원의 음향 성능 예측," 한국음향학회지, 23(2), pp.137-152, 2003.
- [2] M. Kleiner, B. I. Balenback, and P. Svensson, "Auralization - An overview," Journal of the Audio Engineering Society, 41, pp. 861-874, 1993.