

한국 범종의 장엄함 인자에 관한 연구

Magnificentness Metric of Korean Bell

성원찬* · 전주현** · 강연준†

Weonchan Sung, Juhyun Jeon, Yeonjune Kang

Key Words : Psychoacoustics(심리음향학), Sound Quality(음질), Korean Bell(한국 범종), Striking Sound(타격음), Subjective Evaluation(주관적 평가), Magnificentness Metric(장엄함 인자), Frequency(주파수)

1. 서 론

음질(Sound Quality)을 평가하는 방법은 Zwicker^{(1), (2)}가 제안한 음질 인자들을 이용해서 회귀식을 구성하거나 ANN(Artificial Neural Network)를 이용하는 방법이 보편적이다. 하지만 한국 범종(Korean Bell)의 특이한 소리와 특성 때문에 한국 범종의 음질평가는 지금까지 다른 방법으로 진행되어 왔다. 한국 범종의 소리는 40 초 이상의 긴 소리로 타격음(Striking Sound)과 여음(Residue Sound)으로 나눌 수 있다. 타격음은 타격시 처음 듣는 소리로 종체의 모든 고유진동모드가 가진되어 소리로 방사되는 타격 순간부터 고차음이 사라질 때까지의 소리이고, 고차음이 사라지고 기본 성분인 최저차음만 남아서 맥놀이를 이루면서 길게 이어지는 소리를 여음이라고 한다⁽³⁾. 이병호⁽⁴⁾가 Malmberg⁽⁵⁾의 화음도 평점과 음향 강도를 사용하여 한국 범종의 조화로운 정도를 계산하여 음질을 평가했다. 본 연구에서는 한국 범종의 음질을 조화로운 정도로 평가하는 방법이 아니라 한국 범종의 소리를 대표할 수 있는 소리 특성을 수치화하여 표현할 수 있는 방법을 제안하였다.

2. 주관적 음질 평가

한국 범종의 소리를 대표할 수 있는 소리 특성을

† 교신저자; 정희원, 서울대학교 기계항공공학부

E-mail : yeonjune@snu.ac.kr

Tel : (02)880-1691, Fax : (02)888-5950

* 정희원, 서울대학교 대학원 기계항공공학부

** 정희원, 서울대학교 대학원 기계항공공학부

찾기 위해 주관적 평가(Subjective Evaluation)를 시행하였다. 주관적 음질 평가는 숙련된 청음평가자 10명과 그 외 10명으로 총 20명을 대상으로 실시하였다. 평가자들의 평균 나이는 34세로 평가 전에 청력 손실 여부를 확인하였다. 음원은 HEAD acoustics사의 PEQ V와 고성능 헤드폰을 사용하여 무향실에서 재생하였다. 주관적 음질 평가 방법은 여러 가지가 있지만 단순히 한국 범종의 소리를 대표할 수 있는 특성을 찾는 평가이기 때문에 평가자들에게 한국 범종의 소리를 횡수의 제한이 없이 들려주며 소리를 대표할 수 있는 특성에 대한 조사를 하였다. Table 1에 평가 결과를 나타내었다. 평가자들은 종의 장엄함 특성을 가장 중요한 요소로 생각하였고 그와 연관된 특성으로 주파수 또한 중요하게 평가했다. 따라서 본 연구에서는 한국 범종의 장엄함을 표현할 수 있는 장엄함 인자(Magnificentness Metric)를 개발하여 수치화한다면 한국 범종의 음질을 평가할 수 있다고 생각하였다.

3. 장엄함 인자에 영향을 주는 요소

장엄함 인자를 표현하기 위해서 새로운 물리량을 개발하는 것이 아니라 기존에 물리량을 조합하여

Table 1 Comments of juror

Good	Bad
Magnificent sound	Dissonance sound
Mysterious sound	Sharp sound
Low frequency sound	High frequency sound
Profound sound	Too loud sound
	Raspy sound

나타낼 수 있다. 종소리의 장엄함에 가장 큰 관련이 있는 요소는 주파수(Frequency)이다. 종소리의 대부분의 고유진동수는 사람 귀의 가청주파수에 속하지만 모든 고유진동수가 사람이 느끼는 장엄함에 영향을 주지는 않는다. 저주파의 높은 라우드니스(Loudness)의 고유진동수를 많이 포함한 종일수록 사람들은 장엄하다고 평가했다. 주파수가 장엄함에 미치는 영향을 알기 위해서 장엄함의 주파수 유효 범위를 설정하였다. 저역 통과 필터를 통과한 소리와 원음을 비교하여 장엄함의 정도가 동일한 주파수의 상한선을 결정하였다. 4가지 중에 대해서 100 Hz부터 2,000 Hz까지 100 Hz 간격으로 저역 통과 필터를 통과한 소리와 원음을 비교하였다. 20명의 평가자가 4가지 중에 대해서 평가한 결과를 Table 2에 나타냈다. 평가 결과 종의 종류에 관계 없이 1,600 Hz 이상의 고유진동수는 종의 장엄함에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서 종의 장엄함을 평가 할 때는 1,600 Hz 이상의 고유진동수는 평가하지 않아도 큰 영향이 없다.

저차 고유진동수라도 주파수 범위에 따라서 사람 귀에서 느끼는 장엄함의 정도는 다르기 때문에 더 민감한 주파수 범위에서는 장엄함 인자를 개발함에 있어서 다른 가중치를 적용해야 한다. 장엄함에 더 큰 영향을 미치는 장엄함의 주파수 범위를 알기 위해서 종의 원음에서 특정 주파수의 음압을 낮추어서 청음평가를 진행하였다. 100 - 200 Hz, 200 - 300 Hz, 300 - 400 Hz, 400 - 500 Hz 4개의 구간으로 나누어 구간별로 음압을 6dB 낮추었다. 실험의 효율성을 다구찌 방법을 사용하였다⁽⁶⁾. 청음평가 결과를 바탕으로 다구찌 방법을 적용한 결과 200 Hz에서 300 Hz 구간의 민감도가 높아 장엄함에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

5. 결 론

본 연구에서는 한국 범종의 음질을 평가하는데 중요한 장엄함 인자에 영향을 미치는 요소인 주파수에 관해 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

Table 2 Frequency limitation affects magnificentess of Korean bell

Bell	Limitation range of bells [Hz]
Bell 1	1,600 - 1,800
Bell 2	1,500 - 1,800
Bell 3	1,600 - 1,700
Bell 4	1,600 - 1,700

(1) 한국 범종의 음질을 결정하는 종소리의 장엄함을 주관적 음질 평가를 통해 도출하고 종소리의 장엄함 인자를 개발하면 한국 범종의 음질을 평가할 수 있다.

(2) 장엄함 인자에 영향을 미치는 주파수 유효 범위는 1,600 Hz로 그 이상의 주파수에서 나타나는 고유진동수는 장엄함 인자 개발에 고려하지 않아도 무관하다.

(3) 장엄함 인자에 큰 영향을 미치는 저차 고유진동수도 주파수 범위에 따라서 기여도가 달라지며 주관적 음질 평가 결과와 다구찌 방법을 이용하여 민감도 분석을 한 결과 200 - 300 Hz의 고유진동수가 장엄함 인자에 가장 큰 영향을 미친다.

후 기

본 연구는 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단과 BK21 사업의 지원으로 이루어 졌습니다.

참 고 문 헌

- (1) Hugo Fastl, Eberhard Zwicker, 2006, Psychoacoustics : Facts and Models, Springer, Berlin.
- (2) Hugo Fastl, 2005, Psychoacoustics and Sound Quality, Communication Acoustics, Blauert, J. pp.139~160
- (3) Kang, Y.J., 2001, A study on the aesthetic and acoustical characteristics of Korean Bell, Final report paper of project, pp. 1~45
- (4) Lee, B.H., 1982, A Rating Method for Sound Quality of Brahman Bells, The Acoustical Society of Korea, Vol. 1, No. 1, pp. 6-18
- (5) Malmberg, C.F., 1918, The perception of consonance and dissonance, Psychological Monographs, Vol. 25(2), pp. 93~133
- (6) Genichi Taguchi, Shih-Chung Tsai, Taguchi on Robust Technology Development. American Society of Mechanical (2007)