

성덕대왕 신종과 다른 종들의 소리특징 분석에 관한 연구

함명규, 김영일, 배명진

승실대학교 정보통신공학과

On a Study Sound Characteristic Analysis the Divine Bell of King Songdok and Other Bells

Myungkyu Ham, Youngil Kim, Myungjin Bae

Dept. of Telecommunication, Soongsil University

E-mail : mkham@assp.soongsil.ac.kr

요약문

에밀레종은 771년도에 성덕대왕의 공적을 기리기 위해 34년간 주조(높이 3.663m, 최대지름 2.227m, 무게 18,900kg)하여 만든 세계적인 문화유산이다. 외형도 미려하지만 종소리는 천, 지, 인을 뒤흔드는 신비감을 갖추고 있다. 에밀레 종소리는 끊어질 듯 이어지는 소리, 애틁는 소리, 심금을 울리는 소리 등의 특징을 갖는데 끊어질 듯 이어지는 소리는 맥놀이 현상으로 나타난다. 지금까지 맥놀이 현상의 규명에 대한 많은 연구가 있었다. 하지만, 에밀레 종이 갖는 세 가지의 소리 특징에 대해서는 연구되어지고 있지 않다. 따라서, 본논문에서는 국내의 사찰에 있는 다른 종들의 비교 분석을 통해 다른 종에서는 세 가지 소리 특징 중 어떤 소리가 발생되고 있는지를 밝히고자 한다. 결론적으로 우리는 1228년 전에 완성한 우리민족의 지혜와 숨결이 스며있는 에밀레 종소리의 세 가지를 규명하고 재현함으로써 문화민족의 자부심으로 새로운 세대를 개척해 나아갈 수 있는 원동력을 얻고자 한다.

1. 연구개발 배경

한국 종은 오브라진 주둥이와 두툼한 입술을 가지고 있어서 타종을 하면 안에서 회돌아 치는 현상

이 발생한다. 이것은 공기를 밖으로 새나오지 않고 머물게 하여 여운을 보다 길게 유지하는 신비한 구조를 가지고 있기 때문이다. 이러한 한국 종들 중에서도 대표적인 것으로 성덕대왕신종(일명 에밀레종)이 있다.

에밀레 종소리는 복합적인 소리성분들로 이루어져 우리의 심금을 울리는 소리와 애틁는 소리가 끊어질 듯 이어지면서 맥놀이 현상을 계속 유지하게 된다. 3초마다 반복되는 맥놀이 주기는 인간이 가장 편안한 상태에서의 호흡하는 간격과도 일치하는 종소리의 신비감이 스며져 있다. 따라서 에밀레 종소리는 첫 타종 시에 나타나는 강렬한 소리에 정신을 집중하고, 이어지는 3초 주기의 반복된 맥놀이로 호흡을 가다듬게 되는 우리 민족의 숨결을 느낄 수 있는 고유의 문화유산이다. 소리뿐만 아니라 에밀레종의 외형이 미려하고 신비스러운 자태를 포함하고 있기 때문에 이 종을 그대로 재현하고자 하는 노력이 오랫동안 시도되어져 왔다. 그러나 종의 외형은 어느 정도 모방할 수 있지만, 에밀레 종소리는 재현할 수 없었다. 본 논문에서는 에밀레 종소리가 가지는 세 가지의 소리 특징이 국내의 사찰에 있는 다른 종들에서는 어떤 소리특징이 발생되는지를 과학적으로 비교 실험하여 규명하고자 한다.

2. 에밀레 종소리에 대한 기존 연구결과

2-1. 에밀레종소리의 특성

에밀레종은 성덕대왕의 공적을 가리기 위해 34년 동안 제작한 것으로 771년에 완성한 세계적인 문화유산 중에 하나이다. 외형도 미려하고 웅장하지만 그 종소리도 웅장하면서 섬세하다. 에밀레 종소리는 범종이 갖출 수 있는 3가지의 특성을 모두 갖추고 있다. 종소리는 끊어질 듯 이어지는 맥놀이 현상이 나타나고, 아이가 엄마를 찾는 듯한 애끊는 소리가 들리며, 우리민족의 얼이 스며있는 심금을 울리는 소리가 어우러져 들린다.

2-2. 에밀레 종소리에 대한 연구사례

지금까지 에밀레종의 제조비법이나 종소리의 신비를 밝히려고 많은 노력이 오랫동안 시도되어져 왔으나, 아직까지는 그 실체를 명확히 밝히지 못하고 있을 뿐만 아니라, 학자나 전문가들 중에서는 그 종소리를 재현하기 위해 그 모양과 성분을 분석하는 연구를 계속하고 있다. 일부는 종의 구조를 분석하여 맥놀이 현상을 컴퓨터를 통해 재현하기도 하고, 채집되는 종소리의 특성을 파악하기도 하였다. 그렇지만, 우리민족의 고유한 숨결이 스며있는 에밀레 종소리의 복합적인 소리 성분에 대한 현상에 대한 원인 분석은 아직 명확히 해석되지 않았다[1]-[6].

3. 에밀레 종소리의 재현 연구

먼저 경주박물관에서 판매하고 있는 종소리의 성분분석을 수행하였다. 경주박물관의 종소리에서는 시간이 진행함에 따라 종소리의 진폭이 단순하게 감소되고 있음을 알 수 있었다. 또한 유홍준의 문화답사기의 자료, KBS의 자료, 과학원의 자료, 김벌래씨의 자료, 사이버성전의 자료 등을 통해 이전의 에밀레 종소리와 지금의 종소리를 비교 분석하였다. 경주박물관에서 93년도에 녹음한 종소리를 성분분석기로 살펴보았을 때, 소리의 바탕은 분명한 에밀레 종소리였으나, 끊어질 듯 이어지는 맥놀이 현상이 두드러지게 나타나지 않고 있었다. 에밀레 종의 외형은 깨어질까 봐 93년부터 타종하지 않고 관리를 잘 하고 있는데, 그 소리는 에밀레 종소리라고 믿어지지 않을 정도로 병들어 있었다. 이전의 종소리는 정말 우리의

심금을 울리는 우렁차고 신비스러운 소리였으나 최근의 종소리는 그렇지 못하였다.

4. 에밀레 종소리의 복합적인 소리성분

한국에는 한국적인 소리가 있다. 우리나라의 대표적인 고유의 종소리인 에밀레 종소리에서 한국의 정서를 발견할 수 있다. 이 에밀레 종소리에는 세가지 소리의 특성이 들어있다. 사람의 심금을 울리는 소리, 어린애가 엄마를 찾으며 우는 것 같은 애끊는 소리, 그리고 끊어질 듯 이어지고 끊어질 듯 이어지는 소리가 에밀레 종소리에 들어있다[8].

국립경주박물관은 세계적인 문화유산인 에밀레종을 보관 및 전시하고 있는 곳이며, 박물관 입구의 우측에는 우리를 제일 먼저 반겨주는 에밀레종이 전시되어져 있다. 그곳에 가면 오전 10시에서 오후 4시까지 2시간 단위로 에밀레 종소리를 녹음테이프로 들려준다.

그림 4-1의 파형은 경주박물관에서 판매중인 에밀레 종소리의 녹음 파형이며 10여초의 시간이 진행함에 따라 종소리의 진폭이 단순하게 감소되고 있다. 이 종소리에는 애끊는 소리나 끊어질 듯 이어지는 소리가 잘 들리지 않으나 에밀레 종소리의 바탕인 심금을 울리는 소리는 뚜렷이 나타나고 있다.

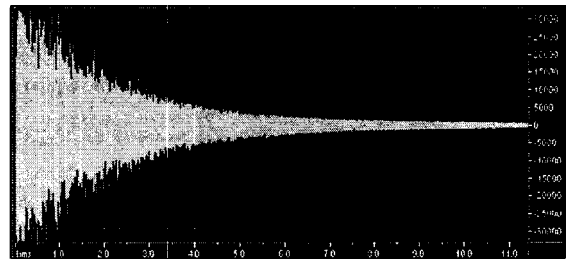


그림 4-1. 경주박물관에서 판매중인 에밀레 종소리의 파형

에밀레 종소리의 주파수성분은 64Hz, 168Hz, 360Hz, 477Hz 등으로 구성되어 있는데, 64Hz의 성분은 공기 중에서보다는 땅을 통해서 전파되고, 또 사람의 귀보다는 피부에서 진동으로 잘 흡수된다. 종에서부터 수십 미터 떨어진 곳에서는 168, 360, 477Hz의 주파수성분이 주로 들리게 되는데, 이 주파수성분은 심금을 울리는 소리의 바탕음이 된다. 또한, 맥놀이

이 현상인 끊어질 듯 이어지는 소리는 3초의 주기로 발생한다. 그림 4-2는 에밀레 종소리에 대한 주파수 스펙트럼을 나타낸 것으로 에밀레 종소리의 주파수 분포도를 보여준다.

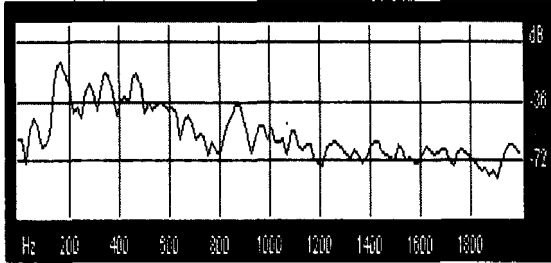


그림 4-2. 에밀레 종소리의 주파수 스펙트럼

5. 실험 및 결과

종소리의 분석을 위해 IBM-PC/pentium(233MHz)에 음성 입·출력용 16bit AD/DA 변환기를 인터페이스하여 사용하였다. 먼저 전국 사찰에 걸려있는 주요 종들의 종소리에 대해 시간영역과 스펙트럼에서 분석하였다. 실험을 위한 종소리 시료는 다음과 같다.

- 종소리 시료:

- ① 에밀레 종소리 ② 감사 종소리
- ③ 백련사 종소리 ④ 보신각 종소리
- ⑤ 봉은사 종소리 ⑥ 불국사 종소리
- ⑦ 상원사 종소리 ⑧ 전등사 종소리
- ⑨ 해인사 종소리 ⑩ 화계사 종소리

표 5-1. 세 가지 특징의 종소리 분석

종 명	심금울리는소리 (Hz)	애끊는소리 (진폭변화)	맥놀이현상 (초)
에밀레종	64, 168, 360	대	발생(3)
감사종	132, 339, 420	중	없음
백련사종	162, 439, 722	소	발생(1.87)
보신각종	106, 235, 334	중	없음
봉은사종	65, 162, 349	중	없음
불국사종	67, 243, 494	대	없음
상원사종	30, 294, 398	대	없음
전등사종	114, 288, 456	소	발생(0.7)
해인사종	76, 228, 387	대	없음
화계사종	62, 167, 463	중	발생(1.12)

종소리의 세 가지 특징에 대한 실험 결과를 표 5-1에 나타내었으며, 각각의 특징에 대한 설명은 다음과 같다.

첫 번째로 심금을 울리는 소리에 대한 분석을 위해 각각의 종소리를 스펙트럼으로 분석하였다. 보통 사람의 목소리에 대해 주파수성분을 분석해보면 남녀노소에 따라 다르지만, 굵직한 중년 남성의 목소리가 신의 소리를 내는 기준이라면, 그 기본주파수는 150Hz 근방이 된다. 목소리는 기본주파수 외에도 이들의 고조파인 300, 450Hz 등이 발생하게 된다. 이 주파수는 그림 4-2에서와 같이 에밀레 종소리인 168, 360Hz의 진동 주파수에 근접한다[9]. 다른 종들 중에서는 감사종이 132, 339Hz의 진동 주파수 성분을 가지고 있었으며, 봉은사종은 162, 349Hz의 진동 주파수 성분을 가지고 있었다.

두 번째 소리 특징인 애끊는 소리는 에밀레종에서 4~5초 동안에 파형 진폭의 두드러진 변화가 생기는 것을 그림 4-1에서 볼 수가 있고, 7~12Hz 정도의 주파수 변화가 생기는데 이것은 사람이 지각할 수가 없는 주파수 성분이다. 그러나 이 변동으로 진폭 변조가 발생하여 들을 수 있다. 다른 종들 중에서는 불국사종, 상원사종, 해인사종이 이러한 두드러진 진폭 변화를 나타낼 수 있었다.

세 번째의 특징은 끊어질 듯 이어지는 맥놀이 현상이다[7]. 에밀레 종소리의 끊어질 듯 이어지는 주기는 3초 간격인데 끊어졌는가 싶으면 3초 후에 다시 이어지는 여운이 있다. 에밀레종 외에도 맥놀이 현상이 일어나는 종으로는 백련사종, 전등사종, 화계사종이 있다. 그 중에서도 백련사종의 맥놀이 주기가 1.87초로 에밀레종 다음으로 가장 길었다. 아래의 그림은 백련사종의 맥놀이를 보여주는 파형이다.

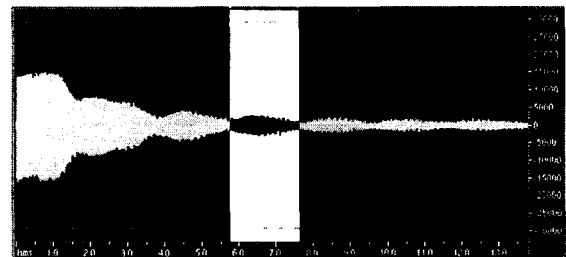


그림 5-1. 백련사종의 파형

6. 결론

소리는 그 소리가 담겨있는 공간을 상징한다. 아프리카에는 아프리카적인 소리가 미국에는 미국적인 소리가 있다. 한국에는 한국적인 소리가 있다. 대표적인 고유의 종소리인 에밀레 종소리에서 한국의 정서를 발견했다. 이 에밀레 종소리에는 세가지 소리의 특성이 들어있다. 사람의 심금을 울리는 소리, 어린애가 엄마를 찾으며 우는 것 같은 애끓는 소리, 그리고 끊어질 듯 이어지고 끊어질 듯 이어지는 소리가 에밀레 종소리에 들어있다.

지금까지 맥놀이 현상의 규명에 대한 많은 연구가 있었지만, 에밀레 종소리의 세 가지 소리 특징들에 관하여 국내의 다른 종들과의 분석실험을 통해 밝히기는 이번이 처음이다.

에밀레 종소리는 진동주파수가 64, 168, 360, 477Hz이고, 두드러진 파형 진폭의 변화가 생기며, 3초 간격의 맥놀이 현상이 생긴다. 이 세 가지 특징 중 심금을 울리는 소리는 사람의 목소리인 150, 300Hz 근방의 주파수에서 영향을 많이 받게되는데, 에밀레종 외에 갑산사종과 봉은사종이 이에 속한다. 또한, 애끓는 소리는 4~5초 동안에 파형 진폭의 두드러진 변화에 의한 것으로 에밀레종 외에 불국사종, 상원사종, 해인사종이 이에 근접한다. 마지막으로 끊어질 듯 이어지는 소리인 맥놀이 현상은 에밀레종이 3초의 주기성을 가지고 있으며, 백연사종이 1.87초, 화계사종이 1.12초, 전등사종이 0.7초 주기의 맥놀이 현상이 발생하여 에밀레종의 맥놀이가 가장 길다는 것을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Y.-H. Yum, J. M. Lee, and S. H. Kim, "A study on the vibration and sound of bells with slight asymmetry" Proceedings 4th International Modal Analysis Conference, L. A., U. S. A, pp.75-80, 1986.
- [2] 남천우, "유물의 재발견", 한국서울, 경음사, p.273, 1987.
- [3] 국립경주박물관, "성덕대왕신종 종합논문집", 1999.
- [4] 김양한, 김시문, "원통형 음향 홀로그래피를 이용한 성덕대왕 신종의 방사음장 특성 분석", 한국음향학회지, 16권 4호, 1997.
- [5] 김양한, 박연규, 김영기, "성덕대왕 신종의 3차원 진동신호 측정 및 분석 결과", 한국음향학회지, 16권 6호, 1997.
- [6] 김양한, "음향진동측정을 통한 성덕대왕 신종의 소리특성 탐구", 한국음향학회지, 16권 8호, 1997.
- [7] 함명규, 장금영, 박원, 배명진, "도플러 효과에 의한 성덕대왕 신종의 맥놀이 현상 규명", 음향학회 정기총회 및 학술 논문발표대회, 1999년 11월.
- [8] 함명규, 이양진, 배명진, "성덕대왕신종의 음향분석에 관한 연구", 한국통신학회, 하계종합학술발표회 논문집, 2000년 7월.
- [9] 함명규, 배명진, "성덕대왕신종의 심금을 울리는 소리분석에 관한 연구", 한국음향학회, 2000년도 한국음향학회 하계학술대회 논문집, 2000년 7월.