

# 성덕대왕 신종의 타종시 문제점에 관한 연구

최성영\*, 배명진\*\*

서울정보기능대학 통신전자과\*, 숭실대학교 정보통신공학과\*\*

## A Study on a Problem at Ringing of the Divine Bell of King Sōngdōk

SungYoung Choi\*, MyungJin Bae\*\*

\*Dept. of Electronic and Comm. Engr, Seoul Information Polytechnic College\*\*,  
Dept. of Information and Telecomm. Engr, Soongsil University  
E-mail : choisy@kopo.or.kr

### 요약문

성덕대왕 신종은 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, 애끓는 소리, 심금을 울리는 소리 등의 특징을 갖는데 끊어질 듯 이어지는 소리는 맥놀이 현상으로 나타난다. 지금까지 맥놀이 현상의 규명에 대한 많은 연구가 있었다. 여기에는 우리 선조들이 750년경에 과학적 근거를 토대로 하여 응용이 가능하였음을 알 수 있다. 그러나 근래에 와서 웅장하고 신비로운 심금을 울리는 소리가 두드러지게 나오지 않는다. 결론적으로 근래의 낙후된 에밀레 종으로 인해서 변형된 종소리와 예전의 고유한 종소리를 분석하고 우리 민족의 지혜와 숨결이 스며있는 세계적인 문화유산인 에밀레 종소리 복원이 강구되어야 하며 과학적이고 체계적인 관리가 요구되어야 한다.

### 1. 에밀레 종소리의 특성

한국 종은 오므라진 주둥이와 두툼한 입술을 가지고 있어서 타종을 하면 안에서 쇠돌아 치는 현상이 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 애끓는 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 맥놀이를 곁들여 듣게 되는 우리 민족의 숨결을 느낄 수 있는 고유의 문화유산이다. 소리뿐만 아니라 에밀레 종의 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.

### 2. 에밀레 종소리에 대한 기존 연구결과

#### 2-1. 에밀레 종소리에 대한 연구사례

지금까지 에밀레 종의 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.

## 2-2. 에밀레 종소리의 재현 연구

먼저 경주박물관에서 판매하고 있는 종소리의 성분 분석을 수행하였다. 경주박물관의 종소리에서는 시간이 진행함에 따라 종소리의 진폭이 단순하게 감소되고 있음을 알 수 있었다. 또한 구홍준의 문화답사기의 자료, KBS의 자료, 과학원의 자료, 김벌레씨의 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.

## 2-3. 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, 어린이가 엄마를 찾으며 우는 것 같은 애끊는 소리, 그리고 끊어질 듯 이어지고 끊어질 듯 이어지는 소리가 에밀레 종소리에 들어있다.

첫 번째로 심금을 울리는 소리에 대한 분석을 위해 종소리를 스펙트럼으로 분석하였고 보통사람의 목소리에 대해 주파수성분을 분석해 보면 남녀노소에 따라 다르지만, 굵직한 중년 남성의 목소리가 신의 소리를 내는 기준이라면, 그 기준주파수는 150Hz 근방이 된다. 목소리는 기본주파수 외에도 이들의 고조파인 300, 450Hz 등이 발생하게 된다. 이 주파수는

에밀레 종소리인 168, 360Hz의 진동 주파수에 근접한다.

두 번째 소리 특징인 애끊는 소리는 에밀레종에서 4~5초 동안에 파형 진폭의 두드러진 변화가 생기고 7~12Hz 정도의 주파수 변화가 생기는데 이것은 사람이 지각 할 수가 없는 주파수 성분이다. 그러나 이 변동으로 진폭변조가 발생하여 들을 수 있다.

세 번째 특징은 끊어질 듯 이어지는 맥놀이 현상이다. 에밀레 종소리의 끊어질 듯 이어지는 주기는 3초간격인데 끊어졌는가 싶으면 3초 후에 다시 이어지는 여운이 있다.

그림 2-1의 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.

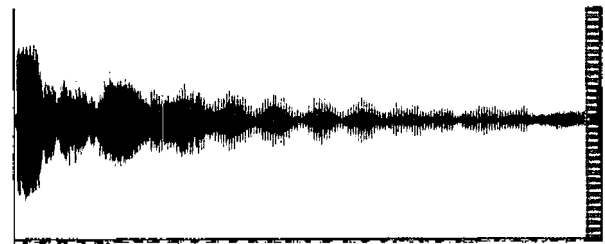


그림 2-1. 경주박물관에서 판매중인 에밀레 종소리의 파형

에밀레 종소리의 주파수성분은 66Hz, 166Hz, 360Hz, 477Hz 등으로 구성되어 있는데, 66Hz의 성분은 공기 중에서보다는 땅을 통해서 전파되고, 또 사람의 귀보다는 피부에서 진동으로 잘 흡수된다. 종에서부터 수십 미터 떨어진 곳에서는 166, 360, 477Hz의 주파수성분이 주로 들리게 되는데, 이 주파수성분은 심금을 울리는 소리의 바탕음이 된다.

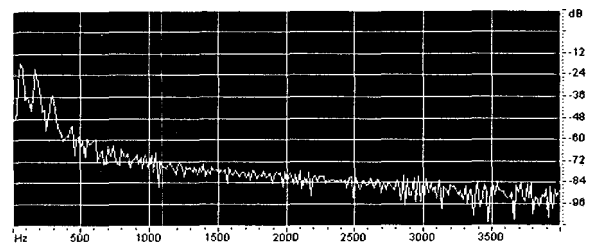
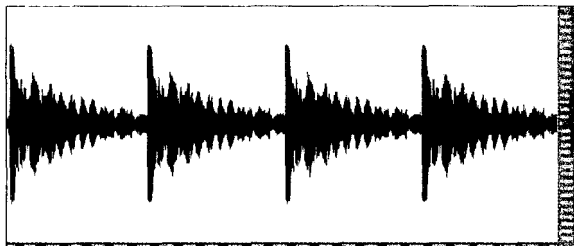


그림 2-2. 에밀레 종소리의 주파수 스펙트럼

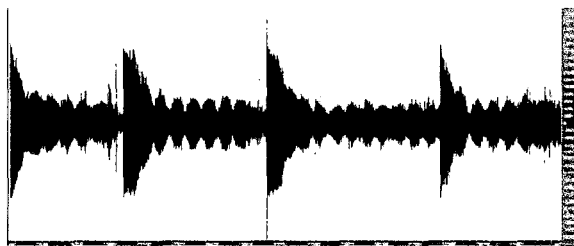
### 3. 에밀레 종소리 분석 및 고찰

종소리의 분석을 위해 IBM-PC/pentium(1.7GHz)에 음성 입·출력용 16bit AD/DA 변환기를 인터페이스하여 사용하였다. 실험을 위해 원래의 심금을 울리는 우렁차고 신비스러운 소리와 근래에 타종한 에밀레 종소리를 비교 분석하였다.

그림 3-1과 3-2는 에밀레 종의 파형과 스펙트로그램으로 나타낸 그림이다. 그림 3-3은 주파수 영역에서 스펙트럼을 나타낸 그림이다.



(a) 원래의 에밀레 종소리(93년)

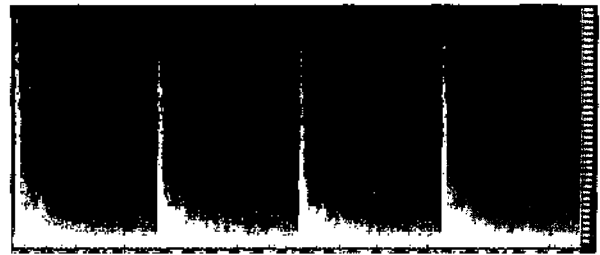


(b) 근래의 에밀레 종소리(2001년)

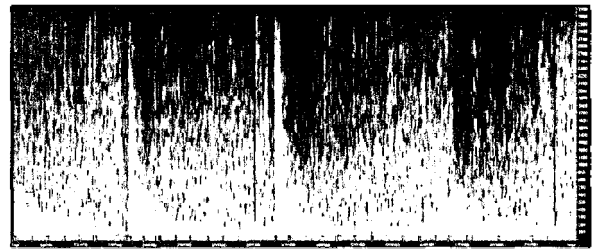
그림 3-1. 에밀레 종소리 비교

그림 3-1(a)에서는 피크간격이 일정하게 나오는 것을 알 수 있다. 그러나 그림 3-1(b)는 피크간격이 항상 순간순간 다르다는 것을 눈으로 확인할 수 있다. 이것은 타종시의 문제점과 타종후 여운의 길이가 다 다르다는 것이다. 종의 울림의 여운 간격이 정확하지 않기 때문에 종을 치는 사람의 귀로 들리는 인지 소리가 다르다. 그러므로 불안정한 종소리를 가지게 되는 원인이 된다.

또한 소리의 감쇄진동이 원래의 종소리는 서서히 작아지는 것을 확인할 수 있으나 근래의 에밀레 종소리는 종을 칠 때만 높은 크기를 가지고 급격히 작아지는 것을 알 수 있다. 소리의 감쇄레벨이 크며 신호의 간격도 불안정하여 장엄한 종소리의 소리를 가지지 못하고 있다.



(a) 원래의 에밀레 스펙트로그램

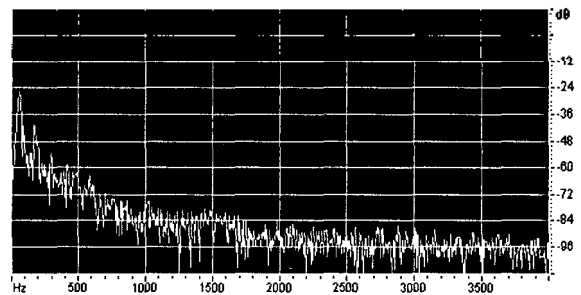


(b) 근래의 에밀레 스펙트로그램

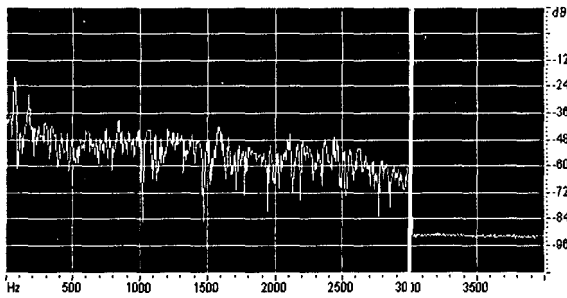
그림 3-2. 에밀레 종소리 스펙트로그램 비교

그림 3-2는 주파수영역과 시간영역에 대해 에너지를 나타낸다. 그림 3-2(a)와 그림 3-2(b)는 원래의 에밀레 종소리와 근래의 종소리의 에너지를 비교 분석한 것이다.

그림 3-2(a)의 종소리의 파형의 에너지를 보면 타종했던 그 순간부터 다음 타종까지 길이가 일정하게 나오며 에너지분포가 타종한 순간 에너지가 급격히 주파수 전지역에 나타나고 시간이 흐르면서 저주파에 에너지가 몰려 있는 것을 알 수 있으나 그림 3-2(b)는 그러하지 못하다. 에너지가 전 주파수대역에 골고루 퍼져 있으며 타종시의 순간 에너지도 명료하지 않다. 근래의 에밀레 종은 예전의 종소리를 가지지 못하고 있는 것을 알 수 있다. 소리를 들어보면 우렁차고 신비한 소리가 아니라 쇠가 부딪치는 투박한 소리를 가지고 있다.



(a) 원래의 종소리의 스펙트럼



(b) 근래의 종소리의 스펙트럼

그림 3-3. 에밀레 종소리 주파수 스펙트럼비교

그림 3-3(b)를 보면 주파수 포락선이 거의 일정함을 볼 수 있으며 모든 주파수의 에너지가 거의 같은 에너지로 분포되어 있어 신금을 울리는 소리의 바탕이 되는 특정주파수가 없음을 알 수 있다.

또한 3kHz 이상의 주파수에서는 포락선이 나타나지 않기 때문에 종소리의 여운이 나타나지 않는다. 에밀레 종의 마모와 파손이 이전의 소리를 가지지 못하고 변질 시키게 된 것이다. 비교 분석해 보면 그림 3-3(a)는 고주파대에 작은 에너지가 존재하고 에밀레 종소리의 웅장한 소리를 가지고 있는 저주파대의 에너지들이 에밀레 종소리의 주요한 원인이다.

이러한 에밀레 종소리의 특징이 우리의 신비롭고 심금을 울리는 웅장한 소리를 자아낸다.

#### 4. 결론

에밀레 종소리는 끊어질 듯 이어지는 소리, 애틁는 소리, 심금을 울리는 소리 등의 특징을 갖는다.

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 애틁는 소리, 그리고 끊어질 듯 이어지고 끊어질 듯 이어지는 소리가 에밀레 종소리에 들어있다.

이전의 낙후되지 않았던 에밀레 종소리는 소리의 파형이 왜곡이 없고 타종과 그 여운이 일정한 간격으로 나타나며 에너지가 타종시에 가장 큰 에너지를 가지며 서서히 작아진다. 그리고 주파수영역에서 보면 주파수 포락선이 고주파로 갈수록 에너지가 작아

지나 근래의 낙후된 에밀레 종의 소리를 분석하면 타종후 여운의 길이가 일정하지 않고 잡음이 같이 존재 하며 에너지가 서서히 작아지지 않는다. 주파수 영역에서보면 모든 주파수영역의 에너지가 같다. 이는 고유한 장엄한 소리를 내지 못하고 투박한 소리를 자아낸다.

지금까지 우리는 에밀레 종소리에서 느낄 수 있는 심금을 울리는 장엄한 종소리가 근래에 와서 에밀레 종의 외형적 낙후로 인해 소리의 왜곡정도를 분석 및 고찰할 수 있었다. 이로써 우리 민족의 지혜와 숨결이 스며있는 세계적인 문화유산인 에밀레 종소리 복원이 강구되어야 하며 과학적이고 체계적인 관리가 요구되어야 한다.

#### 5. 참고 문헌

- [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, 정음사, 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] 최성영, 함명규, 배명진, "성덕대왕 신종의 애틁는 소리분석에 관한 연구," 한국음향학회, 2001년도 한국음향학회 하계학술대회 논문집, 2000년 7월.