

# 에밀레 종소리와 사람 목소리의 유사성 분석에 관한 연구

최성영, 배명진  
송실대학교 정보통신공학과

## A Study on the Similarity of Emille's Bell Sound and Human's Guttural.

SeongYoung Choi, MyungJin Bea  
Dept. of Information and Telecomm. Engr, Soongsil University  
E-mail : [choisyv@kopo.ac.kr](mailto:choisyv@kopo.ac.kr)

### 요약

에밀레종은 서기 771년도(신라 혜공왕 7년)에 완성한 것으로 성덕대왕의 공적을 기리기 위해 34년간 주조(높이 3.663m, 최대지름 2.227 m, 무게 18,900, 두께 7.7~21.5m)한 에밀레종의 과학성은 놀랄만하다.

외형도 미려하지만 종소리는 천, 지, 인을 뒤흔드는 신비감을 갖추고 있다. 에밀레 종소리는 끊어질 듯 이어지는 소리, 애끓는 소리, 심금을 울리는 소리 등의 특징을 갖는데 끊어질듯 이어지는 소리는 맥놀이 현상으로 나타난다.

지금까지 에밀레 종소리 규명에 대한 많은 연구가 있었다. 본 연구에서는 스펙트럼 분석을 통하여 에밀레 종소리에서 나타난 기본 주파수 64Hz, 168Hz, 360Hz, 480Hz 특성과 중년 남성의 목소리를 음성 분석기로 분석한 파형, 스펙트럼, 스펙트로그램으로 상호간의 비교 분석을 통하여 유사성을 규명하였다.

다. 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.

에밀레종소리는 복합적인 소리성분들로 이루어져 우리의 심금을 울리는 소리와 애끓는 소리가 끊어질듯 이어지면서 맥놀이 현상을 계속 유지하게 된다. 3초마다 반복되는 맥놀이 주기는 인간이 가장 편안한 상태에서의 호흡하는 간격과도 일치하는 종소리의 신비감이 스며져 있다. 따라서 에밀레종소리는 첫 타종 시에 나타나는 강렬한 소리에 정신을 집중하고, 이어지는 3초 주기의 반복된 맥놀이를 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.

### 2. 에밀레 종소리에 대한 기존 연구결과

#### 2-1. 에밀레 종소리에 대한 연구사례

지금까지 에밀레종의 제조비법이나 종소리의 신비를 밝히려고 많은 노력이 오랫동안 시도되어져 왔으나, 얼마 전 까지는 그 실체를 명확히 밝히지 못하여, 학자나 전문가들 중에서는 그 종소리를 재현하기 위해 그 모양

### 1. 서론

#### 1. 에밀레 종소리의 특성

한국 종은 오므라진 주둥이와 두툼한 입술을 가지고 있어서 타종을 하면 안에서 회돌아 치는 현상이 발생한

과 성분을 분석하는 연구를 계속했었다.

먼저 경주박물관에서 판매하고 있는 종소리의 성분 분석을 수행하였다. 경주박물관의 종소리에서는 시간이 진행함에 따라 종소리의 진폭이 단순하게 감소되고 있음을 알 수 있었다. 또한 유흥준의 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 다중하지 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. 원래의 종소리를 듣기 위해 종의 구조를 분석하여 맥놀이 현상을 컴퓨터를 통해 재현하기도 하고, 채집되는 종소리의 특성을 파악하기도 하였다. 그렇지만, 우리민족의 고유한 숨결이 스며있는 에밀레종소리의 복합적인 소리 성분에 대한 현상에 대한 원인 분석은 계속 연구하여야 할 과제이다.

## 2-2. 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 애끓는 소리, 그리고 끊어질 듯 이어지고 끊어질 듯 이어지는 소리가 에밀레 종소리에 들어있다.

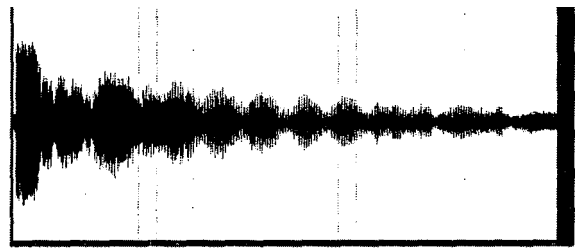
첫 번째로 심금을 울리는 소리에 대한 분석을 위해 종소리를 스펙트럼으로 분석하였고 보통사람의 목소리에 대해 주파수성분을 분석해 보면 남녀고소에 따라 다르지만, 굵직한 중년 남성의 목소리가 신의 소리를 내는 것으로 밝혔다. 한국의 대표적인 범종 20종 이상을 들려주고 가슴에 와 닿는 범종이 어느 것인가의 들려주고 조사한 결과 90% 이상이 에밀레종소리를 선택했다. 이것은 기본주파수는 150Hz 근방이고, 목소리 기본주파수 외에도 이들의 고조파인 300, 450Hz 등이 발생하게 된 원인으로 판단된다.

두 번째 소리 특징인 애끓는 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.

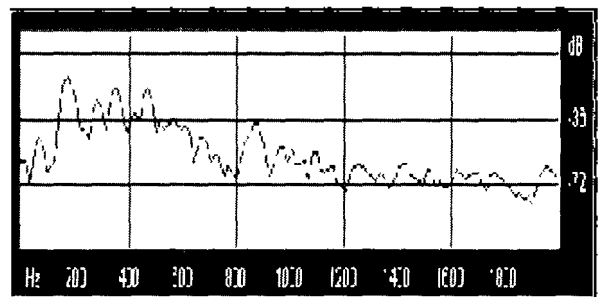
세 번째 특징은 끊어질 듯 이어지는 맥놀이 현상이다. 에밀레 종소리의 끊어질 듯 이어지는 주기는 3초 간격인데 끊어졌는가 싶으면 3초 후에 다시 이어지는 여운이 있다.

그림 2-1의 파형은 경주박물관에서 판매중인 에밀레 종소리의 녹음 파형이며 10여 초의 시간이 진행함에 따라 종소리의 진폭이 단순하게 감소되고 있다. 이 종소리에는 애끓는 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 64Hz, 168Hz, 360Hz, 477Hz 등으로 구성되어 있는데, 64Hz의 성분은 공기 중에서보다는 땅을 통해서 전파되고, 또 사람의 귀보다는 피부에서 진동으로 잘 흡수된다. 땅에서부터 수십 미터 떨어진 곳에서는 168, 360, 477Hz의 주파수성분이 주로 들리게 되는데, 이 주파수성분은 심금을 울리는 소리의 바탕음이 된다.

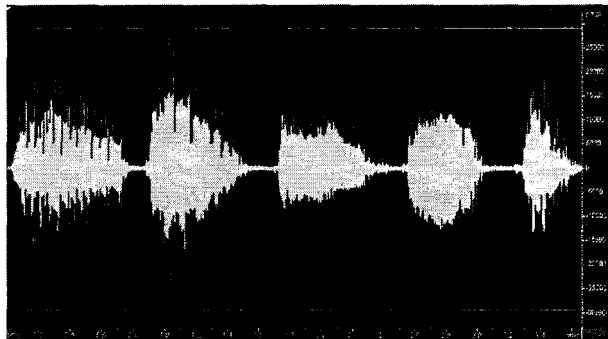


【그림 2-2】 에밀레 종소리의 주파수 스펙트럼

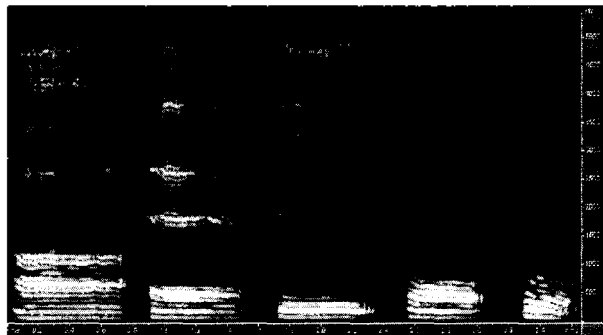
### 3. 사람 목소리의 분석 및 고찰

제안한 방법을 실험하기 위해서 먼저 IBM-PC /Pen-tium (1.7GHz)에 음성 입·출력용 16bit AD/DA 변환기를 인터페이스하여 사용하였다. 음성시료는 중년 남성 40,50대 50명의 목소리 분석을 위해 연구실 환경 (30dB 녹)에서 발생한 음성을 8kHz로 표본화하였다.

[그림 3-1]은 중년남성 모음 /아/ /에/ /이/ /오/ /우/ 를 발생후 파형과 스펙트로그램을 보여준다.



(a) 음성파형



(b) 스펙트로그램

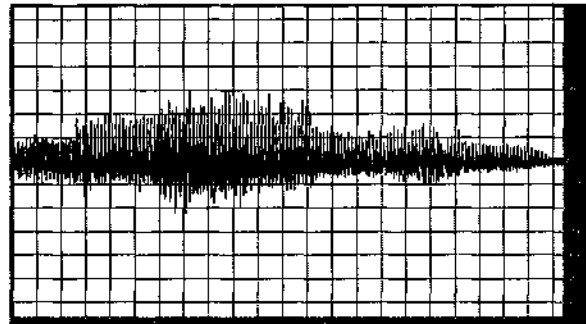
[그림 3-1] 중년 남성의 발성자 모음 /아/, /에/, /이/, /오/, /우/의 음성 파형 및 스펙트로그램

화자에 따라 차이가 있으나 일반적으로 /아/는 F1이 600-800Hz, F2는 1,100-1,400Hz, /에/는 F1은 450-600Hz, F2는 1,700-2,000Hz, /이/는 F1은 200-300Hz, F2는 2,000-2,200Hz, /오/는 F1은 450-550Hz, F2는 700-1,000Hz, /우/는 F1은 300-400Hz, F2는 1,000-1,600Hz이다.

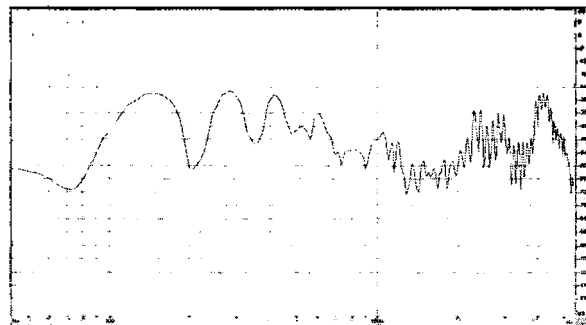
[그림 3-2]는 위 실험의 모음 발음 중에서 기본 주파수

가 가장 낮은 /이/를 시료로 사용했다.

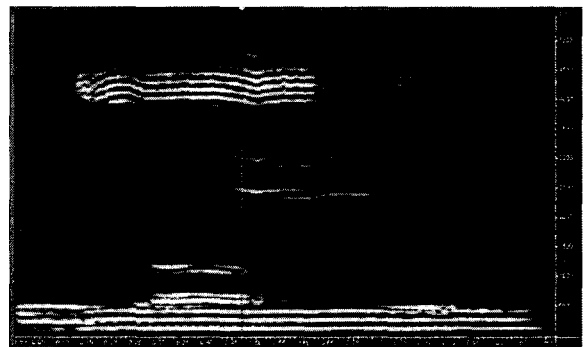
모음 /이/를 시료로 한 이유는 에밀레종의 기본주파수와 거의 유사하기 때문이다.



(a) 음성파형



(b) 스펙트럼



(c) 스펙트로그램

[그림 3-2] 중년 남성의 발성자 /이/의 음성파형, 스펙트럼, 스펙트로 그램

[그림 3-2]와 같이 중년 남성 50명의 음성 분석을 했다. 스펙트럼 분석 결과는 [표 3-1]과 [표 3-2]같다.

음성분석 측정 결과 중년 남성의 목소리의 기본 주파수가 에밀레 종소리 제2고조파와 제3고조파가 거의 유사했다. 사람의 목소리를 분석해 보면 남녀노소에 따라 다르지만, 그 기본 주파수는 150Hz 근방이 된다. 기본 주

파수 외에도 이들의 고조파인 300, 450Hz 등이 발생하게 된다. 이 주파수는 실제 에밀레종의 진동 주파수에 근접한다.

[표 3-1] 중년남성 /이/ 기본주파수 실험 결과

주파수(Hz)	인 원
111-120	2
121-130	3
131-140	5
141-150	13
151-160	14
161-170	7
151-180	4
181-190	2

[표 3-2] 중년남성 /이/ 제2 고조파 실험 결과

주파수(Hz)	인 원
200-250	4
251-280	8
281-320	20
321-340	7
341-350	5
351-361	3
361-380	2
381-400	1

#### 4. 결론

중년 남성의 모음 /이/의 음성파형, 스펙트럼, 스펙트로그램으로 목소리 분석결과, 그 기본주파수는 141-160Hz 분포하고, 제 2고조파는 대부분이 281-320Hz 근방에 분포 함을 볼 수 있다.

건강한 사람의 심 호흡은 1분에 18번 쉬는 것은 에밀레 종소리 맥놀이 현상과 일치하여 사람의 호흡이 평균 3초에 1번 쉬는 파형이며 10여초의 시간이 진행함에 따라 종소리의 진폭이 단순하게 감소되고 있다.

에밀레종소리의 바탕을 이루는 진동주파수는 64Hz, 168Hz, 360Hz, 477Hz 등으로 중년 남성의 진동수와 거의 일치한다. 사람들은 말을 할 때 성대의 진동으로 인해 가슴을 계속하여 특정 진동주파수로 떨리는 것이 거의 익숙해 있다. 이때 떨리는 종소리의 진동수가 사람의 성대 진동수와 일치 한다면 진동수가 동기화 이루어져 사람들은 심금을 울리는 소리로 들리게 된다. 에밀레 종

소리에서 정감을 느끼는 까닭이 여기에 있다.

64Hz의 성분은 공기 중에서는보다 땅을 통해서 전파되고, 또 사람의 귀보다는 피부에서 진동으로 잘 흡수된다. 종에서부터 수십 미터 떨어진 곳에서는 168, 360, 477Hz의 주파수성분이 주로 들리게 되는데, 이 주파수 중에서 168Hz는 인간의 심금을 울리는 소리에 가장 많은 영향을 주는 성분이다.

지금까지 우리는 에밀레종소리에서 느낄 수 있는 “심금을 울리는 소리” 즉, 사람의 가슴에 와 닿는 안정감을 주는 종소리의 고유진동수로 나타내어 에밀레종소리가 사람의 목소리와 유사성을 규명하였다. 이로서 우리 민족이 1300여년 전에 이미 이러한 소리를 만들어 낼 수 있었다는 문화민족으로서의 자부심을 재삼 확인한 것이다.

#### 7. 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", 한국서술, 정음사, p.273, 1987.
- [3] 국립경주박물관, "성덕대왕신종 종합논문집", 1999.
- [4] 김양한, 박연규, 김영기, "성덕대왕 신종의 3차원 진동신호 측정 및 분석 결과", 한국음향학회지, 16권 6호, 1997.
- [5] 김양한, "음향진동측정을 통한 성덕대왕 신종의 소리 특성 탐구", 한국음향학회지, 16권 8호, 1997.
- [6] 함명규, 이양진, 배명진, "성덕대왕신종의 음향분석에 관한 연구", 한국통신학회, 하계종합학술발표회 논문집, 2000년 7월.
- [7] 최성영, 함명규, 배명진, "성덕대왕 신종의 애끓는 소리 분석에 관한 연구", 한국음향학회, 2001년도 한국음향학회 하계학술대회 논문집, 2001년 7월.
- [8] 최성영, 함명규, 배명진, "현존하는 국내종에서 애끓는 소리 규명에 관한 연구", 제14회 신호처리 합동학술대회 논문집, 2001년도, 2001년 9월.
- [9] 배명진, "디지털 음성 부호화", 동영출판사, 1996. 11.
- [9] 신지영, "말소리의 이해", 한국문화사, 2003. 3.