

성덕대왕신종(에밀레종)의 음향 특성

특성영, 배형진(순천대학교)

1. 서론

성덕대왕 신종은 서기 771년(신라 혜공왕 7년)에 완성된 것으로 성덕대왕의 공적을 기리기 위해 34년간 주조(높이 3.663m, 최대지름 2.227m, 무게 18,900kg, 7.7~21.5cm)하여 만든 세계적인 문화유산이다. 타종 시 천, 지, 인을 뒤흔드는 에밀레종소리가 끊어질듯 하면서도 계속 이어지는 소리, 엄마를 애타게 찾는 듯한 애끓는 소리, 사람의 심금을 울리는 소리 등의 특징을 갖는데 끊어질 듯 이어지는 소리는 맥놀이 현상으로 나타난다. 우리의 조상들이 문헌에 기록된 것은 없지만, 이미 서기 770년경 이전부터 세 가지 종소리에 대한 효과에 대해 이미 알고 있었기 때문에 성덕대왕 신종이 탄생할 수 있었을 것이다.

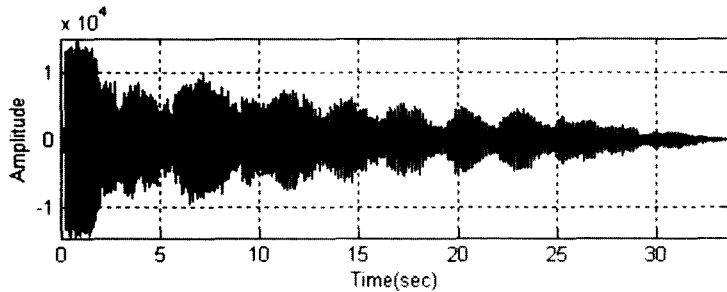
에밀레종 주조의 역사적 배경을 살펴보면, 표면적 목적은 경덕왕의 부모에 대한 애뜻한 마음과 성덕대왕의 공덕을 기리기 위한 것이었고, 내면적 배경은 그 당시 신라 정치세력의 핵심이었던 진골 귀족들과의 마찰에 지칠 대로 지친 경덕왕이 정치적 위기상황에 몰려 있던 왕실을 진골귀족 세력이 반발하는 현실로부터 벗어나게 하는 간절한 바람 속에 성덕대왕 신종을 만든 것이었다. 주조과정에

서 2대의 왕을 거쳐 실패하자 초조해진 왕궁에서 는 수많은 스님들을 전국 각지로 시주를 걷으러 나서게 하여 어린 아기를 시주를 받아 종속에 넣어 완성시킨 종으로 듣는 사람으로 하여금 단장의 쓰라림마저 주는 전설의 종이다.

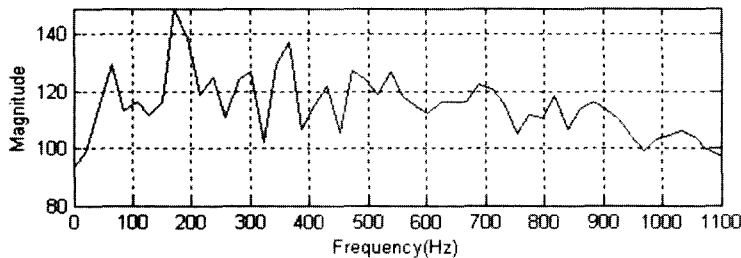
에밀레종소리의 주파수 성분은 64Hz, 168Hz, 360Hz와 477Hz 등으로 구성되어 있다. 에밀레종 소리를 이루는 주파수 중에서 64Hz와 168Hz는 종 가까이서 잘 들리는 소리이며 담장 밖에서는 잘 들리지 못한다. 에밀레종소리에서 에밀레종의 전설을 만들어낸 아기울음 소리의 주파수는 360과 477Hz의 성분이다.

본 연구에서는 에밀레종 소리의 장중하고 맑은 소리뿐만 아니라 사람의 마음을 몽클하게 하는 심금을 울리는 소리와 전설에서 내려오는 어린아이가 엄마를 애타게 찾는 듯한 애끓는 소리의 원인을 종소리 특성 분석을 통해서 규명하고 맥놀이 현상에 관해서 서술하고자 한다.

또한, 기존 연구 발표한 원래의 종소리와 근래의 종소리를 분석결과를 통해 종과 접촉되는 타종 면이 균일해야 하는 반면에 당목이 기울어져 있고, 나무가 아주 마른 상태로 몇 군데 균열이 나타나 타종 시에 접촉 상태가 좋지 않아 66년



〈그림 1〉 에밀레종소리의 파형



〈그림 2〉 에밀레종소리의 주파수 스펙트럼

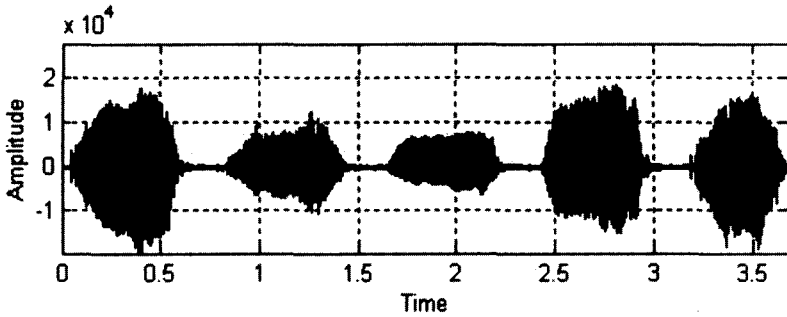
이전의 종소리가 나타나지 않았다. 그래서 많은 사람이 신비로운 에밀레종소리의 전설을 소리로 느낄 수 있도록 하기 위해 당목을 다시 설계 및 제작할 것을 제안 하고자 한다.

II. 에밀레 종소리의 음향 특성

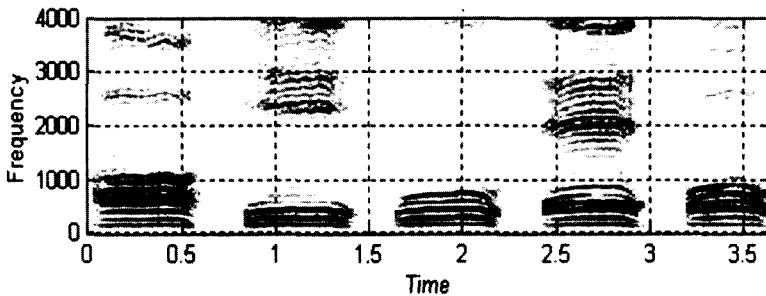
1. 에밀레종소리 특성

에밀레종의 외형이 미려하고 신비스러운 자세를 포함하고 있을 뿐만 아니라 그 종소리도 웅장하고 섬세하다. 한번 울리면 천지가 진동하듯 장중하게 울리다가 끊어질 듯하다 다시 치솟아 오르는 듯 하다가 길게 여운을 드리우면서 사라지는 종으로 이 종을 그대로 재현하고자 하는 노력이 오랫동안 시도 되어져 왔다.

〈그림 1〉의 파형은 에밀레종소리의 파형이며, 첫 타종 시에 강렬한 힘이 집중되어 처음 3초간 높은 에너지를 갖고, 이어서 3초 주기의 반복된 맥놀이 현상이 나타난다. 〈그림 2〉는 에밀레종소리의 스펙트럼 분석 결과를 보여준다. 에밀레종소리의 주파수 성분은 64Hz, 168Hz, 360Hz, 477Hz 등의 순음(tonal : 하모닉스성분이 불규칙하게 나타남)성분으로 구성되어 있다. 64Hz의 성분은 공기 중에서보다는 땅을 통해서 전파되고, 또 사람의 귀보다는 피부에서 진동으로 잘 흡수된다. 168, 360, 477Hz의 주파수성분들은 종에서부터 수십 미터 떨어진 곳에서 주로 들리게 된다. 여기서 168Hz는 심금을 울리는 소리에 가장 많은 영향을 주는 성분이고, 360, 477Hz는 애끊는 소리와 관련된 성분들이다. 즉, 에밀레종소리는 심금을 울리는 소리와 애끊는 소리가 끊어질



〈그림 3〉은 중년남성 모음 /아/, /에/, /이/, /오/, /우/의 음성파형



〈그림 4〉 중년 남성의 발성자 모음 /아/, /에/, /이/, /오/, /우/의 스펙트로그램

듯 이어지면서 맥놀이 현상을 3초마다 반복 유지하게 된다.

2. 심금을 울리는 소리 분석

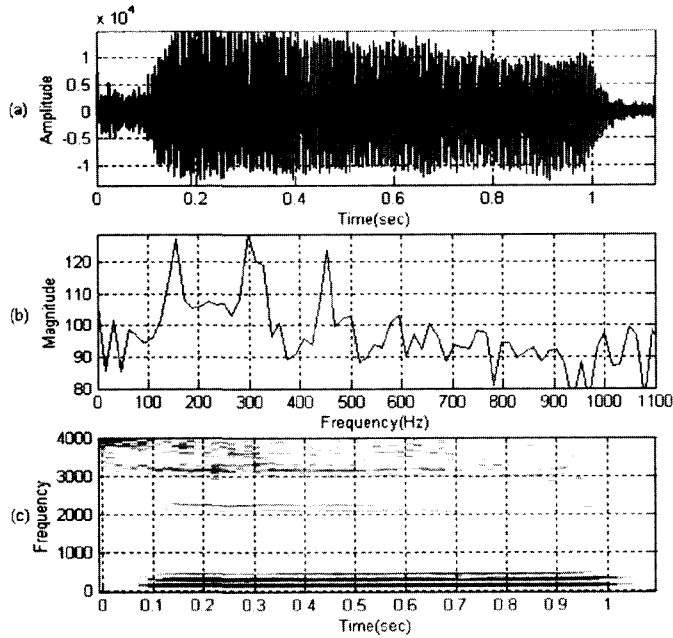
에밀레종을 주조할 당시에 인간과 신의 합작품으로 종소리의 방향은 신의 소리(또는 부처의 소리)를 목표로 하였다. 그래서 굵직한 중년 남성의 목소리가 신의 소리를 내는 기준이라 가정하였다. 사람이 평소에 말을 하게 되면 목하부의 성대가 진동하여 목구멍과 입을 통해 음파가 공기 중으로 빠져 나가게 된다. 동시에 성대의 진동이 갈비뼈로 쌓여진 주요 장기로 전달되는데, 우리가 말을 하면 목소리의 기본 주파수로 가슴에 진동을 계속 가하게 되어, 그 진동수에 익숙하게 된다. 만일 우리 목소리의 진동수와 비슷한 소리

가 외부에서 들리게 되면 그 소리에서 친근감과 다정함을 느끼게 되는데, 이러한 소리가 바로 심금을 울리는 소리이다. 징이나 에밀레종소리에서 친근감을 느끼는 이유가 바로 여기에 있다.

〈그림 3〉와 〈그림 4〉는 중년남성 모음 /아/, /에/, /이/, /오/, /우/를 발성한 파형과 스펙트로그램이다. 여러 화자에 따라 차이가 있으나 제1 포먼트의 평균 값을 살펴보면 /아/는 F1이 600-800Hz, /에/는 F1은 450-600Hz, /이/는 F1은 200-300Hz, /오/는 F1은 450-550Hz, /우/는 F1은 300-400Hz이다. 중년남성 /이/ 발성음이 에밀레종소리의 저주파 대역 주파수 특성과 가장 유사하여 분석하게 되었다.

가) 중년 남성 /이/ 목소리 분석

여러 연령대의 중년 남성 50명의 발성시료를 채취하여, 음성 분석을 〈그림 5〉와 같이 수행하



(a) 파형 (b) 스펙트럼 (c) 스펙트로그램

<그림 5> 중년남성의 /이/ 발성

<표 1> 중년남성 /이/ 제1순응(tonal)성분 실험 결과

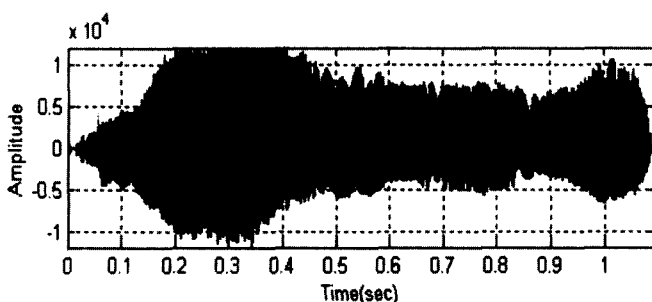
주파수(Hz)	인 원(명)
111-120	2
121-130	3
131-140	5
141-150	13
151-160	14
161-170	7
151-180	4
181-190	2

<표 2> 중년남성 /이/ 제2순응(tonal)성분 실험 결과

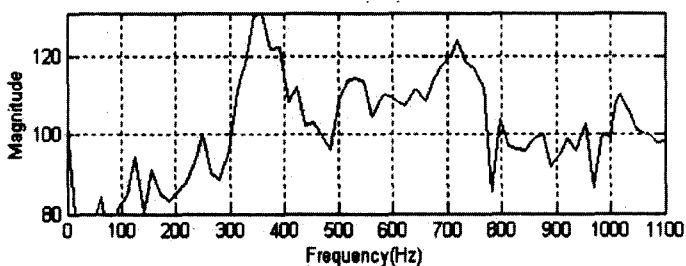
주파수(Hz)	인 원(명)
200-250	4
251-280	8
281-320	20
321-340	7
341-350	5
351-361	3
361-380	2
381-400	1

였다. 스펙트럼 분석 결과는 <표 1>과 <표 2> 같다. 음성분석 측정 결과, 중년 남성의 목소리의 기본 주파수가 에밀레종소리 제2순응(tonal)성분과 제3순응(tonal)성분이 거의 유사한 결과를 가졌다. 사람의 목소리를 분석해 보면 남녀노소

에 따라 다르지만, 중년 남성의 목소리의 기본 주파수는 150Hz 근방이 된다. 기본 주파수 외에도 이들의 순응성분인 300, 450Hz 등이 발생하게 된다. 이 주파수는 실제 에밀레종의 진동 주파수에 근접한다.



〈그림 6〉 9개월 유아의 울음소리 파형



〈그림 7〉 9개월 유아의 울음소리 스펙트럼(주성분 360, 720, 1080Hz)

3. 애끓는 소리 분석

가) 아기의 울음소리분석

에밀레종소리의 애끓는 소리에 대한 기준을 설정하고 애끓는 소리에 대해 분석한다. 에밀레종소리와 어린아이의 울음소리와의 유사성을 증명하여 에밀레종소리의 애끓는 소리에 대해 규명하고자 한다.

에밀레종소리가 사람의 애간장을 녹일 듯 끓어오르는 느낌을 주는 소리이며, 애끓는 소리는 마치 유아의 울음소리와 유사하다. 또한 에밀레종을 만들 때 어린아이를 집어넣었다고 하는 전설이 있다. 그래서 어린 아이의 울음소리로 애끓는 소리의 기준이 된다고 가정하였다.

에밀레종의 전설을 만들어낸 아기울음 소리의 주파수는 360과 477Hz의 성분이다. 이 종소리 성

분은 종각의 담장을 넘어서 멀리까지 우리의 귀에 전달된다. 이 소리는 철판의 떨림이 종벽을 타고 돌 때에 들리는 소리이므로 단순한 주파수의 톤으로 들리지 않고, 종벽의 돌출부를 타고 돌기 때문에 5-18Hz로 변조되어 울먹거리는 억눌림으로 나타난다. 이 주파수의 톤은 영~으로만 들리지 않고서, 1초에 5-18번의 “영~영~”거리는 소리로 여러 번 반복하여 들리기 때문에 멀리서 듣는 종소리는 애타게 우는 소리로 느끼게 된다.

이 소리의 주파수 톤은 갓 태어난 아이의 울음소리 주파수와 거의 같음을 이번 연구를 통해서 규명하였다. 갓 태어난 아이들은 체중이나 크기가 거의 비슷하기 때문에 이들의 울음소리는 서로 비슷하고, 기본 진동수가 350~400Hz 정도이다.

<그림 6>와 <그림 7>은 에밀레종소리와 9개월 유아의 울음소리의 파형과 스펙트럼으로 나타내었다.

〈표 3〉 5세미만 유아의 주파수 분포도

주파수(Hz)	유아수(65명)
331~340	1
341~350	3
351~360	4
361~370	9
371~380	20
181~390	12
391~400	10
401~410	6

갓 태어난 아기부터 5세 미만의 유아 65명을 대상으로 울음소리를 녹음하였다. 그리고 에밀레종의 애끓는 소리와 갓 태어난 아이의 울음소리를 비교 분석하였다. 그리고 65명의 유아들의 주파수를 분석한 결과 <표 3>와 같이 331~410Hz의 주파수 영역에 분포하고 있어, 에밀레종의 고유 주파수와 유사함을 알 수 있었다.

나) 에밀레종의 성분분석

이 종을 구조할 때 과연 어린애를 가마솥에 넣었을까하는 의문은 1998년 포항산업과학연구원

신행기 박사팀 실험으로 시도되었다. 결과는 <표 4> 와 <표 5>같이 성덕대왕 신종의 크기와 성분 등을 각각 위치에서 극미량을 채취해서 원소분석기로 철저히 분석한 결과이다. 인(P)은 검출되지 않았지만 동물의 뼈에 있는 칼슘(Ca) 성분이 극히 미량(0.03%)에 해당되는 약 60kg로 나타나 동물의 뼈가 소량 섞여있어 전설처럼 아이가 종을 만드는 솥에 들어갔을 수도 있었다는 결론을 내릴 수도 있다. 다만 '사람의 비중이 구리보다 가벼우므로 전설처럼 아이를 넣었다면 위로 떠서 타기 때문에 불순물로 생각해 제거되어 인이 검출되지 않을 수도 있다'고 추측할 수 있다.

4. 맥놀이 현상의 규명

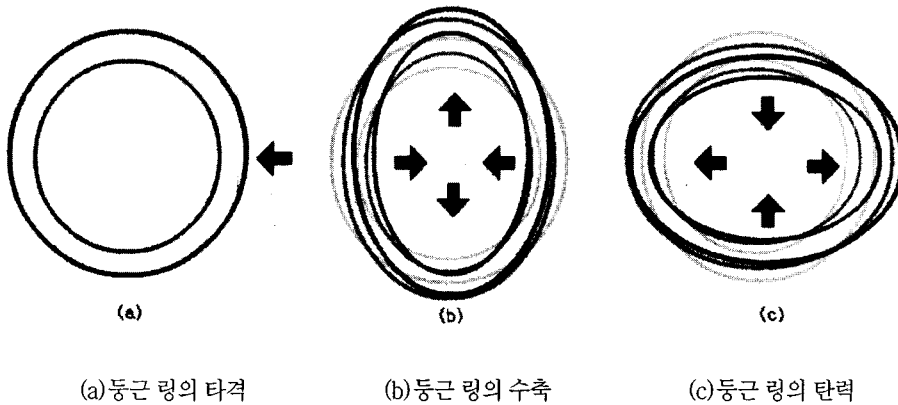
쇠판을 치게 되면 징이나 쟁과리처럼 쇠의 고유한 진동소리가 들린다. 쇠 진동소리의 높낮이는 쇠의 구성성분에 따라 다른데 강철과 같은 쇠소리는 아주 둔탁한 고음이고, 구리는 부드러운 저음이다. 구리는 저온에서도 가공이 쉽고 불순물을 손쉽게 제거할 수 있기 때문에 맑은 소리가 나는 종을 구조하는데 오랫동안 사용되고 있다.

〈표 4〉에밀레종의 CIP 성분 분석결과

시료명	분석성분							
	Cu	Sn	Fe	Ca	Zn	Al	Pb	Ni
상(천정)	84.39	11.21	0.64	0.030	0.009	0.028	0.23	0.07
중(벽체)	78.56	15.51	0.30	0.032	0.009	0.038	0.45	0.07
하(벽체)	83.13	12.98	0.61	0.036	0.016	0.021	0.14	0.08

〈표 5〉 에밀레종소리의 내부벽의 시료채취 위치

	상(천정)			중(벽체)					하(벽체)			
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
NO.	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
높이(cm)	270	270	270	233	221	204	192	180	162	138	146	106



〈그림 8〉 타격시 종의 하대 단면인 동근 링에서 나타나는 맥놀이 진동주기의 발생 원리

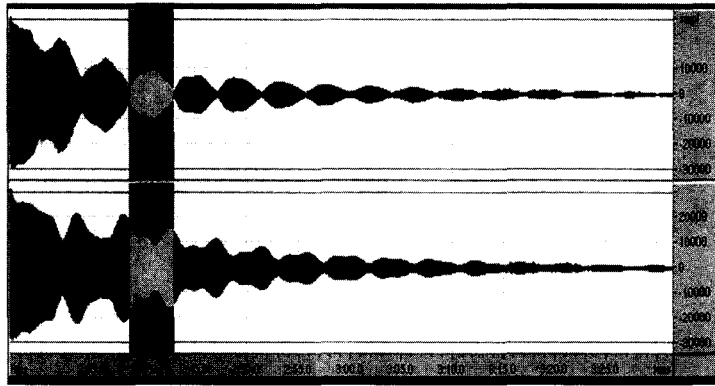
또한 쇠소리의 부드러움은 쇠판의 두께에도 관련이 있는데, 얇은 판보다는 두꺼운 경우에 고음이 더 깊어진다.

에밀레종은 주로 청동으로 이루어져서 종을 치게 되면 쇠 고유의 진동소리가 들리게 된다. 타격 후에 여러 가지의 진동소리가 복합적으로 들리다가 3-5초 지난 다음부터는 철판의 기본 진동수 64Hz와 168Hz의 진동소리가 긴 여운의 소리로 남게 된다. 특히 맥놀이 현상은 이 두 주파수성분에서 주로 나타나고, 나타나는 맥놀이의 주기는 서로 다른데, 64Hz 기본 진동소리에서 우리가 알고 있는 약 3초의 주된 맥놀이 현상을 경험하게 된다.

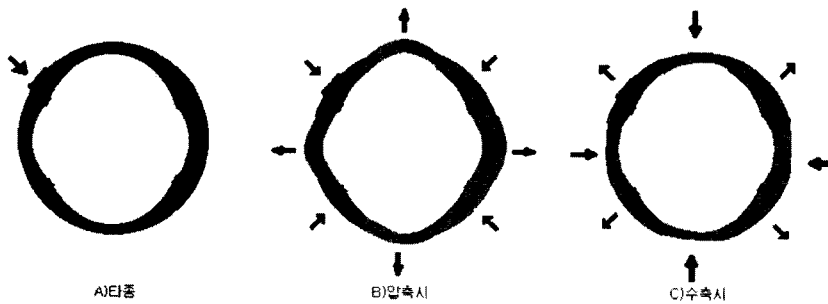
종소리에는 쇠판을 쳤을 때 나타나는 진동소리도 들리지만, 쇠판이 둥글게 말려져 있어서 하대의 동근 링에서 나타나는 독특한 진동의 영향이 함께 나타나게 된다. 종의 하대를 단면으로 볼 때, 동근 링을 타격해 보면 <그림 8>과 같이 타격 부위는 힘을 받아 휘어 들어가게 되고, 그 수직을 이루는 위, 아래의 부분은 상하로 힘을 받아서 휘게 된다. 이때 링의 원주와 두께가 일정하기 때문에 타격 부위의 상대 쪽이 타격 반대

방향으로 오므라들게 된다. 링이 구리로 만들어져 탄력성을 갖기 때문에 상하의 운동은 원상태로 복귀되면서 탄력을 받아서 거꾸로 상하운동을 하게 된다. 이러한 탄력과정의 반복주기에 의해 맥놀이 현상의 진동소리가 결정되며, 동시에 반복되는 탄력특성에 의해 긴 여운의 소리로 지속시간이 결정된다.

종의 하부인 동근 링의 탄력에 의해 맥놀이 현상이 나타나는 것을 채집한 소리를 통해 파악할 수 있다. 스테레오 마이크로폰을 종의 단면 좌우 방향으로 설치하고 종소리를 채집하면 <그림 9>와 같은 파형의 종소리가 들리게 된다. 여기서 검정색 띠의 구간은 맥놀이 파형의 한 구간을 나타낸 것이다. 이 파형에서 보면 좌우 파형의 맥놀이가 서로 위상차를 나타내고 있으며, 종 둘레로 돌면서 소리를 채집하는 위치에 따라 두 파형의 위상차가 달라진다. 좌우 파형의 위상차가 크게 나타나는 위치에서 이 스테레오 음을 듣게 되면 종소리가 마치 동근 링을 타고 돌아다니는 듯한 맥놀이의 동근 소리를 느끼게 된다. 따라서 에밀레종소리는 스테레오 사운드로 들어야 제대로 된 동근 소리를 느낄 수 있다.



〈그림 9〉 동근 링에서 나타나는 맥놀이 진동주기의 스테레오 파형



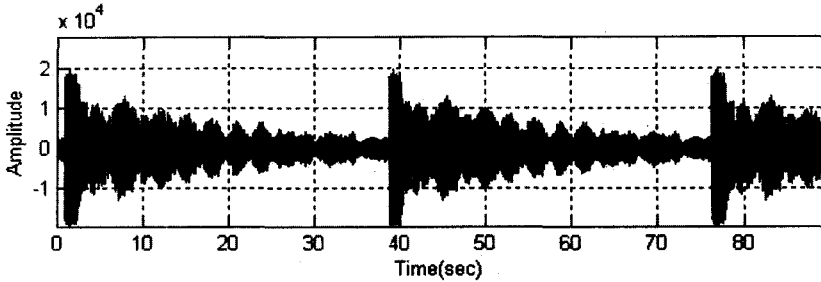
〈그림 10〉 종의 하대 두께가 불균일한 경우의 맥놀이 진동주기가 1/4로 발생하는 원리

옛날 밀납형 주조방식으로 종을 만들게 되면 하대의 두께를 균일하게 맞출 수가 없다. 예를 들어 주조된 종 하대의 두께가 <그림 10>과 같이 불균일하다면, 타종 시에 진동은 두께가 약한 쪽으로 힘이 몰리게 된다. 종을 타격하는 압력은 두께가 약한 쪽이 밖으로 향하도록 힘을 공급하게 되어 동근 링을 따라 일주하면서 4번의 진동이 발생하게 된다.

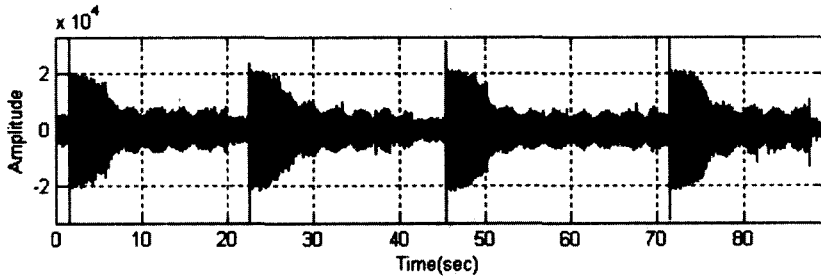
따라서 이 종에서의 맥놀이 현상은 1/4 주기로 짧게 나타나게 되고, 동근 링을 따라 탄력에 의한 진동을 오랫동안 유지하게 하려면 두께가 얇은 간격이 원주를 타고 일정하게 배치되어야 한다.

이러한 원리를 이용하면 종을 제조한 다음에도 맥놀이의 주기와 긴 여운을 수정할 수 있게 된다.

에밀레종을 주조할 때에 새겨놓은 명문에 따르면 이 종소리는 “동근” 소리를 들려주기 ‘일승(一乘)의 원음(圓音)’ 위해 주조하였다고 하였는데, 이러한 사실은 종소리에서 동근 링의 탄력에 의해 맥놀이 현상과 긴 여운의 소리를 낸다는 사실을 우리 선조가 이미 알고 있었다는 증거이다. 즉, 1230여 년 전에 우리의 선조가 고도의 과학적인 지식을 종소리 제작에 이미 활용하고 있었다는 것을 입증하는 것이다.



(a) 66년 이전



(b) 2001년

<그림 11> '66년 이전과 근래의 에밀레종소리의 파형 비교

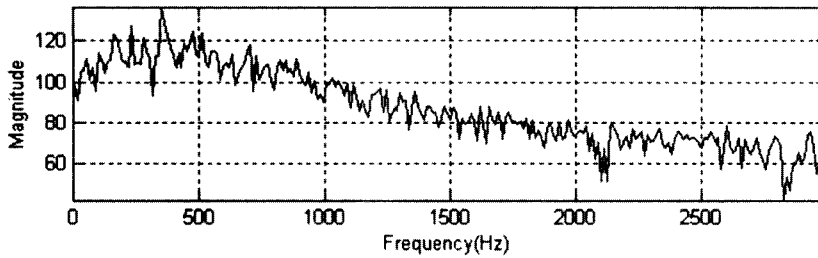
5. 원래의 종소리와 근래의 종소리의 비교 분석

1975년 현재의 박물관(경주 인왕동)으로 이전 한 이후 최근에는 이전의 종소리가 나지 않는다. 다른 요인도 있지만, 당목의 상태가 많이 마모되어 초기 타종 시 접촉면이 불균일한 원인이다.

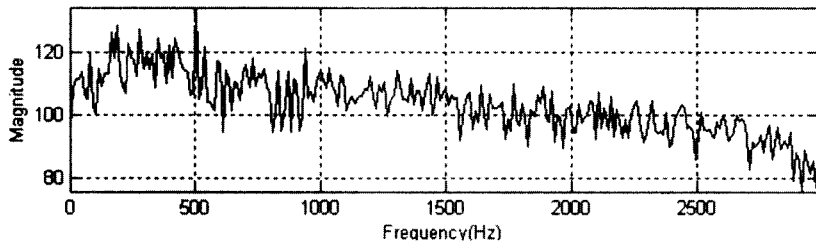
<그림 11>는 에밀레종소리의 파형, <그림 12>은 주파수 진폭 스펙트럼이고, <그림 13>은 스펙트로그램을 나타낸 그림이다. <그림 11(a)>에서는 64, 168Hz의 주파수가 서서히 사라짐을 확인할 수 있다. 피크간격이 일정하게 나오는 것도 알 수 있다. 그러나 <그림 11(b)>는 5~7초에서 168Hz가 급격히 사라지고 64Hz만 유지되는 것을 알 수 있다. 피크간격이 매 순간 다르다는 것을 눈으로 확인할 수 있다. 이것은 타종시의 문제점

과 타종 후 여운의 길이가 다르다는 것이다. 종의 울림의 여운 간격이 정확하지 않기 때문에 종을 치는 사람의 귀로 들리는 인지소리가 다르다. 그러므로 불안정한 종소리를 가지게 되는 원인이 된다.

<그림 12>와 같이 스펙트럼으로 비교 분석해 보면 <그림 12(a)>는 고주파대역에 작은 에너지가 존재하고 에밀레종소리의 웅장한 소리를 가지고 있는 저주파대역의 에너지들이 에밀레종소리의 주요한 원인이다. 이러한 에밀레종소리의 특징이 우리의 신비롭고 심금을 울리는 웅장한 소리를 자아낸다. 하지만 <그림 12(b)>를 보면 주파수 포락선이 거의 일정함을 볼 수 있으며 모든 주파수의 에너지가 거의 같은 에너지로 분포되어 있어 심금을 울리는 소리의 바탕이 되는 특정주파수가 없음을 알 수 있다. 에밀레종의 마



(a) 66년 이전



(b) 2001년

〈그림 12〉 '63년 이전과 근래의 에밀레종소리 스펙트럼비교

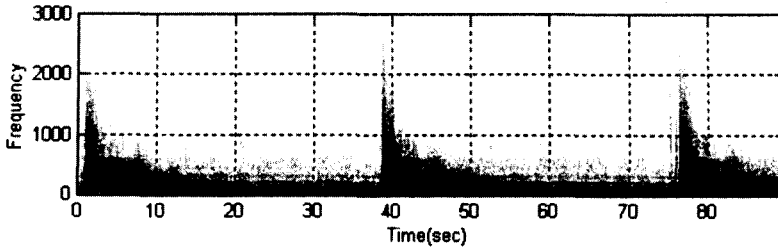
모와 당목의 마모가 원래의 우렁차고 신비한 소리를 내지 못하고 변질시키게 된 것이다. 근래의 에밀레종은 예전의 종소리를 <그림 12(b)>와 같이 가지지 못하고 있는 것을 알 수 있었다.

또한, 소리의 감쇄진동이 원래의 종소리는 서서히 작아지는 것을 확인할 수 있으나 근래의 에밀레종소리는 종을 칠 때만이 높은 크기를 가지고 급격히 작아지는 것을 알 수 있다. 소리의 잡음레벨이 크며 신호의 간격도 불안정하여 장엄한 종소리의 소리를 가지지 못하고 있다. <그림 13>은 주파수영역과 시간영역에 대해 주파수와 진폭(강도)의 시간에 따른 변화를 보여준다. <그림 13(b)>와 <그림 13(b)>는 원래의 에밀레종소리와 근래의 종소리의 3차원 비교 분석한 것이다.

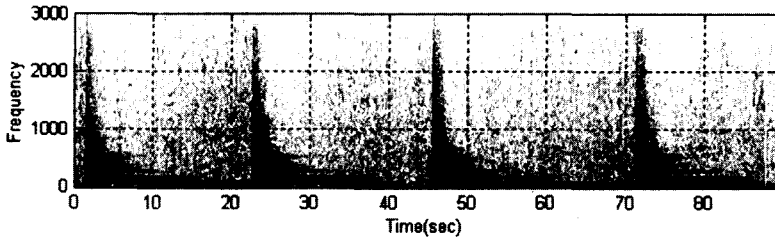
<그림 13(a)>의 종소리의 스펙트로그램을 보면 타종했던 그 순간부터 다음 타종까지 길이가 일정하게 나오며 에너지 분포가 타종한 순간에

너지가 급격히 주파수 전 지역에 나타나고 시간이 흐르면서 저주파에 에너지가 몰려 있는 것을 알 수 있으나 <그림 13(b)>는 그러하지 못하다. 에너지가 전 주파수대역에 골고루 퍼져 있으며 타종시의 순간 에너지도 명료하지 않다. 근래의 에밀레종은 예전의 종소리를 가지지 못하고 있는 것을 알 수 있다. 소리를 들어보면 우렁차고 신비한 소리가 아니라 쇠가 부딪치는 투박한 소리를 가지고 있다.

<그림 14>와 같이 에밀레종의 자체의 변질도 있겠지만 당목의 마모가 주요인으로 원래의 우렁차고 신비한 소리를 내지 못하고 변질시키게 된 것이다. 그런데 2001년도 녹음된 에밀레종소리에서는 360, 480Hz의 성분이 크게 들리지 않고 있었다. 그것을 종의 보관을 위해 타종 시에 큰 힘을 주어 종을 치지 않은 이유도 있겠지만, 종을 치는 당목(撞木)에 문제가 있는 것을 밝혔다.



(a) 66년 이전



(b) 2001년

〈그림 13〉 '66년 이전과 근래의 에밀레종소리의 스펙트로그램 비교



〈그림 14〉 현재 에밀레종의 당목의 상태

당목은 종과 접촉되는 타종 면이 균일해야 하는데 기울어져 있고, 나무가 오래되어서 아주 마른 상태이고, 몇 군데 균열이 나타나서 타종 시에 접촉상태가 좋지 않았다. 그리고 타종 시에 종벽을 강하게 진동시킬 정도로 힘을 전달하지 못할 정도로 가벼워져서 튕겨져 나오는 일이 자주 관찰되었다. 따라서 93년도 이후에 녹음된 에밀레종소리는 타격 시에 당목의 접촉이 좋지 않은 충

격음이 크게 검출되었다.

III. 결론

본 논문에서는 성덕대왕 신종의 종소리에서 사람의 마음을 몽클하게 하는 심금을 울리는 소리는 우리 목소리의 진동수와 비슷한 소리가 외부에서 들리게 되면 그 소리에서 친근감과 다정함을 느끼게 되고, 중년 남성의 평균 기본 주파수가 150Hz로 유사점이 발견되어 이러한 소리가 심금을 울리는 소리로 규명했다. 두 번째, 전설에서 내려오는 아기가 엄마를 애타게 찾는 듯한 애끓는 소리가 나는 종소리 특성 분석은 유아의 목소리 제1순응성분이 에밀레종소리의 주파수 성분과 유사하고 5-18Hz로 변조되어 울먹거리는 억눌림으로 나타난다. 이 주파수는 한 번에 “영-”으로만 들리지 않고 1초에 5-18번의 “영-영-” 거리

는 소리로 들리기 때문에 멀리서 듣는 종소리는 애타게 우는 소리로 느끼게 된다. 갓 태어난 아기의 울음소리 진동수가 350~400Hz로 에밀레종소리의 제3순응성분과 유사하여 아기울음소리의 애끊는 소리로 규명하였다. 세 번째로는 끊어질 듯 이어지는 소리이다. 끊어질 듯 하다가 3초 후에 다시 이어지는 여운이 있다.

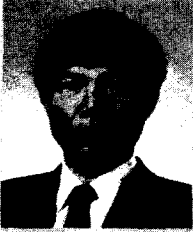
향후 과제는 에밀레 모형 종의 주물성분 배합비가 아닌 에밀레종소리를 그대로 재현하기 위한 방법으로 신호처리 기법을 사용하여 본래의 에밀레종소리를 본래의 원음을 100%재현하여 우리 조상들이 만든 세계적인 문화유산으로 영구보존하여 후손에게 물려주고자 한다.

또한, 최근에는 원래의 종소리를 들을 수 없는 원인은 경주박물관에 소장한 실물의 사진을 통하여 알 수 있듯이 다른 종체의 노후화도 있겠지만 당목의 마모로 인한 원인으로 판단된다. 이것을 해결하기 위하여 당목을 종 규모에 맞게 설계하여 바꿀 것을 제안 한다.

참고문헌

- [1] 배명진, 디지털 음성 부호화, 동영출판사, 1996. 9.
- [2] 최성영, 배명진, “성덕대왕 신종의 원래 종소리와 근래 종소리의 성능 분석에 관한 연구,” 한국통신학회 논문지, 2003. 2.
- [3] 최성영, 손정호, 배명진, “에밀레 종소리에서 아기 울음소리의 성분 분석에 관한 연구,” 대한전자공학회, 2003년도 하계종합학술대회 논문집IV 제26권 제1호, pp. 2152-2155, 2003. 7.
- [4] 최성영, 배명진, “에밀레 종소리에 따른 맥놀이 현상 규명에 관한 연구,” 한국음향학회, 정기총회 및 추계학술발표대회 논문집, “제22권 제2(s)호. pp. 249-252, 2003. 10.
- [5] 최성영, 배명진, “성덕대왕 신종의 타종시 문제점에 관한 연구,” 한국음향학회, 하계학술대회 논문집 제21권 제1(s)호, pp. 263-266, 2002. 7.
- [6] 정양모, “신종에 숨겨진 한국인의 지혜”, 경주박물관 논고집, pp10-15, 1999.
- [7] 신형기, “과학적 분석조사”, 경주박물관 종합조사보고서, pp420-474, 1999.
- [8] Seong Young Choi, MyungJin Bae, “A Study on a Baby-Boiling Sound Analysis of the Divine Bell of King Söngdök,” The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences VOL.27, pp. 172-176, NO. 8T. 2002.

저자소개



최성영

1980년 울산공과대학 전자공학과(학사)
 1983년~1989년 고려전기(주) 기술개발과장
 1989년~1990년 한국엔지니어링 기술개발부장
 1996년 송실대학교 정보과학대학원전신공학(석사)
 2002년 송실대학교 대학원 전자공학과(박사수료)
 1990년~현 재 서울정보기능대학 부교수
 주관심분야 음성신호처리, 음성합성, 음성인식



배명진

1986년~1992년 호서대학교 전자공학과 조교수
 1992년~현 재 송실대학교 정보통신공학과 교수
 주관심분야 음성인식, 음성합성, 음성코딩, 통신 및
 신호처리 등