

# 국악 타악기 인터페이스 제작을 위한 타격 강도에 따른 소리 변화 연구

†한기열, ††박상범, †††김준

## 요약

본 연구는 국악 타악기의 가상 악기(virtual instruments)를 위한 인터페이스 제작에 관한 것으로, 인터페이스 제작의 기초 단계에 해당하는 타격 강도에 따른 국악 타악기 소리의 특성 변화를 주요하게 다루고 있다. 국악 타악기 중 사물놀이에 사용되는 쟁과리·징·북·장구를 연구 대상으로 하고 있으며 북과 장구는 나무로 만든 몸통에 가죽을 씌운 가죽악기이고 쟁과리와 징은 놋쇠로 만든 금속악기로 같은 강도의 타격을 가하더라도 악기에 따라 음량, 음의 지속 시간 등의 특성이 다르다. 본 연구는 같은 강도로 타격했을 때 각 악기의 소리에 나타나는 차이와, 강도를 단계적으로 변화시켜 타격할 때 각 악기의 소리가 어떻게 변하는지 살펴보았다. 이러한 연구 결과는 차후 가상 악기 제작을 위한 중요한 기초 자료가 될 것으로 기대된다.

## Analysis of Korean Percussion for Virtual Instruments Interface

†Kiyul Han, ††Sangbum Park, †††Jun Kim

---

● 교신저자 : 김 준, 주소 : 서울시 중구 필동3가 27번지 동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, Tel : 02-2260-3264, music@dongguk.edu

접수일 : 2010년 5월 31일, 심사일 : 2010년 7월 19일, 완료일 : 2010년 7월 26일

†동국대학교 멀티미디어학과(kiyeori@dongguk.edu), ††동국대학교 멀티미디어학과(bmajor78@dongguk.edu), †††동국대학교 멀티미디어학과(music@dongguk.edu)

● 본 연구는 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0000312).

## Abstract

This study deals with interface making for virtual instruments to be used as Korean percussion instruments regarding the change in its sound characteristic according to the strength of strike, the basic step of interface creation. Korean percussion instruments such as Kkwaenggwari, Jing, drum, Janggu are the subjects of this study which are different in volume, the duration of sound from each other when they are struck by same level of intensity as the drum and Janggu are leather instruments that their bodies being covered with leather and Kkwaenggwari. Jing are metallic instrument that made from brass. This study checked out the differences in the sounds of the each instruments when they were struck by the same level of intensity, and how they change when being struck by gradually changed intensity. Such study results may be able to be important basic material for virtual instruments creation.

**Key words** : Korean percussion(국악 타악기), interface design(인터페이스 제작), sound analysis(소리 분석)

## I. 서론

국악기 중 북·장구·꽁과리·징은 사물놀이를 통해 일반 대중들에게도 잘 알려져 있는 민속 타악기이다. 그러나 서양 악기와 비교해서 일반인들이 실생활에서 국악기를 접할 수 있는 경험이 제한되어 있다. 또한 서양 악기의 경우 이를 전자 악기 혹은 소프트웨어로 만드는 작업이 활발히 이루어지고 있으나 국악기는 이러한 작업이 미비한 상태이다.

연구의 목표는 국악 타악기 중 사물놀이에 쓰이는 북·장구·꽁과리·징의 가상 악기를 위한 인터페이스 제작으로, 편리하고 흥미롭게 연주할 수 있는 국악 타악기 개발을 최종 목적으로 두고 있다.

본 논문은 국악 타악기 인터페이스의 설계를 위한 사전 연구 단계로 같은 강도로 타격할 때 네 악기에서 나타나는 소리 특징의 차이와 강도를 단계적으로 변화시킬 때 각 악기에서 나타나는 소리 변화의 경향 분석을 주요한 내용을 다루고 있다. 이러한 타격 강도 변화에 의한 소리의 변화를 알아보기 위해 강도의 세기를 10단계로 나누어 타격한 후 녹음하여 시간 영역(time domain)에서의 변화를 분석했다.

## II. 국악 타악기 인터페이스

### 2.1 국악 타악기의 종류 및 재질

팽과리와 징은 놋쇠<sup>1)</sup>로 만든 금속 악기이며 장구와 북은 나무로 만든 통의 양편에 가죽을 씌워 제작하는 가죽 악기에 속한다. 악기의 재질과 구조, 크기와 채의 종류에 따라 각 악기들의 소리 특성이 달라진다. 또 악기마다 다른 종류의 채를 가지고 있어 이 또한 소리 특성에 중요한 요소로 작용한다.

[그림-1]<sup>2)</sup>은 북·장구·팽과리·징과 채의 모양을 보여 준다.



[그림 1] 사물놀이 악기와 채

[표-1]은 악기의 몸통과 채의 재질을 나타낸다.

악기		북	장구	팽과리	징
재질	몸통	가죽(소)	가죽(말)	울림판	울림판
		울림통(소나무)	북통(오동나무)	(놋쇠)	(놋쇠)
	채	나무	나무	나무	나무(형겅으로 씌움)

[표 1] 타악기 몸통과 채의 재질

## 2.2 국악 타악 가상 악기 인터페이스의 구조

### 2.2.1 국악 타악 가상 악기 인터페이스 디자인

인터페이스의 설계는 연주 및 현대의 편의성을 고려하였으며 악기별 연주기법을 반영하여 하나의 인터페이스에서 모두 연주 가능하도록 고안되었다. 인터페이스의 기본 구조는 크게 타격면과 몸통, 손잡이로 구

1) 구리에 아연을 가하여 만든 합금으로 황동이라고도 함

2) 『국악기 실측 자료집1』, 국립국악원, 2008, pp. 72-77

성된다. 장구의 양편 연주와 북의 북통을 치는 연주기법을 고려해 몸통에 타격면을 추가했다.

### 2.2.2 압력 값 감지를 위한 설계

신호 발생을 위한 트리거로 사용하는 동시에 압력 데이터를 얻기 위해 피에조 센서(piezoelectric sensor)를 타격면에 부착시켰다. 피에조 센서는 금속판 사이에 얇은 압전 소자<sup>3)</sup>를 끼워 넣은 센서로 소리, 진동, 압력 등을 감지한 후 이를 전기 신호로 변환시키는데 센서를 부착한 면의 떨림에 의해 진동을 감지한다. 피에조 센서에 의해 생성된 전기 신호는 디지털라이저(digitizer)에 의해 디지털 데이터로 변환되며 블루투스 통신을 통해 컴퓨터로 전송된다. [그림-2]는 피에조 센서에 의해 생긴 압력 데이터의 흐름을 개괄적으로 보여준다.



[그림 2] 압력 데이터의 흐름도

## III. 타격 강도 변화에 따른 소리의 변화

### 3.1 실험 방법

실험은 타격 강도를 10단계로 나누어 각 악기의 채를 사용하여 중심부를 타격한 후 이를 마이크로폰으로 녹음한 후 시간 영역에서 분석했다. 타격의 단계별 강도는 단진자 운동 실험을 통해 구현되었으며 마찰계수는 무시했다. 다음은 단진자 운동을 이용하여 압력을 구하는 공식이다.

$$F = -mgsin\theta$$

F는 압력 데이터를, m은 질량을, g는 중력 가속도(9.8m/s<sup>2</sup>)를 Sinθ는 각도를 의미한다. 본 실험에서는 단진자의 질량을 동일하게 통일하고 각도 변화를 통해 압력 값을 1단계의 정수배 단위로 변화시켰다. 즉, 2 단계는 1단계보다 2배 더 높은 강도를, 3단계의 강도는 1단계보다 3배 더 높은 강도를 의미한다. [표-2]는 강도 단계별 실제 압력 값을 보여준다.

3) 압전기 현상을 나타내는 소자이며 대표적인 예로는 수정, 전기석, 로셀염 등이 있다

강도단계	압력 (단위:Newton)
1	F= 2.25
2	F= 4.50
3	F= 6.75
4	F= 9.00
5	F= 11.25
6	F= 13.50
7	F= 15.75
8	F= 18.00
9	F= 20.25
10	F= 22.50

[표 2] 타격 강도의 단계별 압력 값

타격 강도 변화에 따른 소리의 변화를 분석하기 위해 시간 영역에서 음파의 음량 변화와 음의 지속 시간 등을 분석했다. 분석에 사용된 음원의 샘플링 레이트(sampling rate)는 44,100Hz이고 비트 해상도(bit resolution)는 16bit이다.

### 3.2 강도에 따른 음량과 지속 시간

#### 3.2.1 강도에 따른 음량의 변화

[표-3]은 각 악기의 강도 단계별 음량을 보여준다. 단계 1은 가장 낮은 강도를 의미하고 단계가 올라갈수록 높은 강도를 의미한다.

강도 단계	음량 (dB)			
	북	장구	징	꽝과리
1	-25.4	-31.8	-58.3	-28.2
2	-18.9	-26.2	-47.4	-22.5
3	-16.1	-20.0	-40.9	-18.6
4	-14.7	-17.1	-38.4	-16.0
5	-12.6	-12.5	-34.4	-13.3
6	-11.0	-9.1	-29.9	-11.3
7	-9.2	-5.5	-27.2	-9.3
8	-6.4	-2.2	-23.9	-7.5
9	-3.6	-1.1	-21.5	-6.2
10	-0.2	-0.5	-19.8	-5.5

[표 3] 각 악기의 강도 단계별 음량 변화

북은 1단계 강도에서 -25.4dB, 장구는 -31.8dB의 음량을 가진 것으로 나타났으며 10단계 강도에서 북은 -0.2dB, 장구는 -0.5dB의 음량을 나타냈다. 북은 가장 약한 강도인 1단계와 가장 강한 강도인 10단계의 음량 차이가 25.2dB, 장구는 31.3dB의 차이를 보여 장구가 북에 비해 가장 약하게 칠 때와 가장 강하게 타격할 때의 음량 차이가 더 큰 것으로 나타났다. 강도 1단계에서 4단계까지는 북이 장구보다 음량이 컸지만 5단계 이후부터는 장구가 북보다 더 큰 음량을 가진 것으로 나타났다.

징과 팽과리는 같은 금속 악기이지만 같은 강도에서 징에 비해 팽과리의 음량이 더 큰 것으로 나타났다. 강도 1단계에서는 징이 -58.3dB, 팽과리가 -28.2dB로 30dB 가량의 상당한 음량 차이를 보였다. 하지만 강도 10단계에서는 징이 -21.5dB, 팽과리가 -5.5dB로 강도 단계가 올라갈수록 두 악기의 음량 차이가 줄어드는 경향을 보였다.

징은 가장 약하게 타격할 때와 가장 강하게 타격할 때 음량의 차이가 37.5dB로 가장 큰 악기이며 이에 비해 팽과리는 가장 약한 단계와 강한 단계의 음량의 차이가 22.7dB로 가장 작았다.

### 3.2.2 소리의 지속 시간

[표-4]는 각 악기의 강도 단계별 지속 시간을 보여준다.

강도 단계	음량 (dB)			
	북	장구	징	팽과리
1	0.87	0.8	16	5.10
2	0.94	0.91	19	6.80
3	0.99	1.15	23	8.03
4	1.16	1.3	26	8.76
5	1.32	1.38	28	9.25
6	1.39	1.42	30	9.54
7	1.43	1.45	32	10.22
8	1.47	1.48	34	11.01
9	1.51	1.52	35	11.49
10	1.53	1.55	37	12.08

[표 4] 각 악기의 강도 단계별 지속 시간 변화

가죽 악기인 북과 장구는 소리의 지속 시간이 비슷한 것으로 나타났다. 강도가 약한 1·2 단계에서는 북이 장구보다 소리가 오래 지속됐다. 3단계 이후 장구가 북에 비해 지속 시간이 길어졌지만 그 차이가 0.01초 정도로 크지 않은 것으로 나타났다.

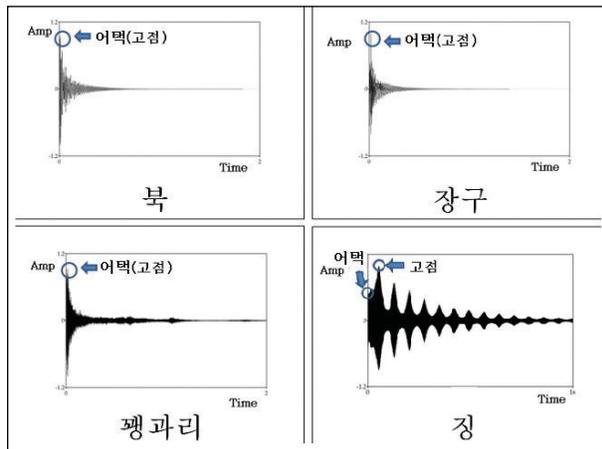
징과 팽과리는 가죽 악기에 비해 소리의 지속시간이 확연히 긴 것으로 나타났다. 징은 강도 1단계에서 약 16초로 지속됐고 강도 단계가 올라갈수록 지속시간이 2-3초정도 길어져 10단계에서는 약 37초의 지속 시간을 가진 것으로 나타났다. 팽과리는 징에 비해 소리의 지속 시간이 짧았다. 1단계에서는 약 5.1의 지속 시

간을 가졌고 단계가 올라갈수록 지속 시간이 길어져 10단계에서는 12.08초의 지속 시간을 가진 것으로 나타났다.

### 3.3 강도에 따른 최고 음량 지점의 변화

#### 3.3.1 각 악기의 최고 음량 지점

타악기는 악기를 타격하는 순간(attack)이 음량의 최고 지점이 되는 보편적인 성격을 가지고 있다. 사물놀이 악기 중 북·장구·꽹과리는 타격 할 때의 어택 지점이 항상 음량이 최고가 되는 지점이 되는 성격을 가졌지만 징은 이와는 다른 형태를 보였다. [그림-3]은 가장 강한 강도로 타격할 때 북, 장구, 꽹과리, 징의 최고 음량 지점을 비교한 그림이다. 그림의 가로축은 시간을, 세로축은 음량을 의미한다.



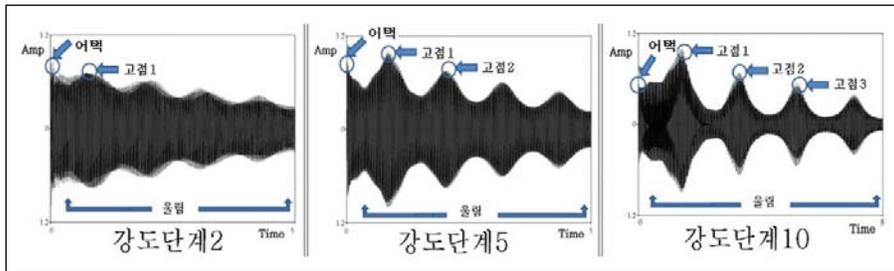
[그림 3] 각 악기의 최고 음량 지점

[그림-3]에서와 같이 북, 장구, 꽹과리는 어택 지점이 음량의 최고 지점인 것을 확인할 수 있다. 하지만 징은 울림 부분의 음량 고점이 어택 부분보다 더 큰 것을 확인할 수 있다.

#### 3.3.2 강도에 따른 징의 최고 음량 지점 변화

[그림-4]는 징을 약(2단계), 중(5단계), 강(10단계) 강도로 나누어 타격한 것으로 비교를 위하여 노멀라이즈(normalize)<sup>4)</sup>했으며 처음 타격 지점에서 5초까지를 확대했다. 그림의 가로축은 시간을, 세로축은 음량을 의미한다.

4) 오디오파일의 최고음량지점을 0으로 높이거나 낮추는 작업을 의미한다.



[그림 4] 강도에 따른 징의 최고 음량 지점 변화

[그림-4]와 같이 강도가 약할 때는 어택 부분의 음량이 가장 크지만 중간 단계의 강도에서는 울림의 고점 1의 음량이 어택보다 커지는 것을 볼 수 있다. 또 강도를 높여 타격하면 울림 부분의 음량 고점이 더욱 커져 어택 지점과 음량 고점의 음량 차이가 더욱 커진 것을 확인 할 수 있다.

강도 단계	강도에 따른 최고 음량 지점의 변화 (dB)			
	어택 지점	울림의 고점1	울림의 고점2	울림의 고점3
1	-58.3	-60.2	-62.4	-64.1
2	-47.4	-49.0	-50.5	-52.1
3	-40.9	-42.3	-44.1	-46.3
4	-38.4	-37.4	-39.5	-41.2
5	-34.4	-33.1	-35.3	-37.8
6	-29.9	-28.4	-30.9	-33.1
7	-27.2	-24.7	-27.1	-29.8
8	-23.9	-19.6	-22.0	-23.9
9	-21.5	-16.4	-18.3	-20.0
10	-19.8	-14.8	-16.8	-18.9

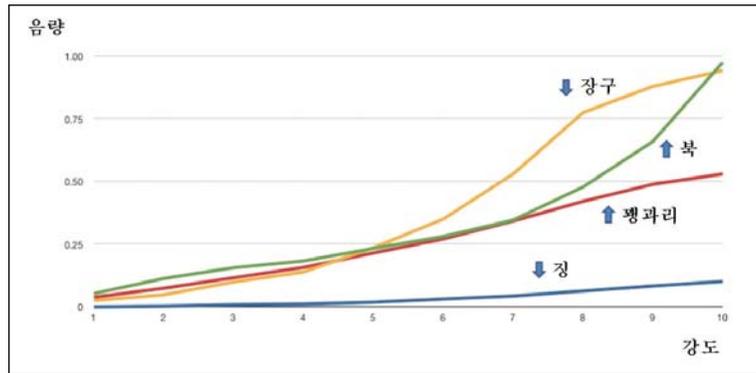
[표 5] 강도에 따른 징의 최고 음량 지점 변화

[표-5]는 징의 시간에 따른 음량 변화를 강도 단계별로 보여주고 있다. 표의 진한 부분은 각 단계의 최고 음량 지점을 의미한다.

징은 1단계에서 3단계 강도까지 다른 악기와 마찬가지로 어택 지점의 음량이 가장 크지만 4단계부터는 어택 지점보다 울림에 의한 음량이 더 커지는 현상을 보였다. 즉, 4단계 이후부터는 울림의 고점1이 음량의 최고점임을 확인 할 수 있다. 또한 7·8단계에서는 울림의 고점2도 어택 지점보다 음량이 크며, 9·10단계에서는 울림의 고점3 역시 어택 지점의 음량보다 큰 것을 알 수 있다. 4단계부터 어택 지점과 울림의 고점1의 음량 차이가 강도의 단계와 비례적으로 증가했다.

## IV. 타격 강도에 따른 음량 변화 파라미터 맵핑

[그림-5]는 타격 강도에 대한 장구·북·꽹과리·징의 음량 변화 단위를 나타낸 것이다. 그림의 가로축은 타격 강도를 세로축은 음량을 의미한다



[그림 5] 타격 강도에 따른 장구·북·꽹과리·징의 음량 변화

금속 악기인 꽹과리와 징은 강도에 의한 음량의 변화가 선형적인 패턴으로 나타났으며, 두 악기는 음량이 변하는 경사도에서 차이를 보였다. 가죽 악기인 장구와 북은 중간 단계의 강도까지 음량이 완만하게 변하지만 6단계 이상의 강도에서는 음량이 급격하게 변하는 것을 확인할 수 있다. 장구는 6단계에서 8단계 사이 음량이 급격히 변하며 북은 7단계부터 10단계 사이에 음량이 급격히 변하는 것을 확인할 수 있다.

피에조 센서는 국악 타악기 인터페이스를 타격하여 생긴 진동 에너지를 전기 신호로 변환시킨다. 피에조 센서에 의해 변화 된 전기 신호는 다시 디지털타izer에 의해 디지털 데이터로 변환된다. 만약 네 가지 악기의 타격 강도에 따른 음량 변화를 동일하게 적용시킨다면 각 악기의 소리 특성을 제대로 반영하지 못한 결과가 될 것이다. 따라서 디지털 데이터를 타격 강도에 따른 각 악기의 음량 변화 특성을 적용하는 것이 필요하다.

## V. 결론

본 연구는 국악 타악기 인터페이스 제작을 위한 사전 연구로 타격 강도에 따른 각 악기의 소리 변화를 분석하였다. 연구 결과 다음과 같은 성과를 얻을 수 있었다.

첫째, 각 악기의 타격 강도에 따른 음량 변화의 경향을 알 수 있었다. 꽹과리와 징은 타격 강도에 의해 음량이 완만하게 변하며, 꽹과리가 징에 비해 더 급격한 변화 패턴을 가졌다. 장구와 북은 중간 단계까지 완전한 형태로 음량이 증가하다가 강한 강도의 타격을 가하면 음량이 급격하게 커지는 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 금속 악기는 가죽 악기에 비해 확연히 긴 음의 지속 시간을 가졌으며 같은 금속 악기인 징과 꽹과리

도 지속 시간의 차이가 크게 나타났다. 가죽 악기인 장구와 북은 금속 악기에 비해 소리의 지속 시간이 짧았으며, 북과 장구는 지속시간의 차이가 크지 않은 것으로 나타났다.

셋째, 징은 같은 강도로 타격할 때 다른 악기에 비해 음량이 비교적 작은 것으로 나타났으며 강도를 높일수록 울림에 의한 음량의 고점이 어택 지점의 소리보다 커지는 특성을 가진 것으로 나타났다.

본 연구에서 밝혀진 결과는 차후 컴퓨터로 소리를 재현함에 있어 중요한 요인으로 작용할 것으로 기대되며 타격 강도 변화에 의한 소리의 변화 특성을 음향학적으로 보다 객관화하는 작업은 타악기를 가상 악기로 제작할 경우 중요한 부분이 될 것이다.

## 참고문헌

- [1] 『금속 타악기 연구』, 국립국악원, 1999
- [2] 『국악 대사전』 국립국악원, 1999
- [3] 송혜진, 『한국악기』, 열화당, 2001
- [4] 이성천, 『알기쉬운 국악개론』, 풍남, 2001
- [5] 장사훈, 『최신국악총론』, 세광음악출판사, 1991
- [6] Matthias Bertsch, “Vibration Patterns and Sound Analysis of the Viennese Timpani”, ISMA, 2001
- [7] M. Karjalainen, J. Backman, and J. Pölkki, “Analysis, Modeling, and Real-Time Sound Synthesis of the Kantele, a Traditional Finnish String Instrument,” in Proc. 1993 IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech, and Signal Processing (Minneapolis, MN, 1993 Apr. 27-30), 1 229-232
- [8] T. I. Laakso, V. Välimäki, M. Karjalainen, and U. K. Laine, “Splitting the Unit Delay - Tools for Fractional Delay Filter Design,” IEEE Signal Processing Magazine, 13 30-60, 1996.
- [9] Curtis Roads, The Computer Music Tutorial, The MIT Press, 1996
- [10] Thomas D. Rossing, Science of percussion instruments, World Scientific Publishing Company, 2000
- [11] Thomas D. Rossing, “Acoustics of percussion Instruments: Recent progress”, Acoustic Science & Technology Vol. 22(3) 2001
- [12] J. O. Smith, “Physical Modeling using Digital Waveguides,” Computer Music Journal, 1992.