

국악 악기 가야금과 피리의 신호 분석에 관한 연구

이 상 민, 이 종 석, 이 광 형
숭실대학교 정보통신전자공학부

A Study on Signal Analysis of Korean Traditional Music Instrument, Kayakeum and Piri

Sang-Min Lee, Jong-Seok Lee, Kwang-Hyung Lee
School of Electronic Engineering, Soong Sil University
(smlee@dsp.soongsil.ac.kr, terraco@dsp.soongsil.ac.kr)

Abstract

Like any other music, Korean traditional music make a beautiful compound melody of many music instruments. In this paper, we separate melody especially played by two instruments, that is Kayakeum, Piri(Korean pipe) analysing each audio signal. Kayakeum, Piri have a unique frequency component for each sound height. Therefore each melody of them can be expressed into each sheet of notation separately and MIDI codes. We expect that this paper will benefit all the people studying and instructing Korean music.

1. 서론

여러 연주곡들을 분류하고 데이터베이스화하기 위해서는 연주 악기를 분석하여 악보를 추정하는 작업이 중요하다. 본 연구에서는 한국 전통 음악(국악) 연주곡에서 악보와 악기를 추정하여 차후 국악 데이터베이스 구축에 색인으로 사용할 수 있도록 가능성을 보인다. 서양 악기는 컴퓨터와 전자악기와 통신하기 위해서 MIDI로 Code화되어 있으나 국악 악기에 적용하기 위해서는 많은 연구가 필요하다.

본 연구에서는 국악기 중 피리와 가야금의 주파수 성

분 분석을 통해 각 악기별 음정마다 고유한 특징을 파악하고, 음정의 표현을 위한 주파수 패턴을 구한다. 이렇게 얻어진 특징과 패턴들은 합주 연주곡에서 각각의 악기를 추정하고 각 악기의 음을 악보로 표현하기 위한 요소들이 된다.

본 논문의 구성은 2장에서는 피아노의 주파수 특성을 보이며, 3장에서는 제안한 국악기 음의 분리 이론을 기술 하고 음정 테이블을 보이며, 4장에서는 악기음 분리 알고리즘을, 5장에서 결론을 기술한다.

2. 선율 분류를 위한 이론

피아노를 예로 들어보자. C4는 기본 주파수 261.6Hz를 갖고, 한 옥타브 위인 C5는 523.2Hz를 그리고 한 옥타브 아래인 C3은 130.8Hz를 갖는다. 식(1-1)은 음정

$$freq(C_n) = 2 * freq(C_{n-1}) \quad (1-1)$$

마다 고유한 주파수 특성을 갖고 있음을 설명해 준다. 뿐만 아니라 서로 다른 음정도 일정한 규칙성을 갖고 주파수 특성이 변화하고 있다.

국악 악기인 가야금이나 피리에서도 이와 같은 주파수 규칙성이 적용된다. 그러나 본 논문에서는 선율을 분류해야 하기 때문에 기본 주파수만 가지고 고려할 수가

없다. 가야금과 피리는 겹치는 주파수 범위를 갖고 있기 때문에 제 1 고조파, 2고조파, 3고조파, 심지어 가야금의 경우는 7고조파 까지 고려해 주어야 한다. 또 가야금의 경우는 피아노나 피리 악기와는 다르게 현악기이다. 현을 뜯어야 하기 때문에 음표마다 주파수 특성이 복잡하고 다양한 피크 정보를 갖고 있어야 선율을 정확히 분류 할 수 있게 된다.

3. 국악 악기 음의 분리



그림 1. 타령 중 일부분

그림 1은 타령 노래의 일부 악보를 나타내었다. 상단은 피리 독주 악보를 표시하고 하단은 가야금 독주 악보를 표시하고있다. 전체적으로 두 선율이 합주되어 하나의 선율을 만들어 내고 있다. 본 논문에서는 피리 악보에서는 있는 2분 음표(F4)를 가지고 분석하였다. 가야금에서는 역시 동시에 연주되어지는 2분 음표(G#3)를 가지고 각각 분석하였다. 그리고 두 개의 음이 동시에 연주되었을 때의 오디오 신호를 가지고 마찬가지로 시간 및 주파수 분석을 해 보았다.

뿐만 아니라 그림 1에 있는 피리 악보와 가야금 악보로 한정하여 음정 정보를 나타내는 Look up table을 각각 작성하였다.

그림 2의 (a)는 피리 F4음을 748ms 동안연주한 시간 파형을 FFT(고속 푸리에변환)을 취한 주파수 파형을 나타낸다. 그림 2의 (b)는 가야금 G#3음을 피리와 같은 시간동안 연주한 시간 파형을 역시 FFT 취한 그래프이다. 마지막으로 그림 2의 (c)는 피리의 F4음과 가야금의 G#3음을 합주로 연주했을 때의 FFT 취한 파형을 그림을 보인다.

피리 독주시 F4의 주파수 패턴은 그림과 같이 기본주파수 370Hz를 비롯해 제 2고조파 740Hz, 제3고조파 1110Hz, 제4고조파 1480Hz, 제 5고조파 1850Hz, 제 6고조파 2220Hz로 나타낸다. 여기서 피리의 F4는 기본 파형의 370Hz로 일정한 간격으로 주파수 피크가 나타나고 있다. 가야금의 G#3에서는 기본주파수 185Hz를 비

롯해 제 2고조파 370Hz, 제3고조파 555Hz, 제4고조파 755Hz, 제 5 고조파 925Hz, 제 6고조파 1110Hz, 제 7고조파 1295Hz, 제8고조파 1510Hz를 나타낸다. 역시 가야금 G#3에서도 기본 주파수 185Hz만큼의 일정한 간격으로 고조파가 나타나고 있다.

표 1. 피리 악보 Look up table

피크 순서	fp1	fp2	fp3	fp4	fp5	fp6	fp7	fp8	fp9
6	669	1338	2007	2676	3345	4014	4683	5352	6021
7	595	1190	1785	2380	2975	3570	4165	4760	
1	424	848	1272	1700	2124	2548			
11	370	740	1110	1480	1850	2220			
3	349	788	1182	1576	1970	2364	2758	3152	3546
12	296	592	888	1184	1480	1776	2072	2368	

표 2. 가야금 악보 Look up table

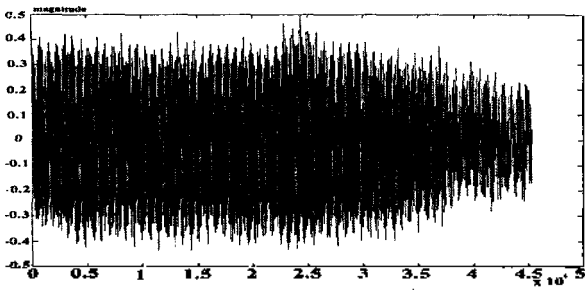
피크 순서	fk1	fk2	fk3	fk4	fk5	fk6	fk7	fk8	fk9
6	329	658	987	1316	1645	1974			
7	297	597	891	1188	1485	1782	2079	2376	2673
1	291	438	657	876	1095	1314	1533	1752	1971
11	185	370	555	755	925	1110	1295	1510	
12	148	297	444.5	592.5	740.5	888.5	1036.5	1184.5	

표 3. 피리와 가야금의 주파수 패턴 비교

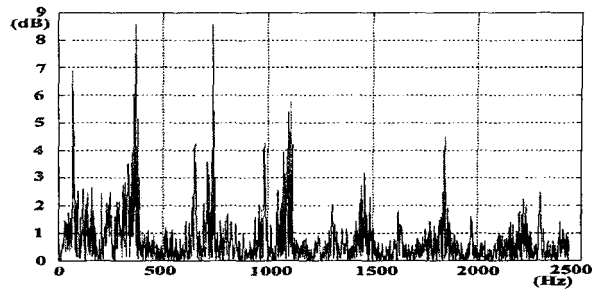
	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	f10	f11
피리		370		740		1110		1480		1850	2220
가야금	185	370	555	755	925	1110	1295	1510			
합주	185	370	555	740	925	1110	1295	1480		1850	2220

합주되었을 때의 주파수 패턴은 그림 3의 (c)에서 알 수 있듯이 피리 독주시 주파수 패턴과 가야금 독주시 주파수 패턴이 그대로 겹쳐진다. 다시 말하면 피리의 370Hz의 간격마다 나타나는 고조파 패턴과 가야금에서 185Hz 간격으로 나타나는 고조파 패턴이 겹쳐져서 나타나고 있다. 그림 3의 (c)에서 알 수 있듯이 피리의 제 4고조파 까지는 사이사이 마다 가야금의 패턴이 나타났

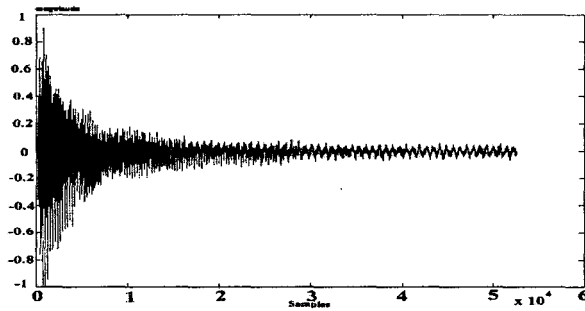
다. 그러나 피리의 1850Hz대역 이후로는 가야금의 주파수 패턴은 사라지고 역시 370Hz 간격으로 피리의 주파수 패턴만이 존재한다.



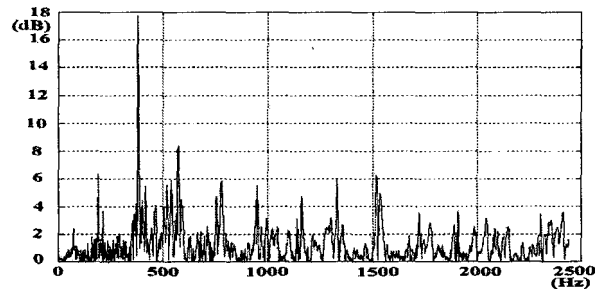
(a) 피리(F4)의 시간 파형



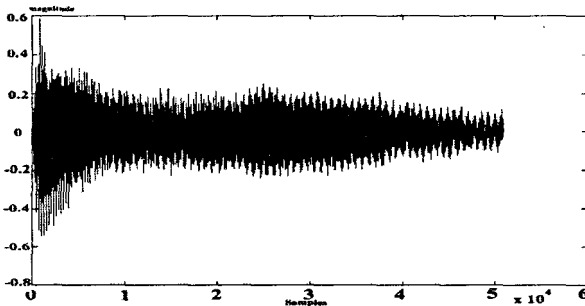
(a) 피리(F4)의 주파수 파형 (독주)



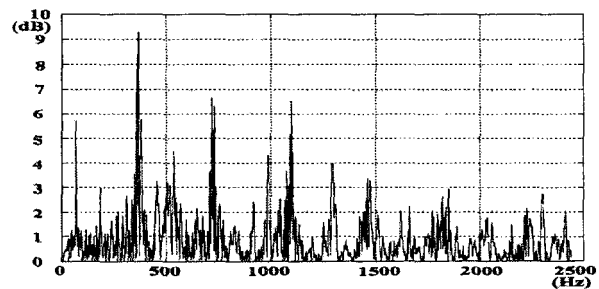
(b) 가야금(G#3)의 시간 파형



(b) 가야금(G#3)의 주파수 파형(독주)



(c) 가야금 피리 합주 시간 파형



(c) 가야금피리(F4+G#3)의 주파수 파형(합주)

그림 2. 시간 파형 비교

그림 3. 주파수 파형 비교

본 논문은 이러한 사실을 기초로 악기의 고유한 주파수 특성을 고려하여 각각의 선율을 분리한다. 그리하여 합주된 음악을 갖고도 가야금과 피리의 독립적인 선율을 분리할 수 있게 된다.

4. 분석 알고리즘

그림 4 알고리즘은 DB로 저장되어 있는 가야금과 피리의 Look up table을 가지고 두 선율이 합주 되었을 때를 비교하여 분리하는 과정을 나타낸 그림이다. 두

악기를 Look up table에서 비교할 수 있는 이유는 고조파가 $N \cdot f_k$ 처럼 기본주파수에 N 배로 증가하기 때문에 만약 f_{kn} (가야금의 n 번째 고조파) = $N \cdot f_k$ (가야금의 기본주파수의 정수배)이라면 다른 악기의 선율이 섞여 있음을 의심할 수 있다. 만약 f_p (피리의 기본주파수) 주파수가 새롭게 발견되었고 f_{pn} (피리의 n 번째 고조파) = $f_p \cdot N$ (피리의 기본주파수의 정수배)같이 주기적으로 나타낸다면 역시 피리 악기의 선율을 Look up table에서 찾아내어 해당하는 음표를 출력하여 음정을 표시할 수 있다. 이러한 루프를 계속 돌면서 만약 주파수 패턴

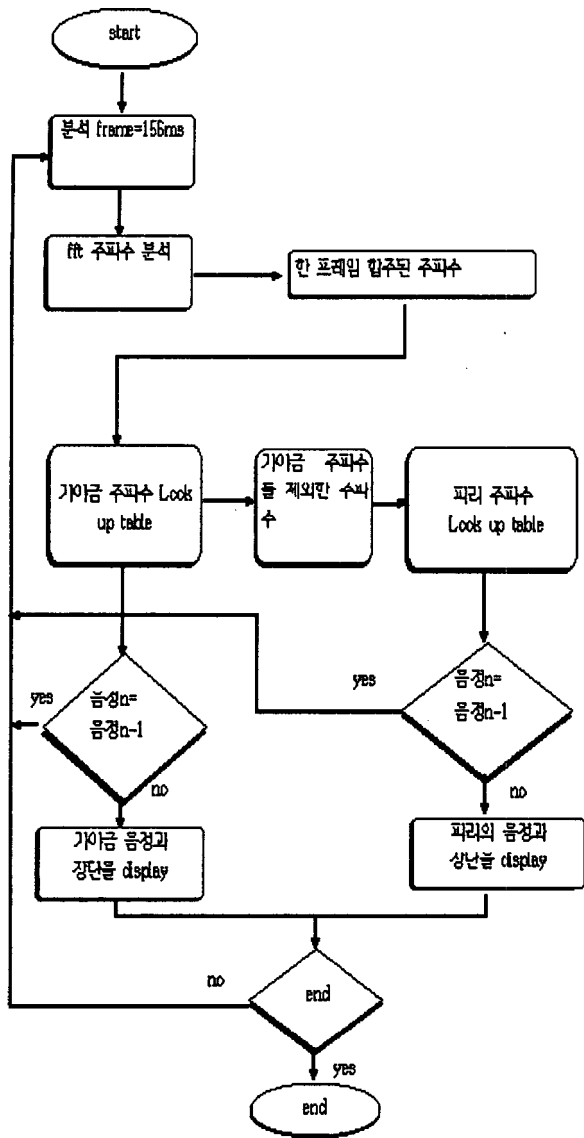


그림 4.가야금,피리 선율 분리 알고리즘

이 일정한 한계치 이상을 넘어버린다면 다른 음정으로 바뀌었음을 인식하게 되고 그때까지의 시간을 계산한다. 이때의 시간은 한 음정이 유지된 시간 즉 장단이 된다. 이러한 과정을 되풀이한다면 각 악기마다의 음정과 장단을 찾아내어 연속된 선율을 찾아낼 수 있다. 결과적으로 그림 1과 같이 악기마다의 분리된 선율을 얻게 된다.

5. 결론

본 논문은 국악 악기 중 가야금과 피리의 주파수 특

성 분석을 이용하여 선율 분리를 시도하였고 피리와 가야금 악보의 Look up table을 얻었다. 이러한 각각의 악기에 대한 table을 얻어냄으로써 국악 악기의 음을 분석하여 음정과 장단 및 악기를 추정할 수 있다는 것을 보였다. 따라서 국악 악기에 의한 연주곡의 색인화 가능성과 색인에 필요한 특징 분석의 형태를 조명했으며 MIDI와 같은 형태의 표준화 가능성도 보였다.

앞으로의 연구 과제로는, 국악 악기 분석의 많은 어려움을 극복하기 위해서 국악 악기의 다양한 연주 형태와 재질에 따른 신호분석이 연구되어야 한다. 그리고 악기들간에 유사한 주파수 형태를 갖고 있을 때 음정과 악기를 구분하기위한 연구도 진행되어야 한다. 또한 국악의 표준화가 정립되지 않은 상태에서 악기의 음을 분석하여 범용적으로 사용할 수 없다. 따라서 국악 악기 연주 음의 표준화에도 많은 연구가 이루어져야 한다. 그리하면 국악을 컴퓨터 응용 분야에 활용하므로써 세계 공용 음악으로 발전시킬 수 있으리라 생각된다.

참고문헌

- [1] 「한국음악중광」, 국립국악원, PP.82-89,
- [2]지정규, 오해식, "오디오 데이터베이스의 효율적 검색을 위한 선율질의 처리기", Vol. III, NO.1, PP.38-60,1998.
- [3]김재용의 "FM 방식을 이용한 가야금 음의 합성에 관한 연구" 한국음향학회,1997.
- [4]김정예, 「현대인을 위한 가야금교본」, 세광음악출판사,PP 1-29.
- [5]이석호,안영경, "음악정보처리시스템의 설계 및 구현", 한국정보처리학회,제 5호,1999,11.
- [6]Asig Ghias, "Query by Humming musical information Retrieval in An Audio Database", Multimedia'95.
- [7]Aditya Sri-Krishna, "FFT based fast architecture for Discrete Wavelet Transform", SPIE Vol. 2491
- [8]Toshio Modegi, Shun-ichi Iisaku, "Proposals of MIDI Coding and its Application for Audio Authoring", IEEE Multimedia Systems'98,june,1998