

음 이름 및 화음 표시장치의 구현

곽영주*, 김대호*, 구문석**, 황동환**
 *충남대학교 전기정보통신공학부
 **충남대학교 전자공학과

Implementation of Pitch Name and Chord Display

Young Ju Kwak*, Dae Ho Kim*, Moon Suk Koo** and Dong-Hwan Hwang**
 * School of Electrical and Computer Engineering, Chungnam National University
 **Department of Electronics Engineering, Chungnam National University

Abstract - 본 논문에서는 악기의 음을 주파수 분석한 후 음이름을 찾고 이를 이용해 화음을 표시하는 장치를 기술한다. 장치는 PC기반으로 설계하였고 주파수분석을 위해 FFT를 이용하였다. 이러한 기능을 하는 하드웨어와 소프트웨어를 설계하고 구현한 결과를 제시한다.

1. 서 론

악기의 음을 조율하는 방법은 오래전부터 다양한 장치를 통해 이루어졌다. 과거에는 소리굽쇠나 조율피리를 이용하여 소리를 내고 사람의 귀로 음을 맞추어서 조율하였다. 현재는 디지털 튜너(Digital Tuner)와 같은 전자조율기가 보급되어 화면을 통해 음높이(Pitch)와 음이름(Pitch Name)을 사용자에게 알려주기도 한다. 굳이 조율기를 구입하지 않아도 최근에는 스마트폰(Smart Phone)이 널리 보급되면서 조율 어플리케이션(Tuning Application)을 이용하여 손쉽게 악기를 조율할 수 있게 되었다 [1].

본 논문에서는 악기음을 입력신호로 하여 음이름과 화음을 표시하는 장치를 제안한다. 악기의 음을 마이크를 통해 PC로 입력하고 PC상에서 FFT(Fast Fourier Transform)를 통해 주파수를 확인한 뒤 음이름에 해당하는 주파수와 비교하여 사용자에게 음이름을 알려준다. 나아가, 주파수영역으로 변환했을 때 여러 주파수를 한 번에 알 수 있는 FFT의 장점을 이용하여 여러 음이 들어왔을 때에는 화음을 찾아서 알려주도록 한다.

논문의 구성으로 2절에서는 음의 높이와 음정 사이의 주파수 분석을 기술하고 3절에서 음이름 및 화음 표시장치의 구조에 대하여 설명한다. 4절에서 실험결과를 보이고 5절에서는 결론 및 추후 과제를 제시한다.

2. 악기음의 주파수 분석

소리 신호는 단일 주파수 또는 다중 주파수의 합으로 표현할 수 있다. 특히 악기음은 여러 주파수가 섞인 일반적인 소리와 달리 기본주파수와 몇 개의 고조파만으로 구성되기 때문에 기본주파수를 알면 음이름을 찾을 수 있다. 음높이(Pitch)와 음정(Interval) 사이에는 표 1과 같은 규칙이 있다[2]. 음높이는 음의 고유주파수를, 음정은 두 음이 가지는 높이의 차이를 뜻한다.

〈표 1〉 3옥타브 음이름의 주파수

계이름 (3옥타브)	음음 (Hz)	반음 (Hz)
C	130.81	
C# (=D b)		138.59
D	146.83	
D# (=E b)		155.56
E	164.81	
F	174.61	
F# (=G b)		185.00
G	196.00	
G# (=A b)		207.65
A	220.00	
A# (=B b)		233.08
B	246.94	
C	261.63	

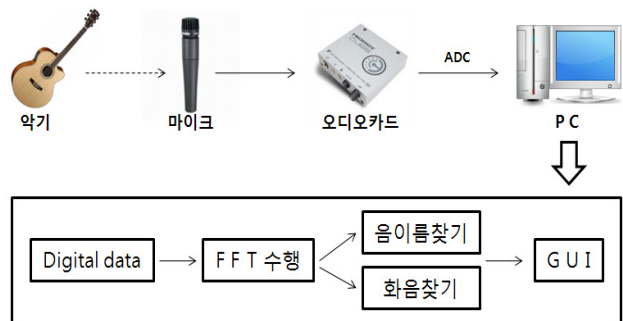
한 옥타브(Octave)가 증가할 때마다 음의 주파수는 2배씩 증가하며 이것을 표 1의 C음을 통해 확인할 수 있다. 다른 옥타브의 음 역시 표 1의 주파수를 이용하여 구할 수 있다. 이와 같이 각각의 음은 서로 다른 주파수를 가지므로 푸리에변환(Fourier Transform)을 통해 주파수영역에서 성분을 관찰하면 음이름을 구분할 수 있다.

PC에서 사용되는 신호는 이산신호이기 때문에 주파수 분석을 위해서는 DFT(Discrete Fourier Transform)를 사용해야한다. 하지만 DFT는 샘플 수가 증가함에 따라 계산량이 증가하여 처리시간이 길어지므로 이를 보완한 FFT(Fast Fourier Transform)를 이용하여 주파수 분석을 수행한다[3][4]. FFT를 통해 얻은 입력된 음의 주파수는 음이름을 결정하는데 사용된다.

3. 음이름 및 화음 표시장치의 구조

3.1 시스템 구성

음이름 표시장치의 시스템 구성은 그림 1과 같다.



〈그림 1〉 음이름 및 화음 표시장치의 구조

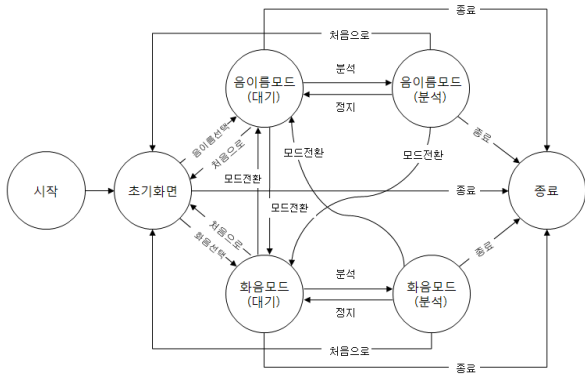
사용자가 악기를 연주하면 악기의 음은 마이크(Microphone)를 통해 오디오카드(Audio Card)로 입력되고 ADC(Analog-to-Digital Conversion)되어 PC로 입력된다. 입력된 신호는 디지털 데이터로 저장되어 FFT를 수행하고 각 음에 해당하는 주파수와 비교하는 과정을 거쳐 음이름 또는 화음을 찾는다. 찾은 결과는 GUI(Graphic User Interface)를 통해 사용자에게 알려준다.

3.2 하드웨어부

장치의 하드웨어부는 악기, 마이크, 외장오디오카드, PC로 구성된다. 마이크는 다이내믹(Dynamic Microphone)형으로 선택하여 주변 잡음으로부터의 영향을 줄이고 악기의 음을 받을 수 있을 만큼 충분한 주파수 대역을 갖도록 한다. 오디오카드는 마이크의 신호를 증폭할 수 있는 프리앰프(Pre-Amplifier)를 내장하고 주파수분석을 위해 충분한 양자화(Quantization)와 샘플링율(Sampling Rate)을 갖도록 한다. ADC된 신호는 USB단자를 통하여 PC로 입력된다.

3.3 소프트웨어부

음이름 표시장치의 소프트웨어는 MFC(Microsoft Foundation Class)를 이용해 구현하며 그림 2와 같은 7가지의 동작 상태(State)를 갖는다.

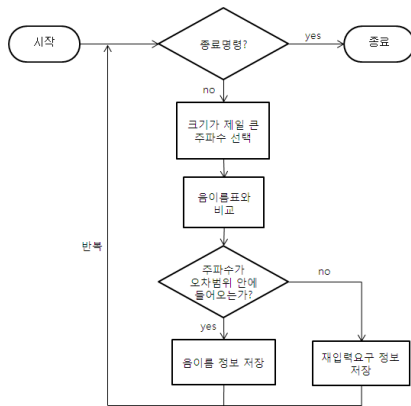


〈그림 2〉 음이름 및 화음 표시장치의 상태도

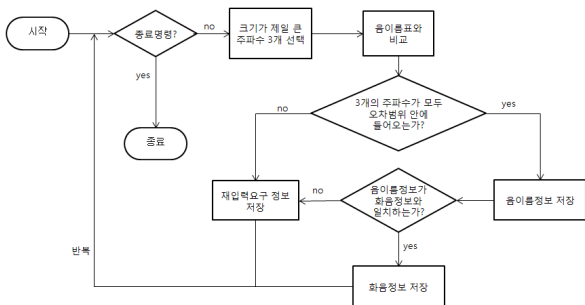
장치를 실행하면 초기화면을 보여주고 입력을 기다린다. 사용자가 음이름을 찾는 모드 또는 화음을 찾는 모드를 선택하면 장치는 각 모드로 화면이 전환된다. 이 때 장치는 분석을 위한 초기화 과정을 수행하며 분석 버튼을 누르면 마이크를 통해 입력된 음을 분석하여 음이름 또는 화음을 화면에 출력하고 정지 버튼을 누르면 분석을 중단한다. 장치의 종료, 모드전환, 초기화면으로 되돌아오는 것은 모든 상태에서 가능하도록 한다.

장치는 데이터처리 Thread, Primary Thread, MMI(Man-Machine Interface) Thread로 구성된다. 데이터처리 Thread는 장치의 동작 시 사용자의 입력에 영향을 받지 않고 독립적으로 수행되며 사용자 입력의 영향을 받는 것은 MMI를 통한 GUI의 변화뿐이다. 데이터처리 Thread에서는 먼저 디지털화된 악기음을 FFT하여 음의 주파수를 찾고 음이름 또는 화음을 찾는 알고리즘을 실행하여 최종결과를 저장한다. FFT 알고리즘은 Numerical Recipes의 자료를 참고하였다[5]. Primary Thread는 전체 시스템을 제어하고 데이터처리 Thread에서 얻은 최종결과를 MMI Thread로 전달하는 역할을 한다. MMI Thread는 사용자의 입력을 Primary Thread로 전달하거나 사용자에게 음이름을 알려주는 화면을 출력하는 역할을 한다.

소프트웨어부의 주는 데이터처리 Thread이므로 이를 더 자세히 기술한다. 그림 3과 그림 4는 데이터처리 Thread에서 음이름과 화음을 찾는 알고리즘이다.



〈그림 3〉 음이름을 찾는 알고리즘



〈그림 4〉 화음을 찾는 알고리즘

각 알고리즘은 먼저 종료명령을 확인하고 종료명령이 없을 경우 FFT를 통해 얻은 주파수 중에서 크기가 가장 큰 주파수를 찾고 이를 미리 정의된 음의 주파수와 비교한다. 이를 위해 옥타브의 주파수를 반복문을 이용하여 두 배씩 곱하거나 나누어 주파수표를 만들어 비교하는 방법과 FFT를 통해 선택된 주파수를 일반화 시켜 비교하는 방법이 있다. 본 논문에서는 후자의 방법으로 음의 주파수를 정의한다. 선택된 주파수는 2^N 으로 나누는 과정을 거쳐 0 옥타브로 일반화된다. 2^N 에서 N은 옥타브의 번호이다. 일반화과정을 거치면 선택된 주파수는 16.352Hz부터 30.868Hz까지의 범위를 갖는 0 옥타브의 주파수로 바뀌게 된다. 그리고 0 옥타브의 주파수표와 비교하여 오차범위의 안에 들어올 경우 음이름 값을 저장하며 그렇지 않을 경우 음의 재입력을 사용자에게 요구한다. 화음을 찾는 알고리즘은 이 과정을 거친 후 다시 화음표와 비교하여 화음을 찾는다.

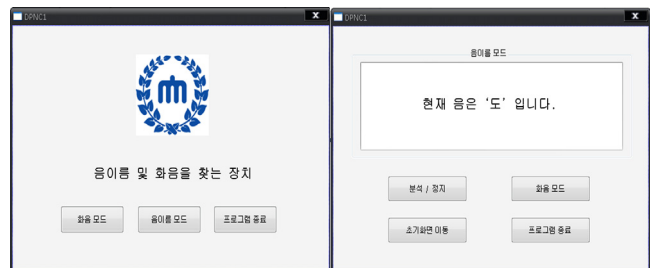
4. 음이름 및 화음 표시장치의 구현

4.1 하드웨어부

실험으로 사용할 악기는 휴대성이 좋은 통기타로 선정하였고 마이크는 40~15,000Hz의 주파수대역을 갖는 SHURE사의 단일지향성 마이크 SM57를 사용하였으며 오디오카드는 24bit/48kHz의 ADC 성능을 갖는 AUDIOTRAK사의 PRODIGY CUBE를 사용하였다. 마이크와 오디오카드는 XLR-to-3.5pi 케이블로 연결된다.

4.2 소프트웨어부

그림 5은 소프트웨어의 사용자 인터페이스를 나타내고 있다. 장치를 실행하면 초기화면에서 사용자의 입력에 의해 각 모드의 화면으로 전환되고 각 모드에서 분석의 시작, 정지, 모드전환, 종료가 가능하다.



〈그림 5〉 사용자 인터페이스 윈도우

5. 결론 및 추후과제

본 논문에서는 악기의 음을 주파수 분석을 통해 음이름과 화음을 찾는 장치를 제안하였다. 악기의 음은 기본파와 몇 개의 고조파로 구성되어 있기 때문에 음의 주파수 성분을 구하기 위해 푸리에변환을 이용하였고 PC에서 구현하기 위해 FFT를 사용하였다. 소프트웨어부는 MFC를 이용해 3개의 Thread로 구현하였다.

앞으로, 본 논문에서 제안한 장치의 구현을 위해 각 Thread의 기능을 확인하고 성능을 개선할 것이다. 나아가 완성한 후 상용 조율기와 비교하여 성능을 검증할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Do-Won Kim and Young-Sun Sohn, "Guitar Tuning Support System for Beginners" *Proceedings of KFIS Spring Conference 2006*, Vol.16, No.1, 2006.
- [2] Thomas D. Rossing, *The Science of Sound*, Addison-Wesley, 1982.
- [3] Sang-Hyeok Lee and Feol-Soon Kang, "Efficient monitoring method using FFT-IFFT Signal reconstruction", *전력전자학회 2007년도 전력전자학술대회*, pp.476-478, 2007.
- [4] Kamen and Jeck, *Fundamentals of Signals and Systems Using the Web and Matlab*, Prentice Hall, 1997.
- [5] William H. Press, Saul A. Teukolsky, Willam T. Vetterling and Brian P. Flannery, *Numerical Recipes-The Art of Scientific Computing*, Third Edition, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2007.