

피치 추출을 통한 베이스 기타 학습 시스템

김영규⁰, 소아람*, 양태연**, 김정훈***

서경대학교 컴퓨터과학과⁰, 인하대학교 컴퓨터공학과*,

홍익대학교 컴퓨터 공학과**, 한국항공대학교 항공전자과***

(삼성 소프트웨어 멤버십)

Learning System of Bass Guitar by Pitch Detection

Youngkyoo Kim⁰, Aram So*, Taeyeun Yang**, Junghoon Kim***

Seokyung Univ⁰, Inha Univ*, Hongik Univ**, Hangek Univ***

(Samsung Software Membership)

요 약

본 논문에서는 현대 사회의 취미 생활로 깊이 자리 잡은 실용음악 악기 중 하나인 베이스 기타의 효과적인 학습을 위한 새로운 기반 시스템을 제안한다. 현대인들은 바쁜 시간에 쫓겨 올바른 학습을 접하기 쉽지 않다. 그리고 같이 연주를 하기 위한 파트너를 구하는 것도 쉬운 일이 아니다. 제안된 시스템은 독학 시 가장 문제점이 되는 꾸준한 연습과 체계적인 연습의 부족이라는 두 가지 단점을 모두 극복할 수 있다. 본 논문에서는 베이스 기타를 컴퓨터에 연결하여 음정을 인식한다. 피치 추출 알고리즘 중 하나인 자기상관 함수를 사용하여 베이스 기타에서 추출한 음정 데이터와 MIDI에서 추출한 음정 데이터 간의 비교를 통해 효율적인 연습 환경을 제공한다.

1. 서 론

현대 인류사회는 공업화 사회에서 정보화 사회로 접어들고 있으며, 정보화 사회에 있어서 정보를 생산, 가공 및 제공하는 수단으로 컴퓨터의 역할이 다양해지고 있다. 이에 따라 컴퓨터는 인류사회에 다양한 형태로 이용되고, 인간은 다양한 형태로 컴퓨터와 접하게 되며 앞으로 이러한 경향은 더욱 커질 것이다.

컴퓨터는 단순한 버튼 입력에서 벗어나 인간 컴퓨터 상호작용을 이용한 인간친화적인 환경을 제공하는 방향으로 발전하고 있다.

현대 컴퓨팅 기술은 사용자 편의성을 최고로 추구하고 있으며, 단순한 버튼 입력에서 벗어나 인간-컴퓨터 상호작용(HCI)을 이용하여 인간 친화적인 환경을 제공하는 방향으로 흘러가고 있다.

Human-Computer Interaction(HCI)는 컴퓨터를 인류 사회에 거부감 없이 수용하기 위해 인간과 컴퓨터가 어떻게 조화되어야 하는 것인가에 관한 넓은 의미의 인터페이스를 연구하는 학문이며, 폭넓고 포괄적인 연구 영역을 가지고 있다.

본 논문에서는 혼자서 악기를 배우고자 하는 데에 많은 어려움을 겪고 있는 바쁜 현대인을 위해 독학에 용이한 악기 시뮬레이션 시스템을 제안한다. 단순한 버튼 입력이 아닌 실제 연주를 이용하여 연습을 돕는다. 컴퓨터에 입력된 신호를 통해 음정을 알아내고, 신호의 길이와 높이를 측정하여 시뮬레이션 한다.

기존에 유사한 목적으로 만들어진 리듬게임인 Konami사의 Guitar Freaks가 있다.

그림 1은 기타 모양의 인터페이스에 세 개의 버튼이 달려 있다. 버튼을 누르고 레버를(그림 2) 누르는 방식으로 작동하게 되어 있어, 실제 악기 실력의 향상과는 전혀 무관한 시스템이다.

본 논문에서는 단순한 버튼이 아닌, 보다 현실적이고 인간 친화적인 시스템을 제안한다.



(그림1) Guitar Freaks의 버튼



(그림2) Guitar Freaks의 레버

2. 관련 소프트웨어 - Guitar Freaks

3. 제안한 알고리즘

마이크로소프트사에서 제공하는 MCI 함수로 베이스 기타 소리를 입력 받아서 자기상관 기법으로 피치 값을 추출해 낸다. 이를 기반으로 주파수-음정 변환 공식 알고리즘에 적용하여 입력된 음이 어떤 음정의 범주에 포함되는 지를 판별한다.

미디를 파싱하여 추출한 원곡 노래에 관한 음정 데이터를 본 논문에서 제안한 최적 운지법 알고리즘을 통해 실제 기타 연습용 악보로 가장 많이 쓰이는 타브 악보와 유사한 형태로 화면상에 동적으로 시각화 시킨다. 이때, 미디에서 추출한 곡의 속도를 적용하여 일정 분량을 모니터 화면에 출력한다(그림 4의 왼쪽 장면 참조).

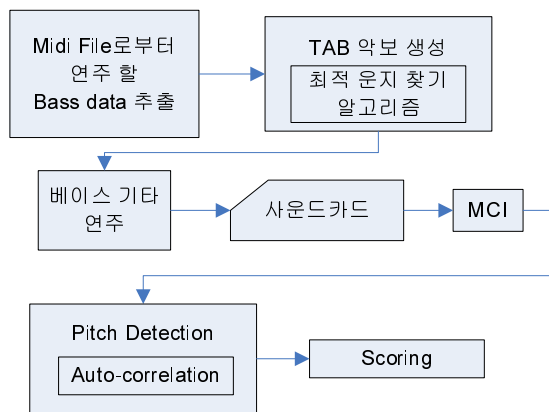
사용자는 화면을 보고 해당되는 음을 연주하면 만들어진 소리가 컴퓨터 사운드 카드로 직접 입력되어 MCI를 통해 버퍼에 저장된다.

4. 시스템 구현

4.1. 개요

현재 시중에 판매되고 있는 기타 튜너 소프트웨어와 - 기타의 음을 마이크를 통하거나 혹은 직접 사운드 카드에 연결하여 기타 음에 따라 모니터상에 해당 음의 실제 값과 오차 량을 디스플레이 해주는 프로그램 - Guitar Freaks와 같은 각종 리듬 게임들을 통해 이러한 시스템의 구현에 대한 가능성을 예측하였고, 이를 구현하게 되었다(그림4와 그림5).

전반적인 시스템의 흐름을 도식으로 나타내면 그림3과 같다.



(그림3) 제안된 시스템의 흐름도

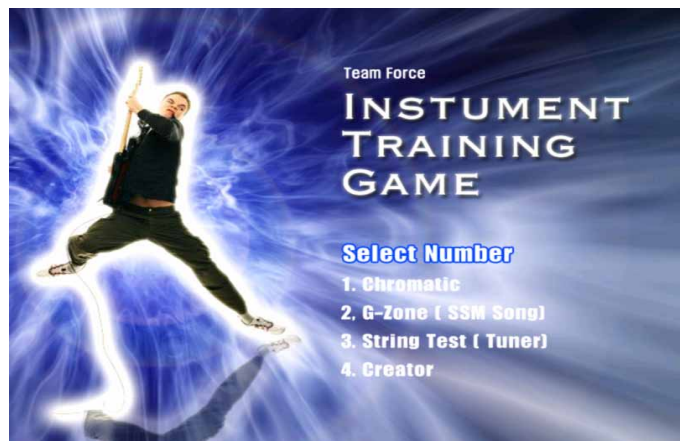
4.2. 악보와 음정 추출의 동기화

본 논문에서 제안한 시스템은 연주 악기의 음정을 인식한다. 연주해야 할 음과 박자는 실제 왼손으로 눌러야 할 플랫의 번호가 시간의 흐름에 따라 미디 파일에 저장된 템포 값의 속도로 맞추어 하강하게 된다. 이 번호로 나타나는 노트가 제한선에 닿는 순간 실제 악기의 음정과 연주된 시간을 측정하게 되는데, 이때 스코어링 모듈이 연주된 시간과 음정을 분석하여 점수를 산출한다.

그림 4에서는 연주해야 할 음정이 실제 기타 지판상의 4번 현의 2번 플랫을 임을 의미한다.



(그림4) 베이스기타 학습시스템의 실행 화면



(그림5) 베이스기타 학습시스템의 초기 화면

4.3. 학습 시스템에 요구되는 필수 기능

본 시스템은 학습시스템으로서 갖추어야 할 다음 세 가지 기능을 제공한다.

첫째로 사용자가 연습하고자 하는 곡에 대한 오선 악보가 아닌 기타 연습을 위한 가시적 효율성이 입증된 타브악보를 출력하여 사용자에게 가시적인 편리성을 갖춘 UI를 제공해야 한다.

둘째로 악보와 해당 곡에 대한 MR, 즉 베이스 기타

음만을 제거한 반주 음이 악보의 가시적인 진행과 동시에 진행되어야 한다.

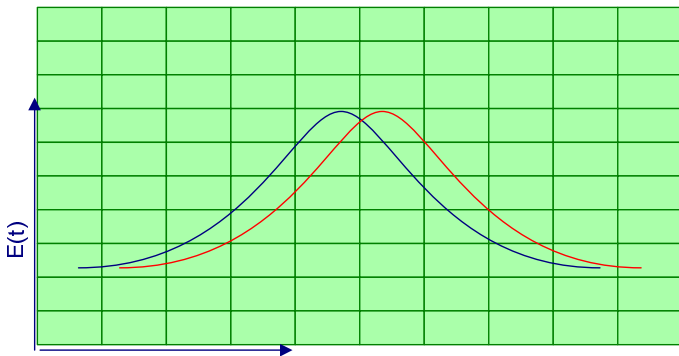
셋째로 악보와 MRI 진행되는 동시에 사용자가 베이스로 해당 곡을 연주할 때 특정한 음파에 대해서 음정을 추출해 내는 것이 가능해야 한다. 그리고 해당 노래의 박자에 맞추어서 연주 할 수 있는 시스템을 제공해야 한다.

4.4. 자기상관함수 및 주파수-음정 관계식, 12 평균율을 이용한 베이스 기타 음정 판별

자기상관함수는 일정 시구간 동안의 값들을 일정간격 이동하여 그림 6과 같이 원본 데이터와 비교하게 된다. 이를 주파수-음정 관계식인 (식1)에 대입하여 미디의 값과 비교할 수 있는 값으로 변환한다. (식1)에서 F는 주파수 P는 음정, O는 옥타브를 의미한다.

$$P(F) = P_{ref} + O \log_2 (F/F_{ref}) \quad (\text{식 1})$$

베이스 음역의 주파수대는 일반적으로 40~300 Hz가 되고 해당하는 주파수 영역 별로 음을 지정하게 된다[10].



(그림6) 자기상관함수[9]

4.5. 제안한 최적 운지법 알고리즘

미디파일에 저장되어있는 음 정보는 단지 음으로써의 신호만 가지고 있을 뿐 실제 악기상에서 몇 번 줄의 몇 번째 플랫에 해당하는 지의 정보는 가지고 있지 않다. 사용자가 연습을 할 때에 터무니 없는 운지에 해당하는 악보가 화면에 출력되면 연습 효율이 떨어지므로, 이를 최소화하기 위하여 최적운지법 알고리즘을 제안하였다.

일반적으로 cakewalk나 guitar pro와 같은 프로그램들이 미디파일에서 추출한 데이터로 타브 악보를 만드는 방식은 단순히 악기의 마지막 현에서 표현할 수 있는 모든 음을 표현 한 후, 그 다음 현으로 이동하는 방식이다. 이를 기반으로 연주를 하게 되면

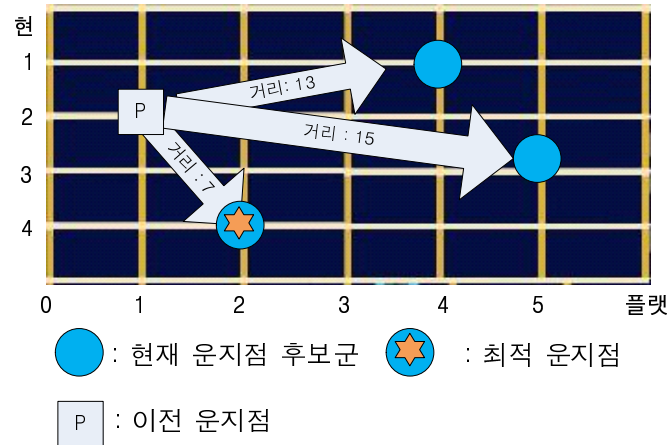
손가락 간격이 터무니 없이 멀어지는 등 매우 비효율적인 운지로 연주를 하게 된다.

반면 본 논문에서 제시하는 최적운지법 알고리즘을 사용하면 움직임을 최소화하는 수준에서 악보를 생성할 수 있게 된다.

최적운지법 알고리즘은 같은 음을 표현할 수 있는 여러 운지가 존재할 경우, 그 중 최소한의 움직임으로 연주를 할 수 있도록 운지를 제시하는 알고리즘이다.

본 논문에서는 최적 운지점을 선택하는 방법을 크게 세 가지 경우로 분류하였다.

경우 1. 현재의 운지점에서 가장 가까운 직선 거리에 위치한 운지점이 하나인 경우 그 것을 '최적 운지점'으로 설정한다(그림 7).

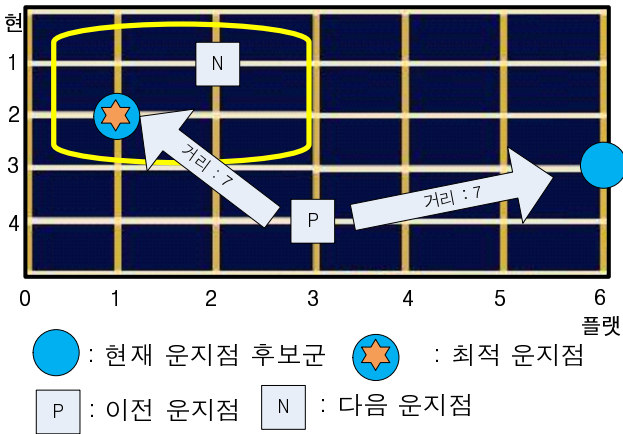


(그림7) 최적 운지점 설정 과정

경우 2. 최적 운지점 후보가 복수이고, 복수의 후보들 중 다음 운지점과 연관관계가 있는 운지점이 존재할 경우에는 그 운지점을 최적 운지점으로 선택한다. 여기서의 연관관계는 하나의 최적 후보에 대한 '다음 운지점'이 최적 운지점 후보로부터 (2플랫 x 2현) 크기 안에 존재하는 상태를 의미한다.

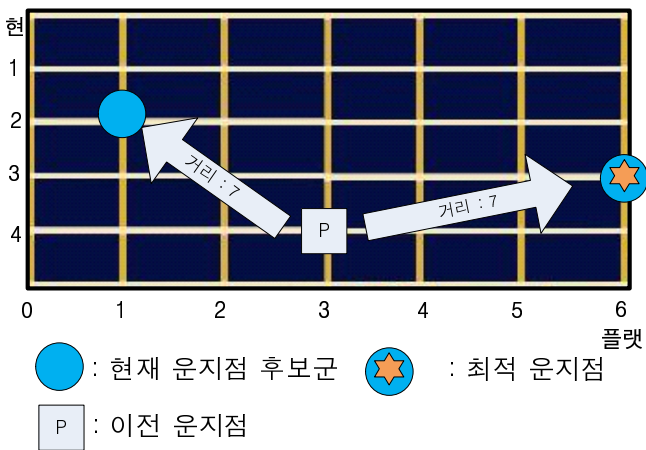
예를 들어 그림 8의 (플랫1, 현2)의 운지점은 (플랫2, 현1)의 '다음 운지점'과 2플랫 x 2현 범위 안에서 연관관계를 형성한다.

반면(플랫6, 현3)의 운지점은 '다음 운지점'과 연관관계를 형성하지 않는다. 이러한 경우, 연관관계를 형성하는 운지점인 (플랫1, 현2) 운지점이 최적 운지점이 된다.



(그림8) 연관관계를 고려한 최적 운지 선정

경우 3. 최적 운지점 후보가 복수이고, 복수의 후보들 중 다음 운지점과 연관관계가 있는 운지점이 존재하지 않는 경우에는 기본값으로 가장 낮은 현에 위치하는 운지점을 최적 운지점으로 선택한다.



(그림9) 연관관계가 존재하지 않을 경우 운지 선정

대부분의 현악기는 연주를 편하게 하기 위해서 운지 거리가 최소화되어야 한다. 본 논문에서 제시하는 최적 운지법 알고리즘은 이를 목적으로 제안되었다. 전자기타 등의 타 현악기로 실험한 결과 대부분의 악기에 적용할 수 있는 가능성을 확인하였다.

이러한 절차를 통해 생성한 악보가 DirectX를 통해 화면상에 출력되고, 이것을 토대로 사용자가 베이스 기타를 연주하게 된다. 사용자가 연주한 정보들을 위의 자기상관함수와 음정-주파수간 변환공식을 응용하여 각 미디의 음정들과 비교한다.

사용자의 연주가 미디의 진행과의 일치 여부를 실시간으로 출력한다.

미디파일을 MR(Master Record)로 변환한 MP3 파일 혹은 WMA(Window Media Audio)파일이 미디와 악보에 동기가 맞추어져서 재생된다.

5. 실험 결과

본 논문에서 사용하는 피치 추출 알고리즘을 적용하기 위해서는 최소 0.4초 이상의 음을 필요로 한다. 그러므로 빠르게 연주된 경우 베이스 기타 음을 정확히 인식하지 못하는 현상이 발견되었다.

실험 결과 샘플링 비율 44,100KHz와 버퍼 크기 16,384 Bytes, 그리고 0.5초 이상의 인식구간을 주면 100회에 평균 90회 이상의 높은 인식률을 보였다.

정상적인 연주가 아닌 과도한 잡음이 섞였을 경우에는 음정 인식에 실패하였다.

기존 음정 인식 관련 알고리즘들의 베이스 기타에 대한 최적화와 자체적인 기타 악보 생성 알고리즘, 그리고 최적운지법 알고리즘 통해 기타 선생님의 도움 없이 본 시스템을 사용자의 PC에 구축함으로써 효율적인 악기 연습 환경을 마련할 수 있는 가능성을 확인하였다.

6. 결론

베이스 기타의 특성상 빠른 연주가 비교적 적으므로 제안한 알고리즘을 적용하는데는 별 무리가 없었지만, 속주를 요구하는 악기들에 적용하기 위해서는 이러한 문제들에 대한 해결 방안을 제시해야 한다. 그러므로 음정 인식을 시간 영역 기반에서 주파수 영역 기반으로 바꾸고, FFT 기반의 빠른 음정 인식 알고리즘을 고안해야 한다.

본 연구는 단음의 베이스기타 입력으로 제한했지만, 추후에는 복수의 음정 입력과 온라인을 통한 보컬-전자기타-베이스기타 합주 연습 시스템을 제안할 계획이다.

지금까지의 연구 결과를 통하여 악기 강습이나 협연과 같은 음악 활동은 오프라인에서만 가능하다는 고정관념에서 벗어나 온라인을 통한 음악 활동이라는 새로운 문화가 이루어질 수 있는 가능성을 확인하였다.

본 논문에서 제시한 시스템을 확장 적용할 수 있다면, 온라인 게임과 아케이드 게임과 같은 형식으로 구현이 가능하며, 음악 학원에서 연습 및 평가용 시스템으로 활용할 수 있다.

현재 게임 시장에서의 가장 큰 비중은 온라인 게임이 차지하고 있다. 온라인 게임시장에서는 박자에 맞추어 버튼을 입력하는 게임들이 등장하기 시작하였으나, 현재로는 별 관심을 끌지 못하고 있다.

대부분의 사람들이 악기를 학습하기 위해 많은 비용과 시간을 소모하기를 원하지 않기 때문에 오락실에서는 버튼 입력을 통한 음악 연주 게임 붐이 일어났었던 것이다. 하지만 이러한 게임은 현재 거의 사라졌다. 초기에 사람들은 쉽고 단순한 입력으로 음악연주를 즐기게 되었다. 하지만 단순 버튼으로만 구성된

시스템은 현실성을 추구하는 온라인 게임 시장에서 점차 한계성을 드러내게 되었다.

본 논문에서 제시한 시스템은 이러한 사용자의 욕구를 충족시키고, 점차 축소되고 있는 리듬게임 시장을 다시 발전시킬 가능성을 제시하였다. 그리고 음악 교육을 목적으로 두고 있는 기관에 본 시스템을 적용할 경우의 파급 효과를 기대해 본다.

7. 참고 자료

- [1] Lawrence R. Rabiner, "On the Use of Autocorrelation Analysis for Pitch Detection," IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 25, no. 1, pp. 24-33, February 1977.
- [2] J. C. Brown and M. S. Puckette, "A High Resolution Fundamental Frequency Determination Based on Phase Changes of the Fourier Transform," Journal of the Acoustical Society of America, vol. 94, no. 2, pp. 662-667, 1993.
- [3] John E. Lane, "Pitch Detection Using a Tunable IIR Filter," Computer Music Journal, vol. 14, no. 3, pp. 46-59, Fall 1990.
- [4] Andrew Choi, "Real-Time Fundamental Frequency Estimation by Least-Square Fitting," IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, vol. 5, no. 2, pp. 201-205, March 1997.
- [5] J. C. Brown, "Musical Fundamental Frequency Tracking Using a Pattern Recognition Method," Journal of the Acoustical Society of America, vol. 92, no. 3, pp. 1394-1402, September 1992.
- [6] Nick Collins, "Using A Pitch Detector For Onset Detection" University of Cambridge
Centre for Music and Science 11 West Road,
Cambridge, CB3 9DP, UK
- [7] P. Bello, L. Daudet, S. Abdallah, C. Duxbury, M. Davies, and S. B. Sandler. A tutorial on onset detection in music signals. IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, 2004.
- [8]. Brossier, J. P. Bello, and M. D. Plumbley. Real-time temporal segmentation of note objects in music signals. In Proc. Int. Computer Music Conference, 2004.
- [9] <http://cnx.org/content/m11714/latest/>
- [10] I.T.T.(AEG-Telefunken)