

---

# 실시간 손 인식 기법을 이용한 건반 연주 시스템<sup>+</sup>

이은경\* · 하정희\* · 서은성\* · 박소영\*\* · 김성훈\*\*\*

## Keyboard Solo System using a Real Time Hand Recognition Method

Eun-kyung Lee\* · Jung-hee Ha\* · Eun-sung Seo\* · So-Young Park\*\* · Seong Hoon Kim\*\*\*

### 요 약

요즘 부모들이 유아들의 음악 교육에 대해서 관심이 많아지면서, 유아들이 능동적으로 음악을 즐길 수 있도록 지원하는 시스템이 요구되고 있다. 따라서 본 논문에서는 실시간 손인식 기법을 이용한 건반 연주 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 유아들이 쉽게 사용할 수 있도록, 종이 건반위에서 손가락을 움직이기만 하면 음원이 재생되어 연주하는 환경을 제공한다. 그리고, 제안하는 시스템은 연주에 필요한 비용을 최소화하기 위해서, 보급형 컴퓨터와 종이건반, 웹 카메라, 스피커만을 이용한다. 또한, 효율적이고 정확하게 건반과 손가락을 인식하기 위해서, 건반 인식 단계와 손가락 인식 단계를 구분한다. 건반 인식 단계에서는 건반을 구성하는 검정색과 흰색만 고려하여 건반을 인식하고, 손가락 인식단계에서는 피부색만 고려하여 손가락을 인식한다.

### ABSTRACT

As parents are interested in music education for infants in these days, they require systems to help these infants to actively play music. In this paper, we propose a keyboard solo system using a real time hand recognition method. In order to enable the infants to use the system easily, the proposed system plays some sounds whenever the infants move their fingers on a paper piano. For the purpose of minimizing cost to play music, the proposed system utilizes a general PC with only a paper piano, a web camera, and a speaker. With the aim of precisely and efficiently recognizing both a hand and each key on keyboard, the proposed system divides a recognition step into a hand recognition step and a keyboard recognition step. Also, the hand recognition step considers only skin color, and the keyboard recognition step considers only black and white without other colors.

### 키워드

건반 연주 시스템, 디지털 건반, 손 인식, 영상 처리, 실시간 인식

### Key word

Keyboard Solo System, Hand Recognition, Image Processing, Real-Time Recognition

+ 이 논문은 2009년 한국해양정보통신학회 추계종합학술대회에서 “손 인식을 통한 건반 연주 시스템”의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

---

\* 상명대학교 디지털미디어학부 학사과정

접수일자 : 2009. 10. 30

\*\* 상명대학교 디지털미디어학부 조교수(교신저자)

\*\*\* 경북대학교 컴퓨터정보학부

## I. 서 론

요즘 많은 부모들이 유아들의 음악교육에 대해서 지대한 관심을 가지고 있다. 이는 유아기가 신체적·지적·정서적 영역의 발달이 급속히 이루어지는 시기이고, 이 시기가 인격의 기초형성에 중요한 시기이기 때문이다[1]. 한편 현재 음악 시장은 IT 기술의 발전으로 인해 디지털 기기가 전통적 음악시장을 대체하면서 급속하게 발전하고 있다[2].

이렇게 발전하고 있는 IT 기술을 바탕으로, 피아노를 연주할 줄 모르는 초보자에게 연주 기술을 교육하는 시스템[3]이나, 원격으로 유아들에게 멀티미디어 정보를 활용한 음악 교육 시스템[1] 등 다양한 음악교육 시스템이 제안되었다.

유아들은 3세 이상만 되어도 컴퓨터에서 실행되는 게임에 흥미를 갖기 시작하지만[4], 기계조작이 매우 서투른 편이다. 따라서, 마우스와 키보드를 사용하는 부적절한 인터페이스는 유아들의 호기심을 자극하는데 한계가 있다. 또한, 마우스를 활용하여 직접 교육 활동에 참여하더라도 신체적 활동 없이 마우스와 같은 제한된 도구만을 사용하는 교육방법은 유아에게 있어 적절치 못하다는 비판을 받고 있다[4].

이러한 문제점을 개선하기 위해서, 키보드나 조이스틱 조작이 어려운 유아들이 카메라를 통하여 행동을 인식하고 반응하는 게임[4]이나, 유아들이 직관적으로 쉽게 사용할 수 있는 테이블 터치 방식 시스템[5]이 제안되었다. 하지만, 이러한 시스템의 경우 센서 부착 등 하드웨어 비용이 급격하게 증가할 수 있다.

본 논문에서는 하드웨어 비용 부담을 줄이기 위해서 보급형 컴퓨터에 일반적으로 포함되어 있는 웹 카메라와 스피커만을 이용하는 시스템을 제안한다. 또한, 제안하는 시스템은 기기조작에 서툰 유아들도 쉽게 사용할 수 있도록, 종이 건반 위에서 손을 움직이면 소리가 나도록 직관적으로 디자인한다.

## II. 손인식 기법을 이용한 건반 연주 시스템

본 논문에서는 실시간 손인식 기법을 이용한 건반 연주 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 [그림1]과 같

이 컴퓨터 이외의 부가적인 하드웨어 장비를 웹 카메라, 스피커로 한정하여 건반 연주 환경 구축에 필요한 비용을 최소화한다. 또한, 마우스나 키보드의 조작방법에 익숙하지 않은 유아들도 쉽게 종이 건반을 연주할 수 있도록, 카메라를 이용하여 건반과 손의 위치를 인식하여 음악을 연주한다.

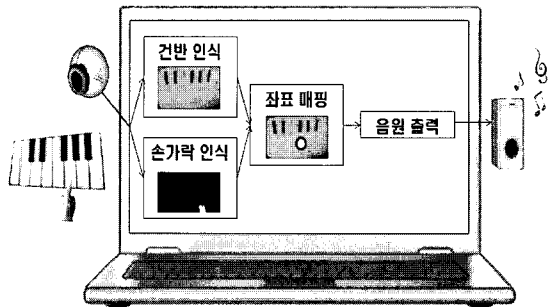


그림 1. 시스템 구성도  
Fig. 1 System Architecture

제안 시스템은 [그림1]과 같이 건반 인식 단계, 손가락 인식 단계, 좌표 매핑 단계, 음원 출력 단계로 구성된다. 건반과 손가락을 한꺼번에 인식하려면 다양한 요인을 고려해야 하므로, 분석에 많은 시간이 필요하고 정확성도 떨어질 수 있다. 따라서, 제안하는 시스템은 효율성과 정확성을 고려하여 건반 인식 단계와 손가락 인식 단계를 구분한다.

먼저, 건반 인식단계에서는 웹 카메라로 찍은 이미지에 대해 Open CV에서 제공하는 Find CONTOUR 함수[6]를 이용하여, 각 건반의 외곽선을 하나씩 인식한다. 이때, 피아노 건반은 검정색과 흰색으로만 구성되어 있는 특징을 고려하여, 이미지에서 검정색과 흰색 이외의 색상 정보는 처리대상에서 제외하므로, 효율적으로 인식할 수 있다.

둘째, 손가락 인식 단계에서는 MFC에서 제공하는 이진영상처리 알고리즘[7]을 이용하여 손가락의 위치를 인식한다. 즉, 모든 색상을 피부색과 피부색이 아닌 색의 두 가지로 구분하여 0 또는 255의 값을 대입한다. 그러면, [그림1]의 손가락 인식 단계와 같이, 피부색인 손가락은 흰색으로 표현되고, 나머지는 검정색으로 표현된다. 따라서, 흰색 영역을 분석하여 손가락의 위치를 파악한다.

셋째, 좌표 매핑 단계에서는 손가락 인식 단계에서 분석한 손가락 위치의 좌표와 각 건반의 영역을 비교하여 손가락이 어느 건반의 영역 안에 있는지 분석한다. 이때, 손가락의 위치가 모든 건반의 영역에서 벗어나면, 음원을 출력하지 않는다.

넷째, 음원 출력 단계에서는 저장하고 있던 음원 파일 중에서 좌표 매핑 결과에 해당하는 음원 파일을 재생한다. 이때, 손가락의 움직임에 따라 위치 값이 계속 바뀌게 되는데, 손가락이 각 건반에 정확히 들어와야 해당 건반의 음원 파일이 재생된다.

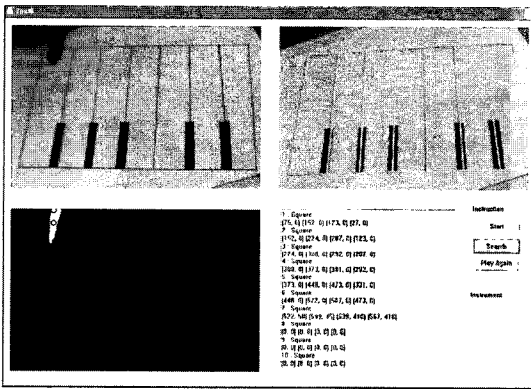


그림 2. 시스템 스크린샷  
Fig. 2 System screenshot

제안 시스템을 실행시킨 화면은 [그림2]과 같다. 즉, [그림1]의 시스템 구성도에서 살펴본 바와 같이 제안하는 시스템은 건반과 손가락을 따로 분리하여 인식한 후 좌표값을 매핑하므로, 이러한 과정이 명확하게 나타날 수 있도록 [그림2]와 같이 네 개의 영역으로 구분하여 표현한다.

먼저, [그림2]의 우측 상단에 있는 화면은 손가락으로 건반을 연주하기 전의 상태를 웹 카메라에서 찍어서 각 건반의 영역을 인식한 화면이다. 흰색과 검정색으로 구성된 건반의 외곽선을 인식한 결과는 초록색 선으로 표시된다.

[그림2]의 좌측 상단에 있는 화면은 건반 인식 후 손가락으로 건반을 연주하는 상태를 웹 카메라로 찍은 이미지를 나타낸다. 사용자가 건반위에서 손가락을 이동하면서 연주를 하면, 웹 카메라에서는 주기적으로 계속

이러한 이미지를 찍어서 손가락의 위치를 실시간으로 분석한다.

[그림2]의 좌측 하단에 있는 화면은 이러한 분석과정의 일부인 이진화 영상을 표현하고 있다. 즉, 좌측 상단의 이미지에서 피부색과 유사한 부분을 인식하여 흰색으로 표현하고, 나머지는 검정색으로 표현한다. 흰색으로 표현한 부분을 손가락의 위치로 추정한다.

[그림2]의 우측 하단에 있는 화면은 건반의 각 영역에 대한 좌표값과 손가락 위치의 좌표값을 인식한 결과를 나타낸다. 이러한 좌표값을 통합·분석하여 손가락의 위치가 어느 건반 위에 있는지를 파악하고 해당 음원을 출력한다.

### III. 결론

본 논문에서는 건반 인식과 손가락 인식을 따로 수행한 후 인식결과를 통합·분석하여 적절한 음원을 출력하는 건반 연주 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 다음과 같은 특징이 있다.

첫째, 제안하는 시스템은 종이 건반위에서 손가락을 움직이기만 하면 음원이 재생되어 연주하는 효과를 볼 수 있으므로, 마우스나 키보드의 조작방법에 익숙하지 않은 유아들도 쉽게 사용할 수 있다.

둘째, 제안하는 시스템은 컴퓨터 외에 추가적으로 종이 건반, 웹 카메라, 스피커만 있으면 연주 환경이 만들어 지므로, 경제적인 부담이 거의 없다.

셋째, 제안하는 시스템은 흰색과 검정색만 고려하는 건반 인식 단계와 피부색만 고려하는 손가락 인식 단계를 따로 구분하여 처리하고 있으므로, 건반과 손가락 인식을 한번에 수행하는 접근방법에 비해 효율적이고 정확하게 좌표값을 계산할 수 있다.

현재 제안하는 시스템은 손가락이 종이 건반 위에 있는지 없는지를 중심으로 연주를 진행하므로, 실제 피아노를 연주하듯이 손가락이 건반을 누르고 있는지 떼고 있는지를 고려할 수 없다. 앞으로 이러한 한계를 극복할 수 있는 방안을 연구할 계획이다. 또한, 동일한 건반을 두 번 이상 사용하는 경우 다소 부자연스럽게 연주되는 데, 이러한 문제점도 개선할 계획이다.

참고문헌

- [1] 안성옥, “멀티미디어 정보를 이용한 원격 아동용 음악교육 시스템 개발에 관한 연구”, 정보통신부 최종연구개발결과보고서, 1998.
- [2] 유윤봉, 유재홍, 최문기, “디지털 환경 변화에 따른 온라인 음악 사업자 간 경쟁과 산업 구조의 변화에 대한 연구”, 한국경영정보학회 춘계학술대회 논문집, pp.715-722, 2006.
- [3] 허준혁, 이근, 설창환, 원광연, “피아노 교사 시스템의 설계 및 구현”, 한국정보과학회 가을 학술발표논문집, Vol.21, No.2, pp.799-802, 1994.
- [4] 송성훈, “유비쿼터스 컴퓨팅에 의한 유아 교육 환경 구축”, 정보과학회논문지:기술교육, 제1권 제1호, pp.45-48, 2004.
- [5] 김용우, 양상호, 이상열, 이규민, 이은주, 최미란, 황민철, “Table touch interface를 이용한 감각놀이 시스템 개발”, 한국디자인학회, 대한인간공학회, 한국감성과학회 통합 국제학술대회, 2008년
- [6] Dr.Gary Rost Bradski, Adrian kaehler, Learning OpenCV, O Reilly Media.Inc, 2008
- [7] 강동중, 하은중, visual C++을 이용한 디지털 영상처리, SciTechMedia, 2003.

저자소개



이은경(Eun-kyung Lee)

2005년 3월 ~ 현재: 상명대학교  
디지털미디어학부  
학사과정

※ 관심분야: 영상처리, 멀티미디어 처리



하정희(Jung-hee Ha)

2005년 3월 ~ 현재: 상명대학교  
디지털미디어학부  
학사과정

※ 관심분야: 영상처리, 멀티미디어 처리



서은성(Eun-sung Seo)

2005년 3월 ~ 현재: 상명대학교  
디지털미디어학부  
학사과정

※ 관심분야: 영상처리, 멀티미디어 처리



박소영(So-Young Park)

1997년 2월: 상명대학교  
전자계산학과(이학사)  
1999년 8월: 고려대학교  
컴퓨터학과(이학석사)

2005년 2월: 고려대학교 컴퓨터학과(이학박사)  
2007년 3월 ~ 현재: 상명대학교 디지털미디어학부  
조교수

※ 관심분야: 자연어처리, 기계학습, 텍스트마이닝



김성훈(Seong Hoon Kim)

1988년 2월: 서강대학교  
전자공학과(공학사)  
1990년 2월: 연세대학교  
전자공학과(공학석사)

1996년 2월: 연세대학교 전자공학과(공학박사)  
2006년 3월 ~ 현재: 경북대학교 컴퓨터정보학부  
조교수

※ 관심분야: 패턴인식, 지능형콘텐츠