

A Study on a Feedback-Centric Piano Education System Using Kinect Sensors

So Hyun Park[†] · Sun Young Ihm^{††} · Eun Young Park^{†††} · Jong Seo Son^{††††} · Young Ho Park^{†††††}

ABSTRACT

Kinect sensors have the ability to recognize the behavior and voice of the user. Due to its low-cost and high accessibility, Kinect sensors have been used in various fields, including healthcare, education and so on. In this paper, we propose to use Kinect in piano education. Specifically, the proposed method first recognizes the coordinate values of user's posture, compares them with coordinate values of teacher's posture and provide real-time feedbacks to the user. This enables user to keep the correct posture even when he is learning piano without a teacher. However, since the piano education is a long process, it is difficult to achieve the correct posture as a teacher immediately. Thus, we propose a user-oriented method to measure the error tolerance rate. The proposed method is the first feedback based piano education system that uses Kinect sensors.

Keywords : Kinect Sensor, Piano Education System, Motion Recognition

키넥트를 활용한 피드백 중심의 피아노 교육 방안 연구

박 소 현[†] · 임 선 영^{††} · 박 은 영^{†††} · 손 종 서^{††††} · 박 영 호^{†††††}

요 약

키넥트는 사용자의 동작을 인식하고, 마이크 모듈로 음성을 인식하는 센서이다. 최근, 키넥트는 재활 치료 분야, 교육 분야 등의 다양한 분야에서 활용되고 있다. 교육 분야 중에서도 음악, 발레 등의 예체능 교육 분야들에 키넥트를 활용한 연구가 진행되고 있는데, 본 논문에서는 예체능 교육 분야인 피아노 교육 분야에 키넥트를 활용한다. 본 논문에서는 저가의 접근성이 높은 키넥트를 이용해 전문가와 학습자의 자세 위치 값을 인식 및 비교해 학습자에게 피드백을 제공함으로써 학습자가 혼자 있을 경우에도 객관적인 수치에 의해 자신의 자세를 교정할 수 있는 피아노 교육 방안을 제안 및 구현한다. 제안하는 키넥트 기반 피아노 교육 시스템은 키넥트를 이용하여 학습자에게 피드백을 줄 수 있는 최초의 피아노 교육 시스템이며, 전문가의 관절 위치와 학습자의 관절 위치를 비교하는 알고리즘을 제안 및 구현한다. 또한, 학습자와 전문가의 관절 위치 비교 시 오차 허용 정도를 달리하는 실험을 통하여 오차 허용 정도별 자세의 정확도를 측정한다.

키워드 : 키넥트 센서, 피아노 교육 시스템, 동작 인식

1. 서 론

최근, 사용자의 동작을 인식하고, 마이크 모듈로 음성을 인식하는 센서인 키넥트가 재활 치료 분야, 교육 분야 등에

서 활용되고 있다[1-3]. 교육 분야 중에서도 음악, 발레 등의 예체능 교육 분야들에 키넥트를 활용한 연구가 진행되고 있는데, 본 논문에서는 예체능 교육 분야인 피아노 교육 분야에 키넥트를 활용한다[4-7].

피아노 교육에서는 음악성과 기술적인 부분의 실력을 키우는 것이 중요하다. 피아노 교육에서 기술적인 부분의 실력을 키우기 위해 학습자의 자세를 교정한다[8-10]. 학습자의 자세를 교정하기 위한 방법으로 두 가지 방법이 있는데, 오프라인 상에서 레슨 하는 방법과 피아노 교육 시 학습자의 몸에 센서를 장착해 자세를 교정하는 방법이 있다[5, 7].

오프라인 상에서 레슨 하는 경우에 전문가는 학습자의 자세가 올바르게 맞지 않을 때마다 지속적으로 올바른 자세로 교정

* 본 연구는 숙명여자대학교 교내연구비 지원에 의해 수행되었음(과제번호 1-1503-0079).

† 준 회 원 : 숙명여자대학교 멀티미디어학과 석사과정

†† 준 회 원 : 숙명여자대학교 멀티미디어학과 박사과정

††† 정 회 원 : 협성대학교 시각디자인학과 조교수

†††† 비 회 원 : 숙명여자대학교 글로벌서비스학부 앙트러프러너십전공 조교수

††††† 종신회원 : 숙명여자대학교 멀티미디어학과 교수

Manuscript Received : August 3, 2015

First Revision : September 1, 2015

Accepted : September 3, 2015

* Corresponding Author : Young Ho Park(yhpark@sm.ac.kr)

해준다. 예를 들어, 학습자의 어깨가 긴장되어 위로 올라가 있으면 전문가는 학습자에게 어깨를 내릴 것을 계속해서 지시해줘야 한다. 이와 같은 방법은 전문가가 없을 시에는 학습자가 객관적으로 자신의 자세를 교정하기 어렵다는 단점이 있다.

Mora et al.[7]은 위 방법의 단점을 해결하기 위하여 피아노 교육 시에 동작을 인식할 수 있는 센서인 비콘을 학습자의 몸에 장착하여 학습자의 자세를 교정할 수 있는 연구를 진행하였다. 저자가 제안한 시스템은 전문가가 없는 경우에도 센서를 통해 자세 교정이 가능했지만, 고가의 센서 사용으로 접근성이 떨어진다는 단점이 있다. Payeur et al.[5]은 키넥트를 이용하여 피아노 앞에 있는 학습자의 특정 동작에 대한 관절의 위치 값을 인식 및 분석하였다. 하지만, 학습자의 동작을 인식만 했을 뿐, 피아노 교육 시에 필요한 피드백을 학습자에게 제공하지 못했다는 한계점이 있었다.

본 논문에서는 저자의 동작 인식 센서인 키넥트를 이용해 전문가와 학습자 자세의 위치 값을 인식하며 서로 비교한 결과를 학습자에게 피드백으로 제공하는 방법을 제안한다. 이 방법은 학습자가 혼자 있을 경우에도 피드백을 제공받음으로써 자세를 교정할 수 있다는 장점이 있다. 제안하는 키넥트를 이용한 피아노 교육 시스템의 구현은 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 키넥트를 이용하여 학습자에게 피드백을 줄 수 있는 최초의 피아노 교육 시스템이다.

둘째, 키넥트를 이용하여 전문가와 학습자의 관절 위치를 인식한 뒤, 전문가의 관절 위치와 학습자의 관절 위치를 비교하는 알고리즘을 제안 및 구현한다.

셋째, 학습자와 전문가의 관절 위치 비교 시 오차 허용 정도를 달리하는 실험을 통하여 오차 허용 정도별 자세의 정확도를 측정한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 키넥트 센서와 키넥트 관련 연구에 대해 설명한다. 3절에서는 피아노 연주 시 올바른 자세 및 본 연구에서의 적용 방안에 대해 설명한다. 4절에서는 피아노 교육 시스템 구현을 위한 알고리즘을 제안한다. 5절에서는 학습자와 전문가의 데이터 비교 시 오차 허용 정도에 따른 장단점 분석을 통해 오차 허용 정도별 적절한 적용 학습 상황 및 적용 학생 대상을 제안한다. 마지막으로 6절에서는 향후 연구에 대해 소개하고 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1. 키넥트

키넥트는 센서를 통해 사용자의 동작을 인식하고, 마이크 모듈로 음성을 인식하는 카메라이다[1]. 키넥트의 구성요소는 한 개의 RGB 카메라와 두 개의 적외선 카메라, 네 개의 마이크로폰 어레이, 틸트 모터로 구성된다[11]. 두 개의 적외선 카메라는 사람이나 물체의 깊이를 인식할 수 있고 인체의 주요 골격 20개의 위치를 출력할 수 있게 한다. 또한, 네

개의 마이크로폰 어레이는 음성의 위치를 파악하고 주변 소음을 분리해낸다[12]. 틸트 모터는 키넥트 센서를 상하로 움직일 수 있도록 도와준다. 키넥트 센서는 저가의 카메라로, 실시간으로 카메라부터 순차적으로 물체 깊이 단계화하는 것뿐만 아니라 RGB 영상 및 관절의 위치 정보를 제공한다. 특징점이 있다[8]. 반면에, 인식의 범위가 카메라로부터 5미터 이내로 제한되고, 사람과 비슷한 객체를 사람으로 인식할 가능성이 있다는 단점이 있다.



Fig. 1. Kinect for XBOX

2.2. 키넥트가 활용된 다양한 분야

본 절에서는 재활 치료 분야에 키넥트를 활용한 연구와 피아노 교육 분야에 여러 센서를 활용한 연구를 소개한다.

Gonzalez-Ortega et al.[2]은 재활 치료에 키넥트의 관절 카메라와 자체적으로 개발한 얼굴 특징점 추출 기술을 이용하여 환자의 동작을 인식하여 치료를 진행하였다. Lange et al.[3]은 재활 치료에 키넥트 깊이 카메라를 이용하여 사용자 상호작용이 가능한 게임 기반 재활 치료 프로그램을 이용하여 환자를 치료하는 방법을 제안하였다.

Payeur et al.[5]은 키넥트를 이용해 학습자의 특정 네 가지 자세에 대한 관절 위치 값을 인식 및 분석하는 실험을 진행하였다. 저자가 제안한 시스템은 단순히 연주자의 위치 값을 인식했을 뿐, 학습자에게 피드백을 주지 않아 교육 효과가 떨어진다는 단점이 있다. Mora et al.[13]은 피아노 교육 시 비콘 센서를 이용하여 학습자의 동작을 교정해주는 방법을 제안하였다. 비콘은 동작을 인식할 수 있는 센서이다. 저자가 제안한 시스템은 고가의 센서의 사용으로 인하여 학습자에 대한 접근성이 떨어진다는 단점이 있었다. Hadjakos et al.[4]은 피아노 교육 시 인체의 각도를 측정할 수 있는 고니오미터 센서를 이용하여 학습자의 팔꿈치의 각도를 인식하여 팔꿈치의 각도와 좋은 소리의 상관성을 밝혀냈다.

본 논문에서 제안하는 방법은 이전의 센서를 통한 피아노 교육 논문의 문제점이었던 고가의 센서 사용 문제와 피드백 제공의 부재 문제를 해결하고자 한다. 제안하는 피아노 교육 시스템에서는 저자의 키넥트를 이용해 전문가와 학습자 자세의 위치 값을 인식하고 서로의 위치 값을 비교한 후 학습자에게 피드백을 제공한다. 제안하는 방법은 저자의 키넥트 센서를 사용하기 때문에 일반 학습자에 대한 접근성이 높아지고 학습자가 전문가 없이 혼자 연습할 경우에도 피드백을 제공받고 자세를 교정할 수 있다는 장점이 있다.

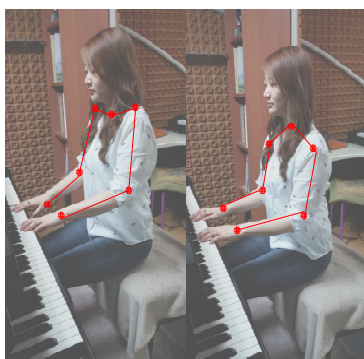
3. 피아노 교육 시스템

본 절에서는 피아노 교육에서 올바른 자세에 대해 제안한다. 연주자는 올바른 자세를 유지하는 것이 매우 중요하다 [8-10]. 올바른 앉는 자세, 어깨와 팔의 자세, 손목의 자세 등은 피아노 연주 시 제일 핵심이 되는 손가락을 원활하게 움직이게 하기 때문이다. 3.1절에서는 올바른 어깨 자세에 대해 설명하고 본 연구에서의 적용 방안을 제안한다. 3.2절에서는 올바른 팔의 자세에 대해 설명하고 본 연구에서의 적용 방안을 제안한다.

3.1 어깨 관절

본 절에서는 피아노 연주 시 올바른 어깨 자세에 대해 설명하고 본 연구에서의 적용 방안을 제안한다. 어깨의 올바른 자세는 편안한 자세로 어깨를 내리고 상체와 목, 머리의 자세를 정렬하는 것이다. 올바른 어깨의 자세는 팔이 자연스럽게 편하게 움직이도록 도와주고 기동력을 갖추기 위해 도와주며, 어깨의 불필요한 힘을 없애 팔, 팔꿈치, 손목의 유연성을 증대시키는 효과가 있음이 밝혀졌다[10]. 본 논문에서는, 이와 같이 밝혀진 올바른 어깨 자세 기준에 따라 전문가의 어깨 관절 위치를 측정하였다. 측정된 결과는 5절, 실험 부분에서 자세히 설명한다.

Fig. 2는 올바른 어깨 자세와 올바르지 않은 어깨 자세를 취할 시에 관절 위치를 나타내는 그림이다. 빨간 점들로 이루어진 선은 관절 위치를 의미한다. Fig. 2(A)는 양쪽 어깨가 긴장되어 목의 관절 위치보다 어깨가 위로 올라가있는 올바르지 않은 자세이다. Fig. 2(B)는 양쪽 어깨가 이완되어 어깨가 아래로 내려간 올바른 자세이다.



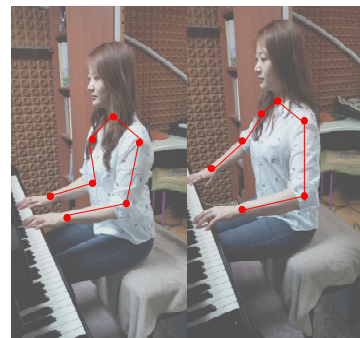
(A) Wrong Position (B) Right Position
Fig. 2. Posture of Shoulder

3.2 팔 관절

본 절에서는 피아노 연주 시 올바른 팔의 자세에 대해 설명하고 본 연구에서의 적용 방안을 제안한다. 올바른 팔의 자세는 피아노를 칠 때 겨드랑이 사이에 공간을 두어 자연스럽게 팔을 벌리는 것이다. 이는 어떤 음역으로도 쉽게 손이 움직일 수 있게 하며, 팔꿈치의 사용을 도와준다. 올바른 팔의

자세는 코드를 누를 때 팔을 원활하게 움직이게 해 근육의 긴장을 없애주어 정확한 소리를 내게 한다는 효과가 있다고 밝혀졌다[10]. 본 논문에서는, 이와 같이 밝혀진 올바른 팔의 자세의 기준에 따라 전문가의 팔의 관절의 위치를 측정한다. 측정된 결과는 5절, 실험 부분에서 자세히 설명한다.

Fig. 3은 올바른 팔의 자세와 올바르지 않은 팔 자세를 취할 시에 관절 위치가 어떻게 변하는지 나타내는 그림이다. 빨간 점들로 이루어진 선은 관절 위치를 의미한다. Fig. 3(A)는 학습자의 옆구리에 양쪽 팔이 붙어있는 올바르지 않은 자세이다. Fig. 3(B)는 겨드랑이 사이에 공간을 두고 양쪽 팔에 공간이 충분히 있는 올바른 자세이다.



(A) Wrong Position (B) Right Position
Fig. 3. Posture of Upper Limb

4. 피아노 교육 시스템 구현을 위한 알고리즘

본 절에서는 피아노 연주 시 올바른 자세의 기준을 정한 3절의 내용에 기반하여 피아노 교육 시스템 구현을 위한 알고리즘을 제안한다. Fig. 4는 제안하는 알고리즘의 전체 순서도이다. 첫째, 전문가와 학습자의 관절 위치를 인식한다. 둘째, 전문가와 학습자의 관절 위치를 데이터베이스에 저장한다. 셋째, 전문가와 학습자의 관절 데이터를 비교한다. 넷째, 비교한 결과를 학습자에게 피드백으로 제공한다.

4.1절에서는 전문가 및 학습자의 관절 위치를 데이터베이스에 저장하는 알고리즘을 제안한다. 4.2절에서는 학습자의 데이터와 전문가의 데이터를 비교하여 피드백을 제공하는 알고리즘을 제안한다.

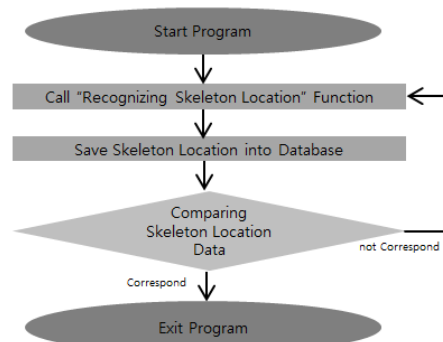


Fig. 4. Flow Chart of Proposed Algorithm

4.1 관절 위치를 데이터베이스에 저장

본 절에서는 전문가 및 학습자의 관절 위치를 데이터베이스에 저장하는 알고리즘을 제안한다. 알고리즘의 입력 값은 Al_Sd_JN_M, Al_Sd_JN_S로 전문가와 학습자의 관절 위치 값을 저장하는 배열리스트 변수이다. 알고리즘의 출력 값은 Tb_Sd_JN_M, Tb_Sd_JN_S으로 입력 값을 저장하는 데이터베이스 테이블이다.

Fig. 5는 관절 위치를 데이터베이스에 저장하는 알고리즘이다. 첫째 줄에서 넷째 줄까지는 Al_Sd_JN_M, Al_Sd_JN_S의 관절 위치 값을 데이터가 소진될 때까지 Tb_Sd_JN_M, Tb_Sd_JN_S에 저장한다. 이 단계를 통하여 전문가 및 학습자의 관절 위치 값을 데이터베이스에 저장해 전문가와 학습자의 데이터 관리가 쉬워지게 된다.

Algorithm 1: Save Skeleton Location into Database

```

Input. Al_Sd_JN_M, Al_Sd_JN_S:
    Arraylist of master's and student's
    skeleton location of selected joint
Output. Tb_Sd_JN_M, Tb_Sd_JN_S:
    Database table of
    storing Al_Sd_JN_M, Al_Sd_JN_S
Algorithm:
1: FOR Al_Sd_JN_M, Al_Sd_JN_S != End
2:   Tb_Sd_JN_M = Al_Sd_JN_M
3:   Tb_Sd_JN_S = Al_Sd_JN_S
4: END FOR
6: RETURN Tb_Sd_JN_M, Tb_Sd_JN_S
    
```

Fig. 5. Algorithm of Saving Skeleton Data in Database

4.2 전문가와 학습자 데이터 비교 및 피드백 제공

본 절에서는 4.1절에서 데이터베이스에 저장한 학습자의 데이터와 전문가의 데이터를 비교 및 피드백을 제공하는 알고리즘을 제안한다.

알고리즘의 입력 값은 Tb_Sd_JN_M, Tb_Sd_JN_S로 전문가 및 학습자의 관절 위치 값을 저장하는 Float형 변수이다. 알고리즘의 출력 값은 ‘일치’, ‘불일치’이다.

Fig. 6은 학습자와 전문가 데이터 비교 및 피드백 제공 알고리즘이다. 첫째 줄에서는 데이터베이스로부터 전문가와 학습자의 관절 데이터를 호출하기 위한 SQL문을 SELECT문으로 초기화한다. 둘째 줄에서는 Tb_Sd_JN_M, Tb_Sd_JN_S 변수를 초기화한다. 셋째 줄에서 여섯 번째 줄에서는 테이블로부터 한 줄씩 데이터를 가져오는 GetFloat함수를 통해 데이터베이스로부터 불러온 데이터를 Tb_Sd_JN_M, Tb_Sd_JN_S에 저장한다. 일곱 번째 줄에서 열한 번째 줄까지는 전문가와 학습자의 관절 데이터의 일치성을 검사한다. 일치성을 검사할 때 오차 허용 값을 정하는 것은 5절. 실험에서 자세히 설명한다. 전문가의 관절 데이터 수치에 오차 허용 범위를 적용한 것에 학습자의 데이터가 포함되면 학습자에게 ‘일치’라는 메시지를 출력해주고 포함되지 않으면 ‘불일치’라는 메시지를 출력해준다.

Algorithm 2: Compare Master Data and Student Data

```

Input. Tb_Sd_JN_M, Tb_Sd_JN_S
Output. Print Feedback to User
Algorithm:
1: Initialize Sql = "Select Tb_Sd_JN_M, Tb_Sd_JN_S"
2: Initialize Tb_Sd_JN_M, Tb_Sd_JN_S

    /* Select Data from Database */
3: WHILE ResultSet != Null
4:   Sd_JN_M = ResultSet.GetFloat(Tb_Sd_JN_M)
5:   Sd_JN_S = ResultSet.GetFloat(Tb_Sd_JN_S)
6: END WHILE

    /* Compare Master Data and Student Data */
7: IF (((Sd_JN_M - 0.15) < Sd_JN_S) && (Sd_JN_S
8: < (Sd_JN_M + 0.15)))
9: RETURN Print 'Correct' message to user
10: ELSE
11: RETURN Print 'Incorrect' message to user
    
```

Fig. 6. Algorithm of Comparing Master and Student

5. 실험

본 절에서는 실험 데이터 및 개발 환경을 설명하고 실험 결과를 분석한다. 5.1절에서는 실험 데이터 및 개발 환경에 대하여 설명하고 5.2절에서는 실험 결과에 대하여 설명한다.

5.1 실험 데이터 및 개발 환경

실험 전 전문가 및 학습자의 관절 위치를 측정하는 부분을 완료하였다. 본 논문에서는 전문가와 학습자의 관절 위치를 비교할 시에 오차를 얼마까지 정답으로 허용해줘야 하는가인 오차 허용 값을 결정한다. 따라서, 오차 허용 값을 0.2, 0.1, 0.05로 설정하고 정확도를 측정하였다. 정확도란 학습자의 자세가 전문가의 자세와 얼마나 일치하는가를 의미한다. 예를 들어, 10번 중 전문가의 자세와 7번 일치하면 정확도는 70%이다. 정확도를 측정하기 위하여 세 명의 학습자에게 3일 동안 각 10회씩 실험을 진행하였다.

실험에서는 사용할 키넥트의 버전은 “Kinect for XBOX”이다. 실험을 위해 Java언어를 이용하며 Eclipse-Luna를 사용한다. 실험은 8GB의 램을 갖는 Intel(R) Core(TM) i5-3337U CPU 1.80GHz, RAM 8GB의 PC에서 수행한다. 또한, 데이터베이스는 MySQL 5.1 버전을 사용한다.

5.2 실험 결과

본 절에서는 피아노 교육 시스템의 실험 결과를 설명하고 분석한다. Table 1은 오차 허용 값이 0.2일 때이다. 첫째 날의 정확도는 70%이고, 둘째 날은 80%이며, 셋째 날은 90%였다. 첫째 날에서 둘째 날의 정확도는 10% 증가하였으며, 둘째 날에서 셋째 날의 정확도는 10% 증가하였다. Table 2는 오차 허용 값이 0.1일 때이다. 첫째 날의 정확도는 40%이고, 둘째 날은 50%이며, 셋째 날은 80%였다. 또한, 첫째 날에서 둘째 날의 정확도는 10% 증가하였으며, 둘째 날에서 셋째 날의 정확도는 30% 증가하였다. Table 3은 오차 허용 값이 0.05일 경우이다. 첫째 날의 정확도는 20%이고, 둘째

Table 1. Average Result of 10 Student's Output When Permitted Error is 0.2

	1회차	2회차	3회차	4회차	5회차	6회차	7회차	8회차	9회차	10회차	정확도
첫째 날	O	O	O	X	O	O	O	X	O	X	70%
둘째 날	O	O	O	X	O	O	O	O	O	X	80%
셋째 날	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	90%

Table 2. Average Result of 10 Student's Output When Permitted Error is 0.1

	1회차	2회차	3회차	4회차	5회차	6회차	7회차	8회차	9회차	10회차	정확도
첫째 날	O	X	O	X	O	X	O	X	X	X	40%
둘째 날	X	O	O	X	O	X	O	O	X	X	50%
셋째 날	O	O	O	O	O	X	O	O	O	X	80%

Table 3. Average Result of 10 Student's Output When Permitted Error is 0.05

	1회차	2회차	3회차	4회차	5회차	6회차	7회차	8회차	9회차	10회차	정확도
첫째 날	X	X	O	X	O	X	X	X	X	X	20%
둘째 날	X	X	X	X	O	O	O	X	X	X	30%
셋째 날	X	X	O	O	X	O	X	X	X	X	30%

날은 30%이며, 셋째 날은 30%였다. 또한, 첫째 날에서 둘째 날의 정확도는 10% 증가하였으며, 둘째 날에서 셋째 날의 정확도는 0% 증가로 같았다. 실험 결과 3가지 오차 허용 값 일 경우 모두 학습자의 자세의 정확도가 향상되는 결과를 보였다. 특히, 오차율이 0.1일 때 학습자의 자세의 정확도가 가장 많이 향상되었다. 본 실험 결과, 가장 높은 정확도 증가율을 보인 오차율 0.1이 추후 피아노 교육 시에 적합한 오차율로 추천될 것을 기대한다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 키넥트를 활용해 피아노 교육 시스템을 제안 및 구현하였다. 먼저, 키넥트 센서와 키넥트 관련 연구에 대해 분석하였고 피아노 연주 시 올바른 자세 및 프로그램 적용 방안에 대해 소개하였다. 또한, 피아노 교육 시스템을 위한 두 가지 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘을 바탕으로 학습자와 전문가의 데이터 비교 시 오차 허용 정도 실험을 진행하였고 오차 허용 정도에 따른 장단점 분석을 통해 오차 허용 정도별 적절한 적용 학습 상황 및 적용 학생 대상에 대해 제안하였다.

본 논문의 향후 연구에서는 실험 대상 표본을 확대하여 학생의 신체조건과 비슷한 선생님을 매칭시키는 실험 및 기존의 다른 방법과 비교하는 실험을 진행할 것이다.

References

[1] Wikipedia Kinect [Internet], https://en.wikipedia.org/wiki/Kinect_for_Xbox_One.

[2] D. Gonzalez-Ortega, F. J. Diaz-Pernas, M. Martinex-Zarzuela, and M. Anton-Rodriguez, "A Kinect-based system for cognitive rehabilitation exercises monitoring," *International Journal of Computer Methods and Programs in Biomedicine*, Vol.113, Issue.2, pp.620-631.

[3] B. Lange, C. Y. Chang, E. Suman, B. Newman, A. S. Rizzo, and M. Bolas, "Development and Evaluation of Low Cost Game-Based Balance Rehabilitation Tool Using the Microsoft Kinect Sensor," *International Conference of the IEEE EMBS*, Massachusetts, USA, pp.1831-1934, 2011.

[4] A. Hadjakos, E. Aitenbichler, and M. Muhlhauser, "The Elbow Piano: Sonification of Piano Playing Movements," *Domestic Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME08)*, Genova, Italy, pp.285-288, 2008.

[5] P. Payeur, J. Beacon, and A. M. Cretu, "Human Gesture Quantification: an Evaluation Tool for Somatic Training and Piano Performance," *International Conference on Haptic, Audio and Visual Environments and Games(HAVE)*, Texas, USA, pp.100-105, 2014.

[6] J. Dancs, R. Sivalingam, G. Somasundaram, V. Morellas, and N. Papanikolopoulos, "Recognition of Ballet Micro-Movements for Use in Choreography," *International Conference on Intelligent Robots and Systems(IROS)*, Tokyo, Japan, pp. 1162-2267, 2013.

[7] J. Mora, W. S. Lee, and G. Comeau, "3D Visual Feedback in Learning of Piano Posture," *International Journal of Technologies for E-Learning and Digital Entertainment*, Vol.4469, pp.763-771, 2007.

[8] J. L. Song, "Piano Performance and Pedagogy," *Eumagchunchu Publishing Company*, 2006.

[9] F. Seymour, "Mastering Piano Technique," *Amadeus Press*, 1992.

[10] C. J. Yang, "An Analysis on Physical Roles related With Piano Technic," *The Institute of Human Science Anyang University*, Vol.7, ISSN: 1598-7396, 1999.

[11] MDS Technology [Internet], <http://www.mdstec.com>.

[12] Microsoft Kinect [Internet], <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows>.



박 은 영

e-mail : parkey@uhs.ac.kr
 2007년 숙명여자대학교 멀티미디어과학과 (학사)
 2001년 숙명여자대학교 시각디자인학과 (석사)
 2011년 숙명여자대학교 멀티미디어과학과 (박사)
 2012년~현 재 협성대학교 시각디자인학과 조교수
 관심분야: 컬러, GUI 디자인, 멀티미디어 콘텐츠, 시각디자인, 정보검색



박 소 현

e-mail : shpark@sm.ac.kr
 2014년 숙명여자대학교 피아노과(학사)
 2014년~현 재 숙명여자대학교 멀티미디어과학과 석사과정
 관심분야: 빅데이터, HCI, 영상처리, 멀티미디어 콘텐츠, 음악 교육



손 종 서

e-mail : jsson@sm.ac.kr
 2007년 중앙대학교 창업학(석사)
 2013년 중앙대학교 창업학(박사수료)
 2007년~2009년 하나창업투자 상무
 2007년~2010년 IFS Korea 대표

2014년~현 재 숙명여자대학교 글로벌서비스학부 앙트러프러너십 전공 조교수
 관심분야: 창업, 공공데이터



임 선 영

e-mail : sunnyihm@sm.ac.kr
 2011년 숙명여자대학교 멀티미디어과학과 (이학사)
 2013년 숙명여자대학교 멀티미디어과학과 (이학석사)
 2013년~현 재 숙명여자대학교 멀티미디어과학과 박사과정

관심분야: 데이터베이스, IR(정보검색), Top-k 질의처리, 서비스 쿼스 매칭, 머신러닝, 빅데이터



박 영 호

e-mail : yhpark@sm.ac.kr
 1992년 동국대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
 2005년 한국과학기술원 진산학과(공학박사)
 1993년~1999년 한국전자통신연구원 교환전송연구단 선임연구원
 2005년~2006년 한국과학기술원 첨단정보기술연구센터 연구원

2005년~2006년 동국대학교 컴퓨터멀티미디어학과 겸임교수
 2006년~현 재 숙명여자대학교 멀티미디어과학과 교수
 관심분야: 데이터베이스, XML, IR(정보검색), 멀티미디어 데이터베이스, Bio정보공학, 영상미디어, 예술&공학인터페이스, 데이터베이스 관리시스템, 머신러닝, 빅데이터, 데이터분석, Telecommunication System