

스마트 거울을 활용한 실시간 자세교정 피트니스 시스템

Fitness System for Correcting Real-time Posture Using Smart Mirror

서 재 식*, 신 민 호, 문 미 경*[★]

Jae-sic Seo*, Min-ho Shin, Mi-kyeong Moon*[★]

Abstract

As the desire for healthcare increases due to the ageing population and the well-being boom, interest in fitness is increasing. People go to the fitness center to exercise, but many people do not know how to exercise, so they often make the order of exercise and the exercise posture wrong. This not only reduces the effectiveness of the exercise, but also increases the risk of injury. This paper describes the development process of fitness system using smart mirror. This system allows people to follow the motion by themselves in front of the smart mirror, and if the exercise posture goes wrong, in real time it checks and corrects for the wrong point. By using this system, people will be able to exercise by themselves in the right posture without the help of a trainer. Also, as a result, people will be able to exercise at any time they want without the constraint of time commitment with a trainer and the cost will be reduced.

요 약

인구 고령화와 웰빙 열풍으로 인해 건강관리 욕구가 증가하면서 피트니스에 대한 관심은 점점 더 높아지고 있다. 사람들은 운동을 하기 위해 헬스장을 가지지만, 많은 이들이 운동하는 방법을 몰라 운동 순서나 운동 자세를 틀리게 하는 경우가 많다. 이러면 운동 효과도 미비할 뿐만 아니라 부상의 위험도 커진다. 본 논문에서는 스마트 거울 앞에서 영상을 보며 혼자서 운동을 따라 할 수 있고 운동 자세가 잘못되었을 경우 실시간으로 틀린 곳을 확인시켜주는 스마트 거울을 활용한 피트니스 시스템의 개발 내용에 대해 기술한다. 이 시스템을 사용함으로써 사람들은 혼자서도 트레이너의 도움 없이 바른 자세로 운동을 할 수 있게 될 것이며, 이로 인해 그룹 또는 개인 트레이너를 기다려야 하는 시간이나 비용의 제약에 얽매이지 않고 운동을 할 수 있게 될 것이다.

Key words : Smart Mirror, Fitness System, Kinect, Posture Collection, Personal Training

1. 서론

최근 대중들은 운동과 다이어트, 자기관리에 많은 관심을 가지고 있다. 이에 따라 대중들은 운동하는 것을 도와주는 사람이 있는 헬스장을 찾게 된

다. 그러나 처음 헬스장에 가는 사람들은 특정 부위 운동을 위해 어떤 기구를 사용해야 하는지, 어떤 자세로 운동을 해야 하는지를 잘 알지 못한다. 기구 사용법을 알기 위해 기구 설명서를 보거나 운동 관련 앱을 찾아보게 된다. 그러나 이것만으로는

Division of Computer Engineering, Dongseo University

★ Corresponding author,

E-mail : mkmooon@dongseo.ac.kr Tel : +82-51-320-1702

※ This work was supported by Dongseo University, "Dongseo Cluster Project" Research Fund of 2019 (DSU-20190012). Manuscript received Mar. 5, 2019; revised Mar. 12, 2019; accepted Mar. 19, 2019.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

자신이 운동을 정확하게 하고 있는지 확인하기 어렵다. 운동을 잘못하게 되는 경우, 운동의 효과가 감소하고 운동을 하고 싶은 부위에 자극도 잘 오지 않는다. 또, 부상의 위험에 노출되기도 하며 연세가 많으신 분들의 경우 디스크나 관절에 무리가 오는 경우도 발생한다. 그래서 헬스장에는 운동 하는 것을 도와주기 위해 트레이너들이 존재한다. 그러나, 소수의 트레이너가 다수의 헬스장 회원 모두를 가르쳐줄 수 없기 때문에 헬스장 회원들은 비용을 지불하고 시간에 맞추어 개인 지도(Personal Training, PT) 또는 단체 강습 등을 받게 된다. 이러한 개인 지도나 강습은 특정 시간에 맞춰야 하고 비용이 많이 드는 단점이 있다.

최근에는 u헬스 산업의 발전으로 모바일 단말업체들과 구글이나 애플 등의 플랫폼 업체, 스포츠웨어 업체, 그리고 수 많은 스타트업들이 피트니스 관련 단말과 서비스를 많이 제공하고 있다[1]. 스마트 단말 업체들은 대부분 워치와 밴드 형태의 제품을 제공하고 있으며 개인이 스마트 단말과 앱을 통해 자신의 건강상태나 활동에 대한 정량적 데이터를 스스로 파악할 수 있도록 해 주는 기능을 제공한다. 애플과 구글은 사용자의 건강과 피트니스 관련 정보를 취합해 주는 앱을 기본으로 제공하고 있다. 이들은 대부분 피트니스 관련된 정보들을 자기 수치화(Quantified Self) 시켜 보여주는 기능이 대부분이다[2]. 현재 피트니스 관련 다양한 모바일 애플리케이션들도 나와있지만, 대부분 운동방법 또는 효과에 대해 설명해주는 기능과 운동하는 영상을 보며 따라 할 수 있도록 해 주는 기능들을 가지고 있다.

본 논문에서는 사용자가 거울을 보며 자신의 운동 모습을 볼 수 있고, 따라할 수 있는 영상도 동시에 나오는 스마트 거울을 활용하여, 실시간으로 운동 자세를 교정할 수 있도록 해 주는 피트니스 시스템의 개발 내용에 대해 기술한다.

II. 관련 연구

1. 바른 자세 교정 시스템

SNPE(Self Nature Posture Exercise) 바른자세 척추운동 앱은 자기 스스로 하는 인간의 본연의 자세 회복 운동이라는 의미를 가지고 있는 앱으로, 비뚤어진 척추를 바로 잡고 통증을 없애는 운동치

료 앱이다[3]. 바른 자세 척추교정 운동으로 요가, 필라테스, 피트니스의 장점을 결합하였으며, 이 앱을 활용하여 운동을 생활화한다면 비뚤어진 자세를 바로잡아 줄 수 있다고 설명하고 있다. 이 앱은 많은 자세를 단계별로 상세히 설명하고 있지만 사용자가 그 자세를 맞게 따라 하는지 확인 할 수 있는 방법은 없다. 특히 [4]에서는 키넥트를 이용해 사용자의 자세를 분석하여 사용자에게 올바른 자세를 유도하는 기능을 제공하며, 자세로 인하여 발생할 수 있는 질병에 대한 예방이 가능한 효과를 제공한다. 그리고 사용자는 별도의 장비가 필요 없이 키넥트와 제공되는 모니터링 애플리케이션과의 연동만으로 사용자가 바른 자세를 유지할 수 있도록 해 준다. 본 시스템과 키넥트를 이용하여 자세 교정을 하는 것은 유사하지만, 이 시스템은 모니터 앞, 의자에 앉아 있을 때의 자세를 분석해 주는 기능만 제공하지만, 본 시스템은 사용자가 선택하는 운동의 종류에 따라 특정 부위의 자세를 실시간으로 분석하여 확인해준다는 점에서 차별점을 가진다.

2. 자세교정 웨어러블 디바이스

나누가 선보인 웨어러블 디바이스 'ALEX'는 현대인들의 거북목을 줄여보고자 만든 자세교정 스마트 기기이다[5]. 현재 사용되고 있는 웨어러블 기기는 운동량을 주로 측정하였다는 것과 다르게 ALEX는 바른 목 자세의 습관을 들이도록 하는 기기이다. 사람마다 자세가 다를 수 있음을 생각하여 맞춤형 코치 서비스가 있다. 귀에 걸고 목을 기울이면 바로 진동이 온다. 이는 자세가 바르지 못하다고 경고를 보내는 것이다. 자세 교정을 위해 웨어러블 기기를 쓰는 것은 좋지만, 목 자세 이외의 자세는 수정할 수가 없고, 웨어러블 기기를 몸에 항상 붙이고 다녀야 하는 불편함이 있다. 일상 생활을 할 때 웨어러블 기기를 쓰면 움직임에 제한을 주게 된다. 본 시스템은 ALEX와 달리 기기를 착용할 필요가 없기 때문에 운동 시 움직임에 제한을 주지 않으며서 운동 자세를 교정시켜 줄 수 있다.

III. 본론

1. 시스템 구성

본 시스템은 스마트 거울과 키넥트, 서버가 연동되어 동작한다. 운동을 시작하기 전 거울 앞에 사

용자가 있으면 앞에 있는 사용자를 키넥트에서 신체 골격을 추적하여 인식하게 된다. 사용자가 로그인하면, 자신이 그동안 했던 운동들의 정보들이 저장되어 있어 사용자가 보고 싶을 때 볼 수 있다. 지난 운동을 돌이켜보며 운동한 횟수, 운동한 시간과 자세가 어떻게 바뀌었는지 참고할 수 있다. 스마트 거울은 거울의 기능을 하며 정보를 전달 할 수 있는 디스플레이 역할을 한다. 사용자는 운동하고 나면 사용자의 운동 정보가 데이터베이스에 저장되고, 삭제도 할 수 있다. 스마트 거울에는 사용자가 선택한 운동기구를 따라 할 수 있는 영상도 함께 출력된다. 사용자가 운동을 따라 하는 동안 키넥트와 서버가 연동하여 사용자의 스켈레톤 움직임 데이터를 주고받아 비교하여 운동 자세의 변화에 대해 스마트 거울로 출력해준다.

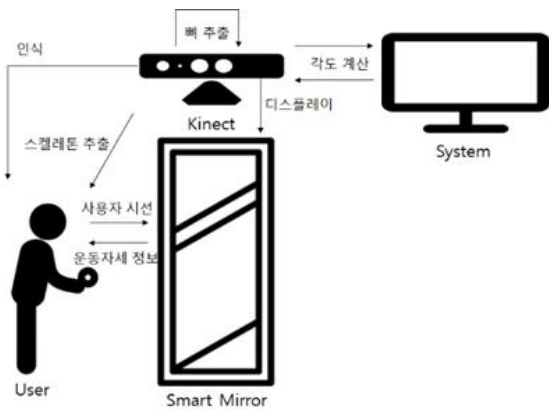


Fig. 1. System Conceptual Model.
그림 1. 시스템 개념도

2. 자세 각도 추출 방법

사용자의 움직임과 동작을 인식하기 위해서는 카메라를 이용한 트래킹이 필요하다. 본 논문에서는 이를 위해 키넥트를 이용한다. 키넥트는 기본적으로 두 개의 3D depth sensors(깊이 인식 카메라, 적외선 카메라)와 한 개의 RGB 카메라로 구성되어 있는 모션 인식 입력 장치이다[6]. 한쪽의 적외선 프로젝트에서 적외선을 픽셀 단위의 무수히 많은 점들로 쏘아주면 다른쪽의 적외선 카메라가 피사체에 반사되어 돌아오는 것을 인식한다. 사용자를 인식하면 인체를 구성하는 주요 골격 20개의 위치 데이터를 제공해주며, 해당 관절 포인트를 이용하여 골격에 해당하는 신체 부위의 정보를 알아내게 된다. 그림 2는 키넥트에서 인식하는 신체의 각 부분이다.

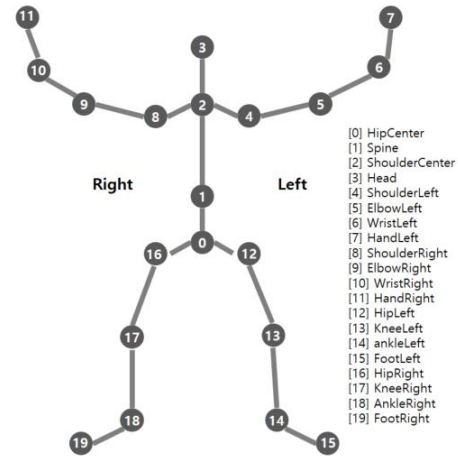


Fig. 2. Joint Point recognized by Kinect.
그림 2. 키넥트 인식 관절 포인트

각 운동의 유형별로 자세의 중요한 지점이 있으며, 올바른 자세를 판단하기 위해 해당 신체 부위의 꺾임이나 구부린 정도(각도)를 판단한다. 운동별 올바른 자세를 위한 해당 위치의 각도를 추출하기 위하여 기본 3개의 관절 포인트를 사용한다[7]. 예를 들어 그림 3과 같이 왼쪽 팔을 얼마만큼 구부렸는지를 확인하기 위해 왼쪽 어깨와 왼쪽 팔꿈치, 왼쪽 손목 관절 포인트를 이용한다. 팔꿈치의 벌어진 각도를 구하기 위해서는 먼저 각 관절 포인트 사이의 거리를 계산해야 하고, 그 값을 이용하여 다음의 공식에 넣으면 각도를 구할 수 있다.

$$\theta = \text{acos}\left(\frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}\right)$$

$$b = \sqrt{(P1.x - P2.x)^2 + (P1.y - P2.y)^2 + (P1.z - P2.z)^2}$$

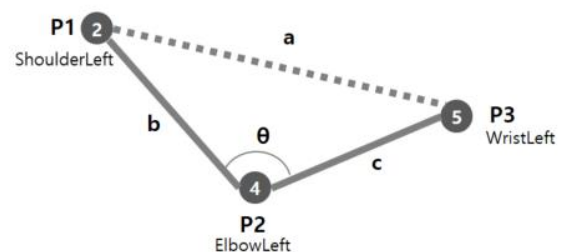


Fig. 3. Calculation of bent angle.
그림 3. 구부림 각도 구하는 법

다음은 운동자세의 주요 관절 포인트의 각도를 구하는 코드의 일부분이다.

```
#define PI 3.141592

double_fastcall Meas_Angle(TPoint P1, TPoint P2, TPoint
P3)
{
    double a, b, d;
    double Angle, temp;

    a = sqrt(pow(P1.x-P3.x, 2) + pow(P1.y-P3.y, 2));
    b = sqrt(pow(P1.x-P2.x, 2) + pow(P1.y-P2.y, 2));
    c = sqrt(pow(P2.x-P3.x, 2) + pow(P2.y-P3.y, 2));

    temp = (pow(b, 2)+pow(c, 2)-pow(a, 2))/(2 * b*c);

    Angel = acos(temp);
    Angel = Angel * (180 / PI);

    return Angle
}
```

3. 잘못된 자세 인식 방법

사용자는 운동의 종류를 선택할 수 있고 각 운동마다 전문 트레이너 영상이 출력된다. 사용자가 선택한 운동 유형마다 주요 운동부위가 있으며, 이 부분 위주로 자세의 틀림 여부를 실시간 비교하게 된다. 본 논문에서 구현한 대표적인 상체운동의 자세 확인 방법은 표 1과 같다.

Table 1. Exercise in correct posture by exercise type.

표 1. 운동유형 별 올바른 자세 운동 방법

Exercise Type	Major Joint	Exercise Method	Points of Correct Posture
Bent Over Lateral Raise	shoulder, elbow	shoulder fastening, elbow angle<=120°	shoulder point, elbow angle
Behind Neck Press	shoulder, elbow	angle between shoulder and elbow >=90°	elbow angle
Lat Pull Down	back	upper body fastening, Elbow should not go over more than the shoulder	shoulder center, shoulder angle
Row-dumbbell One Arm	back	shoulder movement→minimize, angle of elbow movement <=90°	shoulder point, angle of elbow movement
Kick Back Dumbbell	Arm	elbow angle >=90°	elbow angle

사용자가 운동 선택을 하고 나면, 키넥트가 사용자의 신체 골격을 인식하여 움직임을 실시간으로 추적하기 시작한다. 선택한 운동의 주요 관절의 구부림 허용 범위를 좌측 상단에 최소, 최대의 각도로 표현한다. 거울에 비친 사용자의 모습 위에 스켈레톤이 표시되고 사용자가 운동을 하게 되면 해당 위치의 각도가 실시간으로 바뀌면서 표시된다. 만약 올바른 자세가 유지되면 해당 관절 각도의 색깔이 초록색으로 나타나게 되며, 설정된 각도에서 벗어나게 되면 각도의 색깔이 빨간색으로 변하게 된다. 사용자는 거울을 보며 운동을 하기 때문에 이 정보를 실시간으로 확인 할 수 있다. 사용자는 이 정보를 통해 어느 관절 부위의 자세가 잘못되었는지를 알아가며 스스로 자세를 교정할 수 있다.

IV. 구현결과 및 평가

1. 구현 결과

본 논문에서는 시스템 구현을 위해 Window10 환경에서 Kinect v2를 사용하였으며, Kinect for windows SDK2.0을 설치하고, Visual Studio C#을 사용하여 개발하였다. 그림 4는 운동을 할 신체 부위를 선택할 수 있는 시작 화면으로 각도 보기,

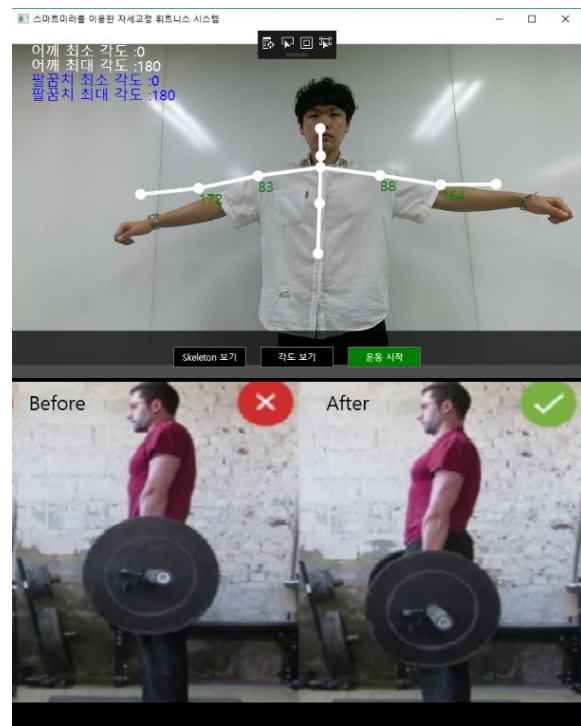


Fig. 4. Start screen for tracking skeleton.

그림 4. 스켈레톤 인식하는 시작 화면

Skeleton 보기, 운동시작 메뉴를 선택할 수 있다. 각도 보기 메뉴를 선택하면 사용자의 신체 부위에 실시간으로 각도가 출력된다. Skeleton보기 메뉴를 선택하면 사용자의 신체 부위를 추출하고 있는 스켈레톤 부분에 라인이 그려지고 각도도 같이 보인다. Skeleton 보기에서 출력되는 부분을 보고 사용자는 Skeleton이 올바르게 잡히고 있는지 확인 할 수 있다.

운동 시작 버튼을 누르면 그림 5와 같이 운동을 할 신체 부위를 고를 수 있는 화면이 나온다. 등, 가슴, 어깨, 팔, 하체, 복근 중 특정 신체 부위를 고르게 되면 그림 6과 같이 시작하게 될 운동을 고를 수 있다.



Fig. 5. Body part selection screen.
그림 5. 신체부위 선택 화면



Fig. 6. Exercise type selection screen.
그림 6. 운동 유형 선택 화면

특정 운동을 고르면 그림 7과 같이 해당 운동의 트레이너 영상이 재생되고 동시에 자신의 모습과 추출된 스켈레톤과 각도가 거울에 나타난다. 사용자는 영상을 보며 운동을 따라 하게 되며, 실시간으로 각도가 나오는 수치를 보며 사용자는 스스로 운동 자세를 교정해 나갈 수 있게 된다. 그림 7과 같이 바른 운동 자세의 경우 해당 부위의 각도가 초록색으로 표시되기 때문에 직관적으로 자세의 올바른 여부를 확인할 수 있다.



Fig. 7. Screen showing angle for correct posture.
그림 7. 바른자세 각도를 보여주는 화면

2. 평가

표 2는 본 시스템을 평가하기 위해 개인 PT, 단체 강습, 피트니스 앱, 피트니스 동영상과 6가지 측면(설명 및 이해도, 시간적 제약, 공간적 제약, 코칭 능력, 자세교정, 비용)에서 비교한 표이다. 본 시스템은 개인 PT 또는 단체 강습을 받기 위해 시간을 맞춰야 하는 시간적 제약이 들지 않고, 코칭 능력과 자세 교정의 정도가 높다. 현재는 스마트 거울이 설치된 장소(피트니스 센터)로 가야하는 공간적 제약이 조금 있지만 추후 스마트 거울이 보편적으

Table 2. Comparison with related cases.

표 2. 관련 사례와의 비교평가

comparative item	Personal training	Group training	Fitness App.	Fitness Video	this system
①	high	high	low	low	normal
②	high	high	low	low	low
③	high	high	low	low	normal
④	high	high	normal	normal	high
⑤	high	high	normal	normal	high
⑥	high	high	low	low	normal

- ① Explanation & Understanding
- ② Time Constraint
- ③ Space Constraint
- ④ Coaching Ability
- ⑤ Posture Correctness
- ⑥ Cost

로 사용할 수 있게 되면 공간적 제약도 거의 없게 될 것이다. 운동 유형에 대한 설명과 이해도는 개인과 단체 강습의 트레이너가 자세하게 가르쳐 주는 것 보다는 못하기 때문에 보통으로 판단하였고, 비용적인 부분에서 개인과 단체 PT보다는 적게 들지만, 처음 스마트 거울과 시스템을 구축해야 하는 비용이 발생하기 때문에 이를 보통수준으로 판단하였다.

V. 결론

본 논문에서는 사용자의 효과적인 운동과 신체의 보호를 위해 스마트 거울을 이용한 자세교정 피트니스 시스템의 개발 내용에 대해 기술하였다. 본 시스템은 처음 운동에 접한 사람도 영상을 보며 운동을 시작 할 수 있고, 실시간으로 운동을 하며 스스로 자신의 운동 자세가 올바른지 거울을 보며 확인할 수 있다. 이 시스템을 사용함으로써 개인 또는 그룹 PT를 받기 위해 드는 시간적인 제약과 비용문제를 해결할 수 있게 될 것이다. 본 시스템은 운동 영상과 운동 유형에 대한 더 많은 자료를 지속적으로 추가 할 수 있으며, 옆에서 트레이너가 말하는 것처럼 음성으로 자세의 맞고 틀림을 알려 줄 수 있도록 기능을 확장 해 나갈 계획이다.

References

- [1] USA Today, "Boom in personal health tech could be your lifesaver," 2014.
- [2] J. J. P. C. Rodrigues et al., "Enabling technologies for the Internet of health things," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 13129-13141, 2018. DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2789329
- [3] Korea Good Posture Lab (Jungki Choi), SNPE (Self Nature Posture Exercise) App, Google Play, 2019.
- [4] Dongseo University Industry-Academic Cooperation Foundation, "IoT Posture Correction Monitoring System and Method Using Kinect Sensor," 10-2017-0090798, Korean Intellectual Property Office, 2017.

- [5] NAMU, "ALEX, Wearable Posture Tracker & Coach," <https://alexposture.com/>
- [6] Dan Ackerman, "Kinect gets another shot at Microsoft Build," CNet News, 2018.
- [7] S. Phommahavong, D. Hass, et al, "Evaluating the microsoft kinect skeleton joint tracking as a tool for home-based physiotherapy," *Current Directions in Biomedical Engineering*, vol. 1, pp.184-187, 2015. DOI: 10.1515/cdbme-2015-0046

BIOGRAPHY

Jae-sic Seo (Member)



2019.2 : Division of Computer Engineering, Dongseo University

Min-ho Shin (Member)



2019.2 : Division of Computer Engineering, Dongseo University

Mi-kyeong Moon (Member)



1990 : BS degree in Computer Science, Ewha Womans University.
1992 : MS degree in Computer Science, Ewha Womans University.
2005 : PhD degree in Computer Engineering, Pusan University.

2008~ : Associate Professor, Division of Computer Engineering, Dongseo University