

웨어러블 디바이스와 키넥트 센서를 활용한 다중 사용자 홈트레이닝 헬스케어 시스템

김다원*, 남희조*, 이승연*, 함유경*, 서오석**, 이형준^o

Multi-User Home-Training Healthcare System Using Kinect Sensor and Wearable Devices

Da-won Kim*, Hee-jo Nam*, Seung-yeon Lee*, You-kyung Haam*, O-Seok Seo**,
HyungJune Lee^o

요약

본 논문에서는 웨어러블 디바이스와 키넥트 센서를 활용하여 다수의 사용자가 실시간으로 통신하며 다양한 동작에 대해 자세 교정 서비스를 받을 수 있는 시스템을 제안한다. 본 시스템은 신체의 부위에 따라 적절하게 센서와 디바이스를 활용하여 더 정교한 자세 교정을 유도한다. 본 시스템은 1) 키넥트 센서와 여러 대의 웨어러블 디바이스를 활용하여 사용자의 전반적인 자세를 실시간으로 측정하고, 2) 서버를 구축하여 기준이 되는 사용자와 자세를 비교, 분석하는 알고리즘을 통해 피드백을 제공함으로써 3) 가상의 공간에 모인 다수의 사용자가 동시에 효율적으로 운동 자세를 교정하는 것이 가능하다. 본 시스템을 실험한 결과 다수의 사용자에게 실시간으로 정확한 운동 자세 피드백이 이루어져 재활 치료 및 Personal Training 등 다양한 분야에서 활용될 것으로 기대된다.

Key Words : Wearable Devices, Kinect Sensors, Multi-Users, Healthcare

ABSTRACT

This paper proposes a system that utilizes wearable devices and Kinect sensors for multiple users to communicate in real-time and to receive postural correction guidelines for a variety of actions. The system uses sensors and devices appropriately depending on the body parts to guide more sophisticated postural corrections. The system 1) uses Kinect sensors and multiple wearable devices to measure the overall posture of the user in real-time and 2) by building a server and providing feedback through algorithms, 3) it enables a large number of users in virtual space to simultaneously and efficiently correct their exercise posture. As a result of experimenting with the system, accurate real-time posture feedback can be provided to multiple users in real-time and it is expected to be used in a variety of fields.

※ 이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2018R1A2B6004006).

♦ First Author : Department of Computer Science & Engineering, Ewha Womans University, ekdnjs15@ewhain.net, 학생회원

° Corresponding Author : Department of Computer Science & Engineering, Ewha Womans University, hyungjune.lee@ewha.ac.kr, 정회원

* Department of Computer Science & Engineering, Ewha Womans University, gmlwh0930@ewhain.net, tmddus8425@ewhain.net, yerin0507@ewhain.net

** Triple Corp, elijah17@gmail.com

논문번호 : 201812-378-D-RN, Received December 5, 2018; Revised February 8, 2019; Accepted February 12, 2019

I. 서 론

최근 스스로 건강을 관리하는 소비자 중심 트렌드가 확산하면서 언제 어디서나 건강관리를 할 수 있는 스마트 헬스케어가 부상하고 있다. 또한 스마트 센서와 웨어러블 디바이스의 보급으로 이를 활용한 헬스케어 시스템이 다양하게 출시되었다.

홈 트레이닝의 특성상 잘못된 자세로 운동을 지속하게 되면 근육 손상 등의 부상을 유발하기 때문에 최상의 운동 효과를 얻기 위해서는 올바른 자세로 운동하는 것이 중요하다. 하지만 기존의 웨어러블 시스템은 운동 시 사용자의 상태 체크 및 모니터링과 같은 보조적인 수단으로 활용되거나¹⁾ 웨어러블 디바이스를 착용하지 않은 부분에 대해서는 움직임 측정이 어려워 정확한 운동 자세 교정에 한계가 있었다²⁾. 키넥트 센서만을 사용하는 시스템의 경우 전체적인 사용자의 움직임은 측정 가능하지만 스쿼트 운동과 같이 관절이 겹치는 운동에 대해서는 제대로 된 측정값을 도출하지 못하는 한계가 존재한다³⁾. 또한 이러한 프로그램들은 사용자와 1:1 통신인 경우가 대부분으로 제공되는 운동의 종류와 그 활용도가 제한적이라고 할 수 있다⁴⁾.

이러한 한계점을 개선하기 위해 본 논문에서 제안하는 시스템은 여러 대의 웨어러블 디바이스를 신체의 각 부위에 착용하여 자세를 측정하고, 이외에 전체적인 부분은 키넥트 센서로 측정한다. 서로의 취약점을 보완하는 두 센서를 사용함으로써 사용자의 움직임을 보다 정교하게 판단할 수 있다. 또한 활용도 높은 헬스케어 시스템을 위해 다수의 사용자들이 함께 실시간으로 피드백을 받으며 운동 자세를 교정할 수 있는 하나의 플랫폼을 구축하였다는 점에서 기존 시스템과 차별성이 있다.

Zhao et al.⁵⁾의 연구에서는 키넥트를 기반으로 하여 사용자의 운동자세를 실시간으로 피드백하는 시스템이 제안되었지만, 사전에 녹화된 트레이너의 운동화면을 reference로 사용한다는 점에서 트레이너의 직접 교정은 불가능하다는 한계가 있었다.

또한 Vijay et al.⁶⁾의 연구에서 키넥트와 웨어러블 디바이스를 사용하여 사용자의 운동자세를 실시간으로 피드백하는 시스템이 제안되었지만, 웨어러블 디바이스를 통해 운동 데이터를 수집하는 것이 아닌, 햅틱 반응을 주는 용도로 사용한다는 점에서 키넥트만을 사용하는 시스템의 문제점을 그대로 가지고 있다는 한계가 있었다.

따라서 본 논문에서 제안하는 시스템은 운동 데이

터 수집에 키넥트와 웨어러블 센서를 상호보완적으로 사용한다는 점에서 유의미하다.

본문에서는 웨어러블 디바이스와 키넥트 센서에서 서버로 실시간 통신하는 방법을 제시하고, 이를 통해 받은 데이터를 종합하여 운동 자세 분석을 위한 알고리즘을 제안한다. 또한 본 시스템의 구성과 기능에 대해 설명한다. 결과에서는 실제 실험을 통해 시스템을 검증하고, 마지막으로 결론에서는 본 논문의 결론과 향후 연구 방향을 제시한다. 본문에 앞서 본 논문은 2018년 한국정보과학회 동계학술대회에서 발표된 논문⁷⁾을 확장한 것이다.

II. 다중 사용자 홈 트레이닝 시스템 아키텍처

그림 1과 같이 본 시스템은 스마트폰과 웨어러블 기기가 1:N BLE 통신으로 연결되어 웨어러블 기기로 측정된 자세를 어플리케이션을 통해 서버로 전송하고, 키넥트 센서를 이용해 측정된 자세를 서버에 전송하여 서버 안에서 사용자 별로 데이터를 취합하여 데이터베이스에 저장한다. 기준이 되는 사용자의 데이터와



그림 1. 다중 사용자 실시간 통신 시스템
Fig. 1. Multi-user real-time communication system

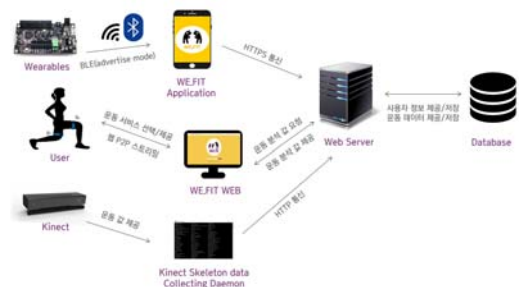


그림 2. 전체적인 시스템 구조
Fig. 2. Overall system architecture

나머지 사용자의 데이터를 시간 단위로 비교, 분석하는 알고리즘을 통해 자세의 정확성을 판단한다. 전체적인 시스템 구성은 그림 2와 같다.

2.1 웨어러블 디바이스와 키넥트 센서

2.1.1 웨어러블 디바이스

웨어러블 디바이스는 그림 3과 같이 블루투스 4.0 통신 칩이 내장된 아두이노 UNO 호환 보드인 블루이노 보드(Blueinno 2)에 3축으로 구성된 가속도, 자이로, 지자기 센서가 합쳐진 9축 센서(MPU-9250)가 결합된 형태이다.

웨어러블 디바이스를 양 손목과 양 허벅지에 착용한다. 착용한 신체 부위의 각도를 그림 4와 같이 수집해 0도보다 작을 때 4, 0~25도일 때 3, 25~60도일 때 2, 60~90도일 때 1, 90도보다 클 때 0으로 나타내어, 총 4개의 신체 부위에 대한 각도 값을 블루투스 통신을 통해 어플리케이션으로 전송한다. 이때, 통신은 Bluetooth v4.0 Low Energy(BLE) 통신 방식 중 Advertise mode를 사용한다. 주변의 다른 디바이스에 그림 5와 같은 데이터 패킷을 실시간으로 보내는 방식으로 하여 블루이노 보드와 어플리케이션과의 1:N 다중 통신을 구현하였다.

어플리케이션은 웨어러블 디바이스에서 보내는 패

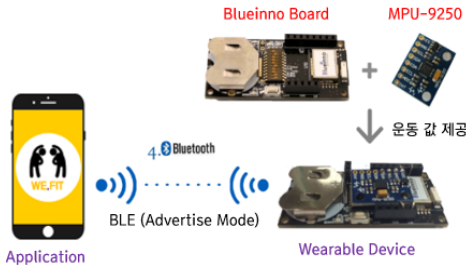


그림 3. 웨어러블 디바이스와 어플리케이션 시스템
Fig. 3. Wearable device and application system

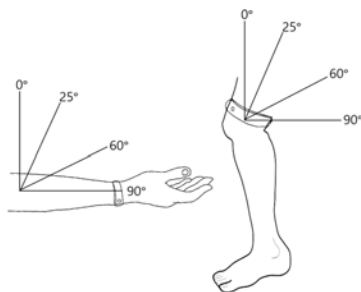


그림 4. 웨어러블의 각도 범위
Fig. 4. Angle range of wearables

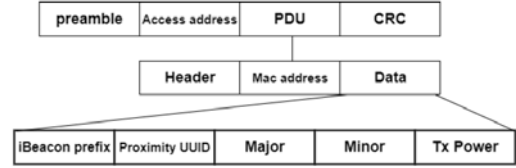


그림 5. 어플리케이션으로 보내는 패킷 구조
Fig. 5. Packet structure sent to application

킷을 받기 위해 일정 시간마다 주기적으로 스캔하고, 보드로부터 받아온 데이터를 서버에 실시간으로 전송한다.

어플리케이션에서 각각의 보드를 구별할 수 있도록 웨어러블 디바이스에 Major, Minor 값을 설정한다. Major 값에는 각 사용자의 고유 번호를, Minor 값에는 보드마다의 고유 번호를 지정하도록 하여 본 시스템을 동시에 다수의 사용자가 이용할 수 있도록 하였다. 해당 값들은 어플리케이션으로 전송하는 패킷의 Data 부분에 임의의 값을 설정하여 저장한다.

2.1.2 키넥트 센서

키넥트 센서(Kinect version 2)는 웨어러블 디바이스를 착용하지 않은 신체 부위까지 종합적으로 판별하기 위해 이용한다. 그림 6과 같이 키넥트 센서에서 25개의 관절 데이터(skeleton data)를 추출하고, (1)의 수식을 이용해 각각의 관절에 대해서 해당 관절 데이터를 V_2 , 양 옆의 이웃한 관절 데이터를 각각 V_1 , V_3 로 두어 3 점 사이의 각도($\theta_1, \theta_2, \theta_3$)를 계산한다. 25개의 모든 관절에 대해 계산을 수행하여 관절 별 0~360도의 각도 데이터로 변환한다. 이 중 왼쪽 팔과 오른쪽 팔, 척추 부분 3개의 각도 데이터를 추출하여 그림 8과 같이 leftArm, rightArm, backAngle로 실시간 서버에 전송한다.

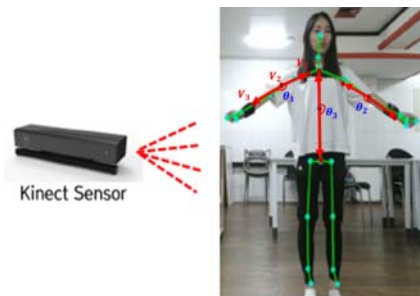


그림 6. 키넥트 센서와 관절 데이터
Fig. 6. Kinect Sensor and joint data

$$\theta = \cos^{-1} \frac{V_1 V_2 V_3}{|V_1 V_2| |V_2 V_3|} \quad (1)$$

2.2 다중 사용자 데이터 서버

서버의 역할은 크게 세 가지로 구분한다. 먼저 웨어러블 기기의 데이터와 키넥트 센서의 데이터를 그림 7과 그림 8의 형태로 전송받아 저장한다.

웨어러블과 키넥트에 공통적으로 사용자마다 고유한 값인 userID를 부여함으로써 서버에서 각각의 데이터를 사용자별로 분류할 수 있도록 하였다.

다음으로 사용자의 웨어러블 데이터와 키넥트 데이터를 조회하는 기능을 제공한다. 예를 들어, userID가 1234인 사용자의 웨어러블 데이터를 조회하는 url은 (2)와 같다.

<https://we-fit.co.kr/wearables/user/1234> (2)

마지막으로 사용자간의 운동 자세를 비교하여 그 차이를 점수로 나타내주는 기능을 제공한다. 운동 자세 비교 알고리즘에 대해서는 아래에서 자세하게 설명한다.

userID	wearable ID	trading ID	roll	flag	timeStamp
--------	-------------	------------	------	------	-----------

그림 7. 서버로 전송하는 웨어러블 데이터 구조
Fig. 7. Wearable data structure sent to server

userID	backAngle	rightArm	leftArm	timeStamp
--------	-----------	----------	---------	-----------

그림 8. 서버로 전송하는 골격 데이터 구조
Fig. 8. Skeleton data structure sent to server

2.3 운동 자세 비교 알고리즘

서버에서는 사용자간의 운동 자세를 실시간으로 비교하여 차이의 정도를 점수로 변환하는 기능을 제공한다.

알고리즘을 대략적으로 보면, 현재 시간(timeStamp)에 대한 사용자(targetId)와 기준대상(sourceId)의 데이터를 비교한다. 예를 들어, targetId가 2345이고, sourceId가 1234일 때, 현재 timeStamp(2018-10-14 15:36:01)에 대해서 알고리즘 수행 값을 반환해주는 url은 (3)과 같다.

<https://we-fit.co.kr/algorithm/mode1/1234/2345/2018-10-14%2015:36:01> (3)

구체적으로 살펴보면, 먼저 url의 sourceId와 현재 timeStamp를 가지고 조회하여 웨어러블 데이터와 키넥트 데이터를 각각 list 형태로 가져온다. targetId도 마찬가지로 targetId와 timeStamp로 조회하여 list 형태로 가져온다.

다음으로 운동 데이터를 추출하기 위해 그림 9와 같이 사용자 별로 웨어러블 데이터 list에서 roll 값을 더하고, 키넥트 데이터 list에서 신체 부위의 각도 값을 더한다. 이를 통해 사용자의 특정 timeStamp에 대해 웨어러블과 키넥트 두 센서로부터의 자세 측정 각도 데이터의 합을 얻을 수 있다. 이 때, 표 1과 같이 웨어러블의 roll값은 범위에 따라 0~4인 한 자리 정수 값을 가지는 반면, 키넥트의 각도 값은 0~360이 들어 오기 때문에 둘의 범위를 맞추기 위해 키넥트의 각도 값에 0.01배를 하여 웨어러블/키넥트 값을 대등한 비중으로 처리하였다.

마지막으로 userId 별로 웨어러블 값과 키넥트 값을 더한 것을 각 list 크기의 합으로 나누어 평균값을 구한다. targetId의 평균값과 sourceId의 평균값 차의 절댓값을 계산하여 그림 9와 같이 반환한다. 이 반환

```
public Long compareMode1(String sourceUser,
String targetUser, String now){
...
//list 형태로 가져온 웨어러블 데이터를 모두 더한
다.
Long userAw = sourceWearables.stream()
    .mapToLong(i->i.getRoll()).sum();
//list 형태로 가져온 키넥트 데이터를 모두 더한다.
Long userAj = sourceJoints.stream().mapToLong
    (i->new Long(i.getBackAngle())).sum();
userAj += ... (i->new
Long(i.getRightAngle())).sum();
userAj += ... (i->new
Long(i.getLeftAngle())).sum();
userAj = userAj/100;
...
//기준대상(sourceId)의 평균 값
userA = (userAw+userAj)/(srcwrbsize+srcjntsize);
//사용자(targetId)의 평균 값
userB = (userBw+userBj)/(tgtwrbsize+tgtjntsize);
...
//사용자와 기준대상의 자세 차이 정도를 반환
Long score = abs(userA - userB);
If(score>10) score = Long.valueOf(10);
return score;
}
```

그림 9. 운동 자세를 비교하여 수치화하는 알고리즘
Fig. 9. Algorithm to compare and quantify exercise posture

표 1. 점수 변환표
Table. 1. Return value distribution

Wearable Device		Kinect Sensor	
angle (α)	return value	angle (α)	return value
$\alpha \geq 90$	0	α	0.01*α
$60 \leq \alpha < 90$	1		
$25 \leq \alpha < 60$	2		
$0 \leq \alpha < 25$	3		
$\alpha < 0$	4		

값이 현재 시간에 대한 사용자와 기준대상의 운동 데이터의 비교 값이 된다.

III. 다중 사용자 홈 트레이닝 시스템의 구현

3.1 개발환경

주요 개발환경은 표 2와 같다. 이외에 통신을 위한 클라우드 서버에 Apache 서버와 Maria DB를 설치하여 API 서버를 동작시킨다. API 서버의 경우 IntelliJ 2017.3.5. 환경에서 Spring Framework를 이용하여 Java 언어로 개발이 이루어졌으며 키넥트 센서와 웨어러블 디바이스의 운동 데이터 취합 및 그룹화, 트레이너와 트레이너의 운동 자세 비교 등의 역할을 수행한다. 웹 시스템 개발은 텍스트 에디터 툴 Atom 1.28.2 버전에서 HTML, CSS, JavaScript, php의 프로그래밍 언어를 이용하여 개발이 이루어졌으며 User Interface에 미적 요소를 추가하기 위하여 Bootstrap 프레임워크 또한 사용하였다.

표 2. 개발환경
Table. 2. Development environment

Wearable Device HW	Invensense MPU-9250, Blueinno BI-200
Wearable Device IDE	Arduino version 1.8.5
Android Device HW	Android version 7.0
Android Device IDE	Android Studio version 2.3
Kinect Device HW	Kinect version 2
Kinect Device IDE	Visual Studio 2015, Kinect SDK 2.0

3.2 웹 시스템의 흐름과 구성

본 웹 시스템의 구성과 흐름은 그림 10과 같다. 먼저, 프로그램 실행을 위해 그림 11과 같이 신규 회원인 경우 회원가입을, 기존 회원인 경우 로그인을 한다.

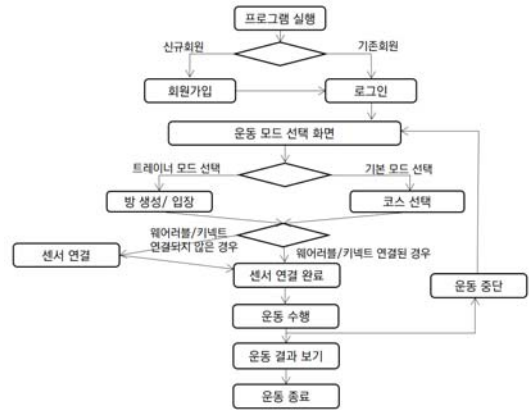


그림 10. 웹 시스템 처리 순서도
Fig. 10. Flow chart of web system

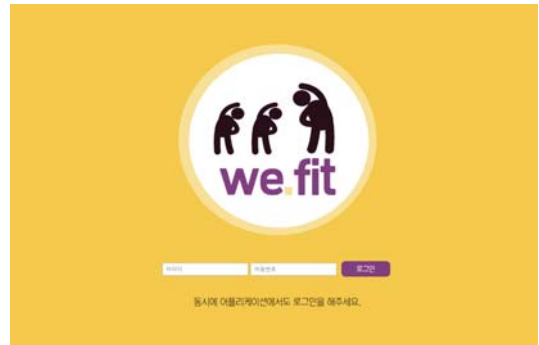


그림 11. 로그인 화면
Fig. 11. Login screen

넘어가는 다음 화면(그림 12)에서 기본 모드와 트레이너 모드 중 하나를 선택한다. 기본 모드의 경우 사용자는 원하는 코스를 선택해 운동할 수 있고, 트레이너 모드의 경우(그림 13) 트레이너는 방을 만들고, 트레이너는 원하는 트레이너의 방을 선택하여 입장하여 함께 운동할 수 있다.

각 모드를 선택해 입장한 사용자는 그림 14와 같이



그림 12. 모드 선택 화면
Fig. 12. Select mode screen



그림 13. 트레이너 모드에서 방 선택
Fig. 13. Select room at trainer mode



그림 14. 트레이너 모드에서 센서 연결 확인
Fig. 14. Connect sensors at trainer mode



그림 15. 결과 화면
Fig. 15. Result screen

웨어러블 기기와 키넥트 센서를 연결해야지만 실질적인 운동을 시작할 수 있다. 사용자는 운동 중간에 그만둘 수 있으며, 운동을 모두 마치면 그림 15와 같이 사용자간의 점수 결과를 확인할 수 있다.

3.3 웹 시스템의 주요 기능

웹은 사용자의 움직임과 트레이너의 움직임을 확인할 수 있는 화면을 제공한다. 또한 실시간으로 서버에서 데이터를 받아와 기본 모드, 트레이너 모드에 따라 사용자 운동 자세에 대한 피드백을 제공하고, 자세의 정확성을 점수로 계산하여 순위 결과를 제공한다.

3.3.1 기본 모드

기본 모드의 경우 사용자가 원하는 운동을 선택적으로 수행할 수 있다. 기본 모드는 사용자가 해당 코스의 운동을 올바른 자세로 운동할 수 있도록 안내하고, 안내에 불이행하거나 자세가 잘못된 경우 감점과 함께 피드백을 주어 교정할 수 있도록 한다.

운동을 시작하면 사용자는 자신의 모습을 확인하면서 운동 안내를 받는다. 이 때, 매 초마다 해당 운동 자세 판단 데이터를 조회하여 그림 16과 같이 안내 메시지와 피드백을 제공한다.

안내 메시지는 “UP”, “DOWN”, “END”로 표시되며 연속해서 3번 이상 안내를 주었음에도 이행되지 않거나 자세가 잘못된 경우 감점과 함께 “더 내려주세요”, “더 올라가세요”와 같은 피드백을 제공한다. 올바른 자세일 경우에는 “좋아요”라는 메시지를 제공하여 사용자가 실시간으로 자세를 판단할 수 있어 올바른 자세로 운동할 수 있도록 도와준다.

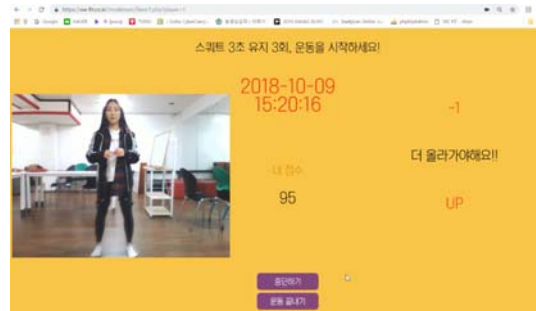


그림 16. 기본 모드 시 사용자 화면
Fig. 16. User screen in basic mode

3.3.2 트레이너 모드

트레이너 모드의 경우 WebRTC API의 Multiple peer connection을 이용해 트레이너(기준대상)의 모습과 트레이너(사용자) 자신의 모습을 확인할 수 있게 하여 실시간으로 운동을 따라할 수 있도록 한다^[8]. 이 때, 매초마다 트레이너와 트레이너의 자세 비교 데이터를 조회하여 화면에 그림 17과 같이 감점되는 점수와 피드백 메시지를 출력한다. 또한 현재 함께 운동하고 있는 모든 사용자의 점수를 바탕으로 순위를 계산하여 사용자의 운동 상태에 따라 변동되는 점수와 순위를 제공한다.

운동 중 실시간으로 제공되는 피드백은 같은 자세일 경우 “훌륭해요”, 조금 차이가 있을 경우 “좋아요”, 차이가 많이 날 경우 “분발해요”로 나누어 사용자가 자세를 올바르게 교정할 수 있도록 한다.

운동 자세 비교 알고리즘을 거쳐 반환되는 자세 차이의 정도를 표 3과 같이 웹에서 총 4개의 범위로 나누고 점수 감점과 함께 피드백을 제공하여 운동하는 동안 사용자가 자세를 올바르게 교정할 수 있도록 한다.



그림 17. 트레이너 모드 시 트레이너 화면
Fig. 17. Trainee screen in trainer mode

표 3. 트레이너와 트레이너의 반환값 차이에 따른 피드백과 감점 점수 표
Table. 3. Feedback and deduction score based on return value difference between trainer and trainee

Return value difference (X)	Feedback	Deduction score
X = 0	훌륭해요	0
X = 1	좋아요	
2 ≤ X ≤ 4	분발해요	1
5 ≤ X ≤ 7	더 분발해요	2

3.4 결과(실험)

트레이너와 트레이너의 자세 유사도에 따라 올바르게 시스템이 피드백을 제공하는지, 그리고 점수 감점을 제대로 하는지 실험을 통해 확인하였다.

그림 18에서 트레이너와 트레이너는 동일한 자세를 취하고 있어 “좋아요”라는 피드백과 함께 아무런 점수 감점이 없는 것을 확인할 수 있다. 반면 그림 19에서 트레이너와 트레이너가 다른 자세를 취했을 때 “분발해요”라는 피드백과 함께 이에 상응하는 점수 또한 감점되고 있음을 확인할 수 있다.

다수 사용자에 대한 실시간 서비스를 위해 데이터 취합, 관리 등에 필요한 시간 지연을 측정하였다. 그림 20은 실시간 서비스에서 실제 시간 지연에 대한 데이터를 그래프로 나타낸 것이다.

100개의 데이터에 대하여, 웨어러블 기기에서 측정된 값이 스마트폰 어플리케이션에 도달할 때, 스마트폰 어플리케이션에서 서버에 전송될 때, 서버에서 웹

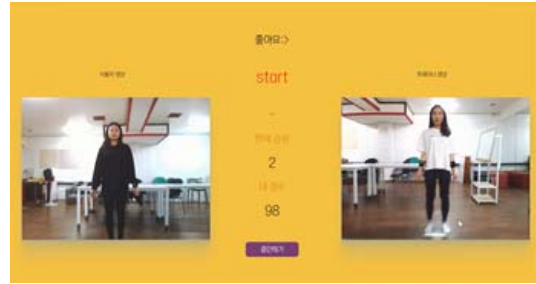


그림 18. 자세가 일치하는 트레이너와 트레이너
Fig. 18. Trainer and Trainee with matching posture

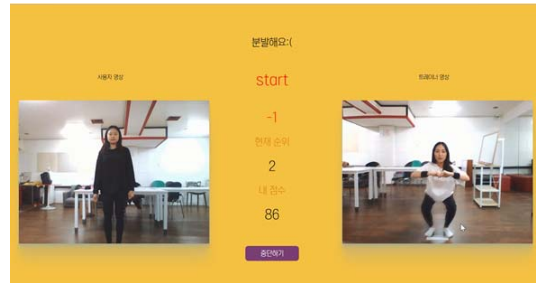


그림 19. 자세가 불일치하는 트레이너와 트레이너
Fig. 19. Trainer and Trainee with mismatching posture

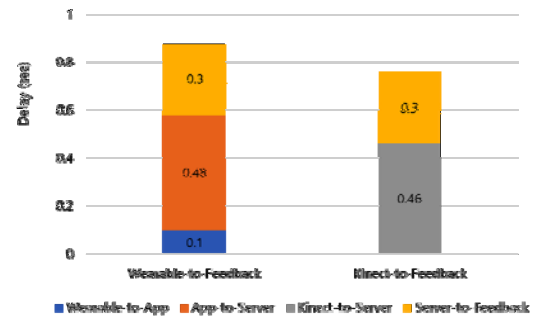


그림 20. 센서로부터 피드백까지 지연되는 평균 시간
Fig. 20. Time delay from sensor to feedback

으로 피드백을 줄 때의 평균 시간 지연은 각각 0.1초, 0.48초, 0.3초로 측정되었다. 또한, 키넥트 기기에서 측정된 값이 서버로 도달할 때, 서버에서 웹으로 피드백을 줄 때의 평균 시간 지연은 각각 0.46초, 0.3초로 측정되었다. 따라서, 웨어러블 기기 측정에서부터 동작 피드백을 주기까지 평균 0.88초, 키넥트 기기에서 동작 피드백을 주기까지 평균 0.76초가 소요되어, 1초가 안 되는 시간 지연 성능으로 실시간 동작 피드백을 주고 있음을 확인하였다.

이와 같이, 본 시스템에서 키넥트 센서와 웨어러블 기기에서 실시간으로 측정값을 받아와 서버에서 종합,

비교, 분석하여 다중 사용자 각각에 맞는 피드백을 제공하고 트레이너를 기준으로 올바른 자세를 유도함으로써 정확성과 활용도가 높은 서비스를 제공함을 실험을 통해 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 웨어러블 디바이스와 키넥트 센서에서 수집한 사용자별 데이터를 기반으로 사용자들의 자세를 비교하여 웹을 통해 운동 자세 교정 서비스를 제공하는 시스템을 제안하였다. 본 논문은 두 개의 센서를 상호보완적으로 활용하여 보다 정확하면서 제한 없는 운동을 제공하고, 다수의 사용자가 실시간으로 통신하며 운동할 수 있어 기존의 연구에 비하여 실질적이고 활용적인 헬스케어 서비스를 제공한다는 점에 의의가 있다.

향후 두 센서에서 수집한 데이터들을 좀 더 세부적으로 분류하고, 각 디바이스들의 인식률 및 정확도 등에 대한 허용오차와 사용자 서비스 차원의 허용오차를 비교할 예정이다. 또한, 웨어러블과 키넥트의 반영 비율에 있어 최적의 파라미터를 찾는 튜닝 과정을 진행하여 좀 더 전문적인 서비스를 제공할 수 있는 방법을 연구할 계획이다.

References

[1] A. Pantelopoulos and N. G. Bourbakis, "A survey on wearable sensor-based systems for health monitoring and prognosis," *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics, Part C*, vol. 40, no. 1, Jan. 2010.

[2] H. Kim, H. Kim, H. Chung, H. Cho, H. Suh, and H. Lee, "Wearable healthcare device using the blueinno and sensors," *Proc. KIICE Fall Congr. 2015*, pp. 488-491, Korea, Oct. 2015.

[3] X. Xu and R. W. McGorry, "The validity of the first and second generation microsoft kinect for identifying joint center locations during static postures," *Appl. Ergon.*, vol. 49, pp. 47-54, Jul. 2015.

[4] J. Kim, E. Lee, S. Chung, J. Han, H. Yeon Cho, and H. Lee, "Self-training healthcare system using multi-communication wearable devices," in *Proc. KIICE Korea Software*

Congr. 2017, pp. 1792-1794, Korea, Dec. 2017.

[5] W. Zhao, H. Feng, and R. Lun, "A kinect-based rehabilitation exercise monitoring and guidance system," in *Proc. 5th IEEE Int. Conf. Softw. Eng. and Serv. Sci.*, pp. 762-765, Beijing, China, Jun. 2014.

[6] V. Rajanna, P. Vo, J. Barth, M. Mjelde, T. Grey, C. Oduola, and T. Hammond, "Kinohaptics: An automated, wearable, haptic assisted, physio-therapeutic system for post-surgery rehabilitation and self-care," *J. Med. Syst.*, vol. 40, no. 3, pp. 1-12, Mar. 2016.

[7] D. Kim, H. Nam, S. Lee, Y. Haam, O-seok Seo, and H. Lee, "Multi-user home-training healthcare system using kinect sensor and wearable devices," in *Proc. KIICE Korea Softw. Congr. 2018*, pp. 2179-2181, Korea, Dec. 2018.

[8] WebRTC, *WebRTC samples multiple peer connection*(2015), Retrieved Jun. 2018, from <https://github.com/webrtc/samples/tree/gh-pages/src/content/peerconnection/multiple>.

김 다 원 (Da-won Kim)



2015년 3월~현재 : 이화여자대학교 컴퓨터공학과 학사과정 <관심분야> 무선 센서 네트워크, 이동 애드혹 네트워크, 네트워크 최적화, 임베디드 시스템

[ORCID:0000-0003-4111-1957]

남 희 조 (Hee-jo Nam)



2019년 2월 : 이화여자대학교 컴퓨터공학과 졸업 <관심분야> 무선 센서 네트워크, 바이오 인포매틱스, 자연어처리

[ORCID:0000-0001-6184-6737]

이 승 연 (Seung-yeon Lee)



2019년 2월 : 이화여자대학교
컴퓨터공학과 졸업
<관심분야> 알고리즘, 데이터
베이스, 무선 센서 네트워크
[ORCID:0000-0001-8469-8845]

서 오 석 (O-Seok Seo)



현재: Triple 재직 중
<관심분야> 서버, 데이터베이
스, 무선 센서 네트워크
[ORCID:0000-0002-8262-7178]

함 유 경 (You-kyung Haam)



2015년 3월~현재 : 이화여자대
학교 컴퓨터공학과 학사과정
<관심분야> 무선 센서 네트워
크, 이동 애드혹 네트워크,
네트워크 최적화, 임베디드
시스템
[ORCID:0000-0002-5266-0145]

이 형 준 (HyungJune Lee)



2001년 8월 : 서울대학교 전기
공학부 졸업
2006년 6월 : Stanford Univ.
전자공학과 석사
2010년 8월 : Stanford Univ.
전자공학과 박사
2012년 3월~현재 : 이화여자대
학교 컴퓨터공학과 부교수
<관심분야> 사물인터넷, 무선 애드혹 네트워크, 지
능형 네트워크, 임베디드 시스템
[ORCID:0000-0003-4655-4298]