

농구 학습을 위한 웨어러블 센서 기반의 동작 인식 기법*

이준서† · 박정현† · 이준형† · 장명호† · 김희주† · 송충건‡ · 유현창‡
† 대진고등학교 · ‡ 고려대학교 대학원 컴퓨터학과

A Gesture Recognition Mechanism Based on Wearable Sensors for Basketball Learning

Junseo Lee† · Junghyun Park† · Lee Joonhyung†
Myungho Jang† · Heeju Kim† · Chunggeon Song‡ · Heonchang Yu‡

† Daejin High School

‡ Dept. of Computer Science and Engineering, Korea University

요 약

대한민국의 대표적인 구기 종목 중 하나인 농구는 입문 시 기본 동작에 적응하고 기본 규칙을 이해하기 위해 많은 시간이 소비된다. 또한 기존 농구 학습 분야에서 평가 수행 시 평가 대상자의 실력을 정량적으로 도출하는 것이 힘들어 중·고등학교 체육교과의 수행평가에서 객관적인 평가가 이루어지기 힘들었다. 본 연구에서는 이러한 농구 학습의 한계점을 해결하기 위하여 3축 자이로 센서와 스위치가 적용된 웨어러블 시스템을 기반으로 농구 학습을 도와주는 동작인식 기법을 제안한다. 그리고 실험을 통하여 제안하는 동작인식 기법의 성능을 검증하였으며, 생활체육 활성화를 통한 국민 건강증진과 객관적인 수행평가 실현에 기여할 것으로 기대된다.

1. 서 론

최근 오픈소스 하드웨어 활용의 증가와 센서 기술의 발전으로 메이커 문화가 보편화되고 있다[1, 2]. 또한 IT 기술이 다양한 분야의 문제를 해결하는 목적으로 활용되면서 비전문가의 창의적인 아이디어가 시제품까지 발전하는 사례가 늘고 있다. 특히 스포츠와 건강관리 분야에서 오픈소스 하드웨어와 센서를 활용하여 학습 효과를 향상 시키거나 가치 있는 정보를 도출하는 많은 연구가 진행되고 있다[3, 4, 5, 6, 7]. 대한민국의 대표적인 구기 종목 중 하나인 농구도 초기 입문시 IT 기술과 센서를 활용하여 기존 농구 학습 분야의 한계점들을 개선할 수 있다.

이러한 농구 학습에 입문할 시 기본 동작에 적응하고 기본 규칙을 이해하기 위해 많은 시간이 소비된다. 또한 입문자를 평가할 시 실력에 대한 정량적인 평가가 진행되는 것이 힘들다. 따라서 기존 농구 학습에서는 체육교과의 실기 시험을 진행할 시 객관적인 평가가 어려웠다.

본 연구에서는 농구 입문자를 대상으로 농구의 기본

규칙에 맞는 동작에 적응하고 객관적인 평가를 가능하게 하는 동작인식 기법을 제안한다. 제안하는 동작인식 기법에서는 3축 자이로 센서와 1개의 스위치를 기반으로 데이터 글로벌 형태의 시스템을 구축하고 실시간으로 생성되는 데이터를 가공하여 동작인식이 이루어진다.

본문의 2장에서는 웨어러블 센서를 이용하여 다양한 문제를 해결하는 관련 연구를 소개하고 3장에서는 제안하는 동작 인식 기법을 소개한다. 4장에서는 제안하는 동작 인식 기법의 성능을 검증하기 위한 실험을 설명하며, 마지막으로 5장에서는 결론을 제시한다.

2. 관련 연구

2.1 골프자세 훈련용 웨어러블 디바이스

이은아와 김종준은 네오프렌 소재로 제작된 웨어러블 디바이스를 통해 골프자세 훈련을 도와주는 연구를 진행하였다[4]. 다양한 소재위에 도전사를 봉제한 후 변형을 비교 분석하였으며, 도전사가 섬유에서 효과적으로 사용될 수 있는 방법을 연구하였다.

* "본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥 센터의 SW중심대학지원사업의 연구결과로 수행되었음"(2015-0-00936)

2.2 압력센서 기반의 자세 교정 시스템

신유정 외 3명은 아두이노와 스마트폰 앱을 통해 올바르게 못한 자세를 인지하고 이를 개선하기 위한 시스템을 개발하였다[5]. 양쪽 엉덩이 관절의 압력을 측정하여 안드로이드 어플리케이션에 송신되는 단계와 안드로이드 앱의 연산을 통해 올바르게 않은 자세를 가시화하여 출력하는 단계로 나누어진다.

3. 제안하는 동작 인식 기법 설계

3.1 데이터 모델

본 연구에서 제안하는 농구 학습을 위한 동작인식 기법을 구체화하기 위하여 스위치와 3축 자이로 센서의 데이터와 알고리즘이 동작하기 위해 필요한 임계치를 사용하는 데이터 모델을 제안한다. 제안하는 모델의 구성요소는 <표 1>에서 나타내고 있다.

<표 1> 기호 설명

Symbol	Representation
v^s	스위치의 활성 여부 데이터($v^s \in \{0, 1\}$)
v_x^g	자이로 센서의 x좌표 데이터
v_y^g	자이로 센서의 y좌표 데이터
v_z^g	자이로 센서의 z좌표 데이터
α	가속도 세기에 대한 임계값
β	방향이 벗어나는 정도에 대한 임계값

H^s 는 v^s 의 시간에 따른 데이터 변화를 누적 저장하는 집합이며, H^g 는 v^g 의 데이터 변화를 누적 저장하는 집합이다. H^s 와 H^g 의 크기는 이를 활용하는 어플리케이션의 특징을 고려하여 충분히 큰 크기로 정하고 loop()가 진행되면서 지속적으로 업데이트 된다.

$avg(v, n)$ 는 v 의 H 집합에서 최근 n 개 데이터의 평균을 구하는 함수이며, $abs(v)$ 는 v 의 절대값을 구하는 함수이다. 그리고 $isWork(H^g)$ 는 자이로센서의 히스토리 정보들을 기반으로 현재 걷고 있는지 여부를 검사하는 함수이며, $isGrp(H^s)$ 는 H^s 에 저장된 데이터가 보이는 양상을 확인하여 공을 손으로 잡고 있는지 여부를 검사하는 함수이다. 마지막으로 $isDribble(H^s)$ 은 H^s 에 저장된 데이터를 기반으로 드리블 여부를 검사한다.

3.2 슛 동작의 정확도 인식 기법

농구에서 슛 동작을 수행할 때 팔이 좌우로 흔들릴 경우 원하는 방향으로 공을 던질 수 없다. 무의식적인

습관이나 팔 힘의 부족으로 팔이 정 방향에서 벗어날 가능성이 있다. 이번 장에서는 슛 동작을 흔들림 없이 수직으로 진행할 수 있도록 유도하는 정확도 인식 기법을 제시한다. 제안하는 기법의 동작 방식은 알고리즘 1에서 자세하게 나타내고 있다.

Algorithm 1 Pseudo code for shooting recognition

```

1 : while
2 :    $ad_y^g \leftarrow avg(v_y^g, 10)$ 
3 :    $ad_x^g \leftarrow avg(v_x^g, 10)$ 
4 :    $ad_z^g \leftarrow avg(v_z^g, 10)$ 
5 :   if  $ad_y^g > \alpha$  then
6 :     if  $abs(ad_x^g) > \beta$  or  $abs(ad_z^g) > \beta$  then
7 :       Output a warning via LED;
8 :     end if
9 :   end if
10: end while
    
```

$2^{\sim}3$ 은 유동적으로 변하는 자이로 센서의 데이터에 대한 평균을 구하여 센서의 노이즈를 최소화 하는 과정이다. 그리고 5,6 과정을 통하여 가속도 세기에 대한 임계치와 슛의 방향의 벗어나는 정도에 대한 임계치의 초과 여부를 검사한다. 만약 두 임계치를 모두 초과한 경우 LED를 통해 경고를 출력하여 올바른 슛 자세를 유도한다. β 값을 통하여 난이도를 조절할 수 있다.

3.3 워킹 동작 인식

농구에서 공을 잡고 드리블하지 않은 상태로 세 걸음 이상 진행한 경우 이를 반칙으로 간주하고 워킹으로 부른다. 이번 장에서는 v^s 데이터를 기반으로 드리블 중 공을 잡은 여부를 인지하고 $isWork(H^g)$ 함수를 이용하여 걸음 수를 측정하여 워킹 여부를 식별하는 동작 인식 기법을 제안한다. 제안하는 기법의 동작 방식은 알고리즘 2에서 자세하게 나타내고 있다.

Algorithm 2 Pseudo code for working recognition

```

1 :  $wcnt \leftarrow 0$ ;
2 : while
3 :   if  $isGrp(H^s)$  then
4 :     if  $isWork(H^g)$  then
5 :       Increase  $wcnt$ ;
6 :     else if  $isWork(H^g)$  and  $isDribble(H^s)$  then
7 :        $wcnt \leftarrow 0$ ;
8 :     end if
9 :     if  $wcnt \geq 3$  then
10:      Output a warning via LED;
11:       $wcnt \leftarrow 0$ ;
12:    end if
13:   else
14:      $wcnt \leftarrow 0$ ;
15:   end if
16: end while
    
```

1의 $wcnt$ 는 특정 시점에 사용자의 걸음 수를 저장하는 변수이다. 그리고 3의 $isGrap(H^s)$ 함수를 통하여 손으로 공을 잡은 상황을 인지하고 해당 상황에서만 4~12의 알고리즘 동작한다. 4는 $isWork(H^g)$ 를 통하여 공을 잡은 상황에서 이동하는 걸음수를 저장하는 동작을 수행하며, 6에서는 드리블 수행 시 다시 $wcnt$ 를 초기화 한다. 최종적으로 손으로 공을 잡고 드리블을 하지 않은 상황에서 3걸음을 걸어난 경우 워킹으로 인식되고 LED를 통하여 경고를 출력하게 된다.

3.4 더블 동작 인식

농구에서 공을 드리블하던 중 공을 두손으로 잡아 잠시 멈춘 후 패스하지 않고 다시 드리블한 경우 이를 반칙으로 간주하고 더블이라고 부른다. v^s 가 변화하는 패턴을 기반으로 공을 잡은 상황과 드리블을 수행한 상황을 인식하여 더블 상황을 판단한다. 제안하는 기법의 동작 방식은 알고리즘 3에서 자세하게 나타내고 있다.

Algorithm 3 Pseudo code for double recognition

```

1 :  $gstate \leftarrow False$ ;
2 : while
3 :   if  $gstate$  then
4 :     if  $isDribble(H^s)$  then
5 :       Output a warning via LED;
6 :     else
7 :        $gstate \leftarrow False$ ;
8 :     end if
9 :   else
10:    if  $isGrap(H^s)$  then
11:       $gstate \leftarrow True$ ;
12:    end if
13:  end while

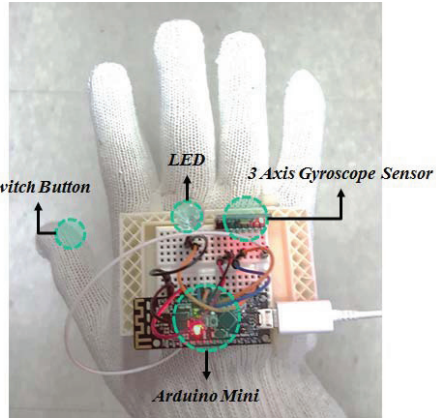
```

1의 $gstate$ 는 드리블 중 손으로 공을 잡은 상황을 나타낸다. $gstate$ 는 10-12의 $isGrap(H^s)$ 함수의 결과에 따라 변하며, True인 경우 3이 동작한다. 4는 공을 손으로 잡은 상태에서 드리블을 수행한 경우로 더블에 해당되며, LED를 통하여 경고를 출력한다. 6은 나머지 상황을 나타내고 $gstate$ 를 False로 초기화한다.

4. 제안하는 동작 인식 기법 구현

4.1 시스템 구성

제안하는 농구학습을 위한 동작 인식 기법의 성능을 확인하기 위하여 오픈소스 하드웨어인 아두이노를 기반으로 프로토타입 시스템을 개발하였다. [그림 1]은 실제 시스템이 개발된 결과물과 구성요소에 대한 설명을 나타내고 있다.



[그림 1] 프로토타입 시스템 구성

프로토타입 시스템의 MCU는 Arduino Mini 보드를 활용하였으며 3축 자이로 센서는 GY-521을 사용하였다. 그리고 LED를 연결하여 특정 상황을 출력하고 스위치 버튼을 엄지 아래에 연결하여 공과의 접촉을 센싱한다.

4.2 성능 분석

제안하는 시스템의 성능을 확인하기 위하여 4명의 남성을 대상으로 실험을 수행하였다. 슛 동작 인식은 학습의 효과를 검증하기 위한 실험을 수행하였고 워킹과 더블 동작은 인식 성공률을 도출하기 위한 실험을 수행하였다. 슛 동작 인식은 50회 연습 후 자유투 30회 수행 결과 전체적으로 40% 실력향상을 보였다. 그리고 워킹 동작의 경우 70%의 성공률을 보였으며, 더블 동작의 경우 86%의 성공률을 보였다. 결과적으로 슛 동작의 경우 만족할만한 학습 효과를 보였으나, 워킹과 더블 동작은 상용화의 가능성을 확인할 수 있는 최소의 성능을 보였다. 이러한 단점은 $isWork(H^g)$, $isGrap(H^s)$, $isDribble(H^s)$ 함수의 구체화를 통하여 성공률을 높여 개선할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 농구 학습의 효율 향상을 위한 3축 자이로 센서와 스위치 기반의 동작 인식 기법을 제안하였다. 오픈소스 하드웨어인 아두이노 보드를 활용하여 장갑형태의 프로토타입 시스템을 개발하였으며, 동작 인식 기법을 적용하여 상용화 가능성을 확인하였다. 연구 결과물은 생활체육 활성화를 통한 국민 건강 증진과 객관적인 수행평가 실현에 기여할 것으로 기대된다. 향후 연구에서는 알고리즘의 정확도 향상을 위한 연구를 진행할 것이며, 성능 분석의 객관성을 높이기 위하여 실험 대상의 규모와 범위를 확대할 것이다. 또한 웨어러블 시스템 착용의 편의성을 향상시키기 위

한 연구를 진행할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] **Arduino**, <https://www.arduino.cc>
- [2] **Raspberry Pi**, <https://www.raspberrypi.org>
- [3] 김윤경 · 김성목 · 노형석 · 조위덕 (2011), 3축 가속도 센서를 이용한 실시간 걸음 수 검출 알고리즘, **한국인터넷정보학회논문지**, 12(3), 17-26.
- [4] 이은아 · 김종준 (2014), 네오프렌(Neoprene) 소재로 구성된 골프자세 훈련용 웨어러블 디바이스의 실용적 기능에 관한 연구: Flex Sensor 및 아두이노를 장착한 보조밴드를 중심으로, **한국패션비즈니스학회**, 18(4), 1-14.
- [5] 신유정 · 오경희 · 반효경 · 강효정 (2014), 아두이노와 압력센서를 이용한 자세 교정 유도 시스템, **한국통신학회 종합 학술 발표회 논문집**, 262-263.
- [6] 신의섭 · 김명국 · 이창욱 · 강행봉 (2017), 다중 웨어러블 센서를 활용한 운전자 상태 인식, **정보처리학회지**, 6(6), 271-280.
- [7] 이재현 · 지영준 · 배지은 · 김하선 · 김영훈 (2016), 웨어러블 센서를 이용한 일상생활중 머리-목 자세 측정 시스템, **대한의용생체공학회**, 37(3), 112-118.