

스마트 밴드 기반 야구 선수 활동량 측정 솔루션 개발

2017. 01. 26

(주)직토

문화체육관광부

2. 제출문

제 출 문

문화체육관광부 장관 귀하

이 보고서를 “ 스마트 밴드 기반 야구 선수 활동량 측정 솔루션 개발 ” 과제의 보고서로 제출합니다.

2017년 1월 26일

주관연구기관명 : (주)직토

주관연구책임자 : 김성현

연 구 원 : 이기광

연 구 원 :

연 구 원 :

참여기업명 :

대표자 :

위탁연구기관명 : 국민대학교

대표자 : 유지수

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제번호	s0720105082015	지원분야	스포츠과학	기술분야	L0201, G0606	
과 제 명	스마트 밴드 기반 야구 선수 활동량 측정 솔루션 개발					
연구기간	2015년 12월 29일 ~ 2016년 12월 28일					
연구책임자	김성현	참여연구원수	전 체 : 10명 내 부 : 6명 외 부 : 4명	연구개발비	정 부: 166,000천원 기 업: 56,000천원 합 계: 222,000천원	
주관연구기관명 (소속부서명)	(주)직토 선행기술연구소		참여기업명 (대표자)			
위탁연구기관명 (소속부서명)	국민대학교 운동역학실		연구책임자	이기광		
요약					보고서면수	101
<div>- 기존 목표였던 피칭/배팅 모션의 기본적인 횡수 분석을 완료한 후에도 지속적인 연구를 통하여 향후 심화 기술에도 적용할 수 있는 기반을 마련하였음</div> <div>- 단순히 실험실에 있는 연구 장비를 가지고 분석할 수 있는 환경을 구축한 것이 아니라, 요즘 대두되고 있는 웨어러블 디바이스에 적용하여, 고가의 장비가 없어도 스포츠 현장에서 분석할 수 있도록 저변을 확대하였음</div> <div>- 또한 양산 전 단계까지 필요한 대부분의 과정들을 수행하여 실제 상용화 시기를 앞당김</div> <div>- 계획하였던 특허 2건 출원에서 국내 1건 등록 유럽 1건 출원으로 초과달성하였음</div> <div>- 향후에는 더 다양한 계층의 야구선수 (숙련도, 별, 연령대, 투구 자세, 국적) 데이터를 수집하여 글로벌 경쟁력이 있는 제품을 개발할 수 있도록 추가 데이터베이스 구축 및 기술 개발을 지속할 계획임</div>						
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	야구, 웨어러블, 부상방지, 투구, 배팅				
	영 어	Baseball, Wearable, Injury prevention, Pitching, Batting				

요 약 문

I. 제목

스마트 밴드 기반 야구 선수 활동량 측정 솔루션 개발

II. 기술개발의 목적 및 필요성

야구 선수 및 야구 마니아들의 활동량을 측정하기 위해 필요한 설계 요소를 도출하고 제작된 스마트 밴드를 사용하여 투구 및 배팅 횟수 등 다양한 데이터를 측정하여 무리한 연습을 막고 연습량을 리포트하여 부상 방지 및 효과적인 연습을 이룰 수 있는 솔루션을 개발하는 것을 목적으로 함.

III. 기술개발의 내용 및 방법

- 1) 야구 동작의 3D 모션 분석
- 2) 실제 가속도계 데이터 분석
- 3) 3D 모션 분석과 IMU센서의 가속도계 데이터 비교 분석
- 4) 웨어러블 디바이스용 회로 개발
- 5) 야구모션 분석 모바일 애플리케이션 설계 및 개발
- 6) 야구모션 데이터 저장소 설계 및 개발
- 7) 개발 결과물의 검증 및 테스트

IV. 연구개발결과

- 1) 야구 모션의 D/B화
- 2) 각 Event의 모션 데이터 분석 및 분류
- 3) 야구 모션 분석을 통한 검출 알고리즘 개발
- 4) 야구 활동 모니터링 웨어러블 & 모바일 애플리케이션
- 5) 야구 활동량 데이터 관리 콘솔

V. 연구개발결과의 활용계획

정량적으로 관리되고 있지 않은 야구 선수들의 활동량을 정량화하고 이를 모니터링 할 수 있는 관리 도구를 제공함으로 청소년, 아마추어, 사회인, 프로 야구선수들의 과사용으

로 인한 부상을 예방하는 부상방지 프로그램에 활용. 시범적으로 중고교 야구부와 협의하여 어린 선수들의 훈련량을 관리하고 효과적인 훈련에 적용할 계획.

5. 영문 요약서

S U M M A R Y

I. Title of the project

Developing of monitoring platform of baseball activity levels based on wearable wristband

II. Objectives of the project

This purpose of this report is to describe the effective methods of measuring and monitoring baseball player's activity levels from wearable wristband. To monitor excessive amount of baseball activity that causes the damage will prevent the injuries. In order to prevent the injuries, smart band is designed to measure and analyze baseball activities. Finally, the result is consist of wearable bands, motion analyzing algorithms, mobile application to visualize the data, and database storing and analyzing data. With the resulting product less baseball players will suffer the injuries and more effective training could be achieved.

III. Research Contents

- 1) 3D motion analysis of baseball events
- 2) Data analysis of sensor data
- 3) Comparison of 3D motion data and IMU sensor data
- 4) Developing wearable hardware: circuit design
- 5) Developing software: Mobile application
- 6) Developing software: database and server
- 7) Test and certification

IV. Results

- 1) Developing baseball motion database
- 2) Data analysis and classification of each baseball motion event
- 3) Developing detecting and classification algorithms based on baseball motion analysis
- 4) Wearable device, that monitors baseball activities, and mobile application
- 5) Management console of baseball activity data

V. Applications and plan of results

Providing monitoring and management methods of quantified baseball players activity to baseball players such as youth, amateur, and even professional players, the injury prevention programmes are to be utilized. An example of business development of this result is to provide training amount management tools to high school players helping minimizing their sports injuries from overuse.

6. 영문 목차

CONTENTS

I . Title of the project	7
II. Objectives of the project	10
III. Research Contents.....	18
IV. Results.....	77
V. Applications and plan of results	82

7. 목 차

I . 기술개발과제의 개요	7
II. 국내/외 기술 개발 현황	10
III. 기술개발 내용, 방법 및 결과	18

IV. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	77
V. 연구개발결과의 활용계획	82

제1장 기술개발과제의 개요

제1절 기술개발 목표

1. 대상기술의 개요

전 세계적으로 손목 밴드, 스마트 의류, 가슴 스트랩(Chest Strap), 스포츠 시계, 기타 피트니스 활동 모니터기기를 포괄하는 피트니스 웨어러블의 인기는 계속해서 높아지고 있음. 가트너는 2016년 전세계 웨어러블 기기 판매량이 2015년 2억 3천 200만대에서 18.4% 증가한 2억 7천 460만대에 이를 것으로 전망했음. (2016년 2월 가트너 뉴스룸) 2016년 웨어러블 기기 매출은 287억 달러를 기록할 것으로 전망했음.



2. 기술개발 목표

야구선수 및 야구 매니아들의 활동량을 측정하기 위해 필요한 설계 요소를 도출하고 제작된 웨어러블 밴드를 사용하여 투구 수, 배팅 야구선수 및 야구 매니아들의 활동량을 측정하기 위해 필요한 설계 요소를 도출하고 제작된 웨어러블 밴드를 사용하여 투구 수, 배팅 속도 및 횟수, 최대속도 그리고 칼로리 소모량 등을 측정하여 무리한 연습을 막고 연습량을 리포트하여 부상 방지 및 효과적인 연습을 이룰 수 있는 어플리케이션을 개발하는데 목표가 있음.

3. 기술개발의 필요성

(1) 과사용에 따른 부상방지 관점

- 프로야구 선수들은 과도한 **반복훈련**으로 인해 **과사용성 상해**가 매우 빈번하게 발생
- 야구 선수의 부상 중 상체부위의 상해는 등, 어깨, 옆구리, 팔꿈치, 손목에 이르기까지 다양 [약 75%는 회전근개 건염 부상]
- 시즌 내내 선수들의 개인과 팀의 성적에 대한 정신적, 육체적 중압감과 팬들에게 좋은 경기를 보여주기 위한 것, 그리고 과열된 경쟁구도로 인해 상해의 위험성이 높음
- 운동선수에게 있어 상해는 컨디션의 난조와 경기력의 저하는 물론 선수 생명까지 위협할 수 있는 가장 큰 위험요인
- 야구는 빠른 볼과 다양한 변화구로 성공적인 피칭을 위하여 **과학적인 트레이닝방법**과 **스포츠 손상과 부상방지**를 위한 노력이 필요
- 야구 경기에서 상해가 발생하는 상황은 피칭, 배팅으로 나누어 생각해 볼 수 있음
- 투수의 경우 주로 장시간의 **반복적인 피칭**으로 인해 신체 곳곳에 발생하는 **미세손상이 누적**되어 발생되며, 어린 선수들의 경우에는 골격이 완성되지 않은 상태에서 무리하게 빠르거나 회전이 많은 볼을 던지려 하는 과정에서 골단부나 연부조직의 상해가 발생
- 배팅 시에는 상대 투수가 던진 볼이나 자신이 타격한 볼에 맞아서 발생하는 상해와 무리한 스윙동작으로 인해 상해가 발생
- 국내 아마추어 야구리그를 살펴보면, 신체적 균형이 두루 갖추어지지 않았음에 불구하고 청소년기에 하루 100개 이상의 투구를 실시하는 선수가 14%로 **무리한 투구를 하여 신체적 손상의 위험 증가**
- 한국 프로야구투수들의 부상 발생원인 및 분류에 관한 연구에서 잘못된 투구 동작이 45.2%, 과다피칭 27.4%, 오버 트레이닝 19.4%로, 전체 상해에서 과다피칭과 오버 트레이닝으로 인한 투수 부상이 50%이상 증가(남종철, 2002)



<손상환자의 주관절 x-ray(AP)>

(2) 경기력 향상의 관점

- 과학기술 발달과 함께 스포츠과학도 빠르게 성장하면서 역학적, 생리적, 심리적 등 다양한 연구를 통해 경기능력 향상을 위한 연구가 활발하게 진행
- 전문 체육뿐만 아니라 생활체육 동호인들의 경기력 향상에 대한 관심 고조 및 많은 시간과 고가의 장비에 대한 투자 증가
- 야구 선수들은 최상의 경기력 발휘 및 유지를 위해 상지 관절의 중요성이 부각
- 우수한 운동선수는 내적심상에 의존하는 반면, 비 우수 선수는 외적심상에 의존
- 목표달성을 위해 자신에 적합한 인지전략을 사용하여 계획하고 감시하여 자기 조절 학습을 통해 자기 점검과 자기평가를 유도하여 내적 심상에 의존할 수 있도록 유도
- 자기조절을 통한 운동행동의 의식적 제어를 통해 성공적인 운동수행을 지속할 수 있도록 유도하는 웨어러블 제작이 필요
- 자기통제 피드백 연구와 같이 학습자가 연습구조를 스스로 구성하여 학습의 동기수준을 증가시키고 나아가 경기력향상에 긍정적인 효과를 유도하는 웨어러블 제작이 필요

(3) 기술의 경제적 관점

- 한국 프로야구는 국내 4대 프로 스포츠 리그 중 하나로 2015년 1군 리그에 새롭게 창단된 구단이 합류하여 10구단 체제를 선보이며 질적, 양적 모두의 지속적인 발전을 거듭하고 있음(한국야구위원회).
- 한국 프로야구는 현재 한 시즌 당 최다 관중인 730만 명을 기록하며 하나의 문화로 자리 잡고 있음(KBO).
- 프로야구에 대한 관심은 지속적인 상승세를 보이고 있으며, 이러한 효과로 인해 야구 관련 장비 매출과 사회인 야구팀이 급속도로 증가하였음(박홍철, 2009).
- 2015년 기준 게임원 사이트에 등록된 야구리그는 393개 리그, 야구팀은 약 2만 1천 여개로 약 40만명 정도가 참여하고 있음. 등록 되지 않은 야구팀을 포함하면 더욱 많은 사람들이 사회인 야구를 즐기고 있음. 즉, 더 이상 야구가 관람만하는 스포츠가 아닌 직접 체험하는 생활스포츠로 자리 잡았다고 볼 수 있음(게임원, 2015).
- 야구인이 급증하면서 스포츠 용품 시장 또한 급격하게 성장하고 있음. 이마트의 경우 2013년 5월 야구용품 매출은 전년도 대비 약 7% 증가했음(이혜운, 2013).
- 사회인 야구단 리그 등 여러 대회 개최로 일명 마니아층이 형성되고 증가하고 있음. 이들은 강도 높은 훈련이나 프로 선수와 같은 고가의 용품들을 구매하는 등 친목도모, 취미 생활뿐만 아니라 경기력 향상에 대한 관심이 높음.

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 시장현황

1. 웨어러블 시장현황

- 가. [스포츠비전 2018]에서 생활체육 참여율 60%달성이라는 정책 목표를 제시한 바 있으며 이를 실현하기 위해 다양한 노력을 기울이고 있으며 국민들의 건강에 대한 체감이 높아지면서 **건강에 관련된 웨어러블 산업의 비중이 증가**
- 나. 미국의 세계미래학회에서도 2010년까지의 10대 미래기술의 하나로 컴퓨터 건강관리(Computerized Health Care)를 선정하여 이의 중요성을 강조
- 다. 대표적으로 유헬스케어 서비스를 통해 고도의 USN과 첨단바이오 센서를 기반으로 인간의 건강상태를 실시간으로 모니터링하며, 질병진단 및 간단한 처방 등의 의료 서비스를 제공할 수 있게 하는 **고도화된 맞춤형** 의료 서비스 추진

2. 스포츠 웨어러블 사용 사례

- 가. 아디다스 **스마트볼**은 IMU(Inertia Measurement Unit)센서를 사용하여 축구공의 속도, 스핀, 궤적 및 임팩트 지점 등의 정보를 스마트기기에 제공함으로써 셀프 코칭 및 효율적인 훈련 여건 마련
- 나. The 94Fifty 사의 **Smart Sensor Basketball**은 공의 바운스, 슈팅 속도/각도, 회전 정도, 볼 컨트롤 및 드리블 패턴 등의 정보를 통하여 연습과 시합상황에서 즉각적인 피드백 제공
- 다. Zepp Lab 은 \$150 가격의 웨어러블 센서와 야구, 골프, 테니스 등 자세가 중요한 구기 운동별 스윙 분석 프로그램으로 아마추어 동호인들의 자세교정에 도움을 주고 있음. 이 솔루션은 모션 센서와 함께 실시간으로 데이터 수집하여 연산할 수 있는 모바일 어플 제공
- 라. X2 BIOSYSTEMS는 최근 미국 프로 풋볼리그인 NFL의 32개 팀에서 뇌진탕으로 인한 경기 부상 정도 및 경기력 영향 등을 측정할 수 있는 웨어러블 센서와 분석 프로그램을 모바일 앱을 제공하며 파일럿 프로그램을 운영
- 마. 현재 대부분의 웨어러블은 심박수, GPS를 이용한 위치정보, 가속도계를 이용한 속도, 거리 등과 같은 기술 한정

제2절 연구 및 특허 동향

1. 국내 동향

- 인체의 외형이나 움직임을 인식하기 위한 측정기술 및 이를 구현한 연구들이 활발하게 이루어짐. 또한 손목착용형 스마트 기기들이 출시됨에 따라 기존 행위 인지 기술을 이에 접목시켜 다양한 행위의 도출이 가능해짐
- 현재까지 손목 가속도 데이터를 이용하여 보행, 운동, 재할, 제어 등의 다양한 분야에서 연구가 이루어짐. 그 중에서도 보행과 운동에 대한 연구가 활발히 진행됨. 하지만 연구범위가 다양한 종류의 패턴을 분류하는 것에 국한되어 한 종류의 모션에 대한 세부적인 분석기술이 부족하며, 손목착용형기기만을 이용한 모션분석 및 스포츠 종목 관련 연구는 미흡한 실정임

가. 연구 및 기술 동향

- (1) 관성센서 기반 모션인식을 위한 신호처리 방법에는 크게 정적, 동적인 동작에 대한 구분이 요구되며, 다음으로 각 모션에 대한 세부적인 관찰로 적절한 신호처리 방법을 적용시켜야 함. 기존 연구에서 모션 인식을 위해 주로 사용된 관성센서 데이터의 특징 및 추출방법은 아래와 같음

- SMA(Signal Magnitude Area)은 동작의 정지 상태와 활동을 구분하는 파라미터로써 1초간의 간격을 두고 가속도 x, y, z축의 적분의 합으로 식(1)로 정의

$$SMA(t) = \frac{1}{\tau} \left(\int_0^t |x(t)| + \int_0^t |y(t)| + \int_0^t |z(t)| \right) \quad (1)$$

- SVM(Signal Vector Magnitude)은 SVM 3축(x, y, z)의 모든 방향에서의 가속도벡터 값의 합으로서, 충격에 의한 비정상적인 피크(abnormal peak)를 검출하기 위한 방법으로 사용되며 식(2)로 정의됨

$$SVM(E) = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (2)$$

- 각도 변동성(degree of variability)을 측정하기 위해 각도정보가 요구됨. 중력가속도(g)를 기준으로 x축과 y축에 대한 센서의 각도를 구함. 아래의 식(3)에서 P(pitch)는 x에 대한 각도, Φ (roll)은 y에 대한 각도, θ (theta)는 z에 대한 각도를 의미함

$$\begin{aligned} P &= \arctan\left(\frac{x}{\sqrt{y^2 + z^2}}\right) \\ \Phi &= \arctan\left(\frac{y}{\sqrt{x^2 + z^2}}\right) \\ \theta &= \arctan\left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{z}\right) \end{aligned} \quad (3)$$

- x, y, z축 데이터에서 각 축 간의 상관관계 또한 특징으로 사용될 수 있음. XY, XZ, YZ 간의 상관관계를 나타내는 상관계수는 식(4)를 통해 도출됨

$$Corr(x_i, x_j) = \frac{Cov(x_i, x_j)}{\delta_i \delta_j}$$

$i, j = \text{each axis}, \delta = \text{Standard Deviation}$

- (2) 국내에서 가속도센서를 이용한 운동에 대한 모션인식 연구는 2000년도 초반부터 수행되어 왔음. 초기 연구는 보행의 종류에 따른 분석으로 서기, 앉기, 걷기, 달리기, 계단 오르기, 내려오기 등을 대상으로 하였으며, 추후 특징추출 기법 및 분류알고리즘의 개선으로 다양한 종류의 모션인식 관련연구가 수행되었음. 현재 각 동작 별 인식률을 도출하여 가능성을 평가하는 연구가 주를 이루고 있으며 이를 상용화하기 위한 시스템 개발 범위의 연구가 활

발합

- (3) Shimmer 웨어러블 센서를 손목에 착용하여 농구, 배드민턴, 테니스에 대한 분류 가능성을 판단하는 연구에서는 종목 별 세부 동작 인식률이 농구는 92 % 이상의 높은 인지율을 보이는 반면 테니스와 배드민턴의 세부 동작 인식률은 74~90 %로 상대적으로 낮은 인지율을 보였음. 하지만 농구, 배드민턴, 테니스에 대한 종목 간 인식률은 91.4~97.2 %의 높은 인지률을 보였음

C. M (%)	Basketball	Badminton	Tennis
Basketball	97.19	2.78	0
Badminton	2.24	91.38	5.19
Tennis	0.42	6.33	93.25

- (4) 또한 17개의 관성센서를 이용해 23개의 관절 데이터를 측정하는 연구에서는 골프 스윙 시 동작을 12단계로 나누어 관찰한 결과 육안으로 각 동작 별 특이점을 발견하였으며 단계 별 비교, 분석이 가능함을 확인함

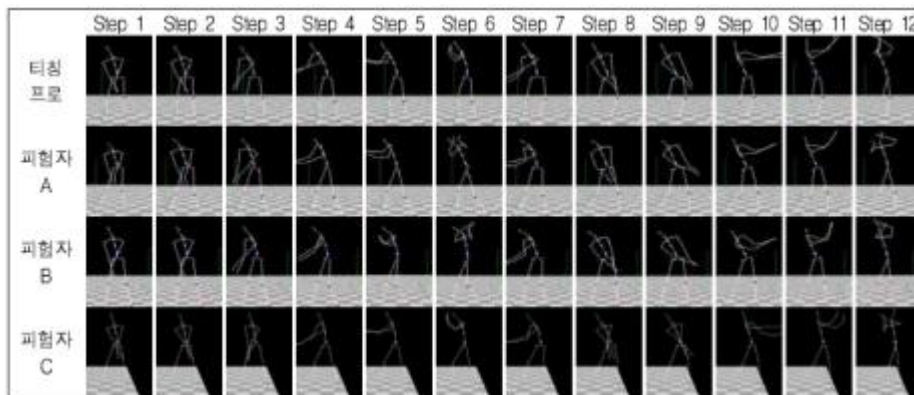



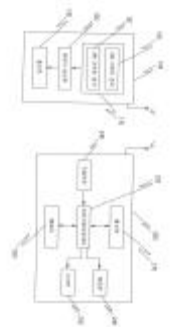
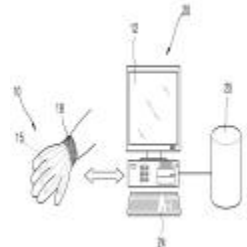
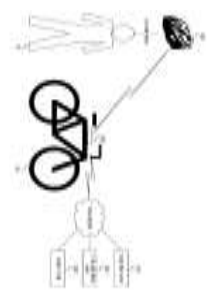
그림 6 티칭 프로와 일반인의 7번 아이언 풀 스윙 모션의 스켈레톤 뷰

나. 특허 동향

- (1) 현재 손목착용형 기기를 이용한 모션인식 관련 특허를 살펴보면 관성센서(Inertial sensor)를 이용한 각도 정보를 주요 지표로 사용함
- (2) 추출된 각도 정보를 이용하여 모션인식 적용 테마 및 분류 개수에 따라 알고리즘이 상이하며 무선통신 시스템을 기반으로 함
- (3) 관성센서를 이용한 모션인식 관련 특허는 재활, 시스템 제어, 스포츠 등의 분야 등이 있으며, 스포츠 중 스윙 모션이 포함된 골프에 관련된 특허가 주를 이룸
- (4) 본 연구에서 제안하는 야구 선수의 활동량 측정 솔루션 개발은 기존 국한된 운동 이외에 야구모션을 주제로 하며, 손목 밴드를 이용한 야구모션 분석 및 활동량 측정에 대한 국내 특허는 전무 하므로 특허 회피 및 등록 가능성이 높을 것으로 판단됨

2. 해외 동향

기존 보행분석 연구를 기반으로 관성센서가 적용되기 시작하여 현재 모션분석 및 인식에

출원인	특허번호	특허제목	내 용	대표그림
한국과학기술원	출원번호 1020070061606 (2007.06.22.) 등록번호 100856426 (2008.08.28.)	복수의 가속도 센서를 이용한 운동기구 궤적 측정장치 및 그 방법	운동기구에 복수의 가속도센서를 부착하여 운동 시 발생하는 궤적을 측정하는 장치 및 방법에 대한 내용	
노보스(주)	출원번호 2020050027756 (2006.09.27.) 등록번호 200417280 (2006.05.19)	스윙자세 교정 장치	3축 지자기 센서와 3축 가속도 센서로 구성된 센서를 손목에 착용하여 골프 스윙을 분석함 무선통신을 이용해 스윙을 실시간으로 모니터링하여 자세를 교정	
포항공과대학교	출원번호 1020030068328 (2003.10.01.) 공개번호 1020050032296 (2005.04.07)	지화 인식 방법 및 장치	각 손가락에 부착된 센서를 컨트롤 가능한 모듈을 손목에 부착하여 지화를 분석하여 이를 음성이나 문자로 변환해주는 기능을 가짐	
전북대학교 산학협력단	출원번호 1020120017628 (2012.02.21) 공개번호 1020130096085 (2013.08.29)	스포츠 헬멧	머리에 착용가능한 형태로 구현되어 내부에 가속도센서 및 생체신호 측정 모듈을 내장하여 운동량 관리, 응급 상황 등에 대처할 수 있도록 하는 시스템	



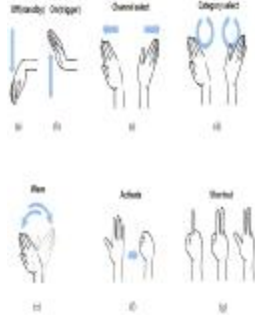
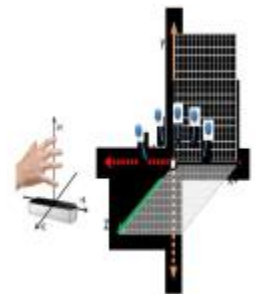
현대엠엔소프트 주식회사	출원번호 1020130116417 (2013.09.30.) 등록번호 101497829 (2015.02.24)	모션 입력을 이용하는 손목시계형 장치	손목에 착용하는 장치에 구비된 센서를 이용하여 손바닥 또는 손가락의 움직임을 감지하고 모션 정보를 손목형기기의 입력으로 사용함	
CJB 인터네셔널	출원번호 1020130033793 (2013.03.28.) 등록번호 101441495 (2014.09.11)	가속도센서를 가지는 손목시계형 스윙 측정기와 상기 스윙 측정기의 특징 움직임 추출을 이용한 자동구동방법	분리가 가능한 손목시계형 가속도 센서를 개발 가속도 값을 이용해 스윙이 발생하는 운동의 최대 힘과 운동의 템포를 추출	
주식회사 퓨전소프트	출원번호 1020150045659 (2015.03.31.) 등록번호 101654694 (2016.08.31)	손 제스처를 이용한 차량용 전자기기 제어 방법 및 이를 구현하는 모션 감지 장치	손목착용형 기기를 통해 손 제스처를 이용하여 차량용 전자기기 제어 방법 및 이를 구현하는 모션 감지 장치에 관한 내용	
동서대학교 산학협력단	출원번호 1020140093394 (2014.07.23.) 등록번호 101563298 (2015.10.20)	수부 모션인식 기반의 수부 재활치료 시스템	수부 재활치료가 필요한 환자를 대상으로 각각의 손가락에 가속도 센서를 부착하여 손 전체의 움직임을 모델링하여 게임을 통해 재활치료의 효용성을 높임	

표 3 관성센서기반 모션인식 관련 국내특허

대한 연구가 지속적으로 이루어짐. 웨어러블 시장이 확대되면서 최근 연구의 방향성 웨어러블 디바이스를 이용한 머신러닝 기반의 응용 논문들이 주를 이룸. 또한 국내에 비해 스포츠(수영, 테니스, 골프)에 적용된 연구사례들이 2000 년도 초반 이후 급격히 증가하는 실정임

가. 연구 및 기술 동향

- (1) 2015년 ‘Wearable Sports Technology - Market Landscape and Compute SoC Trends’ 리뷰 논문에서 현재 웨어러블 디바이스를 3가지 분류로 구분하였을 때 각 분류 별 소비자 관심도를 조사함. 결과로 미국과 유럽에서 각각 42 %, 36 %로 손목착용형 웨어러블 디바이스가 가장 관심도가 높은 것으로 나타났으며, 이는 웨어러블 디바이스 중 손목착용형이 가장 사용자친화적임을 알 수 있음



그림 2. 웨어러블 디바이스에 대한 소비자의 관심도

- (2) 관성센서 기반의 테니스 모션인식 시스템에 대한 연구는 테니스 라켓과 좌, 우 발등에 관성센서를 부착하여 실제 테니스 선수의 데이터를 기반으로 모션 인식을 적용함. SVM을 이용해 95 %의 정확도로 5가지 Shot 방법에 따른 모션인식의 가능성을 확인함

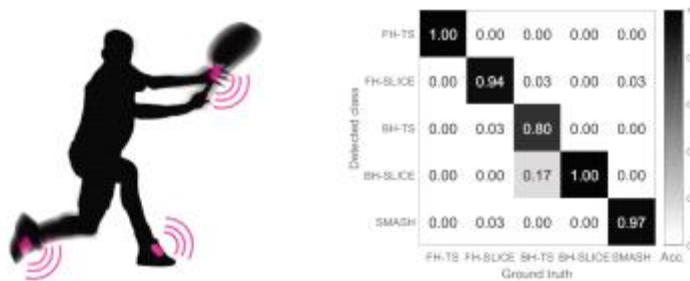
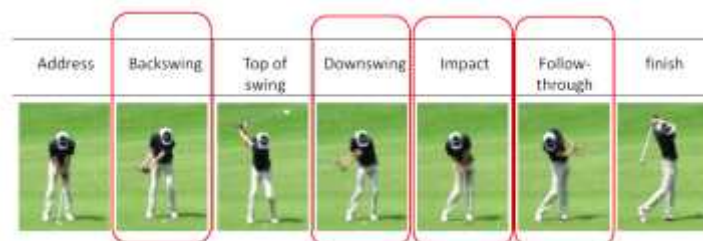


그림 3. IMU sensor 부착위치(좌) 및 Shot 방법에 따른 분류 결과(우)

- (3) 현재 웨어러블 디바이스에 내장된 가속도센서 신호처리기술 및 이른 구현한 기기 등이 존재하며 골프에 적용된 제품이 상용화 되어있음. 하지만 초보자에게 적절한 피드백을 주지 못하는 점을 개선하기 위해 골프스윙 시 선수와 일반인의 스윙 시 가속도 데이터를 비교분석 하였음. 그림 4에서 선수와 일반인의 스윙 시 가속도 데이터를 통해 골프 플레이어의 수준을 구별하는 데 유망하다는 것을 확인하였음.

숙련 된 플레이어는 백스윙에서 다운 스윙으로 부드럽게 전환하는 반면, 초보자는 전환 시 경직된 상태로 스윙하는 것과 동시에, 숙련 된 플레이어는 스윙 시 손목을 회전 시키지만 일반인은 손목 회전에 대한 가속도 변화가 관찰되지 않았음



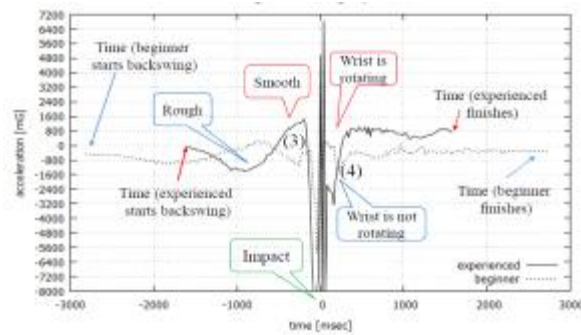


그림 4. 골프스윙 주기(상) 및 일반인과 선수의 손목 Y축데이터 비교(하)

- (4) 두 가지 종목(Rowing, Swimming)에 대해 가속도센서 기반 시스템을 개발 및 적용 시킴. 선수들의 성과 특성에 대한 훈련 및 정량적 평가를 목적으로 운동 시 발생하는 활동지표들을 추출하는 것이 목표임.

Rowing과 Swimming 시 발생하는 팔의 주기적 운동의 Reference로 영상을 촬영하여 판독 하였으며, 각 가속도 데이터의 Max, Min peak와 실제 모션의 matching point를 도출하였 음

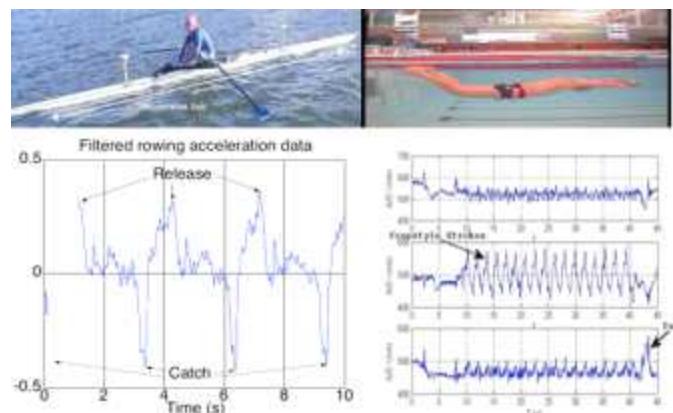


그림 5. Rowing acceleration data analysis(좌) 및 Swimming acceleration data analysis(우)

- (5) 다음은 2016년 연구로 최근 활발히 진행되는 머신러닝을 이용한 모션인 식에 대한 연구임. Cycling, Cross trainer, Rowing, Running, Squatting, Stepping, Walking, Weight lifting 등 8가지 행동에 대해 실험을 진행 하고 가속도 데이터 SVM 신호에서 time, frequency domain을 구분하 여 총 11가지 특징을 추출하였음. 템플릿 매칭 방법의 전반적인 분류 정확도는 통계적 분류기의 정확도보다 낮았으며, cross trainer 및 rowing 활동을 분류 시 정확성이 떨어짐을 확인.

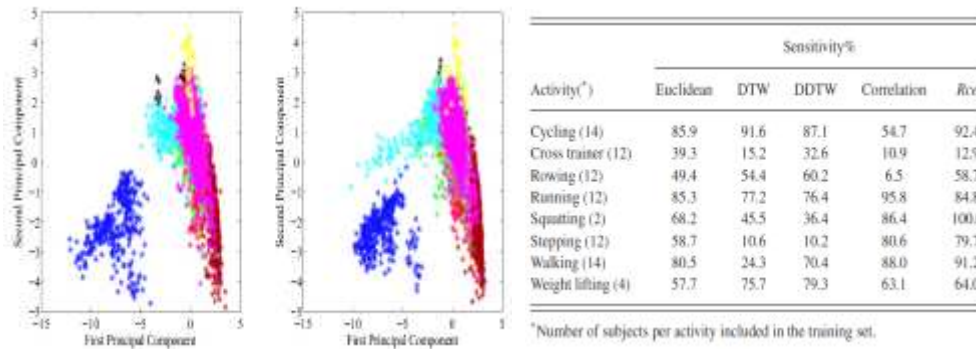


그림 5. 행동 별 Training set, Test set 분포도(좌) 행동 별 분류기 성능 결과(우)

나. 특허 동향

- (1) 손목 가속도를 이용한 재활, 지화, 제어 등의 다양한 접근방식을 나타내는 국내 특허동향에 반해, 해외특허는 스포츠에 적용된 사례가 다수임
- (2) 주로 인체에 착용하는 웨어러블형 디바이스가 아닌 스포츠 장비(골프 클럽, 야구 배트, 스키, 공)에 기기를 부착하여 시스템을 구성함
- (3) 측정 지표로는 심박수, 운동 시 발생하는 궤적 정보, 위치 정보 등이 있으며, 한 종목에 대한 집중 분석 시스템이 아닌 다양한 종목의 적용가능성을 열어 특허청구 범위를 넓힘
- (4) 야구 모션 분석에 특화된 본 과제를 통해 가속도 데이터를 이용한 신호처리 알고리즘 개발 및 새로운 분석 지표를 추출하여 해외특허출원 또한 가능 할 것으로 사료됨

제3장 기술개발 내용, 방법 및 결과

제1절 3D모션 분석

1. 실험방법

가. 연구대상

- 야구경력이 3년 이상인 20-30대 일반인 남성 30명

나. 연구대상 선정 기준

- <스포슈머 리포트>에서 진행한 소비자 설문 조사에서 야구 동호회에 참여중인 대상자의 야구경력의 경우 평균 3년이라는 결과를 토대로 야구경력이 3년 이상인 20-30대 일반인 남성을 연구 대상으로 선정하였음. Stefan Walgaard & Gert S. Faber(2016)의 연구에서는 연구대상자 27명으로 관성센서와 3차원 동작분석을 통해 동작을 분석했으며, 본 연구에서는 탈락자를 고려해 30명의 인원수로 정함
- 연구대상자의 자격 요건은 6개월간 근골격계의 상해를 경험한 적이 없는 선수 대상
- 상·하지의 근골격계 질환의 경험이 있거나 현재 관련 치료중인 자는 모집 단계에서 배제

다. 실험장비

- 3D 모션분석 카메라 10대(T40 6대 / T10 4대, Vicon)
- 반사마커 42개
- IMU 센서 2채널(Delsys)
- 마운드 및 인조잔디
- 스피드건(Speed gun)



그림. 왼쪽: 동작 분석 카메라, 중간: 반사 마커 부착 위치, IMU 센서, 오른쪽: 스피드건

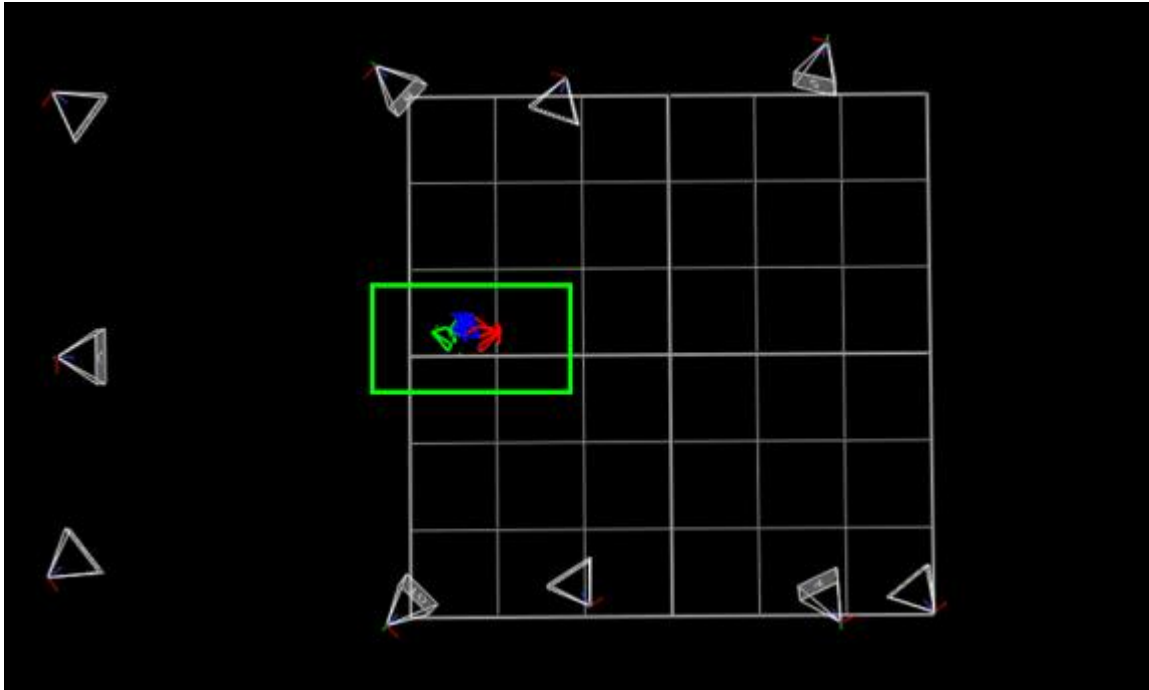


그림. 실험실 카메라 및 마운드 배치도

라. 프로토콜

(1) IRB 취득

(2) 연구 내용 소개 및 실험 동의서 작성

- 참여를 희망하는 연구대상자는 협의된 시간에 국민대학교 생체역학 연구실로 내방
- 동작측정 당일에 담당연구원의 구두 설명 및 실험환경 견학
- 서면 설명서 확인과 자의에 의한 연구 참여 동의서 작성
- 연구대상자 명단은 연구대상자 등록 정보를 토대로 제작
- 연구대상자의 동의 취득 절차



그림. 동의 취득 절차 순서도

[서식20]

생명윤리심의결과 통보서

연구과제명	스마트 밴드 기반 야구 선수 활동량 측정 솔루션 개발
연구책임자	이 기 광

1. 심의개요

심의구분	<input type="checkbox"/> 초기심의 <input type="checkbox"/> 신속심의 <input checked="" type="checkbox"/> 재심의
	<input type="checkbox"/> 심의면제 <input checked="" type="checkbox"/> 정규심의 <input type="checkbox"/> 연구변경심의
	<input type="checkbox"/> 지속심의 ※ 심의 주기 : <input type="checkbox"/> 3개월 <input type="checkbox"/> 6개월 <input type="checkbox"/> 9개월 <input type="checkbox"/> 12개월 <input type="checkbox"/> 기타 :
연구종류	<input checked="" type="checkbox"/> 인간대상연구 <input type="checkbox"/> 인체유래물연구 <input type="checkbox"/> 기타연구()
심의대상 서류	<div> <input checked="" type="checkbox"/> 생명윤리심의요청서 <input type="checkbox"/> 연구계획서(신규) <input checked="" type="checkbox"/> 연구계획서(보완) <input type="checkbox"/> 심의면제 사유서 <input type="checkbox"/> 동의획득면제 사유서 <input type="checkbox"/> 동의서면화면제 사유서 <input checked="" type="checkbox"/> 연구대상자에게 제공되는 설명문 <input checked="" type="checkbox"/> 연구대상자에게 제공되는 동의서 <input type="checkbox"/> 연구대상자에게 제공되는 설문지 <input checked="" type="checkbox"/> 연구대상자 모집 문건 <input type="checkbox"/> 이의신청서 </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> 검토의견에 대한 답변서 <input type="checkbox"/> 연구계획 변경 의뢰서 <input type="checkbox"/> 변경 사항 대조표 <input type="checkbox"/> 연구계획 변동/위반 사례 보고서 <input type="checkbox"/> 변동/위반 사항 대조표 <input type="checkbox"/> 지속(중간)보고 심의의뢰서 <input type="checkbox"/> 연구과제 점검리스트 <input type="checkbox"/> 연구종료보고서 <input type="checkbox"/> 이상반응보고서 <input type="checkbox"/> 기타 심의에 필요한 참고자료 </div>

2. 심의결과

승인번호	KMU-201606-HR-114	심의일	2016년 7월 18일
연구기간	2016년 7월 18일부터	2017년 7월 17일까지(승인일로부터 1년)	
결정 사항	■ 승인 □ 심의면제 □ 반려		
	승인일/승인유효기간	2016년 7월 18일부터 2017년 7월 17일까지 (승인일로부터 1년)	
	동의 획득면제 가능 여부	□ 해당없음 □ 가능 ■ 불가능(동의 획득해야 함)	
	동의서면화면제 가능 여부	□ 해당없음 □ 가능 ■ 불가능(서면동의 획득해야 함)	
	지속심의주기	□ 해당없음 ■ 면제 □ ()개월마다	
심의의견	이 연구는 총 연구기간이 1년 미만인 연구에 해당하여, 중간보고(지속심의)가 면제되었습니다. 연구자께서는 연구종료일로부터 3개월 이내에 위원회에 해당 사실을 보고하여 심의를 받으시기 바랍니다.		

연구계획의 심의결과를 위와 같이 통보합니다. 심의결과에 이의가 있을 경우 통보일로부터 1개월 이내에 이의 신청을 할 수 있으며, 자세한 사항은 심의신청 안내문을 참고하시기 바랍니다.

2016년 7월 18일

국민대학교 생명윤리위원회 위원장 (인)



Ver 2.2 (2015.5)

(3) 연구 대상자 정보 수집(그림 참조)

- 신체정보 수집(키, 몸무게, 다리길이, 상·하지관절 두께 등)

NO.	몸무게 (kg)	신장 (cm)	다리 길이 (mm)	무릎 두께 (mm)	발목 두께 (mm)	어깨 두께 (mm)	팔꿈치 두께 (mm)	손목 두께 (mm)	손두께 (mm)
S01	108	187	965	113	77	115	77	55	27
S02	68	173	910	103	72	110	61	51	29
S03	58	168	855	100	62	122	60	49	15
S04	65	163	853	93	69	98	61	50	30
S05	62	175.4	910	95	72	93	60	52	20
S06	92	179	920	109	69	109	67	52	25
S07	93	176	930	98	73	115	67	54	29
S08	70	174	860	95	68	90	60	48	24
S09	67	180	900	104	65	114	61	52	24
S10	65	172	870	90	72	122	58	50	23
S11	73	176	875	97	66	96	73	49	20
S12	70	175	880	104	67	125	64	52	21
S13	67	172	875	103	68	141	61	49	24
S14	80	164	820	112	70	127	67	53	26
S15	76	177.6	885	95	70	112	60	50	27
S16	71	174.5	880	105	70	105	64	53	28
S17	75	181	930	98	69	107	66	50	23
S18	71	168	790	93	68	130	72	52	25
S19	66	171	855	100	68	107	64	57	23
S20	90	175	880	107	70	111	70	46	28
S21	63	173	870	92	62	125	70	47	23
S22	89	190	1030	116	79	157	67	57	25
S23	67	172	870	95	70	95	70	49	21
S24	80	163	815	105	65	115	55	50	23
S25	70	182	956	87	70	110	63	53	20
S26	55	175	875	92	65	126	57	46	22
S27	70	185	950	95	70	135	61	52	24
S28	73	183	935	111	78	137	65	53	20
S29	90	178.5	935	107	75	142	57	52	21
S30	62	173	910	95	97	102	72	47	27
mean	73.5	175.2	893.0	100.3	70.5	116.4	64.7	51.0	23.9
S.D.	12.0	6.5	49.1	7.5	6.5	16.0	5.2	2.8	3.4

(4) 동작 분석을 위한 준비

- 반사 마커 부착(그림 참조)

: Left front head, Right front head, Left back head, Right back head, C7, T10, clavicle, sternum, Right back, Left shoulder, Left upper arm, Left elbow, Left

forearm, Left lateral wrist, Left medial wrist, Left finger, Right shoulder, Right upper arm, Right elbow, Right forearm, Right lateral wrist, Right medial wrist, Right finger, Left ASIS, Right ASIS, Left PSIS, Right PSIS, Sacral, Left thigh, Left knee, Left ankle, Left shank, Left toe, Left heel, Right thigh, Right knee, Right ankle, Right shank, Right toe, Right heel, ball, bat

- Vicon nexus software를 사용하여 마커의 궤적 및 관절 각도를 분석하기 위해 plug in gait 마커셋 사용
- 가속도 센서 부착 및 직토 착용

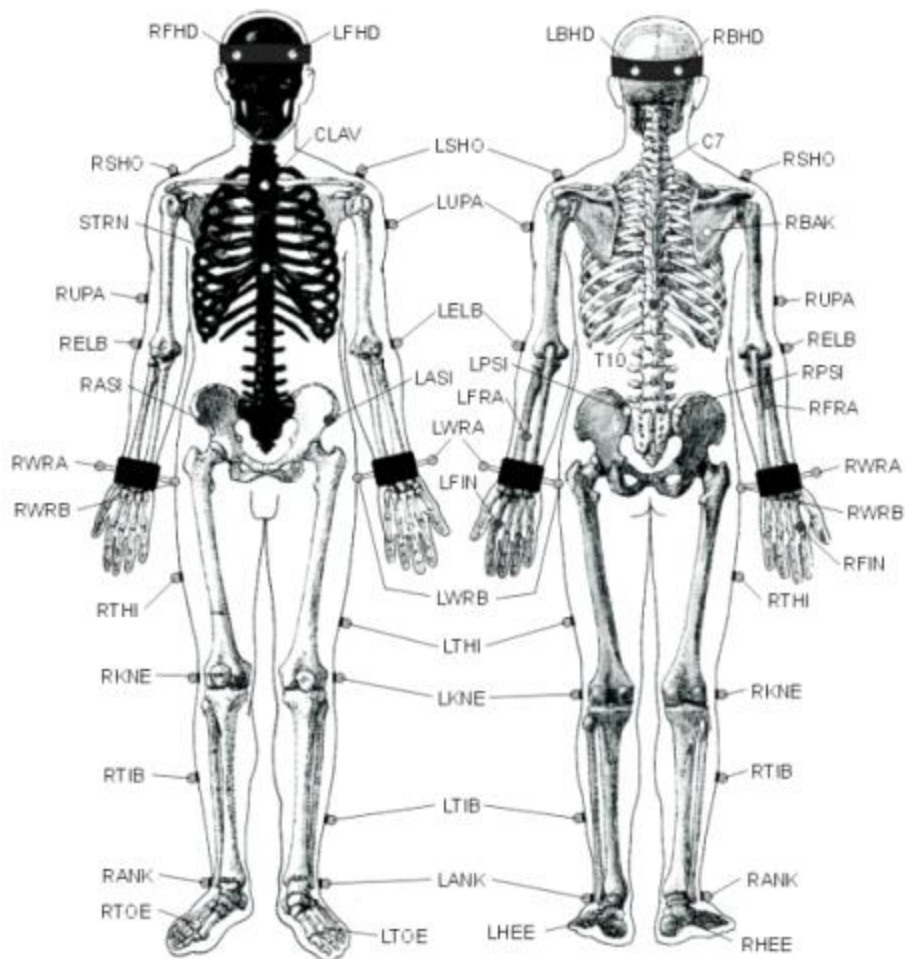


그림. plug in gait marker set

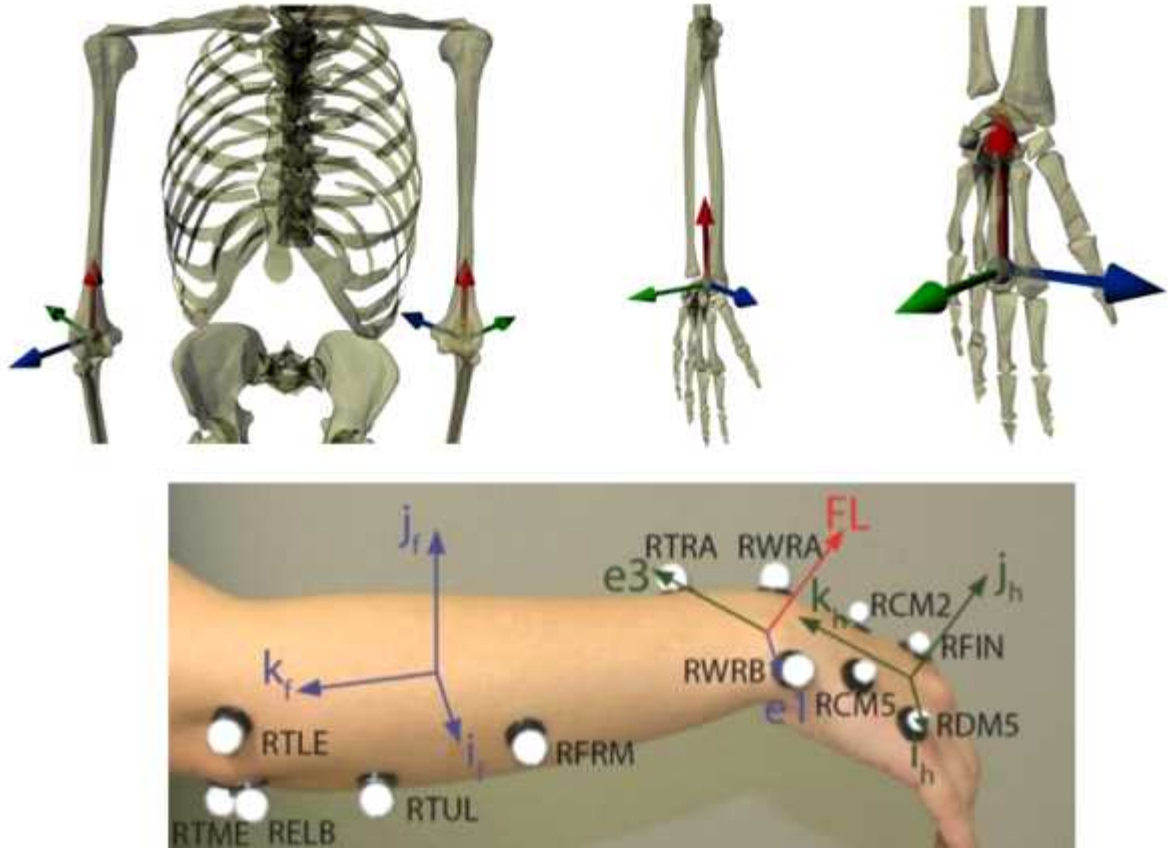


그림. 주요 관절의 축 정의



그림. 마커 부착 위치



그림. 가속도계 부착 위치

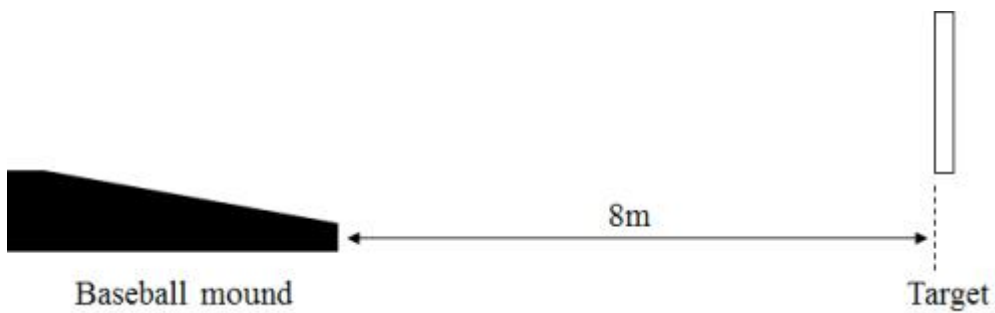


그림. 실험공간 세팅

- (5) 부상 방지를 위해 실험 전 준비 운동 10분 실시
- (6) 자료 수집
 - 야구 동작 실시(오버스로우 동작 15회, 배팅 15회)

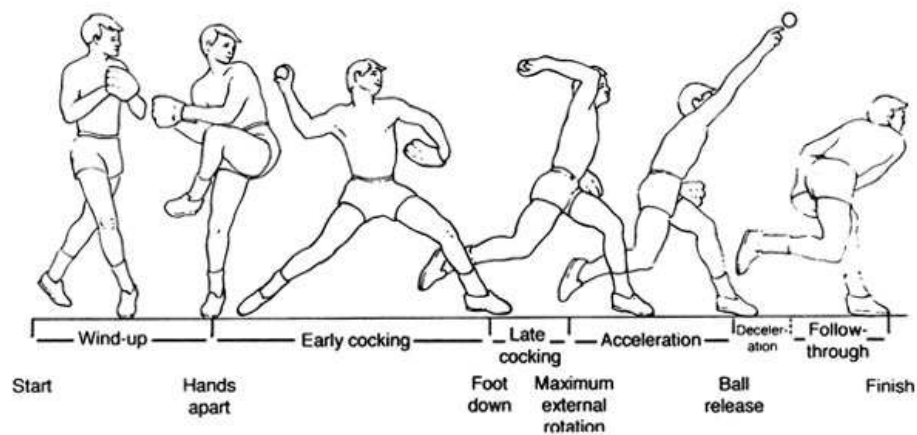


그림. 오버스로우(overthrow) 동작



그림. 배팅(batting) 동작

- 3D 모션 캡처: 200Hz, 가속도계: 2000Hz의 샘플링(sampling)으로 자료 수집
- 스피드건을 사용하여 피칭(pitching) 시 공 속도 측정
- 실제 데이터를 받기 전 지시사항 전달
: 동작을 실시할 때 유의할 점 및 동작 실시 시 최대의 퍼포먼스로 수행할 것
- 서로 다른 3D 모션 캡처, 직도, 가속도계의 데이터를 일치시키기 위해 이 중 한 가지 장비가 데이터 수집 실패 시 전체 실패로 간주하고 데이터 재수집
- 배팅(batting) 동작 시, 공이 빗맞을 경우 실패로 간주

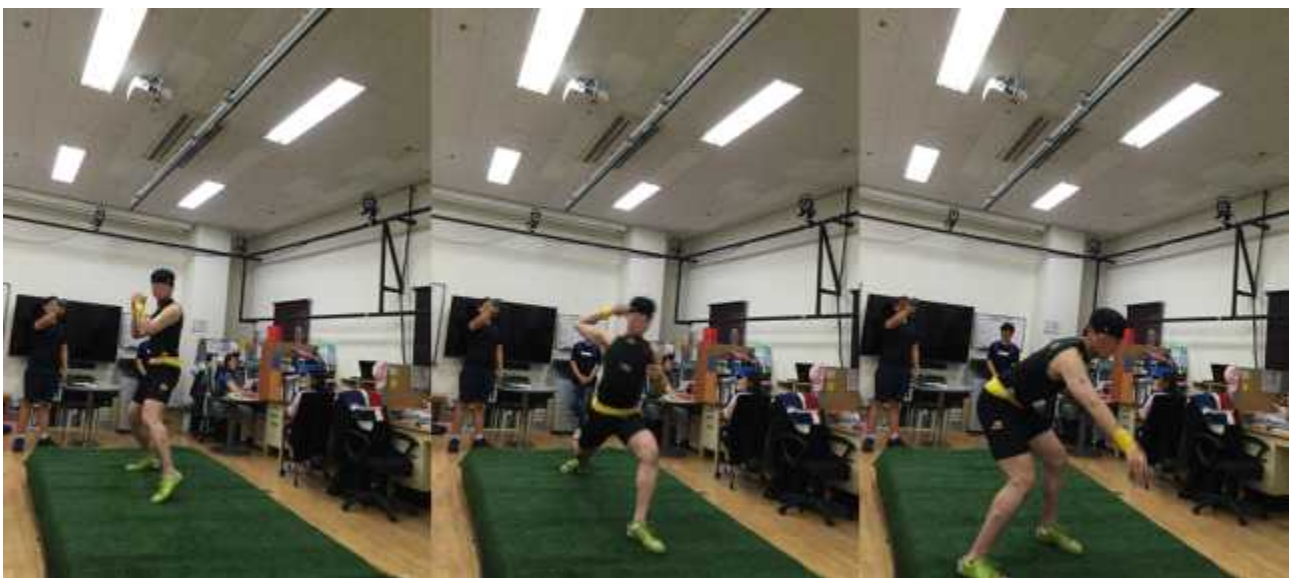


그림. 실제 실험

(7) 변인 분석

- 3D 모션장비: 주요관절의 궤적, 각도, 각속도
- IMU 센서: 가속도

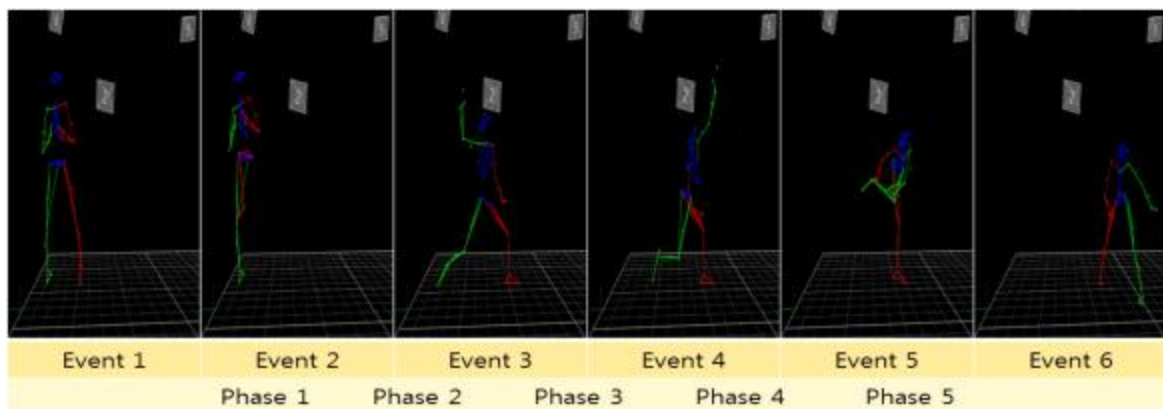
* 3D 동작 분석 장비와 IMU센서의 동기화를 통해 같은 이벤트 및 구간의 변인 산출



그림. 수집 자료 예시

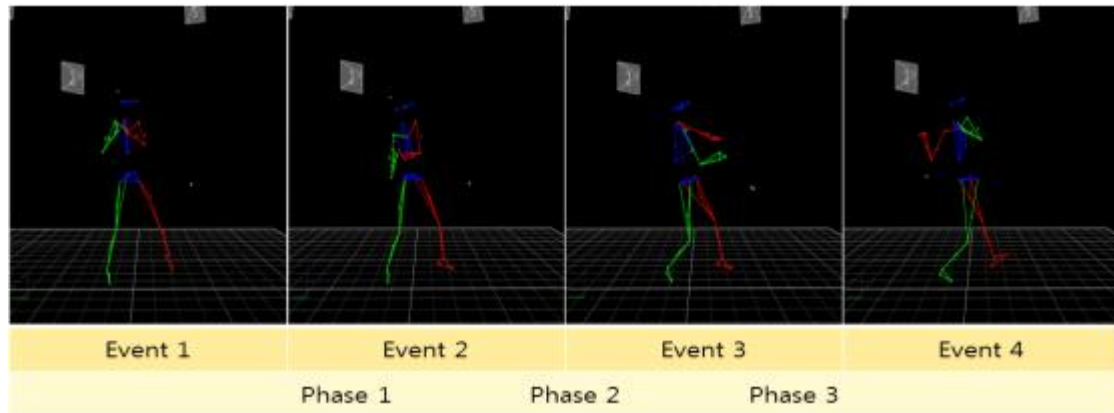
마. 이벤트(event)

(1) 투구(pitching)



- Evnet 1: 준비 자세
- Evnet 2: 디딤발의 무릎이 가장 높은 순간
- Evnet 3: 디딤발이 지면에 닿는 순간
- Evnet 4: 공 릴리즈(ball release)
- Evnet 5: 팔로우 스로우(follow throw)
- Evnet 6: 반대발이 지면에 닿는 순간

(2) 타격(batting)



- Evnet 1: 준비 자세
- Evnet 2: 왼발이 준비 자세에서 지면에 닿는 순간(foot contact)
- Evnet 3: 공을 치는 순간(impact)
- Evnet 4: 팔로우 스로우(follow throw)

2. 자료 처리(data processing)

- 데이터 레이블링(labeling)
- 3D 모션 데이터 분석 시, fourth-order, zero-lag digital Butterworth filter를 사용하여 cut-off frequency 6Hz로 filtering 실시(Hurd et al., 2012)
- 가속도계 데이터 분석 시, 10-30Hz의 bandpass filter를 이용하여 필터링 후 데이터 처리(Walgaard, Faber, van Lummel, van Dieen, & Kingma, 2016)

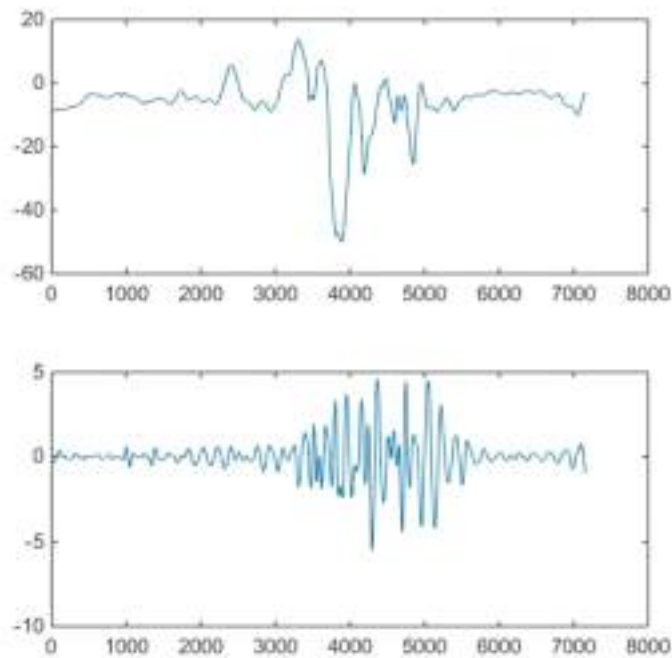
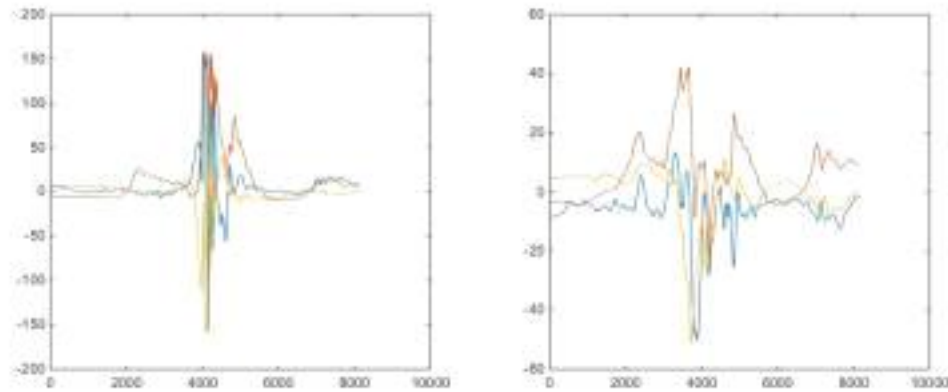


그림. 위: 가속도계 데이터 필터링 전, 아래: 가속도계 데이터 필터링 후

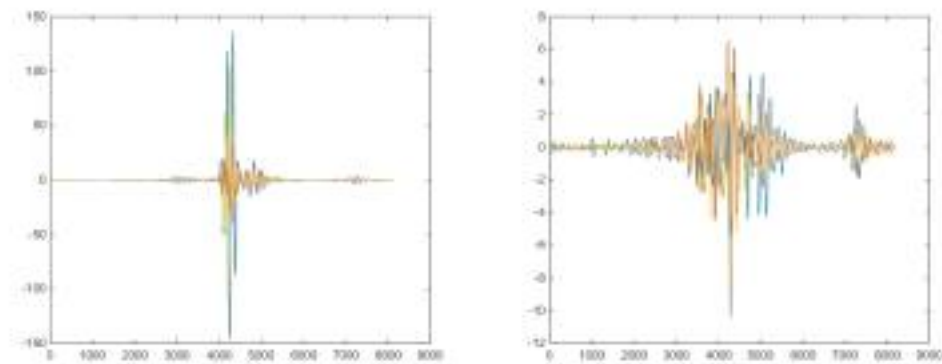
- 3D 모션분석 vs. 가속도센서 릴리즈 타이밍 차이 분석 및 오른손(던지는 손) vs. 왼손 가속도센서 릴리즈 타이밍 차이 분석

가. 실제 가속도계 데이터 분석

- 오른쪽, 왼쪽 IMU센서의 가속도계 원본 데이터(투구)



- 필터링 후 IMU센서의 가속도계 데이터(투구)



나. 3D 모션분석과 IMU센서의 가속도계 데이터의 Event 비교

(1) 실험 장비간의 Event 시간 맞추기

- 3D 모션분석 시스템(Vicon)의 Sampling rate는 200Hz이며, IMU센서의 Sampling rate는 148.48Hz로 같이 동기화시켜 실험을 진행하였지만, 데이터 처리 과정에서 IMU센서의 가속도계 데이터가 200Hz로 Up-Sampling 되는 현상으로 인해 각 장비의 원본데이터로 데이터 분석을 진행
- 각 장비의 원본데이터 중 3차원 동작분석 시스템(Vicon)에서 Event 4일 때의 frame을 시간으로 바꾸고, 시간을 IMU센서의 Sampling rate에 맞춰 frame으로 변환하여 분석을 진행