

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					
과제명	스마트 밴드 기반 야구 선수 활동량 측정 솔루션 개발									
연구기간	2015년 12월 29일 ~ 2016년 12월 28일									
연구책임자	김성현	참여연구원수	전체 : 10명 내부 : 6명 외부 : 4명	연구개발비	정부: 166,000천원 기업: 56,000천원 합계: 222,000천원					
주관연구기관명 (소속부서명)	(주)직토 선행기술연구소			참여기업명 (대표자)						
위탁연구기관명 (소속부서명)	국민대학교 운동역학실		연구책임자	이기광						
요약						보고서면수	101			
<ul style="list-style-type: none"> - 기존 목표였던 피칭/배팅 모션의 기본적인 횟수 분석을 완료한 후에도 지속적인 연구를 통하여 향후 심화 기술에도 적용할 수 있는 기반을 마련하였음 - 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 - 또한 양산 전 단계까지 필요한 대부분의 과정들을 수행하여 실제 상용화 시기를 앞당김 - 계획하였던 특허 2건 출원에서 국내 1건 등록 유럽 1건 출원으로 초과달성을 하였음 - 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 										
색인어 (각 5개 이상)	한글	야구, 웨어러블, 부상방지, 투구, 배팅								
	영어	Baseball, Wearable, Injury prevention, Pitching, Batting								

요약문

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. 목표달성을 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 모니터기를 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.



야구 선수 및 야구 마니아들의 활동량을 측정하기 위해 필요한 설계 요소를 도출하고 제작된 스마트 밴드를 사용하여 투구 및 배팅 횟수, 배팅 속도, 최대속도 그리고 칼로리 소모량 등을 측정하여 무리한 연습을 막고 연습량을 리포트하여 부상 방지 및 효과적인 연습을 이룰 수 있는 솔루션을 개발하는데 목표가 있다.

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. 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.

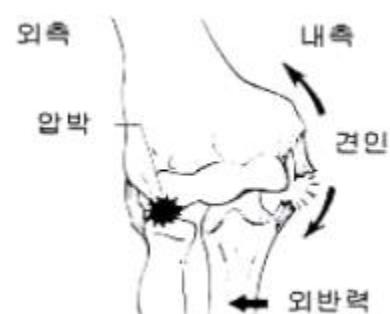
3. 기술개발의 필요성

(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 부상방지를 위한 노력**이 필요
- 야구 경기에서 상해가 발생하는 상황은 피칭, 배팅으로 나누어 생각해 볼 수 있음
- 투수의 경우 주로 장시간의 **반복적인 피칭**으로 인해 신체 곳곳에 발생하는 **미세손상**이 누적되어 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 친목 도모, 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 제공 받을 수 있게 하는 고도화된 맞춤형 의료 서비스 추진

2. 스포츠 웨어러블 사용 사례

- 가. 아디다스 스마트볼은 IMU(Inertia Measurement Unit)센서를 사용하여 축구공의 속도, 스피드, 궤적 및 임팩트 지점 등의 정보를 스마트기기에 제공함으로써 셀프 코칭 및 효율적인 훈련 여건 마련
- 나. The 94Fifty 사의 Smart Sensor Basketball은 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 운동 별 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, 재활, 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 파라미터로 써 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 가속도 벡터 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 = each axis, δ = 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

발함

(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 인식률을 보였음. 하지만 농구, 배드민턴, 테니스에 대한 종목 간 인식률은 91.4~97.2 %의 높은 인식률을 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 유판으로 각 동작 별 특이점을 발견하였으며 단계 별 비교, 분석이 가능함을 확인함

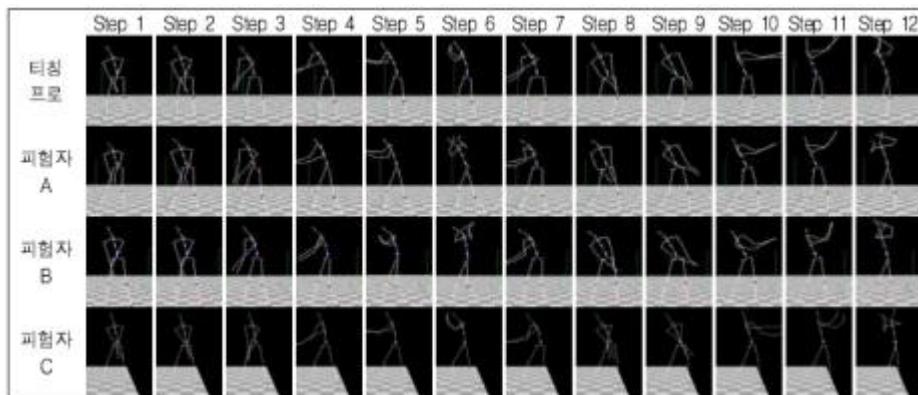


그림 6 티칭 프로와 일반인의 7번 아이언 풀 스윙 모션의 스켈레톤 뷰

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 착용 가능한 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 인터넷셔널	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 2000년도 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

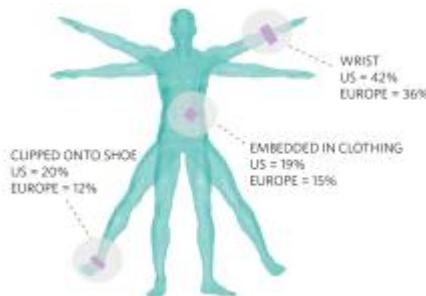


그림 2. 웨어러블 디바이스에 대한 소비자의 관심도

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

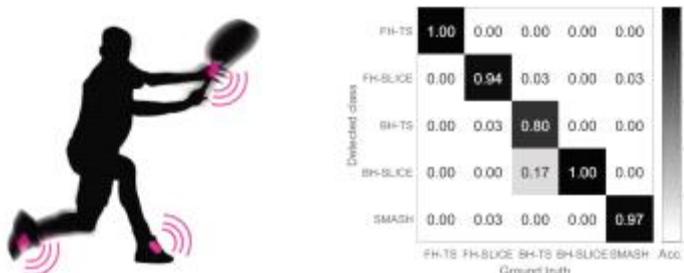
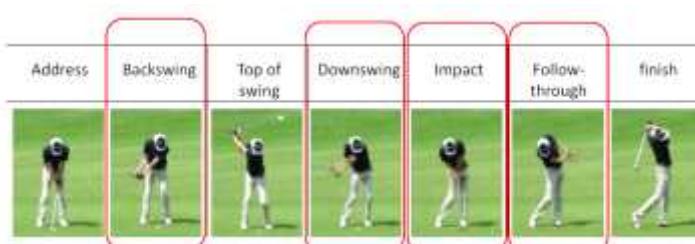


그림 3. IMU sensor 부착위치(좌) 및 Shot 방법에 따른 분류 결과(우)

- (3) 현재 웨어러블 디바이스에 내장된 가속도센서 신호처리기술 및 이를 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



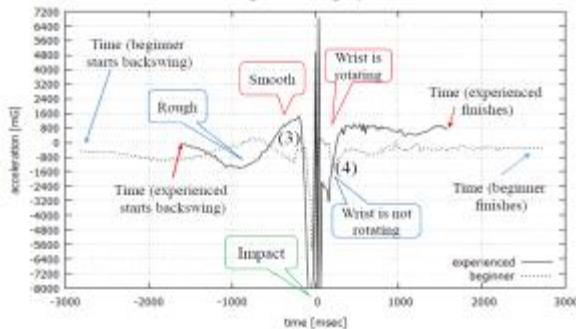


그림 4. 골프스윙 주기(상) 및 일반인과 선수의 손목 Y축데이터 비교(하)

(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 판독하였으며, 각 가속도 데이터의 Max, Min peak와 실제 모션의 matching point를 도출하였다.

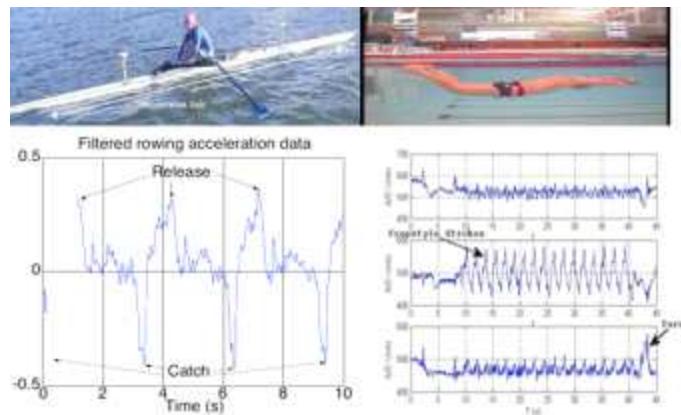


그림 5. Rowing acceleration data analysis(좌) 및 Swimming acceleration data analysis(우)

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

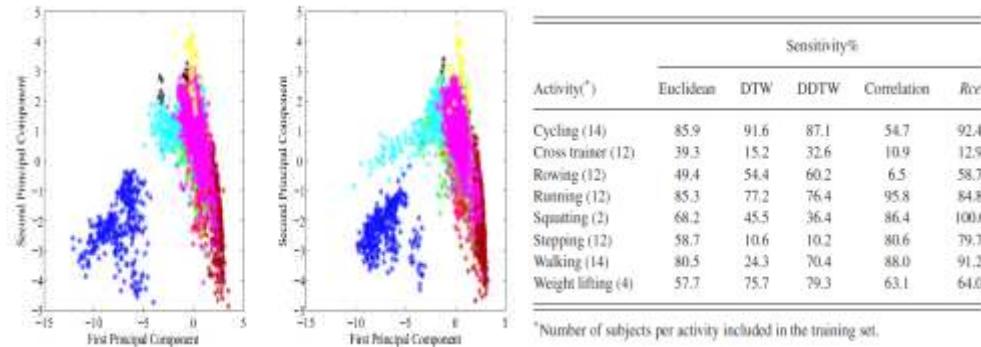


그림 5. 행동 별 Training set, Test set 분포도(좌) 행동 별 분류기 성능 결과(우)

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 작용하는 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 적용 가능성을 열어 특허청구 범위를 넓힘
- (4) 야구 모션 분석에 특화된 본 과제를 통해 가속도 데이터를 이용한 신호 처리 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

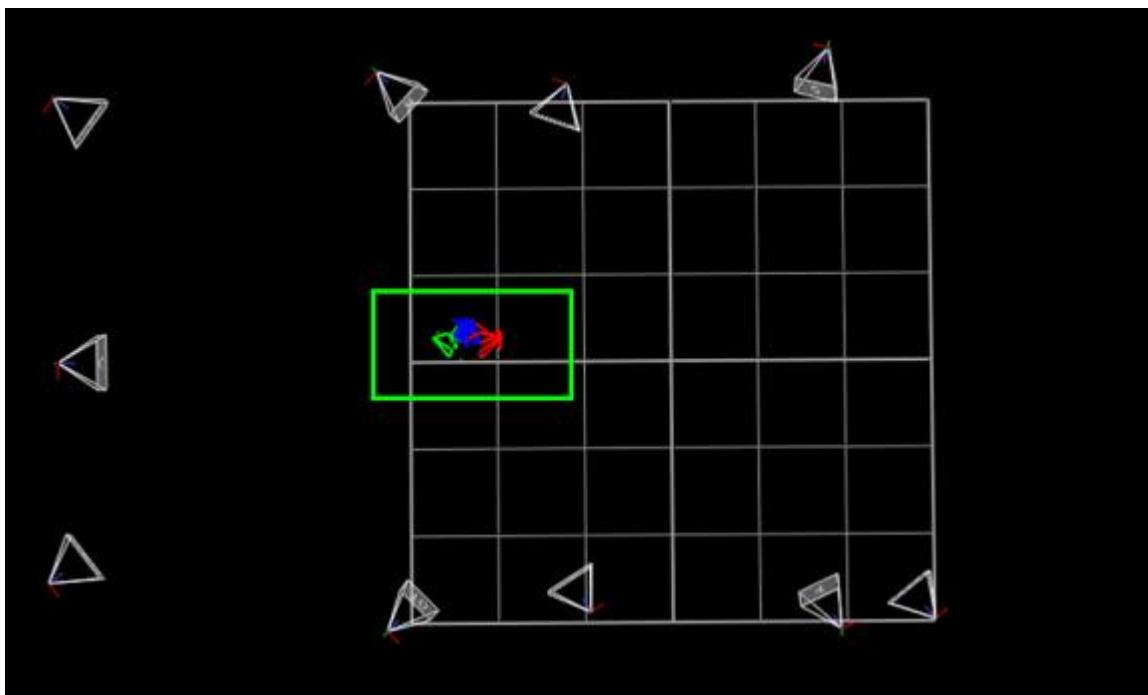


그림. 실험실 카메라 및 마운드 배치도

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	이기광

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	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <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 </td> <td style="vertical-align: top;"> <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 </td> </tr> </table>	<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	<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
<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	<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		

2. 심의결과

승인번호	KMU-201606-HR-114	심의일	2016년 7월 18일
연구기간	2016년 7월 18일부터	2017년 7월 17일까지(승인일로부터 1년)	
결정 사항	<input checked="" type="checkbox"/> 승인	<input type="checkbox"/> 심의면제	<input type="checkbox"/> 반려
	승인일/승인유효기간	2016년 7월 18일부터	2017년 7월 17일까지 (승인일로부터 1년)
	동의 획득면제 가능 여부	<input type="checkbox"/> 해당없음 <input type="checkbox"/> 가능	<input checked="" type="checkbox"/> 불가능(동의 획득해야 함)
	동의서면화면제 가능 여부	<input type="checkbox"/> 해당없음 <input type="checkbox"/> 가능	<input checked="" type="checkbox"/> 불가능(서면동의 획득해야 함)
심의의견	지속심의주기	<input type="checkbox"/> 해당없음 <input checked="" type="checkbox"/> 면제	<input type="checkbox"/> ()개월마다
심의의견	이 연구는 총 연구기간이 1년 미만인 연구에 해당하여 중간보고(지속심의)가 면제되었습 니다. 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 칙토 착용

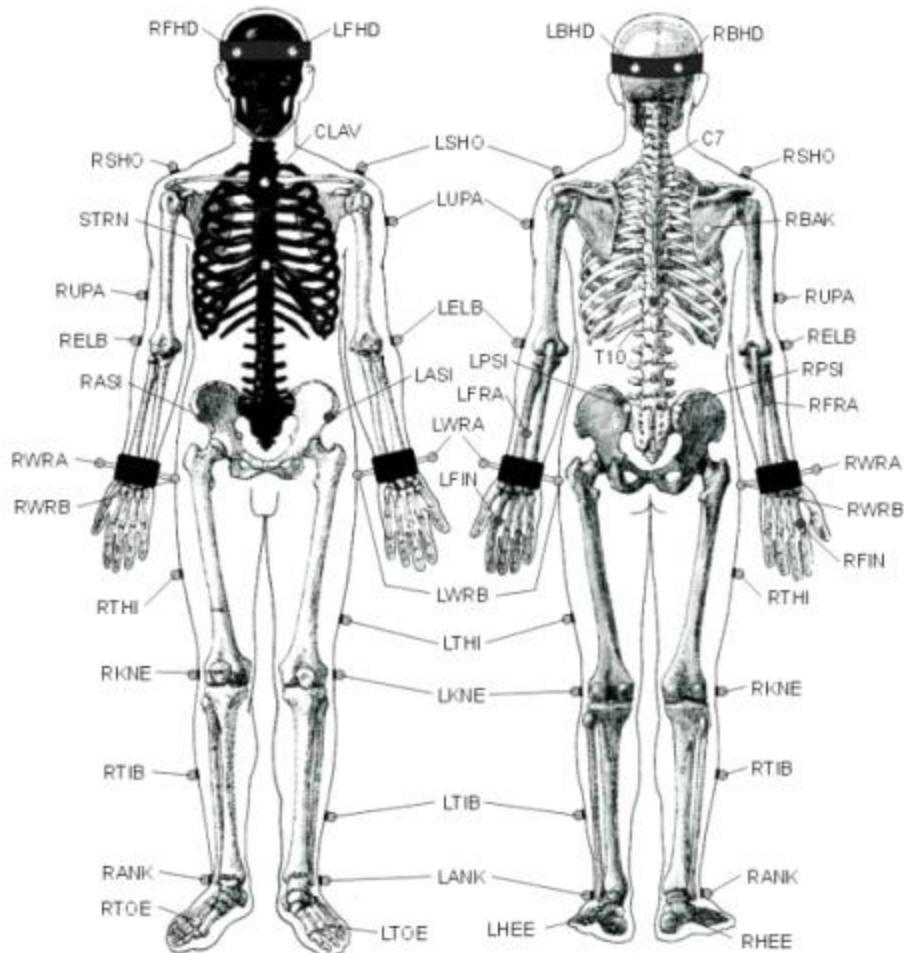


그림. plug in gait marker set

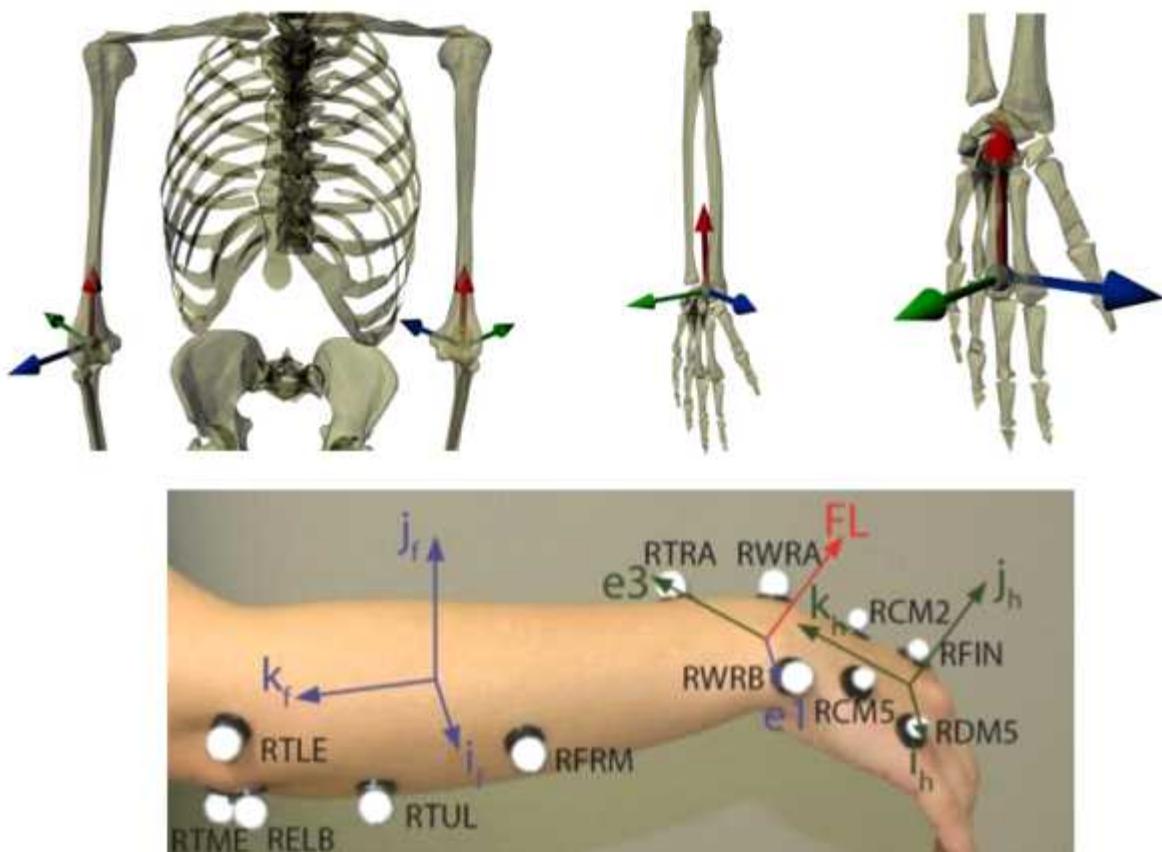


그림. 주요 관절의 축 정의



그림. 마커 부착 위치



그림. 가속도계 부착 위치

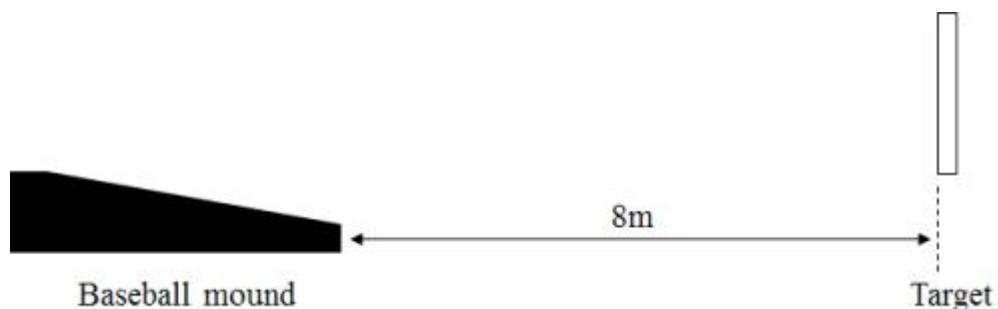


그림. 실험공간 세팅

(5) 부상 방지를 위해 실험 전 준비 운동 10분 실시

(6) 자료 수집

- 야구 동작 실시(오버스로우 동작 15회, 배팅 15회)

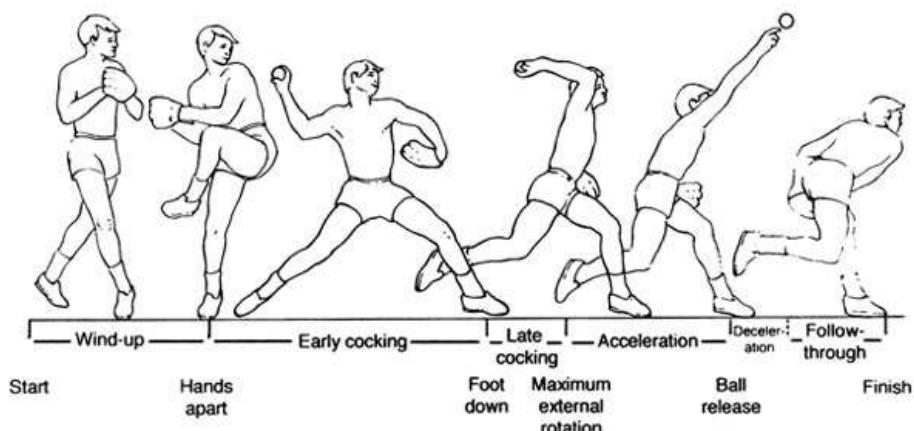


그림. 오버스로우(overthrow) 동작



그림. 배팅(batting) 동작

- 3D 모션 캡쳐: 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 캡쳐, 직토, 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

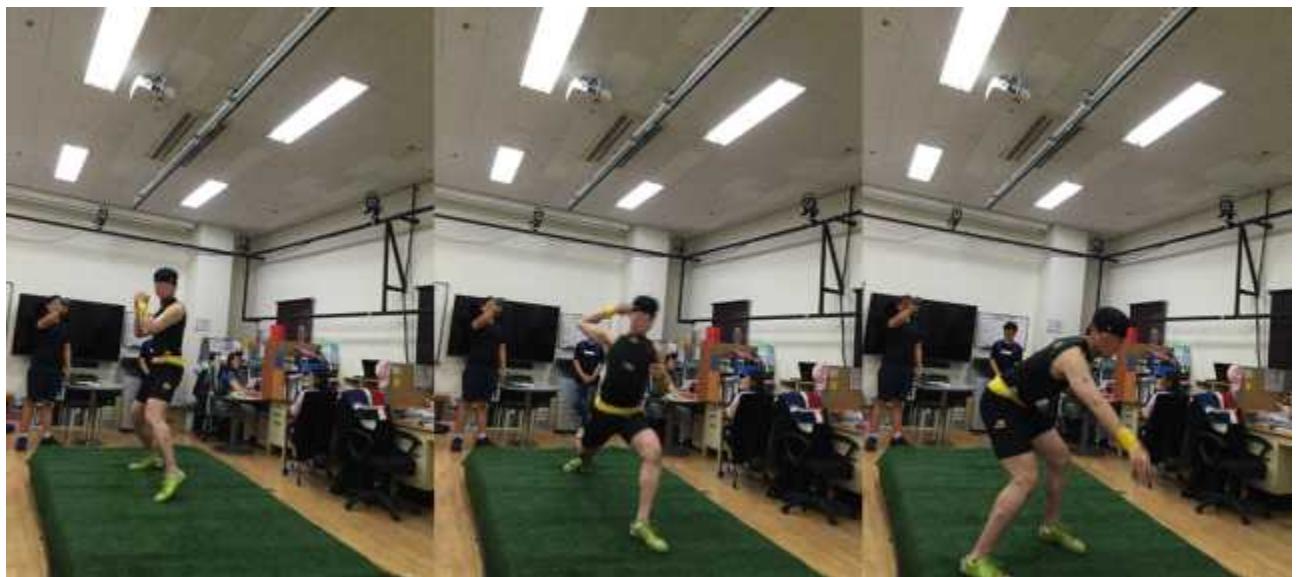


그림. 실제 실험

(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

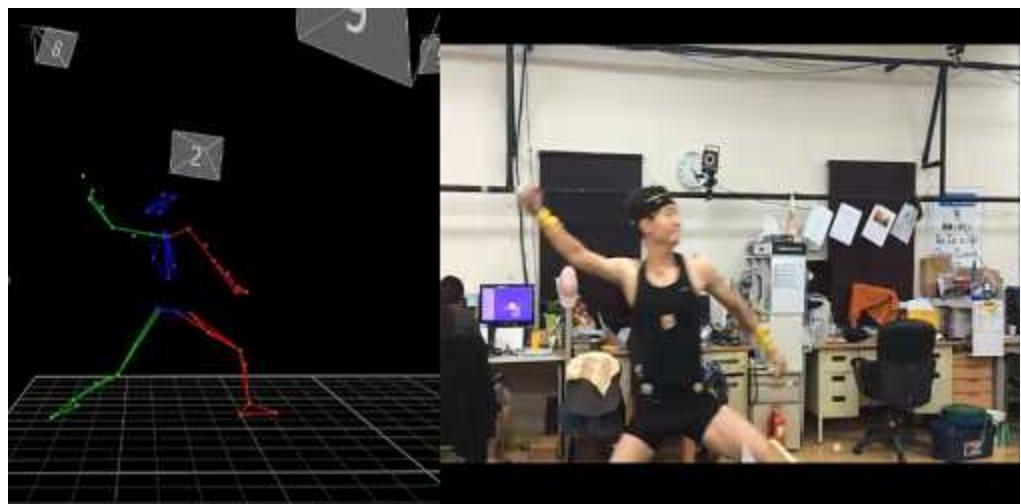
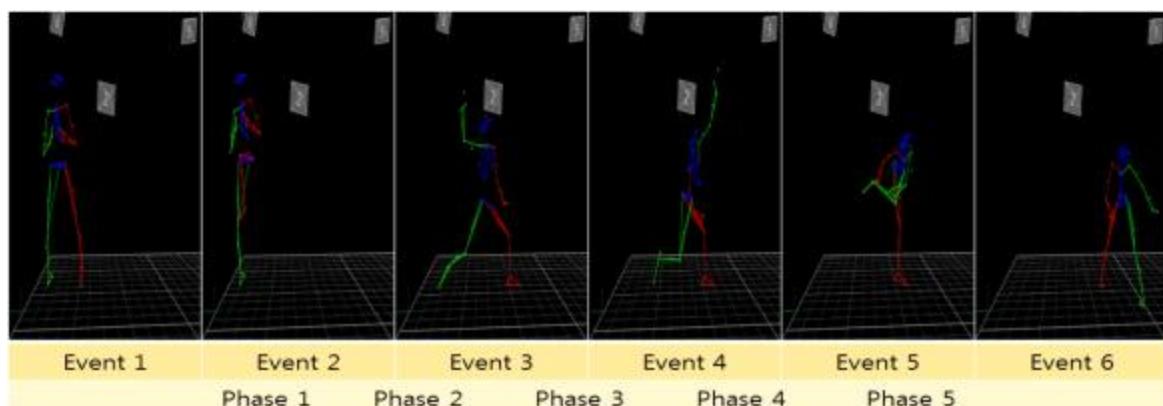


그림. 수집 자료 예시

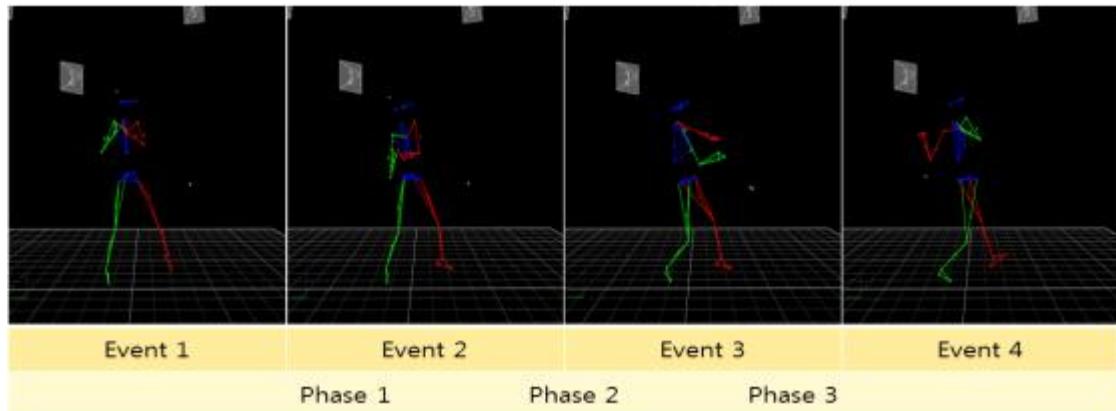
마. 이벤트(event)

(1) 투구(pitching)



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

(2) 타격(batting)



- Event 1: 준비 자세
- Event 2: 원발이 준비 자세에서 지면에 닿는 순간(foot contact)
- Event 3: 공을 치는 순간(impact)
- Event 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)

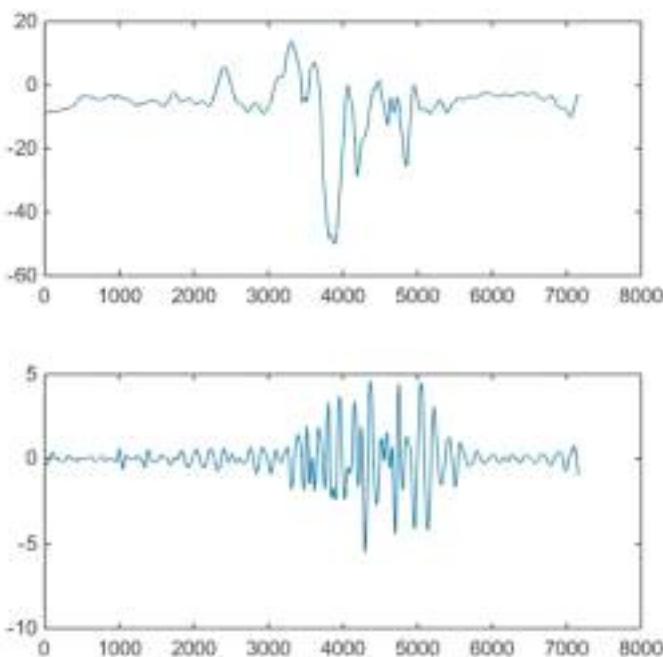
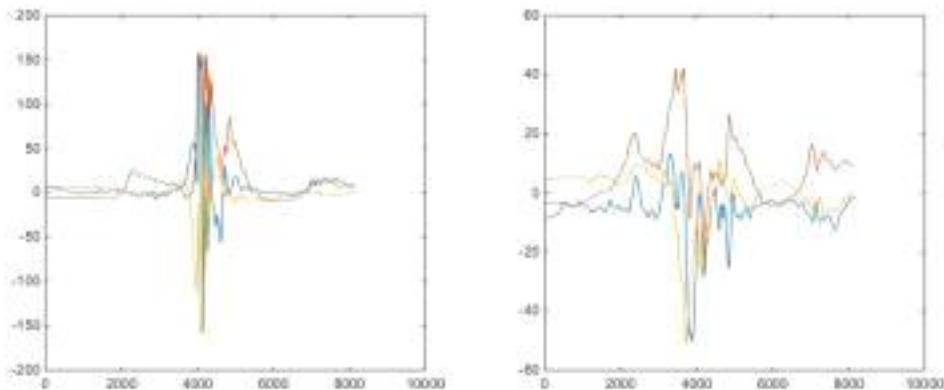


그림. 위: 가속도계 데이터 필터링 전, 아래: 가속도계 데이터 필터링 후

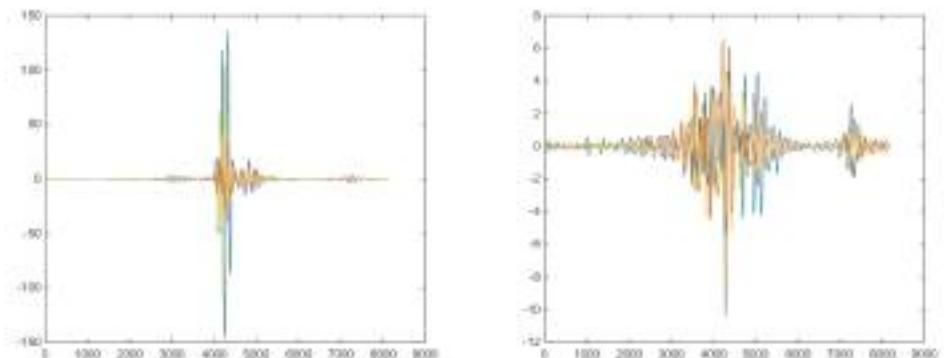
- 3D 모션분석 vs. 가속도센서 릴리즈 타이밍 차이 분석 및 오른손(던지는 손) vs. 왼손
가속도센서 릴리즈 타이밍 차이 분석

가. 실제 가속도계 데이터 분석

- 오른쪽, 왼쪽 IMU센서의 가속도계 원본 데이터(투구)



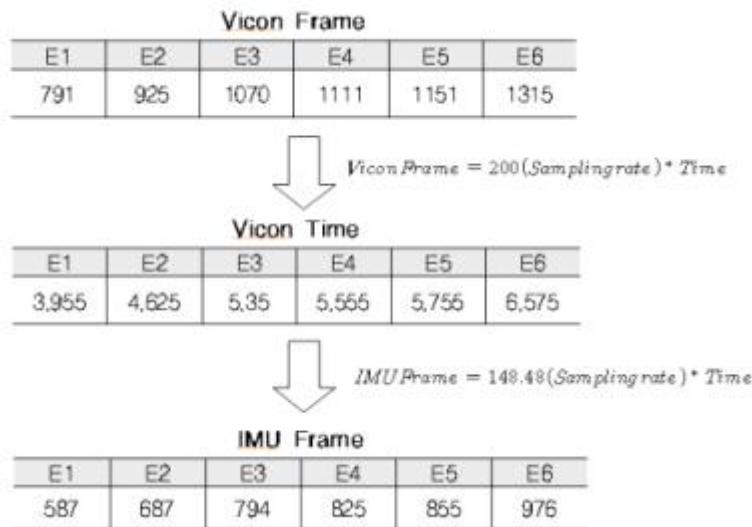
- 필터링 후 IMU센서의 가속도계 데이터(투구)



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



(2) 3축가속도 데이터를 비교하기 위한 크기 변환

- IMU센서의 3축 가속도계 데이터를 비교하기 위해, magnitude를 사용하여 데이터 분석을 진행(magnitude를 사용하여 3축 가속도 데이터를 크기만을 나타내는 데이터로 변환)

$$\text{Magnitude} = \sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)}$$

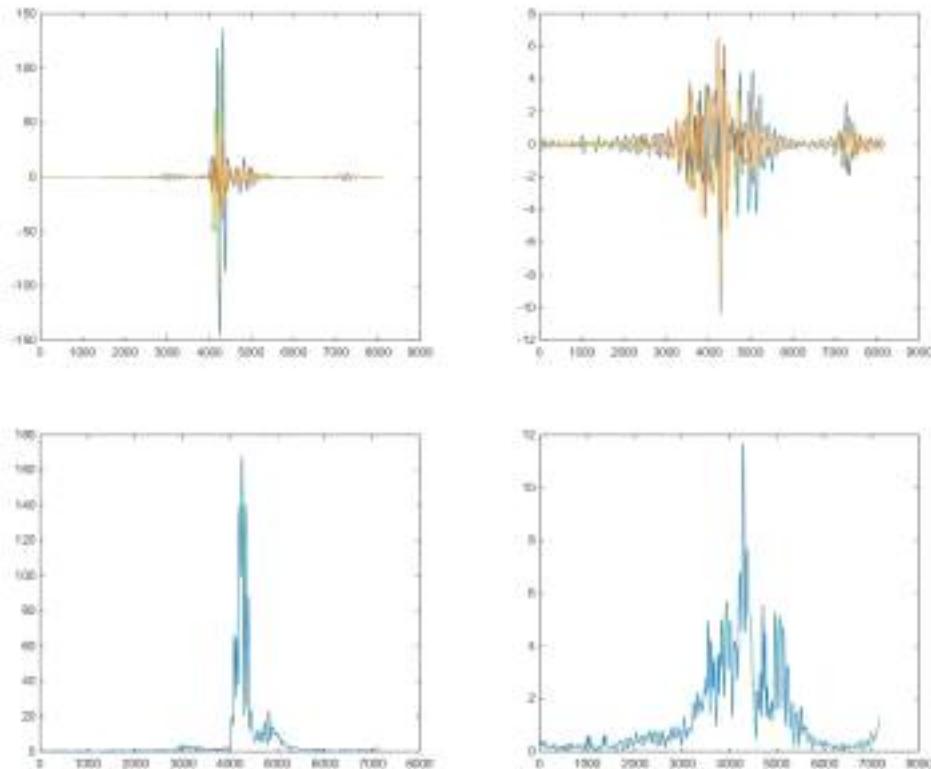


그림. IMU센서의 가속도계 데이터

(위 : 필터링 된 가속도계 데이터(오른쪽, 왼쪽), 아래 : Magnitude 된 가속도계 데이터(오른쪽, 왼쪽))

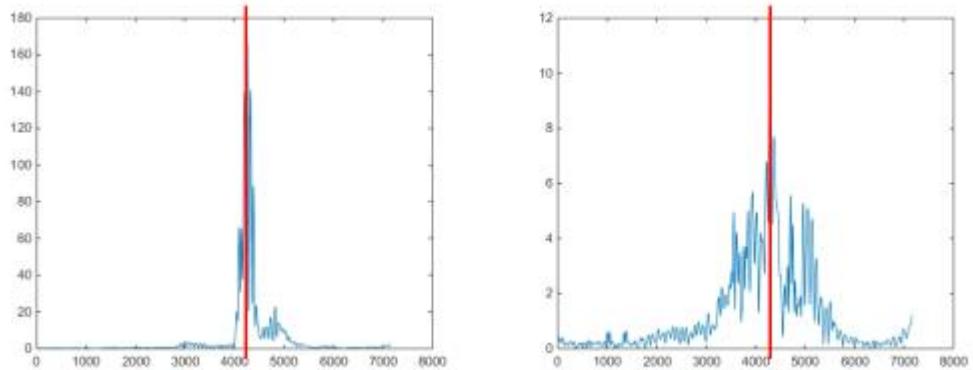


그림. 오른쪽&왼쪽 IMU센서의 가속도 데이터가 최대인 순간

(3) IMU센서의 가속도 데이터 분석

- 야구 동작의 특성상 투구의 Release 순간과 타격의 Impact 순간에 손목의 속도가 빨라지며, 이러한 특성을 이용해 3차원 동작분석 시스템(Vicon)에서의 Event 4와 IMU 센서의 가속도 데이터가 최대인 시점을 비교

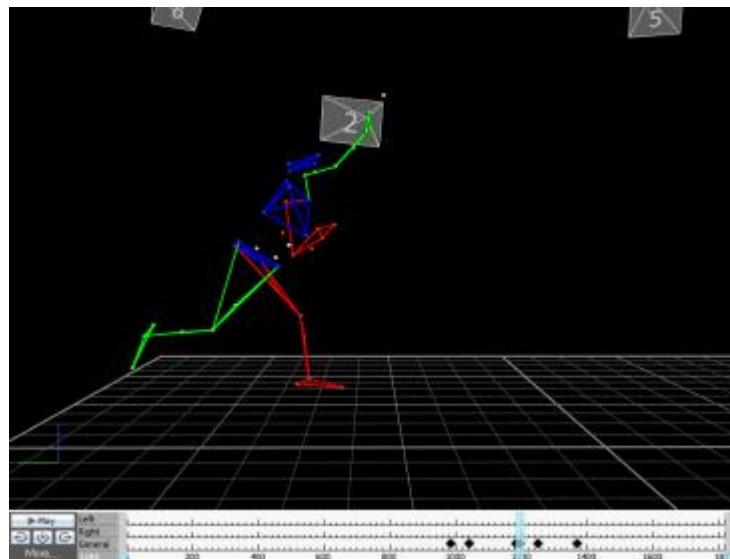


그림. 3차원 동작분석 시스템(Vicon)의 Release 순간

(4) 데이터 분석 결과 그래프 표시

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

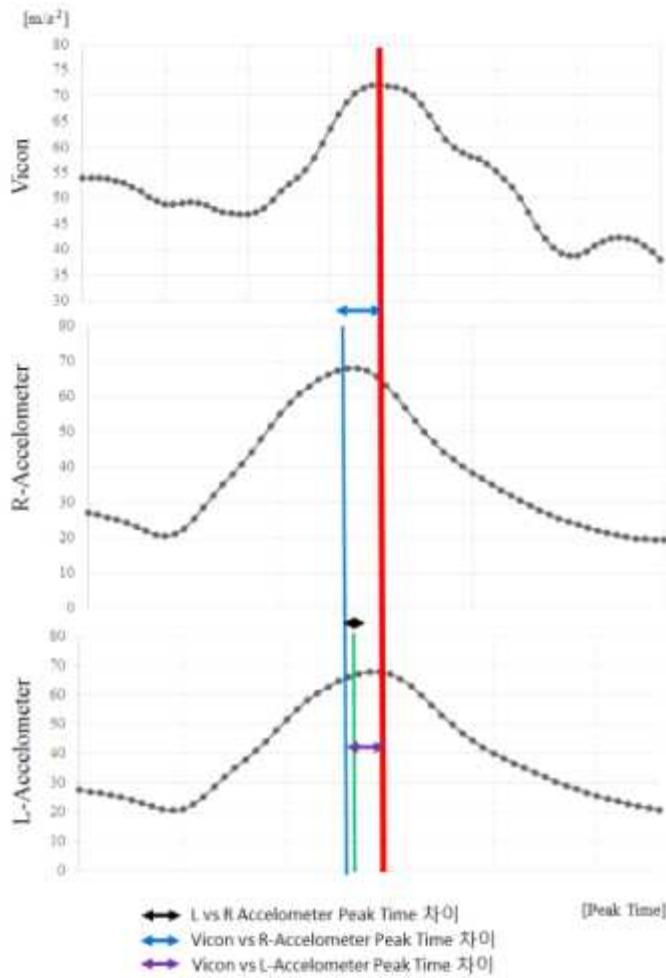


그림. 릴리즈 타이밍 차이 분석 예시

(5) 통계 방법

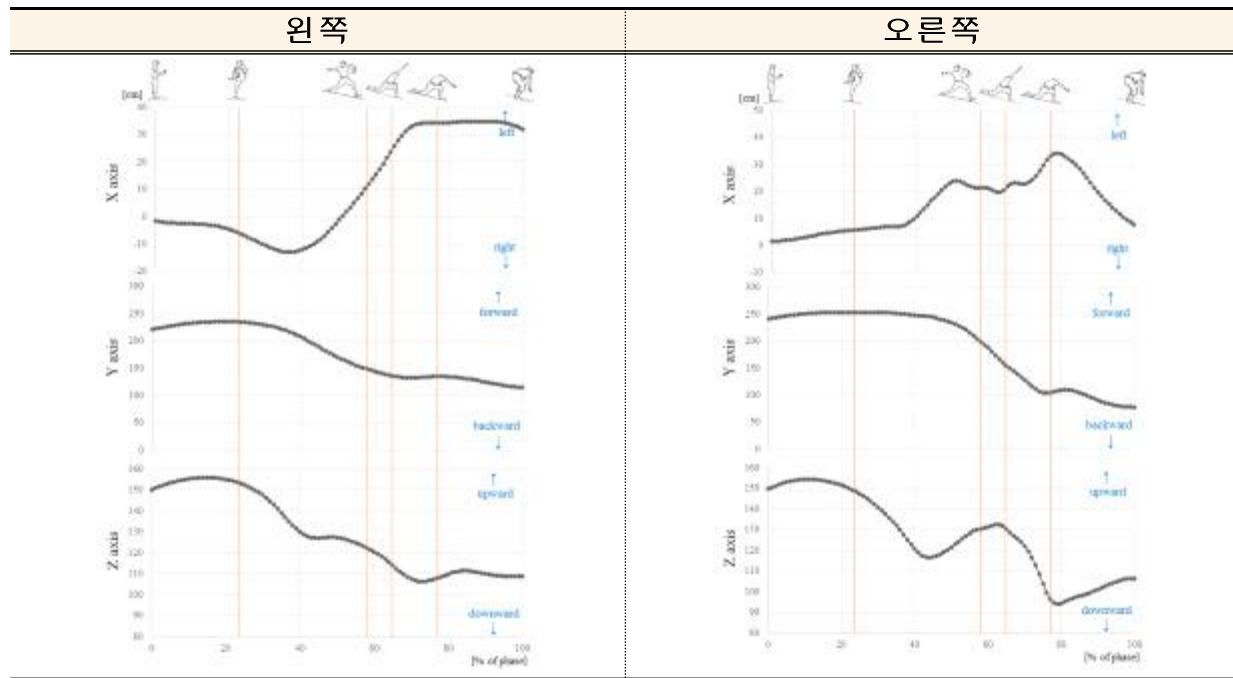
- 오른손, 원손의 각 축의 차이를 보기 위하여 paired t-test를 실시함
- 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정

3. 실험 결과

- 선행논문을 참고하여 실험 대상자를 27명으로 선정하였으며, 탈락자를 고려하여 총 30명을 대상으로 데이터를 수집
- 투구동작에서는 2명이 탈락(S18, S22)하여 총 28명의 데이터를 수집
- 배팅동작에서는 3명이 탈락(S18, S22, S28)하여 총 27명의 데이터를 수집

가. 투구동작

(1) 스윙 궤도 분석



(가) 스윙 궤도 범위(range)

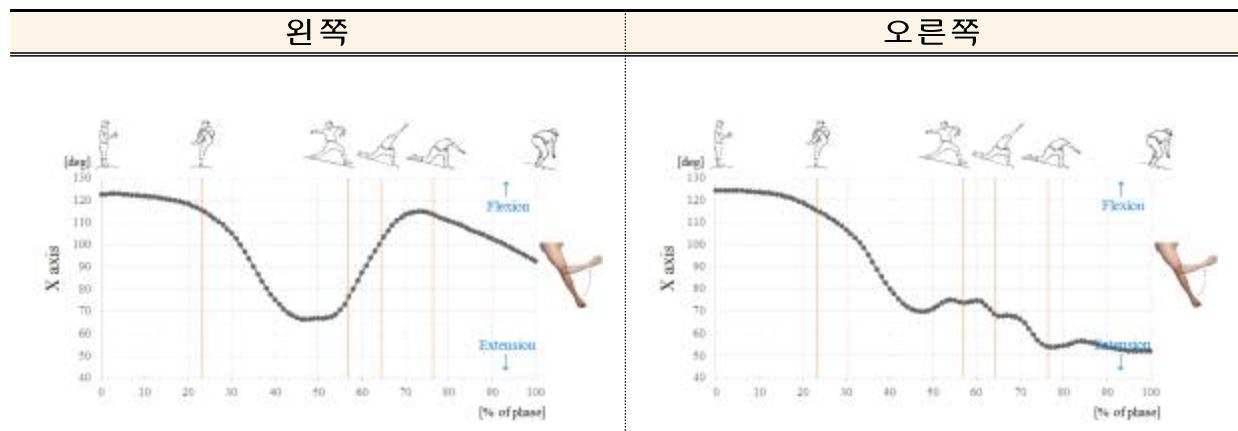
	mean(S.D.)		t	df	p
	왼쪽(deg)	오른쪽(deg)			
좌우축(x축)	74.1(16.2)	73.4(13.6)	.209	27	.836
전후축(y축)	131.0(21.8)	208.5(23.1)	-26.005	27	,000
수직축(z축)	71.2(13.9)	94.1(11.1)	-9.140	27	,000

- 좌우축에서는 왼손과 오른손간에 통계적으로 차이가 나타나지 않았음.
- 전후축과 회전축에서는 왼손과 오른손간에 통계적으로 차이가 나타났으며($p<.001$), 오른쪽 손이 앞뒤로 더 많이 움직이고, 수직방향으로 더 많이 움직이는 것을 나타냈음.
- 공을 던지는 손과 던지지 않는 손의 좌우축 방향의 움직임 범위는 차이가 없었지만, 특히 공을 던지는 손이 전후축의 움직임이 크게 나타난 것을 확인할 수 있었음.

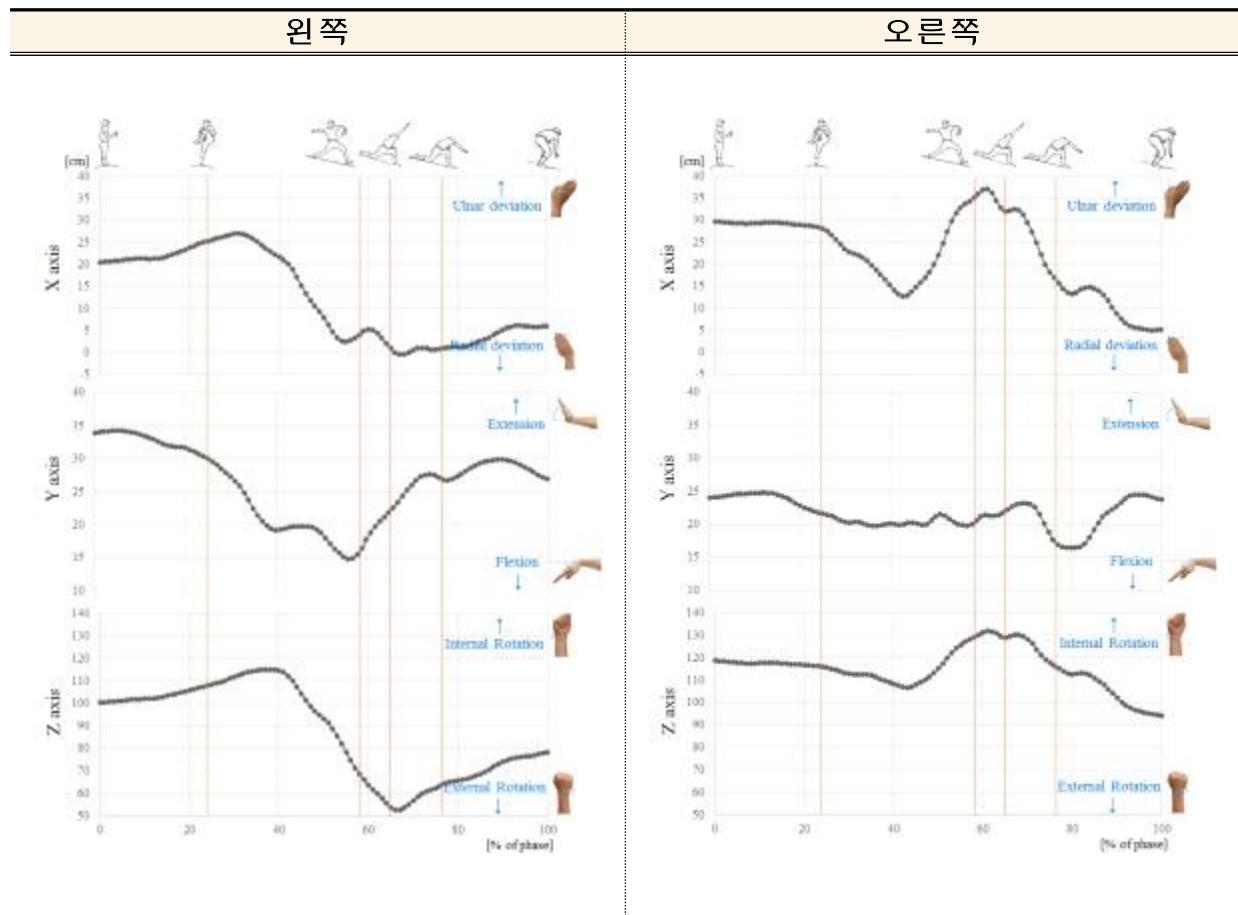
왼 손(cm)				오른 손(cm)			
NO.	X축	Y축	Z축	NO.	X축	Y축	Z축
S01	65.1	155.0	89.3	S01	102.8	217.7	104.8
S02	72.9	90.6	63.8	S02	85.9	195.3	83.3
S03	103.0	144.5	73.1	S03	82.3	194.7	81.0
S04	74.8	109.4	46.3	S04	80.0	185.4	90.8
S05	108.6	117.0	75.4	S05	80.6	220.4	117.8
S06	59.2	129.3	61.5	S06	57.9	205.7	109.4
S07	74.1	135.7	81.3	S07	102.4	221.6	97.7
S08	61.5	95.1	61.3	S08	63.4	164.2	79.0
S09	73.5	142.0	58.5	S09	67.2	209.5	85.3
S10	70.3	182.8	86.2	S10	83.4	273.1	94.2
S11	52.5	122.6	56.5	S11	60.3	195.6	99.9
S12	54.7	128.7	73.8	S12	60.3	194.6	89.3
S13	57.8	151.1	66.8	S13	72.7	233.6	89.5
S14	84.0	97.5	46.5	S14	70.6	185.3	95.3
S15	86.4	136.5	85.6	S15	83.7	198.5	107.3
S16	85.9	147.5	75.5	S16	70.9	200.4	91.3
S18	57.9	137.7	65.4	S18	51.8	196.1	87.3
S19	71.3	117.9	51.2	S19	77.3	202.1	87.5
S20	67.8	116.0	77.9	S20	63.5	228.5	79.1
S21	101.6	173.4	83.2	S21	59.7	261.1	101.7
S23	58.2	120.8	81.4	S23	61.1	199.0	104.1
S24	106.9	152.6	73.0	S24	71.8	210.0	85.9
S25	77.6	141.0	99.0	S25	75.4	227.2	107.5
S26	53.6	108.9	80.8	S26	55.9	174.3	96.1
S27	75.1	115.0	49.3	S27	96.7	199.1	68.8
S28	74.5	136.6	89.9	S28	72.5	214.0	101.2
S29	83.9	124.7	73.8	S29	60.8	221.9	93.0
S30	62.2	137.2	66.6	S30	83.6	210.2	106.1
평균	74.1	131.0	71.2	평균	73.4	208.5	94.1
	(16.2)	(21.8)	(13.9)		(13.6)	(23.1)	(11.1)

(2) 각도 분석(팔꿈치, 손목)

(가) 팔꿈치 각도



(나) 손목 각도



(다) 팔꿈치 각도 범위(range)

	mean(S.D.)		t	df	p
	왼쪽(deg)	오른쪽(deg)			
좌우축(x축)	105.2(23.3)	98.9(9.0)	1.392	27	.175

- 좌우축에서는 왼손과 오른손간에 통계적으로 차이가 나타나지 않았음.
- 양 팔간의 차이가 나타나지 않은 이는 준비 자세부터 팔로 스로우시까지 왼손의 각도 편차가 크기 때문이라고 사료됨(max: 137.1°, min: 21.5°).
- 공을 던지는 쪽은 평균적으로 98.9°의 팔꿈치관절의 굽힘을 나타내었음.

왼 손(deg)		오른 손(deg)	
NO.	X축	NO.	X축
S01	70.9	S01	105.0
S02	114.0	S02	113.5
S03	109.3	S03	93.7
S04	68.6	S04	90.3
S05	114.5	S05	115.4
S06	21.5	S06	103.9
S07	112.1	S07	107.2
S08	93.9	S08	97.4
S09	116.3	S09	88.8
S10	111.6	S10	94.6
S11	120.8	S11	93.6
S12	100.5	S12	105.0
S13	124.6	S13	105.2
S14	125.0	S14	97.3
S15	92.6	S15	91.8
S16	115.7	S16	94.8
S18	120.0	S18	92.5
S19	102.6	S19	105.1
S20	105.8	S20	90.6
S21	124.0	S21	114.2
S23	96.2	S23	93.2
S24	87.4	S24	90.6
S25	90.2	S25	94.3
S26	127.2	S26	87.8
S27	98.2	S27	82.1
S28	120.7	S28	107.1
S29	124.3	S29	113.3
S30	137.1	S30	100.3
평균	105.2 (23.3)	평균	98.9 (9.0)

(라) 릴리즈 시 팔꿈치 각도

	mean(S.D.)		t	df	p
	왼쪽(deg)	오른쪽(deg)			
좌우축(x축)	119.8(24.8)	56.5(9.5)	13.750	27	.000

- 좌우축에서 던지는 쪽과 던지지 않는 쪽 사이의 팔꿈치 각도가 통계적으로 유의한 차이를 나타냄($p<.001$).
- 이것으로 릴리즈 시 던지는 쪽의 팔꿈치는 팔을 편을 때보다 56.5° 굽힌 것으로서 팔이 완전히 펴지지 않은 상태였으며, 반면 던지지 않은 쪽의 팔꿈치는 평균적으로 119.8° 의 각도로 많이 굽혀진 것을 확인할 수 있었음.

왼손(deg)		오른손(deg)	
NO.	X축	NO.	X축
S01	97.7	S01	44.3
S02	76.8	S02	50.0
S03	129.8	S03	52.8
S04	108.4	S04	44.7
S05	134.3	S05	78.6
S06	135.7	S06	65.2
S07	136.2	S07	40.8
S08	143.9	S08	72.0
S09	125.5	S09	52.4
S10	81.5	S10	57.0
S11	146.1	S11	62.8
S12	118.7	S12	55.6
S13	153.2	S13	55.6
S14	137.0	S14	51.6
S15	102.5	S15	48.4
S16	111.0	S16	61.7
S18	159.0	S18	73.6
S19	152.8	S19	49.2
S20	104.5	S20	67.8
S21	81.6	S21	50.2
S23	113.0	S23	55.9
S24	61.2	S24	64.0
S25	117.8	S25	53.1
S26	131.3	S26	66.2
S27	114.8	S27	47.0
S28	107.6	S28	50.7
S29	143.0	S29	49.3
S30	130.6	S30	62.1
평균	119.8 (24.8)	평균	56.5 (9.5)

(마) 손목 각도 범위(range)

	mean(S.D.)		t	df	p
	왼쪽(deg)	오른쪽(deg)			
좌우축(x축)	55.5(18.8)	79.1(24.1)	-4.107	27	.000
전후축(y축)	46.4(18.7)	57.1(17.0)	-2.326	27	.028
수직축(z축)	97.7(33.5)	93.8(32.0)	.417	27	.680

- 좌우축과 전후축에서는 왼손과 오른손간에 통계적으로 차이가 나타났음($p<.05$). 공을 던지는 쪽이 던지지 않는 쪽보다 평균적으로 23.6° 의 척골편위와 10.7° 의 굽힘이 더 나타남.
- 손목의 회전에서는 다른 차이를 보이지 않았음.

왼손(deg)				오른손(deg)			
NO.	X축	Y축	Z축	NO.	X축	Y축	Z축
S01	25.3	45.0	95.4	S01	92.5	50.1	106.2
S02	56.7	28.9	83.8	S02	138.7	69.1	158.5
S03	75.9	86.8	126.2	S03	113.2	48.2	148.5
S04	34.8	29.8	40.3	S04	70.2	66.2	84.4
S05	65.1	40.1	115.6	S05	87.5	61.5	105.5
S06	21.7	29.3	26.6	S06	75.5	46.6	71.6
S07	63.8	56.2	107.6	S07	93.8	38.9	108.5
S08	39.5	44.9	61.7	S08	87.5	50.7	128.0
S09	50.2	36.7	86.8	S09	109.4	41.1	118.6
S10	77.7	72.0	138.6	S10	84.9	43.9	94.2
S11	77.4	39.2	142.4	S11	76.0	28.6	89.9
S12	32.4	45.8	118.4	S12	51.4	65.2	68.2
S13	41.0	23.1	58.8	S13	86.9	68.2	90.2
S14	61.4	53.7	112.4	S14	49.5	55.8	52.0
S15	62.0	62.0	108.7	S15	47.9	62.9	70.1
S16	52.8	45.5	76.3	S16	91.8	106.9	144.2
S18	81.0	48.3	154.1	S18	52.6	49.5	67.2
S19	89.5	29.7	162.8	S19	70.9	75.2	61.8
S20	60.4	75.6	104.8	S20	119.8	46.6	148.2
S21	41.3	70.9	60.1	S21	90.3	49.1	103.2
S23	54.3	22.8	65.1	S23	89.7	61.2	105.3
S24	67.3	34.8	99.3	S24	47.5	52.9	48.2
S25	54.4	93.3	110.7	S25	43.5	100.4	87.1
S26	35.7	38.5	94.5	S26	68.7	62.5	64.1
S27	86.1	37.9	138.3	S27	90.6	47.4	109.6
S28	32.0	42.6	81.2	S28	57.5	61.6	44.3
S29	70.0	30.3	89.1	S29	48.0	40.8	54.9
S30	43.2	35.5	75.4	S30	79.9	47.8	95.2
평균	55.5 (18.8)	46.4 (18.7)	97.7 (33.5)	평균	79.1 (24.1)	57.1 (17.0)	93.8 (32.0)

(바) 릴리즈 시 손목 각도

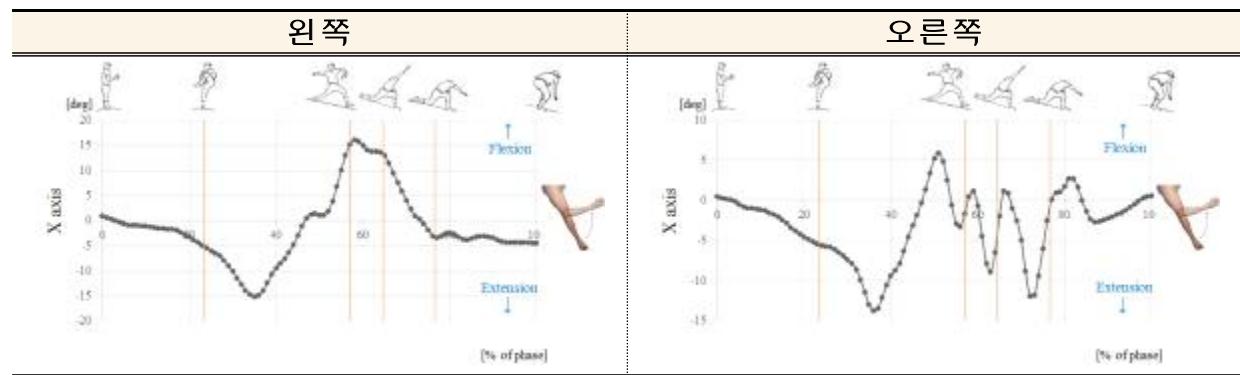
	mean(S.D.)		t	df	p
	왼쪽(deg)	오른쪽(deg)			
좌우축(x축)	1.4(20.9)	33.8(9.4)	-7.427	27	.000
전후축(y축)	29.3(14.6)	33.4(6.6)	-1.252	27	.221
수직축(z축)	60.5(39.6)	129.7(15.8)	-8.172	27	.000

- 던지지 않는 쪽의 손목은 좌우축, 전후축, 수직축에서 릴리즈 시 일관성을 보이지 않고 편차가 큰 것을 확인할 수 있었음. 즉, 왼쪽 손목의 움직임은 릴리즈 시와 큰 상관이 없는 것으로 사료됨.
- 던지는 쪽의 손목에서는 내측 회전(129.7°)이 많이 되는 것을 확인할 수 있었음.

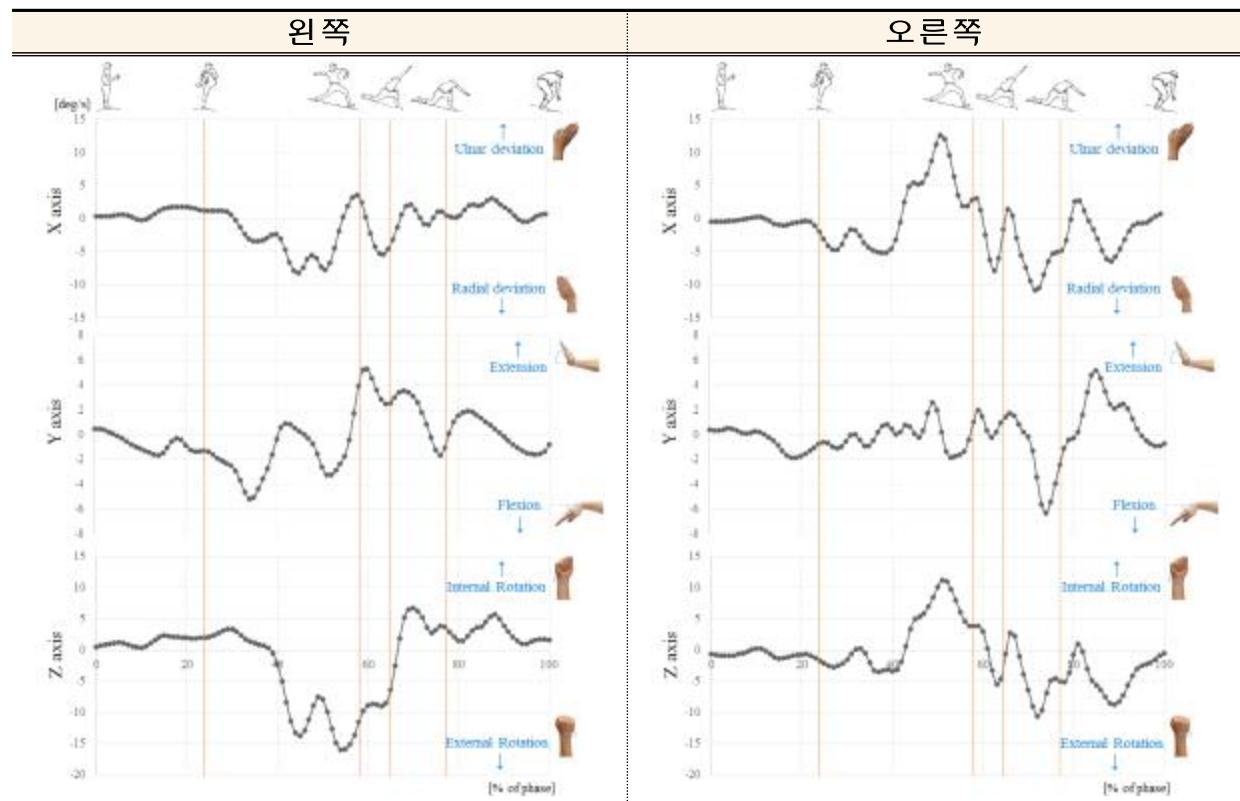
왼손(deg)				오른손(deg)			
NO.	X축	Y축	Z축	NO.	X축	Y축	Z축
S01	20.0	16.4	106.5	S01	36.6	30.1	132.5
S02	6.5	40.0	85.7	S02	33.6	28.7	130.0
S03	-19.5	-2.0	0.6	S03	48.3	35.3	154.1
S04	44.1	30.4	132.9	S04	22.0	38.6	112.2
S05	-1.9	24.0	54.1	S05	44.1	19.8	161.8
S06	36.0	32.0	120.5	S06	32.8	34.0	128.3
S07	-12.2	34.7	37.4	S07	25.1	40.9	106.4
S08	26.3	33.6	95.5	S08	43.0	25.5	148.3
S09	-17.9	32.8	36.1	S09	42.5	42.5	132.7
S10	-11.6	-7.2	10.7	S10	29.9	44.0	122.0
S11	-40.5	9.5	-8.1	S11	39.7	39.3	131.1
S12	5.7	8.0	13.6	S12	39.3	31.4	144.4
S13	-2.0	37.9	61.9	S13	27.8	37.9	124.5
S14	-8.4	42.3	49.9	S14	32.4	30.4	133.7
S15	-5.7	41.9	71.2	S15	33.2	44.6	130.8
S16	9.8	26.1	93.1	S16	9.3	40.2	92.6
S18	-37.3	32.2	26.1	S18	25.6	30.2	124.3
S19	1.4	18.0	-17.5	S19	38.0	33.0	129.3
S20	3.3	20.3	44.6	S20	30.9	36.0	129.3
S21	38.6	59.5	120.2	S21	37.5	28.4	135.8
S23	-8.3	31.0	84.6	S23	35.8	31.4	142.1
S24	-8.3	43.8	44.6	S24	33.8	32.6	120.5
S25	1.7	35.5	58.4	S25	38.9	33.1	125.1
S26	5.4	40.1	71.5	S26	29.7	23.2	141.0
S27	7.3	44.9	72.5	S27	13.6	34.1	92.8
S28	23.7	25.4	80.2	S28	52.4	38.2	146.3
S29	-27.9	38.3	49.6	S29	30.9	19.2	135.9
S30	11.7	29.6	97.2	S30	40.7	33.7	124.1
평균	1.4 (20.9)	29.3 (14.6)	60.5 (39.6)	평균	33.8 (9.4)	33.4 (6.6)	129.7 (15.8)

(3) 각속도 분석(팔꿈치, 손목)

(가) 팔꿈치 각속도



(나) 손목 각속도



(다) 릴리즈 시 팔꿈치 각속도

	mean(S.D.)		t	df	p
	왼쪽(deg)	오른쪽(deg)			
좌우축(x축)	13.9(17.1)	-80.1(22.5)	18.980	27	.000

- 던지지 않는 쪽은 릴리즈 시 일관성을 보이지 않고 편차가 큰 것을 확인할 수 있었음.
즉, 원쪽 팔꿈치 관절의 움직임은 릴리즈 시에 각기 다른 것으로 사료됨.
- 던지는 쪽의 팔꿈치 관절의 각속도는 평균적으로 -80.1°인 것을 확인할 수 있었음. 이
것은 팔꿈치가 펼쳐지는 각속도가 초당 약 80°인 것을 의미함.

왼손(deg/s)		오른손(deg/s)	
대상자	X축	대상자	X축
S01	18.5	S01	-57.8
S02	8.7	S02	-83.7
S03	-14.5	S03	-58.2
S04	-4.0	S04	-79.3
S05	2.0	S05	-127.7
S06	17.0	S06	-87.8
S07	-7.5	S07	-73.1
S08	15.8	S08	-116.1
S09	39.3	S09	-82.3
S10	-3.2	S10	-83.3
S11	20.8	S11	-86.6
S12	15.9	S12	-77.1
S13	23.4	S13	-72.8
S14	24.2	S14	-82.8
S15	26.2	S15	-55.9
S16	7.5	S16	-21.6
S18	12.0	S18	-101.3
S19	1.1	S19	-87.5
S20	-4.9	S20	-81.5
S21	45.5	S21	-51.5
S23	22.6	S23	-84.3
S24	-6.2	S24	-98.5
S25	2.4	S25	-86.2
S26	27.2	S26	-95.3
S27	36.9	S27	-34.2
S28	29.6	S28	-107.3
S29	-12.5	S29	-82.9
S30	44.2	S30	-87.1
평균	13.9 (17.1)	평균	-80.1 (22.5)

(라) 릴리즈 시 손목 각속도

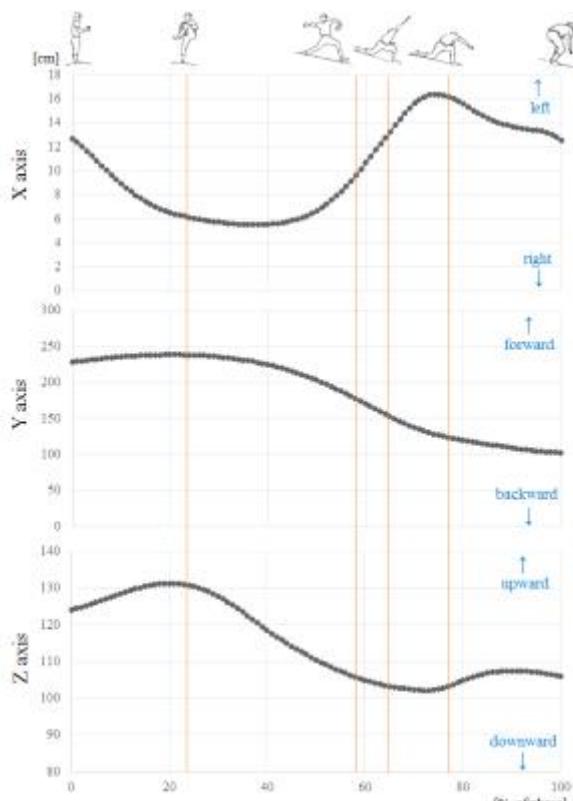
	mean(S.D.)		t	df	p
	왼쪽(deg)	오른쪽(deg)			
좌우축(x축)	0.2(14.7)	-53.7(16.9)	16.251	27	.000
전후축(y축)	1.9(5.7)	-41.5(16.4)	13.196	27	.000
수직축(z축)	0.6(21.8)	-42.7(24.0)	8.363	27	.000

- 던지지 않는 쪽은 릴리즈 시 일관성을 보이지 않고 편차가 큰 것을 확인할 수 있었음.
- 즉, 왼쪽 손목 관절의 움직임은 릴리즈 시에 각기 다른 것으로 사료됨.
- 던지는 쪽의 손목 관절은 릴리즈 시 각 축마다 요골편위(53.7°), 굽힘(41.5°), 외측회전(42.7°)의 움직임이 나타남.

왼 손(deg/s)				오른 손(deg/s)			
NO.	X축	Y축	Z축	NO.	X축	Y축	Z축
S01	-3.7	5.2	-3.6	S01	-61.9	-37.5	-51.2
S02	11.1	0.4	12.1	S02	-51.9	-64.4	-39.6
S03	-6.0	5.5	14.9	S03	-44.2	-47.1	-27.9
S04	-15.4	2.4	-8.0	S04	-72.7	-79.1	-44.0
S05	4.8	-0.1	13.3	S05	-53.8	-24.2	-41.8
S06	11.4	-4.2	8.4	S06	-74.0	-35.8	-58.1
S07	17.9	6.0	24.3	S07	-68.3	-45.6	-69.0
S08	-9.6	2.5	-13.3	S08	-82.7	-37.4	-57.2
S09	2.9	-1.5	-0.8	S09	-63.1	-4.8	-53.8
S10	0.2	12.8	9.7	S10	-60.1	-32.1	-56.0
S11	12.9	3.1	-2.2	S11	-49.8	-7.1	-47.9
S12	-2.3	-0.7	-4.6	S12	-1.9	-65.7	36.2
S13	7.6	-3.0	9.2	S13	-57.1	-33.7	-41.6
S14	7.7	6.3	9.7	S14	-42.7	-44.4	-17.0
S15	15.0	0.7	19.2	S15	-23.8	-37.9	-18.0
S16	-0.9	10.7	-3.1	S16	-54.2	-46.3	-69.7
S18	6.5	-2.6	-4.6	S18	-42.2	-43.0	-16.6
S19	6.8	-1.1	1.1	S19	-52.0	-59.7	-36.0
S20	-13.9	6.3	-5.4	S20	-66.7	-29.3	-58.2
S21	-18.3	9.3	-20.8	S21	-69.2	-32.6	-54.8
S23	1.1	-2.9	-0.7	S23	-52.0	-51.5	-33.3
S24	-29.6	-1.2	-41.8	S24	-49.9	-51.2	-29.4
S25	29.1	14.4	55.6	S25	-39.8	-62.5	-33.8
S26	5.4	-1.9	2.3	S26	-39.1	-35.6	-42.7
S27	-41.4	-12.6	-69.5	S27	-82.6	-51.4	-103.4
S28	1.2	0.8	0.0	S28	-51.8	-31.6	-33.9
S29	-9.0	-0.5	-5.9	S29	-47.8	-29.9	-36.3
S30	13.3	-1.7	22.2	S30	-47.9	-39.3	-59.4
평균	0.2 (14.7)	1.9 (5.7)	0.6 (21.8)	평균	-53.7 (16.9)	-41.5 (16.4)	-42.7 (24.0)

(4) 신체무게중심(Center of mass: CoM) 궤도 분석 및 범위(range)

- 가장 큰 움직임을 보인 축은 전후축이었으며, 평균적으로 138.5cm 앞으로 나간 것을 알 수 있었음. 이것은 대상자가 스트라이드를 수행하면서 생긴 무게중심의 이동으로 인한 것으로 사료됨.
- 리프팅 동작 시 오른쪽 방향으로 약간 무게중심이 이동했음이 스트라이드 시 다시 왼쪽으로 이동하는 것을 확인할 수 있었음.
- 마찬가지로 리프팅 시 위쪽 방향으로 무게중심이 이동했음이 스트라이드 시 다시 아래 방향으로 무게중심이 이동하는 것을 알 수 있었음.



NO.	X축	Y축	Z축
S01	15.3	139.5	37.0
S02	23.4	104.9	32.3
S03	32.8	153.0	44.8
S04	36.2	124.9	31.3
S05	24.3	119.8	46.9
S06	27.3	150.9	46.8
S07	21.9	135.4	42.8
S08	23.3	97.0	36.2
S09	30.2	143.7	41.4
S10	25.5	194.4	33.0
S11	22.2	111.3	33.8
S12	36.0	142.1	42.2
S13	16.8	157.1	41.9
S14	20.8	113.4	23.2
S15	19.2	122.2	40.8
S16	23.9	143.0	39.0
S18	13.5	149.2	34.7
S19	13.0	127.0	24.0
S20	15.5	148.2	40.5
S21	38.7	194.8	51.3
S23	19.3	137.7	35.9
S24	18.4	147.5	35.0
S25	16.7	150.0	43.7
S26	10.1	121.6	36.4
S27	22.7	134.3	24.3
S28	11.5	145.3	50.4
S29	14.6	149.5	38.9
S30	18.7	119.2	34.4
평균	21.8 (7.6)	138.5 (22.4)	38.0 (7.2)

(5) 가속도 분석

(가) 3D 모션분석 vs. 가속도센서 릴리즈 타이밍차이 분석

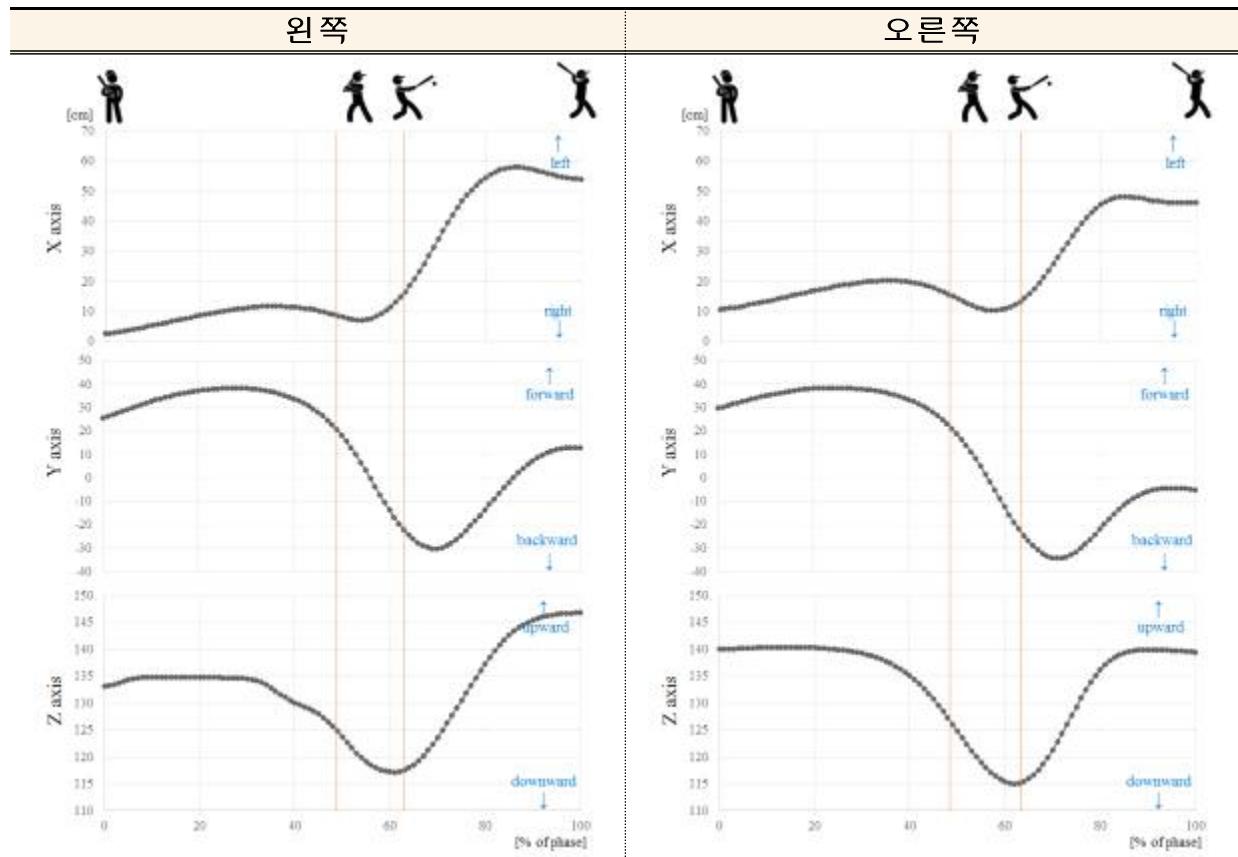
NO.	3D 모션분석(s)	R-가속도센서(s)	오차시간(s)
S01	8.699±0.835	8.831±0.839	0.132±0.005
S02	6.974±0.046	7.083±0.045	0.110±0.005
S03	7.882±0.532	8.007±0.533	0.125±0.002
S04	11.739±1.394	11.849±1.401	0.110±0.017
S05	5.494±0.098	5.665±0.114	0.171±0.020
S06	7.984±0.334	8.125±0.336	0.142±0.004
S07	7.552±0.457	7.659±0.467	0.106±0.016
S08	4.931±0.317	5.060±0.299	0.130±0.019
S09	6.937±0.532	7.037±0.533	0.099±0.001
S10	7.686±0.614	7.830±0.618	0.145±0.005
S11	10.677±1.108	10.820±1.108	0.143±0.001
S12	6.416±0.960	6.529±0.959	0.113±0.001
S13	6.741±0.239	6.865±0.242	0.125±0.003
S14	5.974±0.125	6.095±0.125	0.121±0.002
S15	10.504±0.493	10.619±0.495	0.115±0.017
S16	12.187±0.443	12.266±0.446	0.079±0.017
S18	7.534±0.539	7.673±0.540	0.139±0.002
S19	11.012±0.789	11.141±0.790	0.129±0.005
S20	6.581±0.267	6.195±1.084	0.551±0.740
S21	13.009±1.096	13.118±1.081	0.109±0.018
S23	6.737±1.318	6.891±1.273	0.154±0.045
S24	5.752±0.483	5.858±0.487	0.106±0.004
S25	11.987±0.330	12.120±0.329	0.133±0.001
S26	6.509±0.669	6.643±0.668	0.134±0.002
S27	6.626±0.506	6.750±0.507	0.125±0.001
S28	8.914±0.086	9.055±0.083	0.142±0.003
S29	8.152±0.219	8.321±0.231	0.168±0.024
S30	9.241±0.425	9.357±0.412	0.117±0.014
평균	8.230±0.545	8.338±0.573	0.142±0.036

- 릴리즈에 가까워질수록 가속도가 증가하는 경향을 보임
- 3D 모션분석과 오른쪽 가속도센서의 릴리즈 타이밍 사이의 상관계수를 계산한 결과, $r=.997$ 로 높은 상관을 나타냈음. $r^2=.9940$ 으로 3D 모션분석과 오른쪽 가속도센서와의 높은 관계를 설명함.
- 피칭은 던지기 동작의 일부이며, 던지기 동작에서 투사도는 손끝에의 속도와 같음. 손끝의 속도는 상체에서 시작되어 손이나 공 같은 가장 말단 분절로 이어지는 순차적 운동에 의해 최대가 됨(Elliott, Grove, Gibson, & Thurston, 1986). 이로 인해 가장 말

단 부분인 손목에 가속도 센서를 부착하는 것이 가장 타당하고, 실제 던진 릴리즈 타이밍과도 가장 가깝다고 사료됨.

나. 배팅동작

(1) 스윙 궤도 분석



(가) 스윙 궤도 범위(range)

	mean(S.D.)		t	df	p
	왼쪽(deg)	오른쪽(deg)			
좌우축(x축)	70.2(8.1)	58.3(8.1)	6.012	26	.000
전후축(y축)	83.1(9.6)	87.8(10.6)	-3.828	26	.001
수직축(z축)	40.6(15.2)	40.6(7.6)	.034	26	.973

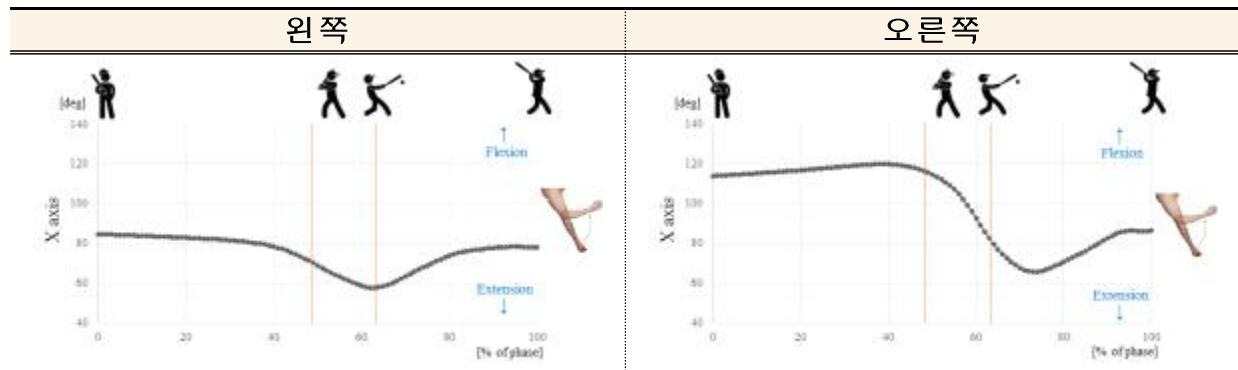
- 수직축에서는 왼손과 오른손간에 통계적으로 차이가 나타나지 않았음.
- 좌우축과 전후축에서는 왼손과 오른손간에 통계적으로 차이가 나타났으며($p<.001$), 오른쪽 손이 앞뒤로 더 많이 움직이고, 오른손보다 왼쪽이 좌우로 더 많이 움직이는 것을 확인할 수 있었음.

왼손(cm)			
NO.	X축	Y축	Z축
S01	68.8	77.2	38.4
S02	68.7	69.5	16.8
S03	86.4	83.5	83.6
S04	55.9	88.5	27.4
S05	83.4	99.2	40.1
S06	64.9	74.2	47.2
S07	77.8	93.2	52.1
S08	60.1	64.8	34.1
S09	72.1	66.7	31.6
S10	67.1	81.4	45.6
S11	65.6	76.2	16.7
S12	80.1	77.7	32.1
S13	70.9	89.7	35.2
S14	78.5	89.1	49.3
S15	70.5	96.4	55.0
S16	72.5	87.5	67.9
S18	56.7	81.7	38.6
S19	64.1	76.1	42.1
S20	78.2	100.2	59.7
S21	72.8	80.6	26.5
S23	67.6	83.8	17.3
S24	57.0	87.0	33.6
S25	78.6	97.5	53.8
S26	59.3	77.8	35.6
S27	71.8	80.2	35.8
S29	71.1	90.2	37.0
S30	74.0	74.0	44.3
평균	70.2 (8.1)	83.1 (9.6)	40.6 (15.2)

오른손(cm)			
NO.	X축	Y축	Z축
S01	64.8	77.0	45.6
S02	57.1	73.9	22.1
S03	51.0	88.5	48.9
S04	53.4	94.4	39.4
S05	64.5	83.2	44.1
S06	57.5	81.6	46.2
S07	61.2	98.1	44.2
S08	55.8	68.4	36.3
S09	70.9	71.9	38.5
S10	57.6	98.0	45.5
S11	58.8	89.5	30.1
S12	58.7	84.7	35.4
S13	65.4	98.4	46.1
S14	50.3	81.3	34.2
S15	60.8	103.7	49.1
S16	51.7	96.3	38.3
S18	44.2	81.2	34.8
S19	60.9	81.9	44.5
S20	39.4	104.9	36.6
S21	59.2	79.0	31.5
S23	66.9	90.7	26.6
S24	46.0	89.6	42.7
S25	61.4	107.1	53.9
S26	51.4	84.4	39.1
S27	61.9	82.7	43.0
S29	75.5	102.2	49.0
S30	66.5	77.3	49.4
평균	58.3 (8.1)	87.8 (10.6)	40.6 (7.6)

(2) 각도 분석

(가) 팔꿈치 각도



(나) 팔꿈치 각도 범위(range)

	mean(S.D.)		t	df	p
	왼쪽(deg)	오른쪽(deg)			
좌우축(x축)	51.8(13.8)	74.8(13.0)	-5.907	26	.000

- 배팅 시 비주동손인 원쪽보다 주동손인 오른쪽이 더 많은 팔꿈치 각도 범위가 나타나는 것으로 나타남($p < .001$).
- 이것은 주동손인 오른쪽이 배팅 시 비주동쪽보다 바깥쪽에 위치해 있기 때문이라고 사료됨.

왼손(deg)		오른손(deg)	
NO.	X축	NO.	X축
S01	56.8	S01	75.7
S02	66.0	S02	40.2
S03	52.5	S03	61.8
S04	52.2	S04	72.6
S05	51.4	S05	70.1
S06	57.6	S06	74.8
S07	46.8	S07	99.8
S08	80.6	S08	62.3
S09	60.1	S09	90.3
S10	42.6	S10	72.5
S11	42.6	S11	58.8
S12	43.7	S12	88.0
S13	37.2	S13	70.0
S14	51.5	S14	69.0
S15	19.7	S15	67.1
S16	62.9	S16	83.3
S18	33.8	S18	70.7
S19	49.0	S19	83.0
S20	57.2	S20	87.5
S21	39.4	S21	82.4
S23	58.6	S23	68.1
S24	86.3	S24	70.1
S25	50.4	S25	96.1
S26	61.1	S26	60.9
S27	33.7	S27	74.1
S29	55.1	S29	93.2
S30	48.7	S30	77.8
평균	51.8(13.8)	평균	74.8(13.0)

(다) 임팩트 시 팔꿈치 각도

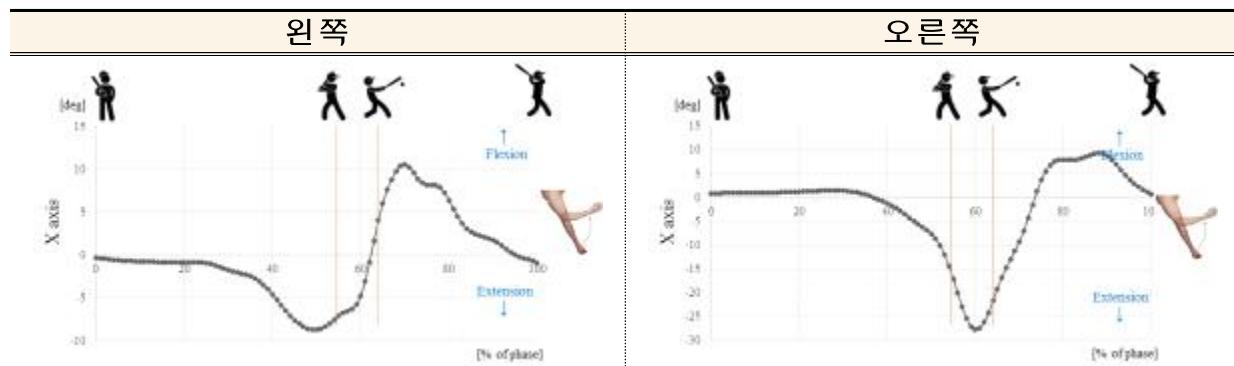
	mean(S.D.)		t	df	p
	왼쪽(deg)	오른쪽(deg)			
좌우축(x축)	53.1(13.7)	70.3(11.5)	-5.827	26	.000

- 임팩트 시 왼쪽과 오른쪽에 통계적으로 유의한 차이가 나타남($p<.001$).
- 주동쪽인 오른쪽이 70.3° , 비주동쪽인 53.1° 으로 오른쪽이 더 많은 굽힘이 나타나는 것을 확인할 수 있었음.

왼손(deg)		오른손(deg)	
NO.	X축	NO.	X축
S01	52.6	S01	57.3
S02	71.5	S02	78.7
S03	52.3	S03	78.7
S04	43.5	S04	61.2
S05	38.6	S05	68.6
S06	53.1	S06	52.7
S07	54.4	S07	84.0
S08	49.0	S08	53.3
S09	42.6	S09	40.7
S10	58.8	S10	77.3
S11	50.8	S11	68.7
S12	63.0	S12	77.9
S13	58.2	S13	67.3
S14	68.7	S14	71.9
S15	48.0	S15	81.1
S16	33.7	S16	77.9
S18	85.2	S18	75.5
S19	41.5	S19	89.0
S20	47.0	S20	74.7
S21	66.4	S21	64.8
S23	48.0	S23	56.5
S24	44.8	S24	66.7
S25	37.1	S25	65.2
S26	48.6	S26	79.3
S27	85.3	S27	79.6
S29	59.4	S29	84.7
S30	32.1	S30	65.7
평균	53.1(13.7)	평균	70.3(11.5)

(3) 각속도 분석

(가) 팔꿈치 각속도



(나) 팔꿈치 최대 각속도

	mean(S.D.)		t	df	p
	왼쪽(deg/s)	오른쪽(deg/s)			
좌우축(x축)	33.6(17.7)	-66.4(13.0)	20.547	26	.000

- 스윙 시 왼쪽과 오른쪽에 통계적으로 유의한 차이가 나타남($p<.001$).
- 주동쪽인 오른쪽은 스윙 시 팔꿈치 관절의 펌 방향으로 가장 큰 각속도가 나타났고, 왼쪽은 굽힘 방향으로 가장 큰 각속도가 나타남.
- 배팅 시 오른쪽은 점점 굽힘 방향으로 스윙이 이루어지고, 왼쪽은 펴졌다가 굽혀지는 방향으로 움직임이 나타나므로, 이에 기인한 것이라고 사료됨.

왼 손(deg/s)		오른 손(deg/s)	
NO.	X축	NO.	X축
S01	44.1	S01	-63.4
S02	34.4	S02	-46.2
S03	10.9	S03	-50.0
S04	45.9	S04	-85.1
S05	16.5	S05	-69.9
S06	48.8	S06	-77.7
S07	17.5	S07	-99.0
S08	57.0	S08	-62.5
S09	53.5	S09	-76.7
S10	9.5	S10	-59.4
S11	26.4	S11	-54.7
S12	21.1	S12	-62.4
S13	11.9	S13	-70.3
S14	19.4	S14	-54.8
S15	17.7	S15	-61.1
S16	45.4	S16	-58.1
S18	15.1	S18	-61.0
S19	17.6	S19	-46.8
S20	14.4	S20	-74.1
S21	47.4	S21	-77.7
S23	47.0	S23	-65.6
S24	60.8	S24	-79.5
S25	33.6	S25	-75.2
S26	52.4	S26	-64.6
S27	25.9	S27	-44.9
S29	46.7	S29	-71.7
S30	66.9	S30	-80.9
평균	33.6(17.7)	평균	-66.4(13.0)

(다) 임팩트 시 팔꿈치 각속도

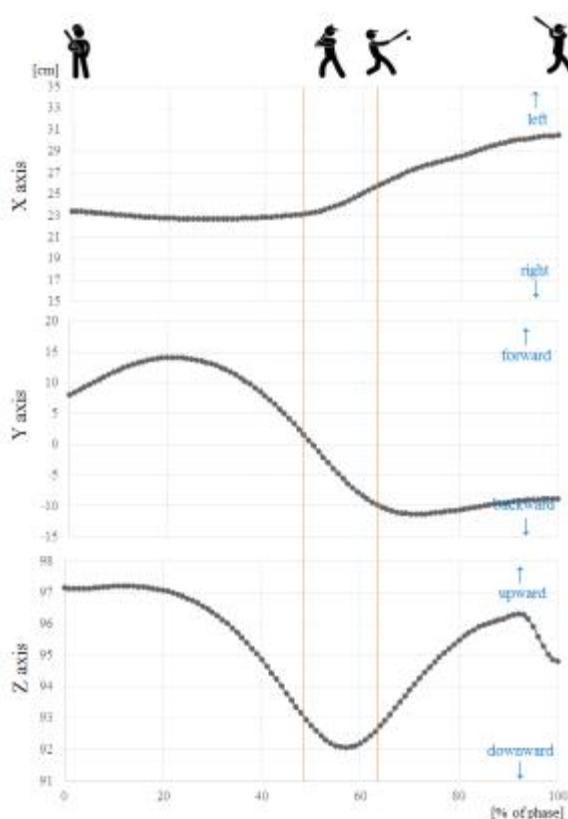
	mean(S.D.)		t	df	p
	왼쪽(deg/s)	오른쪽(deg/s)			
좌우축(x축)	-0.9(4.3)	0.8(3.3)	-1.817	26	.081

- 임팩트 시 왼쪽과 오른쪽에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았음.
- 평균적으로 오른쪽 팔꿈치는 약 0.8° 의 굽힘, 왼쪽 팔꿈치는 약 0.9° 의 신전이 있었으며, 임팩트 시 왼쪽과 오른쪽 모두 다 팔꿈치가 거의 평진 상태로 동작이 수행되었다는 것을 확인할 수 있었음.

왼손(deg/s)		오른손(deg/s)	
NO.	X축	NO.	X축
S01	-1.1	S01	1.1
S02	-7.0	S02	2.5
S03	-5.2	S03	-0.3
S04	-1.3	S04	2.3
S05	5.6	S05	4.7
S06	-1.6	S06	1.0
S07	2.5	S07	-3.9
S08	-1.9	S08	3.0
S09	-0.1	S09	-0.4
S10	6.4	S10	1.6
S11	-2.4	S11	-1.5
S12	-3.8	S12	-4.9
S13	-0.6	S13	0.7
S14	-2.6	S14	2.1
S15	0.4	S15	0.4
S16	-2.1	S16	1.0
S18	4.1	S18	8.8
S19	2.3	S19	-0.2
S20	10.4	S20	0.8
S21	4.7	S21	6.3
S23	-6.7	S23	6.1
S24	0.0	S24	-1.0
S25	-3.8	S25	1.3
S26	-3.4	S26	-4.3
S27	-3.6	S27	-4.7
S29	-7.4	S29	2.1
S30	-4.9	S30	-2.2
평균	-0.9(4.3)	평균	0.8(3.3)

(4) 신체무게중심(Center of mass: CoM) 궤도 분석 및 범위(range)

- 가장 큰 움직임을 보인 축은 전후축이었으며, 평균적으로 28.2cm 앞으로 나간 것을 알 수 있었음. 이것은 대상자가 스윙 전 준비동작에서 원발을 들며 무게중심을 뒤쪽으로 이동했다가, 점차 앞쪽으로 무게중심을 이동해가면서 생긴 결과임.
- 좌우축, 수직축에서는 큰 변화를 보이지 않았음.
- 스윙 시, 무게중심이 점차 왼쪽으로 약간 이동하는 것을 확인할 수 있었음.
- 임팩트 시 무게중심이 아래로 내려갔다가 다시 위쪽으로 약간 이동하는 것을 확인할 수 있었음.



NO.	X축	Y축	Z축
S01	8.0	24.4	7.3
S02	16.2	19.2	7.0
S03	8.5	37.9	12.4
S04	7.3	36.3	9.5
S05	15.5	29.7	5.9
S06	14.8	24.1	11.0
S07	9.0	33.9	43.3
S08	7.3	19.0	8.2
S09	11.1	10.2	5.1
S10	4.3	31.1	8.9
S11	12.9	23.3	4.0
S12	7.0	28.2	7.5
S13	7.1	34.3	5.9
S14	9.3	24.2	8.7
S15	10.0	37.8	7.8
S16	6.6	35.1	11.5
S18	6.9	29.8	5.2
S19	7.8	23.9	4.4
S20	5.6	36.5	7.6
S21	18.4	22.2	7.2
S23	13.1	29.9	6.3
S24	8.8	33.5	8.8
S25	18.0	36.9	11.9
S26	10.6	26.9	5.8
S27	9.8	27.3	10.8
S29	6.3	30.8	9.0
S30	9.4	14.6	7.5
평균	10.0 (3.8)	28.2 (7.2)	9.2 (7.2)

(5) 가속도 분석

(가) 3D 모션분석 vs. 가속도센서 임팩트 타이밍차이 분석

- 3D 모션분석 시의 임팩트 시점과 오른쪽 가속도 센서의 임팩트 시점 사이의 상관관계를 분석한 결과 $r=1.000(p<.001)$ 으로 아주 높은 상관관계를 나타냈음.
- 두 임팩트 시점 사이의 일치도가 매우 높은 것으로 판단됨.

NO.	3D 모션분석(s)	R-가속도센서(s)	오차시간(s)
S01	6.382±0.346	6.481±0.351	0.099±0.008
S02	5.811±0.268	5.879±0.272	0.069±0.004
S03	6.497±0.161	6.634±0.164	0.137±0.005
S04	8.619±0.793	8.702±0.781	0.083±0.012
S05	6.652±0.511	6.739±0.518	0.087±0.008
S06	6.272±1.748	6.360±1.747	0.088±0.004
S07	4.691±0.213	4.773±0.215	0.083±0.002
S08	6.444±0.186	6.525±0.202	0.081±0.018
S09	5.664±0.170	5.747±0.176	0.083±0.006
S10	6.612±0.210	6.693±0.211	0.081±0.002
S11	7.154±1.038	7.235±1.035	0.081±0.004
S12	6.382±0.816	6.533±0.844	0.150±0.066
S13	6.926±0.891	7.026±0.890	0.100±0.003
S14	5.629±0.281	5.738±0.224	0.109±0.071
S15	10.479±0.947	10.560±0.938	0.081±0.014
S16	9.614±4.293	9.696±4.285	0.082±0.008
S18	7.474±0.953	7.572±0.965	0.098±0.048
S19	11.806±0.048	11.876±0.046	0.071±0.007
S20	7.717±0.976	7.800±0.963	0.083±0.026
S21	15.577±1.003	15.689±1.002	0.112±0.002
S23	8.197±0.371	8.326±0.391	0.128±0.043
S24	5.629±0.150	5.708±0.150	0.079±0.004
S25	9.021±2.577	9.117±2.578	0.096±0.003
S26	7.904±0.771	8.008±0.773	0.104±0.017
S27	6.814±1.314	6.930±1.283	0.116±0.048
S29	6.526±0.734	6.618±0.725	0.093±0.010
S30	7.629±0.904	7.711±0.900	0.082±0.009
평균	7.560±0.840	7.655±0.838	0.095±0.017

(나) 오른손(던지는 손) vs. 왼손 가속도센서 릴리즈 타이밍 차이 분석

- 오른쪽 가속도 센서의 임팩트 시점과 왼쪽 가속도 센서의 임팩트 시점 사이의 상관관계를 분석한 결과 $r=1.000(p<.001)$ 으로 아주 높은 상관관계를 나타냈음.
- 배팅 시 양손 모두 배트를 잡고 움직이기 때문에 오른손과 왼손 모두 같은 특징을 보인 것으로 사료됨.
- 따라서 배팅 시에 가속도계를 오른쪽이나 왼쪽 어느 쪽에 부착하여도 실제 임팩트 시점을 잘 유추할 수 있을 것으로 사료됨.

대상자	R-가속도센서(s)	L-가속도센서(s)	오차시간(s)
S01	6.481±0.351	6.497±0.334	0.021±0.025
S02	5.879±0.272	5.905±0.261	0.026±0.013
S03	6.634±0.164	6.600±0.203	0.042±0.027
S04	8.702±0.781	8.722±0.791	0.020±0.010
S05	6.739±0.518	6.732±0.516	0.007±0.003
S06	6.360±1.747	6.408±1.744	0.048±0.004
S07	4.773±0.215	4.784±0.202	0.013±0.008
S08	6.525±0.202	6.550±0.191	0.024±0.015
S09	5.747±0.176	5.746±0.173	0.002±0.002
S10	6.693±0.211	6.728±0.235	0.035±0.040
S11	7.235±1.035	7.281±1.035	0.047±0.021
S12	6.533±0.844	6.470±0.820	0.062±0.071
S13	7.026±0.890	7.058±0.880	0.032±0.017
S14	5.738±0.224	5.720±0.293	0.056±0.048
S15	10.560±0.938	10.610±0.919	0.050±0.025
S16	9.696±4.285	9.699±4.300	0.010±0.008
S18	7.572±0.965	7.571±0.942	0.028±0.019
S19	11.876±0.046	11.891±0.066	0.019±0.014
S20	7.800±0.963	7.821±0.962	0.040±0.034
S21	15.689±1.002	15.671±0.990	0.018±0.012
S23	8.326±0.391	8.280±0.356	0.054±0.037
S24	5.708±0.150	5.735±0.153	0.027±0.022
S25	9.117±2.578	9.133±2.567	0.027±0.029
S26	8.008±0.773	8.053±0.771	0.045±0.017
S27	6.930±1.283	6.920±1.293	0.026±0.025
S29	6.618±0.725	6.614±0.734	0.010±0.003
S30	7.711±0.900	7.748±0.883	0.037±0.021
평균	7.655±0.838	7.665±0.838	0.031±0.021

다. 헛스윙한 배팅과 공을 타격한 배팅 파일럿 실험(3명)

(1) 가속도계의 최대값 비교

대상자	공을 타격한 배팅		헛스윙한 배팅(빈스윙)	
	R-가속도	L-가속도	R-가속도	L-가속도
S01	137.4	104.5	94.0	78.0
S02	63.8	40.3	33.5	12.0
S03	105.8	126.1	82.7	106.7
평균	102.3±36.9	90.3±44.6	70.1±32.2	65.6±48.6

- 헛스윙한 배팅보다 공을 타격했을 시 가속도계의 최대값이 더 큰 것을 확인할 수 있었다(오른쪽은 약 30, 왼쪽은 약 25정도 공을 타격하였을 때 가속도가 더 큼).
- 따라서 이를 바탕으로 헛스윙과 실제 공을 스윙했을 때의 차이를 파악할 수 있을 것으로 사료됨.

4. 기술개발 내용 및 범위

가. 피칭 및 배팅 동작 측정 모듈 개발에 대한 3D 동작분석 수행

- 숙련자의 피칭/배팅 동작 시 3D 동작 분석을 통한 스윙 궤도 패턴 분석
- IMU센서를 통한 가속도 및 각도 분석 및 스피드 전을 통한 공의 속도 분석

(1) 운동학적 변인 분석

(가) 스윙 궤도 분석(Swing Path)

- 피칭 동작 시 오른쪽 손목의 스윙 궤도와 왼쪽 손목의 스윙 궤도 패턴을 보기 위해 손목의 마커 궤적을 분석
- 피칭 동작 시 오른쪽 손목의 궤도와 왼쪽 손목의 궤도의 구간 특성 및 상관관계 분석
- 배팅 동작 임팩트 시 배트의 스윙 궤도를 분석하기 위해 손목의 마커 궤적을 분석

(나) 각도 변인 분석(Thorax Rotation Angle, Left Forearm F/Supination Angle)

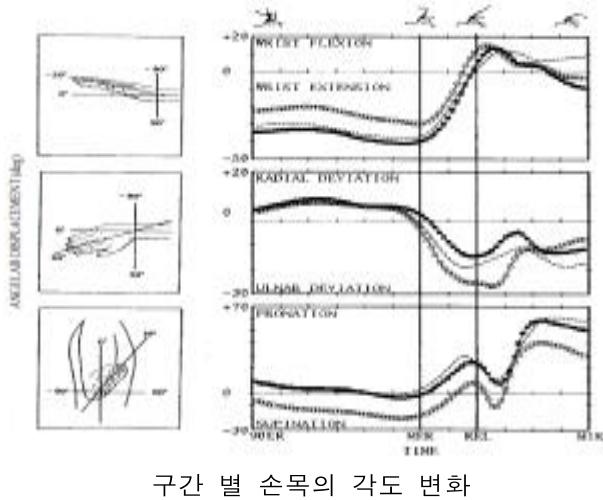
- 피칭 동작 시 손목 구간에 따른 각도 변인 분석
- 피칭 동작 시 공의 속도에 따른 이벤트별 특징 분석

(다) 속도 변인 분석(Bat Speed, Ball Speed, Wrist Speed)

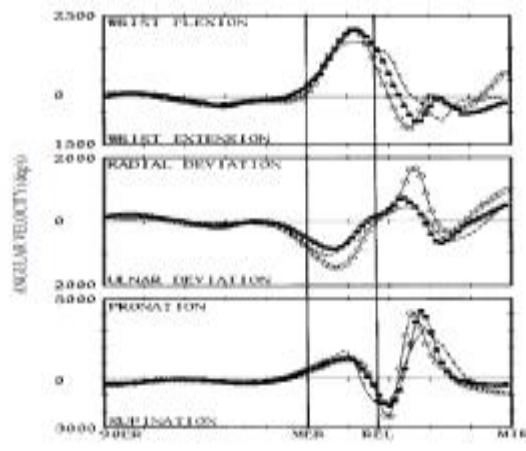
- 피칭/배팅 동작 시 Ball에 대한 스피드를 스피드 전을 통해 분석
- 피칭/배팅 동작 시 손목에 대한 스피드를 분석하기 위해 손목의 마커 속도를 분석
- 배팅 동작 시 배트에 대한 스피드를 분석하기 위해 배트의 마커 속도를 분석

(라) 가속도 및 각속도 변인 분석

- 피칭 동작 시 가속도 및 각속도의 구간에 따른 패턴 분석
- 타격 유·무에 따른 가속도 및 각속도의 특징 분석



구간 별 손목의 각도 변화



구간 별 손목의 각속도 변화

(2) 최종 분석 변인

- (가) 피칭: 손목의 가속도 및 각도, 최대 속도
- (나) 배팅: 손목의 가속도 및 각도, Impact시의 충격량

디지털 모션 분석 선행 지적재산권(IP) 조사 및 당사 계획과 비교

A Distributed Wearable, Wireless Sensor System for Evaluating Professional Baseball Pitchers and Batters

Michael Lapinski¹, Eric Berkson², Thomas Gill², Mike Reinold², Joseph A. Paradiso¹

TI사의 MSP430을 기반으로 한 멀티파트 모션센서를
기반으로 손, 손목, 가슴, 허리, 배트 등에 부착하고 모션
데이터를 수집한 결과를 참조함

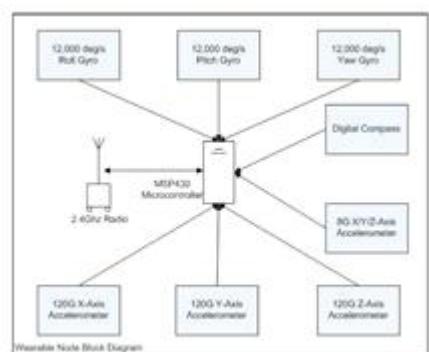


Figure 1: Block Diagram of a SportSemble Node

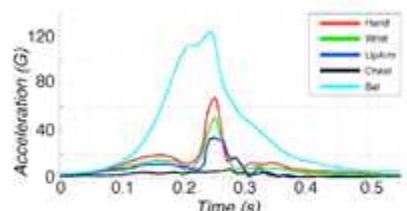
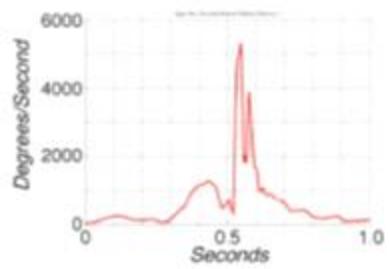


Figure 7. IMU-Measured G-forces during a representative swing of a baseball bat (free swing)

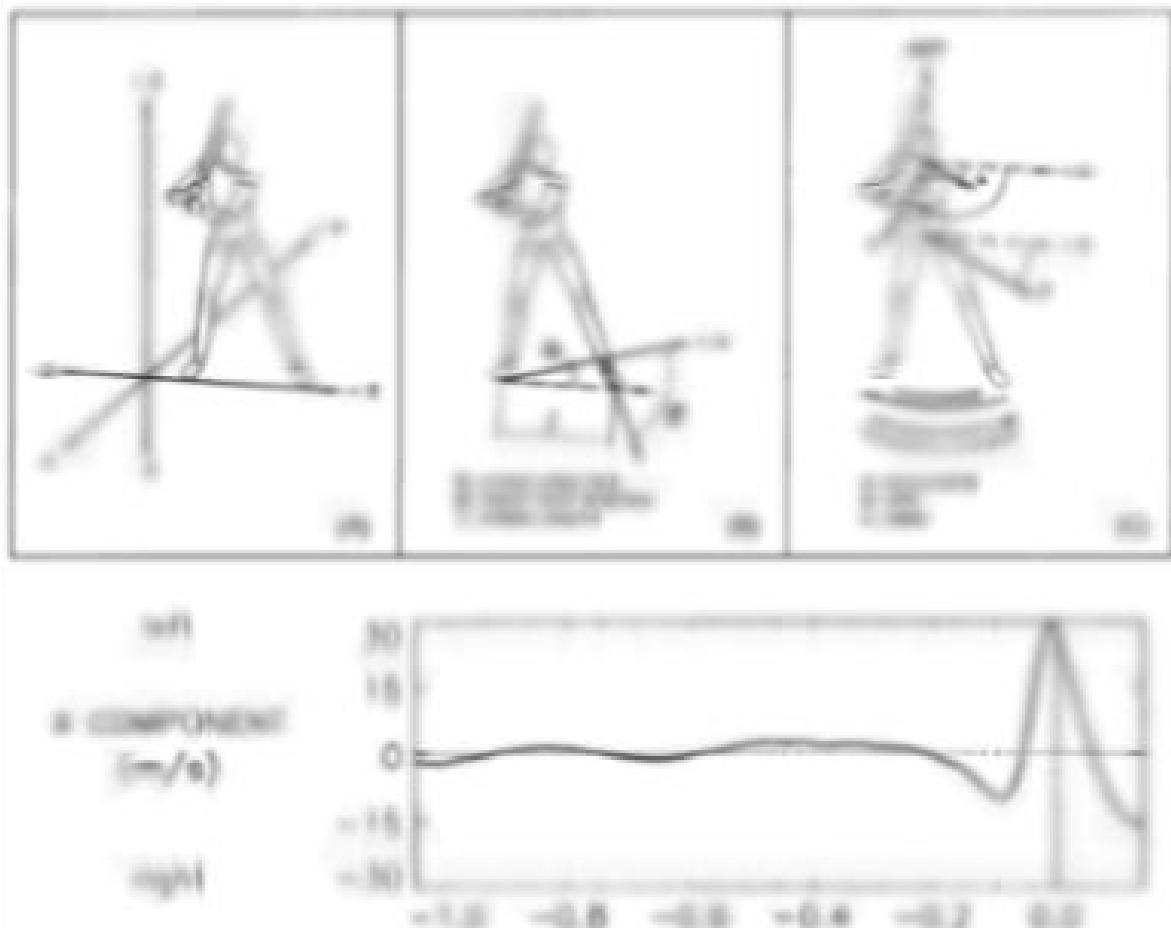
피칭의 경우 0.1초 사이에 5000deg/s의 각속도가 발생하기 때문에 최소 20Hz이상의 monitoring frequency 를 사용해야 한다는 결론을 내림



야구모션 분석 선행논문 분석

(Hitting a Baseball: A Biomechanical Description, Christian M. Welch, BS' Scott A. Banks, PhD Frank F. Cook, MD3 Pete Draovitch, MS, PT, ATC, CSCS)

스윙 시 발생하는 손목 모션 속도를 이용한 측정 Guideline 설계



선행 분석 결과의 배트 스피드를 토대로 웨어러블밴드 내 모션 센서의 측정 범위 설정

당사가 선정한 6축 모션 센서의 경우 현재 양산중인 MEMS 센서 중 모션 트래킹으로 가장 범용적으로 쓰이는 Invensense사의 MPU6555를 선정하였으며, 해당 제품 이상의 스펙을 가지

는 센서를 선정할 경우 양산 가격 및 수급 일정에 영향을 미칠 수 있어 성능과 가격 면에서 적합하도록 선정하였음

1) 가속도 센서의 경우 최대 100Hz의 샘플링 주기(Sampling Frequency)로

- 16g ~ +16g 사이의 값을 측정할 수 있도록 하였음 (동일 성능군 제품에서의 최대값을 선정하여 최대한 피칭과 배팅 모션을 잡아낼 수 있도록 선정하였음)

2) 각속도 센서의 경우 - 2000dps ~ +2000dps (degree per second) 사이의 값을 가지도록 선정하여 스윙 모션을 감지해내는 데는 무리가 없도록 설정하였음

제2절 야구모션 분석용 웨어러블 디바이스 설계 및 개발

1. 웨어러블 디바이스용 회로 개발

가. 하드웨어 부품 선정 및 Schematic 회로 설계

- 먼저 실제 양산까지 진행되었을 때 사업성을 지닐 수 있고, 현재 시판되는 경쟁사의 제품과 비교하여 소비자에게 어필할 수 있도록, 저전력 고성능의 회로 설계에 집중하였고, 모션 분석에 최적화할 수 있도록 가속도/각속도 센서를 배합하여 당사가 이번 연구과제에서 개발한 알고리즘을 포팅하는데 지장이 없도록 설계하였음
- 또한 실제 연산을 진행하는 MCU와 심박 센서의 구동을 제어하는 보조 MCU를 별도로 설계하여, 심박 센서가 필요하지 않은 상황이나 신체의 다른 부위에 부착했을 경우, 효율적으로 전력을 관리할 수 있도록 설계하였음
- 심박 센서를 추가하여, 현재 웨어러블 디바이스에서 화두가 되고 있는 산소포화도 및 VO2Max를 측정할 수 있도록 준비하여, 선수들의 훈련량 관리에 과학적 근거를 부여 할 수 있는 기초를 마련하였음
- 메인 MCU인 nRF52832의 경우, 현재 모바일 BLE 구현에 가장 선진화되어있는 Nordic사의 최신 부품을 선정하여, Computing power 및 BLE 안정성 모두를 공략할 수 있도록 설계하였음
- 모션 센서의 경우, 현재 다른 고가의 웨어러블 디바이스 제조사에서 사용하고 있는 STM사의 LSMDS3 모델을 사용하여 가속도와 각속도 센서를 각각 제어할 수 있어, 훈련중일 때와 일반 생활중일 때를 구분하여 전력 소모를 최적화할 수 있도록 준비하였음
- 배터리의 경우 기존작에서 50mAh를 탑재하여 실사용 기간을 5일에서 7일 정도로 보장하였으나, 심박 센서가 추가되고 보다 심화된 모션 분석 알고리즘을 탑재한 점을 감안하여 70mAh로 증량하여 동일하거나 그 이상의 사용자 경험을 제공할 수 있도록 준비하였다음

- 상기 서술한 제품 설계 목적에 부합하도록 선정한 부품 리스트(BOM) 및 Schematic 회로도는 아래와 같음
- 또한 기존 직토 워크 제품에서 보완점으로 지적되었던 LED array Display를 보완하기 위하여 OLED 패널을 탑재하여 보다 많은 정보량과 신속한 전달이 가능하도록 설계하였음

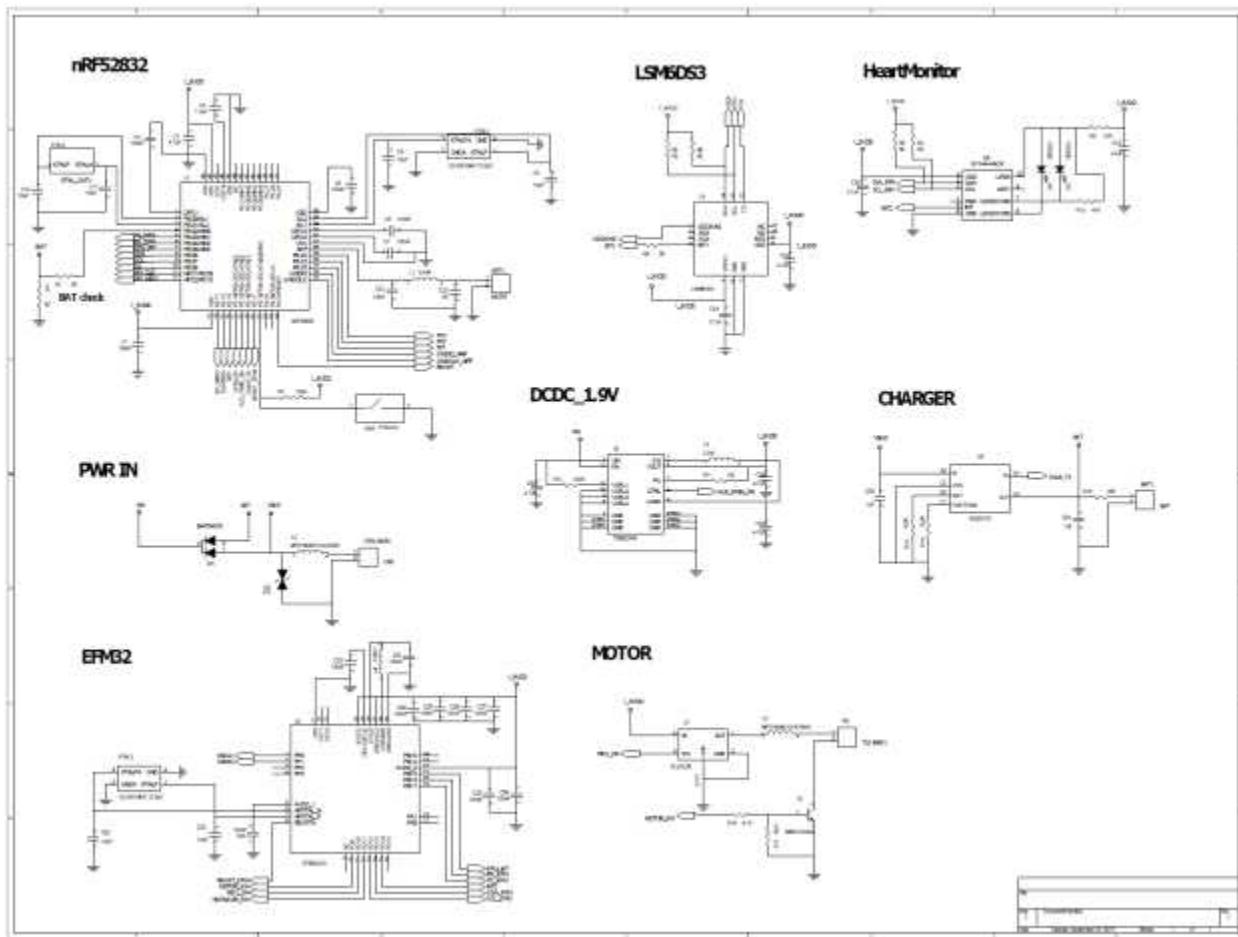


그림. 야구 모션 분석용 웨어러블 디바이스의 Schematic 회로 설계도

나. 회로 Artwork 설계 및 보드 개발

- 상기 설계한 회로를 실제 Board 타입으로 전환하기 위하여 Artwork 회로를 설계하였음 실제 요구 사이즈인 11mm x 27mm에 맞추기 위하여 MEMS 정밀 공정을 사용하여 요구 조건에 부합하는 회로를 설계하였음
- 아래와 같이 Artwork 설계 후 회로간의 간섭 및 발열 통제를 위하여 3차보드까지 SMT를 진행하였음

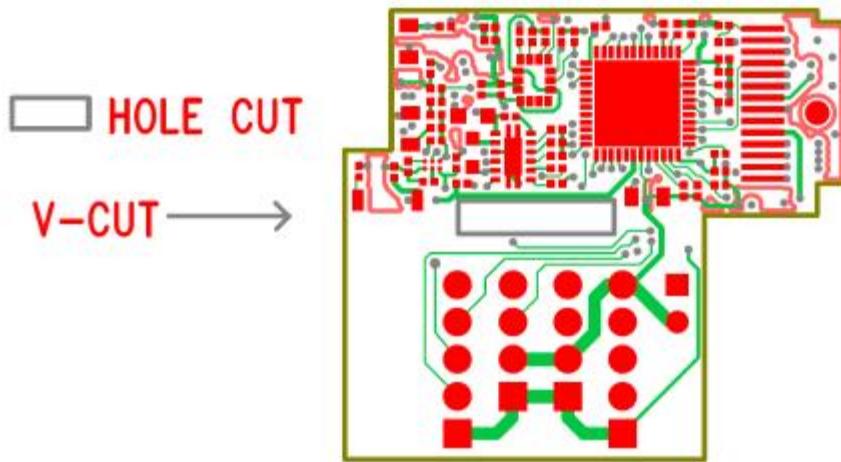


그림. 야구 모션 분석 웨어러블 디바이스의 Artwork-Component 단면

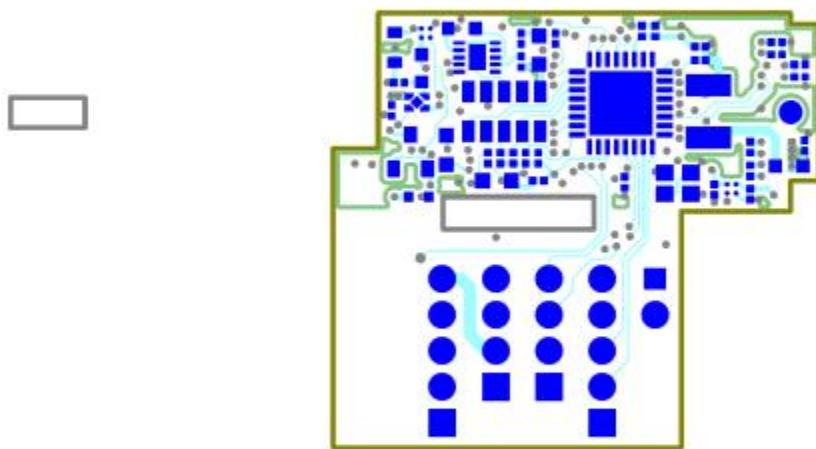


그림. 야구 모션 분석 웨어러블 디바이스의 Artwork-Bottom 단면

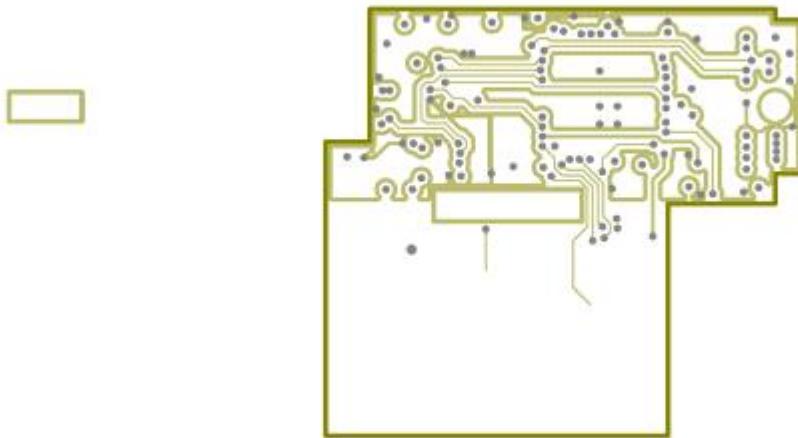


그림. 야구 모션 분석 웨어러블 디바이스의 Artwork-Inner Layer

2. 웨어러블 디바이스 디자인 및 기구 설계

가. 웨어러블 디바이스 설계를 위한 인체공학(Ergonomics) 트랜드 조사 및 연구

- 외장 디자인 및 기구 설계에 들어가기 전에, 기존에 당사가 제조했던 웨어러블 디바이스 및 현재 경쟁사에서 보유하고 있는 제품 라인업의 장/단점 분석, 향후 소비자들이 원하는 기능에 대한 수요조사 및 인체공학성의 트렌드를 조사하였음

F) Accessory Market	D) Fashion Tech World
- Apple / U.S.	- Friendly gadgets over friendly jumpsuit: a research firm Euromonitor estimates that Brave spent \$4.2bn on smartwatches last year, compared with \$0.3bn on designer labels. The states have flipped and the fashion brands are losing out. - The Guardian
- Apple Watch sales reach 2.6 million, with bands a profitable add-on; report says - CNET	- Fashion industry's movement: fashion big brands follow the money to join the wearable tech revolution - Guardian (possibly in the name of collaboration or even to combat their own)
- One main buyer of the Apple Watch is also grabbing an extra strap	- According to NPD Group's study, 80% of consumers said aesthetic side of design in wearables is extremely important - whether beautiful or rather invisible
- Apple Watch Sales Hit 2.6M As Sleep Drive Profits - Reuters	- aesthetics and personalization are key drivers of adoption. - reference 21.02 [PM]
- Another interesting bit of information seems to show the average number of bands per Apple Watch owner has increased from about 1.4 bands per user when we measured it in May to almost 2 per respondent this last week	
- 17 percent of Apple Watch users decided to buy at least one extra band to go along with the money they originally purchased.	
- ZERKT / Global	
- Having 60% of ZERKT store purchasers have bought other additional bands. (Dec. 2014 - Dec. 2015)	
- Accessories can cover: neoprene, shape, protection, time, cases and others; bags, pouches, pouches and more.	

1. 악세서리 시장 가능성 충분: 악세서리 제작을 통한 부가 수익원 창출

2. Personalising process & 경험을 어렵지 않고
*fun하게 제공 할 수 있는 방법 모색

3. product design에서 나아가, 기능/정보 면에서의 personalising, i.e. life pattern 분석을 통한 맞춤 feedback 등 autonomaion.

4. Fashion's Involvement: 디자인 기획 시 패션 협업 및 액세서리 접목 가능성을 필두

방수 : Splash proof 5/6
 소재 : Metal(dominant) 5/6
 출력 : Indicator 4/6
 배터리 : Built-in 4/6
 메카니컬 키 : No 5/6
 교체가능 악세서리 : Yes 5/6
 심박계 : No 5/6

Feminine/
Jewelry-like

Seamless Link

방수 : Water proof 3/4
 소재 : Metal(Dominant) 3/4
 출력 : Indicator 3/4
 배터리 : Generic 3/4
 메카니컬 키 : No 3/4
 교체가능 악세서리 : Yes 4/4
 심박계 : No 4/4

Modular

방수 : Splash proof 9/12
 소재 : Plastic(dominant) 11/12
 출력 : Display 10/12
 배터리 : built-in 12/12
 메카니컬 키 : Yes 10/12
 교체가능 악세서리 : No 11/12
 심박계 : No 8/12

Masculine

방수 : Water proof 4/7
 소재 : Plastic(dominant) 5/6
 출력 : Display 3/6, Indicator 3/6
 배터리 : Generic 4/6,
 메카니컬 키 : No 4/6
 교체가능 악세서리 : Yes 6/6
 심박계 : No 4/6

그림. 당사가 진행한 경쟁사 웨어러블 디바이스 분석 4분면(당사 자체 보고서 일부 발췌)

나. 야구모션 분석용 웨어러블 디바이스 모델링

- 상기 기존 제품 및 소비자 수요 조사 결과를 반영하여, 내부 디자인 설계 과정을 거쳐 아래와 같은 야구 모션 분석용 웨어러블 디바이스의 렌더링 시안을 개발하였음

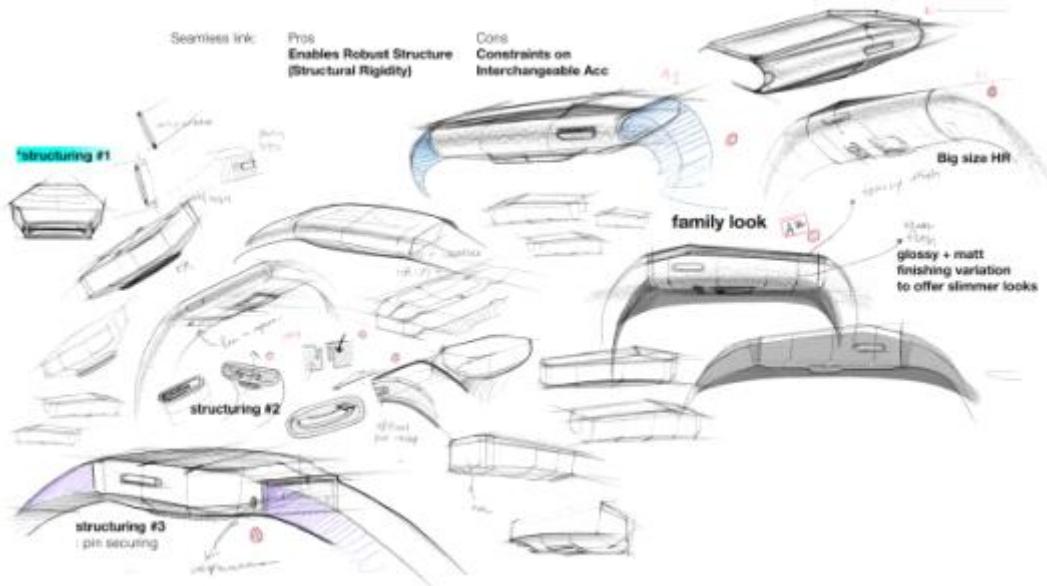


그림. 당사가 개발한 웨어러블 디바이스 모델링 시안

다. 양산을 위한 웨어러블 디바이스 기구 설계 및 프로토타입 생산

- 이에 따라 기구 설계 일정을 수립하고, 실제 양산이 가능한 기구 설계를 진행하였음

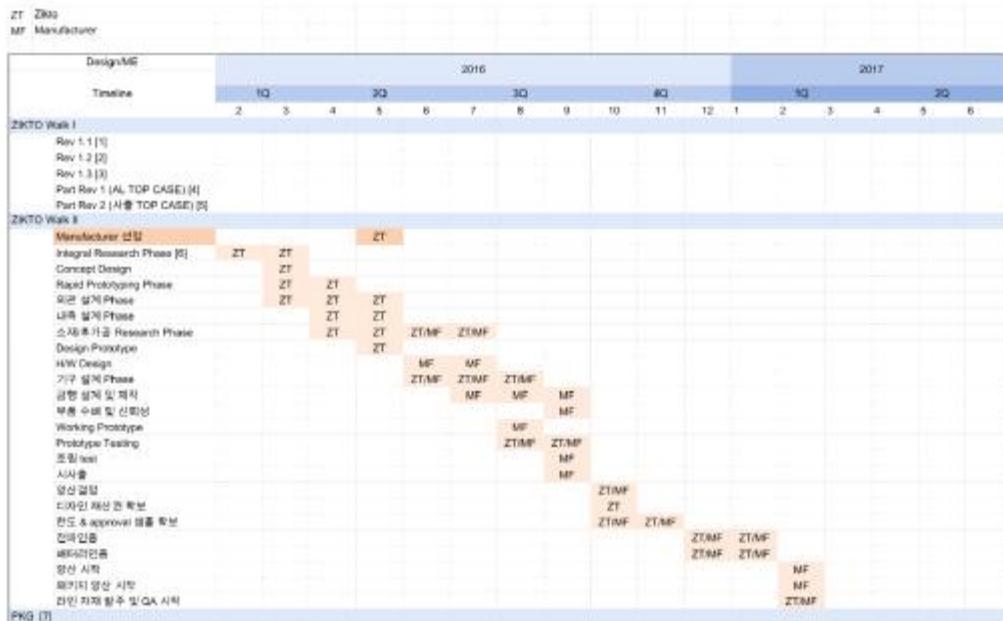


그림. 야구분석 모션용 웨어러블 디바이스의 개발 일정(초안)

- 상기 진행했던 스캐치 이미지에서 세부 스팩을 추가하여 양산용 렌더링을 완성하고, 프로토타입 사출용 설계도를 제작하였음

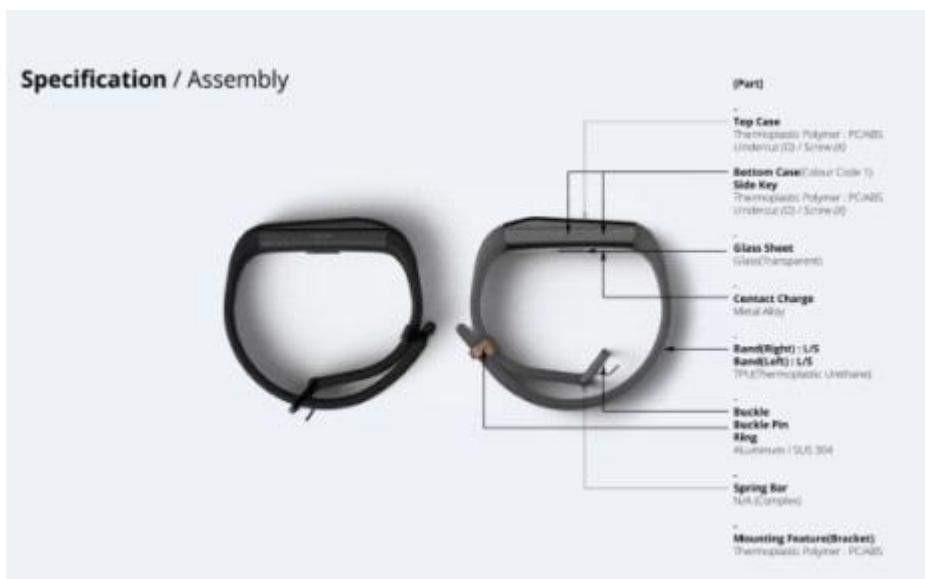


그림. 웨어러블 디바이스 렌더링 및 소재 상세

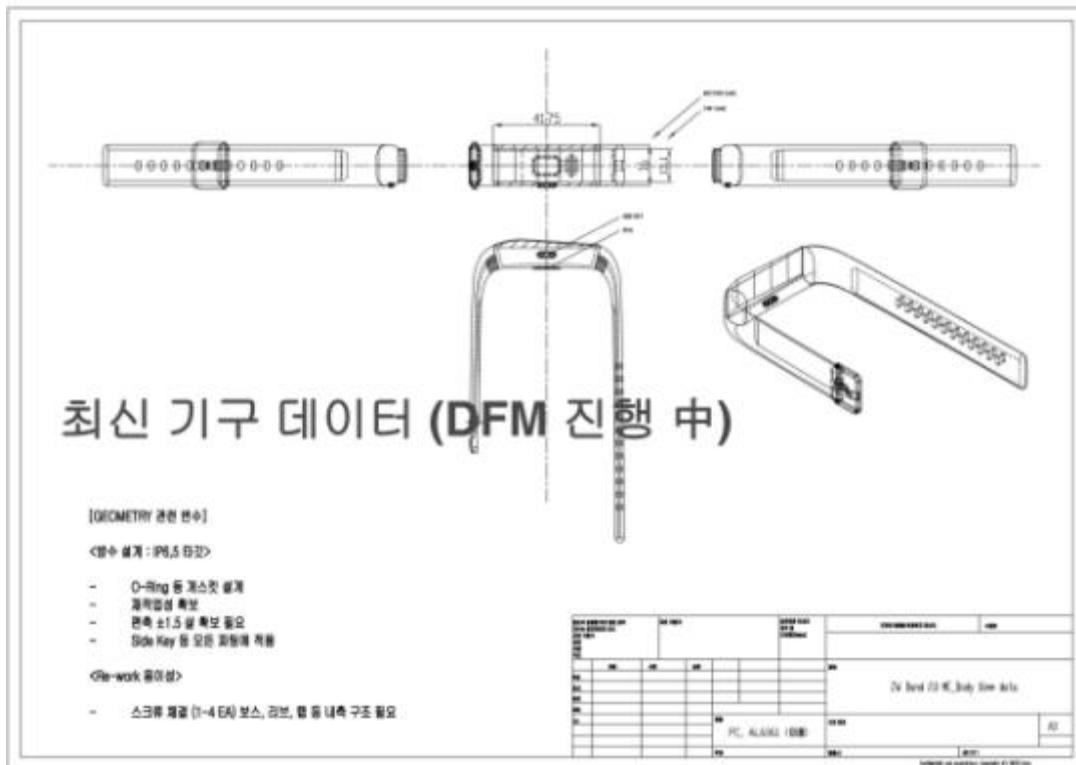


그림. 야구 모션 분석용 웨어러블 디바이스의 초기 설계도(일부 발췌)



그림. 심박 센서 및 충전 Dock 렌더링 이미지

라. 향후 사업화를 위한 스트랩 교체 버클 개발

- 상기 렌더링 이미지와 같이 프로토타입용 기구를 설계한 후, 실제 목업(Mock-up) 제작을 통하여 시제품을 개발하였음



그림. 프로토타이핑을 통하여 개발한 기구 부품



그림. 실제 완성된 야구모션 분석 웨어러블 디바이스 프로토타입

3. 야구모션 분석 애플리케이션 설계 및 UI 개발

가. 경쟁사 분석

(1) Motus Baseball 분석

- 센서와 내면에 센서를 넣을 수 있는 슬리브로 구성
- 센서(3축 accelerometer (± 24 g's), 3축 gyroscope (± 4000 dps), sampling rate 1000 Hz)
- Memory(450회의 측정이 가능한 용량)
- 배터리: 8시간 사용가능
- 현재는 타격은 불가하고 투구 측정만 가능



그림. 원쪽: 슬리브, 좌중간: 센서, 우중간: App 투구 화면, 오른쪽: App 트렌드 페이지

(2) Zepp Baseball 분석

- 센서와 센서를 넣어 베트에 고정시키는 마운트로 구성
- 센서(2개의 accelerometer, 2개의 3축 gyroscope)
- Memory: 2,000회의 스윙을 기록 가능
- 배터리: 8시간 사용가능
- 투구 분석은 안되며 오직 타격만 분석.
- 1세대의 단점인 불안정한 블루투스2 연결을 보완하여 블루투스4.0을 탑재한 2세대 제품이 출시.

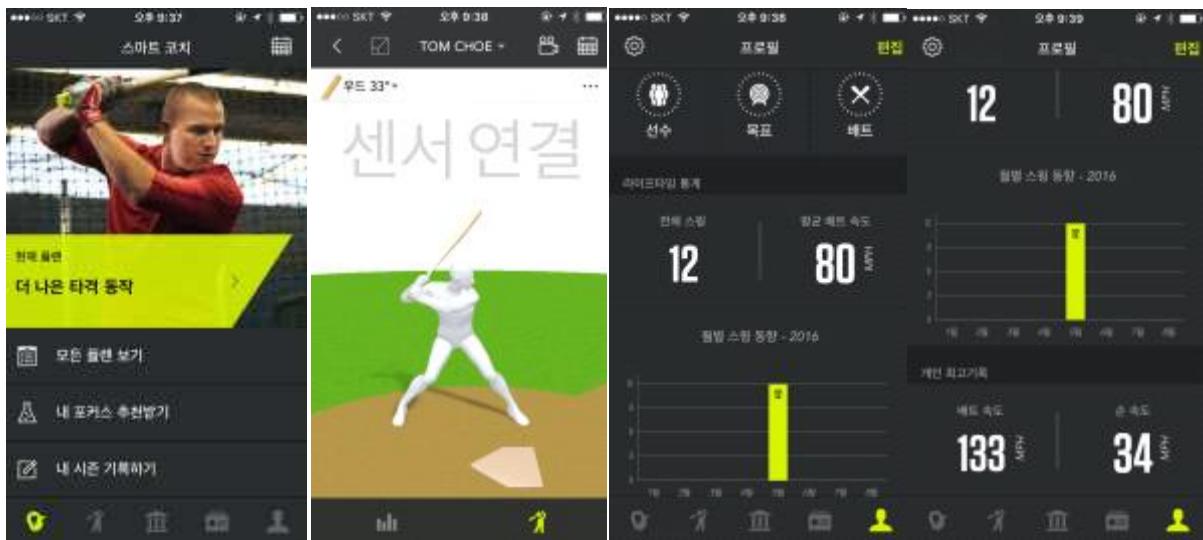


그림. 왼쪽: 기본 화면, 좌중간: 3D 스윙 분석, 우중간: App 프로필 화면, 오른쪽: App 통계

페이지

나. 모바일 애플리케이션 기획

- 기본적인 페이지는 투구 관련 페이지, 타격 관련 페이지, 투구 트렌드 페이지, 타격 트렌드 페이지로 구성
- 투구 페이지는 몇 개의 투구를 하였는지
- 타격 페이지는 몇 회의 타격을 하였으며, 그 중 몇 개가 타격 되었으며 몇 개의 헛스윙을 하였는지
- 경고 화면은 투구 페이지/타격 페이지에서 사용자가 정해놓은 개수를 초과하였을 때 나오는 경고 화면
- 투구/타격 트렌드 페이지는 해당 기간(일, 주, 월, 년) 몇 회의 투구/타격을 하였는지를 표시

(1) 야구 모션 분석 및 활동량 관리를 위한 유저 인터페이스(UI) 설계

- 상기 웨어러블 디바이스와 통신할 수 있는 애플리케이션의 유저 인터페이스 관련하여, 초반 BLE를 통한 디바이스 동기화/등록부터, 훈련량에 따라 피드백을 제공할 수 있는 스마트폰 애플리케이션용 User Interface를 아래와 같이 자체 개발하였음

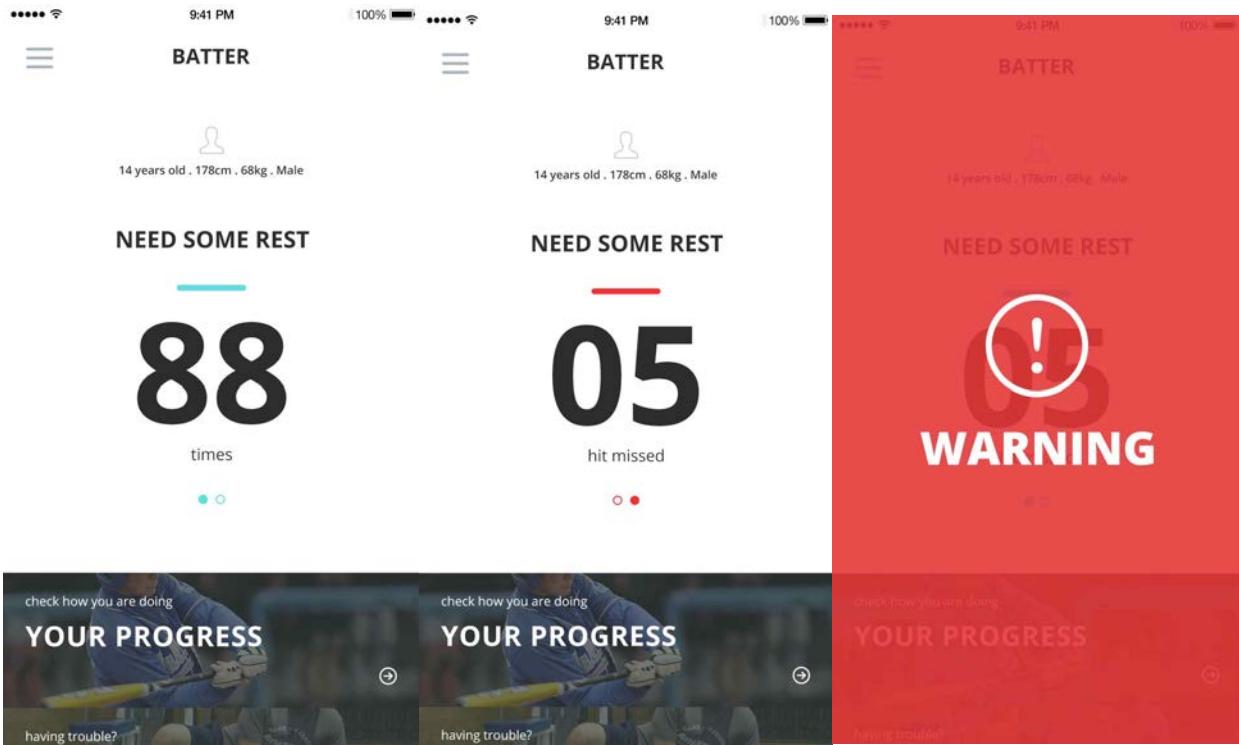


그림. 타자 모션 분석용 모바일 애플리케이션 유저 인터페이스

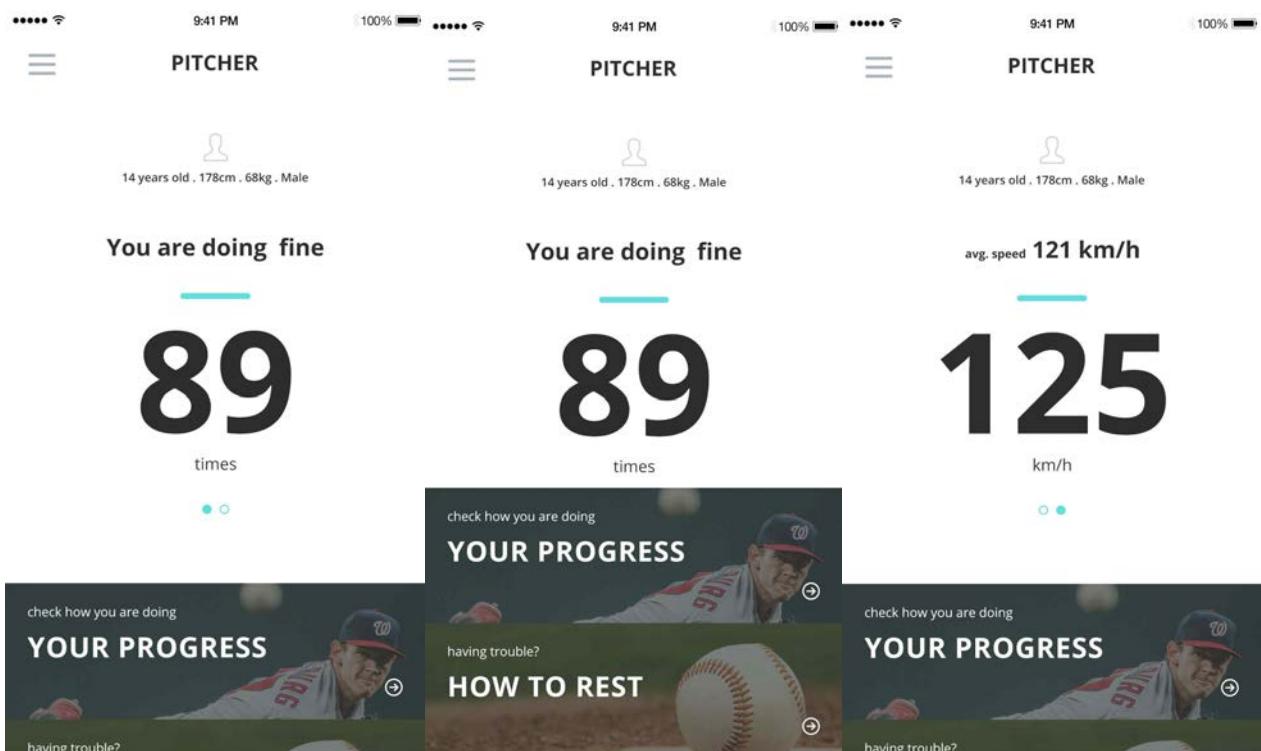


그림. 투수 모션 분석용 모바일 애플리케이션 유저 인터페이스



그림. BLE(Bluetooth Low Energy)통신을 이용한 디바이스 등록 및 개인 맞춤화 과정 UI

(2) 저전력 통신을 위한 블루투스 LE(Low Energy)용 애플리케이션 개발 및 실제 통신 안정성 테스트

- 실제 웨어러블 디바이스 사용 환경에서는 야외에서 BLE 통신이 원활히 되어야 하는 점을 감안하여, 기존 제품에서 사용하던 BLE 통신 모듈을 개선한 통신 모듈을 개발하여, 기존 모델과의 안정성/정확성 비교를 진행하였음 (당사 내부 테스트 보고서 일부 발췌)

4. 기존 BLE 모듈의 성능 검증

가. 테스트 스위트 개발

- 기존 모듈의 성능을 알아보기 위해 BLE 모듈의 각 callback마다 성공과 실패를 기록하는 플래그를 삽입하였으며, 이를 싱글턴 형태로 저장해 두도록 하고 테스트가 끝날 때마다 파일로 저장해 두도록 하는 테스트 스위트를 개발하였고, 이를 기초로 하여 테스트 디바이스를 이용해 다음 항의 테스트를 수행하였음 테스트 디바이스는 다음과 같으며, 추후에 기종이 추가된 것이 있음
- 삼성 갤럭시 A 시리즈 (A8)
- 삼성 갤럭시 S 시리즈 (S3, S4, S5, S6 Edge)
- 삼성 갤럭시 노트 시리즈 (노트3, 노트4)
- LG G2, G4, V10, 넥서스 5

나. 테스트 방법

- 기존 모듈의 정량적 테스트 방법은 다음과 같음
get pedo 프로토콜(걸음 수를 가지고 오는 프로토콜)을 이용하여, 걸음걸이 값을 10번 가지고 오는 것을 1 사이클로 하고, 이를 5번에서 10번씩 반복하였음
그리고 이것을 위 항에서 만든 테스트 스위트를 적용하여, 각 디바이스별로 csv 파일 형태로 만들어서 저장하고 분석하였음

5. 기존 모듈의 성능 테스트 결과

가. 초기 테스트 결과

(1) 기존 모듈의 초기 성능 테스트 결과

- 실험 성공의 기준은, 1사이클당 get pedo 100번을 보낸 후, 100번의 응답이 정상적으로 왔을 경우에만 성공으로 간주하였음

기종	시도	성공
넥서스	6	1
갤4	2	0
갤5	8	4
G4	8	7
V10	5	4
		55.17%

(2) 실험 결과에서 발견된 점

- (가) 처음 connection 시 Gatt Error가 발생하더라도 다음 pedo protocol 전송시에 성공적으로 connection이 되었음을 알 수 있었고,
- (나) 1사이클 시도시 블루투스단에서 notify가 오지 않는 경우가 빈번했음
 - 기존 모듈의 성능을 높이기 위한 방법으로, BLE 포럼에서는 첫 번째로 UI Thread 에서 BLE Connect 연결 수행, 두 번째로 연결 전 Scan 후 Advertising 유무를 파악하여 연결 시도, BluetoothGatt 매번 초기화 등을 제시하고 있음
 - 우리는 이 점들에 착안하여, 각각의 항목들을 기존 모듈에 추가한 후 개별적으로 테스트하고 그 결과를 분석하였음

나. 모듈별 테스트 결과

(1) 두 번째 실험으로, 커넥션 시도시마다 매번 BluetoothGatt를 초기화해 주는 경우를 실험해 보았으며, 그 결과는 다음과 같음

기종	시도	성공
넥서스	5	5
갤4	5	2
갤5	5	2
G4	5	3
V10	5	5
		68%

- 결과에서 봤을 때 초기 실험의 결과에서 13%정도 성공률이 증가되었으나, notify가 오지 않는 경우는 여전히 존재하였다

(2) 세 번째 실험으로, 기존 모듈에서 통신이 끝났을 경우, disconnect 를 명시적으로 하지

않고 close 만을 호출하고 있었던 점에 착안하여, disconnect 하는 부분을 추가하고 실험해 보았으며, 그 결과는 아래와 같음

기종	시도	성공
넥서스	5	2
갤4	6	4
갤5	5	4
G4	5	4
V10	5	4
		69%

- 성공률은 이전 실험과 비슷한 점을 알아볼 수 있었으나, 이 실험에서 알게 된 점은, disconnect 를 추가했을 때 연속적으로 성공하는 비율이 높아졌다는 점임
- (3) 네 번째 실험으로, BluetoothGatt Initialization 및 Disconnect 모듈을 추가하여 실험하였으며, 그 결과는 다음과 같음

기종	시도	성공
넥서스	5	2
갤4	6	5
갤5	5	4
G4	9	7
V10	5	4
		73%

- 실험 결과에서, 초기 실험 대비 성공률이 약 17% 증가함을 알 수 있었으나, 재시도의 필요는 계속적으로 제기되었음
- (4) 다섯 번째 실험으로, 안드로이드 포럼에서 권고하는 대로 UI Thread에서 Connection 하는 루틴을 추가하고, retry 모듈도 추가하여 실험하였음

기종	시도	성공
넥서스	17	14
노트3	17	12
노트4	11	10
G4	17	14
V10	29	18
		74%

- 지금까지의 실험을 볼 때, 약 74퍼센트 수준으로 유지되고 있음을 확인할 수 있었으나, 현재 사용되는 BLE 엔진 내부의 Callable 과 응답이 오는 부분을 체크하기 위해 다음과 같이 실험 조건을 추가하였음
- (5) 여섯 번째 실험으로, Callable 내의 Thread Sleep 주기를 10밀리세컨에서 100밀리세컨으

로 조절한 후 실험하였음

기종	시도	성공
노트3	21	18
노트4	32	24
G4	32	25
V10	21	18
	106	85
		80%

- 슬립 주기를 증가시켰을 때, 80퍼센트대로 진입한 것을 알 수 있었음. 너무 짧은 슬립 주기는 데이터가 BLE로부터 오는 것을 방해할 우려가 있었던 것으로 생각됨 그러나 지금까지의 루틴을 돌이켜봤을 때 무한루프로 들어갈 수 있는 여지가 곳곳에 존재했으므로, While 문을 생략하고 CountDownLatch 를 사용하여 BLE 모듈을 새로 구현하였음
- 구현한 모듈을 탑재하고 실험한 결과는 다음과 같음
- 예전 실험보다 성공률은 조금 하락하였으나 이는 오차 범위 안에 포함되는 것으로 생각됨

기종	시도	성공
노트3	43	32
노트4	21	18
G4	21	16
V10	32	25
	117	91
		77%

- 지금까지의 실험을 돌이켜보면 평균적으로 75퍼센트 정도의 성공률을 보여 주고 있으며, 위의 실험 결과를 볼 때 커넥션을 UI Thread 에서 만드는 것과, 데이터 받아오는 것에 실패했을 경우 일정 텀을 두고 retry를 시도하는 것이 실험 결과에 영향을 가장 많이 준 것으로 생각됨

디바이스명	시도횟수	한번에 성공 횟수	한번에 싱크 성공 횟수(재시도 미포함)	재시도 실패 횟수	싱크 성공 확률(재시도 성공포함)
갤럭시 S3	50	50	100	0	0
갤럭시 S4	50	50	100	0	0
갤럭시 S5	53	53	100	0	0
갤럭시 S6 엣지	50	50	100	0	0
갤럭시노트3	50	50	100	0	0
갤럭시노트4	50	50	100	0	0
갤럭시노트 A8	50	48	96	0	0
LG G2	51	50	98.03921569	0	0
LG G3	51	32	62.74509804	0	0
LG G4	51	50	98.03921569	0	0
LG V10	51	51	100		

(6) 성능 개선에 도움이 될 수 있는 사항 정리

- 각각의 실험을 수행하면서 성능 개선에 다음과 같은 사항을 고려할 수 있음을 파악할 수 있었음
 - UI Thread에서의 Connection
 - Retry 시도
 - BluetoothGatt 매번 initialize
 - 한 사이클 끝나고 Disconnect
 - multi thread api로서 latch 사용

6. 성능 개선 방법 적용 시의 결과

가. get pedo 모듈에의 적용

- 앞의 실험에서 만든 방법들을 get pedo 모듈에 적용하여, 테스트 수행 횟수를 각 실험한 것보다 더 많이 늘려서 진행해 보았음
- 시행횟수를 20회로 늘리고 가용 디바이스를 늘려서 테스트를 진행하였으며, 이에 따른 성능은 다음과 같음

Device	Trial	Success	Rate
LG G2	20	20	100
LG G4	20	14	70
LG V10	25	23	92
LG Nexus5	20	19	95
Samsung S3	20	17	85
Samsung S4	20	19	95
Samsung S5	20	19	95
Samsung N3	20	20	100
Samsung N4	20	20	100
Sum	185	171	92.43%

- 실험 방법은 기준과 동일하게 1사이클을 100회로 하고, 100개의 notify 가 제대로 올 경우 성공으로 간주하였음. 이 규칙을 따라 측정한 경우, 전체 평균을 추산했을 때 92퍼센트가 넘는 결과를 기록하였음
- 이는 초기 실험의 55퍼센트에 비해 비약적인 상승률을 기록하였음

나. 실제 싱크 모듈에의 적용

- 또한, 이를 실제 직토 워크 싱크 모듈에 적용하여 테스트한 결과는 다음과 같으며, 테스트의 횟수는 한 기기당 50회를 기준으로 하며, 싱크 실패가 되면 자동으로 재시도하도록 설정하였음
- 재시도를 통한 싱크 성공은 싱크 성공률에 포함되지 않으며, 싱크 실패 확률에는 적용되지 않음
- 개선된 방법을 적용한 결과로, 한번에 싱크를 성공한 경우는 갤럭시 S3, 갤럭시 S4, 갤럭시 S5, 갤럭시 S6 엣지, 갤럭시 노트3, 갤럭시 노트4, LG V10에 해당함
갤럭시 A8은 50번중 48번은 한번에 싱크에 성공했지만 두 번은 재시도를 통하여 싱크에 성공하여 96% 성공률을, LG G2는 51번의 싱크 시도 중 50번은 한번에 성공했지만 한번은 재시도를 통하여 약 98% 확률로 싱크에 성공하였음
LG G3는 51번의 싱크 시도 중 32번이 한번에 싱크에 성공하였고 19번은 재시도를 통해 싱크에 성공하였음 LG G4는 51번의 싱크 시도 중 50번이 한번에 싱크에 성공하였고 한번은 재시도를 통해 싱크에 성공하였음 한번에 싱크에 성공할 확률은 기기마다 차이가 있었으나 결과적으로 모두 재시도를 통하여 싱크를 성공하여 싱크 실패 확률은 0%라는 결과가 나왔음

7. 결론 및 고찰

가. 결과 고찰

- (1) 기존의 모듈에 UI Thread에서의 Connection, Retry 를 위시한 여러 가지 방법들을 추가

하여 테스트하여 결과를 살펴보았고, 이 결과를 토대로 개선된 모듈을 만들어 테스트 후, 결과를 비교하였음

- (2) 그 결과, 초기 테스트 성공률 55퍼센트에서 마지막 테스트 성공률 92프로라는 결과를 얻을 수 있었으며, 이 결과를 토대로 전체 싱크 모듈에 적용하여 싱크 성공률 95프로라는 성과를 얻을 수 있었음

나. 한계점 및 개선점

- (1) 실험 시행 시, 기존 전체 싱크 모듈의 성공률을 제대로 파악하지 못하여, 결과 비교를 할 수 없었던 한계가 있었으며 실험에 사용된 디바이스 및 실험 횟수 등의 요소가 일정하지 않았던 점도 지적될 수 있음
- (2) 또한 안드로이드의 파편화 특성상, 시중에 판매되는 모든 디바이스를 테스트하지 못한 한계가 있었고, 안드로이드 OS 버전별 특성이 블루투스 모듈과 연관이 있는지는 파악하지 못한 한계가 있었음
- (3) 따라서, 버전별, 제조사별 모듈 테스트를 심도 있게 실시한다면 좀 더 성능이 개선된 BLE 모듈 개발에 박차를 가할 수 있을 것이며, ThreadPool 을 사용하는 현재 모듈의 특성상, ThreadPool 내부의 Callable 에서 이상이 발생했을 경우에 ThreadPool 자체를 ShutDown 시키고 새로 시작하는 방식 및 UI Thread 에서 명시적으로 Disconnect 하는 방식도 더 높은 싱크 성공률에 도움을 줄 수 있을 것이라고 생각됨

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

일련 번호	세부 개발내용	계획 /실 적	추진 일정												기여도(국민대/ 직도)	결과물
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	투구/베텅 동작분석	계획													100%	투구/타격 데이터 수집, 동작분석 및 알고리즘 개발
		실적													100 0	
2	던지기 기술 분석 알고리즘 고도화	계획													100%	분석한 동작 데이터를 바탕으로 투구/타격 알고리즘 고도화 진행
		실적													10 90	
3	던지기 분석용 데이터 취합	계획													100%	동작분석 외 던지기 분석용 데이터 추가 취합
		실적													100 0	
4	웨어러블 제작을 위한 설계 요소 도출	계획													100%	시작품/시제품 제작을 위한 설계 작업에 앞서 제품 용도와 목적에 맞는 컨셉 제작 중
		실적													0 100	
5	스마트밴드 시제품 회로 및 기구 설계	계획													100%	도출한 설계 요소를 바탕으로 양산업체와 회로 및 기구 설계 착수 예정
		실적													0 100	
6	시제품과 3D모션 분석의 데이터 비교분석	계획													100%	개발된 스마트밴드 시제품과 3D모션분석을 2명의 실험을 통해 동시에 진행하며 데이터를 비교 예정
		실적													50 50	
7	모바일 애플리케이션 사용자 인터페이스 기획	계획													100%	훈련량을 수치화하고 장기적으로 관리 가능하도록 설계된 모바일 애플리케이션 UI/UX 기획 예정
		실적													0 100	

- 본 과제의 최종 결과물은 손목 착용형 스마트밴드로 투구/타격 시 손목의 가속도와 각속도를 통하여 투구/타격의 행위를 판별해주는 알고리즘을 탑재 예정
- 개발계획은 크게 사전연구와 개발로 나뉜다. 사전연구는 알고리즘 개발을 위한 투구/타격 데이터 수집, 투구/타격 동작분석, 알고리즘 개발로 이루어진다. 개발은 사용성을 고려한 기구 디자인과 회로 설계 및 모바일 애플리케이션과 서버 개발로 이루어진다.
- 위의 계획 대비 실적 현황표 상의 일련번호 1번 투구/베텅 동작분석을 진행하는 도중, Vicon 카메라의 고장으로 인해 영국 본사에 보내어 수리 받는 과정에서 2-3달이 소모되었으며, 이를 일정표에 반영해뒀음. 상기 원인으로 뒤쳐진 일정을 따라잡기 위해 사전에 야구선수 인터뷰와 아마추어 선수를 대상으로 파일럿 실험진행을 진행하였으며, 이를 바탕으로 빠른 적정대상 선별작업과 데이터 수집 실험을 디자인하여 4-7월 동안 목표한 30명의 투구/타격 3D모션데이터 수집 완료함.
- 던지기 기술 분석 알고리즘 고도화의 경우, 알고리즘을 만드는 과정에서 지속적으로 검증이 필요한데 이를 위한 모션 데이터가 부족하여 일정에 비해 1개월 정도 딜레이가 발생

하였으나 투구/타격 판별 및 분석 알고리즘의 개발이 1차적으로 완료된 상태. 이를 지속적인 검증을 하며 고도화 하는 작업이 8월까지 예정.

- 시작품/시제품 제작을 위한 제품 컨셉 확정 및 사전 리서치를 진행함. 특히 주 타겟인 야구선수(프로/아마추어/사회인)들을 대상으로 인터뷰를 진행하여 니즈를 파악하려함. 공통적으로 언급된 착용감 이슈를 해결하기 위해 다양한 종류의 소재로 테스트를 진행함.
- 모바일 애플리케이션 사용자 인터페이스 기획은 개발되는 스마트밴드를 통하여 축적한 데이터를 사용자가 스마트폰으로 훈련량 쉽게 확인하고 이를 관리할 수 있는 스마트밴드 연동 모바일 애플리케이션 2종(iOS/Android)을 개발할 예정. 이를 위하여, Motus Baseball과 Zepp Lab의 제품을 구입하여 사용해보며 분석하였음.

성과목표	성과지표		측정방법	최종 목표치	달성여부	달성 근거
성과목표	1-1	SCI급 학술지 게재	논문	-	-	
	1-2	국내 학술회의 발표	발표논문	1	투고	야구관련 논문을 국내 운동역학회에서 발표
	1-3	국외 학술회의 발표	발표논문	1	완료	2016년 11월 아시아 운동학회에서 발표
	1-4	국내 특허출원 건수	특허	1	진행	알고리즘 및 UX 각 1건 출원 완료. 등록 진행 중
	1-5	국외 특허출원 건수	특허	1	진행	
	1-6	소프트웨어(S/W) 등록	특허	1	완료	소프트웨어 등록 완료
	1-7	시제품 출시 건수	시제품 출시건수	1	완료	프로토타입 제작 완료 후 양산 과정 진행 중
	1-8	사업화/제품화 건수	신제품 개발건수	1	완료	제작된 working prototype을 통한 시연을 통해 야구 활동 잠재소비층(중고교 야구단 및 사회인 야구단 포함)과 협의 중
	1-9	신제품 매출액	10,000천 원	10,000	협의 중	
	1-10	사업화 성공률	성과확산	1	0	미국 캘리포니아 출장을 통해 확보한

						온오프라인 리테일러 및 바이어들을 통한 입점 모색
1-11	안전 및 성능기준 확보	성과확산	2	완료		안전 및 보안 확보에 대한 교육 실시 2회, 성능기준 확보를 위한 QA 프로세스 확립 및 교육 실시 2회
1-12	미래기술 수요에 대한 대처 능력	성과확산	2	완료		미래기술 수요에 대한 대처 능력 향상을 위한 관련 기술 동향 파악 및 분석(PwC, Gartner 등 보고서 리뷰 및 공유, 자문)을 실시하여 그 결과를 사내에 공유 2회
1-13	산학연 강좌건수	성과확산	2	완료		

제1절 기술발전에의 기여도

- 야구 활동의 정량적인 측정 기술 개발을 통하여 야구 선수의 과도한 훈련을 모니터링 함으로서 부위의 과사용을 예방하고 나아가 그에 따른 부상의 예방 효과를 가져다 줄 것으로 기대 됨.

NO.	몸무게 (kg)	신장 (cm)	피칭횟수	피칭감지 횟수	피칭감지 정확도 (%)	스윙횟수	스윙감지 횟수	스윙감지정 확도 (%)
S01	108	187	15	15	100	15	15	100
S02	68	173	15	14	93.3	15	15	100
S03	58	168	15	13	86.7	15	14	93.3
S04	65	163	15	15	100	15	15	100
S05	62	175.4	15	15	100	15	14	93.3
S06	92	179	15	14	93.3	15	16	93.3
S07	93	176	15	14	93.3	15	16	93.3
S08	70	174	15	15	100	15	15	100
S09	67	180	15	15	100	15	15	100
S10	65	172	15	14	93.3	15	16	93.3
S11	73	176	15	12	80	15	14	93.3
S12	70	175	15	15	100	15	15	100
S13	67	172	15	14	93.3	15	13	86.7
S14	80	164	15	14	93.3	15	13	86.7
S15	76	177.6	15	14	93.3	15	15	100
S16	71	174.5	15	14	93.3	15	16	93.3
S17	75	181	15	13	86.7	15	13	86.7
S18	71	168	15	16	93.3	15	14	93.3
S19	66	171	15	15	100	15	13	86.7
S20	90	175	15	15	100	15	14	93.3
S21	63	173	15	13	86.7	15	13	86.7
S22	89	190	15	13	86.7	15	15	100
S23	67	172	15	14	93.3	15	15	100
S24	80	163	15	16	93.3	15	14	93.3
S25	70	182	15	15	100	15	15	100
S26	55	175	15	14	93.3	15	13	86.7
S27	70	185	15	15	100	15	16	93.3
S28	73	183	15	14	93.3	15	15	100
S29	90	178.5	15	9	60	15	15	100
S30	62	173	15	14	93.3	15	15	100
mean	73.5	175.2	15	14.1	93.1	15	14.6	94.9
S.D.	12.0	6.5	-	-	-	-	-	-

표 73 당사의 야구모션 분석 알고리즘 정확도 테스트 결과

- 상기 표.72와 같이 당사의 야구모션 분석 알고리즘은 투구 모션(피칭)의 경우 약 93%, 배팅 모션의 경우 약 95%로 과제 계획 시 목표로 하였던 90%를 상회하는 결과를 보임
- 상대적으로 배팅 모션에 비해 피칭의 경우 낮은 정확도 및 정확도의 표준 편차를 보였는데, 이는 개인별 숙련도 및 경기력에 따른 구속의 차이 및 투구 자세의 개인별 차이로 인한 것으로 추정됨
- 배팅 모션 감지 알고리즘의 경우, 15회 동작했음에도 15회 초과로 감지하는 경우가 발생하였는데, 이

는 실험 프로토콜에서 가이드한 것처럼 빈스윙을 제한하지 않고 부분적으로 수행했던 작은 스윙이 감지된 것으로 추정되어 이 부분에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각됨

제5장 연구개발과의 활용계획

제1절 타 연구 응용 방안

하기 사업화 추진방안에서 설명한 내용대로, 당사는 이번 스포츠 연구개발과제에서 축적한 야구 모션 분석 기술 및 제품을 추가 보완 개발하여 골프 모션 분석 시장에 진출할 계획을 보유하고 있음

야구 스윙의 경우, 지표면과 평행하게 스윙이 진행된다면, 골프의 경우는 지표면과 수직이 되도록 하는 스윙 동작을 포함하고 있으므로 중력 성분을 감안하는 스윙 분석 알고리즘이 추가되어야 하지만, 기본적인 스윙 궤도 및 왕복 운동 측면에서는 유사한 점이 다수 존재하여, 야구 모션 분석의 기반에서 추가 연구를 진행하는 것 또한 가능할 것으로 예상됨

세부적으로는 골프 스윙 모션에서 큰 두 축을 차지하고 있는 드라이버/아이언 스윙을 감지하는 것을 목표로 하며, 초기 단계에서는 훈련량을 측정할 수 있는 빙스윙 횟수 측정을 통하여 스윙 모션 자체에 대한 이해도를 높이고, 다음 단계에서는 스윙 모션의 동작별 세부 분석을 통한 스윙 자세 교정 기능을 제공하는 것을 목표로 함. 이는 국내에 분포하고 있는 골프 학원 및 골프 스윙 교정 동영상 서비스 등을 통하여 니즈가 있음을 확인한 만큼, 정확성이 담보될 경우 소비자들을 공략할 수 있는 핵심 기능이 될 수 있을 것으로 전망됨

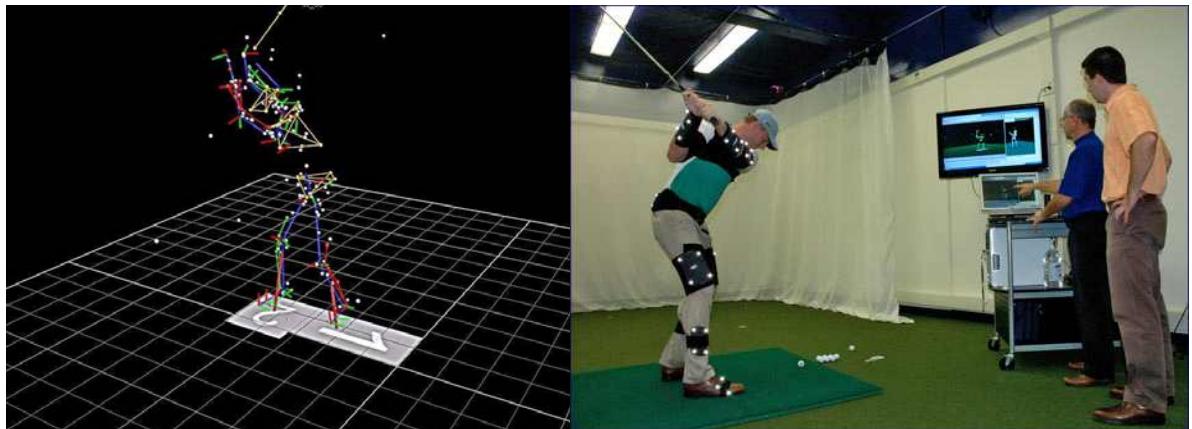


그림. 골프 스윙 모션 분석의 예

마지막으로는 시장 확대 및 매출 증대를 통하여 스윙 교정 시 개인별 특성을 파악하여 개인별 맞춤 장비(클럽, 공, 신발 등)를 추천해주는 서비스를 제공하는 것을 목표로 함. 개인별로 스윙 특성을 파악할 경우, 태생적으로 보유하고 있는 한계점 및 특성을 보완하기 위하여 맞춤 장비를 사용하고자 하는 니즈가 발생하므로, 이러한 추천 서비스를 준비할 경우 기존의 골프 용품 업체들과 제휴를 통한 사업 진행이 가능할 것으로 판단됨. (자사의 추천 알고리즘 개발을 통하여 골프용품 구매가 발생할 경우 일정 비율로 수수료를 받는 구조의 비즈니스 모델 적용도 가능할 것으로 전망됨)

<표 III-7> 2014년도 종목별 스포츠산업 사업종류별 매출액 (구분류 기준)

(단위 : 십억원, %)

구 분	합계		야구		축구		농구		배구	
	매출액	비중	매출액	비중	매출액	비중	매출액	비중	매출액	비중
운동 및 경기용품제조업	493	12.2	149 (-4.7)	14.0	184 (7.1)	9.3	111 (0.0)	16.9	49 (6.1)	15.2
경기 및 오락스포츠업	1,858	46.1	674 (6.7)	63.4	713 (2.4)	35.9	287 (5.9)	43.8	184 (7.1)	57.0
운동 및 경기용품 유통·임대업	1,596	39.6	239 (-7.1)	22.5	1,033 (6.2)	52.0	235 (-15.7)	35.9	89 (-48.3)	27.6
스포츠 및 레크리에이션 교육기관	82	2.0	2 (0.0)	0.2	57 (8.8)	2.9	22 (9.1)	3.4	1 (0.0)	0.3
합 계	4,028	100.0	1,063 (2.0)	100.0	1,987 (5.0)	100.0	655 (-2.9)	100.0	323 (-8.7)	100.0

주) 괄호 안의 수치는 2013년 대비 매출액 증가율을 나타낸 수치임

다만 골프의 경우, 아래 표처럼 국내에도 이미 충분히 시장이 형성되어 있고, 용품을 구매할 의사가 있는 소비자들이 존재하며, 미국/일본 등으로 확장 적용이 가능한 부분이 확인되어 시장 진출이 가능할 것으로 결정하고 야구 후속 제품 형성으로 계획중임



그림. 국내 골프장 및 스크린골프장 시장 연간 성장세

<표 III-8> 2014년도 종목별 스포츠산업 사업종류별 매출액 (신분류 기준)

(단위 : 십억원, %)

구 분	합계		야구		축구		농구		배구	
	매출액	비중	매출액	비중	매출액	비중	매출액	비중	매출액	비중
스포츠 시설업	424	5.6	117 (1.7)	6.3	217 (-20.7)	5.6	65 (-7.7)	4.9	25 (-8.0)	5.3
스포츠 용품업	4,594	61.0	821 (-2.4)	44.4	2,645 (3.6)	68.0	885 (0.8)	67.3	243 (-18.5)	51.8
스포츠 서비스업	2,517	33.4	919 (5.5)	49.6	1,028 (-0.3)	26.4	367 (4.9)	27.9	203 (3.9)	43.3
합 계	7,526	100.0	1,851 (1.6)	100.0	3,891 (1.3)	100.0	1,315 (1.2)	100.0	469 (-8.7)	100.0

주) 괄호 안의 수치는 2013년 대비 매출액 증가율을 나타낸 수치임

<표 III-10> 2014년도 종목별 스포츠 산업분류별 매출액 (신분류 기준)

(단위 : 십억원, %)

구분	야구		축구		농구		배구		
	매출액	비중	매출액	비중	매출액	비중	매출액	비중	
대분류	증분류	1,851(1.6)	100.0	3,891(1.3)	100.0	1,315(1.2)	100.0	469(-8.7)	100.0
스포츠 시설업	경기장 운영업	1(0.0)	0.1	26(3.8)	0.7	8(0.0)	0.6	6(0.0)	1.3
	참여스포츠 시설 운영업	3(0.0)	0.2	13(7.7)	0.3	13(7.7)	1	3(0.0)	0.6
	기타스포츠시설 운영업	56(1.8)	3.0	8(-12.5)	0.2	0(0.0)	0.0	-	-
	스포츠 건설업	57(1.8)	3.1	170(-27.1)	4.4	44(-13.6)	3.3	16(-12.5)	3.4
스포츠 용품업	운동 및 경기용품 제조업	46(2.2)	2.5	19(0.0)	0.5	38(2.6)	2.9	23(4.3)	4.9
	스포츠 의류 및 관련 섬유제품 제조업	87(-10.3)	4.7	139(7.2)	3.6	54(-9.3)	4.1	12(0.0)	2.5
	스포츠 가방 및 신발 제조업	16(6.3)	0.9	26(11.5)	0.7	19(15.8)	1.4	14(14.3)	3.0
	운동 및 경기용품 도매업	193(1.6)	10.4	978(5.8)	25.1	331(-10.0)	25.1	115(-33.9)	24.4
	운동 및 경기용품 소매업	479(-3.3)	25.8	1,481(1.6)	38.1	442(9.0)	33.6	79(-11.4)	16.8
	운동 및 경기용품 임대업	0(0.0)	0	2(50.0)	0.1	1(100.0)	0.1	-	-
스포츠 서비스업	스포츠 경기업	383(6.5)	20.7	220(-4.5)	5.7	37(16.2)	2.8	12(-25.0)	2.5
	스포츠 베팅업	51(0.0)	2.8	153(7.8)	3.9	50(-4.0)	3.8	10(20.0)	2.1
	스포츠 마케팅업	181(11.0)	9.8	294(4.8)	7.6	179(7.3)	13.6	152(8.6)	32.3
	스포츠 미디어업	189(2.1)	10.2	120(-0.8)	3.1	67(-3.0)	5.1	28(-14.3)	5.9
	스포츠 교육기관	2(0.0)	0.1	57(8.8)	1.5	22(9.1)	1.7	1(0.0)	0.2
	스포츠 게임 개발 및 공급업	110(-0.9)	5.9	184(-12.5)	4.7	12(8.3)	0.9	-	-

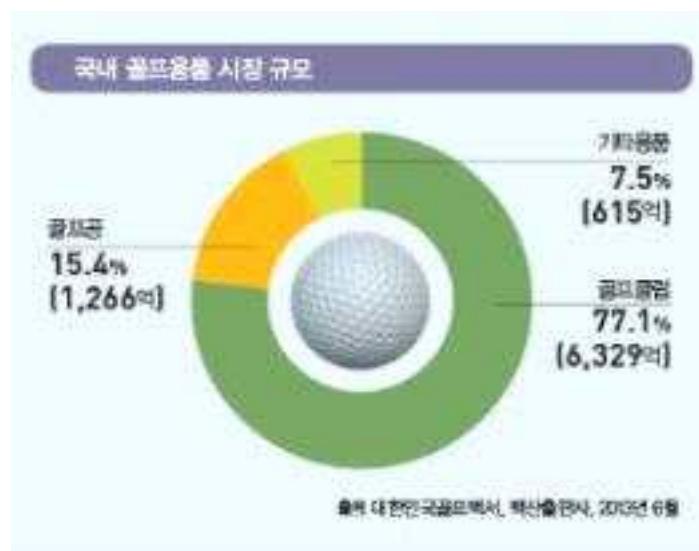
주) 괄호 안의 수치는 2013년 대비 매출액 증가율을 나타낸 수치임

또한, 연령대/성비 또한 다른 스포츠에 비해 상대적으로 표준화되고 평등화되는 경

향을 보이며, 연령대가 낮아짐에 따른 신기술 수용도가 증가하는 등 긍정적으로 전망되는 부분이 존재함

1. 골프 용품 시장 전망

- 현재 한국은 미국, 일본과 함께 세계 3대 골프시장으로 입지를 굳히고 있음. 국내 골프용품시장은(2조 원 대의 골프웨어 시장은 제외. 골프용품은 클럽, 골프공, 기타 용품으로 분류될 수 있으며 골프웨어 시장은 별도로 구분해서 보는 것이 일반적임) 8000억 원~1조 원으로 추산되고 있으며, 그중 골프클럽은 7000억 원 이상으로 가장 높은 비중을 차지하며, 테일러메이드, 캘러웨이, 타이틀리스트, 던롭 등 세계적으로 유명한 골프업체들이 국내 골프용품 시장의 90% 이상을 점유하고 있음



2. 골프용 웨어러블 시장 전략

- 내 골프용품의 개발과 생산이 전체 용품 시장의 5%~10% 미만 수준으로 축소되면서 대부분의 골프용품이 일본(골프클럽), 미국(골프공)에서 수입되고 있음. 2013년에만 3억3800만 달러(한화 3500억 원)의 골프용품이 수입되었지만, 아직 웨어러블 디바이스 등의 파생 상품 시장 규모는 확립되지 않은 단계임. 따라서 당사는 골프 스윙 모션 분석을 통하여 스윙 자세 개선, 훈련량 관리, 나아가서는 개인별 스윙 패턴에 따른 골프용품 추천을 통하여 사업 영역을 구축할 계획임. 골프 스윙 모션 분석 웨어러블 디바이스의 경우, 기존 야구 모션 분석 장비에서 구축하였던 유통망 및 브랜드 인지도를 활용할 수 있음을 장점이 있으며, 기존 골프용품을 판매하는 오프라인 유통망에도 제품을 공급하여 국내/외에 잠재되어 있는 골프 용품 수요자들에게 접근하고자 함.

3. 사업화 추진 계획

- 당사의 사업화 추진 일정은 아래와 같음

순서	항목	일정	비고
1	국내 시범 적용	2017.6~ 2017.8	
2	국내 프로스포츠단 대상 솔루션 구축	2017.10~ 2017.12	
3	국내 사회인야구단 대상 판매	2018.3 ~ 2018.12	
4	해외 야구시장 진출	2019.2 ~ 2019.12	
5	골프 스윙 자세 분석장비 개발	2020.1~ 2020.12	
6	개인별 맞춤형 골프용품 추천 서비스 개발	2021.1~2021.12	

4. 추가 연구의 필요성

- 당사가 본 과제에서 개발한 야구모션 분석 기반 선수 훈련량 분석 솔루션의 경우, 모션 자체의 질(Quality)보다는 횟수(Quantity) 측정을 위주로 개발한 기능이므로, 보다 심도있고 체계적인 모션 분석 및 피드백을 제공하기 위해서는 더 다양한 스펙트럼의 선수 및 일반인 데이터를 수집하여 연구를 수행할 필요성이 있음. 그 일례로는 선수의 숙련도 (유소년/사회인/아마추어/프로) 및 피칭/스윙 자세(오버스로우/쓰리쿼터/사이드/언더 등)를 비롯하여 다양한 자세의 선수 모션을 소화할 수 있는 엔진 개발을 위하여 알고리즘 고도화를 필요로 함.
- 또한 선수별 부착 위치에 따른 모션 신호의 차이를 분석하기 위하여 개인별 아티팩트 (artifact)에 대한 연구 또한 보완할 필요가 있음. 선수별 개인차에 따라서 손목에 착용하는 대신 다른 위치에 부착/착용을 원하는 선수가 있을 수 있으므로, 부위를 자동으로 인식하여 보정 값을 적용하는 알고리즘 또한 필요할 수 있음.
- 야구 모션 외의 사업화를 위해 필요한 추가 연구는 다음과 같음. 상기 언급했던 내용과 같이 골프 스윙 모션 분석 디바이스 개발을 위해서는 야구 모션과 다른 골프 모션 만의 알고리즘 개발을 위한 모션 수집 및 별도 알고리즘 개발이 필요함. 또한 개인별 자세를 분석하여 맞춤형 장비를 추천하기 위해서는 다양한 골프용품 제조사의 용품에 대한 연구 및 데이터베이스 축적이 필요함.

제6장 기술개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

연구 관련 논문

- 1) Heart Rate Monitor and Electrocardiograph Fundamentals (Carlos Casillas, 2010)
- 2) Shoulder Motion and Laxity in the Professional Baseball Player (Louis U.Bigliani, 1997)
- 3) Mercury: A Wearable Sensor Network Platform for High-fidelity Motion Analysis (Konrad Lorincz)

특허

- 1) HEALTH MONITOR SYSTEM AND METHOD FOR HEALTH MONITORING (US 7,299,159 B2)
- 2) INTEGRATED MOTION PROCESSING UNIT WITH MEMS INERTIAL SENSING AND EMBEDDED DIGITAL ELECTRONICS (US 8,250,921 B2)
- 3) ADJUSTABLE WEARABLE SYSTEM HAVING A MODULAR SENSOR PLATFORM (US 2016/0022210 A1)
- 4) Motion sensor in sporting equipment (US 20070032318 A1)
- 5) Baseball batting aid for detecting motion of head in more than one axis of motion (US 5447305 A)

트렌드 리포트

- 1) Rock Health사의 웨어러블 헬스케어 리포트 :
<https://rockhealth.com/reports/digital-health-consumer-adoption-2016/>
- 2) International Fitness Industry Trend Report 2015 (Acewebcontent)
<https://acewebcontent.azureedge.net/assetportfoliodownloads/Industry-Trends-2015.pdf>

제7장 참고문헌

※ 보고서 작성시 인용된 모든 참고 문헌을 열거

- Elliott, B., Grove, J. R., Gibson, B., & Thurston, B. (1986). A three-dimensional cinematographic analysis of the fastball and curveball pitches in baseball. International Journal of Sport Biomechanics, 2(1), 20–28.
- Walgaard, S., Faber, G. S., van Lummel, R. C., van Dieën, J. H., & Kingma, I. (2016). The validity of assessing temporal events, sub-phases and trunk kinematics of the sit-to-walk movement in older adults using a single inertial sensor. Journal of biomechanics, 49(9), 1933–1937
- Hurd, W. J., Jazayeri, R., Mohr, K., Limpisvasti, O., ElAttrache, N. S., & Kaufman, K. R. (2012). Pitch velocity is a predictor of medial elbow distraction forces in the uninjured high school - aged baseball pitcher. Sports Health: A Multidisciplinary Approach, 4(5), 415–418
- Walgaard, S., Faber, G. S., van Lummel, R. C., van Dieën, J. H., & Kingma, I. (2016). The validity of assessing temporal events, sub-phases and trunk kinematics of the sit-to-walk movement in older adults using a single inertial sensor. Journal of biomechanics, 49(9), 1933–1937
- KOTRA : 미국 스포츠용품 시장 리포트 (2013)
- 문화체육관광부 : 종목별 스포츠산업 실태조사 (김민수, 2015)

【별첨】

국외출장 결과보고

1. 개요

출장목적	Wearable Technology Show 2016 Santa Clara 참관 및 바이어 미팅을 통한 파트너쉽 구축과 사업화 기반 마련
출장동기 및 배경	<p>배경: 스포츠개발원 과제 ('15. 12. 30~'16. 12. 29) 수행</p> <ul style="list-style-type: none">- 본 연구의 결과물을 사업화하기 위하여 스포츠 과학과 웨어러블 디바이스의 융합이 활발히 연구되고 있는 미국 시장 반응 분석 및 바이어 미팅을 통한 니즈 파악을 수행
출장기간	2016. 10. 02. ~ 2016. 10. 09. (6박 8일)
출장국(지역)	미국 (산타클라라 및 주변 실리콘밸리 지역, 로스엔젤레스)
방문기관	<ul style="list-style-type: none">- Wearable Techonology Show 2016 Santa Clara 참석- Stanford University 방문- 오프라인 스토어 b8ta (Palo Alto) 및 BestBuy 방문미팅- Best Buy 등 오프라인 스토어

2. 출장목적

- o 본 과제 결과물의 사업화를 위한 홍보, 협력 바이어 미팅 및 네트워킹 확대를 위해 주요 온오프라인 채널들과의 미팅
 - 미국의 온오프라인 리테일러들과의 미팅을 통한 입점 프로세스 이해 및 관련 ERM 등록 및 입점조건인 PR agency들과의 미팅 진행
- o 미국에서 가장 큰 웨어러블 관련 이벤트인 'Wearable Technology Show' 행사에 참여하여 본 과제 결과물을 전시 및 시연
 - 미국 서부 실리콘밸리의 주요 Accelerator & Incubator 기관들을 방문하여 사업화 추진
 - 'Wearable Technology Show 2017 London' 홍보 및 참석 협의, Sports Wearable 확산 회의 참석, 해외 현지 전문가 네트워크(pool)를 구축
- o 미국에서의 스포츠 웨어러블 기술들의 적용현황을 파악하고 선진사례 방문조사 및 관련 업체들과의 미팅을 통한 마켓 니즈 확인 및 사업화 기반 마련

3. 출장 세부내용

□ 출장자

- 김성현, 최민호

□ 출장기간 : 2016. 10. 02.(일) ~ 10. 09.(일) (6박 8일)

□ 출장지 : 미국(산타클라라 및 주변 실리콘밸리 지역, 로스엔젤레스)

□ 방문기관 : Wearable Technology Show 2016, Santa Clara

○ WTS(Wearable Technology Show) 2016 Santa Clara : 미국 서부 캘리포니아주 산타클라라에서 개최된 웨어러블 전문 박람회. 웨어러블, 증강현실, 가상현실, 사물인터넷, Connected Technology 관련 업체들이 제품을 데모 및 홍보하는 기술의 장. 다양한 곳의 바이어들이 방문하여 최신기술 및 제품을 경험하고 비즈니스 미팅을 바로 진행할 수 있는 곳.

○ Stanford University : 미국 최고의 대학 중의 하나인 Stanford University의 Richard B. Dasher 교수와 wearable device를 이용한 스포츠 부상 방지에 대한 주제로 추가 연구에 대한 논의를 위하여 방문.

○ b8ta(516 Bryant Street, Palo Alto) : Nest executive들이 오픈한 IoT 전문 Brick & Mortar store. Palo Alto에 위치한 최신 tech 제품들을 손으로 만져보고 직접 구경 및 경험해본 후 구입할 수 있도록 제공해주는 새로운 형태의 리테일 스토어. 첫 매장이 Palo Alto에 위치, Santa Monica와 Seattle에도 매장이 위치함.

□ 세부일정

일자	방문기관 (위치)	면담자	주요일정
'16.10.02 (일)	이동	-	<ul style="list-style-type: none"> o 한국(인천 17:30)→미국(SF 11:40) 10시간20분
	이동	-	<ul style="list-style-type: none"> o 샌프란시스코 → 산타클라라
'16.10.03 (월)	Amazon (샌프란시 스코)	Brian Kim	<ul style="list-style-type: none"> o 10:00 ~ 12:00 o 양 기관 현황 및 입점 프로세스 설명 o 입점시에 필요한 준비들과 절차에 대한 회의 o 양 기관 향후 협력분야 협의
'16.10.04 (화)	Wearable Technology Show 2016 (산타클라 라)	John Weir, Mark Hughes, Christopher Donais	<ul style="list-style-type: none"> o 09:00 ~ 18:00 o 전시회 계획 및 현황 설명 o 직도 연구결과물에 대한 홍보 o Centercode와의 미팅 o Skyhookwireless와의 미팅 o 다수의 미디어 인터뷰 진행
'16.10.05 (수)	Wearable Technology Show 2016 (산타클라 라)	John Weir	<ul style="list-style-type: none"> o 09:00 ~ 18:00 o 직도 연구결과물에 대한 홍보 o 다수의 미디어 인터뷰 진행
	b8ta (Palo Alto)	Ross Kennedy	<ul style="list-style-type: none"> o 16:00 ~ 18:00 o 직도의 기존 제품 및 연구 결과물에 대한 홍보 o 양 기관 현황 및 입점 프로세스 설명
'16.10.06	이동	-	<ul style="list-style-type: none"> o 산타클라라 -> 로스엔젤레스 (1시간30분)
'16.10.07	Best Buy (LA)		<ul style="list-style-type: none"> o 14:00 ~ 17:00 o 직도 기존제품과 연구결과물에 대한 설명 o 직도 향후 계획 브리핑 o Best Buy의 wearable session에 대한 설명 o 입점 관련 준비와 절차에 대한 회의
'16.10.08 (토)	이동	-	<ul style="list-style-type: none"> o 미국(LA 13:40) → 한국(인천 10/9 17:50)

4. 기관별 세부 회의 내용

□ 방문기관 : Amazon, San Francisco

□ 방문일시 : 2016.10.03.(월) 10:00~12:00

□ 면 담 자 : Amazon 사의 Merchandise manager인 Brian Kim

□ 회의내용

o Brian Kim 매니저의 Amazon Seller체계 설명

- Amazon의 경우 미국의 가장 큰 온라인 리테일러로 책, 영화, 음악, 게임, 전자제품, 가전, 장난감 등 수많은 제품을 판매. Amazon에 Seller로 등록하고 입점시키는 프로세스와 자세한 관리 팁 등을 설명.

□ 방문기관 : Wearable Technology Show 2016, Santa Clara

□ 방문일시 : 2016.10.04.(화) 09:00~18:00 ~ 2016.10.05.(수) 09:00~18:00

□ 면 담 자 : Skyhookwireless 사의 Sales Engineer Christopher Donais, Centercode 사의 regional sales manager인 Mark Hughes. Wearable Technology Show 2016을 진행하는 John Weir CEO 와의 미팅을 통해 연구 결과물의 홍보에 대한 다양한 조언 취득 및 다양한 바이어들과의 미팅 을 연결 받음.

□ 회의내용

o John Weir 대표의 Wearable Technology Show의 역할과 영향 설명

- Wearable Technology Show의 경우 미국 서부에서 가장 주목 받는 Wearable 전문 전시행 사로 다양한 지역에서, 많은 바이어들과 투자자들이 방문하여 본 연구의 결과물을 시연·홍보에 최적인 행사
- 키노트 연사로 행사장을 찾은 실리콘밸리의 실력자들과 네트워킹에 도움을 줌.
- 행사장을 찾은 다양한 미디어의 많은 리포터들과 연결시켜줘서 다수의 인터뷰를 진행.

□ 방문기관 : b8ta, Palo Alto

□ 방문일시 : 2016.10.05.(수) 14:00~16:00

□ 면 담 자 : b8ta 사의 Merchandise Manager인 Ross Kennedy

□ 회의내용

o b8ta의 Ross Kennedy 매니저의 b8ta의 Palo Alto 스토어 설명

- b8ta 스토어 내부의 소비자들의 동선 및 제품 앞 체류시간 등을 분석하는 기술(iPad와 카메라를 이용한 기술)에 대한 설명 및 데모. 해당 기술을 이용한 제품별 마케팅 방향의 신

속한 수정과 맞춤형 배치 등에 대한 고민을 공유. b8ta의 Palo Alto와 Seattle과 Santa Monica 매장의 각 장점 및 각 매장의 방문자 데모그래픽 비교. 입점 조건과 향후 프로세스에 대한 회의 진행.

- 방문기관 : Best Buy, Los Angeles
- 방문일시 : 2016.10.07.(금) 15:00~16:30
- 면담자 : Best Buy의 Justin Brown
- 회의내용

- o Justin Brown의 Best Buy 온오프라인 입점 프로세스 설명
 - Best Buy의 기판매 제품들과의 차별성을 어필할 수 있는 방안(배치, 마케팅 등)에 대한 조언
 - 입점에 필요한 인증, Financial Plans, PR Plan w/ agency, ERP 등록 절차, 웨어러블 디바이스들에 대한 전반적인 시장 상황, 그리고 Net Cost에 대한 자세한 설명

5. 향후 조치사항

- Centercode와 MOU 체결 준비
 - o '17. 2월 : Beta Test Management 플랫폼 리더인 Centercode와의 MOU초안 송부
 - o '17. 2월 : Centercode측이 보유한 다양한 테스팅 방법과 테스팅풀을 이용하여 본 사업의 결과물을 효율적으로 미국 고객들에게 테스팅 후 현지화
 - o '17. 3~4월 : 테스팅을 통하여 본 사업의 결과물을 최종 고도화한 후 미국 서부 캘리포니아에 위치한 오프라인 스토어에 입점

□ Stanford University와 공동 연구 추진

- o '16. 12월 : 상호 공동 연구 계획 수립 및 송부
- o '17. 1~2월: 상호 공동 연구 및 세미나 추진(R&D 프로세스 등)

별첨 : 1. 기관별 면담자 명함
2. 전시 행사 사진

<별첨 1>

기관별 면담자 명함

< Skyhookwireless >

CHRISTOPHER DONAIS
Sales Engineer



📞 617 278 2298
✉️ cdonais@skyhookwireless.com
🏡 41 Farnsworth Street • Boston, MA 02210

< Centercode >

MARK HUGHES
regional sales manager

408.981.4973
mark@centercode.com



BETA TEST MANAGEMENT SOLUTIONS

제 C-2017-002336 호



저작권 등록증

- | | |
|-----------------|--|
| 1. 저작물의 제호(명칭) | 야구모션 분석 펌웨어 |
| 2. 저작물의 종류 | 컴퓨터프로그램 저작물 > 시스템 프로그램 > 제어 프로그램(OS) |
| 3. 저작자 성명(법인명) | 주식회사 직토
서울특별시 강남구 언주로 147길 |
| 4. 생년월일(법인등록번호) | 110111-5409671 |
| 5. 창작연월일 | 2016년 12월 28일 |
| 6. 공표연월일 | 2017년 01월 18일 |
| 7. 등록연월일 | 2017년 01월 25일 |
| 8. 등록사항 | 저작자 : 주식회사 직토,
착작 : 2016.12.28. 공표 : 2017.01.18 |

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2017년 01월 25일

한국저작권위원회



<별첨 2>

전시회 사진



그림 111 Wearable Technology Show 2016 부스 운영
그림 112 시연해보는 CNET 기자
첫날



그림 114 팔로 알토 b8ta 매장 내부 사진

데이터 마이닝을 이용한 피칭과 팔 동작의 분류

정인섭¹ · 최민호² · 이기광¹

국민대학교¹, (주)직토²

ABSTRACT

In-sub Jeong, Min-ho Choi, Ki-kwang Lee. **Classification of pitching and arm motion using data mining.** *KINESIOLOGY, 2015, 0(0): 1-11.* [PURPOSE] The purpose of this research is to classify pitching motions using the data mining method, which aims to help injury prevention overuse. [METHODS] One healthy person participated in the experiment. Subject performed six actions like pitching including pitching by wearing a smart band with IMU sensor built in the wrist. We converted the IMU data of each of the six motion into 5 Datasets. We performed data mining using the WEKA program to find the Dataset with the highest classification probability among the five Datasets and the appropriate classification model. [RESULTS] Among the 5 Datasets, Peak value Dataset when changing to Frequency domain through FFT showed the highest classification probability of each classification model, and NaiveBayes of each classification model had appropriate advantages for classification of pitching motion. Therefore NaiveBayes has decided on an appropriate classification model to classify pitching motion. [CONCLUSIONS] The data of the acceleration sensor and the gyroscope of the six actions are best classified for conversion using FFT and the NaiveBayes classification model is an appropriate classification model for classifying each motion.

Key words : Overuse, IMU sensor, Data mining, Pitching, Classification

주요어 : 과사용, 관성센서, 데이터 마이닝, 피칭, 분류

서론

경쟁이 요구되는 스포츠 선수에게 있어 부상은 피할 수 없으며, 부상은 선수의 경기력 저하와 심하게는 선수 생명을 위협할 수 있는 위험요인 중 하나이다. 부상 시기와 원인에 대해 Kim(1997)은 배구 종목에서 부상 시기에 대해 훈련 시 75.8%, 경기 시 24.2%로 훈련 시 더 큰 비중으로 부상을 당한다고 보고했으며, 2008 베이징 올림픽 동안 발생한 72.5%에 대한 부상 중 22%는 과사용으로 인한 부상으로 보고되었다(Junge et al., 2008). 과사용으로 인한 부상은 과사용 증후군이라 불린다. 과사용 증후군이란 최대한의 부하가 지속적으로 정상적인 조직에 발생하는 것이다(Stanitski, 1989). 과사용으로 인한 부상은 연부 조직의 접합부, 힘이 집중되는 곳 등에서 발생한다.

야구에서도 과사용으로 인한 부상은 중요 부상 원인 중 하나이다. 프로야구 선수들은 과도한 반복훈련으로 인해 과사용성 상해가 매우 빈번하게 발생하며, 약 75%가 회전근개 건염 부상이다. 남종철(2002)은 한국 프로야구투수들의 부상 발생원인 및 분류에 관한 연구에서 과다피칭과 오버트레이닝으로 인한 투수 부상이 50% 이상 차지한다고 보고했다. 투수의 경우 주로 장시간의 반복적인 피칭으로 인해 신체 곳곳에 발생하는 미세손상이 누적되어 발생한다(Wang et al., 2004). 어린 선수들의 경우 청소년기에 100개 이상의 투구를 실시하는 선수가 14%로 무리한 투구로 인한 신체적 손상의 위험이 증가하며, 많은 볼을 던지려 하는 과정에서 골단부나 연부조직의 상해가 발생한다. 야구를 포함한 여러 스포츠 종목에서 과사용으로 인한 부상이 빈번하게 발생하고 있으며, 이러한 부상을 방지하기 위한 노력이 필요하다.

* 교신저자: hjd@korea.co.kr

2 데이터 마이닝을 이용한 피칭과 팔 동작의 분류

특정 동작에 대한 동작수를 측정할 수 있다면 과사용으로 인한 부상을 예방하는데 많은 도움이 될 것이다. 인간의 동작은 각각 특성이 있으며, 이는 가속도 센서로 측정이 가능하다. 박희수(2015)는 3축 가속도계의 작용 위치에 따른 동작별 특징 분석 연구를 진행했으며, 더 나아가 김윤경(2011)과 Lee(2009)는 3축 가속도 센서 하나만을 가지고 결을 수 측정, 앓기&서기, 걷기&뛰기 등을 Fuzzy 알고리즘을 통해 동작을 인식하는 연구를 진행 했다. 각 동작의 출력값을 SVM(Signal Vector Magnitude)을 사용해 각 동작에 대한 값을 구해 동작을 분류했다. 위와 같은 연구는 센서를 사용한 동작 인식과 더 나아가 동작의 분류까지 가능하다는 것을 보여준다.

기존에 있던 대량의 데이터에 대한 분류기준을 통해 새로 입력된 데이터를 분류시키는 것은 가장 많이 쓰이는 방법 중 하나이며 이는 데이터 마이닝의 분야 중 하나이다. Yang(2009)은 스마트 폰에 내장된 가속도 센서의 데이터를 이용해 사용자의 앓기, 서기, 걷기, 뛰기, 자전거타기, 운전 등의 동작으로 나누었다. 이 연구에서 동작의 특징점을 찾기 위해 수직/수평 특징, 수직 특징, 수평 특징 등 여러개의 Dataset을 데이터마이닝 도구를 통해 가장 이상적인 Dataset과 분류 특성에 맞는 분류모델인 Decision tree를 찾을 수 있었다. Chernbumroong(2011) 또한 한쪽 손목에 작용한 가속도센서를 통해 동작분류를 진행했으며, WEKA 프로그램을 통해 분류에 알맞은 Dataset과 분류모델을 찾아냈다.

선행 연구들에선 센서를 사용한 동작의 인식과 데이터 마이닝을 이용한 동작 분류에 대한 실험이 각각 진행되었다. 센서를 이용해 동작에 대한 데이터를 수집하고, 데이터마이닝을 이용해 특정 동작을 분류할 수 있다면 특정 동작에 대한 동작수를 측정할 수 있을 것이다. 따라서 본연구의 목적은 관성센서의 동작데이터를 데이터마이닝 방법을 이용해 피칭 동작을 분류하는데 있으며, 이는 과사용에 대한 부상 예방에 도움이 될 것이다.

연구방법

연구대상

본 연구의 대상자는 최근 6개월 동안 근신경학적 및 정형외과적 병력이 없고, 주어진 실험과제를 수행하는데 문제가 없는 일반인을 대상으로 실시하였다. 대상자는 실험과정에 대한 충분한 설명서를 들은 후 동의서에 서명하였다. 대상자의 신체적 특성은 다음과 같다<Table 1>.

Table 1. Physical characteristic of subjects (M±SD)

age (yr)	height (cm)	weight (kg)
31	177.3	75

실험설계 및 절차

과제 수행시 피칭과 유사한 팔을 움직이는 동작을 측정하기 위해 양쪽 손목에는 IMU센서(관성센서)가 포함된 스마트 밴드(ZiktoBand, (주)직토, Korea)를 사용하였다. IMU센서의 사양은 가속도센서 : 16g, 자이로센서 : 2000deg/s, Sampling rate : 20Hz로 설정했다. 스마트 밴드를 부착한 후 동작 중 떨어짐이나 이동을 방지하기 위해 키네지오 테이프를 이용해 손목에 고정시켰다. <Figure 1>과 같이 피험자들은 Normal : 팔을 머리 위에서 아래로 움직이는 동작(피칭시 팔동작), Under : 팔을 아래에서 위로 움직이는 동작, Up & Down & Right & Left : 곧게 서있는 상태에서 팔을 좌, 우, 위, 아래로 빠르게 움직이는 동작 등을 각각 10회씩 총 60회 진행했다.



Figure 1. Experimental motion (Normal, Under, Up & Down & Right & Left)

자료 처리

1) 분석변인

피칭 동작을 포함한 6가지 동작에 대한 가속도 센서, 자이로 센서의 데이터의 x,y,z 각 축 값에 대한 Max & Min, 가속도 센서와 자이로센서의 데이터 x,y,z 각 축 Peak값에 대한 기울기, FFT(Fast Fourier Transform)를 통한 Frequency domain으로 변경 했을 때의 Max & Min 값 등 <Table 2>와 같이 동작 분류의 가능성이 있는 5가지 Dataset을 변인으로 정했다.

2) 분석방법

5가지의 Dataset 중 피칭을 포함한 피칭과 유사한 6가지 동작을 분류하는데 적절한 Dataset과 분류모델을 정하기 위해, 데이터 마이닝 도구인 WEKA(Waikato Environment for Knowledge Analysis)를 사용했다.

3) 자료처리 방법

스마트 벤드에 내장되어 있는 IMU센서의 데이터는 Bluetooth방식을 이용해 Database에 저장되었으며, 저장된 모든 데이터는 Matlab R2014a(The MathWorks inc, USA)를 사용하여 <Figure 2>와 같이 처리하였다.

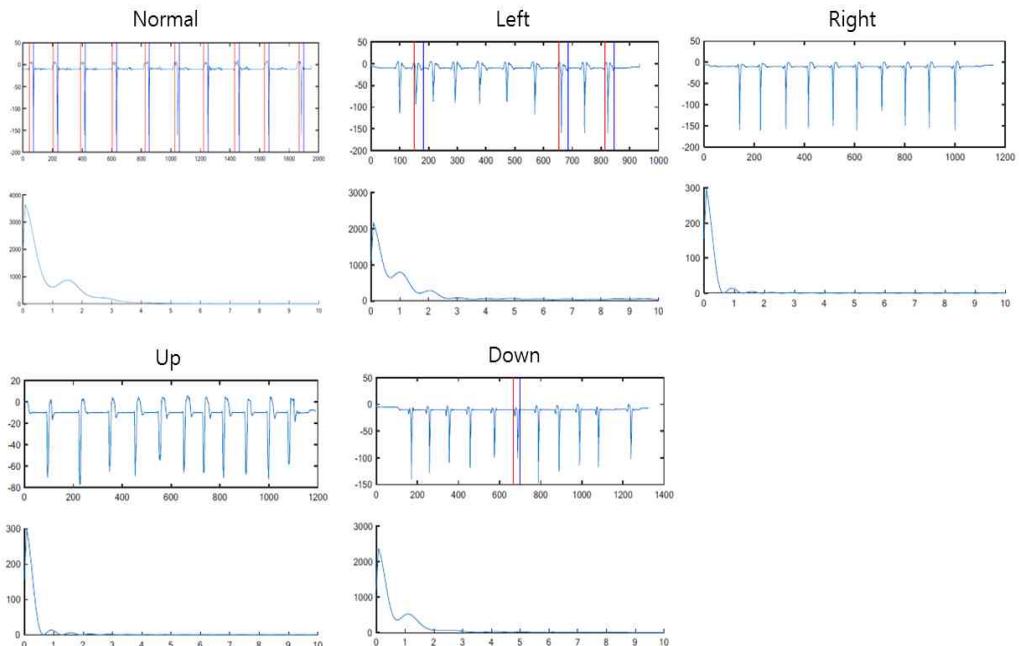


Figure 2. Graph of x-axis acceleration data of each motion
(above : time domain , blow : frequency domain)

Table 2. 5 kinds of Dataset

Frequency domain	①	maxf_ax	maxf_ay	maxf_az	maxf_gx	maxf_ty	maxf_gz
	②	minf_ax	minf_ay	minf_az	minf_gx	minf_ty	minf_gz
Time domain	③	int_ax	int_ay	int_az	int_gx	int_ty	int_gz
	④	max_ax	max_ay	max_az	max_gx	max_ty	max_gz
	⑤	min_ax	min_ay	min_az	min_gx	min_ty	min_gz

4 데이터 마이닝을 이용한 피칭과 팔 동작의 분류

결과

정확한 동작분류에 필요한 Dataset과 분류모델을 찾기 위해 데이터 마이닝 도구인 WEKA(Waikato Environment for Knowledge Analysis)를 사용 했다. 위의 실험에서 가속도 센서 데이터와 자이로 센서 데이터의 x,y,z 3축의 값을 사용하기로 정했으며, 분류의 가능성이 있는 5종류의 Dataset을 사용해 각 분류 모델에 대한 분류 확률을 계산했다.

그 결과 <Table 3>와 같이 각 축의 FFT를 통한 Frequency domain으로 변경했을 때의 Peak값인 ① Dataset을 이용한 것이 각 분류모델에서 가장 높은 분류확률을 보였다. 그 중 NaiveBayes 분류 모델이 다른 분류 모델에 비해 분류 확률이 가장 높지는 않았지만, 분류 모델의 특징 상 피칭 동작을 분류하는데 장점을 가지고 있었다.

```

Time taken to build model: 0 seconds

==== Stratified cross-validation ====
==== Summary ====

    Correctly Classified Instances      53           89.8305 %
    Incorrectly Classified Instances   6            10.1695 %
    Kappa statistic                   0.8778
    Mean absolute error               0.0351
    Root mean squared error          0.1848
    Relative absolute error          12.6371 %
    Root relative squared error     49.5825 %
    Total Number of Instances        59

==== Detailed Accuracy By Class ====

    TP Rate   FP Rate   Precision   Recall   F-Measure   MCC   ROC Area   PRC Area   Class
    0.556     0.000     1.000     0.556     0.714       0.717   0.918     0.784     normal
    1.000     0.122     0.625     1.000     0.769       0.741   0.959     0.751     under
    1.000     0.000     1.000     1.000     1.000       1.000   1.000     1.000     left
    0.800     0.000     1.000     0.800     0.889       0.877   0.994     0.977     right
    1.000     0.000     1.000     1.000     1.000       1.000   1.000     1.000     up
    1.000     0.000     1.000     1.000     1.000       1.000   1.000     1.000     down
    Weighted Avg.   0.898     0.021     0.936     0.898       0.898   0.892     0.921

==== Confusion Matrix ====

    a  b  c  d  e  f  <-- classified as
5  4  0  0  0  0 | a = normal
0 10  0  0  0  0 | b = under
0  0 10  0  0  0 | c = left
0  2  0  8  0  0 | d = right
0  0  0 10  0  0 | e = up
0  0  0  0 10  0 | f = down

```

Figure 3. Result of WEKA (NaiveBayes)

따라서, NaiveBayes 분류 모델을 사용했으며 이에 대해 <Figure 3>에서 자세히 설명되어 있다. 총 60개의 동작에 대한 분류는 Confusion Matrix를 통해 자세히 나타냈으며, 6개의 동작만이 이상 분류로 나타났다. 또한 분류 모델의 성능을 평가하는 지표인 ROC Area는 높은 값을 가지고 있어 분류 모델의 성능이 높다는 것을 알 수 있다.

Table 3. Classification probability of each model.

Classification model	Classification probability
NaiveBayes	89.83
IBk(k-NN)	93.22
MulticlassClassifier	88.13
J48(Decision Tree)	94.91

논의

본 연구는 한 사람을 대상으로 진행하였다. 피칭을 포함한 피칭과 유사한 6가지 동작을 분류하기 위한 Dataset과 분류 모델을 찾기 위해 WEKA 프로그램을 사용하였다.

동작의 특징을 세분화하는데 있어 측정된 데이터를 어떻게 설정할 것인가가 중요했다. 데이터는 가속도센서 데이터와 자이로센서 데이터 두 종류이며, 각 데이터는 x,y,z 3축으로 이루어져 있다. 분류를 위해 SVM(Sum Vector Magnitude)방법을 이용했으며, SVM 방법은 x,y,z 축에 대한 데이터를 하나로 만들어서 처리하는 방법이다. 이러한 SVM 방법은 가속도 혹은 자이로 센서 데이터에 대한 처리에 많이 쓰이는 방법이다. Chung(2016)은 3축 가속도계의 데이터를 SVM 방법을 통해 데이터 처리를 했으며, 이를 통해 뇌졸중 환자의 자세 혼들림에 대한 연구를 진행했다. 하지만 이러한 방법은 x,y,z 3축에 대한 데이터를 하나로 만들어서 처리하기 때문에, 몸을 풀거나, 팔을 움직이는 동작 등 피칭에서 팔을 휘두르는 동작과 유사한 동작을 구분하기 어렵다. 따라서 보다 정확한 분류를 위해서 가속도 센서와 자이로 센서의 각 축 데이터 값들을 사용하는 것으로 정했다.

데이터 분류를 위해서 분류의 특징이 잘 들어나는 Dataset과 Dataset에 맞는 분류모델이 필요하다. Chernbumroong(2011)은 손목에 착용한 가속도센서를 사용해 신체활동을 분류하기 위해 여러 종류의 Dataset에 대해 WEAK 프로그램 사용했으며, 그 결과 각 분류 모델에 높은 분류 확률을 가지는 Dataset을 선택할 수 있었다. 또한 Ravi(2005)는 가속도센서 데이터로부터 활동을 인식하기 위해 WEAK 프로그램을 사용해 Dataset에 알맞은 분류 모델을 찾았다.

시간 함수일 때의 Peak기울기, Max(Peak), Min과 주파수 함수일 때의 Max(Peak), Min 등 분류의 가능성이 있는 5종류의 Dataset을 임의로 정한 뒤, WEKA 프로그램을 사용해 분류 확률이 가장 높은 Dataset을 선택했다. WEKA의 분석 결과, 가속도데이터와 자이로데이터를 Frequency domain으로 FFT변환시킨 데이터의

Max(Peak)값이 NaiveBayes, IBk(k-NN), MultiClassClassifier, J48(Decision Tree)에서 높은 분류 확률을 보였다. 따라서 동작 분류를 위한 Dataset은 가속도데이터와 자이로데이터를 FFT변환시킨 데이터의 Max값을 사용하기로 결정했다.

또한 NaiveBayes = 89.83%, IBk(k-NN) = 93.22%, MultiClassClassifier = 88.13%, J48(Decision Tree) = 94.91%의 분류 확률을 보였으며, 가장 분류 확률이 높은 J48(Decision Tree)가 가장 좋은 분류 모델일 것이다. 하지만 각 분류 모델은 각각의 장단점을 가지고 있으며, Dataset의 특징과 분류 환경 등을 고려해서 정해야 한다(김갑식, 2003). IBk(k-NN)은 가장 간단한 기법 중의 하나이며 비교적 높은 정확도를 보이지만 실행속도가 매우 느리다는 단점을 가지고 있다(Yang, 1994). NaiveBayes는 저장된 데이터를 이용해 새로운 정보에 대해 분류를 하는 방법으로, 데이터 분류에 효과적인 분류 모델이다(Dumais, 1998). J48(Decision Tree)는 복잡한 계산절차가 필요하지 않아 실용성이 높다(Ragan & Kang, 2005). 하지만 분류 모델이 불안하고, 숫자의 데이터셋으로 만들어진 트리들은 복잡해질 수 있다는 단점을 가지고 있다. 따라서 kNN과 J48(Decision Tree)는 높은 분류확률에도 불구하고 느린처리속도와 숫자로 이루어진 Dataset에 대해 처리가 복잡해질 수 있다는 단점으로 인해 평균 1.5초인 피칭동작과 가속도 데이터 값이 기반인 본 연구와는 맞지 않는 분류 모델이다. 따라서 NaiveBayes가 분류에 효과적이며, 큰 Dataset에 적합한 장점으로 인해 이번 연구에 알맞은 분류모델인 것을 알 수 있다. NaiveBayes의 분류 결과, Correctly Classified Instances : 89.83%이며, Confusion matrix에서 알 수 있듯이 6개의 동작이 10번씩 총 60번 측정되어 있는 데이터 중 7개의 잘못된 분류를 제외하고 53개의 성공적인 분류를 보였다.

결론

결과적으로, 동작에 대한 분류를 위해서, 측정된 데이터를 동작의 특징이 나타나게 변환시켜야 하며, 변환시킨 데이터에 알맞은 분류 모델을 찾아야 한다. 테

6 데이터 마이닝을 이용한 피칭과 팔 동작의 분류

이터 변환 방법인 SVM방법을 사용했지만, 피칭을 포함한 피칭과 비슷한 6가지 동작에 대한 분류가 불가능했다. IMU센서의 가속도데이터와 자이로데이터의 x,y,z 등 3축 데이터를 각각 주파수 변환 했다. 변환한 데이터의 Max 값이 가장 높은 분류 확률을 보인 Dataset 이었으며, 피칭 동작의 분류에는 NaiveBayes 가 적절한 분류모델이다.

참고문헌

- 김갑식, (2003). 할부금융고객의 신용평가를 위한 데이터마이닝 통합모형 구축. 가톨릭대학교 대학원 박사학위논문.
- 김윤경, 노형석, & 조위덕. (2011). 가속도 센서를 이용한 보행 횟수 검출 분류 모델과 활동량 모니터링 시스템. 전자공학회논문지-Cl, 48(2), 전자공학회, 127-137.
- 남종철, 박원하, 조종현, 박용억, & 김한수. (2002). 프로야구 투수의 어깨관절순 봉합술 재활프로그램 사례. 대한스포츠의학회지, 20(2), 235-240.
- 박희수, 윤인찬, 이연주, & 정인원. 3 축 가속도계의 촉용 위치에 따른 동작 별 특징 분석. '2015년도 춘계학술대회논문집', 5권, 한국정밀공학회, 2015, pp 918~919.
- Chernbumroong, S., Atkins, A. S., & Yu, H. (2011, September). Activity classification using a single wrist-worn accelerometer. In Software, Knowledge Information, Industrial Management and Applications (SKIMA), 2011 5th International Conference on (pp. 1-6). IEEE.
- Chung, J. Y. (2016). Effect of Visual and Somatosensory Information Inputs on Postural Sway in Patients With Stroke Using Tri-Axial Accelerometer Measurement. 한국전문물리치료학회지, 23(1), 87-93.
- Dumais, S., Platt, J., Heckerman, D., & Sahami, M. (1998, November). Inductive learning algorithms and representations for text categorization. In Proceedings of the seventh international conference on Information and knowledge management (pp. 148-155). ACM.
- Junge, A., Engebretsen, L., Alonso, J. M., Renström, P., Mountjoy, M., Aubry, M., & Dvorak, J. (2008). Injury surveillance in multi-sport events: the International Olympic Committee approach. British journal of sports medicine, 42(6), 413-421.
- Kim, C. S. (1997). Sport injury status in Korean volleyball players during the 4 olympic games. Korean Journal of sports Science 6(1), 177-201.
- LEE, M.H. (2009). Physical activity recognition using a single tri-axis accelerometer. In Proceedings of the world congress on engineering and computer science (Vol. 1).
- Ravi, N., Dandekar, N., Mysore, P., & Littman, M. L. (2005, July). Activity recognition from accelerometer data. In AAAI (Vol. 5, pp. 1541-1546).
- Ragan, B. G. (2005). Construction of a Classification/Decision Tree. 한국체육측정평가학회지, 7(1), 61-75.
- Stanitski, C. L. (1989). Common injuries in preadolescent and adolescent athletes recommendations for prevention. Sports Medicine, 7(1), 32-41.
- Wang, H. K., Juang, L. G., Lin, J. J., Wang, T. G., & Jan, M. H. (2004). Isokinetic performance and shoulder mobility in Taiwanese elite junior volleyball players. Isokinetics and Exercise science, 12(2), 135-141.
- Yang, J. (2009, October). Toward physical activity diary: motion recognition using simple acceleration features with mobile phones. In Proceedings of the 1st international workshop on Interactive multimedia for consumer electronics (pp. 1-10). ACM.

초록

데이터 마이닝을 이용한 피칭과 팔 동작의 분류

정인섭, 최민호, 이기광

국민대학교, 주직도

운동학 학술지, 2016, 00(0): 00-00. 데이터 마이닝을 이용한 피칭과 팔 동작의 분류. [목적] 본 연구의 목적은 관성센서의 동작데이터를 데이터마이닝 방법을 이용해 피칭 동작을 분류하는데 있으며, 이는 과사용에 대한 부상 예방에 도움이 되는 것이 목적이다. [방법] 건강한 30대 남자 1명을 대상으로 피칭을 포함한 피칭과 유사한 6가지 동작을 손목에 IMU센서가 내장되어 있는 스마트밴드를 착용하고 수행했다. 각 6가지 동작에 대한 가속도 센서, 자이로 센서 데이터의 x, y, z 각 축의 데이터를 5가지 Dataset으로 변환시켰으며, 5가지 Dataset 중 가장 높은 분류확률을 가진 Dataset과 적절한 분류모델을 찾기 위해 WEKA 프로그램을 사용해 데이터 마이닝을 진행했다. [결과] 5가지의 Dataset 중, FFT를 통한 Frequency domain으로 변경했을 때의 Peak값인 Dataset이 각 분류모델에 대해 가장 높은 분류확률을 보였으며, 각 분류 모델 중 NaiveBayes가 피칭 동작분류에 적절한 장점을 가지고 있었다. 따라서 NaiveBayes가 피칭 동작을 분류하는데 적절한 분류모델로 결정했다. [결론] 6가지 동작에 대한 가속도 센서와 자이로 센서의 데이터는 FFT를 이용한 변환이 분류가 가장 잘 됐으며, NaiveBayes 분류모델이 각 동작을 분류하기에 적절한 분류모델이다.



국가연구개발고서원문 성과를 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 제공하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다.
Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

Nur für amtlichen Gebrauch / For official use only / Cadre réservé à l'administration

An das Europäische Patentamt
To the European Patent Office
A l'Office européen des brevets

Tag des Eingangs / Date of receipt / Date de réception

Eintritt in die europäische Phase (EPA als Bestimmungsamt oder ausgewähltes Amt)

Entry into the European phase (EPO as designated or elected Office)

Entrée dans la phase européenne (l'OEB agissant en qualité d'office désigné ou élu)

Europäische Anmeldenummer oder, falls nicht bekannt, PCT-Aktenzeichen oder PCT-Veröffentlichungsnummer

European application number or, if not known, PCT application or PCT publication number

Numéro de la demande de brevet européen ou, à défaut, numéro de dépôt PCT ou de publication PCT

15 810 193.1 (WO 2015/194879)

Zeichen des Anmelders oder Vertreters (max. 15 Positionen)

Applicant's or representative's reference (max. 15 keystrokes)

Référence du demandeur ou du mandataire (15 caractères ou espaces au maximum)

20802 pz

1.

Anmelder

Applicant

Demandeur



Die Angaben über den (die) Anmelder sind in der internationalen Veröffentlichung enthalten oder vom Internationalen Büro nach der internationalen Veröffentlichung vermerkt worden.

Indications concerning the applicant(s) are contained in the international publication or recorded by the International Bureau after the international publication.

Les indications concernant le(s) demandeur(s) figurent dans la publication internationale ou ont été enregistrées par le Bureau international après la publication internationale.



Änderungen, die das Internationale Büro noch nicht vermerkt hat, sind auf einem Zusatzblatt angegeben.

Changes which have not yet been recorded by the International Bureau are set out on an additional sheet.

Les changements qui n'ont pas encore été enregistrés par le Bureau international sont indiqués sur une feuille additionnelle.



Fehlende Angaben über den oder die Anmelder sind auf einem Zusatzblatt angegeben.

Indications missing for the applicant(s) are given on an additional sheet.

Les indications manquantes concernant un ou plusieurs demandeurs sont mentionnées sur une feuille additionnelle.

**Zustellanschrift
(siehe Merkblatt II, 1)**

**Address for correspondence
(see Notes II, 1)**

**Adresse pour la correspondance
(voir notice II, 1)**

Zeichen des Anmelders / Applicant's reference / Référence du demandeur

20802 pz

2.

Vertreter**Representative****Mandataire****Name und Geschäftsanschrift**

(Nur einen Vertreter oder den Namen des Zusammenschlusses angeben, der in das Europäische Patentregister einzutragen ist und an den zugestellt wird)

Name and address of place of business

(Name only one representative or association of representatives, to be listed in the Register of European Patents and to whom communications are to be notified)

Nom et adresse professionnelle

(N'indiquer qu'un seul mandataire ou le nom du regroupement de mandataires qui sera inscrit au Registre européen des brevets et auquel les significations seront faites)

Zeitler Volpert Kandlbinder Patent- und Rechtsanwälte Partnerschaft mbB
Herrnstraße 44
80539 München
Germany

Telefon / Telephone / Téléphone
+49 (89) 2101970

Fax / Télifax
+49 (89) 21019728

Weitere(r) Vertreter auf Zusatzblatt

Additional representative(s) on additional sheet

Autre(s) mandataire(s) sur feuille supplémentaire

3.

Vollmacht**Authorisation****Pouvoir**

Vollmacht ist beigelegt.

Authorisation is attached.

Un pouvoir est joint.

Allgemeine Vollmacht ist registriert unter Nr.:

General authorisation is registered under No.:

Un pouvoir général est enregistré sous le n° :

--	--	--

Allgemeine Vollmacht ist eingereicht, aber noch nicht registriert.

A general authorisation has been filed, but not yet registered.

Un pouvoir général a été déposé, mais n'est pas encore enregistré.

Die beim EPA als PCT-Anmeldeamt eingereichte Vollmacht schließt ausdrücklich die europäische Phase ein.

The authorisation filed with the EPO as PCT receiving Office expressly includes the European phase.

Le pouvoir déposé à l'OEB agissant en qualité d'office récepteur au titre du PCT inclut expressément la phase européenne.

4.

Prüfungsantrag**Request for examination****Requête en examen**

4.1

Hiermit wird die Prüfung der Anmeldung gemäß Artikel 94 EPÜ beantragt. Die Prüfungsgebühr wird (wurde) entrichtet.

Examination of the application under Article 94 EPC is hereby requested. The examination fee is being (has been, will be) paid.

Il est demandé par la présente que soit examinée la demande de brevet conformément à l'article 94 CBE. Il est (a été, sera) procédé au paiement de la taxe d'examen.

Prüfungsantrag in einer zugelassenen Nichtamtssprache

Request for examination in an admissible non-EPO language

Requête en examen dans une langue non officielle autorisée

--	--	--

Der/Jeder Anmelder erklärt hiermit, eine Einheit oder eine natürliche Person nach Regel 6 (4) EPÜ zu sein.

The/Each applicant hereby declares that he is an entity or a natural person under Rule 6(4) EPC.

Le/Chaque demandeur déclare par la présente être une entité ou une personne physique au sens de la règle 6(4) CBE.

4.2

Der Anmelder verzichtet auf die Aufforderung nach Regel 70 (2) EPÜ, zu erklären, ob die Anmeldung aufrecht erhalten wird.

The applicant waives his right to be asked under Rule 70(2) EPC whether he wishes to proceed further with the application.

Le demandeur renonce à être invité, conformément à la règle 70(2) CBE, à déclarer s'il souhaite maintenir sa demande.

5.

Abschriften**Copies****Copies**

Zusätzliche Abschriften der im ergänzenden europäischen Recherchenbericht angeführten Schriftstücke werden beantragt.

Additional copies of the documents cited in the supplementary European search report are requested.

Prière de fournir des copies supplémentaires des documents cités dans le rapport complémentaire de recherche européenne.

Anzahl der zusätzlichen Sätze von Abschriften

Number of additional sets of copies

Nombre de jeux supplémentaires de copies

Zeichen des Anmelders / Applicant's reference / Référence du demandeur

20802 pz

6.	Für das Verfahren vor dem EPA bestimmte Unterlagen	Documents intended for proceedings before the EPO	Pièces destinées à la procédure devant l'OEB
6.1	<p>Dem Verfahren vor dem EPA als Bestimmungsamt (PCT I) sind folgende Unterlagen zugrunde zu legen:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> die vom Internationalen Büro veröffentlichten Anmeldungsunterlagen (mit allen Ansprüchen, Beschreibung und Zeichnungen) <u>mit</u> etwaigen geänderten Ansprüchen nach Artikel 19 PCT</p> <p><input type="checkbox"/> soweit sie nicht ersetzt werden durch die beigelegten Änderungen.</p> <p><input type="checkbox"/> Stellungnahmen zu dem vom EPA als Internationaler Recherchenbehörde erstellten schriftlichen Bescheid und/oder Bemerkungen bzw. Stellungnahmen zu den Erläuterungen in dem vom EPA als mit der ergänzenden internationalen Recherche beauftragten Behörde erstellten ergänzenden internationalen Recherchenbericht (Regel 45bis.7 e) PCT)</p> <p>Soweit erforderlich, sind weitere Angaben auf einem Zusatzblatt einzureichen.</p>	<p>Proceedings before the EPO as designated Office (PCT I) are to be based on the following documents:</p> <p>the application documents published by the International Bureau (with all claims, description and drawings) <u>with</u> any amended claims under Article 19 PCT</p> <p>unless replaced by the amendments enclosed.</p> <p>Comments on the written opinion established by the EPO as the International Searching Authority and/or observations or, where applicable, on the explanations given in the Supplementary International Search Report established by the EPO as the Supplementary International Searching Authority (Rule 45bis.7(e) PCT)</p> <p>Where necessary, further details should be submitted on an additional sheet.</p>	<p>La procédure devant l'OEB agissant en qualité d'office désigné (PCT I) doit se fonder sur les pièces suivantes :</p> <p>les pièces de la demande publiées par le Bureau international (avec toutes les revendications, la description et les dessins) <u>avec</u> les éventuelles revendications modifiées conformément à l'article 19 PCT</p> <p>dans la mesure où elles ne sont pas remplacées par les modifications jointes.</p> <p>Commentaires sur l'opinion écrite établie par l'OEB agissant en qualité d'administration chargée de la recherche internationale et/ou observations, ou, le cas échéant, commentaires sur les explications figurant dans le rapport de recherche internationale supplémentaire établi par l'OEB agissant en qualité d'administration chargée de la recherche internationale supplémentaire (règle 45bis.7e) PCT)</p> <p>Le cas échéant, des informations complémentaires doivent être fournies sur une feuille additionnelle.</p>
6.2	<p><input type="checkbox"/> Dem Verfahren vor dem EPA als ausgewähltem Amt (PCT II) sind folgende Unterlagen zugrunde zu legen:</p> <p>die dem internationalen vorläufigen Prüfungsbericht zugrunde gelegten Unterlagen, einschließlich etwaiger Anlagen</p> <p><input type="checkbox"/> soweit sie nicht ersetzt werden durch die beigelegten Änderungen.</p> <p><input type="checkbox"/> Stellungnahmen zu dem vom EPA als mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragter Behörde erstellten internationalen vorläufigen Prüfungsbericht und/oder Bemerkungen sind beigelegt.</p> <p>Soweit erforderlich, sind weitere Angaben auf einem Zusatzblatt einzureichen.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sind dem EPA als mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragter Behörde Versuchsberichte zugegangen, dürfen diese dem Verfahren vor dem EPA zugrunde gelegt werden.</p>	<p>Proceedings before the EPO as elected Office (PCT II) are to be based on the following documents:</p> <p>the documents on which the international preliminary examination report is based, including any annexes</p> <p>unless replaced by the amendments enclosed.</p> <p>Comments on the international preliminary examination report established by the EPO as the International Preliminary Examining Authority and/or observations are enclosed.</p> <p>Where necessary, further details should be submitted on an additional sheet.</p>	<p>La procédure devant l'OEB agissant en qualité d'office élu (PCT II) doit se fonder sur les pièces suivantes :</p> <p>les pièces sur lesquelles se fonde le rapport d'examen préliminaire international, y compris ses annexes éventuelles</p> <p>dans la mesure où elles ne sont pas remplacées par les modifications jointes.</p> <p>Les commentaires sur le rapport d'examen préliminaire international établi par l'OEB agissant en qualité d'administration chargée de l'examen préliminaire international et/ou les observations sont joints.</p> <p>Le cas échéant, des informations complémentaires doivent être fournies sur une feuille additionnelle.</p>
6.3	<p><input type="checkbox"/> Eine Kopie der Recherchenergebnisse der Behörde, bei der die frühere(n) Anmeldung(en), deren Priorität beansprucht wird, eingereicht wurde(n), ist beigelegt (Regel 141(1) EPÜ).</p>	<p>If the EPO as International Preliminary Examining Authority has received test reports, these may be used as the basis of proceedings before the EPO.</p>	<p>Si l'OEB, agissant en qualité d'administration chargée de l'examen préliminaire international, a reçu des rapports d'essais, ceux-ci peuvent être utilisés comme base dans la procédure devant l'OEB.</p>
6.4	<p><input type="checkbox"/> Der Anmelder verzichtet auf die Mitteilung nach Regel 161 (1) oder (2) und 162 EPÜ.</p>	<p>The applicant waives his right to the communication under Rules 161(1) or (2) and 162 EPC.</p>	<p>Le demandeur renonce au droit de recevoir la notification émise en vertu des règles 161(1) ou (2) et 162 CBE.</p>
Zeichen des Anmelders / Applicant's reference / Référence du demandeur			
20802 pz			

7.

Übersetzungen

	Übersetzungen	Translations	Traductions
	Beigefügt sind die nachfolgend angekreuzten Übersetzungen in einer der Amtssprachen des EPA (Deutsch, Englisch, Französisch):	Translations in one of the official languages of the EPO (English, French, German) are enclosed as crossed below:	Vous trouverez, ci-joint, les traductions cochées ci-après dans l'une des langues officielles de l'OEB (allemand, anglais, français) :
	a) <i>Im Verfahren vor dem EPA als Bestimmungsamt oder ausgewähltem Amt (PCT I + II);</i>	(a) <i>In proceedings before the EPO as designated or elected Office (PCT I + II);</i>	a) <i>Dans la procédure devant l'OEB agissant en qualité d'office désigné ou élu (PCT I + II) :</i>
7.1	<input checked="" type="checkbox"/> Übersetzung der internationalen Anmeldung in der ursprünglich eingereichten Fassung (Beschreibung, Ansprüche, etwaige Textbestandteile in den Zeichnungen), der veröffentlichten Zusammenfassung und etwaiger Angaben über biologisches Material nach Regel 13bis.3 und 13bis.4 PCT	Translation of the international application (description, claims, any text in the drawings) as originally filed , of the abstract as published and of any indication under Rule 13bis.3 and 13bis.4 PCT regarding biological material	Traduction de la demande internationale telle que déposée initialement (description, revendications, textes figurant éventuellement dans les dessins), de l'abrégié publié et de toutes indications visées aux règles 13bis.3 et 13bis.4 PCT concernant le matériel biologique
7.2	<input type="checkbox"/> Übersetzung der prioritätsbegründenden Anmeldung(en) (nur nach Aufforderung durch das EPA, Regel 53 (3) EPÜ)	Translation of the priority application(s) (to be filed only at the EPO's request, Rule 53(3) EPC)	Traduction de la (des) demande(s) dont la priorité est revendiquée (à produire seulement sur invitation de l'OEB, règle 53(3) CBE)
7.3	<input type="checkbox"/> Es wird hiermit erklärt, dass die internationale Anmeldung in ihrer ursprünglich eingereichten Fassung eine vollständige Übersetzung der früheren Anmeldung ist (Regel 53 (3) EPÜ).	It is hereby declared that the international application as originally filed is a complete translation of the previous application (Rule 53(3) EPC).	Il est déclaré par la présente que la demande internationale telle que déposée initialement est une traduction intégrale de la demande antérieure (règle 53(3) CBE).
	b) <i>Zusätzlich im Verfahren vor dem EPA als Bestimmungsamt (PCT I);</i>	(b) <i>In addition, in proceedings before the EPO as designated Office (PCT I);</i>	b) <i>De plus, dans la procédure devant l'OEB agissant en qualité d'office désigné (PCT I) :</i>
7.4	<input type="checkbox"/> Übersetzung der nach Artikel 19 PCT geänderten Ansprüche nebst Erklärung, falls diese dem Verfahren vor dem EPA zugrunde gelegt werden sollen (siehe Feld 6).	Translation of amended claims and any statement under Article 19 PCT, if the claims as amended are to form the basis for the proceedings before the EPO (see Section 6).	Traduction des revendications modifiées et de la déclaration faite conformément à l'article 19 PCT, si la procédure devant l'OEB doit être fondée sur les revendications modifiées (voir la rubrique 6).
	c) <i>Zusätzlich im Verfahren vor dem EPA als ausgewähltem Amt (PCT II);</i>	(c) <i>In addition, in proceedings before the EPO as elected Office (PCT II);</i>	c) <i>De plus, dans la procédure devant l'OEB agissant en qualité d'office élu (PCT II) :</i>
7.5	<input type="checkbox"/> Übersetzung der Anlagen zum internationalen vorläufigen Prüfungsbericht	Translation of any annexes to the international preliminary examination report	Traduction des annexes du rapport d'examen préliminaire international

8.

Biologisches Material

	Biologisches Material	Biological material	Matière biologique
	<input type="checkbox"/> Die Erfindung verwendet und/oder bezieht sich auf biologisches Material, das nach Regel 31 EPÜ hinterlegt worden ist.	The invention uses and/or relates to biological material deposited under Rule 31 EPC.	L'invention utilise et/ou concerne de la matière biologique déposée conformément à la règle 31 CBE.
	<input type="checkbox"/> Die Angaben nach Regel 31 (1) c) EPÜ (falls noch nicht bekannt, die Hinterlegungsstelle und das (die) vom Hinterleger zugewiesene(n) Bezugssymbole [Nummer, Symbole usw.] sind in der internationalen Veröffentlichung oder in der gemäß Feld 7 eingereichten Übersetzung enthalten auf Seite(n)/Zeile(n):	The particulars referred to in Rule 31(1) (c) EPC (if not yet known, the depositary institution and the identification reference(s) [number, symbols, etc.] of the depositor) are given in the international publication or in the translation submitted under Section 7 on page(s)/line(s):	Les indications visées à la règle 31(1)c) CBE (si elles ne sont pas encore connues, l'autorité de dépôt et la (les) référence(s) d'identification [numéro ou symboles etc.] du déposant) figurent dans la publication internationale ou dans la traduction produite conformément à la rubrique 7 à la/aux page(s)/ligne(s) :

Die Empfangsbescheinigung(en) der Hinterlegungsstelle

The receipt(s) of deposit issued by the depositary institution

Le(s) récépissé(s) de dépôt délivré(s) par l'autorité de dépôt

 ist (sind) beigelegt.

is (are) enclosed.

est (sont) joint(s).

 wird (werden) nachgereicht.

will be filed later.

sera (seront) produit(s) ultérieurement.

 Verzicht auf die Verpflichtung des Antragstellers nach Regel 33 (2) EPÜ auf gesondertem Schriftstück

Waiver of the right to an undertaking from the requester pursuant to Rule 33(2) EPC attached

Renonciation, sur document distinct, à l'engagement du requérant au titre de la règle 33(2) CBE

Zeichen des Anmelders / Applicant's reference / Référence du demandeur

20802 pz

<p>9.</p> <p>Nucleotid- und Aminosäure-sequenzen</p>	<p>Nucleotide and amino acid sequences</p>	<p>Séquences de nucléotides et d'acides aminés</p>
<p>9.1 <input type="checkbox"/> Die nach den Regeln 5.2 und 13ter PCT sowie den Regeln 30 und 163 (3) EPÜ erforderlichen Unterlagen liegen dem EPA bereits vor.</p> <p>9.2 <input type="checkbox"/> Das Sequenzprotokoll wird anliegend in elektronischer Form gemäß den Regeln 30 und 163 (3) EPÜ nachgereicht.</p> <p><input type="checkbox"/> Die auf dem elektronischen Datenträger gespeicherte Information stimmt mit dem in der Anmeldung offenbarten Sequenzprotokoll (oder mit den dort offenbarten Sequenzen) überein.</p>	<p>The items pursuant to Rules 5.2 and 13ter PCT, Rules 30 and 163(3) EPC are already with the EPO.</p> <p>The sequence listing is furnished herewith in electronic form in accordance with Rules 30 and 163(3) EPC.</p> <p>The information recorded on the electronic data carrier is identical to the sequence listing (or the sequences) disclosed in the application.</p>	<p>Les pièces requises conformément aux règles 5.2 et 13ter PCT et aux règles 30 et 163(3) CBE ont déjà été déposées auprès de l'OEB.</p> <p>Le listage des séquences sous forme électronique est fourni ci-joint conformément aux règles 30 et 163(3) CBE.</p> <p>L'information figurant sur le support électronique de données est identique à celle que contient le listage des séquences divulgué (ou les séquences divulguées) dans la demande de brevet.</p>
<p>10. Benennung von Vertragsstaaten</p> <p>Alle <u>Vertragsstaaten</u>, die dem EPÜ bei Einreichung der internationalen Patentanmeldung angehören, gelten als benannt (siehe Artikel 79 (1) EPÜ), soweit sie in der internationalen Anmeldung bestimmt sind.</p>		
<p>Designation of contracting states</p> <p>All the <u>contracting states</u> party to the EPC at the time of filing of the international patent application and designated in the international application are deemed to be designated (see Article 79(1) EPC).</p>		
<p>11. Erstreckung/Validierung</p> <p>Diese Anmeldung gilt als Antrag, die europäische Patentanmeldung und das darauf erteilte europäische Patent auf alle in der internationalen Anmeldung bestimmten Nichtvertragsstaaten des EPÜ zu erstrecken, mit denen am Tag der Einreichung der internationalen Anmeldung Erstreckungs- oder Validierungsabkommen in Kraft waren. Der Antrag gilt jedoch als zurückgenommen, wenn die Erstreckungs- bzw. die Validierungsgebühr nicht fristgerecht entrichtet wird.</p> <p>Es ist beabsichtigt, die Erstreckungsgebühr(en) für folgende Staaten zu entrichten:</p> <p>Hinweis: Im automatischen Abbuchungsverfahren werden nur für die hier angekreuzten Staaten Erstreckungsgebühren abgebucht, sofern dem EPA nicht vor Ablauf der Zahlungsfrist ein anders lautender Auftrag zugeht.</p>		
<p>Extension/Validation</p> <p>This application is deemed to be a request to extend the effects of the European patent application and the European patent granted in respect of it to all non-contracting states to the EPC designated in the international application with which extension or validation agreements were in force on the date on which the application was filed. However, the request is deemed withdrawn if the extension fee or validation fee, whichever is applicable, is not paid within the prescribed time limit.</p> <p>It is intended to pay the extension fee(s) for the following state(s):</p> <p>Note: Under the automatic debiting procedure, extension fees will be debited only for states indicated here, unless the EPO is instructed otherwise before expiry of the period for payment.</p>		
<p><input type="checkbox"/> BA Bosnien und Herzegowina</p> <p><input type="checkbox"/> ME Montenegro</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>		
<p>(Platz für in der internationalen Anmeldung bestimmte Staaten, mit denen Erstreckungsabkommen am Anmeldetag der internationalen Anmeldung in Kraft waren)</p> <p>(Space for states which were designated in the international application and with which extension agreements existed on the date of filing of the international application)</p>		
<p>Bosnia and Herzegovina</p> <p>Montenegro</p> <p></p>		
<p>Monténégro</p>		
<p>(Espace prévu pour des Etats désignés dans la demande internationale avec lesquels des accords d'extension existaient à la date de dépôt de la demande internationale)</p>		

11.2

Es ist beabsichtigt, die Validierungsgebühren für folgende Staaten zu entrichten:

It is intended to pay the validation fee(s) for the following state(s):

Il est envisagé de payer la(s) taxe(s) de validation pour les Etats suivants :

Hinweis: Im automatischen Abbuchungsverfahren werden nur für die hier angekreuzten Staaten Validierungsgebühren abgebucht, sofern dem EPA nicht vor Ablauf der Zahlungsfrist ein anderslautender Auftrag zugeht.

Note: Under the automatic debiting procedure, validation fees will be debited only for states indicated here, unless the EPO is instructed otherwise before expiry of the period for payment.

Veuillez noter que dans le cadre de la procédure de prélevement automatique des taxes de validation, le compte est débité du montant dû seulement pour les Etats cochés ici, sauf instruction contraire reçue avant l'expiration du délai de paiement.

MA Marokko

Morocco

Maroc

MD Republik Moldau

Republic of Moldova

République de Moldavie

(Platz für in der internationalen Anmeldung bestimmte Staaten, mit denen Validierungsabkommen nach Drucklegung dieses Formblatts in Kraft treten)

(Space for states which were designated in the international application and with which validation agreements enter into force after this form has been printed)

(Espace prévu pour des Etats désignés dans la demande internationale avec lesquels des accords de validation entreront en vigueur après l'impression du présent formulaire)

12.

Automatischer Abbuchungsauftrag
(Nur möglich für Inhaber von beim EPA geführten laufenden Konten)

Automatic debit order
(for EPO deposit account holders only)

Ordre de prélèvement automatique
(possibilité offerte uniquement aux titulaires de comptes courants ouverts auprès de l'OEB)

Das EPA wird hiermit ermächtigt, fällige Gebühren und Auslagen nach Maßgabe der Vorschriften über das automatische Abbuchungsverfahren vom unten stehenden laufenden Konto abzubuchen.

The EPO is hereby authorised, under the Arrangements for the automatic debiting procedure, to debit from the deposit account below any fees and costs falling due.

Par la présente, il est demandé à l'OEB de prélever du compte courant ci-dessous les taxes et frais venant à échéance, conformément à la réglementation relative à la procédure de prélèvement automatique.

Nummer und Kontoinhaber

Number and account holder

Numéro et titulaire du compte

13.

Etwaige Rückzahlungen sollen auf das unten stehende beim EPA geführte laufende Konto erfolgen

Any refunds should be made to the EPO deposit account below

Les remboursements éventuels doivent être effectués sur le compte courant ci-dessous ouvert auprès de l'OEB

Nummer und Kontoinhaber

Number and account holder

Numéro et titulaire du compte

2800 1854 Zeitler Volpert Kandlbinder Patent- und Rechtsanwälte Partnerschaft mbB

14.

Unterschrift(en) des (der) Anmelder(s) oder Vertreter

Signature(s) of applicant(s) or representative

Signature(s) du (des) demandeur(s) ou du mandataire

European Patent and Trademark Attorneys

HERRNSTRASE 40 10110 BERLIN

GERMANY

GER

국가연구개발 보고서원문 성과물 전달기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공 서비스 하는 연구보고서는 등의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다.

Tabelle zu Feld 6
des Formblatts 1200.3

Table for section 6
of Form 1200.3

Tableau afferent
à la rubrique 6
du formulaire 1200.3

Der Berechnung der Zusatzgebühr zugrunde zu legende Unterlagen (Art. 2, Nr. 1a, GebO):¹ /
Documents on which the calculation of the additional fee is based
(Art. 2, item 1a, RFees):¹ / Pièces fondant le calcul de la taxe
additionnelle (art. 2, point 1bis RRT) :¹

		Seite(n) von ... bis ... ² Page(s) from ... to ... ² Page(s) ... à ... ²	Anzahl der Seiten ³ Number of pages ³ Nombre de pages ³
Veröffentlichte Fassung der internationalen Anmeldung (mit etwaigen geänderten Ansprüchen nach Art. 19 PCT) / International application as published (with any amended claims under Art. 19 PCT) / Demande internationale telle que publiée (avec les éventuelles revendications modifiées en vertu de l'art. 19 PCT)	Beschreibung / description / description Ansprüche / claims / revendications Zeichnungen / drawings / dessins Zusammenfassung / abstract / abrégé	1-34 35-38 7 1	34 4 7 1
Gesondert veröffentlichte geänderte Ansprüche nach Art. 19 PCT / Amended claims under Art. 19 PCT, where published separately / Revendications modifiées en vertu de l'art. 19 PCT, si elles ont été publiées séparément			
Änderungen nach Art. 34 PCT / Amendments under Art. 34 PCT / Modifications en vertu de l'art. 34 PCT	Beschreibung / description / description Ansprüche / claims / revendications Zeichnungen / drawings / dessins		
Beim Eintritt in die europäische Phase eingereichte Änderungen / Amendments filed on entry into European phase / Modifications présentées lors de l'entrée dans la phase européenne	Beschreibung / description / description Ansprüche / claims / revendications Zeichnungen / drawings / dessins		
Anzahl der Seiten insgesamt / Total number of pages / Nombre total de pages			46
Gebührenfreie Seiten (Art. 2 Nr. 1a GebO) / Fee-exempt pages (Art. 2, item 1a, RFees) / Pages exemptes de taxes (art. 2, point 1bis RRT)			-35
Anzahl der gebührenpflichtigen Seiten / Number of pages to be paid for / Nombre de pages soumises au paiement de la taxe			11
Zu entrichtender Gesamtbetrag Total amount payable Montant total exigible en euros		(x 15 EUR pro Seite) / (x EUR 15 per page) / (x 15 euros par page)	EUR 165,00

Fußnoten

- 1 Zu Fällen, in denen die internationale Anmeldung nicht in einer Amtssprache des EPA veröffentlicht wurde, siehe die Mitteilung zur Ergänzung der Mitteilung des Europäischen Patentamts vom 26. Januar 2009 über die Gebührenstruktur 2009 (Abl. EPA 2009, 338).
- 2 In dieser Spalte sind nur die Seiten anzugeben, die der Berechnung der Zusatzgebühr (Art. 2, Nr. 1a GebO) zugrunde zu legen sind. Verbleibende Seiten/Teile der veröffentlichten Fassung der Anmeldung und/oder der gemäß Artikel 19 PCT und/oder Artikel 34 PCT geänderten Anmeldung, die zu ersetzen sind, sind nicht in dieser Spalte anzugeben.
- 3 In dieser Spalte ist nur die Zahl der Seiten anzugeben, die der Berechnung der Zusatzgebühr (Art. 2, Nr. 1a GebO) zugrunde zu legen sind.

Footnotes

For cases where the international application has not been published in an official language of the EPO, see the Notice supplementing the Notice from the European Patent Office dated 26 January 2009 concerning the 2009 fee structure (OJ EPO 2009, 338).

Only those pages to be taken into account for the calculation of the additional fee (Art. 2, item 1a, RFees) shall be indicated in this column. Any remaining pages/parts of the application as published and/or amended under Article 19 PCT and/or Article 34 PCT which are to be replaced shall not be indicated in this column.

Only the number of pages to be taken into account for the calculation of the additional fee (Art. 2, item 1a, RFees) shall be indicated in this column.

Notes de bas de page

Pour les cas à la demande internationale n'a pas été publiée dans une langue officielle de l'OEB, cf. Communiqué complétant le communiqué de l'Office européen des brevets, en date du 26 janvier 2009, relatif à la structure des taxes 2009 (JO OEB 2009, 338).

Il convient de n'indiquer dans cette colonne que les pages devant être prises en considération pour le calcul de la taxe additionnelle (art. 2, point 1bis RRT). Si la demande telle que publiée et/ou modifiée au titre de l'article 19 PCT et/ou de l'article 34 PCT contient d'autres pages/parties qui doivent être remplacées, prière de ne pas mentionner les pages/parties en question dans cette colonne.

Il convient de n'indiquer dans cette colonne que le nombre de pages devant être prises en considération pour le calcul de la taxe additionnelle (art. 2, point 1bis RRT).



ZEITLER VOLPERT KANDLBINDER

Patent- und Rechtsanwälte Partnerschaft mbB | Wirtschaftsmediation

Postfach 26 02 51 - 80059 München
Deutschland | Germany

Herrnstr. 44 - 80539 München
Deutschland | Germany

**TELEFON +49-89-21 01 97-0
TELEFAX +49-89-21 01 97-28**

E-MAIL mail@masterpat.de
WEB www.masterpat.de

5

20802 pz

Zikto

#806 Sangam-dong, World Cup buk-ro, Mapo-gu

10 121-795 Seoul
Republik Korea

METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING BODY BALANCE OF WEARABLE DEVICE

BACKGROUND

1. Field of the Invention

20 [0001] The present invention relates to a method and apparatus for measuring a body balance of a wearable device.

2. Description of the Related Art

[0002] A smart band is a wristband that can retrieve various services, such as diary, messages, reports and stock quotations via a wireless communication. Also, users may download data depending on the service and may set their account in a web browser.

[0003] In recent years, as the interest in the smart band has increased, the need for health care services using the smart band has also increased.

30 **SUMMARY**

[0004] Aspects of the present invention provide a smart band that provides a body balance, i.e., asymmetric information of a body type, by measuring the motion of user's both arms

[0005] Aspects of the present invention also provide a method for measuring the body balance of the smart band that provides the body balance, i.e., the asymmetric information of the body type, by measuring the motion of user's both arms.

5 **[0006]** Aspects of the present invention also provide a computer-readable recording medium that includes a program for executing the method for measuring the body balance of the smart band that provides the body balance, i.e., asymmetric information of the body type by measuring the motion of user's both arms.

10 **[0007]** The objects of the present invention are not limited to those mentioned above, and other problems which are not mentioned will be clearly understood by those skilled in the art from the following description.

15 **[0008]** According to an aspect of the present invention, there is provided a method for correcting a posture of the wearable device, the method comprising: wirelessly communicating with a portable electronic device; and receiving a first request signal of the portable electronic device.

20 **[0009]** At this time, the portable electronic device may be in a first security state.

25 **[0010]** The method for correcting a posture of the wearable device may further comprise collecting a first motion data generated by the user's motion through a motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data; transmitting the first motion data to the portable electronic device; and receiving a second request signal of the portable electronic device.

30 **[0011]** At this time, the portable electronic device may be in a second security state.

25 **[0012]** The method for correcting a posture of the wearable device may further comprise collecting a second motion data generated by the user's motion through a motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data; transmitting the second motion data to the portable electronic device; and receiving a third request signal of the portable electronic device.

[0013] At this time, the portable electronic device may be in a third security state.

30 **[0014]** The method for correcting a posture of the wearable device may further comprise collecting a third motion data generated by the user's motion through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data; and transmitting the third motion data to the portable electronic device.

[0015] There is an advantage that it is possible to correct the posture of the body and receive a guide without additional circuits and separate operations of a user.

5

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0016] The above and other aspects and features of the present invention will become more apparent by describing in detail exemplary embodiments thereof with reference to the attached drawings, in which:

[0017] FIG. 1 is a diagram illustrating a wearable device according to an embodiment of the present invention and a smart phone connected thereto;

[0018] FIG. 2 is a block diagram illustrating a device configuration of the wearable device according to an embodiment of the present invention;

[0019] FIG. 3 is a flow chart illustrating a method of registering biometric authentication information in the wearable device according to an embodiment of the present invention;

[0020] FIG. 4 is a flow chart illustrating a method for performing the biometric authentication based on the biometric authentication information registered in the wearable device according to an embodiment of the present invention;

[0021] FIGS. 5 to 8 are diagrams illustrating scores of each of the first to third elements determined by a control unit of FIG. 2;

[0022] FIG. 9 is a flow chart illustrating the motion operation determination method of a smart band according to an embodiment of the present invention;

[0023] FIG. 10 is a flow chart illustrating the user's normal motion score registration procedure of FIG. 9;

[0024] FIG. 11 is a diagram illustrating a state in which a user moves while wearing a smart band of FIG. 2; and

[0025] FIGS. 12 and 14 are flow charts illustrating a method for measuring the body balance of the smart band according to an embodiment of the present invention.

DETAILED DESCRIPTION OF THE EMBODIMENTS

[0026] Advantages and features of the present invention and methods of accomplishing the same may be understood more readily by reference to the following detailed description of preferred embodiments and the accompanying drawings. The

- present invention may, however, be embodied in many different forms and should not be construed as being limited to the embodiments set forth herein. Rather, these embodiments are provided so that this disclosure will be thorough and complete and will fully convey the concept of the invention to those skilled in the art, and the present
- 5 invention will only be defined by the appended claims. Sizes and relative sizes of the components illustrated in the drawings may be exaggerated for clarifying the description. Same reference numerals throughout the specification refer to the same constituent elements, and "and / or" includes any and all combinations of one or more of the associated listed items.
- 10 [0027] It will be understood that when an element or a layer is referred to as being "on" or "over" another element or layer, it includes all the cases where the element or layer is directly on the other element or layer or other elements or other layers are interposed in the middle. In contrast, when an element is referred to as being "directly on" or "just above" another element or layer, it represents a case where other elements or layers
- 15 are not interposed in the middle.
- [0028] Spatially relative terms, such as "beneath," "below," "lower," "above," and "upper" may be used herein for ease of description to describe one element or feature's relationship to another elements or features as illustrated in the figures. It will be understood that the spatially relative terms are intended to encompass different
- 20 orientations of the element in use or operation in addition to the orientation depicted in the figures. For example, if the element in the figures is turned over, elements described as "below" or "beneath" other elements or features would then be oriented "above" the other elements or features. Thus, the exemplary term "below" can encompass both an orientation of above and below. The element may be otherwise
- 25 oriented at other orientations and the spatially relative descriptors used herein interpreted accordingly.
- [0029] The terms used herein are intended to explain the examples and are not intended to limit the present invention. In this specification, the singular forms also include plural forms, unless specifically mentioned in phrases. The terms "comprising,"
- 30 and/or "including" does not preclude the presence or addition of one or more other components, in addition to the mentioned constituent elements.
- [0030] It will be understood that, although the terms first, second, etc. may be used herein to describe various elements, these elements or constituent elements should not be limited by these terms. These terms are only used to distinguish one element from
- 35 another element. Thus, for example, a first element or a first component discussed

below could be termed a second element or a second component without departing from the teachings of the present invention.

[0031] Unless defined otherwise, all terms (technical and scientific terms) used herein have the same meaning as commonly understood by one of ordinary skill in the art to which this invention belongs. Further, unless defined otherwise, all terms defined in generally used dictionaries may not be overly interpreted.

[0032] Hereinafter, a preferred embodiment of the present invention will be described with reference to the accompanying drawings. However, embodiments of the present invention may be modified to various forms, and the scope of the present invention is not limited to the embodiments described below. Moreover, the embodiments of the present invention are provided to more fully illustrate the invention to those having an average knowledge in the art. The shapes and sizes of the elements may be exaggerated for clarity in the drawings.

[0033] Hereinafter, a wearable device and a biometric authentication method thereof according to an embodiment of the present invention will be described.

[0034] FIG. 1 is a diagram illustrating a wearable device according to an embodiment of the present invention and a smart phone connected thereto.

[0035] Referring to FIG 1, a wearable device 100 and a smart phone 110 according to an embodiment of the present invention communicate with each other using a short-range communication. The wearable device 100 has a shape that is wearable on a human body (e.g., an arm) using a band or the like, includes a motion sensor, generates the motion data by measuring the user's motion through the motion sensor, and performs the user's biometric authentication based on the motion data. Thus, a user may perform biometric authentication, only by walking while wearing the wearable device 100 without a separate operation. Since a movement pattern of an arm during walking differs depending on the walking pattern of each user, it is possible to perform the user's biometric authentication by measuring the movement of the arm.

[0036] FIG. 2 is a block diagram illustrating a device configuration of a wearable device according to an embodiment of the present invention.

[0037] Referring to FIG. 2, a wearable device 200 according to an embodiment of the present invention includes a control unit 202, an input unit 204, a display unit 206, a motion sensor 208, a biometric authentication unit 210, a memory 212, a communication module 214 and an alarm unit 216.

- [0038] The control unit 202 generates the motion data by measuring the user's motion through the motion sensor 208, and processes the functions for executing the user' biometric authentication base on the motion data.
- [0039] The input unit 204 may be made up of a plurality of function keys, and provides
5 key input data corresponding to keys pressed by a user to the controller 202. Here, the functions of the input unit 204 and the display unit 206 may be performed by a touch screen unit (not illustrated), and in this case, the touch screen unit (not illustrated) takes charge of the touch screen input through the user's screen touch and the graphic screen output through the touch screen.
- 10 [0040] The display unit 206 displays state information, a limited number of characters, a quantity of moving images and still images generated during the operation of the wearable device 200. The display unit 206 may use a liquid crystal display (LCD).
- [0041] The motion sensor 208 is embodied as a sensor such as an acceleration sensor and a gyroscope, and is activated periodically or under the control of the biometric authentication unit 210 to measure the user's motion. Further, the motion sensor 208 generates the motion data including the measured result and provides the motion date to the biometric authentication unit 210.
15
- [0042] When the necessity for the user's biometric authentication is determined, the biometric authentication unit 210 activates the motion sensor 208 to extract a plurality of
20 feature points on the basis of the motion data generated by the motions sensor, and thereafter, the biometric authentication unit 210 performs the user's biometric authentication based on the distribution states of the extracted feature points. According to the embodiments, the biometric authentication unit 210 derives a histogram for the extracted feature points, and converts the derived histogram into a
25 normalized histogram. Thereafter, biometric authentication unit 210 may check whether an error between the user's biometric authentication information registered in advance and the distribution state of the feature points within the normalized histogram is present within an allowable error range, by comparing the user's biometric authentication information registered in advance with the distribution state of the feature
30 points within the normalized histogram. If an error between the user's biometric authentication information registered in advance and the distribution state of the feature points within the normalized histogram is present within an allowable error range, the biometric authentication unit 210 may determine that the normalized histogram is the same as the user's biometric authentication information registered in advance. If an
35 error between the user's biometric authentication information registered in advance and

the distribution state of the feature points within the normalized histogram are not present within an allowable error range, the biometric authentication unit 210 may determine that the normalized histogram is not the same as the user's biometric authentication information registered in advance.

- 5 **[0043]** The biometric authentication unit 210 registers the user's biometric authentication information for comparison with the normalized histogram in advance, in response to the registration request for the biometric authentication information before performing the user's biometric authentication. According to the embodiment, the biometric authentication unit 210 activates the motion sensor 208 in response to the
10 registration request for the biometric authentication information through the user's key operation, extracts a plurality of feature points based on by the generated motion data, derives the histogram of the extracted feature points, and after converting the derived histogram into normalized histograms, the biometric authentication unit 210 may register the normalized histogram as the user' biometric authentication information.
- 15 **[0044]** The memory 212 stores microcode and various reference data of the program for processing and controlling the control unit 202, temporary data generated during execution of various programs, and various renewable storage data. In particular, the memory 212, stores the user's biometric authentication information registered in advance.
- 20 **[0045]** The communication module 214 encodes the signal input from the control unit 202, transmits the signal to a smart phone through a short-range wireless communication, such as Bluetooth, ZigBee, infrared, ultra wide band (UWB), wireless LAN (WLAN) and near field communication (NFC). Further, communication module 214 decodes the signal received from the smart phone through the short-range wireless communication and provides the signal to the control unit 202.
25
- [0046]** The alarm unit 216 reports the success / failure of the user's biometric authentication to a user under the control of the biometric authentication unit 210. Here, the alarm unit 216 may output an alarm so that a user recognizes the success / failure of the user's biometric authentication through the human sense, such as visual and auditory senses. For example, a warning sound may be output or a warning light may be flickered using a buzzer or a light emitting diode (LED), and an alarm may be output to report the success / failure of the biometric authentication, by the guide display through the display unit 206.

[0047] FIG. 3 is a flow chart illustrating a method of registering the biometric authentication information in the wearable device according to an embodiment of the present invention.

[0048] Referring to FIG 3, the wearable device checks whether the registration of biometric authentication information is requested depending on the user's key operation at step 301.

[0049] At step 301, when the registration of the biometric authentication information is requested depending on the user's key operation, the wearable device activates the motion sensor 208 at step 303, and generates the motion data by measuring the user's motion for a predetermined period of time. For example, when the motion sensor is an acceleration sensor, the wearable device generates the acceleration data by measuring the acceleration of the user's motion, and when the motion sensor is a gyroscope, the wearable device generates an angular velocity data by measuring a rotational angular velocity of the user's motion. Here, the acceleration data includes the three-axis (x, y and z-axis) acceleration components, and the angular velocity data includes the three-axis angular velocity components.

[0050] Thereafter, the wearable device extracts a plurality of feature points, based on the motion data generated in the motion during a predetermined period of time at step 305. For example, when the motion data is an acceleration data, the magnitude of the acceleration may become the feature point, and the magnitude of the acceleration may be calculated by taking the root of the result value that is added by squaring each of the three-axis acceleration components. Also, when the motion data is an angular velocity data, the magnitude of the rotational angular velocity may become the feature point, and the magnitude of the rotational angular velocity may be calculated by taking the root of the result value that is added by squaring each of the three-axis angular velocity components. Further, Fourier transformation execution results of the magnitude of the acceleration or the magnitude of the rotational angular velocity may become the feature points.

[0051] Thereafter, the wearable device derives the histogram of the extracted feature points at step 307. The histogram is a graph illustrating the distribution state of the extracted feature points.

[0052] Thereafter, the wearable device converts the derived histogram into the normalized histogram for easy comparison between the histograms when performing the future biometric authentication at step 309.

[0053] Thereafter, the wearable device registers the normalized histogram as user's biometric authentication information at step 311.

[0054] Thereafter, the wearable device finishes the algorithm according to the present invention.

5 [0055] FIG. 4 is a flow chart illustrating a method for performing a biometric authentication based on the biometric authentication information registered in the wearable device according to an embodiment of the present invention.

[0056] Referring to FIG. 4, the wearable device checks whether there is a need to periodically perform the user's biometric authentication at step 401.

10 [0057] At step 401, when it is determined that there is a need for user's biometric authentication, the smart band activates the motion sensor at step 403 and generates the motion data by measuring the user's motion for a predetermined period of time. For example, when the motion sensor is an acceleration sensor, it generates the acceleration data by measuring the acceleration of the user's motion, and when the motion sensor is a gyroscope, it generates the angular velocity data by measuring the rotational angular velocity of the user's motion. Here, the acceleration data includes the three-axis (x, y and z-axis) acceleration components, and the angular velocity data includes the three-axis angular velocity components.

15 [0058] Thereafter, the wearable device extracts a plurality of feature points, based on the motion data generated in the motion during the predetermined period of time at step 405. For example, when the motion data is an acceleration data, the magnitude of the acceleration may becomes the feature point, and the magnitude of the acceleration may be calculated by taking the root of the result value that is added by squaring each of the three-axis acceleration components. Also, when the motion data is an angular velocity data, the magnitude of the rotational angular velocity may become the feature point, and the magnitude of the rotational angular velocity may be calculated by taking the root of the result value that is added by squaring each of the three-axis angular velocity components. Further, the Fourier transformation execution results of the magnitude of the acceleration and the magnitude of the rotational angular velocity may become the feature points.

20 [0059] Next, the wearable device derives the histogram of the extracted feature points at step 407. The histogram is a graph illustrating the distribution state of the extracted feature points.

25 [0060] Next, the wearable device converts the derived histogram into a normalized histogram at step 409.

[0061] Next, the wearable device compares the user's biometric authentication information registered in advance with the distribution state of the feature points in the normalized histogram at step 411.

[0062] Next, the wearable device checks whether an error between the user's biometric authentication information registered in advance and the distribution state of the feature points in the normalized histogram is present within an allowable error range at step 413. For example, the wearable device finds a difference between the user's biometric authentication information registered in advance (i.e., the user's normalized histogram registered in advance) and each section in the normalized histogram, determines a score by taking and adding the absolute value, and determines whether the determined score is equal to or less than a reference value. Thus, the wearable device may check whether an error between the user's biometric authentication information registered in advance and the distribution state of the feature points in the normalized histogram is present within an allowable error range. Here, the lower the determined score is, the higher the similarity between the two normalized histograms is. According to the embodiment, the wearable device may comprise two or more motion sensors different from each other. In this case, the wearable device determines two or more scores on the basis of the motion data generated using two or more motion sensors, determines the final score by adding after applying the weight to each of the determined two or more scores, and by determining whether the determined final score is equal to or less than the reference value, the wearable device may determine whether the error between the user's biometric authentication information registered in advance and the distribution state of the feature points in the normalized histogram is present within an allowable error range.

[0063] When the error between the user's biometric authentication information registered in advance and the distribution state of the feature points in the normalized histogram is present within an allowable error range at step 413, the wearable device determines that the normalized histogram is the same as the user's biometric authentication information registered in advance at step 415, and outputs an alarm that reports a success of the biometric authentication to a user.

[0064] Meanwhile, when the error between the user's biometric authentication information registered in advance and the distribution state of the feature points in the normalized histogram is not present within the allowable error range at step 413, the wearable devices determines that the normalized histogram is not the same as the

user's biometric authentication information registered in advance at step 417, and outputs an alarm that reports a failure of the biometric authentication to a user.

[0065] Next, the wearable device finishes the algorithm according to the present invention.

- 5 [0066] The wearable device equipped with the acceleration sensor according to an embodiment of the present invention may perform the user's biometric authentication by extracting the magnitude of acceleration as the feature points.

[0067] As long as a user simply walks without a separate operation after wearing the wearable device equipped with an acceleration sensor, the wearable device generates 10 the acceleration data by measuring the acceleration of the user's motion and may extract a plurality of feature points by calculating the magnitude of the acceleration based on the acceleration data. Next, the wearable device derives the histogram of the extracted feature points and converts the derived histogram into the normalized histogram. Thereafter, the wearable device may perform the user's authentication by 15 comparing the user's biometric authentication information registered in advance (i.e., the normalized histogram registered in advance) with the normalized histogram.

[0068] The wearable device equipped with the gyroscope according to an embodiment of the present invention may perform the user's biometric authentication, by extracting the magnitude of rotational angular velocity size as the feature points.

20 [0069] As long as a user simply walks without a separate operation after wearing the wearable device equipped with a gyroscope, the wearable device may generate the angular velocity data by measuring the rotational angular velocity of the user's motion and may extract a plurality of feature points by calculating the magnitude of the rotational angular velocity based on the data. Next, the wearable device derives the histogram of the extracted feature points and converts the derived histogram into the normalized histogram. Thereafter, the wearable device may perform the user's authentication by 25 comparing the user's biometric authentication information registered in advance (i.e., the user's normalized histogram registered in advance) with the normalized histogram.

30 [0070] The wearable device equipped with an acceleration sensor or a gyroscope according to an embodiment of the present invention may perform the user's biometric authentication, by extracting the Fourier transformation execution results of the magnitude of the acceleration or the magnitude of the rotational angular velocity as the feature points.

[0071] As long as a user simply walks without a separate operation after wearing the wearable device equipped with an acceleration sensor or a gyroscope, the wearable device generates the acceleration data or the angular velocity data by measuring the acceleration or the rotational angular velocity of the user's motions, and calculates the
5 magnitude of the acceleration and the magnitude of the rotational angular velocity based on the data. Thereafter, the wearable device may extract a plurality of feature points by performing the Fourier transformation. Thereafter, the wearable device derives the histogram of the extracted feature points, and converts the derived histogram into the normalized histogram. Thereafter, the wearable device may perform
10 the user's authentication, by comparing the user's biometric authentication information registered in advance (i.e., the user's normalized histogram registered in advance) with the normalized histogram.

[0072] Thus, the wearable device and the method for biometrics authentication thereof according to an embodiment of the present invention have an advantage capable of
15 performing the biometric authentication by simply walking while wearing a wearable device without an additional circuit and a separate operation, by measuring the user's motion using the motion sensor to generate the motion data, and by performing the user's biometric authentication based on the data.

[0073] Hereinafter, each score of the first to third elements determined by the control
20 unit will be described with reference to FIGS. 5 to 8.

[0074] FIGS. 5 to 8 are diagrams illustrating each score of the first to third elements determined by the control unit of FIG. 2.

[0075] First, FIGS. 5 and 6 illustrate figures in which a user swings arms back and forth during walking. That is, in general, when a person naturally wings arms back and forth (in a walking direction) during walking, and at this time, the angle of swinging the arms back and forth may differ from person to person. Moreover, as the time taken for walking one step is long (that is, as the stride is relatively large), a human body may be adversely affected.
25

[0076] A first element serving as criteria of the user's motion state is exactly based on
30 this point. That is, the score of the first element may be determined on the basis of a first movement time and a second movement time. The first movement time is up to a first peak angle P1 in a first direction D1 of directions in which a user swings arms during walking based on a state S1 in which the user's arms are positioned parallel to the user's body, and a second movement time is up to a second peak angle P2 in a second direction D2 opposite to the first direction D1.
35

[0077] More specifically, after extracting the values obtained by integrating the rotational angular velocity components in a third direction D3 (e.g., a direction perpendicular to a liquid crystal surface of the display unit 160 of the smart band 100) intersecting with the first and second directions D1 and D2 (i.e., the first peak angle P1 5 in the first direction D1 and the second peak angle P2 in the second direction D2 with respect to the directions (first and second directions D2) of swinging the arms back and forth), the score of the first element may be determined, based on the movement time between the first peak angle P1 and the second peak angle P2. In the case of the present invention, since the noise may occur when integrating the acceleration 10 components or the rotational angular velocity components, it is possible to use a filter to remove noise.

[0078] The formula for calculating the score of the first element, for example, may be <Formula 1>.

[0079] <Formula 1>

15 [0080] Score of first element = $(10000 - (\text{average of first movement time} + \text{average of second movement time}) / 2)^2 / 100$

[0081] Here, the first movement time and the second movement time may be measured multiple times, and the average of the first movement time and the average of second movement time may be determined by extracting the data corresponding to 20 the specific ranges (e.g., 90 to 110% of the average range) of the first movement time and the second movement time measured multiple times, but it is not limited thereto.

[0082] Thus, the score of the first element may be determined based on the rotational angular velocity of the user's motion, and the larger the sum of the first and second movement times is, the smaller the score of the first element may be.

25 [0083] Next, FIG. 6 illustrates a figure in which a user swings arms inside and outside during walking. That is, in general, a person swings arms inside and outside (i.e., inside and outside of the body) during walking, and at this time, the angle in which the person swings arms inside and outside may differ from person to person. In addition, in many cases, the larger the width of moving the arm inside and outside is, the more the rotation of the body is. In many cases, the more the rotation of the body is, the more 30 the adverse effect on the pelvis is.

[0084] A second element serving as criterion of a user's motion state is exactly based on this point. That is, the score of the second element may be determined based on the first peak displacement DP1 in the third direction D3 and the second peak displacement 35 DP2 in the fourth direction D4 opposite to the third direction D3, in the directions that a

user swings arms based on the state (S1 in FIG. 3) in which the user's arms are positioned in parallel with the user's body.

[0085] More specifically, after extracting the values obtained by integrating the acceleration components in the third direction D3 (e.g., a direction perpendicular to a liquid crystal surface of the display unit (160 in FIG. 3) of the smart band (100 in FIG. 3)) (i.e., the first peak displacement DP1 in the third direction D3 and the second peak displacement DP2 in the fourth direction D3 with respect to the directions (third and fourth directions D2) of swinging the arms inside and outside).

[0086] The formula for calculating the score of the second element, for example, may be <Formula 2>.

[0087] <Formula 2>

[0088] Score of second element = $(50 / ((\text{average of first peak displacement} + \text{average of second peak displacement}) / 2) * 10))$

[0089] Here, the first peak displacement DP1 and the second peak displacement DP2 may be measured multiple times, and the score of the second element may be determined on the basis of the average of the first peak displacement DP1 and the second peak displacement DP2 measured multiple times.

[0090] Thus, the score of the second element may be determined based on the acceleration of the user's motion, and the larger the sum of the first and second peak displacement is, the smaller the core of the second element may be.

[0091] Next, referring to FIGS. 7 and 8, it is possible to know whether the user's walking is periodical or gives an impact on the feet, through the frequency analysis of the integral value of the rotational angular velocity of the user's motion.

[0092] Specifically, FIGS. 7 and 8 are graphs obtained by performing the Fourier transformation of the integral values of the rotational angular velocity components in the third direction (D3 in FIG. 3) (e.g., a direction perpendicular to the liquid crystal surface of the display unit 160 of the smart band 100) which intersects with the first and second directions (D1 and D2 in FIG. 3) described in FIG. 5.

[0093] First, in the case of FIG. 7, this is a graph in the case of good walking, and it is possible to know that remaining peaks (e.g., the second peak Peak 2 and the third peak Peak 3) are smaller than the first peak Peak1.

[0094] In contrast, in the case of FIG. 8, this is a graph in the case of bad walking, and it is possible to know that that remaining peaks (e.g., the second peak Peak 2 and the third Peak 3) are greater than the first peak Peak 1 as compared to FIG. 7.

[0095] That is, when other peaks are present in addition to the main peak (i.e., the first peak Peak1), or when other present peaks are large, this may be called walking containing many noise, i.e., walking that is not periodic and gives an impact on the feet.

[0096] Thus, a third element serving as criterion for the user's motion condition is 5 exactly based on this point. That is, the score of the third element may be determined, based on the sum of the magnitudes of the remaining peaks (e.g., second and third peak Peak 3) in comparison to the magnitude of the first peak (i.e., first peak Peak 1) of the frequency region of the integral value of the rotational angular velocity, after performing the Fourier transformation of the values by integrating the rotational angular 10 velocity components in the third direction D3 of FIG. 3.

[0097] Here, a proportion of (the magnitude of the first peak : sum of the magnitudes of the second and third peaks) may be calculated using a particular function (e.g., WalkMeterCalc).

[0098] The formula for calculating the score of the third element, for example, may be 15 <Formula 3>.

[0099] <Formula 3>

[00100] Score of third element = $100 - (\text{WalkMeterCalc}(\text{gyro}(2,:)) * 50)$

[00101] Here, the remaining peaks are not limited to the second and third peaks, and may comprise additional peaks in addition to the second and third peaks.

[00102] Thus, the score of the third element may be determined based on the 20 rotational angular velocity of the user's motion, and the greater the sum of the magnitudes of the remaining peaks except the first peak is, the smaller the score of the third element may be.

[00103] In summary, the final score is calculated in the control unit (202 in FIG. 2) 25 based on the scores of each of the first to third elements calculated in the manner described above, and the control unit (202 in FIG. 2) may determine the user's motion state by comparing the final score to the user's normal motion score stored in the memory (212 in FIG. 2).

[00104] Here, the formula for calculating the final score, for example, may be <Formula 30 4>.

[00105] <Formula 4>

[00106] Final score = score of first element * score of second element * score of third element / 10000

[00107] Also, the user's normal motion score, for example, may be a score of a specific 35 range rather than a specific score, when the final score is higher than the user's normal

motion score, it may be the good walking, and when the final score is lower than the user's normal motion score, it may be the bad walking.

[00108] Also, the alarm unit (216 in FIG. 2) described above may output an alarm to the user, when the final score is lower than the normal motion score.

5 **[00109]** The smart band 100 according to an embodiment of the present invention analyzes a degree of healthy of the user's walking through the motion sensor 208 and the control unit 202, and when the final score is lower than the user's normal motion score, the smart band may provide an alarm in real time. Moreover, the smart band 100 may assist the user to maintain a healthy walking by providing an alarm in real time
10 in this manner.

[00110] The motion operation determination method of the smart band will be described below with reference to FIGS. 9 and 10.

15 **[00111]** FIG. 9 is a flow chart illustrating the motion operation determination method of the smart band according to an embodiment of the present invention. FIG. 10 is a flow chart illustrating a registration procedure of the user's normal motion score of FIG. 9.

[00112] Referring to FIG. 9, first, the user's normal motion score is registered (S500).

20 **[00113]** Specifically, referring to FIGS. 2 and 10, when the registration of the normal motion score is requested depending on the user's key operation (S110), the smart band 100 activates the motion sensor 208, and generates the motion data by measuring the user's motion for a predetermined period of time (S520). For example, when the motion sensor 208 is an acceleration sensor, it generates the acceleration data by measuring the acceleration of the user's motion, and when the motion sensor 208 is a gyroscope, it generates the angular velocity data by measuring the rotational angular velocity of the user's motion. Here, the acceleration data includes the three-axis (x, y and z-axis) acceleration components, and the angular velocity data includes the three-axis angular velocity components.
25

[00114] Next, the scores of each of the first to third elements are determined on the basis of the motion data generated in the motion for a predetermined period of time (S530).

30 **[00115]** Specifically, the determination of the score of the first element may comprise the multiple measurements of a first movement time and a second movement time, and the determination of the score of the first element based on the average of each of the first and second movement times measured multiple times. The first movement time is up to a first peak angle (P1 in FIG. 5) in a first direction (D1 in FIG. 5) and the second movement time is up to a second peak angle (P2 in FIG. 5) in a second direction (D2 in
35

FIG. 5) opposite to the first direction (D1 in FIG. 5), among the directions in which a user swings arms based on the state (S1 in FIG. 5) in which the user's arms are positioned parallel to the user's body.

[00116] Furthermore, the determination of the score of the second element may 5 comprise measurement of a first peak displacement (DP1 in FIG. 6) and a second peak displacement (DP2 in FIG. 6) in multiple times, and the determination of the score of the second element based on the average of each of the first and second peak displacements (DP1 and DP2 in FIG. 6) measured multiple times. The first peak displacement is performed in the third direction (D3 in FIG. 6) intersecting with the first 10 direction (S1 in FIG. 6) and the second peak displacement (DP2 in FIG. 6) is performed in the fourth direction (D4 in FIG. 6) opposite to the third direction (D3 in FIG. 6), among the directions in which a user swings arms based on the state (S1 in FIG. 5) in which the user's arms are positioned parallel to the body.

[00117] The determination of the score of the third element may comprise conversion 15 of the integral value of the rotational angular velocity of the user's motion into the frequency region through the Fourier transformation, and determination of the score of the third element based on the proportion of the sum of the magnitudes of the remaining peaks in comparison to the magnitude of the first peak in the frequency region of the integral value of the rotational angular velocity.

20 [00118] Next, the final score is calculated (S540).

[00119] Specifically, the control unit 202 may calculate the final score, by adding up the respective scores of the first to third elements.

[00120] Finally, the final score is registered as a normal motion score (S550). Specifically, the control unit 202 may register the calculated final score as a user's 25 normal motion score and may store it in the memory 212.

[00121] Referring to FIGS. 2 and 9 again, the user's motion is measured (S600). Specifically, after the user's normal motion score is registered (S500), the motion sensor 208 is activated periodically or under the control of control unit 202, and it is possible to generate motion data by measuring the user's motion for a predetermined 30 period of time. For example, when the motion sensor 208 is an acceleration sensor, it generates the acceleration data by measuring the acceleration of the user's motion, and when the motion sensor 208 is a gyroscope, it generates the angular velocity data by measuring the rotational angular velocity of the user's motion. Here, the acceleration data includes the three-axis (x, y and z-axis) acceleration components, and the angular 35 velocity data includes the three-axis angular velocity components.

[00122] Next, the scores of each of the first to third elements are determined on the basis of the motion data generated in the motion for a predetermined period of time (S700).

[00123] Specifically, the determination of the score of the first element may comprise 5 the multiple measurements of a first movement time and a second movement time, and determination of the score of the first element based on the average of each of the first and second movement times measured multiple times. The first movement time is up to a first peak angle (P1 in FIG. 5) in a first direction (D1 in FIG. 5) and the second peak angle (P2 in FIG. 5) is in a second direction (D2 in FIG. 5) opposite to the first direction 10 (D1 in FIG. 5), among the directions in which a user swings arms based on the state (S1 in FIG. 5) in which the user's arms are positioned parallel to the body.

[00124] Furthermore, the determination of the score of the second element may comprise multiple measurements of the first peak displacement (DP1 in FIG. 6) and the 15 second peak displacement (DP2 in FIG. 6), and determination of the score of the second element based on the average of each of the first and second peak displacements (DP1 and DP2 in FIG. 6) measured multiple times. The first peak displacement is in the third direction (D3 in FIG. 6) intersecting with the first direction (S1 in FIG. 6), and the second peak displacement is in the fourth direction (D4 in FIG. 6) opposite to the third direction (D3 in FIG. 6), among the directions in which a user 20 swings arms based on the state (S1 in FIG. 5) in which the user's arms are positioned parallel to the body.

[00125] The determination of the score of the third element may comprise conversion 25 of the integral value of the rotational angular velocity of the user's motion into the frequency region through the Fourier transformation, and determination of the score of the third element based on the proportion of the sum of the magnitudes of the remaining peaks in comparison to the magnitude of the first peak in the frequency region of the integral value of the rotational angular velocity.

[00126] Next, the final score is calculated (S800).

[00127] Specifically, the control unit 202 may calculate the final score, by adding up the 30 respective scores of the first to third elements.

[00128] The final score is compared to the normal motion score (S900).

[00129] Specifically, the control unit 202 may determine whether the final score is smaller than the normal motion score by comparing the final score with the normal motion score stored in the memory 212 (S1000).

- [00130] If the final score is smaller than the normal motion score, the control unit 202 sends a signal to the alarm unit 216, and the alarm unit 216 outputs an alarm to the user (S1100). Also, when the final score is greater than or equal to the normal motion score, the control unit 202 may not send a signal to the alarm unit 216, but it is not limited thereto. That is, even when the final score is greater than or equal to the normal motion score, the control unit 202 may send a signal to the alarm unit 216, and thus, the alarm unit 216 may output the alarm to a user. Of course, in this case, when the final score is smaller than or equal to or greater than the normal motion score, the alarm unit 216 may differently output the alarm to the user.
- 5 [00131] Thereafter, the smart band 100 finishes the algorithm according to an embodiment of the present invention.
- [00132] The motion state determination method of the smart band according to the embodiments of the present invention may be embodied as a computer-readable code or program in a computer-readable recording medium. The computer-readable recording medium includes all kinds of recording devices that store data readable by a computer system. That is, the computer-readable recording medium may comprise program commands, data files, data structures and the like alone or in combination. The program commands recorded in the recording medium may be specifically designed and constructed for the present invention and may be known and available to 15 a person having ordinary skill in the computer software art. Examples of computer-readable recording medium are a ROM, a RAM, a CD-ROM, a magnetic tape, a floppy disk, an optical data storage device and the like, and also include those embodied in the form of carrier waves (e.g., data transmission through Internet). Also, the computer-readable recording medium may be distributed to a computer system connected to a network, and the computer-readable code may be executed in a distributed manner.
- 20 [00133] Referring to FIG. 11, directional axes D1 and D2 of each of the integral values of the first and second rotational angular velocities intersect with each other and are positioned on the same plane as the liquid crystal surface of the display unit 160. The directional axis D3 of the integral value of the third rotational angular velocity may intersect with the respective directional axes D1 and D2 of the integral values of the first and second rotational angular velocities and may be perpendicular to the liquid crystal surface of the display unit 160.
- 25 [00134] Additionally, the rotation matrix, for example, may be <Formula 1>.
- [00135] <Formula 1>

```
rotationmatrix=[cos(yaw(i))*cos(roll(i)); cos(yaw(i))*sin(roll(i))*sin(pitch(i));
sin(yaw(i))*cos(pitch(i));
cos(yaw(i))*sin(roll(i))*cos(pitch(i))+sin(yaw(i))*sin(pitch(i));
sin(yaw(i))*cos(roll(i));
sin(yaw(i))*sin(roll(i))*sin(pitch(i))+cos(yaw(i))*cos(pitch(i));
sin(yaw(i))*sin(roll(i))*cos(pitch(i))-cos(yaw(i))*sin(pitch(i));
-sin(roll(i));
cos(roll(i))*sin(pitch(i));
cos(roll(i))*cos(pitch(i))];
```

[00136] Here, the integral value of the first rotating angular velocity may be a pitch (i), the integral value of the second rotating angular velocity may be a roll (i), and the integral value of the third rotational angular velocity may be a yaw (i).

5 [00137] Referring to FIG. 2 again, the control unit 202 may comprise a filter (not illustrated) that filters the noise of the integral values of the first to third rotational angular velocities. The filter (not illustrated) may filter the noise of the rotational angular velocity measured by the gyroscope before the correction, and for example, may be a notch filter, but it is not limited thereto.

10 [00138] The control unit 202 calculates the linear acceleration by applying the rotation matrix to acceleration measured by the acceleration sensor (not illustrated), calculates the values of the velocity and displacement by integrating the linear acceleration, performs Fourier transformation of the integral value of the third rotational angular velocity, and may extract the second balance element based on the values of the 15 velocity and displacement and the integral value of the third rotational angular velocity subjected to Fourier transformation.

20 [00139] The control unit 202 receives the supply of the first balance element from the memory 212, calculates the asymmetry index based on the difference between the first balance element and the second balance element, calculates the spinal score, the shoulder score and the pelvic score based on the asymmetry index, and may calculate the final score based on the spinal score, the shoulder score and the pelvic score.

[00140] Here, each of the first and second balance elements may comprise a plurality of sub-balance elements.

25 [00141] The plurality of sub-balance elements, for example, may comprise, but not limited to, a positive peak (a peak point when a user swings arms forward) of the integral value of the third rotational angular velocity, a negative peak (a peak point when a user swings arms backward) of the integral value of the third rotational angular velocity, positive and negative peaks (i.e., positive and negative peak points in the first direction D1 when a user swings arms) in the first direction D1 of FIG. 11, positive and 30 negative peaks (i.e., positive and negative peak points in the second direction D2 when a user swings arms) in the second direction D2 of FIG. 11, positive and negative peaks (i.e., positive and negative peak points in the third direction D2 when a user swings

arms) in the third direction D3 of FIG. 11, arm's movement time (arm's movement time up to the peak point when the user wings the arms forward in the attention attitude) up to the positive peak of the integral value of the third rotational angular velocity, and arm's movement time (arm's movement time up to the peak point when the user wings the arms backward in the attention attitude) up to the negative peak of the integral value of the third rotational angular velocity.

5 [00142] The formula for calculating the asymmetry index, for example, may be <Formula 2>.

10 [00143] <Formula 2>

[00144] Asymmetry index = $100 * (\text{second balance element} - \text{1 balance elements}) / \text{second balance element}$

[00145] Here, the first balance element may be a balance element of the right arm's motion, and the second balance element may be a balance element of the left arm's motion, but are not limited thereto. In addition, one sub-balance elements of the second balance element may be substituted to <Formula 2>, and the sub-balance element of the first balance element corresponding thereto may be substituted.

15 [00146] If the first balance element is a balance element of the right arm's motion and the second balance element is a balance element of the left arm's motion, if the asymmetry index is greater than 0, it means that the left arm's motion is large.

20 [00147] Additionally, the control unit 202 may calculate the final asymmetry index by combining each asymmetry index, after calculating the asymmetry index of each sub-balance element.

[00148] Formula for calculating the final asymmetry index, for example, may be <Formula 3>.

25 [00149] <Formula 3>

[00150] Final asymmetry index = $60 + (0.5 - (\text{combination of each asymmetry index})) * 100$

[00151] The control unit 1202 may calculate the spinal score, the shoulder score and the pelvic score based on the asymmetry index as described above, and the formula for calculating it is <Formulas 4, 5 and 6>.

30 [00152] <Formula 4>

[00153] Spine score = $\{50 + (0.2 - (\text{asymmetry index of positive peak of integral value of third rotational angular velocity} + \text{asymmetry index of negative peak of integral value of third rotational angular velocity})) * 200 + 25 + (0.2 - (\text{asymmetry index of positive peak of integral value of third rotational angular velocity} + \text{asymmetry index of negative peak of integral value of third rotational angular velocity})) * 200\}$

peak in second direction D2 of FIG. 11 + asymmetry index of negative peak in second direction D2 of FIG. 11)) * 100} /1.5

[00154] <Formula 5>

[00155] Shoulder score = 50 + (0.2 - (asymmetry index of positive peak in first direction
5 D1 of FIG. 11 + asymmetry index of negative peak in first direction D1 of FIG. 11)) * 200

[00156] <Formula 6>

[00157] Pelvis score = {50 + (0.2 – (asymmetry index of positive peak in third direction
D3 of FIG. 11 + asymmetry index of negative peak in third direction D3 of FIG. 11)) *
200 + 25 + (0.2 – (asymmetry index of positive peak in second direction D2 of FIG. 11 +
10 asymmetry index of negative peak in second direction D2 of FIG. 11)) * 100} /1.5

[00158] Furthermore, the final score may be calculated based on the spinal score, the shoulder score and the pelvic score that are assigned with specific weighted values, respectively.

[00159] The input unit 204 may receive the input from a user.

15 [00160] Specifically, the input unit 204 may be made up of a plurality of function keys, and provides the key input data corresponding to keys pressed by the user to the control unit 202. Here, the function of the input unit 204 and the display unit 160 may be performed by a touch screen unit (not illustrated), and in this case, the touch screen unit (not illustrated) is in charge of the touch screen input through the user's screen touch and the graphic screen output through the touch screen.

[00161] The display unit 160 may receive the supply of the output of the control unit 202 and display the output.

25 [00162] Specifically, the display unit 160 displays state information, a limited number of characters, a quantity of moving images and still images generated during the operation of the smart band 100. Further, the display unit 206 may comprise, for example, a liquid crystal display (LCD).

[00163] The communication module 214 may communicate with the peripheral electronic devices (e.g., a smart phone) by receiving the input signal from the control unit 202.

30 [00164] Specifically, the communication module 214 encodes the signal input from the control unit 202 and transmits the signal to the peripheral electronic devices (e.g., a smart phone) through a short-range wireless communication, such as Bluetooth, ZigBee, infrared, Ultra Wide Band (UWB), wireless LAN (WLAN) and Near Field Communication (NFC). Further, the communication module decodes the signal

received from the peripheral electronic devices through the short-range wireless communication and provides the signal to the control unit 202.

[00165] The smart band 100 according to an embodiment of the present invention may provide the body balance, i.e., asymmetric information of a body type, by measuring the motion of user's both arms through the motion sensor 208 and the control unit 202.

5 Moreover, the smart band 100 may assist the user to maintain the healthy body balance, by providing the user's body balance to the user.

[00166] The method for measuring the body balance of the smart band will be described below with reference to FIGS. 12 and 14.

10 [00167] FIGS. 12 to 14 are flow charts illustrating the method for measuring the body balance of the smart band according to an embodiment of the present invention.

[00168] Referring to FIG. 1, the first balance element of one (e.g., a right arm) of the user's left arm or right arm is registered (S1200).

15 [00169] Specifically, referring to FIGS. 2 and 12, when the registration of the first balance element of one (e.g., a right arm) of the user's left arm or right arm is requested depending on the user's key operation (S1210), the smart band 100 activates the motion sensor 208, and measures one (e.g., a right arm) of the user's left arm or right arm for a predetermined period of time to generate the motion data (S1220). For example, when the motion sensor 208 is an acceleration sensor, it measures the

20 acceleration of the user's motion to generate the acceleration data, and when the motion sensor 208 is a gyroscope, it measures the rotational angular velocity of the user's motion to generate the angular velocity data. Here, the acceleration data includes the three-axis (x, y and z-axis) acceleration components, and the angular velocity data includes the three-axis angular velocity components.

25 [00170] Next, the sign of the motion data is determined (S1230).

[00171] Specifically, the control unit 202 may check whether the user's motion is the user's left arm motion or the right arm motion to determine the sign of the motion data.

[00172] Next, the integral values of the first to third rotational angular velocities are extracted (S1240).

30 [00173] First, the control unit 202 filters the noise of the rotational angular velocity data among the motion data having the determined sign (at this time, the noise may be filtered by a filter (not illustrated) included in the control unit 202), corrects the angular velocity data in which the noise is filtered by reflecting the rotational angle measured by an acceleration sensor (not illustrated), and may extract the integral values of the first to third rotational angular velocities by integrating the corrected rotational angular velocity.

35

[00174] Referring to FIGS. 2 and 13 again, a rotation matrix is generated (S1250).

[00175] The control unit 202 filters the noise of the extracted integral values of the first to third rotational angular velocities (at this time, the noise may be filtered by a filter (not illustrated) included in the control unit 202), and may generate a rotation matrix by 5 utilizing the filtered integral values of the first to third rotational angular velocities.

[00176] Referring to FIGS. 2 and 13 again, the linear acceleration is calculated (S1260).

[00177] Specifically, the control unit 202 may calculate the linear acceleration, by applying the rotation matrix to the acceleration data among the motion data measured 10 by the motion sensor 208.

[00178] Next, the first balance element is extracted and registered (S1270).

[00179] The control unit 202 integrates the linear acceleration to calculate the velocity and displacement values, performs Fourier transformation of the integral value of the third rotational angular velocity, and may extract the first balance element based on the 15 velocity and displacement values, and the integral value of the third rotational angular velocity subjected to Fourier transformation. Further, the control unit 202 may register the extracted first balance element and store it in the memory 212.

[00180] Referring to FIGS. 2 and 12 again, after registering the first balance element of one (e.g., a right arm) of the user's left arm or right arm (S1200), the motion of the other 20 (e.g., a left arm) of the user's left arm or right arm is determined (S1300).

[00181] Specifically, after registering the first balance element of one (e.g., a right arm) of the user's left arm or right arm (S1200), the motion sensor 208 is activated periodically or under the control of the control unit 202, and thus, the motion data may be generated by measuring the motion of the other (e.g., a left arm) of the user's left 25 arm or right arm for a predetermined period of time. For example, when the motion sensor 208 is an acceleration sensor, it generates the acceleration data by measuring the acceleration of the user's motion, and when the motion sensor 208 is a gyroscope, it generates the angular velocity data by measuring the rotational angular velocity of the user's motion. Here, the acceleration data includes the three-axis (x, y and z-axis) 30 acceleration components, and the angular velocity data includes the three-axis angular velocity components.

[00182] Next, the second balance element of the other (e.g., a left arm) of the user's left arm or right arm is extracted (S1400).

[00183] In order to extract the second balance element, first, the sign of the motion 35 data is determined.

- [00184] Specifically, the control unit 202 may determine the sign of the motion data, by checking whether the user's motion is the left arm motion or the right arm motion.
- [00185] Next, the integral values of the first to third rotational angular velocities are extracted.
- 5 [00186] Specifically, first, the control unit 202 filters the noise of the rotational angular velocity data among the motion data having the determined sign (at this time, the noise may be filtered by a filter (not illustrated) included in the control unit 202), corrects the angular velocity data in which the noise is filtered by reflecting the rotational angle measured by an acceleration sensor (not illustrated), and may extract the integral
- 10 values of the first to third rotational angular velocities by integrating the corrected rotational angular velocity.
- [00187] Further, the rotation matrix is generated to extract the second balance element.
- 15 [00188] Specifically, the control unit 202 filters the noise of the extracted integral values of the first to third rotational angular velocities (at this time, the noise may be filtered by a filter (not illustrated) included in the control unit 202) and may generate a rotation matrix by utilizing the filtered integral values of the first to third rotational angular velocities.
- [00189] Further, the linear acceleration is calculated to extract the second balance
- 20 element.
- [00190] Specifically, the control unit 202 may calculate the linear acceleration, by applying the rotation matrix to the acceleration data among the motion data measured by the motion sensor 208.
- [00191] Next, the second balance element is extracted.
- 25 [00192] Specifically, the control unit 202 integrates the linear acceleration to calculate the velocity and displacement values, performs Fourier transformation of the integral value of the third rotational angular velocity, and may extract the second balance element, based on the velocity and displacement values, and the integral value of the third rotational angular velocity subjected to Fourier transformation.
- 30 [00193] Referring to FIGS. 2 and 12 again, after extracting the second balance element (S1400), the asymmetry index is calculated (S1500).
- [00194] Specifically, the control unit 202 may calculate the asymmetry index based on a difference between the second balance element and the first balance element stored in the memory 208.
- 35 [00195] Next, the final score is calculated (S1600).

[00196] Specifically, the control unit 202 may calculate the spinal score, the shoulder score and the pelvic score based on the asymmetry index, and may calculate the final score based on the spinal score, the shoulder score and the pelvic score.

5 [00197] The final score calculated via such an algorithm may be displayed through the display unit 160, and a user may check which state the user's own body balance is in, through the final score.

[00198] For example, the higher the final score is, the better the body balance is, and the lower the final score is, the poor the body balance may be, but is not limited thereto.

10 [00199] Next, the smart band 100 finishes the algorithm according to an embodiment of the present invention.

[00200] The method for measuring the body balance of the smart band according to the embodiments of the invention may be embodied as a computer-readable code or program in a computer-readable recording medium. The computer-readable recording medium includes all kinds of recording devices that store data readable by a computer system. That is, the computer-readable recording medium may comprise program commands, data files, data structures and the like alone or in combination. The program commands recorded in the recording medium may be specifically designed and constructed for the present invention and may be known and available to a person having ordinary skill in the computer software art. Examples of the computer-readable recording medium are a ROM, a RAM, a CD-ROM, a magnetic tape, a floppy disk, an optical data storage device and the like, and also include those embodied in the form of carrier waves (e.g., data transmission through Internet). Also, the computer-readable recording medium may be distributed to a computer system connected to a network, and the computer-readable code may be stored and executed in a distributed manner.

25 [00201] The biometric authentication method of the wearable device may comprise wirelessly communicating with a first external device, and receiving a first request signal of a first external device.

[00202] At this time, the first external device may be in a first security state.

30 [00203] The biometric authentication method of the wearable device may comprise determining whether the wearable device is in a wearing state after receiving the first request signal; transmitting a non-wearing state information to the first external device when the wearable device is in the non-wearing state; collecting a first motion data generated by the user's motion through the motion sensor during a certain period of time or during collection of a certain amount of data when the wearable device is in a wearing state; transmitting the first motion data to the first external device; and receiving

the first security level data and the second security level data from the first external device when the wearable device is in the wearing state.

[00204] At this time, the first external device may be in a second security state or a third security state. The biometric authentication method of the wearable device may 5 comprise transmitting the non-wearing state information or the first state conversion information to the first external device when the wearable device is converted into the non-wearing state from the wearing state; and receiving only the first security level data from the first external device when the wearable device is in the non-wearing state.

[00205] At this time, the first external device may be in a fourth security or a fifth 10 security state.

[00206] The first request signal may be a motion data request signal for registration of new biometric authentication information.

[00207] The first security state is a state in which the first external device is unlocked and the motion data for the wearer authentication of the wearable device is not 15 registered.

[00208] The second security state may be a state in which the first external device is unlocked, the motion data for the wearer certification of the wearable device is registered, and the wearer authentication of the wearable device is completed.

[00209] The third security state may be a state in which the first external device is 20 locked, the motion data for the wearer certification of the wearable device is registered, and the wearer authentication of the wearable device is completed.

[00210] The fourth security state may be a state in which the first external device is unlocked, the motion data for the wearer certification of the wearable device is registered, and the wearer authentication of the wearable device is not authenticated.

[00211] The fifth security state may be a state in which the first external device is 25 locked, the motion data for the wearer certification of the wearable device is registered, and the wearer authentication of the wearable device is not authenticated.

[00212] The first motion data may be utilized as registration information for the wearer certification of the wearable device.

[00213] The first security level data may comprise at least one of the time information, 30 the location information and the vibration or sound request information.

[00214] The second security level data may comprise at least one of at least a part of a telephone reception report information, a telephone caller information, a character message reception information, a character caller information, at least a part of the

character content, schedule information, e-mail reception information, e-mail caller information and an e-mail content.

[00215] The biometric authentication method of the wearable device may comprise transmitting the wearing state information or the second state conversion information to 5 the first external device when the wearable device is converted into the wearing state from the non-wearing state.

[00216] At this time, the first external device may be in a fourth security state or a fifth security state.

[00217] The biometric authentication method of the wearable device may comprise 10 collecting a second motion data generated by the user's motion through the motion sensor during a certain period of time or during collection of a certain amount of data; receiving only the first security level data from the first external device in the wearing state of the wearable device; transmitting the second motion data to the first external device; and receiving the first security level data and the second security level data from 15 the first external device.

[00218] At this time, the first external device may be in a second security state or a third security state.

[00219] The first motion data may comprise a plurality of feature points extracted from the information received from the motion sensor.

20 [00220] The first motion data transmitted to the first external device may extract a plurality of feature points from the first external device.

[00221] The first motion data may comprise a pair of collected motion data collected from the left and right arms or the left and right feet or left and right waists.

25 [00222] The first request signal may comprise a second request signal that requests the collection of the motion data from at least one of the left arm, the left foot and the left waist defined in the first external device, and a third request signal that requests the collection of the motion data from at least one of the right arm, the right foot and the right waist defined in the first external device.

30 [00223] After the second motion data is transmitted to the first external device, the first external device may determine whether the second motion data is the motion data of the left arm or the motion data of the right arm, the motion data of the left foot or the motion data of the right foot, and the motion data of the left waist or the motion data of the right waist.

[00224] The first external device may comprise a portable electronic device such as a smart phone, a smart pad, a notebook computer, a head mount display and a second wearable device.

[00225] The biometric authentication method of the portable electronic device may
5 comprise wirelessly communicating with the wearable device, and transmitting a first request signal to the wearable device.

[00226] At this time, the portable electronic device may be in the first security state.

[00227] The biometric authentication method of the portable electronic device may
10 comprise receiving the wearing state information of the wearable device from the wearable device; displaying a wearing guidance message when the wearable device is in the non-wearing state; receiving the first motion data collected through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data when the wearable device is in a non-wearing state; and transmitting the first security level data and the second security level data to
15 the wearable device when the wearable device is in a wearing state.

[00228] At this time, the portable electronic device may be in the second security state or the third security state.

[00229] The biometric authentication method of the portable electronic device may
20 comprise receiving the wearing state information or the first state conversion information transmitted from the wearable device when the wearable device is converted into the non-wearing state from the wearing state; and transmitting only the first security level when the wearable device is in the non-wearing state. At this time, the portable electronic device may be in the fourth security state or a fifth security state.

[00230] The first request signal may be a motion data request signal for registration of
25 new biometric authentication information.

[00231] The first security may be a state in which the portable electronic device is unlocked and the motion data for the wearer authentication of the wearable device is not registered.

[00232] The second security state may be a state in which the portable electronic
30 device is unlocked, the motion data for the wearer authentication of the wearable device is registered, and the wearer authentication of the wearable device is completed.

[00233] The third security state may be a state in which the portable electronic device is locked, the motion data for the wearer authentication of the wearable device is registered, and the wearer authentication of the wearable device is completed.

[00234] The fourth security state may be a state in which the portable electronic device is unlocked, the motion data for the wearer authentication of the wearable device is registered, and the wearer authentication of the wearable device is not authenticated.

[00235] The fifth security state may be a state in which the portable electronic device is locked, the motion data for the wearer authentication of the wearable device is registered, and the wearer authentication of the wearable device is not authenticated.

[00236] The first motion data may be utilized as registration information for the wearer certification of the wearable device.

[00237] The first security level data may comprise at least one of the time information, 10 the location information and the vibration or sound request information.

[00238] The second security level data may comprise at least one of at least a part of telephone reception report information, telephone caller information, character message reception information, character caller information, at least a part of the character content, schedule information, e-mail reception information, e-mail caller information 15 and e-mail content.

[00239] The biometric authentication method of the wearable device may comprise receiving the wearing state information or the second state conversion information when the wearable device is converted into the wearing state from the non-wearing state.

[00240] At this time, the portable electronic device may be in the fourth security state 20 or the fifth security state.

[00241] The biometric authentication method of the portable electronic device may comprise receiving the second motion data collected through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data; transmitting only the first security level data when the wearable 25 device is in the wearing state; receiving the second motion data; performing the authentication based on the first motion data and the second motion data; and transmitting the first security level data and the second security level data to the wearable device when the authentication is completed.

[00242] At this time, the portable electronic device may be in the second security state 30 or the third security state.

[00243] The first motion data may comprise a plurality of feature points extracted from the information received from the motion sensor.

[00244] The first motion data received from the wearable device may extract a plurality of feature points from the portable electronic device.

[00245] The first motion data may comprise a pair of collected motion data collected from the left and right arms or the left and right feet or left and right waists.

[00246] The first request signal may comprise a second request signal that requests the collection of the motion data from at least one of the left arm, the left foot and the
5 left waist defined in the portable electronic device, and a third request signal that requests the collection of the motion data from at least one of the right arm, the right foot and the right waist defined in the portable electronic device.

[00247] The portable electronic device may discriminate whether the received second motion data is the motion data of the left arm or the motion data of the right arm, the
10 motion data of the left foot or the motion data of the right foot, and the motion data of the left waist or the motion data of the right waist.

[00248] The portable electronic device includes a communication module that wirelessly communicates with the wearable device, a display unit and a control unit.
The control unit transmits the first request signal to the wearable device when the
15 portable electronic device is in the first security state, receive the wearing state information from the wearable device to display the wearing guidance message when the wearable device is in the non-wearing state, receives the first motion data collected through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data when the wearable device is in the
20 wearing state, transmits the first security level data and the second security level data in the second security state or the third security state of the portable electronic device when the wearable device is in the wearing state, receives the non-wearing state information or the first state conversion information when the wearable device is converted into the non-wearing state from the wearing state, and may transmit only the
25 first security level to the wearable device in the fourth security state or the fifth security state of the portable electronic device when the wearable device is in the non-wearing state.

[00249] The first motion data may comprise a plurality of feature points extracted from the information received from the motion sensor.

30 [00250] The received first motion data may extract a plurality of feature points from the portable electronic device.

[00251] The first motion data may comprise a pair of collected motion data collected from the left and right arms or the left and right feet or left and right waists.

35 [00252] The first request signal may comprise a second request signal that requests the collection of the motion data from at least one of the left arm, the left foot and the

left waist defined in the portable electronic device, and a third request signal that requests the collection of the motion data from at least one of the right arm, the right foot and the right waist defined in the portable electronic device.

[00253] The authentication method of the portable electronic device may comprise
5 wirelessly communicating with the wearable device; receiving the execution request of a first function requested by a user; requiring the first authentication; performing the first function when the first authentication is completed; receiving the execution request of a second function requested by a user; requesting the second authentication; performing the second function when the second authentication is completed; receiving the third
10 authentication information from the wearable device; performing the third authentication based on the received third authentication information; requesting the first authentication when the third authentication is completed and the execution request of the first function is received and performing the first request when the first authentication is completed; and performing the second function without the second
15 authentication request when the third authentication is completed and the execution request of the second function is received.

[00254] The portable electronic device may comprise transmitting a first request signal to the wearable device in the first security state.

[00255] The portable electronic device may comprise receiving the first motion data
20 collected through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data; and registering the first motion data.

[00256] The third authentication information may be a user's motion data that is
25 collected through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data when the wearable device is converted into the wearing state from the non-wearing state. At this time, the portable electronic device may be in a fourth security state or a fifth security state.

[00257] The first function may be a function of unlocking the portable electronic device.

[00258] The second function may be at least one of login of an application, unlocking
30 of the locked content, the user authentication for electronic payment and the remote control of an external device.

[00259] The first authentication and the second authentication may be at least one of a password input, fingerprint recognition, iris recognition, touch pattern input, position information, time information, weight information, voice input and gesture input.

[00260] Performing the third authentication may compare a plurality of feature points of the first motion data with plurality of feature points of the third authentication information.

[00261] When the third function execution request is received in receiving the third function execution request from an external device, the portable electronic device requests the first authentication and the second authentication in the case of incompleteness of the third authentication, and performs the third function in the case of completion of the first authentication and the second authentication. Further, when the third function execution request is received, in the case of completion of the third function, the portable electronic device may perform the third function without request for the first authentication and the second authentication.

[00262] The third authentication may release the third authentication when the wearing state of the wearable device is changed.

[00263] The first security state may be a state in which the portable electronic device is unlocked and the motion data for the wearer authentication of the wearable device is not unregistered. The fourth security state may be a state in which the portable electronic device is unlocked, the motion data for the wearer authentication of the wearable device is registered, and the wearer authentication of the wearable device is not authenticated.

[00264] The fifth security state may be a state in which the portable electronic device is locked, the motion data for the wearer certification of the wearable device is registered, and the wearer authentication of the wearable device is not authenticated.

[00265] When the fourth function execution request is received in receiving the fourth function execution request from an external device, the portable electronic device may request the wearable device for the third authentication in the case of incompleteness of the third authentication. Further, when the fourth function execution request is received, in the case of completion of the third function, the portable electronic device may perform the fourth function only when both the first authentication and the second authentication are completed.

[00266] The portable electronic device includes a communication module that wirelessly communicates with the wearable device, and the control unit. The control unit may request the first authentication when receiving the execution request of the first function requested by a user, and may perform the first function when the first authentication is completed.

[00267] The control unit may request the second authentication when receiving the execution request of the second function requested by the user, and may perform the second function when the second authentication is completed.

5 [00268] The control unit may perform the third authentication based on the received third authentication information when receiving the third authentication information from the wearable device.

[00269] The control unit may request the first authentication when the third authentication is completed and the execution request of the first function is received, and may perform the first function when the first authentication is completed.

10 [00270] The control unit may perform the second function without the second authentication request when the third authentication is completed and the execution request of the second function is received.

15 [00271] The control unit transmits the first request signal to the wearable device in the first security state of the portable electronic device, and may register the first motion data, by receiving the first motion data collected through the motions sensor provided in the wearable device during a certain amount or during collection of a certain amount of data.

20 [00272] The third authentication information may be a user's motion data collected through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data when the wearable device is converted into the wearing state from the non-wearing state. At this time, the portable electronic device may be in a fourth security state or a fifth security state.

25 [00273] The control unit may request the first authentication and the second authentication in the case of incompleteness of the third authentication when receiving the third function execution request from an external device, and may perform the third function request when the first authentication and the second authentication are completed.

30 [00274] The control unit may perform the third function without request for the first authentication and the second authentication, in the case of completion of the third authentication when the third function execution request is received.

[00275] When the fourth function execution request is received from an external device, in the case of incompleteness of the third authentication, the control unit may request the wearable device for the third authentication. When the fourth function execution request is received, in the case of completion of the third authentication, the

control unit may perform the fourth function only when both the first authentication and the second authentication are completed.

5 [00276] A method of correcting a posture of a wearable device may comprise wirelessly communicating with a portable electronic device; and receiving a first request signal of the portable electronic device.

[00277] At this time, the portable electronic device may be in a first security state.

10 [00278] The method for correcting the posture of the wearable device may further comprise collecting a first motion data generated by the user's motion through a motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data; transmitting the first motion data to the portable electronic device; and receiving a second request signal of the portable electronic device.

[00279] At this time, the portable electronic device may be in a second security state.

15 [00280] The method for correcting the posture of the wearable device may further comprise collecting a second motion data generated by the user's motion through a motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data; transmitting the second motion data to the portable electronic device; and receiving a third request signal of the portable electronic device.

20 [00281] At this time, the portable electronic device may be in a third security state.

[00282] The method for correcting the posture of the wearable device may further comprise collecting a third motion data generated by the user's motion through a motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data; and transmitting the third motion data to the portable electronic device.

25 [00283] The portable electronic device stores the first motion data, the second motion data and the third motion data, the first motion data is deleted by a separate deletion command of a user, the second motion data and the third motion data may be automatically deleted by the portable electronic device when corresponding to pre-defined conditions.

30 [00284] When a difference over the pre-defined threshold occurs in comparison of the third motion data with the first motion data in the third security state of the portable electronic device; an alarm may be provided to the portable electronic device or the wearable device.

- [00285] The pre-defined conditions may be at least one of pre-defined time, pre-defined amount of data, after derivation of pre-defined arithmetic value, and after determination of data compatibility.
- [00286] Comparison between the third motion data and the first motion data may be
5 performed by the wearable device.
- [00287] Comparison between the third motion data and the first motion data may be performed by the portable electronic device.
- [00288] The wearable device further comprises receiving a standard motion data through a network, when the difference over the pre-defined threshold occurs in
10 comparison of the second motion data with the standard motion data, an alarm may be provided to the portable electronic device or the wearable device.
- [00289] The portable electronic device receives and stores the standard motion data through the network, and when a difference over the pre-defined threshold in comparison to the second motion data occurs, an alarm may be provided to the
15 portable electronic device or the wearable device.
- [00290] The first security state may be a state in which the portable electronic device is unlocked and the user's first motion data is not registered.
- [00291] The second security state may be a state in which the portable electronic device is unlocked and the user's first motion data is registered.
- [00292] The third security state may be a state in which the portable electronic device is locked and the user's first motion data is registered.
- [00293] The first motion data, the second motion data and the third motion data may comprise a plurality of feature points extracted from the information collected from the motion sensor.
- [00294] The plurality of feature points of the first motion data, the second motion data and the third motion data may be extracted from the portable electronic device.
- [00295] The first motion data may be used as model data for comparison with the motion data that is registered in the wearable device or the portable electronic device and is collected and received later.
- [00296] The first motion data may update the first motion data, by additionally using the user's motion data collected after the first registration.
- [00297] The standard motion data may include at least one of virtual standard walking motion data, golf swing motion data, swimming motion data, running motion data, gymnastics motion data and sports motion data.

[00298] The standard motion data may differ depending on at least one of the user's height, weight, age, sex and body image.

[00299] The wearable device includes a wireless communication unit that wirelessly communicates with a portable electronic device, a motion sensor unit that collects the user's motion data, and a control unit. The control unit receives a first request signal of the portable electronic device in the first security state of the portable electronic device, collects the first motion data generated by the user's motion through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, and may transmit the first motion data to the portable electronic device.

[00300] The control unit receives the second request signal in the second security state of the portable electronic device, collects the second motion data generated by the user's motion through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, and may transmit the second motion data to the portable electronic device.

[00301] The control unit receives the third request signal in the third security state of the portable electronic device, collects the third motion data generated by the user's motion through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, and may transmit the third motion data to the portable electronic device.

[00302] When a difference over the pre-defined threshold occurs in comparison of the third motion data with the first motion data in the third security state of the portable electronic device, an alarm may be provided to the portable electronic device or the wearable device.

[00303] The wearable device further comprises receiving a standard motion data through a network, and when a difference over the pre-defined threshold occurs in comparison of the second motion data with the standard motion data, an alarm may be provided to the portable electronic device or the wearable device.

[00304] The method for measuring left and right balance of the portable electronic device may comprise wirelessly communicating with a wearable device, and receiving the first motion data generated by the user's motion through a motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data.

[00305] At this time, the portable electronic device may be in a first security state.

[00306] The method for measuring the left and right balance of the portable electronic device may comprise second collecting the motion data generated by the user's motion through a motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data.

5 [00307] At this time, the portable electronic device may be in a second security state.

[00308] The method for measuring the left and right balance of the portable electronic device may comprise outputting the comparison results of the received first and the second motion data in a third security state.

10 [00309] The method for measuring the left and right balance of the portable electronic device may comprise collecting a third motion data generated by the user's motion through a motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, and at this time, the portable electronic device may be in a fourth security state.

15 [00310] The portable electronic device may receive the third motion data earlier than the first motion data.

[00311] The method for measuring the left and right balance of the portable electronic device may comprise receiving a wearing state of the wearable device, receiving a wearing plan state of the wearable device, and transmitting a signal to provide a report that recommends left-wearing or right-wearing to the wearable device.

20 [00312] The wearing plan state may be a state in which the user motion over the pre-defined threshold is detected by the motion sensor in the non-wearing state.

[00313] The method for measuring the left and right balance of the portable electronic device may comprise counting a collection period of the first motion data, and transmitting a signal to provide a report that recommends the left-wearing or the right-wearing of the wearable device, depending on whether the collection period of the first motion data satisfies the pre-defined period.

25 [00314] The method for measuring the left and right balance of the portable electronic device may comprise determining an amount of collection of the first motion data, and transmitting a signal to provide a report that recommends the left-wearing or the right-wearing of the wearable device, depending on whether the amount of collection of the first motion data satisfies the pre-defined amount.

30 [00315] The report includes at least one of visual, audible and tactile reports, and in the method of providing the report, an output direction of the report may be determined using the motion sensor.

- [00316] The method for measuring the left and right balance of the portable electronic device may further comprise determining the wearing direction whether the user wears the wearable device on a right side or a left side based on a part of the received motion data.
- 5 [00317] The method for measuring the left and right balance of the portable electronic device may add the motion data collected through the motion sensor to the first motion data or the second motion data depending on the wearing direction.
- [00318] The first security state may be a state in which the portable electronic device is locked, the first motion data is registered and the second motion data is not registered.
- 10 [00319] The second security state may be a state in which the portable electronic device is locked, and the first motion data and the second motion data are registered.
- [00320] The third security state may be a state in which the portable electronic device is unlocked, and the first motion data and the second motion data are registered.
- [00321] The fourth security state may be a state in which the portable electronic device is locked, and the first motion data and the second motion data are not registered.
- 15 [00322] The first motion data and the second motion may comprise a plurality of feature points extracted from the information received from the motion sensor.
- [00323] The plurality of feature points of the first motion data and the second motion data may be extracted from the portable electronic device.
- 20 [00324] The method for measuring the left and right balance of the portable electronic device may comprise wirelessly communicating with the wearable device, and receiving the first motion data generated by the user's motion through a motion sensor provided in a first wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data. At this time, the portable electronic device may be in a first security state
- 25 [00325] The method for measuring the left and right balance of the portable electronic device may comprise receiving the second motion data generated by the user's motion through a motion sensor provided in a second wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data. At this time, the portable electronic device may be in a first security state.
- 30 [00326] The portable electronic device may output a comparison result of the transmitted first and the second motion data in the third security state.
- [00327] The method for measuring the left and right balance of the portable electronic device may comprise performing wireless communication between the first wearable device and the second wearable device, and in transmitting the second motion data to

the portable electronic device, the second wearable device may transmit the second motion data to the first wearable device and the first wearable device may transmit the second motion data to the portable electronic device.

[00328] The first wearable device and the second wearable device may be determined

5 depending on whether the wearable device is worn on the user's right side or left side.

[00329] The portable electronic device includes a wireless communication unit that wirelessly communicates with a wearable device, a display unit and a control unit. The control unit may receive a first motion data, which collects the motion data generated by the user's motion through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, in the first security

10 state.

[00330] The control unit receives a second motion data, which collects the motion data generated by the user's motion through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, in the second security state, and may output the comparison result of the transmitted first and second motion data in the third security state.

[00331] The control unit receives a third motion data, which collects the motion data generated by the user's motion through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, in the fourth security state, and may receive the third motion data earlier than the first motion data.

[00332] The control unit receives a wearing plan state of the wearable device and may transmit a signal to provide a report that recommends the left-wearing or the right-wearing of the wearable device.

25 **[00333]** The wearing plan state may be a state in which the user motion over the pre-defined threshold is detected by the motion sensor in the non-wearing state of the wearable device.

[00334] The method for measuring the left and right balance of the wearable device may comprise wirelessly communicating with the portable electronic device, collecting a first motion data generated by the user's motion through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, and transmitting the first motion data to the portable electronic device.

[00335] At this time, the portable electronic device may be in a first security state.

[00336] The method for measuring the left and right balance of the wearable device may comprise collecting a second motion data generated by the user's motion through

35

a motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, and transmitting the second motion data to the portable electronic device in the second security state of the portable electronic device. The portable electronic device may output the comparison result of the
5 transmitted first and second motion data in the third security state.

[00337] The method for measuring the left and right balance of the wearable device may comprise collecting a third motion data generated by the user's motion through a motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, and transmitting the third motion data to the
10 portable electronic device in the fourth security state of the portable electronic device. The wearable device may transmit the third motion data to the portable electronic device earlier than the first motion data.

[00338] The method for measuring the left and right balance of the portable electronic device may comprise determining the wearing state of the wearable device, determining
15 a wearing plan state of the wearable device, and providing a report that recommends the left-wearing or the right-wearing of the wearable device. The wearing plan state may be a state in which the user motion over the pre-defined threshold is detected by the motion sensor in the non-wearing state.

[00339] The method for measuring the left and right balance of the wearable device
20 may comprise counting a collection period of the first motion data, and providing a report that recommends the left-wearing or the right-wearing of the wearable device, depending on whether the collection period of the first motion data satisfies the pre-defined period.

[00340] The method for measuring the left and right balance of the wearable device
25 may comprise determining an amount of collection of the first motion data, and providing a report that recommends the left-wearing or the right-wearing of the wearable device, depending on whether the amount of collection of the first motion data satisfies the pre-defined amount.

[00341] The report includes at least one of visual, audible and tactile reports, and in the
30 method of providing the report, an output direction of the report may be determined using the motion sensor.

[00342] The method for measuring the left and right balance of the wearable device may further comprise determining the wearing direction whether the user wears the
wearable device on a right side or a left side based on a part of the collected motion
35 data in the motion sensor.

[00343] The method for measuring the left and right balance of the wearable device may add the motion data collected through the motion sensor to the first motion data or the second motion data depending on the wearing direction.

5 [00344] The first security state may be a state in which the portable electronic device is locked, the first motion data is registered and the second motion data is not registered.

[00345] The second security state may be a state in which the portable electronic device is locked, and the first motion data and the second motion data are registered.

[00346] The third security state may be a state in which the portable electronic device is unlocked, and the first motion data and the second motion data are registered.

10 [00347] The fourth security state may be a state in which the portable electronic device is locked, and the first motion data and the second motion data are not registered.

[00348] The first motion data and the second motion may comprise a plurality of feature points extracted from the information received from the motion sensor.

15 [00349] The plurality of feature points of the first motion data and the second motion data may be extracted from the portable electronic device.

20 [00350] The method for measuring the left and right balance of the wearable device may comprise wirelessly communicating with portable electronic device, receiving the first motion data generated by the user's motion through a motion sensor provided in a first wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, and transmitting the first motion data to the portable electronic device.

[00351] At this time, the portable electronic device may be in a first security state.

25 [00352] The method for measuring the left and right balance of the wearable device may comprise collecting a second motion data generated by the user's motion through a motion sensor provided in a second wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, and transmitting the second motion data to the portable electronic device in the first security state of the portable electronic device. The portable electronic device may output a comparison result of the transmitted first and the second motion data in the third security state.

30 [00353] The method for measuring the left and right balance of the wearable device may comprise performing wireless communication between the first wearable device and the second wearable device, and in transmitting the second motion data to the portable electronic device, the second wearable device may transmit the second motion data to the first wearable device, and the first wearable device may transmit the second motion data to the portable electronic device.

[00354] The first wearable device and the second wearable device may be determined depending on whether the wearable device is worn on the user's right side or left side.

[00355] The wearable device includes a wireless communication unit that wirelessly communicates with a portable electronic device, a motion sensing unit that senses the 5 user's motion, and a control unit. The control unit collects a first motion data, which collects the motion data generated by the user's motion through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, and may transmit the first motion data to the portable electronic device in the first security state of the portable electronic device.

10 [00356] The control unit collects a second motion data, which collects the motion data generated by the user's motion through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, and may transmit the second motion data to the portable electronic device in the second security state of the portable electronic device. The portable electronic device 15 may output the comparison result of the transmitted first and second motion data in the third security state.

20 [00357] The control unit collects a third motion data, which collects the motion data generated by the user's motion through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, and may transmit the third motion data to the portable electronic device in the fourth security state of the portable electronic device. The control unit may transmit the third motion data earlier than the first motion data.

25 [00358] The control unit may determine a wearing state of the wearable device and may determine a wearing plate state of the wearable device to provide a report that recommends the left-wearing or the right-wearing of the wearable device.

[00359] The wearing plan state may be a state in which the user motion over the pre-defined threshold is detected by the motion sensor in the non-wearing state.

30 [00360] In concluding the detailed description, those skilled in the art will appreciate that many variations and modifications can be made to the preferred embodiments without substantially departing from the principles of the present invention. Therefore, the disclosed preferred embodiments of the invention are used in a generic and descriptive sense only and not for purposes of limitation.

What is claimed is:

1. A method for measuring left and right balance of a wearable device, the method comprising:

wirelessly communicating with a portable electronic device;

5 collecting a first motion data generated by a user's motion through a motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data;

transmitting the first motion data to the portable electronic device, the portable electronic device being in a first security state;

10 collecting a second motion data generated by the user's motion through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data; and

transmitting the second motion data to the portable electronic device in a second security state of the portable electronic device,

15 wherein the portable electronic device outputs a comparison result of the transmitted first and second motion data in the third security state.

2. The method of claim 1, further comprising:

20 collecting a third motion data generated by the user's motion through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data; and

transmitting the third motion data to the portable electronic device in a fourth security state of the portable electronic device,

25 wherein the wearable device transmits the third motion data earlier than the first motion data to the portable electronic device.

3. The method of claim 1, further comprising:

determining a wearing state of the wearable device;

determining a wearing plan state of the wearable device; and

30 providing a report that recommends left-wearing or right-wearing of the wearable device,

wherein the wearing plan state is a state in which the user motion over a pre-defined threshold is detected by the motion sensor in the non-wearing state.

35 4. The method of claim 3, further comprising:

counting a collection period of the first motion data; and

providing a report that recommends the left-wearing or the right-wearing of the wearable device, depending on whether the collection period of the first motion data satisfies the pre-defined period.

5

5. The method of claim 3, further comprising:

determining an amount of collection of the first motion data; and

providing a report that recommends the left-wearing or the right-wearing of the wearable device, depending on whether the amount of collection of the first motion data satisfies the pre-defined amount.

10

6. The method of claim 3, wherein the report includes at least one of visual, audible and tactile reports, and in providing the report, an output direction of the report is determined using the motion sensor.

15

7. The method of claim 2, further comprising:

determining a wearing direction whether a user wears the wearable device on a right side or a left side based on a part of the motion data collected in the motion sensor.

20

8. The method of claim 7, further comprising:

adding the motion data collected through the motion sensor to the first motion data or the second motion data depending on the wearing direction.

25

9. The method of claim 1, wherein the first security state is a state in which the portable electronic device is locked, the first motion data is registered and the second motion data is not registered.

30

10. The method of claim 1, wherein the second security state is a state in which the portable electronic device is locked, and the first motion data and the second motion data are registered.

35

11. The method of claim 1, wherein the third security state is a state in which the portable electronic device is unlocked, and the first motion data and the second motion data are registered.

12. The method of claim 1, wherein the fourth security state is a state in which the portable electronic device is locked, and the first motion data and the second motion data are not registered.

5

13. The method of claim 1, wherein the first motion data and the second motion comprise a plurality of feature points extracted from information received from the motion sensor.

10

14. The method of claim 1, wherein the plurality of feature points of the first motion data and the second motion data is extracted from the portable electronic device.

15

15. A method for measuring left and right balance of a wearable device, the method comprising:

wirelessly communicating with a portable electronic device;

receiving a first motion data generated by a user's motion through a motion sensor provided in a first wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data;

20

transmitting the first motion data to the portable electronic device, the portable electronic device being in a first security state;

collecting a second motion data generated by the user's motion through the motion sensor provided in a second wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data; and

25

transmitting the second motion data to the portable electronic device in a first security state of the portable electronic device,

wherein the portable electronic device outputs a comparison result of the transmitted first and second motion data in the third security state.

30

16. The method of claim 15, further comprising

performing a wireless communication between the first wearable device and the second wearable device, and in transmitting the second motion data to the portable electronic device, the second wearable device transmits the second motion data to the first wearable device, and the first wearable device transmits the second motion data to the portable electronic device.

35

17. The method of claim 15, wherein the first wearable device and the second wearable device are determined depending on whether the wearable device is worn on the user's right side or left side.

5

18. A wearable device comprising:

a wireless communication unit that wirelessly communicates with a portable electronic device;

a motion sensing unit that senses user's motion; and

10 a control unit,

wherein the control unit collects a first motion data, which collects the motion data generated by the user's motion through a motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, and transmits the first motion data to the portable electronic device in a first security state of the portable electronic device, and

15 the control unit collects a second motion data, which collects the motion data generated by the user's motion through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, and transmits the second motion data to the portable electronic device in a second security state of the portable electronic device, and the portable electronic device outputs comparison result of the transmitted first and second motion data in the third security state.

20. The method of claim 18, wherein the control unit collects a third motion data, which collects the motion data generated by the user's motion through the motion sensor provided in the wearable device during a certain period of time or during collection of a certain amount of data, and transmits the third motion data to the portable electronic device in a fourth security state of the portable electronic device, the third motion data being transmitted to the portable electronic device earlier than the first motion data.

25
30
35 20. The method of claim 18, wherein the control unit determines a wearing state of the wearable device and determines a wearing plan state of the wearable device to provide a report that recommends left-wearing or right-wearing of the wearable device, and

the wearing plan state is a state in which the user motion over a pre-defined threshold is detected by the motion sensor in a non-wearing state.

Abstract

- A wearable device includes a communication unit that wirelessly communicates with a first external device; a motion sensor that senses the user's motion; and a control unit.
- 5 The wearable device collects a first motion data generated by the user's motion and transmits the first motion data to the first external device, receives a first security level data and a second security level data from the first external device, and receives only the first security level data from the first external device when the wearable device is converted into a non-wearing state from a wearing state.

1/14

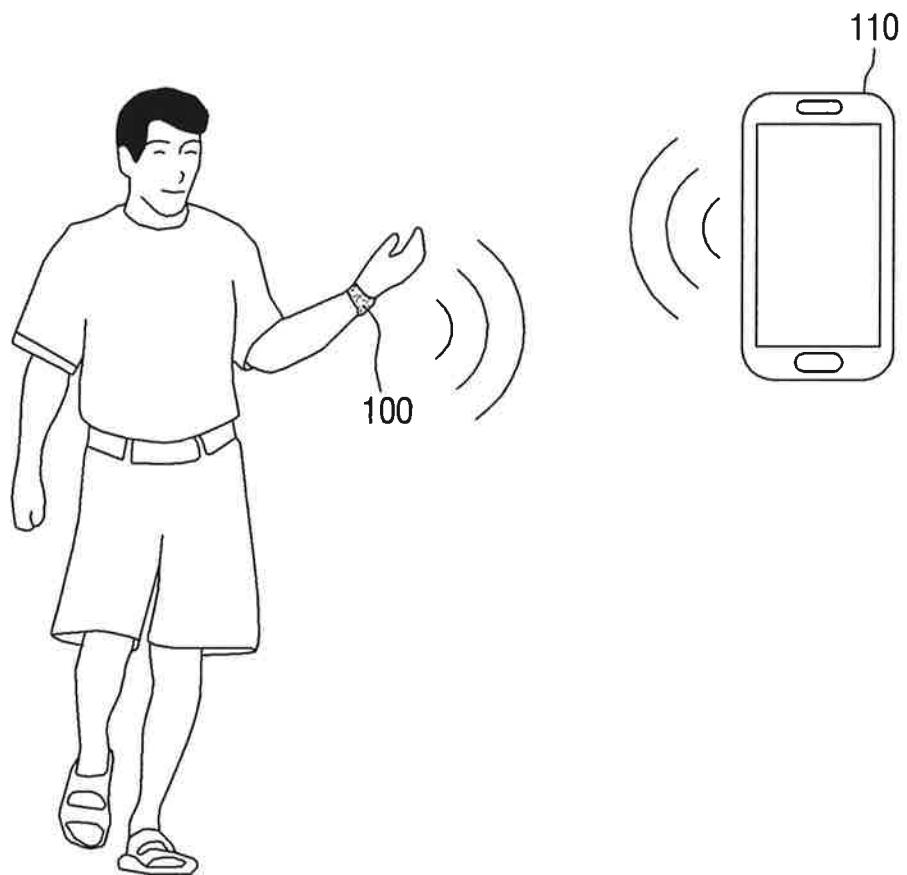


Fig. 1

2/14

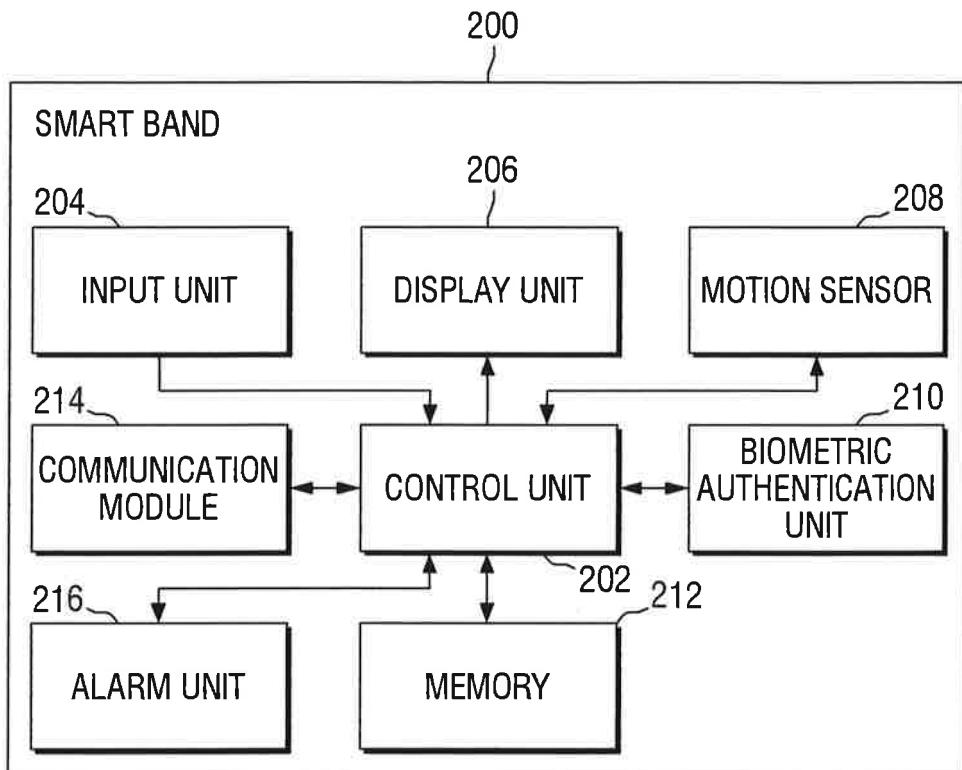


Fig. 2

3/14

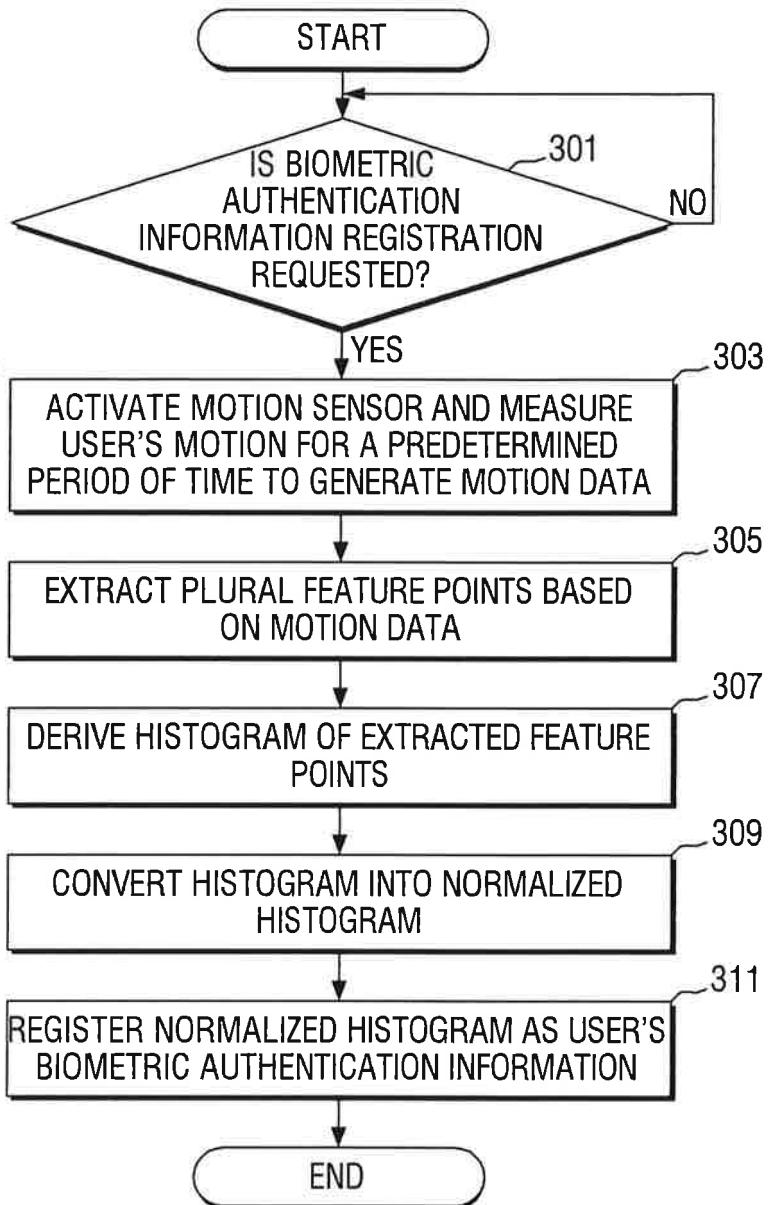


Fig. 3

4/14

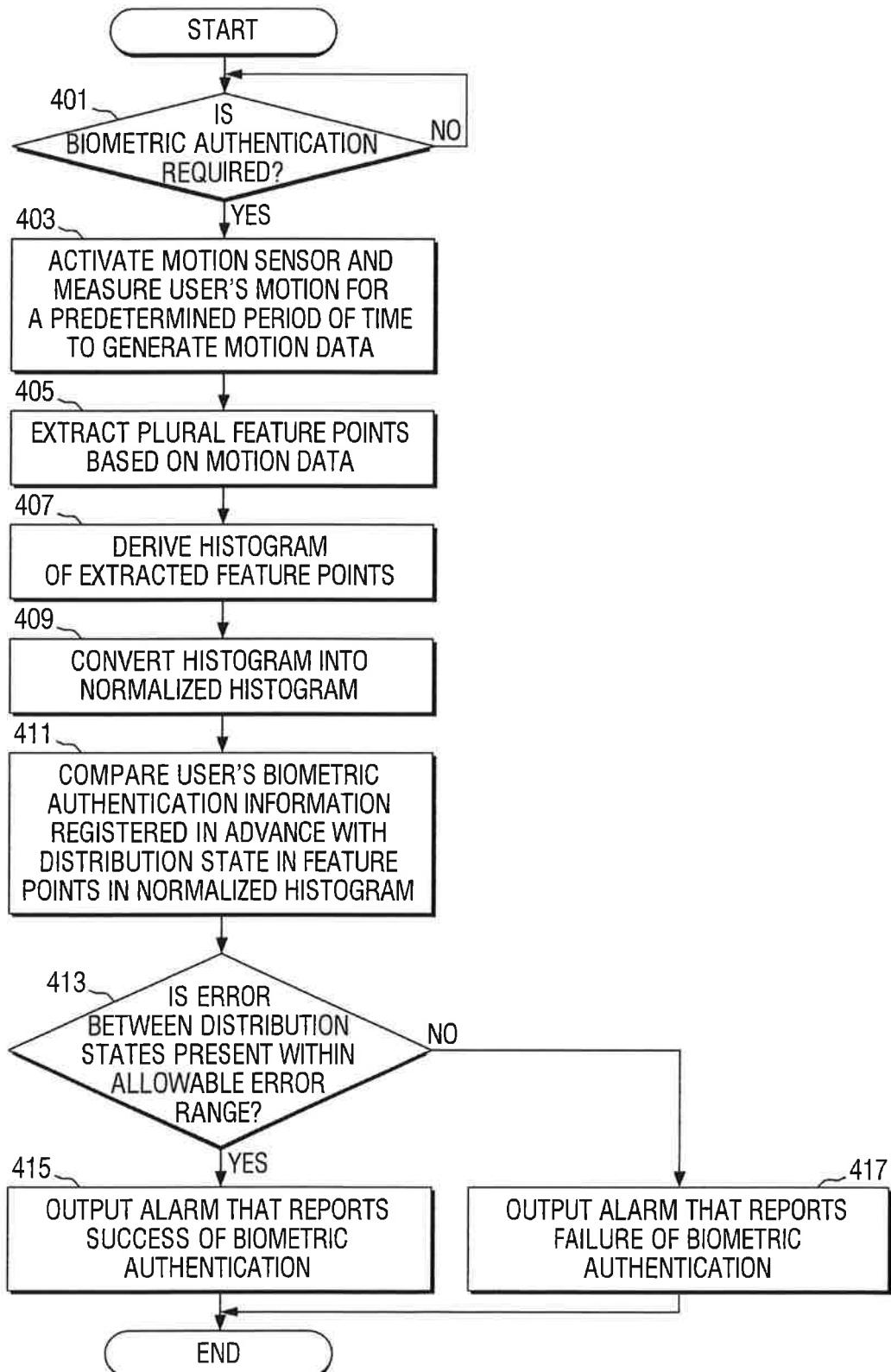


Fig. 4

5/14

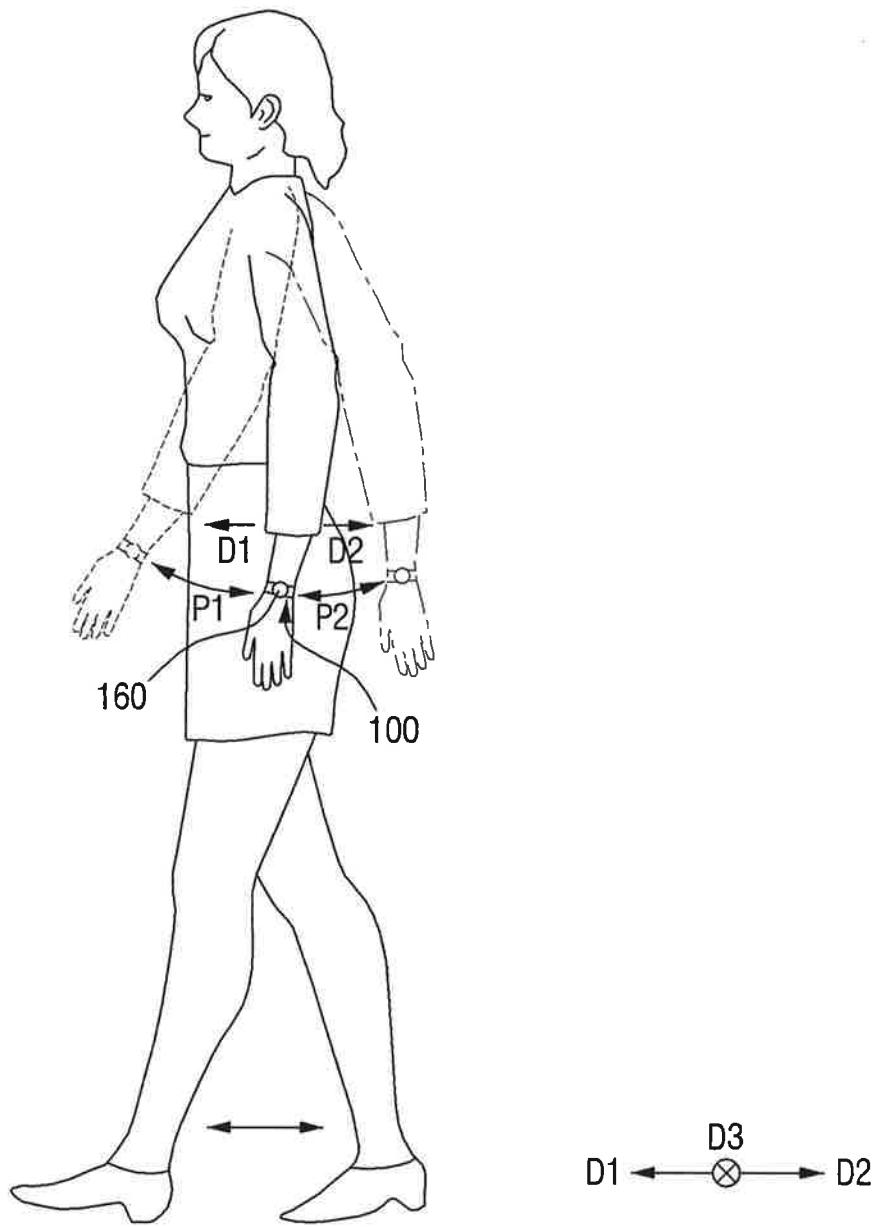


Fig. 5

6/14

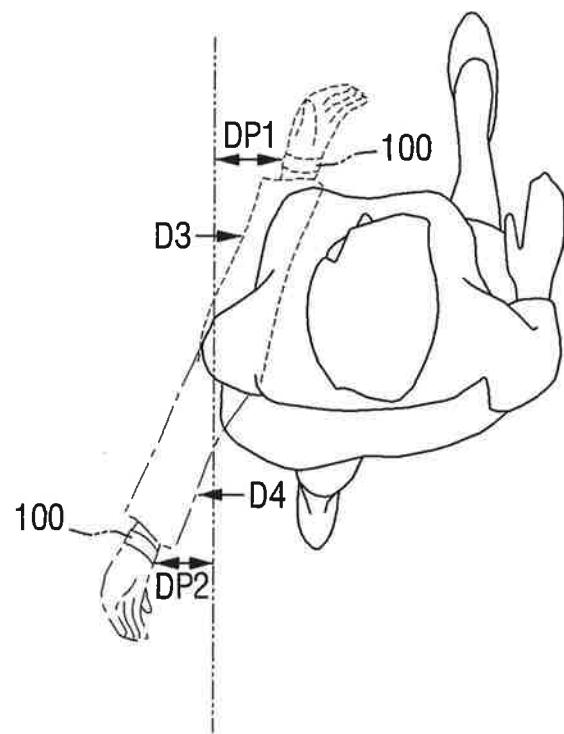


Fig. 6

7/14

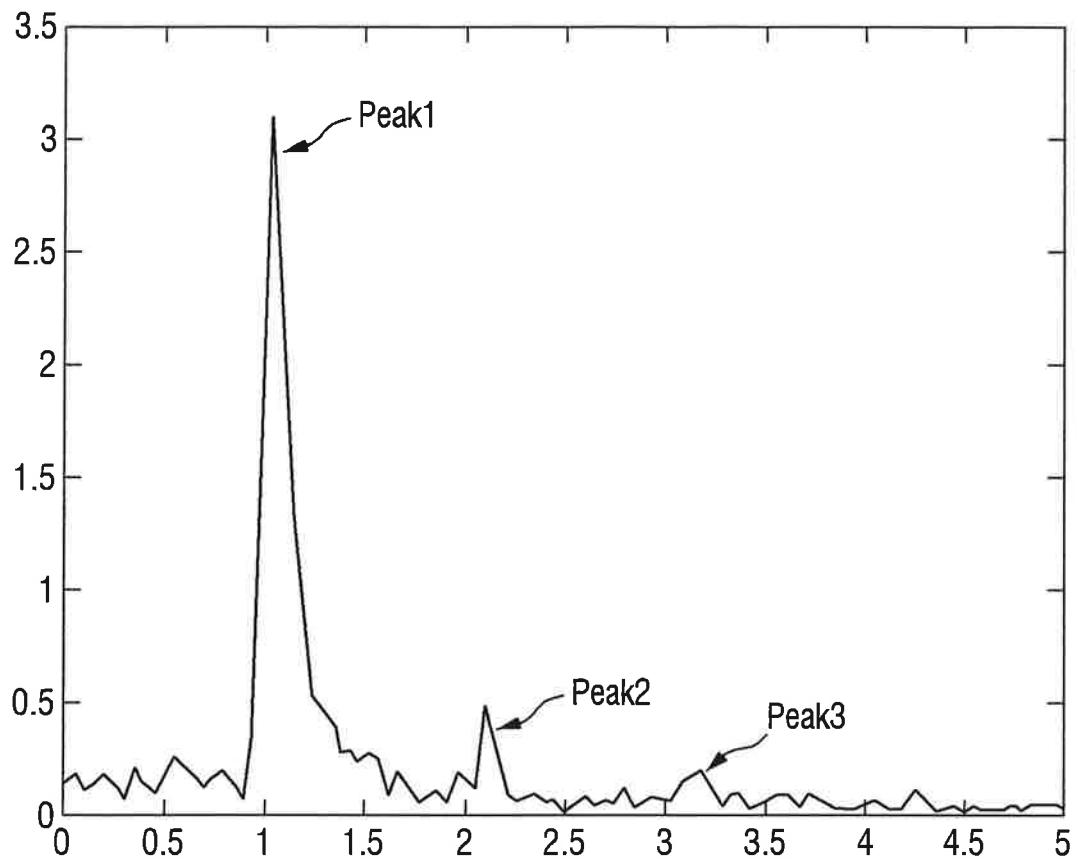


Fig. 7

8/14

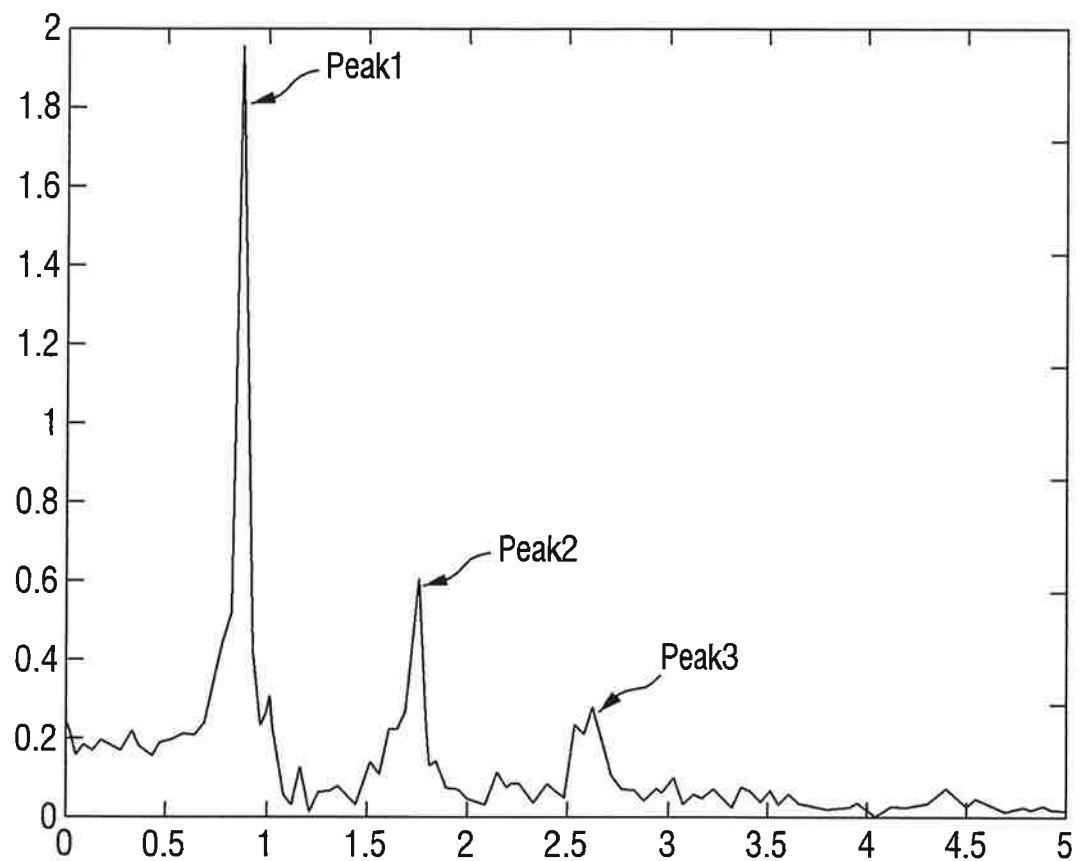


Fig. 8

9/14

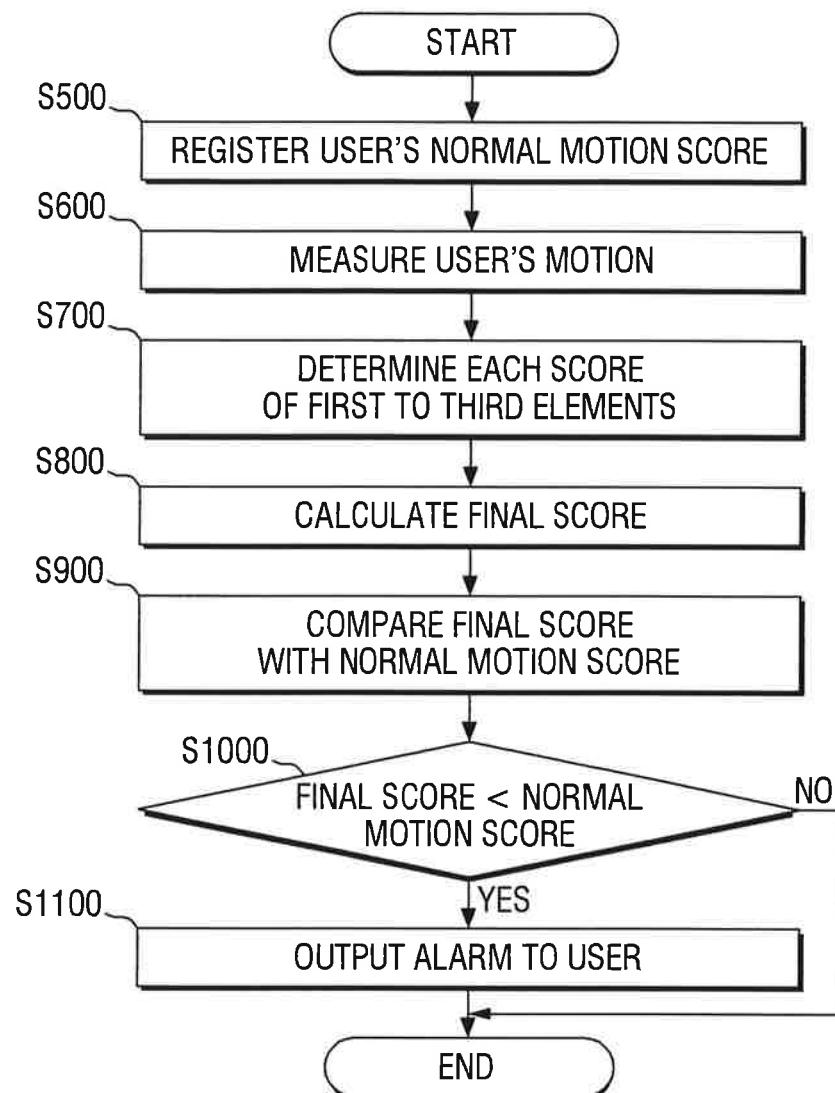


Fig. 9

10/14

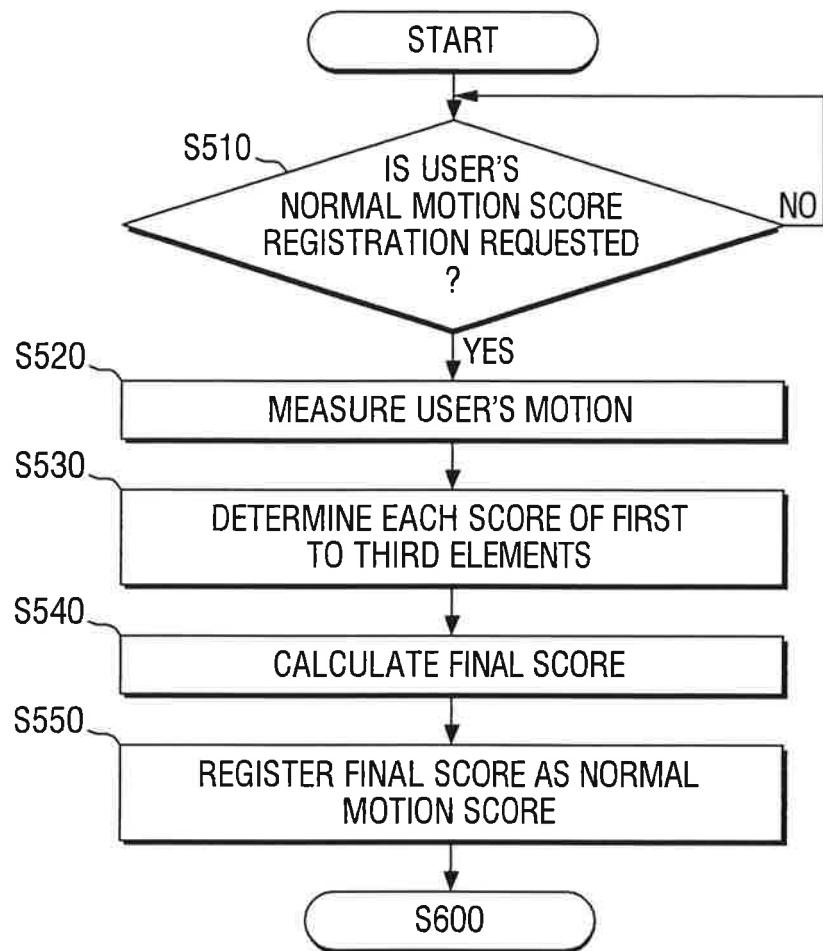


Fig. 10

11/14

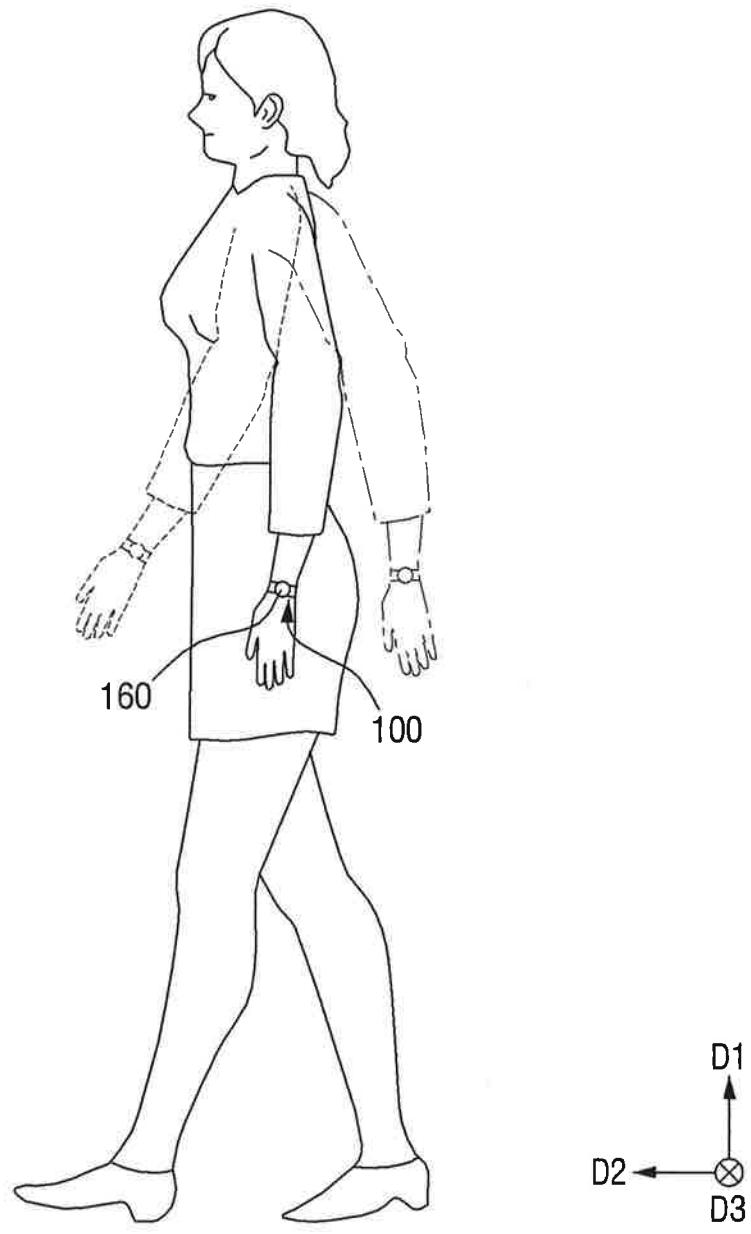


Fig. 11

12/14

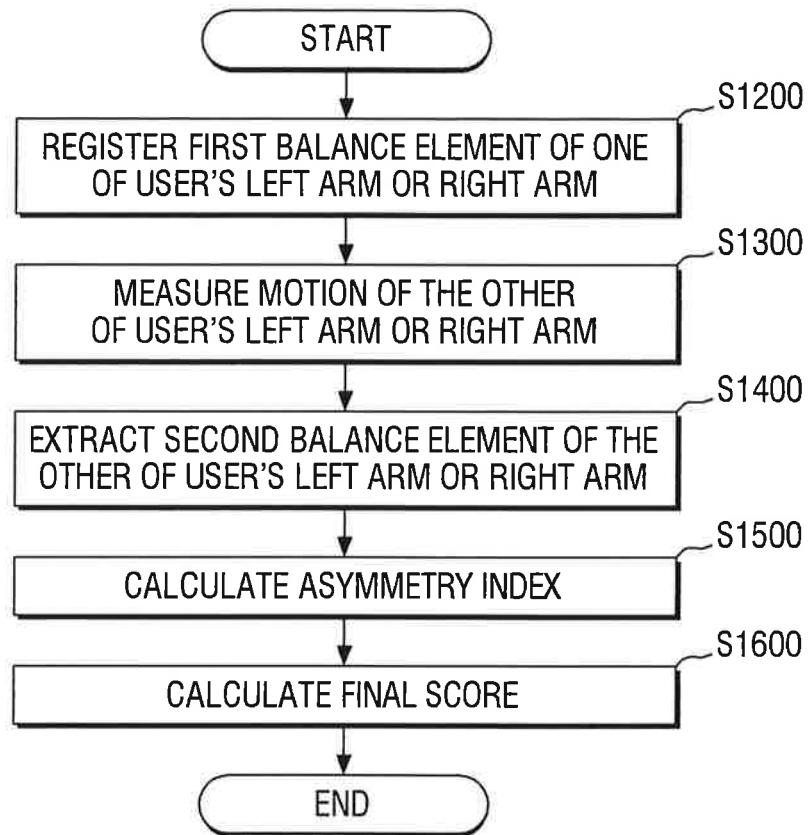


Fig. 12

13/14

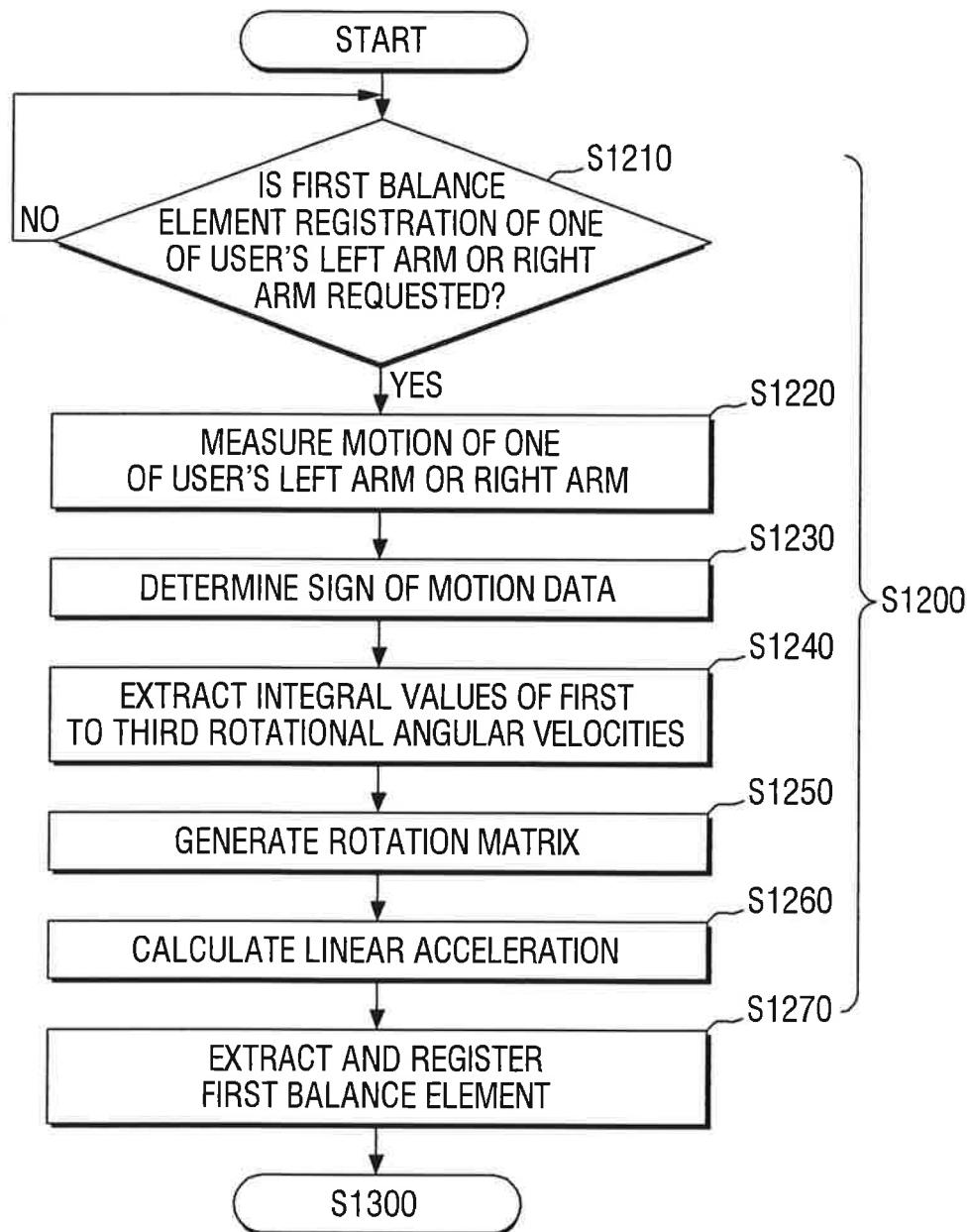


Fig. 13

14/14

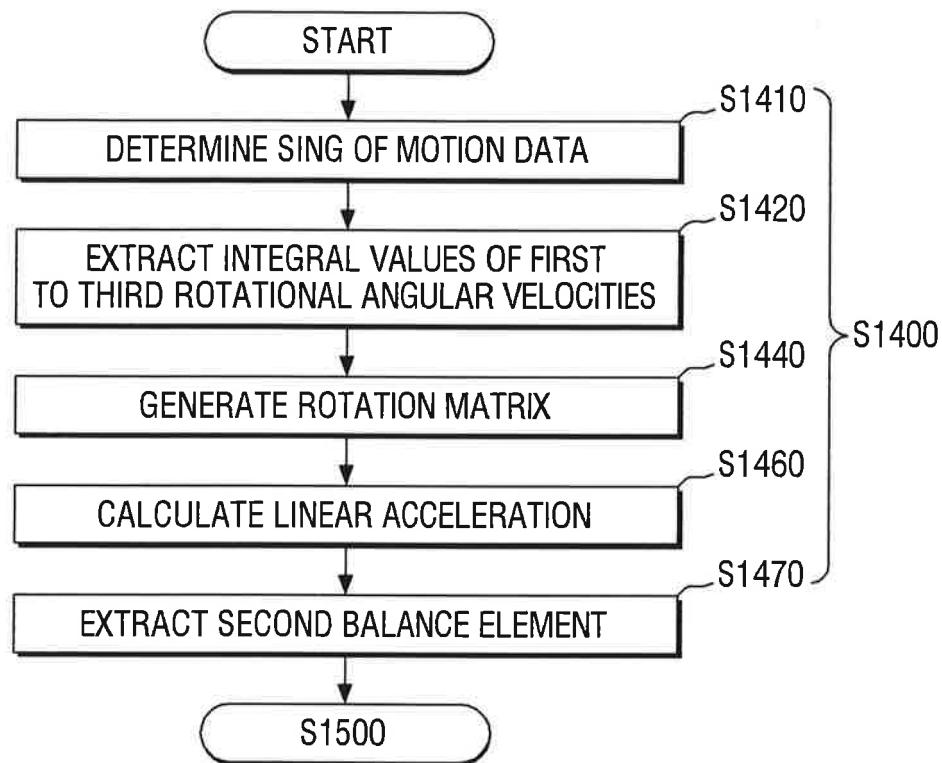


Fig. 14

1 **Relationship between the ball velocity and upper extremity kinematic variables during an**
2 **overarm throwing task of inexperienced individuals**

3

4 **Abstract**

5 **Objective:** The aim of this study was to investigate the relationship between the ball velocity and the
6 upper extremity kinematics for both dominant and non-dominant side in inexperienced participants
7 about an overarm throwing task.

8 **Methods:** Seven women who are inexperienced in overarm throwing participated in this study (Age:
9 25.1 ± 2.4 years, Height: 160.8 ± 3.5 ; Weight 56.5 ± 7.8). Participants visit the laboratory for three
10 days with one day rest between test sessions. Whole body 3-dimensional (3D) motion capture was
11 recorded during the overarm throwing trials with ten cameras Vicon motion analysis system (T-10,
12 T40, Oxford Metrics Ltd, UK). Total 45 overarm throwing were recorded for each side for each test
13 session. Ball speed also was measured 3 meters away behind the subjects and recorded for every trial.

14 **Results:** Mean ball velocity for the dominant and non-dominant hand was 44.9 ± 4.4 km/h and 38.7
15 ± 3.8 km/h, respectively. Only the trunk maximum extension angle and flexion angular velocity
16 showed moderate relationship with ball velocity. Other variables showed mostly weak and very weak
17 relationship with the ball velocity.

18 **Conclusion:** Dominant side was able to use the trunk and upper extremities more efficiently
19 compared to non-dominant side even though there are mostly weak relationships between the ball
20 velocity and kinematic variables. Trainers should focus on rotational movements especially for the
21 bigger segments at the early stages of the skill acquisition.

22

23 *Keywords :* Overarm Throwing, Ball Velocity, Upper Extremity, Inexperienced, Kinematics

24

25 **Introduction**

26

27 Overarm throwing like movements is frequently used in several sports such as baseball,
28 softball, volleyball, tennis and many other sports. It is a highly complicated movement which needs
29 the coordination of several segments for optimal performance. There are extensive overarm throwing
30 studies in the literature, especially for baseball pitching (Chu, Fleisig, Simpson, & Andrews, 2009;
31 Escamilla, Fleisig, Barrentine, Zheng, & Andrews, 1998; Werner, Suri, Guido, Meister, & Jones, 2008;
32 Wilk, Meister, Fleisig, & Andrews, 2000). It was reported there were differences in ball velocity and
33 kinematic variables according to the players' levels and pitching type during baseball pitching
34 (Escamilla et al., 1998; Fleisig, Barrentine, Zheng, Escamilla, & Andrews, 1999; Lee, 2007; Woo & Jung,
35 2009). It was emphasized that higher maximum angular velocities of the trunk and upper extremities
36 are important for faster ball velocities rather than the maximum angles (Fleisig et al., 1999; Seroyer et

37 al., 2010; Werner et al., 2008). However, these studies are mostly consisting of athletes who are
38 training regularly. Another study reported only shoulder external rotation upon the upper extremity
39 movements showed significant difference after 15 weeks of pitching training (Chun & Shin, 2012). It is
40 important to understand whether that human body has enough information for throwing faster balls
41 at the early stage of skill learning in complicated movements such as overarm throwing.

42 Therefore, the aim of this study was to investigate the relationship between the ball velocity
43 and the upper extremity kinematics for both dominant and non-dominant side in inexperienced
44 participants about an overarm throwing task.

45

46 Methods

47

48 1. Participants

49

50 Seven women who are inexperienced in overarm throwing participated in this study (Age:
51 25.1 ± 2.4 years, Height: 160.8 ± 3.5 ; Weight 56.5 ± 7.8). Participants informed that they need to
52 refrain any training or feedback about overarm throwing throughout this research.

53

54 2. Procedure

55

56 Participants visit the laboratory for three days with one day rest between test sessions. Whole
57 body 3-dimensional (3D) motion capture was recorded during the overarm throwing trials with ten
58 cameras Vicon motion analysis system (T-10, T40, Oxford Metrics Ltd, UK). The Kinematic data were
59 recorded at 200 Hz sampling rate. Markers and cluster markers were placed to anatomical landmarks
60 and extremities for creating a 14 segment model consisted of hands, forearms, upper arms, trunk,
61 pelvis, thighs, shanks, and feet were created for each participant. However, lower extremity results
62 were not used for data analysis.

63 They performed 15 overarm throwing for each dominant and non-dominant side in every test
64 session. Participants were asked to throw the ball "as fast as possible" to the foam cushion
65 approximately 4 m away from the participant. Participants performed overarm throws at their
66 comfortable standing position. Total 45 overarm throwing were recorded for each side. Ball speed
67 also was measured 3 meters away behind the subjects and recorded for every trial.

68

69 3. Data analysis

70

71 Kinematic data were processed first for marker labeling at Vicon Nexus Software (version 1.8.5,
72 Oxford Metrics Ltd, UK). Visual3d (version 5, C-Motion, USA) were used to calculate the kinematic

73 values. A previously described model was used to calculate kinematic variables (Gates, Walters,
74 Cowley, Wilken, & Resnik, 2016).

75
76 Calculated angles were filtered by a low-pass fourth order Butterworth filter with a 13.4 Hz as
77 suggested before by other researchers for baseball pitching (Chu et al., 2009; Escamillia et al., 2007;
78 Fleisig et al., 1999). First three trials for each condition and trials with missing markers or gimbal lock
79 occurrence were discarded.

80 International Society of Biomechanics (ISB) recommendations were used to define all upper body
81 segments' joint centers and local coordinate systems (Wu et al., 2005) except the wrist local
82 coordinate system (Rao, Bontrager, Gronley, Newsam, & Perry, 1996).

83 Shoulder angles were described in order as the plane of elevation (Y), elevation (X) and axial
84 rotation (Y'). Elbow angles were described as flexion – extension (Z), carrying angle (X) and
85 pronation-supination (Y). Wrist angles were described as flexion – extension (Z) ulnar – radial
86 deviation (X), pronation – supination (Y). Thorax angle relative to the globe coordinate system were
87 described as lateral flexion, axial rotation, and flexion – extension.

88 Joint angular velocities defined according to the parent segment for each joint. All data
89 normalized to 101 points and maximum values for each variable used for statistical analysis.

90 Maximum angles of trunk lateral flexion of the throwing side, trunk external rotation, trunk
91 extension, humeral elevation, the humeral plane of elevation posteriorly, humeral external rotation,
92 elbow flexion and wrist extension were reported for each throwing side.

93 Maximum angular velocities of trunk lateral flexion to the contralateral side, trunk internal rotation,
94 trunk flexion, humeral elevation, humeral plane of elevation anteriorly, humeral internal rotation,
95 elbow extension, and wrist extension were reported for each throwing side.

96 A Shapiro-Wilk test used to investigate the normal distribution of the data set. A Spearman's rank
97 order correlation test used to investigate the relationship between the kinematic variables and ball
98 velocity because of the violation of normal distribution assumption.

99

100 **Results**

101 Mean ball velocity for the dominant and non-dominant hand was 44.9 ± 4.4 km/h and $38.7 \pm$
102 3.8 km/h, respectively.

103 There was a relationship between some of the kinematic variables and the ball velocity for
104 dominant and non-dominant side (Table 1).

105 Maximum trunk rotation angle, elbow flexion angle, humeral plane of elevation angular velocity and
106 wrist flexion angular velocity have a very weak positive relationship with the ball velocity for the
107 dominant hand. Maximum trunk extension angle has a positive very weak relationship with the ball

108 velocity while shoulder internal rotation angular velocity has a negative very weak relationship with
 109 the ball velocity for non-dominant hand.

110 Maximum trunk lateral flexion angle, shoulder external rotation angle. Trunk lateral flexion
 111 angular velocity, and shoulder internal rotation angular velocity showed a positive relationship with
 112 the ball velocity for the dominant side. There was a weak positive relationship between the ball
 113 velocity and trunk rotation angle, humeral elevation angle and elbow extension angular velocity on
 114 the non-dominant side. However, the maximum angular velocity of humeral plane of elevation and
 115 wrist flexion showed a negative relationship with ball velocity in the non-dominant side.

116 Only dominant side showed moderate positive relationship between the ball velocity and
 117 maximum trunk extension angle and flexion angular velocity angular velocity.

118

119 Table 1. Spearman's Rank Order Correlation coefficients of ball velocity vs. kinematic variables

	Dominant (n = 231)		Non-Dominant (n = 230)	
	r_s	p	r_s	p
Maximum angles				
Trunk lateral flexion ^a	.361	.000		NS
Trunk rotation ^b	.144	.029	.216	.001
Trunk Extension	.430	.000	.189	.004
Humeral plane of elevation ^c		NS		NS
Humeral elevation ^d		NS	.222	.001
Shoulder external rotation	.360	.000		NS
Elbow flexion	.139	.035		NS
Wrist extension		NS		NS
Maximum angular velocities				
Trunk lateral flexion ^{aa}	.367	.000		NS
Trunk rotation ^{bb}		NS		NS
Trunk flexion	.463	.000		NS
Humeral plane of elevation ^{cc}	.156	.018	-.280	.000
Humeral elevation ^{dd}	.272	.000		NS
Shoulder internal rotation	.348	.000	-.158	.000
Elbow extension	.195	.003	.291	.000

Wrist flexion	.172	.009	-.238	.000
a: Lateral flexion to throwing side; aa: Lateral flexion to contralateral side				
b: External rotation to throwing side; bb: Internal rotation to contralateral side				
c: Humeral plane of elevation to posteriorly; cc: Humeral plane of elevation to anteriorly				
d: Humeral elevation to posteriorly (extension); dd: Humeral elevation to anteriorly (flexion)				

120

121 **Discussion**

122

123 A previous study showed that there were differences according to the players' level for ball velocity,
 124 elbow flexion angle, upper trunk velocity, elbow extension velocity and maximum internal rotation
 125 velocity (Fleisig et al., 1999). Werner et al. (2008) reported that maximum shoulder external rotation
 126 angle, shoulder angular velocity, and elbow extension angular velocity have a positive relationship
 127 with ball velocity in collegiate baseball players. It is evident that angular velocities more important
 128 than the maximum angles because of the indifferences according to the players' levels
 129 (Fleisig et al., 1999; Werner et al., 2008).

130 Our results showed especially dominant side kinematic variables showed a positive relationship with
 131 ball velocity while some of the variables showed an opposite negative relationship for the non-
 132 dominant side. It can be the effect of the general usage of the dominant side more than the non-
 133 dominant side. Our subjects were inexperienced in overarm throwing activities. However, it is hard to
 134 say that they did not perform any throwing activities throughout in their life. Therefore, it is expected
 135 that they used their dominant side more effectively during throwing. Also, the non-dominant side
 136 results were especially useful to give supportive information about early skill acquisition. Non-
 137 dominant side results can be interpreted in perspective for earlier skill acquisition compared to
 138 dominant side since dominant side results can be affected because of the general use.

139 Trunk angular velocities are especially important in throwing activities because of its high contribution
 140 to torque production (Lin et al., 2003; Oyama et al., 2014; Seroyer et al., 2010). Our results showed
 141 moderate relationship for sagittal plane movements for trunk for the dominant side, even though the
 142 rotational movement of the trunk is an important variable for increasing the ball velocity. It can be
 143 related because most of the movements in normal life include sagittal plane motions while the
 144 rotational movements used for more special occasions. Also, the absence of a significant relationship
 145 for the non-dominant side with trunk angular velocities can be a sign of the inefficient use of the
 146 trunk during overarm throwing.

147 Upper extremities for the non-dominant side showed a negative relationship with ball velocity which
 148 is opposite with the literature. It can be caused by the improper trunk movement which failed to
 149 produce needed torques for faster ball velocity. As cited in Seroyer et al. (2010), Kibler and Chandler
 150 reported that %34 increase of shoulder rotation velocity is needed in case of %20 decrease in kinetic

151 energy transfer from trunk and hip. Therefore, the transfer of the produced torque from trunk to the
152 upper extremities probably impaired for the non-dominant side. Furthermore, even the increased
153 upper extremity velocities were not enough to produce faster throws to compensate it.

154

155 In summary, rotational movements should be prioritized at the early stages of the skill learning for
156 highly coordinative movements for involving several segments. Trainers should focus on especially the
157 bigger segment rotational movements for efficient torque productions and kinetic energy transfers.

158

159 **Conclusions**

160

161 Dominant side was able to use the trunk and upper extremities more efficiently compared to non-
162 dominant side even though there are mostly weak relationships between the ball velocity and
163 kinematic variables. Trainers should focus on rotational movements especially for the bigger
164 segments at the early stages of the skill acquisition.

165

166 In the future, studies which investigate the relationship between the sequence of segments, kinetic
167 variables and effect of training should be performed for a better understanding of the early skill
168 acquisition for complicated movements.

169

170 **References**

171

172 Chu, Y., Fleisig, G. S., Simpson, K. J., & Andrews, J. R. (2009). Biomechanical comparison between elite
173 female and male baseball pitchers. *Journal of Applied Biomechanics*, 25(1), 22–31.

174 Chun, Y.-J., & Shin, I.-S. (2012). Kinematic Analysis of Baseball Throw after 15 Weeks of Class. *Korean
175 Journal of Sport Biomechanics*, 22(1), 1–7.

176 Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Zheng, N., & Andrews, J. R. (1998). Kinematic
177 comparisons of throwing different types of baseball pitches. *Journal of Applied Biomechanics*,
178 14(1), 1–23.

179 Escamillia, R., Barentinne, S., Fieisig, G., Naiquan, Z., Takada, Y., Kingsley, D., & Andrews, J. (2007).
180 Pitching biomechanics as a pitchers approaches muscular fatigue during a simulated baseball
181 game. *American Journal of Sports Medicine*, 35(1), 22-33.

182 Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Zheng, N., Escamilla, R. F., & Andrews, J. R. (1999). Kinematic and
183 kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development. *Journal of
184 Biomechanics*, 32(12), 1371–1375.

- 185 Gates, D. H., Walters, L. S., Cowley, J., Wilken, J. M., & Resnik, L. (2016). Range of motion requirements
186 for upper-limb activities of daily living. *American Journal of Occupational Therapy*, 70(1),
187 7001350010p1-7001350010p10.
- 188 Lee, D.-W. (2007). The Biomechanical Analysis of Throwing Motion for the Elementary Students -
189 Developmental Approach -. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 17(1), 69-79.
- 190 Lin, H., Su, F., Nakamura, M., Chao, E. Y. S., Lin, H.-T., Su, F.-C., ... Su, F. C. (2003). Complex chain of
191 momentum transfer of body segments in the baseball pitching motion. *Journal of the Chinese
192 Institute of Engineers*, 26(6), 861-868.
- 193 Oyama, S., Yu, B., Blackburn, J. T., Padua, D. A., Li, L., & Myers, J. B. (2014). Improper trunk rotation
194 sequence is associated with increased maximal shoulder external rotation angle and shoulder
195 joint force in high school baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(9),
196 2089-94.
- 197 Rao, S. S., Bontrager, E. L., Gronley, J. K., Newsam, C. J., & Perry, J. (1996). Three-dimensional
198 kinematics of wheelchair propulsion. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 4(3), 152-
199 160.
- 200 Seroyer, S. T., Nho, S. J., Bach, B. R., Bush-Joseph, C. A., Nicholson, G. P., & Romeo, A. A. (2010). The
201 kinetic chain in overhand pitching: its potential role for performance enhancement and injury
202 prevention. *Sports Health*, 2(2), 135-46.
- 203 Werner, S. L., Suri, M., Guido, J. A., Meister, K., & Jones, D. G. (2008). Relationships between ball
204 velocity and throwing mechanics in collegiate baseball pitchers. *Journal of Shoulder and Elbow
205 Surgery*, 17(6), 905-908.
- 206 Wilk, K., Meister, K., Fleisig, G., & Andrews, J. R. (2000). Biomechanics of the overhead throwing
207 motion. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 8(2), 124-134.
- 208 Woo, B.-H., & Jung, Y.-J. (2009). Kinematical analysis of fastball and longtoss during baseball throwing.
209 *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(3), 425-433.
- 210 Wu, G., Van Der Helm, F. C. T., Veeger, H. E. J., Makhsous, M., Van Roy, P., Anglin, C., ... Buchholz, B.
211 (2005). ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the
212 reporting of human joint motion - Part II: Shoulder, elbow, wrist and hand. *Journal of
213 Biomechanics*, 38(5), 981-992.
- 214
- 215
- 216

세미나 보고서

과제번호	s720105082015	연구책임자	주식회사 직토 김성현
과제명	스포츠밴드 기반 야구선수 활동량 측정 솔루션 개발		
당해년도 연구기간	2016.1.1.~2016.12.31		
지원기관	스포츠기술개발원		

일시	2016. 12. 07.
장소	(주) 직토 회의실 (서울특별시 강남구 언주로147길 9-11 B1)
진행자	성명: 정화영 / 소속: 주식회사 직토 / 직위: 연구원
내용	<ul style="list-style-type: none">- 야구 모션 중 Pitching 과 Bating에 따른 가속도 원신호에 대한 고찰- Pitching과 Bating 모션 인식에 대한 신호처리 방법- 가속도센서를 이용한 머신러닝기반 모션인식 분야 선행연구 Review- 분류기 알고리즘 별 모션인식 정확도 산출 결과 내용- 최종 알고리즘 완성을 위한 방법 및 국민대 연구 결과 적용방법 논의

2016년 12월 07일
연구책임자 : 김성현 (인)

[붙임1]

증빙 사진



세미나 보고서

과제번호	s720105082015	연구책임자	주식회사 직토 김성현
과제명	스포츠밴드 기반 야구선수 활동량 측정 솔루션 개발		
당해년도 연구기간	2016.1.1.~2016.12.31		
지원기관	스포츠기술개발원		

일시	2016. 12. 11. 13:00 ~ 18:00 (5시간)
장소	성남시 분당구 삼평동 689번지(판교테크노밸리) 차바이오컴플렉스 B1 오디토리엄
참석자	성명: 김혜리 외 3명 / 후원: 주식회사 직토
내용	<p>- MLB 선수들의 경기력 향상과 부상 예방 및 재활 프로그램에 대한 세미나 진행</p> <p>- 세미나 일정 및 내용은 첨부자료 참조</p>

2016년 12월 11일
연구책임자 : 김성현 (인)

[붙임1]

증빙 사진



MLB 선수들의 경기력 향상과 부상 예방 및 재활 프로그램

일 시 _ 2016년 12월 11일(일) 13:00~18:00

장 소 _ 성남시 분당구 삼평동 689번지(판교테크노밸리 内)
차바이오컴플렉스(Cha Bio Complex) 지하 1층 오디토리엄

주최/주관 _ 국민대학교 대학원 스포츠공학융합학과, 국민체육진흥공단

후 원 _ (주) ZIKTO

문 의 _ 02-910-5183

시간	내용
13:00~13:30	등록
13:30~13:35	환영사
13:35~14:25	The changing world of injury prevention and treatment in baseball (Charles Leddon / Cincinnati Reds)
14:25~15:15	Scouting and Development for Pitch Recognition and Strike Recognition (Jason Sherwin / deCervo CEO)
15:15~15:40	휴식
15:40~16:30	Baseball Performance Training : What does it mean? (Junggi Hong / CHA University)
16:30~17:20	Baseball Pitchers Medial Elbow Pain – Neural Tension Considerations (Guido Van Ryssegem / Oregon State University)
17:20~17:50	패널토론



Jason Sherwin



Charles Leddon



Junggi Hong



Guido Van Ryssegem



MLB 선수들의 경기력 향상과 부상 예방 및 재활 프로그램



일 시 _ 2016년 12월 11일(일) 13:00~18:00

장 소 _ 성남시 분당구 삼평동 689 차바이오컴플렉스
지하1층 오디토리엄

주최/주관 _ 국민대학교 대학원 스포츠공학융합학과

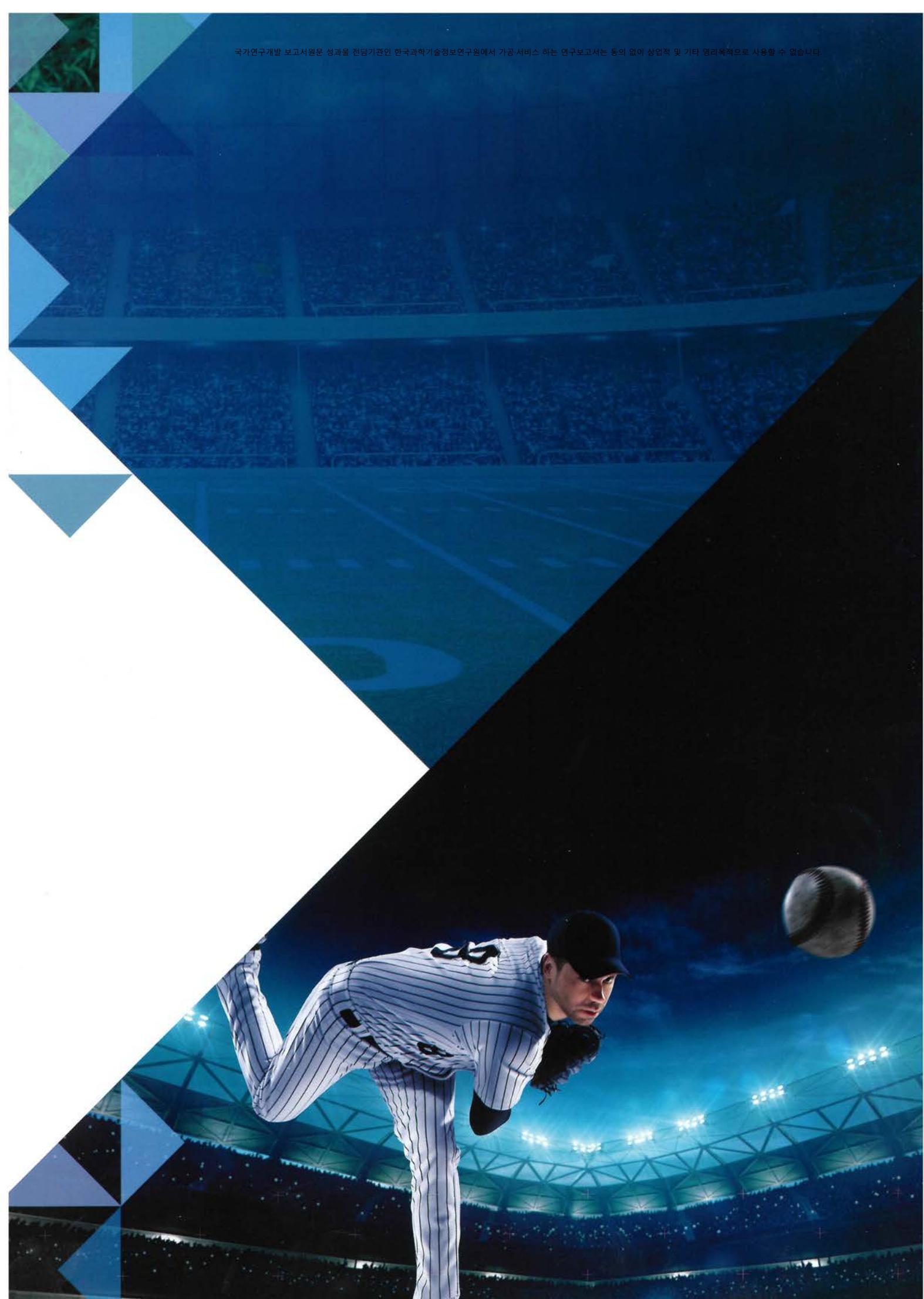
후 원 _ (주) ZIKTO

문 의 _ 02-910-5183



PROGRAM

시간	내용
13:00~13:30	등록
13:30~13:35	환영사
13:35~14:25	The changing world of injury prevention and treatment in baseball (Charles Leddon / Cincinnati Reds)
14:25~15:15	Scouting and Development for Pitch Recognition and Strike Recognition (Jason Sherwin / deCervo CEO)
15:15~15:40	휴식
15:40~16:30	Baseball Performance Training : What does it mean? (Junggi Hong / CHA University)
16:30~17:20	Baseball Pitchers Medial Elbow Pain – Neural Tension Considerations (Guido Van Ryssegem / Oregon State University)
17:20~17:50	패널토론



Charles Leddon : Cincinnati Reds



The changing world of injury prevention and treatment in baseball

Charles Leddon is the Director of Sports Science Initiatives for the Cincinnati Reds.

He was promoted to this position after spending 18 years as a minor league athletic trainer in professional baseball with 4 different organizations including 9 with the reds in that capacity.

He did his undergraduate educational work at Pepperdine University in sports medicine, where he also traveled with the national championship baseball team as an athletic trainer (1992), and did his master's level work in biomechanics as well as his doctoral work in sports medicine at Oregon State University.

Charles is also currently the Sports Medicine Research Director at the Andrews Research and Education Foundation, where he has overseen the research agenda for the last 5 years.



Scouting and Development for Pitch Recognition and Strike Recognition

Jason Sherwin, Ph.D. is co-founder and Chief Executive Officer of deCervo, a startup based in New York City that focuses on brain imaging of high-speed decision-making. Since its founding in March 2014, deCervo's work has been featured in both the popular and scientific press (e.g., Wall Street Journal, Scientific American, Tech Graphs), while its user base in sports has spread through NCAA Division I and Major League Baseball, as well as the National Hockey League and NCAA Division I Football. In 2015,

he received a faculty appointment as Research Assistant Professor in the Department of Ophthalmology at the State University of New York Downstate Medical Center. Prior to this faculty appointment, Jason completed his post-doctoral training at Columbia University under the direction of the brain-computer interface expert Prof. Paul Sajda, and received his Ph.D. (2010) and M.S. (2006) in Aerospace Engineering from the Georgia Institute of Technology. He also holds a BA in Physics from the University of Chicago (2005). Furthermore, he is an active composer and performer in the music industry.

Jason Sherwin
: deCervo CEO

Junggi Hong
: CHA University



Baseball Performance Training : What does it mean?

Dr. Hong is the Dean of Graduate School in Sports Medicine at CHA Medical Science University. He received his Ph.D in Exercise Science (Motor Control based Athletic Training) from Oregon State University and worked as Assistant Professor in Exercise Science at Willamette University from 2008 to 2013.

While working at Willamette University, he published about 20 manuscripts related to sports rehabilitation and strength training and conditioning. He moved to Kookmin University in 2013 and finally arrived at CHA Medical Science University to direct Sports Medicine Graduate Program.

Dr. Hong is currently conducting various research projects funded by Ministry of Culture, Sports, and Tourism, corporates and other private sectors. His primary research interest is to examine neuromuscular mechanisms of sports injury and to investigate whether sports injuries could be prevented with various types of sports performance training.



Baseball Pitchers Medial Elbow Pain - Neural Tension Considerations

Guido Van Ryssegem has been in clinical practice for 35 years and has been working in the strength and conditioning arena for 25 years. Guido has a wide range of expertise including his own movement dysfunctions restoration model, movement variability, dynamic

systems theory, applied motor control and motor learning strategies, and functional training. He is a practitioner and guest lecturer at Oregon State University and has published in the Asian Journal of Martial Arts, International Journal of Sports Physical Therapy, Isokinetics and Exercise Science as well in Medicine & Science in Sports & Exercise.

Guido also guest lectured for the University of Oregon, Willamette University, Western Oregon University, the University of Taipei, Seoul Kookmin University, and the National Personal Training Institute (NPTI).

He is a guest presenter for the EXOS Athletes' Performance Institute, Empiridience, MedBridgeEducation as well at the Perform Better summits and presents worldwide related to his expertise's.

He has presented for the NATA, NSCA and ACSM at the state, regional and national level. He has practiced for the Kansas City Royals, Texas Rangers and the Baltimore Orioles. His expertise extends to his own Kinetic Integrations Exercise Professional Certification and methodology. He is a board certified Athletic Trainer (ATC), Registered Nurse (RN) and Strength and Conditioning Coach (CSCS) while also certified Association (NATA) Service Award.

Guido is active within the National Strength and Conditioning Association (NSCA) as the coordinator for the Northwest Region and committee member of their special population certification committee. Within the NATA he is an active member for the Committee On Reimbursement (COR) committee and Occupational Wellness Committee member. He is a member of the American College of Sports Medicine (ACSM). Guido is also the Elevation Fitness Program Coordinator – an exercise database management system. Guido enjoys world travels with his wife Martha, who is the electronic medical records manager at the Oregon State University, Student Health Services Center, studies cultural and medical anthropology, advanced motor control and motor learning sciences and methodologies.

Guido Van Ryssegem
: Oregon State University

당기 관인 한국과학기술정보연구원에서 기공서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다.



PITCHING MOTION

 COUNTING

numbers of pitch

 VIBRATION ALARM

when the goal is reached

 ANALYZING

Pitching speed & motion

 REPORT IN APP

daily / weekly / monthly progress

 COUNTING

numbers of swing

 VIBRATION ALARM

when the goal is reached

 DETECT

Hits / Non-hits batting action

 REPORT IN APP

daily / weekly / monthly progress



BATTING MOTION

당기 편안 한 체력 기관 운동을 원해서 기관 서비스 하는 연구보고서는 등이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다.

Excessive amount of practice can be a cause of muscle and joint injury.

ZIKTO Baseball alerts when your daily / weekly goal is reached.

Control your practice intensity with ZIKTO Baseball.

3D MOTION CAPTURE

3D motion capture engine used in development

Swing angle & Pitching type will be updated further

Event1

Event2

Event3

Event4

Phase1

Phase2

Phase3

ZIKTO Baseball Application

supports
iOS & Android

