

# IoT 서버 기술을 활용한 웨어러블 스포츠 헬멧 디바이스 설계

김진국, 김수현\*  
남서울대학교 스포츠건강관리학과 교수

## A Study of Development of Wearable Sports Helmet Device Using IoT Server Technology

Jin-Kook Kim, Soo-Hyun Kim\*  
Professor, Department of Sport & Healthcare, Namseoul University

**요약** 이 연구의 목적은 스포츠 현장에서 헬멧 착용이 필수인 종목을 중심으로 IoT 서버 기술을 활용하여 웨어러블 스포츠 헬멧 디바이스를 개발, 설계하는 것이다. 이를 통해 스포츠 현장에서 훈련 또는 경기 중 개인의 생체정보를 지속적으로 추적하고, 데이터를 기반으로 선수들의 컨디션 확인은 물론 부상 예방과 위험한 상황을 알려줌으로써 선수들의 맞춤형 훈련이 가능하다. 또한 훈련장소가 폭염이나 극한으로 인하여 신체 건강을 해칠 우려가 있는 경우에도 웨어러블 디바이스 기기를 통해 경기력을 향상시킬 수 있는 기반을 마련할 수 있다. 이러한 기술은 스포츠 현장뿐만 아니라 산업 현장 및 소외계층 등 사회 전반에 적용가능하기 때문에 확장성도 기대할 수 있다.

**주제어** : IoT 서버, 웨어러블 디바이스, 스포츠 헬멧, 헬스케어, 스포츠융복합

**Abstract** The purpose of this study is to design a process for developing wearable sports helmet devices by utilizing IoT server technology, focusing on sports where helmet wear is essential at sports sites. This enables customized training of athletes by continuously accumulating personal biometric information during training, checking players' condition based on data, and informing them of injury prevention and dangerous situations. In addition, the wearable device that can be useful when the training place is likely to damage the physical health due to heat waves or extremes can provide a foundation for improving the performance. Since such technology can be applied not only to the sports field but also to the society such as the industrial field or the underprivileged, it can be expected to be expandable.

**Key Words** : IoT server, Wearable device, Sports helmet, Healthcare, Sports convergence

### 1. 서론

최근 스포츠산업 분야에서 각광받는 관심사 중 하나는 웨어러블 디바이스의 접목으로 새로운 기능의 제품을 경험하는 것이다[1]. 웨어러블 디바이스는 사물인터넷(IoT)

컴퓨팅 장비의 한 종류로써 신체에 부착하거나 착용하여 스마트폰 또는 컴퓨터와 무선으로 연동한다는 장점을 가지고 있어 다양한 분야에 활용이 활발하게 진행되고 있다. 또한 개인의 신체 변화 또는 주변 환경에 대한 센싱 정보를 실시간으로 수집하여 서버에 전송하면서 빅데이

\*이 논문은 ICISA 2019 국제학술대회에서 발표한 내용을 수정, 보완하였음

(This paper has revised and supplemented the contents of the ICISA 2019 international conference.)

\*Corresponding Author : Soo-hyun Kim(shkim001@nsu.ac.kr)

Received January 30, 2020

Revised March 30, 2020

Accepted April 20, 2020

Published April 28, 2020

터를 추적할 수 있는 차세대 핵심기술이다[2]. 특히 대중화를 통해 스포츠, 피트니스, 건강관리의 목적으로 성장하여 헬스케어 분야는 많은 사람들의 기대를 받고 있는 있다[3]. 때문에 전문 선수들 역시 웨어러블 디바이스를 활용하여 상해 예방, 경기력 향상 및 경기 전략 수립을 위한 목적으로 제품을 이용하고 있다. 일례로 폴라(Polar) 제품은 운동 중 가슴에 착용하여 선수의 운동시간, 칼로리 소모량, 심박 수, 목표 심박 수 범위, 운동 중 평균 심박 수 등의 정보를 알려줘 전문적인 훈련에 도움을 주는 것으로 가장 많이 사용되고 있다.

또한 2016년 리우데자네이루 올림픽에서는 미국의 육상과 수영선수들이 헤드셋 형태의 웨어러블 디바이스인 헤일로 스포츠(Halo Sports)를 착용함으로써 뇌의 운동 피질을 자극시켜 줌으로써 운동 능력을 향상시켜 화제가 된 바 있다. 야구에서는 모투스 베이스볼(motusBASEBALL)이라는 웨어러블 디바이스는 경기 중 착용하여 선수들의 움직임을 추적하면서 볼을 투구할 때 팔꿈치에 가해지는 스트레스를 측정하여 투수의 부상을 방지하는 역할을 해준다[4]. 그러므로 스포츠에서 보다 효과적인 디바이스의 활용을 위해서는 그 범위를 확대하여 적용할 필요가 있다. 즉, 평소 훈련 시에도 선수들의 생체정보를 수집하고, 특히 환경적 위험에 처해 있는 상황에서의 건강을 유지하면서 경기력을 향상시키기 위한 노력이 필요하다[5]. 이러한 기술은 이미 경기중인 선수들의 어깨에 RFID태그와 체온계를 장착하여 코칭 스태프에게 정보를 시각화하여 보여주고 있어 앞으로 시장이 꾸준히 확대될 전망이다[6].

한편 점차 지구온난화와 맞물려 전 세계에 이상기후가 나타나고 있고, 폭염과 혹한의 날씨가 많이 나타나면서

야외에서 훈련을 하고 있는 선수들에게는 또 하나의 위험요소로 작용하고 있다. 그렇기 때문에 이에 대한 예방 차원의 방안으로 웨어러블 디바이스를 활용할 필요가 있다. 특히 안전을 위해 헬멧을 착용하는 야구의 포수, 사이클, 인라인 스케이트 등의 종목 선수들의 경우는 보다 엄격한 관리가 필요할 것이다. 폭염의 날씨에서 고열과 고습으로 인한 더 높은 위험에 노출되어 있기 때문에 이러한 상황에서 운동지속과 휴식에 대한 경계점이 모호해서 자칫 건강을 크게 해칠 가능성이 높다.

그러므로 웨어러블 스포츠 헬멧은 선수들의 신체 정보를 실시간으로 수집하고, 날씨나 운동 강도에 따라 변화하는 신체의 이상 징후를 알려줄 수 있고, 이후 데이터가 축적될수록 개인별 신체 상황에 따른 차별화된 훈련 프로그램 및 관리가 가능해질 수 있다[7]. 아울러 다양한 산업분야에 응용도 가능한데, 건설노동자나 소방관 등 헬멧 착용이 필수인 직업인들에게도 적용이 가능할 것이다. 따라서 이 연구는 IoT 서버 기술을 활용한 웨어러블 스포츠 헬멧 디바이스의 개발 및 제품 설계를 위한 가이드라인을 제시하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 개발 내용

스포츠 선수들의 훈련 시 나타날 수 있는 생체적 위험 정보를 웨어러블 스포츠 헬멧을 통해 생체 정보와 함께 공공 데이터를 수집하여 위험성을 세분화하고, 맞춤형 알람 신호를 통해 훈련 중단을 지시하는 웹 서버 시스템을

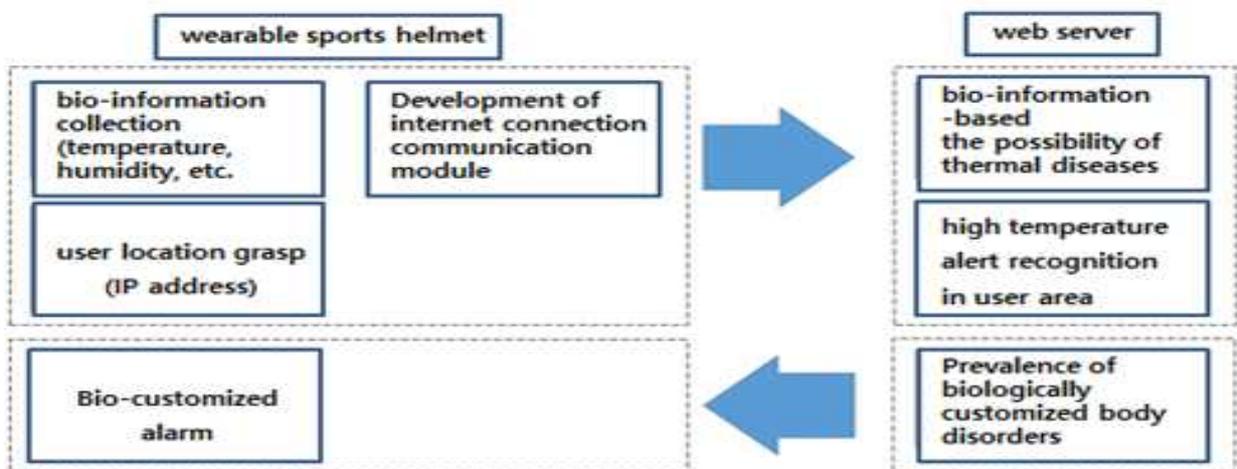


Fig. 1. Contents of technology development

Fig. 1과 같이 구축하고자 한다.

먼저 선수들의 정확한 신체정보 수집을 위해 다음과 같은 항목을 수집한다. 그 기준은 한국의 국민건강관리공단이 명시한 기준[8]을 따른다.

- ① 고온 체온 파악 : 온도센서(고온증상 기준: 온도 40~41도)
- ② 다한 현상 파악 : 습도센서(다한증상 기준: 습도 80%)
- ③ 실신 초기증상 파악 : 심박수 센서 (심박수 20% 증가)
- ④ 안전모 착용 여부 : 압력센서
- ⑤ 외부 작업장 온도 : 온도 센서
- ⑥ 외부 정보 수집: 현재 장소의 폭염경보 확인

다음으로 동일한 환경내에 훈련중인 선수 및 스태프들이 10초 이내에 조치를 취할 수 있는 경보 알람 시스템을 구축하기 위해 다음과 같은 기준을 설정한다.

- ① 폭염 경보에 해당하는 경우(근로자 건강 센터 기준) : 20분 간격으로 2분 내외의 휴식이 지켜지지 않을 경우, 경보 발생
- ② 폭염 경보에 해당하지 않을 경우(국민건강관리공단 관리 기준)
  - 열경련: 외부온도 35도이상, 체온 40도이상(20분), 다한 증상(습도80%이상)
  - 열실신: 외부온도 35도이상, 체온 38도이하, 습도 80%이상, 심박수 20%증가
  - 열피로: 외부온도 35도이상, 체온 40도이하, 습도 80%이하, 심박수 20%증가
  - 열사병: 외부온도 35도이상, 체온 40도이상(20분), 다한 증상(습도 80%이상)

설정된 기준을 가지고 훈련중인 스포츠 헬멧 착용자의 체온, 땀, 심박수, 작업장 온도를 측정할 수 있는 웨어러블 헬멧 장치를 개발한 후에 수집된 신체 정보를 웹 서버로 보낸다. 그리고 수집된 정보의 TPC/IP 주소를 분석하여 위치를 파악하고, 착용자의 위치에 해당하는 공공 데이터(외부 온도, 습도, 폭염 경보/주의보, 혹은 경보/주의보 등)를 수집한다. 서버에서 신체 정보와 공공데이터를 기반으로 외부환경으로 인한 질환의 가능성을 계산하여 기준치를 초과할 경우 원격 알람을 통해 위험성을 알려준다[9].

## 2.2 기술 적용의 정량적 목표

스포츠 선수들의 건강 예방을 위한 웨어러블 스포츠 헬멧의 시제품 성능 평가는 온도, 습도, 심박수, 압력센서 분해능으로 구분할 수 있다[10]. 또한 공공데이터를 적용한 환경 분석은 web 통신을 이용하여 모니터링 네트워크 성능 평가를 통해 접근이 가능한데, 서버의 응답시간과 서버의 수용량이 정량적 목표 기준이 된다. 두 가지 측면의 기술 적용에 대한 정략적 목표의 성능지표 목표와 측정방법은 아래의 Table 1 및 Table 2와 같다.

우선 정량적 목표로 온도의 정확성은  $\pm 0.7^{\circ}\text{C}$ 이내, 습도의 정확성은  $\pm 5\%$  RH 이내, 심박수의 정확성은 30% 이내, 압력 센서 분해능은 100g, 센서 반응 시간은 10초 이내, 서버 수용량은 100명 이상으로 설정하였다. 그런데 현재 압력 센서 분해능의 경우 측정할 수 있는 기관이 없어 자체적으로 측정해야 하는 한계점을 가지고 있다[11].

다음으로 측정 방법은 우선 온도 측정의 정확성을 위해 센서가 포함된 PCB 모듈을 가지고 5개 이상의 시료를 외부기관에서 공인된 장비로 측정한 온도와 개발 장비로 측정한 온도를 비교하는 방식으로 적용할 예정이다. 마찬가지로 방법으로 습도와 심박수 역시 공인된 외부기관의 장비와 비교하여 정확도를 측정할 예정이고, 압력 센서 분해능의 경우 측정기관이 없어 자체적으로 측정을 진행할 예정이다. 즉, 일정 압력을 가하면서 발생하는 센서 출력값을 푸쉬풀 게이지(분해능 10g)를 이용하여 측정할 것이다.

Table 1. Performance index goal

Key performance indicator	unit	Final development goal	World's highest level	weight (%)	Measure Agency
1. Temperature measurement accuracy	$^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.7^{\circ}\text{C}$ within	$\pm 0.5$ within (alternate HR)	25	Authorized Test book
2. Humidity measurement accuracy	%RH	$\pm 5\%$ within	$\pm 4\%$ within (alternate HR)	25	Authorized Test book
3. Heart rate measurement accuracy	count	30% within	20% (Samsung Gear Fit 2 Pro)	25	Authorized Test book
4. Pressure Sensor resolution*	g	100g	100g (apple watch)	15	Perform Organ self-measurement
5. Server Response Time	sec.	below 10	5 (KSTI, UK)	20	KOLAS Certification Agency
6. Server capacity	persons	More than 100	200 (KSTI, UK)	10	KOLAS Certification Agency

\* Performance Indicator 4 does not currently have a company that can measure resolution

Table 2. Measurement method

Main performance Indicators	Sample Definition	Number of Samples <sup>1)</sup> (n≥5)	Measurement method (specification, environment, result calculation, etc.)
Temperature measurement accuracy	PCB Module with Sensor	5	Comparing temperature measured by external equipment with temperature measured by development equipment
Humidity measurement accuracy	PCB Module with Sensor	5	Comparing humidity measured by external equipment with humidity measured by development equipment
Heart rate measurement accuracy	PCB Module with Sensor	5	Compare heart rate measured with equipment approved by an external organization to that measured with development equipment
Pressure sensor resolution	PCB Module with Sensor	5	Measure the sensor output value while applying a constant pressure using a push-pull gauge (resolution 10g)
Server response time	PCB Module with Sensor	5	Measure the time it takes to get from the device to the server to the APP Using nGrinder, a server measurement program If you can't use the wifi network to access the server
Server capacity	PCB Module with Sensor	5	Measure the capacity of the server on your device. Using nGrinder, a server measurement program, if you can't use a wifi network that can connect to an authorized vendor's server

<sup>1)</sup>Less than 5 samples (n<5) reason for indicator

서버 응답 시간과 수용량의 경우 디바이스에서 서버를 거쳐 APP까지 가는데 걸리는 시간을 측정할 예정인데, 이는 서버 측정 프로그램인 nGrinder를 이용할 것이고 [12], 만약 공인업체 서버에 접속할 수 있는 wifi 통신망을 이용할 수 없다면 자체 측정할 예정이다.

### 2.3 핵심 기술의 적용 방안

스포츠 선수들의 신체 정보 융합과 각종 질환에 대한 모니터링 기능을 탑재하여 개인의 체온뿐만 아니라 훈련 환경의 온도를 비교하여 환경 변화에 따라 유동적인 대처를 하기 위해서는 객관적인 기준에 의한 모니터링도 중요하지만, 개인이 가지고 있는 이력에 대한 정보 열람 역시 가능해야 보다 정확한 데이터에 근거하여 위험 인자를 감지할 수 있다. 아직까지 한국의 기술력은 초보 단계이며, 영국의 Laing O'Rourke社에서는 건설현장에서 사용할 수 있는 스마트 안전모를 자체 개발하여 적용하고 있다. 본 연구 개발에 있어 가장 핵심적인 개념은 심박수 측정 프로토타입 제작으로 심박수 측정 회로를 통해 심박수를 PC에서 모니터링하는 소프트웨어 개발이

우선되어야 할 것이다[13]. 구체적으로 개발 항목과 세부 내용에 대한 내용은 다음과 같다.

#### 2.3.1 생체/환경 정보 수집 회로 개발 및 시작품 제작

- ① 아날로그 센서 : 심박수, 압력
- ② 디지털 센서 : 온도, 습도
- ③ 아날로그/디지털 입력이 가능한 회로를 구성하고, 측정 결과는 무선통신을 통해, 스마트폰으로 송신
- ④ 스마트폰에서는 앱을 통해, 정보를 분석
- ⑤ 측정된 신호를 서버로 전송 검증
- ⑥ 알람 기능은 모바일 또는 안전모에서 직접 수신 및 알람 기능 탑재 : 안전모의 알람은 소리이며, 60 dB 이상이고, 모바일의 알람은 휴대폰 기본 설정인 소리 또는 진동임.
- ⑦ 아래의 Fig. 2와 같이 생체신호 모니터링 시스템 구현
- ⑧ 요소별 센서 테스트 및 회로의 집적화를 통한 PCB 회로 구현
- ⑨ 표준 산업 안전모를 이용한 시작품 설계 및 제작

#### 2.3.2 필드 테스트를 통한 훈련/휴식 시간 수집 측정

- ① 스마트폰 앱에서 훈련/휴식 시간을 계산하기 위한 필드 테스트 수행
- ② 훈련/휴식시간은 심박수, 체온, 습도를 근거로 종합적 판단할 수 있는 가이드 라인 제시
- ③ 훈련/휴식시간 판단 기준은 전문가 의견 고려

#### 2.3.3 휴식 필요 여부 알람

- ① 외부 온도 값으로 현재 상황을 분석(온도별 상황 : 일반/폭염/폭염주의보)
- ② 일반/폭염/폭염주의보 상황 시, 권장 훈련/휴식시간과 현재 선수의 훈련/휴식시간 비교
- ③ 훈련/휴식시간이 권장 기준과 비교, 스마트폰 앱에서 경보/진동 경보

그리고 스포츠 헬멧 안에 3D 렌더링 모델링 진행이 필요한데, 이는 실제 각종 측정 지표에 대한 센서 장착에 필요한 공간을 정확하게 확인하기 위한 절차이다[14]. 최종적으로 센서와 서버의 연동을 확인하여 오작

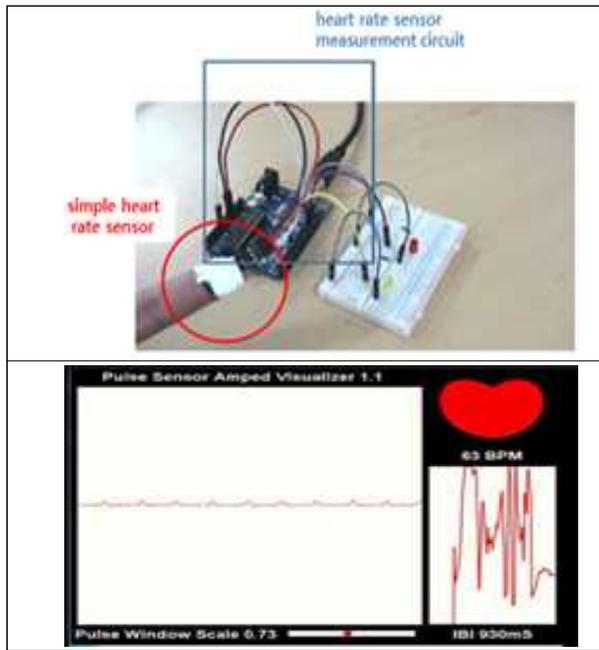


Fig. 2. Process list manager example of a heart rate measurement prototype

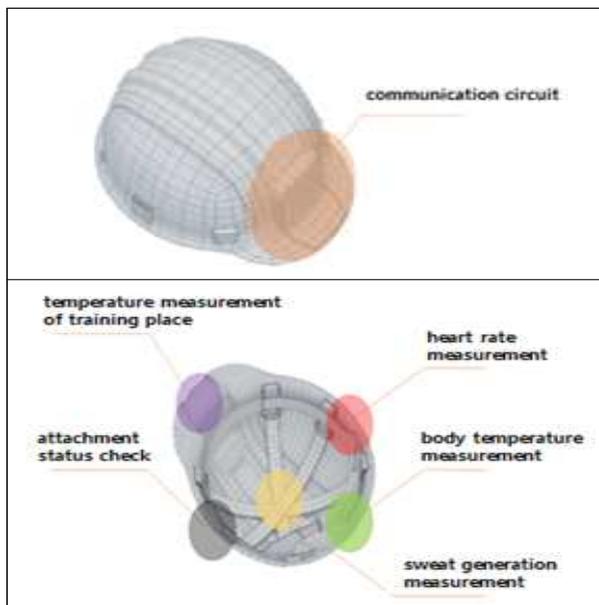


Fig. 3. Sports helmet 3D rendering

동에 대한 부분을 확인할 수 있다. Fig. 3 마지막으로 설계된 디바이스의 지속적 데이터 활용을 위해서 아래의 Fig. 4와 같이 데이터를 클라우드 서버에 저장하여 선수 개개인의 생체 정보를 축적하여 빅데이터로 활용할 수 있다[15].

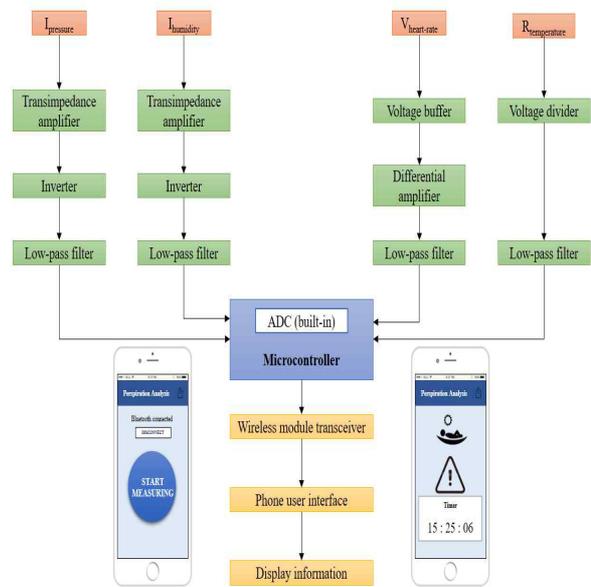


Fig. 4. Functional design for big data utilization

### 3. 결론 및 제언

이 연구는 IoT 서버 기술을 탑재한 웨어러블 스포츠 헬멧 디바이스의 개발 및 설계과정을 제시하였다. 이를 통해 스포츠 현장에서 선수들의 건강상태를 지속적으로 파악하고, 이상 징후를 발견할 경우 알람을 통해 예방해 줌으로써 선수들의 컨디션과 경기력 향상에 도움을 줄 수 있을 것이다. 통신 서버 기술을 활용한 헬멧에서는 체온, 습도, 심박수, 땀 발생 등 신체 정보를 제공하여 지속적 데이터 관리를 통해 맞춤형 훈련 일정 수립이 가능해지고, 부상 방지 및 컨디션을 극대화하여 좋은 경기력이 나올 수 있는 환경을 제공할 수 있다. 아울러 이러한 웨어러블 헬멧 디바이스는 스포츠 현장에서 뿐만 아니라 건설노동자, 소방관 등 열악한 환경에서 종사하는 산업직군 노동자들에게도 유용할 것으로 판단된다.

한편 추후 연구를 위한 제언을 한다면 스포츠현장에서 적용 가능한 웨어러블 디바이스의 정확도를 높일 수 있는 연구가 필요하다 하겠다. 이를 위해서는 생체 정보 취득을 위한 기술력 향상과 함께 실험을 통한 오차 범위 측정 연구가 필요하다 하겠다.

### REFERENCES

[1] Y. J. Lee. (2017). Imaginary wearable devices, into the

- sports reality, *Sports Science*, 139, 30–35.
- [2] H. J. Kim. (2015). Smart health management using wearable devices. *Sports Science*, 132, 74–80.
- [3] Y. S. Jeong. (2016). Design of prevention model according to a dysfunctional of corporate information. *Convergence Society for SMB*, 6(2), 11–17.  
DOI : 10.22156/CS4SMB.2016.6.2.011
- [4] S. Y. Kang, S. A. Kang & H. S. Chung. (2016). Status and promoting of fitness IT. *Convergence Security Journal*, 16(4), 63–68.
- [5] S. H. Lim. (2016). Sports and sensor technology. *Korea Academy of Kinesiology symposium, spring*, speech presentation 2. Seoul: KSSB.
- [6] J. H. Kim. (2018). *Zebra, All movements of NFL player UWB put it in RFID technology*. UCS[Online]. www.zebra.com
- [7] Y. S. Jeong. (2017). Data storage and security model for mobile healthcare service based on IoT. *Journal of Digital Convergence*, 15(3), 187–193.  
DOI : 10.14400/JDC.2017.15.3.187
- [8] National health insurance service. (2019). *Standard scale for each step of thermal disease*. KCS[Online]. www.nhis.or.kr
- [9] M. H. Lee. (2018). Wearable devices and physical activity. *Sports Science*, 143, 76–82.
- [10] R. Wang, G. Blackburn, M. Desai, D. Phelan, L. Gillinov, P. Houghtaling & M. Gillinov. (2017). Accuracy of wrist-worn heart rate monitors. *Jama cardiology*, 2(1), 104–106.
- [11] I. T. Park, G. S. Choi, T. Y. Kim & W. W. Lee. (2018). Fundamental experiment to verify the resolution of hetero-core fiber optic sensor for the prestress measurement. *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, 31(5), 259–266.  
DOI : 10.7734/COSEIK.2018.31.5.259
- [12] Y. S. Jeong. (2016). A study of an efficient clustering processing scheme of patient disease information for cloud computing environment. *Convergence Society for SMB*, 6(1), 33–38.  
DOI : 10.22156/CS4SMB.2016.6.1.033
- [13] W. S. Lee & K. K. Jeong. (2017). Implementation of Heart Rate Monitoring System using PPG Sensor. *The Institute of Electronics and Information Engineers*, 54(5), 138–142.  
DOI : 10.5573/ieie.2017.54.5.138
- [14] H. Lee, Y. I. Jo & K. H. Kim. (2018). An improved method of guaranteeing frame rates of avionics simulator based on HMD motion. *Korea Society of Computer Information*, 23(7), 57–62.  
DOI : 10.9708/jksci.2018.23.07.057
- [15] S. H. Hwang. (2017). Design and evaluation of intelligent helmet display system. *The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, 45(5), 417–428.  
DOI : 10.5139/JKSAS.2017.45.5.417

## 김진국(Jin-Kook Kim)

[충청권]



- 2008년 8월 : 고려대학교 체육학과 (체육학석사)
- 2012년 2월 : 고려대학교 체육학과(체육학박사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 스포츠건강관리학과 겸임교수
- 관심분야 : 스포츠경영, 스포츠융복합
- E-Mail : navyjk@daum.net

## 김수현(Soo-Hyun Kim)

[충청권]



- 2002년 2월 : 연세대학교 체육학과 육전공(체육교육학석사)
- 2007년 2월 : 연세대학교 사회체육학과(사회체육학박사)
- 2008년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 스포츠건강관리학과 교수
- 관심분야 : 스포츠경영, 스포츠융복합
- E-Mail : shkim001@nsu.ac.kr