

# IMU 센서를 이용해 스쿼트 동작을 판단하는 스마트 니슬리브 설계

황준, 김민규\*, 양태동\*\*, 임정현\*\*\*, 우민우\*\*\*\*, 박이현\*\*\*\*\*, 박준석\*\*\*\*\*

울산과학대학교, \*울산과학대학교, \*\*서울시립대학교, \*\*\*국민대학교, \*\*\*\*(주)마이팀, \*\*\*\*\*UCSD,  
\*\*\*\*\*국민대학교

jangby03@gmail.com, \*mg0369@naver.com, \*\*happytaedong@naver.com, \*\*\*ijsjh27@gmail.com

\*\*\*\*factorym0506@naver.com, \*\*\*\*\*ihyunp1113@gmail.com, \*\*\*\*\*jspark@kookmin.ac.kr

## Smart knee sleeve design that uses IMU sensors to determine squat movements

Hwang jun, Kim min Gyu\*, Yang tae dong\*\*, Im jung hyun\*\*\*, Woo min woo\*\*\*\*, Park

Ihyun\*\*\*\*\*, Parkjunseok\*\*\*\*\*

Ulsan College, \*Ulsan College \*\*Univ of Seoul, \*\*\*Kookmin Univ, \*\*\*\*MIGHTYM,  
\*\*\*\*\*UCSD, \*\*\*\*\*Kookmin Univ

### 요약

본 논문은 네오프렌 소재와 IMU 센서 기반의 스쿼트 개수 측정기술을 이용하여 무릎에 착용하는 형태의 스마트 니슬리브를 설계한다. 스마트 니슬리브의 스쿼트 개수 측정방법은 크게 세 가지로 허벅지 외측 상단에 IMU 센서를 배치하는 방식, 무릎의 움직임을 측정하는 방식, 허벅지와 종아리가 이루는 각도를 측정하는 방식을 사용한다. 본 논문에서는 스쿼트 개수 측정 방식에 따른 정확도가 다를 수 있으므로 각각의 방식으로 스마트 니슬리브를 설계하는 방법에 대하여 설명하고 장단점에 관해 논한다.

### I. 서론

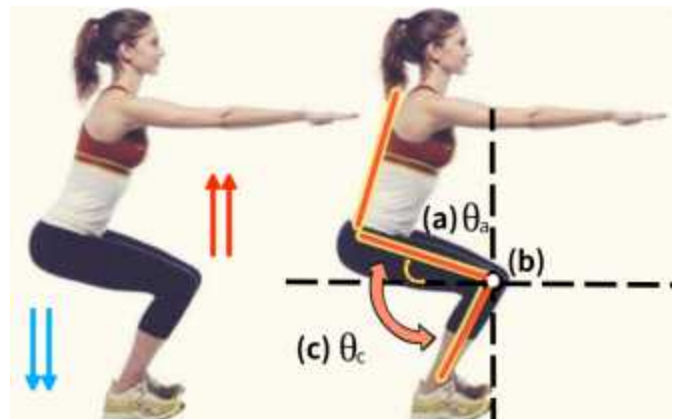
평균적인 삶의 질이 높아짐에 따라 건강에 관한 관심이 높아지면서 홈 트레이닝과 같은 운동에 대한 관심 또한 증대하고 있는 추세이다. 홈트레이닝과 같이 혼자서 운동하는 경우에 발생하는 부상 예방과 더불어 운동효과를 극대화하려는 방법에 대한 연구도 진행되는 추세이다 [1][2]. 특히, 웨이트 트레이닝을 할 때 어떤 운동을 몇 회 수행하였는지 기록하여 점진적으로 수행 횟수 및 세트 횟수를 늘려가는 것이 운동 효과를 증대시킬 수 있다. 본 논문에서는 효과적인 운동효과를 얻기 위한 방법으로 센서 기반의 운동 횟수 측정 기술과 운동 보조기구를 결합하여 IMU 센서 기반의 스마트 니슬리브를 설계한다.

최근 많은 헬스케어 관련 제품들이 IoT화 되어 스마트폰과 연동으로 사용자의 정보를 사용자 Application을 통해 생체 데이터, 건강 상태 등을 시각화하여 보여준다 [3][4]. 이러한 추세에 맞추어 본 논문에서 제안하는 스마트 니슬리브는 스쿼트 개수 측정과 더불어 사용자의 운동 진행 현황, 사용자 생체 데이터, 스쿼트 자세 교정, 타 사용자와의 경쟁 상태 등을 사용자의 Application을 통해 보여줄 수 있도록 하였다.

### II. 본론

본 논문에서 설계한 스마트 니슬리브는 허벅지-무릎-종아리에 걸쳐 착용하여 스쿼트 수행 여부를 판단하는 운동 보조기구로서 IMU 센서 기반의 스쿼트 개수 측정을 한다. 우선, 스쿼트 동작을 판단하기 위해서는 올바른 스쿼트 자세의 기준이 필요하다. 다양한 스쿼트 자세가 있어서 헛갈릴 수 있기 때문에 본 논문에서 제안하는 스마트 니슬리브는 풀스쿼트 자세를 기준으로 설정하였다. 스쿼트 자세를 판단하는 첫 번째 단계로 스쿼트를 시작하는 자세를 측정한다. 사용자가 양쪽 무릎에 스마트 니슬리브를 착용하였을 때 양쪽의 IMU 센서값을 사용하여 사용자의 다리를 벌린 각도를 측정한다. 측정된 각도가 00° 이하인 경우 또는 00° 이상인 경우 올바르게 앉은 스쿼트 자세로 판단한다. 다음으로 무릎을 굽힌 정도를 측정하는 방법

은 세 가지로 다음과 같은 방법을 이용한다.



[그림 1] 스마트 니슬리브 IMU 센서를 이용한 스쿼트 각도 측정

첫 번째로 허벅지 외측에 IMU 센서를 부착한 후 허벅지-지면 간의 각도를 측정하여 스쿼트 수행 여부를 판단한다. [그림 1]에서 (a)는 허벅지와 지면이 이루는 각도로 사용자가 서있는 경우 지면과 허벅지의 각도는 90°를 이루게 된다. 스쿼트를 하는 경우 지면과 허벅지의 각도가 일정 각도 이하로 줄어들게 되므로 지면과 허벅지가 이루는 각도를 IMU 센서로 측정하여 00°이하가 되면 올바르게 스쿼트를 수행한 것으로 판단한다.

첫 번째 방법의 장점은 다음과 같다. 단일 센서를 이용하여 기기의 소형화와 경량화가 가능하다는 점이다. 또한, 다른 방법에 비해 제품 설계가 용이하다. 단점으로는 다중 센서를 이용하였을 때 보다 정확성이 떨어진다는 부분이 있지만 알고리즘을 통해 학습하게 된다면 정확성 부분도 해결할 수 있을 것으로 예상된다.

두 번째 방법은 무릎 부위에 IMU 센서를 부착하여 무릎 관절의 움직임 경로로 스쿼트 수행 여부를 판단하는 방법이다. [그림 1]의 (b)위치

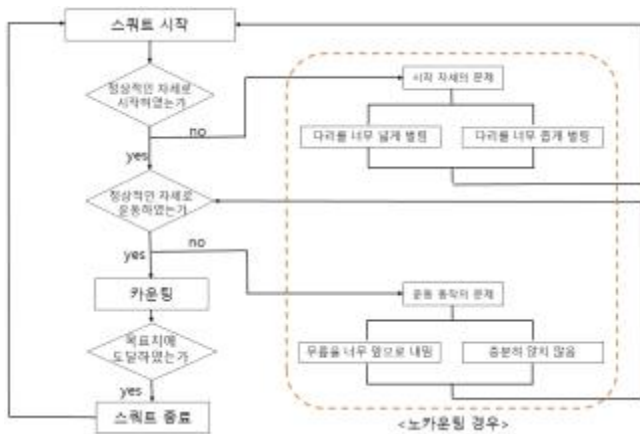
에 IMU 센서를 배치하고 기립상태에서부터 스쿼트를 수행하는 자세까지 IMU 센서의 이동 경로를 수집하여 정확한 스쿼트 자세를 취하였는지를 판단한다. 사용자의 무릎 관절 경로와 올바른 자세로 설정한 경로를 비교하여 일정 오차 이내이면 올바른 자세로 판단한다.

두 번째 방법의 장점은 다음과 같다. 센서를 무릎에 부착하였을 때의 장점은 첫 번째 방법과 동일하게 기기의 소형화 및 경량화로 방해요소를 최소화하는 것이다. 첫 번째 방법과 비교하였을 때 스쿼트 시작 자세에서 다리를 벌린 각도를 더 정확하게 측정이 가능하다는 장점이다. 단점으로는 센서가 무릎에 위치해 운동할 때 방해요인으로 불편함 증가가 예상된다.

세 번째 방법으로는 허벅지의 하단과 종아리의 상단에 IMU 센서를 부착하여 허벅지와 종아리가 이루는 각도를 측정하고 이와 더불어 지면과의 각도를 측정하여 스쿼트 수행 여부를 판단한다. [그림 1]의 (c)는 허벅지와 종아리가 이루는 각도로서 기립 시에는 180°도를 이루지만 스쿼트를 하게 되면 00°를 이루게 되면서 00°이하의 각도를 이루는 동시에 종아리가 지면과 이루는 각도가 00°이상의 각도가 유지된다면 올바르게 스쿼트를 수행한 것으로 판단한다.

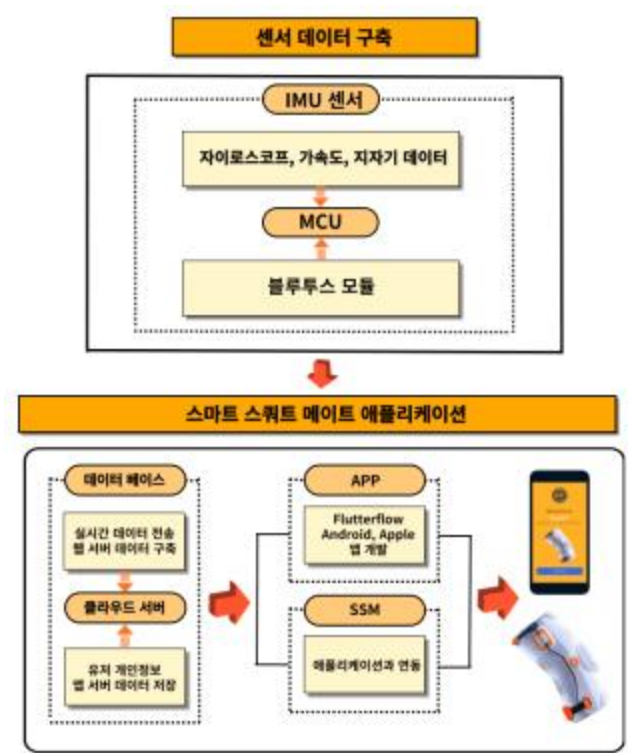
세 번째 방법의 장점은 다음과 같다. 첫 번째 방법과 두 번째 방법 대비 센서를 여러 개 사용한다는 점에서 스쿼트 개수를 측정함에 있어 정확도가 높을 것으로 예상된다. 단점으로는 무게 및 센서 개수에 의해 방해요소가 될 수 있다는 점이다. 또한 다중 센서를 이용하였을 때 센서 간 연결 되어있는 선이 사용 중에 단선 문제가 우려되기 때문에 이 문제를 해결해야한다는 점이다.

세 가지 방법은 각각의 장점들이 있지만 단점이자 문제점들이 있다. 경량화 및 정확성 부분을 최대한 고려하여 세 가지 방법 중 하나를 선택하고 단점에 대한 문제점을 최대한 보완할 것이다.



[그림 2] 스쿼트 동작 판단 흐름도

위와 같은 세 가지 방법으로 스쿼트 수행 여부를 판단하고 스쿼트 개수를 측정하는 알고리즘은 [그림 2]와 같다. [그림 2]의 알고리즘을 이용하여 스마트 니슬리브에서 스쿼트 개수를 측정하고 이를 사용자 Application으로 전달하여 센서로부터 얻은 정보를 표출한다. 이와 같은 시스템을 개발하기 위해 전체 시스템은 [그림 3]과 같이 설계하였다. [그림 3]에서 볼 수 있듯이 사용자 데이터를 서버에 저장하고 저장된 사용자 데이터를 활용하여 Application을 통해 시각화 할 것이다. Application에서는 스쿼트 실행 개수 및 세트 횟수, 생체 데이터 등을 제공할 것이다.



[그림 3] 시스템 구성도

### III. 결론

본 논문에서는 IMU 센서 기반의 스마트 니슬리브를 설계하였다. IMU 센서를 이용하여 스쿼트 자세를 판단하고 스쿼트 개수를 측정하여 이를 사용자 Application을 통해 스쿼트 진행 정도를 시각화할 수 있으며, 이러한 운동 데이터를 바탕으로 AI를 적용한 AI 스쿼트 코칭과 같은 서비스를 제공할 수 있도록 하는 시스템을 설계하였다. 스쿼트 수행 여부를 측정하는 방법은 세 가지로 정확도가 서로 상이할 수 있으며, 이를 보완하기 위해서는 스마트 니슬리브 시작품을 제작하여 실제 스쿼트 판단 정확도를 측정하여 정확도를 향상시킬 필요성이 있다. 본 논문에서 설계한 기술은 정확한 자세로 운동을 도와주어 운동 성능 향상 및 부상 예방에 도움이 될 것이다. 또한, 스마트 니슬리브와 연동되는 Application을 개발해 스쿼트 카운팅 기술을 활용하여 자세 교정과 챌린지 등 모바일 헬스케어 분야의 다양한 곳에 적용시킬 수 있다.

### ACKNOWLEDGMENT

차세대통신사업단, 다학제간캡스톤디자인

### 참 고 문 헌

- [1] 두송지연, 이성노. (2023). 팬데믹 이후의 홈트레이닝 발전추세 탐색 : 빅데이터 분석의 활용. 한국체육과학회지, 32(3), 501-511,
- [2] 강재민, 박성수, 김윤수, 감진규. (2021). 홈트레이닝을 위한 운동 동작 분류 및 교정 시스템, 1-7
- [3] 박승호, 노은지. (2016). 헬스케어 데이터 시각화 연구 - 모바일 헬스케어 서비스를 중심으로 -. 디자인융복합연구(구.인포디자인이슈), 15(4), 1-16.
- [4] 차흥기, 전중홍. (2017). 헬스케어 IoT 표준화 동향, 1-6