

스마트 센서를 활용한 골프 스윙 정확도 분석시스템 구현

Implementation of Golf Swing Accuracy Analysis System using Smart Sensor

주재한

송호대학교 보건의료전자과

Jae-han Ju

Department of Medical Electronics, Songho College, Gangwon-do, 25242, Korea

[요 약]

현대의 스포츠는 과학이 접목된 스포츠 과학으로 발전하고 있으며 기록 향상을 위한 각종 분석 시뮬레이션 시스템들도 많이 개발되고 있고, 실제 경기 기록 향상에 상당한 도움을 주고 있다. 이에 다양한 스포츠 종목중 하나인 골프는 동호인과 일반인들에게 대중화 되면서 본인의 운동자세를 교정하고자 하는 요구가 증가하고 있다. 이러한 요구에 따라 골프스윙 자세를 분석하고 교정 받을 수 있는 시스템들이 많이 개발되고 있다. 골프스윙 정확도 분석시스템은 육안으로 볼 수 없는 순간의 동작들을 분석하여 이해하기 쉽도록 지도하는 것으로 시각적 효과로 인한 즉각적인 피드백을 통해 골프스윙동작을 개선할 수 있으며, 피드백을 주기 위한 정보는 프로 골퍼와 골프스윙 동영상 등에서 수집한 골프스윙 동작에 대한 지식을 활용하여 신뢰도를 향상시켰다. 또한 자신의 골프스윙 동영상 육안으로 확인하고 분석할 수 있는 기능을 제공함으로써 다양한 골프 스윙 분류 방법을 기반으로 각 구간에 대한 분석이 가능하다.

[Abstract]

Modern sports are developing into sports science that incorporates science and various analytical simulation systems for improving records are being developed, and they are helping to improve actual game records. Therefore golf which is one of various sports events, has been popularized among the hobbyists and the general public and there is an increasing demand for correcting the movement attitude of the person. In response to these demands, many systems have been developed to analyze and correct golf swing postures. The golf swing accuracy analysis system analyzes the moments that can not be seen with the naked eye and guides them to understand easily. It can improve the golf swing motion through immediate feedback due to the visual effect. Using the knowledge of golf swing motion collected from golf swing video, we improved reliability. In addition, it provides the ability to visually check and analyze your golf swing video, allowing you to analyze each segment based on various golf swing classification methods.

Key word : Micro electro mechanical systems, Bluetooth, Inter integrated circuit, Smart sensor, Gyroscope.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.2.200>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 17 March 2017; Revised 30 March 2017

Accepted (Publication) 21 April 2017 (30 April 2017)

*Corresponding Author ; Jae-han Ju

Tel: +82-10-4937-1913

E-mail: riprofessor@naver.com

I. 서론

최근 어떤 대상의 다양한 신호나 정보가 감지되는 일반적인 센서의 개념을 뛰어넘는 스마트 센서 (smart sensor)는 인간의 능력과 가까운 판단력을 가진 센서로서 개발이 이루어지고 있으며, 센서의 출력 신호를 처리하는 회로를 부가하여 일체화시킴으로써 판단과 인식 기능을 갖는 센서이고, 센서 기술과 컴퓨터 기술의 결합에 의해 종래의 센서에 없는 많은 특징을 가지고 있다.

스마트 센서의 구성은 일반 센서 개념인 측정 센서 프로세서와 고성능의 CPU (central processing unit)를 내장한 시스템으로 구성되어 있으며, 기반기술로는 미세전자제어기술 (MEMS; micro electro mechanical systems) 을 기반으로 한 센서소자 기술과 센서 데이터를 획득하고 분석, 처리할 수 있는 신호처리 기술 등이 포함되어 있다. 이러한 스마트 센서는 스마트폰의 활성화, 무선 네트워크 기술의 발달 등과 더불어 그 성장세가 더욱 커지고 있다[1],[2].

현대의 스포츠는 과학이 접목된 스포츠 과학으로 발전하고 있으며 기록 향상을 위한 각종 분석 시뮬레이션 시스템들도 많이 개발되고 있고, 실제 경기 기록 향상에 상당한 도움을 주고 있다. 이에 다양한 스포츠 종목중 하나인 골프는 동호인과 일반인들에게 대중화 되면서 본인의 운동자세를 교정하고자 하는 요구가 증가하고 있다. 이러한 요구에 따라 골프스윙 자세를 분석하고 교정 받을 수 있는 시스템들이 많이 개발되고 있다.

네트워크 기술과 게임 기술을 이용하여 스윙 데이터를 전문가와 이용자가 정보 교환을 통하여 단순히 혼자만이 하는 운동이 아니라 장소는 다를지라도 많은 사람이 같이 운동한다는 느낌으로 경쟁 및 흥미 유발을 통한 운동 효과의 극대화가 가능해지고 있다[3].

본 논문에서는 스마트 센서를 이용하여 실시간으로 위치변화에 따른 골프 스윙에 대한 정확도를 높이기 위한 스윙 분석시스템을 구현하는 방안을 제시하고자 한다.

II. 스윙 분석시스템 구성

골프 스윙시 임팩트는 매우 빠른 속도로 순간적으로 일어나기 때문에 사람의 육안으로 임팩트의 정확성 여부를 판단하기가 어렵다. 따라서 이를 판단하기 위해서 가속도센서, 압력센서 등을 이용하여 추출된 정보 및 빠른 속도를 감지할 수 있는 스윙 분석시스템을 구성한다.

기존 센서 모듈은 주로 헤드와 샤프트, 클럽의 내외부에 위치하고 있으며 대부분 실제 클럽에 부착하여 사용하는 모듈이다. 센서 모듈이 클럽이나 샤프트에 있을 경우 볼의 충격에 의한 영향은 줄일 수 있지만 정확한 데이터를 얻기 어렵다는 점이 있고, 헤드에 위치해 있는 경우는 충격에 의한 센서 모듈의 고장 및 탈부착 영향, 데이터 오류 등의 문제점을 발생시키고 부착

표 1. 블루투스 특징

Table 1. Bluetooth features.

Frequency band	ISM(industrial, scientific, medical) - 2.400~2.4835 GHz, 79 channels - 2.465~2.4835 GHz, 23 channels
Transmission speed	1 Mbps ~ 3 Mbps
Transmission output	1 mW(10 m, Class2), 100 mW(100 m Class1)

부위가 헤드의 내부인 경우, 헤드의 뒷부분, 헤드의 윗부분에 장착하고 있지만 이러한 방식도 오차를 발생시킬 수 있다. 또한 많은 기술에서 센서 모듈에 데이터 연산부까지 포함하고 있어 센서 모듈의 크기 및 처리 속도의 지연 문제가 있고, 센서 모듈과 연산 모듈을 분리함으로써 내부 회선에 의한 지연도 무시할 수 없다.

따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 샤프트와 센서부분을 분리하도록 하여 센서 부분의 무게 조절 부분을 이용하여 실제 클럽의 헤드 무게와 유사하도록 하고 센서 모듈은 1개 이상의 센서를 사용하여 데이터를 얻도록 한다. 또한 센서 모듈과 연산 모듈은 분리하여 연산 모듈은 클럽의 외부에 둬으로써 모듈의 크기 및 처리 속도의 개선이 가능하도록 한다.

블루투스(Bluetooth)는 휴대기기를 서로 연결해 정보를 교환하는 근거리 무선기술 표준을 뜻하며, 주로 10 m 안밖의 초단거리에서 저전력 무선 연결이 필요할 때 쓰인다. 이러한 블루투스의 무선 시스템은 ISM (industrial scientific and medical) 주파수 대역인 2.400~2.4835 GHz를 사용한다. 이러한 주파수 대역 중에서 위아래 주파수를 쓰는 다른 시스템들의 간섭을 막기 위해 2.400 GHz 이후 2 MHz와 2.4835 GHz 이전 3.5 MHz까지의 범위를 제외한 2.402~ 2.480 GHz에서 총 79개 채널을 쓴다. ISM이란 산업, 과학, 의료용으로 할당된 주파수 대역으로, 전파사용에 대해 허가를 받을 필요가 없어 저전력 휴대기기에 많이 이용한다[4],[5].

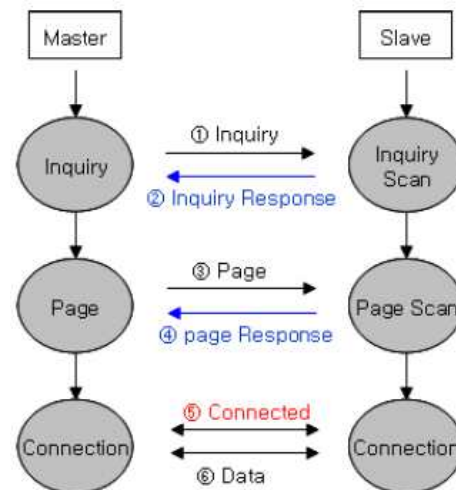


그림 1. 블루투스 데이터 전송 다이어그램
Fig. 1. Bluetooth data transmission diagram.

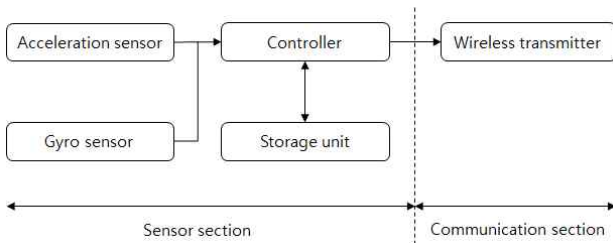


그림 2. 골프 스윙기 연동 모듈
 Fig. 2. Golf swinger interlocking module.

기존 단순한 RF (radio frequency) 통신 모듈을 이용하는 것보다 표 1과 같이 블루투스를 이용한 통신 모듈을 사용함으로써 스마트폰과 연동이 가능하도록 한다[6].

네트워크의 구성은 마스터, 슬레이브 형태의 주종 관계로 구성되며, 한 대의 블루투스 장치에 동시접속이 가능한 최대 장치의 수는 7대 (ACL; asynchronous connection less) 기준이고, 신뢰성은 주파수 호핑 (FHSS; frequency hopping spread spectrum) 기법을 사용하여 잡음이 많은 환경에서도 안정된 무선 연결을 보장한다[7].

그림 1과 같이 블루투스는 기본적으로 마스터와 슬레이브인 주종의 역할 (role)로 동작하게 되어 있으며, 통상적으로 검색 (inquiry) 및 연결요청 (page)을 하는 쪽을 마스터라고 하며, 검색대기 (inquiry scan) 및 연결대기 (page scan)를 하는 쪽을 슬레이브라고 한다. 마스터가 주변의 슬레이브를 검색하면, 슬레이브는 자신의 정보를 마스터에게 송신 (inquiry response)한다. 슬레이브의 정보가 마스터와 일치하면 상호 연결이 이루어지며, 데이터 전송이 가능하게 된다.

표 2. MPU-9150 기능
 Table 2. MPU-9150 features.

Item	Features
Gyroscope	Digital-output X-, Y-, and Z-Axis angular rate sensors(gyroscopes) with a user-programmable fullscale range of ± 250 , ± 500 , ± 1000 , and $\pm 2000^\circ/\text{sec}$ External sync signal connected to the FSYNC pin supports image, video and GPS synchronization Integrated 16-bit ADCs enable simultaneous sampling of gyros
Accelerometer	Digital-output 3-Axis accelerometer with a programmable full scale range of $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ and $\pm 16g$ Integrated 16-bit ADCs enable simultaneous sampling of accelerometers while requiring no external multiplexer Orientation detection and signaling
Magnetometer	3-axis silicon monolithic Hall-effect magnetic sensor with magnetic concentrator Wide dynamic measurement range and high resolution with lower current consumption. Output data resolution is 13 bit (0.3 μT per LSB) Full scale measurement range is $\pm 1200 \mu\text{T}$

그림 2와 같이 센서부는 x, y, z 3축 자이로 센서, 가속도 센서, 중력 센서를 부착하여 클럽의 스윙궤도를 정밀하게 측정하고 메모리에 저장하는 기능을 제공한다.

MPU-9150은 3축 MEMS 자이로스코프, 3축 MEMS 가속도계, 3축 MEMS 자력계 및 DMP (digital motion processor) 하드웨어 가속기 엔진을 결합한 통합 9축 motion tracking 장치이다. MPU-9150의 9축 motion fusion은 가속 및 회전 모션과 표제 정보를 애플리케이션의 단일 데이터 스트림에 결합한다. 이 motion processing 기술 통합은 별도의 자이로 스코프, 가속도계, 자력계 솔루션에 비해 면적이 작고 저비용의 이점을 제공한다. 또한 보조 I2C (inter integrated circuit) 포트에 압력 센서와 같은 여러 비관성 디지털 센서와 인터페이스하여 10축 센서 융합 출력을 생성하도록 설계되었다[8]. 그리고 단일 LGA (land grid array) 패키지에 통합된 2개의 다이로 구성된 멀티 칩 모듈 (MCM; muti chip module)로 하나의 다이에는 3축 자이로스코프와 3축 가속도계가 있다. 다른 다이에는 asahi kasei microdevices corporation의 AK8975 3축 자력계가 있다. 자이로 센서, 가속도 센서, 지자계 센서가 원 칩에 들어있는 3축 MEMS 센서인 MPU-9150의 기능은 표 2와 같다.

III. 성능 평가

기존의 저전력 센서모듈은 리소스가 제한된 프로세서를 이용하여 저전력 신호처리가 가능하나, 주파수 분석, 영상처리 및 변환 등 복잡한 신호처리 알고리즘의 구현이 어려운 단점이 있다. 고성능 신호처리 모듈은 전용 신호처리 프로세서를 탑재한 센서모듈로, 저전력 센서신호처리 모듈에 적용의 어려움이 있던 주파수 분석, 복합 센서퓨전, 영상처리 등의 알고리즘 적용은 가능하다. 그러나 에너지 소모가 많아 배터리로 동작하는 유비쿼터스 센서네트워크에 적용하는데 어려움이 있다.

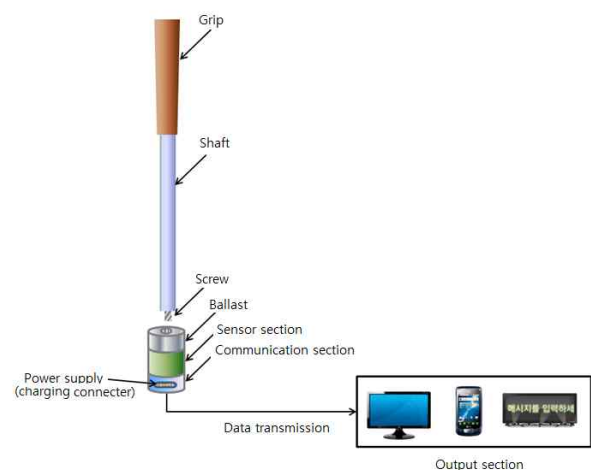


그림 3. 골프스윙 분석시스템의 구조
 Fig. 3. Structure of golf swing analysis system.

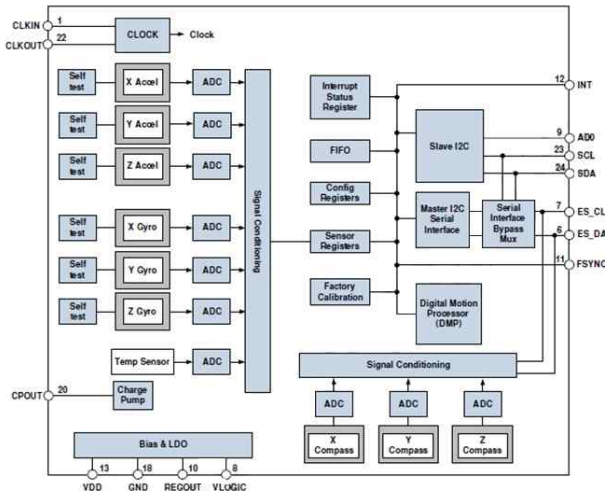


그림 4. 센서 블록 다이어그램
Fig. 4. Sensor block diagram.

본 연구에서는 이벤트 기반 타겟 탐지 및 식별을 목적으로 하는 무선센서네트워크 서비스에서 언급된 문제를 해결하기 위해 저전력 및 고성능 센서신호처리를 목적으로 저전력 웨이크업 센서모듈과 고성능 신호처리 모듈로 이루어진 스마트 센서/통신 모듈을 포함한 정확도 분석시스템을 구현한다.

자이로 센서, 가속도 센서, 중력 센서 등을 포함한 센서 모듈과 이를 이용한 3차원 위치, 속도, 방향 측정을 위한 스마트 센서/통신 모듈을 포함한 골프 스윙 분석시스템의 구조는 그림 3과 같다.

골프 클럽에 센서를 부착하는 방법은 스마트 센서를 골프클럽 샤프트에 부착하고, 스마트폰으로 스윙 데이터를 전송하여 클럽 헤드의 속도, 구간별 가속도, 스윙템포 등의 분석 요소를 계산한 후에 골프스윙을 분석할 수 있게 한다.

스마트 센서에 대한 전체적인 센서 블록 다이어그램은 그림 4와 같다.

그림 5와 같이 I2C 통신은 SDA (serial data)와 SCL (serial clock)의 두 가지 신호를 사용하여 통신을 한다. SDA는 데이터를 전송하기 위한 신호이고, SCL은 마스터와 슬레이브를 동기화하는 역할을 한다. 이 SDA와 SCL의 조합으로 여러 개의 디바이스를 제어하게 된다.

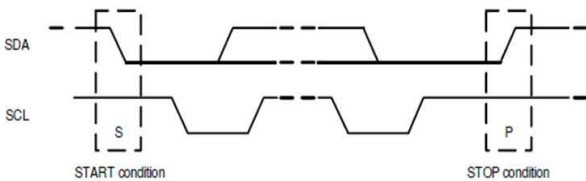


그림 5. Start and stop 조건
Fig. 5. Start and stop conditions.

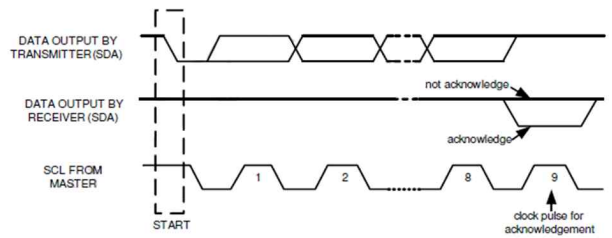


그림 6. I2C bus 확인 응답
Fig. 6. I2C bus acknowledge.

start (S) 및 stop (P) 조건으로 마스터가 SCL 라인이 high인 동안 SDA 라인의 high에서 low 전환으로 정의되는 bus에 start 조건 (S)을 넣으면 I2C bus에서 통신이 시작된다. 버스가 stop 조건 (P)을 bus에 올 때까지(SCL이 high 인 동안 SDA 라인이 low에서 high로 전환으로 정의 될 때까지) bus는 사용중인 것으로 간주된다. 또한 stop 조건 대신에 반복된 start (S)가 생성되면 bus는 계속 사용된다.

데이터 형식 / 수신 확인은 그림 6과 같이 I2C 데이터 byte는 8 bit 길이로 정의된다. 데이터 전송 당 전송되는 byte 수에는 제한이 없으며, 전송된 각 byte에는 승인 (ACK; acknowledge) 신호가 와야 한다. 승인 신호를 위한 클럭은 마스터에 의해 생성되는 반면, 수신기는 SDA를 풀 다운하고 확인응답 클럭펄스의 high 부분 동안 low를 유지함으로써 실제 응답 신호를 생성한다. 슬레이브가 사용 중이며 다른 작업이 수행 될 때까지 다른 byte의 데이터를 전송하거나 수신 할 수 없으면 SCL을 유지하여 마스터를 대기 상태로 만든다. 슬레이브가 준비되면 일반 데이터 전송이 재개되고 클럭 라인이 해제된다.

데이터 통신은 그림 7과 같이 start 조건 (S)으로 통신을 시작한 후 마스터는 7 bit 슬레이브 주소와 8 번째 bit 인 read/write 비트를 전송한다. read/write bit는 마스터가 슬레이브 장치로부터 데이터를 수신하는지 아니면 슬레이브 장치에 write하고 있는지를 나타낸다. 그런 다음 마스터는 SDA 라인을 해제하고 슬레이브 장치로부터 승인 신호 (ACK)를 기다린다. 전송된 각 byte 뒤에 승인 bit가 와야 한다. 이를 확인하려면 슬레이브 장치가 SDA 라인을 low로 풀고 SCL 라인의 high레벨 동안 low를 유지한다. 데이터 전송은 항상 stop 조건 (P)으로 마스터에 의해 종료되므로 통신 회선이 해제된다. 그러나 마스터는 반복된 start 조건 (S)을 생성하고 stop조건 (P)을 먼저 생성하지 않고 다른 슬레이브를 지정할 수 있다.

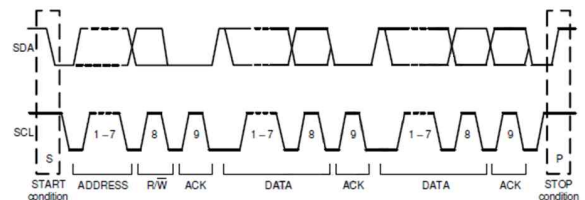


그림 7. I2C 데이터 전송
Fig. 7. I2C data transfer.

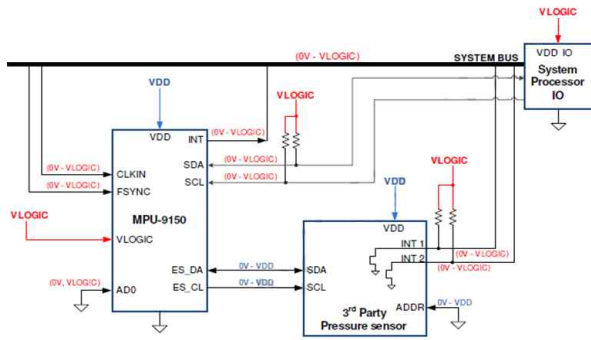


그림 8. 센서 회로도
Fig. 8. I2C data transfer.

SCL이 high 일 때 SDA 라인에서 low에서 high로 전환하면 정지 조건이 결정된다. start 및 stop 조건을 제외하고는 SCL이 낮을 때 모든 SDA 변경이 발생해야 한다.

그림 8과 같이 회로를 설계하고 내부 MPU-9150 레지스터를 write 하기 위해 마스터는 start 조건 (S)을 전송한 다음 I2C 주소와 write bit (0)를 전송한다. 클럭이 high일 때 9 클럭 사이클에서 MPU-9150은 전송을 확인한다. 그런 다음 마스터는 레지스터 주소를 bus에 넣는다. MPU-9150이 레지스터 주소의 수신을 확인한 후 마스터는 레지스터 데이터를 bus에 넣는다. 그 다음에 ACK 신호가 오고 stop 상태 (P)에 의해 데이터 전송이 완료 될 수 있다. 마지막 ACK 신호 다음에 여러 byte를 기록하기 위해 마스터는 stop 신호를 전송하는 대신 데이터를 계속 출력 할 수 있다. 이 경우 MPU-9150은 자동으로 레지스터 주소를 증가 시키고 해당 레지스터에 데이터를 로드한다.

내부 MPU-9150 레지스터를 읽으려면 마스터가 start 조건을 전송 한 다음 I2C 주소와 write bit를 보낸 다음 읽을 주소를 보낸다. 마스터는 MPU-9150으로부터 ACK 신호를 수신하면 start 신호와 슬레이브 어드레스 및 read bit를 전송한다.

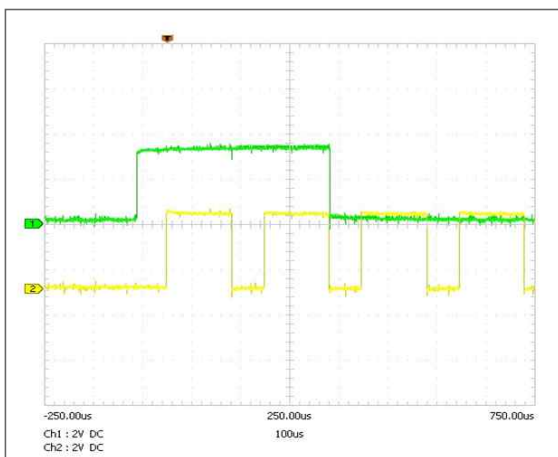


그림 9. ACK 신호와 데이터 전송
Fig. 9. ACK signal and data transmission.

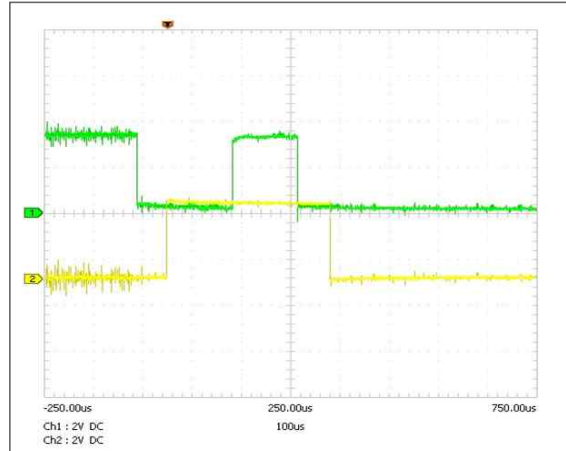


그림 10. NACK 신호와 데이터 전송
Fig. 10. NACK signal and data transmission.

결과적으로 MPU-9150은 그림 9와 같이 ACK 신호와 데이터를 전송한다. 그림 10과 같이 데이터 통신은 NACK (not acknowledge) 신호와 마스터의 stop bit로 끝난다. NACK 조건은 SDA 라인이 9 번째 클럭 사이클에서 high로 유지되도록 정의된다.

IV. 결론

국내 스포츠분석 소프트웨어는 대부분의 영역에서 카메라의 입력 영상을 사용하여 분석하지만, 이를 컴퓨터가 직접 분석해서 사용자에게 알려주는 시스템은 대중화 되지 않고 있다. 현재의 스포츠 분석은 카메라 영상을 전문가가 직접 분석하여 선수들에게 잘못된 부분을 고칠 수 있게 피드백 해주는 방식으로 이루어져 있다.

본 논문에서 제안하는 골프스윙 정확도 분석시스템은 골프를 처음 접하는 사용자들의 스윙동작을 교정 및 분석해주는데 목적이 있다. 골프를 처음 접하는 사용자들이 골프 레슨을 받거나 골프스윙 동영상상을 통해 학습하면서 자신의 스윙동작을 교정하는 과정에서 가장 중요한 부분을 차지하는 것은 디지털 분석 장비인 골프스윙영상 분석시스템이며, 첨단장비를 통해 얻은 객관화된 데이터를 기초로 보다 정확하게 골프 스윙을 개선할 수 있게 한다.

제안하는 골프스윙 정확도 시스템은 육안으로 볼 수 없는 순간의 동작들을 분석하여 이해하기 쉽도록 지도하는 것으로 시각적 효과로 인한 즉각적인 피드백을 통해 골프스윙동작을 개선할 수 있으며, 피드백을 주기 위한 정보는 프로 골퍼와 골프스윙 동영상 등에서 수집한 골프스윙 동작에 대한 지식을 활용하여 신뢰도를 향상시켰다.

자신의 골프스윙 동영상상을 육안으로 확인하고 분석할 수 있는 기능을 제공함으로써 다양한 골프 스윙 분류 방법을 기반으로 각 구간에 대한 분석이 가능하다.

References

- [1] M. Muoth, K. Chikkadi, I. Yu, and C. Hierold, "Suspended CNT-FET piezoresistive strain gauges: chirality assignment and quantitative analysis," in *The 26th IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems*, Taipei: Taiwan, pp. 496-499, 2013.
- [2] S. Mir, L. Rufer, and A. Dhayni, "Built-in-self-test techniques for MEMS," *Microelectronics Journal*, Vol. 37, No. 12, pp. 159-1597, 2006.
- [3] M. Ueda, H. Negoro, Y. Kurihara, and K. Watanabe, "Measurement of angular motion in golf swing by a local sensor at the grip end of a golf club," *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, Vol. 43, No. 4, pp. 398-404, 2013.
- [4] E. Tanghe, et al., "The industrial indoor channel: Large-scale and temporal fading at 900, 2400 and 5200 MHz," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol. 7, No. 7, pp. 2740-2751, July 2008.
- [5] A. D. DeHennis, and K. D. Wise, "A wireless microsystem for the remote sensing of pressure, temperature, and relative humidity," *Journal of Microelectromechanical Systems*, Vol. 14, No. 1, pp. 12-22, 2005.
- [6] D. Balakrishnan, and A. Nayak, "An efficient approach for mobile asset tracking using contexts," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 23, No. 2, pp. 211-218, 2012.
- [7] C. Ding, M. J. Moision, and J. Yuan, "Algebraic constructions of optimal frequency-hopping sequences," *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 53, No. 7, pp. 2606-2610, 2007.
- [8] J. Fei, and J. Zhou, "Robust Adaptive Control of MEMS Triaxial gyroscope using fuzzy compensator," *IEEE Transactions on Cybernetics*, Vol. 42, No. 6, pp. 1599-1607, 2012.



주 재 한(Jae Han Ju)

1989년 2월 : 조선대학교 전자공학과 (공학사)
 1991년 2월 : 조선대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 1999년 2월 : 조선대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
 2000년 3월 ~ 현재 : 송호대학교 보건의료전자과
 ※ 관심분야 : 디지털이동통신, 임베디드시스템, 의공학