

압력센서를 이용한 보행 패턴 분석 및 실시간 모니터링 시스템 구현

왕창원*, 정화영*, 나예지*, 민세동*
순천향대 의료IT공학과

A study on gait pattern analysis and development of real-time monitoring system using Pressure sensor

Chang-Won Wang*, Hwa-Young Jung*, Ye-Ji Na*, Se-Dong Min*
Dept. of Medical IT Eng., Soonchunhyang University*

Abstract - 본 연구에서는 인간의 기본적인 운동인 보행으로부터 걸음 수 및 양발 간 interval time 등 데이터를 얻는 시스템을 구현하였다. 보행 데이터(HS:heel strike)를 얻기 위해 신발의 뒷부분에 FSR-406압력센서를 부착하였고, Ti사의 MSP430 MCU와 연결하여 신호를 획득하였다. 획득한 신호는 Bluetooth통신을 이용하여 실시간 보행 상태를 모니터링 해주는 안드로이드 어플리케이션으로 전송하도록 개발하였다. 안드로이드 어플리케이션에서는 보행패턴분석을 위한 그래프 및 유용한 보행 데이터를 쉽게 볼 수 있도록 구성하였다. 사용자별 보행정보를 축적하고 추적관리하기 위해 데이터베이스(DataBase)에 저장하였고, 웹서버에서 실시간으로 볼 수 있도록 개발하였다. 본 연구를 통해 얻은 기술은 보행분석과 관련된 연구에 도움이 되고 널리 활용될 것이라 생각된다.

*주요어 : Gait Analysis, Pressure Sensor, Android Application

1. 서 론

최근 인간의 건강과 관련된 분야의 연구가 활발히 진행되고 있고, 스마트폰의 등장으로 편리하고 실시간으로 생체신호를 모니터링하기 위한 기술들이 개발[1]되고 있다. 특히 스마트폰 내부에 카메라와 가속도 센서 등을 이용하여 만보기, 운동량, 운동거리 등 보행과 관련된 기술개발이 활발히 진행되고 있다[2-4].

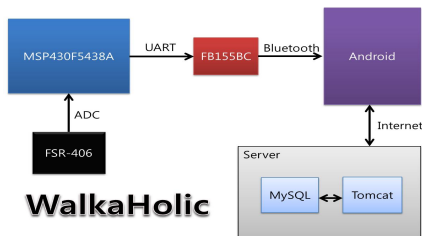
보행은 인간의 가장 기초적인 운동이며, 인간마다 보행의 특성이 다르다. 보행과 관련된 연구는 건강관리 측면, 고령자 및 편마비 환자, 뇌졸중 환자 등 고령화 사회에 대비해 시스템 개발 및 연구[5-6]가 이루어지고 있고, 근전도(EMG:Electromyogram)를 병행하여 FFT분석을 통한 연구법[7]도 활발히 진행되고 있다. 보행 데이터 측정은 압력센서, 가속도 및 기울기 센서, 카메라 등을 이용하여 시스템 개발과 관련된 연구들이 주류를 이루고 있다.

본 연구에서는 신발에 압력센서를 부착하여 HS데이터를 얻고, Ti사의 MSP430 MCU에 데이터를 받아, 보행 분석에 임상적으로 사용되는 걸음 수, 양발의 Step과, Stride에 소요되는 시간을 측정하였다. 이후 Bluetooth 통신을 통해 무선으로 스마트폰 어플리케이션에서 실시간으로 확인할 수 있도록 개발하였다. 보행데이터를 데이터베이스에 저장하여 웹서버에서 의료전문가가 실시간으로 보행 데이터를 볼 수 있도록 개발하였다. 본 연구에서 개발한 시스템을 기반으로 차후에 스마트폰과 압력센서를 이용한 보행연구에 널리 도움이 되고 활용될 것으로 생각된다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

시스템 구성은 크게 FSR-406 압력센서를 이용하여 신호를 계속하는 계측부, 압력센서로부터 나오는 전류를 전압신호로 바꾸고, UART통신을 통해 스마트폰으로 전송을 담당하는 MCU와 전원을 공급하는 전원부, 데이터 전송을 위한 Bluetooth 모듈과 신호를 실시간으로 확인하고 모니터링할 수 있는 스마트폰 어플리케이션으로 구성되어 있다.



<그림 1> 시스템 구성도

2.1.1 FSR-406



<그림 2> FSR-406과 특징

FSR-406압력센서는 압력에 따라 RM저항의 변화로 힘의 크기를 측정할 수 있는 스트레인 게이지 방식의 압력센서로, 범위는 100g-10kg이다. RM저항은 식(1)을 통해 계산할 수 있는데, MCU에 인가되는 전압이 3V일 때, 300Ω로 나타났고, 신발의 깔창 뒷부분에 적용하였다.

$$V_{OUT} = \frac{R_M V +}{(R_M + R_{FSR})} \quad (1)$$

2.1.2 MSP430F5438A



<그림 4> MSP430F5438A

본 연구에서는 TI사의 MSP430F5438A를 이용하여 ADC 및 UART를 구현하였다. MSP430F5438A칩은 16bit RISC(Reduced Instruction Set Computer)구조 기반의 복합신호프로세서로 저전력이 강점이고, 폰노이만 구조로 수행할 명령어를 쌓아놓고 순서대로 수행한다.

ADC는 2채널을 이용하여 sampling rate 100Hz로 압력센서로부터 보행 데이터를 추출하였다. UART통신은 3.4MHz를 사용하였고, 양발을 구분하기 위해 오른발은 데이터 끝에 A, 왼발은 B를 기입하여 양발을 구분하도록 구성하였다. 또한 전력소모를 줄이기 위해 10초동안 데이터가 들어오지 않으면 견지 않는다고 가정하여 CPU를 ON/OFF되도록 하였다.

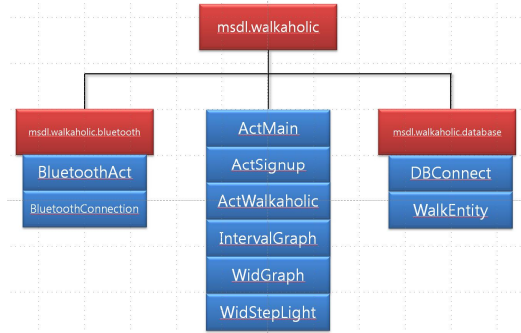
2.1.3 Bluetooth 통신

MCU와 스마트폰 간 통신은 Firmtech사의 FB155BC와 스마트폰에 내장된 블루투스 칩을 이용하여 데이터를 전송하도록 구성하였다.(그림 5) Baudrate는 9600bps를 사용하였고, 전송받은 문자를 즉시 SPP(Serial Port Profile)로 페어링된 디바이스에 전송하도록 하였다.



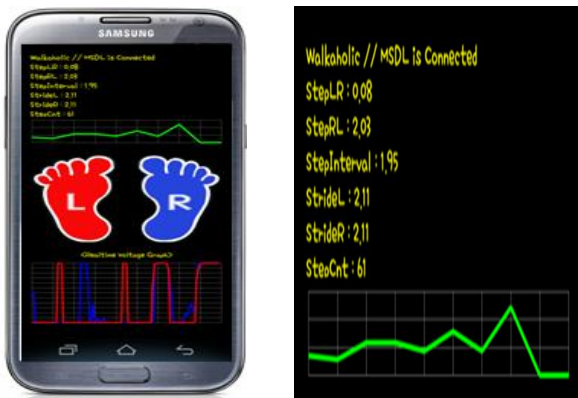
〈그림 5〉 FB155BC 칩

2.1.4 스마트폰 어플리케이션



〈그림 6〉 어플리케이션 구성도

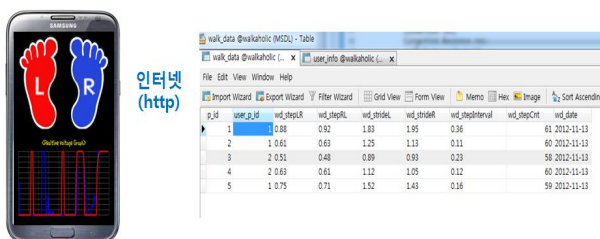
스마트폰 어플리케이션은 2개의 패키지와 6개의 클래스로 구성하였다. 세부적으로는 ActMain은 로그인 화면이 표시되는 액티비티이고, ActSignup은 회원가입이 가능한 액티비티, ActWalkaholic은 신호를 모니터링해주는 액티비티이다. IntervalGraph는 스텝간 밸런스를 의미하는 수치인 Interval을 그래프로 그려주는 View 클래스이고, WidGraph는 MCU로부터 전송받은 값을 그래프로 시켜주는 View 클래스이다. 그밖에 Bluetooth통신을 하기 위한 클래스와 데이터베이스에 접근하기 위한 클래스로 구성하였다. 실제 구현한 구조 및 기능은 그림7과 같다.



〈그림 7〉 구현한 스마트폰 어플리케이션

StepLR은 왼발-오른발, StepRL은 오른발-왼발의 사이의 시간을 의미하고, Step Balance는 StepLR과 StepRL의 시간을 비교하여 평가하였다. Stride는 같은 발이 다시 지면에 닿을 때 까지의 시간을 의미하고 StepCnt는 걸음 수를 의미한다. 노란색 선이 나타나는 그래프는 양발의 균형을 실시간으로 나타내는 그래프로, 0에 가까울수록 균형이 잘 잡힌 것으로 볼 수 있고, 아래의 그래프는 오른발, 왼발의 전압 그래프이다.

2.1.5 Database 및 Web Server



〈그림 8〉 스마트폰과 웹서버간 연동

계측 시스템을 통해 얻은 데이터를 스마트폰 내부 데이터베이스에 저장하였고, 인터넷을 통해 웹서버로 실시간으로 저장하도록 구성하였다. 차후 보건기구 및 전문가들의 연구에 필요한 임상적 데이터를 제공할 수 있도록 개발하였다.

3. 결 과

3.1 시스템 성능 평가

시스템 성능을 평가하기 위해 상용 만보계, 육안으로 보행 횟수 인식률을 평가하였다. 보행 횟수 인식률은 (2)와 같은 식을 통해 얻을 수 있다. R은 보행 횟수 인식률(%)이고, Nr은 육안으로 측정된 걸음 수, Ns는 본 연구에서 개발한 시스템으로 측정된 걸음 수이다. 결과는 표1과 같다.

$$R = 100 - \left(\left(\frac{|N_r - N_s|}{N_r} \right) \times 100 \right) \quad (2)$$

〈표 1〉 성능평가 결과

	육안	만보계	인식률	시스템	인식률
3km/h	98	97	98.97	95	96.93
5.5km/h	180	176	97.77	155	90.11

일반 상용 만보계의 3km/h로 걸을 때의 인식률은 98.97%로 본 연구에서 개발한 시스템의 96.93%보다 2.02%의 근소한 차이가 나타났다. 하지만 5.5km/h로 걸을 때의 인식률은 7.77%라는 많은 차이가 나타났다. 오차의 요인으로는 신발과 실험자의 발사이즈가 다를 경우 불필요한 접촉이 발생하고, 빠른 움직임으로 인한 압력센서와 발 사이의 유격이 제대로 형성되지 못했기 때문에 발생한 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 압력센서와 MCU, 스마트폰을 이용하여 편리하면서도 신뢰성있는 실시간 모니터링이 가능한 보행분석 시스템을 구현하였다. 하지만, 시스템 성능평가 결과 피험자들의 발사이즈의 차이와, 발과 압력센서간 유격으로 인해 상용 만보계 대비 높은 인식률을 얻을 수 없었다. 또한 정확한 보행분석을 하기 위해서는 발 뒷꿈치(HS)에만 압력센서를 부착하는 것이 아닌 발가락 뼈기(TO)데이터를 함께 얻어야 하지만, 발 뒷꿈치 데이터만 획득하였다. 차후 연구에서 앞꿈치에도 압력센서를 부착하여 TO, HS데이터를 모두 획득하면, 보다 체계적인 보행분석이 가능할 것이라 사료된다. 본 연구는 향후 스마트폰을 이용한 보행분석과 관련된 연구에 널리 도움이 될 것이라 생각한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 민재동, 권춘기 “갈창 형태의 전기용량성 섬유압력센서를 이용한 보행 횟수 검출 및 자세 모니터링 시스템”, 한국컴퓨터정보학회지, 제 17권 8호, pp.107-114, 2012
- [2] 허근섭, 양승환, 이상룡, 이종규, 이준영 “가속도센서와 각속도센서를 이용한 특정 비정상보행에 관한 연구”, 한국정밀공학학회지, 제 29권 11호, pp.1199-1206, 2012
- [3] 장재훈, 임창주, 송기호, 정성택 “스마트폰 영상을 이용한 슬관절 각도 및 활보장에 대한 보행분석”, 재활복지공학회논문지, 제 7권 2호, pp.139-144, 2013
- [4] 문동준, 김주영, 정현두, 노시철, 최홍호 “기울기 센서와 근전도를 이용한 보행패턴 특징 추출에 관한 연구”, 재활복지공학회논문지, 제 7권 2호, pp.75-84, 2013
- [5] 장혜연, 한정수, 한창수 “고령자 및 편마비 환자의 3차원 동작분석을 통한 보행 특성에 관한 연구”, 한국정밀공학학회지, 제29권 7호, pp.730-736, 2012
- [6] 정호현, 이범기, 임도형 “고령자 및 편마비 고령자의 직선 및 회전 보행 특성 변화 평가”, 대한기계학회 2013년도 학술대회, pp.2559-2564, 2013
- [7] 문동준, 김주영, 정현두, 이음혁, 최홍호 “주파수 영역에서의 근전도 분석을 통한 보행패턴에 관한 연구”, 2013한국재활복지공학회 정기학술대회, pp.223-226, 2013