

심박수, 호흡, 보행 패턴의 변동성 동시 계측을 위한 시스템의 개발 Development of Stride Rate, Heart Rate, Breathing Rate Variability Measurement System

*김형식, 최진승, 이정환, #탁계래

*H. S. Kim, J. S. Choi, J. H. Yi, #G. R. Tack(grtack@kku.ac.kr)

건국대학교 의료생명대학 의공학과

Key words : Stride Rate Variability, Heart Rate Variability, Breathing, Walking

1. 서론

인체는 주위 환경에 항상 적응하기 위해 정신적, 육체적, 생리학적으로 복잡한 기전을 가지고 있다. 이 기전을 통하여 복잡하고 예측할 수 없는 외부환경에 적응하며 생활해 나간다. 이러한 적응의 과정은 인체의 항상성을 유지하기 위한 변동성(variability)과 연관 지어 연구되고 있다. 인체의 변동성은 보행의 시간 간격과 폭 등을 이용하는 Stride Rate Variability(SRV), 호흡 간격을 이용하는 Breathing Rate Variability(BRV) 등의 연구가 대표적으로 진행되고 있고[1][2], 이중 보행 변동성은 인간의 생활에 가장 밀접하게 연관이 되어 있어서 다양한 접근 방법을 가지고 연구되고 있다. 하지만 기존의 측정 방법은 실내에서 3차원 동작분석 카메라와 트레드밀(treadmill)을 이용하여 수행되어 피험자의 보행이 자신의 선호 보행 속도가 아닌 보행으로 수행될 수 있으며 실제 생활환경과는 다른 점이 많아 정확한 피험자의 SRV나 BRV를 측정할 수 없는 단점이 있다.

본 논문에서는 위에 열거한 단점을 최소화하기 위하여 착용가능한 BRV와 SRV를 측정 장치를 개발하였으며, 심전도(ElectroCardioGraphy)를 측정하여 Heart Rate Variability(HRV)와 함께 복합적으로 보행 변동성과의 상관성을 측정할 수 있는 시스템을 개발하였다.

2. 측정 장치

측정 장치는 측정의 효율성을 높이기 위하여 아날로그 신호 수집부와 디지털 처리부로 구성하였다. 설계 전제조건으로 장시간 측정이 가능하고, 작고 무게가 가벼우며 쉽게 착용할 수 있도록 설정하였다.

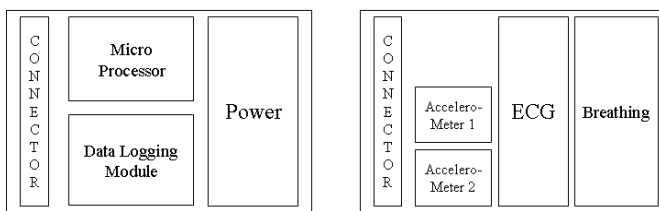


Fig. 1 Digital board(left) and Analog board(right)

설계 전제 조건을 만족하기 위하여 디지털부의 구성은 전원부, 마이크로프로세서, 데이터 저장을 위한 저장 모듈의 크게 세부분으로 구성되었다.

전원부는 승압(step-up) 레귤레이터를 사용하고, AAA타입의 NiMH 충전지 2개를 사용하여 회로 동작에 필요한 양/부 전압을 공급할 수 있도록 설계하였다. 마이크로프로세서로는 ATMEGA128(Atmel, USA)을 사용하여 8Ch 10bit의 분해능(resolution)을 가지는 AD입력을 이용하여 측정된 가속도, 심전도, 호흡을 AD변환하도록 하였고, 측정 데이터의 저장을 위한 모듈을 제어하는 역할을 하도록 하였다.

데이터 저장장치로는 현재 널리 사용되고 있는 micro-SD카드를 이용하여 저장될 수 있도록 CD17B10 DOSonCHIP 모듈[3]을 이용하였다. 저장되는 데이터의 구조는 후처리의 편리성을 위하여 소수점 7자리까지 저장이 가능하며 행(row)이 시간 열(column)이 심전도, 호흡, 1번 가속도계 x, y, z축, 2번 가속도계 x, y, z축의 순서로 저장 되도록 하였다.

아날로그 신호 수집부로 부터의 측정된 신호는 보드 좌측에 위치한 13pin Header pin(8-signal, 2+/-전압, 2-GND, 1-ECG pulse signal)을 이용하여 디지털 처리부와 연결될 수 있도록 하였다.

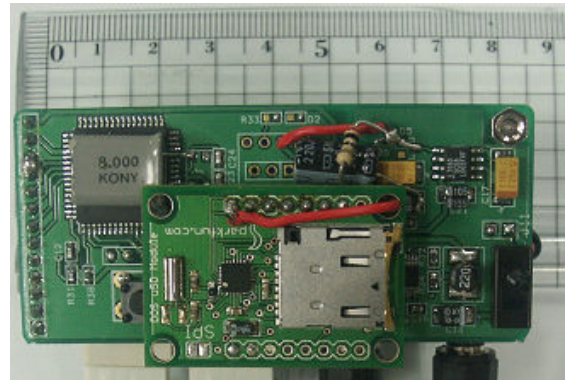


Fig. 2 Digital board

아날로그 신호 수집부는 3축 가속도 측정부, 심전도 검출회로, 호흡 검출회로부의 총 4부분으로 구성하였다. 3축 가속도 측정부는 2부분으로 나뉘어 있으며 하나는 신호 수집부에 실장되지 않고 따로 가속도 측정 모듈을 구성하여 보행 변동성을 측정할 수 있는 신발의 위쪽에 부착할 수 있도록 하였다. 다른 하나는 신호수집부에 실장되도록 구성하였다. ECG 신호 검출부는 고성능 계측증폭기(Instrumentation amp) INA128U(Texas Instrument, USA)와 고성능 rail-to-rail 특성을 가지는 연산증폭기(opamp)를 사용하여 신호를 증폭 하였으며, 0.2~150Hz의 범위로 필터링을 하여 효과적으로 심전도의 신호만 추출할 수 있도록 하였다. 또한 사람마다 심전도 크기가 다르기 때문에 이를 보정할 수 있는 이득 회로를 추가하였으며 심전도의 QRS complex의 R과(wave)만 검출할 수 있도록 비교기 회로도 추가하였다. 호흡 측정은 생체 신호 계측 장비 회사인 BIOPAC Inc.(USA)에서 제공되는 가슴에 착용할 수 있는 호흡 측정 센서를 이용하여 구성하였다. 호흡 측정 센서는 압력에 대한 저항 값의 변화를 이용하는 센서로서 이 센서가 흡기시 가슴 흉곽의 확장과 호기시 수축의 변화를 감지할 수 있도록 벨크로(velcro) 와 연결되어 있는 구조를 가지고 있다.

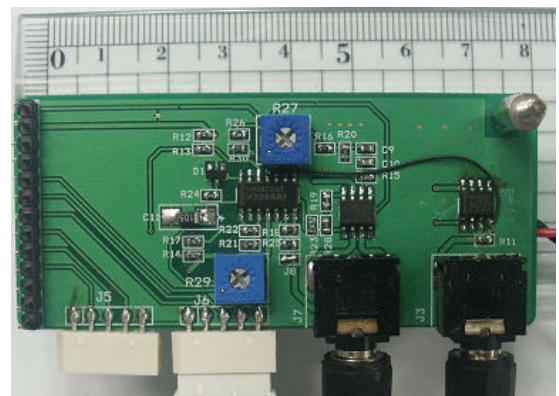


Fig. 3 Analog board

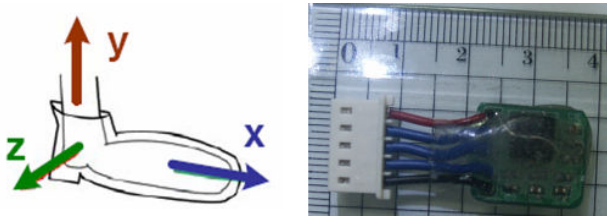


Fig. 4 Axes for accelerometer and Accelerometer sensor

3. 실험

개발된 측정 장치를 이용하여 보행 실험을 수행 하였다. 심전도를 검출하기위한 전극은 원형 Ag/AgCl전극을 사용하였으며 부착위치는 보행에 방해가 되지 않고 효과적으로 심전도를 얻을 수 있도록 가슴 중앙의 흉곽부분에 기준(reference)전극을 부착하였고 기준으로부터 좌/우 15cm 떨어진 거리에 +/- 전극을 부착하는 전극법을 사용하였다.

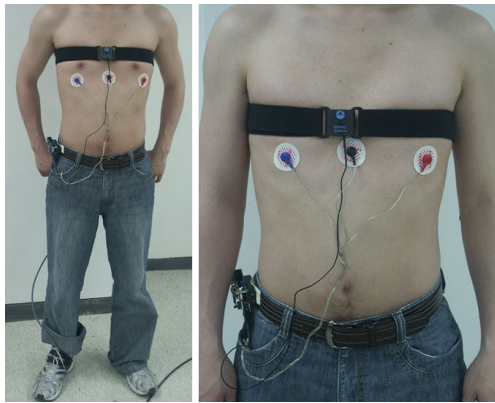


Fig. 5 Experiment and Sensor arrangements

4. 결과

측정되는 총 8가지의 신호는 마이크로프로세서를 통하여 49Hz로 micro-SD 카드에 저장된다. 데이터 저장용량은 1GB용량의 micro-SD 카드를 이용할 경우 30일 동안 연속적으로 저장할 수 있으나 개발된 장치의 소모 전류로 인하여 약 2일 동안 연속 사용이 가능하다. 데이터는 MATLAB6.5 (Mathworks, USA)를 통하여 분석하였다. 호흡센서로 부터의 신호는 호흡의 정량적인 양을 알 수 없으며 호흡의 여부와 시간 간격만 알 수 있다. 측정된 결과는 그림 6과 같다.

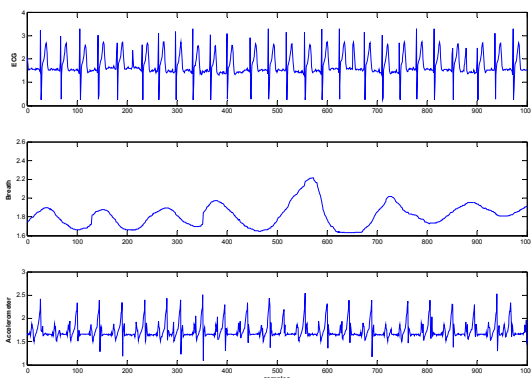


Fig. 6 ECG(upper), Breath(middle), Accelerometer(bottom)

표1에서 개발된 측정 장치의 성능을 평가 하였다.

Table 1 Developed system performance

Microprocessor	ATMEGA128 (AVR)
Dimension	8.3cm x 7.3cm x 1.2cm
Weight	42gram
DC current consumption	38mA
Battery	AAA NiMH rechargeable x 2

5. 결론

본 논문을 통하여 보행시 Heart Rate Variability, Stride Rate Variability와 Breathing Rate Variability를 동시 측정할 수 있는 시스템의 개발하였다. 기존의 실험 방법이었던 실험실 내 환경에서의 구애를 받지 않고 실험실 밖에서 실제 환경과 동일한 상황에서 개발된 측정 장치를 이용하여 실험 할 수 있었다. 또한 무게 및 크기가 작아 휴대가 간편하여 장시간 동작도 가능한 장점을 가지고 있다. 하지만 본 논문에서 고안된 심전도와 호흡측정 구성 회로는 보행 동작을 벗어나는 뛰는 동작이나 급격한 동작 점프등의 동작에서는 동잡음(motion artifact) 등의 원치 않는 성분(noise)이 그대로 계측되게 된다. 이를 개선하면 본 측정 장치를 통하여 보행뿐만 아닌 다른 복잡한 동작 등의 여러 운동 실험을 할 수 있을 것이라 기대 된다.

후기

본 연구는 산업자원부 지역산업중점기술개발사업의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. Chau, T., Young, S., Redekop, S., "Managing variability in the summary and comparison of gait data," J. of Neuroengineering and Rehabilitation, 3, 2-22, 2005.
2. Hausdorff, J. M., Balash, J., Giladi, N., "Effects of Cognitive Challenge on gait variability in patients with parkinson's disease," J. Geriatr Psychiatry Neurol., 16, 1, 53-58, 2003.
3. CD17B10 User Guide_0v1, Wearable Inc.