

24시간 건강상태 모니터링을 위한 Bluetooth를 사용한 소형 저전력 휴대형 Bio-signal 측정 장치의 개발

정현권*, 송길섭, 나승유, 이희영
전남대학교 전자공학과

TEL: 062-530-1751, FAX: 062-530-1759

Development of Portable Bio-signal Measurement System using Bluetooth for 24-hours Continuous Health Monitoring

Hyun-Gwon Jung, Kil-Sup Song, Heyoung Lee, Seung You Na
Department of Electronics Engineering, Chonnam National University
E-mail : jhg@moiza.chonnam.ac.kr, u0120659@moiza.chonnam.ac.kr,
leehy@chonnam.ac.kr, syna@chonnam.chonnam.ac.kr

Abstract

This paper presents a portable bio-signal measurement system using Bluetooth for the 24-hours continuous health state monitoring of the elderly and the disabled. The measurement system has the functions of acquisition of various bio-signals, wireless data transmission and adjustment of parameters such as gain and cut-off frequency. This measurement system is designed according to the international specifications of the recommendation of AAMI (Association for the Advancement of Medical Instrumentation). The design targets of the developing system about volume and power consumption are 20x30x5mm³ and 8mW.

I. 서 론

최근, 선진 각국의 통계조사에 의하면 생활수준의 향상과 의학의 발달로 인해 노령 인구가 지속적으로 늘어가는 추세를 보이고 있으며 우리 나라도 가까운 장래에 노인 인구의 비율이 크게 증가될 것으로 예상된다. 이러한 인구의 고령화 시대에는 노인의 생활이나 복지에 대한 관심이 고조될 것이며 아울러 의료비와 같은 사회적

비용이 급격히 증가할 것으로 예측된다. 선진각국에서는 노약자 및 장애인의 의료서비스의 질을 유지하면서 서비스 비용을 줄이기 위한 다양한 연구를 수행하고 있다. 최근 컴퓨터 및 정보통신 기술의 발달과 사회적 인프라의 구축으로 인하여 24시간 연속 건강상태 관리 시스템 구현이 가능할 것으로 판단된다. 연속 건강관리 시스템의 목적은 질병을 조기에 발견하여 합병증을 최소화하고 병원을 직접 방문하지 않고 집에서 병원의 의사와 연결되어 진단을 받을 수 있는 서비스 제공 및 의료 서비스를 위한 사회적 비용 감소 등이다[1-2].

지속적 의료 서비스를 받아야하는 노약자나 거동이 불편한 장애인들을 위한 24시간 건강상태 모니터링 시스템은 각종 질환의 조기 진단과 편리한 서비스를 제공할 수 있으므로 이들의 삶의 질 향상에 중요한 역할을 할 것으로 판단된다. 현재, 병원에서 건강상태를 파악하기 위하여 의사와 환자의 상담과 신체의 물리적 특징 및 생체신호(심전도, 근전도, 뇌파, 혈압, 호흡, 체온)관찰과 이화학적 검사를 한다. 심혈관 및 뇌혈관 질환과 같은 노약자에게 주로 발생하는 질환들은 24시간 연속 관찰을 통한 질병의 유무 판단과 위급한 상황에 신속히 대응하는 것이 무엇보다도 중요하다[3]. 신속한 치료는 합병증을 최소화할 수 있으며 치료비용을 줄일 수 있다. MIT에서는 손가락에 착용 가능한 반지크기의 산소포화도 및 혈당량 측정 장치를 개발하고 있으며 미국의 Sensatex, Inc.에서는 심전도 혈압 등의 측정기능을 갖는

착용 가능한 셔츠를 개발하였다[4-5]. 여러 가지 다양한 형태의 소형 생체 신호 측정장치가 개발되고 있다.

건강상태를 효과적으로 관찰하고 파악하기 위해서는 생체 및 화학적 신호 뿐 만 아니라 감정과 신체 움직임에 대한 정보를 동시에 24시간 연속 측정하여야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 소형, 저 전력 특성을 갖으며 착용하기가 매우 간편한 무선통신 기능을 갖는 24시간 건강 상태 모니터링 시스템을 개발한다. 무선통신 기능을 위해 Bluetooth를 사용했으며 소형 저 전력의 가변 이득 Instrumentation Amplifier, 가변 차단 주파수를 갖는 엔터얼리이어서 필터, 초소형 저 전력 마이크로 컨트롤러를 사용하였다. Bluetooth를 이용한 생체신호 측정장치는 다른 통신방식에 비하여 크기, 소모 전력, 사용자의 착용 편의성 및 다른 시스템과의 호환성 측면에서 많은 장점을 가지고 있다. 본 논문의 제 2장에는 측정하고자하는 인체정보에 대하여 살펴보고, 제 3장에서는 Bio-Signal 측정 시스템의 전체적인 구성에 대해 설명하고, 제 4장에서는 제작된 생체 신호 측정 시스템에 의해 얻어진 실험 결과를 나타내었고 마지막으로 제 5장에서 결론을 맺는다.

II. 건강상태 모니터링을 위한 인체 정보

인간의 건강상태를 나타내는 다양한 생체 신호와 지표들이 존재한다. 우리는 생체신호로부터 인체의 신경 생리학적, 화학적 상태를 알 수 있고 또한 환자의 표정이나 몸짓, 자세 등의 행동 양식으로부터 건강상태와 관련된 정보를 얻을 수 있다. 생체신호와 같은 인체 내부적인 요소들뿐만 아니라 인간의 표정이나 몸짓 그리고 걷는 자세 같은 외부적 요소들을 포함한 다양한 인체 정보를 통해 건강상태를 모니터링 함으로써 노약자나 장애인들의 건강상태를 정확하게 예측 판단 할 수 있고, 위급한 상황에서 즉각적인 대응이 가능할 것이며, 사용자들 또한 편리하고 쉽게 건강상태 모니터링 시스템에 접근할 수 있을 것이다. 이러한 통합적인 건강상태 모니터링을 위해서는 생체신호 뿐만 아니라 신체의 움직임, 감정에 대한 정보가 필요하다.

1. 생체 신호

노약자나 장애인들의 건강상태 모니터링을 위해 심전도(ECG), 뇌파(EEG), 근전도(EMG), 혈압, 산소포화도, 체온, 호흡 등의 다양한 생체신호들이 이용된다. 이러한 생체신호 정보를 측정하는 주된 목적은 심혈관 및 뇌혈관 질환을 조기에 진단하고 예방하는데 있다.

ECG로부터 얻어진 HRV(Heart-rate-variability)는 자율 신경계의 복잡한 신경 메커니즘에 의해 제어된다.

HRV의 스펙트럼 분석은 자율신경계 활동의 정량적인 분석을 돕는다. 정상상태에서 HRV의 고주파수 성분은 호흡과 동기가 맞추어지는데 HRV 파라미터의 면밀한 관찰을 통한 신속한 대응으로 심장마비로 인한 사망이나 후유증을 최소화 할 수 있을 것이다[1].

2. 인체 외부적 요소에 의한 정보

질병의 발생원인에는 다양한 환경적 요인과 인간의 잘못된 생활 습관에 기인하는 경우가 많다. 이러한 잘못된 생활습관을 관찰하고 통계적 방법을 이용 분석하면 질병을 예방하고 치료하는데 도움이 될 것이다. 걸음걸이(Gait Pattern), 자세(Posture), 표정(Facial Expression), 몸짓(Gesture) 등의 다양한 인간의 행동을 비전 센서, 모션 캡처 장치, 압력 센서 등을 이용하여 모니터링하고 분석함으로써 노약자나 장애인들의 건강증진과 삶의 질 향상에 많은 도움이 될 것이다. 표.1은 여러 가지 인체 정보와 이를 측정하기 위한 센서를 정리한 것이다.

표 1. 인체 정보와 측정 센서

Subject Matters		Type of sensors
Bio-signals	ECG,EMG, EEG	Electrodes
	Blood pressure	Pressure sensors, Ultrasound sensors
	Respiration	Microphone
	Body temp	Thermometer
Motions and Expressions	Gestures	Data glove, Vision sensor, Motion capture device
	Facial expression	Vision sensor
	Gait pattern	Vision sensor, Motion capture device, Pressure sensor
	Postures	Vision sensor Motion capture device, Pressure sensor
Smell		Odor sensor
Voice, Noise		Sound sensor

III. Bio-signal 모니터링 시스템의 구조

그림. 1은 건강상태 모니터링 시스템의 구조이다. 본 연구에서 제작중인 건강상태 모니터링 시스템에서는 소형의 생체신호 측정장치에서 측정된 신호를 Bluetooth를 통해 옥내에서 활동시 가정의 PC에 전달하고, 옥외에서는 Bluetooth기능을 내장한 휴대전화에 전달된 후 다시 무선 통신 시스템을 통해 사용자 가정의 PC에 전달된다. PC에 전달된 bio-signal은 데이터 처리를 통해 추출된 특정 파라미터 값들이 위험 수준에 있는지를 판별하여 이상징후 발견 시 병원과 환자에게 실시간으로 정보

24시간 건강상태 모니터링을 위한 Bluetooth를 사용한 소형 저전력 휴대형 Bio-signal 측정 장치의 개발

를 전달한다. 또한 PC에서 얻어진 특정 파라미터 값들은 병원에 위치한 서버에 전달되어 DB에 저장되고, 이 정보에 따라 적절한 처방이 이루어지게 된다.

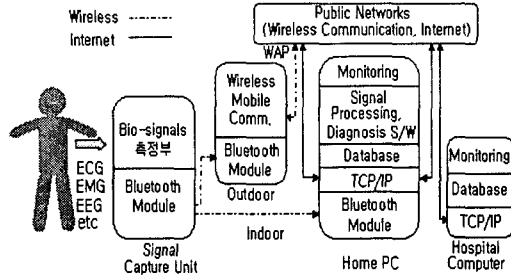


그림 1. 생체신호 모니터링 시스템 구조

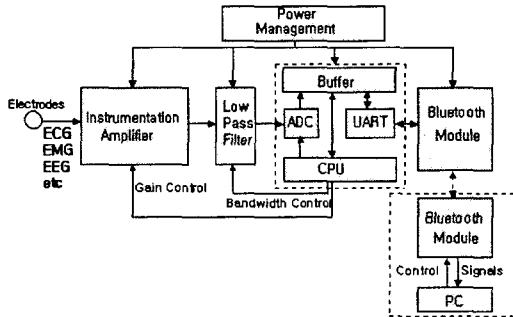


그림 2. Bio-signal 모니터링 시스템 측정부 블록도

본 논문에서 소개하는 휴대용 Bio-signal 측정장치는 사용자의 건강상태를 모니터링 하여 실시간 진단 및 위급 상황에 적절한 조치를 취하기 위한 목적으로 설계되었으며, 국제 의료 장비 규격(Association for the Advancement of Medical Instrumentation)에 맞춰 설계되었다[6]. 그리고, 소형전지로 장시간 사용하기 위해 저전력으로 설계되었으며, 예상되는 소비전력은 8mW로 3V/560mAh의 소형전지를 사용할 경우 200시간정도를 사용할 수 있을 것으로 예상된다. 또한, 착용시 사용자가 장비의 착용을 인식하지 못할 정도의 크기로 제작하기 위해 초소형의 칩들을 사용한 결과 측정장치의 크기는 20×30×5mm로 예상된다.

생체신호를 측정하기 위해 Ag-AgCl 전극을 paste처리하여 사용하는 경우 신호원 임피던스는 보통 수십KΩ 정도로 높기 때문에 전압증폭기의 입력 임피던스는 이보다 매우 큰 값이어야 한다. 또한, 기기 주변의 전원선 등에 의한 60Hz 노이즈 및 기타 정전결합에 의한 노이즈는 Common-Mode로 입력 선에 인가되기 때문에 큰 CMRR(Common Mode Rejection Ratio)이 요구된다. 이를 위해 AAMI(Association for the Advancement of Medical Instrumentation)에서는 2.5MΩ 이상의 입력임피던스

와 표준 심전도기의 경우 최소 89dB, 휴대용 심전도기의 경우 60dB이상의 CMRR을 규정하고 있다[6]. 위와 같은 조건들을 만족시키기 위해 생체신호 계측에서는 Instrumentation Amplifier를 사용한다.

1) Instrumentation Amplifier

본 연구에서는 1000MΩ의 입력임피던스와 최소 90dB 이상인 115dB의 CMRR을 갖는 차동 증폭기를 사용하였다. 증폭기는 작동 전류가 93μA이며 Shutdown mode에서는 8μA가 소비된다. 또한 이득은 가변저항으로 조정되는데 1-1000배 범위에서 조정할 수 있다. 또한 차동 증폭기의 특성에 의해 2개의 입력단자에 입력 값의 차에 의해 정전결합에 의한 체내 잡음이나 주변 노이즈 등을 제거할 수 있다. 3개의 전극을 통해 입력된 3채널의 심전도 신호는 500배 증폭된다.

2) 마이크로 컨트롤러

필터에 의해 대역 외의 잡음이 제거된 신호는 마이크로 컨트롤러에 내장된 12-Bit A/D 컨버터에 입력되어 Digital 신호로 변환된 후 마이크로 컨트롤러의 UART(직렬통신)포트를 통해 Bluetooth 모듈로 보내어진다. 마이크로 컨트롤러는 1MHz, 2.2V에서 소비 전류가 280μA이며, 저 전력 모드에서는 0.1μA 이다. 그리고 ADC, UART통신 모듈을 내장하고 있으며 메인 클럭 1MHz에서 115,200bps속도로 통신한다.

3) 블루투스 모듈

블루투스(Bluetooth)는 저 전력, 저가, 소형, 근거리간 무선통신 기술로 장치간의 연결 케이블을 대체하기 위해 개발되었으나, 현재는 우리 주변의 정보통신기기들과의 상호작용을 위한 근거리 통신망의 일종인 WPAN(Wireless Personal Area Network)의 개념으로 받아들여지고 있다. 현재 무선통신 단말기 제조회사들이 블루투스 기능을 내장한 제품 출시를 계획하고 있으며 앞으로 PDA, IMT-2000단말기 등의 다양한 개인 휴대 통신 기기에 블루투스 기능이 내장될 것으로 예측된다. IMT-2000단말기(2Mbps)와 같은 다기능, 대용량의 개인 휴대 통신 매체를 이용하게되면 실시간 영상전송 등이 가능해짐에 따라 다양한 인체정보들을 24시간 어디서나 모니터링이 가능해질 것이다.

마이크로 컨트롤러와 블루투스 모듈간의 데이터 전송은 HCI(Host Control Interface)를 통해 이루어지는데 블루투스는 USB(Universal Serial Bus), UART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter), RS-232, 3가지의 전송 방식을 정의해 놓았다. 본 연구에서는 UART 직렬 통신을 이용한다. 데이터 전송속도는 USB에 비해 늦지만 프로토콜 스택 구현이 용이하고 구현에 필요한 프로그램 메모리크기가 작다. 또한 UART 직렬통신기능을 지원하는 다양한 저 전력, 소형의 마이크로 컨트롤러가

상용화되어 마이크로 컨트롤러 선택에도 용이하다. 개발하고 있는 시스템에서 마이크로 컨트롤러, PC, 블루투스 스택의 연결도는 그림. 3과 같다.

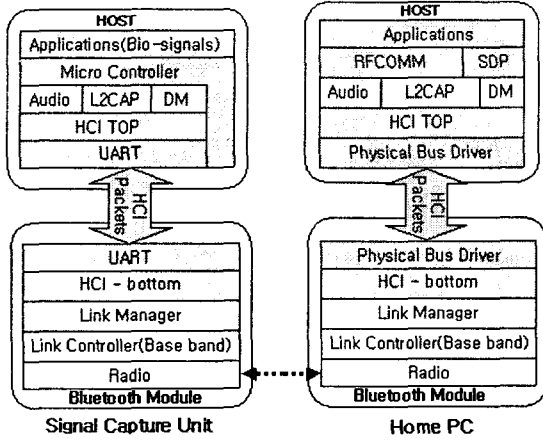


그림 3. 마이크로 컨트롤러, PC, 블루투스 스택 사이의 연결도

IV. 실험 결과

심전도의 측정은 인체의 흉부에 3개의 전극을 연결한 후, 3채널의 입력을 받아들여 500배 증폭하여 이루어졌다. 실험에 의해 얻어진 파형은 그림. 4와 같다. 그림. 3에서와 같이 리드II의 파형에서는 진단 시 이용되는 주요한 파라미터인 P, Q, R, S, T파형(그림 b)이 구별될 수 있게 나타나지만, 리드I에서는 잘 나타나지 않음을 알 수 있다. 또한, 각 파형에 실린 잡음성분의 대부분은 심전도 신호대역(0.05~250Hz)내에서 발생되고 있음을 알 수 있다.

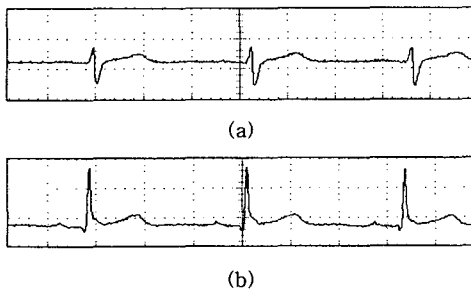


그림 4. 측정된 파형. (a) 리드 I (b) 리드 II.

근전도의 측정은 이두근의 양쪽 끝에 전극을 연결하여 입력을 받아 500배 증폭하여 이루어졌다. 실험에서 얻어진 파형은 그림. 5와 같다. 그림. 5에서와 같이 각기 다른 운동에 의해 그 특유의 특징을 갖는 파형이 발생함을 알 수 있다.

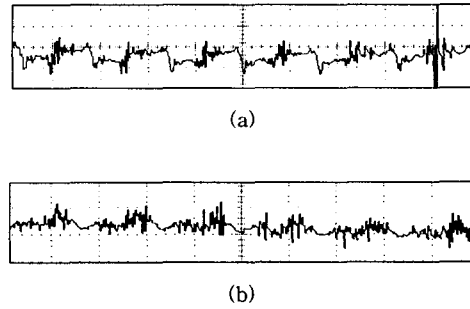


그림 5. 측정된 파형(이두근에서 측정).
(a)규칙적 안쪽 비틀림 운동. (b)규칙적 팔접기.

V. 결론 및 추후연구

보다 효율적인 건강 관리를 위해서는 심전도, 근전도 신호 이외의 혈압, 호흡 등의 다양한 생체신호의 계측, 측정된 신호의 무선 전송을 위한 블루투스 프로토콜 스택 구현, 적절한 파라미터 선정과 함께 정확한 진단을 위한 알고리즘 개발에 관한 연구와 계측된 신호에 나타난 생체신호 대역내의 잡음을 효율적으로 제거하기 위한 알고리즘 연구가 계속 되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Won-Choul Bang, Heyoung Lee, Jin-Woo Jung, Min-Jung Kim, Jongho Lee, Dimiter Stefanov, Z. Zenn Bien, "Human-Friendly Health Monitoring System For service to the Elderly and the Disabled," IOS Press, 2001
- [2] K. G. Manton, L. S. Corder, and E. Stallard, "Monitoring Changes in the Health of the U.S. elderly Population: Correlates With Biomedical Research and Clinical Innovations," *FASEB Journal*, V.11 N.12, 1997
- [3] M. Chan, A. drouin, and J. Pous, "Remote Monitoring System to Measure Indoor Mobile and Transfer of Elderly People," in *Proc. of the 3rd TIDE Congress*, Helsinki, Finland, 1998
- [4] C. Gopalsamy, S. Park, R. Rajamanickam, and S. Jayaraman, "the Wearable Motherboard: The First Generation Of Adaptive And Responsive Textile Structures(ARTS)- For Medical Applications," *Journal of Virtual Reality*, pp.152-168, 4, 1999
- [5] <http://www.sensatex.com/company.htm>
- [6] AAMI, AAMI Standards and Recommended Practices, Biomedical Equipment, Part 2 - Monitoring and Diagnosis Equipment, 1995