

응급환자 병원내 이송중의 모니터링을 위한 저전력형 휴대용 무선 ECG 시스템 개발

장기웅, 김지원, 공세진, 김철승, 엄광문
건국대학교 의료생명대학 의학교육부

Development of a Low-power Portable Wireless ECG System for Monitoring the Emergency Patient during Transfer in Hospital

Kee-Woong Jang, Ji-Won Kim, Se-Jin Kong, Chul-Seung Kim, Gwang-Moon Eom
School of Biomedical Engineering, College of Biomedical and Health Science, Konkuk University

Abstract - It is desirable to monitor the vital signals, such as ECG, of a emergency patient during transfer in the hospital as well as in the ambulance. The purpose of this study is to develop a system which provides a real-time and wireless ECG to the medical staff nearby patient during transfer in hospital. In this context, we developed a low-power, low-cost and portable ECG system consisting of 1) ECG measurement and RF transmission module and 2) RF receiving and LCD display module. The developed system is expected to be useful in monitoring ECG of a patient during transfer in the hospital.

Keyword - Low-power, portable ECG, Patient Monitoring

1. 서 론

심혈관계 질환을 가진 환자들은 주기적으로 심장 기능을 측정하는 것이 필요하다. 특히 병원 내에서의 응급환자들은 급격한 상태의 변화를 예측할 수 없기 때문에 실시간적으로 ECG를 모니터링 하는 것이 필수적이다.

병원 내에서 ECG를 측정하기 위해 여러 종류의 장비가 사용되고 있지만, 이는 대부분이 고정용으로 부피가 크고 고가이다[1]. 따라서 환자 1인당 한 대씩의 ECG 모니터링 장비 확보가 어려운 것이 사실이다.

따라서 저가의 휴대용 장비로써 ECG를 모니터링 할 수 있는 장비가 요구된다. 지금까지의 휴대용 심전도계는 주로 구급차나 가정에서 환자의 ECG를 측정하여 이를 PDA등의 이동형 단말기로 전송하여 1차 모니터링 한다. 그리고 필요시 이동형 단말기에서 다시 병원 등의 전문 의료기관으로 전송하여 2차로 모니터링 하는 방식으로 개발되고 있다[2][3][4]. 또한 계속된 ECG를 실시간으로 인터넷을 통하여 전문 의료기관에 전송하는 등의 방법이 이용되고 있다[5]. 하지만 이러한 방법들은 대부분이 고가의 데이터 송신 장비를 사용해야하고, 인터넷을 사용해야하는 등의 제한이 있다. 또한 데이터 수신 측 역시 별도의 수신 장비가 마련되어있어야 한다는 등의 어려움이 있다. 그리고 이들은 대부분이 의료기관 밖의 환자들을 적용 대상으로 하고 있으며 의료기관 내의 응급환자들은 고려되지 않고 있다.

본 연구에서는 응급환자가 병원 안에서 치료를 받거나 이동하는 동안 심장기능을 모니터링 할 수 있는 휴대 가능한 저전력형 무선 ECG시스템을 개발 하고자 한다. 이러한 목적을 위해서, 소형화된 시스템으로 환자의 주위에 위치한 의료진에게 환자의 상태를 알 수 있는 필수적인 정보인 ECG와 심박수만을 실시간으로 전송하는 것으로 그림 1과 같이 설계하였다.

환자가 이동 중에 있는 것을 가정하여, 환자측에 부착된 계측부는 작고 회로와의 연결선 거리를 짧게 하여 환자의 이동에 불편이 없어야 한다. 따라서, 의료진이 환자상태를 모니터링하기 위한 디스플레이 장치와 환자의 몸에 부착된 계측부와와의 데이터 전송은 무선으로 구성하였다. 구체적으로는, 환자의 ECG를 검출하는 ECG 계측 및 송신부와 송신부에서 전해진 데이터를 수신하여 표시하는 수신 및 표시부로 구성된다. 환자의 몸에 부착된 소형의 ECG 계측부에서 근거리 무선 통신 방식을 이용하여 데이터를 전송하고, 수신부에서는 이를 받아 환자와 동행하는 의료진의 가시거리 내에 있는 LCD에 환자의 ECG를 재구성하여 표시한다.

2. 방 법

2.1 저전력형 휴대용 무선 ECG 시스템의 개발

휴대 가능한 저전력형 무선 ECG시스템은 계속된 ECG 데이터를 무선 송신 할 수 있는 송신부와 데이터를 수신하여 모니터링 할 수 있는 수신부로 나누어진다(그림 1). 송신부에서는 환자의 ECG를 계속하기 위한 ECG 검출모듈(ECG Kit V20, PhysioLab)을 사용하였고, 계속된 ECG 데이터를 저전력형 마이크로프로세서로 샘플링한다(1KHz/sec). 이를 블루투스(Atcode-300, Comfile Technology) 무선 통신으로 수신부 측에 전송하도록 설계하였다. 수신부는 블루투스를 통하여 전송된 데이터를 마이크로프로세서에서 ECG 파형으로 재구성하여 저가형 그래픽LCD(LG128643-SMLYH6V, Laurel Electronics Co.Ltd)에 표시한다.

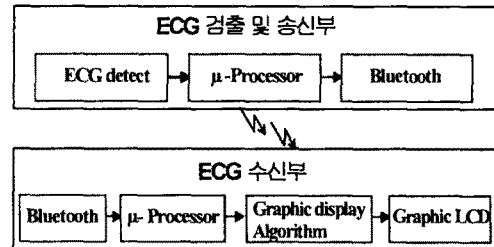
휴대 가능한 저전력형 무선 ECG시스템의 구현에 사용된 마이크로프로세서는 저전력형인 ATmega8535L로 2.5V~5.5V/5mA~12mA의 전원범위에서 동작이 가능하다. 그리고 사용된 블루투스는 3.3V/35mA전원 하에서 최대 115Kbps의

속도로 전송이 가능하다. 그래픽LCD는 5V/8mA의 전원에서 동작한다

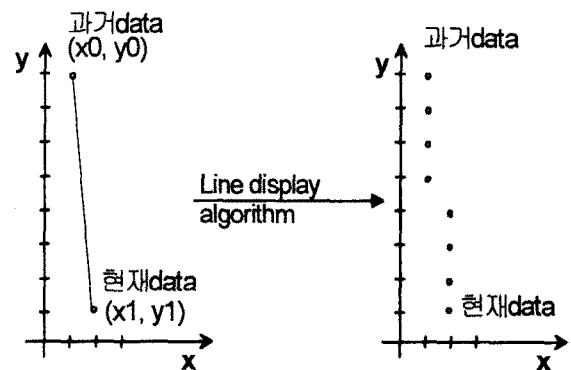
2.2 ECG표시 알고리즘의 개발

개발 초기 무선으로 수신 받은 ECG를 그래픽LCD에 재구성 할 때는 두 주기 정도의 ECG파형을 한 화면에 도시하기 위해 수신된 ECG 데이터를 100Hz의 샘플링 주파수(sampling frequency)로 변환해주어 재구성 하였다. 이러한 ECG 데이터를 그래픽LCD에 표시하는 과정에서 가로 128개, 세로 64개의 dot를 가진 저해상도의 그래픽LCD는 ECG 데이터를 세로 64개의 dot중 하나의 dot에만 점을 찍으며 그리기 때문에 값이 급격히 변하는 ECG의 QRS파를 매끄럽게 도시 할 수가 없었다. 따라서 새로운 알고리즘 개발의 필요성이 요구되었다.

개발된 알고리즘은 수신 받은 현재의 세로축 데이터를 과거의 세로축 데이터와 비교하여 그 두 점 사이를 가상의 선으로 이어 직선으로 인식하고, 그 직선의 식에서의 세로축 값을 계산하여 두 점 사이의 비어 있는 dot들에 점을 찍어 두 점을 선으로 연결 한 것과 같은 효과를 볼 수 있었다(그림2). 위와 같은 방법으로 개발된 알고리즘을 적용하여 값이 급격히 변하는 ECG의 QRS파형 사이에서도 매끄럽게 연결된 ECG 파형을 도시 할 수가 있었다(그림 4).



〈그림 1〉 저전력형 휴대용 무선 ECG시스템의 구조



〈그림 2〉 ECG 표시 알고리즘 모식도

3. 결과 및 고찰

저전력형 마이크로프로세서와 저가형 그래픽LCD를 이용하여 저전력형 휴대용 무선 ECG시스템을 구현 하였고(그림3), ECG 파형을 표시하기 위한 알고리즘을 개발하였다(그림4).

마이크로프로세서와 블루투스를 사용한 ECG 검출 및 송신부와 마이크로 프로세서와 블루투스, 그리고 그래픽LCD를 사용한 ECG 수신 및 표시부는 각각 독립된 일반 충전용 배터리팩(Lithium Battery Pack, 7.4V, 1300mAh)을 사용한 전원에 의하여 최대 24시간을 동작하므로, 임상에서의 사용이 가능할 것으로 생각된다.

[감사의 글]

이 논문은 2006년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의한 논문임

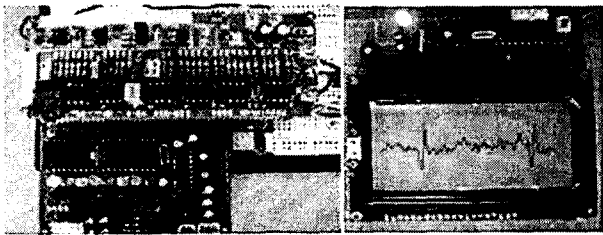
[참고 문헌]

- [1] Richard Aston, "Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement", Merrill Publishing Company, 1990.
- [2] R. Fensli, E. Gunnarson, and O. Hejlesen, "A wireless ECG system for continuous event recording and communication to a clinical alarm station", Proc. 26th Ann. Int. Conf. IEEE EMBS, vol. 1, pp. 2208-2211, 2004.
- [3] SCHILLER corporation, "ECG Holter Recorder MT-120", <http://www.schiller.ch/products.html>
- [4] Ricardo Isais, Khoi Nguyen, Gabriel Perez, Roberto Rubio, and Hornyoum Nazeran, "A Low-cost Microcontroller-based Wireless ECG-Blood Pressure Telemonitor for Home Care", Proc. 25th Ann. Int. Conf. IEEE EMBS, vol. 4, pp. 3157-3160, 2003.
- [5] Alfredo I. Hernandez, Fernando Mora, Guillermo Villegas, Gianfranco Passariello, and Guy Carrault, "Real-Time ECG Transmission Via Internet for Nonclinical Applications", IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed, vol. 5, no. 3, pp. 253-257, 2001.

그러나 본 시스템에서 무선 통신방식으로 사용하고 있는 블루투스 는 소비 전력면에서 볼 때, 통신시에 40mA까지 사용되는데 반하여, 또 다른 무선 통신 방식인 nRF는 통신시에 18mA(nRF2401, Nordic) 밖에 소모하지 않는 우수한 성능을 보인다(표1). 따라서 무선 통신을 RF방식으로 전환하고 소형칩을 사용한 PCB 제작을 하는 등 전체 시스템의 저전력화, 소형화, 실사용에 편리한 패키징 등의 개선이 필요할 것으로 판단된다.

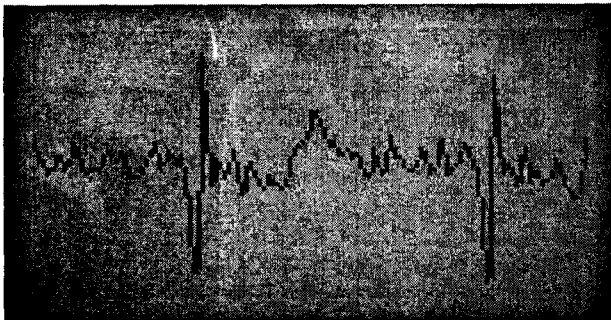
이동형 심전도계는 응급환자의 급변하는 ECG의 상태를 이송 중에도 체크하기 위해서 점점 그 필요성이 강조되고 있고, 실제로도 사용이 간편하고 저가인 장비의 필요성이 임상으로부터 요구되고 있다. 지금까지의 연구들을 보면 환자의 ECG를 계속하여 무선 또는 인터넷을 통해 대부분 병원으로 전송을 하는 시스템을 선택하여 왔다. 하지만 이러한 시스템들은 병원 내 환자에 대한 적용을 고려하지 않았다. 비슷한 시스템으로 계속된 ECG를 PDA로 전송을 하여 실시간으로 환자의 상태를 체크할 수 있는 시스템도 이미 제안 되었지만[2], 병원 내에서 환자 1명당 1개씩 사용하기에는 비용이 높아 현실적으로는 사용할 수가 없다.

따라서 본 연구는 그러한 단점들을 보완하기 위하여 환자의 심장 기능 상태를 간편하게 실시간으로 체크할 수 있게 하였다. 또한 소형화 하여 휴대가 용이하고 ECG 계속부와 ECG 표시부가 근거리 무선 통신 방식으로 분리되어 있어서 그 활용도가 높을 것이다. 또한 노인질환이나, 만성 심장 질환이 있는 환자의 가정에서 가정용 의료용구로서 쉽고 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.



(a) ECG 검출 및 송신부 (b) ECG 수신 및 표시부

<그림 3> 저전력형 휴대용 무선 ECG시스템



<그림 4> 그래픽LCD의 ECG 파형 표시

<표 1> 무선통신 방식 비교

	Bluetooth	Zigbee		nRF
모델명	Acode-300	xBee	xBee-pro	nRF2401
구동전압[v]	3 ~ 3.3	2.8 ~ 3.4		1.9 ~ 3.6
전류 소모량 [mA]	28 ~ 38	TX: 45 RX: 50	TX: 270 RX: 55	TX: 10 RX: 18
전송속도 [kbps]	115	250		250 ~ 1,000
전송거리 [m](indoor/open space)	10/30	30/100	100/1.6k	20-30/60
사용법	No Configuration	Configuration		Configuration
Sleep mode 전류소모량	8-10mA	10μA	10μA	1μA
전송channel	1:1통신	16	13	125