

센서 네트워크 기반의 심전도 및 체온 모니터링 시스템

이대석, 사친 바르도하지, 정완영
 동서대학교 유비쿼터스 IT학과
 동서대학교 컴퓨터정보공학부

WSN based ECG and Body temperature Monitoring System

Dae-Seok Lee, Sachin Bhardwaj, Wan-Young Chung
 Department of Ubiquitous IT Engineering, Dongseo University
 Department of Computer and Information Engineering, Dongseo University

요약

최근 무선센서네트워크 기술을 이용한 다양한 시도가 이루어지고 있으며 특히 헬스케어분야에서 활발히 연구되어지고 있다. 본 연구에서는 무선센서노드를 이용하여 계측된 생체신호를 바탕으로 환자의 상태 및 진단을 위한 기초자료를 활용하기 위한 시스템을 구현 하였다. 생체신호로 ECG (electrocardiogram)와 체온 파라미터를 사용하였으며 ECG신호의 QRS특성점을 추출하기 위해 Pan&Tomkins에 개발된 알고리즘을 사용하였다. 또한 효율적인 모니터링을 위해 비정상적인 ECG신호에 대한 알림기능을 구현하였으며 이러한 감시기능은 상시 모니터링을 하지 않고도 환자의 상태를 알 수 있게 하였다. 본 연구에서 구현된 이러한 시스템기술은 국내의 고령화 문제로 발생하는 의료비용을 크게 감소시킬수있을 것으로 예상된다.

I. 서론

최근 의료 기술의 발달 및 건강에 대한 관심이 높아지면서 건강한 삶을 위한 헬스케어 프로그램과 의료정보 서비스에 대한 수요가 급증하고 있다. 또한 국내에서 2000년도에 이미 고령화 사회에 진입하였고, 2022년에는 전체 인구 중에서 65세 이상의 노인인구가 14%가 넘는 고령사회의 진입과, 2026년에는 초고령 사회로 진입할 것으로 예상됨에 따라 고령인구의 증가에 따른 국가차원의 의료비용 절감 의료수요 충족을 위한 대책이 시급하다. 이에 따른 헬스케어 시스템의 수요 촉진으로 언제, 어디서나 건강에 대한 상태를 모니터링 할 수 있는 시스템이 필요한 실정이다.

현재 많은 ECG 모니터링 방법 및 기술이 개발되어지고 있으며 다양한 기술을 적용하려 시도 중에 있다. ECG 모니터링 및 기록을 위한 솔루션은 크게 실시간 모니터링과 기록 후 모니터링으로 나누어 볼 수 있으며 인터넷을 이용한 모바일 ECG기록계[1], 블루투스를 이용한 기술[2], WLAN을 이용한 기술[3]등 ECG모니터링 및 기록을 위한 다양한 시도가 이루어지고 있다. 본 연구는 실시간 모니터링뿐만 아니라 비정상적인 ECG 신

호를 감지하고 저장 할 수 있는 생체신호 모니터링 시스템 방법을 적용하고 무선센서노드 통신에서 최근 널리 사용되고 있는 zigbee 프로토콜을 이용한 무선센서 네트워크 기술기반의 헬스케어 모니터링 시스템을 구현 하고자 한다. 본 연구에서는 개발된 시스템의 테스트를 위하여 ECG신호발생기 및 실제 ECG신호와 체온측정 센서로부터 ECG 신호와 체온센서를 무선으로 전달 받아서 서버에서 비정상적인 ECG 신호를 감지 및 데이터 베이스에 저장하며 터미널 PC와 PDA에서 모니터링 하도록 하였다.

II. 시스템 구성

무선센서네트워크 기술은 컴퓨팅능력과 무선통신 능력을 갖는 센서노드를 자연환경이나 전장 등에 뿌려 자율적으로 네트워크를 형성하고, 취득한 환경정보를 네트워크를 통해 원격지에서 활용할 수 있게 하는 기술이다. 무선센서노드는 크게 전원회로, 센서보드, RF 트랜시버, 마이크로 컨트롤러로 구성되며 저전력 소비를 요구한다. 또한, 마이크로 컨트롤러를 내장한 소형 컴퓨터 시스템으로 센싱응용 처리와 각 센서노드들 간 통

신 등을 위해 실시간 운영체제를 사용하며 본 연구에서는 TinyOS를 사용하였다.

그림 1은 본 연구에서 구성된 생체신호 모니터링하기 위한 시스템의 구성을 보여주고 있다.

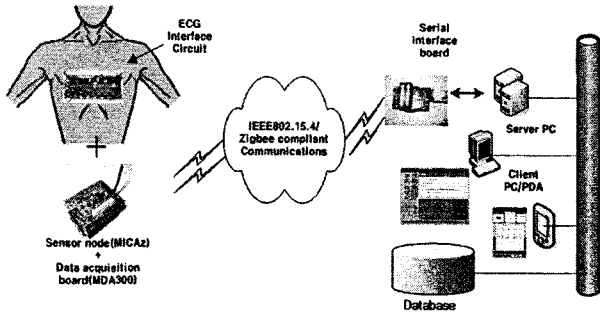


그림 1. 시스템 전체 구성도.

본 연구에서 구현한 무선센서네트워크 기반의 헬스케어 시스템은 센서노드, 베이스스테이션, 서버프로그램, 그리고 디스플레이를 위한 PDA프로그램, 터미널프로그램, 비정상적인 ECG 신호를 기록을 위한 데이터베이스로 나누어진다. 환자 몸에 부착된 센서노드를 이용하여 환자의 가장 기본적인 건강 파라미터라고 할 수 있는 ECG와 체온의 생체신호를 검출하여 베이스스테이션을 통해 서버컴퓨터로 전송하였다. 이 때 비정상적인 ECG 신호, 즉 빈맥, 서맥, 그리고 동정지를 검출하여 생체신호 데이터를 파일로 저장한다. 데이터베이스에 저장되는 정보는 노드ID, 채널ID, 검출 시간, 생체신호 데이터 파일이다. 이렇게 데이터베이스에 저장된 자료는 의사, 간호사 등 환자와 관련된 사람이 모니터링을 요청하면 실시간 생체신호 데이터 뿐만 아니라 데이터베이스에 저장된 비정상적인 ECG 파일을 전송 받아 터미널 컴퓨터에서 모니터링 할 수 있다. 또한 무선 LAN을 활용하여 이동성 단말기 즉, PDA와 같은 이동성이 있는 단말기를 통해 생체신호를 확인 할 수 있게 하였다.

무선센서노드는 IEEE802.15.4를 적용한 크로스보우사의 MicaZ보드로써, 저가의 8bit 프로세서를 사용하고 주파수 사용문제를 피하기 위해 ISM(Industrial Scientific and Medical) 대역의 무선통신을 위한 송수신기를 사용한다. 프로세서로 ATMegal128L을 사용하며 라디오 송수신 칩으로 Chipcon사의 CC2420(IEEE 802.15.4호환)을 사용하여 250 kbps의 전송속도를 가진다. ECG 센서보드를 센서노드에 부착하여 ECG 센서보드에서 200 Hz로 계측된 아날로그 신호를 센서노드에서 디지털 신호로 변환시킨다. 무선센서노드에 사용한 운영체제는 TinyOS로서 이벤트발생에 의한 상태전이 방식을 채택한 상태머신 기반의 프로그래밍 개념을 사용한 운영체제로써, 제한된 메모리 공간의 효율적인 이용과, 프로세싱의 동시성을 지원해 주는 운영체제로서 현재 미국을 중심으로 가장 널리 사용되고 있는 무선

센서 네트워크 운영체제 중 하나이다[4].

서버프로그램은 베이스스테이션에서 전송하는 생체신호 데이터를 터미널 프로그램에서 모니터링 할 수 있도록 생체신호 데이터를 가공하고 비정상적인 ECG 신호를 감지하고, 저장 및 데이터 전송 역할을 한다. 본 연구에서는 비정상적인 ECG신호를 감지하기 위한 QRS 검출 알고리즘 중 Pan과 Tomkins에 의해 개발된 실시간 QRS 검출 알고리즘을 사용하였다. 이는 신호의 경사, 진폭 및 구간의 길이 등을 분석하여 QRS complex를 검출하는 알고리즘이다[5]. 그림 2는 QRS를 검출을 위해 사용된 각종 필터들을 보여주고 있다.

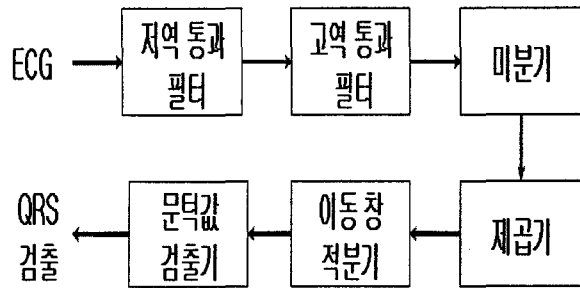


그림 2. QRS 검출 알고리즘 순서도.

QRS 검출 알고리즘을 이용하여 R-R 인터벌을 측정하고 표 1과 같은 빈맥, 서맥, 동정지 판정표를 활용하여 비정상적인 데이터를 검출하였다[6].

표 3. 빈맥, 서맥, 동정지 감지를 위한 판정표.

Bradycardia	RRt > 1.5 sec ART > 1.2 sec
Tachycardia	ART < 0.5 sec
Sinus Arrest	RRt > 1.9(ART-1)

현재 계측되는 RR 간격의 시간값을 RRt로 표현 하였으며 ART(average hart rate time)는 8개의 RR 간격의 평균값을 나타낸 것이다. 표 1를 이용하여 감지된 비정상적인 ECG 신호는 파일로 저장되며 관련 정보 즉, 해당 노드ID, 채널ID, 감지된 날짜 및 시간, 그리고 저장 파일명이 데이터베이스에 저장되어진다. 그림 3은 비정상적인 ECG신호를 검출하기 위해 구현된 시스템 흐름도이다. 비정상적인 ECG신호가 검출되면 알림 메시지를 터미널 PC에 전송하게 되며 비정상적인 ECG신호를 파일로 만들고 저장하며 파일에 대한 경로를 데이터베이스에 자동으로 저장된다.

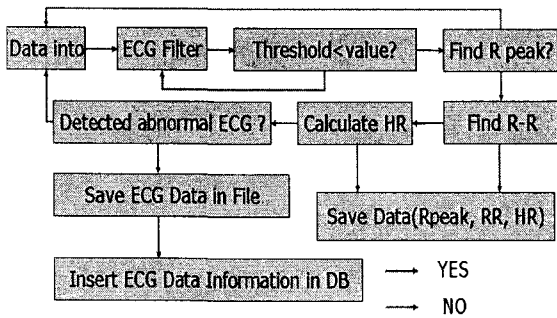


그림 3. 비정상적인 ECG를 저장을 위한 흐름도

터미널 프로그램은 서버로부터 제공받은 생체신호 데이터를 가시화하기 위해 이를 화면에 그래프로 나타내거나 데이터베이스에 저장된 파일을 의사 또는 의료관계자가 분석이 용이하도록 특정 그래프 영역을 확대 및 축소가 가능하도록 하였다. 또한 의사가 병원 내 이동 또는 긴급 상황 발생 시 원격지에서라도 환자의 생체 데이터를 볼 수 있게 하기 위해 무선 인터넷(WLAN)이나 인터넷접속이 가능한 공간에서 이동성이 제공되는 모바일 모니터링용 PDA프로그램을 만들었다. PDA프로그램은 디스플레이의 제약으로 많은 그래프를 보여주긴 힘든 관계로 PDA 프로그램에서는 ECG 데이터 그래프와 심박동, 체온수치를 보여주며 서버와 통신을 하기 위해 TCP/IP 소켓 프로그램을 사용하였다. ECG 그래프는 0.0~1.6초로 x축을 나타내었으며 비정상적인 ECG신호에 관한 표시가 가능하게 하였다.

III. 실험 및 결과

무선센서네트워크 기반의 심전도 및 체온 모니터링을 위해 서버프로그램, 터미널프로그램, PDA프로그램을 구현하여 실험하였다. 서버는 현재 진행 중인 상태를 위주로 표시하였다. 즉 신호데이터의 손실 또는 이상 유무, 통신의 연결상태, 현재 연결된 노드상태 등을 표시할 수 있게 하였다. 그림 4는 서버 사용자인터페이스를 캡처한 것이다. 실시간으로 연결되는 노드를 표시하는 트리창과 센서데이터를 보여주는 뷰창, 서버의 TCP/IP 연결 상태 등의 실행과 관련된 버튼 등으로 구성하였다. 그림 4에서 (1)과 (2)는 베이스스테이션으로 현재 전송되어지고 있는 센서노드 아이디정보를 보여주기 위한 것으로 베이스스테이션과 연결된 센서노드에 관한 정보를 표시한다. 이 그림에서는 현재 총 2개의 센서노드를 동작되고 있음을 확인할 수 있으며, 연결된 노드를 선택 시 해당 노드로부터의 실시간 데이터 패킷을 볼 수 있었다. (3)의 창에서는 시리얼 패킷형태로 베이스스테이션으로 들어오는 모든 데이터패킷을 Head Data Part, Payload Data Part 등 데이터의 세부 패킷 정보로 분리하여 볼 수 있게 하여 Tiny OS 패킷에서의

데이터 정보를 쉽게 구별이 가능하게 하였다. 그리하여 이 창에 2개 노드의 아이디인 0100, 0300의 센서노드 아이디를 확인할 수 있었으며 (4)의 부분은 베이스스테이션과 시리얼 연결상태 및 시리얼통신을 위한 포트설정, 속도설정을 나타내게 구성하였다. TCP/IP로 터미널 프로그램에게 데이터를 전송하기 위한 서버실행에 관련된 일을 설정하며 현재 서버프로그램의 시리얼통신, TCP/IP 실행상태를 보여주게 설계, 구성하였다.

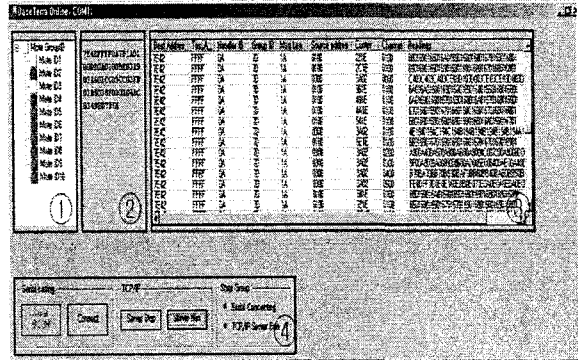


그림 4. 서버 프로그램 GUI.

터미널 프로그램의 세부기능으로는 그림 5에서와 같이 (1)번 창에는 터미널의 서버연결과 관련된 컨트롤기능과 데이터의 저장시간 간격 및 저장시간 설정기능이 부여되었다. (2)와 (3)의 부분에는 현재 전송된 데이터의 그룹아이디와 노드아이디의 정보를 보여주며 전송된 생체데이터를 이용하여 심박동과 체온을 보여주게 하였다. (4)와 (5)는 실시간 전송된 ECG데이터의 비정상적인 심박동과 동정지에 따른 알람기능과 체온의 변화를 그래프로 보여주고 있다. (6)은 ECG신호를 실시간으로 파형으로 보여주며 저장된 ECG 데이터파일을 불러와서 보여주는 역할도 한다.

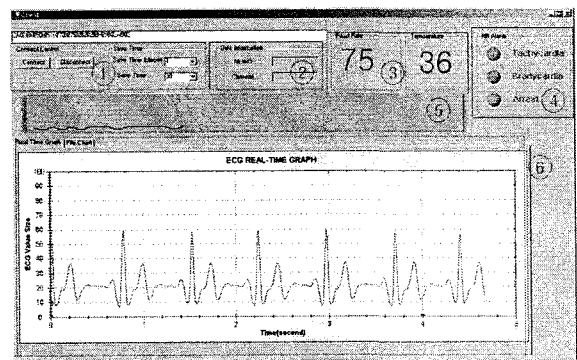


그림 5. 터미널 프로그램 GUI.

그림 5의 윈도우는 현재 서버로부터 터미널로 전송되는 체온, ECG데이터를 실시간으로 그래프로 보여주는 동시에 심박동수, 체온값을 텍스트로 표시하고, 정상적

인 심박동수 및 ECG 파형을 보이고 있으며 알람램프가 녹색으로 유지하여 정상적인 심박동수 상황임을 알려준다.

비정상적인 심박동인 빈맥, 서맥을 판단하기 위해 ECG제너레이터를 사용하였으며 심박동수를 120회 이상 증가시켰다. 그림 6은 서버가 표 1에서 정한 판정표에 따라 심박동 120회 이상의 비정상적인 ECG 신호를 감지하여 알람메세지와 함께 터미널 프로그램으로 실시간 데이터 전송하여 그래프로 나타낸 것을 보여 주고 있다. 그리하여 알람램프가 녹색에서 적색으로 변화된 것을 볼 수 있었다. 서버의 이러한 감지기능은 상시 모니터링을 하지 않고도 환자의 상태를 알 수 있게 한다.

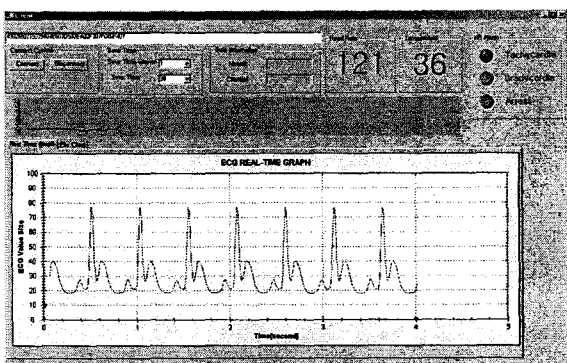
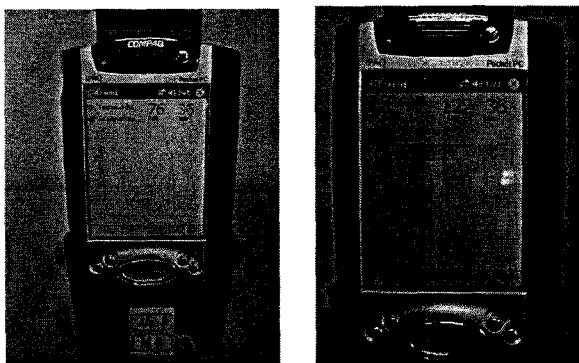


그림 6. ECG제너레이터를 이용한 박동분석에 의한 이상진단의 예.

그림 7의 (a)와 (b)는 PDA 프로그램에서 실시간 ECG 그래프와 빈맥 검출시 알람기능을 보여주고 있다. 그림 7의 (a)는 인체에서 계측한 ECG 그래프로 75의 정상적인 심박동수를 보이고 있으며 그림 7의 (b)는 ECG제너레이터를 이용하여 심박동수를 증가 하여 판정표에 따라 빈맥 알람램프가 바뀐 것을 볼 수 있다.



(a) (b)

그림 7. PDA에서 실시간 인체 ECG 및 체온 모니터링: (a) 정상 ECG, (b) 빈맥 감지.

V. 결 론

무선센서네트워크 기술을 이용하여 유비쿼터스 헬스케어 위한 생체 모니터링시스템을 구현하였다. 환자의 활동성을 보장하기 위해 무선센서노드를 사용하였으며 터미널프로그램을 통해 환자의 생체정보에 대해 실시간 모니터링을 하고 비정상적인 생체신호 발생 시 알람기능을 통해 그 이상 유무를 알려주고, 파일을 데이터베이스에 저장을 할수 있게 하였다. 이동성이 보장된 PDA를 활용하여 무선 인터넷망을 통해 언제 어디서나 생체신호 모니터링을 보장하였다. 이러한 시스템을 활용하여 앞으로 고령화 사회에 대비, 기존의 인터넷 망을 기반으로 독거노인을 위한 재택에서의 생체 데이터 모니터링과 같은 사회복지분야에서도 적용 및 헬스케어 홈서비스와도 연계가 가능할 것이다. 향후 심장질환에 대한 자동진단 또는 감지의 정확성을 높이기 위해 무선센서네트워크 기술에 맞는 ECG특성점 추출 알고리즘을 개발 및 적용할 필요성이 제기되며 이에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] A. I. Hernández, F. Mora, G. Villegas, P. G., and G. Carrault, "Real-Time ECG Transmission Via Internet for Nonclinical Applications", IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed, vol. 5, pp. 253-7, 2001.
- [2] J. Andreasson, M. Ekström, A. Fard, J. G. Castano, and T. Johnson, "Remote System for Patient Monitoring Using Bluetooth", presented at Sensors, 2002.
- [3] D. L. Rollins, C. R. Killingsworth, G. P. Walcott, R. K. Justice, and R. E. Ideker, "A Telemetry System for the Study of Spontaneous Cardiac Arrhythmias", IEEE Trans on Biomed Eng, vol. 47, pp. 887-92, 2000.
- [4] 김대영, 홍승기, "스마트 센서노드 운영체제 기술", TTA Journal No. 97, 2005.
- [5] J. Pan and W. J. Tompkins, "A real-time QRS detection algorithm" BME-32, pp.230-236, 1985.
- [6] 이명호, 안재봉, 박장춘, "마이크로컴퓨터를 이용한 휴대용 부정맥 모니터링의 개발(II)", 의공학회지 Vol.10, No.3 pp.351-360,1989