

# 무선센서네트워크를 이용한 생체신호 모니터링 시스템

이영동\*, 김정국\*\*, 정완영\*\*

동서대학교 유비쿼터스IT학과\*, 동서대학교 컴퓨터정보공학부\*\*

## Vital Signal Monitoring System using Wireless Sensor Network

Young-Dong Lee\*, Jeong-Kuk Kim\*\*, Wan-Young Chung\*\*

\*Dept. of Ubiquitous IT, Dongseo University, \*\*Division of Computer Information Eng., Dongseo University

### 요 약

노약자나 만성질환자를 위하여 가정에서 분산된 무선센서네트워크 노드를 사용하는 무선센서네트워크 기반의 생체신호 모니터링 시스템을 구현하였다. 본 논문에서의 생체신호 모니터링 시스템은 가장 중요한 생체 신호인 ECG와 체온을 계측하도록 구성하였으며, 무선센서 노드를 사용하여 원격지의 병원서버 또는 의사의 PC, PDA에 연결된 베이스스테이션으로 Ad-hoc 네트워크를 통해 환자 또는 노인의 건강정보를 전송하는 시스템 구현에 목적을 두고 있다. 본 시스템을 통해 환자의 의료장비 비용을 절약 할 수 있을 뿐만 아니라 센서 노드는 무선센서네트워크의 강점인 Ad-hoc 통신이 가능하면서 저전력으로 동작하여 배터리의 수명을 연장할 수 있는 특징을 가진다. 또한, 병원의 한층 전체의 환자나 여러 환자가 거주하는 가정 또는 시설에서 하나의 PC(또는 서버컴퓨터)로 시스템 구성이 가능하도록 시스템을 구현함으로써 베이스스테이션에서 멀리 떨어져 있는 환자의 생체 신호도 Ad-hoc 네트워크를 통해 베이스스테이션까지 전송이 가능하였으며, 이동성 제공 및 홈 환경에서 사용자에게 편리함을 가져올 수 있으리라 예상된다.

### I. 서 론

최근 무선 네트워크(wireless network) 및 각종 이동통신단말기(mobile device)의 발전과 사용이 급격하게 증가되는 가운데, 의료분야에서도 이러한 기술을 이용하여 원격지에서 환자의 심전도(ECG), 체온, 맥박 등의 생체 신호와 각종 의료 데이터를 무선으로 계측할 수 있는 시스템에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 또, 병원에 있는 환자뿐만 아니라 일반 사람들도 건강에 대한 우려 및 관심이 증가되면서 병원에 가지 않고서도 언제 어디서나 자연스럽게 의료서비스를 제공받을 수 있는 유비쿼터스 헬스케어(Ubiquitous Healthcare)라는 새로운 기술에 대한 많은 연구를 하고 있다[1].

유비쿼터스 헬스케어와 관련하여 국내에서는 1990년대부터 심전도 및 체온 계측기 등에 관한 생체계측과 관련한 연구개발이 활발히 이루어져 오고 있다. 그러나 아직까지 국내 심전도 및 체온 계측기 업체에서는 대부분 유선기반의 계측시스템이 대부분이며 일부 산학협동 과제로서 블루투스 등을 활용한 무선 생체 계측시스템의 연구결과가 보고되고 있다[2]. 이러한 블루투스 무선센서 방식은 환자 한사람의 신체에 부착된 무선센서로

부터 생체데이터를 PC와 연결된 베이스스테이션으로 수신 받는 것으로 통상 한대의 PC에 한명의 환자만 연결되는 구조를 취하고 있다. 최근 국외에서는 주로 저전력 소모와 저비용에 초점을 맞춘 지그비(Zigbee)[3] 통신을 이용한 무선센서네트워크[4,5]를 활용 신체 건강 계측시스템에 관한 연구가 미국과 유럽을 중심으로 활발히 연구가 시작되고 있다.

본 논문에서는 생체신호를 무선으로 전송하여 노약자나 만성질환자의 생체 데이터를 모니터링 할 수 있는 시스템을 제안하고, 무선센서네트워크를 이용하여 그 시스템을 구현하였다.

### II. 시스템 구성

본 논문에서의 생체신호 모니터링 시스템은 환자의 생체 데이터를 무선센서노드를 이용하여 유·무선방식으로 PC 또는 PDA에서 모니터링 할 수 있으며, 전체적인 시스템은 무선센서노드, 데이터획득보드, 생체센서보드 및 베이스스테이션으로 구성된다. 여러 생체신호 중심전도 및 체온 계측 시스템을 구현하였으며, 무선센서 노드에 장착된 데이터획득보드에 심전도 및 체온 신호

입력이 가능하게 구현하였다.

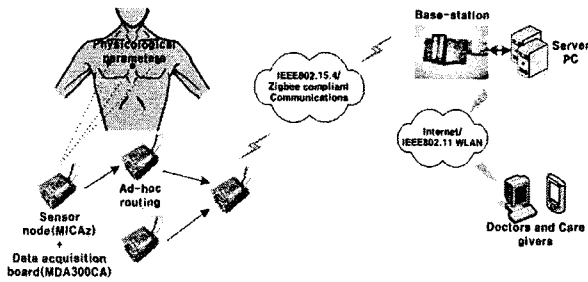


그림 1. 생체신호 모니터링 시스템 구성도.

1. 하드웨어 구성

그림 1은 생체신호를 모니터링 하기 위한 시스템 구성도를 나타낸다. 환자의 상태를 모니터링 하기 위해 여러 개의 센서 노드를 환자의 몸에 부착 후 환자의 건강 파라미터를 무선으로 베이스스테이션에 전송하고, 전송된 생체 파라미터 데이터는 인터넷과 연결된 서버를 통해 클라이언트 PC 또는 PDA로 전송하게 된다. 무선센서노드는 2.4GHz 주파수대역[6]과 IEEE 802.15.4를 적용한 MICAz(Crossbow Technology Inc., USA)[7]를 사용하였으며, 환자나 노약자의 몸에 부착된 생체 신호 획득을 위해 데이터획득보드를 무선센서노드 위에 추가 부착하여 구성하였다.

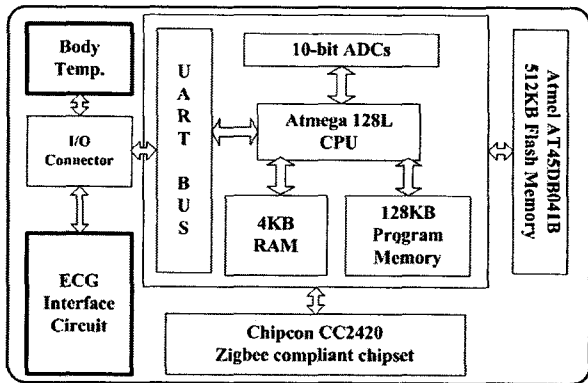


그림 2. 센서 노드 하드웨어 블록도.

그림 2는 센서노드로 사용된 MICAz의 내부 하드웨어 블록다이어그램을 보여주고 있다. 본 연구에서 센서노드로 사용된 MICAz는 크게 내부 플래시메모리를 갖춘 마이크로컨트롤러와 IEEE802.15.4를 적용한 RF트랜시버(CC2420, Chipcon AS, Norway), 512KB의 외부 플래시메모리로 구성되어 있다. 기본적으로 센서노드는 센서, 마이크로프로세서, 통신칩으로 구성된다. 또한, 심전도 및 체온 신호를 측정하기 위해 각 회로를 MICAz 모듈에 연결하였으며, 아날로그 형태의 신호를 데이터

획득보드로 연결하여 사용하였다.

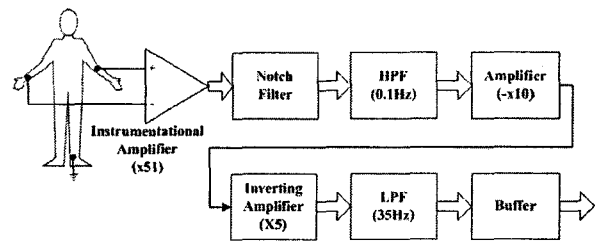


그림 3. 심전도 인터페이스 회로 블록도.

그림 3은 오른쪽 팔, 왼쪽 팔, 왼쪽 다리의 3극점의 전위차를 이용하여 심전도 신호를 측정하고 이를 하드웨어적으로 증폭 및 필터링 해주는 과정을 블록화 한 것을 나타낸다. 심전도 신호는 모니터링 모드로 하였으며, 첫번째 증폭 이후에 저주파잡음을 제거하기 위해 차단주파수 0.1Hz의 고역통과필터를 사용하였고, 저역통과필터의 경우에는 35Hz로 차단주파수를 정하여 고주파잡음을 제거하였다. 무선센서네트워크 기반의 체온측정 시스템은 휘스톤 브리지 회로와 차동 증폭회로를 거친 신호를 차단주파수 1Hz의 저역통과필터를 거치게 되며, 체온 신호의 샘플링 주파수는 0.5Hz의 주기로 샘플링이 가능하도록 구현하였다. PC와 시리얼 인터페이스로 연결된 베이스스테이션을 통해 수집된 심전도 및 체온 신호는 TinyOS[8]에서 자바로 만들어진 오실로스코프 프로그램에서 생체 신호를 모니터링 할 수 있도록 하였다.

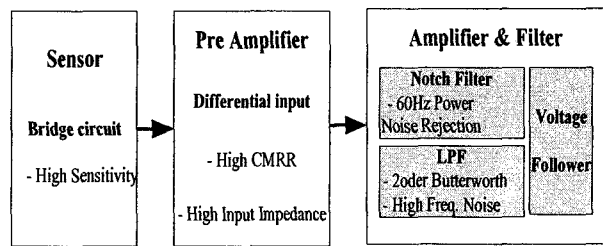


그림 4. 체온 센서 블록도.

센서네트워크 기반의 체온 측정 시스템은 그림 4의 블록다이어그램과 같은 구조를 가지며, 체온 측정에 사용된 센서는 저항 값에 따라 변화하는 PT100 서미스터 온도센서를 이용하여 전압 값으로 바꾸고 센서노드의 A/D 컨버터를 거쳐 입력신호로 사용하게 된다. PT100은 저항의 변화로 온도를 검출할 수 있는 센서이며, PT100 감도 향상을 위해 휘스톤 브릿지 회로를 구성하여 저항의 변화를 전압으로써 나타낼 수 있도록 하였다. 브릿지 회로의 불평형 전압 검출을 위하여 OP-amp(TL084, Burr-Brown Co., USA)를 이용하여 신호검출 및 증폭회로를 거치게 된다. 또한, 고주파 잡

음의 제거를 위하여 이득을 지니는 2차 butterworth LPF를 설계하였다. 제작된 체온 측정 시스템의 샘플링 주파수는 0.5Hz의 주기로 샘플링이 가능하도록 하였다.

## 2. 소프트웨어 구성

무선센서네트워크를 구성하기 위해 운영체제는 전 세계적으로 가장 널리 사용되고 있는 센서네트워크용 OS인 UC 버클리대에서 개발한 TinyOS를 사용하였다.

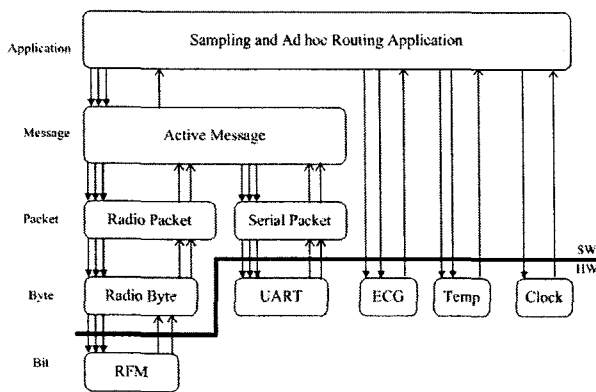


그림 5. TinyOS에서의 응용 컴포넌트 그래프.

TinyOS에서 정의된 센서노드간의 무선 송·수신 패킷은 기본적인 TinyOS 메시지인 TOS 메시지, 데이터 디스플레이를 위한 Oscope 메시지와 멀티 홉 라우팅에서 사용되는 Multihop 메시지로 구성이 되고, 정의된 패킷 이외에도 TinyOS의 응용 프로그램에 따라 사용자가 원하는 패킷구조로 조정하여 구성할 수 있다. 본 연구에서도 심전도신호와 체온 신호의 무선 송·수신과 데이터 디스플레이를 고려하여 패킷구조를 그림 6과 같이 정의, 구성하였다. 전체 패킷은 TOS 메시지의 헤더 데이터(5바이트), Oscope 메시지 헤더데이터(6바이트), 데이터패킷(20바이트), CRC(2바이트), 시작 싱크비트(2바이트)와 끝 싱크비트(1바이트)로, 총 36바이트로 구성하였다. 센서 네트워크의 시작비트와 마지막비트는 패킷의 싱크바이트로써 항상 0x7e로 사용된다. 패킷구조를 살펴보면 TOS메시지의 헤더데이터는 총 5바이트로 구성되고, 목적지주소(Destination address)의 값은 총 2바이트로 브로드캐스트, UART, 노드어드레스 이렇게 세 분류로 나누어진다. 액티브 메시지 핸들러 부분에서는 액티브 메시지(Active Message)의 타입에 대해 정의해 두었다. 그룹 아이디(0x7d)는 센서 네트워크에서 각 센서노드들을 그룹화 시켜 다른 그룹간의 간섭을 방지하기 위해 주로 사용이 된다.

TOS 메시지의 Payload 데이터는 6바이트의 Oscope 메시지 헤더패킷을 포함하여 센서노드 아이디, 카운터, ADC 채널과 ADC 데이터 값으로 총 26바이트의 길이로 구성하였고, 센서 노드 ID와 ADC 채널은 본 연구에

서는 각각 1번의 값으로 설정해 놓았다. 마지막으로 ADC 데이터 값에는 입력된 아날로그 심전도 신호를 디지털로 변환한 값으로써, 2바이트 크기의 데이터를 10개 저장하도록 하여 20바이트로 구성하였다.

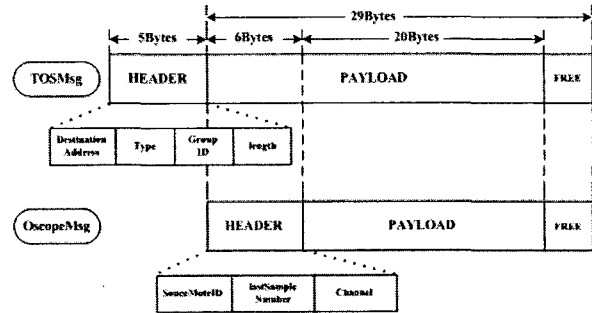


그림 6. 전체 패킷 구조.

## III. 시스템 결과

무선센서네트워크를 이용한 생체신호 모니터링 시스템을 위해 심전도 인터페이스 회로와 체온 센서부를 구현하고 테스트하였다. 그림 7은 생체신호를 모니터링 하기 위한 시스템의 하드웨어 구성 및 실제 생체신호 측정 결과를 나타낸다. 심전도 및 체온신호와 무선센서노드의 연결은 데이터 획득 보드(MDA300, Crossbow technology Inc., USA)를 사용하였으며, 이 보드는 7개(A0~A6)의 단일 아날로그 입력 채널, 3개(A11~A13)의 차동 아날로그 입력 채널, 고 이득을 갖는 4개(A7~A10)의 차동 아날로그 입력 채널과 6개(D0~D5)의 디지털 입력 채널로 구성되어 있다. 본 논문에서는 단일 아날로그 입력(A1)에 심전도 신호를 입력으로 사용하였으며, 데이터 획득 보드에 내장되어 있는 12bit A/D 컨버터를 사용하였다.

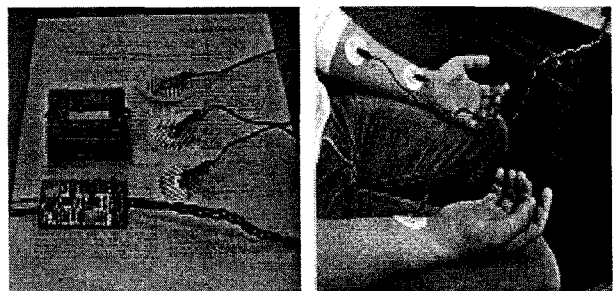


그림 7. 생체신호 모니터링 시스템 및 실제 측정.

본 논문에서는 멀리 떨어져 있는 센서 노드도 베이스 스테이션으로 심전도 및 체온신호 전송이 가능하도록 Ad-hoc 네트워크를 구성한 결과는 그림 8과 같이 얻어졌다. 각각의 센서 노드에 대한 RF 거리를 조절하고자 TinyOS에서 RF 파워를 최소 파워로 줄여서 멀티 홉 라우팅 기능이 되는지를 확인하였다. 실험에서는 멀티

홉 라우팅을 구성하기 위해 6개의 센서 노드를 곳곳에 배치하여 멀리 떨어져 있는 센서 노드가 베이스스테이션까지 데이터 송·수신이 가능한지에 대한 실험과 여러 센서 노드로부터 데이터 송신이 동시에 이루어졌을 때의 경우를 가정하여 센서노드 ID를 분리하여 신호가 전송되는 것을 수행하였으며, 그림 8에서와 같이 라우팅에 대한 정보들은 베이스스테이션 즉, 센서 노드의 0번 노드로 데이터가 모두 수집이 되게 되며, 6번의 센서노드가 1번의 센서노드로 한 번의 홉을 거쳐 베이스스테이션인 0번 노드로 데이터를 송신하는 것을 확인할 수 있었다.

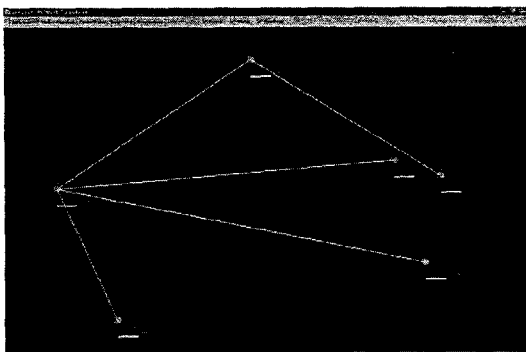


그림 8. 센서 노드로부터의 멀티 홉 라우팅 결과.



그림 9. 베이스스테이션으로부터 측정된 심전도 신호.

그림 9는 그림 7의 심전도 인터페이스가 연결된 센서 노드와 베이스스테이션은 최대 20~30m정도 떨어진 거리에서 얻어진 심전도신호의 결과를 TinyOS의 오실로스코프 화면에 나타낸다. QRS, P, T파를 근거로 실시간 심전도데이터의 측정과 심전도신호의 기본적인 파의 성분들이 나타남을 확인할 수 있었다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 기존의 생체신호 모니터링 시스템이 가지고 있던 유선 기반 시스템을 무선으로 생체신호에 대한 모니터링이 가능하였으며, 무선센서네트워크를 기반

으로 하여 노약자나 만성질환자를 위한 생체신호 모니터링 시스템을 구현하였다. 여러 생체신호 중 심전도와 체온 신호를 계측하기 위한 시스템을 구현하고, 생체신호를 획득하기 위해 무선센서네트워크에 적합하게 설계된 TinyOS 운영체제의 컴포넌트를 사용하여 생체신호에 대한 샘플링 및 그 파형을 모니터링 할 수 있도록 하였다. 또한, 베이스스테이션(기지국)과 멀리 떨어져 있는 노약자나 만성질환자의 생체 정보의 수집과 가능하게 하기 위해 Ad-hoc 네트워크를 구현하였다.

본 논문에서의 생체신호 모니터링 시스템은 유비쿼터스 컴퓨팅 기술과 헬스케어 기술이 접목되어 시간과 장소에 구애받지 않고 언제, 어디서나 질병 및 건강을 모니터링하고 치료가 가능하게 할 것이며, 재택진료, 원격진료, 응급진료 분야로의 개발 확대를 위한 기반 기술로서 활용될 것으로 예상된다.

향후 심전도, 체온 데이터뿐만 아니라 여러 생체신호(맥박, 혈압, 혈중 산소포화도 등)도 무선센서네트워크를 기반으로 하여 다중 생체신호 모니터링 및 생체신호의 데이터베이스화를 위한 노력이 필요하다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 김창곤, "유비쿼터스 사회 새로운 희망과 도전; 의료 혁명의 시작: u-health", 한국전산원, 2005.
- [2] 이충희, "생체신호계측 기술 정책", 기술동향분석보고서, 한국과학기술정보연구원, 2003.
- [3] Zigbee Alliance, <http://www.zigbee.org>.
- [4] J. Hill, System Architecture for Networked Sensors, Ph.D. thesis, Dept. of Computer Science, Univ. of California, Berkeley, Chapter 3, 2003.
- [5] David Gay, Philip Levis, and David Culler, Software Design Patterns for TinyOS, Proceedings of the ACM SIGPLAN/SIGBED 2005 Conference on Languages, Compilers, and Tools for Embedded Systems, Chicago, June 2005.
- [6] Chipcon, Inc., "CC2420 Data Sheet", [http://www.chipcon.com/files/CC2420\\_Data\\_Sheet\\_1.3.pdf](http://www.chipcon.com/files/CC2420_Data_Sheet_1.3.pdf)
- [7] Crossbow Technology Inc., MPR/MIB User's Manual, [http://www.xbow.com/Support/Support\\_pdf\\_files/MPR-MIB\\_Series\\_Users\\_Manual.pdf](http://www.xbow.com/Support/Support_pdf_files/MPR-MIB_Series_Users_Manual.pdf)