

QRS검출에 의한 ECG분석 기능을 갖춘 무선센서노드를 활용한 u-헬스케어 시스템

이대석 · Sachin Bhardwaj · 정완영*†

An u-healthcare system using an wireless sensor node with ECG analysis function by QRS-complex detection

Dae-Seok Lee, Sachin Bhardwaj, and Wan-Young Chung*†

Abstract

Small size real-time ECG signal analysis function by QRS-complex detection was put into sensor nodes. Wireless sensor nodes attached on the patient's body transmit ECG data continuously in normal u-healthcare system. So there are heavy communication traffics between sensor nodes and gateways. New developed platform for real-time analysis of ECG signals on sensor node can be used as an advanced diagnosis and alarming system for healthcare. Sensor node does not need to transmit ECG data all the time in wireless sensor network and to server PC via gateway. When sensor node detects suspicion or abnormality in ECG, then the ECG data in the network was transmitted to the server PC for further powerful analysis. This system can reduce data packet overload and save some power in wireless sensor network. It can also increase the server performance.

Key Words : wireless sensor network, ubiquitous healthcare system, QRS-complex, ECG analysis system

1. 서 론

최근의 센서 기술의 발전으로 인하여 저비용, 저전력, 소형화된 센서노드들이 개발되고, 이러한 센서 노드들로 구성된 무선 센서 네트워크는 기존의 인프라 무선 네트워크로서는 불가능했던 영역으로 그 적용범위를 확대하고 있다^[1]. 또한 무선 센서 네트워크는 군사, 의료, 교육, 상업, 홈 네트워크 등의 여러 분야에 응용될 수 있다. 의료분야에서는 센서 노드를 환자의 몸에 부착하여 연속적으로 환자의 건강상태, 비정상적 상태가 발생하면 의사나 보호자에게 긴급신호를 보내는데 사용할 수 있으며 홈 네트워크 분야에서는 Ad-hoc 프로토콜을 이용하여 따라 실내 환경 모니터링 시스템에 이용할 수 있다^[2].

무선 센서 네트워크에서 사용되는 무선 센서노드는 저비용, 저전력, 소형화를 위해 제한적인 메모리 용량과 적은 데이터를 처리할 수 있는 마이크로컨트롤러를 사용하며 무선 센서노드를 이용한 센서 네트워크 구축을 위해서는 센서노드의 소비 에너지 효율성, 유지 및 보수 등의 어려움 등이 고려되어야 한다. UbiMon^[3], CodeBlue^[4]와 같은 프로젝트는 무선 센서노드를 이용하여 생체신호를 계측하고 이를 기초 의료 정보로 활용하고 있다.

의료 목적의 무선 센서 네트워크는 환경 모니터링 등의 여타 목적의 센서 네트워크에 비해 전달해야하는 데이터 양이 많으므로 무선 데이터의 처리량이 증가하게 된다. 즉, 의료를 목적으로 계측하는데 가장 널리 사용되는 ECG의 경우에는 모니터링용이라고 해도 최소 100 Hz~150 Hz 정도 샘플링 속도를 가지고 있기 때문에 무선센서네트워크 상에서 높은 데이터 처리량을 요구한다. 또한 기존의 무선 센서 네트워크에서 활용되어지는 센서데이터의 중요도에 반해 생체신호의 계측은 무선 네트워크상에서의 데이터양이 증가하게

동서대학교 소프트웨어전문대학원(Dept. of Ubiquitous IT, Graduate School of Design & IT, Dongseo University)

*동서대학교 컴퓨터정보공학부(Division of Computer & Information Engineering, Dongseo University)

†Corresponding author: wychung@dongseo.ac.kr

(Received : May 30, 2007, Accepted : August 1, 2007)

되고 때론 환자의 건강과 연결된 중요한 생체신호 데이터 정보가 손실될 경우가 있다. 무선 센서 네트워크 상에서의 데이터 처리량을 줄이거나 또는 저전력의 시스템을 만들기 위한 기법이 많이 연구 되어 왔으며 특히 라우팅^[5] 또는 프로토콜^[6]을 통한 데이터 처리량 및 저전력을 위한 무선 센서 네트워크 연구가 진행 되고 있다.

본 연구에서는 헬스케어용 무선센서 네트워크에서 통신되는 데이터양을 줄이고 배치된 센서노드의 소비 전력을 줄이기 위해 센서노드 내부에 소형의 ECG 분석기능 소프트웨어를 구현하여서, 환자에 부착된 센서노드에서 먼저 ECG 신호를 분석하고, 이상이 있는 경우에만 그 ECG 파형을 게이트웨이를 통해 서버 PC에 전달하도록 함으로써 무선센서 네트워크 상에서 통신되는 데이터 양과 센서노드에서 소모되는 전력을 획기적으로 줄이는 방법을 제시하고 이를 실험을 통하여 검증하고자 하였다.

2. 시스템 설계

U-헬스케어 분야에서 적용되는 ECG 분석기능을 갖춘 무선 센서노드를 제작하기 위해 TinyOS^[7]기반의 헬스케어용 무선 센서노드 어플리케이션 프로그램을 구현하여 센서노드의 외부 플래시메모리에 저장하여 동작하도록 하였다. 그림 1은 기존의 무선센서네트워크에서 사용되는 일반 센서노드와 본 연구의 개발하는 ECG분석기능이 부과된 u-헬스케어전용 센서노드의 동작원리를 비교설명하고 그 특성을 보여주기 위한 그림이다. 기존의 u-헬스케어시스템(a)에서는 환자의 몸에 부착된 무선센서노드가 ECG, 체온, SpO₂ 등의 신체관련 데이터를 무선센서네트워크를 통해 gateway로 연속적으로 생체신호 데이터를 전달함으로써 센서노드사이의 통신 데이터양이 매우 크다. 또한, 센서노드의 동작이 연속적이므로 센서노드 자체의 전력소모가 매우 심하였다. 이러한 전력소모를 방지하기 위해서 단말 PC나 모바일기기를 소지한 의사나 환자의 보호자가 필요할 때 환자에 부착된 각각의 센서노드에게 생체신호를 보낼 것을 주문하는 쿼리 신호를 발생시키는 방식을 사용하기도 한다^[8]. 그러나 이 경우에는 정확히 언제 환자가 위험한 상태가 될지 정확한 판단이 어렵기 때문에 위급시 정확한 시간에 ECG신호를 포함한 필요생체신호를 정확히 모니터링하기 어렵다.

반면에 본 연구에서의 u-헬스전용 센서노드(b)는 환자의 몸에 부착된 센서노드에서 비정상적인 상황을 인지한 이후에 gateway로 데이터를 전송하게 되며 서버

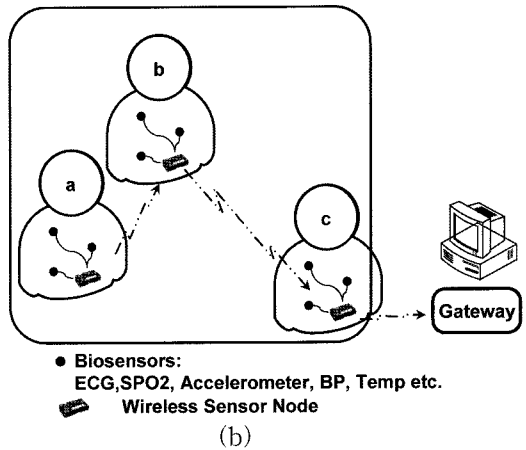
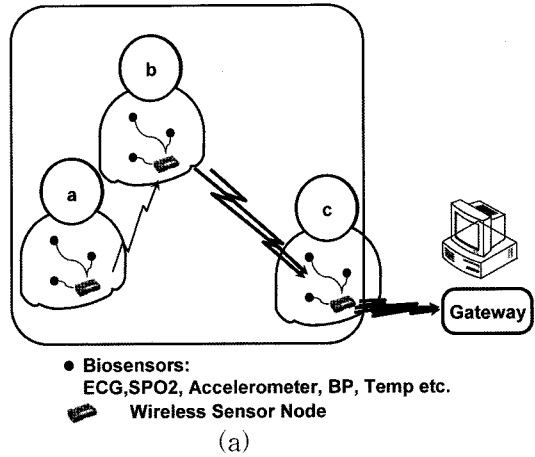


그림 1. U-헬스케어용 무선센서네트워크 시스템 아키텍처 ; (a) 일반 u-헬스케어 시스템, (b) ECG분석기능을 가진 무선센서노드를 사용한 u-헬스케어 시스템
Fig. 1. System architecture for u-healthcare using wireless sensor network technology; (a) general u-healthcare system, (b) u-healthcare system using wireless sensor node with ECG analysis function.

에서 보다 자세한 분석을 하게 된다. 계속된 비정상적인 데이터만을 송수신함으로써, 데이터 처리량 또는 무선 센서 네트워크 상의 데이터 오버플로, 무선 센서노드의 전력소모 증가 등을 줄일 수 있게 한다.

그림 2는 무선 센서 네트워크환경에서 ECG의 비정상 발생된 센서노드에서의 ECG 데이터가 전달되는 모습을 보여주고 있다. 각 센서노드는 주기적으로 환자의 ECG신호를 센서노드 자체에서 분석하게 되고 이상이 발생된 센서노드에서만 ECG파형을 다른 센서노드를 거쳐 게이트웨이로 전달되어 서버로 전달되게 된다. 서버에 전달된 ECG신호는 DB에 저장되고 정밀한 분석과정을 거쳐 그 결과가 터미널 PC나 PDA를 통해

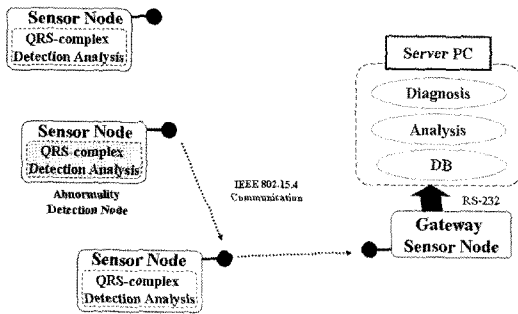


그림 2. U-헬스케어 전용 노드를 가진 무선 센서 네트워크에서의 무선 트래픽

Fig. 2. Wireless communication traffic in wireless sensor network with u-healthcare sensor node.

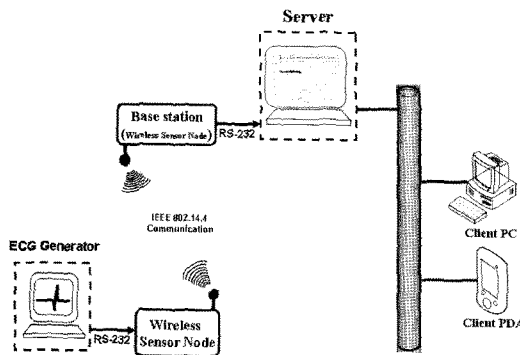


그림 3. 본 연구에서의 QRS검출 무선센서노드 시스템 테스트 구성도

Fig. 3. The test system architecture of QRS detection wireless sensor node in our research.

의사나 지정된 보호자에게 전달되게 된다.

본 연구에서 제안된 ECG 분석 센서노드의 테스트를 위한 시스템 구조를 그림 3과 같이 구현하였다. 컴퓨터에서 ECG데이터를 시리얼 통신을 이용하여 무선 센서노드로 데이터를 보낸다. 즉, 다양한 ECG신호를 테스트에서 사용하기 위해 미리 정상, 비정상의 ECG신호의 데이터베이스를 PC에 구축하고 필요에 따라 PC가 ECG발생기의 역할을 하도록 하였다. 무선 센서노드에서는 ECG데이터를 활용하여 이상 유무를 확인 하여 비정상 QRS로 분류되는 경우 ECG데이터를 IEEE 802.15.4 통신 프로토콜을 이용하여 데이터를 다른 무선 센서노드에 전송한다. 이렇게 전송된 데이터는 서버에서 비정상적으로 분류된 ECG신호를 보여주게 된다. ECG 발생기 컴퓨터에서 제공하는 ECG데이터는 MIT/HIB 심전도 데이터베이스와 이전 연구에서^[9] 계측된 생체신호 파일을 이용하였다. 또한 실험에서 사용된 센서노드의 하드웨어 플랫폼은 국내 무선 센서노드 개발

회사인 맥스포사의 TIP50CM^[10]으로서 MSP430을 프로세서로 사용하며 60 KB의 프로그램 플래쉬 메모리를 가지고 있다. 무선 센서노드에서 사용되는 RF칩은 Chipcon사의 CC2420(IEEE 802.15.4호환)을 사용하며 250 kbps의 전송속도를 가진다. 한편 서버로 전달된 비정상의심 ECG 신호 파형은 본 연구에서 개발된 알고리즘을 가진 소프트웨어에 의해 분류 및 분석되고, 그 건강상태에 대한 정보는 인터넷을 통해 의사나 보호자에게 단말 PC나 PDA로 전달되게 구성이 되었다.

2.1. TinyOS 응용 프로그램 구성

무선 센서 노드에서 사용되는 운영체제인 TinyOS는 UC 버클리 대학에서 개발되었으며 이벤트 발생에 의한 상태 천이방식을 채택한 상태머신 기반의 프로그래밍 개념을 사용하고, 센서네트워크와 같은 임베디드 네트워크시스템을 위해 특별히 고안된 운영체제로서 제한된 메모리 공간의 효율적인 이용과 프로세싱의 동시성 등을 지원해 주는 운영체제이다. 또한 재사용 가능한 소프트웨어 컴포넌트 기반의 운영체제로서 모듈별로 설계된 컴포넌트에 의해 응용프로그램을 구현한다.

본 연구에서는 무선센서노드에서 QRS를 검출하기 위해 ECGfilterM이라는 컴포넌트를 만들었다. ECGfilterM 컴포넌트에는 실시간 QRS를 검출하기 위한 필터링과 함수, 그리고 정상적인 QRS를 검출하기 위한 함수들이 NesC로 구현되어 있다. 그림 4는 본 연구에서 제시하는 TinyOS의 응용 컴포넌트를 보여주고 있다. 컴포넌트의 인터페이스는 입력 명령과 출력 명령, 입력 이벤트와 출력 이벤트 4 가지로 구성된다. 입력 명령은 자신의 컴포넌트에서 서비스하는 커맨드로 상위 컴포넌트가 해당 컴포넌트가 해당 컴포넌트의 기능이 필요할 때 호출하는 것이며, 출력 명령은 하위 컴포넌트의

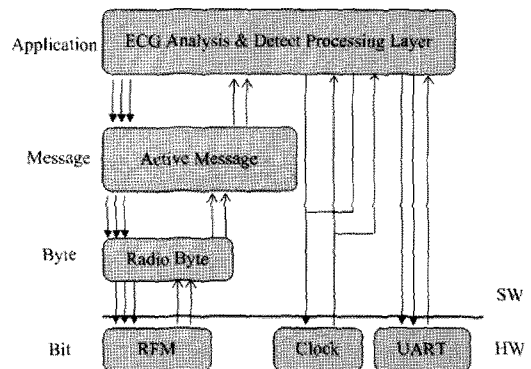


그림 4. QRS 검출을 위한 TinyOS 기반 응용 컴포넌트
Fig. 4. Application component based on TinyOS for QRS detection.

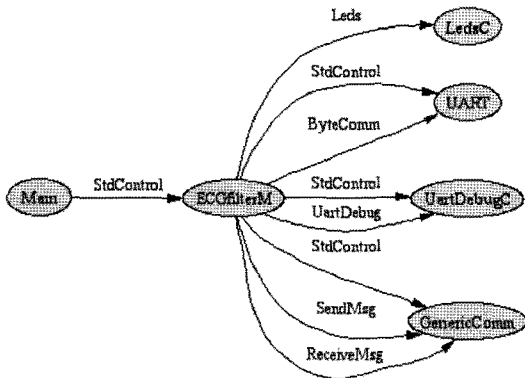


그림 5. TinyOS 어플리케이션 컴포넌트 트리
Fig. 5. Source tree of TinyOS application node.

서비스를 호출할 때 사용한다. 입력 이벤트는 해당 컴포넌트의 이벤트 핸들러에 의해 처리되며, 하위의 컴포넌트가 해당 컴포넌트에 신호를 넘겨주기 위해 사용된다. 예를 들어 UART 컴포넌트를 통해 들어오는 ECG 데이터는 상위 컴포넌트 부분인 어플리케이션 단계로 입력 명령이 수행되어지며 어플리케이션에서 수행된 ECG 데이터는 전송을 위해 하위 컴포넌트로 출력 명령이 이루어진다.

그림 5는 TinyOS에 구성된 컴포넌트 트리로서 nesC를 이용하여 구현된 각각의 컴포넌트 및 와이어링에 필요한 인터페이스를 보여주고 있다. UART 컴포넌트로 컴퓨터에서 ECG 데이터를 받은 후 ECDFilterM에서 Pan&Tompkins^[11] 알고리즘을 구현하여 실시간 ECG 데이터를 검출한다. 이때 모듈 ECDFilterM에서 비정상, 정상 유무를 판별하며 비정상적인 QRS로 분류된 데이터를 모듈 GenericComm을 통해 RF로 ECG 데이터를 전송하도록 하였다.

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. TOS 메시지의 Payload 데이터는 모뎀 아이디, 데이터 카운트, 채널번호를 저장하는 6바이트의 헤더 데이터와 2바이트 크기의 데이터를 10개 저장하도록 하여 26 바이트를 사용하였으나 본 연구에서는 데이터 전송의 효율성을 위해 2바이트 크기의 데이터를 20개를 저장 후 전송하도록 하였다. 그림 6는 본 연구에서 사용된 데이터 구조도를 보여주고 있다.

지금까지 심전도 처리를 위한, 웨이블릿 변환^[12]과

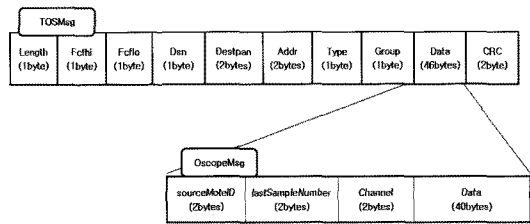


그림 6. 무선센서노드 패킷 구조
Fig. 6. Packet structure for wireless sensor nodes.

필터뱅크^[13] 등을 이용하는 다양한 ECG 검출기법들이 개발되었으나, 본 연구에서는 한정된 자원을 이용하고 실시간 처리의 동작 특성을 가지는 무선 센서 네트워크용 센서노드의 특성을 고려하여, 고전적인 실시간 QRS검출 알고리즘을 채택하였다. 의료기관에서 사용하는 해석 심전계들은 나름대로의 심전도 자동해석 알고리즘을 내장하고 있으나, 이러한 심전도 해석 알고리즘들은 웨이블릿 계수나 퍼지이론을 이용함으로써 무선 센서노드에 맞지 않는 하드웨어사양 또는 소프트웨어 연산이 필요하다. 그리하여 본 연구에서는 제한된 무선센서노드의 자원을 고려하여 복잡하고 많은 연산을 필요로 하지 않는 실시간 알고리즘을 활용하여 RR 간격과 QRS넓이만을 이용하여 무선센서노드에서 정상적인 QRS를 판단하였다.

QRS 검출을 위해 가장 많이 사용되고 있는 실시간 QRS 검출기를 기반으로 하고, 먼저 QRS 검출 이전에 필요한 전처리를 수행하였다. 심전도 신호에 포함된 잡음을 줄이기 위해 저역 및 고역통과필터를 직렬로 연결하고 기울기의 경사를 강조하기 위해 차분기를 통과시킨 후 신호의 절대값을 취하였으며, 양수로 바뀐 신호는 이동 창 적분기를 통과한 후 문턱치를 적용하여 QRS를 검출하였다. 검출된 QRS에서 최대값을 R피크로 정의하였으며 R피크를 기준으로 좌우 각각 50개의 데이터를 포함 하는 100개의 데이터 벡터를 선택하였다. 좌,우측 50개의 데이터들이 가지는 최대 기울기의 크기를 계산한 다음 두 기울기의 값에서 작은 값을 택하고 그 값의 25%를 QRS의 시점과 점을 찾기 위해 R좌의 좌우 데이터들에서 기울기의 크기가 문턱치보다 작거나 같은 지점이 적어도 세 개가 연속적으로 발생되면 그 위치를 R좌의 좌측에서는 QRS의 시점 그리고 R좌의 우측에서는 QRS의 종점으로 판단하였다^[14].

RR간격은 현재 검출된 R좌와 이전에 검출된 R좌 사이의 간격이다. 현재 검출된 QRS가 정상이면 이전에 검출된 QRS의 정상 여부에 상관없이 해당 RR을 정상 RR간격으로 간주하였으며, 현재 검출된 QRS 간격이 비정상적이면 이전에 검출된 QRS의 정상 여부에

상관없이 해당 RR간격을 비정상 RR간격으로 간주하였다. 무선센서노드에서 비정상적인 ECG가 검출되면 무선센서노드는 10초간의 데이터를 베이스스테이션에 전송한다.

2.2. 서버 응용 프로그램 구성

서버에서는 무선 센서노드에서 QRS를 이용해 검출된 비정상적인 ECG데이터를 활용하여 보다 자세한 ECG 분석을 하게 된다. 아래 그림은 무선 센서노드에서 비정상적 QRS를 검출하는 과정과 검출된 ECG신호를 서버 측에서 다시 자세히 분석하는 시스템 전체 흐름도를 보여주고 있다.

서버에서 보다 정밀하고 정확한 분석을 위해 우선적으로 검출하는 ECG파라미터는 R피크, T파, P파이다. R피크를 검출후 P파와 T파를 검출하기 위해 200 ms가 지연된 원래신호에서 검출하게 된다. 200 ms의 지연 시간은 QRS를 검출하기 위한 각각의 프로세스인해 발생된다. QRS검출 후, P파와 T파의 검출알고리즘을 이용하여 검출하게 된다. 검출 알고리즘에서는 특별한 시간차를 정의하며 이는 RR간격에 의존적이다. 만약 RR간격이 0.7 ms 이하이면 T파의 시작점은 QRS종점 데이터로부터 0.08 s이고 T파의 종점은 0.44 s이다. RR간격이 0.7 s 이상일 경우 T파의 시작은 0.04 s를 가지고 T파의 끝은 RR간격에서 0.7 s를 곱한 값에 0.06 s 빼값으로 정의한다. 위와 같이 정의된 시간차에서 최고값과 최소값 그리고 기울기를 구하는 함수에서 나온 결과값이 T파 검출을 위한 중요 변수이다. 기울기의 변

화는 문턱값을 활용한 방법에 의해 T파의 종점을 잘 검출 할 수 있다. 기울기는 양수와 음수를 포함해야 하며 T파를 검출하기 위한 ECG데이터의 크기는 최소한 0.006 mV/s이어야 한다. 비정상적인 T파를 검출하기 위해서, 시간축의 T파 윈도우에서 위치되어 있는 QT간격을 측정하며 평균 300 ms~400 ms의 간격을 가진다.

P파의 검출은 T파의 종점과 새로운 QRS의 시작점 사이에서 검출한다. P파 검색방법은 기울기를 이용하여 알 수 있으며 새로운 QRS의 시작점이 발견될 때까지 계속된다. 이 알고리즘을 이용하기 위해서는 ECG 데이터가 0.004 mV/s 보다 커야한다. P파의 데이터를 P[i]라고 정의하고 P[i-1]의 값이 P[i] 값보다 크면 기울기 값이 음수로 변화 한다. 만약 P[i-1]이 P[i] 값보다 작으면 기울기 값은 양수로 변화 한다. 계속된 기울기 값에서 연속적인 5개의 기울기값을 측정하고 최종적으로 양수 또는 음수인지 결정한다. 일반적인 ECG에서 P-R간격은 P파의 시작점부터 QRS의 시작점까지 200 ms 이하의 길이를 가진다.

RR간격이 700 ms 보다 크다면 ST세그먼트는 QRS의 종점부터 80 ms 이내에서 계속되어야하며 RR간격이 700 ms 보다 작다면 ST세그먼트는 QRS 종점부터 60 ms이내에서 계속되어야 한다. 만약 위의 조건이 이후 기울기가 20 ms 동안 검출되지 않는다면 비정상적인 ECG로 분류된다.

ECG 신호의 모든 파라미터를 측정 이후 ECG 신호의 모양과 비트를 분류한다. 100 bpm 이상인 심박동수는 빈맥이라 분류하며 60 bpm이하인 경우 서맥으로 분류하였다. 심박동수가 60 bpm과 100 bpm사이 일지라도 QT간격, ST 세그먼트, PR간격, 심박동수로 인한 비정상적인 신호가 발생 시 비정상적인 ECG신호로 분류한다.

3. 실험 및 결과

센서노드에 부여된 ECG 분석기능을 테스트하기 위해서는 정상 또는 비정상의 다양한 형태의 ECG파형을 사용하여야 한다. 본 연구에서는 MIT/HIB데이터^[15]에서 100파일과 119번 ECG 파형데이터 파일을 이용하여 실험 하였으며 약 1분간의 데이터를 본 실험에서 사용하였다. 무선 센서노드에서 실시간 QRS검출기에 사용된 단계별 처리과정을 확인하기 위하여 베이스스테이션에서 무선 센서노드로 전송되는 ECG데이터를 받아 단계별로 그래프로 확인 하였다. 그림 8(a)는 무선 센서노드에서 구현된 각 단계 실시간 QRS 검출 처리과정을 그래프로 보여고 있으며 단계별 처리과정에

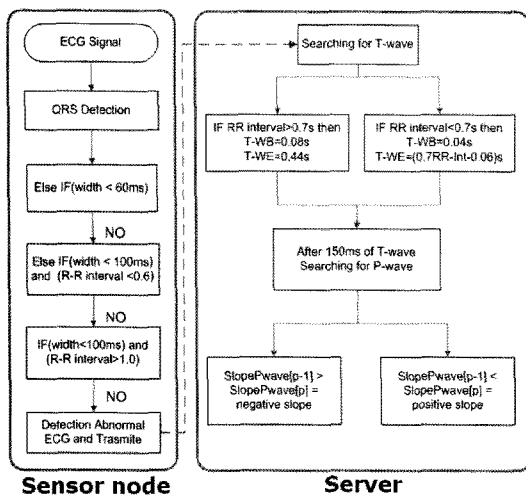
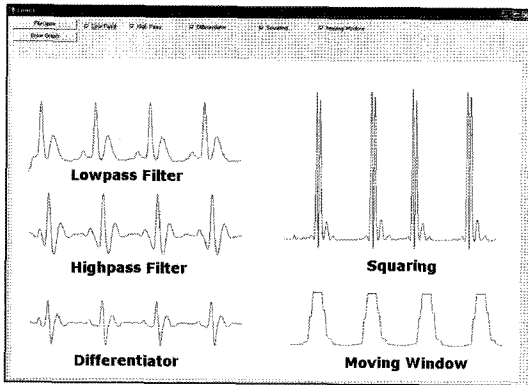
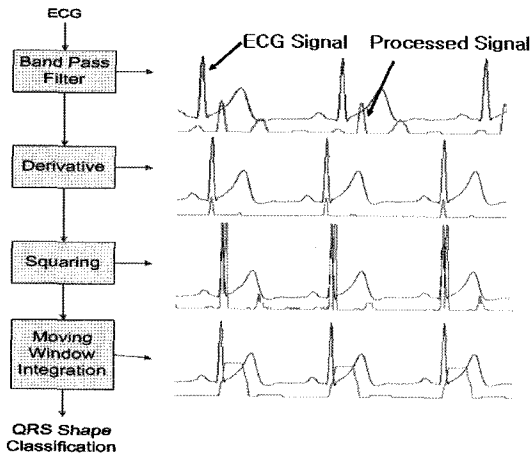


그림 7. 무선센서노드와 서버프로그램에서의 ECG분석 흐름도
Fig. 7. ECG analysis flow chart on sensor node and server.



(a)



(b)

그림 8. QRS 검출 순서에 따른 파형; (a) 무선센서노드 프로그램, (b) 서버 PC 프로그램
 Fig. 8. Step results of QRS complex; (a) Software on sensor node, (b) Software on server PC.

나타나는 파형의 특징을 잘 보여 주고 있다. 또한 그림 8(b)는 서버 프로그램에서 이전 연구에서 몸에서 계속된 데이터를 활용하여 각 단계별 파형을 보여 주고 있다. 그림 8에서 직렬로 연결된 2차 로우/하이패스필터를 통과함으로써 ECG신호에서의 잡음이 제거되었으며 차분기를 통과시킨 후 기울기의 경사값이 강조되었다. 그 후 이동 창 적분기를 통과 이전에 기울기값을 제공하여 절대값을 취하였으며, 최종 이동 창 적분기에서 문턱값을 설정하여 QRS를 검출한 것을 보여 주고 있다. 센서노드에서 QRS 검출 실험결과 정상적인 QRS 가장 많은 100번 파일에서 QRS를 2271회 검출하였으며 그 중 2258회의 정상적인 QRS검출, 13번의 비정상적인 QRS검출로 인식하였다. 정상적인 QRS를

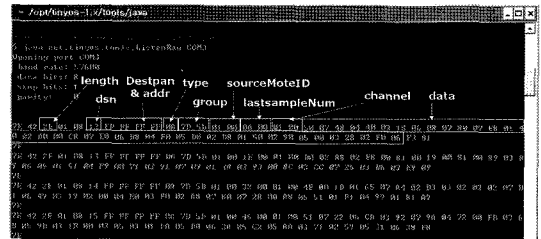


그림 9. ListenRaw를 통한 수신된 데이터
 Fig. 9. Received data through ListenRaw in the TinyOS.

비정상적으로 인식하는 오류가 12회 발생하여 0.6%의 오차를 보였다.

그림 9은 앞에서 설명한 그림 4의 패키지구조에 따른 무선센서네트워크 상의 low데이터를 TinyOS에서 지원하는 ListenRaw 어플리케이션으로 수신 데이터를 확인하였다. 수신 받은 데이터는 TOS메시지의 메시지길이 2E(Hex 값)로써 TOSMSG 데이터 패킷에서 데이터 부분 46바이트를 나타내고 있다. 46바이트 중 모트ID, 최종 샘플링 수, 채널은 각각 2바이트로 할당 되었으며 데이터는 40바이트로 구성되어 있다. 이것은 그림 6에서 디자인된 패킷 크기와 수신한 데이터가 정확하게 그 크기가 일치함을 확인 할 수 있다. 또한 그림 9에서 패킷의 수신순서를 나타내는 dsn의 값이 1씩 차례로 증가하면서 데이터의 최종 샘플 순서를 나타내는 last-sampleNum의 값이 0x14씩 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이것은 샘플링 되어진 ECG데이터가 40바이트씩 센서노드에서 베이스스테이션으로 패킷의 손실 없이 송·수신됨을 알 수 있었다.

무선센서노드에 일차적으로 QRS 넓이와 RR간격으로 검출된 비정상적인 ECG는 서버프로그램에서 더욱

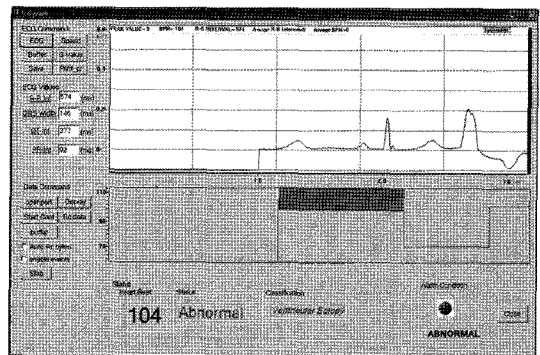


그림 10. 무선센서노드에서 전송된 100번 파일 ECG에 대한 서버 프로그램에서의 분석
 Fig. 10. ECG analysis of 100 data file on server after detecting an abnormal QRS-complex in sensor node.

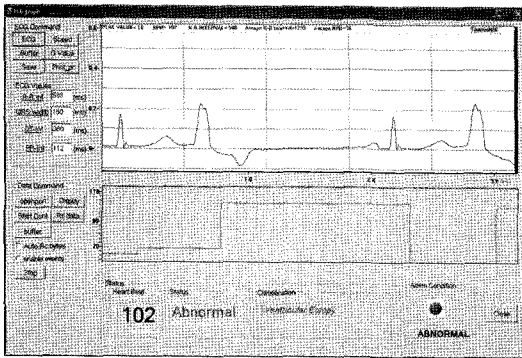


그림 11. 무선센서노드에서 전송된 119번 파일 ECG에 대한 서버 프로그램에서의 분석
 Fig. 11. ECG analysis of 119 data file on Server after detecting an abnormal QRS-complex in Sensor node.

자세히 분석되어 진다. 그림 10은 MIT/HIB 데이터 중 하나인 100번 파일 이용한 것으로 무선센서노드에서 비정상적으로 분류되어 서버프로그램으로 전송되어 서버 프로그램에서 비정상적인 QRS파형을 보여 주고 있다. 서버 프로그램은 전송받은 ECG데이터를 분석하여, 서버 프로그램에서 최종 QRS폭이 146 ms로 측정되었으며 RR간격은 우측에서 마지막으로 검출된 R피크에서 다음 R피크가 검출될 때까지의 진행 상황을 나타내고 있다.

그림 11은 119번 데이터에서 비록 최초 RR간격은 정상적이지만 QRS폭이 실시간 QRS검출기를 통해 비정상적으로 분류되어 서버프로그램으로 전송되었다. 또한 처음 검출된 비정상적인 QRS이후 다시 전송시간 내에 비정상적인 RR간격과 QRS가 검출된 것을 볼 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 무선센서노드에 실시간 QRS검출기를 구현 하였으며 이를 활용하여 무선센서노드에서 RR간격 및 QRS폭이를 활용하여 인체에서 가장 중요한 헬스 파라미터의 하나인 ECG신호를 분석할 수 있게 하였다. 또한 서버 프로그램에는 보다 정밀하고 자세한 ECG의 파형적 특징을 분석할 수 있는 분석 및 진단 소프트웨어를 구현 하였다. 무선센서네트워크 환경에서 무선센서노드의 활용 범위를 단순한 모니터링을 위한 수단에서 벗어났으며 무선센서노드에서 비정상적 QRS로 분류된 데이터만을 전송하는 방법은 ECG신호를 지속적으로 전송하는 시스템 보다 비정상 QRS로 분류된 데이터만을 송수신함으로써, 데이터 처

리 빈도수, 센서네트워크 상의 데이터 오버플로우, 무선센서노드의 전력소모 등을 줄일 수 있다.

QRS만을 활용한 비정상 심전도 분류에서는 한계를 가지고 있다. 정상적인 QRS를 가지고 있는 심전도일 지라도 P파, T파 등에 이상 징후를 보일 수 있다. 향후 보다 다양한 판정 파라미터와 정밀한 판정 알고리즘을 구현한다면 비록 제한적인 무선센서노드에 환경에서도 비정상적 ECG를 분류 할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] Ian F.Akyldiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci. "A survey on sensor networks", *IEEE Communications Magazine*, vol. 40, no. 8, pp. 102-114, 2002.
- [2] 신광식, 권준달, 이영동, 정완영, "무선 센서 네트워크 기술을 활용한 Ad-hoc 홈 네트워크 시스템", *센서학회지*, 제16권, 제2호, pp. 142-149, 2006.
- [3] UbiMon project, <http://www.doc.ic.ac.uk/vip/ubimon/home/index.html>
- [4] CodeBlue project, <http://www.eecs.harvard.edu/~mdw/proj/codeblue/>
- [5] 정윤수, 이상호, "무선 센서 네트워크에서 효율성을 향상시킨 위치기반 라우팅 알고리즘", *한국통신학회논문지*, 제32권, 제1B호, pp. 31-39, 2007.
- [6] 노태호, 최용철, 이승형, 정광수, "무선 센서 네트워크를 위한 에너지 효율적인 토폴로지 구성 알고리즘", *한국정보과학회'06 한국컴퓨터종합학술대회 논문집D*, pp. 40-42, 2006.
- [7] TinyOS공식홈페이지, <http://www.tinyos.net>
- [8] Sachin Bharadwaj, Gaurav Walia, Risto Myllyla and Wan-Young Chung, "Query based ECG monitoring and analyzing system via wireless sensor network", *Proc. of 2nd International Conference on Wireless Communication & Sensor Networks.*, pp. 146-153, Allahabad, India, 2006.
- [9] 이대석, 정완영, "유비쿼터스 헬스케어 를 위한 센서 네트워크 기반의 심전도 및 체온 측정시스템-1. 생체신호 모니터링 소프트웨어 시스템", *센서학회지*, 제15권, 제6호, pp. 417-424, 2006.
- [10] TIP50CM, <http://www.maxfor.co.kr>
- [11] J. Pan and W. J. Tompkins, "A real-time QRS detection algorithm", *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. BME-32, no. 3, pp. 230-236, 1985.
- [12] C. Li, C. Zheng and C. Tai, "Detection of ECG characteristic points using wavelet trans", *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 42, no. 1, pp. 21-28, 1995.
- [13] 김동석, 전대근, 이경중, 윤형로, "M 채널 필터뱅크를 이용한 QRS complex 검출 알고리즘", *의공학회*

지, 제21권, 제2호, pp. 165-174, 2000.

[14] P. S. Hamilton and E. P. Limited, Open source ECG

analysis software document, 2002.

[15] MIT/HIB DataBase, <http://www.physionet.org>



이 대 석(Lee Dae Seok)

- 2004년 동서대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사)
- 2006년 동서대학교 소프트웨어전문대학원 컴퓨터 네트워크학과 졸업(공학석사)
- 2006년~현재 동서대학교 디자인 & IT 전문대학원 유비쿼터스 IT학과 박사과정
- 주관심분야 : 유비쿼터스 헬스케어, 무선 센서네트워크, 시스템 모니터링



Sachin Bhardwaj

- 2004년 Degree in Computer Science and Engineering, Uttar Pradesh Technical University, in India(공학사)
- 2005년~동서대학교 디자인 & IT 전문대학원 유비쿼터스 IT학과 석사과정
- 주관심분야 : 유비쿼터스 헬스케어, 생체 신호분석, 시스템 모니터링



정 완 영(Wan-Young Chung)

- 1987년 경북대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
- 1989년 동 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1992년 동 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1998년 일본 규슈대학 종합이공학연구과 (공학박사)
- 1999년~현재 동서대학교 컴퓨터정보공학부 부교수
- 2006년~현재 BK21 WSN을 이용한 u-헬스케어기술개발팀(핵심과제) 팀장
- 주관심분야 : 유비쿼터스 센서네트워크, 마이크로센서, 유비쿼터스 헬스케어