u-헬스케어를 위한 무선센서노드 어플리케이션 구현 및 성능 평가

이대석*, 정완영**

*동서대학교, 디자인 & IT 전문대학원, 유비쿼터스 IT 학과
**동서대학교 컴퓨터정보공학부

Design and Evaluation of Wireless Sensor Node Application for u-Healthcare

Dae-Seok Lee*, Wan-YoungChung**
*Dept. of ubiquitous IT, Graduate School of Design & IT, Dongseo University
**Division of Computer & Information Eng., Dongseo University
E-mail : leezzang@gmail.com

요 약

Abstract - TinyOS기반의 u-헬스케어를 위한 무선센서노드 어플리케이션을 구현하였으며 이를 이용하여 기존의 지속적인 데이터 전송방식과 성능 비교를 하였다. 무선센서노드에서 QRS-complex 넓이와 R-R간격을 이용하여 비정상적인 ECG를 감지하였다. 사용된 ECG 데이터는 MIT/HIB Database 100, 112, 119번을 이용하였다. 정상적인 ECG 데이터를 가지고 있는 100레코드를 기준으로 지속적인 데이터 전송 시 발생되는 패킷량과 전원 소모율을 측정 후, 본 연구에서 구현된 무선센서 노드 어플리케이션을 이용하여 각각의 ECG데이터를 이전과 같은 방법으로 성능 평가하여 비교분석 하였다. 비교분석 결과, ECG 데이터 발생량, 전원 소모율이 획기적으로 감소된 것을 알 수 있었다.

ABSTRACT

The functional wireless sensor node for u-healthcare application was developed. The developed sensor node can check the abnormality of ECG in some simple software in ROM of microprocess in the sensor node. The ECG signal is one of very important health signal form human body, and wavelike signal which is sampled as a sampling frequency between 100 and 400 Hz for digitalization, so the wireless data dor ECG signal is some heavy in Zigbee communication. Thus the sensor send the ECG signal to other sensor nodes or base station when it find abnormality in ECG signal is key technology to reduce the traffic between sensor nodes in wireless sensor network for u-healthcare. The sensor node does not need to transmit ECG data all time in wireless sensor network and to server. Using these sensor nodes, the healthcare system can dramatically reduce wireless data packet overload, the power consumption of battery in the sensor nodes and thus increase the reliability of the wireless system.

키워드: u-헬스케어, 무선센서네트워크, ECG, TinyOS

Ⅰ. 서 론

생체신호의 지속적인 모니터링은 잠재적으로 만성질환자의 삶에 대한 질을 향상시킬 수 있다. 기술의 발달은 ECG, 산소포화도, 호흡, 혈압 등의 여러 생체신호에 대한 지속적, 실시간 모니터링이 가능하도록 하였다[1,2]. 주로 이러한 계측 기기들은 집안에서 사용하도록 개발 되었으며, 기기와 중안 의료센터와의 데이터 전달을 위해 전화망, 인터넷 망을 이용하여 만성질환자를 위한 재택의료 시스템으로 발전되었다[3,4]. 또한 최근에는 단순한 모니터링 및 진단을 위한 기초진단 데이터 수집을 위한 기능에서 벗어나 상시 환자의 상태를 파악 할 수 있는 개념을 도입한, 유비쿼터스 헬스케어 시스템이 개발되어지고 있다. 유비쿼터스 기술 중 하나인 무선 센서네트워크를 이용한 헬스케어 시스템이 국외에서 활발히 진행되고 있으며 다양한 방법으로 접목되어 지고 있다. 무선센서노드는 무선센서네트워크가 갖는 특징으로 인해 리소스들의 사용에 제약이 있다. 센서 노드들은 낮은 파워의 주파수를 사용해야 하는 점, 노드들이 소형이어서 적은 배터리로 전원을 공급해야 하는 전원 공급 리소스의 한계, 소형화에 따른 제한된 메모리와 적은 데이터를 처리할 수 있는

마이크로컨트롤러가 사용된다.

헬스케어 목적으로 사용되는 무선센서네트워크의 경우 많은양의 데이터를 전송하게 된다. ECG 모니터링을 목적으로 하는 경우, 생체신호 샘플율은 최소 100Hz~150Hz가 필요하게 되며 이러한 데이터양은 일반 환경모니터링의 경우보다 훨씬 많은 데이터 전송을 유발 시킨다. 이러한 무선센서 네트워크에서의 많은 데이터 발생은 전체 네트워크의 사용주기를 짧게 만드는 요인뿐만 아니라 네트워크 내에서 데이터 병목을 유발시켜 데이터 전송 성공률을 저하 시킨다.

본 연구에서는 기존의 무선센서네트워크를 이용한 헬스케어 연구에서 사용하는 생체신호 모니터링을 위한 지속적인 데이터 전송 방법을 벗어나, 센서노드에서 계측된 생체를 분석 하여 비정상적인 신호계측 시에만 데이터를 전송하는 방법을 구현 및 실험 하였다. 사용된 생체신호는 ECG를 사용하였으며 ECG의 RR간격 및 QRS넓이를 이용하여 정상유무를 판별하였다. 본 논문에서는 MIT/HIB ECG 데이터베이스를 활용하여 정상 및 비정상 ECG를 이용, 구현된 헬스케어를 위한 센서노드 어플리케이션 성능을 평가 하였다. 우선 ECG의 정상 유무를 판별할 수 있는 검출기 성능 테스트와 이에 따른 생체신호 패킷발생량을 비교하였다.

II. 시스템 구현

본 연구에서 다양한 헬스케어 파라미터 중 계측이 용이하며 가장 많은 정보를 가진 ECG신호를 이용하여 실험하였다. ECG는 심장이 박동하면 심근에 발생하는 미소한 활동전위차를 생체표면에 부착한 전극으로 측정하여 시간에 따른 변동곡선을 ECG라고 한다. 이를 활용하여 다양한 심장 관련 질환 및 심박동을 이용하여 심리적 상태까지 알 수 있다. 제안된 ECG분석 센서노드의 테스트를 위한 시스템 구조를 그림 1과 같이 구현하였다.

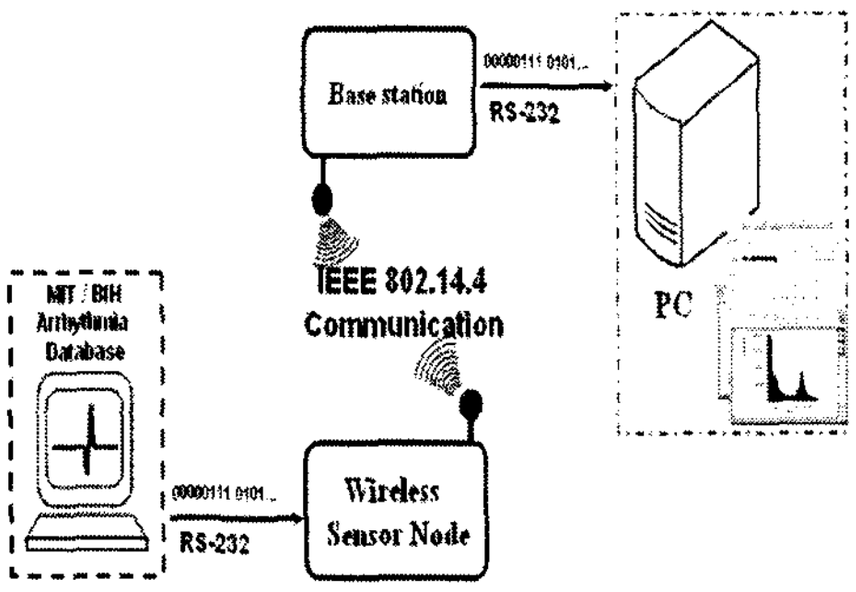

그림 1. ECG분석 센서노드의 테스트를 위한 시스템 구조

본 시스템을 위해 각각 2개의 컴퓨터와 센서노드가 사용되었다. 다양한 ECG신호를 테스트에서 사용하기 위해 미리 정상, 비정상의 ECG신호를 컴퓨터에서 센서노드로 시리얼 통신방식으로 전송함으로서 컴퓨터가 ECG발생기의 역할을 하도록 하였다. 무선센서노드로 전송된 ECG데이터는 센서노드에 구현된 ECG 정상·유무 검출기를 통해 데이터 전송 유무를 판단하게 되며 비정상 징후일 때 데이터를 싱크노드로 전송하게 된다. 이때 전송 프로토콜은 IEEE 802.15.4 통신 프로토콜을 이용하여 이용하였다.

III. 실험 및 결과

ECG 정상·비정상 검출을 위한 무선센서노드 어플리케이션은 무선 센서노드의 제약으로 인해 고전적인 실시간 QRS검출 알고리즘을 이용하였다. 현재 많이 ECG 분석에 많이 이용되고 있는 웨이블릿 계수, 퍼지이론 등은 높은 하드웨어 플랫폼, 많은 소프웨어 연산을 요구하며, 이는 제한적 리소스를 가진 센서노드에 적합하지 않다. 본 연구에서는 Pan&Tompkins[5] 알고리즘 기반의 실시간 정상 유무 검출기를 구현하였다. 먼저 QRS 검출 이전에 필요한 전처리를 수행하였다. 이는 ECG계측과정에서 발생되는 여러 잡음을 줄이기 위해 필요하며 저역 및 고역통과필터를 직렬로 연결하여 잡을을 제거 하였다. 그리고 차분기를 이용하여 신호의 기울기 경사를 강조하였으며, 신호의 절대값을 취한 후 QRS를 검출하기 위해 이동창 적분기를 사용하였다. 적분기창을 이용하여 R피크 25%의 값을 QRS의 시점과 종점을 찾기 위해 문턱치로 설정하였다. R파의 좌우 데이터들에서 기울기의 크기가 문턱치보다 작거나 같은 지점이 적어도 세 개가 연속적으로 발생되면 그 위치를 R파의 좌측에서는 QRS의 시점 그리고 R파의 우측에서는 QRS의 종점으로 판단하였다.[6]

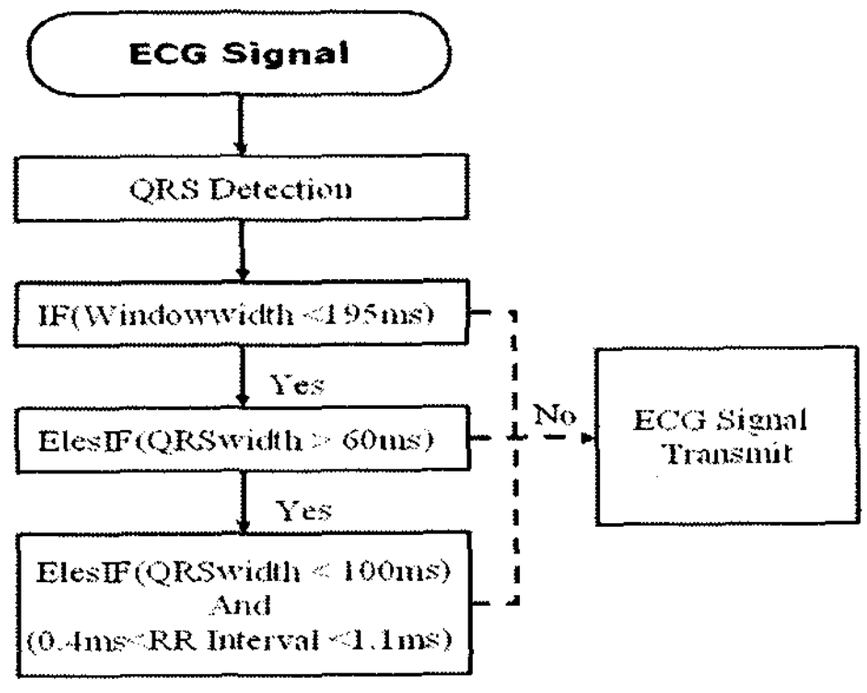

그림 2. 센서노드에 구현된 ECG의 이상 징후 검출 플로차트

RR 간격은 현재 검출된 R파와 이전에 검출된 R파 사이의 간격이다. 현재 검출된 QRS가 정상이면 이전에 검출된 QRS의 정상 여부에 상관없이 해당 R-R 을 정상 RR간격으로 간주하였으며, 현재 검출된 QRS 간격이 비정상적이면 이전에 검출된 QRS의 정상 여부에 상관없이 해당 R-R 간

격을 비정상 RR간격으로 간주하였으며 30초간 ECG데이터를 전송하게 하였다. 그림 2는 ECG에서의 이상 징후를 감지하기 위한 프로차트를 보여주고 있다.

센서노드에서 사용되는 운영체제는 UC 버클리 대학에서 개발되어진 TinyOS를 이용하였다. 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.

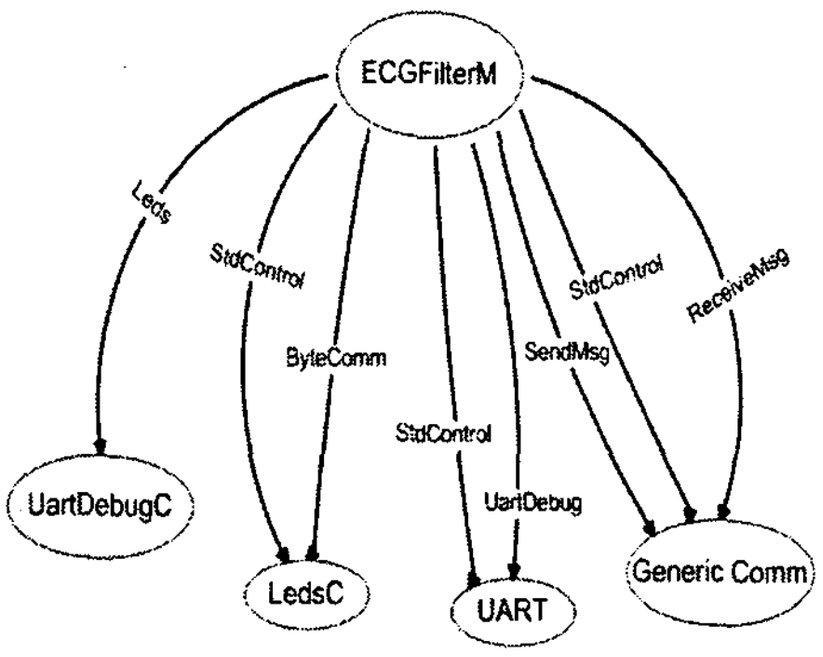

그림 3. 기능성 센서노드의 소스트리

그림 3은 TinyOS 기반의 어플리케이션의 소스트리로서 QRS를 검출 하기위한 전처리 과정 및 이상징후 ECG를 검출 하기위한 일련을 과정을 센서노드에 구현하였다. 최상위 컴포넌트인 ECGfilterM는 실시간 QRS를 검출하기 위한 전처리과정과 정상적인 QRS를 검출하기 위한 함수들이 NesC로 구현되어 있다. UART 컴포넌트는 실험을 위한 ECG데이터를 컴퓨터로부터 전송 받고 Generic Comm 컴포넌트는 ECGFilterM에서 분류되어진 이상 징후의 ECG 데이터를 RF로 전송하는 역할을 한다.

무선 센서노드에서 실시간 QRS검출기을 위한 전처리 과정을 확인하기 위해 각각의 단계별로 처리 이후의 데이터를 확인 하였다. 그림 8은 무선 센서노드에서 구현된 각 단계 실시간 QRS 검출 처리과정을 그래프로 보여고 있으며 단계별 처리과정에 나타나는 파형의 특징을 잘 보여 주고 있다. 그림 4에서 직렬로 연결된 2차 로우/하이패스필터를 통과함으로써 ECG신호에서의 잡음이 제거 되었으며 차분기를 통과시킨 후 기울기의 경사값이 강조되었다. 그 후 이동 창 적분기를 통과 이전에 기울기값을 제곱하여 절대값을 취하였으며, 최종 이동 창 적분기에서 문턱값을 설정하여 QRS를 검출한 것을 보여 주고 있다.

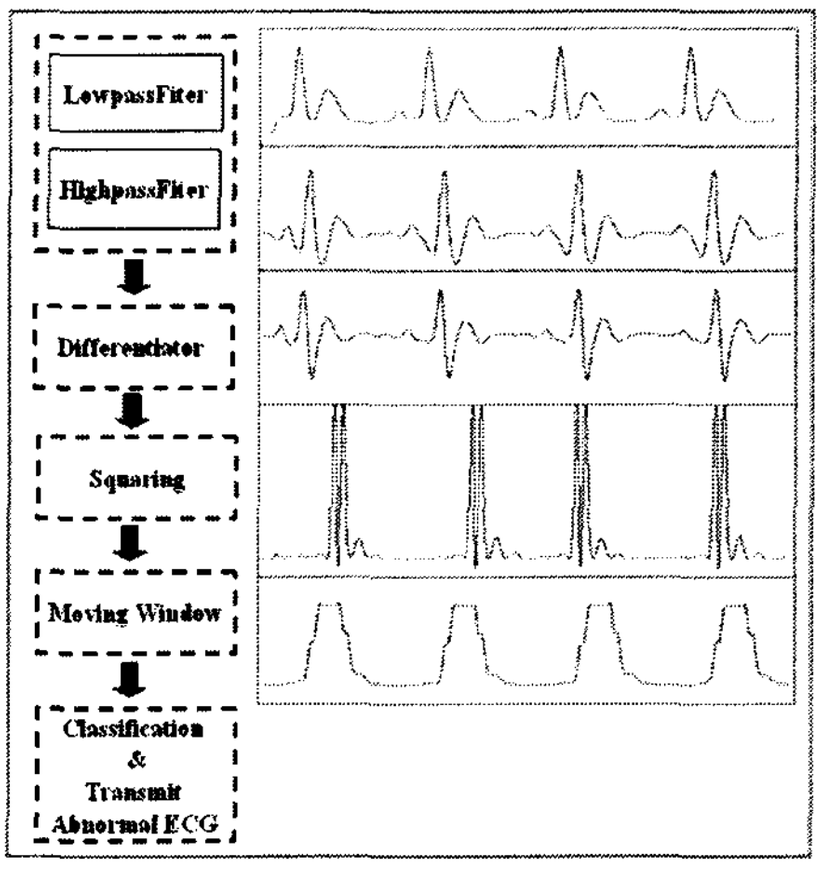

그림 4. 센서노드에서의 단계별 결과

본 연구에서 제안된 무선 센서네트워크에서의 패킷양은 센서노드에 구현된 정상적 QRS검출 능력에 의존이다. 정확한 정상적인 QRS에 대한 분류는 무선 센서네트워크에서 보다 적은 패킷을 발생시키기 때문이다.

표 1. 각각 레코드에 따른 패킷 발생량 비교 및 QRS 검출율 비교

ECG Record No.	MIT/HIB DataBase	Normal QRS	Abnormal QRS	Total receiving packet/ Sending packet (for 30sec)
100	2273/0	2272	0	32500 / 1580
112	2537/0	2537	0	32500 / 0
119	1540/444	1540	444	32500 / 27750

표 1은 MIT/BIH 데이터베이스에서 100 레코드, 113 레코드, 119 레코드를 이용하여 실험한 결과이다. 기본적으로 100, 112 레코드는 정상적인 QRS를 가지고 있으며 119번 레코드는 심실조기수축이 발생하는 ECG를 가지고 있다. 센서노드는 각각 100번 레코드에서 2270번, 112번 레코드에서 2537번, 119번 레코드에서 1540번의 정상 QRS를 검출하였으며 119번 레코드에서 444번의 비정상 QRS를 검출하였다. 112번 레코드는 비정상정인 ECG를 가지고 있으나 QRS 검출에서는 검출 되지 않았다. 실험에서 MIT/BIH 데이터를 비교결과 100%의 QRS검출 결과를 얻을 수 였었다.

또한 데이터 전송에 있어서 제안된 방법을 적용

하지 않은 센서노드의 경우 실험 레코드에서 각각 32500개의 패킷이 발생하며 본 연구에서 제안된 센서노드를 활용하여 3개의 레코드로 실험 결과 각각 1580, 0, 22750개의 패킷이 발생하였다. 100번 레코드 경우 96%, 119번 경우 30%의 패킷 발생 감소를 가지게 되었다.

내부 전압 컴포넌트를 이용하여 전송하기 전 전압과 전송완료 이후의 전압차를 비교해 보았다. 처음 100번 레코드의 데이터를 제안되지 않은 센서노드를 이용하여 전송하였을 때 계측된 최초 전압과 마지막 전압을 측정 후 제안된 방법의 센서 노드를 활용하였을 경우와 비교한 결과를 표 2에 나타내었다.

표 2. 전체 전원 및 각 레코드의 전원소모량 비교

ECG Record No.	Battery voltage (First / End)
Sending all No. 100 recode data	2.8645 / 2.8344
100	2.7854 / 2.7648
119	2.7795 / 2.7502

패킷이 발생된 100번 레코드와 119번 레코드를 이용하여 전압 계측 결과 각각 0.0206(V), 0.0293(v)가 소모된 것을 알 수 있다. 이는 제안되지 않은 센서노드에서 소모된 0.0301(V)보다 적을 것으로 제안된 방법의 센서노드는 전력소모를 줄일 수 있는 것을 확인 할 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 u-헬스케어에서 비정상적인 QRS를 검출 할 수 있는 센서노드를 사용하는 방법을 제시하였으며 센서노드를 구현, 이를 활용하여 무선 센서네트워크에서 패킷수와 전력 소모를 줄일 수 있는 것을 확인 할 수 있었다. 정상적인 QRS가 포함된 100번 레코드 경우 패킷 발생량, 그에 따른 전력 소모가 각각 98%, 32%가 줄어든 것을 알 수 있다. 비록 본 실험은 2개의 노드를 이용하여 실험을 하였으나 u-헬스케어를 위한 무선 센서네트워크의 전체 패킷 발생량을 생각 해 볼 때 획기적으로 패킷 발생량이 줄어든 것이다.

무선센서노드에서 정상적인 QRS 검출뿐만 서버와 같은 세부 파라미터를 이용한다면 더욱 정확한 검출이 가능할 것이다. 이는 112번 레코드에서 보듯이 다른 ECG파라미터를 분석하지 못함으로 무선센서노드에서 정상적인 QRS라고 판단하게 되었다. 이를 극복하기 위해 센서노드에서 보다 많은 ECG파라미터를 사용한다면 정확한 검출로 인해 u-헬스케어를 위한 무선 센서네트워크의 전체 패킷 발생량 및 센서노드의 전원 소모를 줄일 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] Marculescuetal., "Ready to Wear", IEEE Spectrum. Vol. 40, No.10, pp.28-32., Oct.2003.

[2] A. F. Cardenas, R. K. Pon and Robert B. Cameron, "Management of Streaming Body Sensor Data for Medical Information Systems," in Proc. METMBS 2003, , pp.186-91., 2003.

[3] B. G. Cellar, N. H. Lovell and J. Basilakis, "Using information technology to improve the management of chronic disease." Med. J. of Australia ,Vol. 179, No5 pp.242-246., 2003.

[4] N. Maglaveras, I. Lekka et al., "Congestive Heart Failure Management in a Home-Care System through the CHS Contact Center," IEEE Computers in Cardiology 2003, vol. 30, pp.189-192., 2003

[5] 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

[6] P. S. Hamilton and E. P. Limited, Open Source ECG Analysis Software Document, 2002