

논문 2010-4-3

스마트폰 기반 ECG 센서를 이용한 BAN 시스템의 설계 및 구현

Design and Implementation of BAN System using ECG Sensor based on Smartphone

이민기*, 김규호**, 이기영***

Min-Ki Lee*, Kyu-Ho Kim**, Ki-Young Lee***

요 약 최근 언제 어디서나 다양한 서비스를 제공받을 수 있는 유비쿼터스 환경이 많은 분야에서 개발되고 있으며 u-Healthcare의 관심이 급속도로 증가하고 있다. 본 논문에서는 기존의 유비쿼터스 센서네트워크 환경에서 ECG 센서와 Zigbee 통신모듈로 BAN(Body Area Network)를 이용하여 사용자의 생체신호를 측정하였다, 측정된 생체신호를 3G(WCDMA) 통신을 이용하여 전문가나 의사가 모니터링 할 수 있는 시스템을 구현하였다. 또한, 환자에게 응급상황 발생시 스마트폰의 GPS모듈을 이용한 위치 검색까지 설계하였다. 센서 모듈간 데이터 필드를 정의하고 설계된 시스템 구조를 기반으로, 최근 스마트폰 중에 각광받고 있는 iPhone 플랫폼에서 구현하였다.

Abstract As the services of ubiquitous environment has become accessible everywhere, it has been developed in various fields. Additionally interests in the u-Healthcare has sharply increased. In this paper, the BAN (Body Area Network) has been applied through ECG sensor and Zigbee communication of the existing ubiquitous sensor network environment to measure one's vital signs. The measured vital signs were then implemented in a system that enabled doctors and specialists to monitor by using 3G(WCDMA) communication. Furthermore, a location search device has been designed using the Smartphone's GPS modules to locate patients in the case of an emergency. The data field definition and designed system was based on the Smartphone's iPhone platform which has been in the spotlight for the previous months.

Key Words : ECG, Zigbee, u-Healthcare

1. 서론

최근 스마트폰의 수요량이 증가함에 따라 스마트폰을 이용한 사용자의 위치와 상태는 u-Healthcare에서의 상호정보를 주고받는 통신망의 구축을 위해서도 필요하며, 사용자의 위치를 확인하는 서비스가 중요하다.

세계적으로 건강의 관심이 매우 높아지고 u-Healthcare에서의 다양한 분야에서의 관련 기술들의 연구와 제품들이 개발이 되고 있다.

u-Healthcare의 목적인 언제 어디서나 자신의 건강관리를 이용하기 위해서는 사용자의 위치와 사용자의 생체신호가 매우 중요하며, 유비쿼터스 사회의 필요 요소이다^[1].

스마트폰은 이동통신 기반으로 요즘 가장 많이 사용되고 있는 휴대용 디바이스이다. 이동성이 용이하고 전국적으로 누구에게나 서비스를 제공할 수 있으며, 통신 인프라 구축이 잘되어 있다. 따라서 스마트폰을 이용한

*준회원, 을지대학교 의료IT마케팅학과

**정회원, 을지대학교 의료IT마케팅학과

***중신회원, 을지대학교 의료IT마케팅학과(교신저자)

접수일자 2010.4.29, 수정일자 2010.7.19

계재확정일자 2010.8.13

u-Healthcare 시스템 구현에 가장 좋은 환경이다.

사용자의 생체신호는 USN 센서 중 심전도를 체크할 수 있는 소형 ECG 장치의 신호를 이용하며, 스마트폰 플랫폼에서의 센서와의 통신을 위해 저전력 소모와 저비용의 Zigbee센서 모듈을 이용하여 BAN을 구축한다^[2].

현재 아산 병원에서 환자에 대한 실시간 위치 추적 및 실시간 현황 파악 시스템을 적용하여 환자를 실시간 모니터링하고 있다.

본 논문은 스마트폰 플랫폼에서 언제 어디서나 시간과 장소에 구애받지 않고 환자의 건강상태를 모니터링하여 위급 상황시 GPS를 이용한 환자 위치파악으로 신속한 대처를 위하는데 있다.

평균 수명의 연장에 따른 삶의 질 향상과 건강에 대한 관심의 증대에도 원인이 있다. 현재 우리나라가 고령화 사회로 변함에 따라 홀로 사는 노인들에 대한 건강관리에도 관심이 높아지고 있다.

3G(WCDMA)를 이용하여 통신하게 함으로써 의료전문가들이 환자들의 생체신호를 전국 어디서나 실시간으로 모니터링할 수 있도록 구현하였다.

본 논문의 나머지는 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 본 논문에서 사용되는 ECG센서와 Zigbee모듈, 스마트폰에 대한 연구를 보여준다. 3장에서는 제안된 시스템을 설계하고 데이터 패킷 전송 알고리즘을 제시한다. 4장에서는 제안된 방법과 이전의 방법에 대한 비교를 통해 평가를 하였다. 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 발전 방향에 대해 기술하였다.

II. 관련 연구

1. ECG 센서의 심전도 인터페이스

ECG 센서는 생체신호를 받아 3극점의 전위차로 심전도를 측정한다. 그림 1과 같이 고입력 저항을 갖는 차동 증폭기, 노치필터, 저역통과필터, 가변이득증폭기 및 고역통과 필터의 순으로 심전도 인터페이스가 구성되어 있다^[3].

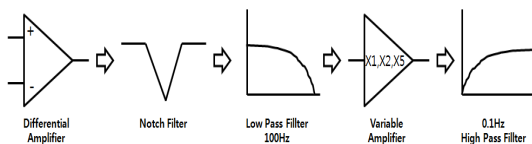


그림 1. ECG 센서 인터페이스
Fig. 1. ECG Sensor Interface

차동증폭기는 두 입력 신호의 전압차를 증폭하는 회로이며, 생체신호를 증폭시켜 값을 전달한다.

60Hz 노치필터는 교류잡음을 차단하며, 차단 주파수를 0.1Hz인 고역통과 필터와 차단주파수를 100Hz인 저역통과 필터로 0.1~100Hz 주파수 대역폭이 되게 한다. 저역통과필터는 고주파 잡음 신호를 걸러내어 저주파의 불필요한 신호만을 골라내며, 고역통과필터는 매칭 구조 등에서 저주파 발진을 최소화하기 위해서 사용한다.

무선 인프라 애플리케이션에 적합화 된 가변이득증폭기는 수신기의 감도 및 블로커의 잡음 면역도를 개선한다^{[3][4]}.

2. 센서모듈 간 통신 데이터 필드

다양한 센서에 대한 여러 요구들을 수용하기엔 한계가 있어 사용하는 목적에 따라 메시지 포맷을 정해서 사용해야한다.

IEEE 802.15.4 는 MAC계층까지만 지원이 되므로 각자의 어플리케이션에 따라 메시지 포맷을 만들어 구현하게 된다. Zigbee 센서는 ECG 센서의 신호를 받아 통신하며 데이터 필드는 그림 2와 같은 데이터 필드로 구성하였다^[5].

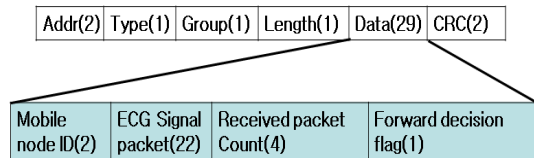


그림 2. 데이터 필드 구조
Fig. 2. Data Field Structure

Zigbee센서는 ECG센서의 신호를 받아 통신하며 데이터 필드는 Mobile node ID, ECG Signal packet, Received packet Count, Forward decision flag 데이터 필드로 구성하였다. Mobile node ID 필드에서는 스마트폰의 식별자 값을 가지게 된다. ECG Signal packet 필드에서는 ECG센서로부터의 생체신호를 데이터화 하여 패킷 단위로 전송하게 되며, Received packet Count 필드에서는 일정주기로 필드의 값을 하나씩 증가시켜 어느 시간에 어떠한 생체신호를 받았는지 구분하는 필드이다. Forward decision flag 필드는 서로 노드 간을 구분하는 필드이다.

3. 스마트폰 센서모듈 탑재 방법

스마트폰에서 센서의 탑재가 가장 용이한 iPhone 하단의 Pinout line은 30개의 Pin으로 구성되어 있으며, Zigbee센서를 부착하기 위해서는 Pinout line의 Pin배열의 5개의 Pin과 연결이 필요하다. 15'Pin Connector와 16'Pin Connector는 iPhone의 본체 기판을 연결해주는 핀으로 센서로 인한 iPhone의 동작을 하기위한 연결이며, 18'Pin Connector는 3.3v 전력을 Zigbee 센서로 지속적으로 주게 되며, 스마트폰 파워컨트롤 알고리즘을 이용하여 전력 사용을 효율적으로 한다. 25'Pin Connector에서 스마트폰의 데이터 전송로를 열어주며, 27'Pin Connector에서는 센서 노드에서의 데이터 값이 iPhone으로 들어오게 된다^[6].

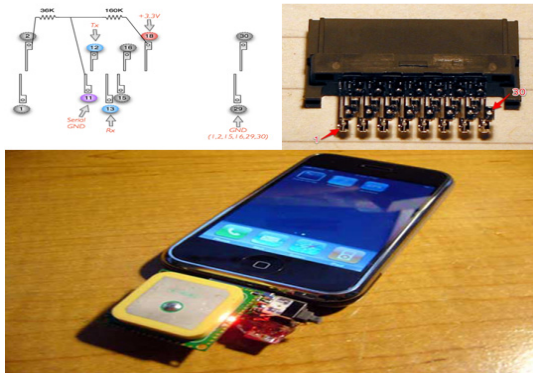


그림 3. 하드웨어 구성
Fig. 3. Hardware Configuration

그림 3과 같이 Connector 연결부 하단에 각각의 line을 연결한다. 필요한 15'Pin, 18'Pin, 25'Pin, 26'Pin Connector를 Zigbee 센서에 각각 연결하며, 16'Pin, 25'Pin, 26'Pin Connector는 ECG 센서에 연결하여 동작시킨다^[7].

4. Zigbee 센서 구성

스마트폰에 탑재하기 위해 사용된 Zigbee module은 XBow사의 MICAz를 선정하였다. MICAz는 IEEE 802.15.4 규격의 250kbps의 높은 데이터 전송량을 가지는 근거리 무선통신 센서이다. ZigBee chip으로는 CC2420을 사용하고 8bit 16MHz 마이크로컨트롤러인 Atmega128L을 사용한다. Atmega128L은 내부 128kByte의 플래쉬 메모리를 가지고 있어 센서노드에서 데이터필

드를 받아 처리하기에 용이하다^[8].

III. 시스템 설계 및 구현

1. 시스템 설계

전체 시스템의 구성은 그림 4와 같이 ECG 센서를 이용한 환자의 생체신호를 받아 스마트폰의 Zigbee 모듈에서 수신한다. 데이터는 스마트폰의 3G(WCDMA) 통신을 이용하여 ECG 패킷을 TCP/IP 기반 통신으로 송신한다. 수신된 데이터는 스마트폰의 3G(WCDMA)통신을 이용하여 휴대폰 전화 기지국에 무선으로 ECG 패킷을 TCP/IP 기반 통신으로 송신한다. 기지국에서는 인터넷 유선망으로 원격지에 있는 모니터링 서버 PC로 ECG 패킷을 전송하게 되고, 모니터링 서버에서 ECG 신호를 확인할 수 있다.

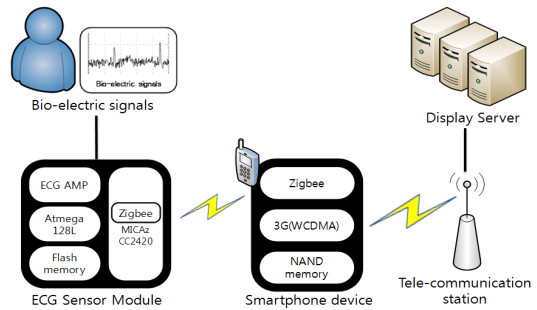


그림 4. 데이터 이동 경로
Fig. 4. Data Transfer Path

2. 시스템 구조

ECG 센서의 생체신호를 입력 받아 차등증폭기, 노치 필터, 저역통과필터, 가변이득증폭기 및 고역통과 필터의 순으로 거쳐 출력받은 ECG패킷을 Zigbee통신 모듈로 iPhone에 송신한다. iPhone상에 송신받은 ECG패킷의 Amplitude그래프를 디스플레이 해주며, ECG패킷은 압축되어 iPhone 내부의 NAND 플래쉬 메모리로 저장한다. 저장된 ECG패킷은 iPhone의 3G(WCDMA)통신모듈로 보내져 네트워크와 통신하도록 그림 5와 같이 설계하였다.

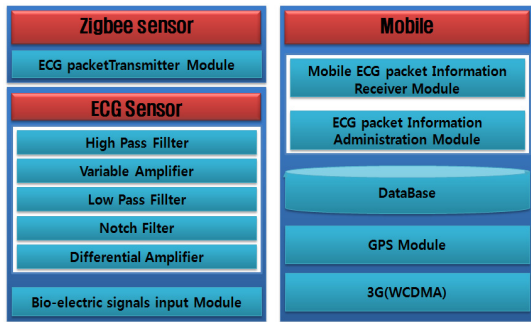


그림 5. 시스템 구조도
Fig. 5. System Architecture

3. 시스템 구현

센서의 노드들의 사이의 통신을 위해 무선센서 네트워크에 적합한 초소형의 운영체제 TinyOS를 사용하였으며, 센서 샘플링, 수신 데이터를 패킷으로 만드는 과정, 전송하는 과정 등의 기능을 한다. 최근 스마트폰 중 각광 받고 있는 iPhone 플랫폼에서의 iPhone SDK로 구현하였다. 구현은 데이터 처리 결과 및 네트워크 통신결과로 나누어진다.

먼저 소프트웨어 흐름도를 보면 그림 6과 같이 ECG 패킷을 전송받아 에러를 체크하고 에러가 발생시 바로 다음 ECG패킷을 받게 된다. ECG패킷은 관련연구에서의 데이터 패킷 구성을 따라 count 값을 가지며, 큐에 들어가게 된다.

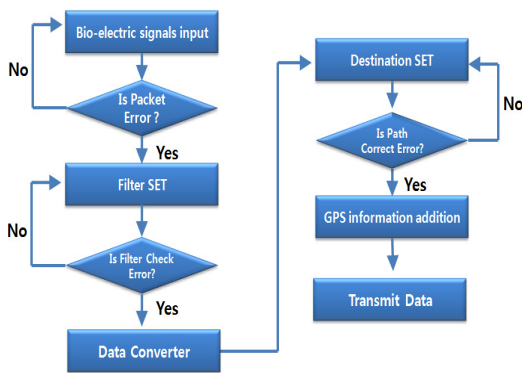


그림 6. 시스템 흐름도
Fig. 6. System Flow Chart

에러가 발생하지 패킷은 소프트웨어 내부 필터를 거치게 되며 데이터를 3G(WCDMA) 형식의 전송 패킷으로 변환 시켜준다. 그리고 변환된 패킷은 각각의 패킷마

다 스마트폰의 GPS모듈을 이용하여, 경도 및 위도의 값을 패킷에 추가하게 된다.

데이터 전송을 위한 iPhone SDK의 CFNetwork 프레임워크는 iPhone과 컴퓨터 사이에 데이터를 보낼 수 있는 봉주르 제로 컴피규레이션 네트워킹(Bonjour zero-configuration networking)을 제공한다. 봉주르 제로 컴피규레이션 네트워킹은 두 시스템을 연결하여 데이터 전송을 할 수 있도록 하며, GET 방식과 POST방식을 위한 동기화 및 비동기 요청을 처리하는데 필요한 클래스인 NSURLConnection를 사용하여 그림 7과 같이 구현하였다.

```
// url 문자열을 이용하여 HTTP로 서버에 접속
- (BOOL)requestUrl:(NSString *)url {
// URL 접속 초기화
NSMutableURLRequest *request = [NSMutableURLRequest requestWithURL:
[NSURL URLWithString:url]
cachePolicy:NSURLRequestUseProtocolCachePolicy
timeoutInterval:10.0];
// GET 방식
[request setHTTPMethod:@"GET"];
// POST 방식
NSURLConnection *connection
= [[NSURLConnection alloc] initWithRequest:request delegate:self];
if (connection) {
self.transmit Data = [[NSMutableData data] retain]; // 송신할 데이터 전송확인
return YES;
}
return NO;
}
```

그림 7. 데이터 전송 알고리즘
Fig. 7. Data Transmission Algorithm

서버에 전송받은 ECG패킷을 ECG 시뮬레이터로 실행하여 본 결과 그림 8과 같이 데이터는 정상적으로 동작하였으며, 스마트폰 내부 애플리케이션 동작도 원활하게 동작하였다. 또한 시간적으로도 모니터링 할 수 있도록 구현하였다.

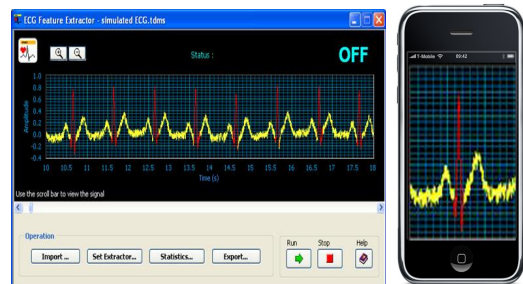


그림 8. ECG 시뮬레이터
Fig. 8. ECG Simulator

IV. 성능 평가

본 논문에서 제시한 기존 시스템과 다른 3G(WCDMA)를 이용한 데이터 전송의 손실률을 테스트 하였다. 스마트 폰은 iPhone 3GS를 이용하였으며, OS는 Linux, 3G(WCDMA) 통신 테스트를 총 20회간 전송하여 데이터 전송 패킷 손실률을 측정하였다. 그 결과는 그림 9와 같이 1회 0.5, 5회 0.4, 10회 0.3, 15회 0.3, 20회 0.4의 손실률을 보였으며, 평균적으로 3.7%의 낮은 손실률을 보였다.

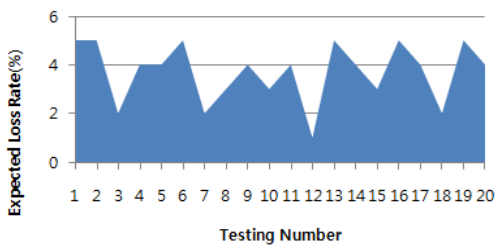


그림 9. 3G 통신모듈 시스템 평가
Fig. 9. 3G Communication Module System Test

ECG 센서에서의 생체 신호를 전송하는 과정에 관한 테스트를 실행하였으며, 생체신호의 전송과정에서의 패킷의 손실률을 테스트하였다.

Zigbee 모듈간의 패킷 전송 정확도를 위한 테스트로 ECG 센서는 성능이 좋은 ECG-BTA와 스마트폰은 iPhone 3GS 모델을 이용하여 총 20회 실험, 매 실험마다 100개의 데이터로 2m 안에서 테스트 하였다.

그림 10과 같이 기존 시스템에서보다 정확도가 5.83% 향상하여 93.5%라는 높은 정확도를 보였다.

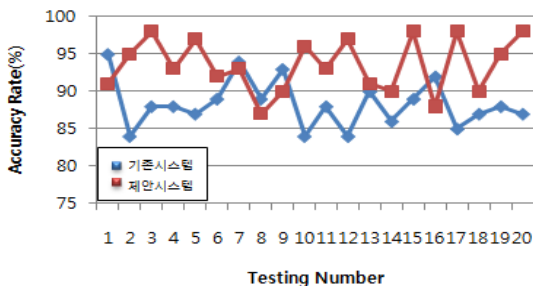


그림 10. Zigbee 모듈간 시스템 평가
Fig. 10. Zigbee modules System Test

기존에는 RFID를 이용한 병원내의 실시간 위치 추적 및 실시간 현황 파악 시스템을 적용하여 환자를 실시간 모니터링하고 있다. 하지만 위치적으로 병원내부에서만 사용되기 때문에 외부에서 사용하기가 힘들며, 사용자가 한정되어 누구나 사용하기에 불편하다. 또한 RFID 네트워크는 건물내부에서 장애물이나 방해전파로 인해 정확도가 매우 떨어진다. 하지만 최근 기존 모바일보다 성능이 매우 뛰어난 스마트폰에서의 u-Healthcare를 BAN으로 구축하여 보다 빠른 서비스를 받을 수 있도록 하였다. BAN의 구축으로 정보의 손실이 거의 없으며, 3G(WCDMA)를 통한 서버와의 연결과 GPS를 통한 사용자의 위치까지 보낼 수 있도록 설계되었다.

V. 결론

건강의 척도로 가장 중요한 심전도를 ECG센서로 측정하였고, 기존의 시스템에서 한정되었던 u-Healthcare를 성능이 좋은 스마트폰을 이용하여 유비쿼터스 센서네트워크의 활용과 센서들의 연결로 누구나 사용할 수 있도록 구현하였다.

긴급 상황 시 신속한 대처를 위해 사용자의 위치추적으로 시스템의 다양성과 성능을 향상 시켰다. 또한 Zigbee 통신의 장점과 언제 어디에서나 데이터 통신이 가능한 3G(WCDMA) 통신의 장점을 결합하여 시스템을 설계하고 구현하였다.

향후 4G(4세대 이동통신)을 이용한 더욱 빠른 서비스를 위한 연구가 필요하며, 다양한 유비쿼터스 센서를 이용하여 BAN을 구축하는데 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Joon Won Lee, "Ubiquitous Healthcare System Architecture in USN Environments", 한국정보기술학회, 한국정보기술학회논문지, 제7권 제3호, 15~155쪽, 2009년.
- [2] Cirronet, "ZigBee Wireless Transceiver Engineering Options", Cirronet, Inc., pp.1~8, 2005
- [3] 박용기, "생체자기신호 측정 및 분석기술개발에 관한 연구", 한국표준과학연구원, 93~121쪽, 2007년.

- [4] 이대석, 도경훈, 이훈재, “고신뢰도 기능성 무선 센서노드를 이용한 Ad-hoc기반의 ECG모니터링”, 한국해양정보통신학회, 한국해양정보통신학회논문지, 제13권 제6호, 1215~1221쪽, 2009년.
- [5] 박승민, “센서 네트워크 노드 플랫폼 및 운영체제 기술 동향”, 임베디드S/W플랫폼연구그룹, 전자통신동향분석, 제21권 제1호, 13~24쪽, 2006년.
- [6] <http://www.allpinouts.org>
- [7] Nor Syahidatul Nadiah Ismail, “TRG Wireless ECG Sensor for Medical Healthcare Application”, Telematic Research Group (TRG), 2008 Student Conference on Research and Development, pp.26~27, 2008.
- [8] Mikhled Alfaouri, “ECG Signal Denoising By Wavelet Transform Thresholding”, 2008 Science Publications, American Journal of Applied Sciences, vol. 5, no.3, pp.276~281, 2008.

저자 소개

이 민 기(준회원)



- 2008년~현재 을지대학교 의료IT마케팅전공 학생
- <주관심분야 : u-Healthcare, 유비쿼터스, 패턴인식 등>

이 기 영(종신회원) : 교신저자



- 제 9 권 3호 참조
- 2009년~현재 한국인터넷방송통신학회 이사
- 1991년~현재 을지대학교 의료IT마케팅학과 부교수
- <주관심분야 : u-Healthcare, 공간 데이터베이스, GIS, LBS, USN, 텔레매틱스 등>

김 규 호(정회원)



- 제 9 권 3호 참조
- 1992년~현재 : 을지대학교 의료IT마케팅학과 부교수
- 2007년~현재 을지대학교 RIC(지역혁신센터) 부소장
- <주관심분야 : u-Healthcare, 유비쿼터스, USN 등>