
Zigbee를 이용한 휴대형 헬스케어 시스템 구현에 관한 연구

강성인* · 김관형*

A Study on the Implementation of a Portable Healthcare System using Zigbee

Sung-In Kang* · Gwan-Hyung Kim*

요 약

헬스케어는 정보통신기술을 활용하여 원거리에서 대상자들의 건강상태에 대한 모니터링과 홈 기반의 보건의료 서비스를 제공하는 것이라 할 수 있다. 따라서 헬스케어 서비스는 응급상황 대처를 위한 경보서비스와, 진료자 및 가족에게 대상자와 맥내 환경을 모니터링 할 수 있는 원격지원서비스로 분류할 수 있다. 여기서, 일반적인 유선 기반의 고정형 생체 계측 시스템에서는 두 가지 서비스를 위해서, 실시간으로 높은 신뢰성을 갖는 데이터를 전송하는데 한계가 있다. 그러므로 대상자가 공간적으로 구속을 받지 않고 자유롭게 이동하면서 생체신호 계측 및 응급경보가 가능하도록, 무선 네트워크 환경에서 구현되는 휴대용 헬스케어 시스템을 구현하고자 한다.

ABSTRACT

Recently there are some trends to construct smart home system infrastructure depending upon the development of Information and Communication Technology. Also requirements of the Ubiquitous Healthcare Systems at home which can monitor the status of health continuously are increased rapidly comparing with hospitals. Healthcare service can be divided into two categories. The first one is Alarm Service that can be used for the emergency status and the other one is Remote Support Service which can monitor the patient including home environments and give those diagnosis information to medical office or to his family. Generally wired networks and fixed healthcare measuring system have some limits to transmit reliable realtime based information for both categories described above comparing with portable monitoring system. Getting over the inefficiency we will design and implement portable healthcare system under the wireless Zigbee network environments.

키워드

헬스케어, Zigbee, 센서네트워크, 생체 신호 계측, PPG 센서

I. 서 론

우리나라는 2018년 고령사회(전체인구 중 노인인구 비율 14%), 2026년 초 고령사회(20%)진입이 예상되며, 급속한 고령화로 인한 합병증 및 유병률 증가로 사회적

인 의료 복지비용은 증가하고 있는 추세이며 비용절감을 위해서는 치료보다 예방을 강조하고 있다. 따라서 질병의 예방과 조기 진단, 그리고 건강 유지를 위한 장기적이고 체계적인 준비가 필요하다[1][2].

최근에는 정보통신 기술의 발전과 다양한 센싱기술

의 발전에 따라서 실내 환경변화를 인지하고 그에 맞는 적절한 반응을 보이는 스마트 홈을 구축할 수 있는 기반 구조가 마련되고 있다. 이러한 흐름에 맞추어 스마트 홈 뿐만 아니라 병원이 아닌 실내에서 지속적으로 건강상태를 모니터링 하는 유비쿼터스 헬스케어의 방향으로 발전하고 있다. 특히 집중적인 간호와 보호가 필요한 고령자들이 대상이 되는 헬스케어 서비스에서는 응급상황에 대한 신속한 대처를 위해서 경보서비스가 제공되어야 한다. 이와 같은 헬스케어 서비스를 제공하기 위해서는, 대상자의 생체 신호를 측정, 전송하기 위한 센서 네트워크를 구성하여 고정형이 아닌 휴대 가능한 시스템으로 구현해야 할 것이다. 그리고 센서 네트워크 구성 시에는 제한된 전력 소스로 인해 장시간의 데이터를 일정한 범위 내에서 손실 없이 수집하기 위한 저전력의 센서와 통신모듈로 네트워크가 구성되어야 한다[3][4].

따라서, 본 논문에서는 휴대 가능하여 사용자가 이동 중에도 사용자의 건강상태 및 주위 환경에 대하여 모니터링이 가능하고, 언제 어디서나 응급 상황 시 응급 호출 및 경보가 가능하도록 저전력형인 Zigbee 기반의 무선 센서 네트워크 방식으로 휴대용 헬스케어 시스템을 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서는 무선 센서 네트워크 구현을 위한 Zigbee의 특징 및 네트워크 구조를 살펴보고, 3장에서는 휴대용 생체정보 단말기의 설계 방법을 제안한다. 그리고, 4장에서는 제안된 휴대형 헬스케어 시스템의 구현에 관한 내용으로 구성하였다. 마지막으로 5장의 결론에서는 제안된 시스템의 효율성과 향후과제를 제시한다.

II. Zigbee 기반의 무선센서 네트워크

Zigbee 프로토콜은 감시 및 제어용 어플리케이션을 위한 저가, 저전력의 근거리 무선 네트워크 프로토콜로 IEEE 802.15.4 규격은 PHY와 MAC을 정의하고 있으며, 그 위에 Zigbee Alliance가 제정하는 상위계층 프로토콜이 정의되고 있다. Zigbee 프로토콜을 지원하는 IEEE 802.15.4의 디바이스 타입은 모든 기능을 할 수 있는 FFD(Full Function Device)와 한정된 기능만 제공할 수 있는 RFD(Reduced Function Device)로 나눌 수 있다. 또한 네트워크 내의 논리적인 구분의 디바이스 타입으로 PAN

Coordinator, Router, End Device로 나눌 수 있다[5][6].

IEEE 802.15.4는 그림 1과 같이 Star형과 Mesh형, Cluster Tree형 네트워크 토폴로지를 제공한다. 홈 케어나 헬스케어 시스템에서는 star형을 일반적으로 사용하나, 휴대용 생체정보 측정단말기와 고정형인 환경 센서 모듈을 통합하는 네트워크 모델을 위해서 Cluster Tree형으로 구현한다. Cluster Tree형 네트워크는 하나의 PAN Coordinator와 다수의 Router, 그리고 Coordinator들에게 연결된 다수의 End Device로 구성된다[7].

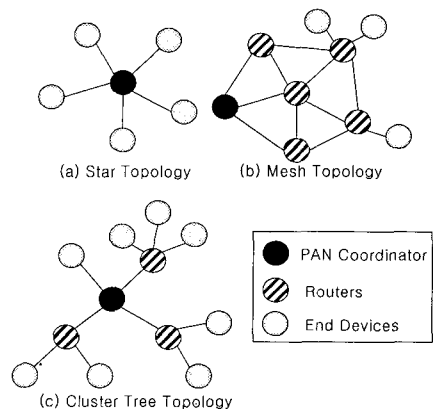


그림 1. 지그비 네트워크 토폴로지
Fig. 1. Zigbee network topology

III. 휴대용 생체정보 측정단말기의 설계

그림 2는 휴대용 생체정보 측정 시스템에서 측정된 센서 신호들이 모니터링 되는 전체 시스템의 구조를 보여준다.

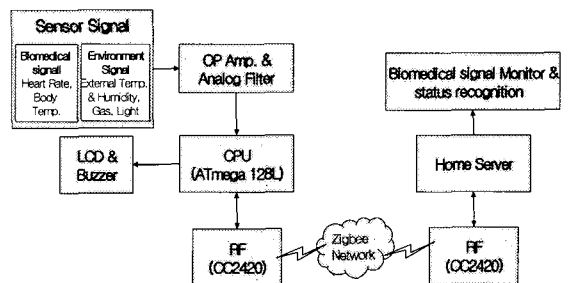


그림 2. 휴대용 생체정보 측정 시스템의 구조
Fig. 2. Architecture of Portable Bio-meter System

저전력형 마이크로프로세서인 ATmega128L에 한국 전자통신연구원(ETRI)에서 개발한 임베디드 OS인 Nano-Qplus 기반의 임베디드 시스템으로 구현하여 생체 신호인 맥파와 피부온도, 환경신호인 외부온도, 외부습도, 가스 잔류량, 조도 등을 측정할 수 있도록 하였다. Zigbee 방식으로 데이터를 전송하기 위해 CC2420 RF 칩(Chipcon Co. Ltd.)을 사용하였다. 또한 측정된 센서 신호는 Zigbee Network을 통해 Home Server로 전송되어지며 수신된 신호는 적응 필터를 사용하여 잡음을 제거하고 일정한 크기로 조절되어 실시간으로 모니터링 된다.

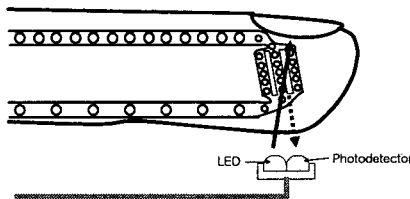


그림 3. 맥파 측정의 원리
Fig. 3. Principle of Measuring Pulse wave

그림 3은 적외선을 이용하여 손가락 부분에서의 맥파 측정을 나타내는 전형적인 단면도로서 광원으로부터 발광된 빛이 혈관을 포함한 생체조직에 반사되어 광센서로 검출되는 구조를 보여주고 있다[8][9]. 맥파 측정을 위해 반사형 포토인터럽트인 SG-105LF와 증폭기 LM324에 의해 추출된 신호는 CUP인 ATmega128L의 ADC에 의해서 디지털 값으로 변환된다. 피부온도 측정을 위해 온도센서로는 LM35DZ가 사용된다. 또한 사용자의 생체 정보와 함께 대내 여러 환경정보를 획득할 수 있도록 외부 온도센서LM61, 외부 습도센서 HS1011, 조도센서 A9060, 가스센서 NAP-55A 등이 사용된 환경 센서모듈을 구현한다.

IV. 실험 및 결과

본 논문의 실험에서는 그림 4와 같은 네트워크 형태를 구성하여 실험을 하였다. Zigbee 노드들과 통신을 통해 대내의 각 디바이스의 정보를 획득하고 이를 제어하는 Zigbee PAN Coordinator, 대내의 여러 환경정보를 획득하고 생체 정보 단말기의 정보들을 라우팅 해주는 Zigbee Router와 환경 센서모듈, 그리고 End Device인 사

용자가 착용한 생체 정보 측정 단말기로 구성되어진다. 구현된 시스템에서는 실험조건을 하나의 환경 센서모듈로 제한하였으나, 실제 대내에서는 이러한 라우터 기능이 가능한 고정형 환경 센서모듈이 여러 개 존재하여 완벽한 Cluster Tree형의 네트워크 토폴로지로 동작될 것이다.

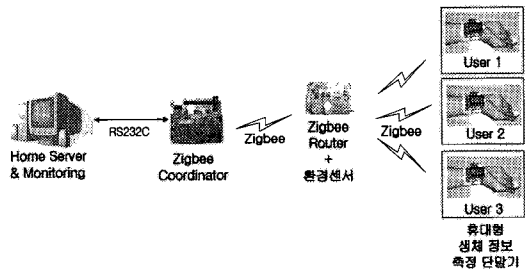


그림 4. 실험을 위한 전체 네트워크 구조
Fig. 4. Network configuration for the Experiments

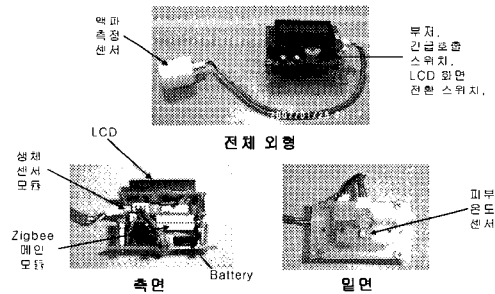


그림 5. 휴대용 생체정보 측정기
Fig. 5. Portable Bio-meter

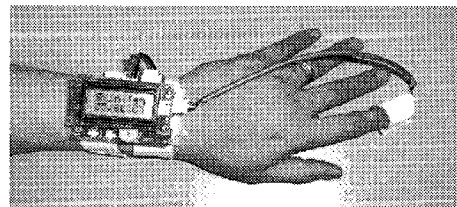


그림 6. 휴대용 생체정보 측정기의 착용사진
Fig. 6. Portable Bio-meter worn by User

그림 5와 그림 6은 제작된 휴대용 생체정보 측정단말기의 외형과 실제 착용 모습을 나타낸다. 단말기는 2층으로 Zigbee 메인모듈, 생체 센서모듈과 LCD, Battery로 구성되어 있다. 또한 긴급호출을 위한 버튼, 단말기에서

표시되는 여러 정보를 위한 LCD 화면 전환 버튼, 응급 상황 알람을 위한 부저 등으로 구성되어 있다.

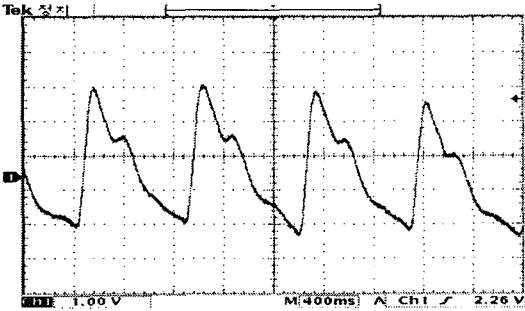


그림 7. 맥파신호의 오실로스코프 측정 결과
Fig. 7. Measured results of pulse wave using oscilloscope

그림 7은 증폭기와 아날로그 필터를 통한 맥파신호를 오실로스코프로 측정한 결과이다. 이와 같이 측정된 신호는 ATmega128의 ADC 채널 0번으로 A/D 변환 되어 Zigbee 무선 모듈에 의해 홈 서버로 전송된다. 피부온도도 ADC 채널 1번을 통하여 같은 방법으로 처리된다.

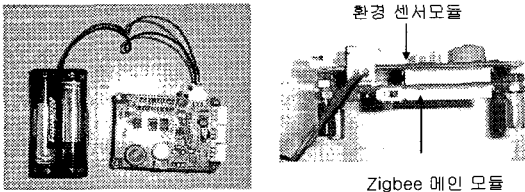


그림 8. 환경 센서모듈
Fig. 8. Environmental sensor module

그림 8은 구현된 라우터 기능을 갖는 환경 센서모듈이다. 환경 센서모듈은 맥대 고정형으로 측정된 온도, 습도, 가스, 조도 센서 값을 Pan Coordinator로 전송하고 또한 다수의 생체정보 측정단말기에서 전송된 정보를 Pan Coordinator 및 다른 라우터로 전송하는 라우터 기능을 갖는다.

홈 서버에서 모니터링 하는 프로그램은 사용자 인터페이스를 쉽게 구현할 수 있는 LabVIEW 7.0을 이용하였다. 시리얼 통신의 경우는 프로그램이 실행되는 동안 항상 전송이 가능하도록 설정하여 언제든지 데이터를 모니터링 할 수 있도록 하였다.

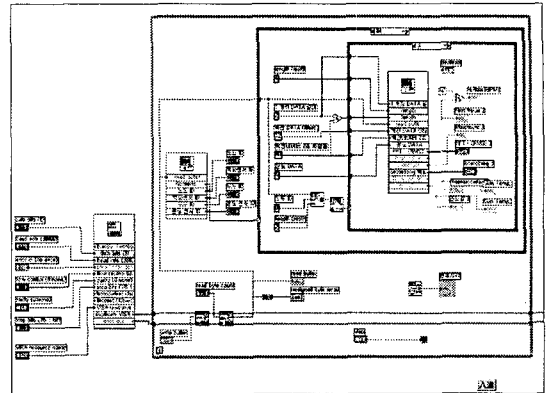


그림 9. LabVIEW의 시스템 디자인 블록다이아그램
Fig. 9. System design block-diagram of LabVIEW

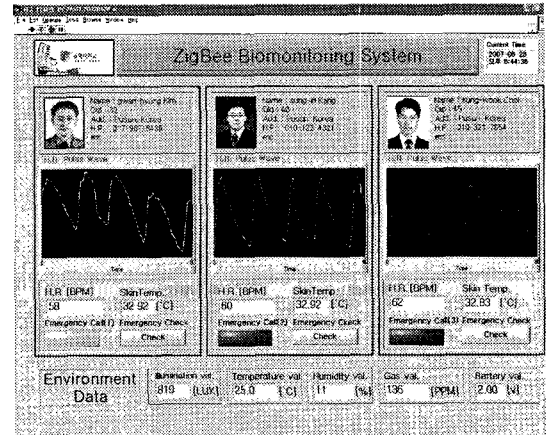


그림 10. 홈 서버에서의 모니터링 시스템
Fig. 10. Monitoring system of home server

그림 9에서 LabVIEW의 시스템 디자인 블록다이아그램 화면을 나타내었고, 그림 10에서 3명의 생체 정보와 1개의 환경 센서 모듈에서 전송되는 정보를 홈 서버를 통해 실시간 모니터링 하는 화면을 나타내었다. 3명의 휴대용 생체정보 측정단말기와 환경 센서 값들은 Pan Coordinator를 거쳐 홈 서버에 시리얼 통신을 통해 전송된다. Pan Coordinator에서 전송되어 온 데이터 중 실시간 신호 처리가 필요한 맥파 신호는 단말기의 실시간 데이터 처리기능을 향상시키기 위해 디지털 필터를 단말기에서 구현하지 않고 모니터링 시스템에서 LabVIEW 프로그래밍으로 구현하여 단말기에서 발생하는 동적잡음이나 전송과정에서 발생하는 잡음 등을 제거한다. 또한 센서모듈에서 측정된 여러 데이터들을 이용하여 생

체정보 측정 단말기로 센서모듈의 상태 및 여러 가지 긴급 상황에 대한 경고 메시지를 전송하는 기능을 담당한다. 경고 메시지를 전송하는 긴급 상황으로는 가스누출, 화재경보, 맥박수 이상, 체온 이상, 배터리 체크 등이다. 또한 관리자가 고령자들의 상태나 맥내 환경 상태를 쉽게 확인하고 대처할 수 있도록 그래프와 숫자, LED 등으로 나타내었다.

그림 11은 구현된 전체시스템의 모습을 나타낸다.

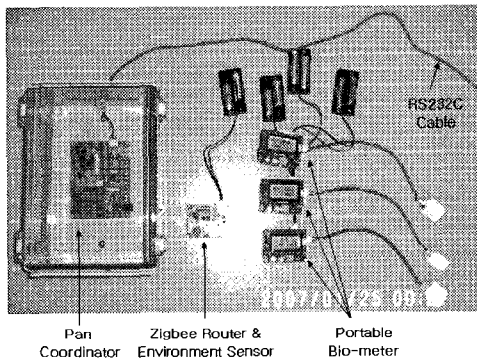


그림 11. 전체시스템의 구성
Fig. 11. Full system configuration

V. 결론 및 향후과제

최근 유·무선 통신 기술의 향상으로 인한 홈 네트워크 시장의 급성장과 고령화의 급속한 진전이 맞물려 헬스케어에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 연구에서는 시대의 흐름에 맞추어 인체에서 발생하는 생체신호(맥파, 심박수, 피부온도)와 맥내 주위환경요소(온도, 습도, 조도, 가스)들을 측정하여 사용자의 홈 서버로 전송할 수 있는 휴대용 생체정보 측정 단말기를 개발하였다. 또한 관리자가 고령자들의 상태나 맥내 환경 상태를 쉽게 확인하고 대처할 수 있도록 그래프와 숫자, LED 등으로 나타낼 수 있는 모니터링 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 사용자 편의성을 위해 휴대 가능한 손목형 장치로 디자인되었고, 고령자의 상태 모니터링 이외에도 응급호출 버튼 및 경고 메시지 기능을 추가하여 응급상황 대처에도 탁월한 기능을 수행하리라 생각한다.

또한 더 긴 전송거리, 효율적인 데이터 전송율, 저전력 소비의 특징으로 센서 네트워크 분야에 적합한

Zigbee 기반의 무선센서 네트워크를 구현하고 시스템에 적용하였다. Zigbee 기반의 무선센서 네트워크는 홈 서버와 시리얼 통신으로 연결된 Zigbee Pan Coordinator, 환경 센서모듈에서 구현된 Zigbee Router, 3대의 휴대용 생체정보 측정 단말기로 구성하여 전체 네트워크 토폴로지를 Cluster Tree형으로 구성하였다. 따라서, 환경 센서모듈과 생체 측정 단말기를 Zigbee 네트워크로 통합함으로써 기존의 스마트 홈 Automation 기능과 헬스케어 기능을 통합하여 구현할 수 있는 가능성을 보였다.

본 연구에서 개발된 시스템의 향후 연구되어야 할 문제점 및 방향으로 여러 가지가 있다. 먼저 헬스케어 개념을 뛰어넘어 원격의료 및 진단이 가능하도록 실제 진료에 필요한 더욱 유용한 생체 센서의 개발이라고 할 수 있다. 따라서 혈압, 산소포화도(SpO₂), 심전도(ECG) 등 여러 유용한 센서를 추가 개발하고자 한다. 그리고 응급시 활용성을 높이기 위해서 의료 장비를 휴대할 수 있도록 소형화 할 수 있는 PSOC(Programmable System-on-Chip)를 활용하여 센서 모듈을 초소형화하여야 할 것이다. 또한 TCP/IP를 통한 인터넷 기반의 서비스가 가능하도록 하여 인터넷이 가능한 PC나 PDA를 활용할 수 있는 모니터링 시스템의 개발이 필요하다.

더 나아가서 Zigbee에 의해서 구현된 무선 센서 네트워크 안의 다양한 생체 센서 및 액츄에이터와 같은 디바이스를 통합 제어하기 위해서, 홈 네트워크 디바이스들을 통합제어 할 수 있는 대표적인 마들웨어인 UPNP(Universal Plug and Play)기반에서 Zigbee 센서 네트워크 시스템과 유기적으로 연동할 수 있는 홈 네트워크 시스템을 설계, 구현하고자 한다.

참고문헌

- [1] 대통령자문 고령화 및 미래사회위원회/보건복지부 공편, “고령친화산업 활성화 전략”, 2005. 2.
- [2] 한국보건산업진흥원/보건복지부 공편, “고령친화산업 중장기 실행전략 연구”, 2005. 10.
- [3] K. Hung, Y.T.Zhang, B. Tai, “Wearable Medical Devices for Tele-Home Healthcare”, Proceeding of the 26th Annual International conference of the IEEE EMBS, pp. 5384~5387, 2004.
- [4] <http://www.phmon.de>, Personal Health Monitoring

System, 2002

- [5] IEEE Standard for Information Technology: 802.15.4: Wireless Medium Access Control and Physical Layer Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks, 2003.
- [6] Jose A. G. Edgar H. C. Jr. et al, *Enabling Wireless Sensors with IEEE 802.15.4, Low-Rate Wireless Personal Area Networks*, IEEE Press, 2003.
- [7] Bob Heile, *Zigbee Alliance Tutorial*, Zigbee Alliance, December, 2006. Available: <http://www.zigbee.org/en/resources/>
- [8] Joseph D. Bronzino, et al, *Medical Devices and System: Noninvasive Optical Monitoring*, CRC Press, pp71-1 ~ 71-10, 2006.
- [9] S. C. Millasseau, F. G. Guigui, et al, "Noninvasive Assessment of the Digital Volume Pulse : Comparison With the Peripheral Pressure Pulse", *Hypertension*, vol 36. pp. 952 ~ 956, Dec 2000.

저자소개

강 성 인(Sung-In Kang)



2004년 한국해양대학교 전자통신
공학과 공학박사
2000년~현재 동명대학교 컴퓨터
공학과 전임강사

※ 관심분야: 인공지능, 신호처리, 임베디드 시스템

김관형(Gwan-Hyung Kim)



2001년 한국해양대학교 전자통신
공학과 공학박사
2000년~현재 동명대학교 컴퓨터
공학과 전임강사

※ 관심분야: 최적제어, 인공지능, 반도체 설계