

Wireless Sensor Network를 이용한 원격 진료 시스템의 설계 및 구현

김원중⁰ 조재준 안순신

고려대학교 전자전기 공학과

{surewon⁰, jjj, sunshin}@dsys.korea.ac.kr

Design and Implementation of Remote Diagnostics System for Wireless Sensor Network

Wonjoong Kim⁰, Jaejoon Jo, Sunshin An

Computer Network Lab. Dept. of Electronic Electrical Eng., Korea University

요 약

최근 대두되고 있는 무선 센서네트워크는 실생활의 많은 부분에 있어 그 응용 분야를 넓혀 가고 있다. 본 연구는 WSN의 응용 중 Human Health Care에 주안을 두어 WSN을 이용한 원격 진료 시스템에 대해 설계 및 구현을 하였다. 원격 진료 시스템을 위해 각 센서 노드들은 인체의 Body 정보를 수집할 수 있는 센서들을 가지고 신체의 각 부위에 부착된다. 또한 각 센서 노드들은 고유의 Human Body Code를 가지고 있으며 이 고유의 Code에 의해 인체의 어느 부위에서 측정된 Data인지를 Sink 노드로 전송하게 된다. Sink 노드는 수집된 정보를 원격에 위치한 의료진들에게 전송하며 원격의 의료진들은 Sink 노드에서 전송된 정보를 바탕으로 진료 정보를 환자 및 User에게 Feedback하게 된다. Human Body Code는 인체를 세분화하고 각 세분화한 신체 부위에 계층적으로 고유의 Code를 부여한다. 본 연구에서는 실제 Human Body Code를 직접 제작한 센서 Node에 주입하여 Human Body Network를 구성하여 인체에서 센싱되는 Data를 원격에 위치한 PC에서 진료 가능한 원격 진료 시스템을 구현하였다.

1. 서론

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network) 일반적으로 실세상의 환경의 감지와 제어 및 모니터링 기능을 수행하기 위해 많은 수의 센서 노드 들과 그 Data를 수집하는 소수의 Sink 노드 들로 구성된다. 무선 센서 네트워크는 다양한 기능을 가진 센서가 부착된 전력소비가 작고 저가인 소형의 센서 노드로 구성 (Sensor Node)되고 멀티 홉 네트워크 형태를 구성하여 Sink 노드로 측정된 데이터를 전송하게 된다. 센서 노드는 데이터 수집을 위한 센서부분 과 데이터를 처리하기 위한 중앙처리 부분, 데이터를 전송하기 위한 라디오 부분, 기능을 유지시키기 위한 전력 공급 부분으로 구성되어 있다. 이러한 센서 노드 들은 네트워크를 형성한 후 ad-hoc 네트워크를 구성하고 정보의 수집 및 처리를 통해 사용자가 원하는 서비스를 제공하는 방식을 취하고 있다. 무선 센서 네트워크는 군 작전, 인명구출, 지능형 홉 네트워크, 물류관리, 건물 모니터링, 의료 등 매우 광범위한 응용 분야에 사용될 수 있다.

본 연구는 무선 센서 네트워크 (WSN)를 인체에 적용하여 사용될 미래의 시스템을 제안하고 구현하고자 한다. 고령화, 의료정보시스템의 지능화, 정보통신 기술의 발달 등에 따라 U-Healthcare가 대두 되고 있는 상황에서 WSN을 바탕으로 하는 원격 진료 시스템의 구현이 본 연구의 주제이다. 이러한 구현을 바탕으로 차후 원격 진료 시스템 개발연구의 기반을 만들어 보고자 한다.

원격 진료 시스템의 구현을 위해서 인체를 세분화하고 코드를 계층적으로 부여하여 인체의 주소체계를 확립하고, 무선 센서 노드들을 이용하여 Human Body Network를 형성 한 후

원격 의료진이 네트워크를 이용하여 효율적인 환자 신체의 실시간 원격 모니터링을 수행하기 위한 기반을 만든다. 즉, 원격 진료를 필요로 하는 환자의 신체 각 부위에 부착되어 있는 센서 노드가 환자 신체를 센싱한 데이터와 위치정보를 싱크 노드를 통해 전송한다. 멀리 떨어진 원격 의료진은 진료하고자 하는 환자의 센싱 데이터와 함께 위치정보를 전송 받게 되어 센싱된 데이터가 환자의 어느 부위에서 전송된 것 인지를 알 수 있어 실시간으로 환자의 상태를 모니터링 할 수 있는 시스템을 구현하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 WSN에서 Human Healthcare에 대한 관련 연구를 살펴보고 3장에서는 구현하고자 하는 시스템의 전체 망 구성 과 Hardware 및 Software 그리고 원격 의료진이 정보를 확인 할 수 있는 GUI 환경에 대해 구체화한다. 그리고 4장에서는 실제 구현한 시스템의 시험 결과를 확인한다. 마지막 5장에서는 본 연구의 결론 및 향후 연구 방안을 기술한다.

2. 관련연구

본 연구와 관련된 연구는 다음과 같다. 우선 Ubiquitous Health: U-Health 는 정보 통신과 보건 의료를 연결하여 언제 어디서나 예방, 진단, 치료, 사후 관리의 보건의료 서비스를 제공하는 것을 의미한다. 유, 무선 네트워크를 바탕으로 환자, 의료기관, 솔루션 업체 등을 유기적으로 연결하여 인간의 건강한 삶을 보장해주기 위한 이상적 시스템으로 환자가 병원 안에서뿐 아니라 병원 밖에서도 실시간으로 자가 진단, 치료,

상당을 받을 수 있는 것을 목적으로 한다. U-Health는 산업의 IT화가 진전되면서 등장한 E-Health를 소비자를 중심으로 보다 발전시킨 패러다임이다. 이러한 U-Health를 위해 IEEE 802.15.4 표준인 저속 개인 무선 통신 네트워크(Low Rate Wireless Personal Area Network) 기술은 20, 40, 250kbps의 낮은 전송 속도와 저렴한 가격, 또 간단한 구조 및 연결성을 제공하여 개인 주변의 짧은 거리 내에서의 무선 연결을 요구하는 분야에 적합한 표준으로 개발되었다. 본 연구는 낮은 전력을 소모하는 IEEE 802.15.4 PHY 및 MAC 계층 위에서 실제의 U-Health의 원격진단 시스템을 구현하고자 한다.

3. 시스템 구현

3.1 Human Body network

본 연구는 환자, 독거 노인 및 정상인의 질병의 예방 관리를 위해 신체 부위에 작은 센서 Node들을 부착하고 우리 몸의 생체 정보를 수집, 측정, 분석하고 이 결과를 다시 환자에게 Feedback하는 시스템을 구현하는 것을 목적으로 한다. 이를 위한 인체의 생체 정보의 수집과 측정은 신체에 부착한 센서 노드를 통해 이루어지며 이상유무를 분석하는 역할은 원격에 위치한 의료진이 담당을 한다. 인체의 생체 정보를 수집하는 노드들은 Human Body Code에 의해서 인체의 각 부위에 부착이 된다. Human Body Code의 부여 방법은 3.2장에서 보다 자세하게 설명한다. 노드들이 수집한 정보를 원격에 위치한 의료진에게 전송하는 역할은 Sink 노드에 의해 수행된다.

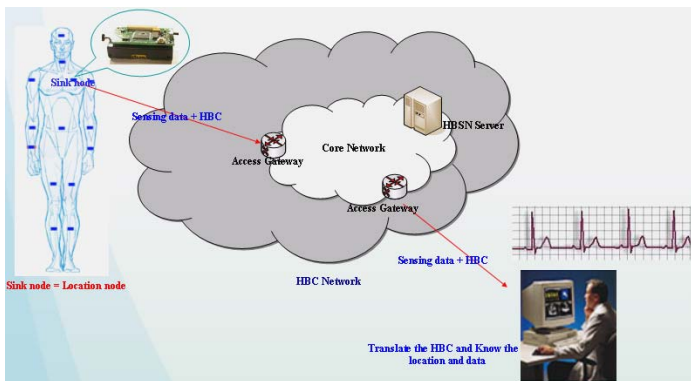


그림. 1 Human Body Network의 구성도

그림[1]은 Human Body Network의 구성 도를 보여준다. 개인의 신체상에 직접 Node를 부착하거나 입을 수 있는 옷가지에 센서 노드를 부착할 수도 있다. 즉, 자신이 원하는 신체 부위에(주로 관리가 필요한 부분- 예를 들어 심장 질환 환자라면 심장 주변)센서 노드를 부착한다. 각 센서 노드는 위치에 따라 부착하는 센서들의 종류가 다르다. 예를 들어 손목 주위에 위치한 센서라면 맥박을 측정할 수 있는 센서가 조립 되어야 하고, 심장 부근에 위치한 센서 노드 라면 심박수 체크, 체온 등을 측정할 수 있는 센서 등등이 그것이다. 이렇게 수집된 정보는 Sink 노드로 정보가 모이지며 Sink 노드는 이 정보를 원격에 위치한 의사들이 분석할 수 있도록 수집된 정보를 자신의 위치 정보와 함께 전송한다.

3.2 Human Body Code

인체를 세분화하고 각 부위별로 코드(HBC: Human Body Code)를 계층적으로 부여하여 인체의 생체 정보(체온, 맥박, 혈압 등)를 센싱 할 수 있는 무선 센서 노드를 인체 부위별로 부착한다. 인체 부위별로 부착된 무선 센서 노드는 센싱한 데이터와 HBC를 적용한 위치정보를 Sink 노드를 통해 Core 망에 실시간으로 전송한다. 원격 의료진은 Core 망에 access하여 진료하고자 하는 환자의 신체 부위별 센싱 데이터와 위치 정보를 전송 받아 환자 신체의 어느 부위에서 센싱된 데이터인지 실시간으로 파악 가능하다. 결과적으로 원격 의료진에 의한 환자상태 실시간 모니터링 및 원격진료에 유용하게 활용이 가능하다.

그림[2]는 Human Body Code를 부여하는 계층 도를 보여준다. 1계층에서는 인체를 정면(A)과 후면(B)으로 나누고 2계층에서는 머리와 목, 몸통, 팔과 다리를 구분하며 3계층에서는 팔과 다리의 좌우를 구분해준다. 이와 같은 방법으로 인체를 구분하여 센서 노드들을 신체에 부착 시에 각 노드의 위치 정보를 부여하게 된다. 예를 들어 신체의 좌측 팔에 위치하는 센서 노드의 경우에는 [A-3-1]이라는 Human Body Code를 부여 받는다.

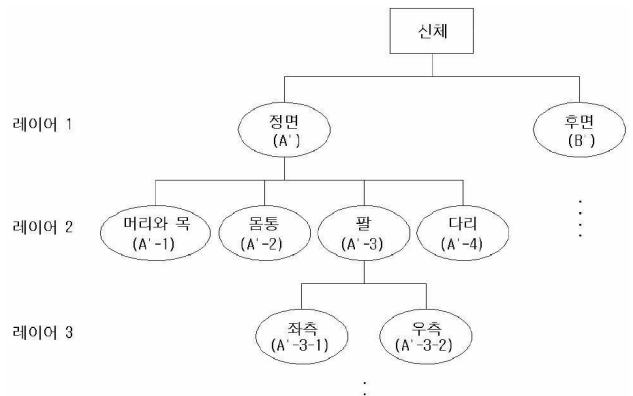


그림. 2 Human Body Code 부여 계층

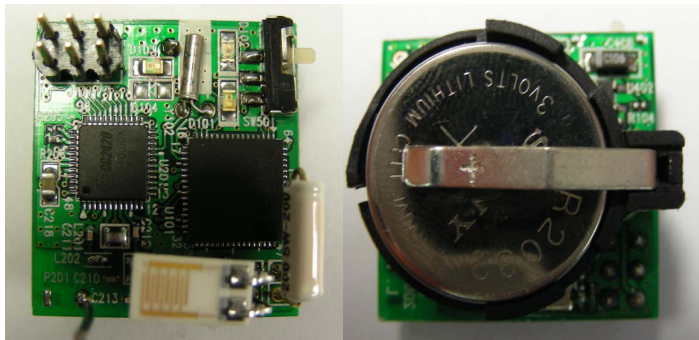
3.3 Hardware Module & Software

본 연구에서 구현한 센서 노드는 자체 제작한 노드이다. 프로세서로는 ATMEL ATmega128을 사용하였으며 RF칩은 Chipcon사의 CC2420을 사용하였다. Hardware에 관련된 스펙은 다음과 같다.

표. 1 Hardware Specification

ITEM	Description
Processor	ATMEGA128
Memory	128KB Program Flash
Radio	CC2420, 250kbps, 2.4Ghz
Sensor	온도, 습도, 기압기
Interface	Serial (UART)
Power	3.0V ~ 3.3V
Range	MAX 15M in lab
Node Size	2.5*2.5 (Cm)

시스템 구현을 위해 각 노드에 부착한 센서는 온도, 습도, 기울기 센서를 부착하였다. 노드의 사이즈는 2.5* 2.5 Cm 사이즈이며 리튬-코인형 배터리를 사용한다. (3.3V)



앞 뒤

그림. 3 자체 제작한 Sensor 노드

구현된 시스템에서의 Software는 IEEE 802.15.4 MAC을 사용하는 응용 Program을 올려서 시험하였다. [그림 4]의 MAC Frame의 Payload 필드에 HBC 와 각 센서 노드들이 수집하는 온도, 습도, 기울기 정보가 포함되어 Sink 노드로 전송 된다. Sample Source 는 Chipcon사에서 제공한 Source를 Modify하여 사용한다.

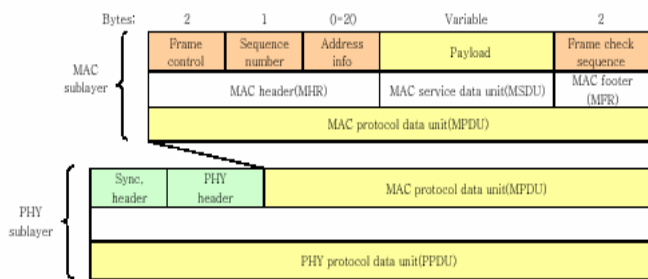


그림. 4 IEEE 802.15.4의 MAC Frame도

3.4 Graphic User Interface

그림[5]는 구현하는 시스템에서 센싱 된 Data를 원격에 위치한 의료진이 확인 가능하도록 구현한 GUI 창이다. GUI 는 MFC[Microsoft foundation class]로 구현하였다. 신체의 어느 위치에 센서 노드가 위치 하는지를 확인 가능하게 하는 인체의 축소도가 전면 과 후면으로 나뉘져 있다. 그리고 센서들이 측정한 Data를 보여주는 창으로 분할된다. 우측 상위에 있는 정보는 센서 노드에 대한 정보와 기울기 센서의 값을 보여준다. 기울기 센서는 15. 이상 기울어지면 그 값이 Switching 된다. 예를 들어 환자가 예기치 않게 갑자기 쓰러지는 경우의 상황을 모델링 한 경우이다.

그 아래로는 측정한 온도와 습도를 표시하는 영역이다. 온도의 경우는 체온을 의미하며 습도는 시스템 구현을 위해 임시로 조립한 센서이다. 향후 생체 데이터를 측정 가능한 센서 기술의 발전과 더불어 다양한 센서들이 위치 할 수 있다. 아래쪽에 분할된 창에 표시되는 Data들은 9개의 센서 노드들이 각각 전송하는 Data를 Hexa 값으로 표시하는 부분이다.

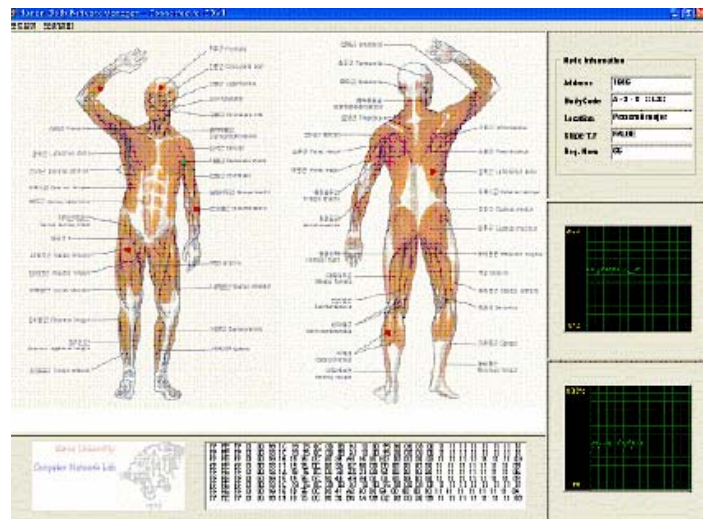


그림. 5 Graphic User Interface

4. 시험 결과

4.1 시험 구성도 및 시험 결과

그림[3]과 같이 구현된 센서 노드에서 센싱된 정보를 Sink 노드에서 수집하고 수집된 정보를 Note PC의 GUI 창에서 확인 할 수 있도록 구현하였다. 실제 센서 노드에 조립된 센서는 온도, 습도, 기울기 센서이다. 각 센서 노드는 위치 별로 앞서 언급한 Human Body Code가 주입된 상태로 [그림 6]과 같이 인체를 대신한 마네킹에 부착되었다. 총 9개의 센서 노드가 마네킹에 부착되었고 각 센서 노드는 자체 배터리 전원으로 동작한다.

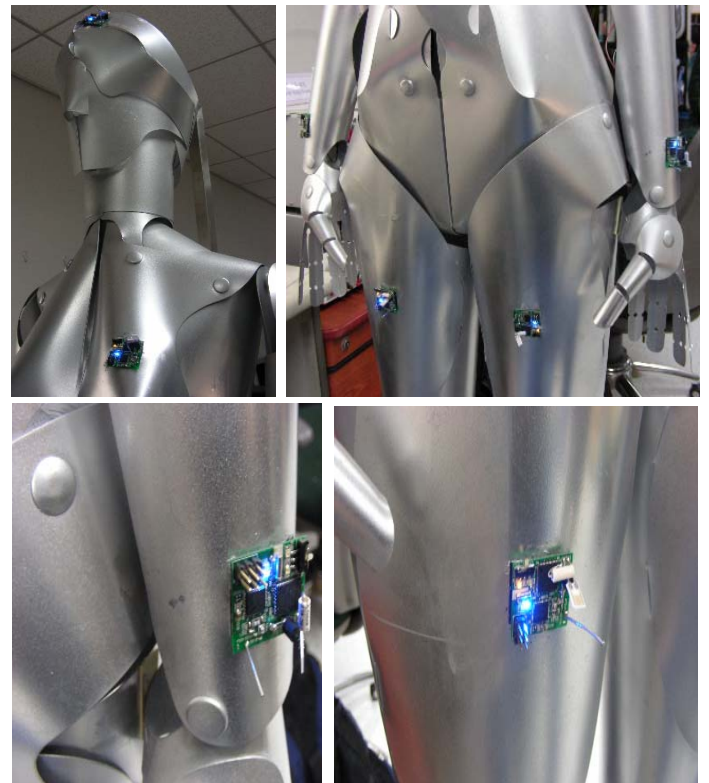


그림 .6 실제 마네킹에 부착된 9개의 센서 노드들

각 센서 노드는 Power On이 된 경우에 Sink 노드와 Association을 맺고 서로 통신이 가능하게 된다. 이후 GUI 창에 9개의 센서 노드들의 위치가 각 센서 노드들의 위치에 맞춰서 붉은 점으로 표시가 된다. 또한 원하는 특정 센서 노드에서 수집한 정보를 자세히 보고자 한다면 원하는 센서 노드를 클릭하면 붉은 점이 녹색으로 바뀌면서 분할된 GUI 창에서 각 센서 노드의 위치 정보와 그 센서 노드가 수집한 생체 정보를 확인 할 수 있다.

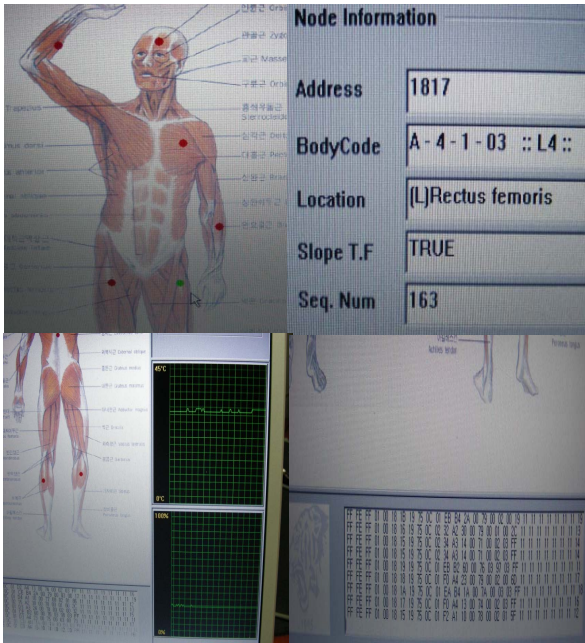


그림 .7 GUI 창에 Display되는 센싱 Data들

마네킹에 부착된 9개의 센서 노드들의 정보를 수집하는 9개의 Sink 노드가 존재하고 이 Sink 노드는 Note PC에 RS232로 직접 연결되어 있는 상태로 시험을 진행 하였다. 구현된 시스템에서는 [그림1]에서 언급된 Core Network는 빠져 있는 상태이다. 이는 추후 추가되어야 할 부분이다. 향후 Sink 노드에 Wireless LAN 기능을 추가 한다면 AP와 연동하여 기존 IP 망에 Access가 가능하다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 미래의 의료 서비스 분야인 U-Health중의 한 분야인 원격 진료 시스템에 대해 실제 구현을 해보았다. 인체의 생체 정보를 수집하기 위해 각 신체 부위에 고유의 Human Body Code를 부여하고 이를 근거로 각 센서 노드의 신체 상의 위치 정보와 노드가 수집한 정보를 원격에 위치한 의료진이 검진 가능한 시스템의 시발점이 될 것이다.

향후 계속되어야 할 연구는 본 연구의 개선되어야 할 부분들의 기술적인 문제들을 극복하는 것이며, 이는 다음과 같다. 첫째, 현재의 기술로는 센서 노드의 크기가 실제 인체에 부착하고 다니기에는 불편함을 느낄 정도로 사이즈나 무게가 크다. 인체에 부착되어도 불편하지 않는 작은 사이즈의 모듈개발이 연구 되어야 한다. 또한 사이즈는 작으면서도 배터리 수명은 길어야 하는 Power Saving 문제도 해결되어야 할 과제이다. 둘째는, 각 인체의 생체 정보를 측정할 수 있는 측정 센서들

의 다양한 발전이 절실히 요구된다. 인체의 맥박이나 혈압 혹은 혈당 등의 생체 정보를 작은 사이즈를 가지면서 동시에 원격의 의료진들이 신뢰할 수 있는 정확한 Data를 측정 할 수 있도록 센서 개발의 연구가 필요 하다. 또한 개선된 Hardware에 맞춰진 응용 Software이 개발도 동시에 이루어져야 한다.

본 논문의 이후 선행하여 진행하고 있는 연구는 다음과 같다. 본 논문에서 구현한 시스템에서 Sink 노드에 위치 정보를 심어주어 환자의 위치를 실시간으로 확인 할 수 있는 시스템의 연구와 위에서 언급한 센서 노드의 사이즈와 Power Saving등 Hardware적인 제약 사항을 극복 할 수 있는 연구를 진행하고 있다.

[참고 문헌]

[1] Wireless Sensor Networks for In-Home Healthcare: Potential and Challenges J. A. Stankovic, Q. Cao, T. Doan, L. Fang, Z. He, R. Kiran, S. Lin, S. Son, R. Stoleru, A. Wood ,Department of Computer Science, University of Virginia

[2] T. Martin, E. Jovanov, and D. Raskovic, "Issues in Wearable Computing for Medical Monitoring Applications: A Case Study of a Wearable ECG Monitoring Device," International Symposium on Wearable Computers ISWC 2000, Atlanta, October 2000.

[3] Harvard University. CodeBlue project: Wireless Sensor Networks for Medical Care. Available: <http://www.eecs.harvard.edu/~mdw/proj/codeblue/>

[4] J. A. Stankovic, et al, "Wireless Sensor Networks for In-Home Healthcare: Potential and Challenges," in High Confidence Medical Device Software and Systems (HCMDSS) Workshop, Philadelphia, PA, June2-3, 2005.

[5] Medical WSN System of the Computer Science Department (UVA) Available: <http://www.cs.virginia.edu/wsn/medical/>

[6] <http://www.tinyos.net>

[7] <http://www.chipcon.com>