

산소 포화도의 무선 전송을 위한 통신모듈 및 디스플레이 소프트웨어 개발

한영오*

요약

본 연구에서는 생체 계측 모듈에서 획득된 혈중 산소 포화도(SpO2) 신호를 PC에 무선으로 전송할 수 있는 무선통신 모듈을 개발하였다. 개발된 무선통신 모듈은 개인의 의료정보 보안을 고려하여 지그비 또는 블루투스 등과 같은 개방형 프로토콜 대신 비개방형 프로토콜로 설계되었다. 또한 응급이송 시 전송된 혈중 산소 포화도 신호를 의료진에게 정보 손실 없이 다양한 형태의 데이터 및 그래프로 정보를 제공할 수 있도록 하는 디스플레이 프로그램을 개발하였다.

Development of communication module for the wireless transmission of oxygen saturation(SpO2) and display software

Young-Oh Han*

Abstract

In this paper, the wireless transmission module is developed to transmit oxygen saturation(SpO2) signal, acquired from bio-signal measuring module, to PC. This wireless transmission module is designed with closed type protocol instead of open type protocol such as a zigbee or a bluetooth, considering of the security of personal medical informations. The display software is also developed to display transmitted SpO2 signals by various type data and graph without information loss for a emergency transfer.

Keywords : SpO2, U-health care, wireless communication

1. 서론

세계적으로 고령화 사회의 가속과 경제 발전에 따른 양질의 의료서비스 수요가 증가함에 따라 의료기기 산업은 산업규모가 지속적으로 성장하는 미래 첨단 고부가가치 산업으로 발전하고 있다. 최근, 국내외적으로 원격·재택 진료에 적용할 수 있는 21C 의료환경에 적합한 휴대용 또는 가정용 의료기기 개발에 많은 투자가 이루어지고 있다[1]. 특히, 유비쿼터스 헬스케어

(Ubiquitous Healthcare) 시스템에 대한 연구가 집중적으로 이루어지고 있는데, 유비쿼터스 헬스케어 시스템이란 무선인터넷과 단말기를 생체계측기와 치료기기에 융합시켜 시간적·공간적 제약 없이 환자의 질병 및 건강관리가 가능한 시스템을 말하는 것으로서 기존의 생체계측기와 치료기기의 크기와 중량을 최소화하여 사용자가 항상 휴대함으로써 언제·어디서나 질병 및 건강을 모니터링하고, 위험상황을 미리 예측하여 통지하며 응급상황 발생 시 자동으로 구조요청을 하고, 경우에 따라 치료가 가능한 시스템으로 정의되어 진다[2].

21세기의 의료서비스의 패러다임의 변화로 인하여 미래 사회에서 언제, 어디서든 개인의 건강을 증진시키고, 급성질환을 예측하며, 만성질환을 관리할 수 있는 의료기기 개발 필요성이 대두되고 있고, 이에 따라 미래 보건의료 환경에서의 소비자 요구를 충족시키기 위한 시스템 개발

※ 제일저자(First Author) : 한영오
접수일:2010년 06월 03일, 수정일:2010년 06월 21일,
완료일:2010년 07월 04일
* 남서울대학교 전자공학과 부교수
youngoh@nsu.ac.kr

이 매우 중요하다.

최근 세계적으로 식생활 변화, 환경 악화 등으로 비만 및 심장질환 환자가 빠른 속도로 증가하고 있고, 이로 인해 현대인들의 건강에 큰 문제점으로 대두되고 있는 실정이다. 비만에 의한 성인병이 급증하고 있고, 심혈관계 질환은 예상하지 못한 때에 급속하게 발병하며 따라서 지속적인 분석, 예방, 조기 치료가 매우 중요하다. 삶의 질 향상을 위해 더욱 간편하고 정확한 의료 정보 서비스 욕구가 증대되고 있으며, 이러한 시대적 요구에 부응하기 위하여 원격 및 재택 진료에 필수적인 인터넷 또는 무선통신 인프라 구축이 급진적으로 진행되고 있으며, 유비쿼터스 헬스 케어 시스템의 중요성이 부각되고 있다[3].

현대사회의 고령화 추세에 따라 가정에서의 지속적인 노인의 건강상태의 검진의 욕구는 증가하며, 재택의료의 필수적인 생체변수 측정요소 중의 하나는 산소포화도이다.

따라서 본 연구에서는 중요한 생체신호 중의 하나인 혈중 산소 포화도(SpO2) 신호 측정 모듈 [4]을 이용하여 SpO2 신호를 측정 한 후, 2절에서는 PC에 무선으로 전송하기 위한 비개방형 통신 프로토콜 기반 무선 통신 모듈을 개발하였고, 3절에서는 개발된 통신 모듈을 이용하여 전송된 SpO2 신호를 응급 이송 시 의료진이 편리하게 모니터링 할 수 있도록 하는 디스플레이 소프트웨어를 개발하였다.

2. 무선 통신 프로토콜 설계 및 모듈 구현

SpO2 측정 신호를 무선으로 송신 할 수 있는 무선 통신 플랫폼을 임베디드형으로 설계 및 제작하고, 개발된 전송 프로토콜을 구현하여 하나의 독립적인 SpO2 측정 신호 송신이 가능한 무선 통신 플랫폼 개발하였다.

SpO2 신호의 경우, 거의 모든 신호의 스펙트럼 에너지가 100Hz미만에 있기 때문에, 모니터링 용으로는 샘플링 주파수가 200Hz를 넘지 않는 상황이다. 따라서 재활치료 분야와 같은 치료목적이 아닌 모니터링 환경이라면, 생체신호의 대역폭은 100Hz이라 가정할 수 있으며, 정확한 생

체신호의 모니터링을 위해서는 샘플링 주파수도 최소 200Hz 정도면 충분하다. 특히, 무선으로 생체신호의 전송에 있어, 데이터의 손실은 매우 심각한 오류를 범할 수 있는 상황이기 때문에, 안정적인 대역폭의 확보와 전송상태에 대한 모니터링도 필요하다고 할 수 있다. 그러나 일반적으로 무선 데이터 송신의 목적은 컴퓨터 주변기기 와 같은 고속의 데이터 전송을 목적으로 하고 있다. 예를 들어 블루투스의 경우, 최소 1Mbps, 최대 3Mbps의 대역폭을 가지고 10M~100M 영역에 데이터를 전송하기 위한 목적으로 개발된 무선 송수신 프로토콜 및 전송기술이다. 따라서 생체신호의 전송에 적용할 경우, 필요이상의 대역폭을 낭비할뿐더러, 소비전력에 의한 배터리 동작에 많은 제약을 가져오게 된다. 표 1은 이와 유사한 무선 데이터 전송기술에 대한 주요 스펙을 비교한 표이다.

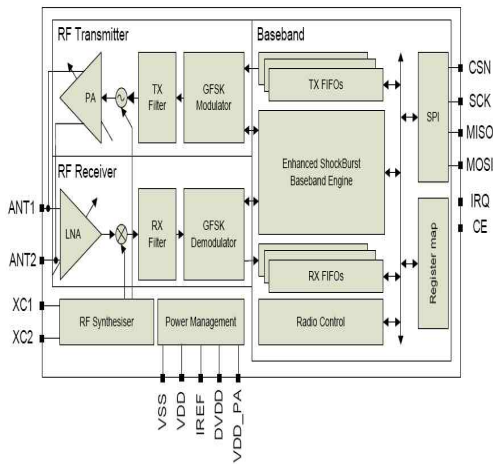
<표 1> 무선통신 프로토콜 비교
Table 1. the comparison of wireless communication protocols

Comparisons	ZigBee™ (IEEE 802.15.4)	Bluetooth™ (IEEE 802.15.1)	Wi-Fi™ (IEEE 802.11b)
Application Focus	Monitoring & Control	Cable Replacement	Web, Video, Email
System Resource	4KB-32KB	250KB+	1MB+
Battery Life (days)	100-1000+	1-7	1-5
Nodes Per Network	255/65K+	7	30
Bandwidth	20 ~ 250 KB/s	3Mbps/1Mbps	11Mbps
Range	1~75 m	1~10+ m	1~100 m
Success Metrics	Reliable, Low Power, Cost Effective	Cost, Convenience	Speed, Flexibility

최근, 개인 근거리 통신(Personal Area Network)으로 주목 받고 있는 Zigbee(IEEE 802.15.4)의 경우, 생체신호의 무선 전송을 위한 많은 조건들을 가지고 있다[5][6]. 그러나 아직 호환성에 문제점을 가지고 있으며, 범용의 컴퓨터 주변기기들과의 인터페이스를 고려한 개방형 프로토콜(Open-Protocol)이라는 점이 개인의 생활을 중요시 하는 의료정보에 연결하기에는 보안에 대한 우려를 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 이러한 문제점의 보완을 고려하여 비개방형 프로토콜을 적용하기 위한, 소형 저 전력

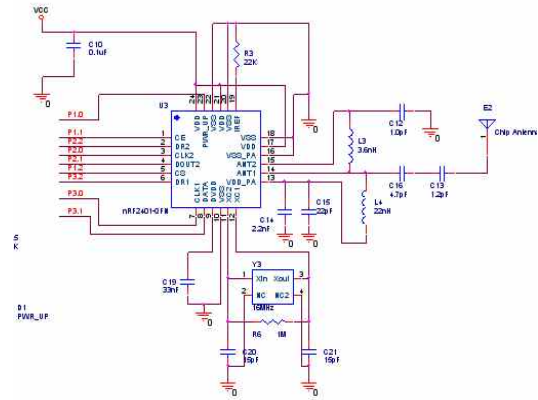
무선송수신 플랫폼인 Nordic사의 nRF24계열의 무선 칩셋을 사용하여 SpO2 신호의 전송을 위한 무선 통신 플랫폼을 개발하였다.

Nordic사의 nRF2401의 주요 특징은, GFSK 방식(2.4GHz대역)의 싱글 칩으로 1:n 방식의 통신을 위하여 125개의 다중채널을 지원하고 있으며, 전이중방식(Full-duplex)방식의 통신과 패킷방식의 통신을 지원함으로써, 저 전력(10mA @Tx, 0dBm, 18mA@Rx)의 기능과 1~20M의 영역에서의 무선 통신을 지원하도록 설계되어진 칩이다. (그림 1)은 nRF24L01 칩 구성도를 보여준다[7].



(그림 1) 노르딕사의 nRF24L01 칩 구성도
Fig. 1 nRF24L01 chip configuration of Nordic co.

(그림 2)는 노르딕사의 nRF24L01 칩을 이용하여 설계한 무선모듈의 회로도도를 보여준다.

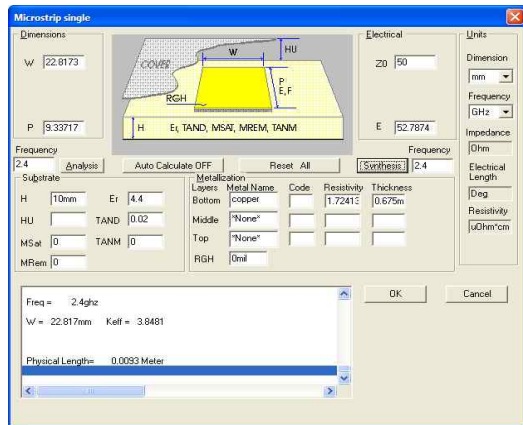


(그림 2) nRF2401 칩을 이용한 무선통신 모듈 회로도

Fig. 2 wireless trans. module circuit using nRF2401 chip

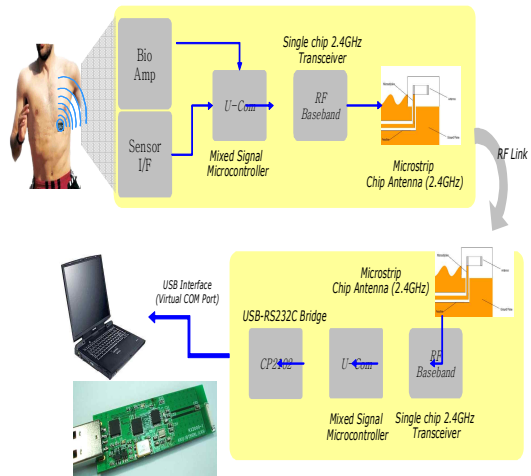
안테나의 출력은 균형 출력 핀을 가지고 있는데, 이 핀들은 RF용 초크 코일이나 균형 이극 안테나(balanced dipole antenna)를 통하여 VDD_PA핀과의 DC경로를 만들어 주어야 한다. 최대의 출력과위를 위하여 15+j88Ω의 부하를 가지도록 임피던스를 매칭 하여야 한다. 또한 RF 안테나단의 매칭을 위하여 사용되는 인덕터와 커패시터는 RF용 High-Q 정밀 소자를 사용하여 한다. 본 개발에서는 플랫폼 개발을 위하여 1차적으로 PCB 패턴을 이용한 안테나를 설계하였고, 소형의 PCB 크기를 고려한 칩 안테나를 이용한 모듈을 설계 및 제작하였다.

RF용 부품을 제외한 와이어는 RF를 위한 전송선(transmission line)으로 설계하여야 한다. 개발에 사용한 PCB는 상용화를 위하여 일반적으로 PCB 재료로 많이 사용되고 있는 FR-4(두께=1mm, ε=4.4, tan=0.02)재질의 상용 PCB를 사용하였다. 와이어의 선평과 길이는 Ansoft사의 디자인 프로그램인 마이크로스트립 계산 프로그램을 이용하여 조정하였다. (그림 3)은 이 프로그램을 이용하여 구한 임피던스 매칭을 보여준다.



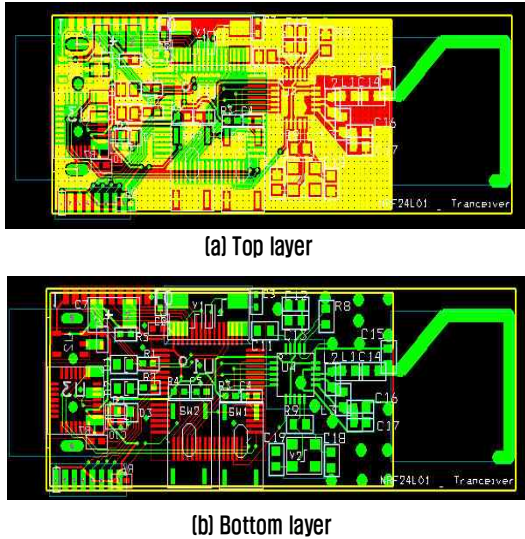
(그림 3) 마이크로스트립 임피던스 매칭
Fig. 3 microstrip Impedance matching

한편, 설계된 무선통신 모듈을 이용하여 무선으로 전송한 데이터를 개인용 컴퓨터나 이동단말기와의 연결을 위해서는 수신단의 설계가 필요하며, 단말기나 컴퓨터와의 쉬운 인터페이스 방법을 고려하여야 한다. 일반적으로 연결을 위한 방법은 RS-232C 프로토콜을 사용하면 간단하나, 현재의 이동 단말기 및 개인용 컴퓨터 분야의 기술동향을 고려해 볼 때, USB의 연결이 필수적이라고 판단된다. 이에 본 연구에서는 USB 프로토콜을 지원하며, 주변장치와의 연결은 RS-232C 프로토콜을 지원하는 USB-UART 브리지를 지원하는 Silicon Lab. 사의 CP2102 칩을 사용하여 MSP430의 UART를 연결하여 PC의 USB 단자에 연결하여 원격에서 측정되어지는 데이터의 수신모듈을 개발하였다(그림 4).

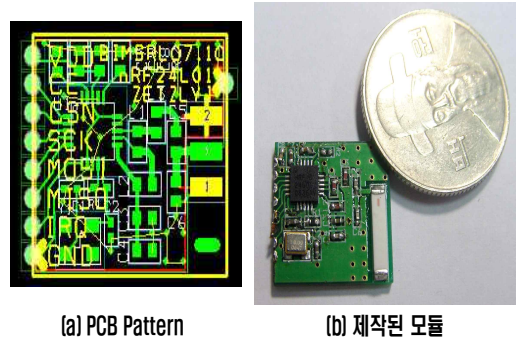


(그림 4) 산소 포화도 무선통신 모듈 구성도
Fig. 4 SpO2 wireless com. module config.

(그림 5)는 제작된 모듈의 PCB 작업에서 위층과 아래층의 PCB 구성을 나타낸다. 그림 5는 실제 제작된 SpO2 신호 무선 통신 모듈에서 PC에 연결되는 수신단의 사진을 나타낸다. 제작된 모듈의 전체길이는 5cm이며, 이중 PCB 안테나 부분은 2cm 정도이다. PC나 단말기의 외부에 연결하여 수신을 하는 경우, 크기 요인이 그다지 중요하게 작용하지 않으나, SpO2 모듈 안에 장착 되는 경우 안테나의 배치, 크기에 의하여 많은 제약을 가지게 된다. 이를 위하여 안테나 부분을 최소화 시키고, RF 제어 칩만을 독립적으로 분류하여 모듈 방식으로 장착할 수 있는 송수신 전용 모듈이 필요하다.



(그림 5) 모듈의 PCB 패턴
Fig. 5 PCB pattern of module



(그림 7) 칩 안테나를 이용한 산소 포화도 무선통신 모듈
Fig. 7 SpO2 wireless com. module using chip antenna

3. 산소 포화도 신호를 위한 디스플레이 소프트웨어

생체 계측 모듈에서 생체 정보 데이터를 실시간으로 저장하여, 그림 8과 같이 응급이송 시 의료진에게 정보 손실 없이 다양한 형태로 자료를 제공할 수 있도록 개발하였다.

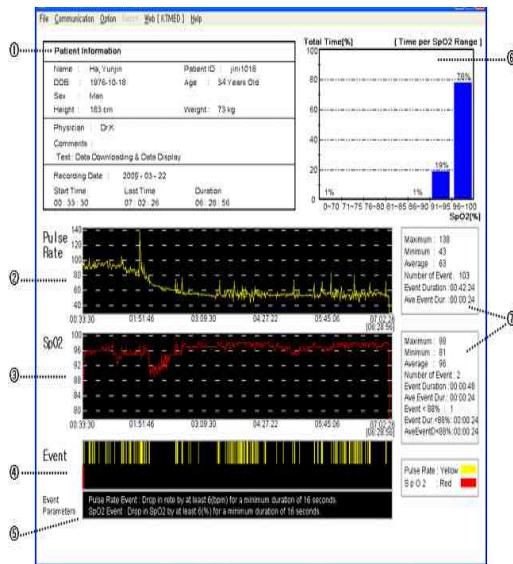
개발조건은 다음과 같다. 첫째, SpO2 진단 기기에서 생체 정보 데이터를 실시간으로 전송받아 정보 손실 없이 PC 및 PDA에 데이터로 저장할 수 있으며 둘째, 의료진 및 환자가 원하는 형태(데이터 및 그래프)로 보여주기가 가능하여야 하며 셋째, 원하는 날짜와 시간의 저장된 데이터를 자유로이 확인 가능해야 하며 넷째, 의료진이나 환자가 사용하기가 쉽고 간단하여야 한다.

이상과 같은 기능을 구현하기 위하여 차트 형태(그림 8-①)로 구성된 환자의 정보와 Pulse Rate(그림 8-②) 및 SpO2(그림 8-③)를 그래프로 디스플레이 할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다.



(그림 6) 산소 포화도 무선통신 모듈 사진
Fig. 6 wireless com. module image of SpO2 signal

이를 위하여 칩 안테나를 장착한 무선 송수신단을 설계하였다. 그림 7은 칩 안테나를 고려하여 설계된 PCB 패턴과 이를 구현한 모듈의 사진을 나타낸다. 이 모듈은 nRF24L01 칩과 RF 매칭 회로, 그리고 칩 안테나를 갖춘 소형 무선 모듈로 및 SPI(Serial Peripheral Interface) 인터페이스를 제공한다.



(그림 8) 산소 포화도 데이터의 PC 표시 화면

Fig. 8 PC display of SpO2 data

4. 결론

본 연구에서는 생체 계측 모듈에서 획득된 혈중 산소 포화도 신호를 PC에 무선으로 전송할 수 있는 무선통신 모듈을 개발하였다. 개발된 무선통신 모듈은 개인의 의료정보 보안을 고려하여 Nordic사의 nRF2401 칩셋을 이용하여 비개방형 프로토콜로 설계하였다. 또한 무선통신 플랫폼 개발을 위하여 1차적으로 PCB패턴을 이용한 안테나를 설계하였고, 최종적으로 소형의 PCB크기를 고려한 칩 안테나를 이용하여 혈중 산소 포화도 신호의 전송을 위한 무선통신 모듈을 설계 및 구현하였다.

본 연구에서 개발된 비개방형 무선통신 모듈을 이용하여 PC로 전송된 혈중 산소 포화도 신호를 응급이송 시 의료진에게 정보 손실 없이 다양한 형태의 데이터 및 그래프로 정보를 제공할 수 있도록 하는 디스플레이 프로그램을 또한 개발하였다.

이상의 개발 결과는 유비쿼터스 정보사회 및 고령사회에 대비한 유비쿼터스 헬스케어 시스템의 구축을 위한 활용뿐만 아니라 재택진료, 원격진료, 응급진료 분야로의 기술적 활용도 기대된다.

참고 문헌

- [1] 이민호, "U-health care 동향," EIC 매거진, Vol. 5, pp.16-21, 2009.
- [2] A. Berler, S. Pavlopoulos, and D. Koutsouris, "Design of an interoperability framework in a regional healthcare system," In Proceedings of Engineering in Medicine and Biology Society, Vol. 2, pp.3093-3096, 2004.
- [3] 이충섭, 정창원, 주수중, "홈 네트워크 서비스 및 모니터링을 위한 헬스케어 정보 구축 및 활용," 한국인터넷정보학회 학술지, Vol. 7, No. 1, pp. 41-44, 2006.
- [4] 한영오, 허재만, "비데 장착용 체지방 측정 및 SpO2 모듈 개발," 중기청 보고서, pp. 45-51, 2009.
- [5] 심재창, 김익동, "지그비 기술의 응용과 실습," pp. 21-27, 홍릉과학출판사, 2007.
- [6] Ed Callaway, P. Gorday, L. Hester, J. A. Gutierrez, M. Neave, B. Heile, V. Bahl, "Home networking with IEEE 802.15.4: A developing standard for low-rate wireless personal area networks," IEEE Communication Magazine, Vol. 40, no. 8, pp. 70-77, August 2002.
- [7] nRF24L01 chip configuration of Nordic co., <http://www.nordicsemi.com/index.cfm?obj=product>

한영오



1886년 2월: 연세대학교 전기공학과 졸업 (공학사)
 1989년 8월: 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)
 1995년 8월: 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

1996년 3월~현재: 남서울대학교 전자공학과 부교수
 관심분야 : 디지털 신호처리, 유비쿼터스 센서 네트워크, U-Health