

블루투스를 이용한 신생아 인공 보육기의 중앙감시 장치

A Centralized Monitoring System for Infant Incubators Using Bluetooth

김 주 식*, 안 현 식*, 정 구 민*

Joo-Sik Kim*, Hyun-Sik Ahn*, Gu-Min Jeong*

요 약

본 논문에서는 블루투스를 이용하여 신생아를 중앙 감시하는 장치를 제안하고 구현하였다. 기존의 신생아 중앙 감시 장치는 부피가 크기 때문에 신생아에 대한 부착이 불편하고 유선으로 연결되어 측정 및 감시 시에 휴대가 어려워서 공간의 제약을 가지는 단점이 있다. 이러한 단점을 해소하기 위해서 블루투스를 이용한 신생아 보육장치를 제안하였다. 제안된 시스템은 수신부와 송신부로 구성된다. 송신부는 온도센서, 습도 센서, ECG 측정 장치 및 블루투스 모듈로 구성되며 인큐베이터의 온도, 습도 및 ECG 데이터를 측정한 후 블루투스를 이용하여 송신하는 기능을 수행한다. 수신 시스템은 송신 시스템에서 전송한 신호를 블루투스 수신 모듈을 통해 수신하여 인큐베이터 별 송신 시스템의 고유한 식별부호와 심전도 및 온습도 신호를 분리하여 각 신호들을 화면에 표시함으로써 중앙 감시가 효과적으로 이루어지도록 한다. 또한 수신부의 시스템 관리자는 신생아 보육장치와 신생아의 상태를 중앙 감시할 수 있도록 하는 기능을 한다. 제안된 시스템은 다양한 환경에서 신생아 보육장치의 원격 진단에 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 생각된다.

Abstract

In this paper, we present a centralized monitoring system for infant incubator using Bluetooth. Conventional monitoring systems for incubators require large space and wire connection, which causes the spatial restrictions. To overcome this disadvantage, centralized monitoring system is proposed for infant incubators using Bluetooth. The implemented system consists mainly of transmission systems and receiver systems. There are temperature sensors, humidity sensors, ECG measurement units and Bluetooth modules in the transmission systems. For temperature, humidity and ECG data, the transmission systems acquire them from the measuring modules in the incubator and transmits the signals using Bluetooth. In the receiver system, users can see the status of the infant by accessing the central monitoring host computer. That is, one can monitor the information on the temperature and the humidity in the incubator and Infant's ECG without dependence to a conventional bulky system. Also, the system manager in the receiver system can maintain centralized monitoring of the situations in all incubators and infant. The developed system will be useful in remote diagnosis of infant incubator in various environments.

Keywords : Infant Incubators, Bluetooth, ElectroCardioGram(ECG). Temperature, Humidity, Central Monitoring

I. 서 론

미성숙 신생아의 생존 및 보육에 있어 인공 보육기의 사용은 필수적이고 인공 보육기에서는 보육기의 온도 조절에

다른 신생아의 체온 유지, 보육기내 적정 습도의 유지, 각 생체 신호의 측정 및 감시가 반드시 이루어져야 한다.

미숙아는 중성온도 환경(Neutral Thermal Environment)에서 보육이 될 때 생존율이 향상된다. 중성 온도 환경은 신생아의 심부 체온을 정상으로 유지하기 위한 산소 소비로 측정되는 열 생산이 최소가 되는 온도 환경을 가리키며 공기 및 복사 표면의 온도, 비교습도, 공기의 흐름 등이 포함

*국민대학교 전자정보통신공학부

논문 번호 : 2006-1-12

접수 일자 : 2006. 1. 4

심사 일자 : 2006. 1. 11

수정 완료 : 2006. 1. 26

된다. 옷을 입지 않은 신생아에서 최소의 열손실과 산소 소비를 필요로 하는 최적의 온도 환경은 미숙아의 체온이 36.5-37°C로 유지할 수 있는 환경이다. 아기가 작고 미성숙할수록 (재태 기간, 출산후 연령 등) 높은 온도 환경을 필요로 한다. 또한 습도 유지에 있어 비교 습도 40-60%가 열손실을 감소시켜 체온 유지에 도움을 주고 기도의 건조와 자극을 예방하게 된다[1].

이와 같이 보육기내의 온도와 습도의 유지 및 관찰은 신생아의 보육 및 생존에 중요한 영향을 미치게 되므로 이상 상황 시에 즉시 대처해야 한다. 또한 보육기내의 신생아의 생체 신호를 획득하고 관찰하는 것도 매우 중요한 요소이다. 가장 대표적인 생체신호로 심전도를 들 수 있다. 심전도 신호는 신생아뿐 아니라 모든 사람의 심장 이상 유무를 확인할 때 반드시 사용되는 생체 신호의 하나이다[2]-[5].

심전도는 심장근육의 수축 확장에 따른 활동 전류를 외부에서 전극을 부착하여 측정하여 기록한 것으로 ECG (ElectroCardioGram) 또는 EKG(ElectroKardioGramme) 로 표시한다.

인공 보육기 환경의 측정을 위해서 반드시 필요한 온도, 습도는 인큐베이터 기기 자체에서만 표시되므로 각 유닛으로부터 직접 관찰, 수기로써 기록되고 있으며 인큐베이터에서 보육되고 있는 신생아의 심전도 신호는 유선으로 대형 심전도 기기에 연결되어 있다. 특히 보육아와 심전도 기기는 반드시 Lead wire라는 유선 매체를 통해 연결되어야 하므로 보육기 내의 신생아를 외부와 격리된 상황에서 측정하기 위해서는 항상 공간적으로 제약점이 존재하게 된다.

이와 더불어 기존의 생체 신호 측정 시스템은 크기가 너무 커서 신생아에게 부착이 불편하고 측정 및 감시 시에 휴대가 어려워서 공간의 제약을 가지는 단점이 있다. 그리고 심전도 신호 또한 감시자에 의해 직접 수시로 관찰, 기록하여야 하는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 이러한 불편함 및 단점을 보완하기 위하여 신생아에게 최소한의 기기만을 부착하여 온도 및 심전도 신호를 측정하고 블루투스를 이용하여 신호를 전송하며 여러 대의 인큐베이터로부터 수신된 신호를 실시간으로 화면에 통합, 표시하는 중앙 감시가 가능한 시스템을 제안하고 구현하였다.

제안된 시스템은 보육기 및 신생아에 부착이 용이하도록 소형으로 설계하였으며 소형 배터리로 동작이 가능하도록 저전력으로 설계하였다. 무선통신기술의 하나인 블루투스 모듈(Bluetooth Module)을 내장하여 측정된 신호를 무선 전송이 가능하게 하였으며 블루투스 모듈을 내장한 개인 휴대 단말기(휴대폰 및 PDA)로의 전송이 가능하여 시간 및 공간에 구애 받지 않는 중앙감시가 가능 할 것으로 기대된다. 또한 다채널 수신이 가능한 수신기를 사용하여 보육기내의 온도 습도 및 ECG, Skin Temperature등의 다양한 Parameter, 그리고 다수의 보육기 및 신생아의 관찰이 가능하도록 설계하

였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안하는 시스템의 구성과 하드웨어에 대해서 자세히 설명한다. III장에서는 송수신을 위한 SW의 구성과 중앙 감시 장치의 SW의 구성에 대해서 기술한다. IV장에서는 제안된 시스템을 이용한 실험 결과를 보이고 마지막으로 V장에서 본 논문의 결론과 향후 연구방향에 대해서 언급한다.

II. 시스템 구성 및 하드웨어 제작

전체 시스템은 송신 시스템과 수신 시스템으로 구성되어 있다. 송신 시스템에서는 보육아의 신호를 측정하여 송신하는 기능을 하며 수신 시스템에서는 각각의 인큐베이터에서 보내지는 신호를 받아서 중앙 감시 시스템에 표시해주는 기능을 한다.

2.1 송신 시스템

심전도 송신 시스템은 보육아의 심전도 신호를 측정하여 증폭하는 증폭기와 증폭된 신호에 실려 있는 노이즈를 제거하는 필터, 보육아의 안전을 위한 오른다리 구동회로로 구성된 아날로그 부분과 증폭된 신호를 디지털 신호로 변환 및 송신 시스템을 제어하는 마이크로 컨트롤러(PIC12C671)가 탑재되었고 고유 ID를 부여해 무선으로 데이터를 전송하는 블루투스 모듈(삼성전기 BTKZ1702YA)로 구성되는 디지털 부분으로 구성하였다[6]-[8].

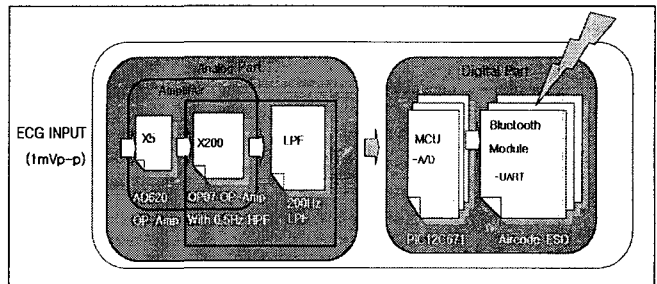


그림 80. 심전도 송신부 블록도시스템
Fig. 80. ECG Transmit Block Diagram

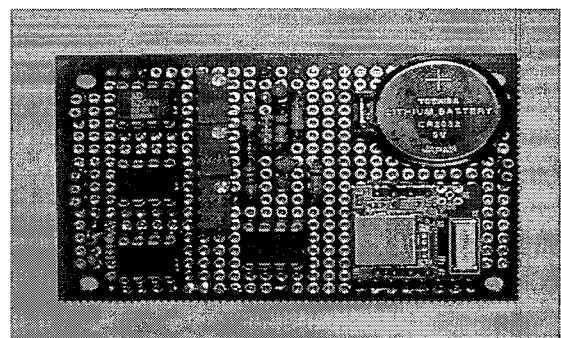


그림 81. 심전도 송신부 하드웨어
Fig. 81. ECG Transmit Hardware

습도 송신 시스템은 PIC12C508에서 SCK(Serial Clock Input)을 제공하여 온습도 센서(SHT11)로부터 측정되고 증폭 및 디지털 변환되어 나온 신호를 인큐베이터별 고유 구분 ID를 부여해 무선으로 데이터를 전송하는 블루투스 모듈(삼성전기 BTKZ1702YA)로 구성하였다[6]-[8].

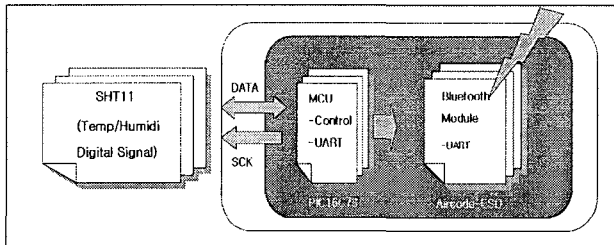


그림 82. 온/습도 송신부 블록도
Fig. 82. Temp/Humidity Transmit Block Diagram

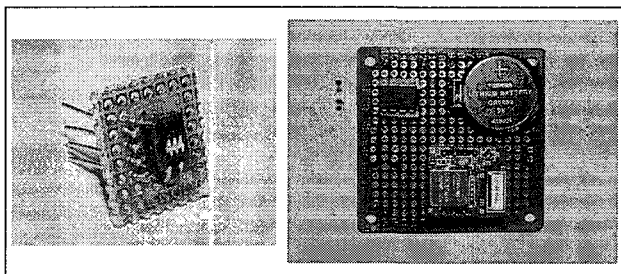


그림 83. 제작한 온/습도 송신부 블록도
Fig. 83. Temp/Humidity Transmit Hardware

2.2 수신 시스템

수신 시스템은 송신 시스템에서 전송한 신호를 블루투스 수신 모듈을 통해 수신하여 인큐베이터 별 송신 시스템의 고유한 ID와 심전도 및 온습도 신호를 분리하여 심전도와 온습도 신호를 화면에 표시하여 중앙 감시가 가능하도록 한다. 수신 시스템은 4개의 확장용 USB port를 사용하여 최대 35개의 장치를 연결할 수 있는 블루투스 무선 RS-232멀티 시리얼 포트 (Multi-Port Bluetooth RS-232 MSP-102)를 통해 데이터를 수신하고 수신한 데이터를 중앙감시용 컴퓨터의 RS-232 통신을 통해 전송하고 모니터 상에 표시 하도록 하였다.

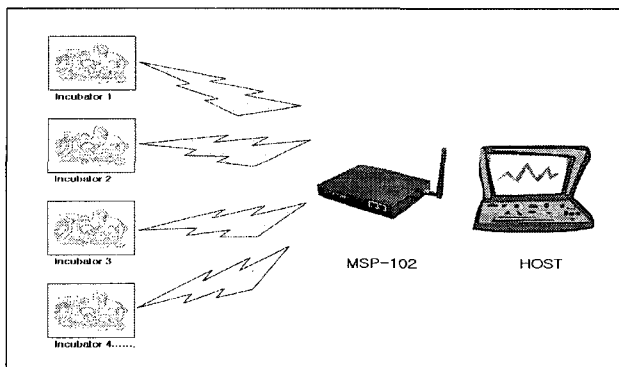


그림 84. 멀티 포트 수신 시스템
Fig. 84. Multi port Receiver

MSP-102는 TCP/IP 네트워크를 이용하여 블루투스 단말 장치와 통신이 가능하다. MSP-102는 확장용 USB 포트가 내장되어 블루투스 접속 용량을 늘리거나 무선랜 접속 기능을 추가할 수 있다.

III. 소프트웨어의 구성

소프트웨어는 중앙 감시 센터에서 감시할 수 있도록 컴퓨터 기반 프로그램으로 작성 하였다. 컴퓨터 기반의 프로그램은 마이크로소프트사의 Visual C++ 6.0을 이용하였다. 블루투스 수신기에서 수신한 온습도 데이터 및 환자의 심전도 데이터는 컴퓨터의 직렬 포트(Com port)를 통해 입력되고 이 데이터는 화면에 숫자데이터 (Numeric data) 및 그래프로 표시된다[7].

온습도 송신부의 마이크로 컨트롤러(PIC12C508)는 온습도 센서의 동기 신호인 SCK(Serial Clock Input)를 작성하고 센서로 전송하며 이에 따라 발생된 온습도 디지털 신호를 컨트롤러 내로 입력 받아 블루투스 모듈로 데이터를 전송하고 시리얼 통신 프로토콜(UART Protocol)에 맞추어 외부로 전송한다[9].

심전도 송신부의 마이크로 컨트롤러(PIC12C671)는 마이크로 컨트롤러의 기능중 A/D 변환 완료 인터럽트(A/D Conversion Complete Interrupt), 디지털 변환기(A/D Converter), 시리얼 통신(UART)을 사용한다. 먼저 인터럽트(Interrupt), 디지털 변환기(A/D Converter), 시리얼 통신(UART)을 초기화하고 증폭된 심전도 신호를 8bit로 A/D 변환을 시작한다. A/D 변환이 끝 날 때까지 대기한 후 완료를 알리는 인터럽트(A/D Complete Interrupt)가 발생하면 A/D 변환한 디지털 데이터를 시리얼 통신 프로토콜(UART Protocol)에 맞추어 다시 변환하고 블루투스 모듈로 데이터를 전송한다[9].

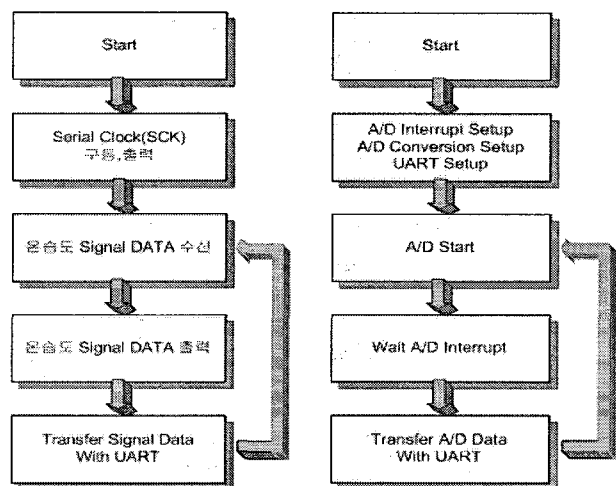


그림 85. 온습도 및 심전도 전송 구동 프로그램 블록도
Fig. 85. Temperature/Humidity and ECG transfer Firmware Flowchart

IV. 실험 및 결과

환자와 동일한 심전도 소스를 얻기 위해 Metron사의 ECG Simulator를 사용 하였다. 얻어진 심전도 신호를 모니터링 하기 위해 심전도 측정기에서 0.5-100 Hz의 대역필터(band pass filter : BPF)를 설계하였다. 그러나 상용 전원 혹은 주변 장치들의 전원 장치에 의해 발생하는 60 Hz 노이즈(artifact)가 존재하기 때문에 60 Hz 전원 노이즈만을 제거하기 위해 소프트웨어적으로 디지털 필터인 FIR (Finite Impulse Response) 필터를 구현하여 필터링 하였다[10].

$$y[n] = \sum_{k=0}^n b_k \cdot x[n-k]$$

멀티포트 블루투스 수신기를 USB로 확장 하였을 때 최대 35 채널까지 수신이 가능하므로 최고 17대의 보육기(Incubator)까지 연결이 가능하다. 본 실험에서는 2대의 보육기를 연결하여 온습도를 측정하고 2명의 신생아의 심전도 데이터를 수신할 수 있도록 그림7 과 같이 다중 채널로 데이터를 수신하도록 하였다. 중앙감시 컴퓨터에서는 전송된 데이터 중 온습도는 숫자 데이터로, 심전도 데이터는 실시간 그래프로써 화면에 보여질 수 있도록 하였다[11].

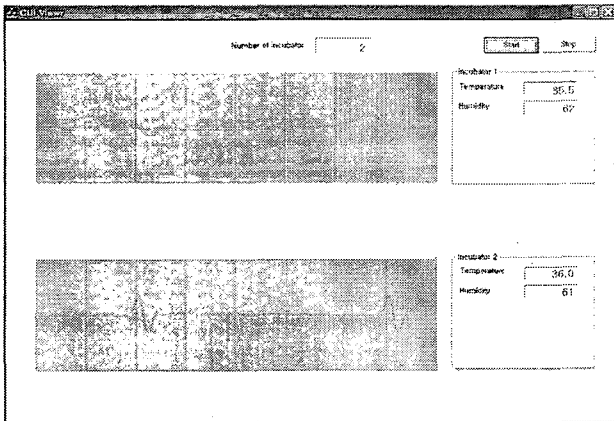


그림 86. PC에서 인큐베이터 데이터 수신
Fig. 86. Incubator Data acquisition in PC

V. 결론

본 논문에서는 온습도 및 심전도 신호를 측정하고 블루투스를 이용하여 신호를 전송하며 수신된 신호를 실시간으로 화면에 표시하는 중앙 감시가 가능한 시스템을 제안하고 구현하였다. 일반적인 생체 신호 측정 시스템은 크기가 너무 커서 신생아에게 부착이 불편하고 측정 및 감시 시 공간의 제약을 가진다. 이에 따라 있으며 휴대가 불가능하고 일정 장소에 구속되어 감시자에 의해 직접 수시로 관찰, 기록하여

야 하는 문제점을 가지게 된다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 보완하여 보육기의 위치에서 측정하고 무선으로 전송하여 감시가 용이한 중앙 스테이션에서 집중 감시를 할 수 있도록 시스템을 제작하였다.

측정 데이터의 디지털화를 통해 신뢰성 있는 방식으로 데이터를 가공하고 블루투스를 이용한 무선통신 기술을 이용하여 전송할 수 있도록 하고 휴대 및 소형화가 가능하도록 배터리 구동이 가능한 소형 저전력 시스템으로 제작하였다.

온습도 전송 시스템의 센서는 디지털화 및 증폭기가 내장된 초소형의 집적화된 CMOS형 센서를 사용하여 보육기 자체의 변형이나 구조 변경 없이 초소형 시스템으로 부착 가능하도록 하였다.

심전도 전송 시스템의 전체 이득은 신호의 효율성 및 증폭도를 고려하여 약 1000으로 구성하였고 대역폭은 약 0.5-100 Hz로 제한되도록 RC BPF Filter를 구현하였으며, 9600 bps로 데이터를 전송시 Sampling Rate는 최대 957.1 Hz이며 디지털 필터를 이용한 60 Hz 전원 노이즈 필터링이 가능하다. 또한 상용화 된 무선통신 기술중의 하나인 블루투스 기술을 이용하여 측정된 신호를 무선으로 전송할 수 있다. 따라서 원격지 측정 후 중앙 감시가 가능한 장소로 전송하고 최대 17대의 보육기를 연결 및 집중 감시가 가능하다.

앞으로 블루투스 기능을 탑재한 휴대용 노트북 및 PDA등을 이용한 연결, 전송으로 동일 공간 내에서는 이동 중에서도 측정이 가능하도록 하여 장소의 제약에 있어서나 휴대의 편의성 까지도 고려가 가능할 것으로 생각된다. 또한 Ethernet 기술을 이용하여 Web Base의 출력 또한 가능하므로 Internet 기반의 사용 또한 가능할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 배중우, "초극소 체중아에 대한 치료 성적 및 치료 guidelines," 제 10차 대한신생아학회 추계학술대회, 서울, 대한소아과학회 1999.
- [2] Richar Aston. *Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement*, An Imprint of Macmillan Publishing Company, New York. pp.135-255, 1991.
- [3] S. R. Seydnejad and R. L. Kitney, "Real-time Heart Rate Variability Extraction Using the Kaiser Window," *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, Vol.44, No.10, pp.990-1005, Oct. 1997.
- [4] W. J. Tompkins, *A Biographical Digital Signal Processing*, Prentice-Hall Inc., 1993.
- [5] J. J. Carr and J. M. Brown, *Introduction to Biomedical Equipment Technology*, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1998.

- [6] A. S. Sedra and K. C. Smith, *Microelectronic Circuits*, Oxford, New York, 1982.
- [7] J. W. Choi, Y. H. Kim, S. K. Lee, J. O. Lee, A Telemedicine System using B-ISDN, *J. Korean Soc. Med. Inform.* 1997.
- [8] 동역 메카트로닉스 연구소, RF 원격 송수신 장치의 설계 실무 무선전송 제어 시스템, 국제 테크노정보 연구소, 대전, 2000.
- [9] 신철호, PIC16C7X 테크니컬 핸드북, 컴파일 테크놀로지(주), 서울, 1997.
- [10] J. G. Proakis and D. G. Manolakis, *Digital Signal Processing : principles ,algorithm, and applications*, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1996.
- [11] J. Campbell, C 프로그래머를 위한 시리얼 커뮤니케이션, 인포북, 서울, 1995.



정 구 민(Gu-Min Jeong)

1995년 2월 서울대학교 제어계측공학과 (공학사)

1997년 2월 서울대학교 제어계측공학과 (공학석사)

2001년 8월 서울대학교 전기컴퓨터공학부

(공학박사)

2001년 8월 ~ 2004년 8월 네오앰텔 책임 연구원

2004년 9월 ~ 2005년 2월 SK텔레콤 터미널 개발팀 과장

2005년 3월 ~ 현재 국민대학교 전자정보통신공학부 조교수

관심분야 : Embedded systems, WPAN, Mobile Multimedia, Learning theory and applications



김 주 식(Joo-Sik Kim)

1998년 2월 국민대학교 전자공학과(공학사)

2006년 2월 국민대 전자정보통신공학과(공학석사)

1999년 3월 ~ 2003년 8월 서울아산병원 의용공학과(임상의공학 실험실)

2003년 8월 ~ 현재 경희의료원 의용공학과

관심분야 : Biomedical Engineering Applications, Micro Controller 응용, DSP 응용,



안 현 식(Hyun-Sik Ahn)

1982년 2월 서울대학교 제어계측공학과(공학사)

1984년 2월 서울대학교 제어계측공학과(공학석사)

1992년 2월 서울대학교 제어계측공학과(공학박사)

1985년 5월 ~ 1993년 2월 KIST 선임연구원

1993년 3월 ~ 현재 국민대학교 전자정보통신공학부/교수

1996년 8월 ~ 1997년 8월 UC Berkeley 방문교수

2004년 1월 ~ 현재 대한전기학회 이사

2005년 1월 ~ 현재 제어자동화시스템공학회 이사

관심분야 : Automotive electronics, Machine Learning, Wireless Networks, Embedded systems