

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2022.22.3.111>
JIIBC 2022-3-17

심장 초음파 측정기의 프로토타입 모델 설계 및 구현

Prototype Model Design and Implementation of Fetal Heart Sound Measurement Device

최성재*

Sung-Jai Choi*

요약 본 연구에서는 가정에서도 임산부가 손쉽게 태아의 심장 소리를 측정할 수 있는 소형 초음파 측정기의 프로토타입 모델을 설계 제작 하였다. 태아의 심장 박동은 내장된 블루투스 스피커를 통해 확인 할 수 있다. 심장 박동 주파수에 따라 led의 색깔이 다양하게 표출된다. 초음파 진동자, 블루투스 스피커와 스마트폰이 연동된다. 간단한 심장박동 측정을 통해 태아에 발생 될 수 있는 이상 징후를 미연에 발견할 수 있음을 확인 하였다. 소아와 성인의 경우에도 급성으로 발생하는 심근경색, 심부전등과 같은 심장 이상 징후 발견을 통해 돌연사를 미연에 방지 하는 용도로 유용하게 사용할 수 있다.

Abstract In the paper, A prototype Fetal Heart Monitor, mini - size, was designed and produced for pre-mothers to measure the rate and rhythm of their features's heart at home.Pre-mothers could listen fetal heart rhythm through an inner bluetooth speaker ant the monitor. LED colors show the frequency of fetal heart rate variability on the monitor. All measured health information ,by ultrasonic resonator and bluetooth speaker, is linked to a mother's smart phone. A test verified this simple measuring device helps users discover the symptoms of fetal health. Patients using at home devices usefully prevent sudden cardiac death and myocardial infraction by discovering symptoms.

Key Words : fetal heart sound, bluetooth speaker, ultra sonic resonator, led

1. 서 론

최근 전 세계적으로 확산된 코비드 19로 인해 수많은 감염자와 사망자를 발생 시키고 있다. 코비드 감염자가 회복 된 경우에도 많은 후유증을 발생 시킨다는 점이 이미 다양한 언론 발표를 통해 확인 된 바 있다. 면역력이 약한 임산부와 고령자의 경우 젊고 건강한 청년층과, 장년층에 비해 더욱 위험 한 것으로 확인 되고 있다. 더욱

이 임산부는 태아에 미치는 백신의 위험성 때문에 더욱 더 어려움을 겪고 있는 것이 사실이다. 또한 주기적인 검사와 진료를 통해 산모와 태아의 상태를 측정하고 적절한 진료를 해야 하지만 코로나 감염문제로 병원에서의 진료가 현실적으로 쉽지 않은 상황이다. 전 세계적인 의료 통계를 볼 때 태아의 심장 박동 이상으로 태어나기도 전에 사망 하는 경우도 보고되고 있다. 선천성 심장병은 출생아 1,000명중 8명의 빈도로 발병한다는 보고가 있

*중신회원 , 가천대학교 전자공학과
접수일자 2022년 5월 23일, 수정완료 2022년 6월 9일
게재확정일자 2022년 6월 10일

Received: 23 May, 2022 / Revised: 9 June, 2022 /
Accepted: 10 June, 2022

*Corresponding Author: csj0717@gachon.ac.kr
Dept.of electronic engineering gachon university, Korea

을 정도로 심각하지만 그 원인은 잘 알 수 없다고 한다. 우리나라의 경우 2010년 대한 흉부외과 수술 자료에서는 연간 3,000례 정도의 선천성 심장 수술이 시행되었다고 보고된 바 있다. 2022년 현재에는 조기 수술로 인한 사망률 감소가 현저하게 개선되었다고 보고되고 있다. 소아 심장병인 경우 1세 미만의 사망률은 50% 정도이고 적절한 시기에 수술하는 경우는 95% 이상이 완전 교정되고 장기 생존이 가능하다고 한다.

심장 질환을 갖는 신생아나 영아의 증상은 청색증, 호흡 곤란, 심부전, 심잡음 등이 나타난다. 소아 뿐만 아니라 성인의 경우에도 심근 경색이나 심장 이상으로 인해 사망하는 경우도 빈번히 발생하고 있는 실정므로 태아, 유아, 성인 모두 심장병의 위험을 미연에 예방하기 위해서는 초음파 측정 장비를 이용한 심장 박동 음 측정과 심전도 검사가 요구된다. 본 연구에서는 임신부가 병원까지 직접 방문 하지 않더라도 가정에서 간단하게 태아의 심장 박동을 확인 할 수 있는 간이 초음파 측정 장비의 프로토 모델을 설계하고 제작 하였다. [1],[2],[3]

II. 관련 연구

1. 심장 초음파

초음파는 20,000Hz 이상인 주파수를 의미하는데 임상용으로 사용되는 초음파 주파수 대역은 2~15MHz가 사용된다. 초음파는 방향성을 가지고 매질을 통과하면서 매질과 초음파의 상호 반사 작용을 통해 반사되는 초음파 정보를 영상으로 변환함으로써 해부학적인 구조를 관찰할 수 있다. 초음파는 사인파의 형태를 가지고 압축(compression)과 희박(rarefaction)의 상태로 연속적으로 나타나는 세로파로 표현된다. 고주파인 경우 파장은 짧아지고 저주파인 경우는 파장은 길어진다. 파장이 짧을수록 투과되는 정도는 낮아진다. 심장 초음파의 경우는 3~5MHz를 사용한다. M-mode 심초음파 진단이 가능해지면서 Ultrasound cardigram 이라는 이름을 정식으로 사용하게 되었다. 심장 초음파를 이용한 심장 질환 진단은 3차원 초음파 진단기의 개발로 이어졌고 수많은 심장병 환자들의 생명을 구하는 중요한 진단 장비로 자리 잡게 되었다. [4],[5]

2. 심박변이와 태아초음파 측정

심박변이(heart rate variability; HRV)는 심박주기

의 시간적인 변동으로 자율신경의 교감,부교감 신경간의 균형 상태와 활동을 관찰하는데 이용된다. 심전도 (electrocardiogram)는 심장의 전기적인 활동으로부터 측정된 신호로 심장의 상태에 따라 P파, QRS파,T파 와 같은 특정 파형을 가지게 된다. 태아의 선천성 심장 기형은 산모와 태아의 내적 외적요인에 의해서 발생된다. 산모의 경우는 감염, 가족력이 의심되고, 태아의 경우는 염색체 이상이나 심장 기능의 이상으로 나타나지만 정확한 원인을 정의 하는 것은 어렵다.

태아 심장 초음파는 임신 5주차 실시하는 심장 박동 확인을 시작으로 8주차에 심장 사이의 막과 동맥과 정맥의 연결 상태 확인 12주차에는 심장의 구조 확인 13주차부터는 좌심실, 우심실의 유출로를 확인 할 수 있다고 알려져 있다. 심장 박동의 이상 현상을 미리 발견 할 수 있다면 심장질환으로 발생 되는 사망의 원인을 초기에 진단하고 빠른 조치를 통해 사망률을 최소화 할 수 있다. [6],[7]

3. 블루투스 기술의 개요

블루투스는 전화기,노트북,카메라,프린터,커피메이커 등과 같이 서로 다른 기능을 가진 장치를 연결하기 위해서 설계된 무선 LAN 기술로 피코넷(piconet)과 스캐터넷(scatternet)의 네트워크 형태로 정의된다.블루투스장치는 내부에 장착된 짧은 영역을 가진 무선 전송기를 가지고 있고 데이터율이 2.4GHz 대역에서 1Mbps로 IEEE802.11b무선LAN과 블루투스 Lan 사이에서 간섭이 발생될 가능성을 가진다.

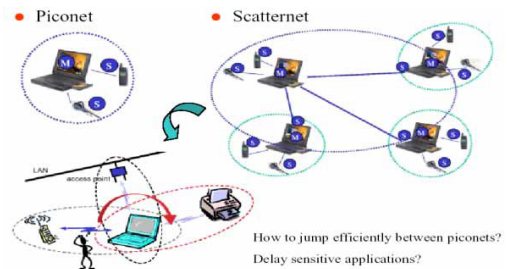


그림 1. 피코넷(piconet)과 스캐터넷(scatternet)
Fig. 1. piconet and scatternet

블루투스의 계층은 그림2에 표시된 것처럼 무선층은 인터넷 모델의 물리층과 비슷하다. 블루투스장치는 작은 전력을 사용하며 10m정도의 반경 범위에서 사용된다. 밴드 대역은 79개 채널로 나뉘어진 2.4GHz ISM 대역을 사용하며 1채널당 1MHz 가 할당된다.

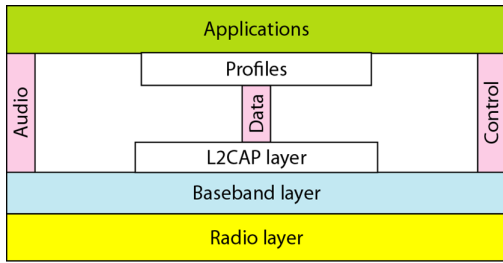


그림 2. 블루투스 디바이스 스택
 Fig. 2. Bluetooth device stack

블루투스는 다른 장치나 네트워크로부터의 간섭을 피하기 위해 물리층의 주파수 도약 확산 스펙트럼(FHSS: frequency-hopping spread spectrum) 방식을 사용하고 가우시안 대역폭 필터를 가진 FSK를 사용한다. 기저 대역층은 LAN에서의 MAC sub Layer 와 유사한데 접근 방식은 secondary에서 반이중 양방향통신의 한 종류인 TDMA(time division duplex)를 사용한다. 물리적 링크층은 SCO(synchronous connection oriented) 링크와 ACL(asynchronous connection oriented) 링크로 만들어진다. [8],[9],[10],[11],[12],[13],[14],[15],[16]

III. 심장박동 측정기의 설계 및 제작

1. 초음파 회로 설계

Fetal Heart device 제작에 앞서 초음파 회로를 설계하였다. 사람의 신체를 통과 할 수 있는 주파수의 경우 1MHz이상의 주파수를 갖는 초음파 회로가 필요하였다.

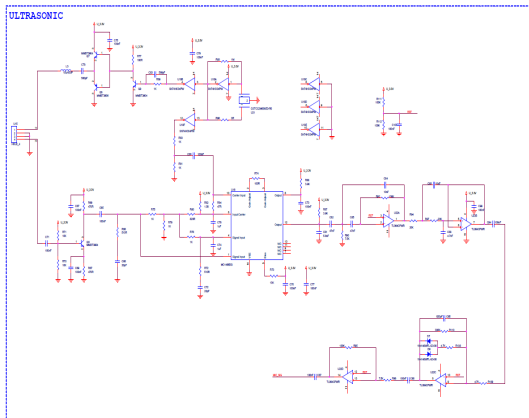


그림 3. 초음파 진동자 회로도
 Fig. 3. Ultrasound Resonator circuit diagram

태아의 심장 소리를 들을 수 있기에 적합한 2MHz의 진동자를 선정하였다. 2MHz의 초음파 진동자를 받기 위해서는 2MHz의 클럭을 발생시킬 수 있는 소자가 필요하였고 초음파의 경우 정확한 클럭이 필요하기 때문에 2MHz의 Resonator를 사용하였다. 이후 초음파를 받진 시킨 후 수신된 주파수를 사람이 들을 수 있는 소리로 변조하기 위해 주파수를 변조 할 수 있는 IC를 사용하였다. 사람의 신체를 통해 수신된 신호의 경우 매우 미약한 전압의 신호이기 때문에 이를 1000배 증폭하여 사람의 귀로 들을 수 있는 신호로 증폭하였다.

2. 블루투스 스피커 설계

증폭된 신호를 Bluetooth를 통해 전송하기 위해 BC127모듈을 사용하였다. BC127모듈의 경우 오디오 스트리밍인 A2DP, AVRCP 통신 방식이 지원되는 모듈이며 BLUETOOTH SMART READY로 사용이 가능하다. 이후 수신된 데이터를 스피커를 통해 출력할 수 있도록 그림 4에 표시된 SPEAKER회로를 구성하였다. 스피커의 출력을 20배 증폭하였다. 스피커의 경우 디바이스의 크기 및 소리의 크기를 생각하여 4Ω, MAX 2Watt 출력이 가능한 스피커를 사용 하였다.

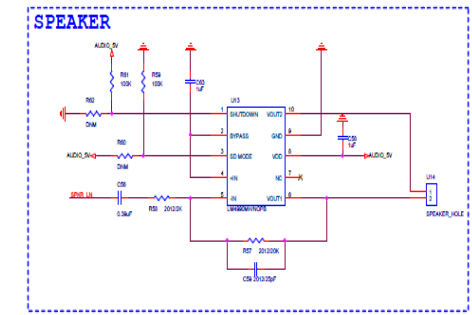
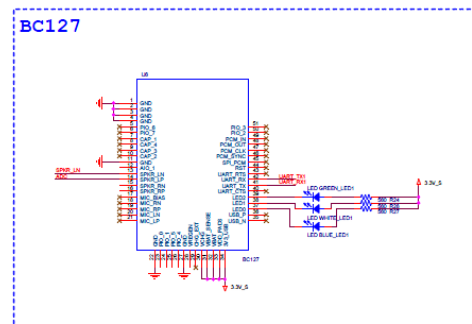


그림 4. 블루투스 스피커 회로
 Fig. 4. Bluetooth Speaker circuit diagram

3. USB 및 배터리 충전회로 설계

블루투스 및 스피커 회로 설계가 완료되고 그림 5에 표시된 USB 및 배터리 충전회로를 설계하였다. 파수에 따라 데이터를 처리하는 FFT를 실행하기 위해서는 고속의 성능을 가진 IC가 필요하였다. 이를 수행하기 위해서 STM32F407VGT IC를 사용하였다. M32F407VGT IC는 ST사의 coretex-m4에 사용되는 IC로 168MHz의 32bit의 고속인 성능을 지니고 있다.

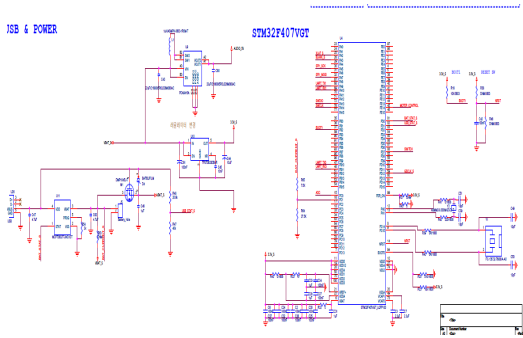


그림 5. USB and BATTERY 충전회로
Fig. 5. USB and BATTERY charging circuit

4. ARTWORK

기본 회로 설계가 완료 되면 그림6에 표시된 것처럼 ARTWORK작업을 실시한다. PCB를 제작하기 위한 작업으로 부품 배치 및 PCB 모양을 디자인하는 과정이다. 초음파를 발진하여 송수신하고 증폭하는 회로는 아날로그 회로이기 때문에 라우팅 과정 및 부품 배치가 매우 중요하였다. 따라서 최대한 라우팅의 길이를 짧게 하였고 부품을 단면에 배치하여 한쪽 면으로만 도선이 지나가도록 하였다. 또한 기구물과의 결합을 고려하여 PCB의 모양을 정확하게 일치 되도록 설계하였다.

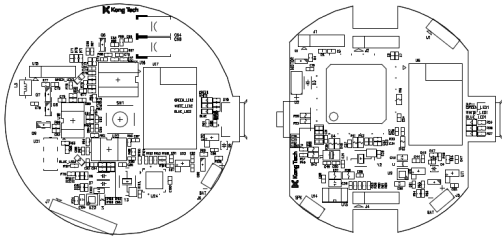


그림 6. ARTWORK
Fig. 6. ARTWORK

5. PCB제작 과 SMT

ARTWORK 작업이 완료되면 ARTWORK 파일에 나와 있는 부품 배치 및 모양 그대로 PCB를 제작한다. 제작된 PCB에 부품을 실장(부품을 PCB위에 납땀하는 과정)하는 SMT 작업을 진행한다. PCB제작의 경우 아날로그 회로의 도선 저항성분을 최소화 하기 위해 금도금을 진행 하였다.

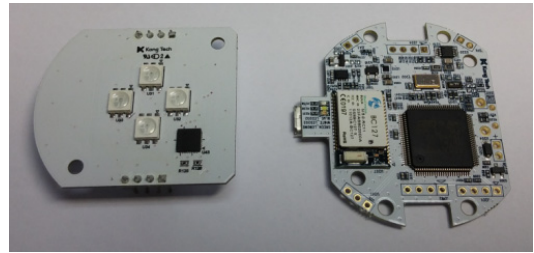


그림 7. PCB 제작과 SMT조립
Fig. 7. PCB and SMT assembly

제작된 PCB가 제품에 딱 맞게 들어갈 수 있도록 기구 설계를 하고 제품을 생산하였을 때의 제품 모양을 직접 확인하며 육안으로 확인하기 위해 목업을 진행한다. 또한 스피커가 들어간 제품이기에 때문에 제품의 소리가 확성 될 수 있도록 기구를 설계하였다. 스피커가 부착되는 부분의 빈공간을 두어 소리가 확산 될 수 있도록 하였다.

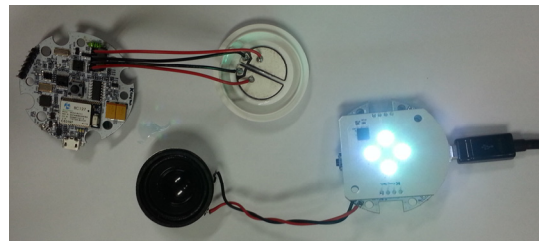




그림 8. 시제품의 외관과 동작
Fig. 8. prototype product appearance and motion

제품의 목업이 완료된 이후 펌웨어 작업을 실시 하였다. 펌웨어 작업의 경우 KEIL 프로그램을 사용하였으며 다음과 같은 기능을 추가하였다.

1. 전원 ON/OFF
2. 배터리 잔량체크
3. FFT
4. 블루투스 페어링
5. 디바이스 이름 설정
6. 디바이스 소리 조절

IV. 결 론

본 논문에서는 가정에서도 임산부가 손쉽게 태아의 심장 소리를 측정할 수 있는 소형 초음파 측정기의 프로토타입 모델을 설계 제작 하였다. 태아의 심장 박동은 내장된 블루투스 스피커를 통해 확인 할 수 있다. 심장 박동 주파수에 따라 led의 색깔이 다양하게 표출된다. 초음파 진동자, 블루투스 스피커와 스마트폰이 연동된다. 간단한 심장박동 측정을 통해 태아에 발생 될 수 있는 이상 징후를 미연에 발견할 수 있음을 확인 하였다. 성인의 경우에도 심장 박동 이상 징후 발견을 통해 돌연사를 미연에 방지 하는 용도로 유용하게 사용할 수 있다. 향후 연구과제로는 제작된 시제품 대기 전원의 수명을 연장시키는 방안과 wifi 상태가 불량하여 스마트폰 어플이 연동되지 않는 경우를 가정한 대응책에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

References

- [1] Cheol -Hyun Kim , " Study on Baby's Response To Acoustic Stimulus With Heartbeat Signal Analysis ", Department of Physics(Bio-Physis Program) Korea Advanced Institute of Science and Technology , 2003.
- [2] Jin -A Ha , " The Availability of Ultrasonography as the Method for Early Dection of Fetal Chromosomal Abnormalities ", Chonnam National University Graduate School , 2005.
- [3] Sun - Hwa Kim, " Study on the reference value of Epicardial Adipose Tissue thickness in Korean adults by Echocardiography ", Dept. of Radiological Science, Graduate School, Catholic University of Pusan , 2018.
- [4] Seon-Hye Park , " The fetal heart rate paraameters of anencephalic fetuses according to gestational age ", Dept. of Obesterics and Gynecology , Postgraduate School, Hanyang University , 2011.
- [5] Yun - Hee Park," Nonlinear analysis of fetal heart rate parameters in fetuses with nuchal cords ", Dept. of Obesterics and Gynecology , Postgraduate School, Hanyang University , 2013.
- [6] Su- Young Hong ," Clinical Efficacy of Fetal Echocardiography in Reference Cases ", Dept . of Medicine Graduate School , Dong-A University Pusan , Korea , 2000..
- [7] Hye -Yeong Kown, " Diagonistic efficiency of fetal cardiac measurement by prenatal ultrasonography in Korean pregnant women",Department of chemistry , The Graduate School, Hanseo University, 2019.
- [8] Young -Bok Cho, "Classification Algorithm for Liver

Lesions of Ultrasound Images using Ensemble Deep Learning", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC),Vol.20, No.4, pp. 101-106 , 2020.

DOI: <http://doi.org/10.7236./JIIBC.2020.20.4.101>

- [9] Dong -Byeong Kang, Sang -Hoon Ji, Young -Dae Lee, Sung-Han Bae, Gu-Min Jeong, " An Emotion Transfer System Based On LED Using Bluetooth and ZigBee ", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC),Vol.11, No.6, pp. 163-168 2011.
- [10] HanBACK Electronics LTD,"Ubiquitous Sensor Network System",ITC, pp. 1-90 , 2007..
- [11] Behrouz A. Forouzan , " Data Communications and Networking", McGraw-Hill, 2008.
- [12] Seong -Joo Lee, Seok-Hoon Kim, Won-Seok Jang,Jeong-Woo Jwa, Soon -Whan Kim" Smart Cane for the blind interworking with Sound Signal Generator ", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC),Vol.17, No.6, pp. 137-143 , 2017.
DOI: <http://doi.org/10.7236./JIIBC.2017.17.6.137>
- [13] Hyun- Young Park,"Bluetooth based LAN Access", The Graduate School of Ewha Institute of Science and Technology, Ewha Womans University, 2003.
- [14] Sung -Jai Choi " Design and Implementation of prototype model of Smart Phone ", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC),Vol.20, No.4, pp. 149-154 , 2020.
DOI: <http://doi.org/10.7236./JIIBC.2020.20.4.149>
- [15] Seung -Woo Lee, Jung -Gi Lee, Sun-Yeob Kim " LED driver IC design for BLU with current compensation and protection function ", The Journal of TheKorea Academic -Industrial cooperation Society,Vol.21, No.10, pp. 1-7 , 2020.
DOI: <http://doi.org/10.5762./KAIS.2020.21.10.1>
- [16] Jung -Won Kim,Soung-Young Om,Min-Sup Kang" Design and Implementation of an Efficient FCC for Improving the Safety of Drone", The Journal of KIIT,Vol.19, No.2, pp. 39-46 , 2021.
DOI: <http://doi.org/10.14801./JKIIT.2021.19.2.39>

저 자 소 개

최 성 재(중신회원)



- 1981년 충남대학교 전자공학과 (공학사)
- 1985년 한양대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2004년 명지대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2007년 ~ 현재 : 가천대학교 IT대학 전자공학과 교수
- 주관심분야 : 반도체 소자 제조공정기술, RF 회로해석, 인터넷방송통신 융합부분, RF Mobile 통신, RFID/USN 응용분야