The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)
Vol. 16, No. 4, pp.197-202, Aug. 31, 2016. pISSN 2289-0238, eISSN 2289-0246

http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2016.16.4.197
JIIBC 2016-4-28

생체 신호를 활용한 영아 돌연사 알람 시스템

Alarm System for Sudden Infant Death using Bio-Signals

윤수정*, 인치호**

Su-Jeong Yun*, Chi-Ho Lin**

요 약 본 논문에서는 영아 돌연사를 방지하기 위해 영아의 생체신호를 분석하여 위험상황이 발생했을 때 보호자에게 위험신호를 알려주는 영아 돌연사 모니터링 시스템을 제안한다. 영아 돌연사(SID)는 생후 한 달에서 일년 사이의 건강한 아기가 원인불명으로 사망하는 것을 말한다. 제안한 영아 돌연사 모니터링 시스템은 생체신호를 센싱하는 부분과 생체 신호를 처리하는 프로세서부와 모니터링 및 알람부분으로 구성된다. PPG 센서를 사용하여 생체신호를 센싱하고 프로세서부에서는 센서를 통해 획득한 신호를 동잡음을 제거하여 부모에게 알람 및 모니터링 할 수 있게 하였다. 제안한 시스템은 영아의 심박동을 분석하여 위험상황인 경우 보호자에게 모니터링 및 경고 알람을 보내게 된다. 시스템의 실제 구현을 통해 모니터링 시스템의 성능을 평가하였다.

Abstract In this paper, a danger signal to tell caregivers when a dangerous situation occurs, the bio-signal analysis in infants to prevent sudden infant death sudden infant death propose a monitoring system. The Sudden infant death (SID) refers to a healthy baby is unexplained deaths between birth year in the month. Sudden infant death proposed monitoring system is composed of a processor unit and the monitoring and alarm part for processing part and the biological signal sensing biological signals. Using the PPG sensor to sense the bio-signal and the processor unit the signal obtained through the sensor by removing the motion artifact was able to alarm and monitoring the parent.The proposed system will send the alarm to monitoring and alerting caregivers if the risk situation by analyzing the heart rate of the infant. With the actual implementation of the system to evaluate the performance of the monitoring system.

Key Words : Arduino, Bio Signal, Monitoring, photoplethysmograph(PPG), Sudden Infant Death

Ⅰ. 서 론

최근 우리나라에서는 영아보육에 질에 대한 요구가 높아지고 있다. 영아 보육에 있어서 가장 중요한 문제는 보육시설에서 영아의 안전을 어떻게 보장하느냐의 문제이다. 그러나 한해 사망하는 영아의 수는 약 1400명 이상이다. 영아의 사망원인으로는 다양한 이유가 있지만 가장 큰 원인은 호흡곤란 및 병원에서의 늦은 대처로 인하여 많은 신생아들이 사망한다고 알려져 있다. 영아 보육에 있어 영유아기의 안전사고는 발달 특성과 위험요인과의 관련성을 이해하는 것이 중요하다. 특히 보육시설은 영유아들이 하루의 일과 중 많은 시간을 보내는 곳이므로 보육시설의 교사들이 영아들의 발달 특성과 관련된 안전 사고를 미리 파악하여 이에 대처하여 안전사고를 줄이는 것이 중요하다. 그러나 보육교사들이 주의를 기울임에도 불구하고 보육현장에서는 영아의 갑작스런 사

*준회원, 세명대학교 컴퓨터학부
**정회원, 세명대학교 컴퓨터학부(교신저자)
접수일자 : 2016년 6월 20일, 수정완료 : 2016년 7월 20일
게재확정일자 : 2016년 8월 5일

Received: 20 June, 2016 / Revised: 20 July, 2016 / Accepted: 5 August, 2016
**Corresponding Author: ich410@semyung.ac.kr
School of Computer, Semyung University, Korea

망과 같은 중대한 사고가 발생하고 있으며, 그중에서도 영아돌연사 증후군은 최근 수년간 그 발생률이 급격하게 감소하였음에도 불구하고 미국 통계에 의하면 연간 3000건이 발생하여 영아 사망 원인 중 세 번째를 차지한다고 알려져 있다.[3-7].

영아 돌연사 증후군(SIDS: Sudden Infant Death Syndrome)이란 자세한 병력, 부검소견, 사망 현장의 조사로 설명이 되지 않는 12개월 미만의 영아의 갑작스런 죽음을 말하는데, 분명한 원인 없이 영아들이 잠을 자다가 갑작스럽게 죽는 증후군 등으로 정의된다[1-2].

본 논문에서는 영아의 돌연사를 방지하기 위해 생체신호를 이용한 영아 모니터링 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 생체신호 센싱 부분, 프로세서부와 모니터링 및 알람 부분으로 구성된다. 생체신호 센싱 부분은 PPG센서를 사용하며 PPG센서를 통하여 들어온 생체신호 데이터는 아두이노를 이용하여 센서를 통해 측정될수 있는 동잡음등을 잡음제거 필터를 사용하여 처리하고 이 데이터를 기반으로 영아의 상태를 모니터링 하여 부모에게 모니터링 및 경고 알람을 보낸다.

II. 영아돌연사 방지 알람시스템

본 논문에서 제안하는 영아 돌연사 방지 시스템은 생체신호를 사용하여 영아의 심박동 상태를 모니터링 하고 위험시 부모에게 알람으로 알려주는 시스템이다. 그림 1은 본 논문에서 제안한 영아 돌연사 알람시스템의 전체 구성도이다. 영아의 심박동 상태를 확인하기 위한 생체신호로는 PPG 신호를 사용하였고 이 PPG 신호를 이용하여 영아의 심박동 상태를 확인하고 프로세싱하기위한 보드로는 아두이노 보드를 사용하였다. 아두이노 보드에서는 생체신호를 입력받아 심박동 상태를 확인하고 심박동 기록 및 위험상황 인지시 부모에게 알람을 보내주도록 프로그램 하였다.

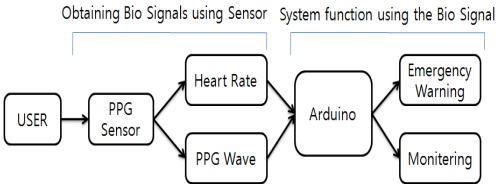


그림 1. 전체 시스템 구성도
Fig. 1. Full system configuration

영아의 심박동을 확인하기 위해 사용한 광용적맥파계측(photoplethysmograph, PPG)은 생체 조직의 광학적 특성을 이용하여 혈관에 흐르는 혈류량을 측정함으로써 심박활동 상태를 추정하는 맥파 측정 방법이다.

맥파는 혈액이 심장에서 배출되면서 나타나는 맥동성 파형으로 심장의 이완과 수축 작용에 의한 혈류량의 변화 및 그에 따른 혈관의 용적 변화를 통하여 측정이 가능하다. 광용적맥파는 광을 이용하여 혈관의 용적 변화시 나타나는 생체 조직의 광에 대한 반사율, 흡수율, 투과율 등의 특성을 관찰하며, 이 변화를 통해 맥박을 측정한다. 이 방법은 비침습적 생체신호측정 방법으로 널리 사용되고 있으며, 측정 장치의 소형화, 사용 편의성 등의 장점을 가지고 있다. 또한 광용적맥파는 피측정자의 움직임으로 인한 생체 신호와 움직임 신호의 중첩 및 물리적 힘에 의하여 신호가 왜곡되어 정확한 신호의 획득이 어려운 단점이 있다[8].

그림 2는 PPG 센서의 수광부 발광부 위치에 따른 종류를 보여주고 있다.

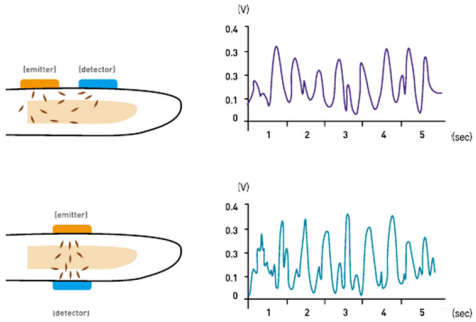


그림 2. PPG센서 종류
Fig. 2. PPG Sensor Type

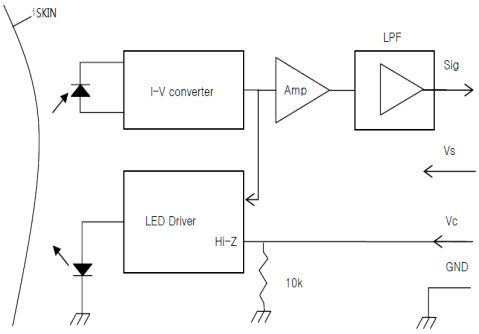


그림 3. PPG센서 기능 블럭도
Fig. 3. PPG sensor function block diagram

그림3은 본 논문에서 사용한 PPG센서의 기능 블록도를 보여주고 있다. 맥파 파형은 심장 박동에 의한 혈액과 혈관의 운동학적 특성이 반영된 것이다. 연속광을 피부 조직에 조사하여 반사되는 광량을 광-다이오드로 검출한다. 광-다이오드는 입사 광량에 비례하는 전류를 생성하며 그 전류를 전압으로 변환하는 회로를 포함한다. I-V 변환기의 출력은 LED 구동회로와 신호 증폭 회로의 입력으로 활용된다.

신호 증폭 회로는 입력 신호를 교류 증폭(차단 주파수 ~0.2[Hz])하고, 증폭된 신호는 LPF(차단 주파수 ~5.6[Hz])를 거쳐 완전한 맥파 신호(PPG)로 출력된다. LED 구동 회로는 제어 전압(Vc)과 I-V 변환기의 출력을 입력 받아 두 전압 크기가 동일하도록 LED 구동 전류를 출력한다. Vc가 증가하면 LED 구동 전류, 맥파 신호 크기가 증가한다. 출력 신호(Sig)는 연산 증폭기의 출력단에서 곧바로 제공되며, LED 제어 전압(Vc)은 10[kΩ]의 pull-down 저항을 통해 고입력 임피던스의 연산 증폭기의 입력단에 인가된다. LED 구동 전류 제어 전압(Vc)의 인가에 의한 LED 구동 전류는 대략 3[sec] 정도의 응답 시간을 갖는다. 센서 장착 부위가 변동하는 외부 광원에 노출되면 안정적인 출력 신호를 얻기 어렵다.

PPG 센서에서 획득한 신호의 동잡음을 제거하기 위한 방법으로는 다음의 4종류의 필터 조합 및 각 필터를 응용하여 사용한다.

가장 기본적으로 사용되는 필터는 저역통과필터와 고역통과 필터이다. 이 필터는 차단주파수 이상이나 이하의 신호나 잡음을 단순히 제거하는데 많이 사용된다. 둘째로 이동평균필터는 돌발적인 충격 잡음 제거에 유용하게 사용된다. 셋째로 적응 필터는 신호나 잡음 특성에 대한 사전 지식을 요구하지 않는다는 것이 큰 장점이며, 원하는 신호의 추정된 합성과 필터 계수를 변경하기 위한 에러 피드백을 통한 학습 기법을 사용한다[9].

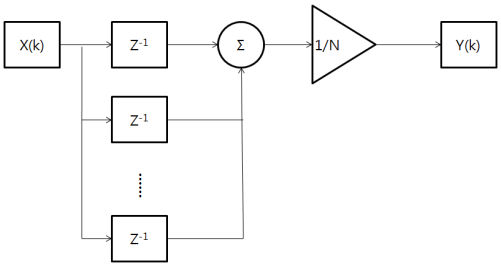


그림 4. 이동평균필터 구조
Fig. 4. The Structure of Moving Average Filter

본 논문에서 사용한 필터는 이동 평균 필터를 사용하였다. 이동 평균 필터는 k번째 샘플된 값과 윈도우 차수에 따른 이전에 샘플된 신호의 평균을 산출하여 필터링을 하는 방법이다.

필터의 구조는 그림 4와 같고, 필터의 최종출력 $y(k)$의 값은 샘플된 차수에 각 단계별 값을 합하여 평균한 값으로 식 (1)과 같다.

$$y(k) = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x(k-n) \qquad (1)$$

이동 평균 필터의 장점은 고주파 잡음의 제거, 간헐적인 동잡음의 제거에 유용하고, PPG 신호의 급작스런 변화를 줄일 수 있다. 필터의 성능을 높이기 위해 차수를 늘리면 PPG 신호의 특징점을 훼손할 수 있어 주의가 필요하다[10].

표 1은 신생아의 심박동 범주를 나타내는 표이다[11]. 본 논문에서는 표 1을 참고하여 영아의 심박동 이상 징후를 확인하였다.

표 1. 신생아 심박동수 범주
Table 1. Newborn Heart Rate category

Heart Rate	Division
200 bpm over	Emergency
170~190 bpm	Caution
110~160 bpm	Normal
70~90 bpm	Caution
59 bpm less	Emergency

그림 5는 본 논문에서 제안한 영아 돌연사 알람시스템에서 사용한 알고리즘을 보여주고 있다. 먼저 PPG 센서를 통해 생체 신호를 측정한 후 메인프로세서로 사용하고 있는 아두이노 보드의 내장된 10비트 ADC컨버터를 사용하여 입력받은 후 이 데이터를 저장한다. 입력된 ADC데이터를 사용하여 영아의 심박동수를 확인 후 표 1의 신생아 심박동수 범주 표를 참고하여 영아의 심박동이 이상징후를 보일시에는 보호자에게 경고를 주기위한 알람을 울려주고 심박동이 정상범주일때는 데이터를 모니터링 할 수 있도록 저장한다. 경고 알람을 위한 블루투스 연결은 안드로이드 SDK에서 제공되는 Bluetooth API를 활용하여 메인프로세서와 데이터 송수신을 할 수 있게 하였다.

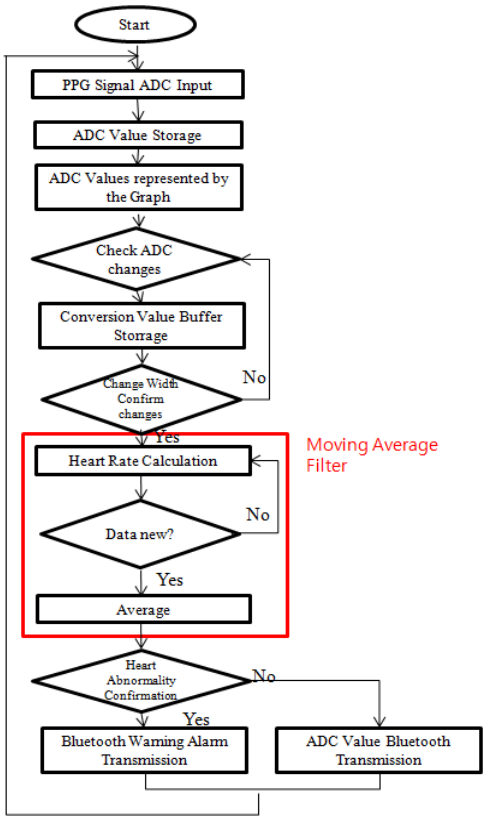
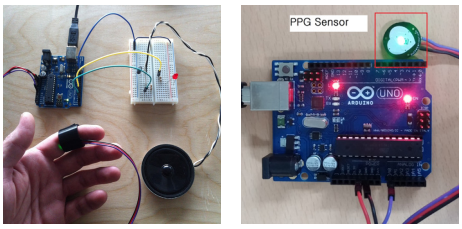


그림 5. 영아 돌연사 방지 알람시스템 알고리즘
Fig. 5. Alarm system algorithms to prevent sudden infant death

Ⅲ. 실험 및 결과



(a) (b)

그림 6. 영아 돌연사 방지 알람시스템 하드웨어부
(a) 전체 실험환경 (b) 메인프로세서부
Fig. 6. PPG measurement hardware
(a)Full experimental environment
(b) main processor

그림 6은 본 논문에서 제안하는 영아 돌연사 방지 알람시스템의 하드웨어부를 보여주고 있다. PPG센서의 전원은 메인프로세서 보드의 전원부에서 5V를 공급받도록 하였으며 PPG센서의 DATA출력부는 아두이노 보드의 ADC핀에 연결하여 메인프로세서로 DATA를 전송하였다. 경고 알람을 울리기 위한 스피커는 아두이노 보드의 입출력포트에 연결하였고 알람을 전송하기위한 통신 모듈로는 블루투스를 사용하여 아두이노 보드의 시리얼 단자를 통해 블루투스 통신 모듈을 연결하였다.

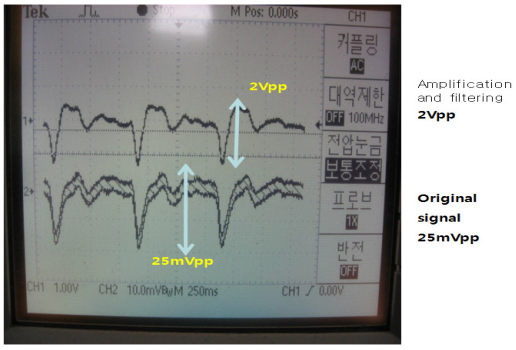


그림 7. 원 생체신호 와 필터링 신호 비교
Fig. 7. Comparing the filtered signal with the original biological signals

그림 7은 본 논문에서 사용한 PPG 센서를 통하여 입력된 신호를 하드웨어적으로 증폭 및 필터링을 거쳐 나온 결과 파형을 보여주고 있다.

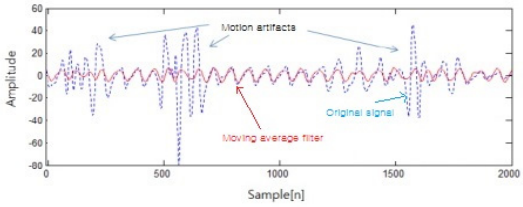


그림 8. 영아돌연사 방지 알람시스템 알고리즘 사용 결과
Fig. 8. Alarm system algorithms to prevent sudden infant death

그림 8은 PPG 센서를 통하여 측정된 생체신호를 본 논문에서 제안한 알고리즘을 이용하여 측정하였을때 생체신호의 잡음을 제거하는 결과를 보여주고 있다.

Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 영아 돌연사 방지를 위하여 생체신호를 이용한 영아 돌연사 방지 모니터링 시스템 설계 및 구

현을 하였다. 제안한 시스템은 생체신호를 획득하기 위해 PPG 센서를 사용하였고, PPG센서를 통해 영아의 심박동을 획득하여 영아의 상태를 부모에게 모니터링하였다. 영아의 상태가 정상 범주를 벗어나면 부모에게 모니터링 및 경고알람을 보내는 시스템이다. 본 논문의 실험결과, 영아의 심박동을 확인하기 위해 사용한 PPG 센서에서 획득한 신호에는 영아로부터 발생되는 여러 가지의 동잡음이 포함되어 있었다. 본 논문에서 구현 된 시스템에서는 동잡음을 제거하기 위해서 이동평균 필터를 사용하여 센서에서 획득한 생체신호의 정확성을 높였으나 이동평균 필터만으로는 정확한 상황을 인지하는데 다소 어려움이 있었다. 향후에는 적응필터와 이동 평균필터의 조합과 가속도 센서 등을 사용하여 동잡음을 제거, 생체신호의 정확성을 높이면 좀 더 정확한 알람시스템을 제작할 수 있을 것으로 보인다.

References

[1] D. I. Tudehope and G. Cleghorn, "Home monitoring for infants at risk of the sudden infant death syndrome.", Journal of Paediatrics and Child Health, Volume 20, Issue, pp.137-140, 1984.

[2] MG MacDonald, MMK Seshia, and MD Mullett, "Avery's neonatology: pathophysiology & management of the newborn", Lippincott williams & wilkins, Philadelphia, 2005

[3] Corbishley P, and Rodriguez-Villegas E, "Breathing detection: towards a miniaturized, wearable, battery-operated monitoring system",Biomedical Engineering, IEEE Transactions on, vol. 55, no. 1, pp.196-204, 2008

[4] J.S. O, J. J. Kang, M. J. Lim, and K. Y. Lee, "Design and Implementation of an Emotion Recognition System using Physiological Signal", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 10, No. 1, pp. 57-62, 2010

[5] Linti C, Horter H, Osterreicher P, and Planck H, "Sensory baby vest for the monitoring of infants", In Wearable and Implantable Body Sensor Networks, International Workshop on, IEEE, 2006

[6] Tewel N, "Application of MEMS accelerometer for baby apneamonitoring under home conditions", Acta Bio-Optica et Informatica Medica. Inzynieria Biomedyczna, vol. 16, no. 4, pp. 389-393, 2010

[7] Ziganshin EG, Numerov MA, and Vygolov SA, "UWB baby monitor", In Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals, 5th International Conference on, pp. 159-161, 2010

[8] J.H. Kang, B.H. Cho, J. Lee, Y. Chee, I.Y. Kim, and S. I. Kim, "A Study on Accelerometer Based Motion Artifact Reduction in Photoplethysmography Signal." Journal of Biomedical Engineering, Vol. 28, No. 3, pp.369-376, 2007.

[9] N.V. Thakor and Y.S. Zhu, "Applications of Adaptive Filtering to ECG Analysis : Noise cancellation and arrhythmia detection," IEEE Trans. Biomed. Eng,Vol.38, No.8, pp.785-794, 1991.

[10] H.W. Lee, J.W. Lee, W.G. Jung, and G.K. Lee, "The Periodic Moving Average Filter for Removing Motion Artifacts from PPG Signals," Internal Journal of Control, Automation, and System, Vol. 5, No. 6, pp.701-706, 2007.

[11] G.Y. Kim, J.S. Park, G.H. Na, M.H. Park, G.Y. O, Y.S. Yang, I.T. Hwang, and J.S. Park, "Normal Variation and Predictive Value for Pregnancy Outcome of Fetal Heart Rate in the Early First Trimester", Obstetrics & Gynecology Science, Vol.46, no11, pp.2134-2138, 2003

저자 소개

윤 수 정(준회원)

- 2004년 : 한라대학교 공학사
- 2004년 ~ 2006년 : 한라대학교 공학석사
- 2014년 ~ 현재 : 세명대학교 대학원 박사과정

<주관심분야 : SOC CAD, ASIC 설계, CAD 알고리즘, SOC 설계, RTOS 및 내장형 시스템, 생체신호>

인 치 호(정회원)

• 2016년 제16권 제3호 참조