

광센서와 압력센서를 이용한 맥박측정시스템 개발[†]

(Development of Blood Pressure Measuring System using piezoelectric and photo sensor)

최영숙*, 김경재**, 홍우현**, 류정탁***

(Young-Suk Choi, Kyung-Jae Kim, Woo-Heon Hong, Jeong-Tak Ryu)

요약 사람들의 평균 수명이 늘어남으로써 건강에 대한 관심도가 매우 높아지고 있다. 그에 따라 사람들은 자신의 몸 상태를 체크하며 주기적으로 자신의 건강상태를 확인하기 위해 정기검진을 받는다. 그러나 평소 자신의 맥박이나 혈압의 체크를 통하여 건강관리 및 질병예방이 가능하다. 따라서 본 논문에서는 간편하게 얻을 수 있으면서도 기본적인 유용한 정보를 많이 가지고 있는 맥박신호를 혈액량에 따라 투과율의 변화를 측정할 수 있는 광센서를 이용한 방법과 압전 센서를 사용하여 손목의 요골동맥의 압력을 측정하여 맥박을 측정할 수 있는 휴대용 맥박측정 시스템을 구현하였으며 두 방법으로 제작된 시스템을 비교연구 하였다.

핵심주제어 : 압전 센서, 광센서, 맥박, 건강관리시스템

Abstract By increasing people's average life span, interest for health is highly growing. According to hoping to check their body condition, people have a medical checkup periodically to check their condition. But, they can prevent disease or are able to make a health care through checking people's pulse or blood pressure. In this paper, two different pulse measurement systems were developed, one system using a photosensor which is able to measure transmissivity's change through blood volume and another system using a piezo-electric sensor which can measure pulse when it measures radial artery's pressure in the wrist are realized. We compared two systems each other.

Key Words : Measurement of pulse, Piezoelectric Sensor, Optical sensor, Ubiquitous Health Care

1. 서론

인간의 수명이 늘어남으로써 건강에 대한 관

심도가 매우 높아지고 있다. 사람들은 수시로 자신의 몸 상태를 체크하기를 바란다. 따라서 주기적으로 자신의 건강상태를 체크하기 위해 병원에서 정기검진을 받는다. 하지만 정기검진을 받는다는 것은 평소의 생활 패턴에서 측정하는 것이 아니라 검사를 받기 위해 사전에 준비를 해서 검사를 받는다고 할 수 있다. 예를 들어 패스트 푸드점에 파는 음식들은 다량의 트랜스 지

[†] 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신 인력 양성사업으로 수행된 연구 결과임.

* 대구대학교 전자공학과 석사과정

** 대구대학교 전자공학부 전자시스템공학전공

*** 대구대학교 전자공학부 (교신전자 jryu@daegu.ac.kr)

방산을 포함하고 있는데 트랜스 지방산이 체내에 쌓이게 될 경우, 체중이 늘어나고 해로운 콜레스테롤인 저밀도지단백질이 많아져 심장병, 동맥경화증 등의 질환이 발병되는데 이는 평소에 한의학에서 환자의 질병을 진단하는 가장 대표적인 방법인 맥박이나 혈압을 체크함으로써 예방 가능하다[1,2].

본 논문에서는 간편하게 얻을 수 있으면서도 기본적으로 유용한 정보를 많이 가지고 있는 맥박신호를 혈액량에 따라 투과율의 변화를 측정할 수 있는 광센서를 이용한 방법[3]과 압전 센서를 사용하여 손목의 요골동맥의 압력을 측정하여 맥박을 측정할 수 있는 간이형 맥박측정 시스템을 구현하였으며 두 방법으로 제작된 시스템을 비교연구 하였다.

2. 맥박의 측정 방법

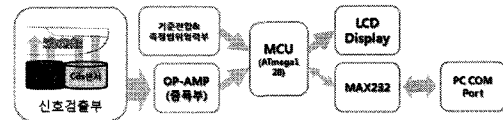
혈압과 맥박을 측정하는 방식에는 크게 두 가지가 있는데 그 중 하나가 오실로메트릭 방식이다. 이 방식은 일반적인 전자 혈압계의 측정방식으로 커프가 일정한 속도로 팽창하고 수축할 때 형성되는 혈압 펄스(신호)를 분석하여 측정하게 된다[4]. 여기에서 사용되는 센서는 압전 효과를 이용한 진동 센서인데 혈관으로 혈류가 지나갈 때의 압력을 이용한다. 또 다른 방법은 코르토코프 방식으로 청진기를 이용한 의사들의 측정방식이다[5]. 커프가 일정한 속도로 팽창하고 수축할 때 혈관의 맥박의 소리를 듣고 측정하게 된다. 이것은 소형의 마이크로폰을 이용하여 심장이 뛸 때 나는 소리를 이용한다고 할 수 있다.

맥박을 측정하는 방법에는 손가락으로 유입되는 혈액량에 따라 투과율의 변화를 측정할 수 있는 광센서를 이용한 방법과 손목의 요골동맥이 팽창 또는 수축할 때의 진동을 측정할 수 있는 압전센서를 이용하는 방법을 들 수 있다. 관련연구에서는 광전용적맥파를 이용해서 요골동맥 부위에서 940 nm의 적외선을 이용한 방식으로 포토 인터럽터 2개를 이용하여 맥박을 측정한다[6]. 이 방식은 조직에서 광흡수도의 변화를

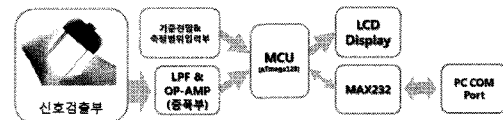
측정하는 것인데, 피부를 투과하는 빛의 강도를 측정하면 신호는 수축기에 조직에서 빛의 감쇠가 증가하여 신호가 감소하며, 이완기에 증가한다.

그림 1은 광센서를 이용한 맥박측정 시스템으로 CdS센서와 고휘도 LED의 위치를 나란히 하여 측정한다. 고휘도 LED에서 나오는 빛이 심장박동에 따른 혈액의 양에 따라 손가락에서 반사되는 빛의 강약이 달라지는데 CdS센서는 이 빛신호를 받아 CdS센서의 저항 값을 변화시켜 출력전압의 변화를 이용하여 맥박측정이 가능하다.

그림 2는 압전센서를 이용한 맥박측정 시스템 구성도로 이 방식은 손목부분(요골동맥 부근)에서 감지되는 미묘한 맥박을 Piezo film sensor를 사용하여 측정한다. 맥박은 1~2Hz의 저주파를 가진다[7]. 그렇기 때문에 맥박신호에서 나오는 작은 신호를 증폭해 주면서 10Hz이상의 주파수가 발생했을 때는 제거해 줄 수 있도록 LPF(Low Pass Filter)를 거친 신호들의 피크치를 카운트하여 측정이 가능하다.



<그림 1> (a)광센서와 (b)압전센서를 이용한 맥박측정 시스템 구성도

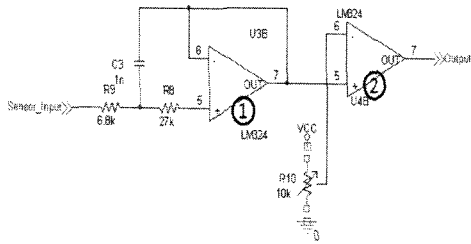


<그림 2> (a)광센서와 (b)압전센서를 이용한 맥박측정 시스템 구성도

3. 시스템 구현 및 실험

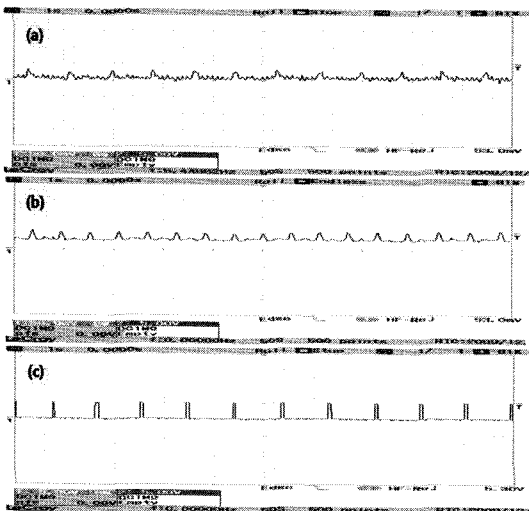
먼저 광센서를 이용하여 맥박측정 시스템을 구현하였다. 광센서에서 나오는 신호는 10 ~ 40mV 사이의 변화를 보이는데, 외란광의 영향으로 잡음이 포함되어 있기 때문에 그림 3과 같

이 CdS셀의 출력 신호를 MCU에서 사용할 수 있도록 하는 필터링 회로와 비교기 회로를 구현하였다.



<그림 3> CdS셀의 출력신호에 대한 필터링과 비교기 회로

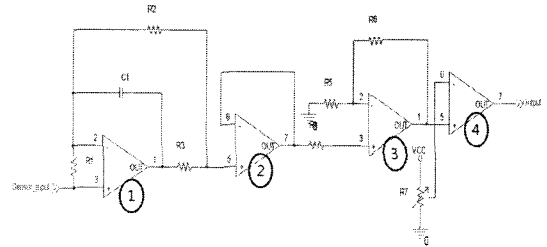
그림 3의 필터링과 비교기회로에 대한 출력 신호를 그림 4에 나타내었다. 가로축은 측정 시간을 나타내고 세로축은 맥박 신호의 강도를 나타낸다. 그림 4(a)의 노이즈가 포함된 신호가 필터링 회로를 거치게 되면 그림 4(b)의 안정된 출력 신호를 얻을 수 있다. 그 신호는 그림 3의 ②번 Op-Amp의 비교기 회로를 거치게 되어 그림 4(c)신호로 MCU에 외부인터럽트로 입력되게 된다.



<그림 4> CdS셀에 대한 필터링과 비교기회로를 거친 출력신호

다음으로 압전센서를 이용하여 맥박측정 시

시스템을 구현하였다. 압전센서에서 출력되는 신호는 소신호로 MCU에 입력신호로 사용되기 위해서 LM358을 이용한 필터링과 신호증폭 및 비교기 회로를 거쳐야 한다. 그림 5는 LM358을 이용한 필터링과 신호증폭 및 비교기 회로이다.

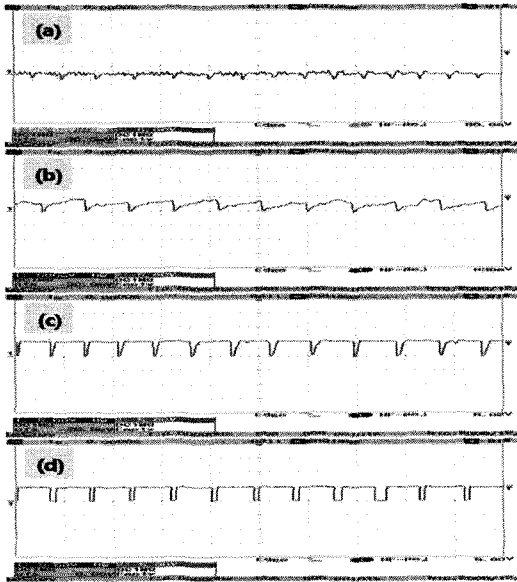


<그림 5> LM358을 이용한 필터링과 신호 증폭 및 비교기 회로

센서에서 출력되는 신호는 그림 5의 ①번 Op-Amp에서 필터링 회로를 거치고, 버퍼와 증폭기 및 비교기 회로를 거친 최종 출력신호를 MCU의 입력으로 사용한다.

LM358을 이용한 필터링과 신호증폭 및 비교기 회로를 거친 신호들에 대하여 그림 6에 나타내었다. 그림 6(a) 신호는 센서에서 나오는 출력 신호로 기준전압 0V에서 아래로 20mV 사이의 변화를 보이는데 출력되는 신호에 잡음이 포함되어 있다. 따라서 그림 5에서 ①번과 ②번 Op-Amp의 필터링 회로와 버퍼 회로를 거치게 되면 잡음이 감소된 그림 6(b) 신호가 출력된다. 이 신호는 그림 6(a) 신호에 비해 맥박 신호를 구분하기 쉽다. ③번 Op-Amp에서는 증폭을 하게 되는데, MCU의 입력으로 사용할 수 있도록 11배 증폭한다. 증폭된 신호는 그림 6(c) 신호이다. 최종 출력신호를 얻기 위해 ④번 Op-Amp의 비교기 회로를 거친 후 안정된 맥박 신호를 MCU에 전달한다.

본 시스템은 전원이 들어오면 센서의 측정값은 외부인터럽트로 들어오게 되며, Start 신호를 대기하고 있다가 신호가 들어가게 되면 timer/counter0과1이 실행이 된다. 맥박이 떨어질 때 센서의 값들이 피크치가 되면 회로에 연결되어 있는 LED에 점등되고, High edge에서 카운팅을 하게 된다.



<그림 6> LM358을 이용한 필터링과 신호 증폭 및 비교회로를 거친 신호

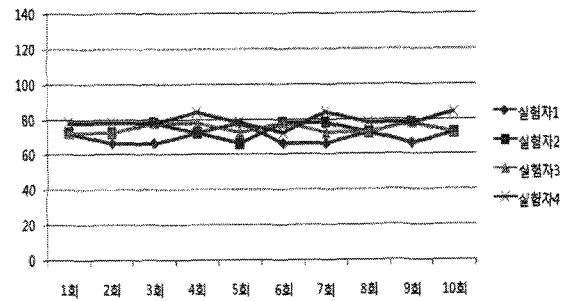
4. 데이터 수집 및 비교

CdS센서 측정방법과 압전센서 측정방법의 실험자는 동일인물이며, CdS셀로 측정을 하고 며칠 후 다시 압전센서로 측정을 하였다. 또한 1회 측정 후 10분 휴식 후 다시 측정을 하였다. 측정 시 실험자가 편안한 자세에서 평상시의 호흡 상태에서 실시하였다.

CdS 센서를 이용한 측정 방법에서는 최고 11.8%에서 최저 3.3%까지의 오차율을 보였다. 이 오차율은 우리가 구현한 시스템의 하드웨어의 구성에 있어서 손가락을 고정시킨 것이 아닌 손가락을 얹고 있는 형태로 만들었기 때문에 발생하게 된다. 따라서 손가락을 고정시킬 수 있도록 하드웨어를 개선한다면 오차율이 낮은 데이터 값을 얻을 수 있을 것이다. 또한 맥박의 측정방법이 일정 시간을 정하고 비교기를 통해 일정 전압이 들어 왔을 때 맥박을 인식하는 방식을 사용하였기에 다소 정밀감이 떨어질 수 있다. 향후 이 문제는 주파수 변환 방식으로 시스템을 개발하게 되면 해결될 것으로 예상된다.

<표 1> CdS셀을 이용한 측정결과

	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회	평균
실험자1	72	66	66	72	78	66	66	72	66	72	69.6
실험자2	72	72	78	72	66	78	78	72	78	72	73.8
실험자3	72	72	78	78	72	78	72	72	78	72	74.4
실험자4	78	78	78	84	78	72	84	78	78	84	79.2

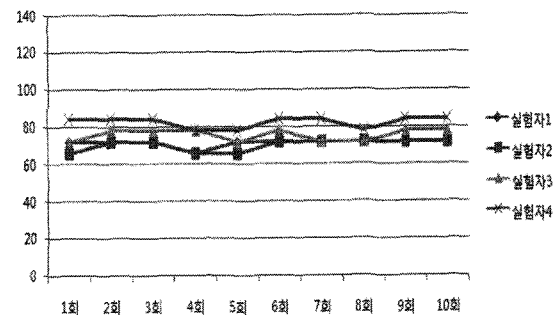


<그림 7> CdS셀을 이용한 측정결과

압전센서를 이용한 측정시스템에서는 최고 7.2%에서 최저 1.6%의 오차율을 보였다. 이 방법은 손목에 있는 요골동맥에 진동센서를 부착하였기 때문에 손목 자체를 움직이지 않는 이상 낮은 오차율의 데이터 값을 낼 수 있었다.

<표 2> 압전센서를 이용한 측정결과

	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회	평균
실험자1	72	72	72	66	72	72	72	72	66	72	70.8
실험자2	66	72	72	66	66	72	72	72	72	72	70.2
실험자3	72	78	78	78	72	78	72	72	78	78	75.6
실험자4	84	84	84	78	78	84	84	78	84	84	82.2



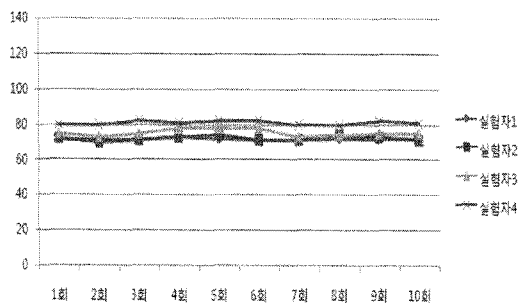
<그림 8> 압전센서를 이용한 측정결과

맥박 신호는 10초 동안 측정하게 되는데 10초가 지나게 되면 그 동안 측정되었던 맥박수에 6을 곱함으로써 1분간 맥박수가 저장된다.

여기서 6을 곱하는 이유는 실험자가 같은 자세로 1분을 유지하는 것이 힘이 들고 10초 동안에 측정된 맥박 수는 1분 후의 맥박수와 크게 다르지 않기 때문이다. 이를 확인하기 위하여 직접 손으로 1분 동안 4명의 동일 실험자들을 대상으로 맥박을 측정하였다. 그 결과 값을 표3과 그림9에 나타내었다. 앞에서 측정한 10초 동안 맥박에 6을 곱해준 맥박수의 평균과 1분 동안 측정된 맥박수의 평균을 비교하였을 때 크게 다르지 않다는 것을 알 수 있었다.

<표 3> 1분 동안 손으로 측정한 맥박수

	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회	평균
실험자1	72	71	71	73	72	71	71	72	72	72	71.7
실험자2	72	70	71	73	74	71	71	74	73	71	72
실험자3	75	73	75	78	78	78	73	74	75	75	75.4
실험자4	80	80	82	81	82	82	80	80	82	81	81



<그림 9> 1분 동안 측정된 맥박수

5. 결 론

우리는 두 가지방법의 맥박측정 시스템을 구현하였고 실험 및 비교 연구하였다. 첫 번째는 Cds셀을 이용한 측정방법으로 발광부로 고휘도 LED를 이용하고 수광부로 Cds셀을 이용하여 측정하는 방법이다. 두 번째는 압전센서를 이용하여 손목의 요골동맥이 팽창 또는 수축할 때의 진동을 이용한 방법이다. Cds셀을 이용하였을 경우 측정자의 손가락 굵기에 따라 측정데이터가 조금씩 오차를 나타냈다. 또한 압전센서의 경우에는 요골동맥을 찾는 과정에서 어려움을

겪었다. 두 시스템 모두 하드웨어적인 보강이 있다면 더 정밀한 데이터를 나타낼 수 있게 된다.

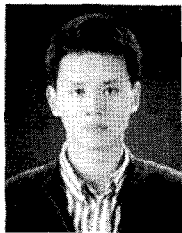
참 고 문 헌

- [1] 식품의약품안전청, 트랜스지방분석법, 2006. 11.20
- [2] 김청월, 구분주, 김종성, "자기 임피던스 센서를 이용한 맥박 측정 장치", J. of the Korean Sensors Society, Vol. 15, No. 2, pp. 77-83, 2006.
- [3] Spigulis, J., "Optical noninvasive monitoring of skin blood pulsations", Appl. Opt., Vol. 44, No. 10, pp.1850-1857, 2005.
- [4] 조정현, 이의진, 김상오, 윤길원, 정동근, "Photo - plethysmography를 이용한 맥박과 PTT 측정", 한국광학회 하계학술발표대회 논문집, pp.304-305, 2005. 7.
- [5] 서장원, "Blood Pressure Measurement and ABP Monitoring", 대한신장학회지, pp.432-437, 2005. 10.
- [6] 정동근, 김광년, 연규선, 최병철, 서덕준, "광전용적맥파를 이용한 요골동맥 맥파 검출", Korean Journal of Life Science, Vol.1. 13. No. 1. pp. 42-46, 2003.
- [7] Allen, J., "Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement", Physiological Measurement, Vol. 28, No. 3, pp.R1-R39, 2007.



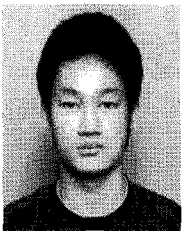
최 영 숙 (Young-Suk Choi)

- 정회원
- 2009년 2월 : 대구대학교 전자공학부 (공학사)
- 2009년 3월~현재 : 대구대학교 전자공학과 석사과정
- 관심분야 : 임베디드 센서 시스템, u-health



김 경 재 (Kyung-Jae Kim)

- 비회원
- 2004년 3월~현재 : 대구대학교 전자공학부 학사과정
- 관심분야 : 임베디드센서시스템



홍 우 현 (Woo-Heon Hong)

- 비회원
- 2004년 3월~현재 : 대구대학교 전자공학부 학사과정
- 관심분야 : 임베디드센서시스템, 하드웨어



류 정 탁 (Jeong-Tak Ryu)

- 정회원
- 1992년 2월 : 영남대학교 전자공학과 (공학사)
- 1996년 : 오사카대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1999년 : 오사카대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2000년~현재 : 대구대학교 전자공학부 부교수
- 관심분야 : 나노 및 센서 공학