

광센서를 이용한 생체신호 계측

Sensing System of Biological Signal using Photo Sensor

김한일*, 반응준*, 강민우*, 이명섭**, 구경완*

(Han-il Kim*, yong-Jun Ban*, Min-Woo Kang*, Hyung-Sup Lee**, Kyung-Wan Koo*)

Abstract

인체의 손가락 끝에서 발생하는 맥의 파형과 온도, 피부저항을 측정할 수 있는 복합센서를 설계·제작하였다. 인체신호를 계측하는 여러 가지 방법 중에서 손가락 끝의 맥 파형을 계측하고자 광센서를 활용하여 계측시스템을 구현하였고 특성을 평가하였다. 그 결과 체온측정은 대략 0.01℃의 분해능을 구현할 수 있었고, 피부저항 측정은 최대 5 MΩ까지 측정 가능하고 최소분동은 5 kΩ정도이며, 맥박측정은 새롭게 포토센서를 적용하여 미소진동을 측정할 수 있었다.

Key Words : Photo Coupler, Sensor, Pulse wave

1. 서론

현대인들은 과학기술의 발달로 인하여 물질적 풍요는 얻었으나, 과도한 업무로 인한 스트레스와 운동부족, 불규칙적인 식습관으로 인하여 건강을 잃어가고 있다. 게다가 환경 오염도 점점 심해지고 있어 현대인들에게 있어 건강은 새로운 관심분야로 다가오고 있다. 특히 인터넷의 발달로 일을 함에 있어 컴퓨터를 사용하는 시간이 길어지므로 인체는 전자파에 노출됨을 피할 수 없게 되었고, 결과적으로 눈의 피로, 관절의 이상, 두통과 스트레스에 시달리고 있다. 따라서 그 정도를 정확히 측정하고, 그 결과에 맞는 치료방법을 제공하는 일은 아주 중요한 일이지만, 아직까지 획기적인 방법은

나타나지 않고 있다. 본 논문에서는 그러한 문제의 해결책으로서 인체의 오른쪽 다섯 손가락의 손끝에서 발생하는 맥의 파형, 온도, 피부저항을 측정할 수 있는 시스템을 구현하고자 한다. 구현한 시스템에서 각각의 센서가 인식한 값들에 대한 평균치를 구하고, 이 평균치를 벗어난 항진 또는 저하되어있는 부분을 찾아 이를 허중과 실증으로 구분하여 컴퓨터 사용자들이 가지고 있는 오장육부의 음양허실을 판단한 후 필요한 치료요법들을 제공하게 된다. 인체의 손가락 끝에서 발생하는 생체신호를 계측하여 컴퓨터 사용자들의 건강상태를 진단하고자하는 시스템 개발자의 요구로 본 연구에서는 광센서를 이용한 맥의 파형 측정과 피부저항, 온도 등을 측정할 수 있는 복합센서를 설계·제작하였고, 데이터를 실시간 반복측정하고 컴퓨터로 전송하는 보드로 구성하였다

*영동대학교 정보·전자공학과

**충남대학교

(충북 영동군·읍 설계리 산 12-1 영동대학교,

대전광역시 유성구 궁동 220 충남대학교

Fax: 043-740-1129

E-mail : alramkoo@youngdong.ac.kr

2. 시스템 구성

본 실험에 사용된 시스템은 다섯 손가락에서 나오는 맥박, 온도, 피부저항을 측정하는 복합센서와 여기서 출력되는 미소 신호를 증폭하는 전치증폭기, 신호를 동시에 수집하기 위한 S/H와 홀드된 아날로그 값을 디지털 값으로 변환시키는 A/D 변환기, 그리고 MUX와 A/D 변환기를 제어하여 데이터를 실시간 반복 측정하고 즉시 컴퓨터로 전송하는 CPU 보드로 구성하였다. 또한 모든 명령과 제어는 외부 컴퓨터에서 조정하도록 하였으며, 수집된 측정 데이터를 RS232C 통신 포트를 이용하여 컴퓨터에서 백업을 받을 수 있게 하였다. 본 실험의 시스템 구성을 그림 1에 보인다.

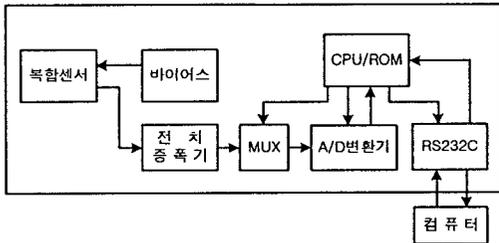


그림 1. 시스템 구성도

3. 하드웨어의 설계

3.1 복합센서

다섯 손가락의 끝에서 나오는 맥박, 온도, 피부저항을 측정하기 위해 별도로 그림 2와 같은 복합센서를 설계·제작하였다.

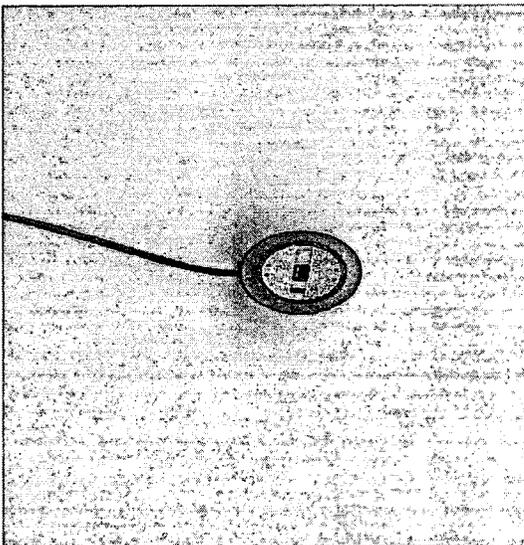


그림 2. 제작된 복합센서

1) 맥박센서

본 연구에서는 인체의 맥박에서 나오는 미세 진동의 변화를 관측하기 위하여 반사형 포토센서를 사용하였다. 다섯손가락의 맥박으로부터 발생하는 미세한 변위는 복잡한 진동형태로 나타날 수 있으나, 주된 변화는 수직 상하운동이므로 병진운동에 따른 수신된 빛의 강도 변화를 고찰하고자 한다.

그림 3은 포토 센서 앞의 물체가 (1)의 위치에서 (2)의 위치로 움직일 때, 발광 다이오드에서 발생하는 빛이 포토 트랜지스터로 입사될 때의 빛의 강도 변화를 나타낸 것이다.

통신 방법: SERIAL 38400bps, N, 8, 1

항목	PC -->> FIVE	FIVE -->> PC	설명
RESET & STANDBY	"S" <CR>	"S"	"S"를 PC로 1회 전송하고 모든 프로그램을 재 시작함.
A CHANNEL READ	"A_DATA1_DATA2" <CR>	"A" 0CH,1CH,2CH.. <CR>	"A" CHANNEL에 대한 AD값을 읽어 PC로 전송함.
B CHANNEL READ	"B_DATA1_DATA2" <CR>	"B" 0CH,1CH,2CH.. <CR>	"B" CHANNEL에 대한 AD값을 읽어 PC로 전송함.
C CHANNEL READ	"C_DATA1_DATA2" <CR>	"C" 0CH,1CH,2CH.. <CR>	"C" CHANNEL에 대한 AD값을 읽어 PC로 전송함.
D CHANNEL READ	"D_1SEC_DATA2" <CR>	"D" 0CH,1CH,2CH.. <CR>	"ALL" CHANNEL에 대한 AD값을 읽어 PC로 전송함.
ALL CHANNEL READ	"E_DATA2" <CR>	"E" 0CH,1CH,2CH.. <CR>	"ALL" CHANNEL에 대한 AD값을 "S" 입력이 될 때까지 읽어 PC로 전송함.
SET CHANNEL	"SET05" <CR>	"05_SETTING" <CR>	각각 MUX에 대한 8CH이 있는데 이를 설정하기 위함. 디폴트=05CH

그림 3. 반사형 포토센서의 원리

물체가 (1)의 위치에서 (2)의 위치로 병진운동할 때, 각 Φ 는 일정하며, 맥박으로 발생하는 미세한 변위 d 는 발광 다이오드에서 수광 트랜지스터까지의 거리 r 에 비해 매우 작다고 가정하면

$$I_0 = \frac{A \cdot P}{4\pi r^2} \quad [1], \quad I_1 = \frac{A \cdot P}{4\pi R^2} \quad [2]$$

가 된다. 이때 각각의 파라미터들은 다음과 같다.

I_0 : 발광 다이오드에서 나오는 빛의 강도

I_1 : 수광 트랜지스터로 들어가는 빛의 강도

P : 발광 다이오드에서 방출하는 빛의 총량

A : 수광 면적(A = 1로 가정)

물체가 (1)의 위치에서 (2)의 위치로 병진운동 할 때 수광 트랜지스터에 도달하는 빛의 강도변화 ΔI 는 $\Delta I = I_0 - I_1 = \frac{P}{4\pi} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{R^2} \right)$ [3]

여기서 $R = r + \frac{2d}{\cos\phi}$ 이므로

$$\Delta I = I_0 \cdot \left(\frac{4d}{r \cos\phi} \right)$$
 [4]

가 된다. 물체가 (1)의 위치에서 (2)의 위치로 병진 운동할 때 수광 트랜지스터에 도달하는 빛의 강도 변화 ΔI 는 [4]식에서 보는 바와 같이 d가 커짐에 따라 비례하여 커지며, 입사각 ϕ 가 커짐에 따라 반비례하여 작아짐을 알 수 있다.

물체의 반사면이 평행하게 움직이지 않거나 반사표면이 불규칙하게 변할 때에는 반사면의 각도 변화와 거리 변화가 복합적으로 영향을 미치므로 정량적 분석이 어렵다.

2) 온도센서

체온의 측정을 위해 실리콘 다이오드를 사용하였으며, 실리콘 다이오드에 순방향 바이어스를 걸면 전류가 흐르게 된다. 이때 다이오드의 온도에 따라 그 흐르는 전류가 정선온도 근처까지 직선적으로 미세하게 변동하는 것을 증폭하여 1V/℃로 볼 수 있게 하였다. 따라서 데이터 분해능이 10bits이므로 이론상 0.0005℃를 감지해 낼 수 있으나 주변환경조건이나 증폭기소자의 품질 등을 고려하면 신뢰할 수 있는 값으로 0.01℃의 분해능을 갖게 하였다. 결국 본 시스템에서는 100mV/℃으로 구성되어 그 변화폭을 0~5V 즉 50℃가 되며, 센서로는 칩다이오드를 사용하였다.

체온과 출력전압의 관계에서 전압은 0~5V를 출력하며 그 중간값 즉 2.5V를 37.5℃로 하여 체온이 올라가면 출력전압이 비례적으로 증가하고 내려가면 감소하게 하였다. 이때 칩다이오드의 바이어스 전압은 “Analog Devices”사의 AD580을 사용하였다. AD580은 2.5V 고정도 기준 전압원으로 사용되는 IC이다.

3) 저항측정센서

2개의 전극판을 에칭하여 제작한 후 금을 도금하여 부식을 방지하고 한쪽은 접지, 다른 전극은 저항을 통한 직류바이어스회로를 구성하였다. 손가락

을 올려 놓으면 바이어스저항과 손가락의 피부저항에 의해 전압분배가 일어나므로 이것의 변화량을 측정하여 피부저항(피로도 등등)을 측정하게 하였다. 만약 바이어스 전압을 V, 바이어스저항을 R, 피부저항을 R_1 이라고 하면 그 출력전압 V_0 는

$$V_0 = \left\{ \frac{R_1}{R+R_1} \right\} V$$

가 된다. 이때 바이어스 전압은 “Analog Devices”사의 AD581를 사용하였다. AD581은 10.000V±13.5mV 고정도 기준 전압원으로 사용되는 IC이다.

3.2 증폭기 및 원칩마이크 보드

1) 전치증폭기

각 센서에서 나오는 신호는 매우 미약하므로 이 신호를 TL084의 연산증폭기를 이용하여 100~1000배 증폭하여 A/D 변환기의 입력레벨로 되게 하였다. TL084는 CMOS 구조로 되어 있어서 입력 임피던스가 높고 4개의 연산증폭기로 구성되어 있어 우리들의 피부저항이 2~5MΩ이므로 이를 측정하기에 적합하며, 가격 또한 저렴하다.

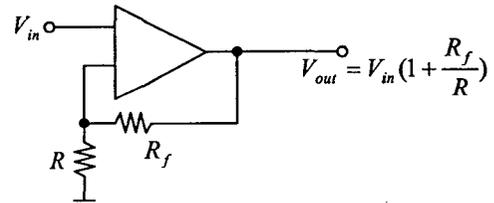


그림 4. TL084를 이용한 전치증폭기

그림 4는 비반전증폭기 회로로 본 시스템에 채택하여 각 센서의 전치증폭기로 사용하였다. 또한 필터를 사용할 경우 신호에 의한 반응이 늦어 시간 지연이 발생하여 실시간 측정에 오차를 발생하게 되므로 본 시스템에서는 필터를 사용하지 않았다.

2) CPU 보드

그림 5. 증폭기 및 원칩마이크 보드

그림 5는 복합센서에서 나온 미소의 아날로그신호를 증폭하고 A/D 변환기가 내장된 PIC마이크로로 데이터를 저장하고 전송하는 보드이다.

PIC이란 “Microchip Technology Inc”의 등록상

표로 다른 프로세서에서 찾아보기 힘든 다중채널 RS232C/422포트와 A/D포트, PWM포트를 포함하고 있으며, 입출력을 마음대로 할 수 있는 양방향 I/O포트와 EEPROM, 플래시 메모리가 있어 한번 다운로드된 프로그램은 별도의 전원 없이도 항상 유지할 수 있는 신개념의 프로세서이다.

PIC마이크는 10bit A/D 변환기 5채널이 내장된 PIC16F873을 이용하여 아날로그 값을 디지털 값으로 변환하여 RS-232C통신을 이용하여 외부 컴퓨터로 즉시 전송해 주도록 하였다.

다시 말해서 컴퓨터가 CPU에 START 명령신호를 주면 각 채널에 A/D값을 명령에 의한 초당 회수를 읽어서 연속적으로 데이터 수집 동시에 RS-232C를 이용하여 컴퓨터로 수집된 데이터를 전송하는 기능으로 데이터 수집량은 10bit A/D 변환기 5채널을 각각 샘플링하여 최대 99초 동안 데이터를 전송하도록 하고 CPU는 다시 대기상태에 있도록 하였다.

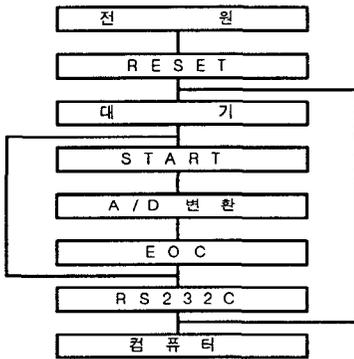


그림 6. PIC 마이크의 프로그램 FLOW-CHART

그림 6은 PIC마이크의 FLOW-CHART로 전원을 ON시키면 자동으로 RESET되고 준비상태로 대기한다. 컴퓨터에서 START 명령신호를 주면 샘플링하고 A/D변환하여 데이터를 컴퓨터로 반복 전송한다.

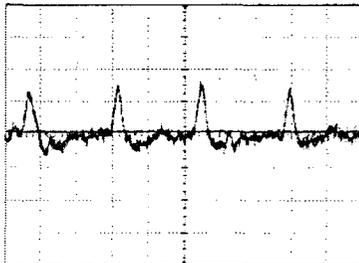


그림 7. 실제 측정된 인체신호

그림 7은 복합센서에서 나온 미소의 인체신호인 아날로그신호를 증폭하고 A/D 변환기가 내장된 PIC마이크로 데이터를 저장하고 전송하는 보드에서 얻어진 실제 데이터이다.

3.3 펌웨어 조건표

본 시스템과 컴퓨터 간 통신을 위해 표 1과 같은 펌웨어 조건을 정하였다.

1. 모든 자료의 기본 전송 단위는 8bit로 한다.
2. command 부분은 8bit 이며, 데이터 부분은 필요에 의해 크기를 결정 할수 있고, 만약 8비트이상인 경우 앞선 8bit는 상위 8bit 다음에 오는 8bit는 하위 8bit로 한다.
3. 전송되는 자료는 기본적으로 binary 값으로 한다(부호 없는 정수). 즉 command부분은 해당 코멘드의 아스키 값을 8bit로 전송하고, 데이터 부분은 값의 범위에 따라, 전송 크기를 정한 후 하위, 상위 비트를 결정하고, 해당 값을 전송한다. (아스키의 헥사 값으로 전송은 하지 않음).

표 1. 펌웨어 조건표

4. 결 론

본 연구에서 얻은 주요한 결과는 다음과 같다.

1. 온도는 체온측정에 있어서는 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ 의 분해능을 구현하였다.
2. 저항측정은 최대 5 M Ω 까지 측정 가능하고 최소 분동은 5 k Ω 정도로 하였다.
3. 맥박측정은 새롭게 포토센서를 적용하여 미소 진동을 측정할 수 있었다.

위와 같이 온도, 저항, 맥박 등을 동시 측정 가능한 복합센서를 구현하였고, 측정된 신호를 컴퓨터와 통신할 수 있도록 하는 제어보드를 설계 제작하였다.

인체 신호를 계측하는 여러가지 방법중에서 손가락 끝의 맥파형을 계측하고자 광센서를 활용하여 계측 시스템을 구현하고 특성을 평가하였다

[참고문헌]

- [1] 이호주, 박영배, 허웅, "인영·춘구 대비법을 이용한 맥 진단 시스템 구현". 대한의용생체공학확지 14(1). 1993

- [2] 윤영준, 정현민, 신학수, 소광섭 “압력조절식 맥진 센서의 개발” 대한의용생체공학회지 1999 게재