

Polysomnography를 위한 열전대 호흡센서 시스템의 설계

우용근*, 정도연**, 박광석***
02-740-8594(여), 02-3676-1175(FAX)

Design of Respiratory Sensor System for polysomnography using Thermocouple

Y.H. Woo*, D.U. Jeong**, H.S. Park***
*Interdisciplinary Program of Medical and Biological Engineering Major,
***Dept. of Biomedical Engineering, College of Medicine, Seoul Nat'l. Univ.
e-mail: dragon@snuvh.snu.ac.kr

ABSTRACT

Changes in breathing pattern and apnea both can be the result of sleep disorders. The focus of this paper is to develop methodologies to monitor the breathing pattern and to detect apnea. An accurate recording of the respiratory phase can be carried out with different methods. One of these methods is the use of a thermocouple, which reacts to the variation in air temperature, placed in the nose and mouth of the patient. The K-type thermocouple was used because it has high reliability, thermo-stability, and good corrosion resistance. And also, it has a considerable long time constant that gives a low cut-off frequency, well below the respiratory frequency and thereby causing a large phase difference. The result showed that timing of respiration was accurately obtained with the AD595, amplifier for K-type thermocouple.

서론

호흡 형태를 분석하는 것은 비단 수면진단에서 뿐만 아니라, 심장판막과 정맥혈류 속도 형태를 분석할 때 등과 같이 각종 인체 상태를 진단하는데 매우 중요한 요소 중 하나이다. 이를 분석하는 데는 여러가지 방법이 있는데 그 중 하나가 호흡용 센서를 이용하는 것이다. 호흡용 센서는 온도변화에 따라 저항의 변화 또는 기전력의 변화를 일으키는 소자를 이용하여 정상적인 호흡이 이루어지고 있는가의 여부를 판단하는 장치이다. 이러한 목적에 부합하는 sensing material로서는 thermocouple 과 thermistor device 가 있는데, 보편적으로 thermistor 가 많이 이용되지만 본 연구에서는 thermocouple 을 이용하였다. 그 이유는 thermistor probe 가 제공하는 반응속도가 정확한 정보를 제공하기에는 너무 느리다고

판단하였기 때문이다. 호흡센서의 출력을 적절히 증폭하기 위해서 AD595 증폭기를 사용하였다.

본론

본 연구에서 개발한 장치는 크게 센서 부분과 아날로그 증폭기 부분으로 여기서 나온 신호는 디지털 신호 처리 과정을 거쳐 최종적으로 컴퓨터에 나타내어 진다.

(1) Thermocouple 을 이용한 센서

Thermocouple 은 Seebeck effect 를 이용한 것인데 이는 두 개의 정점이 각기 다른 온도에서 유지되는 하나의 루프 안에 두 개의 각기 다른 전도체가 결합되어 있을 때 전류가 생기는 것을 말한다. 두 개의 물체가 각각 다른 free electron densities 를 가지고 있다고 가정하는 반면 두 개의 온도는 같다고 하면 두 물체를 결합시킬 때 그 정점은 새로운 평형을 유지하다가 전하차에 균형을 유지하려고 더욱 더 많은 에너지를 가진 전자가 한 물체에서 다른 물체로 이동한다.자연적으로 구 물체 각각의 disturbs 는 individually equilibrium 하다. 이러한 disturbance 는 자유전자의 이동에 의해 유도되며 이러한 과정에서 한쪽 물체에는 양전하가 다른 물체에는 음전하가 오게 된다. Seebeck current 는 전장의 반대 방향으로 생기며 이는 결국 시스템을 평형상태로 되돌리려는 것이다.

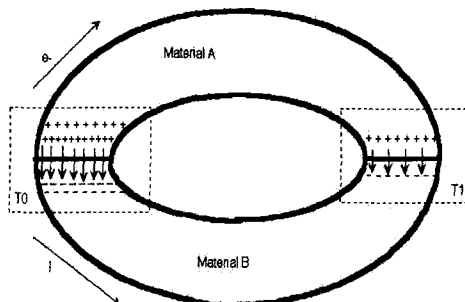


Fig.1. Seebeck effect

두 종류의 다른 금속선의 한 끝을 용접하여 폐회로를 만들어 측온접점(열접점)을 만들고 그곳에 다른 온도를 가하면 온도변화와 일정한 관계가 있는 열기전력이 발생하는 특성을 가지고 있어, 기준접점(냉접점)의 온도를 일정하게 유지하면 이 기전력에 의해 측온접점의 온도변화 및 온도를 알 수 있다.

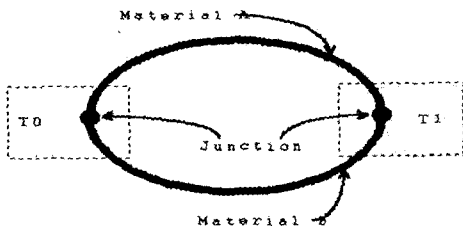


Fig. 2. Thermocouple의 기본 모델

Fig.2.에서 T0가 기준접점, T1이 측온접점이다. Thermocouple의 종류에는 J, K, E, T, B, R, S형이 있으며 이들은 각각 사용되는 금속재질이 달라 측정 가능한 온도 범위가 다르다. 본 연구에서는 상온에서의 온도 변화에 적합한 특성을 가지고 있는 K형의 Thermocouple을 이용하였다. 이것은 (+)쪽에 Chromel (Cr을 10% 함유한 Ni-Cr 합금) 도선과 (-)쪽에 Alumel (Al-Mn을 약간 함유한 Ni 합금) 도선을 조합한 것으로 신뢰성이 높고, 산화제나 불활성 분위기 중에서 1260°C까지 사용 가능하며 내열, 내식성이 비교적 우수한 반면, 환원성 가스 또는 산소분압이 낮은 여건에서는 Chromel의 열화로 인해 기전력의 오차가 발생할 수 있으므로 주의가 필요하다.

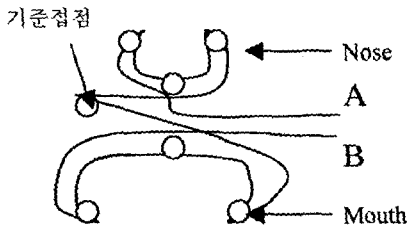


Fig.3. 실제 제작된 센서 형태

Fig.3.에서 A는 코를 통한 호흡신호의 출력을 나타내고, B는 입을 통한 호흡신호의 출력을 나타낸다.

(2) 신호의 아날로그 증폭기

호흡센서의 출력 신호는 극히 미약하여 기전력의 차를 추출해내기가 쉽지 않다. 본 연구에서는 K형 열전대용 증폭기 AD595(Analog Devices)를 사용하여 1차 증폭을 수행했는데, 이에 의한 호기와 흡기에서의 기전력 변화는 약 200mV 정도로 나타났다. 이 신호는 디지털 신호 처리부로 들어가기 전에 약 2V 정도의 변화 range를 주기 위해서 다시 gain이 11인 non-inverting 증폭회로를 이용하여 2차 증폭이 수행되었다. 본 연구에서는 +5V 단전원을 쓰는 LM324를 이용하였다.

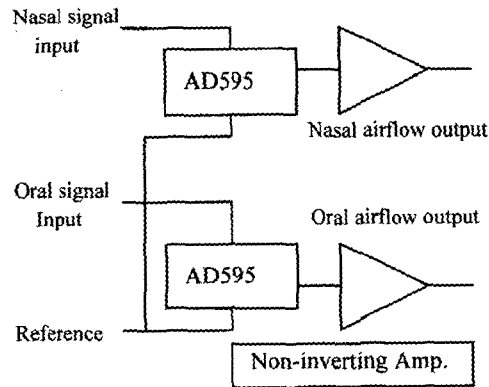


Fig. 4. 아날로그 증폭기의 블럭도

AD595는 cold junction compensation 기능을 가지고 있으며, +5V 단전원 또는 -5V~+15V 양전원 모두 사용 가능하다. Fig.4.은 아날로그 증폭단의 블럭 구성도이다. 여기서 출력된 신호는 AD converter, Digital filter, 그리고 DC 증폭기를 거쳐 최종적으로 컴퓨터에 출력된다. Fig.5.는 A/D 과정을 거친 후 컴퓨터에 display된 파형이다.

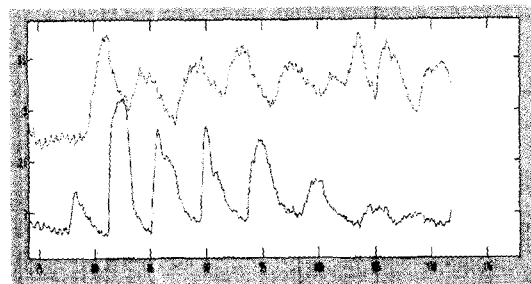


Fig. 5 출력 신호 파형

Fig.5.에서 상단의 파형이 Nasal airflow 출력이고, 하단의 파형이 Oral airflow 출력을 나타내고 있다.

결론

Thermocouple 을 이용한 호흡용 센서는 응답이 신속하고 시간지연에도 비교적 오차가 적었다. 또한, 열기전력에 의하여 온도가 검출되므로 지시, 조절, 제어, 변환 등 정보처리가 용이하며, 장시간 사용하여도 그 특성이 거의 변하지 않고 가격이 저렴한 장점이 있었다. 하지만, 센서의 제작 자체가 거의 대부분 수작업이라는 불편이 있었다. 향후 이와 같은 센서가 마이크로 칩화 된다면 피검자의 불편을 상당히 덜 수 있어서 이에 대한 연구가 계속 되어야 한다고 본다.



Fig. 6. 호흡 센서

참고 문헌

1. K. Storck, M. Karlsson, P. Ask, and D. Loyd, "Heat transfer evaluation of the nasal thermistor technique" IEEE transactions on Biomedical Engineering, vol. 43, no. 12, December 1996
2. X. Changsheng, B. Janerot Sjoberg, P. Sveider, P. Ask, D. Loyd, and B. Wranne, "Problems in timing of respiration with the nasal thermistor technique." J. Amer. Soc. Echocardiog., vol. 6, pp. 210-216, 1993