

다채널 온습도 측정기 개발

김성환, 지용주*, 이성수*, 김태훈, 김묘향*, 한화택**,
서울시립대학교, [주]테크노스기술연구소*,국민대학교**,

The Development of Multi-channel Temp & Humi Distribution Tester

Sung Hwan Kim, Yong Ju Ji*, Sung Su Lee*,
Tae Hoon Kim, Myo Hyang Kim*, Hwa taik Han**
(Seoul City Univ., Technox R&D Center*, Kookmin University**)

Abstract

실내나 의복내 열적쾌적성을 평가하기 위해서는 정밀하고, 안정성이 높으며 빠른 응답특성을 갖는 센서와 측정시스템이 필요하다. 더욱이 의복내의 온도를 측정하기 위해서는 소형, 경량으로 인체에 부착하기 쉬워야하며 측정기의 부착이 피험자에게 부담을 주어서는 안된다. 본 연구에서는 이러한 요구사항을 만족할 수 있으면서도 이동이 자유롭고 장시간 측정이 가능한 큰 Data 저장용량, 실시간 측정 기능, 손쉬운 온습도 변환장치등을 갖춘 의복내 및 실내 온습도 측정등의 다양한 분야에 활용이 가능한 온습도 측정기와 이에 필요한 센서를 개발하고 개발된 측정기의 선행특성을 평가하였다.

Key Words: 온열쾌적성, 측정시스템설계, 서미스터 센서, 선형화

1. 서 론

열적 쾌적성(Thermal Comfort)이란 넓은 의미로 볼 때 인체가 처하게 되는 주변의 열적 환경에서 만족감을 느끼는 상태를 말한다.

예를들어 겨울철 실내 난방이나 여름철 에어컨 가동 등의 기본 목적도 인체가 열적으로 쾌적성을 느낄수 있는 환경을 제공하기 위함이다. 이러한 쾌적성을 결정하는 요인에는 여러가지 가 있으나 그 중에서 온습도와 관련된 온열환경에 대한 영향이 상대적으로 크게 좌우한다.

이러한 영향을 파악하는데 공통적으로 온습도 분포에 대한 정확한 측정값을 요구하고 있다.

따라서 정확한 온습도 분포를 파악하기 위해서 필요한 것이 온습도 분포측정 시스템이다. 이러한 배경하에서 본 연구에서는 24채널, 소형경량의 온습도 분포측정 시스템의 기본적 설계를 완성하고 온도측정을 위한 서미스터의(thermistor) 선형화에 대한 연구를 수행하였다. 측정시스템의 설계 및 회로의 선형화에 대한 연구는 제품 개발로 이어져 감성공학을 연구하는 연구자들에게 정확한 온습도의 데이터를 제공함으로써 의복내 환경 평가 및 실내 온

습도 측정등의 다양한 분야에 활용이 가능할 것으로 기대된다.

2. Hardware의 기본적 설계

2-1 시스템의 구성

시스템은 크게 센서 및 전지 증폭부, 선형화부, 신호처리 및 저장부, 통신부분으로 구성되며, 센서는 의복내 및 피부온도, 실내 온도를 측정하기 위해서 소형, 경량이면서 높은 민감도와 안정성을 요한다. 따라서 이러한 요구를 충족시켜 줄수 있는 써미스터 센서를 채택하였으며 써미스터의 비 선형적 응답특성을 해결하기 위하여 발진부와 RC회로를 이용하였고 log converter를 제거, 동작특성을 향상시켰고 우수한 선형성을 제공하였다.

하드웨어의 주요한 부분을 차지하는 CPU는 가격이 저렴하고 개발하는 사양에 적합한 용량과 속도를 갖춘 16C74를 채택하였고 RS232C 통신을 하기 위하여 저소비 전류인 MAX222 IC를 채택 장기간 통신이 가능하도록 하였다. 표시부인 LCD 부분은 국내에서 구입하기 쉽고 성능이 뛰어난 PCF8576을 채택하여 보다 안정적인 수급이 가능하도록 하였다.

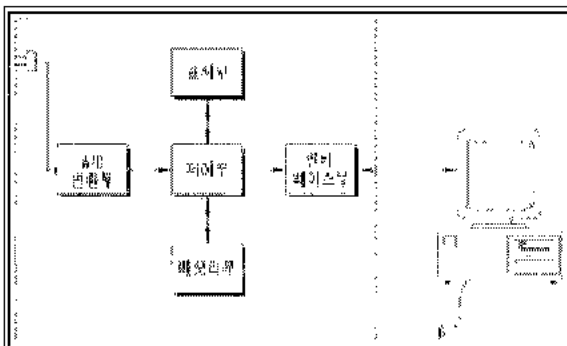


그림1. 다 채널 온습도 분포 측정 시스템의 구성

개발된 측정 시스템의 주요 사양은 다음과 같다

- 온도 Probe의 계측범위 : 0.01℃의 분해능, 0.1℃의 정밀도 최대 24CH.
- 온·습도 기록 범위 : 0.00℃ ~ 90.00℃, 10.00% ~ 90.00%
- 계측 주기 : 주기선택 S/W로 초당 1회에서 30분까지 선택계측주기선택

- Data 기록 용량 : 24CH 사용 시 CH당 32,000 Data, 1CH 사용 시 768,000 Data의 기록
- Data 기록 지정
- Real time Monitoring
- 저장 file의 생성 기능
- 온습도 측정 CH 지정 기능
- 경보 기능
- 건전지 교체표시
- 내부보호 장치
- Bat. 소모 보호장치
- Data의 Transmission : 19200 BPS, RS 232 Serial 통신

2-2. Hardware의 설계 및 구현

실내 및 의복내 온습도 분포의 좀더 정확한 측정을 위해서는 보다 많은 측정채널이 필요하므로 입력 채널수를 24채널로 설계하였으며, 또한 기존의 좁은 온도범위에서 벗어나, 실외에서도 측정이 가능하도록 온도범위를 0~90℃로 설계하였다. 또한 인체의 표면온도 변화는 매우 작으므로 온도 측정의 정밀도를 0.1℃, 표시 분해능(display resolution)을 0.01℃로 설계하였다. 전압계측의 경우는 입력된 전압을 1/4096(12비트 상당)의 분해능력으로 8또는 16, 20 채널 동시에 또는 한정된 채널만을 계측할 수 있게 하였다. 그리고 계측주기는 1/8초에서 5분까지의 14 종류의 측정간격을 두어 사용자가 사용 용도에 맞는 주기를 손쉽게 선택하도록 하였고 채널당 data의 용량은 32,000 개, 1채널 한정 시에는 약 768,000개의 data 저장이 가능하여 장시간에서도 온습도 기록을 측정할 수 있도록 하였다. 온습도 측정시 메모리가 남아있을 경우 측정스위치를 OFF시키면 측정이 중지되고 측정중단 후, 스위치를 측정에 놓게되면 측정이 재개되도록 하였다. 실시간으로 측정이 가능하도록 real time monitoring 기능을 채택하였다.

데이터의 전송은 19200bps로 RS232C 시리얼 통신을 하도록 설계하였으며 스위치 방식을 채택하여 온, 습도 채널의 변환이 이루어지도록 설계하였다.

전원 S/W, Meas S/W가 ON 인 상태에서 S/W가 위치한 채널의 측정치를 표시하도록 하였고 Meas End 표시와 함께 경보음이 1초 간격으로 발생하면 측정이 종료된 것을 표시하도록 하였다.

건전지 교체표시 기능을 갖추어 LO BAT 표시와 함께 경보음이 1초 간격으로 발생하면 건전지 교체하도록 설계하였고 경보음 이후에도 약 10시간 정도 사용이 가능하도록 하였다. 내부보호 장치를 설계하여 측정기 내부보호회로에 의해 hardware 자체가 손상되지 않도록 하였다.

건전지 소모 보호 장치를 설계하여 전원 S/W를 ON한 후 3분이상 측정 Mode가 아닐 때는 건전지 소모를 막기 위해 자동으로 전원이 off되도록 하였다. 측정된 data의 제거는 전원 S/W를 off하면 계속된 Data가 삭제되도록 하였고 data의 Clear는 PC의 reset button으로도 가능하도록 하였다.

사진 1은 개발된 온습도 측정기의 prototype을 나타낸다.

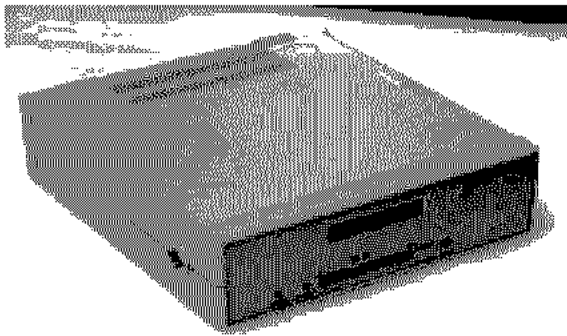


사진 1. 개발된 다채널 온습도 측정기

3. 온도센서 특성분석개발 (서미스터의 선형화)

일반적으로 서미스터는 저가이면서, 작은 크기, 강한 특성, 낮은 열 시정수, 높은 민감도와 안정성 등에서 전반적으로 향상된 성능을 갖기 때문에, 다른 온도 센서들보다 빠르고 정확한 온도측정에 널리 사용되고 있다. 그러나 위에서 설명한 장점에도 불구하고 서미스터의 비선형적인 응답특성 때문에 보편적으로 사용하기 어렵다. 서미스터의 비선형적인 저항-온도 응답특성은 식(1)과 같다.

$$R_T = R_0 e^{B(1/T - 1/T_0)} \quad (1)$$

여기서 R_0 는 25℃ 혹은 다른 기준 온도에 대한 서미스터의 기준 저항이다. T_0 는 서미스터의 기준 온도에 대한 켈빈 온도이며, 기준온도 25℃에 대한 T_0 는 $273.15K + 25K \approx 298K$ 이다. 재료상수 B(혹은 β)는 재료의 특성 온도계수라하며 재료상수 값은 온도에 의존적이며 일반적으로 2000K에 4000K까지의 범위를 갖는다[10][11].

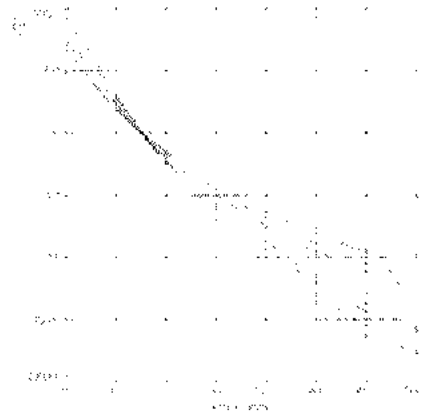


그림 2. NTC 서미스터에 대한 저항-온도 곡선
Fig. 2. Resistance-temperature curve for NTC thermistor

그림 2는 재료상수에 따른 서미스터의 비선형적인 R_T 대 T 의 특성곡선이다. 그림 3은 서미스터의 전류와 전압 특성이다. NTC 서미스터의 $V=f(I)$ 특성을 나타내며, 저 전류에서는 서미스터의 자기발열(self-heating)이 발생하지 않기 때문에 Ohm의 법칙에 따라 전압이 전류에 비례한다. 그러나, 전류의 흐름이 증가하면 서미스터는 그림 3의 곡선위의 A점에서 자기발열(self-heating)이 발생하여 주위의 온도보다 높은 온도에 도달하게 된다. 즉, 서미스터의 자기발열에 의해 저항이 감소하므로 전압강하가 감소한다. 따라서 자기발열이 발생하지 않는 범위내에서 전력을 결정해야 정확한 온도측정을 측정할 수 있다.

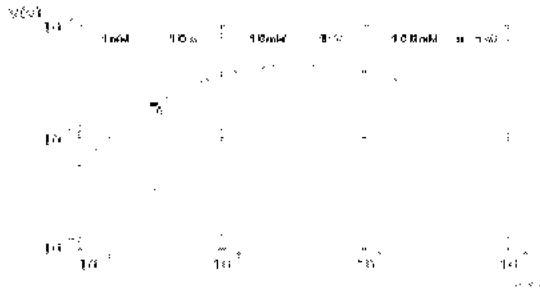


그림 3. 25°C에 정지한 공기에서 서미스터에 대한 전압-전류 특성
Fig. 3. Voltage-current characteristics for a thermistor in still air at 25°C

전압분배기를 이용한 회로나 log converter를 이용한 회로에서 선형화 저항을 구하는 방법은 출력 전압 $V(T)$ 를 이용하여 서미스터의 선형화 저항을 구할 수 있다. 먼저 기준온도 T_0 에 대한 $V(T)$ 의 Taylor 급수는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$V(T) = V(T_0) + V'(T_0) \cdot (T - T_0) + \frac{V''(T_0)}{2!} \cdot (T - T_0)^2 + \frac{V'''(T_0)}{3!} \cdot (T - T_0)^3 + \dots \quad (2)$$

여기서 $V'(T_0)$, $V''(T_0)$ 등은 $T = T_0$ 온도 대한 $V(T)$ 의 일차, 이차 도함수이다.

서미스터 응답특성의 전통적인 선형화의 방법은 주어진 온도범위의 중간점(mid point)에 대해, 식 (2)의 $V(T)$ 의 이차 미분을 0으로 설정하여 풀면 선형화 저항을 구할 수 있다. 그러므로 일반적인 전압 분배기를 이용한 회로에서, 선형화 저항 $R = (R_c)$ 의 값은 다음 식(3)에 의하여 주어진다.

$$R = R_c = R_{T_0} \cdot \frac{B - 2T_0}{B + 2T_0} \quad (3)$$

여기서 R_{T_0} 는 $T = T_0$ 에서의 서미스터 저항이고

R_c 는 선형화 저항이다. 로그 회로에 대한 선형화 저항 R 는 유사한 방법으로 전개하면, 다음 식(4)과 같이 얻을 수 있다.

$$R = R_c = R_{T_0} \cdot \frac{B - 2T_0}{2T_0} \quad (4)$$

여기서 R_{T_0} 는 $T = T_0$ 에서의 서미스터 저항이고, R_c 는 선형화 저항이다.

앞에서 언급한 식(1)과 같이 온도-저항 관계가 지수함수 특성을 가지는 서미스터의 응답특성을 선형화하기 위해서, 과거에는 서미스터의 일부 선형화된 온도 구간만을 사용하거나, 전압 분배기나 브리지 회로의 한 단에 서미스터를 달고 선형화 저항을 이용하여 출력전압을 근사적으로 선형화 하였으며, 더욱이 서미스터의 지수적인 특성에 착안하여 지수 특성의 서미스터의 출력전압을 로그회로에 인가하여 선형화하는 방법들이 연구되었다. 그러나, 위와 같은 선형화 방법들은 정밀한 선형화 저항을 구하기 어렵고, 선형화 하기 위해 사용되는 소자의 동작특성의 저하로 성능이 떨어지며, 본 연구에 부합하는 건전지 동작이 불가능하였다.

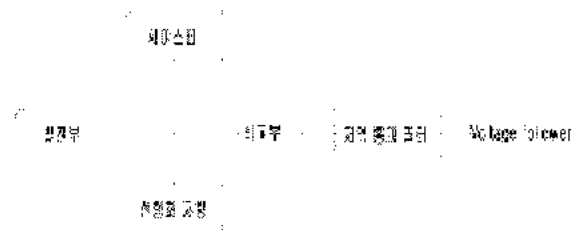


그림 4. 온도측정 시스템의 블록선도
Fig. 4. Block diagram of temperature measurement system

그러므로, 본 연구에 적합한 온도 센서인 서미스터의 특성을 선형화하기 위해서, 발진부와 RC회로를 이용하였으며, 센서단의 동작특성을 저하시키는 고가의 log converter를 제거하여 동작특성을 향상시켰고, 동시에 저가적화를 실현하였다. 또한, 온도

측정 범위인 0~100℃의 범위내에서 우수한 선형성을 제공하며 오차특성이 양호하도록 설계하였다. 그림 4는 온도측정 시스템의 블럭선도이다. 발진부는 저항과 다이오드 피드백 루프를 사용하여 대칭형 파형을 출력으로 갖는 비안정한 멀티바이브레이터(astable multivibrator)를 사용하였다. 비교부는 서미스터와 선형화 저항으로 구성된 전압분배기의 출력전압과 커패시터의 충전전압을 비교하여 출력한다. 비교부의 비대칭 출력파형은 저역 통과 필터에 의해 평균치를 내어 온도에 비례하는 전압을 출력하며, voltage follower단을 거쳐 출력전압을 얻는다. 그림 5는 개발된 회로의 온도-출력전압의 특성을 나타낸다. 실선은 회로의 출력전압을, 점선은 기준온도를 나타낸다. 즉, 우수한 선형성을 제공하는 결과를 얻었다.

$$V(T_0) = \left(\frac{2V_z}{T_m} \right) RC \ln \left(1 + \frac{R}{R_T} \right) \quad (5)$$

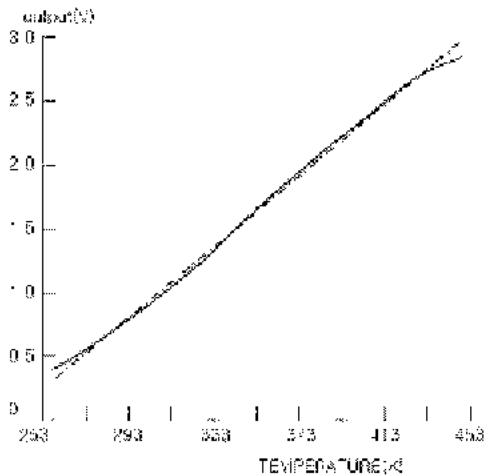


그림 5. 온도 대 출력전압

Fig. 5. temperature versus Output voltage

4. 결론

과학의 급속한 발전은 외부환경의 다양한 온열환경에 대한 쾌적성 평가와 깊은 관계를 갖는다. 열적쾌적성을 결정하는 요인에는 여러 가지가 있으나 온습도와 관련된 영향이 지대하다 할수 있다. 이런 연구에 공통적으로 요구되는 측정기의 수요가 증가

함에 따라 온습도를 측정하여 열쾌적성을 분석 평가하기 위한 제품의 필요성이 증대하고 있다. 본 연구에서는 쾌적성에 영향을 미치는 온열환경요소인 온습도를 측정하고 기록하는 측정시스템의 하드웨어와 회로의 선형화에 대한 설계를 수행하였다. 본 측정시스템이 개발되면 감성공학 연구분야에 응용되는 열적쾌적성 평가를 통한 인간친화적 제품 개발과 환경설계에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Ashrae (1997), 'Fundamentals-ASHRAE Handbook' American Society of Heating Air- Conditioning, Refrigerating Engineers.
2. 한국동력자원연구소 (1991), "신주력 기술개발 - 저가 고효율 난방 시스템의 개발연구 (I)," 과학기술처.
3. Fanger, P. O. (1982), 'Thermal Comfort,' Analysis and Applications in Environmental Engineering, Robert E Krieger Publishing Co., Malabar, Florida.
4. 新しい衣服衛生 (1990) 中較美智子, 吉田敬一, 南江堂, p11-27.
5. 최정화 (1994) 의복기후가 건강에 미치는 영향, 한국온열환경학회지, 2(1),1-8.
6. 中山昭雄 (1981) 溫熱生理學, 理工學社, p498-549.
7. Anwar A. Khan et al (1987), "A novel wide range Linearization Approach for Thermistor Thermometer", IEEE Trans. on Instrument and Measurement, vol. IM-36, pp.763-769.
8. 한화택 외(2001) 온열쾌적성 평가를 위한 다채널 온습도 분포 측정시스템의 설계, 한국감성과학회지P13
9. 김 묘향. (2001), 한일 양국인의 한복 착용시의 의복기후와 주관적 감각, 한국의류산업학회지, C 6
10. Ramon Pallas-Areny and John G. Webster "Sensors and Signal conditioning", Wiley Inter-Science, pp. 94-109, 2001
11. Ernest O. Doebelin, "Measurement System Application and Design", McGraw-Hill, pp. 648-652, 1990