

감성공학 DB 구축을 위한 열적쾌적성 측정 시스템 개발

Development of thermal comfort measurement system to establish emotion and sensibility engineering data base

한화택* · 박명규** · 이성수** · 천효성** · 박성준**

Hwataik Han, Myungkyu Park, Sungsu Lee, Hyosung Cheon, Sungjun Park

Abstract : The objective of the present study is to develop a thermal comfort measurement system for ergonomic sensibility analysis. The system can measure basic components for thermal comfort, such as skin temperature and clothing temperature/humidity level. A study on the linearization of temperature and humidity sensors has been conducted for more accurate and stable sensor development. The software has been developed for thermal comfort analysis for both clothing thermal environments and indoor environments.

Key words : Thermal comfort, system design, software, temperature-humidity measurements

요 약 : 인간 감성변화의 기본인 피부온도 및 피복내 온습도 측정을 위한 시스템과 감성공학적 해석을 위한 보다 정밀하고 안정성이 있는 센서의 응답성 및 회로의 선형화에 대한 연구를 수행하고, 의복내 환경평가 및 실내 온습도 측정등의 다양한 감성공학적 해석을 위한 소프트웨어의 개발이 본 연구의 목적이다. 본 연구에는 손쉬운 온습도 변환장치와 풍부한 저장능력 등 다양한 분야에서 활용이 가능한 온습도 측정기와 이에 필요한 센서를 개발하고 측정기의 선형화특성을 평가하였다.

주요어 : 열적 쾌적성, 시스템설계, 소프트웨어, 온습도측정

1. 서론

인체의 피부온도변화는 열적쾌적성과 감성에 크게 영향을 미치며 의류의 개발이나 건축환경의 설계 등에 활용되고 있다. 단순히 몇몇 측정점에서의 피부온도 데이터가 아니라 인체표면에 걸친 온도분포를 파악함으로써 다양한 정보를 이용하여 보다 광범위한 응용분야에 활용될 수 있을 것이다.

현재 인체표면의 온도분포를 측정하기 위하여 대부분 적외선 카메라를 활용하고 있다. 그러나 적외선 카메라는 서미스터 등을 이용한 피부온 센서에 비하여 온도분해능이 떨어지며 특히 의복내의 피부온을 측정하는 것이 불가능하고 노출된 인체표면에

대해서만 측정이 가능하다.

따라서 본 연구에서는 서미스터 피부온 센서를 이용한 인체표면 온도분포 측정시스템을 개발하고, 의복내 환경평가를 위한 다채널 피부온도, 의복내 온습도 분포측정 하드웨어 및 분석 프로그램을 개발하고, 휴대용 실내/의복내 온습도 분포측정기 시제품을 개발하고자 한다.

2. 하드웨어의 기본적 설계

2.1 시스템의 구성

시스템은 크게 센서 및 전지 증폭부, 선형화부, 신호처리 및 저장부, 통신부분으로 구성되며, 센서는

*국민대학교(Kookmin University) 기계자동차공학부

**[주]테크노스 기술연구소(Technox R&D.)

의복내 및 피부온도, 실내 온도를 측정하기 위해서 소형, 경량이면서 높은 민감도와 안정성을 요한다. 따라서 이러한 요구를 충족시켜 줄 수 있는 써미스터 센서를 채택하였으며 써미스터의 비선형적 응답 특성을 해결하기 위하여 발진부와 RC 회로를 이용하였고 로그 컨버터(log converter)를 제거하여, 동작특성을 향상시켰고, 우수한 선형성을 제공하였다.

Digit가 14 Segment로 구성된 8digit LCD로 Numeric Display를 채택하였으며, 채널(CH) 선택, 온습도의 표시, 사용전지의 상태, 전압표시 등의 기능을 갖추고 있다. 전원 S/W ON (MEAS S/W OFF) 하면 1초 간격으로 그림 1과 같은 순서로 LCD에 표시되어진다.

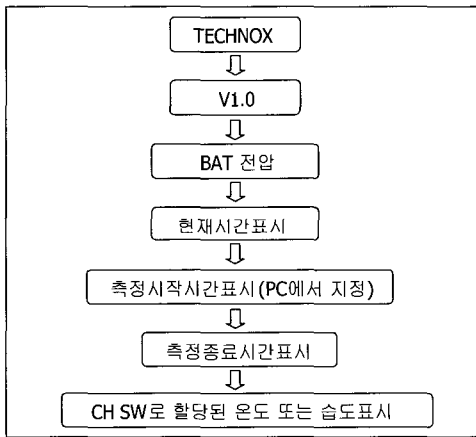


그림 1. LCD 흐름 표시도

- 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 계측주기 선택
 - Data 기록 용량 : 24CH 사용 시 채널당 32,000 data, 1채널 사용 시 768,000 data의 기록
 - Data 기록 지정
 - Real time Monitoring
 - 저장 file의 생성 기능

- 온습도 측정 채널 지정 기능
- 경보 기능
- 건전지 교체표시
- 내부보호 장치
- 배터리 소모 보호장치
- Data의 Transmission : 19200 BPS, RS 232 Serial 통신

2.2 시스템 사양

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 계측 할 수 있게 하였다.

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.

그림 2와 3은 개발된 다채널 온습도 측정기의 시제품의 모습과 온습도 센서를 보인다.

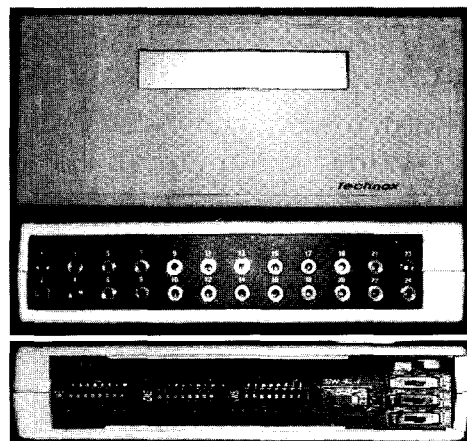


그림 2. 다채널 온습도측정기 외관

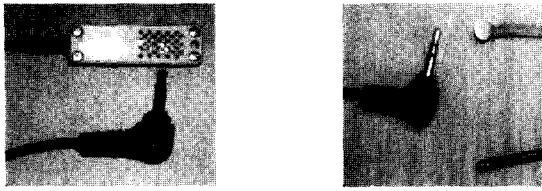


그림 3. 습도 & 온도센서

3. 온습도 분포측정 소프트웨어

전체적인 온열환경 분석 소프트웨어의 구조는 그림 4와 같다. 크게 의복내 온열환경의 분석과 실내 공간 온열환경의 분석으로 나누어져 있으며 통신과 그래프출력에 관한 공통부분을 공유하고 있다.

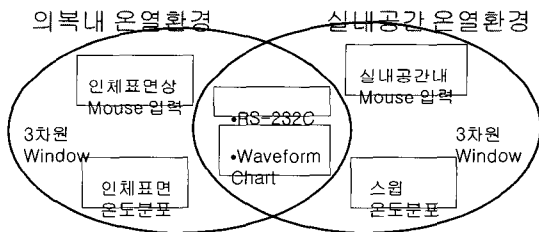


그림 4. 측정기 Software의 설계 및 구현

3.1 의복내 온열환경 분석

전처리 프로그램에서는 3차원 인체 데이터 활용하여 특정 점법(4점법, 5점법, 7점법, 8점법, 10점법, 12점법)에 의한 센서위치를 자동적으로 지정되도록 하고 또한 마우스를 이용하여 임의의 센서위치를 지정할 수 있도록 한다. 또한 기타 피험자의 정보를 입력한다. 또한 롤러지수 $Weight/(Height \times 3) \times 107$ 와 체표면 $(Weight \times 0.444) \times (Height \times 0.663) \times 88.83$ 을 산정하였으며, Open Inventor 및 3D Mastersuite를 이용한 색상도시, Color Legend (명암, 2색혼합)을 표시하였다.

또한 피부표면 온도분포의 도시절차는 공간상경계를 설정하였으며, 삼각메쉬로 면 구성, 3D Mastersuite의 함수를 이용하여 색상을 표현하였다. 그림 5와 그림 6은 각각 실시간 온습도 변화표시창과 평균

피부온 측정창의 사진이다.

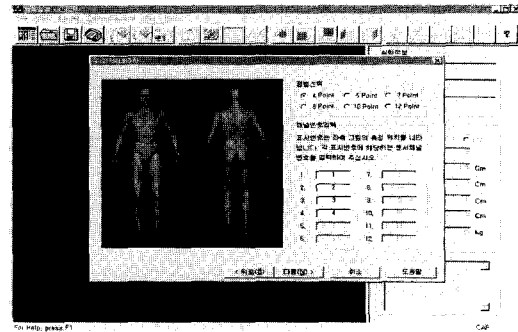


그림 5. 실시간 온습도 변화표시

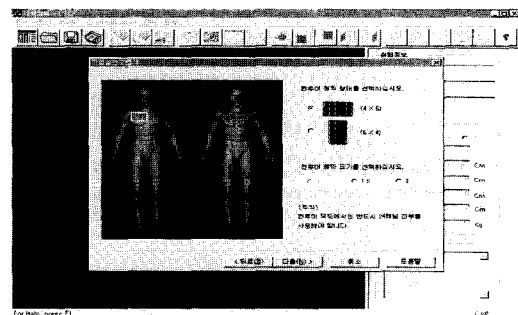


그림 6. 평균 피부온도 측정

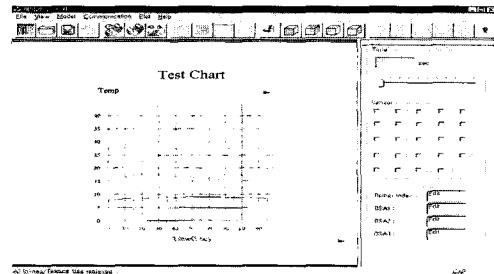


그림 7. 실시간 온습도 변화의 표시

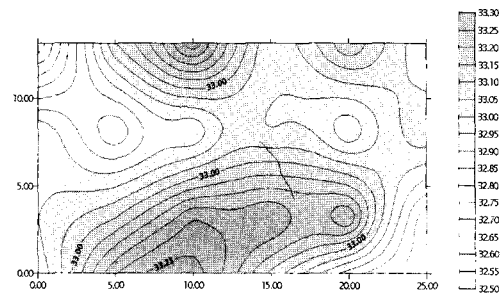


그림 8. 인체모형상의 결과도시

3.2 실내온열환경

직각 좌표계를 갖는 챔버를 기본으로 하여 측정공간의 크기를 설정할 수 있도록 하고 평면도상에서 센서막대의 위치를 지정할 수 있도록 한다. 실시간 및 1차원 온도분포의 측정이 가능하도록 하였고, 삼각메쉬를 이용한 역거리 보간법으로 2, 3차원 공간 분포의 측정이 가능하도록 하였다. 또한 측정값에 근거하여 온열 쾌적성의 정량적 지표인 PMV(예상 온열감 반응)값 및 PPD(예상 불만족율)값을 계산해냄으로서 온열쾌적성에 대한 주관적 예측을 할 수 있게 하였다.

예상 온열감 반응(PMV)은 다음과 같이 계산된다.

$$PMV = [0.303e^{-0.036M} + 0.028] \cdot L$$

여기서 M은 인체의 대사량, L은 내부 열생산과 주위의 열손실 차이이다.

예상 불만족률(PPD)은 예상온열감 반응으로부터 다음과 같이 계산된다.

$$PPD = 100 - 95e^{-(0.03353PMV^4 + 0.2179PMV^2)}$$

Scale	Thermal sensation
+3	Hot
+2	Warm
+1	Slightly warm
0	Neutral
-1	Slightly cool
-2	Cool
-3	Cold

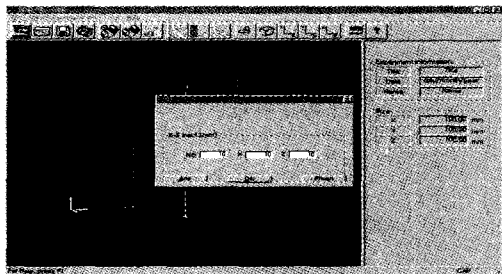


그림 9. 실내온도구배의 측정

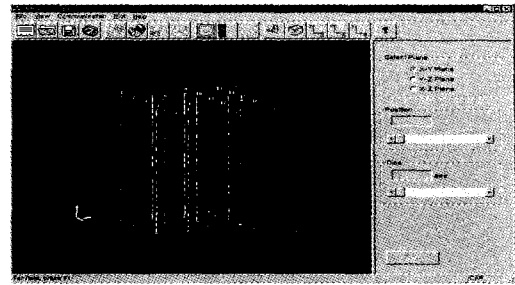


그림 10. 3차원 온도분포의 측정

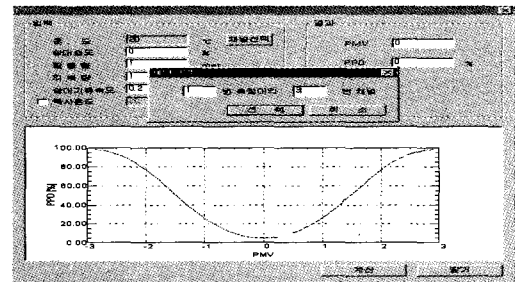


그림 11. PMV - PPD 평가

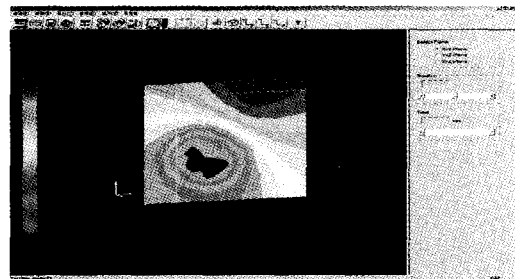


그림 12. 3차원 온도분포의 도시

4. 결론

감성공학적 열적쾌적성을 결정하는 요인에는 여러 가지가 있으나 온습도와 관련된 영향이 지대하다 할 수 있다.

다채널 온습도 분포측정 시스템이 개발되면 온열 쾌적성 평가를 통한 인간친화적 제품 개발과 환경설계에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

즉, 의복내 온습도 측정에 의한 감성적인 쾌적한 의류개발에 활용, 인체의 심전도, 혈류량 등과의 연계에 의한 온열쾌적성의 정량적 평가에 활용, 아파트나 단독 주택 등의 감성공학적 쾌적한 주택 건설설

계에 활용, 에너지 절약형 주택, 농업용 축사, 온실 등의 평가와 성능시험이 가능하여 체계적인 관리에 활용 등을 생각할 수 있다.

5. 참고문헌

- [1] ASHRAE(1997), 'Fundamentals-ASHRAE Handbook' American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.
- [2] Fanger, P. O.(1982), 'Thermal Comfort', Analysis and Applications in Environmental Engineering, Robert E Krieger Publishing Co., Malabar, Florida.
- [3] 최정화 (1994), 의복기후가 건강에 미치는 영향, 한국은열환경학회지, 2-1, 1-8.
- [4] 中山昭雄(1981), 溫熱生理學, 理工學社, 498-549.
- [5] Anwar A. Khan et al.(1987), A novel wide range Linearization Approach for Thermistor Thermometer, IEEE Trans. on Instrument and Measurement, IM-36, 763-769.
- [6] 김묘향(2001), 한일 양국인의 한복 착용시의 의복 기후와 주관적 감각, 한국의류산업학회지, 3-3, 265-270.
- [7] Ramon Pallas-Areny and John G. Webster (2001), Sensors and Signal conditioning, Wiley Inter- Science, 94-109.
- [8] Ernest O. Doebelin(1990), Measurement System Application and Design, McGraw-Hill, 648-652.