

보육기 성능 평가를 위한 다점점 온도측정기의 설계

*김 원기, *김 남현, *허 재만, **유 선규
* 연세대학교 의용공학과, ** 순천향 대학교 전기공학과

Design of Multiple Temperature Measurement Device for Performance Evaluation of Incubator

* W.K.Kim, * N.H.Kim, * J.M.Huh, ** S.K.Yoo
* Dept. of Medical Eng., Yonsei Univ,
** Dept. of Electrical Eng., Soonchunhyang Univ.

ABSTRACT

A micro-computer based system has been designed to evaluate the performance of Infant incubators. The measurement system used a hybrid of analog electronics for amplification, integration and switches and micro-computer for data storage, data display, and control of relay. This approach has been applied to measure the warm-up time, temperature stability, temperature change due to open/close of door and portholes, and temperature distribution on the mattress. The micro-computer provides on-line access of multi-point temperature data.

1. 서론

신생아용 보육기는 산모로부터 태어난 미숙아등을 산모 환경과 가능한한 동일하게 조성함으로써 정상발육아와 같이 키우거나 신생아 환자의 치료에 도움을 주는 장비이다. 오 테전부터 신생아에게 적절한 열적보호를 제공하는것은 신생아의 성장속도, 질병에대한 저항력과 생존율을 높여준다고 알려져 왔다. 일반적으로 신생아는 변온성이 있기 때문에 주위온도의 변화에 수동적으로 변화하게되고, 주위온도 변화에 대한 적응성은 매우 제한된 온도범위에 국한되고 있다. 그러므로 온도조절 능력이 부족한 신생아를 치료하기 위해서는 보육기의 온도를 적절히 높이고, 일정한 온도로 유지함으로써 산소소모를 최소화 하여야한다. 신생아의 모든 에너지는 온도 적용에 사용되지 않고 오직 성장에만 사용하게 함으로써 생존율을 높이게 된다.

모든 항온동물과 마찬가지로 신생아는 자기자신의 신진대사의 부산물로 열을 생성하게 되고, 이열은 일부 체내에 저장되고, 복사, 대류, 전도열과 피부와 호흡계통을 통한 증발열로 주위에 방출한다. 그러므로 모든 보육기들은 신진대사를 최소화하는 주위온도, 즉 열중성점(thermal neutral

zone)에 접근하려고 설계하고 있다.

그러므로 본 연구에서는 보육기의 성능을 정량적으로 장시간에 걸친 평가를 하기 위하여 신생아용 보육기의 내부온도를 다점점으로 컴퓨터 제어하여 측정하였다. 온도상승시간, 온도 안정성, 문개폐효과, 매트리스 온도변화 데이터를 저장하고, 화면에 연속적, 시간별로 각 측정요인을 종합적으로 표시함으로써 신생아에게 최적의 성장환경을 제공할 수 있도록 하고자한다.

2. 시스템 구성

그림 1.은 신생아용 보육기의 다점점에서 온도를 측정하기 위한 전체의 하드웨어 블록 선도로서, 다점점 입력 센서부, 입력선택 스위치부, 영점조정회로(CJC : Cold Junction Compensation Circuit), 고이득 직류전압 증폭부, 저잡음 적분부, A/D 변환부, 마이크로 컴퓨터, 저장 및 표시부, 스위치 제어부로 구성되어 있다.

보육기 내에서의 온도 변화를 측정하기 위해서는 입력센서는 2개의 서로 다른 금속에서는 온도차에 따른 전압이 발생한다는 Seebeck 효과를 이용한 열전쌍(thermocouple) T-type를 사용하였다. $\Delta E_{ab} = \alpha \Delta T$, 여기서 a, b 는 서로다른 두가지 금속을, ΔT 는 온도차를, ΔE_{ab} 는 Seebeck전압을, α 는 Seebeck 계수이다. T-type는 copper-constantan의 Junction을 이용하는 형으로서 -160°C 에서 400°C 까지의 온도측정 범위를 갖고, 40-42 μ V/°C의 응답특성을 갖는다. 최대 16 개의 입력센서를 선택하기 위한 스위치는 미소전압의 이동(drift)을 없애기 위하여 릴레이(model : HE 722 A 0610) 를 사용하여 cross-talk를 최소화 하였으며, 릴레이의 제어는 PIO칩을 사용하여 컴퓨터에 의한 중앙제어를 하였다. NBS(National Bureau of Standards) 에 의한 열전쌍 테이블의 0°C 에 해당하는 reference 전압을 보정하기 위하여, 하드웨어에 의한 일정한 음셋 전압을 만드는 보정회로(CJC¹)를 추가하였다.

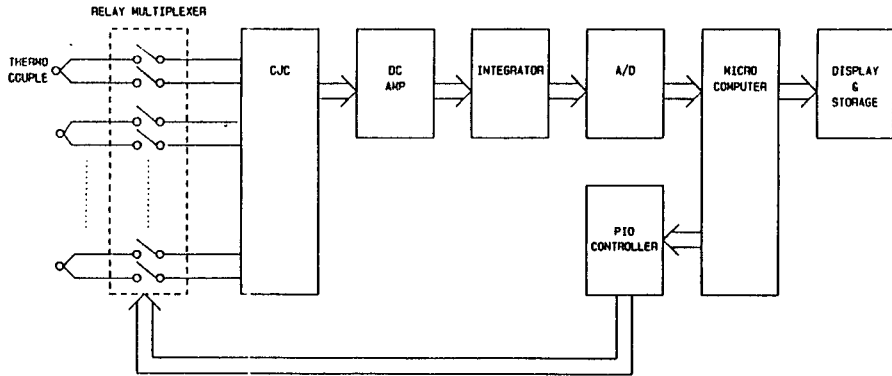


그림 1. 다점점 온도측정기의 블록선도

Fig. 1. Block diagram of multiple temperature measurement device

저전압의 직류 전압을 측정하기 위한 증폭부는 입력 임피던스 높이기 위하여 버퍼 앰프부, 전원 잡음의 영향을 없이기 위하여 차동 증폭부로 구성하였으며, 저잡음, 저온도 변화, 저음속전압, 고이득, 고 CMRR을 얻기 위하여 OP-27 (Linear technology Co.)을 사용하였다. 전체의 이득은 2000 - 10000 까지 가변하여 10°C - 50°C 범위를 0 - 10[V]로 조정하였다. 증폭된 신호의 잡음을 제거하기 위하여 10 Hz 차단 주파수를 갖는 비반전 2차 저역통과필터를 통과시켜 제거하였다.

소프트웨어적인 잡음제거를 첨가시키기 위하여 증폭된 직류전압은 0.01분단위로 샘플링 되어 100 포인트를 평균하여 1분당 데이터 1개씩을 추출하였다. A/D 변환기는 16 비트 분해능 갖고, 컴퓨터는 IBM-PC/AT 를 사용하여 추출된 데이터는 화면에 표시된후에 보조기억장치에 저장하였다.

3. 데이터 처리

잡음을 제거하기 위하여 스무딩된 열전쌍의 비선형적인 온도-전압 관계를 보정하기 위하여 최소자승 추정법을 사용하여 에러를 최소화하는 N차 다항식으로 정합 시켰다.

$$S = \sum_{k=0}^{N-1} [Y_k - F(X_k)]^2 \quad \text{----- (1)}$$

여기서 Y는 측정값, F는 추정함수, S는 최소자승오차, k는 측정구간을 의미한다. 식(1)은 선형방정식으로 표시되고 N+1개의 계수를 구하기 위한 선형방정식의 해는 가우시안 소거법을 사용하여 back-substitution 계산하였다.

A/D 변환된 전압을 온도로 변환시키기 위하여서는 식(1)에 의하여 계산된 계수를 사용하여 다항식의 값을 구한다.

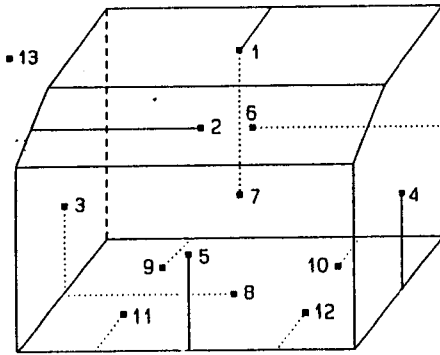
$$T = A_0 + A_1X + A_2X^2 + A_3X^3 + \dots + A_nX^n \quad \text{----- (2)}$$

n이 증가할수록 정확도는 증가하게 되나, 계산시간은 그에 비례하여 증가한다. 그러므로 계산시간을 줄이기 위하여 식(2)를 식(3)과 같은 nested 형태로 변환하였다.

$$T = A_0 + X(A_1 + X(A_2 + X(A_3 + \dots X(A_{n-1} + A_nX^n)\dots))) \quad \text{(3)}$$

4. 실험

실험에서는 온도상승시간, 온도편차효과는 실내온도를 20 °C - 25 °C 사이의 실내에서 측정하였으며, 온도 안정성의 측정은 주위온도의 변화에 대한 편차를 측정하기 위하여 15 °C - 25°C 사이의 변화에 대하여 측정 하였다. 각 체널당 Junction 차에 의한 옴셋은 소프트웨어 적으로 ± 0.2 °C 이내로 보정하였다. 식(1)에 의한 전압-온도 변환은 7차를 사용하였으며, A₀ 에서 A₇ 까지의 계수는 10.165941, 2.22136 1, 0.902254, -0.326851, 0.047614, -0.001866, -0.000156, 0.000011이다. 보정을 하기 위한 온도는 Tetronix DM-501A 를 기준으로 측정하였다. 그림 2.은 실험에서 사용한 열전쌍 입력센서의 부착위치이며, 내부 공기온도는 매트리스 중앙으로부터 16cm 상층에 보육기 센서로부터 1cm 이격시켜 부착하였다. 방사열 효과를 측정하기 위한 벽온도는 정점, 정점의 적인 부분, 원편, 오른쪽, 정면, 후면부 에서 측정하였으며, 매트리스 온도 변화 측정은 매트리스를 4등 분한 정사각형 중앙에 각각 4개 와 중심점에 1개를 부착하고, 외부에 1개를 부착하여 실내온도를 동시에 측정 함으로써 전체 13개의 센서를 사용하였다. 보육기의 동작 상태는 공기온도를 일정하게 유지하는 수동동작 방식과, 신생아의 피부온도를 일정하게 유지하는 자동동작 방식 각각에 대하여 측정하였으며, 피부온도 센서는 공기중에서 16cm 이격하여



SENSOR POSITION

- 1 : TOP
- 2 : CORNER
- 3 : LEFT
- 4 : RIGHT
- 5 : FRONT
- 6 : REAR
- 7 : CENTER
- 8 : MATTRESS CENTER
- 9 : LEFT REAR QUAD
- 10 : RIGHT REAR QUAD
- 11 : LEFT FRONT QUAD
- 12 : RIGHT FRONT QUAD
- 13 : ROOM

그림 2. 다접점 온도센서 부착위치

Fig. 2. Multiple sensor positions attached within incubator

내부온도로 제어하였으며, 피부온도와 체온과의 차이는 약 1°C가 발생하므로 측정시 전면 판넬 온도를 고려하였다. 여달이론의 기법은 전면부 2개의 문을 기폐하였다.

5. 결론

본 논문에서는 신생아용 보육기 내부의 다접점에서 온도를 측정하기 위하여 아날로그 회로에 의한 다접점 입력센서, 고이득 직류전압 증폭, 저잡음 적분부와 마이크로 컴퓨터에 의한 입력선택, 데이터 저장, 데이터표시, 디지털 적분, 전압-온도 변환을 복합사용하였다. 혼합 설계를 하기 위하여 먼저 단접점 증폭과 적분을 한 후에, 다접점 데이터를 처리하기 위하여 마이크로 컴퓨터를 도입하였다. 또한 마이크로 컴퓨터의 도입은 필요한 접점의 선택, 데이터의 저장, 디지털 신호처리의 도입을 용이하게 하였으며, 아날로그 부분의 단순성과 시스템의 확장과 변환이 용이하였다.

구성된 시스템은 기존의 보육기에 대한 온도 상승시간, 온도 안정성, 문개폐효과, 매트리스 내의 온도변화에 대한 데이터를 측정하는데 적용하여 기존의 보육기에 대한 성능을 정량적으로 평가하는데 뿐만 아니라 저전압 생체신호를 처리하는데 유용함을 알 수 있었다.

6. 참고문헌

- 1) A. Aynsley-Green, N.R.C.Roberton, and P.Rolpe, "Air temperature recordings in infant incubators", Arch. Dis. Child. Vol.50, pp.215-219., 1975.
- 2) E.F.Bell, "Infant incubators and radiant warmers", Early Human Devel. Vol.8, pp.351-375, 1983.
- 3) M.Ebbinghaus et al., "Inexpensive and universal PC-based bus system for process control and data acquisition", Med.& Biol.Eng. & Comput., Vol.28, pp. 505-508, 1990.
- 4) Linear Databook : Linear Technology, 1990.
- 5) Ohmeda Care-Plus vs Air-Shields Vickers C100 Isolette : MET Technical Report No.23009B, 1989.
- 6) P.H.Perstein, and H.Atherton, "Incubators, Infants, In J.G.Webster(Ed.), Ency. of Medical Devices and Inst., John Wiley & Sons, pp.1643-1656, 1988.
- 7) The thermocouple : OMEGA Temperature measurement handbook, OMEGA Co. 1991.
- 8) Y.Mahler, N.Lifshitz, and M.Nitzan, "Microprocessor automatic multiple temperature measurement device, " Med.& Biol. Eng.&Comput., Vol.26, pp.554-556,1988.