

## 열전소자를 이용한 카시트의 냉·난방 제어

최형식<sup>†</sup>, 김유신<sup>\*</sup>, 전창훈<sup>\*</sup>, 윤상국<sup>\*\*</sup>

(2003년 8월 22일 접수, 2004년 4월 6일 심사완료)

### Hot and Cool Temperature Control of the Car-Seat Utilizing the Thermoelectric Device

Hyeung-Sik Choi , You-Shin Kim, Chang-Hoon Jeon and Sang-Kook Yun

**Key Words :** Thermoelectric Device (열전소자), Temperature Control(온도제어), Sliding Mode Control (슬라이딩 모드 제어), One-Chip Microprocessor(원칩 마이크로프로세서)

#### Abstract

The thermoelectric device was applied to a car seat to control the hot temperature in the summer and cold temperature in the winter. The characteristics of the device used to a car seat were analyzed. The air conditioning structure was designed to regulate the hot side of the thermoelectric device. To control the temperature of the car seat, a robust control algorithm based on the sliding mode control was applied, and a controller using one-chip microprocessor was developed. The performance of the proposed controller through experiments was shown.

#### 1. 서 론

현대인에게 자동차는 많은 시간을 보내는 중요한 운송수단이므로 승차감 외에도 안락성은 매우 중요하다. 안락성에 영향을 미치는 요소 중의 하나로 차의 내부온도가 있다. 추운 겨울에 처음 차에 착석할 때나 더운 여름에 차에 착석할 때, 매우 불편한 느낌을 갖는다. 이런 불편감을 주는 큰 요소 중에 하나는 카시트이다. 카시트는 신체와 직접 접촉하므로 접촉시에 사람이 느끼는 체감온도는 매우 크다. 일반적으로 카시트의 온방장치는 열선을 이용하여 구성되어 있지만 냉방장치는 구성하기가 어렵다. 이러한 카시트의 냉방장치를 구성할 수 있는 대표적인 소자로는 열전소자가 있다.

이 소자의 장점은 소자의 양면에 고온과 저온의 두 상태를 동시에 구성할 수 있어서 여름에는 냉방 효과, 그리고 겨울에는 온방효과를 낼 수 있다.

열전소자는 전류를 가하면 소자의 두 단면에 냉각과 가열을 일으키는 Peltier 효과 특성이 있는 것으로 1834년 Peltier<sup>(1)</sup>에 의하여 밝혀졌다. 이러한 열전소자의 특성에 대한 연구로 반도체 재료의 특성에 대한 기초적인 연구와 함께 반도체의 열기전력에 대한 체계적인 연구가 Herring<sup>(2)</sup>에 의해 이루어졌고, Mathiprakasham 등<sup>(3,4)</sup>은 열전 냉동기에 반도체 열전체를 이용하여 냉난방 제어를 시도하였다. 또한, Mei와 Chen<sup>(5)</sup>에 의해 기존의 증기압축식 열펌프와 열전 현상을 이용한 열펌프의 성능에 관한 연구, 그리고 Shewen<sup>(6)</sup>에 의해 Peltier 효과를 이용한 열플럭스 측정 시스템의 개발 연구 등이 행하여 졌다.

이상과 같은 연구들은 국외에서 행해졌으며, 국내에서 Park<sup>(7)</sup>은 열전 반도체를 이용한 소형 열펌프의 개념설계를 시도하고 열역학적 해석을 통하

<sup>†</sup> 책임저자, 회원, 한국해양대학교 기계정보공학부  
E-mail : hchoi@hanara.kmaritime.ac.kr  
TEL : (051)410-4297 FAX : (051)405-4790

<sup>\*</sup> 한국해양대학교 기계공학부

<sup>\*\*</sup> 한국해양대학교 기계정보공학부

여 시스템 성능을 예측한 연구, Yoon 등<sup>(8)</sup>은 열전소자를 이용한 저온 무수 컨테이너의 개발에 대한 연구, Woo<sup>(9)</sup> 등은 열전소자를 이용하여 온수와 냉수의 온도차를 이용한 발전에 대한 연구를 수행하였고, Seo<sup>(10)</sup> 등은 열전소자를 이용한 원통 및 이를 이용한 원통 연삭기 방진구의 열 변형 제어에 대한 연구를 수행하였다.

본 논문의 목적은 열전소자를 이용하여 카시트의 냉난방 효과를 극대화하기 위한 냉난방 카시트의 설계와 온도 제어에 대한 연구를 수행하는 것이다. 냉방시 열전소자 이면의 고온을 제어하기 위하여 공조기를 설계하였고, 냉난방시에 쾌적한 온도를 유지하기 위한 일정 온도 제어기의 software 및 hardware 에 대한 연구를 수행하였다.

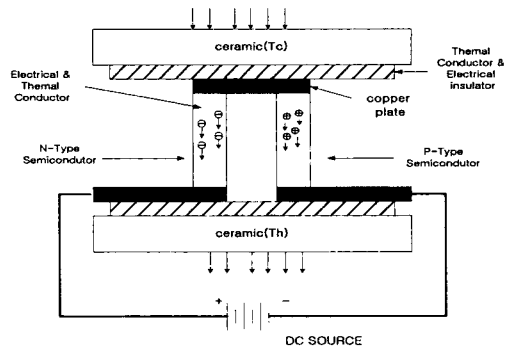


Fig. 1 Principle of thermoelectric device

## 2. 열전소자의 특성 및 성능

### 2.1 열전소자의 원리 및 특성

열전소자는 열전 재료인  $Bi_2Te_3$  에 소량의 불순물을 첨가하여 전자가 정상 보다 많은 N형 (negative type) 반도체와 전자가 정상보다 적은 P형 (positive type) 반도체로 이루어져 있다. 열전소자는 다른 두 종류의 전도체(혹은 반도체)에 전류가 흐르면 접점의 접합면에서 열이 흡수되고 다른 접합면에서는 열이 방출되는 펠티어 효과를 구현한다. Fig. 1 과 같이 N, P형 반도체를 배열하고 전압을 가하면 에너지 레벨이 낮은 P형 반도체에서 에너지 레벨이 높은 N형 반도체로 전자가 이동하면서 저온부에서 흡열이 발생하고, 전자가 다시 P형 반도체로 오면서 고온부에서 열이 발생된다. 열전소자는 전기적으로는 직렬로 열적으로는 병렬로 연결되어 있어 열펌핑(heat pumping)능력은 흐르는 전류와 반도체 소자 쌍의 수에 비례한다. 열전소자에 흐르는 전류를 반대 방향으로 바꾸면 흡열면과 발열면이 반대로 나타난다.

흡열면에서 흡수되는 열과 발열면으로 방출되는 열은 펠티어 계수와 반도체 사이를 흐르는 전류에 의해서 결정된다. 전류의 세기가 증가하면 펠티어 효과가 커지기 때문에 소자양면의 온도차가 커진 동시에 전도열도 커진다. 전류값이 지속적으로 증가하여 주열열이 우위를 점하게 되면 전류의 증가는 흡열량의 증가에 기여할 수 없게 된다. 즉, 소자마다 규정된 일정전류  $I_{max}$  이상의 전류는 냉방시에 역효과를 야기한다.

Table 1 Specification of thermoelectric device HM3930

Part Number		Description					
No.	HM No.	$I_{max}$ (A)	$T_{max}$ (°C)	$V_{max}$ (V)	$Q_{max}$ (W)	Size L*W*H	Weight (g)
7	HM 3930	3.9	69	8.4	16.7	30*30*4.7	15.1

Table 2 Features of LM35

Scale factor	Accuracy	Operation range	Operation voltage	Impedance output
Linear +10.0mV/°C	0.5°C (at 25°C)	-55° ~ +150°C	4V to 30V	0.1Ω for 1mA load

### 2.2 열전소자의 특성 곡선 및 성능 실험

카시트의 냉난방 시스템을 구성하기 위하여 열전소자의 대표적 모델을 HM3930 으로 선택하고 성능 시험을 하였다. 이 소자의 전압인 구동 최대 한계 전압  $V_{max}$  는 8.4V 로 낮은 전류에 대한 냉각 특성이 좋다. 이 모델의 사양은 Table 1 에 나타나 있고, 이 소자의 전류 및 전압 대 온도 변화 특성은 Fig. 2 에 나타나 있다.

본 연구에서 열전소자 HM3930 을 카시트에 효율적으로 적용하고 카시트의 냉방 제어를 위한 고온부의 방열제어를 위해 열전소자의 성능시험을 하였다. 고온부에 원형 30X30(mm) 넓이와 높이 10(mm)의 방열판과 2(W)의 원형 냉각팬을 장착하여 실험을 수행하였다. 시험용 구동 전압을 각각 5V 와 12V 로 약 3 분 동안 열전소자에 가하여 저온부와 고온부의 온도를 측정하였다. 온도 측정을 위해 National Semiconductor 사의 집적회로 온도센서인 LM35 를 사용하였는데, 이의 특성은 Table 2 에 나타나 있다. 이 센서를 열전소자의 고온부에 부착시킬 때 발생하는 방열 문제를 해소하기 위해서 센서를 방열판 사이에 끼워서 25°C 실내에서 실험을 수행하였다.

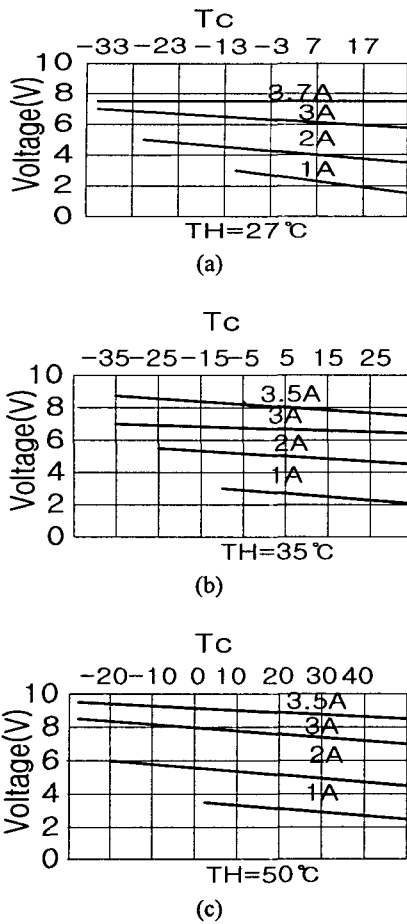


Fig. 2 Characteristics of HM3930 graph

Fig. 3 은 방열판과 냉각팬의 공조 시스템을 장착한 열전소자 HM3930 의 그림이고, 각각의 실험에 대하여 방열과 냉각의 조건은 같게 하였다. 실험결과는 Fig. 4 에 나타내었다. Fig. 4 (a)는 열전소자에 입력 전압 12V 를 인가 했을 때의 냉각팬의 고온부 온도조절에 따른 저온부 온도변화를 나타낸 그림이다. Fig.4 와 같은 경우, 흐르는 전류가  $I_{max}$  를 초과하여 소자의 고온부 온도가 너무 높아져 냉각의 한계가 발생하므로 고온부의 열이 저온부로 전도되어 저온부의 온도가 고온부의 온도와 일정한 온도차를 유지하며 동반상승을 하는 것을 알 수 있다. 반면, Fig. 4 (b)는 5V 전압을 인가 했을 때는 고온부의 열이 팬에 의한 방열로 저온부의 온도가 약  $2^\circ\text{C}$  부근에서 유지되고 있음을 보여준다.

이상의 실험을 통해 카시트의 냉방효과를 위해 열전소자 저온부의 특성을 높이기 위해서는 고온부의 온도가 저온부로 역류하지 않도록 방열판의

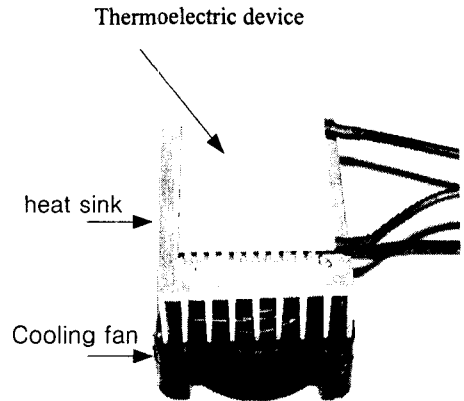
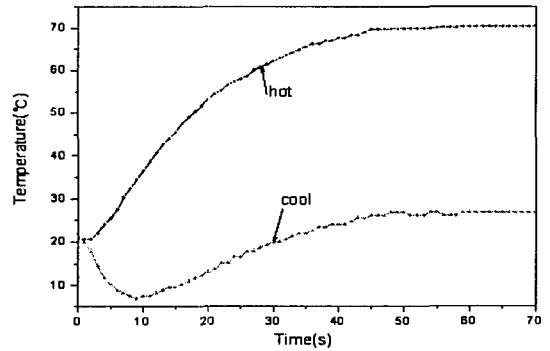
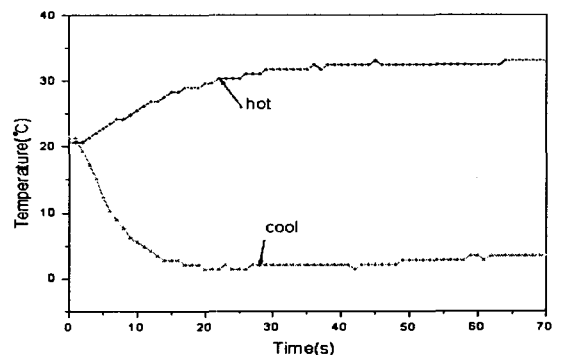


Fig. 3 Thermoelectric device with air-conditioning fan



(a) Input Voltage 12V



(b) Input Voltage 5V

Fig. 4 Test of thermoelectric device

면적을 냉각팬을 포함한 공조 시스템의 냉각성과 적절한 인가 전압의 선택이 중요함을 확인할 수 있었다.

확정적 불확실 요소만을 고려하여 이에 강인하게 설계된 관측기이다. 즉, Observer-4는 확정적 및 확률적 불확실 요소를 모두 고려하였으며, Observer-5는 단지 확정적 불확실 요소만을 고려하여 관측기를 설계하였다. Table 1에서 볼 수 있는 것처럼, 두 관측기는 condition number에서는 비슷한 크기를 갖지만 계인의 크기에서는 Observer-5의 계인이 Observer-4의 계인보다 약 6배 크다.

본 논문에서 제안하는 관측기의 성능을 검증하기 위해 다음과 같은 불확실 요소가 존재한다고 가정하였다.

(a) 초기 추정오차:

$$e(0) = [0.731 \ 0.022 \ -0.775 \ 0.053]^T$$

(b) 모델링오차: 행렬 A에서 0.5% 모델링오차

(c) 센서편차: 5% 출력 센서편차

(d) 확률노이즈 상호분산:  $Q=0.1 \times I, R=0.01$

각각의 관측기에 대하여 Fig. 2에서 그 성능을 비교하였다. Fig. 2에서 보여지는 것처럼, Observer-4는 Observer-5에 비하여 상대적으로 작은 값의 관측기 계인을 가지기 때문에 확률적 불확실 요소의 영향을 덜 받으며 또한, 정상상태에서의 오차 분산의 크기를 비교해보면 평균적으로 약 84% 감소하였다. 이것은 본 논문에서 제안하는 관측기 설계 방법의 타당성을 검증하는 것이며 계인의 크기가 작은 관측기는 노이즈에 대해 강인하다는 것을 알 수 있다.

**Example 3 : A 3rd-order Laser bonder system**

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -11.518 & 0 & 6.702 \\ 0 & -5.689 & -2.649 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.44 \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} 0 \\ 10 \\ 1 \end{bmatrix} w$$

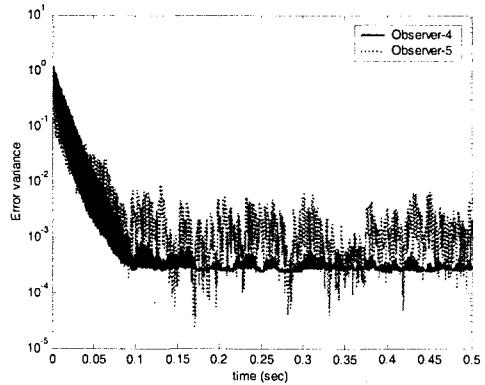
$$y = [1 \ 0 \ 0]x + v$$

여기서  $w$ 와  $v$ 는 영평균 백색잡음이다. 개루프의 고유값은 각각  $\{-0.6308, -1.0091 \pm j6.8813\}$ 이다. 적절한 수렴속도를 위해 시정수 1/3초를 요구한다고 가정한다.

본 논문에서 제안하는 well-conditioned 관측기와 확률시스템에서 일반적으로 사용되는 칼만필터와의 성능 비교를 통해 well-conditioned 관측기의 성능을 평가하고자 한다. Well-conditioned 관측기의 설계를 위해 식 (31)에서  $\beta=0.5, \delta_1=\delta_2=10$ , 그리고  $\alpha=3$ 으로 설정하였다. 칼만필터의 설계에서는 적절한 시정수를 위해  $Q=0.1, R=1 \times 10^{-5}$ 로 설정하였다. 설계된 well-conditioned 관측기와 칼만필터의 계인 과 그때의 condition number는 다음과 같다.

**Table 1** Comparison of properties of the observers

	Observer-4	Observer-5 <sup>(9)</sup>
Observer gain	$L = \begin{bmatrix} 29.264 \\ -0.5798 \\ -86.83 \\ -0.2075 \end{bmatrix}$	$L = \begin{bmatrix} 550 \\ 62.5 \\ 0 \\ 158.14 \end{bmatrix}$
Condition number	$\kappa_2(V)=3.73$	$\kappa_2(V)=3.32$



**Fig. 2** Comparison of the error variances in example 2

**Observer-6 : Well-conditioned observer**

$$L = \begin{bmatrix} 6.5289 \\ 21.9228 \\ -18.3068 \end{bmatrix}, \kappa_2(V) = 7.3$$

**Observer-7 : Kalman filter**

$$L = \begin{bmatrix} 44.2557 \\ 975.2845 \\ -148.1096 \end{bmatrix}, \kappa_2(V) = 47$$

두 관측기의 성능 비교를 위해 다음과 같은 불확실성을 가정한다.

(a) 초기 추정오차:  $e(0) = [1 \ 5 \ 5]^T$

(b) 모델링오차: 행렬 A에서 약 8% 모델링오차

(c) 센서편차: 2% 출력 센서편차

(d) 확률노이즈 상호분산:  $Q=0.1, R=0.01$

각각의 관측기에 대하여 Fig. 3에서 그 성능을 비교하였다. Well-conditioned 관측기인 Observer-6는 Kalman filter인 Observer-7에 비하여 정상상태에서의 오차 분산이 약 55% 감소하였다. 따라서, 시스템의 불확실성에 대하여 well-conditioned 관측기가 Kalman filter보다 더 강인함을 볼 수 있다.

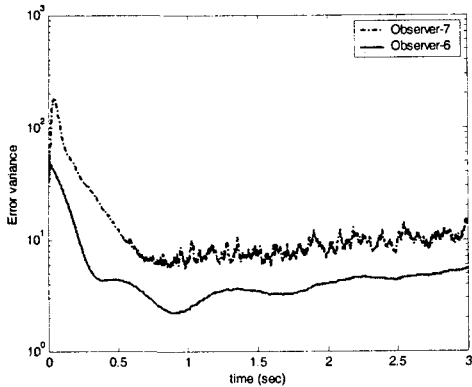


Fig. 3 Comparison of the error variances in example 3

## 5. 결론

확률 선형시스템에서 관측기 성능을 저하시키는 불확실 요소에 강인한 관측기를 설계하는 방법을 제시하였다. 즉, 확정적 불확실 요소인 초기 추정오차, 라운드오프오차, 모델링오차와 센싱편차, 그리고 확률적 불확실 요소인 외란과 센싱잡음에 강인한 관측기 설계 방법을 제시하였다. 이를 위하여 확률적 요소 관점에서 관측기 게인의 크기를 최소화시키고 수렴속도를 최대화시키는 설계 방법을 제안하였으며 확정적 요소 관점에서 관측기 행렬의 고유벡터 행렬의 condition number를 최소화시키는 설계 방법을 제시하였다. 관측기 설계를 위하여 Lyapunov 안정성 조건에 의한 LMI 형태의 구속조건을 포함하는 다목적 함수를 갖는 최적화 문제를 구성하였다. 결론적으로 본 논문에서 제안된 well-conditioned 관측기는 확률적인 선형 시스템에서 여러가지 불확실 요소에 대한 추정 성능의 강인성을 보장해주며 그 성능을 개선시켜준다.

## 후 기

이 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음. (KRF-2002-041-D00037)

## 참고문헌

- (1) Luenberger, D. G., 1966, "Observers for Multivariable Systems," *IEEE Trans. on Automatic Control*, Vol. 11, pp. 190~197.
- (2) Kalman, R. E. and Bucy, R. S., 1969, "New Results in Linear Filtering and Prediction Theory," *Trans. of the ASME Series D: J. of Basic Engineering*, Vol. 83, No. 3, pp. 95~108.
- (3) Bhattacharyya, S. P., 1976, "The Structure of Robust Observers," *IEEE Trans. on Automatic Control*, Vol. 21, pp. 581~588.
- (4) Shen, L. C. and Hsu, P. L., 1998, "Robust Design of Fault Isolation Observers," *Automatica*, Vol. 34, No. 11, pp. 1421~1429.
- (5) Patton, R. J. and Chen, J., 1997, "Observer-Based Fault Detection and Isolation: Robustness and Applications," *Control Engineering Practice*, Vol. 5, No. 5, pp. 671~682.
- (6) Kim, J.-S. and Oh, J.-H., 1996, "A Robust Disturbance Observer for Uncertain Linear Systems," *Trans. of the KSME, A*, Vol. 20, No. 9, pp. 2731~2743.
- (7) Shafai, B. and Carrol, R. L., 1985, "Design of Proportional-Integral Observer for Linear Time-Varying Multivariable Systems," *Proc. of the IEEE Conference on Decision and Control*, pp. 597~599.
- (8) Huh, K. and Stein, J. L., 1994, "A Quantitative Performance Index for Observer-Based Monitoring Systems," *Trans. of the ASME J. of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, Vol. 116, pp. 487~497.
- (9) Huh, K. and Stein, J. L., 1995, "Well-Conditioned Observer Design for Observer-Based Monitoring Systems," *Trans. of the ASME J. of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, Vol. 117, pp. 592~599.
- (10) Kwak, B. K. and Huh, K., 1997, "Discrete-time Robust Observer Design for Two-output Systems," *Trans. of the KSME, A*, Vol. 21, No. 4, pp. 625~633.
- (11) Sasa, S., 1998, "Robustness of a Kalman Filter Against Uncertainties of Noise Covariances," *Proc. of the American Control Conference*, pp. 2344~2348.
- (12) Bernstein D. S. and Haddad, W. M., 1989, "Steady-state Kalman filtering with an  $H_\infty$  error bound," *Systems and Control Letters*, Vol. 12, pp. 9~16.
- (13) Chen, X. and Zhou, K., 2002, " $H_\infty$  Gaussian Filter on Infinite Time Horizon," *IEEE Trans. on Circuits and Systems I*, Vol. 49, No. 5, pp. 674~679.
- (14) Xia, L. and Soh, Y. C., 1994, "Robust Kalman filtering for uncertain systems," *Systems and Control Letters*, Vol. 22, pp. 123~129.
- (15) Shaked, U., Xie, L. and Soh, Y. C., 2001, "New Approaches to Robust Minimum Variance Filter Design," *IEEE Trans. on Signal Processing*, Vol. 49, No. 11, pp. 2620~2629.
- (16) Howell, A. and Hedrick, J. K., 2002, "Nonlinear Observer Design via Convex Optimization," *Proc. of the American Control Conference*, pp. 2088~2093.
- (17) Slotine, J. J. E. and Li, W., 1991, *Applied Nonlinear Control*, Prentice Hall, Inc..
- (18) Golub, G. H. and Van Loan, C. F., 1996, *Matrix Computations*, 3<sup>rd</sup> Ed., The Johns Hopkins University Press.
- (19) Boyd, S., El Ghaoui, L., Feron, E. and Balakrishnan, V., 1994, *Linear Matrix Inequalities in System and Control Theory*, SIAM.
- (20) El Ghaoui, L., Delebeque, F. and Nikoukhah, R., 1999, *LMITool Ver. 2.1*, available via anonymous ftp to ftp.ensta.fr, directory pub/elghaoui/lmitool-2.1.

Fig. 9 와 같은 시스템의 제어를 구성하기 위해 식 (4), (5), (6)을 식 (2)에 대입하면 다음의 관계식을 구할 수 있다.

$$\alpha T_c I - K_p (T_h - T_c) - K_a (T_c - T_e) = \beta \dot{T}_c \quad (7)$$

이 식을 정리하면 다음과 같다.

$$\dot{T}_c + \frac{1}{\beta} (K_a - K_p) T_c = \frac{\alpha}{\beta} T_c I + \frac{K_a}{\beta} T_e - \frac{K_p}{\beta} T_h \quad (8)$$

이 식은 다시 다음의 간략화된 식으로 표현된다.

$$\dot{T}_c + \eta T_c = \zeta T_c I + \delta T_e + \mu T_h \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } \eta &= \frac{1}{\beta} (K_a - K_p), \quad \zeta = \frac{\alpha}{\beta}, \quad \delta = \frac{K_a}{\beta}, \\ \mu &= -\frac{K_p}{\beta}. \end{aligned}$$

식 (9)는 열전소자 구동기를 포함한 카시트의 온도변화를 상태방정식으로 표현한 것이다. 여기서  $\eta, \zeta, \delta$  및  $\mu$ 는 모두 정확한 값을 추정하기 힘든 불확실한 파라미터들이다. 이러한 파라미터를 포함하는 불확실한 시스템을 제어하기 위해서 강인 제어기의 일종인 슬라이딩모드 제어를 다음과 같이 설계하였다.

$$I = \frac{1}{\zeta T_c} (u_r - \hat{\delta} T_e - \hat{\mu} T_h + \hat{\eta} T_c - K_D \text{sgn}(s)) \quad (10)$$

여기서  $u_r = \dot{T}_{cd} - \Lambda e$ ,  $s = e = (T_c - T_{cd})$  이고,  $T_{cd}$ 는 원하는 제어온도이며,  $\Lambda$ 는 제어 이득이며, 오차 상태가 슬라이딩모드이다. 또한, 여기서  $\hat{\eta}, \hat{\zeta}, \hat{\delta}$  및  $\hat{\mu}$ 는 각각  $\eta, \zeta, \delta$  및  $\mu$ 의 추정치이다. 식 (10)을 식 (9)에 적용하여 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \dot{e} + \Lambda e &= (\zeta \hat{\zeta}^{-1} - 1) u_r + (\delta - \hat{\delta} \hat{\zeta} \hat{\zeta}^{-1}) T_e + \\ & (\mu - \hat{\mu} \hat{\zeta} \hat{\zeta}^{-1}) T_h - (\eta - \hat{\eta} \hat{\zeta} \hat{\zeta}^{-1}) T_c - \zeta \hat{\zeta}^{-1} K_D \text{sgn}(e) \end{aligned} \quad (11)$$

식 (11)이 안정하기 위해서 슬라이딩 제어  $K$  이  $K_D$ 의 크기는 다음과 같이 설계된다.

$$K_D \geq \left| (1 - \hat{\zeta} \hat{\zeta}^{-1}) u_r + (\delta \hat{\zeta} \hat{\zeta}^{-1} - \hat{\delta}) T_e + (\mu \hat{\zeta} \hat{\zeta}^{-1} - \hat{\mu}) T_h - (\eta \hat{\zeta} \hat{\zeta}^{-1} - \hat{\eta}) T_c \right| + \nu \quad (12)$$

여기서  $\nu$ 는 양의 상수이다. 또한,  $\text{sgn}(s)$ 의 경우는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} s > 1, \quad \text{sgn}(s) &= +1, \\ s < 1, \quad \text{sgn}(s) &= -1. \end{aligned} \quad (13)$$

식 (12)와 같이 설정하면 페루프 시스템은 안정하여 궁극적으로  $T_c$ 는  $T_{cd}$ 로 수렴하므로 원하는 온도로 제어 할 수 있다.

#### 4. 냉난방 시스템의 실험

##### 4.1 제어를 위한 시스템 구성

카시트의 냉난방 온도 제어 실험을 위해 제작한 하드웨어의 구성은 Fig. 10 과 같이 구성하였다. 이러한 하드웨어 구성에 따라 직접 제작한 하드웨어 시스템은 Fig. 11 에 나타나있다. 여기서, 열전소자의 구동 드라이버는 열전소자의 전류 방향을 제어할 수 있도록 FET 를 사용하여 H-bridge 회로로 구성하였고, Time delay controller 는 전류의 방향이 바뀔 때 순간적으로 발생할 수 있는 과전류로 인하여 드라이버 및 소자의 손상을 줄이기 위해 방향 전환시 일정 시간동안 출력을 내지 않도록 하기 위한 목적에서 구성하였다. 시스템의 CPU 는 One-chip microprocessor 의 일종인 PIC16F873 소자를 프로그래밍하여 사용하였으며, 열전소자의 구동 드라이버 전원은 차량용 전원 12V 를 사용하였다. 온도센서는 열전소자 옆면에 부착되어 있으며, LM35 를 사용하였다. 스위치 조작으로 냉난방 제어를 선택하게 되면 제어기에 의해 미리 설정된 온도를 추종하도록 제어하게 된다.

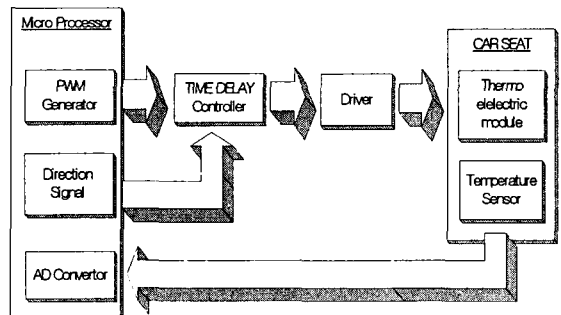


Fig. 10 Hardware setting of experimental system

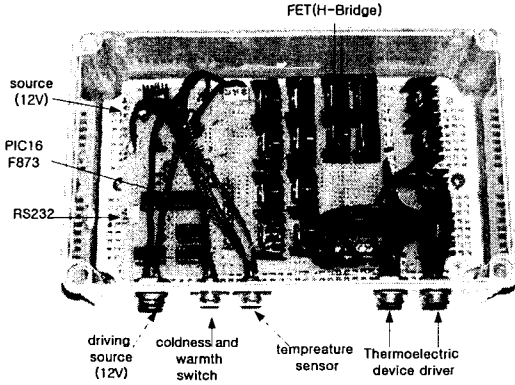


Fig. 11 Hardware system of controller and driver

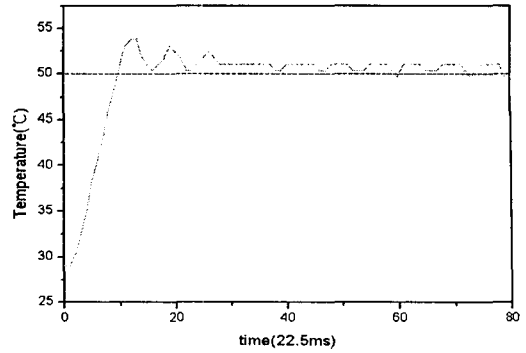


Fig. 13 Control result of desired temperature 50 °C

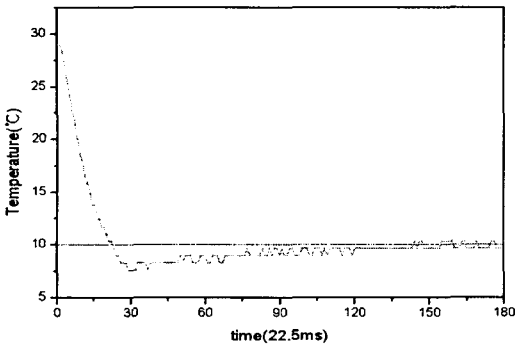


Fig. 12 Control result of desired temperature 10 °C

4.2 제어기를 이용한 온도제어 실험

카시트와 파라미터에서 일정한 온도 유지를 위해 제어기를 설계하여 실험을 행하였으며, 카시트의 냉난방을 실험하기 위해 Fig. 12 및 Fig. 13 과 같이 두가지의 목표 온도를 설정하였고, 제작된 카시트에 사람이 앉은 상태에서 실험을 하였다.

Fig. 12 는 목표 냉방온도를 사람이 착석 했을 때 시원함을 느끼는 온도를 10°C로 하였고, 원칩 마이크로 프로세서(One-chip microprocessor)를 10°C로 수렴하도록 프로그래밍하여 냉방온도를 측정하였다. 그 결과 제어를 통하여 냉방온도가 10°C로 수렴 제어되는 것을 볼 수 있다. Fig. 13 은 목표 온방온도를 사람이 착석했을 때 카시트의 시트와 사람의 옷 사이의 온도를 고려하여 원칩 마이크로 프로세서(One-chip microprocessor)를 50°C로 수렴하도록 프로그래밍하여 온방 온도를 측정하였다. 이때 제어를 통하여 온방온도가 50°C로 수렴 제어 되는 것을 볼 수 있고, 약간의 오버슈트(over shoot)나 언더슈트(under shoot)가 존재하지만 제어기를 통해서 목표 온도를 잘 추종함을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 열전소자를 이용한 냉난방 카시트의 설계와 온도제어에 대한 연구결과를 나타내었다. 냉난방 특성을 갖는 열전소자의 성능시험을 통하여 냉방효과를 극대화하기 위해서는 고온부의 온도를 공조 시스템을 이용하여 제어하여야 함을 알 수 있었다.

카시트 시스템의 고온부 온도제어를 위하여 공조 시스템을 포함한 카시트 시스템을 제작하였고, 불확실한 파라미터를 포함하는 카시트의 냉난방 제어를 위해 시스템의 모델링을 수행하였다. 시스템의 온도제어를 위해 소형 One-chip microprocessor 를 포함하는 제어 시스템을 제작하여 슬라이딩 모드 제어기를 적용한 제어실험을 수행하였다. 실험을 통하여 여러 주변환경의 불확실성의 존재 하에서도 카시트 시스템의 원하는 냉난방 온도제어가 성공적으로 이루어짐을 알 수 있었다.

후 기

본 논문은 한국해양대학교 두뇌한국 21 사업에 의해 지원되었음.

참고문헌

- (1) Peltier, J.C., 1834, "Nouvelles Experiences Sur La Caloricite Des Courans Electrique," *Ann. Chim.*, LVI371.
- (2) Herring, Conyers., 1954, "Theory of the Thermoelectric Power of Semiconductors," *Phys. Rev.*, Vol. 96, No. 5, Dec. 1, pp. 1163~1187.
- (3) Mathiprakasham, B and Sutikno, T, 1984, "Analytical Model for Predicting The Performance of Cross-Flow Thermoelectrical Liquid Coolers," *Proceeding of 5th*

- Int. Conf. on Thermoel..ectric Energy Conversion*, The University of Texas at Arlington, pp. 75~79.
- (4) Mathiprakasham, B., Fiscus, B. and Glauz, W, 1986,. "Performance of Cross-Flow Thermoelectric Liquid Collers," *Proc. of 6th Int. Conf. of Thermoelectric Energy Conversion*, The University of Texas at Arlington, pp. 69~73.
- (5) Mei, V.C. and Chen, F.C., 1989, "Comparison of Thermoelectric and Vapor Cycle Technologies for Ground Water Heat Pump Application," *Trans. ASME J. Solar Energy Engineering*, Vol. 111, pp. 353~357.
- (6) Shewen, E.C., Hollands, K.G.T. and Raith, G.D., 1989, "The Measurement of Surface Heat Flux Using The Peltier Effect," *Trans. ASME J. Heat Transfer*, Vol. 111. Aug, pp. 798~803.
- (7) Park, Young Moo, 1993, "Thermodynamic Performance Analysis of Heat Pump Using Thermoelectric Semiconductor," *Energy Engg. J*, Vol. 2, No.1, pp. 95~103.
- (8) Yoon, T.B., Kim, N.J., Lee, J.Y. and Kim, C.B, 2000, "Development of a Waterless Container Utilizing Thermoelectric Modules for Live Fish Transportation," *KSME*, Vol. 12, No. 5, pp. 519~524.
- (9) Woo, B. C., Lee, H. W. and Suh, C. M., 2002, "Characteristic of Electric Generation for the Water Flow Rate in Thermoelectric Generator Using Water," *J. of KSME*, Vol. 26, No. 10, pp. 1333~1340.
- (10) Seo, J.R., Kim, S.M. and Lee, S.C., 1997, "Design and Control of the Precision Heat Actuator using Thermoelectric Device," *Proceedings of the 12th, KACC*.
- (11) Rowe, D.M., 1994, *CRC Handbook of Thermoelectrics*, D.M. Rowe, CRC Press.