

논문 2009-3-18

## 열전소자를 이용한 냉·온장시스템 개발

### Development of Cooling/Warming System Using Thermoelectric Device

김기환\*

Kee-Hwan Kim

요 약 열전효과란 온도차를 전기적인 크기 즉 전압으로 변환시키는 것을 말한다. 또한 그 반대의 경우도 여기에 해당한다. 열전 소자는 소자의 양면에 온도 차가 존재할 때 전압이 발생하며 반대로 이 소자에 전압을 가할 경우 온도차가 발생하는 소자이다. 본 논문에서는 물질을 냉각과 가열을 할 수 있게 이러한 현상을 이용하여 열전소자를 사용한 냉·온장 시스템을 소개하였으며 PC와 LabVIEW를 이용하여 냉·온장 시스템을 제어하였다.

**Abstract** The thermoelectric effect is the direct conversion of temperature differences to electric voltage and vice versa. A thermoelectric device creates a voltage when there is a different temperature on each side. Conversely when a voltage is applied to it, it creates a temperature difference. This effect is used in this paper to cool objects or to heat them. A cooling/warming system with thermoelectric device is introduced and controlled with PC and LabVIEW.

**Key Words :** thermoelectric device, LabVIEW, GUI, cooling/warming system

#### I. 서 론

2009년 봄, 사람 사이에 감염이 가능한 “신종 인플루엔자”가 발생하여 긴장이 고조 되었고 세계 각국은 이 질병의 통제에 힘쓰고 있다. 열악한 사육환경이 동물들의 면역력을 약화시켰다고 조심스런 의견들이 나오고 있다. 그래서 친환경만이 신종 인플루엔자의 발생 및 감염을 예방할 수 있는 유일한 대안이라고들 주장하고 있다. 실례로 청정한 태양 빛과 맑은 물과 공기의 친환경적으로 자생한 동물은 건강하게 자라고 있다[1]. 이렇듯 친환경은 그야말로 우리들의 미래들 밝게 해주고 건강을 책임져 주는 담보물인 것이다.

환경의 중요성을 알기에 “저탄소 녹색성장 신재생에너지”에 발맞추어 온실효과를 일으키는 지구온난화 주범인 CO2 가스의 배출이 없는 청정에너지로서, 무한한 미

래에너지의 하나인 열전소자를 이용하여 IT 기술과 접목하여 신재생에너지 및 친환경제품을 구상하였다.

이에 IT 기술을 접목하여 쉽게 측정이 가능하고 교육적으로 사용할 수 있고 친환경적으로 사용이 가능한 열전소자를 사용하여 PC와 연결하여 직접 제어할 수 있고, GUI로 쉽게 동작할 수 있는 냉·온장고 System을 개발하였다. 논문에서는 설계 · 제작 및 실험하여 결과를 고찰하였다.

#### II. 본 론

##### 1. 열전소자(열전반도체)

열전소자는 세라믹기판과 납 그리고 pellet을 이루는 N, P 형 소자이다. 열전소자를 이용한 냉각, 가열 원리는 서로 다른 2개의 P형, N형, 열전반도체 소자로 구성된 열

\*정회원, 세명대학교, 전자공학과  
접수일자 2009.05.15, 수정완료 2009.06.10

전회로에 전류가 흐를 때 한 접합면은 냉각(흡열반응)되고 다른 부위는 가열(발열반응)되는 현상이 일어난다.[2][7][8]

2종류의 금속 대신 전기전도 방식이 다른 비스무트(Bi)·텔루르(Te) 등 반도체를 사용하면, 효율성 높은 흡열·발열 작용을 하는 펠티에소자를 얻을 수 있다. 이것은 전류방향에 따라 흡열·발열의 전환이 가능하고, 전류량에 따라 흡열·발열량이 조절되므로, 용량이 적은 냉동기의 제작이 용이하다.

고온부와 저온부의 온도 및 소자의 전류와 전압에 대한 식으로 표현할 수 있으며, 열전소자의 흡열량은 다음과 같이 나타낼 수 있다.[7][10]

$$Q_c = \alpha T_c I - \frac{I^2 R}{2} - k \Delta T \quad (1)$$

우변의 첫 번째 항은 Peltier 효과에 의한 흡열량, 두 번째 항은 Joule 효과에 의한 발열량, 세 번째 항은 열전소자의 고온부와 저온부의 온도차인  $\Delta T$ 에 의한 전도열량이다.[7][10]

열전소자의 인가 전력은 식 2와 같이 나타낼 수 있다.[10]

$$P_{in} = (\alpha \Delta T + IR)I = VI \quad (2)$$

습공기의 수증기 물  $Y$ 가 현재 포화수증기 물  $Y_s$ 보다도 낮은 상태에 있는 경우 물질이 증발이 일어나며 증발 속도는  $Y_s - Y$ 의 크기에 비례하게 된다. 이때 표면적을  $A$ 로 하고, 비례 정수  $K$ 로 두면 물질의 이동량은 다음과 같다.

$$M = KA(Y_s - Y) \text{ 가습(증발)의 경우}$$

$$M = KA(Y - Y_s) \text{ 감습(응축)의 경우}$$

- 기호설명

$A$  : 표면적(m<sup>2</sup>)

$k$  : 열전도계수(W/m·K)

$I$  : 전류(A)

$Q_c$  : 열전소자의 흡열량[W]

$P_{in}$  : 열전소자의 인가전력 [W]

$T_c$  : 저온부의 온도[°C]

$\Delta T$  : 접점의 온도차[°C]

$R$  : 열저항[K/W]

$M$  : 물질 이동량[kg/h]

$K$  : 물질 이동계수[kg/m<sup>2</sup>·Mol·h]

$\alpha$  : Seebeck 계수[V/°C]

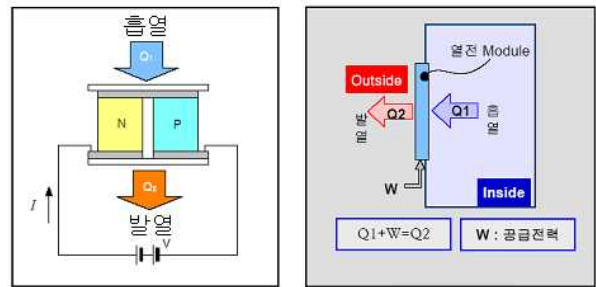


그림 1. 열전소자의 동작원리  
Fig. 1. Principle of Thermoelectric Device

## 2. GUI-LabVIEW

LabVIEW란 [L]aboratory [V]irtual [I]nstrument [E]ngineering [W]orkbench의 약자로 그래픽 기반 프로그래밍 언어로써, 다른 텍스트 기반 프로그래밍 언어와는 달리 아이콘 형태의 함수들의 조합으로 구성 되어 있다. 소스코드부분이 아이콘으로 이루어져 있어 데이터의 흐름을 직관적으로 관찰할 수 있다. 또한 LabVIEW 프로그램은 일반적인 물리적 계측장비의 기능을 프로그램 내에서 구현하기 때문에 버추얼 인스트루먼트(Virtual Instrument, VI)라고 불린다. 때문에 LabVIEW를 이용하여 테스트 환경을 구축하여 실제 계측 및 제어 장비를 통해서 수행할 수 있는 다양한 테스트를 수행할 수 있으며, 기존의 C 또는 BASIC등의 프로그램 및 계측, 제어 모니터링, 측정 데이터의 분석 등 광범위한 공학영역에 사용하여 제품의 개발 및 성능 향상시간을 혁신적으로 단축시킬 수 있다.[3]-[6]

그러므로 GUI(Graphic User Interface)중 제어, 계측 분야에서 사용하기 쉽고, 편리한 프로그래밍 언어인 LabVIEW를 사용하여 구현하였다.

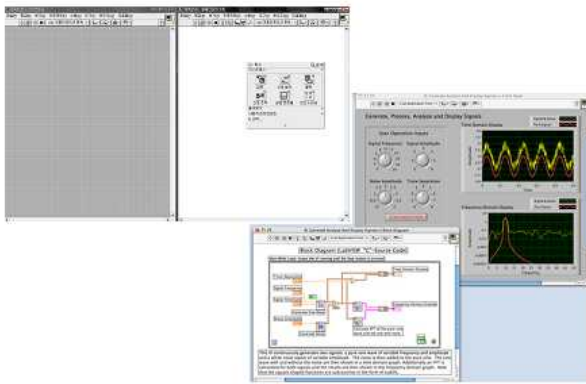


그림 2. LabVIEW 화면  
Fig. 2. Screen of LabVIEW

### III. 설계 및 제작

기존의 냉장고에 사용되었던 냉매는 오존층의 파괴의 주범이 되고 또한, 폐기시에도 냉매 유출로 인한 환경이 위협받고 있기에 친환경적이고 냉매의 사용이 전혀 필요 없는 열전소자를 이용하여 냉·온장고를 제작하였다. 압축기가 필요 없고 냉각방식을 탈피한 차세대 냉각방식으로서 극전환(+, -)을 통해 어디든지 간편하게 냉각과 가열이 동시에 가능하여 실험에서 대상물을 -10도에서 +60도까지 냉각과 가열을 통해 일정온도로 유지되게 할 수 있었다.

DAQ Board(Data Acquisition Board)와 LabVIEW 소프트웨어와 Relay(계전기)를 이용하여 냉·온장고를 실시간으로 온도 제어 및 온도 현황, 소비전력을 노트북을 통해 모니터링 할 수 있고, 제품의 고장진단 및 상태 확인이 가능하다.

#### 1. 냉·온장고 동작원리

RTD 방식의 온도 센서 PT-100을 이용하여 온도를 검출하고, 온도 값을 DAQ Board(NI USB-6008)를 통해 입력받아 LabVIEW 소프트웨어에서 비교 연산하고 다시 DAQ Board로 값을 출력하여 Relay를 작동하게 된다. PT-100 온도값과 검출된 저항값에는 오차값이 존재하므로 5초간의 Delay를 주어 5초간의 평균값을 구해 좀 더 정확한 온도값을 구하였다. 온도 제어는 열전 소자를 이용하여 Cooling과 Heating을 하고 각 동작은 Relay를 사용하여 출력 신호만으로 제어를 할 수 있도록 설계하였다.

#### 2. 열전 냉각기의 구성체

냉각기의 특징은 저소음, 고 신뢰성이며 기계적 작동 부분이 없다. 또한 소형, 경량화가 가능하며 어떠한 위치나 방향에서도 작동하고 냉매가스(CFC)를 사용하지 않아 환경오염의 문제가 없다. 그리고 간편한 전원 공급 및 정밀온도제어가 가능한 이점이 있다.

#### 1) 열전소자 및 냉각판

기존의 컴프레서 냉각방식을 대체할 차세대 냉각방식으로서 극 전환(+, -)을 통해 어디든지 간편하게 냉각과 발열이 동시에 가능하여 상온에서 대상물을 -30℃ +150℃ 까지 냉각과 가열을 통해 일정 온도로 유지되게 하게 할 수 있다. 그림3의 위의 것이 열전소자이고 아래의 것이 방열기이다.

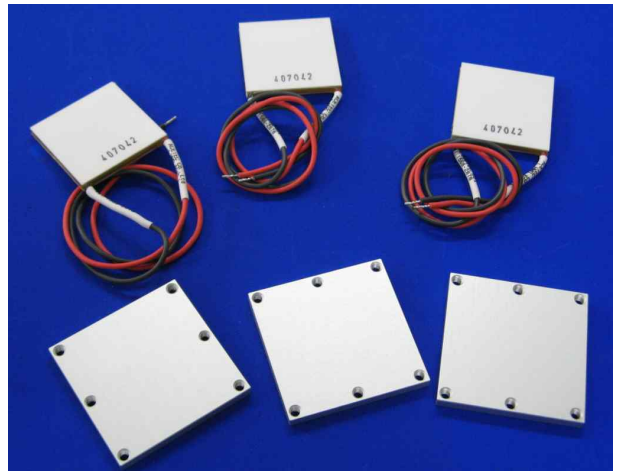


그림 3. 열전소자 및 냉각판  
Fig. 3. Thermoelectric Device and Heating Cooler Plate

표 1. 사용한 열전소자의 전기적 특성  
Table 1. Electrical Characteristic of used Thermoelectric Device

최대전류 $I_{max}(A)$	6.0
$T_{max}(C)$	69
최대전압 $V_{max}(V)$	15
최대효율 $Q_{max}(W)$	51.4
치수 (L×W×H)	40×40×4.0
중량(g)	23.21

2) 방열기 및 냉각팬

열의 흡수와 방출을 효율적으로 관리하기 위해 그림 4와 같이 방열기와 냉각팬을 일체형으로 하였다.

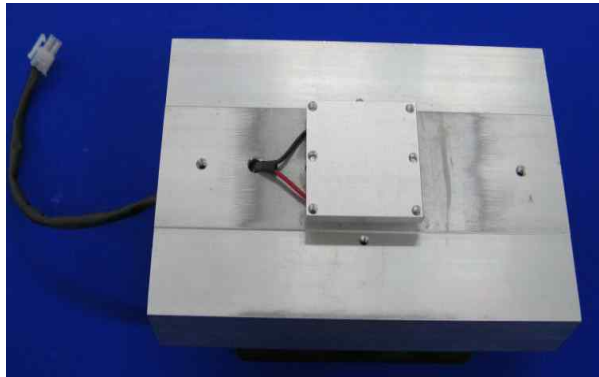


그림 4. 방열기 및 냉각팬 앞뒤면  
Fig. 4. Front- and Rear Side of Heating Cooler and Cooling Fan

3. 전원 변환부

열전소자 전원용으로 12V를 사용하였고, 각종 제어소자 및 전원 절환 Relay 전원용으로 5V를 사용하였으며 전원 변환부의 회로도에는 그림 5와 같다.

표 2. 열전소자 냉각 유닛 정격  
Table 2. Rate of Cooling Unit for Thermoelectric Device

정격전압	DC 12V
정격전류	5 A
소비전력	60 W

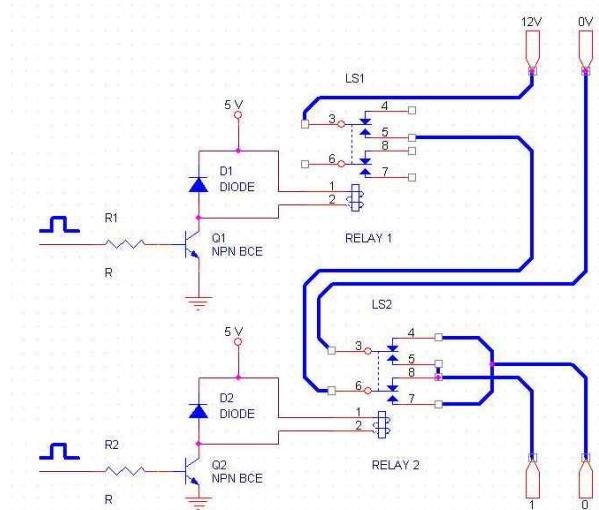


그림 5. 전원 변환부  
Fig. 5. Power Conversion Unit

4. 제어부 - DAQ Board

DAQ 보드로는 NI사의 USB-6008을 사용하였으며 이 보드로 간단한 데이터 로깅, 휴대용 측정 및 실험과 어플리케이션에 대해 기본적인 데이터 수집용으로 사용하였고 다음의 특성이 있다. (그림 6 참조)[4]

- 8개 아날로그 입력 (12비트, 10 kS/s)
- 2개의 아날로그 출력 (12비트, 150 S/s),
- 12개의 디지털 I/O, 32비트 카운터



그림 6. DAQ 보드  
Fig. 6. DAQ Board



그림 7. 온도센서 Pt100Ω  
Fig. 7. Temperature Sensor Pt100Ω

5. 온도 sensor

장기간 안정적인 온도측정용 Sensor로서 Pt100을 사용하였고 그림 7과 같다.



그림 8. 냉온장고 System 뒷면 및 내부  
Fig. 8. Rear- and In-side of Cooling/Warming System



그림 9. 냉온장고 System 모니터링 및 제어  
Fig. 9. Monitoring and Control Screen for Cooling/Warming System

6. GUI

LabVIEW는 그래픽 언어기반의 소프트웨어이기에 텍스트 형태의 코드를 작성하지 않고 블록 다이어그램을 사용하여 윈도우 창 위에 필요한 함수 블록을 가져와 연결선으로 연결하여 그림형태로 프로그램을 만들어 그 프로그램의 실행 결과를 프론트 패널을 통해 바로 확인할 수 있다.[5]

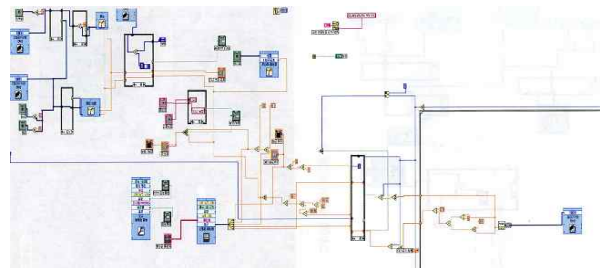


그림 10. 냉온장고의 시스템의 블록다이어그램  
Fig. 10. Block Diagram of Cooling/Warming System

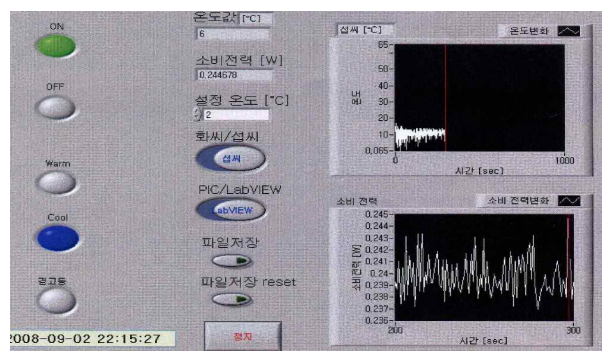


그림 11. LabVIEW 프론트패널 Cooling System 실행  
Fig. 11. Execution Screen of LabVIEW Front Panel for Cooling System

#### IV. 결 론

LabVIEW와 열전소자를 사용하여 전류를 제어하고 프로그램으로 냉온장고를 최적화하여 전류 및 전력을 모니터링이 가능 하였다.

신재생에너지를 사용하여 친환경 제품의 개발에 도움이 되었고, 소음과 사용 전류 또한 작아서 차량용으로도 사용이 가능하였다. 그러나 온도의 증·감속 폭에는 상당히 많은 시간이 걸렸다. 하지만 냉매를 사용하지 않아 친환경적이었고 또한, 휴대가 간편하므로 신재생에너지에 대한 교구로도 사용이 가능하여 환경의 중요성 교육에 효과가 클 것으로 예상된다.

#### 참 고 문 헌

[1] <http://www.bnclighting.com/>  
 [2] <http://www.kisti.re.kr/>

[3] 김정현, 정원지, 김효곤, 이기상, “LabVIEW 기반 3축 스카라 로봇의 유한 저크 및 계인 동조를 이용한 최적모션 제어”, 한국공작기계학회, Vol. 17 No.3 . pp. 40~46, 2008. 6  
 [4] <http://www.ni.com/>  
 [5] “LabVIEW를 이용한 제어시스템 설계” 2008. 6. 인피니텍스. 유재구의 1인 공저  
 [6] “내손으로 완성하는 LabVIEW” 2008. 1. 인피니텍스. 강필순의 2인 공저  
 [7] 이민재, 공상운, 김종수, “열전소자를 이용한 가정용 의류 건조기의 성능에 관한 실험적 연구”, 대한기계학회, pp. 1414~1419, 2007. 05  
 [8] <http://www.xyvec.com/>  
 [9] 김순호, “차량용 냉방시스템에의 열전소자 적용에 관한 연구”, 한국동력기계공학회지, pp. 32~38, 2008.06  
 [10] 유성연, 홍정표, 심우섭, “열전소자 및 열전냉각장치의 성능에 관한 연구”, 설비공학논문집, pp. 62~69, 2004

#### 저자 소개

김 기 환(정회원)



- 1990년 독일 지겐대학교 전기전 자공학과 Diplom 졸업.
- 1995년 독일 지겐대학교 전기전 자공학과 박사 졸업.
- 2009년 현재 세명대학교 전자공학과 교수.

<주관심분야 : 제어, 자동화, 로봇, 친환경, 신재생에너지>