

## 열전냉각시스템을 이용한 컴퓨터의 발열제어에 관한 연구

오을권<sup>1</sup>, 양호동<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 기계시스템공학과, <sup>2</sup>전남도립대학교 조선기계과

### A Study on Control of Heat Generation in Computer using Thermoelectric Cooling System

Yool-Kwon Oh<sup>1</sup>, Ho-Dong Yang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical System Engineering, Chosun University

<sup>2</sup>Department of Naval Architecture & Mechanical Engineering, Jeonnam Provincial College

**요약** 현재의 컴퓨터는 고성능화, 다기능화, 소형화, 경량화 등의 이유로 인해 기기 내부에서 발생하는 열량이 증가하고 있는 추세이다. 컴퓨터의 성능을 높이고 수명을 연장하기 위해서는 발열을 효과적으로 제어할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 열전소자를 이용한 열전냉각시스템을 구성하여 컴퓨터에 설치하였고, 실험을 통해 기존의 공기냉각시스템을 사용한 컴퓨터 내부의 온도분포와 열전냉각시스템을 함께 사용한 컴퓨터 내부의 온도분포를 측정하고, 이를 비교하여 열전냉각시스템의 발열제어 성능을 알아보고자 하였다. 또한, 열전냉각시스템이 기존의 컴퓨터 냉각시스템을 대체할 수 있는 성능을 낼 수 있는지 예측해 보기 위해서 기존의 냉각시스템을 사용한 컴퓨터와 열전냉각시스템만을 사용한 컴퓨터 내부의 온도분포를 수치해석을 통해 예측하고 비교해 보았다.

**Abstract** In recent years, the amount of heat generated inside of the computer has more increased because of high performance, multi-function, miniaturization and light weight. It is necessary to control the effective heat generation to improve performance and life extension of the computer. In this study, thermoelectric cooling system was manufactured using thermoelectric module and was attached to computer in order to control the heat generated inside computer. And the temperature distributions inside computer were experimentally measured and compared with and without thermoelectric cooling system to investigate the effect of cooling system. Also, to estimate the new cooling system which can substitute for the existing computer cooling system, temperature distributions inside computer were calculated by numerical analysis when there was no cooling system and was applied only cooling system to computer.

**Key Words** : Heat Generation, Numerical Analysis, Temperature Distribution, Thermoelectric Cooling System

### 1. 서론

현재의 컴퓨터는 하드웨어와 소프트웨어 두 가지 측면에서 고성능화를 요구하고 있어, CPU, GPU, HDD, Power Supply 등의 부품에서 발열량이 지속적으로 증가하고, 본체 및 모니터는 소형·경량화되고 있으며, 나아가 모니터와 본체가 일체화되고 있는 추세이다. 이는 좁은 공간에서 많은 열량이 발생하기 때문에 우수한 방열

성능을 갖춘 냉각시스템이 반드시 필요하다. 컴퓨터에서 가장 중요한 부분 중의 하나인 CPU는 명령을 해독하고 산술논리연산이나 데이터 처리를 실행하는 장치로서, 발열을 제어하지 못하면 과도한 전류가 발생하여 동작이나 연산속도를 저하시켜 기기의 성능을 저하시킬 뿐만 아니라 기기의 수명을 단축시킨다. CPU의 작동온도가 10℃ 정도 낮아짐에 따라 칩의 성능은 1 ~ 3% 상승하며, 고장 비율은 50%이상 감소하게 된다[1, 2]. 기존의 보급형 컴

본 논문은 2010년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

\*Corresponding Author : Ho-Dong Yang(Jeonnam Provincial College)

Tel: +82-61-380-8638 email: [hdyang77@naver.com](mailto:hdyang77@naver.com)

Received December 19, 2014

Revised January 7, 2015

Accepted January 8, 2015

퓨터는 일반 방열판 부착형에서 방열판에 팬을 부착하는 방식으로 사용되었으나 최근에는 고사양 컴퓨터 사용이 많아지면서 컴퓨터 내부의 발열량이 많아져 이를 제어하기 위해 히트파이프식, 수냉식, 열전소자식, 상변화 방식 등을 이용한 냉각시스템이 등장하고 사용되고 있다[3, 4].

따라서, 본 연구에서는 가정 및 직장에서 보편화되어 사용되고 있는 컴퓨터의 본체 내부의 발열을 효과적으로 제어해 보고자 열전소자를 사용한 열전냉각시스템을 이용하였다. 실험과 수치해석을 통해 열전냉각시스템이 컴퓨터 내부의 발열을 얼마나 효과적으로 제어할 수 있고, 향후 개선해야 할 내용에는 무엇이 있는지 조사해 보고자 하였다.

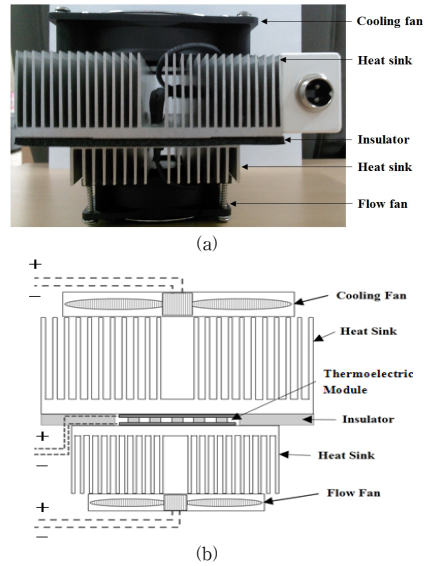
## 2. 실험 및 수치해석 방법

### 2.1 실험장치 및 방법

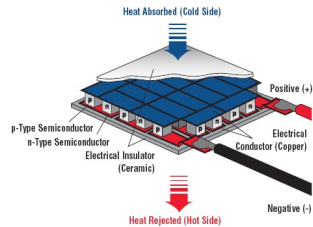
#### 2.1.1 열전냉각시스템

본 연구에서는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 열전소자(Thermoelectric Module)를 이용한 열전냉각시스템(Thermoelectric Cooling System)을 제작하였다. 열전소자 발열면에는 발생하는 열을 방출하기 위한 방열판(Heat Sink)과 방열판의 방열을 돕기 위한 냉각팬(Cooling Fan)을 부착하였고, 열전소자의 냉각면에는 냉각면적을 크게 하기 위한 방열판과 발생한 냉기를 원활하게 순환시키기 위한 송풍팬(Flow Fan)을 부착했으며, 발열면에서 발생된 열이 냉각면으로 전달되는 것을 방지하기 위해 단열재를 사용하였다.

본 연구에 사용된 열전소자의 기본구조는 Fig. 2에 나타내었고, 제원 및 모델명은 Table 1[5]에 나타내었다. 열전소자의 최대허용전압은 15.5V이지만, 컴퓨터의 특성상 장시간 사용에도 열전소자에 과부하가 걸리지 않게 하기 위해 최대 허용전압보다 낮은 12V의 전압을 직류전원공급장치를 통해 인가하였다. 발열면과 냉각면에 사용된 방열판의 제원은 Table 2에 나타내었으며, 일반적으로 컴퓨터에서 많이 사용하는 냉각팬과 송풍팬을 적용하여 DC 12V, 0.3A를 공급하여 작동시켰다.



[Fig. 1] (a)Photograph and (b)schematic diagram of cooling system using thermoelectric module



[Fig. 2] Schematic diagram of thermoelectric module

[Table 1] Specifications of thermoelectric module

| Specifications(HMN6040)                          | Unit         | Value         |
|--|--------------|---------------|
| $Q_{max}$  | W            | 53            |
| $I_{max}$  | A            | 6.0           |
| $V_{max}$  | V            | 15.5          |
| $\Delta T_{max}$                                 | °C           | 72            |
| Weight   | g            | 23.21         |
| Number of Thermocouples (p-n Type semiconductor) | pair         | 81            |
| Dimensions                                       | mm × mm × mm | 40 × 40 × 4.0 |

[Table 2] Specifications of heat sinks

| Specifications | Heat side            | Cold side           |
|----------------|----------------------|---------------------|
| Material       | Al-alloy 60series    | Al-alloy 60series   |
| Weight         | 940g                 | 300g                |
| Type           | Fin                  | Fin                 |
| Dimensions     | 190mm × 125mm × 40mm | 130mm × 95mm × 25mm |

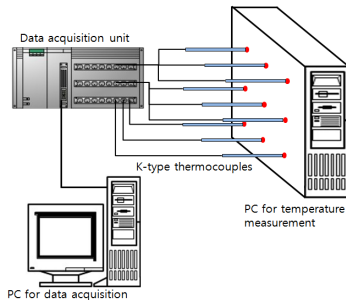
### 2.1.2 컴퓨터 내부의 온도측정 실험

본 실험에서는 열전냉각시스템이 사용된 컴퓨터와 일반 컴퓨터의 본체 내부온도를 비교하기 위해 일반 컴퓨터 본체 내부의 온도를 측정하였으며, 실험에 사용된 컴퓨터의 제원은 Table 3에 나타내었다.

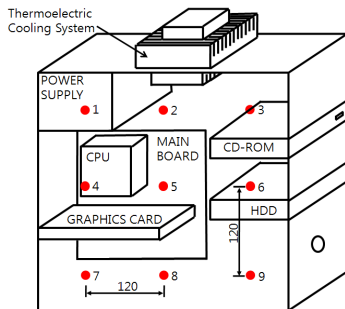
Fig. 3은 일반 컴퓨터 내부의 온도분포 측정 실험을 위한 장치를 나타내고 있으며, 온도측정 대상이 되는 컴퓨터, 온도측정을 위한 K-type 열전대, 데이터 획득장치(Data Acquisition Unit), 측정된 데이터를 저장할 컴퓨터로 구성되어 있다. 열전대를 통한 외부로의 열전도를 최소화하기 위해 모든 열전대는 감온부를 제외하고 스테인리스 튜브를 사용하여 절연처리 하였다.

[Table 3] Specifications of the computer

| Items        | Specification                      |
|--------------|------------------------------------|
| CPU          | Intel Core™ 2 Quad processor Q9300 |
| Graphic Card | nVidia Geforce 8600 GT 512MB       |
| HDD          | 500GB(7200rpm S-ATA2)              |
| Power Supply | 300W                               |
| Dimensions   | 390mm × 360mm × 170mm              |



[Fig. 3] Schematic diagram of experimental apparatus for temperature measurement inside the computer



[Fig. 4] Schematic diagram of points for temperature measurement inside the computer

Fig. 4는 일반 컴퓨터 본체 내부의 온도측정 지점을 나타내고 있으며, 일정한 간격으로 컴퓨터 본체 내부의 전 영역에서 온도분포를 측정하기 위해 9개의 측정 지점을 선정하였다.

컴퓨터를 작동시켜 선정된 9개의 지점에서 온도변화를 1시간 동안 측정하였으며, 열전대를 통해 측정된 온도 값은 데이터 획득장치에 의해 매 5초 간격으로 컴퓨터에 저장하였다. 모든 실험에서 정확한 데이터 획득을 위해 동일한 조건에서 3회 반복하여 실험을 수행하고 얻어진 데이터의 평균값을 결과값으로 사용하였으며, 대기의 온도는 상온상태(약 24℃)를 유지하여 실험을 수행하였다.

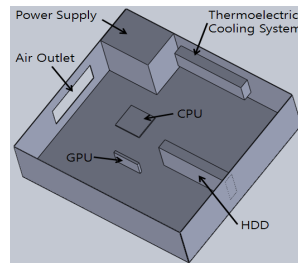
### 2.1.3 열전냉각시스템을 이용한 온도측정 실험

본 실험에서는 2.1.2절에서 설명한 실험장치 중에서 컴퓨터 내에 열전냉각시스템을 추가 장착하고 동일한 실험장치로 Fig. 4와 같이 동일한 9개의 지점에서 두 가지 방법으로 온도를 측정하였다.

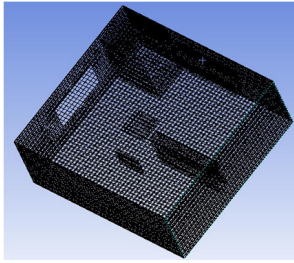
첫 번째는, 컴퓨터와 열전냉각시스템을 동시에 작동시켜 약 1시간 동안의 온도변화를 측정하였고, 두 번째는 먼저 컴퓨터를 1시간 동안 작동시켜 내부의 온도가 상승한 후, 열전냉각시스템을 작동시켜 1시간 동안의 온도변화를 측정하였다.

## 2.2 수치해석 방법

본 연구에서는 컴퓨터 내부에서 발생하는 온도분포를 수치해석을 이용하여 계산해 보았다. Fig. 5는 컴퓨터 내부에서 발열을 하는 주요 부품을 포함해 형상 모델링한 것이고, Fig. 6은 유한요소 해석 모델의 메쉬(mesh)를 생성한 것을 보여주고 있다.



[Fig. 5] 3-Dimensional analysis model of computer



[Fig. 6] Finite element model of computer

먼저, 수치해석 결과의 신뢰성을 검증하기 위해 온도 측정 실험결과를 토대로, 각 부품의 온도는 실험을 통해 얻어진 값으로 설정하였다. CPU는 41.3°C, GPU는 39°C, HDD는 35°C Power supply는 34°C, 대기온도는 24°C로 설정하였고, 열전냉각시스템 냉각면의 온도를 15°C로 설정하여, 컴퓨터와 열전냉각시스템을 동시에 작동시켰을 경우와 같은 조건에서 수치해석을 통해 계산된 결과를 실험결과와 비교하여 수치해석 결과의 신뢰성을 확인하도록 하였다. 이를 통해, 어떠한 냉각시스템도 사용되지 않은 컴퓨터의 온도분포와 기존의 냉각시스템을 제거하고 열전냉각시스템만을 사용한 컴퓨터의 내부 온도분포를 계산하여, 각각의 결과를 비교, 분석하였다.

### 3. 실험 및 수치해석 결과

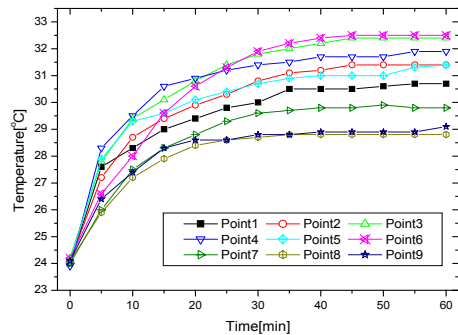
#### 3.1 온도분포 측정 실험 결과

기존의 방열판과 냉각팬을 이용한 공기 냉각시스템을 사용한 컴퓨터를 약 1시간 동안 작동시켜 온도분포를 측정한 결과, CPU는 41.3°C, GPU는 약39°C, HDD는 약 35°C, Power Supply는 약 34°C의 온도분포를 보이는 것을 확인할 수 있었다.

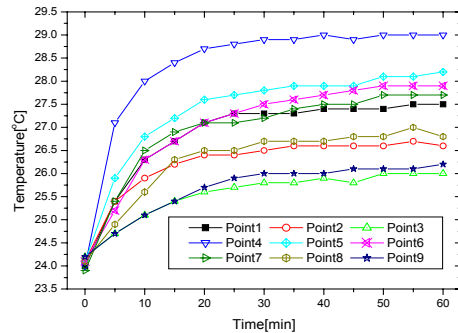
Fig. 7은 기존의 냉각시스템을 사용한 컴퓨터의 각 측정지점에서 온도분포를 나타내고 있다. 측정지점 3, 6번에서는 발열을 하는 HDD가 가까이 위치하고 있고, 방열을 위한 송풍구가 멀리 위치하였기 때문에 최종온도가 32.4°C와 32.5°C로 가장 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 측정지점 1, 2, 4, 5번에서는 열을 많이 발생하는 부품인 CPU, GPU, Power supply가 가까이 위치하였으나, 송풍구가 가까이 위치하였기 때문에 최종온도가 약 30.7°C ~ 31.9°C로 상대적으로 낮은 온도분포를 나타내고 있다. 측정지점 7, 8, 9번에서는 지속적으로 열을 발생하는 장치가 가까이 위치하지 않았기 때문에 최종온도가

약 28.8°C ~ 29.8°C로 가장 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 40분 이후부터 온도분포는 크게 변화하지 않고 거의 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있었고, 온도분포가 가장 낮은 8번 지점과 가장 높은 6번 지점에서의 온도는 약 3.7°C의 차이가 발생하였고, 모든 측정지점에서의 평균온도는 약 30.9°C로 측정되었다.

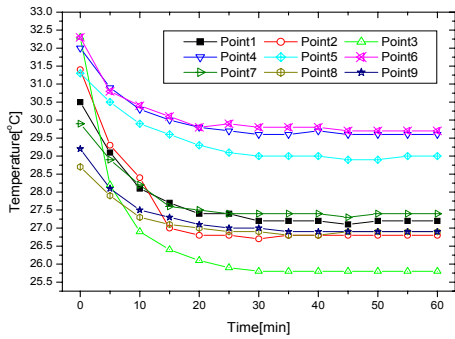
Fig. 8은 열전냉각시스템과 컴퓨터를 동시에 작동하였을 경우 컴퓨터 내부의 온도를 측정된 결과이다. 측정지점 7 ~ 9번에서는 열전냉각시스템을 사용하지 않았을 경우와 유사하게 최종온도가 약 26.2°C ~ 27.7°C로 낮은 온도분포를 나타냈다. 측정지점 1 ~ 3번에서는 최종온도가 약 26°C ~ 27.5°C로 열전냉각시스템을 장착하지 않은 경우에 비해 낮은 온도분포를 보였다. 측정지점 4 ~ 6번에서는 많은 열을 발생하는 CPU, GPU, HDD가 가까이 위치하였기 때문에 최종온도가 약 27.9°C ~ 약 29°C로 상대적으로 높게 나타났다. 그리고 작동시작 약 30분 이후부터는 온도가 거의 일정하게 유지되었고, 모든 측정지점에서 온도가 최소 2°C에서 최대 6.4°C까지 낮아지는 것을 확인할 수 있었으며, 열전냉각시스템을 사용하지 않은 컴퓨터에 비해 평균온도도 약 2.9°C 정도 낮게 나타났다.



[Fig. 7] Result of temperature distribution in computer



[Fig. 8] Result of temperature distribution in computer using thermoelectric cooling system



[Fig. 9] Result of temperature distribution in computer using thermoelectric cooling system after 1 hour

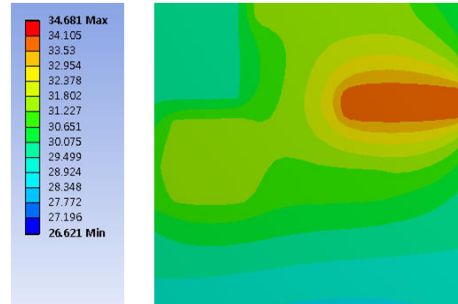
Fig. 9는 컴퓨터를 1시간 동안 작동시켜 컴퓨터 내부의 온도를 일정하게 유지시킨 후 열전냉각시스템을 작동하였을 경우의 온도분포 결과이다. 측정지점 7 ~ 9번에는 발열체가 가까이 위치하지 않았기 때문에 약 26.9°C ~ 27.4로 낮은 온도분포를 보였고, 측정지점 1 ~ 3번에서는 열전냉각시스템이 가까이 위치하였기 때문에 최종 온도가 약 25.8°C ~ 27.2°C로 상대적으로 낮은 온도분포를 보였다. 측정지점 4 ~ 6번에서는 많은 열을 발생하는 CPU, GPU, HDD가 가까이 위치하였기 때문에 최종온도가 약 29°C ~ 29.7°C로 상대적으로 높게 나타났다. 열전냉각시스템을 작동시킨 후 30분이 지난 이후부터 온도가 일정하게 유지되었으며, 열전냉각시스템을 사용하지 않은 경우에 비해 최소 1.8°C에서 최대 6.5°C까지 온도가 낮아진 것을 확인할 수 있었고, 평균온도는 약 27.7°C로 나타났다.

### 3.2 수치해석 결과

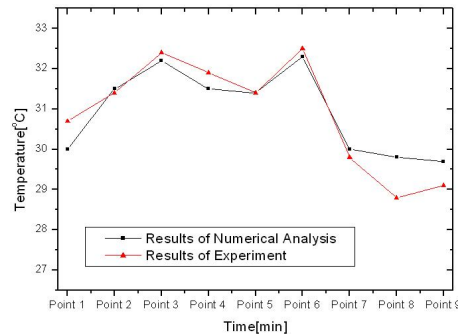
Fig. 10은 컴퓨터와 열전냉각시스템을 동시에 작동하였을 때, 수치해석에 의해 계산된 온도분포 결과를 보여 주고 있다. 또한, Fig. 11은 동일한 조건에서 실험결과와 수치해석 결과를 비교하기 위해 나타낸 그래프이다. 수치해석에 사용한 모델은 주요 발열부만을 모델링하여 계산되었기 때문에 실험결과와 비교했을 때, 각 측정지점에서 최소 0°C에서 최대 1.9°C의 온도차가 발생하였으나, 전체적인 온도분포 패턴은 매우 유사하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 본 연구에서 적용하여 계산된 수치해석 결과는 온도분포 측정 지점별 경향성을 예측하는데 신뢰할 수 있다고 할 수 있다.

Fig. 12는 어떠한 냉각시스템도 사용하지 않고 컴퓨터

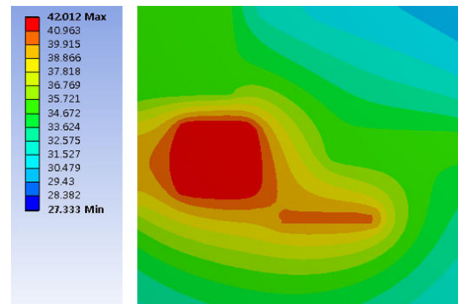
를 작동시킨 경우에 컴퓨터 내부의 온도분포를 계산한 결과이고, Fig. 13은 열전냉각시스템만을 사용하였을 경우에 컴퓨터 내부의 온도분포를 계산한 결과이다. 또한, Fig. 14는 어떠한 냉각시스템도 사용하지 않은 경우와 열전냉각시스템만의 사용한 경우의 온도분포 결과를 비교하여 나타낸 것이다.



[Fig. 10] Result of numerical analysis on temperature distribution in computer

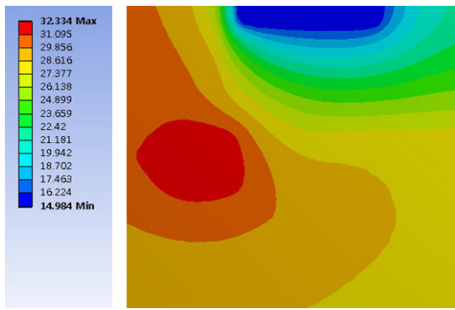


[Fig. 11] Comparison between results of temperature distribution by numerical analysis and experiment

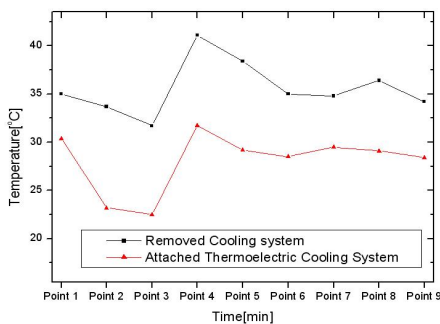


[Fig. 12] Result of numerical analysis on temperature distribution in computer removed cooling system





[Fig. 13] Result of numerical analysis on temperature distribution in computer using thermoelectric cooling system



[Fig. 14] Comparison between numerical results of temperature distribution using thermoelectric cooling system and removed cooling system

열전냉각시스템에서 발생한 냉기가 Power supply의 벽면과 부딪히면서 측정지점 1번 방향으로 원활한 유동이 이루어지지 못해 측정지점 1번에서 온도차가 약 4.6°C로 가장 적게 나타났으며, 측정지점 2, 3, 4, 5번 지점에서 약 9.2°C ~ 10.5°C로 온도차가 크게 나타나는 것으로 계산되었다. 모든 측정지점에서 평균온도는 냉각시스템을 사용하지 않은 경우 약 35.6°C이고, 열전냉각시스템을 사용한 경우 약 28°C로 나타났다.

### 3. 결론

본 연구에서는 컴퓨터 본체 내부의 발열을 효과적으로 제어하기 위하여, 열전소자를 사용한 열전냉각시스템을 컴퓨터에 설치하여 컴퓨터 내부에 발생되는 온도분포를 실험과 수치해석을 통해 측정 및 계산하였으며, 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 컴퓨터와 열전냉각시스템을 동시에 작동시켰을 경우 열전냉각시스템을 사용하지 않은 경우에 비해 평균온도가 약 3.6°C 낮아졌고, 컴퓨터를 1시간 먼저 작동시킨 후 열전냉각시스템을 작동시키더라도 평균온도가 약 3.2°C 낮아졌다. 이를 통해, 열전냉각시스템은 장시간 사용으로 인해 컴퓨터 내부의 온도가 적정 이상 높아질 경우에 컴퓨터 내부의 발열을 효과적으로 제어할 수 있는 활용가치가 있는 냉각시스템이다.
2. 기존의 냉각시스템을 제거한 상태에서 열전냉각시스템만 사용하여 수치해석 한 결과, 기존의 공기냉각시스템을 사용한 경우에 비해 측정지점에 따른 온도편차는 약 9.2°C로 크게 나타났지만, 평균온도는 약 28°C로 기존의 냉각시스템을 사용한 경우에 비해 약 2.1°C정도 낮은 온도분포를 나타냄으로써 컴퓨터 내부의 보조 냉각시스템이 아닌 주 냉각시스템으로 충분한 효과를 얻을 수 있는 가능성을 확인하였다.
3. 본 연구의 실험 및 수치해석 결과를 통해 향후 연구에서는 열전냉각시스템에 사용되는 열전소자의 성능을 현재보다 더 향상시키고, 열전냉각시스템의 적용 위치를 발열량이 많은 CPU와 GPU에 가깝게 한다면, 기존의 냉각시스템보다 측정지점별 온도편차 감소와 우수한 발열제어 성능을 기대할 수 있다.

### References

- [1] M. Pecht, "Handbook of Electronics Package Design", Marcel Dekker, Inc., pp. 40-43, 1990.
- [2] J. T. Choi, O. K. Kwon, D. A. Cha, J. H. Yun and Y. C. Kim, "Experimental Study of Liquid Cooling System for Computer", Journal of the SAREK, pp. 867-872, 2010.
- [3] B. H. Kang, Y. Jaluria and S. S. Tewari, "Mixed Convection Transport from an Isolate Heat Source Module on a Horizontal Plate", Journal of Heat Transfer, Vol. 112, pp 653-661, 1990.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1115/1.2910437>
- [4] S. Y. Kim, H. J. Sung and J. M. Hyun, "Mixed convection from Multi-Layered Boards with Cross-Streamwise Periodic Boundary Conditions", International Journal Heat and Mass Transfer", Vol. 35, pp. 2941-2952, 1992.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0017-9310\(92\)90314-I](http://dx.doi.org/10.1016/0017-9310(92)90314-I)

[5] "THERMOELECTRIC MODULE CATALOG", ACETEC Co., Ltd, Deagu, Korea, 2004.

---

**오 율 권**(Yool-Kwon Oh)

[정회원]



- 1981년 8월 : 한양대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 1991년 8월 : 경희대학교 대학원 기계공학과 (공학박사)
- 1981년 9월 ~ 현재 : 조선대학교 기계시스템공학과 교수

<관심분야>

열공학, 열에너지시스템

---

**양 호 동**(Ho-Dong Yang)

[정회원]



- 2005년 2월 : 조선대학교 대학원 정밀기계공학과 (공학석사)
- 2008년 8월 : 조선대학교 대학원 정밀기계공학과 (공학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 전남도립대학교 조선기계과 초빙교수

<관심분야>

열유체, 수치해석