1U 렉마운터블 서버에서의 힛싱크 성능에 대한 비교 분석

신정용†(삼성전자 서버개발)· 이인호*(삼성전자 서버개발)

Comparative Analysis of Heat Sink Performance At 1U Rack Mountable Server

Jung Yong Shin, In Ho Lee

Key Words : Heat Sink(힛싱크), Flotherm(상용 열유동 해석 프로그램), CFD, Server(서버), Pressure Drop(압력 강하), Air Duct(에어 덕트)

Abstract

Current processor power consumption has dramatically increased and already reached 115 Watts. Therefore, Heat sink design needs more high accuracy in 1U server. The target performance of heat sink is very dependent of fin geometry and it is also seriously affected by design conditions such as fan type, air duct shape and heatsink design parameters. The present paper investigates the behavior of heat sink performance under various conditions. The present work addresses pressurized type plane fin heat sinks having dimension of 40 mm by 40 mm by 56 mm fan.

기호설명

R	열 저항	[°C/W]
f	유량	[CFM]
Cp	비열	[J/kg-K]
h	열 전달 계수	[W/m^2-K]
P	압력	[N/ m^2]
K	열 전도율	[W/m-K]
T	온도	[°C]
Q	발열량	[Watt]
TDP	열 설계 열량	[Watt]
Tc	표면 온도	[°C]

† 삼성전자 컴퓨터 시스템 사업부 서버개발 책임 연구원
E-mail : jyshin@samsung.com
TEL : (031)200-0671 FAX : (031)277-8435

* 삼성전자 컴퓨터 시스템 사업부 서버개발 연구 임원
E-mail : inholee@samsung.com
TEL : (031)200-0650 FAX : (031)277-8435

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

현재 출시 중인 2-Way 급 서버에 장착되는 Nocona 및 Prescott 프로세서의 경우 115Watt 이상의 전력 소모량을 나타내고 있으며 이는 1U 렉마운터블(Rack Mountable) 서버의 시스템 설계 측면에서 새로운 도전으로 작용하고 있다. 또한 향후에 발표될 Intel 의 차세대 프로세서의 경우 130Watt 급 이상의 듀얼 코어 프로세서(Dual Core Processor)를 예정하고 있어 현재의 일반적인 냉각법으로는 소비자들이 요구하는 소음값 이하를 만족 하면서 동시에 냉각 조건을 만족시키기가 상당히 어려운 실정이다. 대체 냉각 해법으로는 힛파이프(Heatpipe), 수냉식 냉각(Water Cooling)과 열전소자가 있으나 현실적인 적용면에서는 여러 가지 문제점을 안고 있다. 힛파이프 냉각의 경우 현재의 고집적(High Density) 1U 서버에서는 힛파이프에 추가된 힛싱크 장착을 위한 허용 공간을 쉽게 찾을 수 없으며, 수냉식 냉각의 경우 사용하는 펌프의 수명과 가격 상승의 부담을 크게 가지고 있다. 또한 열전소자 냉각의 경우 결로 현상과

세라믹 취성에 따른 진동 방지책이 큰 문제로 남아 있다.
이에 본 논문에서는 기존의 강제 냉각 방식의 대표적인 형태인 팬-힛싱크를 사용한 냉각 방식으로 130 와트(Watt) 급 프로세서 냉각에 대한 가능성 여부의 타진과 동시에 유효성에 대하여 검증하여 보았다. 이를 위하여 상용 해석 툴인 Flotherm 을 사용하여 최적화된 힛싱크 형상을 설계하고 제작하였으며, 예측된 값과의 상호 보정을 통하여 구체적인 냉각 거동을 고찰 하였다.

2. 냉각 거동 분석

2.1 열 저항 특성

일반적으로 힛싱크 와 Processor 열 판 사이의 열 저항 값은 아래의 식으로 표현 될 수 있다.

$$R = \frac{\Delta T}{Q} \quad (2\text{-}1)$$

$$R_{Total} = R_1 + R_2 \quad (2\text{-}2)$$

$$R_{Total} = \frac{T_{CASE} - T_{AMBIENT}}{Q} \quad (2\text{-}3)$$

R_{TOTAL} : 전체 열 저항 값 [$^oC/W$]

R_1 : Thermal Interface Material의 열 저항 값 [$^oC/W$]

R_2 : Heatsink의 열 저항 값 [$^oC/W$]

상기의 전체 열 저항 값을 주어진 프로세스 냉각 요구 값보다 낮게 만들기 위해서 먼저 힛싱크 가 요구하는 유입 유량을 알아야 하며 이러한 예측은 상용 유한 체적 해석 툴인 Flotherm 을 사용하여 수행 하였다

2.2 힛싱크 성능 목표 값

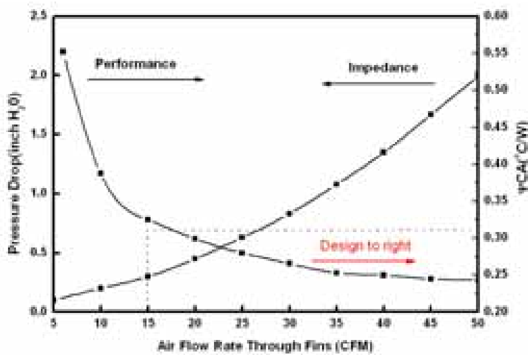

Fig. 1 Heatsink Performance Target Range

Table 1. Processor Thermal Specification

Core Frequency	Max. Power (Watt)	Thermal Design Power (Watt)	Min. Tcase (^oC)	Max. Tcase (^oC)
2.8 GHz ~ FMB	111	109	5	See Fig.2

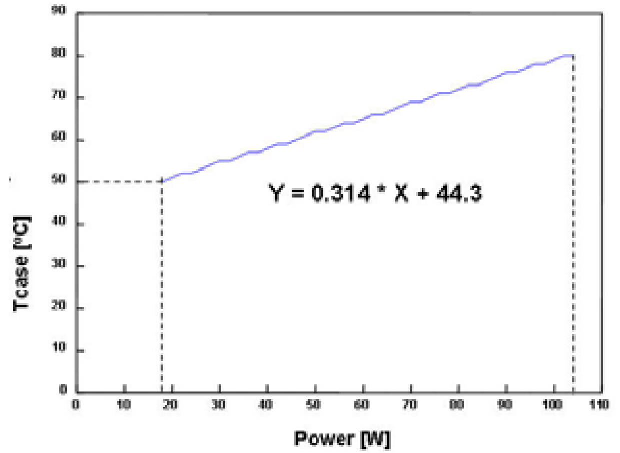

Fig. 2 Processor Tcase Limit Curve

Fig. 1 에서 알 수 있듯이 현재 프로세스는 열 저항 값 0.33 [$^OC/W$](Thermal Resistance, R_{TOTAL}) 보다 낮은 수치를 요구하고 있으며 이러한 값을 구하기 위해서 먼저 시스템 소음 측정치에 부합될 수 있는 팬 유량을 확정한 다음 주어진 유량에서 목표 값을 만족 할 수 있도록 힛싱크를 설계하여야 한다. 본 연구에서는 힛싱크의 유입 유량이 15CFM이하일 경우 목표 소음치에 부합하는 것을 알 수 있었다. 따라서 산정된 팬으로 힛싱크 유입 유량이 15CFM일 경우 열 저항 값을 0.33 이하로 만드는 것이 힛싱크 설계의 성능 목표 값이다.

2.3 팬 거동 특성

Fig. 3 은 채택된 팬의 성능에서 작동 점을 나타내는 시뮬레이션 결과 값이다. 현재 시스템 내부의 유동 저항에 의해 각 팬의 작동점은 높은 정압에 해당하는 390 Pa 주위에 걸쳐 있으며 개당 팬의 배출 유량은 6 CFM 에 해당한다. 현재 각 프로세스 냉각을 위해 2 개의 팬을 사용하였으므로 각 프로세스 힛싱크에 유입되고 있는 유량은 약 12CFM 에 해당하며 이 값은 Table 2 와 Table 3 에 명시된 힛싱크를 사용하여 구하였다.

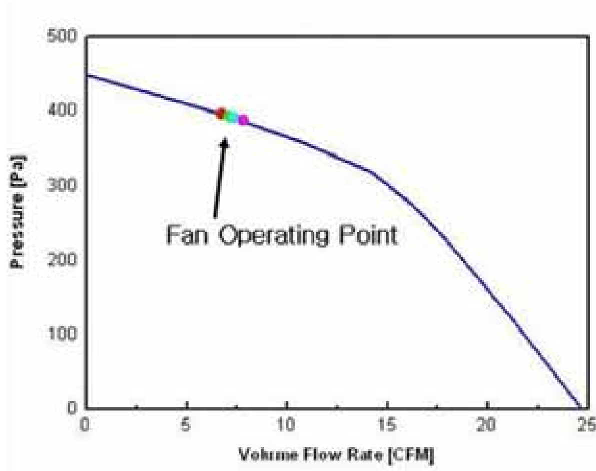

Fig. 3 System Fan Operating Point

Table 2. Material Property of Heatsink

Value	Cu	Pd	Fe	Sn	Zn	P
Specified Values	111	0	0	0	REN	0

Table 3. Mechanical specification of Heatsink

	Fin		Heatsink		
Material	Number	Thickness [mm]	Height [mm]	Length [mm]	Width [mm]
Copper	46	0.3	25.82	88.9	78.2

3. 유한 체적 해석

3.1 지배 방정식

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} = 0 \quad (3\text{-}1)$$

$$\frac{\partial(\rho C_P T)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u C_P T)}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\lambda \partial T}{\partial x}\right) = S \quad (3\text{-}2)$$

$$\int_z \int_y \int_x \frac{\partial \rho}{\partial t} dxdydz = \left(\frac{\rho_P - \rho_t}{\partial t}\right)\delta_x \delta_y \delta_z = \left(\frac{\rho_P - \rho_t}{\partial t}\right)V_P \quad (3\text{-}3)$$

대류항 :

$$\int_z \int_y \int_x \frac{\partial(\upsilon u C_P T)}{\partial x} dxdydz = [(\rho u C_P T)_{hcf} A_x - (\rho u C_P T)_{lcf} A_x] \quad (3\text{-}4)$$

전도항 :

$$\int_z \int_y \int_x \frac{-\partial}{\partial x} \lambda \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right) dxdydz = -\left[\lambda\left(\frac{T_{hx} - T_P}{\delta x}\right) - \lambda\left(\frac{T_P - T_{lx}}{\delta x}\right)\right] A_x \quad (3\text{-}5)$$

3.2 Heat sink 성능 예측

15CFM 이하의 유입 유량값에서 최적화된 힛싱크의 형상을 찾기 위해서 시뮬레이션을 한 결과 Table 3.와 같은 형상의 힛싱크 디자인 값을 찾을 수 있었다. 힛싱크의 성능 해석을 위해서 유입 온도를 35 도로 유지 하고 유입 유량을 5~40 CFM 으로 변화 시키면서 프로세스 열판의 온도 변화를 산출 하였다. Fig. 4 는 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다.

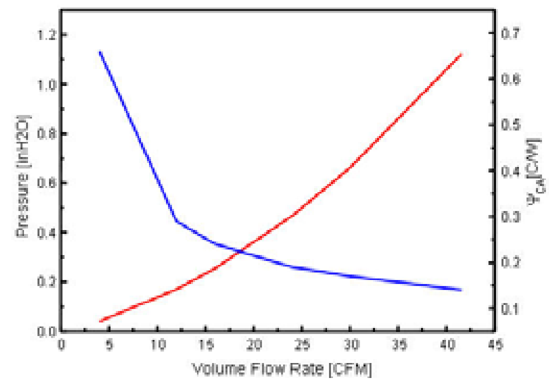

Fig. 4 Result of Heatsink Performance

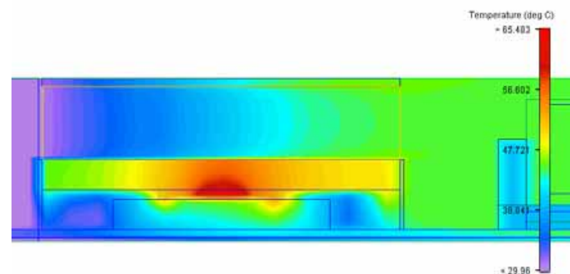

Fig. 5 Heatsink Temperature Distribution

3.3 시스템 열 유동 해석

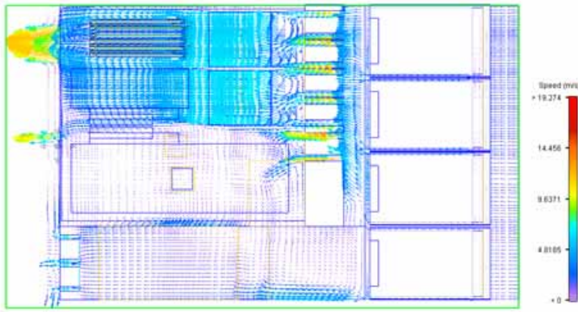

Fig. 6 System Velocity Vector Plot

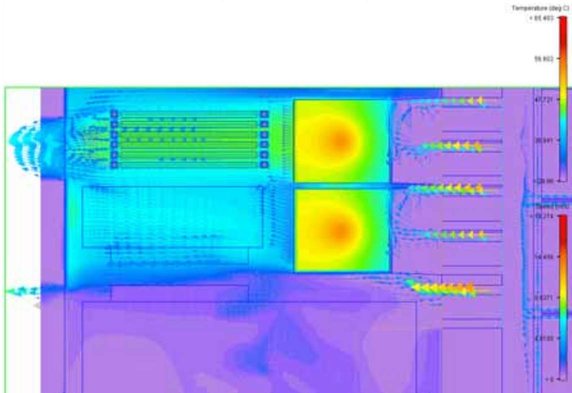

Fig. 7 System Temperature Distribution

상기의 값들을 바탕으로 전체 시스템에서의 열 유동 해석을 수행하였다. 시스템의 전면부의 개구율은 60%로 주었으며, 전면부에 배치된 하드디스크의 베젤 개구율은 70%로 산정하였다.

계산 시 사용된 격자의 수는 428,000 개가 소요되었으며, 시스템 각 팬의 작동점은 Fig. 3 에 명시 하였다. Fig. 6 에서 나타나듯이 주요 관심이 되고 있는 프로세스와 메모리 그리고 MCH 칩셋 주위의 유동장은 와류 없이 균일하게 유입되어 유출되는 것을 볼 수 있다.

Fig. 7 에서는 시스템의 온도 분포를 나타내고 있으며 계산 시간 및 격자의 감소를 위해서 전면부부의 컴포넌트들은 발열하지 않게 하였다. 시스템 레벨에서의 온도 결과와 힛싱크 레벨에서의 온도결과의 예측치가 잘 일치함을 알 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 전자 장비 전용 열 유동 해석 툴인 Flotherm 을 이용하여 1U 서버의 선행 열 유동 해석을 수행하였다. 수행된 시뮬레이션 결과는 샘플 제작 및 챔버(Chamer) 고온 테스트를 통하여 실제 값과 비교하여 보았으며 5 도 이하의 근소한 온도 차를 보임으로써 실제 실험값과 잘 일치함을 알 수 있었다.

후속 연구로는 다단 팬의 세밀한 유동 해석을 수행할 예정이며 전단부에 배치된 컴퍼넌트들의 블록 처리화에 있어 풍동 실험을 통한 자세한 유동 저항 값을 연구할 예정이다.

참고문헌

(1) Dave S. STEINBERG, Cooling Techniques for Electronics Equipment, JOHN WILEY & SONS, pp. 35~45.

(2) ALLAN W. SCOTT, Cooling Electronic Equipment, JOHN WILEY & SONS, pp. 64~107.

(3) M. Baris Dogruoz, 2000 ,"Experiments and Modeling of The Hydraulic Resistance of In-Line Square Pin Fin Heat Sinks with Top By-Pass Flow," Proc. of I-THERM 2002, pp. 251-260.

(4) Jonsson, H., Moshfegh, B., 2001, "Modeling of the Thermal and Hydraulic Behavior of Plate Fin, Strip Fin, and Pin Fin Heat Sinks Under By-Pass Flow Conditions," IEEE Trans. On Components and Packaging Technologies, Vol. 24, No. 2, June 2001, pp. 142-149, ISSN 1070-9886

(5) Jeff Weiss, Ebyson Thomas, adesoji Dairo, "Generation of Subassembly Compact Half Models through Experiment and Modeling for Hard Drive Thermal Characterization" 2004, SEMI-THERM Procedings 2004, pp. 262-269

(6) FLOTHERM Instruction Manual, 2003, Flomerics Ltd., Surrey, U.K.