

# 광학식 대용량 정보저장장치의 냉각용 펜의 열유동 해석

## Heat and Flow Analysis for Cooling Fan for an Optical Archive System

김재후\*, 임윤철†

Jae Hoo Kim and Yoon Chul Rhim

### Abstract

An archive system is designed to store data for a long time without loss. However, many important factors such as temperature, dust, vibration, and humidity must be considered to design a successful archive system. Read/write devices, for example optical disk drives(ODDs), in an archive system generate heat while they are in operation. Fans are usually used to remove heat but the air flow accompanies dust into the system result in system failure. In this study, an archive system with six ODDs is chosen as an analysis model and flow together with temperature distributions are computed using a CFD simulation package. Flow analysis is focused on four cooling fans at the rear panel and temperature distribution is studied for various cases of fan operation. From the temperature point of view, fans give significant effects on 4<sup>th</sup> to 6<sup>th</sup> ODDs compared to the 1<sup>st</sup> to 3<sup>rd</sup> ODDs. Also, it is noticed which fan is the most important as far as cooling is concerned.

**Key Words:** Archive system(정보저장장치), Heat and Flow analysis(열 유동 해석)  
Fan failure(펜의 고장)

### 1. 서론

요즘은 매일매일 쏟아져 나오는 많은 데이터를 개인이 각자 저장하기보다는 특정장소에 집중적으로 보관하고 여러 사람이 공유하는 클라우드 컴퓨팅 방법이 대세이며 이에 따라 몇몇 포털기업에서는 대규모의 데이터 센터들을 운영하여 이러한 수요를 충족시키고 있다. 각 데이터 센터에는 수십 또는 수백 개의 HDD를 사용하거나 수백장의 광학 디스크와 여러 개의 ODD들을 사용하여 하나의 단위시스템으로 조합한 대용량 정보저장장치(archive system) 수백 또는 수천 개가 운용되면서 수요자의 접속에 대응하고 있다. 대용량 정보저장장치에 ODD를 사용할 경우는 HDD를 사용할 경우와 달리 디스크가 대기 중에 노출되기 때문에 대용량 정보저장장치를 설계할 시점에서 특별히 고려해야 할 점들이 있다.

ODD를 사용한 대용량 정보저장장치는 대부분 광학 디스크를 보관하는 cartridge bay, 여러 개의

ODD가 조합된 drive bay, 그리고 대용량 정보저장장치 전체의 제어를 담당하는 PCB bay로 구성된다. Cartridge bay에 있는 디스크는 로봇에 의해서 drive bay의 ODD로 공급되며 읽고 쓰기를 마친 디스크는 다시 로봇에 의해서 원래의 위치로 복귀한다.

대용량 정보저장장치는 오랜 시간동안 대용량의 정보를 유실 없이 저장하여야 하는데 시스템 내부에서 발생하는 열과 장치 내부로 유입되는 먼지는 장치의 성능을 저하시키고 신뢰성을 떨어뜨린다. 크기가 10um를 넘는 먼지가 디스크 표면에 적층하게 될 경우 정보를 읽고 쓰는 것이 불가능해질 수 있다[1-2]. 또한, 시스템 내부의 온도가 60°C 이상이 되면 광학 디스크나 ODD의 운전이 이상이 발생할 수 있으므로 먼지와 온도문제는 대용량 정보저장장치의 성능에 매우 중요한 영향을 미치는 설계인자이다.

이 두 가지 문제를 해결하기 위해 시스템 뒷면에 8개의 fan과 양 옆에 각각 3개의 통기구(vent hole)를 설정하였다. 통기구로 들어온 외부의 차가운 공기는 시스템 내부를 냉각시키는 역할을 하는 반면 외부의 먼지를 시스템 내부로 유입하는 역할도 수행한다. Fan은 통기구로 들어와 데

† Dept. of Mechanical Engineering, Yonsei Univ.  
E-mail : rhimyc@yonsei.ac.kr  
TEL : (02) 2123-2820

\* Dept. of Mechanical Engineering, Yonsei Univ.

워진 공기를 밖으로 배출하는 동시에 내부의 먼지도 함께 배출시키는 역할도 수행한다.[3] 따라서 fan은 대용량 정보저장장치에 치명적인 먼지와 온도문제를 해결하는 역할을 하므로 fan의 작동유무는 장치의 성능에 큰 영향을 끼친다.[4] 일부의 fan이 작동하지 않을 경우 압력차에 의해서 작동하지 않는 fan을 통하여 외부에서 시스템 내부로 유동이 들어올 수 있기 때문에 fan이 작동하지 않을 경우에 대한 시스템 내부의 유동장과 온도분포에 대한 해석이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 대용량 정보저장장치에 설치된 8개의 fan중 1개의 fan이 작동하지 않을 경우의 내부 온도분포와 유동장을 검토하고 고장난 fan을 통하여 들어오는 먼지 입자를 추적하여 이 입자가 적절히 배출될 수 있는 가를 확인하였다.

## 2. 해석모델

### 2.1 대용량 정보저장장치 모델

Figure 1은 대용량 정보저장장치의 모델을 개략적으로 나타낸 것으로 광학 디스크가 저장되는 cartridge bay, ODD가 밀집한 drive bay 및 CPU를 비롯한 제어회로를 담은 PCB bay로 구성되어 있으며 좌우대칭인 형태를 갖는다.



Fig. 1 Model for an optical archiving system

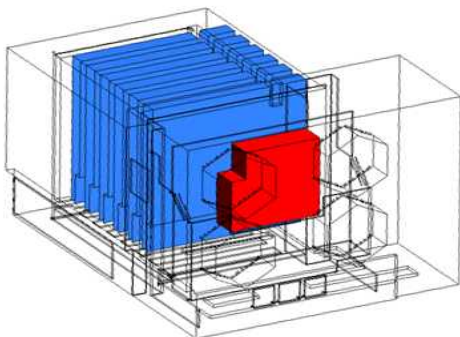


Fig. 2 3-D modeling of an archiving system

### 2.2 3-D 해석 모델

Figure 2는 대용량 정보저장장치의 CAD 모델이다. 좌우 대칭이기 때문에 한쪽만 표현하였고 계산에서는 면대칭 경계조건을 사용하여 해석하였다. 발열원인 CPU와 ODD는 발열량을 부피로 나누어 단위부피당 발열량으로 대체하였다. 모델의 측면에 통기구 3개를 설정하였으나 가장 앞쪽의 통기구를 통과하는 유량이 1차 계산 결과 거의 없었으므로 유동해석 영역을 cartridge bay를 제외하고 drive bay와 fan을 포함하는 PCB bay로 국한하여 해석을 진행하였다.

### 2.3 격자 생성

Figure 3은 유동을 해석하기 위한 격자모델 중 절반을 나타낸 것이다. 총 element 수는 1,734,520이고 hexagonal mesh 85%, prismatic mesh 15%를 사용하였다.

### 2.4 해석조건

총 5개의 경우를 설정하여 계산을 수행하였다. Fan 8개를 구분하기 위해서 Fig. 4와 같이 각 fan에 숫자를 붙여 구별하였다.

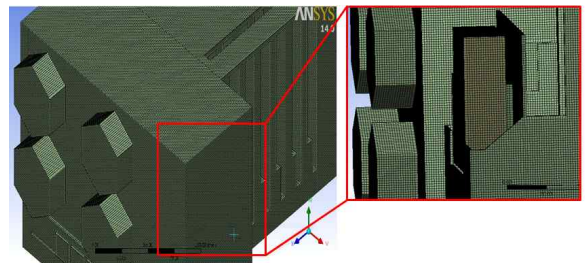


Fig. 3 Mesh of an archiving system

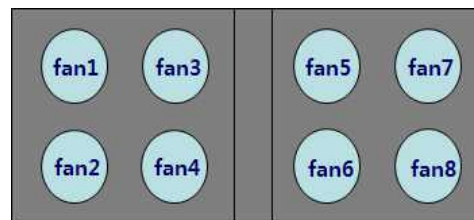


Fig. 4 Fan numbering

Table 1 Case study

구분	고장난 fan
case 1	없음
case 2	fan1
case 3	fan2
case 4	fan3
case 5	fan4

또한 좌우 대칭모델이기 때문에 총 8개의 fan의 작동유무를 모두 검토하는 것은 의미 없다고 판단하여 왼쪽의 fan 1,2,3,4가 고장난 경우와 모든 fan이 정상으로 작동할 경우를 비교하였다. Table 1에 이러한 해석의 경우들을 정리하였다.

해석은 Fluent를 사용하여 진행하였으며 발열량의 경우 로봇에서 나는 열은 무시하였고 ODD는 한 개당 18W의 열량(6개 총 108W), CPU는 20W의 열량이 발생한다고 계산을 하였으며 외부온도는 25°C로 계산을 진행하였다.

### 3. 해석결과

#### 3.1 Fan이 모두 가동되는 경우

Fan이 모두 가동되는 경우의 유동장과 온도분포를 해석하였다. Figure 5는 통기구를 통해 시스템 내부로 유입되는 유동이 어떠한 경로를 가지는지를 나타낸 것이다. 통기구로 들어온 유동이 ODD를 통과하여 fan으로 빠져나가는 것을 확인할 수 있다. Figure 6은 fan이 모두 가동되는 경우의 시스템 내부 온도분포인데 CPU보다는 ODD쪽 온도가 높으며 ODD의 경우 왼쪽부터 4번째 ODD부터 6번째 ODD가 가장 온도가 높은 것을 확인할 수 있다.

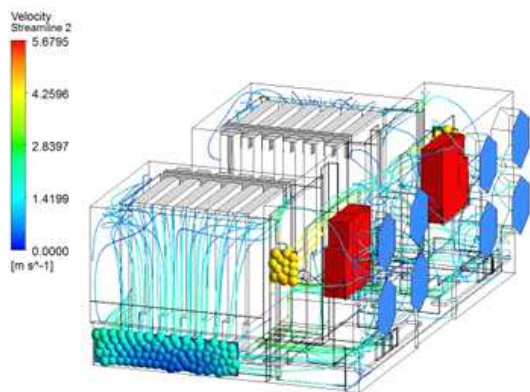


Fig. 5 Streamlines for case 1

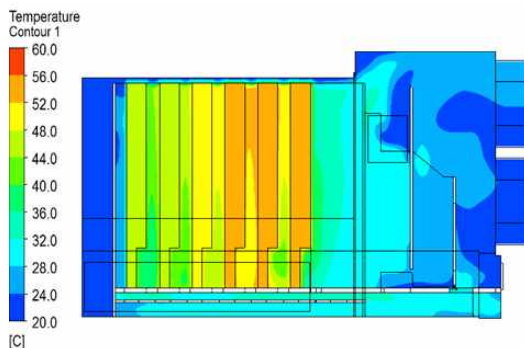


Fig. 6 Temperature distribution for case 1

이는 아래쪽 통기구를 통해 들어오는 유동이 첫 번째부터 3번째 ODD까지는 ODD 사이를 통과하며 냉각을 시키는 반면 4번째 ODD와 6번째 ODD를 통과해야 하는 유동이 fan의 영향에 의해 ODD를 냉각시키지 못하고 바로 CPU를 지나 외부로 방출되기 때문이다.

#### 3.2 한 개의 Fan이 고장인 경우

한 개의 fan이 고장인 경우에는 고장난 fan이 또 하나의 통기구 역할을 수행한다. 즉, 옆의 2개의 통기구를 통해 외부의 공기가 시스템 내부로 들어오는 것뿐만 아니라 고장난 fan을 통해서도 외부의 공기가 시스템 내부로 유입된다. 이로 인해 먼저 역시 시스템 내부로 유입되며 유입된 먼지가 CPU나 ODD에 적층될 수 있는데 Figs. 7, 8, 9, 10에서 볼 수 있듯이 고장난 fan으로 들어오는 유동은 대부분 작동하고 있는 다른 fan을 통해 외부로 배출되며 먼저 역시 주변의 fan들을 통해 다시 배출됨을 알 수 있다.

Fan 한 개가 고장난 경우의 온도분포를 확인해보면 모든 fan이 작동하는 경우와 비슷한 분포를 보인다. Figure 11은 각 case별 측면에서의 온도분포이다.

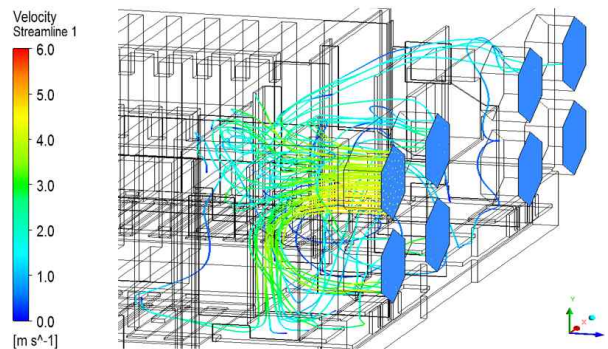


Fig. 7 Flow field for case 2

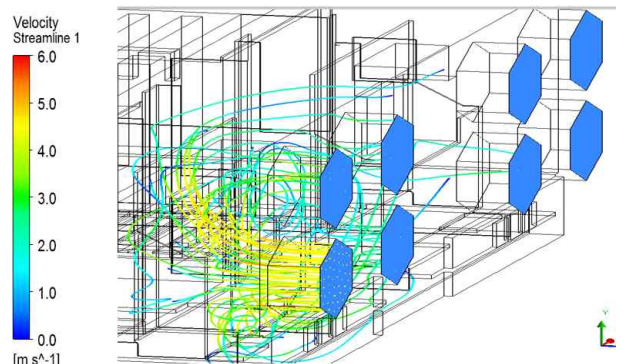


Fig. 8 Flow field for case 3

모든 fan이 작동하는 경우와 각 case를 비교해 보면 CPU쪽의 온도는 fan이 고장인 경우가 오히려 더 낮고 ODD 쪽의 온도는 더 높은 것으로 확인된다. 이는 고장난 fan과 옆면의 통기구로 들어오는 유동과 관련이 있다. Table 2는 각 fan의 유량과 통기구로 들어오는 전체 유량이다. 마이너스 유량은 외부에서 시스템으로 들어오는 유량을 의미한다. Table 2에서 확인 할 수 있듯이 고장난 fan을 통하여 시스템 내부로 들어오는 유량은 작동하는 한 개의 fan에서 배출하는 유량과 같은 수준임을 확인 할 수 있다. Figs. 7, 8, 9, 10에서 확인할 수 있듯이 고장난 fan을 통해서 들어온 유동이 CPU부근을 통과하여 다시 배출되기 때문에 모든 fan이 작동하는 경우보다 CPU부근의 온도는 더 낮아지는 효과를 보인다. 반면 통기구로 들어오는 유량은 모든 fan이 가동하는 경우 대비 약 70% 정도가 시스템 내부로 들어온다. 통기구를 통해 들어오는 유량으로 생각하는 ODD는 당연히 냉각효과가 떨어지며 그 결과로 온도가 상승한다.

CPU쪽의 온도는 시스템의 임계온도인 60°C보다 훨씬 낮으나 ODD의 경우는 임계온도에 근접하고 있다. 따라서 본 연구에서는 CPU의 온도분포보다는 6개의 ODD의 사이사이의 온도분포를 확인하였다.

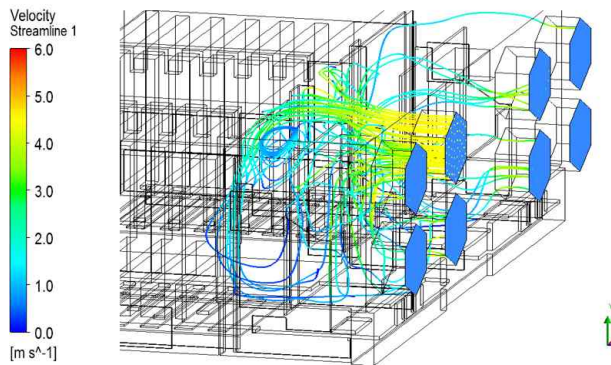


Fig. 9 Flow field for case 4

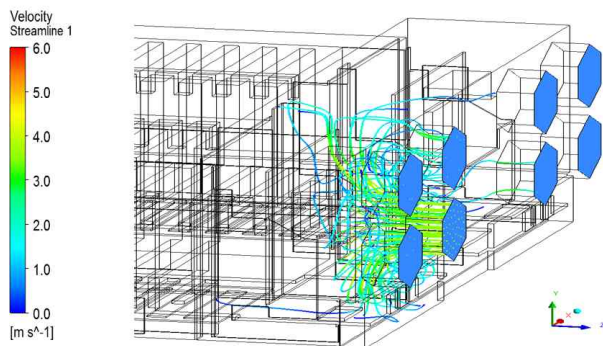


Fig. 10 Flow field for case 5

Figs. 12-16은 각 ODD 사이의 온도분포를 case 별로 해석한 것을 보여준다. 첫 번째와 두 번째 ODD, 두 번째와 세 번째 ODD는 fan의 고장에 큰 영향을 받지 않는다. 이는 멀리 떨어져있기 때문에 fan에 의한 영향보다는 통기구를 통해 들어오는 유동에 의해서 냉각이 되기 때문이다. 통기구의 유량이 70%정도 감소하지만 이는 3번째 ODD까지 들어가는 유동과는 관계가 없고 4번째 ODD부터 6번째의 ODD를 냉각시키는 유동에 관련이 있다는 것을 확인할 수 있다. 반면 5번째와 6번째 ODD 사이의 온도분포는 오히려 4번째와 5번째 ODD 사이의 분포보다 더 낮은 분포를 보인다. 이는 Figs. 7, 8, 9, 10에서 확인할 수 있듯이 고장난 fan으로 들어오는 유동이 6번째 ODD의 외벽을 냉각시키고 이로 인해서 온도가 더 낮아짐을 알 수 있다. 또한 고장난 fan이 있는 부분이 오히려 모든 fan이 가동되는 오른쪽 부분보다 온도가 더 낮은 것을 확인할 수 있는데 이 또한 고장난 fan을 통해 들어오는 유동에 의해서 발생하는 효과이다. Fan의 고장에 직접적인 영향을 받지만 고장난 fan을 통해 유입되는 차가운 유동에는 영향을 받지 않는 네 번째와 다섯 번째 ODD의 온도분포를 보면 위쪽 fan과 아래쪽 fan중 어느 fan이 더 냉각효과가 뛰어난지를 확인할 수 있다. Figure 15에서 알 수 있듯이 fan 2, 4가 작동하지 않는 경우가 fan 1,3이 작동하지 않는 경우보다 온도가 더 높은 것을 알 수 있다. 즉, fan 2, 4가 fan 1,3에 비해서 냉각효과가 더 크다는 것을 알 수 있다.

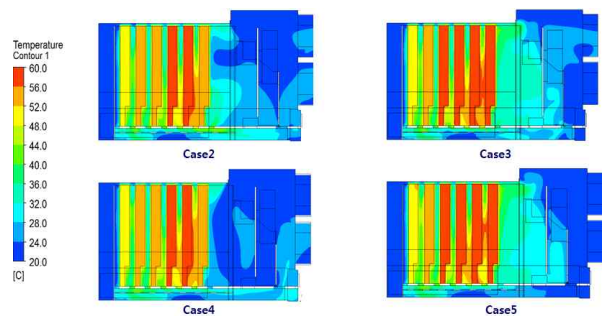


Fig. 11 Temperature distribution for each case

Table 2 Flow rate of each fan and vent hole

단위 : 10<sup>-3</sup>kg/s

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
Fan1	3.2	-3.0	3.9	4.1	4.0
Fan2	2.3	3.4	-3.3	3.6	3.5
Fan3	3.2	3.9	3.9	-3.2	3.9
Fan4	3.1	4.0	3.9	3.9	-3.6
Vent	-11.8	-8.3	-8.4	-8.4	-7.8

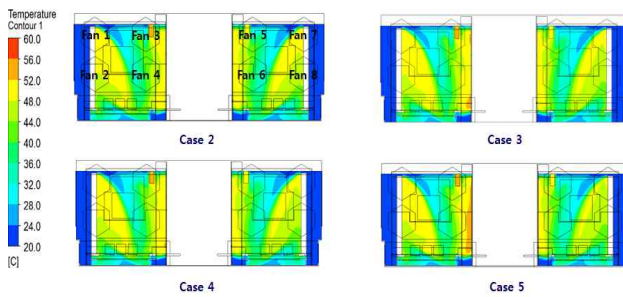


Fig.12 Temperature distribution between 1st and 2nd ODD

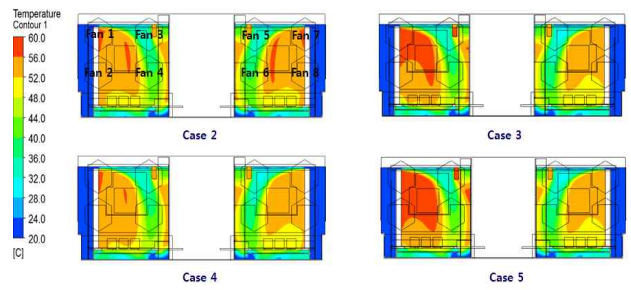


Fig.14 Temperature distribution between 3rd and 4th ODD

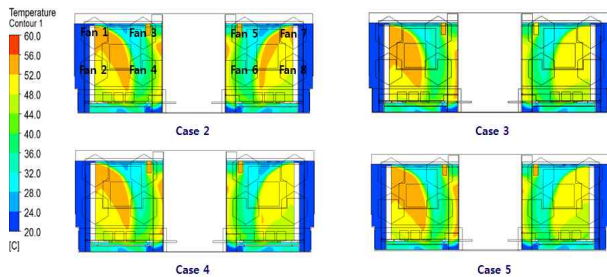


Fig.13 Temperature distribution between 2nd and 3rd ODD

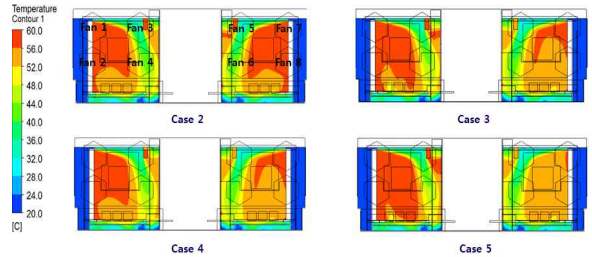


Fig.15 Temperature distribution between 4th and 5th ODD

#### 4. 결론

본 연구에서는 CFD 시뮬레이션을 통하여 대용량 정보저장장치의 신뢰성에 가장 큰 영향을 미치는 요인인 fan의 작동유무에 따른 유동장과 시스템 내부의 온도분포를 평가하였고 이로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) Fan이 고장나면 고장난 fan을 통해 외부 공기가 시스템 내부로 먼지와 함께 유입된다. 유입된 공기와 먼지는 작동하는 주변 fan을 통해서 배출되지만 통기구로 들어오는 유량이 정상 70% 수준으로 줄어들고 이에 따라 ODD쪽의 온도가 상승하게 된다. 따라서 fan이 작동하지 않게 될 경우 fan을 통하여 시스템 내부로 공기가 유입되지 않도록 차단해야 한다.
- (2) CPU보다는 ODD에서의 온도상승이 더 크게 일어나며 ODD는 통기구를 통해 들어오는 유량과 fan을 통해 냉각된다. 첫 번째부터 세 번째 ODD까지의 냉각은 fan보다는 통기구를 통해 들어오는 유량에 의해서 주로 진행되며 네 번째부터 여섯 번째 ODD까지는 통기구를 통한 유량보다는 fan에 의해서 냉각이 진행된다

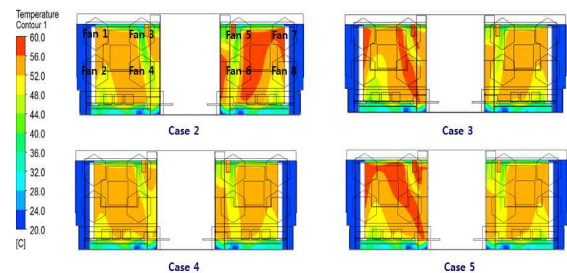


Fig.16 Temperature distribution between 5th and 6th ODD

는 것을 확인하였다.

- (3) 아래 쪽 fan(fan2, fan4)이 고장인 경우가 위쪽 fan(fan1, fan3)이 고장인 경우보다 온도 상승이 더 높다. 즉, 아래 쪽 fan이 위쪽 fan보다 대용량 정보저장장치의 냉각효과에 더 큰 영향을 미친다는 것을 확인하였다.

#### REFERENCES

- [1] Internal Tutorial of Hitachi-LG Data Storage, Inc., "Introduction of Optical Archiving Library system for long-term Data Retention".
- [2] Nguyen, T., Mochizuki, M., Mashiko, K., Saito, Yuji., Sauciuc, I., and Boggs, R., 2000, "Advanced Cooling System Using Miniature Heat Pipes in Mobile PC," IEEE Transactions

on Components and Packaging Technology,  
Vol. 23, No. 1, pp. 86~90.

- [3] Braza, M., Chassaing, P., and Minh, H.H, 1986, "Numerical Study and Physical Analysis of the Pressure and Velocity Fields in the Near Wake of a circular Cylinder", J. Fluid Mech., 165:79-130.
- [4] Jae-ung Cho, Moon-sik Han, 2012 "Simulation Analysis on the Air Flow Inside Computer Main Frame According to the Location of Fan", Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers Vol. 21, No2, pp 259~266.