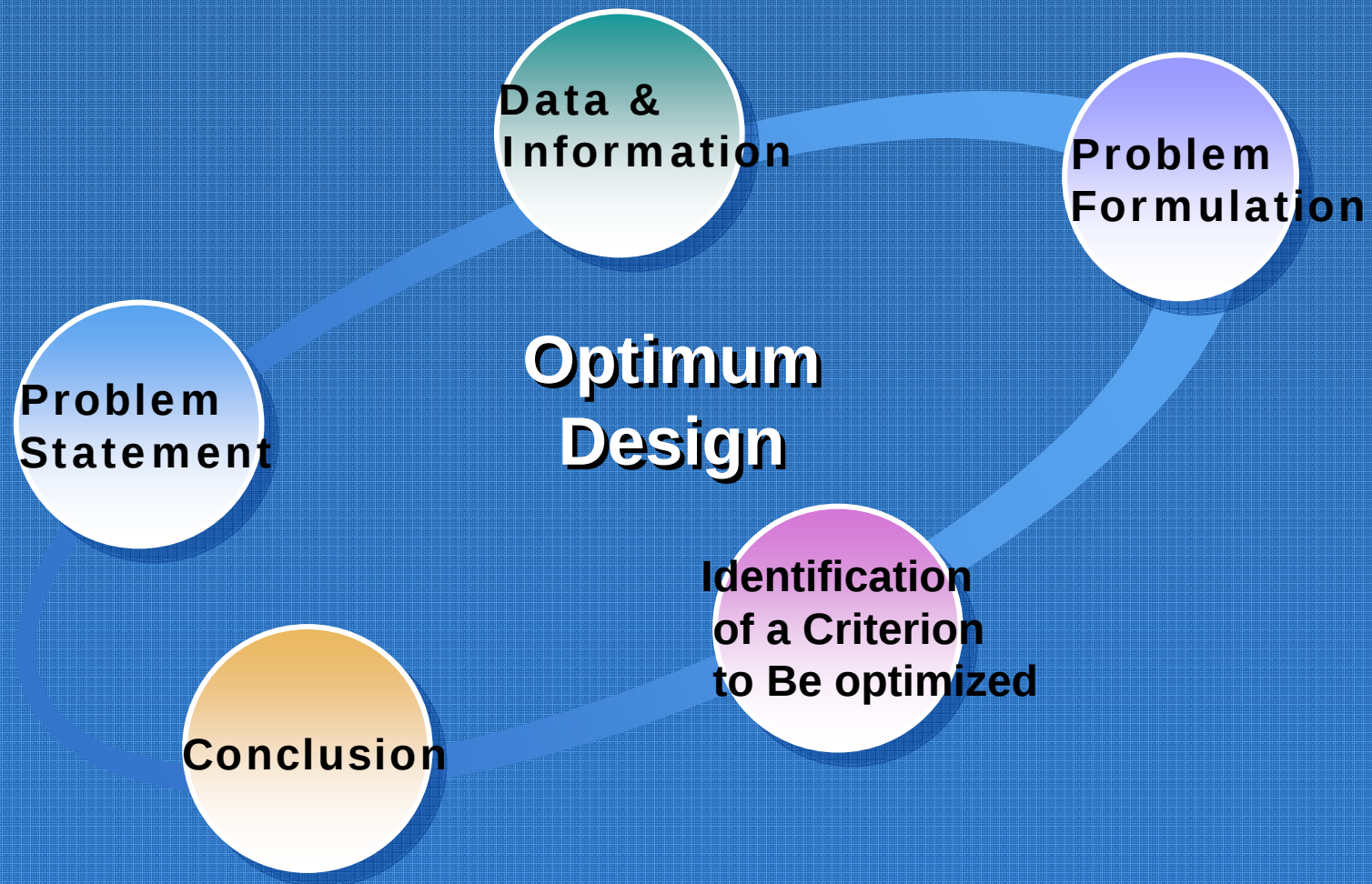


**Optimum
Design
Of
CPU cooler
Water-cooled**

**2003006557 강정관
2003007613 장원호**

Cycle Diagram



Introduction (1)

Computer 성능 향상

작동 Clock의 증가

고 발열, 고 전력 소모 야기

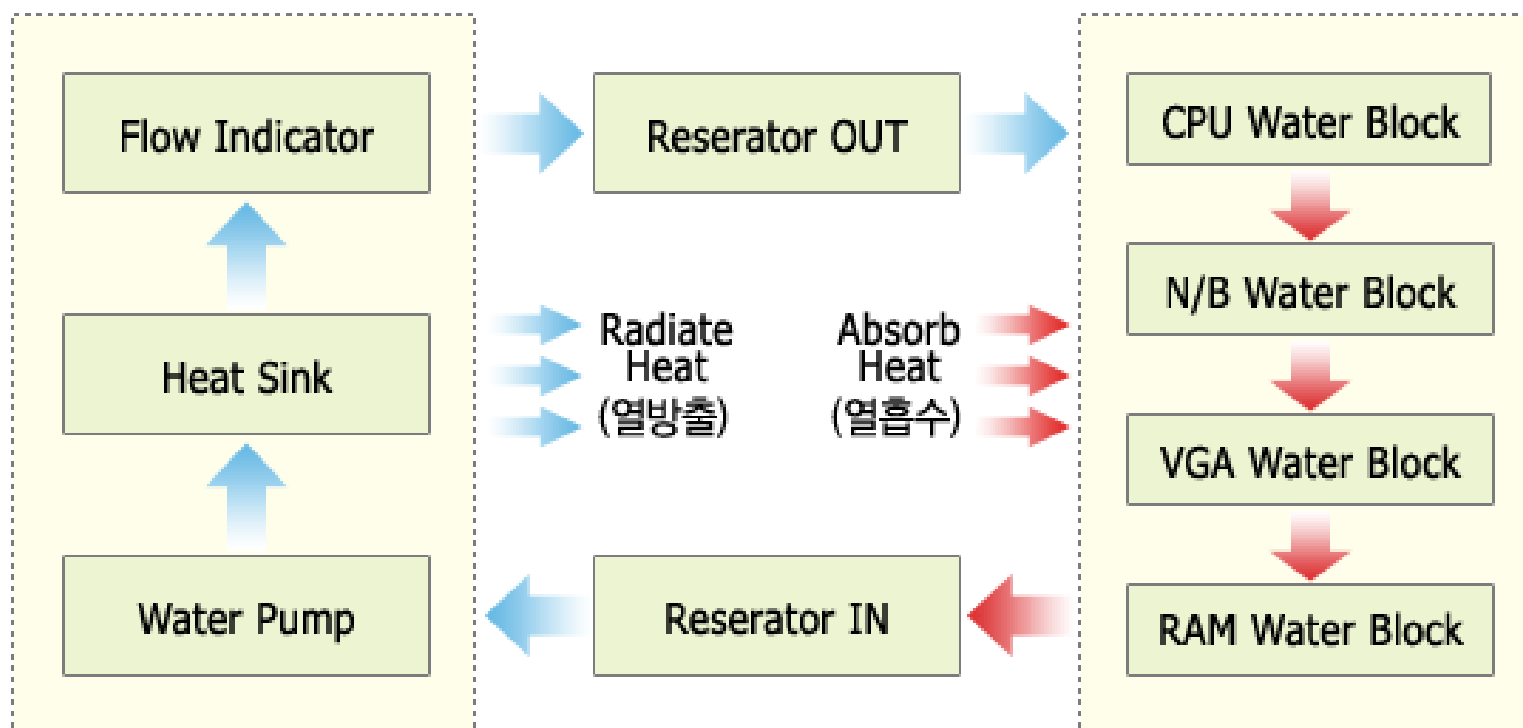
보다 우수한
Cooling-system
필요성 대두

Introduction (2)



Introduction (3)

Water Flow Diagram



Why water-cooled cooler?

- ▶ 일반 컴퓨터의 발열부품들은 공랭식을 채택
- ▶ 액체 중에서는 수은을 제외하고는 물이 가장 빠르게 열을 전달
- ▶ 물의 열전도율은 공기에 비해 30배나 높음 뿐만 아니라 보다 많은 열을 수용할 수 있음
- ▶ 물을 데우기 위해서 필요한 열은 똑같은 온도로 공기를 데우는 데 필요한 열량의 4배에 이름

→ Water-cooled cooler의 장점

1. Problem Statement

- ▶ 동력을 필요로 하는 Water-cooled cooler tube 안의 물이 압력강하 없이 정상유동하기 위한 최소동력 계산
- ▶ Cooler는 일종의 강제대류로써 대류 열전달계수는 물의 Re 와 Pr 에 의해 결정
- ▶ 온도 연속 조건(no-temperature jump condition)에 의해 접근
- ▶ 완전히 발달된 유동영역(thermally fully developed region) 해석

1. Problem Statement (Assumption)

1. 정상상태에서 작동
2. 복사 효과는 무시
3. Radiator에서는 항상 물의 온도를 일정하게 유지시킴
4. Tube두께에 의한 전도는 무시
5. Tube의 형상은 Cylinder로써 상대조도(ϵ)가 0인 매끄러운 관

2. Data & Information collection (1)

$$\text{Area of CPU} = 3 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$$

$$\dot{Q}_{\text{CPU}} = 125 \text{ W} \quad T_{\text{CPU}} = 80^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{water}} = 25^{\circ}\text{C} \quad L_{\text{tube}} = 1 \text{ m}$$

Properties of Water (at 25°C)

$$\rho = 997 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 0.891 \times 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

$$k = 0.607 \text{ W / m} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Pr} = 6.14$$

2. Data & Information collection (2)

$$V_m = \frac{\dot{V}}{A_c} = \frac{\dot{V}}{\pi D^2 / 4}$$

$$Re = \frac{\rho V_m D}{\mu}$$

$$f \cong 0.0055 \left[1 + \left(2000 \frac{e}{D} + \frac{10^6}{Re} \right)^{1/3} \right] \quad (\text{Moody의 근사식})$$

상당조도(e)=0 ($\because$ 매끄러운 Tube로 가정)

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{\rho V_m^2}{2}$$

$$\dot{W}_{\text{pump}} = \dot{V} \Delta P$$

2. Data & Information collection (3)

Project 1에서 사용한 **Nusselt** 수 관계식은 최대 **25%** 정도의 오차가 있을 수 있었지만, **Project 2**에서 사용된 **Petukhov** 식은 정확한 관계식을 이용함으로써 **10%** 이내로 상당히 줄어듦

Churchill & Bernstein

Petukhov equation

$$\begin{aligned} \text{Nu}_{\text{cyl}} &= \frac{h_L D}{k} \\ \text{Nu}_{\text{cyl}} &= \frac{h_L D}{k} = \frac{(f/8)(\text{Re}-1000)\text{Pr}}{0.62\text{Re}^{1/2}\text{Pr}^{1/3}(f/8)^{0.5}\left(\frac{\text{Pr}^{2/3}-1}{282,000}\right)^{5/8}} \\ &= 0.3 + \frac{1}{\left[1+(0.4/\text{Pr})^{2/3}\right]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{\text{Pr}^{2/3}-1}{282,000}\right)^{5/8}\right]^{4/5} \end{aligned}$$

3. Problem Formulation (1)

Cost function

$$\dot{W}_{\text{pump}} = \dot{V} \cdot \Delta P$$

3. Problem Formulation (2)

Design Variable

$\dot{V}$ (flow of volume)

r (radius of tube)

3. Problem Formulation (3)

minimize $\dot{W} = \dot{V} \Delta P$

$$\text{subject to } \left\{ \begin{array}{l} \text{constraint} \\ g_1 = \frac{\dot{V}}{\pi r^2} - 20 \leq 0 \\ g_2 = \frac{\rho \frac{\dot{V}}{\pi r^2} 2r}{\mu} - 5 \times 10^5 \leq 0 \\ g_3 = 125 \times 0.8 - h_L A (T_{\text{CPU}} - T_{\text{water}}) \leq 0 \\ g_4 = -r \leq 0.005 \text{ (m)} \\ g_5 = r \leq 0.03 \text{ (m)} \\ g_6 = -\dot{V} \leq 50 \text{ (L/h)} \\ g_7 = \dot{V} \leq 110 \text{ (L/h)} \end{array} \right.$$

4. Identification of a Criterion to Be Optimized (1)

Cost function $\dot{W}_{\text{pump}} = \dot{V}\Delta P$

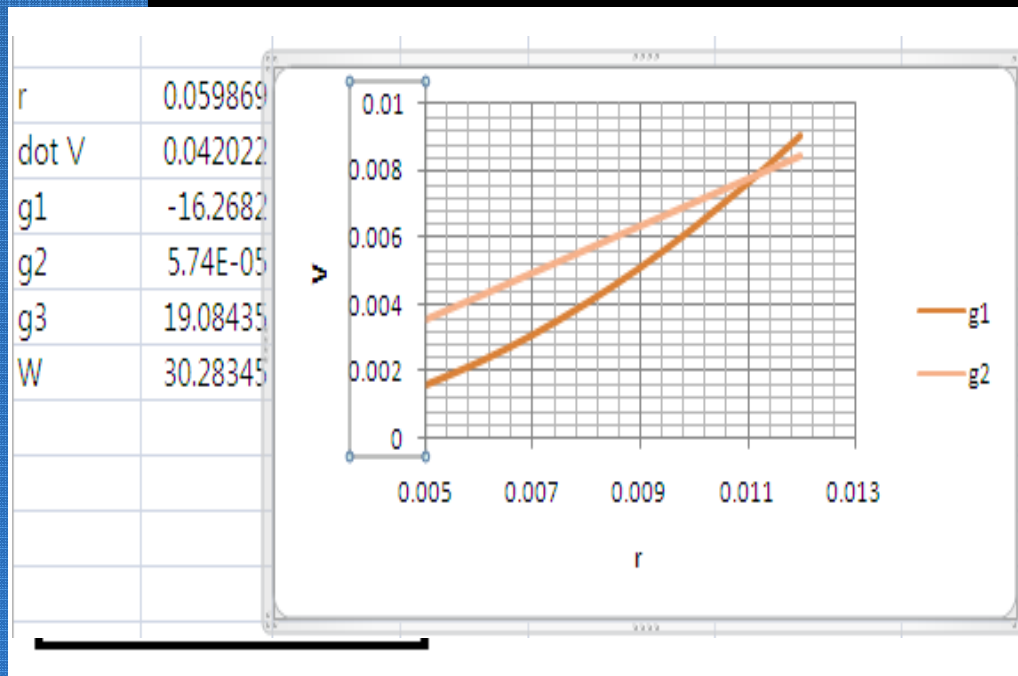
Find Satisfied Solution



4. Identification of a Criterion to Be Optimized (2)

Using Excel

Minimize Power

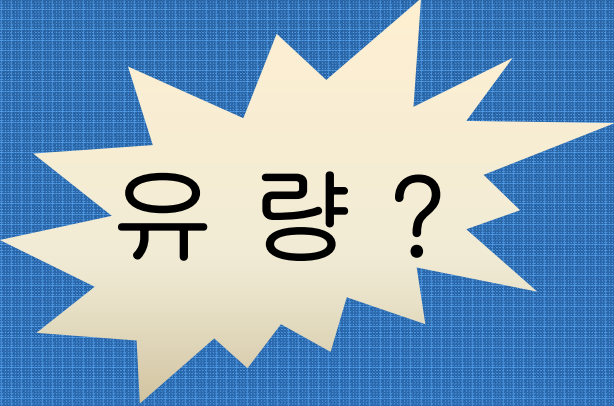


g1
g2
g3
g4
g5
g6
g7

최적해

R (radius)

5. Conclusion (1)



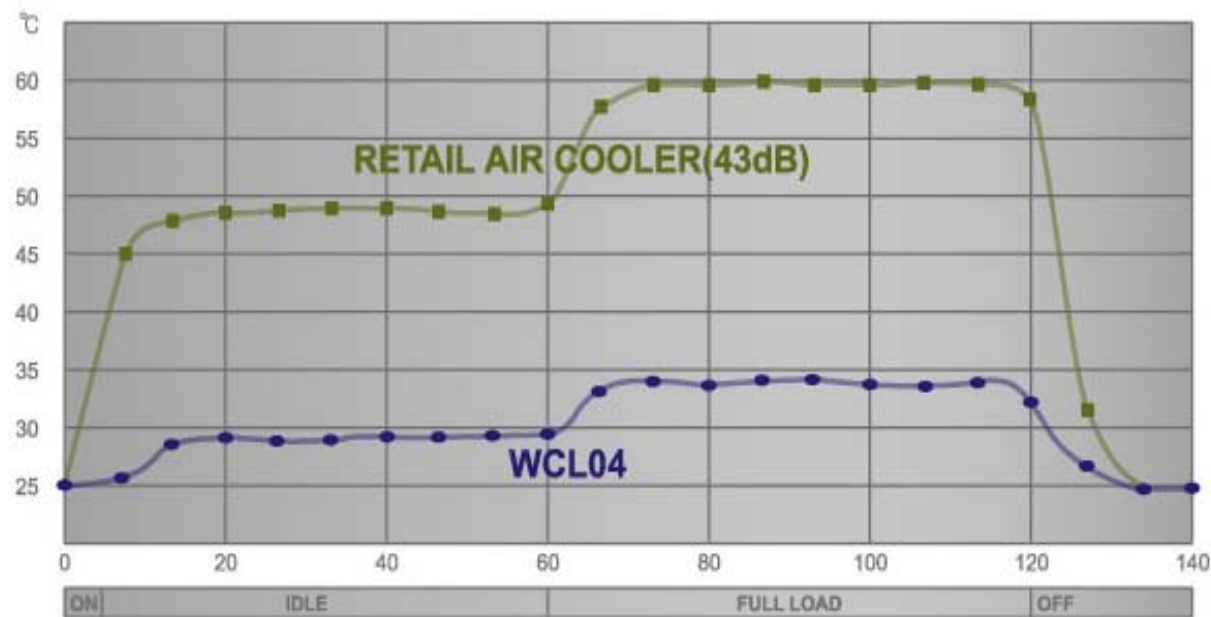
유 량 ?

물 유량이 많을수록 비례해서 냉각성능이 우수할 거라는 것은 편견이다. 만일 냉각시스템에 사용된 호스가 가늘고 작은 펌프로도 타 시스템보다 높은 성능을 낸다고 하면 이것은 무엇을 의미할까?

모든 **Cooling** 시스템에서는 용액이 흐르는 동안 압력손실이 발생하게 되는데 이는 튜브에서의 마찰손실과 기타 장애물의 저항에 의한 것이다. **Cooling** 시스템에서 쿨러 수가 많을수록, 호스의 길이가 길수록 수압은 떨어진다. 1개의 펌프를 사용하는 일반적인 냉각시스템에서는 다수의 냉각장치가 추가될 때마다 수압은 현저히 감소한다.

5. Conclusion (2)

* Test Report



► Test Condition

CPU : intel Pentium 4 3.0 / Ambient temperature : 25°C
Case fans turned off / Radiator placed external

5. Conclusion (3)

- ✦ **대형 알루미늄 라디에이터**
고효율의 열발산을 위해 표면적을 대폭 증대
- ✦ **브레이징 구리 CPU 워터블럭**
열원으로 부터 발생된 열의 전도율을 최대한으로 높였습니다.
BTX, Intel P4 Socket 775, P4 Socket 478, AMD K8, AMD K7 사용 가능
- ✦ **듀얼 펌프 - 90L /hr 플로우 레이트**
듀얼펌프를 사용하여 냉각수의 플로우 레이트를 대폭 증대 - 또한 조용하고 부드러운 냉각수 순환을 실현
- ✦ **고성능 및 저소음을 실현**
1400RPM의 초저소음 1200mm 팬(16db)을 사용하여 열원으로 부터 발생한 열을 신속히 발산

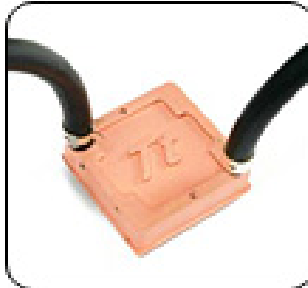


5. Conclusion (4)

상세 정보



전체 알루미늄 구조로
열을 신속히 발산



5 in 1 유니버설 구리
CPU 워터블럭



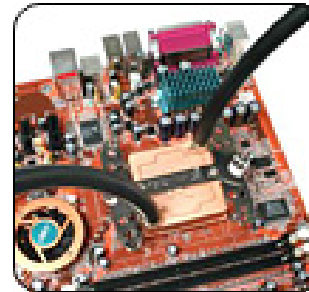
초저음 1400 RPM의
120mm fan x 3



백패널의 냉각수 인렛 및 아
웃렛



자동 냉각수 차단 밸브 - 원터치로
작동



5 in 1 전체 구리 CPU 워터블럭을
메인보드에 장착한 예

5. Conclusion (5)

Combined natural and forced convection

$$Nu_{combined} = (Nu_{forced}^n \pm Nu_{natural}^n)^{1/n} \quad (\text{experimental data})$$

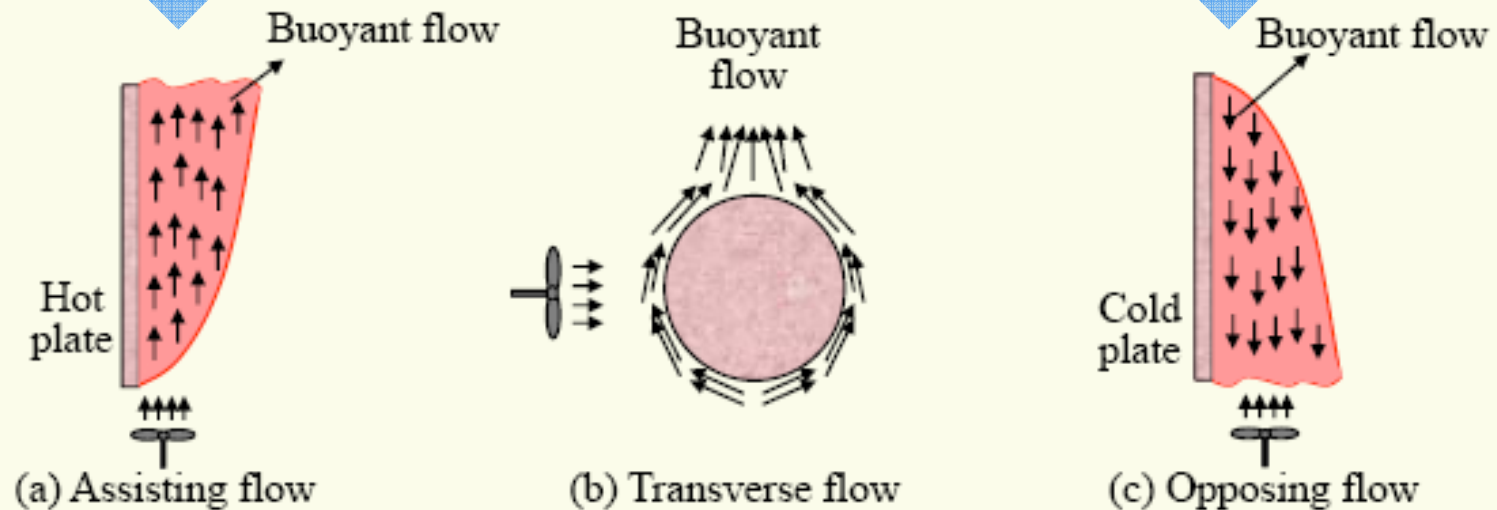
The plus sign : assisting and transverse flow

The minus sign : opposing flow

설계제안 : vertical surface

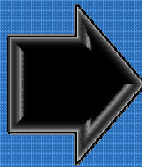
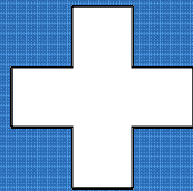
$n=3.5 \sim 4.0$: horizontal surface

기존설계



5. Conclusion (6)

최적해를
통한 설계
제안



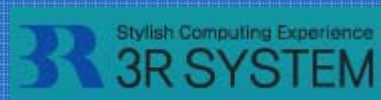
기준 설계
와의 비교
검토

일반적으로 Radiator
안쪽 cooler가 아래쪽
을 향하여 강제대류
를 시키는데, 방향을
바꾸어 위쪽으로 강
제대류를 시킨다면
방열량 효과가 더 커
질 것으로 기대

Reference



한양대학교 냉열기기연구실
HEATING & COOLING LABORATORY



TOTAL COOLING MANUFACTURING
EVERCOOL



Get will connected with

Thank You !

2003006557 강정관

2003007613 장원호