

# 데이터센터의 냉방에너지 절감을 위한 냉각시스템 분석 및 개선 방안

정용호\*

\*청운대학교 건축설비소방학과(coil@chungwoon.ac.kr)

## Analysis and Improvement of Cooling System for Energy Saving in Data Center Building

Jung, Yong-Ho\*

\*Dept. of Building Service Engineering & Fire Protection System, Chungwoon  
Univ.(coil@chungwoon.ac.kr)

### Abstract

---

Energy Cost has been rapidly increased with the internal heat gain of data center to keep the temperature condition. But the cooling units for server systems are fully operated to satisfy the indoor temperature condition, it results in the excessive energy consumption. In this study, various cooling systems were studied for data center and cold aisle containment system was proved to be the best solution for server cooling system. Because it protects the cooling zone from the hot aisle space. Effective cooling and prohibition of recirculation air from hot aisle was possible by the cold aisle containment system

Keywords : 데이터 센터(Data Center), 에너지 비용(Energy Cost), 밀폐형 쿨링시스템(Cold Aisle Containment System), 재순환공기(Recirculation Air)

---

### 1. 서 론

IDC란 최근 국내 각 기업의 인터넷 비즈니스의 성장과 함께 생겨난 새로운 용어로서 인터넷 데이터센터(Internet Data Center)를 의미한다. 이러한 IDC는 기업 및 개인 고객

에게 전산 설비나 네트워크 설비를 임대하거나 고객의 설비를 유치하여 유지·보수 등의 서비스를 제공하는 역할을 담당한다. 여기에서는 개별 기업이 운영하기에는 부담이 큰 서버 장비 및 통신장비의 운영과 관리를 대행하며 최첨단 시설과 보안, 완벽한 통신 네

트위크를 갖추고 있다. 최근 인터넷 사업이 크게 증가함에 따라 그 수요가 지속적으로 증대되고 있는 시설이다.

최근까지만 해도 각 시설 운영자들은 이러한 IDC 시설에 사용된 에너지 비용 보다는 실내 온습도에 민감한 시스템의 안정적 유지관리를 위하여 대용량, 대규모 환경설비를 설치함으로써 시설의 신뢰성 확보에 주된 관심을 두어 왔다. 그러나 날로 증가하는 IDC의 수요 증대와 함께 소비전력과 전기 요금의 상승함에 따라 이러한 IDC 건물의 유지관리를 위한 에너지 비용은 경비 절감 방법을 찾고 있는 경영진으로부터 새로이 주목받고 있다.

Data Center Users Group이 최근 실시한 설문조사에서 응답자의 42%가 데이터 센터 에너지 효율을 분석한 적이 있거나 현재 분석 중이라고 답하여, 데이터 센터 에너지 효율이 업계의 우선적인 과제로 빠르게 부상하고 있다고 한다.

응답자들은 냉방 장비 영역(49%), 서버(46%), 전원 장비(39%) 및 스토리지(21%)에서 에너지 효율을 대폭 개선할 기회가 있는 것으로 인식했다.

EYP Mission Critical은 데이터 센터 에너지 사용량을 분석하고 데이터 센터 에너지의 50%가 IT 시스템에 소모되는 것으로 추정했다. 따라서 IT 장비에 소모되는 에너지의 10%를 절약하면 냉방 및 배전 부하의 감소로 7~10%의 추가 에너지 절감이 가능한 셈이다. 이 영역의 에너지 절감은 절감 효과를 거의 2배로 높일 수 있는 효과를 가지고 있는 것이 된다. 사실 에너지 비용은 이제 데이터 센터 위치나 설계에 관한 의사결정을 할 때 가장 중요한 요인 중 하나로 되고 있으며 특히 냉방에너지에 대한 절감효과가 큰 요인을 차지하고 있다.

따라서 본 연구에서는 데이터센터의 서버실의 냉각시스템을 대상으로 기존의 문제점을 분석하고 이에 대한 대안 제시를 연구의

목적으로 한다.

## 2. 냉각 시스템의 문제점 분석

데이터센터내의 발열이 최근 증가하고 있는 추세로, 온도를 낮추기 위한 에너지 비용이 같이 증가하고 있다. 그러나 전산장비 배치의 구조적 문제로 향온향습 장치는 최대 능력으로 운전하고 있으며 불필요한 에너지가 낭비되고 있는 실정이다.

Fig. 1에 나타낸 바와 같은 전통적인 향온향습 방식으로는 랙당 3~5kw의 발열을 감당할 수 있으며, 그 이상의 발열은 이중마루 방식의 구조적문제인 Cold air의 풍량 부족현상으로 Fig. 2와 같은 re-circulation 현상이 나타나게 된다. Fig. 3은 이러한 re-circulation 현상에 대한 CFD 분석 결과를 나타낸다.

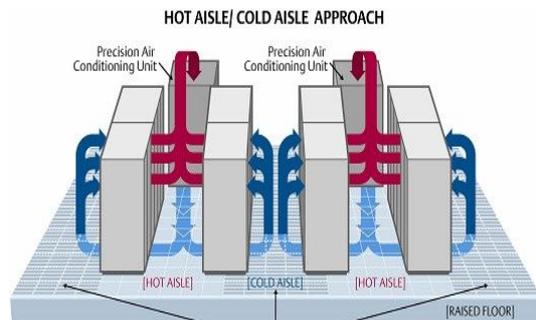


Fig. 1. Conventional hot & cold aisle and air conditioning system

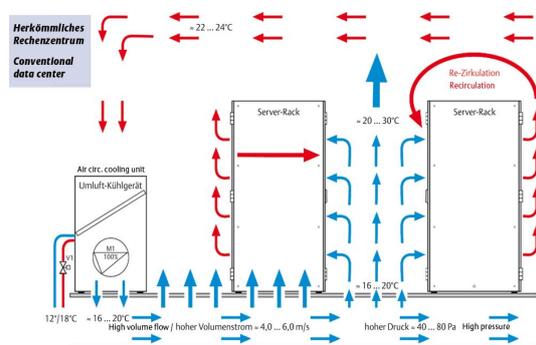


Fig. 2. Re-circulation to cold-aisle

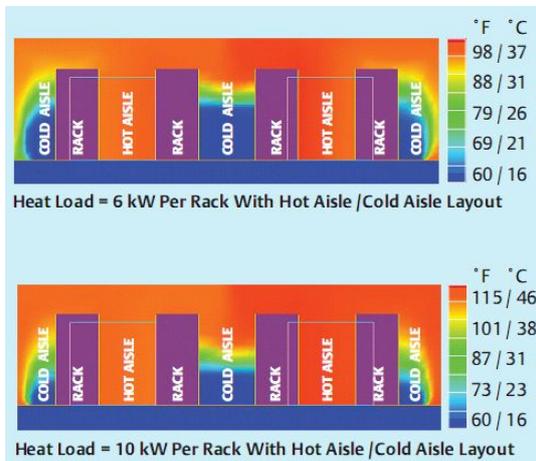


Fig. 3. CFD analysis for re-circulation 6kw and 10kw per rack

### 3. 각종 Containment 방식의 비교

현재 본 연구에서 IDC에 적용 가능한 Containment 방식은 다음과 같이 구분할 수 있다.

- Hot & Cold aisle + 향온기 방식
- Hot aisle containment + 향온기 방식
- Cold aisle containment + 향온기 방식
- Hot & Cold aisle + chimney return + 향온기 방식

기존 방식인 Hot & Cold aisle + 향온함습기 방식에 비하여 Cold aisle containment 방식은 각 냉복도의 상부와 측면을 차단하여 공급되는 냉기가 냉복도 밖으로 유출되지 않도록 하는 방법이다. 차단벽은 전산장비의 배출구에서 나오는 열기와 냉기가 섞이지 않도록 하여 IT 장비 입구의 온도를 일정하게 유지하도록 하는 역할을 한다. IT 장비의 급기구 온도는 향온함습기에서 토출되는 냉기의 온도와 큰 차이를 보이지 않게 되어 향온함습기의 토출구 온도를 장비의 급기온도와 비슷한 수준으로 설정하는 것이 가능하다. 급기온도를 상향시키면 향온함습기의 효

율이 증가하며, 외기냉각과 외기냉수냉각의 적용 가능 시간도 연장된다.

공급되는 냉기의 손실이 없이 급기가 가능하므로 실제적인 소요풍량도 감소하여 공기 순환에 소요되는 송풍에너지도 감소하게 된다. 가변풍량공급방식과 더불어 적용할 경우 부하변동에 따른 안정성과 효율성을 동시에 달성할 수 있다. 밀폐를 위해서는 냉복도 끝 출입구에 공기차단막을 구축하여야 하며 냉복도 내 조명과 소방법을 만족하는 소화설비가 필요하다. 또한 랙과 랙 사이, 랙 내에 장착하는 서버 사이에서 냉기가 누출되지 않도록 블랭킹 패널을 설치하여야 한다. 한편, 열복도 밀폐의 경우는 IT 장비의 열기가 배출되는 열복도를 밀폐하여 향온함습기로 효과적으로 회수되도록 하는 방식이다. 이 방식은 회수되는 열기가 전체 서버실의 온도 상승에 영향을 미치지 않게 할 수 있어, 일반 데이터센터에서 고밀도 IT 장비열을 부분적으로 설치하는 경우에 온도가 높은 고밀도 장비열의 열기가 주변 장비에 영향을 미치지 않도록 하는데 효과적이다. 그러나 열기의 회수에 대한 기밀성을 유지하기 위한 덕트 설비비용의 문제뿐만 아니라 구성이 복잡한 단점이 있다. 검토 결과, 본 연구에서 적용하고자 하는 시스템으로서의 현재의 시스템에 직접적으로 적용이 가능하며, 동시에 가장 효과적으로 판단되는 Cold aisle containment + 향온함습기 방식을 적용하는 것으로 한다.

### 4. 개선시스템 제안

Cold Aisle containment는 먼저 Hot Aisle / Cold Aisle 구성이 선행되어야 하며 랙 사이와 Cold Aisle의 윗 부분을 막아 랙 뒤에서 나오는 hot air를 cold aisle의 cold air와 섞이지 않도록 구성하는 방안이다. Cold Aisle의 밀폐 시 hot air와의 mix 현상이 제거되기 때문에 적은 cooling 능력으로도 같은 발열 제거 효과를 가질 수 있다. Cold

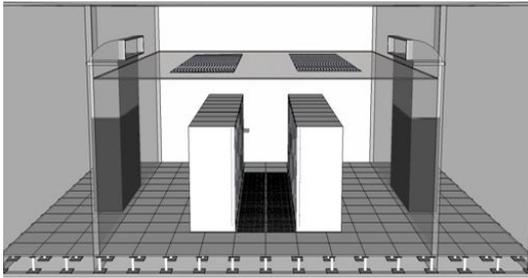


Fig. 4. Hot & Cold aisle + CRAC

Table 1. Hot & Cold aisle + CRAC design

Rack	16EA	
Load	4kw(per rack) x 16EA = 64kw	
Cooling capacity	70kw(CRAC) x 2EA = 140kw	
Required space	Rack space / Total space = (33%)	C
Cooling	3~4kw / Rack	C
Flexibility	Low	B
Total capacity	High	A

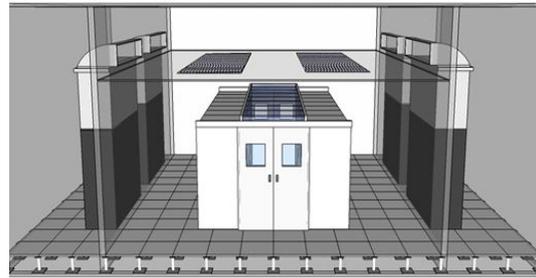


Fig. 6. Cold aisle containment + CRAC

Table 3. Cold aisle containment + CRAC design

Rack	16EA	
Load	15kw(per rack) x 16EA = 240kw	
Cooling capacity	70kw(CRAC) x 4EA = 280kw	
Required space	Rack space / Total space = (33%)	C
Cooling	10~15kw / Rack	B
Flexibility	Low	B
Total capacity	High	A

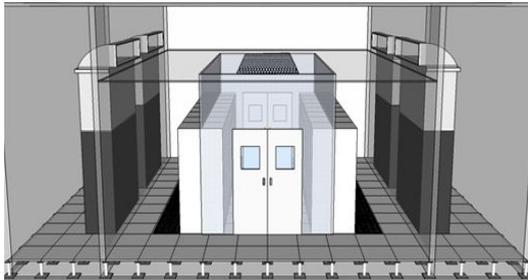


Fig. 5. Hot aisle containment + CRAC

Table 2. Hot aisle containment + CRAC design

Rack	16EA	
Load	15kw(per rack) x 16EA = 240kw	
Cooling capacity	70kw(CRAC) x 4EA = 280kw	
Required space	Rack space / Total space = (33%)	C
Cooling	25~30kw / Rack	A
Flexibility	Low	B
Total capacity	High	A

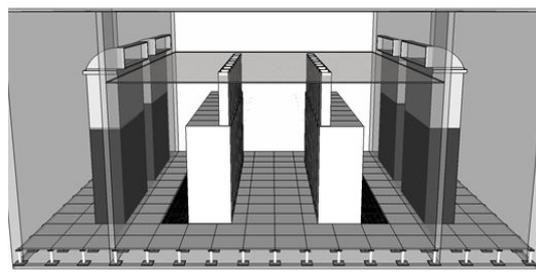


Fig. 7. Hot & Cold aisle + chimney + CRAC

Table 4. Hot & Cold aisle + chimney + CRAC design

Rack	16EA	
Load	15kw(per rack) x 16EA = 240kw	
Cooling capacity	70kw(CRAC) x 4EA = 280kw	
Required space	Rack space / Total space = (33%)	C
Cooling	25~30kw / Rack	A
Flexibility	Low	B
Total capacity	High	A

aisle 밀폐 시 랙 열의 양 끝으로 출입문을 만들어 cold air의 누출을 막음과 동시에 사용자 출입이 가능하도록 할 수 있다.

## 5. 적용 효과 예측

전통적인 항온항습기 방식의 데이터센터에

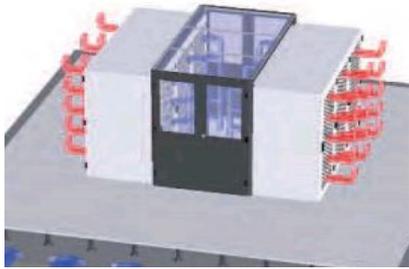


Fig. 8. Cold Aisle containment

서는 차가운 공기의 풍량이 높아야 하며 18°C 이하의 차가운 공기를 공급해야만 정상적으로 이중 마루를 통해 전산장비로 공급이 가능하다. 그 이유는 차가운 공기와 뜨거운 공기가 대부분의 현재 데이터센터 구조에서는 서로 섞이기 때문이고 데이터센터가 최대 용량으로 운영될 시 더욱 심각해진다. 그로 인해 많은 데이터센터 관리자들은 항온항습기 풍량을 높이고 설정 온도를 낮추고 있고 이는 많은 양의 에너지 소모를 가져오게 된다.

결과적으로 Cold Aisle의 아래의 온도는 16~20°C가 되고, 윗 부분의 온도는 22~30°C에 이르게 된다. 데이터센터의 온도가 30°C가 넘는 경우는 모두 Hot Aisle의 뜨거운 공기가 재순환되어 Cold Aisle의 cold air와 섞이기 때문이다.

Cold Aisle Containment의 경우 항온항습기에서 나오는 차가운 공기가 전산장비에서 배출되는 뜨거운 공기와의 접촉을 근본적으로 제거하기 때문에 항온항습기 토출 공기 온도를 전산장비에서 필요로 하는 20~25°C로 설정할 수 있다. 이에 따라 항온항습기에서 사용하는 에너지를 절감할 수 있게 된다.

Fig. 9와 Fig. 10은 각각 Cold Aisle Containment 미적용 시의 온도분포와 Cold Aisle Containment 적용 시의 온도분포를 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 시스템 적용 시 실내 발열밀도가 2배로 증가하는 경우에도 서버랙 상단부의 온도 편차가 감소하는 것을 알 수 있다.

Fig. 11은 Cold Aisle Containment 적용

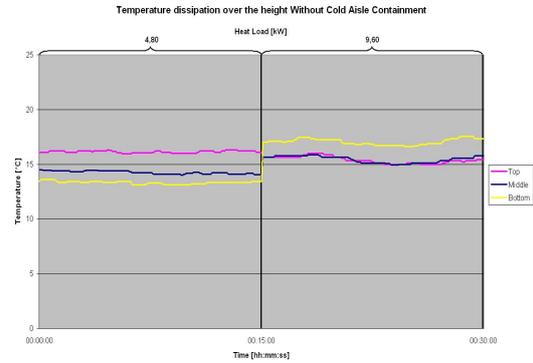


Fig. 9. Conventional system temperature

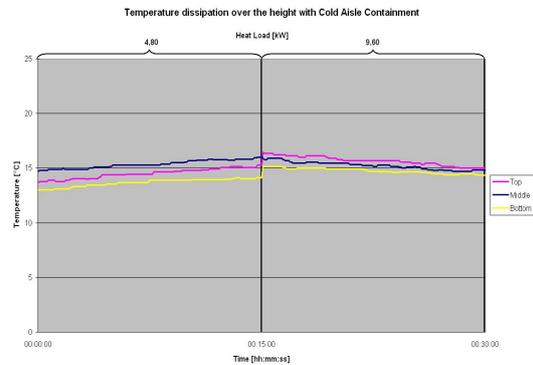


Fig. 10. Cold Aisle Containment system temperature

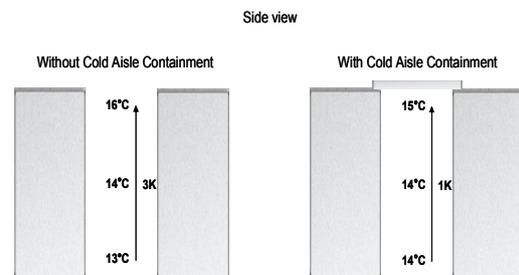


Fig. 11. Cold Aisle Containment vertical temperature

시의 warm aisle과 cold aisle의 온도 변화를 나타낸 것이다. 시스템 적용 시에는 발열밀도의 순차적인 증가에도 실질적으로 warm aisle의 상부는 지속적으로 온도가 증가하나, cold aisle 부분의 온도변화 폭이 작게 나타나는 것을 알 수 있다. Fig. 13은 각각 CFD를 이용하여 Cold Aisle Containment 미적용

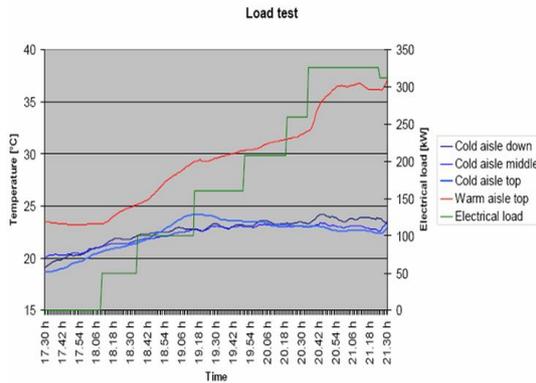


Fig. 12. Warm aisle temperature in cold Aisle Containment

시의 평면온도분포와 Cold Aisle 부분의 Containment 적용 시 평면온도분포를 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 적용 시 Cold Aisle 부분의 온도분포가 일정한 상태로 나타나는 것을 알 수 있다.

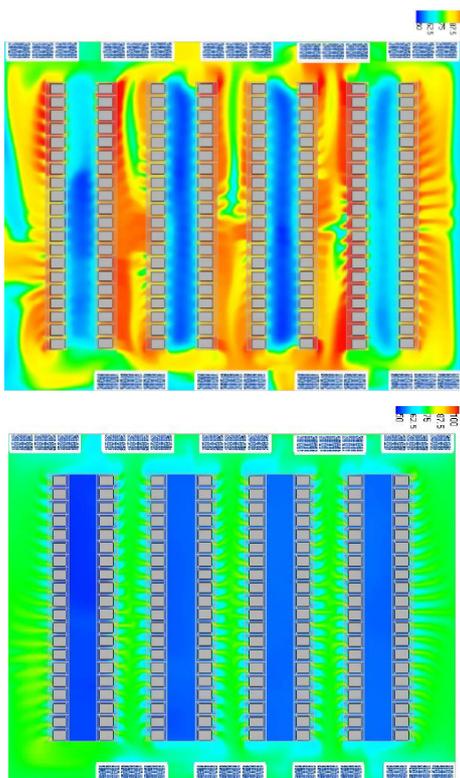


Fig. 13. Temperature distribution

## 6. 결 론

- (1) Cold Aisle의 아래의 온도는 16~20°C가 되고, 윗 부분의 온도는 22~30°C에 이르게 되며 데이터센터의 온도가 30°C가 넘는 경우는 모두 Hot Aisle의 뜨거워진 공기가 재순환되어 Cold Aisle의 cold air와 섞이기 때문이다.
- (2) Cold Aisle Containment의 경우 향온향습기에서 나오는 차가운 공기가 전산장비에서 배출되는 뜨거운 공기와의 접촉을 근본적으로 제거하기 때문에 향온향습기 토출 공기 온도를 전산장비에서 필요로 하는 20~25°C로 설정할 수 있으며, 이에 따라 향온향습기에서 사용하는 에너지를 절감할 수 있게 된다.
- (3) Cold aisle containment 시스템 적용 시 실내 발열밀도가 2배로 증가하는 경우에도 서버랙 상단부의 온도 편차가 감소하는 것을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. AIVC, "Ventilation and building airtightness", Coventry, Air Infiltration and Ventilation Centre, 1994.
2. ASHRAE Standard 62, "Ventilation for acceptable indoor air quality", 2001, pp.8-11.
3. ASHRAE Standard 90, "Energy Conservation in New Buildings", American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA, 1975.
4. ASHRAE Handbook Fundamentals SI Edition, Chapter 27 Ventilaion and infiltration, 2005, pp.25-26.