

## 냉복도 밀폐시스템을 적용한 서버실의 실내온도조건

정 용 호<sup>†</sup>, 장 현 재<sup>\*</sup>, 서 장 후<sup>\*\*</sup>

청운대학교 건축설비소방학과, <sup>\*</sup>홍익대학교 건축공학과, <sup>\*\*</sup>조선대학교 건축학부

### Server Room Temperature Condition in Data Center with Cold Aisle Containment System

Yong-Ho Jung<sup>†</sup>, Hyun-Jae Chang<sup>\*</sup>, Jang-Hoo Seo<sup>\*\*</sup>

Department of Building Equipment and Fire Protection System, Chungwoon University, Chungnam 350-701, Korea

<sup>\*</sup>Department of Architectural Engineering, Hongik University, Chungnam 339-701, Korea

<sup>\*\*</sup>Department of Architecture, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

(Received December 21, 2012; revision received January 4, 2013)

**ABSTRACT:** In this study, a cold aisle containment system was proposed among various strategies to reduce the energy waste by recirculation air from the hot aisle. To verify the effectiveness of the cold aisle containment system, a test bed which is similar to an actually existing server room was set up in the Internet Data Center(IDC) building. Comparative experiments, conventional open type cooling system and cold aisle containment system were carried out under actual conditions. The result revealed that the range of inlet temperature of the server system was 20~25°C in an existing cooling system and the range of inlet temperature dropped below 20°C by the cold aisle containment system. After all, cold aisle containment system was proved to be the solution for energy saving cooling system.

**Key words:** Cold aisle containment system(냉복도 밀폐시스템), Recirculation air(재순환공기), Inlet temperature(흡입온도), Energy saving(에너지절감)

### 1. 서 론

최근 IT 산업의 발전과 더불어 IT 전용시설인 데이터센터의 용량 및 수요 증가는 공조용 에너지의 급격한 증가로 이어지는 결과를 초래하고 있다. 일반적으로 데이터센터는 서버컴퓨터의 발열에 의한 냉방 에너지 소모량은 700~2,200 W/m<sup>2</sup> 정도의 수준으로서 일반 업무용 건물의 경우에 비하여 단위면적 기준으로 약 12~15배의 냉방부하를 발생시키는 것으로

알려져 있다.<sup>(1)</sup>

이와 같이 인터넷 데이터센터의 경우 막대한 냉방에너지를 소비하고 있음에도 불구하고, 지금까지 데이터센터의 서버시스템을 운영하는 운영주체들은 사업운영의 안정성 측면에서 고발열 IT 장비의 안정적인 운영 및 서버실 내부 온도 상승에 의한 에러 발생의 방지 등을 최우선적으로 고려하여 왔다.<sup>(2)</sup> 그러나 전술한 바와 같이 최근 데이터센터 운영주체들도 기하급수적으로 증가하고 있는 서버시스템의 수요 용량 증가와 막대한 냉방에너지 비용에 대한 대응방안으로서 적극적 에너지 절감노력을 실행할 필요가 있음을 인식하고 있다.<sup>(3)</sup> 서버실의 냉방에너지 절감을 위해서는 다양한 측면에서의 에너지 절

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-41-630-3227; fax: +82-41-630-3354

E-mail address: coil@chungwoon.ac.kr

감방안이 고려될 수 있지만 기본적으로 기존 서버 시스템의 안정성을 최대한 확보할 수 있는 방안이 적용되어야 하며, 기존의 이론적 검토를 통하여 위험요소를 최소화할 수 있는 냉방 개선시스템을 적용하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 기존 데이터센터 서버실의 냉각시스템을 대상으로 기존 냉각시스템의 개선방안으로서 기존의 연구<sup>(4)</sup>에서 이론적, 기술적 검토를 통하여 검증된 방안의 하나인 cold aisle containment system(냉복도 밀폐시스템)을 설치하는 경우에 대하여 실내 취출온도조건의 완화 가능성을 검토하였고 추후 데이터센터 운영을 위한 적정 온도 조건 제시를 목적으로 하였다.

### 2. RCI(Rack Cooling Index)

RCI는 서버룸의 실내 기준온도 또는 지침에서 허용하는 온도범위를 기준으로 공조 효율을 판단하는 지표이다. Fig. 1은 ASHRAE에서 정의하는 class 1 기준<sup>(5)</sup>으로 IT 서버로 공급되는 권장온도 범위와 허용온도 범위를 나타낸다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 서버기기의 인입부 허용 적정온도 범위는 20~25℃로 유지하는 것이 권장되고 있으며 25℃를 초과하는 허용온도 범위는 25~32℃로 규정하고 있다. 또한 20℃ 이하의 과냉 온도범위는 15~20℃로 규정되어 있다. Fig. 1에 나타난 의미는 32℃ 이상의 공기가 서버로 인입되는 경우 서버의 운영에 문제를 일으킬 수 있는 가능성이 있는 상태이며, 25~32℃의 경우는 허용 가능한 범위이나 서버의 안정적인 측면에서 개선이 필요한 정도로 고려해 볼 수 있는 상태이다.

가장 이상적으로 알려져 있는 20~25℃의 경우 서버의 운영과 에너지 효율화의 측면에서 가장 이상

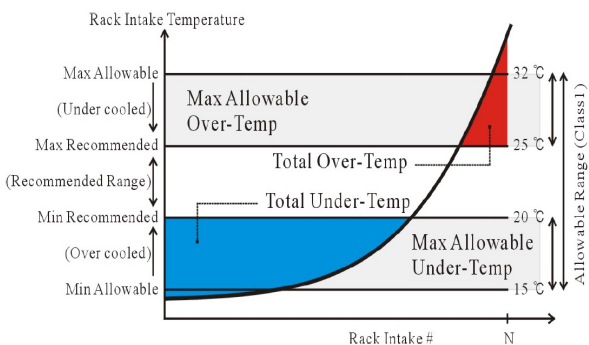


Fig. 1 The temperature range condition of inlet air temperature range for RCI.

적인 온도범위로 알려져 있다. 20℃ 이하인 경우 서버의 운영에는 안정적인 상태로 볼 수 있으나 에너지 효율의 측면에서 과냉각에 의한 효율 저하가 발생할 수 있는 상태이다.

일반적으로 향온기의 토출 설계온도인 13.5℃인 경우를 고려해 보면 15℃ 이하인 경우는 실질적으로 서버에 인입되는 경우가 빈도수가 높지 않은 상태일 것으로 사료되나, 경우에 따라 서버룸의 형태 및 구성, 기기의 배치, 서버의 배치에 따라 서버의 인입온도 조건은 다양한 분포를 나타내게 되는 것으로 알려져 있으며, 이러한 온도분포가 가능한 균일한 것을 이상적인 상태로 규정한 것이다.

### 3. Cold Aisle Containment System

데이터센터 서버실의 hot aisle(열복도)로부터 유입되는 공기 흐름을 차단하는 방안으로서 제시되고 있는 cold aisle containment system은 기존 방식에 비하여 각 냉복도의 상부와 측면을 차단함으로써 하부 플레넘으로부터 공급되는 냉기가 유출되지 않도록 하는 방법이다. Fig. 2는 기존의 냉복도와 열복도를 개방한 형태의 서버룸을 나타낸 것이며, Fig. 3은 냉복도의 상부와 측면을 구조적으로 폐쇄한 형태의 cold aisle containment system을 나타낸

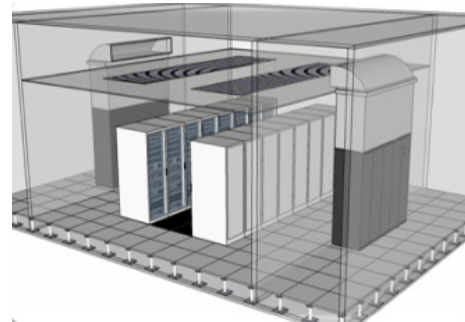


Fig. 2 Hot and cold aisle+CRAC.

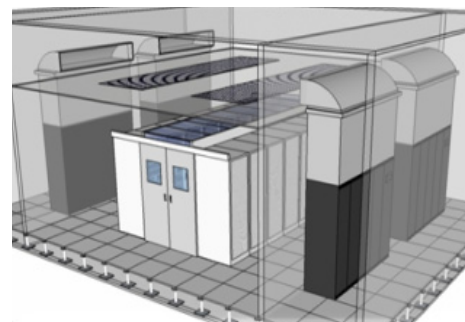


Fig. 3 Cold aisle containment system.

것이다.

Fig. 4에 나타난 바와 같이 기존의 냉복도와 열복도가 개방된 형태의 경우 열복도의 공기가 일부 냉복도 상부공간으로 재순환하여 냉복도의 온도분포를 악화시키는 경우가 발생하게 된다.

이에 대한 대책으로서 Fig. 5의 cold aisle containment system을 적용하는 경우 상부의 차단막을 이용하여 열복도의 더운 공기가 재순환하는 것을 방지하는 효과를 얻게 된다.

Fig. 5에 나타난 바와 같은 cold aisle containment system의 차단벽은 전산장비의 배출구에서 나오는 열기와 냉기가 섞이지 않도록 하여 IT 장비 입구의 온도를 일정하게 유지하도록 하는 역할을 하며 IT 장비의 급기구 온도는 향온항습기에서 토출되는 냉기의 온도와 큰 차이를 보이지 않게 되어 향온항습기의 토출구 온도를 장비의 급기온도와 비슷한 수준으로 설정하는 것이 가능한 장점이 있다.

이와 같은 방법으로 급기온도를 상향시키는 경우 향온항습기의 냉각부하가 감소하고, 외기냉각과 외기냉수냉각의 적용 가능 시간도 연장되며, 냉기의 손실이 없이 급기가 가능하므로 실제적인 소요풍량도

감소하여 공기 순환에 소요되는 송풍에너지도 감소하게 된다.

또한 가변풍량공급방식과 더불어 적용할 경우 부하변동에 따른 안정성을 달성할 수 있게 된다. 밀폐를 위해서는 냉복도 끝 출입구에 공기차단막을 구축하여야 하며 냉복도 내 조명과 소방방법을 만족하는 소화설비가 필요하다. 랙과 랙 사이, 랙내에 장착하는 서버 사이에서 냉기가 누출되지 않도록 하여야 한다. 한편, 열복도 밀폐의 경우는 IT 장비의 열기가 배출되는 열복도를 밀폐하여 향온항습기로 효과적으로 회수되도록 하는 방식이다

#### 4. 서버실 온도설정 조건 현장 실험

Fig. 6은 본 연구에서 서버실의 온도설정 조건 실험을 실시한 테스트베드의 평면을 나타낸다. Table 1과 Table 2는 각각 테스트베드의 구축현황과 설비시스템 개요, 서버실의 온도설정에 관한 실험조건을 나타낸다.

자동측정에 사용된 온도센서의 결과값은 5분 간격으로 EMS의 서버에서 자동적으로 기록되는 방식으로 하였으며 서버실의 발열에 의한 전반적인 평면 온도분포는 EMS 서버를 이용하여 자동모니터링을 실시하였다. 온도분포의 측정은 시간적 경과에 따른 온도 변화를 알아보기 위하여 테스트베드의 3열과 4열의 1~14번 서버랙 전후단에 측정점 별로 바닥으로부터 210 cm 높이에 온도센서를 설치하여 측정하였다. 일반적으로 데이터 센터는 IT 부하가 커서 부하의 변동이 적고, 측정 전 일정기간의 에너지 소비특성을 파악할 수 있으므로 실내환경의 측정은 단기간에 실시할 수 있었다. 자동측정의 경

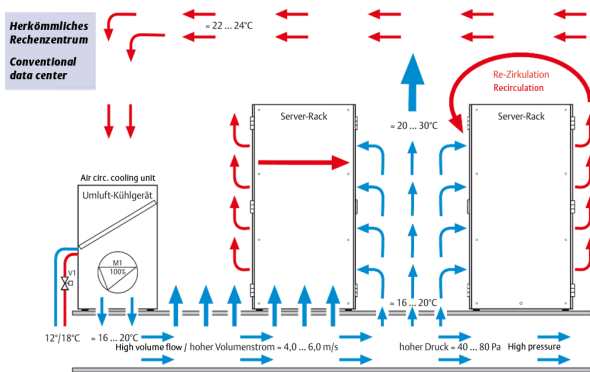


Fig. 4 Recirculation of hot and Cold aisle.

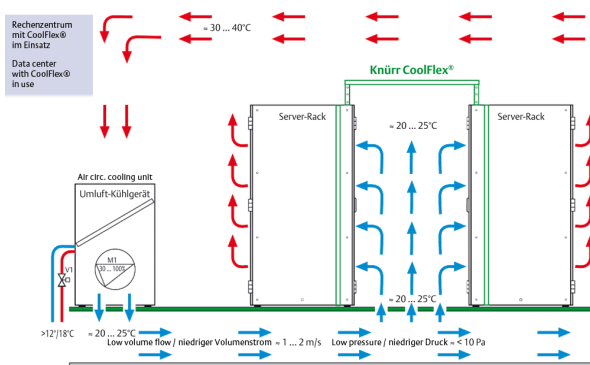


Fig. 5 Blocking the recirculation by closing panel.

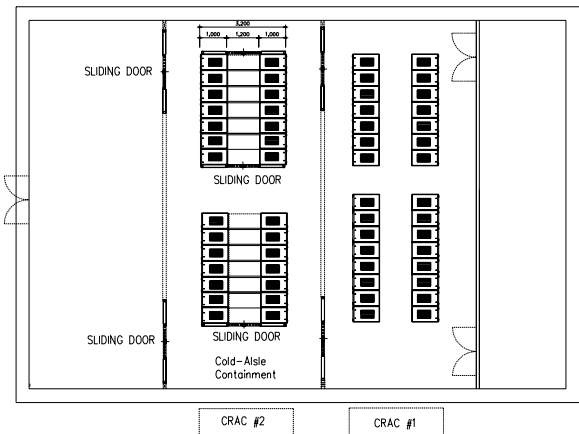


Fig. 6 The server rack plan in test-bed.

Table 1 Structural condition of test-bed

Items	Contents	Reference
Story height	4800 mm	
Plenum height	1200 mm	Ceiling to Slab
Access floor height	600 mm	
Cooling system	Cold Water	
CRAC	30 USRT	2EA
Air supply	Down flow	
Hot Air Return	Ceiling return	

Table 2 Measurement case of heat source and room temperature condition

CASE	Containment condition	Heat source	Temperature condition
CASE_1	Close	2.5 kW/Rack	22°C
CASE_2	Close	5.0 kW/Rack	22°C
CASE_3	Close	5.0 kW/Rack	24°C
CASE_4	Close	5.0 kW/Rack	26°C

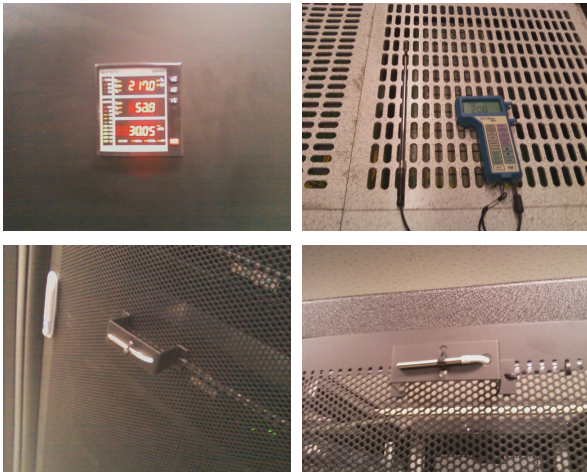


Fig. 7 Measurement in test-bed.

우에는 2011년 12월 27일 17:00부터 21:00까지 수집된 데이터와 12월 29일 10:20부터 18:20까지 수집된 데이터를 기준으로 분석하였다.

온도설정 조건의 완화실험은 Table 2에 나타난 바와 같이 cold aisle containment 적용 시 실내조건 완화 실험 조건으로서 동일한 발열밀도 5.0 kW/Rack에서 실내온도 설정치를 22°C에서 26°C까지 2°C씩 상승시키면서 cold aisle 내부 서버의 인입공기온도를 측정하기 위한 조건이다. Fig. 7은 테스트베드에서의 측정장면을 나타낸 것이다.

### 5. 측정 결과 분석

Fig. 8은 테스트베드의 랙 #8에서 12월 29일 오전 10시부터 진행된 cold aisle containment 온도조건 완화실험 결과를 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 12시 20분부터 발열밀도를 2.5 kW/Rack에서 5.0 kW/Rack으로 증가시킨 경우 hot aisle의 온도가 32°C 이상으로 증가되는 것으로 나타났으나 바닥 상면의 온도분포와 서버 인입구의 온도분포는 평균 19.3°C에서 3.2°C 정도 증가한 22.5°C 정도의 분포를 나타내고 있었다. 이후 서버실 내의 온도 설정치를 24°C, 26°C로 증가시킨 경우에도 상기의 서버 인입구 온도상태를 그대로 유지하고 있는 것으로 나타나 cold aisle containment를 적용할 경우 내부 온도를 균일하게 낮은 온도상태로 유지할 수 있는 것으로 나타났다. Fig. 9는 랙 #4에서 랙 #8에서의 조건과 동일한 경우의 측정 결과를 나타낸 것이다. 전반적으로 랙 #4의 경우에도 서버실 내의 온도 설정치를 24°C, 26°C로 증가시킨 경우 상기의 서버 인입구 온도상태를 그대로 유지하고 있는 것으로 나타나 실내 온도설정치를 상향조정하더라도 서버실의 운영에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

Fig. 10은 테스트 베드의 open type의 랙당 발열밀도 2.5 kW/rack인 경우 12월 27일 18시 00분부터 18시 30분까지, 랙당 발열밀도 5.0 kW/rack인 경우 12월 27일 20시 00분부터 20시 30분까지, close type의 랙당 발열밀도 2.5 kW/rack인 경우 12월 29일 11시 20분부터 11시 50분까지, 랙당 발열밀도 5.0 kW/rack인 경우 12월 29일 13시 20분부터 13시 50분까지의 인입구 온도분포를 나타낸 것이다. Fig. 10에 나타난 바와 같이 서버의 인입구 온도는 랙당 발열량과 관련 없이 open type의 경우 전반적으로 20~25°C의 분포를 나타냈으며 일부 과냉 및 과열된 부분이 발생하는 것으로 나타났다. 이에 비해 close type의 경우 전체 인입구 온도의 분포가 20°C 이하인 상태로 나타나 서버의 운영에 영향을 미치지 않는 양호한 상태이나, 과냉에 의한 에너지 효율의 저하된다. 따라서 본 연구에서 분석한 결과, open type에 비하여 close type의 경우 실내 온도설정치를 상승시켜 서버의 인입구 온도를 전반적으로 현재의 온도 수준보다 높은 수준으로 유지하여 냉각시스템의 효율을 증가시키는 것이 가능함을 확인할 수 있었다. 현재의 온도 수준을 높게 유지하는 경우 향온기 토출온도를 상승시키는 것이 가능하고 이에 따라 향온기

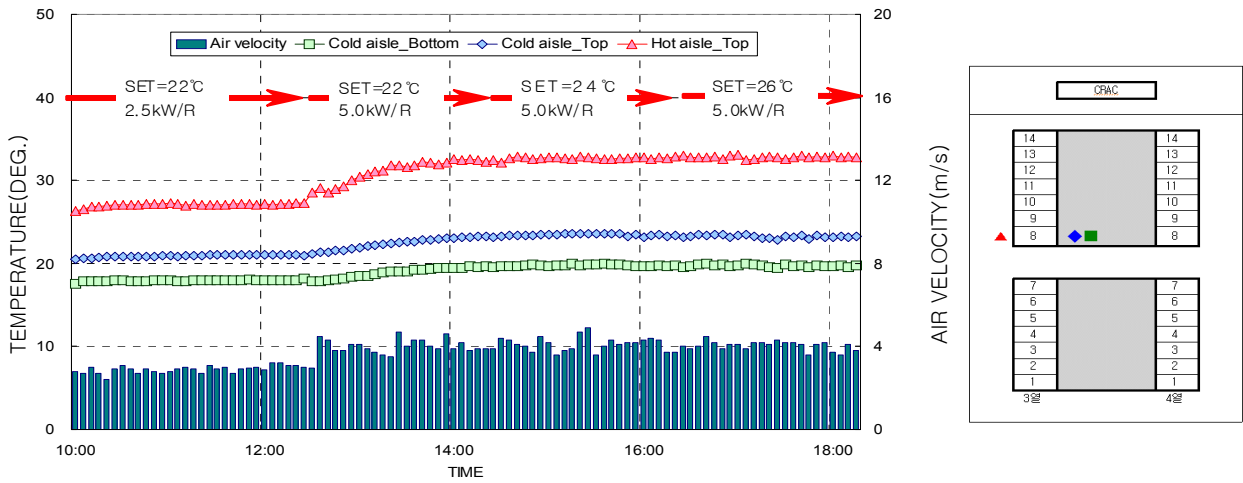


Fig. 8 Variation of vertical temperature at #8 rack for the temperature condition.

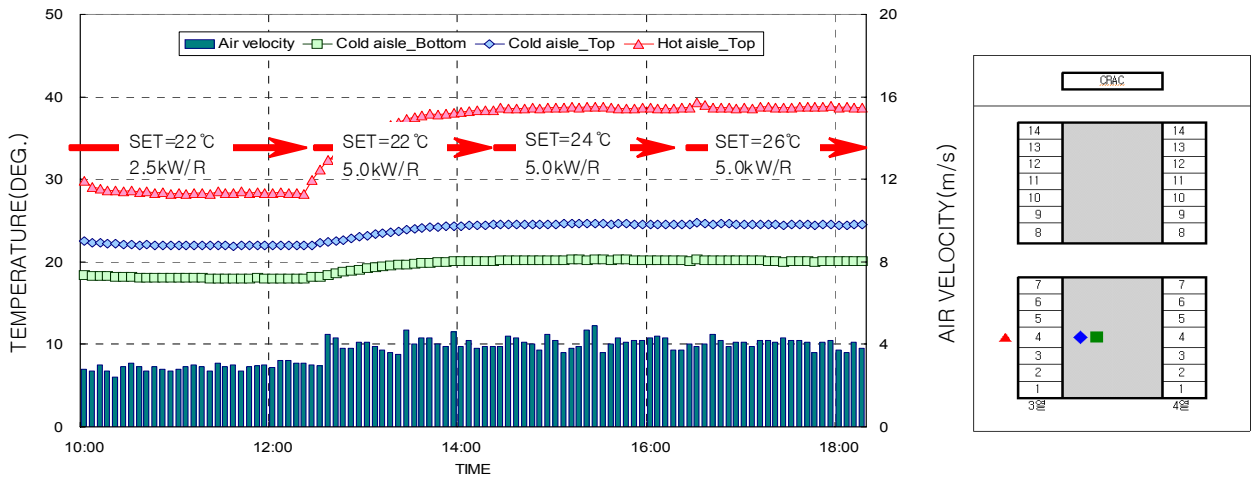


Fig. 9 Variation of vertical temperature at #4 rack for the temperature condition.

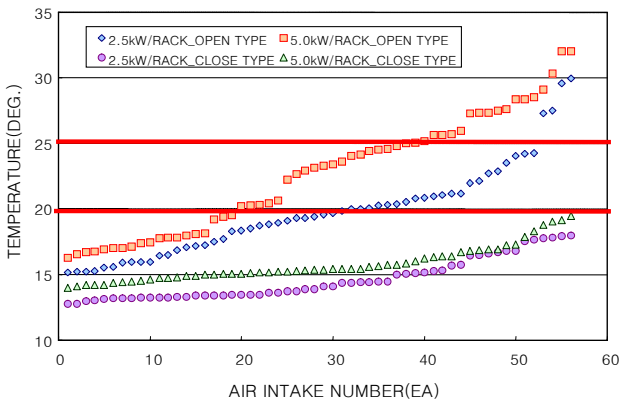


Fig. 10 Distribution of inlet temperature in conventional system.

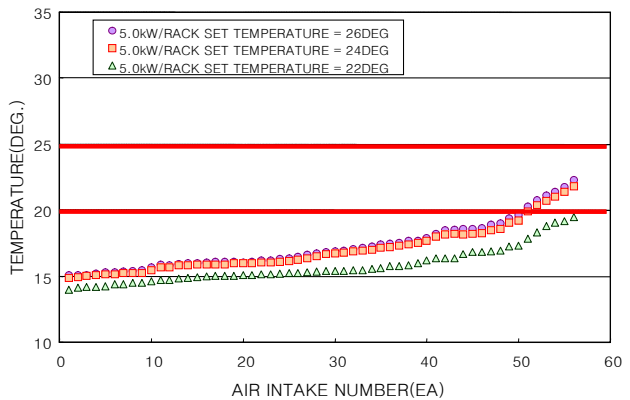


Fig. 11 Distribution of inlet temperature in relaxation condition.

의 냉수 공급유량 및 온도조건 완화가 가능하므로 냉동기의 COP 개선이 가능한 것으로 판단되었다. Fig. 11은 온도조건을 완화하는 경우의 서버 인입

구 온도분포를 나타낸 것이다. 각 조건은 랙당 발열 밀도 5.0 kW/rack은 12월 29일 13시 20분부터 13시 50분이며 온도조건은 22°C로 설정하였으며 15시 20



분부터 15시 50분까지는 온도조건 24℃로 설정, 17시 20분부터 17시 50분까지는 온도조건 26℃를 기준으로 설정하였다. Fig. 11에 나타난 바와 같이 온도조건을 완화하는 경우 서버 인입구 온도분포가 20℃ 이상인 경우가 일부 나타나고 있으나 전반적으로 온도조건을 일부 완화하였음에도 불구하고 서버 인입구 공기온도는 20℃ 이하로 낮게 유지되고 있으므로 cold aisle containment system을 적용하는 경우 현재 일반적인 데이터센터 서버실의 설계 온도인 22℃의 기준은 26℃까지 상향조정하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

## 6. 결 론

본 연구에서는 데이터센터의 서버실의 냉각시스템을 대상으로 서버실 온도 설정조건을 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) Cold aisle 내부온도 변화를 분석한 결과 open type의 경우 전반적으로 20~25℃의 분포를 나타냈으나, close type의 경우 전체 인입구 온도의 분포가 20℃ 이하인 상태로 나타나 과냉에 의한 에너지 효율의 저하가 고려되어야 하므로 close type의 경우 실내 온도설정치를 상승시켜 서버의 인입구 온도를 현재의 온도 수준보다 높은 수준으로 유지하여 냉각시스템의 효율을 증가시킬 필요가 있을 것으로 나타났다.

(2) Cold aisle containment 온도조건 완화실험결과, 발열밀도를 2.5 kW/Rack에서 5.0 kW/Rack으로 증가시킨 경우 hot aisle의 온도가 32℃ 이상으로 증가되는 것으로 나타났으나 바닥 상면의 온도 분포와 서버 인입구의 온도분포는 평균 19.3℃에서 3.2℃ 정도 증가한 22.5℃ 정도의 분포를 나타내고 있었다.

(3) 서버실 내의 온도 설정치를 24℃, 26℃로 증가시킨 경우에도 상기의 서버 인입구 온도상태를 그대로 유지하고 있는 것으로 나타나 cold aisle containment를 적용할 경우 현재 일반적인 데이터센터 서버실의 설계온도인 22℃의 기준은 26℃까지 상향 조정하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

## 후 기

본 연구는 2012년도 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원(12첨단도시14 : 과제번호 12CHUD-C062125-01-000000)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. ASHRAE, 2012, High density data centers case studies and best practices, Datacom series, Vol. 7, pp. 26-28.
2. Cho, J. K., 2008, The Planning and Design of the Optimal Cooling System for IT Environments in (Internet) Data Centers, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 24, No. 12, pp. 313-320.
3. ASHRAE, 2009, Design considerations for datacom equipment centers second edition, Datacom series, Vol. 3, pp. 82-96.
4. Chang, H. J., Jung, Y. H., and Seo, J. H., 2012, Analysis of Cooling Energy Saving by Cold Aisle Containment System in Internet Data Center Server Room, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol. 6, No. 3, pp. 181-190.
5. ASHRAE, 2005, Transactions, Vol. 111, No. 2.