

# 데이터 센터 온도 및 효율성에 대한 냉기 및 열기 통로 차폐의 영향

## 백서 135

개정 2

저 John Niemann  
Kevin Brown  
Victor Avelar

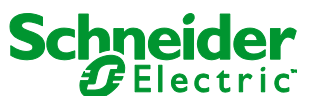
### > 개요

열기 및 냉기 통로 차폐를 통해 기존 데이터 센터 냉각 시스템의 예측 가능성과 효율성을 높일 수 있습니다. 두 방법 모두 열기와 냉기의 혼합을 최소화하지만, 실제 구현 및 작동상의 차이로 인해 작동 환경 조건, PUE, 절약 모드 시간에 많은 영향을 줍니다. 열기 통로를 차폐하면 냉기 통로 차폐에 비해 연간 냉각 시스템 에너지 비용을 43% 절약할 수 있으며 이에 따라 연간 PUE를 15% 줄일 수 있습니다. 본 백서에서는 두 방법론을 살펴보고 최근 데이터 센터에 열기 통로 차폐가 모범 사례로 선호되는 까닭을 집중 조명합니다.

### 목차

*원하는 섹션 바로가기 클릭*

서론	2
차폐의 효율성 이점	2
냉기 통로 차폐	3
열기 통로 차폐	4
작업 환경에 대한 차폐의 효과	5
CACS 및 HACS 분석	6
화재 진압 관련 고려 사항	11
결론	12
리소스	13
부록	14



## 서론

에너지 비용이 상승하고 에너지 소비율이 높아짐에 따라 데이터 센터 전문가들은 열기 통로 및 냉기 통로 차폐 전략을 고려하게 되었습니다. EYP Mission Critical의 Bruce Myatt에 따르면, 열기와 냉기를 분리하는 것은 "오늘날 신규 및 기존 데이터 센터에서 적용할 수 있는 가장 유망한 에너지 효율성 수단 중 하나"입니다(Mission Critical Magazine, 2007년 가을). 차폐 전략을 사용하면 에너지 효율뿐 아니라 IT 유입 온도를 일관되게 유지할 수 있으며, 기존의 비차폐 데이터 센터에서 볼 수 있었던 과열점을 해결할 수 있습니다.

열기 통로 차폐는 새로 설치할 때나 기존의 많은 이중 바닥 설치를 개조할 때나 모두 적합한 솔루션이지만 헤드룸이 낮거나 보조 천장 플레넘을 액세스할 수 없는 문제로 인해 구현하기가 까다롭거나 비용이 많이 들 수 있습니다. 이 경우 최선의 방법은 아니지만 냉기 통로 차폐가 실현 가능한 방안이 될 수 있습니다.

열기 통로 및 냉기 통로 차폐는 기존의 비차폐 구성에 비해 상당한 에너지 절약 효과가 있습니다. 본 백서는 두 가지 차폐 방법의 에너지 소비량을 분석하고 계산합니다. 열기 통로 차폐 전략과 냉기 통로 차폐 전략은 모두 에너지 절감 효과가 있지만 본 백서에 따르면 열기 통로 차폐가 냉기 통로 차폐에 비해 냉각 시스템 에너지 절감률이 43% 높은 것으로 나타났으며 그 주 원인은 절약 모드 시간의 증가였습니다. 이에 따라 본 백서에서는 새로운 데이터 센터에 항상 열기 통로 차폐를 사용하도록 결론을 내렸습니다.

데이터 센터에서 열기나 냉기를 차폐하면 다음과 같은 효율성 이점이 있습니다. 열기 통로/냉기 통로 줄 배치<sup>1</sup>는 어떤 통로 차폐 방법을 사용하든지 간에 반드시 설정해야 합니다.

- **냉각 시스템 온도를 높게 설정해도(따라서 에너지 절감 및 냉각 용량 증가) 여전히 안전한 작동 온도로 부하를 제공할 수 있습니다.** 비차폐 주변 냉각 시스템은 과열점을 방지하기 위해 IT 장비에서 필요한 수준(예: 약 13°C/55°F)보다 훨씬 낮게 온도가 설정됩니다. 과열점은 냉기가 냉각 장치에서 나와 랙 전면으로 이동하면서 생기는 열로 인해 발생합니다. 차폐를 하면 냉기 공급 온도를 높일 수 있고 가장 뜨거운 공기가 냉각 장치로 순환되게 할 수 있습니다. 이렇게 냉각 장치로 돌아오는 공기의 온도가 상승하면 냉각 코일에서 열 교환이 더 효과적으로 이루어지고 냉각 용량이 늘어나며 전반적인 효율성도 향상됩니다. 이 효과는 실제로 모든 공기 조절 장비에 적용됩니다. 일부 장비는 처리 가능한 최대 순환 온도에 제한이 있으나, 일반적으로 모든 냉각 시스템은 순환 공기의 온도가 높을수록 용량이 증가합니다.
- **과열점 제거** 차폐를 하면 냉각 장치의 급기가 열기와 혼합되지 않고 IT 장비 앞까지 갈 수 있습니다. 즉, 냉각 장치의 급기 온도가 IT 장비에 이르는 온도와 동일하므로 IT 유입 공기의 온도를 일정하게 유지할 수 있습니다. 공기가 섞이지 않기 때문에 과열점을 걱정할 필요 없이 급기 온도를 높일 수 있으며 이에 따라 절약 모드 시간을 늘릴 수 있습니다.
- **절약 모드 시간이 증가합니다.** 외부 온도가 내부 온도보다 낮을 경우 냉각 시스템 압축기는 열을 외부로 빼는 작업을 할 필요가 없습니다<sup>2</sup>. 냉각 시스템의 설정 포인트 온도를 높이면 냉각 시스템이 압축기를 끄는 시간이 길어지므로 에너지를 절약할 수 있습니다.<sup>3</sup>
- **가습/제습 비용이 절감됩니다.** 열기와 냉기가 혼합되지 않게 하므로 냉각 시스템의 급기 온도를 높게 설정해도 되며 이에 따라 냉각 시스템이 이슬점 온도 이상에서 작동할 수 있습니다. 이슬점보다 높은 온도로 급기할 경우 제습이 필요 없습니다. 제습 작용이 없으면 가습 기능이 필요하지 않으므로 에너지와 물이 절약됩니다.

## 차폐의 효율성 이점

### > 절약 모드 시간이 증가한 이유는?

냉각기의 기본 기능은 냉각제를 압축하고 팽창하여 냉각수 공급 온도를 보통 7°C/45°F 정도로 유지함으로써 데이터 센터의 열 에너지를 제거하는 것입니다. 외부 온도가 냉각수 온도보다 약 11°C/19°F 정도 낮을 경우 냉각기가 꺼질 수 있습니다. 이 경우 냉각탑은 냉각기를 우회하고 데이터 센터에서 직접 열을 제거합니다.

냉각수 공급 온도를 높이면 냉각기가 꺼지는 시간(절약 모드 시간)이 길어집니다. 예를 들어 외부 온도가 냉각수 온도인 7°C/45°F 보다 최소 11°C/19°F 낮으면 연간 절약 모드 시간이 1000 시간이 될 수 있습니다. 하지만 냉각수를 13°C/55°F 로 올리면 절약 모드 시간이 3,700 시간으로 증가합니다.


<sup>1</sup> 랙 전면이 인접 줄의 랙 전면을 바라보는 랙 배치. 이렇게 배치하면 열기 통로와 냉기 통로가 번갈아 배치됩니다.

<sup>2</sup> 외부 온도와 내부 온도의 차이는 열 교환기의 비효율성, 불완전한 절연 및 기타 손실을 충분히 고려할 수 있을 만큼 커야 합니다.

<sup>3</sup> 데이터 센터에서 공유하는 건물 냉각 시스템에서는 설정 포인트가 제한될 수 있습니다.

- 물리적 인프라의 전반적인 사용률이 향상되므로, 규모를 적정화할 수 있고 따라서 장비의 작동 효율성이 향상됩니다. 장비 규모가 필요 이상으로 과다하면 적정 규모의 장비보다 고정 손실<sup>4</sup>이 큼니다. 그러나 기존의 냉각 시스템에서는, 바닥 아래의 장애물을 거치면서 이중 바닥 플레넘에 압력을 가하기 위해 추가 팬이 필요하기 때문에 장비 규모가 과다해질 수 있습니다.

## 냉기 통로 차폐

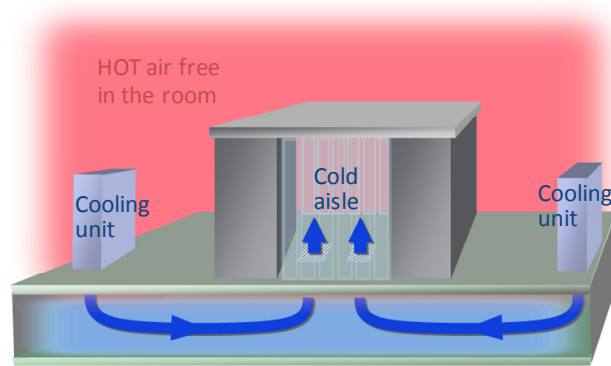

 관련 자료  
**백서 153**  
 기존 데이터 센터에 열기 및 냉기 차폐 구현

CACS(냉기 통로 차폐 시스템)는 냉기 통로를 밀폐하므로, 데이터 센터의 나머지 공간은 거대한 열기 순환 플레넘이 됩니다. 냉기 통로를 차폐함으로써 데이터 센터 내부의 열기 흐름과 냉기 흐름이 분리됩니다. 이 차폐 방법을 사용할 경우 랙 줄이 일관성 있는 열기 통로/냉기 통로 배열로 구성되어야 합니다.

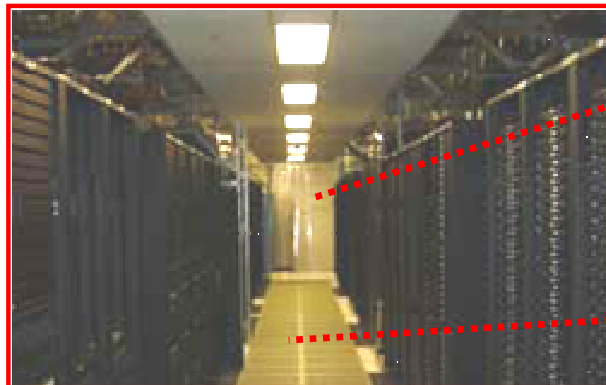
**그림 1**은 주변 냉각 장치와 이중 바닥이 설치된 데이터 센터의 기본적인 냉기 차폐 원리를 보여줍니다. 이러한 유형의 데이터 센터에 CACS를 구축하는 작업은 냉기 통로의 상부와 끝을 밀폐하여 수행되며, 이는 대부분의 기존 데이터 센터에 편리한 방법입니다. 이에 대한 자세한 내용은 백서 153, *기존 데이터 센터에 열기 및 냉기 차폐 구현*을 참조하십시오.

데이터 센터 운영자가 다양한 유형의 플라스틱 커튼 소재를 천장에 매달아 냉기 통로를 밀폐하는 사용자 정의 솔루션이 구현되기도 합니다(**그림 2**). 일부 공급업체에서는 장비실의 더운 공기 순환과 냉기 통로를 분리하기 위해 인접한 랙에 장착하는 천장 패널과 엔드 도어를 공급합니다.

**그림 1**  
 CACS(장비실 기반 냉각 전략으로 구현된 냉기 통로 차폐 시스템)



**그림 2**  
 사용자 정의("homegrown") 냉기 통로 차폐 시스템의 예



냉기 통로 끝부분 천장에 달린 플라스틱 커튼

냉기 분배를 위한 유공 타일이 설치된 이중 바닥

<sup>4</sup> 고정 손실(무부하 손실, 단락 손실 또는 영점(Tare) 손실이라고도 함)은 부하와 상관없이 일정한 손실입니다. 속도가 일정한 공기 조절 장치 팬은 부하와 상관없이 항상 같은 속도로 돌아가기 때문에 고정 손실의 일례입니다.

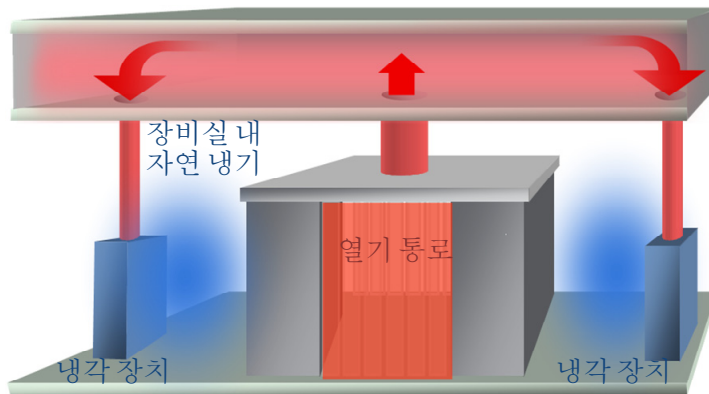
## 열기 통로 차폐

HACS(열기 통로 차폐 시스템)는 열기 통로를 밀폐하여 IT 장비의 뜨거운 배기를 가두므로 장비실의 나머지 공간은 대형 냉기 공급 플레넘이 됩니다. 열기 통로를 차폐함으로써 데이터 센터 내부의 열기 흐름과 냉기 흐름이 분리됩니다. 이 차폐 방법을 사용할 경우 랙 줄이 일관성 있는 열기 통로/냉기 통로 배열로 구성되어야 합니다. **그림 3**은 HACS의 기본 원리를 보여 줍니다. HACS 예에서는 **그림 4**와 같이 독립적인 구역으로 운영되는 줄 기반의 냉각 장치를 사용합니다.

또는 HACS에서 CRAH(컴퓨터실 공기 처리 장치)나 전체 열기 통로에 대해 설치된 큰 굴뚝을 사용하는 대형 원격 공기 조절 장치로 배기될 수 있습니다(**그림 5**). 이 HACS 옵션의 주요 장점은 기존 절약 모드를 사용할 수 있다는 것입니다. 이 유형의 HACS 설계는 공기 절약 모드를 통해 효율성이 향상되기 때문에 대규모 용도의 데이터 센터에 적합합니다. 이러한 시스템은 대량의 공기를 효율적으로 처리하기 위해 대형 가공 공기 플레넘 및/또는 주문 제작 구조가 필요할 수 있습니다. 따라서 이 HACS 옵션은 신규 설계나 매우 큰 데이터 센터에 적합합니다. 여기서 언급하는 HACS 옵션은 CACS에서도 사용할 수 있지만 본 백서에서는 HACS의 에너지 절약이 월등함을 보여 드립니다.

**그림 3**

줄 기반 냉각으로 구현된 HACS(열기 통로 차폐 시스템)



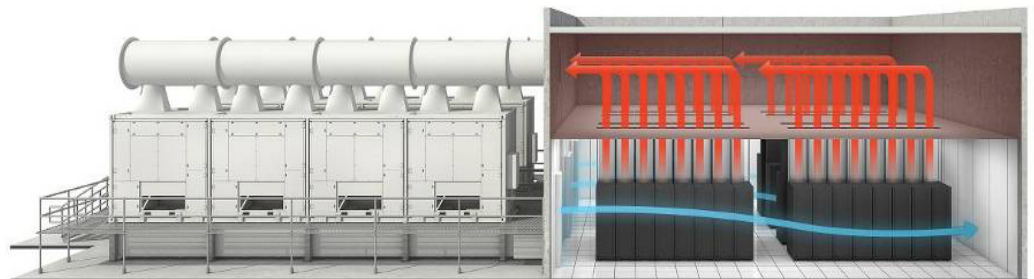
**그림 4**

독립적인 구역으로 운영되는 HACS(열기 통로 차폐 시스템)의 예



**그림 5**

원격 공기 조절 장치로 배기되는 HACS(열기 통로 차폐 시스템)



## 작업 환경에 대한 차폐의 효과

차폐 시스템의 유형과 상관없이 사람들은 데이터 센터 내에서 업무를 수행해야 합니다. 이러한 비차폐 영역을 적정 온도로 유지하여 WBGT(습구 흑구 온도) 초과에 대해 OSHA 규정 또는 ISO 7243 지침을 위반하지 않도록 해야 합니다<sup>5</sup>. 비차폐 영역의 다음과 같은 차이에 대해 알아 두십시오.

- 냉기 통로 차폐를 사용하면 비차폐 영역이 열기 통로와 동일한 온도가 됩니다. 그림 6에서 빨간색으로 표시된 부분을 참조하십시오.
- 열기 통로 차폐를 사용하면 비통제 영역이 냉기 통로와 동일한 온도가 됩니다. 그림 6에서 파란색으로 표시된 부분을 참조하십시오.

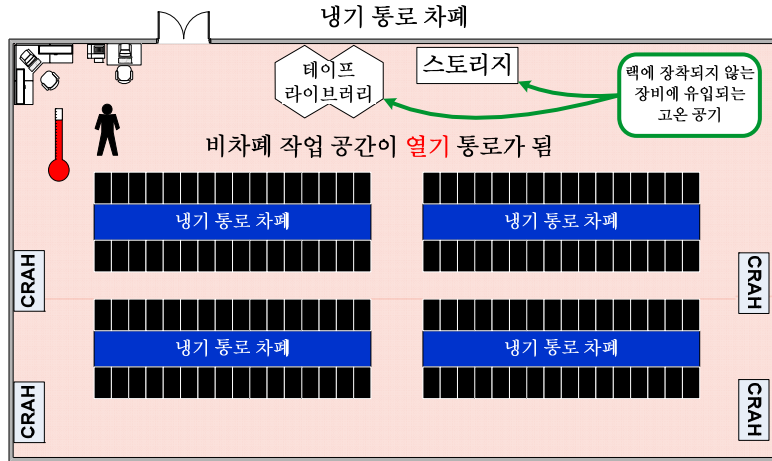
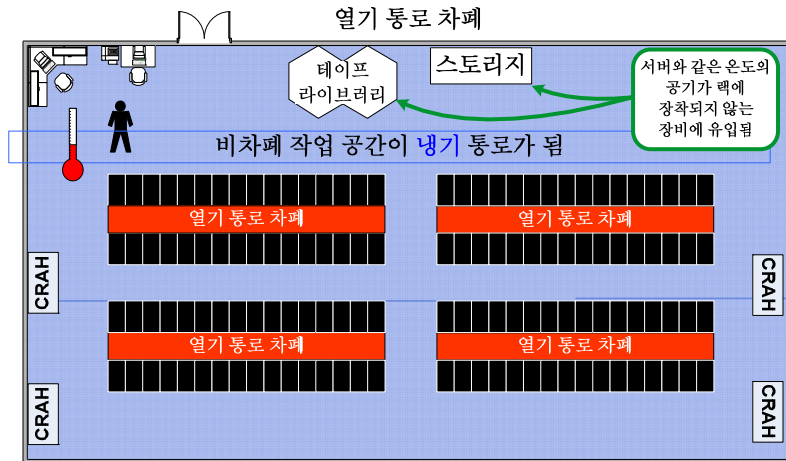


그림 6

냉기 통로 및 열기 통로 차폐에서 비차폐 작업 환경



### 관련 자료 백서 123

밀도 및 온도가 높은 통로가 IT 담당자 작업 조건에 미치는 영향

CACS에서 열기 통로의 고온은 비차폐 영역의 온도를 동일한 온도로 올리므로 데이터 센터에서 하루 종일 근무하는 IT 직원들에게 문제가 될 수 있습니다. HACS에서는 열기 통로의 고온이 열기 통로에만 간헐적이기 때문에 비차폐 영역에서 근무하는 IT 직원들에게 영향을 주지 않습니다.

<sup>5</sup> OSHA(Occupational Safety & Health Administration) 테크니컬 매뉴얼 III절, 4장 ISO(International Organization for Standardization) 7243, "열 환경 - WBGT 지수에 따른 근로자의 열 스트레스 추정"

> WBGT

"습구 흑구 온도"(WBGT)는 직원 작업 환경의 열 스트레스를 측정하는 지수입니다.

$$WBGT = 0.7 \cdot NWB + 0.3 \cdot GT$$

NWB는 자연 습구 온도이고 GT는 흑구 온도입니다.

NWB는 온도계 수은구에 물에 적신 심지를 올려 놓고 측정하는 것입니다. 증발은 건구 온도에 비해하여 온도를 감소시키며 작업자가 땀을 흘려 쉽게 열을 소멸할 수 있음을 직접적으로 나타냅니다. 데이터 센터에서 건구 온도는 정확성의 차이 없이 GT 대신 사용할 수 있습니다. "건구"는 일반 아날로그 또는 디지털 온도계로 측정된 온도를 말합니다.

최대 OSHA WBGT:

지속 작업: 30°C/86°F  
25% 작업 75% 휴식: 32°C/90°F

IT 직원이 HACS의 열기 통로에서 작업을 수행해야 할 경우 열기 통로의 고온은 열기 통로를 열어 냉기가 들어올 때 일시적으로 완화됩니다. 또한 열기 통로를 폐쇄해 놓더라도 1) CACS에서처럼 직원이 고온 환경(열기 통로)에 계속 노출되는 것이 아니고, 2) 대부분의 일상 작업이 IT 랙의 앞에서 이루어지기 때문에 작업 환경 규정을 위반하지 않습니다. 따라서 1번 이유에 따라 OSHA는 최대 32.2°C/90°F의 WBGT<sup>6</sup>를 감안한 HACS 열기 통로에서 25% 작업/75% 휴식의 작업/근로 요법을 고려합니다. 즉, HACS 열기 통로 온도가 47°C/117°F까지 높아져도 됩니다. HACS에서는 보다 효율적으로 작동하는 CRAH 장치를 사용할 수 있기 때문에 HACS에서 보다 높은 열기 통로 온도가 허용되는 점은 HACS와 CACS 간의 주요 차이점입니다.

작업 환경 조건에 대한 자세한 내용은 백서 123, *필도 및 온도가 높은 통로가 IT 담당자 작업 조건에 미치는 영향*을 참조하십시오.

작업자 편의뿐 아니라 IT 장비의 안정적인 작동도 중요합니다. 2011 버전의 ASHRAE 표준 TC9.9에서 권장하는 서버 유입 온도 범위는 18-27°C/64.4-80.6°F입니다. CACS에서 비차폐 영역의 온도는 27°C/80°F 이상이 될 수 있으며 고밀도 IT 장비의 경우 38°C/100°F 이상이 될 수 있습니다. 따라서 데이터 센터 출입자들은 이렇게 더운 공간에 들어서면 놀라게 되고 사실상 돌아다니기가 힘들어집니다. CACS에서는 상대적으로 덥게 느껴지는 것이 "정상"이며 시스템 장애의 징후가 아님을 이해하도록 사람들의 기대 수준을 조정할 필요가 있습니다. 상대적으로 높은 데이터 센터 온도에 익숙하지 않은 작업자에게는 이러한 문화적 변화가 쉽지 않을 수 있습니다.

또한 더 높은 온도로 데이터 센터를 운영할 경우 랙에 장착되지 않는 IT 장비에 대한 특별한 조치가 필요합니다. CACS에서는 이러한 장비에 자체 덕트를 장착하여 차폐된 냉기 통로에서 냉기를 가져올 수 있도록 해야 합니다. 열기 통로에 유공 타일을 부착하면 이 장비를 냉각하는 데 도움이 되지만 차폐 효과가 감소합니다. 또한 전기 콘센트, 조명, 화재 진압 장치 및 기타 실내 시스템도 높은 온도에서 작동 가능한지 평가해야 합니다.

## CACS 및 HACS 분석

최적의 성능을 보여 주기 위해 열기나 냉기 누출이 없는 CACS와 HACS에 대해 이론적인 분석이 수행되었습니다. 이중 바닥 누출은 일반적으로 25-50%인 반면 차폐 시스템 누출은 일반적으로 3-10%입니다. 이 분석에 사용된 가정은 부록에 나와 있습니다. 절약 모드 시간과 계산된 PUE는 절약 시간 모델 및 데이터 센터 PUE 모델을 각각 사용하여 예측했습니다. 절약 모드를 사용하는 기존의 비차폐형 데이터 센터도 분석하여 CACS와 HACS의 영향을 비교하기 위한 기준으로 사용합니다. CACS와 HACS 데이터 센터는 모두 다음 두 가지 온도 시나리오를 사용하여 분석했습니다.

1. IT 유입 온도가 최대 ASHRAE 권장 유입 온도인 27°C/80.6°F로 유지됨
  - a. CACS에 중요 - 비차폐 영역(열기 통로)에 랙에 장착되지 않는 IT 장비와 작업자 편의에 영향을 주는 온도 제한을 두지 않음
  - b. HACS에 중요 - 비차폐 영역(냉기 통로)의 온도가 IT 유입 온도와 동일하게 제한됨
2. 비차폐 영역의 온도가 작업자 편의를 위한 표준 실내 설계 온도<sup>7</sup>인 24°C/75°F로 유지됨
  - a. CACS에 중요 - 비차폐 영역(열기 통로)의 온도를 유지하기 위해 IT 유입 공기 온도가 상당히 낮아짐
  - b. HACS에 중요 - IT 유입 온도가 비차폐 영역(냉기 통로)의 온도와 동일하게 제한됨

표 1은 다음 매개 변수를 사용하여 분석한 결과를 요약하여 보여 줍니다.

<sup>6</sup> WBGT(습구 흑구 온도)는 열 스트레스의 척도이며 작업 환경의 상대 습도의 영향을 많이 받습니다. 최고 열기 통로 온도 47°C/117°F는 냉기 통로 상대 습도 45%를 전제로 합니다.

<sup>7</sup> 미국냉난방공조학회(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), 2001 ASHRAE Fundamentals Handbook, 28.5페이지

- IT 유입 공기 건구 온도
- 비차폐 영역 - DB(건구 온도)와 WBGT(습구 흑구 온도)
- 절약 모드시간 - 냉각기가 작동하지 않은 시간(연간)
- 초당 입방미터(m<sup>3</sup>/s) 또는 분당 입방피트(CFM) - CRAH 장치에서 공급한 총 기류 (전체 IT 장비실 기류에 대한 비율)
- PUE - 데이터 센터 산업 표준 효율성 측정 기준

표의 첫 줄에는 비교를 위해 비차폐 데이터 센터의 기준값이 나와 있습니다.

**표 1**

CACS 와 HACS 에서 비차폐 영역 온도 제어의 영향

차폐 유형	IT 유입 공기	비차폐 영역 DB WBGT		절약 모드 시간	m <sup>3</sup> /s CFM <sup>8</sup>	PUE	설명
기존 비차폐	13-27°C 56-81°F	24°C 75°F	17°C 63°F	2,814	149%	1.82	49%의 냉기 및 20%의 열기가 누출되는 기준치 <sup>9</sup>
시나리오 #1: IT 유입 공기 온도가 27°C/80.6°F로 유지됨							
CACS 최대 ASHRAE IT 유입 온도, 비차폐 영역 온도 제한 없음	27°C 81°F	41°C 106°F	27°C 81°F	6,218	100%	1.65	WBGT가 OSHA 최대 규정보다 3°C/5°F 정도만 낮습니다. 냉각기 전력 소비가 37% 절감됩니다. 절감 원인은 IT 장비실 급기 온도가 증가하여 CW 급기 온도가 증가했기 때문입니다.
HACS 최대 ASHRAE IT 유입 온도, 비차폐 영역 온도 제한 없음	27°C 81°F	27°C 81°F	21°C 69°F	6,218	100%	1.65	WBGT가 OSHA 최대 규정보다 8°C/14°F 정도만 낮습니다. CW 급기 온도가 높아져서 냉각기 전력 소비가 37% 절감됩니다. *열기 통로 온도는 41°C/106°F입니다.
시나리오 #2: 비차폐 영역의 온도가 24°C/75°F로 유지됨							
CACS 최대 비차폐 영역 온도 24°C/75°F	10°C 50°F	24°C 75°F	15°C 59°F	0	100%	1.98	허용되는 작업 환경이지만 일반 데이터 센터보다 효율성이 나쁘며 ASHRAE 최소 IT 유입 공기 온도인 18°C/64.4°F를 벗어납니다. 냉각기 전력 소비가 15% 증가합니다. 증가 원인은 IT 장비실 급기 온도가 감소하여 CW 급기 온도가 감소했기 때문입니다.
HACS 최대 비차폐 영역 온도 24°C/75°F	24°C 75°F	24°C 75°F	18°C 65°F	5,319	100%	1.69	효율성 최고, OSHA 준수, ASHRAE 준수. CW 급기 온도가 높아져서 냉각기 전력 소비가 28% 절감됩니다. *열기 통로 온도는 38°C/100°F입니다.

<sup>8</sup> 총 기류(IT 기류 비율(%)로 명시)

<sup>9</sup> 열기 누출은 서버에서 배출되는 열기가 이중 바닥 공급 공기와 혼합될 경우 발생하며 서버 유입 온도를 높입니다. 냉기 누출은 이중 바닥의 틈/빈 공간에서 나온 냉기가 순환되는 공기와 혼합될 경우 발생하며 순환 온도를 낮추고 냉각 장치의 효율성을 저하시킵니다.

## 시나리오 #1 결과

이 시나리오에서 CACS와 HACS는 모두 6,218시간의 절약 시간 모드와 1.65의 PUE를 제공합니다. 이는 작업자 안전 및 랙에 장착되지 않는 IT 장비를 무시할 경우 CACS와 HACS 효율성이 동일함을 보여 줍니다. 하지만 CACS에서 비차폐 영역의 온도는 상대 습도 20%에서 41°C/106°F이고 이는 WBGT 27°C/81°F(최대 OSHA WBGT 한도인 30°C/86°F에 근접)와 동일합니다. 이것은 IT 작업자와 랙에 장착되지 않은 IT 장비에 비현실적인 작업 환경입니다. 실제로 이렇게 온도가 높으면 비차폐 영역으로 냉기가 누출됩니다. 누출의 영향은 본 백서 뒷부분의 "이론적 분석에서 공기 누출의 영향" 단원에서 설명합니다.

## 시나리오 #2 결과

이 시나리오에서는 비차폐 영역 온도가 24°C/75°F로 유지되어 CACS의 연간 절약 모드 시간이 0시간이고 PUE는 시나리오 #1과 비교하여 20% 효율성이 떨어집니다. IT 유입 온도는 10°C/50°F가 됩니다. HACS 효율성은 연간 절약 모드 시간 5,319시간, PUE 1.69로 감소합니다. 시나리오 #2에서 CACS와 HACS는 모두 허용되는 작업 환경과 IT 유입 온도를 제공합니다. 이 두 경우를 비교하면 HACS가 절약 모드 시간을 5,319시간 더 많이 제공하고, 15% 향상된 PUE를 제공합니다.

**표 2**는 시나리오 #2에서 CACS와 HACS의 에너지 소비를 분석하고 계산합니다. 에너지 비용은 IT, 전력, 냉각 및 총 데이터 센터 에너지 소비별로 분석했습니다.

- IT 에너지에는 모든 IT 장비가 포함되며 이 분석에서 이러한 장비는 700kW를 유지합니다.
- "전력 에너지"에는 개폐기, 발전기, UPS, 기본 및 주요 보조 장치, UPS, 조명 및 주요 배전의 손실이 포함됩니다
- "냉각 에너지"에는 냉각기, 냉각탑, 냉각수 펌프, 콘덴서 펌프 및 주변 CRAH 장치로부터의 손실이 포함됩니다.
- 총 에너지는 IT, 전력 및 냉각 에너지의 합계이며 PUE과 직결됩니다.

**표 2**

최대 24°C/75°F의 비차폐 영역 온도에서 CACS와 HACS의 비용 분석

	IT 에너지	전력 에너지	냉각 에너지	총 에너지	PUE
CACS	\$735,840	\$213,846	\$509,354	\$1,459,040	1.98
HACS	\$735,840	\$211,867	\$292,503	\$1,240,209	1.69
절감률(%)	0%	1%	43%	15%	15%

일반 데이터 센터에서 50% 부하의 IT 에너지는 에너지 비용의 가장 큰 부분을 차지하며 그 다음은 냉각 시스템 에너지 비용입니다. CACS와 비교할 때 동일한 24°C/75°F의 비차폐 영역 온도에서 HACS는 냉각 시스템 에너지를 43% 적게 소비합니다. 이러한 절감의 주 원인은 그림 7에 나와 있듯이 냉각기가 꺼질 때의 절약 모드 시간으로 인한 것입니다. 이 작업 환경 온도에서 CACS는 낮은 냉각수 공급 온도로 인해 절약 모드 시간의 혜택을 받지 못합니다. 전력 시스템 에너지의 작은 차이는 CACS에서 냉각기 작동 추가 시간으로 인해 개폐기의 전력 소비가 증가했기 때문입니다.

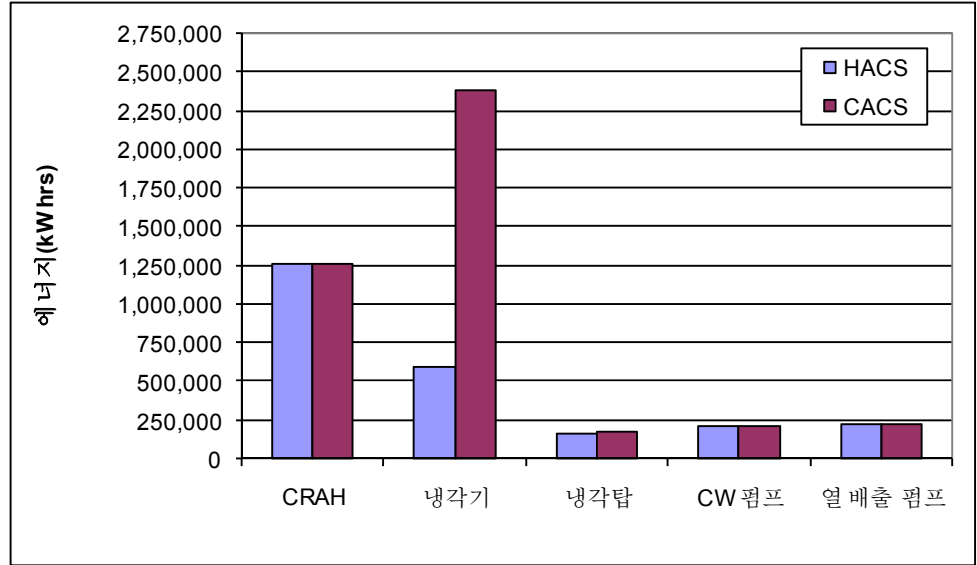
기존의 비차폐형 기준치와 비교할 때 CACS는 냉각 시스템 에너지를 30% 더 소비하고, 총 데이터 센터 에너지를 9% 더 소비합니다. 기존의 비차폐형 기준치와 비교할 때 HACS는 냉각 시스템 에너지를 25% 적게 소비하고, 총 데이터 센터 에너지를 7% 적게 소비합니다.



이 분석을 통해 실제 작업 환경 온도 제약 및 온도 기후에서 열기 통로 차폐는 냉기 통로 차폐에 비해 상당히 높은 절약 모드 시간과 낮은 PUE를 제공하는 것을 알 수 있습니다. 이 결과는 냉각 장치 유형이나 사용된 열 배출 방법과는 상관이 없는 것으로 나타났습니다(즉, 주변 시스템과 줄기반 시스템, 냉각수와 직접 팽창).

그림 7

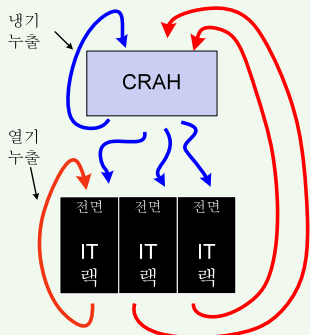
연간 냉각 시스템 에너지 소비 분석



> 열기 및 냉기 누출

IT 장비에서 방출되는 대부분의 열기는 CRAH 로 돌아가서 냉각됩니다. IT 장비의 배기가 IT 장비 흡입구로 다시 돌아가서 냉각 유입 공기와 혼합될 경우 열기 누출이 발생합니다.

냉기 누출은 CRAH 에서 공급하는 냉각 공기가 IT 장비로 유입되기도 전에 CRAH 로 돌아오는 뜨거운 공기와 혼합될 경우 발생합니다.



이론적 분석에서 공기 누출의 영향

위의 분석은 CACS와 HACS가 완전히 밀폐되어 열기와 냉기 흐름 간에 누출이 없는 상태를 전제로 합니다. 이론상의 이 가정은 CRAH의 최대 효율성을 계산하고 CACS와 HACS를 정확하게 비교하기 위한 것입니다. 실제로는 CACS나 HACS에서 항상 냉기 누출이 있으며 이로 인해 CRAH 팬 기류가 IT 장비 기류보다 세야 합니다. 이는 다양한 속도의 팬이 장착된 CRAH 장치를 사용할 경우에도 마찬가지입니다. 기류의 균형은 IT 장비 기류에, 이중 바닥과 같은 차폐 시스템의 공기 누출 비율을 더한 값이어야 합니다. 예를 들어 CRAH 장치가 47m<sup>3</sup>/s(100,000CFM)의 공기를 공급하고 IT 장비에서 38m<sup>3</sup>/s(80,000CFM)의 공기를 소비할 경우 나머지 9m<sup>3</sup>/s(20,000CFM)는 CRAH 장치로 돌아가야 합니다.

IT 장비를 냉각하는 데 사용되지 않은 공기는 에너지 낭비를 나타냅니다. 이렇게 낭비된 에너지에는 1) 공기를 이동하는 데 사용된 팬 에너지와 2) CRAH 코일을 통해 냉각수를 이동하는 데 사용된 펌프 에너지의 두 가지 형태가 있습니다. 또한 열기와 냉기가 혼합되면 CRAH의 처리 용량이 줄어듭니다. 공기가 많이 혼합될수록 CRAH 장치는 동일한 양의 열을 제거하면서 적절한 IT 유입 공기 온도를 유지해야 합니다.

공기 누출의 영향을 이해하기 위해 다양한 공기 누출 비율을 사용하여 위의 분석을 반복했습니다. 추가 CRAH 장치에 필요한 팬 에너지가 증가했기 때문에 CACS의 에너지 소비는 HACS보다 많았습니다. 이렇게 되는 이유는 HACS보다 CACS에서 냉각 공기가 열기 통로에 더 많이 혼합되기 때문입니다. HACS의 열기 통로는 각 랙의 케이블 차단기에서의 누출에 의해서만 영향을 받는 반면, CACS의 열기 통로는 랙의 케이블 차단기, 데이터 센터 주변기기의 차단기 및 PDU 아래의 차단기의 영향을 받습니다. 이는 HACS와 비교할 때 약 50% 더 냉각 공기 누출이 발생하는 것으로 나타납니다. CACS와 비교하여 HACS의 냉각 에너지 절감률은 거의 동일하게 유지되었습니다(냉각 시스템 절감률 43%, 총 에너지 절감률 15%).



관련 자료  
백서 153

기존 데이터 센터에 열기 및 냉기 차폐 구현

### CACS와 HACS 비교 요약

표 4는 본 백서에서 설명한 특성을 바탕으로 CACS와 HACS를 요약하여 보여 줍니다. 연두색으로 표시된 셀은 해당 특성을 고려할 경우 최선의 선택임을 나타냅니다.

### 표 3

냉기 통로 차폐와 열기 통로 차폐 비교 요약

특성	CACS	HACS	설명
작업 환경 온도를 <b>24°C/75°F</b> (표준 실내 설계 온도)로 설정할 수 있음	아니요	예	HACS를 사용하면, 작업 환경 온도를 24°C/75°F로 유지하면서 냉각 설정 포인트를 더 높게 지정할 수 있으므로 절약 모드 시간이 증가합니다. CACS에서 냉각 설정 포인트를 높이면 데이터 센터 온도가 상승하여 쾌적하지 않은 환경이 됩니다. 따라서 데이터 센터에 들어가면 덥고 불편하게 느껴집니다.
절약 모드 시간 최대 활용	아니요	예	CACS를 사용할 경우 열기 통로(작업 환경)의 최대 작업 환경 온도와 랙에 장착되지 않은 IT 장비의 온도 제한으로 인해 절약 모드 시간이 한정됩니다.
랙에 장착되지 않는 장비에 대한 허용 온도	아니요	예	CACS에서는 냉기 통로가 차폐되므로 데이터 센터의 나머지 공간에서 온도가 상승할 수 있습니다. 차폐 영역 밖의 주변 IT 장비(테이프 라이브러리 등)가 상승된 온도에서 작동 가능한지 검사해야 합니다. 냉기 누출이 감소되면 IT 장비가 과열될 위험이 높아집니다.
장비실 냉각 구축 용이성	예	아니요	CACS는 실내에서 순환되는 더운 공기를 끌어오는, 만액식(flooded return) 냉각 시스템을 사용하는 이중 바닥 데이터 센터를 개조할 때 선호됩니다. 줄 기반 냉각이 아니거나 보조 천장이 없는 환경에서 HACS를 사용할 경우 특수 순환 덕트가 필요합니다. 이에 대한 자세한 내용은 백서 153, <i>기존 데이터 센터에 열기 및 냉기 차폐 구현</i> 을 참조하십시오.
새 데이터 센터 설계	아니요	예	CACS를 사용하든 HACS를 사용하든 간에 새 데이터 센터를 구축하는 비용은 거의 비슷합니다. 새 데이터 센터에 HACS를 사용하면 전반적인 효율성과 작업 환경이 향상되고 운영 비용이 절감됩니다.

## 화재 진압 관련 고려 사항

데이터 센터의 위치에 따라, HACS 또는 CACS의 차폐 영역 내부에 화재 감지 및/또는 화재 진압 장치가 필요할 수 있습니다. 일반적으로 기본 화재 진압 장치는 열에 의해 작동하는 스프링클러입니다. 연기 감지 장치로 작동하는 가스성 소화제가 보조 시스템으로 쓰입니다. 미국 화재 방호 협회(NFPA)의 표준인 NFPA 75에서는 HACS 또는 CACS에서 스프링클러나 가스성 소화제를 사용할 것인지 여부에 대한 규정이 없습니다. 그러나 NFPA 75에서는 CACS와 HACS에 모두 적용되는 다음 두 요구 사항이 기술되어 있습니다.

- "연소성 매체를 포함하고 총 저장 용량이 0.76m<sup>3</sup> 이상인 AISS(Automated Information Storage System) 장치는 각 장치 내부에 자동 스프링클러 시스템 또는 가스성 소화제 시스템(장거리 발사 가능)을 갖추고 보호해야 한다." 이는 데이터 센터 내 밀폐 공간에 대한 화재 감지 및 진압의 전제 조건이므로 중요합니다.
- "ITE 장비실이나 ITE 구역을 보호하는 자동 스프링클러 시스템은 NFPA 25, 수계 소화 시스템의 검사, 테스트 및 유지 관리 표준(Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems)에 따라 유지 관리해야 한다."

실제로 다양한 사이트에서 HACS와 CACS는 스프링클러 및 가스성 소화제 진압 시스템과 함께 성공적으로 설치되고 승인된 바 있습니다. APC 애플리케이션 노트 159는 열기 통로 차폐 환경에 화재 진압 시스템을 구축하기 위한 일반적인 실천 방안과 과제에 대한 자세한 설명을 제공합니다. 특정 지역의 구체적인 요구 사항은 AHJ에 문의하십시오.

## 결론

플레넘(이중 바닥 또는 보조 천장)은 공기 분배용으로 적합한 평가를 받아야 합니다. 효율적인 데이터 센터 냉각 전략에서는 열기와 냉기의 혼합을 막는 것이 관건입니다. HACS와 CACS는 모두 기존 냉각 방식에 비해 우수한 전력 밀도와 효율성을 제공합니다. HACS(열기 통로 차폐 시스템)는 CACS(냉기 통로 차폐 시스템)보다 효율적입니다. 그 이유는 열기 통로 온도와 냉각수 온도가 상대적으로 높아도 되기 때문에 절약 모드 시간이 늘어나고 전기 요금이 상당히 절약되기 때문입니다. 데이터 센터의 비차폐 영역에서 쾌적한 작업 환경을 유지하면서 냉각 설정 포인트를 더 높게 지정할 수 있습니다.

본 백서의 분석에 따르면 HACS는 CACS에 비해 연간 냉각 에너지 비용을 43% 절약할 수 있으며 이에 따라 연간 PUE가 15% 감소됩니다. 결론적으로 모든 새로운 데이터 설계에서는 HACS를 기본 차폐 전략으로 사용하도록 해야 합니다. 처음에 차폐가 필요하지 않을 경우 새 데이터 센터 설계에 향후 HACS 구현을 위한 대비를 포함해야 합니다. 주변 냉각 장치 배치를 사용하는 기존의 이중 바닥 데이터 센터의 경우 CACS를 구현하는 것이 더 쉽고 비용이 적게 들 수도 있습니다. 이에 대한 자세한 내용은 백서 153, *기존 데이터 센터에 열기 및 냉기 차폐 구현을 참조하십시오.*

## 저자 소개

**John Niemann**은 Schneider Electric에서 줄 및 소형 시스템 냉각 제품군 관리자로 재직 중이며 이 제품군의 계획, 지원 및 마케팅을 담당하고 있습니다. 2004년부터 APC의 모든 InRow™ 냉각 제품의 제품 관리를 총괄한 후로 HVAC 분야에서 12년간 일해 왔으며, 상용 및 산업용 HVAC 시장에서 맞춤형 공기 조절 및 냉각 시스템 전문가로 경력을 시작했으며, 주요 환경의 에너지 재생 및 여과 분야에서 전문 역량을 쌓았습니다. John은 HVAC 애플리케이션 엔지니어링, 개발, 제품 관리 및 기술 영업 등 다양한 분야의 경험을 갖추고 있습니다. 그는 ASHRAE 및 Green Grid 회원으로 활동 중이며, 미국 미주리 세인트루이스의 워싱턴 대학에서 기계공학 학위를 받았습니다.

**Kevin Brown**은 at Schneider Electric에서 데이터 센터 솔루션 제공 및 전략 부문의 부사장을 맡고 있으며, 코넬 대학에서 기계공학 학사 학위를 받았습니다. 그 전에는 HVAC 업계의 에너지 회수 환기 제품 및 컴포넌트 제조사인 Airxchange의 시장 개발 부문 이사로 재직했었습니다. Airxchange에서 일하기 전부터 Schneider Electric의 소프트웨어 개발 그룹 이사를 포함하여 많은 임원직을 역임한 바 있습니다.

**Victor Avelar**는 Schneider Electric Data Center Science Center의 선임 리서치 애널리스트입니다. 데이터 센터 및 운영 리서치를 담당하며, 데이터 센터 환경의 가용성과 효율성을 최적화하기 위한 설계 방안 및 위험 평가를 위해 고객에게 컨설팅 서비스를 제공하고 있습니다. 펜셀러 폴리테크닉 대학에서 기계공학 학사 학위를, 밥슨 컬리지에서 MAB 학위를 받았으며, AFCOM 및 미국품질관리학회(American Society for Quality)의 회원입니다.

## 감사

이 백서를 저술한 **John Niemann, Kevin Brown 및 Victor Avelar**의 노고에 감사드립니다



소스에 접속하기 위해서는  
아이콘을 클릭하세요.



밀도 및 온도가 높은 통로가 IT 담당자 작업 조건에 미치는 영향

백서 123



기존 데이터 센터에 열기 및 냉기 차폐 구현

백서 153



모든 백서  
검색

[whitepapers.apc.com](http://whitepapers.apc.com)



TradeOff Tools™

검색

[tools.apc.com](http://tools.apc.com)

## 연락처

본 백서의 내용에 관한 피드백과 의견이 있으시면

데이터센터 과학 센터

[DCSC@Schneider-Electric.com](mailto:DCSC@Schneider-Electric.com)

데이터 센터 프로젝트에 관한 개별 문의사항이 있는 고객은

슈나이더 일렉트릭 담당자에게 연락하십시오

[www.apc.com/support/contact/index.cfm](http://www.apc.com/support/contact/index.cfm)

## 부록: 분석에 사용된 가정

HACS, CACS, 기존의 비차폐 이중 바닥 데이터 센터에 대한 분석에 다음과 같은 가정을 사용했습니다.

- 데이터 센터 크기: 11m x 22.6m x 3m(36ft x 74ft x 10ft)
- 데이터 센터 처리 용량: 1,400kW(이중화 구성 없음)
- 위치: 미국, 일리노이 주, 시카고
- 평균 전기요금 \$0.12/kW 시간
- 총 IT 부하: 700kW
- 전력 밀도: 7kW/랙 평균
- IT 랙/캐비닛 수량: 100
- 61cm(24인치)이중 바닥의 주변 장치 냉각
- 서버에 대한 평균 온도 델타: 13.9°C/25°F
- 45% 상대 습도에서 서버 유입 공기
- 비차폐된 이중 바닥 냉기 누출: 40%
- 비차폐된 이중 바닥 열기 누출: 20%
- CACS를 사용하는 이중 바닥 냉기 누출: 0%
- HACS를 사용하는 이중 바닥 냉기 누출: 0%
- CRAH 코일 효율성: 0.619
- 절약 모드 열 교환률: 0.7
- 냉각수 delta-T 설계: 6.7°C/12°F
- 데이터 센터 전용 냉각기 플랜트
- 냉각기 COP: 50% 부하에서 5
- 냉각수 배분 플랜트 부하: 49-52%(상황에 따라 다름)
- 최소 냉각탑 냉각수 온도: 40°F/4.4°C(동결을 막기 위해 수반 히터에서 제한)
- 냉각탑 설계 범위: 5.6°C/10°F
- IT 장비 팬 속도 일정(팬 속도가 다양하면 IT 장비실 유입 온도가 설정된 임계값 이상으로 증가하므로 IT 전력 소비가 늘어남)
- 100% 감열 냉각(제습 및 가습이 필요하지 않음)