

# 열(Row) 및 랙 단위 냉각 아키텍처의 장점

Kevin Dunlap  
Neil Rasmussen

백서 #130

**APC**<sup>®</sup>

by Schneider Electric

## 개요

룸(room) 단위의 냉각은 차세대 데이터센터에는 맞지 않는 비효율적인 냉각 방식이다. 새롭게 출시되고 있는 최신 IT 장비는 밀도가 높고 가변적이기 때문에 기존의 룸 단위 냉각 방식으로는 냉각 요구사항을 결코 충족할 수 없으며 냉각 시스템의 비효율성, 예측 불가능성, 전력 밀도 저하 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제의 해결을 위해 열(row) 단위 및 랙 단위 냉각 아키텍처가 개발되었다. 이 글은 룸 단위, 열 단위, 랙 단위 냉각 아키텍처를 비교 분석하고, 열 단위 냉각 방식이 차세대 데이터센터에 가장 적합한 솔루션으로 부상하는 이유를 기술하고 있다.

## 서론

데이터센터의 IT 장비에 공급되는 전력으로 인해 불필요한 열이 발생하게 되는데, 과열 상태를 방지하기 위해서는 반드시 이를 제거해야 한다. 거의 모든 IT 장비에는 공기 냉각 방식이 적용되고 있다. 즉 각각의 IT 장비는 주변 공기를 흡입하여 불필요한 열을 배출하고 공기에 실어 대기 중에 방출한다. 데이터센터 하나에는 수천 개의 IT 장비가 있을 수 있으므로 결국 수천 곳에서 불필요한 열을 생성하고 이러한 뜨거운 공기들은 전산실 내부에서 순환하게 된다. 따라서 데이터센터 냉각공조 시스템의 역할은 이와 같은 복잡한 열 흐름을 효율적으로 포착하여 실외로 배출하는 데 있다.

룸 단위의 냉각은 데이터센터 냉각에 오랫동안 사용된 방식이다. 이 방식에서는 하나 이상의 냉각 시스템이 동시 병렬적으로 작동하여 데이터센터에 찬 공기를 투입하면서 더운 공기를 뽑아낸다. 그 기본 원리는 에어컨이 냉각 용량만을 제공하는 것이 아니라 대형 혼합기의 역할도 수행하여, 실내 공기를 지속적으로 뒤섞어 평균 온도를 비슷하게 맞춤으로써 일부 지점에 열점(hot spot)이 생기지 않도록 하는 것이다. 그러나 이 방식은 공기 혼합에 필요한 전력량이 데이터센터 전체의 전력 소비량 중에서 차지하는 비중이 적은 경우에만 효과적이다. 시뮬레이션 데이터와 경험적 연구에 따르면, 이 시스템은 데이터의 평균 전력 밀도가 랙당 약 1~2 kW, 즉 323~753W/m<sup>2</sup>(30~70W/ft<sup>2</sup>)인 경우에만 효과적이다. 하지만 유감스럽게도 최근 IT 장비의 최대 전력 밀도는 랙당 20kW를 넘고 있으며, 시뮬레이션 데이터와 경험적 연구에 따르면, 이러한 경우에 공기 혼합에 의존하는 룸 단위 냉각 방식은 더 이상 제 기능을 발휘하지 못하는 것으로 나타나고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 열(row) 단위 냉각 또는 랙 단위 냉각에 초점을 맞춘 새로운 냉각 설계 방식이 부상하고 있다. 이 방식에서는 냉각 시스템이 랙의 열(row) 또는 개별 랙에 특수한 방식으로 통합되는데, 이러한 구성에서는 예측성과 밀도, 효율성의 향상을 비롯해 여러 가지 장점이 있다. 이 글에서는 세 가지 냉각 방식을 비교 설명하고 있다. 이를 통해 각각의 방식이 각기 최적의 효율성을 갖는 적용 환경을 살펴보고, 아울러 전력 밀도가 높은 환경에서는 룸 단위 냉각 방식보다는 열 단위 냉각 방식이 일반적인 추세라는 점을 설명하고자 한다.

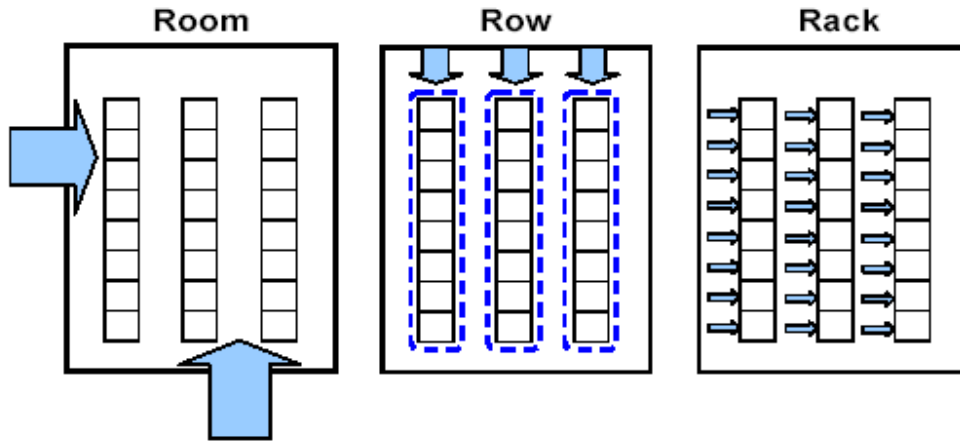
## 룸 단위, 열 단위 및 랙 단위 냉각 아키텍처

모든 데이터센터의 냉각 시스템의 핵심 기능은 두 가지로 요약할 수 있다. 즉, 대량의 냉각 용량을 제공하는 것과 IT 장비에 공기를 보급하는 것이다. 대량의 냉각 용량 보급이라는 첫 번째 기능은 모든 냉각 아키텍처에 동일한 기능이다. 즉, 냉각 시스템의 kW 단위 대량 냉각 용량은 IT 장비의 총 전력 부하(kW)를 처리할 수 있는 수준이어야 하는 것이다. 냉각 시스템의 설계 단위가 룸 단위, 열 단위 또는 랙 단위 중 어느 것이든 똑같이 이 기능을 제공한다. 냉각 아키텍처들의 주된 차이점은 두 번째 핵심 기능, 즉 부하 장비에 공기를 보급하는 방식에 있다. 전력 분배의 경우, 전력이 케이블을 통해 보급되므로 설계와 같은지 그 흐름을 명확하게 파악할 수 있다. 그러나 공기 흐름은 설계를 통해 완벽하게 통제할 수도 없고, 육안으로 확인할

수도 없으며, 설계 방식이 같더라도 설치된 환경에 따라 크게 차이가 나기 마련이다. 이러한 공기 흐름을 통제하는 것이 냉각 시스템 설계의 주된 목표다.

<그림 1>은 이들 세 가지 기본 아키텍처를 보여주고 있다. 그림에서 검은색 사각형들은 일렬로 배치된 랙을 나타내며, 파란색 화살표는 IT 랙의 부하 장비에 대한 냉각공조(CRAC) 장치의 관계를 나타내고 있다. CRAC의 실제 배치는 아키텍처에 따라 달라질 수 있다. 룸 단위 아키텍처의 경우, CRAC는 룸 전체를 단위로 관계하며, 열 단위 아키텍처에서는 열 또는 그룹을 단위로 관계하고, 랙 단위 구조에서는 개별 랙에 직접 관계한다.

<그림 1> 룸 단위, 열 단위, 랙 단위 냉각 아키텍처의 기본 개념을 보여주는 평면도. 파란색 화살표는 룸내에 작용하는 기본 냉각 공급 경로를 보여주고 있다.



이제 각 방식의 기본적인 작동 원리를 살펴보자.

## 룸 단위 아키텍처

룸 단위 아키텍처에서는 CRAC가 룸 전체를 대상으로 작동하며, 동시에 룸 내의 전체 열 부하 장비에 대해 작용한다. 룸 단위 아키텍처에서는 하나 이상의 에어컨이 찬 공기를 덕트(duct), 댐퍼(damper), 벤트(vent) 등을 통해 아무런 통제 과정 없이 공급한다. 한편 급기(supply air)나 배기(return air)를 이중마루 시스템 또는 오버헤드 리턴 플레넘(overhead return plenum)으로 부분적으로 통제하는 경우도 있다. 자세한 내용은 APC 백서 #55 “중요 시설을 위한 공기분배 아키텍처 옵션(Air Distribution Architecture Options for Mission Critical Facilities)”을 참조하기 바란다.

설계 방식에 따라 공기 흐름에 대한 관심도가 크게 달라진다. 룸내 여유공간이 적은 경우에는, 공기 흐름에 대한 특정한 통제 계획 없이 다수의 랙을 비계획적으로 배치하기도 한다. 이보다 규모가 더 크고 복잡한 곳에는, 공기 흐름의 방향을 유도하고 조정하여 핫 아일(hot isle)/콜드 아일(cold isle) 배치 공간에 공기를 분배하도록 이중마루 시스템이 이용될 수도 있다.

룸 단위 설계는 천장의 높이, 룸의 형태, 마루 위와 아래의 장애물, 랙 배치, CRAC 위치, IT 장비 사이의 전력 분배 등 각각의 룸(room)의 고유한 제약 조건에 큰 영향을 받는다. 따라서, 특히 전력 밀도가 높아질수록, 성능 예측성과 성능의 균일성이 매우 낮다. 따라서 특정 시설의 설계 성능을 파악하기 위해 CFD(computational fluid dynamics)라는 복잡한 컴퓨터 시뮬레이션을 필요로 할 수도 있다. 더욱이 IT 장비의 이동, 증설, 교체 등과 같은 변화가 있으면 기존 설계가 무용지물이 되므로 추가적인 분석과 테스트가 필수적이다. 특히, CRAC 이중화를 보증하려면 확인이 어려운 매우 복잡한 분석이 필요하게 된다.

룸 단위 아키텍처의 또 다른 심각한 단점은 CRAC의 정격 최대 용량을 활용할 수 없는 경우가 많다는 점이다. 이런 상황은 CRAC에서 나온 공기의 상당량이 IT 장비를 거치지 않고 곧바로 CRAC로 다시 돌아오는 경우에 발생하는데, 원인은 룸(room)의 설계가 적절하지 못하기 때문이다. 이와 같은 냉각 공기의 우회로 인해 CRAC의 공기 흐름이 장비의 냉각에 도움을 주지 못하게 되고, 결국 전체 냉각 용량의 감소로 이어지는 것이다. 따라서 기존 CRAC의 냉각 용량(kW)이 충분히 활용되지 못하고 있는데도, CRAC의 냉각 용량 증설이 필요해지는 모순적인 상황이 발생할 수 있는 것이다. APC 백서 #49, “데이터센터와 네트워크룸의 냉각 성능을 저해하는 오류(Avoidable Mistakes that Compromise Cooling Performance in Data Centers and Network Rooms)”에는 이러한 문제에 대해 좀더 자세히 설명되어 있다.

## 열 단위 아키텍처

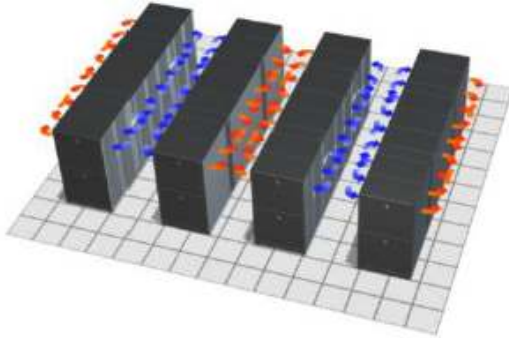
열 단위 아키텍처에서는 CRAC가 열과 관계되며 하나의 열을 전담하도록 설계된다. CRAC는 랙 사이 또는 천장이나 이중마루 아래에 설치할 수 있다. 룸 단위 아키텍처와 비교하면, 공기가 흐르는 통로가 더 짧고 더 정확하게 파악된다. 또한 공기 흐름을 더욱 쉽게 예측할 수 있고 CRAC의 정격 용량을 전부 활용할 수 있으며 전력 밀도를 더 높일 수 있다.

열 단위 아키텍처는 냉각 성능 외에도 여러 가지 부수적 장점을 갖는다. 공기 흐름이 짧아져 CRAC 팬에 필요한 전력량이 줄고 효율성이 향상된다. 장비가 그리 많지 않은 여러 데이터센터에서 CRAC 팬 구동에 사용되는 전력이 전체 IT 장비에 사용되는 전력량을 초과한다는 점을 감안하면 이것은 결코 사소한 효과가 아니다.

열 단위 설계에서는 특정 열의 실제 요구량에 맞게 냉각 용량과 이중화를 구현할 수 있다. 예를 들어, 열 단위 아키텍처에서는 전력 밀도에 따라 열 별로 관리 가능하다. 예를 들어, 블레이드 서버와 같은 고밀도 장비를 특정 열에 구축해 집중관리하고 다른 열에서는 통신 인클로저와 같이 전력 밀도가 낮은 장비를 운영할 수 있다. 또한 특정 열에 맞게 N+1 또는 2N 이중화 장비를 배치할 수 있다.

열 단위 아키텍처는 이중마루가 없는 곳에도 구현할 수 있다. 이 경우 바닥의 하중 강도(floor load bearing capacity)가 높아지고 설치 비용을 줄일 수 있으며 액세스 램프(access ramp)가 필요 없고, 이중마루를 설치할 만큼 천장이 높지 않은 건물에도 데이터센터를 설치할 수 있게 된다. 또한 열 단위 아키텍처는 1m 이상의 이중마루가 필요할 만큼 전력 밀도가 높은 시설에 특히 효과적이다. <그림 2a>와 <그림 2b>는 열 단위 냉각 방식을 보여주고 있다.

<그림 2a> 열 내부 냉각 방식



<그림 2b> 천장 냉각 방식



<그림 2a>의 열 내부 냉각 시스템은 더 높은 전력 밀도에 대응할 수 있도록 핫아일(hot-aisle) 차폐 시스템으로 구성할 수도 있다. 이 설계 방식에서는 공기 혼합의 여지가 없으므로 냉각 효과 예측 능력이 더욱 향상된다.

열 단위 아키텍처는 배치 형태가 단순하고 미리 결정할 수 있으므로, 제조업체가 냉각 효과를 완벽하게 예측하여 기술할 수 있으며 룸의 형태 또는 기타 제약 조건의 영향을 비교적 덜 받게 된다. 따라서, 특히 밀도가 랙당 5kW를 넘는 경우에, 설계 규격과 실제 구현이 모두 단순해진다. 전력 밀도 규격은 APC 백서 #120, “데이터센터의 전력 밀도 사양 정의를 위한 가이드라인(Guidelines for Specification of Data Center Power Density)”에 자세히 정의되어 있다

열 단위 아키텍처에서는 룸 단위 아키텍처보다 CRAC 장치가 더 많이 필요할 것처럼 보이지만 반드시 그러한 것은 아니며, 특히 전력 밀도가 높은 경우에는 효율적이다. 이에 대해서는 뒤에 보다 더 자세히 설명할 것이다.

## 랙 단위 아키텍처

랙 단위 아키텍처에서는 CRAC가 랙과 관계되며 하나의 랙을 전담하도록 설계된다. CRAC는 랙에 직접 장착하게 된다. 랙 단위 방식에서는 룸 단위 또는 열 단위 아키텍처에 비해 공기 흐름이 짧고 더 정확히 파악되므로 설치 환경의 차이 또는 실내의 제약 조건에 전혀 영향을 받지 않는다. CRAC의 정격 용량을 모두 활용할 수 있음은 물론, 전력 밀도도 가장 높다(랙당 50kW). <그림 3>은 랙 단위 냉각 방식을 보여주고 있다.

열 단위 냉각 방식과 마찬가지로 랙 단위 아키텍처는 극히 높은 전력 밀도에 대응할 수 있다는 점 외에도 또 다른 독보적인 특성을 갖고 있다. 우선, 공기 흐름이 짧아져 CRAC 팬에 필요한 전력량이 줄고 효율성이 더욱 향상된다. 앞서서도 이미 언급한 바와 같이, 장비가 그리 많지 않은 여러 데이터센터에서 CRAC 팬 구동에 사용되는 전력이 전체 IT 장비에 사용되는 전력량을 초과한다는 점을 감안하면 이것은 결코 사소한 효과가 아니다.

랙 단위 설계에서는 특정 랙의 실제 요구량에 맞게 냉각 용량과 이중화를 구현할 수 있다. 예를 들어 블레이드 서버와 통신 인클로저 등 전력 밀도가 각기 다른 경우에 맞추어 각각의 열을 구성할 수 있는 것이다.

또한 특정 랙에 맞게 N+1 또는 2N 이중화 장비를 배치할 수 있다. 반면, 열 단위 구조에서는 열 단위로만 이러한 배치가 가능하며 룸 단위 아키텍처에서는 룸 단위로만 가능하다.

**<그림 3> 랙 내부에서 완벽한 냉각이 구현되는 랙 단위 냉각 방식**



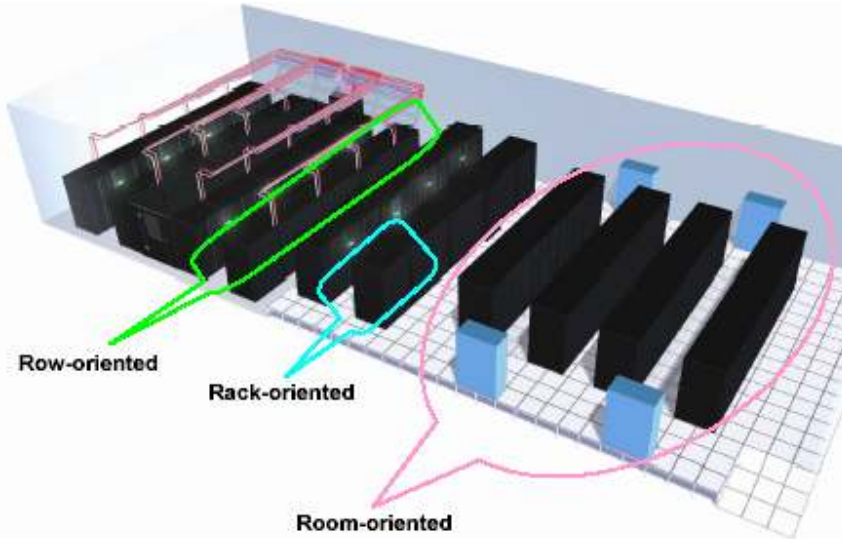
랙 단위 아키텍처는 배치 형태를 완전히 미리 결정할 수 있으므로, 제조업체가 냉각 효과를 완벽하게 예측하여 기술할 수 있으며 룸(room)의 형태 또는 기타 제약 조건의 영향을 전혀 받지 않는다. 따라서 전력 밀도 규격을 간단히 지정할 수 있으며 지정된 밀도의 구현을 위한 설계도 간단해진다. 전력 밀도 규격은 APC 백서 #120, “데이터센터의 전력 밀도 사양 정의를 위한 가이드라인 (Guidelines for Specification of Data Center Power Density)”에 자세히 정의되어 있다.

이 방식의 주된 단점은, 특히 전력 밀도가 낮은 경우에, 다른 방식에 비해 냉각 장치 및 관련 파이프 배선이 많이 필요하다는 데 있다. 이에 대해서는 뒤에 설명할 것이다.

## 혼합 아키텍처

룸 단위, 열 단위, 랙 단위 아키텍처는 함께 설치하여 사용해도 무방하다. 실제로 혼합 아키텍처가 유리한 경우가 많다. 특히 전력 밀도가 다양한 데이터센터의 경우 <그림 4>와 같이 세 가지 유형을 모두 혼합하여 적용하는 것이 유리할 수 있다.

<그림 4> 룸 단위, 열 단위, 랙 단위 아키텍처를 함께 적용한 시스템의 평면도



- 룸 단위: 실내 전체에 차가운 공기를 공급하지만 여러 혼합 장비 중 주로 통신 장비, 저밀도 서버, 스토리지 등과 같이 전력 밀도가 낮은 구역을 담당한다.  
냉각 대상: 랙당 1~3 kW, 323~861 W/m<sup>2</sup>(30~80 W/ft<sup>2</sup>)
- 열 단위: 블레이드 서버 또는 1U 서버가 있는 고밀도 또는 초고밀도 구역에 대한 쿨링
- 랙 단위: 따로 떨어져 있는 고밀도 랙 또는 초고밀도 랙에 대한 쿨링

열 및 랙 단위 아키텍처는 기존 저밀도의 룸 단위 아키텍처 설계 안에서 전력 밀도를 업그레이드하는 경우에도 효과적이다. 이 경우에는 기존 데이터센터의 소규모 랙 그룹에 열 또는 랙 단위 냉각 시스템을 장착한다. 열 또는 랙 단위 냉각 장비는 새로운 고밀도 랙을 열 전달 측면에서 효과적으로 분리시켜 기존의 룸 단위 냉각 시스템에 부담을 주지 않게 만든다. 따라서 기존의 룸 단위 냉각 시스템을 변경하지 않고도 기존 저밀도 데이터센터에 고밀도 장비를 추가할 수 있는 것이다. 이를 실제로 구축하면, 위의 <그림 4>와 같은 혼합 아키텍처로 나타난다.

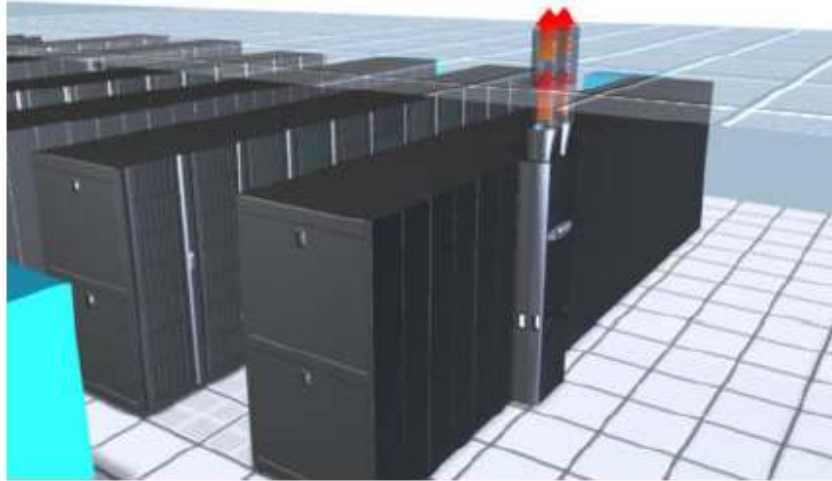
## 하이브리드

한편 지금까지 설명한 세 가지 아키텍처의 특징들을 함께 가지고 있지만, 그 어느 범주에 속하지도 않는 특징도 아울러 갖고 있는 냉각 기술들이 있다.

예를 들어, 덕트식 배기 송풍 시스템은 랙에서 배출된 더운 공기를 룸 단위 냉각 시스템으로 직접 전달하는 방식이다. 이 시스템은 랙 단위 냉각 시스템의 장점을 일부 갖고 있으며, 이미 설치되거나 계획된 룸 단위 냉각 시스템에 추가로 적용할 수 있다. <그림 5>는 이러한 냉각 방식을 보여주고 있다.



<그림 5> 랙에서 배출된 공기를 천장으로 전달



## 냉각 아키텍처의 장점 비교

신규 데이터센터 구축 또는 업그레이드에 맞는 냉각 아키텍처를 올바르게 선택하려면 각각의 냉각 아키텍처의 성능 특성을 실제 데이터센터의 설계와 운영에 영향을 미치는 문제들과 관련 지워 판단해야 한다. 데이터센터 관리자를 대상으로 한 설문 조사에 따르면 이러한 문제들은 다음과 같은 범주로 정리할 수 있다.

- 신속성
- 시스템 가용성
- 총소유비용(TCO)
- 서비스 용이성
- 관리 용이성

이 절에서는 이러한 문제들을 검토하고 각각의 냉각 아키텍처가 이를 어떻게 해결하는지 집중적으로 살펴보고자 한다. 가장 우선 순위가 높은 과제를 각 범주의 맨 위에 배치했으며 이 순서는 응답자들이 언급한 우선 순위와 언급 횟수에 따른 것이다.

## 신속성

<표 1>은 데이터센터 관리자들이 언급한 여러 가지 신속성 관련 과제들을 보여주고 있으며, 아울러 이에 대한 각 냉각 아키텍처의 효과가 요약되어 있다.

<표 1> 룸 단위, 열 단위, 랙 단위 냉각 아키텍처의 신속성 과제 해결 효과.  
(효과가 뛰어난 항목을 파란색으로 표시)

신속성 과제			
과제	랙 단위 아키텍처	열 단위 아키텍처	룸 단위 아키텍처
증가하고 있으나 예측할 수 없는 전력 밀도에 대한 계획	모듈 방식, 특정 밀도에 맞춰 랙 단위로 증축 가능	모듈 방식, 특정 밀도에 맞춰 열 단위로 증축 가능	업그레이드 또는 변경이 복잡함, 일반적으로 요구량 이상으로 설치됨
맞춤식 설치에 필요한 엔지니어링 작업 축소	룸(room)로 인한 영향이 없음, 랙 배치를 임의로 결정할 수 있음	표준 설계에 따라 열을 배치하는 경우 룸(room) 상황에 영향 받지 않음, 간단한 도구로 구성 가능	각각의 룸마다 복잡한 CFD 분석이 필요함
지속적으로 변화하는 요구량 또는 어떠한 전력 밀도에도 적응할 수 있는 능력 확보	사용되지 않고 남은 냉각 용량을 다른 랙에서 사용할 수 없음	냉각 용량을 효과적으로 결정할 수 있으며 하나의 랙 그룹에서 냉각 용량을 공유할 수 있음	어떠한 변화도 과열 상태를 야기할 수 있음, 필요한 전력 밀도와 이중화를 확보하려면 복잡한 분석이 필요함
기존 공간에 냉각 용량 추가	기존 냉각 시스템과 완전히 별개의 새로운 장비 추가 가능, 랙 냉각 용량의 제한을 받음	기존 냉각 시스템과 완전히 별개의 새로운 장비 추가 가능, 냉각 시스템을 추가할 때마다 전체 열(row)의 밀도를 늘릴 수 있음	기존 냉각 시스템의 가동 중단이 필요할 수 있음. 많은 엔지니어링 작업이 필요함
재구성 작업을 최소화할 수 있는 유연한 냉각 시스템 구축	랙 개량 작업이 필요하거나 새로운 아키텍처에 맞추기 위해 IT 장비를 이동해야 할 수 있음	새로운 아키텍처로 변경하려면 랙 열(row) 사이의 공간을 늘리거나 천장과의 거리를 늘려야 함	전력 밀도가 3 kW 미만인 경우에는 바닥 타일을 신속히 재구성하여 냉각 공기 공급 패턴을 변경할 수 있음

## 가용성

<표 2>는 데이터센터 관리자들이 언급한 여러 가지 신속성 관련 과제들을 보여주고 있으며, 아울러 이에 대한 각 냉각 아키텍처의 효과가 요약되어 있다.

<표 2> 를 단위, 열 단위, 랙 단위 냉각 아키텍처의 가용성 과제 해결 효과.  
(효과가 뛰어난 항목을 파란색으로 표시)

가용성 과제			
과제	랙 단위 아키텍처	열 단위 아키텍처	룸 단위 아키텍처
부분 과열(hot spot) 제거	열 발생 지점에 가깝게 열 제거 장치가 배치되므로 공기의 혼합이 없음. 공기 흐름이 랙 안에 완전히 통제됨	열 발생 지점에 가깝게 열 제거 장치가 배치되므로 공기의 혼합이 최소화됨	급기 및 배기 경로에서 공기가 혼합됨. 공기 흐름을 서로 구분하기 위해 덕트 작업이 필요함
필요한 경우 이중화 확보	각 랙마다 2배수의 냉각 용량이 필요함. 랙 냉각 시스템은 이중화 기능이 없는 경우가 많음	N+1 용량을 공유해서 활용할 수 있음	장애(failure) 모드를 모델링하려면 복잡한 CFD 분석이 필요함. 각 시설에 맞는 이중화가 요구됨
랙 전면부(front)의 온도 급상승 방지	열이 랙 뒷면으로 흡수되어 차가운 공기와 혼합됨	열이 랙 뒷면으로 흡수되어 차가운 공기와 혼합됨	열 제거 또는 냉기 공급이 충분하지 못해 더운 공기가 랙 전면부로 재순환될 수 있음
중요 설비에 누수 가능성 최소화	더운 공기와 반응하여 습기 제거 효과가 줄어들거나 없어짐. 랙 단위 냉각에서는 파이프 배선과 배수 지점이 더 많이 필요함	더운 공기와 반응하여 습기 제거 효과가 줄어들거나 없어짐	혼합 공기의 환류로 인해 수분이 쉽게 응결되고 이러한 습기를 제거해야 할 필요성이 높아짐
사용자 오류 최소화	표준화된 솔루션이 체계적으로 문서화되어 있어, 모든 사용자가 시스템을 조작할 수 있음	표준화된 솔루션이 체계적으로 문서화되어 있어, 모든 사용자가 시스템을 조작할 수 있음	시스템이 고유한 방식으로 제작되므로 고도의 전문성을 갖춘 숙련된 관리자가 필요함

## 총소유비용 과제

<표 3>은 데이터센터 관리자들이 언급한 여러 가지 총소유비용 관련 과제들을 보여주고 있으며, 아울러 이에 대한 각 냉각 아키텍처의 효과가 요약되어 있다.

<표 3> 룸 단위, 열 단위, 랙 단위 냉각 아키텍처의 총소유비용 과제 해결 효과.  
(효과가 뛰어난 항목을 파란색으로 표시)

총소유비용 과제			
과제	랙 단위 아키텍처	열 단위 아키텍처	룸 단위 아키텍처
투자 및 가용 공간 최적화	랙마다 전용 시스템이 설치되므로 설비 과잉과 용량 낭비 문제가 있을 수 있음	설치된 용량에 좀더 근접하도록 냉각 요구량(전력 로드)을 조정할 수 있음	시스템 성능과 효과를 예측하기 어려워 과잉 설비가 잦음
구축 속도 향상	시스템을 사전 시뮬레이션 후 제작하므로 계획 및 엔지니어링 작업을 줄이거나 없앨 수 있음	시스템을 사전 시뮬레이션 후 제작하므로 계획 및 엔지니어링 작업을 줄이거나 없앨 수 있음	고객이 필요 이상의 엔지니어링 작업이 필요할 수 있음
서비스 계약 비용 절감	부품을 표준화하여 서비스 시간을 줄이고 사용자가 직접 정비하도록 할 수 있음 랙 인클로저에 1:1로 구성하므로 유닛 수가 늘어날 수 있음	부품을 표준화하여 서비스 시간을 줄이고 사용자가 직접 정비하도록 할 수 있음	맞춤식 구성요소들을 위한 특수한 서비스 계약이 필요함
냉각 시스템 향상에 대한 투자회수율(ROI) 계량화	부품을 표준화하여 시스템 성능을 정확히 측정할 수 있음	부품을 표준화하여 시스템 성능을 정확히 측정할 수 있음	고객의 주문에 따라 제작된 솔루션이므로 성능을 예측하기 어려움
장비에 맞는 용량 할당을 통해 운영 효율성 극대화	냉각 시스템 과잉 설비 및 일부 용량이 낭비될 수 있음	냉각 용량을 적절히 결정하면 열 부하의 크기와 설치된 용량이 서로 근접할 수 있음	공기 전달 문제로 인해 과잉 설비가 불가피. 실내 크기와 이중마루의 깊이에 따라 바닥 아래 공기 전달을 위한 압력 요구사항이 달라짐

## 서비스 용이성

<표 4>는 데이터센터 관리자들이 언급한 여러 가지 서비스 용이성 관련 과제들을 보여주고 있으며, 아울러 이에 대한 각 냉각 아키텍처의 효과가 요약되어 있다.

<표 4> 램 단위, 열 단위, 랙 단위 냉각 아키텍처의 서비스 용이성 과제 해결 효과.  
(효과가 뛰어난 항목을 파란색으로 표시)

서비스 용이성			
과제	랙 단위 아키텍처	열 단위 아키텍처	램 단위 아키텍처
MTTR(수리 시간 및 기술자 도착, 진단, 부품 도착에 소요된 시간의 합) 단축	모듈식 부품이므로 다운타임을 줄일 수 있음, 시스템 정비와 보수를 위해 2배수의 이중화가 필요	모듈식 부품이므로 다운타임을 줄일 수 있음. 시스템 성능에 영향을 주지 않고 정비할 수 있도록 N+1 용량 또는 초과 용량을 배치할 수 있음	예비 부품이 고유 방식이어서 신속히 공급되지 않으며 숙련 기술자가 오랜 시간 복구 작업을 해야 함
복잡한 시스템의 단순화	부품이 표준화되어 있으므로 일상적인 서비스와 정비에 전문적인 기술 능력이 덜 필요함	부품이 표준화되어 있으므로 일상적인 서비스와 정비에 전문적인 기술 능력이 덜 필요함	시스템 조작 및 정비에 숙련된 전문인력이 필요함
서비스 절차의 단순화	자체 인력으로 일상적 정비 수행 가능 정비 실수를 방지할 수 있는 인터페이스를 갖춘 모듈식 서버시스템	자체 인력으로 일상적 정비 수행 가능 정비 실수를 방지할 수 있는 인터페이스를 갖춘 모듈식 서버시스템	일상적인 정비를 실시하는 경우에도 관련 없는 서브시스템을 해체해야 함. 시스템이 설치되면 일부 구성요소에는 서비스를 위한 접근이 용이하지 않음. 고도로 숙련된 기술자를 필요로 하는 정비 작업이 많음
호환성을 위한 인터페이스 최소화	여러 이기종 보조 시스템과 통합 가능하도록 설계된 모듈식 장비	여러 이기종 보조 시스템과 통합 가능하도록 설계된 모듈식 장비	여러 공급업체의 서브시스템으로 구성된 솔루션
과거 문제를 통해 학습한 내용을 시스템 전체에 공유	하나의 랙과 냉각 장비가 연동하는, 표준화된 블록식 방식이므로 학습 효과가 극대화됨	상호 작용이 적은 표준화된 블록식 방식으로서 학습이 향상되지만 학습 대상 시스템 수는 적음	각기 고유한 바닥 배치로 인한 고유의 문제점이 있어 학습이 제한적임

## 관리 용이성

<표 5>는 데이터센터 관리자들이 언급한 여러 가지 관리 용이성 관련 과제들을 보여주고 있으며, 아울러 이에 대한 각 냉각 아키텍처의 효과가 요약되어 있다.

<표 5> **룸 단위, 열 단위, 랙 단위 냉각 아키텍처의 관리 용이성 과제 해결 효과.**  
(효과가 뛰어난 항목을 파란색으로 표시)

관리 용이성			
과제	랙 단위 아키텍처	열 단위 아키텍처	룸 단위 아키텍처
시스템 메뉴는 명료하게 구성되고 이동이 간편해야 함	옵션 구성이 복잡하지 않아 메뉴 인터페이스를 신속히 이동할 수 있음	옵션 구성이 복잡하지 않아 메뉴 인터페이스를 신속히 이동할 수 있음	설정 변경이 많아 메뉴 구조가 복잡함. 높은 수준의 서비스 교육이 필요함
장애 예상 분석을 제공해야 함	현재 및 미래의 성능에 대한 실시간 모델링 가능	제한된 제어 효과로 인해, 현재 또는 미래의 성능에 대한 실시간에 가까운 모델링 가능	룸(room)마다 효과가 달라 현재 또는 미래의 성능에 대한 실시간 모니터링이 사실상 불가능
냉각 성능 데이터의 제공, 집계 및 요약	랙 단위의 냉각 용량 정보가 실시간으로 파악되어 제공됨	열 단위의 냉각 용량 정보가 실시간으로 파악되어 제공됨 랙 단위의 정보를 효과적으로 추정할 수 있음	랙 단위 또는 열 단위의 냉각 용량 정보를 얻을 수 없음

## 요약 및 분석

위와 같은 비교 분석을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 모듈식 랙 단위 아키텍처는 유연성이 가장 우수하고 빠른 구축이 가능하며 밀도를 획기적으로 높일 수 있으나 비용이 추가로 발생한다.
- 룸 단위 냉각 아키텍처는 유연성이 부족하고 구축에 오랜 시간이 걸리며 밀도가 높은 경우 성능이 좋지 않지만 밀도가 낮은 경우에는 비용이 덜 들고 단순하다는 장점이 있다.
- 모듈식 열 단위 아키텍처 구조는 유연성, 구축 속도, 밀도 등 랙 단위 방식의 이점을 다수 갖고 있으면서도 비용은 룸 단위 아키텍처와 유사하다.

이제 이를 좀더 자세히 살펴보고자 한다.

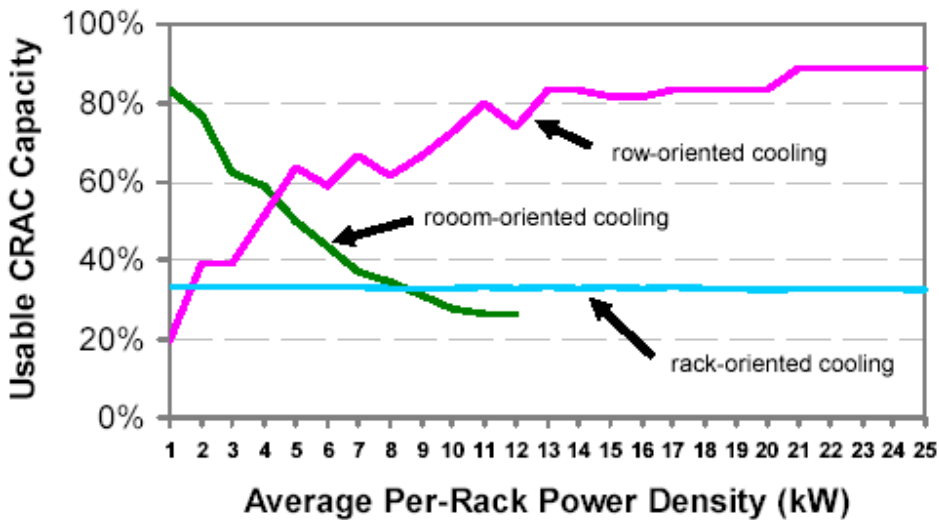
## 특이사항

냉각 아키텍처에 관련해 설명과 논의가 좀더 필요한 문제들이 몇 가지가 있다. 이번 절에서는 이에 대해 설명한다.

## 설비 가동률

대부분의 관리자들은 냉각 장비의 총 냉각 용량이 500kW일 경우 500kW 전력의 IT 장비를 냉각할 수 있다고 생각하기 마련이다. 그러나 사실은 그렇지 않다. 한 그룹의 냉각 장비를 모두 합쳐 그와 같은 냉각 용량이 나온다고 하더라도, 이 냉각 용량을 IT 장비에 그대로 전달할 수 있는 것은 아니기 때문이다. 실제 IT 장비 냉각에 확보할 수 있는 실용량 부분을 '가용 용량'이라 한다. 가용 용량이 100%에 미치지 못하는 경우에는 CRAC 시스템의 용량을 IT 장비의 냉각 수요보다 높여야 하며 따라서 비용, 공간, 정비 작업 등의 부담이 늘어나게 된다. 이런 점에서 앞서 언급한 세 가지 냉각 시스템은 서로 **현격한** 차이를 보이고 있다. <그림 6>과 아래의 여러 절에 걸쳐 이점에 대해 설명하게 된다.

<그림 6> 세 가지 냉각 아키텍처의 가용 냉각 용량



위 그림은 랙 전력 밀도에 따라 세 가지 냉각 아키텍처의 가용 용량이 어떻게 달라지는지를 보여주고 있다. 이 그림은 랙 전력 밀도의 최대치와 평균치 비율은 1.5:1, 냉각 이중화 요건은 N+1, 열의 최대 길이는 랙 10개, 룸(room) CRAC 정격 용량은 장비당 100kW, 열(row) CRAC 정격 용량은 장비당 25kW이고, 랙(rack) 하나의 CRAC 정격 용량은 최대 전력 밀도 요구사항과 같은 것으로 가정하여 구성되었다. 가정한 조건이 달라지면 결과도 달라지겠지만 데이터의 일반적인 패턴은 영향을 받지 않는다.

여기서 한 가지 유의해야 할 점은, '가용 용량'이 IT 장비와 직접적으로 상호 작용하는 CRAC 장비에만 해당된다는 것이다. 실외 열 방출 시스템은 세 가지 냉각 아키텍처에서 모두 100%의 가용 용량으로 동작하게 된다. 따라서 용량 손실과 관련된 비용은 실내 CRAC 시스템에만 해당되는 것이다.

랙 단위 냉각 아키텍처의 가용 용량은 일반적으로 100%에 크게 못 미친다. 이 아키텍처에서는 각 랙에 전용 냉각 장비가 설치되고, 따라서 전용 용량을 확보하게 된다. 그러므로 랙 내부의 실제 부하가 해당 랙의 정격 용량보다 작다 하더라도, 그 나머지 용량은 활용되지 않으며, 나아가 다른 랙에 의해서도 활용되지 못한다. 예를 들어 어떤 랙의 냉각 용량이 10kW인데 실제 냉각 요구 부하가 6kW라면, 이 랙에 4kW의 용량이 남아도 다른 랙에서는 사용할 수 없는 것이다. 이렇게 남는 용량은 인접한 랙에서 이중화 유지보수 또는 기타 어떤 용도로도 가져와

쓸 수 없는 용량이다. 실제 현장에서 사용되는 랙의 전력 밀도는 매우 다양하기 때문에 가용 용량이 정격 용량의 50% 이하인 경우도 있을 수 있다. <그림 6>은 전력 밀도에 따른 랙 단위 냉각 아키텍처의 가용 용량 변화를 보여주고 있다. 랙 단위 냉각 아키텍처에서는 이중화에 대한 가정이 가용 용량에 큰 영향을 미치는데, 그것은 모든 랙마다 완전한 정격 CRAC가 두 개 필요하기 때문이다. 따라서 이 냉각 아키텍처에서 시스템이 이중화되어 있지 않다면 활용도는 두 배가 될 것이다. 한편 이 냉각 아키텍처에서는 활용도가 냉각 밀도에 영향 받지 않는다는 점에 유의하라.

룸 단위 냉각 아키텍처에서는 룸(room) 전체에서 모든 용량을 공유하므로 활용도가 100%에 가까운 것처럼 생각될 수 있다. 실제로 <그림 6>과 같이 랙당 1~2 kW 정도로 전력 밀도가 매우 낮은 경우에는 이것이 타당한 가정이다. 그러나 전력 밀도가 높아지면 이 가정은 급격히 허물어진다. 이와 같은 용량 손실이 발생하는 이유는 시스템이 장비에 필요한 냉기를 제공하지 못하기 때문이다. 따라서 시스템은 장비에 비해 많은 냉각 용량을 갖춰야 하며, 이로 인해 유효 가용 용량이 줄어들게 된다. 룸 단위 냉각 아키텍처에는 예측성이 없으므로 <그림 6>과 같이 랙당 약 6kW 정도의 실질적 컷오프가 발생한다.

열 단위 아키텍처는 가장 폭넓은 전력 밀도 범위에서 가장 높은 가용 용량을 제공한다. CRAC가 IT 장비에 가깝게 배치되기 때문에 최대 약 25kW 전력 밀도까지, 또는 룸 단위 냉각 아키텍처의 실제 전력 밀도 용량의 약 4배까지 모든 용량이 장비로 전달될 수 있다. 또한 CRAC 장비들이 가까운 랙과 냉각을 공유할 수 있으므로, 앞에서 랙 단위 아키텍처와 관련하여 설명한 것과 같은 용량 낭비 문제를 줄일 수 있다. 그러나 전력 밀도가 매우 낮은 경우에는 열 단위 아키텍처의 가용 용량이 급격히 떨어진다. 열 단위 아키텍처에서는 전력 밀도가 아무리 낮더라도 모든 열(row)에 냉각 장비를 배치해야 하기 때문이다. 열 단위 아키텍처의 가용 용량 선이 톱니처럼 들쭉날쭉한 이유는, 열의 길이는 한정되어 있고 CRAC 장비는 특정 열(row)에 할당해야 하지만 CRAC 장비를 분할할 수 없기 때문이다. 열의 길이에 제한이 없다면 이 선은 부드러운 곡선 모양이 될 것이다.

## 습도 유지

컴퓨터실 냉각공조 시스템의 주요 기능 중 하나는 정전기 피해를 줄일 수 있도록 적절한 습도를 유지하는 것이다. 통상 이러한 기능은 냉각 장비에 통합되는데, 따라서 냉각 장비의 수가 많은 아키텍처에서는 습도 유지 장치의 수도 같이 늘어나는지 의문이 드는 것이 당연하다. 특히 항습장비에는 워터 파이프가 있으며 정비가 비교적 잦은 품목이기 때문이다.

이 문제를 면밀히 분석한 결과에 따르면, 일반적으로 행해지고 있는 것처럼 항습장비를 냉각 장비에 통합하는 것은 근본적으로 문제가 있으며, 습도 유지는 냉각 장비와는 독립적으로 룸(room) 차원에서 수행되어야 한다. 여기에는 다음과 같은 이유가 있기 때문이다.



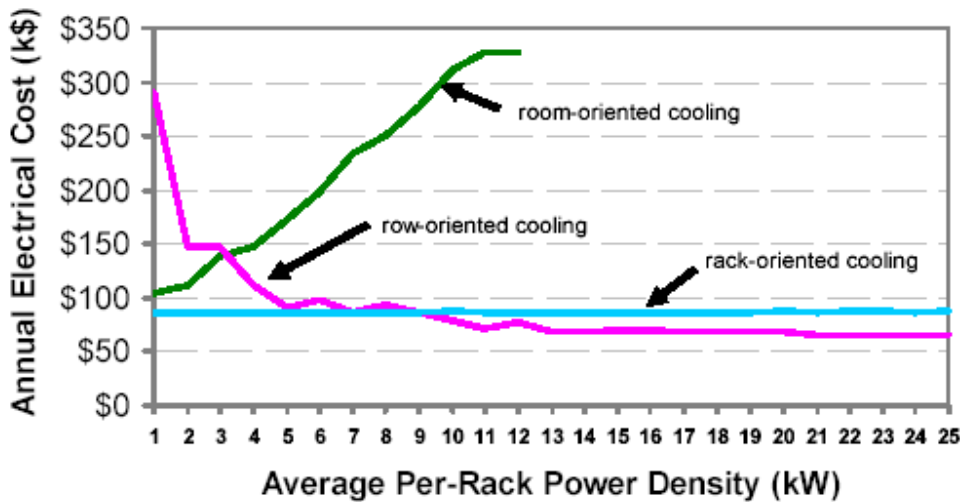
- 어떠한 냉각 아키텍처를 선택하더라도 전력 밀도가 높으면 CRAC 장비의 수가 많아지지만 항습장비의 수도 그만큼 늘려야 할 이유는 없으며, 항습장비의 수가 많아지면 유지보수 문제 등 여러 가지 불이익이 발생한다.
- 룸(room)에 항습장비가 많아지면 그 관리/운영이 어려워지고 물과 전기의 낭비가 발생한다.
- 찬 공기에는 수분이 적지만 냉각 장비에서 나오는 찬 공기에 수분을 강제로 유입하는 것은 비효율적이거나 포화 정도에 따라 불가능할 수도 있다.

APC 백서 #133, “습도 시스템: IT 시설의 에너지 비용 절감(Humidification Systems: Reducing Energy Costs In IT Environments)”에는 이러한 문제에 대해 좀더 자세히 설명되어 있다.

## 전기 효율

전기 요금 상승, 서버당 필요 전력 증가, 전력 밀도 상승 등으로 인해 총 운영비에서 전력 비용이 차지하는 비중이 커지고 있다. 그런데 전력 비용이 전기 요금과 서버 전력에 의해 결정된다는 사실은 충분히 인식되고 있으나 전력 밀도가 전력 비용에 미치는 영향은 간과되는 경우가 많다. 전력 밀도는 일반적인 냉각 시스템의 효율성을 크게 떨어뜨리기 때문에 전력 비용에 영향을 미치게 된다. <그림 7>은 세 가지 냉각 아키텍처에서 전력 밀도가 연간 전력 비용에 미치는 영향을 묘사한 것이다.

<그림 7> 세 가지 냉각 아키텍처의 IT 장비 메가와트당 연간 CRAC 전력 비용



이 모델에서는 앞서 <그림 6>에서와 같이 가용 CRAC 용량이 감소하는 것으로 가정했으며 또한 N+1 이중화 설계를 가정했다. 전력 요금은 \$0.12/kWhr 수준으로 가정했다. 또한 시스템은 정격 수치(100% 부하)대로 작동하는 것으로 가정했다. 부분 부하의 영향은 작지 않으므로 아래 설명하였다.

여기서 한 가지 유의해야 할 점은 <그림 7>의 비용이 CRAC 장비에만 해당된다는 것이다. 냉각 장치 관련 총비용에는 냉각 장치 플랜트 비용도 포함되며 상당한 비중을 차지하지만 세 가지 아키텍처에 따라 이 비용이 달라지지는 않기 때문에 따로 분석하지 않았다.

랙 단위 냉각 아키텍처에서는 CRAC 장비가 IT 장비에 가까이 배치되고 해당 장비의 부하에 크기가 맞춰지므로, 전력 비용은 일관되게 낮은 수준을 유지하고 있다. 불필요한 공기 흐름을 방지할 수 있기 때문이다.

룸 단위 냉각 아키텍처의 전력 비용은 전력 밀도가 낮은 경우에는 매우 낮은 수준이지만 전력 밀도가 랙당 평균 3kW를 넘어서면 급격히 증가한다. 이와 같은 현상은 기본적으로 더 많은 공기를 더 멀리 내보내야 하기 때문에, 그리고 과열점(hot spots)을 방지하기 위해 실내 공기를 휘젓거나 혼합하느라 CRAC 장비에서 전력을 더 많이 소모하기 때문이다.

열 단위 냉각 아키텍처의 전력 비용은 전력 밀도가 낮은 경우에는 매우 높은 수준이지만 밀도가 높아질수록 급격히 개선된다. 열 단위 냉각 아키텍처는 모든 열에 CRAC 장비를 배정해야 하기 때문에 밀도가 낮은 경우에 비효율적이다. 더욱이, 정격 용량에 훨씬 못 미치는 용량으로 작동할 때의 전력 비효율 문제도 있다. 그러나 밀도가 커질수록 우수한 효율성을 발휘하며 전력 비용도 매우 낮아진다. 이것은 CRAC 장비가 IT 로드에서 적절히 배치되므로 밀도가 높은 경우에는 가용 CRAC 용량이 유지되고 예비용(이중화) CRAC 장비가 하나 이상의 랙을 지원할 수 있기 때문이다.

## IT 장비 부근의 워터 파이프 또는 기타 냉각 파이프

연구에 따르면 사용자들은 IT 장비와 함께 배치된 워터 파이프 또는 냉각 파이프에 크게 관심을 갖는 것으로 나타났다. 그 이유는 파이프 자체에 있다가보다는 누수로 인해 장비에 물이 흘러들어 다운타임 또는 장비 손상을 야기할 수 있기 때문이다.

냉각 장비가 여러 대 갖춰진 고밀도 데이터센터는 주로 수랭식 설계를 사용하고 있으며, 환경 및 비용 관련 요인으로 인해 이러한 추세는 지속될 것으로 예상된다. 물론 물 이외에 IT 장비 손상 가능성이 낮은 다른 냉각제들도 있지만, 세 가지 냉각 아키텍처 모두에서 물보다 더 많은 비용이 든다는 단점이 있다. 한편 룸 단위 냉각 아키텍처에서는 CRAC 장비를 데이터센터 외부에 설치, 덕트(duct)를 통해 공기만 유입시키는 방식을 선택할 수도 있다.

그러나 밀도가 높은 경우에는 공기의 열 전달 능력에 한계가 있으므로 이 냉각제를 데이터센터 안으로 전달할 수 있어야 한다. 최근에는 파이프 기술이 발전하여 안정성을 대폭 높이고 누수 가능성을 획기적으로 줄이면서 데이터센터에 냉각수를 전달할 수 있게 되었다. APC 백서 #131, “데이터센터의 향상된 냉각수 배관 방안(Improved chilled water piping distribution methodology for Data Centers)”에는 이 문제가 좀더 자세히 설명되어 있다.

## 위치

냉각 장비의 위치는 시스템 성능에 매우 큰 영향을 줄 수 있다.

이 사항은 성능 예측력에 문제를 야기하는데, 랙 단위 냉각 아키텍처에서는 냉각 장비의 위치가 부하에 맞게 정확히 선정되므로 이러한 문제가 발생할 가능성이 원천적으로 제거된다. 따라서 냉각 성능을 미리 정확히 파악할 수 있는 것이다.

특히 시스템을 단계적으로 구축해야 하는 경우에는, 향후 냉각 장비의 위치를 미리 계획하지 않아도 된다는 장점이 있다. 당연히 각 랙에 맞게 배치되기 때문이다.

룸 단위 냉각 아키텍처에서는 사정이 크게 달라진다. 냉각 장비의 위치가 얼마든지 달라질 수 있으며 시스템의 냉각 성능은 여기에 크게 영향 받게 된다. 나아가 출입구, 창, 램프(ramp), 파이프를 연결하기 힘든 조건 등 룸(room)의 물리적 특징이 다양하기 때문에 가장 효과적인 위치를 찾기도 어렵다. 따라서 상당한 규모로 엔지니어링 작업을 수행하더라도 최적에 미치지 못하는 설계가 나오는 것이 일반적이다. 또한 룸 단위 아키텍처에서 냉각 장비를 설치하려면 미리 향후 IT 구축 단계를 모두 염두에 두고 실내에 설치해야 한다. 그러나 향후의 IT 배치는 정확히 알 수 없으므로 냉각 장비가 대단히 비효율적인 위치에 놓이게 되는 경우가 많다.

열 단위 냉각 아키텍처의 설계에서는 냉각 장비 위치 선정 규칙이 단순하다. 열 방식 냉각 장비의 수와 위치는 시뮬레이션과 테스트를 통해 수립된 규칙에 따라 결정된다. 당연히 여기에는 열 밀도 규격에 충분히 맞도록 냉각 용량을 설정하는 규칙도 포함된다. 또한 시스템의 성능과 용량을 극대화할 수 있도록 열 끝 부분에는 설치를 피하도록 하는 등의 여러 규칙이 있다. 향후 구축과 관련해서는 구축 시점까지 위치 선정에서 다소간의 유연성이 유지된다. 이 경우, 구축된 열의 평균 랙 전력 밀도 수치 또는 최대-평균 랙 전력 밀도 수치는 냉각 장비의 수와 위치를 JIT(just-in-time) 프로세스에 따라 적시에 결정하는 데 활용된다.

열 단위 냉각 아키텍처는 랙 방식만큼 위치 선정과 계획이 단순하지 않지만 룸 단위 아키텍처에 비해서는 훨씬 유연하다. 열 방식은 랙 방식의 유연성과 전력 밀도 대응력을 대부분 실현하면서도 점유 공간과 비용 면에서 훨씬 유리하다.

## 이중화

냉각 장비가 고장을 일으키는 경우 데이터센터의 작업을 유지하고 가동 중인 시스템에 수리 작업을 수행할 수 있도록 하기 위해, 냉각 시스템의 이중화는 필수적이다. 전력 시스템의 경우 이중화를 위해 IT 시스템에 대한 전력 공급 회선을 2배수로 설치한다. 이것은 전선(power cord)과 접속부의 장애가 전체 시스템에 일괄적으로 장애를 유발할 수 있기 때문이다. 냉각의 경우에는 일반적인 냉기 공급 경로가 랙 주변의 대기 자체이므로 장애 발생 가능성이 매우 낮기 때문에 2배수 방식 대신 N+1 설계 방식이 흔히 사용된다. 예를 들어 시스템에 4개의 CRAC 장비가 필요한 경우, 여기에 다섯 번째로 하나만 더 추가하면 냉각 유닛 중 하나가 장애를 일으켜도 전체 냉각 용량이 유지된다는 것이 이 방식의 기본적 발상이다. 따라서 'N+1' 이중화라는 명칭이 붙은 것이다. 그러나 전력 밀도가 높은 경우에는 이와 같이 단순한 이중화 개념은 적용할 수 없다. 세 가지 냉각 아키텍처의 이중화 방식은 아래 설명된 바와 같이 서로 다르다.

랙 단위 아키텍처의 경우에는 랙 사이에서 냉각 용량을 공유할 수 없으며 냉기 공급 경로도 공유할 수 없다. 따라서 이중화를 구현하는 유일한 방법은 각 랙마다 완전한 2배수 CRAC 시스템을 갖추는 것, 즉 기본적으로 랙 하나에 2개의 CRAC 시스템을 설치하는 것이다. 이것은 다른 방식과 비교했을 때 매우 심각한 단점이다. 그러나 따로 떨어져 있는 고밀도 랙의

경우에는 매우 효과적인 측면도 있는데, 이는 필요 용량을 미리 예측하여 이중화 요구량을 결정할 수 있고 다른 CRAC 시스템에 대해 독립적이기 때문이다.

룸 단위 아키텍처의 경우, 실내 자체가 모든 IT 부하에 대한 공통의 냉기 공급 경로가 된다. 따라서 원칙적으로 이 방식에서는 룸(room)의 크기와 관계 없이 CRAC를 하나만 추가해도 이중화가 달성된다. 밀도가 낮은 경우에는 이러한 원리가 그대로 작용되며 비용 면에서 유리하다. 그러나 밀도가 높은 경우에는, 하나의 CRAC가 다른 CRAC의 장애를 상쇄하는 능력이 장비실의 모양에 크게 영향 받는다. 예를 들어 특정 CRAC의 냉기 공급 패턴은 멀리 떨어진 백업 CRAC로는 완전히 대체할 수 없다. 따라서 이중화에 필요한 추가 CRAC 장비 수가 저밀도 환경에서는 하나로 충분하지만 랙당 10kW를 넘는 밀도에서는 CRAC 장비를 완전히 배수로 배치해야 하는 것이다.

열 단위 아키텍처에서는 열 수준에서 이중화를 확보할 수 있다. 이 방식에서는 하나의 추가 장비 또는 각 열마다 N+1의 CRAC 장비가 필요하다. 열 방식 CRAC 장비는 룸 단위 장비에 비해 크기가 작고 비용도 덜 들지만 랙당 1~2kW의 저밀도 환경에서는 중대한 단점이 될 수 있다. 그러나 밀도가 높아지면 이러한 단점이 없어지며 N+1 방식으로 랙당 25kW의 밀도까지 감당할 수 있다. 이것은 밀도가 높아지면 공장 2배수 이중화가 필요하게 되는 랙 단위 또는 룸 단위 설계에 비해 크게 유리한 점이다. 고밀도 환경에 이중화를 구축하기 위해 추가로 필요한 CRAC 장비의 수가 적다는 것은 열 단위 냉각 아키텍처의 핵심적 장점이며 TCO(총소유비용) 측면에서 상당한 이점으로 작용한다.

## 결론

룸 단위 냉각 아키텍처를 기본으로 하는 기존의 데이터센터 냉각 방식은 차세대 데이터센터에서는 기술적 한계와 실질적 한계를 갖는다. 차세대 데이터센터에는 요구사항 변화에 대한 적응력, 전력 밀도가 높고 가변적인 환경에 대한 안정적 지원 능력, 전력 소비량 및 기타 운영 비용 절감 효과 등이 필요하다는 점은 열 단위 및 랙 단위 냉각 아키텍처 개발의 직접적 동기가 되었다. 이 두 가지 냉각 아키텍처는, 특히 전력 밀도가 랙당 3kW를 넘는 경우, 이와 같은 필요를 더욱 효과적으로 충족한다. 기존의 룸 단위 냉각 방식은 지금까지 IT 기업에서 효과적으로 자기 역할을 다해왔으며 밀도가 낮거나 IT 기술의 변화가 매우 적은 경우에는 여전히 효과적이고 실용적인 방법이다.

열 단위 및 랙 단위 냉각 아키텍처는 차세대 데이터센터에서 요구하는 유연성, 예측성, 확장성, 전력 소비량 절감, TCO 절감, 최적의 가용성 확보 등의 요건을 충족한다. 따라서 앞으로 새로 공급되는 제품들은 이러한 방식을 활용하게 될 것으로 예상할 수 있다.

대다수의 데이터센터에서는 세 가지 냉각 방식을 혼용하게 될 것이다. 랙 단위 냉각 방식은 전력 밀도가 극히 높거나 장비가 밀집 배치된 경우 또는 체계적으로 배치될 수 없는 경우에 주로 적용될 것이다. 룸 단위 냉각은 밀도가 낮거나 변화가 많지 않은 환경에 여전히 효과적인 방식이 될 것이다.

한편 전력 밀도가 높은 새로운 서버 기술이 활용되는 대부분의 경우에는, 열 단위 냉각 방식이 예측성, 전력 밀도, 적응성, TCO 등의 최적 균형을 달성할 수 있는 방식이 될 것이다.

## 저자소개

**Kevin Dunlap**은 APC의 모듈식/고밀도냉각솔루션 담당 Product Line Manager다. APC는 정밀 전력 시스템 기술 개발 분야의 세계적 선두기업이며 세계 최대의 NCPI 장비 공급업체다.

Kevin은 1994년부터 전력관리 산업에 종사해왔으며 1997년 APC가 인수한, 전력 관리 하드웨어 및 소프트웨어 공급업체인 시스템즈 인핸스먼트(Systems Enhancement Corp.)에서 근무했다. 합병 후 APC에서 Product Manager로 근무했으며 2000년 에어플로 컴퍼니(Airflow Company) 인수 이후에는 정밀 냉각 솔루션을 담당했다.

Kevin은 열 관리 및 효율적 에너지 절감 장치 개발을 위한 ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.) 위원회와 여러 산업 컨소시엄을 비롯하여 수많은 전력 관리 및 냉각 관련 위원회에 참여했다.

**Neil Rasmussen**은 APC의 설립자이며 최고기술책임자(CTO)다. Neil은 매사추세츠, 미주리, 덴마크, 로드아일랜드, 대만, 아일랜드에 위치한 주요 제품 개발 센터를 통해 전력, 쿨링, 랙 등의 데이터센터 인프라 연구와 관련해 세계 최대 규모의 R&D 예산 집행을 지휘하고 있다. 또한 Neil은 현재 APC의 차세대 데이터센터 솔루션 "InfraStruXure" 개발을 이끌고 있다.

1981년 APC를 설립하기 이전 Neil은 MIT에서 전기공학 분야 학부와 대학원을 거치며 Tokamak 핵융합로용 200MW 전원 공급장치를 분석한 논문을 발표했다. 한편 1979년부터 1981년까지는 MIT 링컨연구소에서 플라이휠 에너지 저장 시스템과 태양 전력 시스템에 대해 연구했다.