

제 출 문

본 보고서를 「클라우드 서비스 보급, 확산을 위한 그린 클라우드 데이터 센터 평가체계 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2013. 11. 22.

연구책임자 : 최정열 (성결대학교)

연구 원 : 정복래 (성결대학교)

요 약 문

1. 과 제 명 : 클라우드 서비스 보급, 확산을 위한 그린 클라우드 데이터 센터 평가체계 연구

2. 연구 기간 : 2013. 02. 27 ~ 2013. 11. 22

3. 연구책임자 : 최정열

4. 계획 대 진도

가. 월별 추진내용(■ : 계획, ▒ : 실적)

세부내용	연구 자	월별 추진계획												비 고	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
클라우드 데이터 센터 시장 및 기술동향 분석	최정열			■ ▒	■ ▒	■ ▒	■ ▒								
클라우드 데이터 센터 주요 특성 분석 <ul style="list-style-type: none"> • 클라우드 컴퓨팅 기술 분석 • 클라우드 데이터 센터 주요 기술 분석 	정복래 최정열			■ ▒		■ ▒	■ ▒								
그린 클라우드 데이터 센터 평가체계 연구 <ul style="list-style-type: none"> • 데이터 센터 에너지 효율화 평가지표 연구 • 클라우드 데이터 센터 에너지 효율화 평가지표 연구 • 클라우드 데이터 센터 평가프레임워크(안) 개발 	최정열 정복래			■ ▒	■ ▒		■ ▒	■ ▒							
분기별 수행진도(%)		10%		50%		80%		100%							

나. 세부 과제별 추진사항

- 1) 그린 클라우드 데이터 센터 동향 분석(~6월)
 - 그린 클라우드 데이터 센터 국내외 표준화 동향 분석
 - 그린 클라우드 데이터 센터 국내외 현황 조사
- 2) 그린 클라우드 데이터 센터 기술 분석(~8월)
 - 그린 데이터 센터 에너지 효율 지표 분석
 - PUE, DCIE, CPE, TCE, CADE, DCP 등
 - 그린 클라우드 데이터 센터 에너지 효율 지표 분석
 - 그린 데이터 센터의 주요 기술 분석
 - 건축, 공조, 전력, IT 분야
 - 그린 클라우드 데이터 센터의 주요 기술 분석
 - 공조, 전력, IT 분야
- 3) 그린 클라우드 데이터 센터 평가 프레임워크 개발(~10월)
 - 그린 데이터 센터 평가 방안 및 클라우드 컴퓨팅 분야 평가 방안 검토
 - 인프라 분야, IT 장비 분야, 운영 및 에너지 효율 관리 분야

5. 연구 결과

- 1) 그린 클라우드 데이터 센터의 표준화 및 시장 동향 분석
 - 보고서 제출(6월)
- 2) 그린 데이터센터 에너지 효율 지표 분석
 - 보고서 제출(5월)
- 3) 그린 클라우드 데이터센터 주요 기술 분석
 - 중간 보고서 제출(7월)
- 4) 그린 클라우드 데이터센터 평가 항목(안) 개발

- 평가항목 검토 위원회 운영(10월)
- 5) 그린 클라우드 데이터센터 평가 프레임워크(안) 개발
 - 최종 보고서 제출(11월)

6. 기대 효과

- 1) 클라우드 데이터 센터의 구축 확산을 통해 에너지 및 운영 효율화 개선 기대
- 2) 클라우드 서비스 인증제와 그린 데이터 센터 인증제에 그린 클라우드 데이터 센터 평가 항목(안)을 접목한 그린 클라우드 데이터 센터 평가 방안 마련에 활용 기대
- 3) 민간 및 공공 분야 클라우드 컴퓨팅 도입 확산 및 이를 통한 업무 효율화 및 비용 절감 기대

7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보방안	비 고
데스크탑 PC		2	보고서 작성	성결대학교	보유	
노트북 PC		1	보고서 작성	성결대학교	보유	
프린터		2	문서 인쇄	성결대학교	보유	
무선 AP		1	WiFi 연결	성결대학교	보유	

8. 기타사항

최종보고서 초록

국문 초록		
<p>그린 클라우드 데이터 센터는 클라우드 컴퓨팅 기술을 도입하여 비즈니스 수요에 따라 보다 유연하고 확장이 가능한 데이터 센터로서, 보다 에너지 효율적인 데이터 센터를 말한다. 본 보고서는 그린 클라우드 데이터 센터의 기술적인 특징을 기술하고, 이에 따라 필요한 요구사항을 기술한다. 또한 국내외의 데이터 센터 현황 및 표준화 현황을 기술한다. 이를 토대로 그린 클라우드 데이터 센터를 평가할 수 있는 평가 체계를 논한다. 연구 결과물로서 그린 클라우드 데이터 센터를 3가지 특징으로 구분하고 이에 따른 평가 항목(안)을 제시한다.</p>		
영문 초록		
<p>Green cloud data center is called that an energy efficient data center, which can be easily and flexibly extended according to business demands based on cloud computing technology. This report describes technological features of green cloud data center and requirements that such data center demands for successful business. Current trends of data center construction and standardization are also included. Based on the study, this report discusses ways for evaluation framework of green cloud data center. As a result of this study, this report presents evaluation items for three categories.</p>		
색 인 어	한글	그린 데이터 센터, 클라우드 컴퓨팅, 평가체계
	영문	Green Data Center, Cloud Computing, Evaluation Framework

SUMMARY

This report includes the following contents as a result of the study on an evaluation framework of green cloud data center.

- 1) Technological trends and standardization trends on green cloud data center
- 2) Analysis on key technologies of green cloud data center
- 3) Performance metrics on energy efficiency of green cloud data center
- 4) Evaluation framework of green cloud data center

First, chapter 2 presents key technologies of cloud data center in the aspect of construction, cooling, power and IT. Requirements on green cloud data center for high density, flexibility, and energy efficient management are also presented. Chapter 3 introduces technological trends and standardization trends of green cloud data center. Chapter 4 presents various performance metrics on energy efficiency of green cloud data center. Finally, chapter 5 presents requirements considered for evaluating green cloud data center and a way of evaluation framework and evaluation items for green cloud data center.

목 차

표 목 차	9
그림 목 차	10
제 1 장. 개요	13
제 1절. 그린 클라우드 데이터 센터의 정의 및 특징	13
제 2절. 보고서의 구성 및 내용	15
제 2 장. 그린 클라우드 데이터 센터 기술	16
제 1 절. 그린 데이터 센터의 주요 기술	16
제 2 절. 그린 클라우드 데이터 센터의 주요 기술	32
제 3 장. 그린 클라우드 데이터 센터의 동향	89
제 1 절. 국내 표준화 동향	89
제 2 절. 국제 표준화 동향	91
제 3 절. 국내 데이터 센터 현황	95
제 4 절. 해외 데이터 센터 현황	101
제 4 장. 그린 클라우드 데이터 센터의 에너지 효율 성능 지표	109
제 1 절. 그린 데이터 센터의 에너지 효율 성능 지표	109
제 2 절. 전력 효율화 지수(PUE)	119
제 5 장. 그린 클라우드 데이터 센터의 평가 프레임워크(안)	129
제 1절 평가 프레임워크 개요	129
제 2절 평가 방법론	131
제 3절 평가 항목(안)	134
제 4절 활용 방안	143
제 6 장. 결론	144

부록. 국내 데이터 센터 목록	145
참고문헌	148

표 목 차

<표 1> 전산실 내의 랙 간 배치 기준	21
<표 2> 데이터 센터에 적용 가능한 공기 분배 방식	22
<표 3> 고밀도 랙을 위한 5가지 냉각 방안 비교	47
<표 4> IT 장비의 크기 및 전력 소모 감소를 통한 데이터 센터의 구역 및 TCO 절감	56
<표 5> IT 자원의 통합 예	60
<표 6> 클라우드 데이터 센터 내 관리 및 모니터링 정보	87
<표 7> 국내 데이터 센터 규모 및 현황	96
<표 8> 국내 업체의 클라우드 컴퓨팅 투자 현황	98
<표 9> IBM 데이터 센터의 그린 기술	106
<표 10> PUE 측정을 위한 카테고리	122
<표 11> 에너지 종류에 따른 가중치	128
<표 12> 데이터 센터 및 클라우드 컴퓨팅 분야 평가 모델들	131

그림 목 차

<그림 1> 전산 유체 역학을 활용한 전산실의 온도 분석 ...	20
<그림 2> 냉복도/온복도 방식의 항온항습기 배치	21
<그림 3> 모듈형 데이터 센터	34
<그림 4> 데이터 센터의 전기 분배 방식	35
<그림 5> 세 가지 구성에 대한 랙, 열, 룸 단위 전력 밀도 비교	37
<그림 6> 랙의 전력 밀도에 따른 필요한 냉각 용량	40
<그림 7> 인접한 랙을 통한 고밀도 랙의 냉각 사용 절차 ·	44
<그림 8> 고밀도 구역을 위한 모듈 전력 및 냉각 시스템의 예	46
<그림 9> 냉복도/온복도 밀폐 구조	50
<그림 10> 랙 장착형 덕트식 보조 냉각 장치	51
<그림 11> In-Row 방식의 보조 냉각 장치>	52
<그림 12> Chimney Rack	53
<그림 13> RDHx의 동작 방식>	53
<그림 14> 랙 전력 밀도에 따른 데이터 센터의 구역	55
<그림 15> 랙 전력 밀도에 따른 데이터 센터 수명 주기의 TCO 변화	56
<그림 16> 냉동기 설정 온도에 따른 전력 사용량 및 서버실 온도 변화 추이	58
<그림 17> 전원 공급 장치의 부하별 에너지 효율	59
<그림 18> 서버 파티셔닝 기술들	64
<그림 19> 하이퍼바이저의 종류	65
<그림 20> 기존 스토리지 구조와 가상화 스토리지 구조의	

차이	71
<그림 21> 스토리지 가상화 기술의 분류	72
<그림 22> 목적지에 따른 글로벌 데이터 센터의 트래픽 ...	75
<그림 23> 전통적인 3계위 데이터 센터 네트워크 구성	76
<그림 24> 플랫폼한 2계위 데이터 센터 네트워크 구성	77
<그림 25> 통합 네트워크 어댑터	79
<그림 26> 데이터 센터 네트워크 구성	84
<그림 27> 지능형 케이블 관리 시스템 예시	85
<그림 28> 국내 데이터 센터 시설현황(2012년)	96
<그림 29> NHN 춘천 데이터 센터 전경	100
<그림 30> LG CNS 부산 데이터 센터의 풍도 및 외부 공기를 이용한 냉각 방식	101
<그림 31> 전 세계 데이터 센터 보유 현황	102
<그림 32> 페이스북 데이터 센터의 냉각 방식(구역별) ...	103
<그림 33> 페이스북의 프린빌 데이터 센터의 PUE/WUE	104
<그림 34> 페이스북 데이터 센터의 전력공급장치 구조(오른쪽)과 기존 구조(왼쪽)	105
<그림 35> IBM 데이터 센터(볼더)의 전경(왼쪽) 및 워터 이코너마이저용 냉각 타워(오른쪽)	106
<그림 36> 구글의 데이터 센터 PUE	107
<그림 37> 마이크로소프트의 모듈러 데이터 센터	108
<그림 38> 데이터 센터의 PUE와 DCIE의 산출 개념 및 산출식	121
<그림 39> 에너지 측정 위치	126
<그림 40> 전용 건물 및 복합 건물 데이터 센터의 에너지 사용 경계	127

<그림 41> 그린 클라우드 데이터 센터 평가 모델 132

제 1 장. 개요

제 1절. 그린 클라우드 데이터 센터의 정의 및 특징

1. 그린 클라우드 데이터 센터의 정의

다양한 멀티미디어 콘텐츠의 활발한 유통과 개인화된 서비스, 그리고 언제 어디서나 인터넷 서비스를 이용할 수 있는 이동 단말의 보편화에 따라 이들 서비스를 제공하기 위한 정보의 보고인 데이터 센터의 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 더불어 데이터 센터에서의 전력 소비량도 꾸준히 증가하고 있다. 데이터 센터는 단위 면적당 전력 밀도가 아주 높을 뿐만 아니라 그 자체로서도 엄청난 양의 전력을 소비하고 있기 때문에 데이터 센터의 에너지 효율화가 중요한 사회적 이슈로 떠오르고 있다. 따라서 데이터 센터의 전 부문 - 건축 및 입지, 공조, 전력, IT, 운용/관리 - 에 걸쳐 에너지 효율화를 위한 다양한 노력과 기술이 개발되고 있다. 단순히 IT 서비스 제공에 초점이 맞추어 에너지 효율화를 고려하지 않은 기존 데이터 센터와 구별해서, 에너지 효율화를 고려하여 새롭게 리모델링하거나 구축되는 데이터 센터를 통상 ‘그린 데이터 센터’라고 부른다.

한편, 최근의 컴퓨팅 환경은 가상화 기술을 기반으로 컴퓨팅 자원의 통합, 공유, 분배가 가능한 클라우드 컴퓨팅 시대로 전환되고 있다. 클라우드 컴퓨팅은 인터넷 기술을 활용하여 IT 자원을 서비스로 제공하는 컴퓨팅 기술로서 IT 자원(소프트웨어, 스토리지, 서버, 네트워크 등)을 필요한 만큼 빌려서 사용하는 특징을 갖는다¹⁾. 클라우드 컴퓨팅은 많은 수의 컴퓨팅 자원을 통합하여 운용하기 때문에 고집적, 고밀도의 특징을 갖는다. 또한 가상화 기술을 이용하여 물리적인 장비의 형태에 구애받지 않고 보다 유연하게 IT 서비스를 제공할 수 있으며, 관리가 용이한 장점을 갖는다.

이와 같이 클라우드 컴퓨팅 환경으로의 전환에 따라 고밀도 IT 장비

1) IT 표준화 전략맵 2011, 437쪽, TTA, 2011.

를 보유하고, 가상화 기술을 활용하여 IT 자원을 통합 운영하며, 비즈니스 요구에 따른 유연한 IT 자원 제공이 가능하며, 높은 수준의 에너지 효율화 기술이 적용된 데이터 센터를 그린 클라우드 데이터 센터라고 한다²⁾).

2. 그린 클라우드 데이터 센터의 특징

그린 클라우드 데이터 센터는 다음과 같은 특징을 갖는다.

- 1) IT 자원이 클라우드화 된다
 - 가상화 기술을 통해서 ICT 장비를 각각 통합하여 물리적인 장비의 수를 줄일 수 있다.
 - 장비 통합으로 인해 각 장비의 이용률이 향상된다.
 - 데이터 센터 내 가상 서버 간의 통신량 증가로 인해서 트래픽이 상하 수직 방향보다는 수평 방향으로의 비중이 높다.
- 2) 고밀도/고집적 IT 환경이 된다
 - IT 장비의 통합 및 블레이드 서버의 도입으로 고집적/고밀도 IT 환경으로 변화한다.
 - 장비 통합 등으로 인해서 데이터 센터의 상면을 줄일 수 있다(추가 장비 도입 가능)
 - 단위 면적 당 에너지 소비가 증가한다.
 - 전력 밀도가 증가하고, 고온/열섬이 발생한다.
 - 전력 공급 장치 및 공조 장비의 도입이 증가한다.
- 3) 비즈니스 수요에 따른 유연한 클라우드 서비스 제공이 가능하다
 - 사용자 요구에 따른 유연한 IT 서비스 제공이 가능하다.
 - 구축 및 관리 효율화를 위해 모듈형 또는 컨테이너형 데이터 센터가 도입되고 있다.

2) S. Lee and Y. Kim, "Proposal on best practices for cloud data centers for the revision of ITU-T L.1300", ITU-T SG5 Contribution 484, 2012.

제 2절. 보고서의 구성 및 내용

본 보고서는 그린 클라우드 데이터 센터의 평가체계 마련을 위한 연구 결과물로서 다음과 같은 내용을 포함한다.

- 1) 그린 클라우드 데이터 센터의 국내외 기술 및 표준화 동향 분석
- 2) 그린 클라우드 데이터 센터의 주요 요소 기술 분석
- 3) 그린 클라우드 데이터 센터의 에너지 효율 평가 지표 연구
- 4) 그린 클라우드 데이터 센터의 평가 체계 연구

각 항목에 대해서는 다음 장에서 하나씩 살펴본다. 2장에서는 그린 데이터 센터 구축 및 운용을 위해서 사용된 기술들을 건축, 공조, 전력, IT 등의 측면에서 살펴본다. 다음으로 클라우드 데이터 센터의 주요 기술을 살펴본다. 먼저 모듈형 데이터 센터를 살펴보고, 전력 및 공조 분야에서 고밀도/고집적 IT 장비 도입에 따른 추가 고려사항이 무엇인지 살펴본다. IT 분야에서는 가상화 기술 등의 클라우드 컴퓨팅 기술을 살펴본다. 3장에서는 클라우드 데이터 센터의 국내외 기술 및 표준화 동향을 살펴본다. 4장에서는 그린 클라우드 데이터 센터의 에너지 효율을 측정할 수 있는 다양한 성능 지표를 살펴본다. 5장에서는 그린 클라우드 데이터 센터를 평가하기 위해서 고려되어야 할 사항과 평가 프레임워크(안) 및 평가 항목(안)을 소개한다.

제 2 장. 그린 클라우드 데이터 센터 기술

제 1 절. 그린 데이터 센터의 주요 기술

데이터 센터를 구성하는 요소는 크게 건축, 공조, 전력, 그리고 IT 부문으로 나누어 볼 수 있다. 따라서 본 절에서는 데이터 센터의 에너지 효율화 기술들을 이들 4가지 측면에서 살펴보도록 한다.

1. 건물 및 입지

가. 입지 조건

그린 데이터 센터는 다음과 같은 입지 조건을 고려해야 한다.

- 재해 발생 가능성이 낮은 지역
- 외기 도입이 가능한 기온이 낮은 지역
- 전력, 통신 등의 인프라가 우수한 지역
 - 전력 공급원이 두 곳 이상이며, 두 개 이상의 통신업체를 통해서 충분한 대역폭 확보가 가능한 지역
- 충분한 용수 공급이 가능한 지역
- 주 센터와 백업 센터간의 거리 고려
 - 장애를 대비한 실시간 데이터 백업이 용이하되, 네트워크 비용 등 고려
- 그 외에도 철도, 고속도로, 공장, 공항 등 복합한 지역 배제

나. 기후 조건

그린 데이터 센터의 에너지 효율을 향상시키기 위해서는 외기 도입을 통하여 냉각 장치의 가동을 최소화할 필요가 있다. 냉각 효율화를 위해 기후(온도, 습도, 풍향, 강우 등)를 고려하여 부지를 선정해야 한다.

- 연평균 기온이 낮아 외기 도입이나 예비 냉각을 이용할 수 있는 기간이 타 지역 보다 긴 지역이 바람직하다.
- 해당 부지에 불어오는 바람의 주 방향과 평균 풍속, 일사량 등의 자료를 바탕으로 데이터 센터 건물의 방향과 배치를 하는 것이 좋다.
- 자연 재해의 가능성이 적은 지역 중에서 평균 강우량 등이 많아 우수 도입이 용이한 곳을 택하면 좋다.

다. 건물의 에너지 절감 기술

(1) 옥상 및 벽면 녹화

- 건물의 옥상, 주차장 상부에 건물의 구조에 영향을 주지 않으면서 인공 기반을 조성하고 잔디나 초목을 심는다.
- 녹화의 효과로 건물의 에너지 절약, 열섬 효과 경감, 대기의 정화 등이 있다.
- 하지만 수목의 유지 관리, 하중 부하의 관리, 누수 대비, 강풍시 수목 및 토양의 비산 대책 등이 요구된다.

(2) 이중 외피 시스템

- 외부와 내부 사이에 공간 층을 하나 더 두어서 그 공간 층을 통한 공기의 대류를 이용한다.

(3) 복층 유리

- 복층 유리를 이용하면 복사열을 방지할 수 있다.
- 유리에 저복사 코팅을 하면 날씨가 추우면 복사열을 실내로 반사하고, 날씨가 더우면 외부로 반사하기 때문에 냉난방비를 줄일 수 있다.

라. 태양광을 이용한 조명 에너지 절감 기술

(1) 태양광 선반

- 태양광 선반은 수직창의 상단 하부에 설치된 광 선반으로부터 반사된 태양광을 내부 공간으로 유입시켜 사용하는 조명 장치이다.
- 자연광을 실내에서 효율적으로 사용할 수 있는 범위는 창문에서 4~6m까지 이다.
- 인공 조명에 비해 빛의 질적인 측면에서 발광 효율이 높고 시공이 용이하다.

(2) 아트리움(Atrium)

- 아트리움은 유리 지붕과 같은 투명체를 이용하여 지붕 부분을 유리로 덮은 중정(covered courtyard)으로 자연 채광과 자연 환기가 가능하다.
- 하지만 아트리움 공간에서 과열 현상이 발생하므로, 적절한 차양 장치를 설치하고 자연 통풍을 이용한 환기를 유도하는 등 과열 현상 방지가 필요하다.

마. 물의 순환 이용

(1) 중수 이용 시스템

- 중수란 배수나 하수를 고도 처리한 것을 말하며, 화장실 용수, 에어컨 냉각 용수, 청소/세차/조경/소방 용수 등으로 사용한다.
- 중수 시스템을 이용한 절수 효과는 약 20%로 알려져 있으며, 물을 많이 사용하는 데이터 센터의 경우 냉각용수 사용량을 줄일 수 있어 절수 효과가 이보다 크다고 알려져 있다

(2) 우수 이용 시스템

- 우수(rain water) 이용 시스템은 지붕에 내린 비를 침전, 여과 처리한 후에 우수 저류소에 모아 두었다가 생활 잡용수로 이용하는 것을 말한다
- 상수도 사용량을 줄이고, 우수 및 오염 물질의 유출을 저감한다.

바. 건물 에너지 관리 시스템

건물 에너지 관리 시스템은 업무용 빌딩이나 공장, 지역 냉난방 등의 에너지 설비 전체의 에너지 감시 및 제어를 자동화, 일원화하는 시스템이다. 이를 통해 건물 내의 에너지 사용 현황이나 설비 기기의 운전 상황을 파악하여 수요 예측에 근거한 최적의 운전 계획을 수립 및 실행할 수 있게 한다. 건물 에너지 관리 시스템은 네트워크를 통해서 원거리에 있는 공장, 지사 등을 원격 감시할 수 있게 한다.

2. 공조

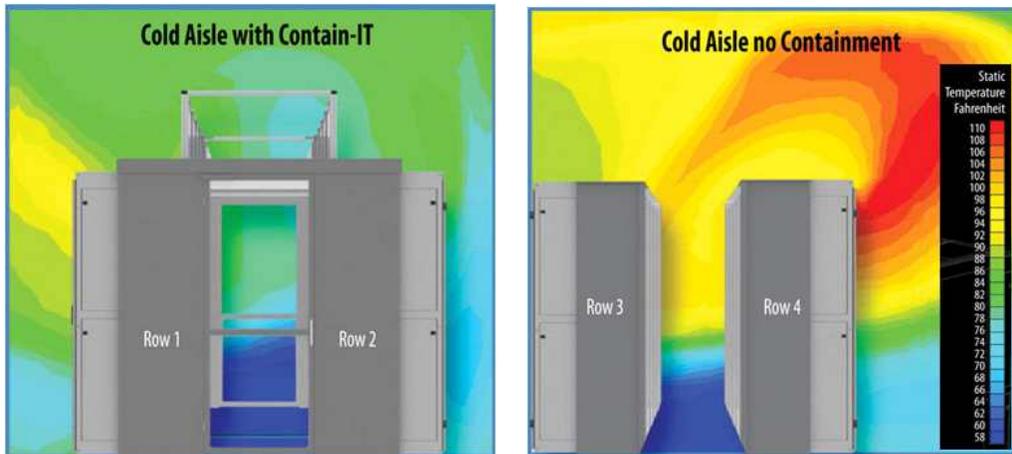
가. 전산 유체 역학을 이용한 공기 흐름 분석

전산 유체 역학(Computational Fluid Dynamics, CFD)은 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 유체의 흐름, 열 전달 등의 현상을 해석하는 것으로, 이를 통해서 데이터 센터 내부의 온도, 공기 흐름, 풍압 등의 분석이 가능하다. 이 결과를 통해서 에너지 효율적인 최적의 전산 장비 및 공조 장비 배치가 가능하다. 전산 유체 역학 모델링을 통하여 다음과 같은 영향에 대한 시뮬레이션을 할 수 있다.

- 고집적 시스템 랙과 그렇지 않은 랙이 혼재하는 경우
- 고집적 시스템 랙을 위한 냉각 자원 관리
- 전산 설비 관리 능력(열섬 등)
- 서버의 위치 변경에 따른 공기 흐름 변경 정도
- 단위 서버 랙 내부에서의 서버 위치 변경
- 단위 서버의 전력량 관리 등

전산 유체 역학은 초기 데이터 센터 설계뿐만 아니라 새로운 전산 장비의 도입 시 설치 위치, 이중 마루 다공판의 개수와 위치에 대한 사전 점검이 가능하며, 장비의 재배치, 공조 장비의 추가 등에 따른 영향도를 분석할 수 있다. 따라서 전산 유체 역학을 주기적으로 사용하여 데이터 센터를 최적의 상태로 유지하는 것이 바람직하다.

아래 그림은 전산 유체 역학을 통해서 분석한 전산실의 온도 및 공기 흐름을 보인다³⁾.



(a) 냉복도 밀폐형 방식

(b) 냉복도 비밀폐형 방식

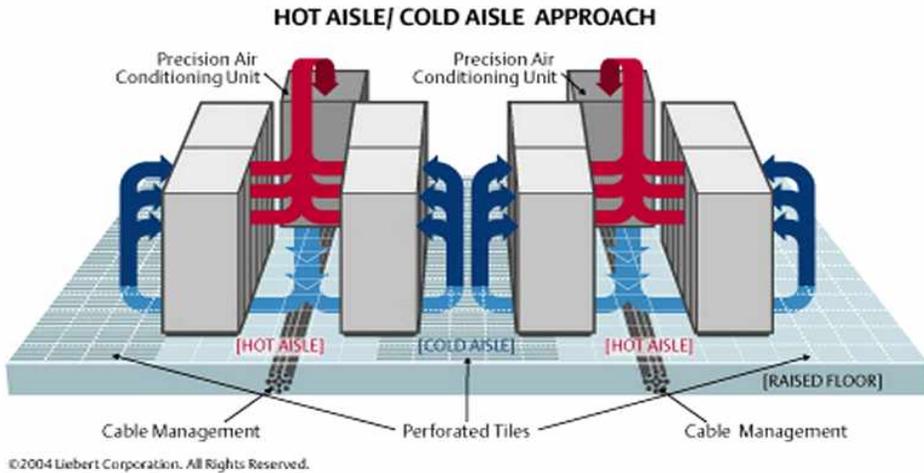
<그림 1> 전산 유체 역학을 활용한 전산실의 온도 분석

나. 향온향습기 배치

랙을 서로 마주보게 배열하고, 마주 본 랙의 전면에서 차가운 공기를 끌어들이어서 랙의 후면으로 배출하는 것이 바람직하다. 차가운 공기가 나오는 공간을 냉복도(cold aisle)라고 하고, 더운 공기가 배출되는 공간을 온복도(hot aisle)라고 한다. 이는 뜨거워진 공기가 랙으로 유입되는 차가운 공기와 섞이지 않고 향온향습기(Computer Room Air Conditioner, CRAC)로 바로 회수될 수 있도록 최단 거리의 이동 경로를 확보하는데 그 목적이 있다. 아래 그림은 냉복도와 온복도 방식에 따른 랙과 향온향습기의 배치를 나타낸다⁴⁾.

3) <http://www.electrorack.com/aisle-containment.htm>

4) Liebert Corporation



<그림 2> 냉복도/온복도 방식의 항온항습기 배치

만약 랙들이 항온항습기를 향해서 일렬로 정렬되어 배치되면 항온항습기로 회수되는 뜨거운 공기가 뒷 열의 랙에 영향을 미치게 된다.

랙과 랙 사이, 그리고 랙 열 간의 거리도 적절한 간격을 유지해야 냉각 효율을 유지할 수 있다. 랙의 배치 간격은 다음 표와 같은 국제적인 기준⁵⁾을 적용할 수 있다.

<표 1> 전산실 내의 랙 간 배치 기준

구분	바닥 타일 크기	복도 간격 (냉복도에서 다음 냉복도까지의 거리)	냉복도 크기	온복도 크기
미국	2ft (610mm)	14ft (4,267mm)	4ft (1,220mm)	3ft (914mm)
Global	600mm (13.78ft)	4,200 (13.78ft)	1,200mm (3.94ft)	914mm (3ft)

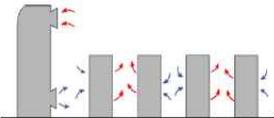
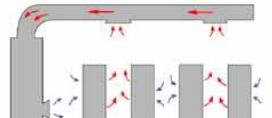
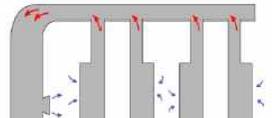
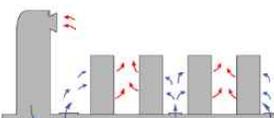
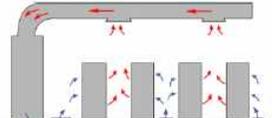
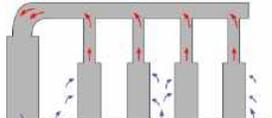
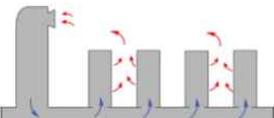
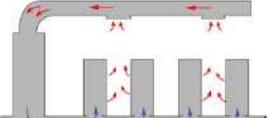
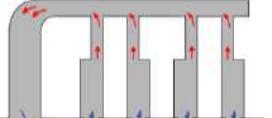
다. 공기 분배 방식

모든 공조시스템의 공기 분배는 급기와 환기로 구성된다. 즉, 항온항

5) ASHRAE TC9.9, 2004

습기로부터 냉각된 공기를 IT 장비로 공급하는 급기 분배 방식과 IT 장비를 거쳐 뜨거워진 공기를 향온향습기로 회수하는 환기 분배 방식으로 구분된다. 급기 방식은 향온향습기에서 직접 냉각 공기를 제공하는 CRAC 측면 급기 방식, 이중 마루 바닥을 통해서 냉각 공기를 제공하는 바닥 급기 방식, 그리고 IT장비에 연결된 덕트에서 냉각 공기를 제공하는 IT장비 연결 급기 방식으로 나눌 수 있다 그리고 환기 방식은 향온향습기의 측면으로 뜨거워진 공기를 회수하는 CRAC 측면 환기, 천장으로 회수하는 천장 환기, 그리고 IT 장비에서 연결된 덕트로 부터 뜨거워진 공기를 회수하는 IT장비 연결 환기 방식으로 나눌 수 있다. 3 가지 급기 방식과 3가지 환기 방식을 조합하면 데이터 센터에서 구성 가능한 공기 분배 방식은 아래 표와 같이 총 9가지이다⁶⁾.

<표 2> 데이터 센터에 적용 가능한 공기 분배 방식

환기 급기	CRAC 측면환기	천장 환기	IT 장비 연결 환기
CRAC 측면 급기	 (a) 측면 급기 /측면 환기	 (b) 측면 급기 /천장 환기	 (c) 측면 급기 /장비 연결 환기
바닥 급기	 (d) 바닥 급기 /측면 환기	 (e) 바닥 급기 /천장 환기	 (f) 바닥 급기 /장비 연결 환기
IT 장비 연결 급기	 (g) 장비 연결 급기 /측면 환기	 (h) 장비연결 급기 /천장 환기	 (i) 장비 연결 급기 /장비 연결 환기

6) Neil Rasmussen, "The Different Types of Air Distribution for IT Environments", Schneider Electric White Paper 55(Rev. 3), 2012

각각의 주요한 특징을 살펴보면 다음과 같다.

(a) CRAC 측면 급기/CRAC 측면 환기

- 저비용으로 구축이 간단하여 소규모 전산실에 적용이 가능하나, 대부분의 데이터 센터에는 바람직하지 않음
- 100% 냉각 공기가 회수되는 뜨거운 공기와 섞일 수 있으며, 공급 온도 예측이 지극히 불가능한 가장 에너지 비효율적인 방법임
- 랙 당 최대 2kW까지 냉각이 가능함

(b) CRAC 측면 급기/천장 환기

- 저비용으로 쉽게 구축이 가능한 일반적인 구성이나 대부분의 데이터 센터에는 바람직하지 않음
- 40~70%의 냉각 공기가 회수되는 뜨거운 공기와 섞일 가능성이 있음
- 방안 (a) 보다는 효율적이며, 랙 당 최대 6kW까지 냉각이 가능함

(c) CRAC 측면 급기/장비 연결 환기

- 대형 데이터센터나 코로케이션 센터 등에 적용이 가능하며, 기존 장비를 활용할 수 있음
- 700~100%의 뜨거워진 공기를 회수할 수 있으며, 공급 온도 예측이 가능함
- 에너지 효율이 높아 랙 당 최대 30kW까지 냉각이 가능함

(d) 바닥 급기/측면 환기

- 이중 마루를 설치하여 이중 마루 아래로 차가운 공기를 공급하고, 더워진 공기는 전산실 상부를 통하여 향온향습기로 회수시키는 방법
- 현재 우리나라 전산실에서 가장 많이 사용하는 방식임
- 랙 당 최대 6kW까지 냉각이 가능함

(e) 바닥 급기/상부 환기

- 이중 마루 아래에서 차가운 공기를 공급하여 천장을 통해 뜨거운 공기를 향온항습기로 회수하는 방법(60~80%)
- 최근 국내 데이터 센터에서 가장 많이 도입하고 있는 방법임
- 층고가 높을수록 효과가 좋아진다.
- 랙 당 최대 8kW까지 냉각이 가능함

(f) 바닥 급기/IT 장비 연결 환기

- 다른 모델들은 랙에 차가운 공기를 공급하는 것을 위주로 구성이 되는 반면, 이 방식은 전산 장비에서 배출되는 뜨거워진 공기를 향온항습기로 유도하여 공조 효율을 높이는 방안임
- 랙 뒷 부분에 덕트를 설치하여 천장을 경유하여 향온항습기로 뜨거워진 공기를 70~100% 회수하는 방안임
- 뜨거운 공기가 차가운 공기와 섞여서 공급되는 공기의 온도가 올라가는 비효율적인 온도 관리를 개선함
- 랙 위치의 이동이 힘들고, 설치 및 운영이 어려워지는 단점이 있음
- 랙 당 최대 30kW까지 냉각이 가능함

(g) IT 장비 연결 급기/측면 환기

- 바닥 급기 방식보다는 에너지 효율적이지만, IT 장비 연결 환기 방식보다는 덜 효율적임
- 밀폐형으로 냉각 공기를 공급하므로 전산실 내를 온복도로 유지케 함으로써 이코노마이저의 가동 시간을 제한함
- 공급 온도의 예측이 가능함
- 랙 당 최대 30kW까지 냉각이 가능함

(h) IT 장비 연결 급기/천장 환기

- 바닥 급기 방식보다는 에너지 효율적이지만, IT 장비 연결 환기 방식보다는 덜 효율적임
- 밀폐형으로 냉각 공기를 공급하므로 전산실 내를 온복도로 유지케 함으로써 이코노마이저의 가동 시간을 제한함

- 공급 온도의 예측이 가능함
- 랙 당 최대 30kW까지 냉각이 가능함

(i) IT 장비 연결 급기/IT장비 연결 환기

- CRAC 측면 급기/IT 장비 연결 환기 및 바닥 급기/IT 장비 연결 환기 방식보다 약간 비효율적이나 팬 에너지를 더 소비함
- 랙 당 최대 30kW까지 냉각이 가능함

라. 이중 마루 설계

이중 마루는 하향식 향온향습기를 사용할 때 반드시 필요한 설비이다. 이중 마루 아래의 공기는 향온향습기에서 토출되는 공기의 압력이 일정하게 유지된다. 이 압력을 정압(static pressure)라고 하며, 이 압력으로 이중 마루 개구부를 통하여 전산 장비에 차가운 공기가 공급된다. 따라서 일정하고 충분한 압력을 유지하는 것이 중요하다.

이중 마루의 높이를 산정하는데 있어서 가장 중요한 요소는 “필요한 풍량”이다. 일반적으로 전산 장비의 발열이 높아질수록 필요한 풍량이 많아지게 되므로 평균적인 전산 장비의 발열량을 토대로 이중 마루의 높이를 산정할 수 있다. 일반적으로 랙의 소비 전력이 2kW이면 약 60cm의 이중 마루 높이가 필요하다. 다음은 이중마루에서 사용되는 다공판에 대한 특징을 기술한다.

- 다공판(perforated time) 또는 그레이팅 패널(grating panel)은 이중 마루에 송풍이 가능하도록 구멍이 뚫려 있는 것을 말한다.
- 이중 마루의 다공판은 구멍의 개수와 크기에 따라 개구율이 다르다.
- 서버의 발열량이 높아질수록 더 많은 냉기가 필요하므로 개구율이 높은 다공판을 사용해야 한다.
- 데이터 센터의 위치에 따라 다양한 개구율의 다공판을 사용하는 것이 바람직하다.
 - 일반적으로 향온향습기에서 가까운 쪽에서는 풍량과 정압이 높

아서 다공판을 통해 냉기가 원활이 공급되므로 다공판의 개구율이 낮아도 전산 장비에 원하는 만큼의 풍량을 공급할 수 있다.

- 향온항습기에서 먼 쪽에는 개구율이 높은 다공판을 사용하여 냉기의 공급을 조절할 수 있다
- 따라서 최소한 2~3 가지의 다공판 종류를 위치마다 적절히 혼합해서 사용하는 것이 바람직하다.

마. 외기 냉각 시스템

데이터 센터 내의 발열을 해소하기 위해서 외부의 차가운 공기를 이용하는 방법이 있다. 이코노마이저(economizer)라고 불리는 이 기술은 외부의 차가운 공기를 이용하여 향온항습기의 작동 시간을 최소화함으로써 에너지를 절감시킨다. 이코노마이저는 공기 사용 방식과 냉매 사용 방식이 있다.

(1) 공기 사용 방식 이코노마이저

공기 사용 방식 이코노마이저는 외부의 차가운 공기를 직접 실내로 유입시켜 실내의 공기를 낮추는 방식이다

- 혼합 공급 방식

- 혼합 공급 방식은 외부의 차가운 공기를 향온항습기로 유입시켜 실내의 뜨거워진 공기와 차가운 외기를 섞음으로 결과적으로 향온항습기의 가동 시간을 최소화하는 방식이다
- 장점: 차가운 외기의 직접 유입으로 인한 결로 현상을 최소화할 수 있으며 급격한 온도 변화를 막아 실내의 온도를 안정적으로 유지할 수 있다
- 단점: 챔버, 덕트 등의 추가 비용이 발생하며 유입되는 공기의 양을 정확히 예측하지 못하면 향온항습기 부품에 과부하가 발생할 수 있다.

- 직접 공급 방식

- 직접 공급 방식은 차가운 외부 공기를 전산실 내로 바로 유입

하는 방법이다.

- 이 방법은 차가운 외기의 공급량이 많아서 단시간 내에 전산실의 온도를 낮출 수 있으며, 외부의 온도에 따라 향온향습기의 작동을 완전히 중지시킬 수도 있다.
 - 단점: 외부 공기의 직접 유입으로 인한 급격한 온도차에 의해 결로 현상이 생길 수 있으며, 온도의 예측이나 관리가 힘들다.
- 주의 사항
- 외부 공기 중에 불순물이 포함될 수 있기 때문에 불순물을 제거하기 위한 필터가 필요하다.
 - 외부 공기의 습도와 데이터 센터의 적정 습도가 다를 경우에는 이를 처리하기 위한 장치가 필요하다.
 - 차가운 외부 공기가 더운 데이터 센터로 유입될 때 결로 현상이 발생할 수 있기 때문에 이를 처리하기 위한 장치가 필요하다.

(2) 냉매 사용 방식 이코노마이저

냉매 사용 방식이란 외부의 차가운 공기를 이용하여 향온향습기에서 사용하는 냉매의 온도를 낮추는 방식이다. 실내기의 냉매가 외부의 실외기를 통해 일정 온도 이하로 낮아지면 향온향습기 실내기의 부품이 작동하지 않아도 실내의 온도를 낮출 수 있다. 이 방법은 실내기, 실외기의 비용이 추가되는 반면, 공기 사용 방식의 단점인 외기의 불순물, 결로 현상, 습도 등의 문제가 발생하지 않는다.

3. 전기

가. 전력 공급 장치

현재 대부분의 데이터 센터는 480~600V 교류(AC) 전력을 설비 시설에서 공급받아 사용하고 있다. 이 AC 전력은 220V 혹은 100V로 전압을 낮추어 랙의 각 서버나 IT 장비에 공급된다. 데이터 센터는 IT 서비스 보호를 위해서 무정전 전원 장치(uninterruptible power supply,

UPS)를 사용하는데, 그 핵심은 축전지로서 상용 전원에 장애가 발생할 경우 UPS의 축전지로부터 전력을 IT 장비에 제공하게 된다. 축전지는 직류 전원으로 동작하기 때문에, UPS는 내부에 교류/직류 변환기와 직류/교류 변환기를 포함한다. 또한 교류 전원을 사용하는 IT 장비는 내부의 전원 공급장치에서 다시 한번 교류를 직류로 변환하는 과정이 포함된다. 이러한 다수의 교류/직류 또는 직류/교류 변환 과정을 통해서 전력이 낭비된다. 최근에는 직류 전원을 바로 IT 장비에 공급할 수 있는 직류 전력 공급 장치에 대한 관심이 높아지고 있으며, ITU-T에서는 국제 표준화가 논의되고 있다. 다음은 직류 전력 공급 장치의 특징이다.

- 구내의 수배전반을 통해서 공급받은 교류 전력을 정류기를 통해서 IT 부하에 공급이 가능한 직류로 변환한다.
- 교류와 달리 위상, 전류, 주파수 등의 제어가 필요하지 않으며 전압 제어만 수행하기 때문에 전기적 계통 구성이 간단하다.
- 전력 변환 단계의 간소화에 따른 구성 요소의 축소로 인해 신뢰도가 향상된다.
- 전력 변환 단계의 축소로 인한 손실이 적어 전력 효율이 교류 방식에 비해서 우수하다.
- 직류로 생산되는 신재생 에너지(태양광, 풍력, 연료전지 등)를 교류/직류 변환 과정없이 직접 수용이 가능하다.
- 하지만 전압 레벨이 높아 인체 안정성에 문제가 있을 수 있으며, 차단기 등에 대한 요소 기술 확보가 필요하다.
- 또한 옥내 사용에 대한 법정 규정이 현재 없다.

나. 신재생 에너지

신재생 에너지는 신에너지와 재생에너지를 합해서 부르는 말로, 화석 연료나 핵분열을 이용한 에너지가 아닌 대체 에너지의 일부이다. 신에너지는 연료전지, 석탄액화가스, 수소 에너지 등을 포함하며, 재생에너지는 태양열, 태양광 발전, 바이오매스, 풍력, 수력, 지열, 해양에너지, 폐기물 에너지 등을 포함한다. 이러한 신재생 에너지를 데이터 센터에 사용하면 탄소배출량 감소는 물론 전기 에너지 절감에 도움이 된다.

(1) 태양광

- 데이터 센터에서 신재생 에너지로 우선 고려되는 것이 태양광을 이용한 광전지(PV: Photo Voltaic)이다.
- 태양광 시설은 한 번 시설하면 유지 보수 비용이 거의 들지 않고 공해가 없지만 초기 비용이 막대한 단점이 있다.
- 태양열 전력은 태양 빛의 태양열을 거울로 구성된 수집기, 채광기로 모아 물이나 기타 오일로 가득 찬 하나의 파이프를 집중시켜 400~1000도로 데우고, 스팀 발생기를 통해 스팀을 만들어 터빈을 돌려 전기를 생산한다.

(2) 풍력

- 바람의 운동에너지가 프로펠러에 닿을 때 그 양력이 발생시키는 회전력으로 발전기를 가동시켜 전기를 생산한다.
- 신재생 에너지 중예거 비용 대비 효과가 가장 크다.

(3) 연료전지

- 수소를 공기 중 산소와 화학반응 시켜서 전기에너지를 생산한다.
- 연료전지는 반응 물질인 수소와 산소를 외부로부터 공급받으므로 배터리와 달리 충전이 필요없고, 연료가 공급되는 한 전기를 발생시킨다.
- 연료의 연소 반응 없이 에너지를 발생시키므로 유독 공해 물질의 배출이 없도 이산화탄소 배출량도 획기적으로 줄일 수 있다.

(4) 바이오매스

- 식물의 지방 성분이나 당 성분을 이용한 에너지원이다.
- 석유 엔진을 개조하여 폐식용유 등의 식물성 기름을 연료로 사용하거나, 식물의 섬유소를 당으로 만들어 여기서 에탄올을 뽑아내어 연료로 사용한다.
- 석유에 비해 매우 친환경이나 생산 비용이 높다.

(5) 지열

- 지열 에너지를 이용한 발전은 지구가 내부에 지니고 있는 열에너지를 이용하여 온수와 전기를 생산한다.
- 지하 1800m 이상 깊이의 시추공에서 분출되는 증기를 이용하여 터빈을 돌려 전기를 생산하고, 동시에 분출되는 온수의 열을 이용하여 물을 데워서 활용할 수 있다.

4. IT

IT 장비의 구성 요소 중에서 에너지 효율을 높일 수 있는 부분은 CPU, 전원 공급 장치, 냉각팬, 그리고 저장 장치 등이 있다. 또한 가상화 기술을 이용하여 서버, 스토리지, 그리고 네트워크 가상화를 통한 장비의 통합을 통해서도 에너지 효율을 향상시킬 수 있다.

가. 서버

- 가상화 기술을 이용하여 이용률이 낮은 다수의 서버를 하나의 서버에 통합하여 서버의 대수를 줄이고, 개별 서버의 이용률을 높임
- 다수의 소규모 서버를 대형 서버로 통합하여 서버의 대수를 줄임
- IT 장비의 물리적 자원을 구성하는 서버, 스토리지, 네트워크 및 주변 기기를 고집적, 고성능 플랫폼으로 집적시킨 블레이드 아키텍처 기반의 서버 활용
- 단위 서버들 간에 외부 케이블을 통해 낮은 용량에서 대용량 서버까지 다양한 용량 구성이 가능한 방식의 모듈형 아키텍처 기반의 서버 활용

나. 스토리지

- 많은 수의 소용량 디스크 드라이브에 있는 데이터를 적은 수의 대용량 디스크 드라이브로 이전하여 단위 에너지당 저장 용량을 증가시킴
- 데이터 저장 시에 아카이빙, 압축, 중복 제거 기술을 이용하여 데이터 용량을 줄임

- 서버 시스템에서 필요로 하는 용량만큼의 디스크를 할당하는 스토리지 썬 프로비저닝 기술 사용
- 이기종 스토리지를 물리적으로 통합하여 스토리지의 활용을 극대화
- 데이터의 수명 주기를 스토리지 계층 관리를 통해 애플리케이션의 서비스 요구사항에 맞추어 적절한 스토리지 자원을 사용하여 데이터 저장 비용을 절감

다. CPU

- 동일한 전력을 사용하면서 높은 성능을 발휘하는 고성능 CPU를 사용
- 유휴 시간 대에 전력 소모를 최소화하는 기능을 갖는 CPU를 사용
- CPU의 재질과 냉각 방식 변경(철 대신 구리 재질의 플레이트 사용 및 수냉식 방식의 CPU)
- 멀티 코어 CPU 및 저전력 서버 사용

라. 전원 공급 장치

- 전원 효율이 높은 전원 공급 장치 사용

마. 냉각팬

- 서버의 발열량에 따라 냉각팬의 속도를 조절할 수 있는 가변 속도 방식의 냉각팬을 사용
- 다수의 소형 냉각팬 보다 소수의 대형 냉각팬을 사용하도록 디자인을 변경
- 냉각 효율을 높이기 위해 장비 내의 디자인과 구조를 변경

바. 저장장치

- 내장 디스크 대신 외장 디스크를 사용
- SSD(Solid State Disk)와 같은 메모리 방식의 디스크 사용

제 2 절. 그린 클라우드 데이터 센터의 주요 기술

1. 그린 클라우드 데이터 센터의 특징

그린 클라우드 데이터 센터는 클라우드 컴퓨팅 기반의 데이터 센터로서 보다 에너지 효율적인 기술이 도입된 데이터 센터를 말한다. 클라우드 데이터 센터는 기본적으로 고집적/고밀도 IT 장비들을 보유하기 때문에 기존의 데이터 센터보다 많은 양의 전력을 소비할뿐더러 많은 열을 빠르게 제거해야 한다. 또한 가상화 기술을 이용하여 IT 장비들을 통합하고, 다양한 서비스를 제공하기 위해서 빠른 컴퓨팅 자원의 제공 및 제거를 할 수 있는 유연한 자원 관리가 이루어져야 한다. 그리고 비즈니스 수요에 따라 단계적인 증설이 용이한 모듈형 구성이 필요하다. 더불어 데이터 센터 전체에서 소비되는 전력을 감시하고 관리할 수 있는 관리 솔루션이 요구된다. 본 절에서는 그린 클라우드 데이터 센터의 특징을 모듈화 분야, 전력 분야, 공조 분야, IT 분야, 그리고 관리 분야 별로 살펴보도록 한다.

2. 모듈형 데이터 센터

대부분의 데이터 센터는 신축하기 이전에 제공해야할 IT 서비스의 규모를 산정한 뒤에 부지, 건축, 공조 및 전력 장비를 설계하여 구축한다. 비즈니스 수요에 따라서 단계적으로 IT 장비를 도입하고, 그 수요에 따라 전력을 공급하고 냉기를 공급할 수 있는 공조 장치를 도입 및 운영한다. 클라우드 컴퓨팅 기술의 도입 및 활성화에 따라 서비스 수요가 단기간에 변할 수 있으므로 기존과 같이 초기의 대규모 장치를 구비하는 것은 관리 및 비용, 그리고 에너지 관점에서 비효율적이다. 따라서 비즈니스 수요에 맞게 데이터 센터를 운용할 수 있는 모듈형 데이터 센터를 구성할 필요가 있다. 이를 위해서는 먼저 데이터 센터의 공간이 모듈형으로 구성되어 단계적인 확장이 가능해야 한다. 그리고 전력 및 공조 장치의 모듈화가 이를 지원해야 한다. 전력 및 공조 장치는 공통기반 시설로서 운영될 필요가 있으며, 장치의 분할손이 발생할 수 있으므로 적절한 사이징이 필요하다.

가. 공간의 모듈화

공간의 모듈화는 전산실 상면의 모듈화를 의미하며, 기반 시설(전력, 공조)의 위한 공간의 모듈화를 포함한다. 전산실과 기반 시설은 쌍으로 모듈화를 구성하며, 표준화된 모듈로 확장이 가능해야 한다. 공간의 모듈화는 수평 방향 증설과 수직 방향 증설로 구성된다.

(1) 공통 모듈 구성

공통 모듈은 데이터 센터 초기 구축 시 구성하며, 단계적 증설에 영향을 받지 않는 기반 시설로 구성된다. 데이터 센터의 인프라 시설로서 증설시 소요기간이 길거나, 전력 및 공조 계통에서 상위 계층에 속하는 인프라와 중복 투자를 줄일 수 있는 인프라 등을 포함한다. 공통 지원 모듈은 각 모듈을 효과적으로 지원할 수 있는 접근성이 용이한 곳에 위치해야 한다.

(2) 단위 모듈 구성

모듈형 데이터 센터의 단위 모듈은 전산실과 기반 시설을 위한 공간으로 구성된다. 단위 모듈은 전력 장치(저압 변전설비, UPS, 배터리, PDU 등), 공조 장치, 그리고 IT 장치 등으로 구성된다. 단위 모듈의 구성 및 크기는 개별 데이터 센터에 따라 달라질 수 있다.

(3) 수평 방향 증설 모듈화

수평 방향 증설 모듈화는 데이터 센터의 모듈 증설이 수평 방향으로 전개되며, 토지 면적이 충분한 경우에 적용이 가능하다. 데이터 센터가 단층으로 구성되어 장비 적재 하중에 대한 제약이 적다. 모듈별 레이아웃과 규모를 다르게 설계할 수 있다.

(4) 수직 방향 증설 모듈화

수직 방향 증설 모듈화는 데이터 센터의 모듈 증설이 수직 방향으로 전개되며, 토지 면적이 부족한 경우에 적용이 가능하다. 국내의 경우에 적합한 방식이다. 데이터 센터가 수직으로 구성되므로 장비 적재 하중에 대한 제약이 크다.

(5) 컨테이너형 모듈화

컨테이너형 데이터 센터는 전력 장치, 공조 장치, IT 장치 및 관리 장치 등 데이터 센터에 필요한 모든 기반 시설을 갖춘 이동형 데이터 센터이다. 장비 적재 하중에 대한 제약이 크므로 수평 방향 증설 모듈화에 적용이 가능하다. 표준화된 설계와 부품으로 데이터 센터의 구축 품질을 높이고 구축 기간을 획기적으로 단축할 수 있다. 또한 필요에 따른 시설 확충이 용이하다. 국내의 경우 LG CNS가 부산에서 이 형태의 데이터 센터를 도입한 바 있다.



(a) 컨테이너형 데이터 센터



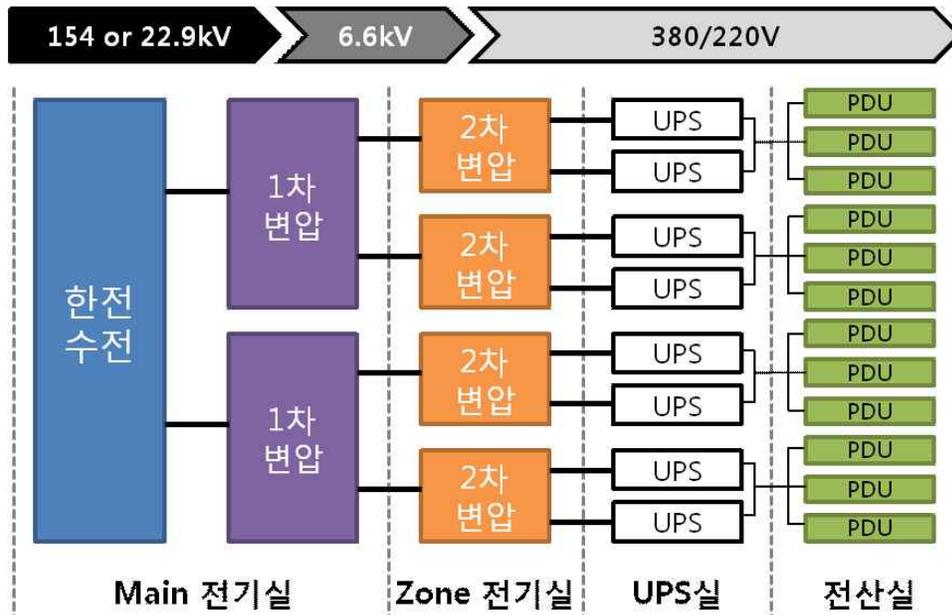
(b) 조립식 데이터 센터

<그림 3> 모듈형 데이터 센터

나. 전력 장치의 모듈화

(1) 전력 분배 방식

전력 공급 장치는 동일한 크기의 IT 부하로 전력을 공급하기 위해서는 고압으로 전송하는 것이 유리하다. 이는 동일한 전력에 대해서 전압이 높을수록 전류 값이 낮아지므로 배선 케이블의 부피 감소 및 전력 손실을 줄일 수 있기 때문이다. 아래 그림은 데이터 센터의 전기 분배 방식을 보인다. 그림에서처럼 가능하면 IT 부하로 보다 높은 전압의 전력을 공급하는 것이 보다 효율적이다. 따라서 주전기실은 한전으로부터 공급받은 전압을 1차로 강압시키는 변압기로 구성하고, 가능하면 2차 변압기는 IT 부하에 가깝게 구성하는 것이 유리하다. 즉, 2차 변압기, UPS, PDU 등을 단위 모듈로 구성하는 것이 전력 효율 측면에서 바람직하다.



<그림 4> 데이터 센터의 전기 분배 방식

데이터 센터를 신축하는 경우 위와 같이 구성하는 것이 바람직하지만, 기존에 데이터 센터에 구성된 설비가 위 그림과 같지 않다면 해당 데이터 센터에 적합한 방식의 전력 장치 모듈화를 구성하면 된다.

(2) 전력 장치의 모듈화

전력 장치의 모듈화는 기본적으로 전력 공급의 효율화 측면에서 진행되어야 한다. 즉, 전력 공급 손실을 최소화하면서 단계별 증설이 가능하도록 모듈화가 이루어져야 한다. 위 그림과 같이 1차 변압기는 공통 모듈로 구성하고, 2차 변압기 이후의 장치들은 개별 모듈화하는 것이 바람직하다. 하지만 데이터 센터 전체의 소비 전력 규모, 모듈별 소비 전력 규모 등에 따라서 최적화된 전력 장치 구성이 이루어져야 한다. UPS와 배터리, PDU 등은 개별 모듈화로 구성하는 것이 바람직하다.

다. 공조 장치의 모듈화

데이터 센터 내에서 소요되는 냉각 용량을 충분히 공급하도록 공조 장치가 구성이 되어야 한다. 데이터 센터의 모듈화 구성을 지원할 수 있도록 공조 장치도 적절한 수준에서 모듈화 구성이 되어야 한다. 데이

터 센터 내에서 공통으로 운영이 되어야하는 부분과 모듈화 구성으로 운영되어야할 부분을 나누어서 고려하되, 전체 데이터 센터의 공조 장치의 최적 운영을 최우선 목표로 삼아야 한다. 즉, 국부 최적화보다는 전체 최적화가 우선시 된다.

외기 도입 방식의 공조 장치는 데이터 센터 차원에서 구성이 될 수 있으며, 각 모듈별 냉기 도입 장치가 별도로 구성될 수 있다. 냉동기의 경우 제공되는 냉동 용량에 따라 적절한 수준에서 공통 구성 또는 모듈 구성이 가능하다. 랙 장착 덕트식 공기 공급 장치 및 공기 순환 장치, In-Row 구성, Chimney Rack, 그리고 RDHx 등과 같은 보조 냉각 장치는 모듈별로 구성이 될 수 있다.

3. 전력 분야

랙에 장착되는 IT장비가 소비하는 전력은 서버/스토리지와 그 구성에 따라서 크게 다를 수 있다. 일반적으로 하나의 랙이 소모하는 전력은 2kW이지만, 블레이드 서버와 같은 고밀도 서버를 랙에 장착할 경우 랙 당 최대 20kW 이상의 전력을 발생시킬 수 있다. 이러한 IT 장비의 전력량은 현재 설치되어 운용되고 있는 전산실의 전력과 냉각 시스템의 용량을 초과하게 된다.

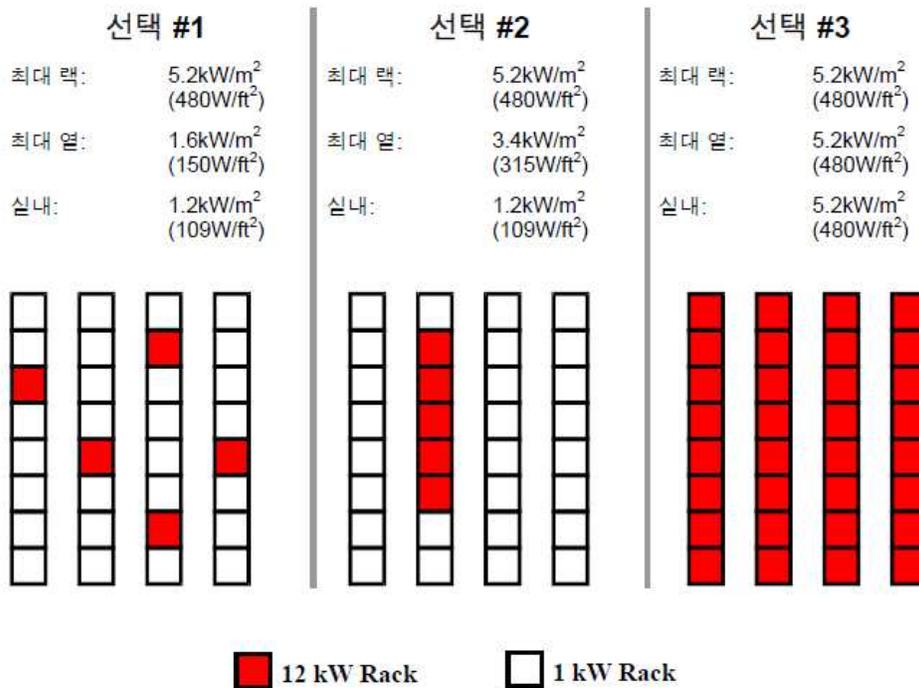
이 문제를 해결할 수 있는 가장 간단한 방법은 모든 랙에 20kW의 이중화된 전력과 냉각을 공급할 수 있도록 데이터 센터를 구성하는 것이다. 하지만, 이런 방법은 대부분 기술적으로 용이하거나 경제적으로 현실적이지 못하다. 클라우드 데이터 센터에서는 고밀도/고집적 랙이 사용될 것이므로 경제적이면서도 지속가능한 전력을 공급하는 것은 아주 중요하다. 본 절에서는 클라우드 데이터 센터에 적용이 가능한 전력 공급 방식에 대해서 살펴보도록 한다. 이를 위해서 먼저 전력 밀도에 대해서 살펴본다.

가. 전력 밀도

전력 밀도(power density)는 일반적으로 평방미터당 와트 또는 랙당 와트 단위로 표현된다. 모든 랙이 소모하는 전력이 동일할 경우 이러한 간단한 설명이면 충분하다. 하지만 실제 데이터 센터에서는 랙당 소모

전력이 크게 다르다. 예를 들어 랙 단위로, 랙이 세워져 있는 열(row) 단위로, 그리고 룸 단위로 측정된 전력 밀도는 모두 다를 수 있다. 랙 단위, 열 단위, 룸 단위로 측정된 전력 밀도의 변화는 전력 인프라의 설계에 상당한 영향을 주며, 또한 냉각 시스템의 설계에서 대해서도 큰 영향을 미친다.

랙 단위, 열 단위, 룸 단위 수준에서 측정된 전력 밀도의 차이는 아래 그림에 나타나 있다⁷⁾. 그림에서 고밀도 랙은 12kW의 전력을 소비하며, 일반 랙은 1kW의 전력을 소비한다.



<그림 5> 세 가지 구성에 대한 랙, 열, 룸 단위 전력 밀도 비교

첫 번째의 경우에는 전산실에 있는 랙의 15%가 12kW를 소모하며, 나머지 랙들이 1kW를 소모한다. 두 번째의 경우에는 동일한 비율의 랙들이 12kW의 전력을 소모하지만 하나의 열(row)에 밀집되어 있다. 두 경우에 최대 전력 밀도는 랙당 12kW로 동일하며, 5.2kW/m²로 표현할

7) Neil Rasmussen, "Cooling Strategies for Ultra-High Density Racks and Blade Servers", Schneider Electric White Paper 46(Rev. 7), 2011.

수 있다⁸⁾. 하지만 열 및 림 전력 밀도는 경우에 따라 크게 다르다.

위 그림에 반영된 랙, 열 및 림 단위 전력 밀도의 차이는 실제 여러 설치 방법들 중의 대표적인 것들이다. 이런 차이점은 전력 및 냉각 시스템의 인프라 설계에 큰 영향을 미친다. 이들 전력 밀도를 고려하여 전력 공급 장치 및 향온향습기 등의 용량을 산정할 수 있다.

나. 고밀도 랙에 대한 전력 요구 사항

초고밀도 랙의 경우, 7U 공간을 차지하는 블레이드 서버를 42U 랙에 장착하고 블레이드 하나의 새시당 3kW를 소모한다고 하면, 전체 랙의 전력 밀도는 18kW가 될 것이다. 이것은 18kW의 전원을 소모하는 랙에 그 만큼의 전원과 냉각을 공급해야 한다는 것이다. 이러한 시스템은 일반적으로 굉장히 중요한 시스템에 사용될 것이며, 전원과 냉각 시스템의 이중화가 요구될 것이다.

전력 관점에서 보면, 6개의 블레이드 서버가 일반적으로 이중화된 전원 공급선(6-wire)을 가지며, 208V 또는 230V 전원을 사용한다고 하면, 총 24가닥의 전원선과 각각의 전원선은 20A의 전원 사용량을 가지게 될 것이다. 이 회로에는 대량의 케이블을 연결해야 하며, 이 작업은 일반적으로 랙의 상부로 전원 케이블을 연결하여 이중 마루 하단부의 냉각 공기의 흐름을 방해하는 것을 방지해야 한다. 이것은 특히 서로 가까운 거리에 많은 랙이 설치되어 있는 경우에 해당한다. 또 다른 방법으로 만약 이중 마루 하단부가 케이블을 수용할 수 있는 적절한 깊이를 가지고 있다면, 이중 마루 하단부로 케이블링이 가능하게 된다. 이 경우에는 이중 마루 하단부에 상당히 많은 양의 배선을 해야 한다. 이러한 방법들을 적절히 이용하면 초고밀도 랙에 이중화된 전원을 공급할 수 있을 것이다.

4. 공조 분야

가. 고밀도 랙에 대한 냉각 요구 사항

8) 랙 바닥 면적을 25ft²로 가정함

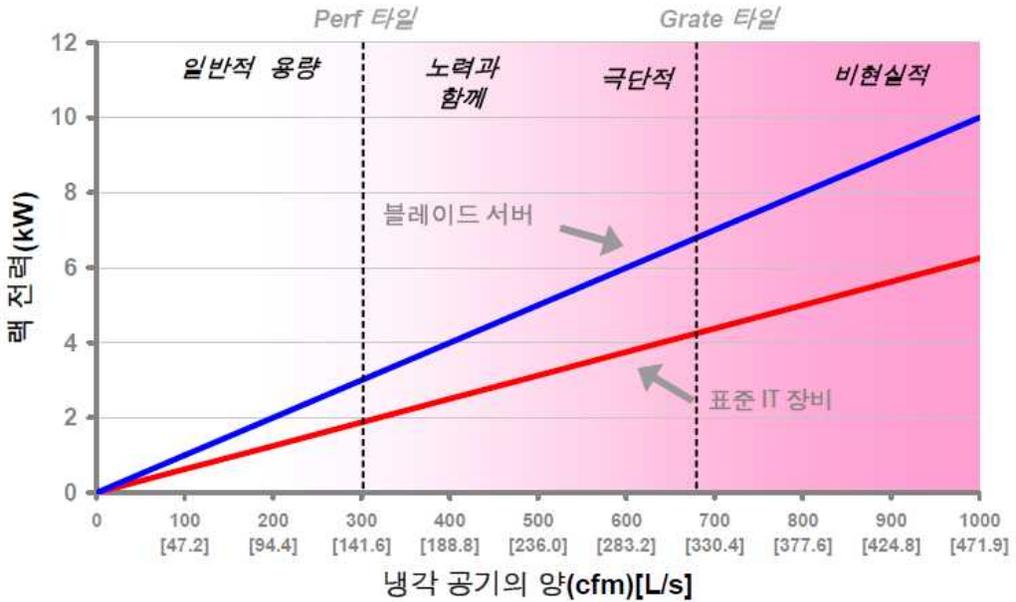
초고밀도 랙을 냉각하는 것은 전력을 공급하는 것보다 훨씬 복잡하다. 앞서 설명한 블레이드 서버 시스템은 랙의 전면으로 약 1,180L/s(약 2,500cfm(cubic feet per minute))의 냉각된 공기의 양을 받아야 하며, 랙의 후면으로 같은 양의 뜨거워진 공기를 불어낸다. (랙의 전면과 후면의 공기의 온도차는 기본적으로 11°C(20°F)의 차이가 발생한다.) 블레이드와 같은 고밀도 장비는 냉각 시스템에서 이러한 양의 공기를 공급할 수 있는가의 여부에 관계없이 이러한 양의 공기를 소모할 것이다. 실내가 랙에 이러한 양의 냉각된 공기를 공급할 수 없다면, 랙은 자체에서 배출된 뜨거운 공기(또는 인접한 장비의 배기 공기)가 전산실 내에 점점 더 많아지게 되어 결국에는 뜨거워진 공기를 소모할 것이다. 이는 결국 IT 장비의 과열을 유발하게 된다. 따라서 이를 해소하기 위해서는 다음과 같은 사항들이 해소되어야 한다.

- 랙에 1,180L/s(2,500cfm)의 냉각된 공기를 공급한다.
- 랙에서 배출되는 1,180L/s(2,500cfm)의 뜨거운 공기를 제거한다.
- 뜨거운 배기 공기가 IT 장비로 재순환되는 현상을 방지한다.
- 중복된 형태로 아무런 장애가 없이 이런 기능들을 모두 제공한다.

(1) 랙에 1,180L/s(2,500cfm)의 냉각된 공기를 공급한다.

일반적으로 이중 마루를 사용하는 데이터 센터는 각 랙의 전면에 냉각된 공기를 공급할 수 있는 1개 이상의 바닥 타일을 제공한다. 평균적인 다공판은 랙에 약 142L/s(300cfm)의 찬 공기를 공급할 수 있다. 이 점은 18kW 함체에는 통상적으로 할당될 수 있는 것보다 8배가 많은 8개의 다공판이 필요함을 의미한다. 통로 폭은 상당히 커야할 것이며, 랙 사이의 공간도 랙 당 8개의 다공판을 배치할 수 있도록 상당히 넓어야 할 것이다.

아래 그림은 이중 마루를 이용한 냉각 시스템에서 랙 전력 밀도에 따라 필요한 냉각 공기의 양을 그래프로 나타낸 것이다. (블레이드 서버는 일반적인 IT 장비에 비해서 동일한 용량에 비해 40% 이하의 기류가 필요하다.)



<그림 6> 랙의 전력 밀도에 따른 필요한 냉각 용량

위 그림에서 300cfm(142L/s) 이상의 냉각 공기를 제공하기 위해서는 세심한 이중 마루의 설계, 향온향습기 배치, 파이프, 도관, 케이블과 같은 이중 마루 아래의 냉각 공기 흐름을 방해하는 장애물에 대한 통제를 포함한 특별한 노력이 요구된다. 500cfm(236L/s) 이상의 냉각 공기를 제공하기 위해서는 개방형 금속 게이트 형태로 설계된 특수 바닥 타일이 필요하다. (이 경우 바닥 타일당 최대 700cfm(220L/s)를 공급할 수 있다.) 하지만 이런 다공판 및 냉각 시스템을 사용하면 바닥 아래 압력 정도가 크게 변경되고 주변 지역의 기류에 영향을 준다.

이와 관련해서 두 가지를 생각해 볼 수 있다. 첫 번째는 이중 마루의 깊이를 깊게 할수록 냉각 공기를 더 많이 공급할 수 있을뿐더러 기류의 변화도 감소시킬 수 있다. 다른 하나는 개방형 게이트 바닥 타일을 사용하면 기류 변화량이 매우 커진다는 것이다. 실제로 그레이트 타입 타일은 일부 경우의 기류가 보존되며, 타일은 공기를 IT 장비에 공급하는 대신에 아래로 끌어낸다. 정리하면, 이중 마루 깊이의 증가는 유익할 수 있지만, 적절한 깊이를 설정하는 것은 어렵다. 또한 그레이트 타입 타일을 사용하는 것이 유용할 수도 있지만 전력 밀도 용량을 늘리는 데는

효과적인 방법이 아닐 수 있다.

따라서 초고밀도 랙에 충분한 냉각 공기를 제공하기 위해서는 랙 장착형 덕트식 공기 공급 장치를 고려해야 한다.

(2) 랙에서 1,180L/s(2,500cfm)의 뜨거운 공기를 제거한다.

공기를 냉각 시스템으로 되돌려 보내는 방법은 실내를 통과하는 방법, 천장 공간을 통과하는 방법, 그리고 리턴 덕트를 통과하는 방법 등이 있다. 이상적으로는 장비에서 배출된 뜨거운 공기가 주변의 공기와 혼합되지 않고 냉각 시스템으로 직접 보내져야 한다. 참고로 2,500cfm(1,180L/s)를 지름 30cm의 덕트 안에서 운반하려면 시간당 56km/h의 공기 속도가 필요하다. 높은 천장을 가지고 큰 리턴 덕트를 통한 개방형 천장은 이러한 기능을 수행할 수 있는 한 가지 방안이다.

(3) 뜨거운 배출 공기가 IT 장비의 공기 흡입구로 들어가지 못하게 한다.

IT 장비에 공기를 공급하는 최단 경로는 장비 자체의 배기구에서 나온 뜨거워진 공기가 재순환되어 IT 장비의 공기 흡입구로 오는 것이다. 빠른 공기의 흐름으로 인하여 IT 장비를 위한 공기 분배 및 냉각 장치로의 리턴에서 발생할 수 있는 공기 흐름의 저항을 극복해야 하기 때문에 고밀도 환경에서는 반드시 해결해야 한다. 블랭킹 패널은 랙 안에서 뜨거운 공기의 재순환을 방지하는데 효과적인 솔루션이다.

(4) 이중화되고 끊임 없는 기능들을 모두 제공한다.

가용성이 높은 데이터 센터는 항온항습기가 장애에 의해서 멈추던, 예방 정비를 위해서 멈추던 간에 IT 부하는 계속해서 작동해야 한다. 이를 위해서는 개별적인 CRAC의 정지에 대비하여 이중화된 CRAC 장치가 구성되어야 한다. 전통적인 데이터 센터 설계에서는 다수의 CRAC 장치를 통해서 이중 마루 또는 상부로 차가운 공기를 공급해주며, 임의의 CRAC에 장애가 발생해도 공기 흐름 및 IT 장비를 위한 냉각 요구사항을 충족할 수 있도록 설계되어 있다.

만약 랙들의 전력 밀도가 증가하게 되면 그 지역의 공기 흐름이 증가

하여 최초 설계된 시스템의 운영에 대한 가정이 무너진다. 따라서 개별 CRAC에 장애가 발생하면 전산실 내의 국지적인 공기 흐름 속도가 바뀔 수 있으며, 실내 온도가 상승하게 된다. 따라서 고밀도 설비는 전산 유체 역학 등을 이용하여 냉각 시스템의 이중화 구성을 고려해야 한다.

한편, 고밀도 환경에서는 무정전 냉각이란 개념에 대해서도 주의를 기울여야 한다. 전통적인 데이터 센터 냉각 시스템은 무정전 전원 장치(UPS)가 아니라 정전 발생 시 예비 발전기에서 전력을 받는다. 발전기를 시동시키기 위해서 필요한 5-20초 동안 냉각 및 공기 공급이 중단되어도 1°C 밖에 상승하지 않기 때문에 발전기 시동 지연이 용인될 수 있다. 하지만 랙당 약 18kW의 고밀도 부하를 설치한 경우에는 발전기의 시동이 지연되는 동안 용인이 불가능한 8-30°C의 공기 온도가 상승할 것이다. 따라서 고밀도 설비에서는 CRAC 팬과 펌프, 그리고 경우에 따라서는 CRAC 장치 자체를 계속해서 작동하도록 할 필요가 있다.

나. 고밀도 랙 배치를 위한 방안

고밀도 랙 및 블레이드 서버를 배치하기 위해서 다음 사항들을 고려할 필요가 있다.

(1) 부하 분산 배치

- 최대 랙 전력 밀도를 포함한 평균적인 랙 전원 밀도가 전산실에 설계된 전원 및 냉각 공급 용량보다 작아야 하며, 고밀도 IT 장비들은 여러 대의 랙에 적절히 분산하여 배치하여야 한다.

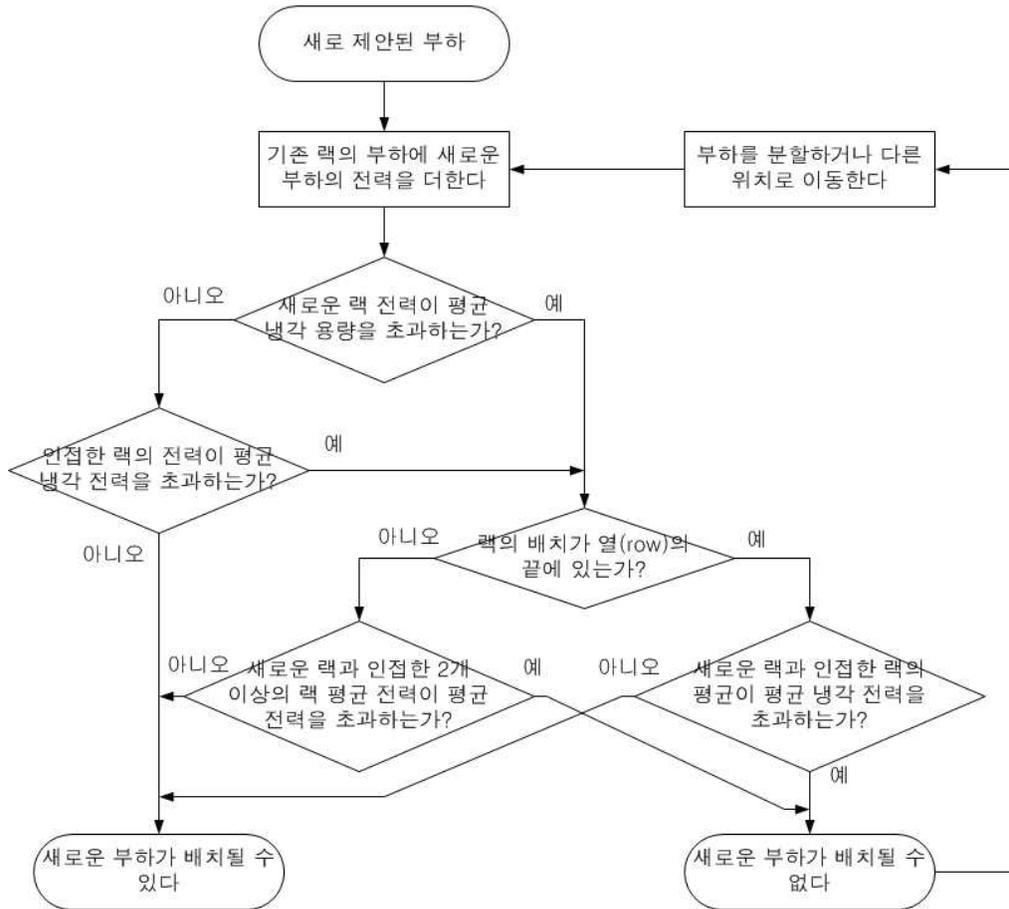
이 방법은 고밀도 IT 장비를 현재 데이터 센터에 통합하기 위한 가장 널리 알려진 솔루션이다. 1U 서버 및 블레이드 서버는 동일한 랙에 설치할 필요가 없으며, 복수의 랙에 걸쳐 넓게 배치할 수 있다. 장비를 랙 사이에 분리하면 랙이 설계 전력 밀도를 초과하지 않게 되면, 그 결과 냉각 성능을 예측할 수 있다. 복수의 랙에 장비를 배치하면 랙 안에 사용하지 않는 수직 공간이 남게 되므로, 블랭킹 패널을 이용하여 공기의 재순환을 막아야 한다.

(2) 냉각 용량의 분배

- 최대 랙 전력 밀도를 포함한 평균적인 랙의 전력 밀도가 전산실에 설계된 전원 및 냉각 용량보다 작아야 하며, 주변의 낮은 전원 밀도를 가진 랙에서 남는 냉각 용량을 고밀도 랙에 추가하여 공급할 수 있다.

이 방법은 일부 랙의 전력 소모가 평균 설계값보다 작다는 사실을 이용한다. 평균 설계값보다 낮은 랙에 공급되고 리턴되는 냉기들의 남은 양들은 같은 지역의 다른 랙에 공급될 수 있다.

아래 그림은 인접한 랙을 통한 고밀도 랙의 냉각 사용에 대한 절차를 기술하고 있다. 이는 새로운 장비 배치에 적용되어 냉각 시스템 용량의 범위 안에서 장비를 배치할 수 있도록 한다. 근접한 랙에서 사용되지 않는 냉각 용량을 필요한 랙에 냉각된 공기를 공급할 수 있으며, 이를 통해서 최대 랙의 전력 밀도가 평균 IT 전력 밀도의 3배까지 냉각 용량을 공급하도록 한다. 가용 냉각 용량을 모두 이용하지 않는 인접한 랙이 있는 경우에 이 방법은 고밀도 랙에 적절한 냉각 공기를 공급해 줄 수 있는 아주 효과적인 방안이다.



<그림 7> 인접한 랙을 통한 고밀도 랙의 냉각 사용 절차

(3) 추가 냉각

- 최대 랙 전력 밀도를 포함한 평균 랙 전원 밀도가 전산실 내에 설계된 전원 및 냉각 용량보다 작아야 하며, 필요에 따라 추가 냉각 장비를 이용해 설계 평균값보다 높은 전력 밀도의 랙을 냉각한다.

이 방법은 일반적으로 사전에 설치 계획을 세워 필요할 때 필요한 곳에 추가 냉각 장비를 설치하도록 한다. 이를 위해서는 다음과 같은 사항을 고려해야 한다.

- CRAC에서 랙으로 인입되는 차가운 공기의 공급량을 늘리기 위한 차가운 공기 공급을 위한 특수한(그레이트 타입) 바닥 타일 및 보조 냉각 팬 설치

- 랙 내에 설치된 IT 장비들의 발열로 인해서 발생하는 뜨거운 공기가 CRAC로 보다 잘 회수될 수 있도록 리턴 덕트 또는 팬 설치
- IT 장비가 필요로 하는 냉각을 랙의 근접한 곳에서 직접 공급하고 뜨거워진 공기를 리턴받을 수 있는 랙형 냉각 장치 설치

(4) 고밀도 지역 설정

- 최대 랙 전력 밀도를 포함한 평균 랙 전원 밀도가 전산실 내에 설계된 전원 및 냉각 용량보다 작아야 하며, 냉각 용량이 높은 실내에 특정 제한 구역을 제공하고 고밀도 랙의 위치를 해당 구역으로 제한한다.

고밀도를 위한 특정 구역을 설정할 경우, 설치되는 고밀도 IT 장비에 적합한 예측 가능한 전원 및 냉각 용량을 공급할 수 있다. 전력 밀도가 랙 당 10kW를 초과하는 경우에는 공기의 움직임이 예측 불가능하므로, 이를 해결하기 위해서 냉각 시스템과 랙 사이의 공기의 움직임을 최소화하여 예측 가능한 공기의 흐름을 만들어 주어야 한다.

고밀도 랙에 대한 모듈러 방식의 고밀도 전력 및 냉각 시스템의 예가 아래 그림에 보인다⁹⁾. 이 시스템은 IT 장비가 설치된 랙을 사전에 제작 및 검사를 마친 고밀도 냉각 장치 및 배전 시스템과 통합한다.

9) APC InfraStruXure HD



<그림 8> 고밀도 구역을 위한 모듈 전력 및 냉각 시스템의 예

(출처: www.apc.com)

위 시스템은 랙의 배치를 냉복도와 온복도로 구분하여 배치하도록 구성되어 있다. 이 시스템의 주요한 작동 원리는 냉복도를 차폐하여 IT 장비에서 발생하는 뜨거운 공기가 랙의 전면으로 재순환되는 현상을 방지하고 즉시 랙 기반 냉각장치를 이용해 뜨거운 공기를 모두 포착하는 것이다. 공기의 흐름이 짧아지며 차가운 공기와 섞임을 방지할 수 있으므로 초고밀도 냉각이 가능하며, 시스템의 효율을 높일 수 있다. 이 시스템의 성능은 (일반 에어컨이 설치되어 있는 장소에서도) 전산실 내에서도 완전히 독립적으로 설치될 수 있으며, 이중 마루 없이도 설치할 수 있다.

이 방안은 고밀도 IT 장비가 같은 랙에 배치되어서 고밀도 랙을 유지하며 같은 구역 내에 설치되는 솔루션에 적합하다. 이용가능한 다른 솔루션은 고밀도 장비들이 다른 랙에 흩어져서 배치되어야 한다.

(5) 실내 전체 냉각

- 전산실에 설치되어진 랙 중에 피크치 전력 밀도를 가진 랙 이상의 냉각 용량을 제공할 수 있도록 한다.

이 방법은 개념적으로 가장 단순한 방법이다. 하지만 항상 데이터 센터의 랙 당 전력에 상당한 차이가 있고, 최악의 경우에 대한 설계는 비경제적이므로 절대로 실행할 수 없다. 또한 랙 당 6kW 이상의 랙 전력 밀도 전체를 위해 설계하려면 극히 복잡한 엔지니어링과 분석이 필요하다. 이 접근법은 극단적인 상황에 한해 적절한 방법이 될 것이다.

앞서 살펴본 고밀도 랙을 위한 5가지 냉각 접근법에 대한 장단점을 아래 표에 요약한다.

<표 3> 고밀도 랙을 위한 5가지 냉각 방안 비교

방안	장점	단점	적용
1. 부하 분산 배치 (고밀도 IT 장비를 여러 랙으로 나눠 최대 부하를 낮춘다)	<ul style="list-style-type: none"> 어떤 곳에서도 작업이 가능하며, 계획 수립이 불필요함 기본적으로 여러 경우에 자유롭다 	<ul style="list-style-type: none"> 고밀도 장비는 방안² 보다 더 더 넓게 배치해야 한다 바닥 공간을 보다 많이 이용한다 데이터 케이블 연결 문제를 일으킬 수 있다 	<ul style="list-style-type: none"> 고밀도 장비가 전체 부하 중에서 작은 부분일 경우, 기존 데이터 센터
2. 냉각 용량의 분배 (미활용 냉각 용량을 다른 고	<ul style="list-style-type: none"> 새로운 장비가 필요 없다 기본적으로 	<ul style="list-style-type: none"> 설계 전력 밀도가 약 2배로 제한된다 	<ul style="list-style-type: none"> 고밀도 장비가 전체 부하 중에서 작은 부분일

밀도 장비로 공급하도록 하고, 평균 냉각 용량을 제공한다)	여러 경우에 자유롭다	<ul style="list-style-type: none"> 바닥 공간을 보다 많이 이용한다 복잡한 규정의 시행을 필요로 한다 	경우, 기존 데이터 센터
3. 추가 냉각 (평균 냉각 용량에 더해서 필요한 곳에 추가 냉각 용량을 제공한다)	<ul style="list-style-type: none"> 언제 어디서든 필요한 때에 고밀도 IT 장비 설치 가능 추가적인 비용 발생 고효율 공간 효율이 좋음 	<ul style="list-style-type: none"> 랙 당 약 10kW 이내로 제한된다 랙 및 실내는 사전에 이러한 접근법을 지원할 수 있도록 설계해야 한다 	<ul style="list-style-type: none"> 새로운 건축 및 리모델링 복합 환경 고밀도 장비의 위치를 사전에 모를 때
4. 고밀도 구역 (데이터 센터 내에 특수 고밀도 열(row) 또는 지역을 만든다)	<ul style="list-style-type: none"> 최대 밀도 최적의 공간 활용도 고밀도 장비를 넓게 배치할 필요가 없다 고효율 	<ul style="list-style-type: none"> 사전에 고밀도 구역에 대한 계획을 세우거나, 고밀도 구역을 위한 공간을 보존할 필요가 있다 고밀도 장비를 분리해야 한다 	<ul style="list-style-type: none"> 랙 당 밀도 10-25kW 고밀도 장치를 공동 설치하도록 요구할 때 새로운 건축 및 리모델링
5. 실내 전체 (모든 랙에 고밀도 냉각 용량을 제공한다)	<ul style="list-style-type: none"> 미래의 모든 시나리오를 다룬다 	<ul style="list-style-type: none"> 선택 방법에 따라 최대 4배의 비용이 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 드물게 또는 극단적으로 극히 제한적인 공간 안

		<ul style="list-style-type: none"> • 비용 인프라를 극단적으로 활용하지 못할 수도 있다 	에 고밀도 장비를 갖춘 대기업
--	--	---	------------------

다. 고밀도 랙을 위한 보조 냉각 장치

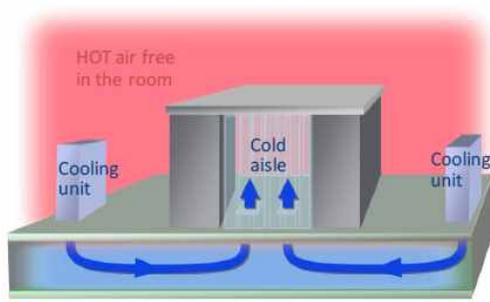
(1) 냉복도/온복도 밀폐 장치

밀폐식 복도 구조는 데이터 센터 내의 열섬을 제거하며, 냉기와 온기의 혼합을 방지함으로써 에너지 손실을 막아주는 장점을 제공한다. 최적의 밀폐형 구조는 시설의 제약 사항에 따라 달라지겠지만, 냉복도 방식과 온복도 방식의 밀폐형 구조를 고려해볼 수 있다.

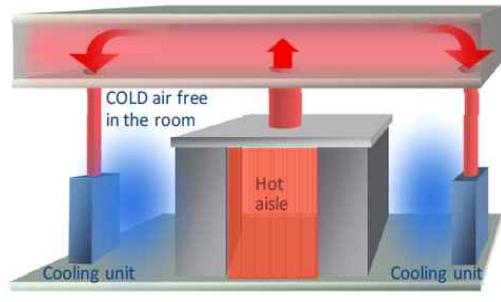
냉복도 밀폐 장치는 냉기 공급되는 복도를 밀폐시키고 데이터 센터의 나머지 구간은 온기의 회수 구간으로 남겨둔다. 냉복도를 밀폐시킴으로써 냉기와 온기를 분리시킬 수 있다. 냉복도는 랙들이 일렬로 정렬되어야 하며, 냉복도와 온복도가 나란히 배치되어야 한다. 아래 그림 (a)는 이중마루를 통해서 냉기가 공급되는 냉복도 밀폐 구조의 기본 방식을 보인다¹⁰⁾.

온복도 밀폐 장치는 IT 장치로부터 발생한 뜨거운 배출 공기를 온복도에 밀폐시키고 데이터 센터의 나머지 구간을 냉기 공급 구간으로 만든다. 온복도를 밀폐시킴으로써 냉기와 온기를 분리시킬 수 있다. 온복도는 랙들이 일렬로 정렬되어야 하며, 냉복도와 온복도가 나란히 배치되어야 한다. 아래 그림 (b)는 온복도로부터 배출된 공기가 냉각 장치로 유입되는 방식의 온복도 밀폐 구조의 기본 방식을 보인다.

10) Schneider Whitepaper 135, Impact of hot and cold aisle containment on data center temperature and efficiency.



(a) 냉복도 밀폐 구조



(b) 온복도 밀폐 구조

<그림 9> 냉복도/온복도 밀폐 구조

(2) 랙 장착형 덕트식 보조 냉각 장치

아래 그림은 랙 장착형 덕트식 보조 냉각 장치를 보인다. 왼쪽의 공기 공급 장치(Air Distribution Unit, ADU)는 랙 하단의 U자형 공간에 장착되며, 공기 흐름이 전면 도어와 서버 사이에서 수직적으로 흐르도록 하여 냉각 공기 커튼이 형성되도록 한다. 밀도가 더 높아질 경우 캐비닛의 뒷문을 제거하고 오른쪽 그림의 공기 배출 장치(Air Removal Unit, ARU)와 같은 공기 이동 장치로 교체할 수 있다. 일반적으로 온복도로 배출되는 뜨거운 배기 기류를 모아 위쪽으로 올려 보내면 여기서 순환 공기 플레넘으로 전달된다. 이렇게 하면 랙 안에서의 재순환이 방지되며 항온항습기의 효율과 용량이 증가한다.



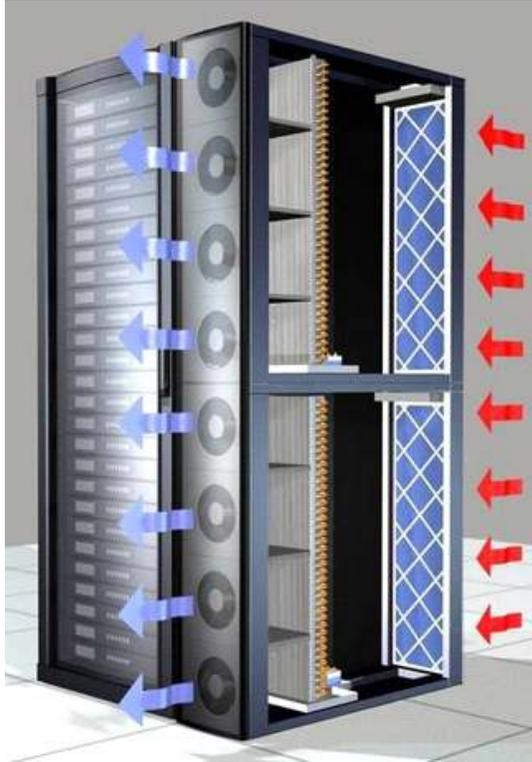
(a) 랙 장착형 덕트식 공기 공급 장치 (b) 랙 장착형 덕트식 공기 순환 장치

<그림 10> 랙 장착형 덕트식 보조 냉각 장치

(출처: www.apc.com)

(3) In-Row 방식 보조 냉각 장치

In-Row 방식의 냉각 장치는 랙과 랙 사이에 배치함으로써 냉각 장치와 IT 부하를 아주 밀접하게 결합시켜 높은 열을 신속하게 냉각시켜주는 장치이다. 고온의 재순환을 방지해주고, 부하의 증가에 따라 단계적으로 증설이 가능하다. 장치의 폭이 12인치 정도로 공간을 적게 차지하면서도 높은 수준의 냉각 용량(20~30kW)을 제공할 수 있다. 또한 이 중마루의 높이가 40cm 이하로 낮아서 냉기의 공급이 원활하기 않거나 천장의 높이가 낮아 재순환이 어려울 경우에 효과적으로 사용될 수 있다.



<그림 11> In-Row 방식의 보조 냉각 장치>

(출처: <http://www.premiersolutionsco.com/>)

위 그림에서와 같이 In-Row 냉각 장치는 온복도로부터 열기를 빨아들이고, 이를 냉각시킨 뒤에 냉복도로 냉기를 전달해준다.

(4) Chimney Rack

Chimney Rack은 개별 서버 랙의 후면에서 배출되는 고온의 공기를 굴뚝 형태의 구조물로 밀폐시켜 향온 향습기로 보내는 장치이다. 굴뚝 구조물은 수동형 또는 능동형으로 구성될 수 있으며 온도와 압력을 조절하기 위한 추가적인 팬을 가지고 있다. Chimney Rack은 최대 30kW까지의 고집적 랙에 사용될 수 있다.

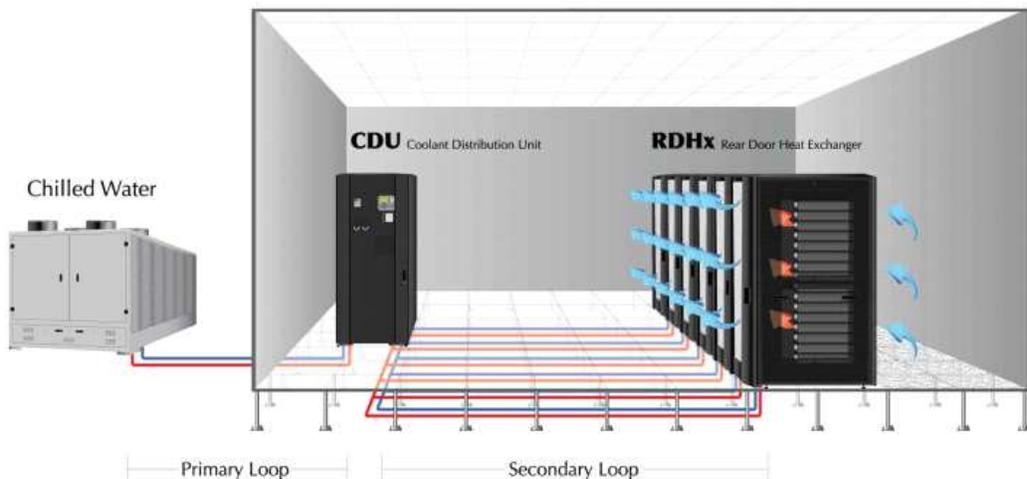


<그림 12> Chimney Rack

(출처: <http://powerquality.eaton.com/USA/>)

(5) RDHx(Rear Door Heat eXchanger)

RDHx는 랙 후면 도어에서 랙에서 나오는 고온의 공기를 직접 냉각하는 장치이다. 기존 랙을 RDHx로 교체할 수도 있고 새로운 랙 인크로저에 부착되어 사용될 수 있다. 최대 30kW의 냉각 용량을 제공할 수 있다.



<그림 13> RDHx의 동작 방식>

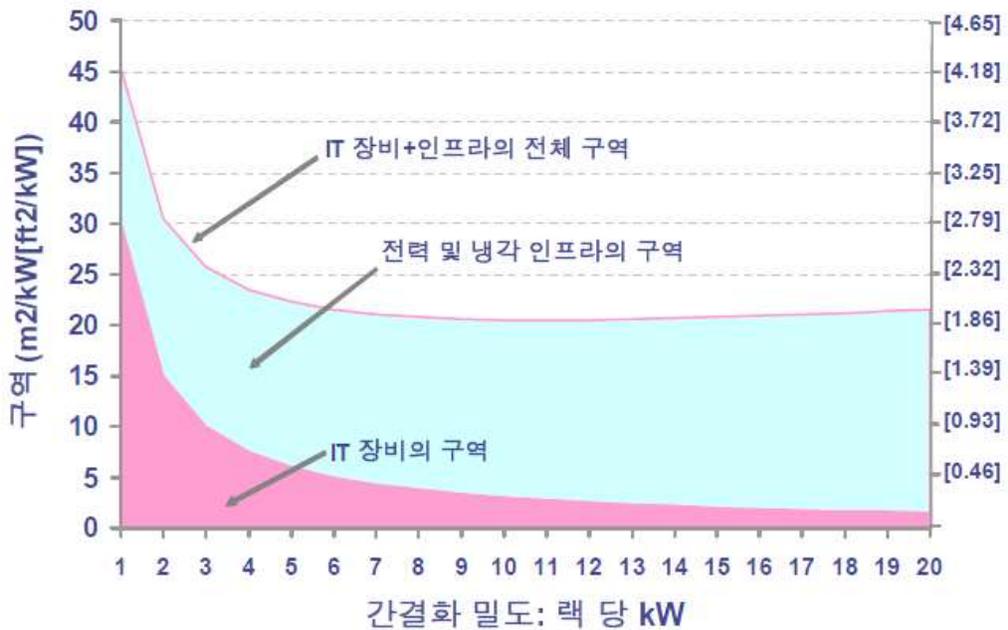
(출처: <http://www.electrorack.com/>)

라. IT 장비의 고밀도에 따른 최적화 방안

앞서 IT 장비의 고밀도에 따른 전력 및 냉각 시스템의 구성 및 제공 방안에 대해서 살펴보았다. 고밀도가 진행될수록 데이터 센터 내의 공간 활용도가 높아지긴 하지만, 데이터 센터 전체적으로 최적화가 이루어지는 지에 대한 고민이 필요하다. 사실, 전력 소모가 근본적으로 감소하지 않은 상태에서 전원 밀도의 증가를 통한 최적화의 증가는 비용 대비 그다지 효과적이지 않다. 본 절에서는 IT 장비의 고밀도에 따라 데이터 센터의 최적화를 구역과 TCO 측면에서 살펴본다.

(1) IT 장비의 고밀도화에 따른 데이터 센터 구역 최적화

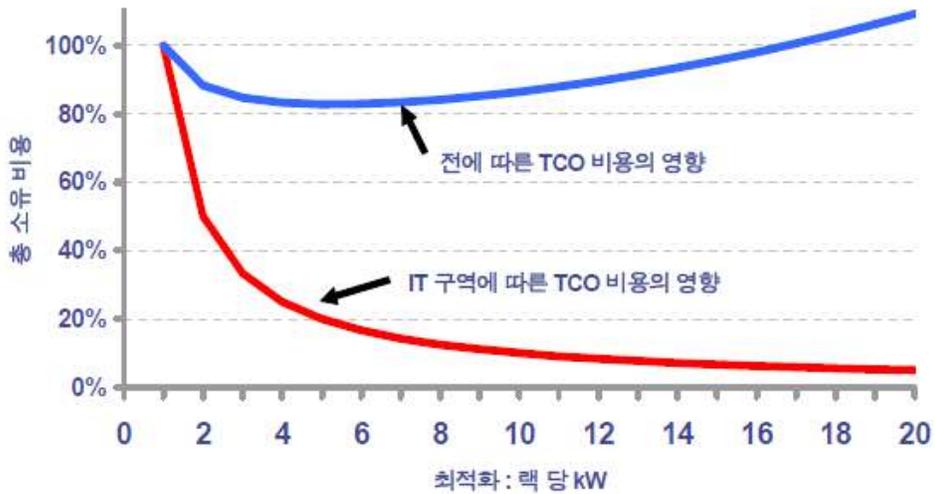
아래 그림은 kW 당 데이터 센터 구역을 IT 장비의 전력 밀도로 나타내고 있다. IT 장비의 전력 밀도가 증가하면, 낮은 곡선에서처럼 건물 중에서 이 장비에 소요된 구역이 줄어든다. 하지만 그에 상응해 건물 구역에서 전력 및 냉각 인프라에 소요된 면적이 줄어드는 것은 아니다. 전력 밀도가 랙 당 약 2.5kW를 통과한 후, 전력 및 냉각 장비에 소요된 구역은 실제로 IT 장비가 있는 구역을 초과했다. 랙 당 전력 밀도가 약 10kW를 초과하면 오히려 데이터 센터의 구역은 오히려 증가하는 것으로 나타났다.



<그림 14> 랙 전력 밀도에 따른 데이터 센터의 구역

(2) IT 장비의 고밀도화에 따른 TCO 최적화

데이터 센터의 비용은 구역의 영향을 받는 만큼 최적화를 통해서 구역의 면적이 줄어들면 비용이 줄어들 것이라고 생각할 수 있다. IT 장비의 전력 밀도에 따른 데이터 센터의 총 소유비용(TCO)가 아래 그림에 나타나 있다. IT 장비의 밀도가 증가할 경우 IT 구역에 따른 TCO 비용은 꾸준히 감소하는 것을 볼 수 있다. 하지만 데이터 센터 전체의 TCO 비용은 IT 장비의 밀도가 증가함에 따라 초기(전력 밀도 약 4kW 까지)에는 감소하지만, 그 이후에는(약 6kW) 지속적으로 증가함을 볼 수 있다. 이는 데이터 센터 TCO 비용의 75%는 전력의 영향을 받아 증가하며, IT 구역의 영향을 받아 증가하는 비용은 25%에 불과하기 때문이다.



<그림 15> 랙 전력 밀도에 따른 데이터 센터 수명 주기의 TCO 변화

(3) 요약

IT 장비의 전력 밀도를 증가시키는 혜택은 그다지 높지 않다. 데이터 센터 구역 및 TCO는 전력 소모에 큰 영향을 받으므로 IT 장비의 전력 소모를 줄이는 것이 더 큰 효과를 볼 수 있다. 아래 표는 IT 장비의 전력 감소가 데이터 센터 및 TCO에 어떤 영향을 주는지 보인다¹¹⁾.

<표 4> IT 장비의 크기 및 전력 소모 감소를 통한 데이터 센터의 구역 및 TCO 절감

IT 장비 개선	구역 절감	TCO 절감	분석
<ul style="list-style-type: none"> 크기 50% 축소 동일한 전력 소모 	14%	4%	<ul style="list-style-type: none"> 전력 및 냉각 시스템이 차지하는 구역이 대부분이므로 구역이 예상된 만큼 절감되지 않는다 TCO에서 전력 관련 비용이 대부분이므로 TCO가 예상된 만큼 절감되지 않는다

11) 듀얼 프로세서 2U 서버 당 3kW 가정

<ul style="list-style-type: none"> • 전력 소모량 50% 감소 • 동일한 면적 	26%	35%	<ul style="list-style-type: none"> • 전력 및 냉각 공간 절감을 통해 넓은 구역이 절감된다 • TCO는 전력 관련 비용이 대부분이므로 TCO가 크게 절감된다
---	-----	-----	---

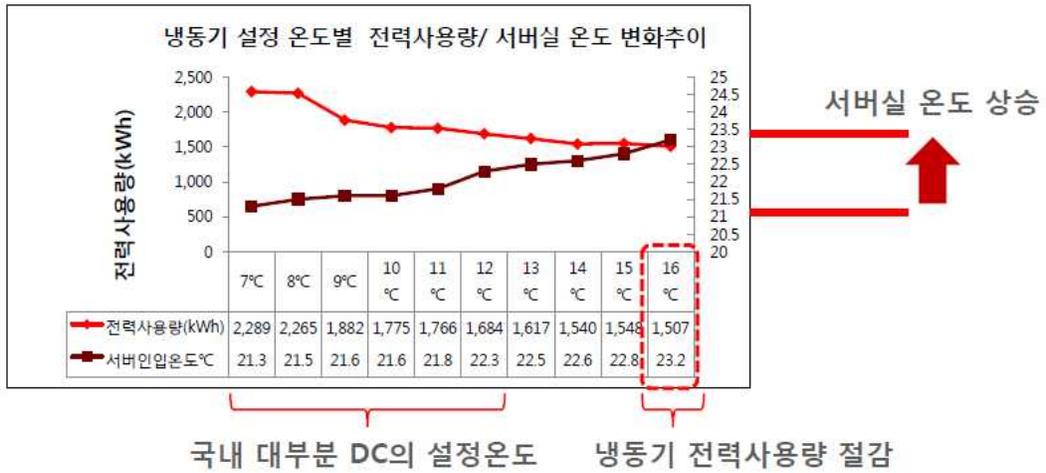
블레이드 서버는 전력 공급 장치 및 냉각 팬에 대한 새시 인프라를 공유하고 있기 때문에 동등한 수준의 전산 전력의 재래식 서버와 비교할 때 전력 소비를 20~40%까지 줄일 수 있다. 이러한 절감은 TCO에서 IT 공간 관련 비용이 아니라 전력 관련 비용이 대부분이기 때문에 상당한 IT TCO를 절감할 수 있다는 것을 의미한다. 클라우드 컴퓨팅의 핵심 기술인 가상화를 이용한 서버 및 스토리지의 통합은 결국 전력을 상당히 줄일 수 있기 때문에 클라우드 데이터 센터의 그린화를 위한 핵심 기술로 살펴볼 수 있다. 이와 관련해서는 다음 절에서 살펴보도록 한다.

마. 고온 운영 환경

클라우드 컴퓨팅 시스템은 대부분은 x86 서버로 구성이 되므로 클라우드 데이터센터 내의 서버 환경은 x86 기반으로 조성되어야 한다. 하지만 현재 데이터 센터의 운영 온도는 x86 서버가 아닌 유닉스 서버를 기준으로 18~21도로 맞추어져 있기 때문에 필요 이상으로 냉각에 전력을 소비하고 있다. 하지만 최근에 개발되는 x86 서버들은 이보다 고온에서도 동작할 수 있도록 개발되고 있기 때문에 데이터 센터 내의 온도도 보다 높여서 운영할 수 있을 것이다. 이를 고온 운영 환경(High Temperature Ambient, HTA)라고 한다.

HTA는 서버실 온도를 고온(30°C 내외)로 유지하여 공조에 소비되는 전력을 절감하는 기술을 말한다. 예를 들어 냉동기의 설정 온도를 7°C에서 16°C로 올려 서버실 온도를 23°C로 유지할 경우 냉동기 전력 사용량의 34%를 절감할 수 있다¹²⁾.

12) Charles Huh, "CDC DC 운영 사례", CDC포럼 컨퍼런스 발표자료, 2012.



<그림 16> 냉동기 설정 온도에 따른 전력 사용량 및 서버실 온도 변화 추이

현재 인텔은 자체 데이터 센터를 33도에서 운영하고 있으며, 페이스북은 27도, 야후는 25도, 구글은 26도로 운영 중이다¹³⁾. 국내에서는 KT가 HTA를 시험 중에 있다.

5. 클라우드 컴퓨팅 서버 및 스토리지 기술

가. 서버/스토리지 에너지 효율화

서버와 스토리지 등 IT 장비 자체의 에너지 효율화를 위해서는 저전력 구조의 CPU, 전원 공급기, 냉각 팬 등의 부품, 나노 테크놀로지 등을 고려할 수 있다.

(1) 나노 테크놀로지

기술 측면에서 나노 기술과 진공 절연 등과 같은 신기술을 사용해 회로 상에서의 전류의 손실을 최소화하고, 칩 상에서 공기 간극(air gap) 기술을 이용해 현재 전력 수준에서 35% 정도의 성능 향상을 이루거나 동일 성능을 내면서도 15% 정도의 전력을 감소시킬 수 있다.

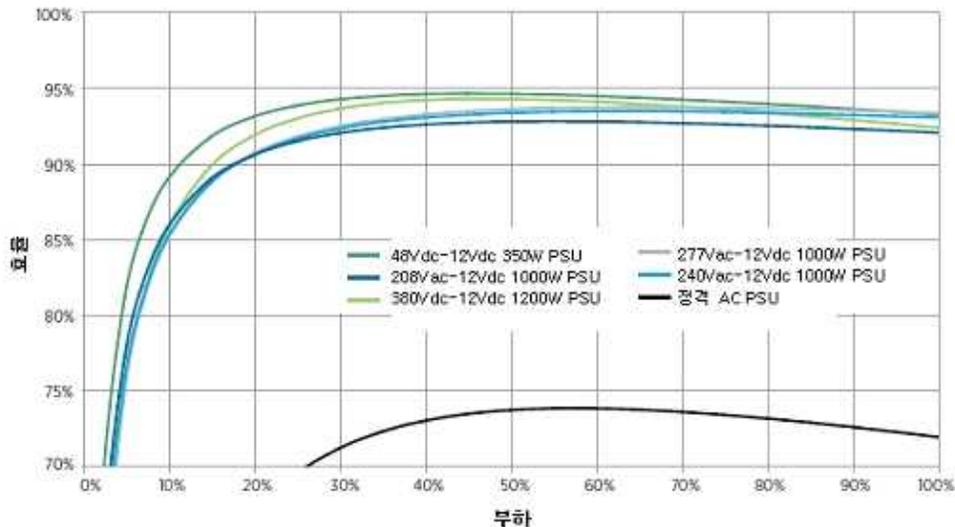
13) 박종섭, “고효율 저비용의 하이브리드 클라우드 플랫폼 전략”, IDG Summary, 2012.

(2) 프로세스 및 칩

프로세서와 칩 레벨에서 저전력 모드 및 동적 전력 제어가 가능한 CPU를 활용할 수 있다. 예를 들어 인텔의 LV 계열 CPU와 AMD의 HE 계열 CPU가 있는데, 이들은 일반 CPU 보다 20~40% 정도 적게 전력을 소모하면서도 비슷한 성능을 보인다.

(3) 전력 공급 및 냉각 장치

전력 공급 장치의 효율도 IT 장비의 전력 소비량에 상당한 영향을 미친다. 대부분의 전력 공급 장치는 어느 정도 부하가 있어야 효율이 높아진다. 아래 그림을 보면 부하가 10%일 때 효율이 85% 수준이지만, 부하가 20%를 넘게 되면 효율이 90% 수준으로 증가한다¹⁴⁾. 전력 공급 장치는 대개 40~70%의 워크로드 범위에서 작동되도록 설계되므로 서버의 워크로드를 20% 이상으로 유지하는 것이 전력 효율 면에서 유리하다. 이는 서버 가상화가 전력 사용 관점에서 유리한 것과 같은 이유이다.



<그림 17> 전원 공급 장치의 부하별 에너지 효율

14) The Green Grid, "Quantitative Efficiency Analysis of Power Distribution Configurations for Data Centers", White Paper 16, 2008..

(4) 통합 및 가상화

데이터 센터 내의 IT 자원들은 그 이용률이 10~20%로 낮은 수준을 나타내는데, IT 자원의 통합을 통해서 개별 장비의 이용률을 향상시킬 수 있다. 통합을 위해서 가상화 기술을 활용할 수 있다. 이용률이 낮은 장치들을 하나의 장치로 통합을 하고, 제공되는 서비스의 규모에 따라 가상화 기술을 이용해서 하나의 물리적인 장치를 여러 논리적인 장치로 나누어 사용하게 된다면 자원의 효율을 보다 향상시킬 수 있게 된다. 장치의 통합으로 인해서 운용하는 장치의 개수를 줄일 수 있고, 결과적으로 전력 소비량을 감소시킬 수 있다. 이에 따라 요구되는 전력 공급 장치 및 공조 장치의 수요를 줄일 수 있게 되며, 또한 데이터 센터 내의 상면을 줄일 수 있어 보다 많은 IT 자원을 운영할 수 있게 한다.

다음 표는 IT 자원의 통합의 예와 그 효과를 나타낸다.

<표 5> IT 자원의 통합 예

항목	통합 이전	통합 이후
캠퍼스 인프라	1RU 서버 10개 (스토리지 포함)	-
원격 오피스 인프라	1RU 서버 50개 (스토리지 포함)	-
데이터 센터 활용	-	블레이드 샤페이 2개 (샤페이당 듀얼코어 블레이드 서버 5개, 2TB 스토리지-SAN)
전력 소비량	1RU 서버 당 0.25kW (스토리지 포함)	블레이드 당 0.3kW, 1TB 당 1kW
IT 순전력 수요	캠퍼스: 2.5kW 원격 오피스: 12.5kW	서버: 3kW 스토리지: 2kW
PUE	캠퍼스: 1.8 원격 오피스: 2.5	데이터 센터 시설: 1.4
전력 소비량	캠퍼스 4.5kW	서버: 4.2kW

	원격 오피스: 31.3kW	스토리지: 2.8kW
총 전력 소비량	총: 35.8kW	총: 7kW
전원	60% 재생에너지, 40% 비재생에너지	100% 재생에너지

통합 및 가상화된 자원들은 비즈니스 수요에 자동적으로 관리가 되어야 한다. 필요에 따라 가상 머신을 생성하거나 회수할 수 있어야 하며, 이를 위한 관리 및 승인 절차가 필요하다. 개별 자원 간의 부하 분산이 이루어져야 하며, 자원의 이용률 등의 자원 모니터링이 이루어져야 한다. 그리고 서비스 요구에 따른 자원 사용에 따른 과금이 이루어져야 한다.

통합 및 가상화는 서버, 스토리지, I/O, 네트워크 등에 걸쳐서 이루어질 수 있다.

(5) 블레이드 서버

블레이드 서버는 랙 마운트형 서버처럼 가로로 랙 서버를 쌓아 올리지 않고 슬롯에 칼날처럼 얇은 블레이드들을 새시에 세로로 꽂아서 구성한다. 블레이드는 컴퓨팅 능력을 갖는 서버 블레이드, 연결망을 관리하는 스위치 블레이드, 네트워크와 I/O 연결을 담당하는 제어 블레이드 등으로 이루어진다. 전원 공급 장치와 냉각 팬을 하나의 새시 안에 패키징하여 전력 공급 장치와 냉각 팬을 각 블레이드 서버들이 공유하기 때문에 전력 사용의 효율을 극대화한다. 또한 블레이드를 새시에 꽂아서 구성하기 때문에 서버를 확장시 요구되는 복잡한 케이블링이 간소화될 수 있으며, 고밀도 서버를 구성할 수 있다. 하지만 그 만큼 전력 밀도와 발열량이 높아 이에 대한 대책이 요구된다.

나. 서버 통합, 가상화 및 자동화

(1) 서버 통합

데이터 센터 내에서 IT 자원이 가장 효율적으로 사용되기 위해서는 소비 전력 대비 CPU가 가장 높은 성능을 발휘되어야 한다. 하지만 데

이더 센터에 구축되는 서버들은 에너지 효율적 기술보다는 성능 위주로 설계가 되어 있다. 게다가 실제 서버 이용률은 10~20%에 불과한데, 이는 해당 이용률에서 완전 부하 상태에 비해서 더 높은 전력을 소비하기 때문에 많은 양의 전력을 낭비하게 된다.

서버 통합은 이와 같이 낮은 이용률로 운용되는 다수의 서버들을 소수의 서버로 통합하여 보다 높은 이용률을 낳게 함으로써 높은 전력 효율을 갖도록 한다. 서버의 이용률을 향상시키기 위해서는 다음과 같은 방법들이 적용될 수 있다.

- 서버 공유: 서버 이용률을 높이는 가장 단순한 방법은 다수의 응용 프로그램을 소수의 서버에 설치하는 것이다. 하지만 추가적인 자원 보호 방안이 없으면 운영 관리에 문제가 발생하며, 보안에 문제가 발생할 수 있다.
- 서버 파티셔닝(OS 가상화): 서버 파티셔닝은 큰 규모의 물리 시스템을 다수의 작은 세그먼트(파티션이라고 부름)으로 나눈다. 파티션은 자신에게 할당된 자원을 갖는다. 비록 하나의 커널이 운영되지만, 각 파티션은 OS 이미지의 사본을 운영하며, 개별 애플리케이션에게는 독립적인 시스템으로 보여진다.
- 서버 가상화(하드웨어 에뮬레이션): 서버 가상화는 호스트 서버와 게스트 서버 사이에 추상화 계층을 추가하여 물리 서버를 다수의 논리 서버로 운영하도록 하는 기술이다. CPU, 메모리, 디스크와 같은 물리 자원은 호스트 운영체제에 의해서 관리된다. 호스트 시스템은 다수의 가상 머신을 지원할 수 있는 하드웨어 에뮬레이션 소프트웨어를 운영한다. 가상 머신은 게스트 운영 체제를 독립적으로 운영한다. 물리 자원을 공유함으로써 얻을 수 있는 서버 이용률 향상 효과는 서버 파티셔닝과 동일하다.
- 애플리케이션 플랫폼 가상화: 자원 공유의 개념이 애플리케이션 수준에서도 적용이 가능하다. 운영 체제의 상위에는 애플리케이션 파운데이션 계층 또는 미들웨어 계층이 존재하는데, 이들 계층은 응용 프로그램을 운영하기 위한 소프트웨어 플랫폼을 포함한다. 자바 플랫폼과 마이크로소프트의 .NET이 대표적인 예이다.

(2) 서버 가상화

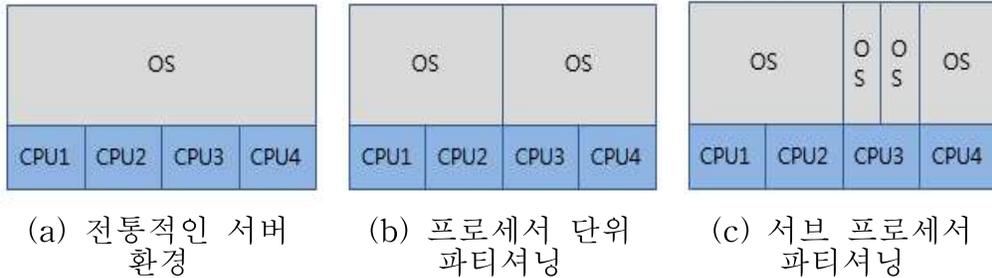
서버 가상화는 물리 서버를 효율적으로 활용하기 위해서 단일 서버를 논리적으로 구분하여 복수의 서버인 것처럼 이용하는 기술을 말한다. 서버 가상화는 하나의 서버에서 여러 개의 애플리케이션, 미들웨어, 운영체제들이 서로 영향을 미치지 않으면서 동시에 사용될 수 있도록 해준다. 서버 가상화는 처음에는 확장 메모리 영역인 가상 메모리에서부터 시작하여 가상 I/O, 가상 CPU, 그리고 에뮬레이션 등으로 확장되었다. 이후에 애플리케이션 및 서버 시스템 가상화로 발전되어 다수의 애플리케이션, 서버 시스템, 미들웨어 시스템들이 하나의 운영체제 안에서 실행될 수 있었다. 서버 가상화는 하드웨어 파티셔닝, 하이퍼바이저, 운영체제 파티셔닝, 애플리케이션 파티셔닝 등의 다양한 계층에서 구현될 수 있다.

파티셔닝은 하나의 서버를 물리적으로 또는 논리적으로 여러 개의 작은 서버로 나누는 것을 말한다. 파티셔닝은 서버 내의 CPU, 메모리, I/O 장치와 같은 하위 시스템 자원들이 물리적으로 파티션이라는 경계 단위로 분할되어 사용될 수 있도록 도와준다.

① 하드웨어 파티셔닝

- 물리적 파티셔닝: 물리적 파티셔닝은 시스템 내부를 구성하는 물리적인 시스템 보드 단위로 서버를 분할해 파티셔닝하는 기술을 말한다. 시스템 보드란 일정 개수의 프로세서, 메모리, I/O 슬롯의 집합체를 의미한다. 물리적 파티셔닝 환경에서는 파티션에 자원을 할당하거나 추가하는 것이 대부분 보드 단위로 이루어진다. 물리적 파티셔닝은 가상화 단계 중에서 가장 기본적인 형태이며, 유연하고 정교한 자원 분배가 어렵다.
- 논리적 파티셔닝: 논리적 파티셔닝은 CPU 같은 자원의 분배가 CPU가 탑재된 보드 단위에 제한을 받지 않으며 파티션 사이에 논리적 자원 단위로 이루어진다. 물리적인 빌딩 블록과는 무관하게 프로세서, 메모리, I/O 슬롯 등의 자원을 각각 원하는 개수만큼만 지정해 운영체제를 구동하는 방법으로 보다 유연한 서버의 분할을 가능하게 한다.

- 서버 프로세서 파티셔닝: 서버 프로세서 파티셔닝은 한 개의 프로세서 상에 여러 개의 독립적인 파티션을 구동할 수 있게 한다. 서버 프로세서 파티셔닝은 아래 그림과 같이 어떤 서버에 있는 물리적 CPU의 개수보다 더 많은 수의 파티셔닝을 가능하게 하므로, 자원의 효율적 사용 및 비용 절감이 기대된다.

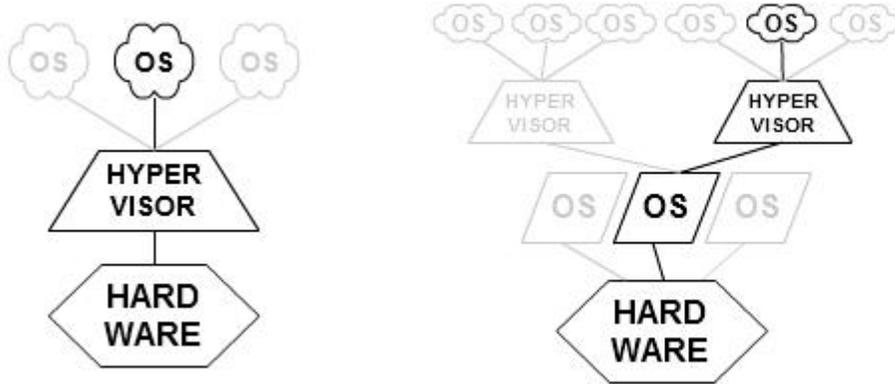


<그림 18> 서버 파티셔닝 기술들

② 하이퍼바이저 파티셔닝(소프트웨어 파티셔닝)

하이퍼바이저(hypervisor)는 물리 서버 위에 존재하는 가상화 레이어로서 운영체제가 구동할 수 있는 하드웨어 환경을 가상으로 만들어 준다. 하이퍼바이저를 이용한 서버 가상화 기술은 소프트웨어 파티셔닝이라고도 부른다. 가상화를 제공하는 하이퍼바이저가 하드웨어와 호스트 운영체제와의 관계에서 어디에 있는지에 따라 베어메탈(Bare-metal) 하이퍼바이저와 호스트 기반 하이퍼바이저(운영체제 기반 가상화)로 나눌 수 있다. 베어메탈 하이퍼바이저는 호스트 하드웨어 상에서 동작하며, 하드웨어와 게스트 운영체제를 관리한다. 게스트 운영체제는 하이퍼바이저 상에서 동작한다. 이 하이퍼바이저의 대표 사례로 VMware의 ESX Server, Xen Hypervisor 등이 있다. 베어메탈 하이퍼바이저는 다시 완전 가상화와 반가상화로 구분할 수 있다. 반면 호스트 기반 하이퍼바이저는 전통적인 운영체제 환경에서 동작한다. 즉, 호스트 운영체제 위에 하이퍼바이저가 2번째 소프트웨어 계층으로 존재하며, 게스트 운영체제는 하이퍼바이저 상에서 3번째 계층으로 존재한다. 호스트 기반 하이퍼바이저의 대표 사례로 VMware의 Workstation, Microsoft의 Virtual Server, HP의 IVM 등이 있다. 아래 그림은 두 가지 종류의 하

이퍼바이저의 구성을 보인다.



(a) 베어메탈 하이퍼바이저

(b) 호스트 운영체제 하이퍼바이저

<그림 19> 하이퍼바이저의 종류

- 완전 가상화: 완전 가상화는 CPU 뿐만 아니라 메모리, 네트워크 장치 등 모든 자원을 하이퍼바이저에서 직접 제어하고 관리하기 때문에 어떤 운영체제라도 수정하지 않고 설치가 가능하다. 해당 운영체제는 자신이 가상화 환경에서 운영되고 있음을 감지하지 못한다. 하지만 하이퍼바이저에서 자원을 직접 제어하기 때문에 워크로드의 부담이 발생한다. 또한 자원이 하이퍼바이저에 너무 밀접하게 연관되어 있어서 온라인 중 게스트 운영체제에 할당된 CPU나 메모리 등의 자원에 대한 동적 변경 작업이 단일 서버 내에서 불가능하다.
- 반가상화(부분 가상화): 반가상화는 하이퍼바이저에서 대부분의 가상화 작업을 수행하지만 CPU 또는 메모리에 대한 사용 제어를 하이퍼바이저가 직접 수행하는 것이 아니라 게스트 운영체제에서 처리하도록 넘겨준다. 이에 따라 게스트 운영체제의 일부분이 수행되어야 한다. 수정된 게스트 운영체제는 CPU나 메모리와 같은 자원에 대한 직접적인 제어권을 스스로 행사하며, 자원의 변화와 같은 동적 사상화 환경에 유연하게 적응할 수 있다. 따라서

반가상화 기반에서 파티션에 대한 CPU와 메모리 등 자원의 동적 변경이 파티션의 중단 없이 쉽게 이루어질 수 있으며, 완전 가상화 방식에 비해서 성능이 뛰어나다.

- 운영체제 기반 가상화: 운영체제 기반 파티셔닝은 먼저 완전한 형태의 운영체제가 미리 설치되어 구동되어야 한다. 즉, 중심(호스트)이 되는 운영체제 위에 하이퍼바이저가 별도로 설치된 후, 파티션을 나누어 게스트 운영체제들이 설치 및 운영되는 아키텍처이다. 따라서 게스트 운영체제는 별도의 수정이 필요없이 호스트 운영체제가 인식한 하드웨어를 가상 하드웨어로 재사용한다. 하지만 이 가상화는 다른 방식에 비해서 성능과 자원 관리 능력이 뒤떨어진다.

(3) 서버 자동화 및 자원 관리

클라우드 데이터 센터의 운용 효율화를 높이는 것은 서비스 요구에 따른 자원 수요를 즉시 반영할 수 있는 자동화 및 자원 관리 기술이다. 따라서 실시간으로 IT 자원을 프로비저닝하기 위한 기술과 작업 부하에 따라 동적으로 자원을 투입/회수해 서비스의 품질을 보장하면서 자원을 효율적으로 사용하는 동적 자원 관리가 요구된다. 가상 서버 생성 및 자원 관리를 위해서 다음과 같은 기능이 요구된다.

- 가상머신 생성/회수 등 검토 및 승인 절차 마련
- 가상 서버를 생성할 물리 서버 선택
- 가상 서버의 운영 체제 선택
- 사용할 하드웨어 선택(프로세스 개수, 디스크 용량, 메모리 용량 등)
- 네트워크 구성
- 가상 서버에 자원 할당 등
- 물리 서버 및 가상 서버의 자원 이용 정보 감시 및 관리(미터링, 과금 포함)
- 물리 서버와 가상 서버 간의 연관성 관리
- 서비스 요구에 따른 가상 서버 재구성 및 자원 재할당
- 물리 서버 및 가상 서버 장애 관리(백업 및 복구 기능 포함)

- 로드밸런싱, 오토스케일링

다. 스토리지 통합 및 가상화

(1) 스토리지 통합

데이터 센터 내에서 스토리지는 조직이 생산하고, 처리하고, 소비하는 정보들을 저장한다. 지금까지 사용되어온 대표적인 스토리지 구조는 다음과 같다.

- Direct-Attached Storage(DAS): 디스크 드라이브가 서버 내에 포함되어 있거나 직접 연결된 구조를 말한다. 직접 연결이라는 것은 서버의 제어 아래에서 동작하며 다른 장치와 공유되지 않는 물리적인 연결을 말한다. 다른 서버가 이 디스크에 접근할 수 있는 유일한 방법은 해당 스토리지를 관리하고 있는 서버를 통해서이다.
- Network-Attached Storage(NAS): 디스크 드라이브가 독립적인 NAS 장치에 포함된 경우를 말한다. NAS 장치 내의 디스크에 데이터가 저장되며 IP 네트워크에 직접 연결된다. 정보는 파일 단위로 접근이 되며, 파일 메타데이터는 접속, 보안, 잠금 등을 제어한다. 이 구조는 별도의 네트워크 없이 다수의 서버 간에 정보 공유를 가능하게 한다. 가장 일반적인 네트워크 프로토콜로는 CIFS(Common Internet File System)과 NFS(Network File System)이다.
- Storage Area Network(SAN): 스토리지 분야의 가장 큰 요구사항은 전용의 SCSI 파이버 채널 네트워크를 통해서 실현될 수 있다. 정보는 파일 단위보다 낮은 수준인 블록 단위로 접근이 된다. 미션 크리티컬한 시스템을 위한 고성능 데이터베이스 서버가 SAN 환경에 적합하다.

스토리지 공간의 통합은 전용 스토리지 구조에서 공유 스토리지 구조로의 전환을 말한다. 전환의 목적은 저장 공간의 파편화와 오버프로비저닝을 방지하고 스토리지의 공간 이용률을 높이는데 있다. 또한 높은

저장 공간의 자원 이용률과 스토리지의 인프라 재활용은 데이터 센터의 가용 상면을 높여주며, 전력 및 냉각 수요의 절약을 유도한다. 동시에 총 운용 비용을 낮출뿐더러 새로운 저장 공간에 대한 수요에 즉시 부응할 수 있게 한다. 다음은 데이터 센터에 적용할 수 있는 스토리지 통합 기술들이다.

- 스토리지 네트워킹: DAS 구조에서 디스크는 서버에 전용되어 사용되는데 운용에 대한 영향과 추가 디스크의 다운에 대비하여 종종 오버프로비저닝된다. SAN과 같은 스토리지 네트워킹 기술은 공유 저장 공간을 제공하는데, 할당된 저장 공간은 높은 이용률을 낼 수 있으며 운용에 대한 영향도를 최소화하면서 증설이 가능하다.
- SAN 아일랜드 통합: 1세대 SAN은 아일랜드라 불리는 다수의 통합되지 않은 독립적인 SAN 네트워크들로 구성된다. 이들 네트워크를 연결함으로써 개별 스토리지 풀(pool)을 통합한다. 이 방식은 전체 SAN 인프라의 감소시킨다.
- NAS/SAN 융합: 많은 데이터 센터들은 대규모 NAS와 SAN 환경을 보유하고 있다. SAN은 자신만의 스토리지 자원 풀을 가지고 있으며, NAS 환경은 제한된 확장성을 갖는 다수의 NAS 장치들로 구성된다. NAS 헤드라 불리는 NAS 게이트웨이를 통해서 이들은 하나의 풀로 통합될 수 있다. NAS 게이트웨이는 클라이언트에게는 NAS 장비로 보여지지만 빌드인 디스크를 사용하지 않고 백엔드에 있는 SAN 장비를 이용하도록 해준다. 이 방식은 확장성뿐만 아니라 높은 수준의 이용률과 공유가 가능하게 한다.
- 스토리지 티어링(tiering): 스토리지 티어링 또는 계층적인 스토리지 관리는 모든 경우에 적합한 것이 없는 경우에 대한 솔루션이다. 단일 성능, 비용, 전력 특성을 갖는 단일 스토리지 풀 대신에, 티어라고 불리는 다수의 풀을 유지한다. 티어들은 고비용의 SSD(solid state disk) 기술부터 다양한 속도, 용량, RAID 레벨의 여러 디스크와 광 및 테이프 저장 솔루션들을 포함한다. 각 티어들은 비용, 성능, 신뢰성, 전기적 특성들이 각기 다르다. 스토리지

티어링은 비용의 절감과 환경 영향, 성능 및 기능에 대한 요구사항 사이에 최적의 균형을 이룰 수 있게 한다. 스토리지 가상화하는 티어에서 다른 티어로의 자동화된 데이터 생명주기 관리를 가능하게 한다. 이 방식은 대규모 기업과 서비스 제공자 수준의 환경에 가장 적합하다.

- 썬 프로비저닝(Thin Provisioning): 썬 프로비저닝은 가상화 기술을 이용해 스토리지 용량보다 많은 양을 할당시켜 스토리지 낭비를 없애는 것으로, 스토리지의 효율성을 높이기 위한 기술이다. 사전에 메모리 블록을 할당하는 전통적인 방법이 아니라 실제 필요할 때 데이터 블록을 할당한다. 컴퓨터 내의 실제 메모리는 가상화에서 사용되는 주소 변환 기술 등을 이용하여 동작중인 태스크에 썬 프로비저닝된다. 각각의 태스크는 실제로 메모리가 할당된 것으로 인식한다. 이때 태스크들에 할당된 총 가상 메모리의 합은 실제 메모리보다 더 크다. 사실 썬 프로비저닝의 효율은 기술 자체보다는 어떻게 사용되느냐에 따른다. 이 방법은 대규모의 스토리지 용량이 각각의 서버에 할당되는 경우에 이용율이 종종 10%에 미치는 종래의 방법에서 발생하는 비이용 영역을 방지하고자 한다. 썬 프로비저닝을 이용하게 되면 약간의 관리 오버헤드를 가지면서도 스토리지 용량의 이용율을 100%까지 올릴 수 있다. 각 기관은 필요한 것보다 더 적은 스토리지를 구매하면 되고, 실제로 필요할 때 더 구매하면 된다.
- 디스크 없는 서버: 서버 통합의 원리를 극단적으로 서버 공간에 적용시키면 새시나 블레이드 내부에 디스크가 없는 서버를 구성할 수 있게 한다. 내부 디스크의 이용률이 일반적으로 낮은 상황에서 이러한 방법은 높은 이용률을 낳게 한다. 이 구성은 특수한 OS 부팅 기능이 필요하다.
- MAID(Massive Array of Idle Disks): 일반적인 고사양 SAN 환경에서 디스크는 항상 동작하기 때문에 전력을 소비한다. 따라서 불필요한 디스크의 전원을 차단하면 전력 소비를 줄일 수 있다. MAID는 데이터를 백업할 때 정보를 기록하는 디스크 이외에 다른 장치에는 불필요한 전원 공급을 줄이는 방식으로 전력 소모를

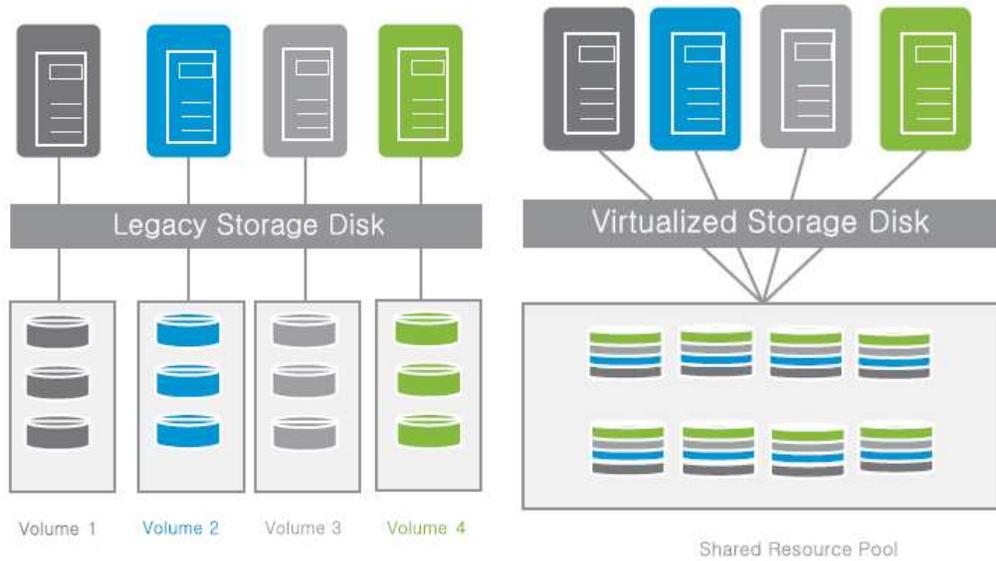
줄인다. 즉, 디스크에 불필요한 전원 공급을 줄이고 애플리케이션에서 액세스를 요청하는 디스크만 구동함으로써 유지비용을 줄이고 디스크의 수명을 연장하는 효과도 있다.

- WAFS/WAAS 가능 NAS 통합: 광역 파일 서비스(Wide-Area File Services, WAFS)는 원격지 간에 파일을 공유할 수 있도록 개발된 저장 장치이다. 공통 인터넷 파일 시스템(Common Internet File System, CIFS)와 네트워크 파일 시스템(Network File System, NFS) 서비스의 한계를 기업의 광역 통신망 연결을 통해서 확장시킨 것으로서, 중앙 사이트에서 파일 저장 장치를 중앙 집중화하여 원격지에서 실시간으로 파일에 접근할 수 있도록 해준다. 광역 애플리케이션 서비스(Wide-Area Application Services, WAAS)는 WAFS의 확장판으로서 CIFS나 NFS가 아닌 다른 프로토콜을 위한 네트워크 최적화 및 가속을 제공한다. 이러한 기능들은 스토리지 통합은 물론 파일 복사본이 적게 유지 되도록 해준다.

(2) 스토리지 가상화

스토리지 가상화는 클라우드 컴퓨팅으로의 전환에서 중요한 역할을 한다. 대부분의 주요 클라우드 및 가상화 기능들은 공유 스토리지를 통해 가능하다. 공유 스토리지는 기존의 물리적 서버들이 각자 보유하던 DAS(Direct Attached Storage) 형태의 디스크들을 하나의 스토리지로 통합하는 것을 의미한다. 아래 그림의 왼쪽이 기존의 스토리지 구조를 나타낸다.

스토리지 가상화는 사용자로 하여금 제각기 물리적으로 다른 스토리지 컨트롤러에 있는 유휴 디스크 조각을 모아서 가상 디스크를 생성할 수 있게 해준다. 이를 통해 애플리케이션의 가용성에 아무런 영향을 주지 않고 서버에서 스토리지의 데이터 매핑을 자유롭게 해준다. 또한 워크로드 밸런싱을 통해 최적의 자원 사용율을 이룰 수 있으며, 서버 장애로 인한 가상 서버 서비스의 중단없는 고가용성을 유지할 수 있다. 아래 그림의 오른쪽 그림이 가상 스토리지의 구조를 보인다.

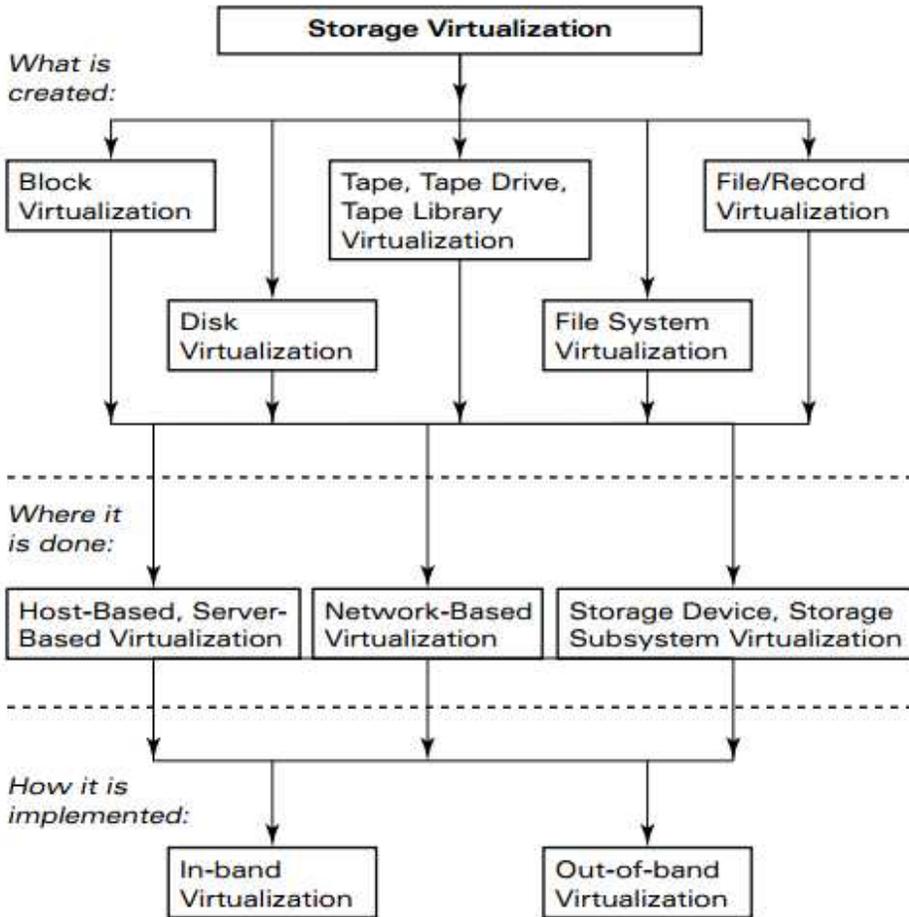


(a) 기존 스토리지 구조 (b) 가상화 스토리지 구조
 <그림 20> 기존 스토리지 구조와 가상화 스토리지 구조의 차이

스토리지 가상화는 이기종 스토리지 디바이스 구성을 논리적인 형태로 재공한다는 개념을 토대로, 가상 볼륨을 통한 가용성 제공, 재해 복구, 마이그레이션 기능 제공, 애플리케이션 성능 향상을 위한 작업량 분산 기능 등의 개념을 포함한다.

다음 그림은 SNIA(Storage Networking Industry Association)이 정의한 스토리지 및 데이터 개체 가상화의 분류법을 보여준다¹⁵⁾.

15) F. Bunn, N. Simpson, R. Peglar and G. Nagle, "Storage Virtualization", SNIA Technical Tutorial 2003.



<그림 21> 스토리지 가상화 기술의 분류

가상화된 개체들로는 블록, 디스크, 테이프, 파일 시스템, 그리고 파일/레코드 등이 있으며, 가상화가 실제로 일어나는 시스템 위치로는 호스트/서버, 네트워크 스토리지 장치가 있다. 그리고 가상화 기술별로는 인밴드와 아웃밴드 가상화가 있다.

스토리지 가상화의 주요 형태로 스토리지 파티셔닝, 스토리지 블록 가상화, 파일 가상화, 테이프 가상화는 다음과 같다.

- 스토리지 파티셔닝: 컨트롤러 가상화는 스토리지 서브시스템 또는 컨트롤러는 파티션으로 나누어 마치 여러 개의 스토리지 컨트롤러가 있는 것처럼 해주는 기술로서, 서버의 파티션 기술과 유

사하다. 즉, 하나의 물리적인 디스크 스토리지 장비를 논리적으로 여러 개의 디스크 스토리지로 리소스를 나누어 사용하는 기술이다. 이 기술은 각 논리적 파티션 사이에 프로세서, 캐시 메모리, 어댑터, 디스크 드라이브 등을 완벽하게 분리해서 독립적으로 운영이 가능하도록 한다.

- 스토리지 블록 가상화: 스토리지 블록 가상화는 제각기 다른 스토리지 컨트롤러들에게서 작은 용량의 유휴 디스크 공간을 모아 하나의 큰 디스크 풀을 만들어 어떤 서버도 사용할 수 있게 할당하도록 만들어 디스크 스토리지의 활용율을 높여 준다. 다른 기종의 SAN 스토리지 장비들을 별도의 가상 레이어인 가상화 엔진을 통해서 하나의 가상화된 스토리지 풀을 구성해 서버는 필요한 스토리지 용량을 할당받아 사용한다. 스토리지 블록 가상화를 통해 각 스토리지 장비들의 자원 활용률을 극대화하고, 관리를 단일화할 수 있다. 또한 다른 기종의 스토리지 장비 사이에 순간 복제나 원격 복제 등 추가 기능을 구현할 수도 있다.
- 파일 가상화: 이기종의 파일 시스템 가상화는 SAN 상에서 공통으로 사용이 가능한 파일 시스템을 구성해서 운영 체제 플랫폼에 관계없이 데이터 공유와 정책 기반의 단일화된 관리를 가능하게 해 준다. 파일 가상화는 SAN 환경에서 다른 기종의 서버 사이에 진정한 의미의 파일 공유를 가능하게 해준다. 즉, 파일 가상화 기술을 이용함으로써 기업 내의 어떤 컴퓨터 또는 어떤 서버에서도 동일한 파일 이름을 사용해서 공통된 파일 그룹에 대한 접근이 가능하다.
- 테이프 가상화: 테이프 가상화는 테이프 드라이브 또는 테이프 라이브러리가 없는 상황에서 테이프 가상화 엔진을 통해 SATA 등의 디스크를 이용해서 가상화된 라이브러리로 서버에 인식시켜 디스크 백업 및 복구를 가능하게 해주는 기능이다. 테이프 가상화는 디스크를 이용해 테이프 드라이브 자원인 것처럼 에뮬레이션 함으로써, 서버 입장에서는 테이프 드라이브로 데이터를 백업하는 것처럼 인식되지만 실제로는 디스크로 데이터를 백업하는 것을 말한다.

스토리지 가상화는 스토리지 용량, 전력, 냉각 비용을 줄일 뿐만 아니라 사용 빈도가 낮은 데이터를 큰 용량의 디스크로의 티어링을 자동화하고, 씬 프로비저닝을 통해 사용량보다 과도하게 할당되는 부분을 줄이며, 스토리지 리소스 풀로 외부 스토리지들을 통합할 수 있다. 이러한 개선은 스토리지 전력 소비에 있어서 약 40~60%의 향상을 가져올 것이다¹⁶⁾.

스토리지 전력 소비를 크게 개선할 수 있는 다른 방법은 데이터 가상화이다. 만약 콘텐츠 플랫폼에서 데이터를 가상화하고, 다른 콘텐츠 플랫폼에서 미러링한다면 복사나 백업의 필요를 줄일 수 있다. 서버 가상화가 여러 운영체제를 하나의 물리적 서버에서 구동시키는 것처럼 데이터 가상화 역시 다양한 애플리케이션을 하나의 물리적 콘텐츠 플랫폼이나 데이터 복사본에서 실행하도록 할 수 있다.

6. 데이터 센터 네트워크 기술

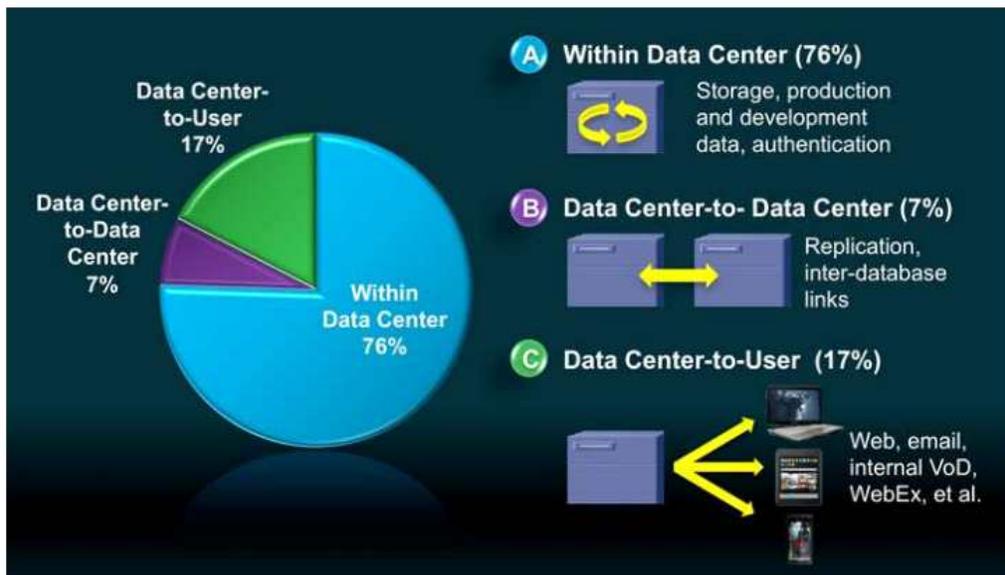
가. 데이터 센터 트래픽 경향

시스코에 따르면 2011년에서 2016년까지 글로벌 데이터 센터 IP 트래픽은 매년 31% 씩 증가하여(CAGR), 2016년 말에 글로벌 데이터 센터 IP 트래픽은 6.6제타바이트¹⁷⁾에 도달할 것으로 예측되었다¹⁸⁾. 인터넷 트래픽은 2016년에서야 제타바이트 시대에 진입할 것을 예측되지만, 데이터 센터 트래픽은 2011년에 이미 제타바이트 시대로 진입하였다(1.8제타바이트). 주목할 것은 데이터 센터를 통해서 유통되는 트래픽은 아래 그림과 같이 데이터 센터 내에서 유통되는 트래픽이 76%로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 데이터 센터에서 사용자로의 트래픽이 17%, 그리고 데이터 센터 간의 트래픽이 7%로 조사되었다.

16) “2012 스토리지 기술 트렌드”, Network Times, 2012년 1월 호

17) 1 ZetaByte = 10^9 TeraByte

18) Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2011-2016



<그림 22> 목적지에 따른 글로벌 데이터 센터의 트래픽

대부분의 트래픽이 데이터 센터 내에서 유통되는 이유는 응용 서버, 스토리지, 데이터베이스들이 기능적으로는 분리가 되었지만 데이터 복제 및 백업, 데이터 센터를 통한 데이터 읽기/쓰기가 활발히 이루어지기 때문으로 분석된다. 또한 태스크를 분리하고 다수의 서버로 전달하도록 하는 병렬 처리가 데이터 센터 내부 트래픽을 유발하고 있다.

향후에는 대역폭은 많이 소비하지만 데이터베이스나 트래픽 처리를 요구하지 않는 비디오 파일들로 인해서 데이터 센터 내부 트래픽 보다는 데이터 센터 밖으로 유출되는 트래픽이 증가할 것으로 보인다. 하지만 데스크톱 가상화와 같은 응용의 증가로 인해서 이러한 경향을 상쇄시킬 것으로도 보여진다. 또한 스토리지 가상화와 랙이나 서버에 국한되지 않는 기능으로 말미암아 데이터 센터 내부의 트래픽을 증가시킬 것이다.

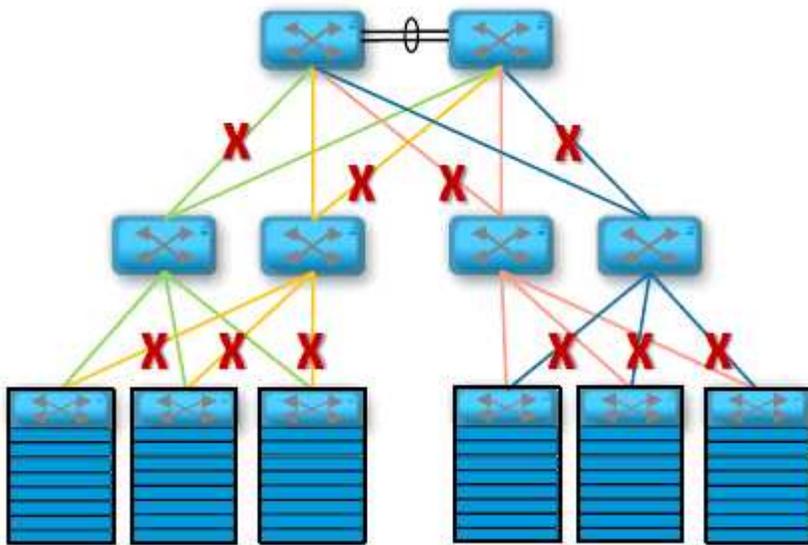
한편, 데이터 센터의 워크로드¹⁹⁾는 2011년에서 2016년 까지 매년 20%가 증가할 것으로 예측된다. 클라우드 데이터 센터의 워크로드의 성장이 전통적인 데이터 센터의 워크로드 보다 5.5배 클 것으로 전망되며,

19) 워크로드는 서버가 응용 프로그램을 실행하고 다수의 사용자가 그 응용 프로그램을 사용하기 위해서 서버가 처리해야하는 일을 말한다.

2016년에는 전체의 약 2/3를 차지할 것으로 예측된다. 전통적으로는 하나의 서버가 하나의 워크로드를 수행했다. 하지만 서버 컴퓨팅 능력의 향상과 가상화 기술을 통해서 하나의 물리 서버가 다수의 워크로드를 처리하는 것이 클라우드 컴퓨팅에서는 일반적이다. 서버의 가격, 생존성, 확장성 및 장비 수명 등의 클라우드 경제성은 데이터 센터 내 서버들 사이와 데이터 센터 간의 서버들 사이에서의 워크로드 이주가 더 많아지게 할 것이다.

나. 데이터 센터 네트워크 구성

전통적인 데이터 센터의 네트워크는 아래 그림과 같이 신뢰성을 고려한 이중화 방식의 3계위 구성을 가져왔다. 랙의 상단에는 랙 내부의 서버를 연결한 액세스 스위치가 있고, 액세스 스위치는 상위의 집선 스위치로, 그리고 이러한 집선 스위치들은 데이터 센터의 최상위의 코어 스위치로 연결된다. 각 계위들에서는 장비와 링크가 이중화되어 링크나 장비의 장애에도 통신이 가능하도록 구성이 된다.

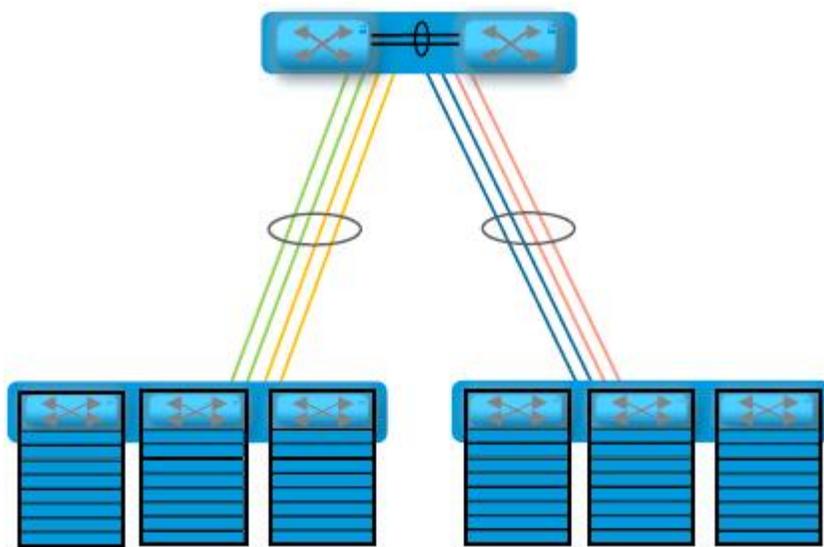


<그림 23> 전통적인 3계위 데이터 센터 네트워크 구성

이는 신뢰성과 확장성에 중심을 둔 네트워크 구성이며, 데이터 센터

내의 서버들로부터의 트래픽이 대부분 외부의 사용자들로 향할 경우에는 큰 문제가 없었다. 하지만 이러한 전통적인 데이터 센터 네트워크는 앞서 살펴본 바와 같이 데이터 센터 내부에서 유통되는 트래픽의 비중이 80%에 육박하는 클라우드 데이터 센터 환경에는 적합하지 않다. 데이터 센터 내의 서버들 같이 통신을 할 경우에는 불필요하게 많은 홉수를 거쳐야하므로 지연이 증가하게 된다. 그로 인해서 응용과 가상 머신 간의 이동성이 저하된다 그리고 다수의 포트가 낭비될 수 있다.

따라서 클라우드 데이터 센터의 네트워크는 아래 그림과 같이 다계층 구조가 아닌, 에지-코어의 플랫폼 구조를 가져야 한다.



<그림 24> 플랫폼 2계위 데이터 센터 네트워크 구성

이러한 플랫폼 데이터 센터 네트워크를 구성하기 위해서는 L2 스위칭을 기반으로 해야 한다. 하지만 현재 일반적인 스위칭 구조에서는 L3 라우팅 형태처럼 다중 경로를 설정하거나 다양한 설계를 구현하기가 어렵다. 이러한 어려움을 해결하기 위해서 최근 IETF에서는 TRILL(Transparent Interconnection of Lots of Links)라는 표준을 개발하였다. TRILL의 기본 개념은 L2 스위칭을 L3 라우팅처럼 사용하겠다는 것이다. TRILL은 가장 효과적일 MAC을 학습하고, 대규모로 다중 경로를 구성할 수 있으며, 높은 확장성과 빠른 컨버전스 타임을 구현할

수 있다.

다. I/O 통합 및 가상화

앞서 소개한 서버 프로세서 파티셔닝 기술을 이용하면 한 개의 CPU에 여러 개의 운영체제를 구동시키는 것이 가능해진다. 이러한 상황에서 가장 먼저 당면한 문제는 I/O 슬롯의 부족 문제이다. 서버는 운영체제를 위한 SCSI 어댑터 1개, 외부 통신을 위한 이더넷 카드가 1개 필요하므로, 물리적인 I/O 장치의 확장성 제한은 한 서버당 생성할 수 있는 파티션의 수를 제한하는 요소가 될 수 있다. 서버 가상화가 정상적으로 동작하기 위해서는 가상 머신이나 파티션 사이에서 I/O 자원을 공유할 수 있으며, I/O를 통해서 통신이 가능하도록 하는 I/O 가상화가 필요하다. I/O 가상화는 구현 형태에 따라 하드웨어와 운영체제 수준에서 지원할 수 있다.

(1) 가상 이더넷

가상 이더넷은 대표적인 I/O 가상화 기술의 하나로, 가상화 기능 중에서 물리적으로 존재하지 않는 자원을 만들어 내는 에뮬레이션 기능을 이용한다. 가상 이더넷 기능을 사용할 경우, 각 파티션 사이에 물리적인 네트워크 어댑터 없이도 메모리 버스를 통해서 파티션 내부 사이의 고속 통신이 가능하다. 또한 가상 이더넷은 IEEE 802.1Q 가상 LAN 기술을 기반으로 네트워크 파티션도 가능하게 한다. 예를 들어 하나의 서버에 4개의 파티션을 구성하고 파티션 1과 파티션 2를 하나의 가상 LAN으로 묶고, 나머지 파티션들을 또 하나의 가상 LAN으로 묶으면 두 개의 네트워크 파티션으로 분리된 파티션 사이에는 서로 통신할 수 없다.

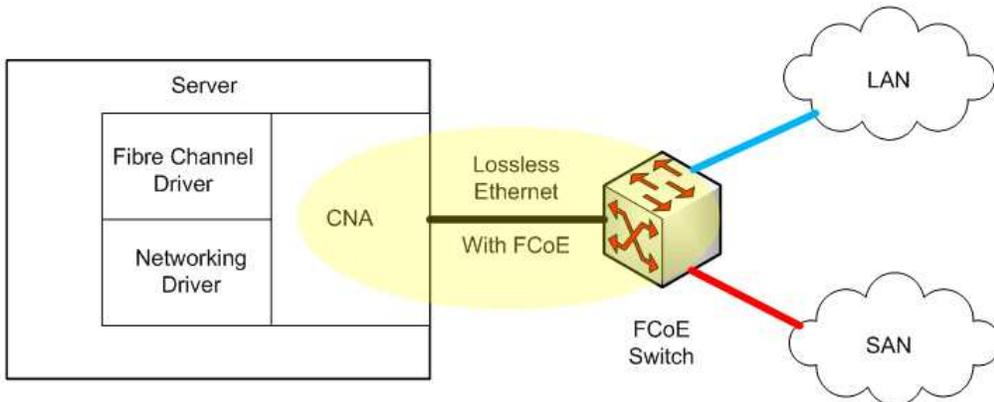
(2) 공유 이더넷 어댑터

공유 이더넷 어댑터는 여러 개의 파티션이 물리적인 네트워크 카드를 공유할 수 있게 하며, 공유된 물리적인 카드를 통해서 외부 네트워크와 통신이 가능하게 한다. 특히 파티션의 개수보다 물리적인 어댑터의 개수가 적은 경우에 여러 파티션들이 물리적인 이더넷 어댑터를 공유할 수 있게 해주므로 유용하다. 또한 가상 이더넷과 실제 물리적인 이더넷

을 연결해주기도 한다.

(3) 이더넷 기반 파이버 채널 기술(Fiber Channel over Ethernet, FCoE)

FCoE는 이더넷 프레임에서 파이버 채널 프레임을 캡슐화함으로써 이더넷을 통해서 파이버 채널 프레임을 전송하도록 하는 기술이다. FCoE는 한 링크에서 서로 다른 종류의 트래픽을 전송하도록 하며, I/O 통합을 제공함으로써 케이블링도 단순해진다. FCoE는 데이터 센터 내에서 스토리지 네트워크(SAN)에 적용이 가능하며, 서버당 다수의 I/O를 요구하는 서버 가상화를 지원하며, 케이블링의 단순화를 가능하게 해주는 장점이 있다. 아래 그림은 FCoE를 통해서 IP 네트워크와 SAN이 하나의 네트워크를 통해서 통합이 될 수 있음을 보인다.



<그림 25> 통합 네트워크 어댑터

이러한 I/O 통합 기술은 스토리지 네트워크와 IP 네트워크를 구별하여 접속케하는 네트워크 인터페이스 개수의 절감, 케이블과 스위치의 수 감소, 그리고 전력 및 냉각 비용의 감소를 가져온다.

라. 네트워크 통합 및 가상화

(1) 네트워크 통합

네트워크 통합은 물리적인 통합과 논리적인 통합의 형태로 진행된다. 네트워크 통합의 결과로 모든 네트워크 트래픽은 공유 네트워크 스위칭 장비와 전송 링크로 구성되는 단일 기반 네트워크를 공유한다. 어떤 경

우에는 가상화 기술로 구현되는 논리적인 형태의 세그멘테이션을 요구하기도 한다. 데이터 센터의 네트워크 환경에 따라 여러 통합 방안이 있을 수 있다.

- 기능적 통합: 데이터 센터 환경은 데이터 센터의 역사적인 요인, 운영 측면, 그리고 보안 등의 이유로 인해서 다수의 별도 네트워크를 가질 수 있다. 대용량 네트워크의 도입 및 VLAN 등과 같은 가상화 기술의 성숙으로 인해서 이러한 네트워크들의 통합이 가능해졌다.
- 링크 대역폭의 확장으로 인한 링크 통합: 10기가비트 이더넷, 40기가비트 및 100기가비트 이더넷과 같은 고속의 전송 링크는 데이터 센터 패브릭의 링크 수를 감소시킬 수 있으며, 그 결과 전송 링크를 효과적으로 통합시킬 수 있다. 또한 서버 및 스토리지 영역에서의 통합에 대한 장애를 제거할 수 있다. 서버 가상화 및 통합으로 인해서 I/O 수요는 전통적인 기술로 가능한 것보다 더 성장하고 있다.
- 데이터 센터 통합: 인터넷을 통한 데이터 센터 간의 통합은 또한 다음과 같은 이점을 제공한다. 예를 들어서 데이터 센터 시설은 더 이상 고객 사이트에 가깝게 있을 필요가 없으며, 신재생 에너지를 쉽게 공급받을 수 있는 지역에 위치할 수 있다. 또는 차가운 지역으로부터 보다 쉽게 냉기를 공급받을 수 있거나, 데이터 센터로부터 발생한 폐열을 보다 잘 이용할 수 있는 곳에 데이터 센터를 배치할 수 있게 된다.

(2) 네트워크 가상화

네트워크가 데이터 센터 내에서 전력 소비가 가장 큰 비중을 차지하지는 않지만, IT 전력 밀도와 자원 가상화의 증가에 따라 네트워크의 전력 소비도 지속적으로 증가하고 있다. 이러한 상승 효과를 방지하기 위해서는 고밀도 네트워크 장비 및 네트워크 가상화 기술의 도입이 필요하다. 네트워크 가상화의 기본 원리는 자원 기반의 모델을 따른다. 즉, 하나의 공유 물리 네트워크를 통해서 다수의 네트워크를 기능적으로

로 제공한다. 네트워크 가상화는 하나의 물리 네트워크가 마치 여러 개의 다른 기종 프로토콜이 운영되는 논리 오버레이 네트워크처럼 운용되는 것을 말한다. 네트워크 가상화 기술은 네트워크 통합을 가능하게 해준다.

네트워크 가상화는 크게 데이터 평면 가상화, 제어 평면 가상화, 관리 평면 가상화 등으로 구분할 수 있다. 데이터 평면 가상화는 순수하게 데이터 흐름에 대한 가상화를 말하는데, VLAN(Virtual Local Area Network, MPLS(Multi-Protocol Label Switching), VRF(Virtual Routing and Forwarding) 등과 같은 기술이 활용되어 왔다. 이는 네트워크의 데이터 처리 능력을 향상시키기 위한 노력에 따른 결과물로 라우팅과 스위칭 기술에 초점이 맞추어져 있었다. 하지만 네트워크 장비 측면에서는 안정성과 효율성 측면에서 제어 및 관리 평면에서이 가상화가 필요해졌다. 예를 들어 데이터 평면만 가상화가 되었다면, 클라우드 서비스 환경에서 대규모 트래픽이 갑자기 발생하거나, DDoS 등으로 인해서 네트워크 장비의 제어와 관리 평면을 담당하는 프로세스가 이상 동작하게 되면 대규모 장애가 발생할 수 있다. 다음과 같은 네트워크 가상화 기술이 있다.

- 가상 근거리망(Virtual LAN, VLAN): 근거리망(local-area network, LAN)은 지리적으로 가까운 거리에 있는 다수의 장비들을 연결한다. 보안, 확장성, 운용 요구사항들은 유사한 기능을 갖는 장비들 간에 세그멘테이션을 형성한다. 전통적으로 세그멘테이션은 별도의 네트워크 장비와 케이블링으로 구현되었는데, VLAN은 단일 공유 물리망 위에서 세그멘테이션을 제공하며, 그 결과로 네트워크 인프라의 크기를 줄여준다.
- 가상 스토리지 네트워크(Virtual SAN, VSAN): VLAN의 개념을 스토리지 네트워크에 적용한 것으로, 단일 물리 스토리지 네트워크를 다수의 가상 네트워크로 나눈다.
- 가상 사설망(Virtual private network, VPN): 네트워크 가상화 개념을 인터넷으로 확장하면 보다 네트워크 최적화가 가능해진다. L2 VPN 및 L3 VPN 기술은 다수의 논리 네트워크를 단일 물리

네트워크 인프라에서 동작하게 한다.

- 통합 I/O(Unified I/O): 단일 이더넷 패브릭 상에서 IP와 스토리지 트래픽을 전송하는 것은 네트워크 스위치, 네트워크 카드, 그리고 케이블링의 수를 줄여준다. 이더넷 기반 파이버 채널(Fiber Channel over Ethernet) 및 데이터 센터 이더넷은 이러한 기술적 능력의 핵심이다.
- 소프트웨어 정의 네트워킹(Software-Defined Networking, SDN): SDN은 네트워크의 데이터 평면과 제어 평면을 분리하고, 이들 간에는 표준화된 인터페이스를 제공하여 네트워크 운용자가 상황에 따라 제어 평면을 프로그래밍하여 데이터 처리를 유연하게 제어하는 기술을 말한다. 스위치와 라우터에서 담당하는 네트워크 제어 기능을 소프트웨어로 분리해 중앙에서 관리함으로써 네트워크 구성 및 운영을 더 효율적으로 할 수 있다. SDN의 제어 기능은 오픈 플로우라는 프로토콜을 통해서 이루어진다. SDN은 향후 데이터 센터를 보다 효율적으로 운영할 수 있는 핵심 기술로 주목을 받고 있으며, 이를 토대로 소프트웨어 정의 데이터 센터에 대한 논의가 진행되고 있다.

(3) 데이터 센터 간 네트워크 구성

전통적으로 데이터 센터의 가장 큰 고민 중의 하나는 재난 복구(disaster recovery, DR)에 대한 것이다. 현재 운영 중인 데이터 센터에 장애가 발생할 경우 빠른 시간 내에 복구를 해야 하는데, 네트워크로 연결된 타 데이터 센터를 통해서 복구를 시도하게 된다.

한편, 클라우드 컴퓨팅 네트워크 환경에서 관심있는 주제 중의 하나는 가상 머신이 다른 네트워크로 이동이 가능한지에 대한 것이다. 가상 서버가 어느 네트워크로 이동할 수 있는지는 기술적으로는 어렵지 않으나, 가상 서버가 다른 네트워크로 이동하더라도 네트워크가 다르기 때문에 서비스를 사용하지 못한다는 문제가 발생한다.

데이터 센터의 네트워크 구성에서 가상 서버의 이동은 다음과 같은 두 가지 경우를 고려해 볼 수 있다. 하나는 다른 데이터 센터 간의 가상 서버의 이동이고, 다른 하나는 같은 데이터 센터 내에서 서로 다른

호스트가 다른 네트워크에 연결되어 있을 때의 가상 서버 이동이다. 먼저, 서로 다른 데이터 센터 내부에서 가상 서버를 이동하기 위해서는 같은 네트워크로 인지해야 하므로, MPLS/VPLS/EoMPLS와 같은 터널링 기반의 태그 스위칭을 사용하거나 물리적으로 데이터 센터 간 네트워크를 연결해야 한다. 태그 스위칭을 할 경우 서버의 MAC 주소 학습과 주기적으로 일어나는 ARP 플러딩 현상으로 한쪽에서 발생하는 플러딩 문제가 다른 데이터 센터에 영향을 미칠 가능성이 있다. 그리고 물리적으로 광케이블을 원거리에 연결하는 것은 많은 비용이 발생하게 된다.

따라서 데이터 센터 간에, 또는 다른 네트워크 간에 가상 서버 이동을 위한 효율적인 방안이 요구된다. 먼저, MAC 학습 방법을 데이터 평면에서 제어 평면으로 변경하면 다른 네트워크 장비에 플러딩되는 현상을 제거할 수 있다. 두 번째, pseudo-wire 및 터널링 기반 기술 대신에 동적인 캡슐화 기술을 적용하여 엄청난 터널 관리 부담을 해소할 수 있다. 이를 통해 데이터 센터의 수가 많아져도 관리에 대한 부담을 줄일 수 있다²⁰⁾.

마. 데이터 센터 케이블링 기술

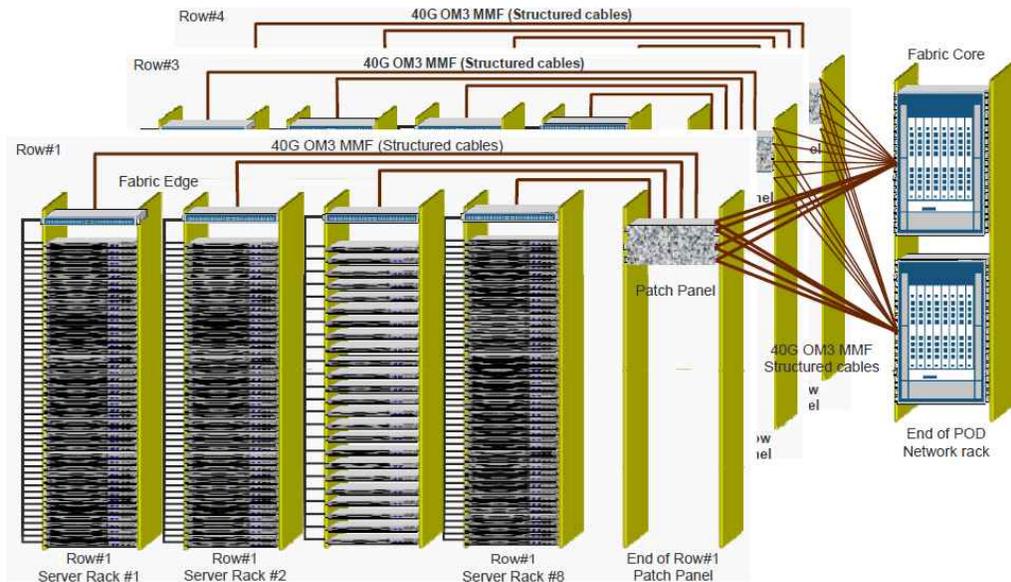
(1) 케이블링 기술

데이터 센터 내에 IT 장비가 증가함에 따라 데이터 센터 네트워크가 지속적으로 확장되고 있다. 이에 따라 다수의 스위치와 연결 케이블의 관리가 중요한 이슈로 대두되고 있다. ToR(Top of Rack)과 EoR(End of Rack)과 같은 물리적인 구성과 관리 문제도 역시 해결해야 할 이슈이다.

이를 위해서 ToR 스위치가 패치 패널과 같은 역할을 수행하면, 가상 새시의 모듈로 동작하게 할 수 있다. 예를 들어 ToR 스위치가 50대가 있다면, 50개 슬롯이 있는 대형 새시 스위치로 운영하는 방식이다. 이렇게 되면 관리 포인트가 단 하나로 줄어들게 되고, IP 주소 역시 하나로 줄어들게 된다. 뿐만 아니라 필요에 따라 ToR 스위치가 늘어나면 대형 새시 스위치 역할을 하게 되는 네트워크 제어부가 포함된 장비에 연결

20) Network Overlay - OTV, <http://youngmind.tistory.com/41>

만 하면 모듈을 추가하는 것처럼 보이게 된다. 즉, 데이터 센터 전체 네트워크 관리를 단 하나의 장비에서 구현할 수 있게 된다. 아래 그림은 ToR 스위치를 스위치 패치 패널에 연결하여 구성한 데이터 센터 네트워크를 보인다²¹⁾.



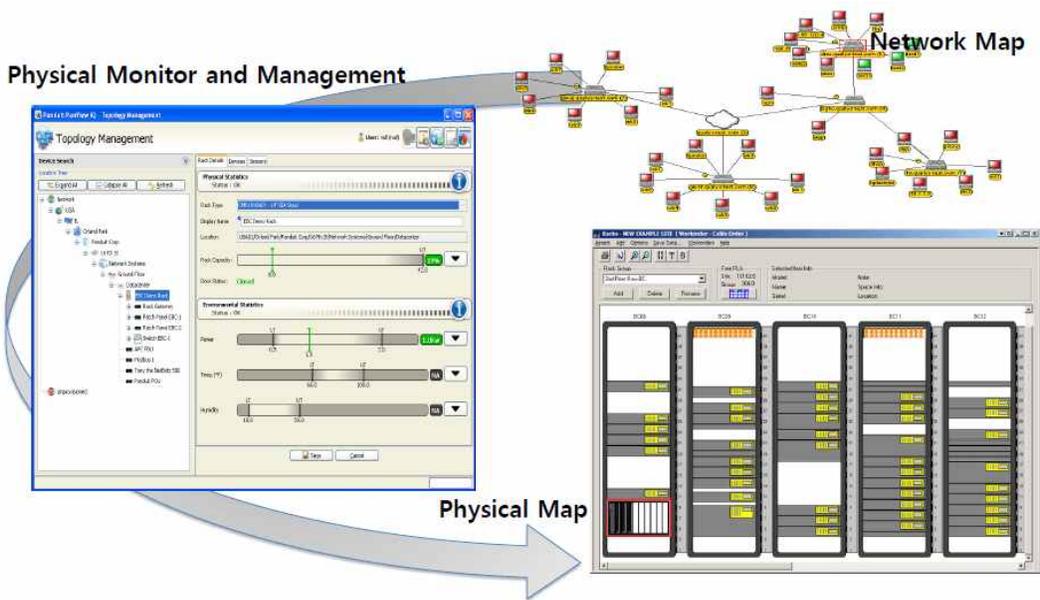
<그림 26> 데이터 센터 네트워크 구성

(2) 케이블링 관리 시스템

데이터 센터의 규모가 커지고 특히 클라우드 컴퓨팅 환경에서의 IT 장치의 운영은 소프트웨어 측면 뿐 만 아니라 물리적인 케이블 구성에서도 엄청난 복잡성을 유발시킨다. 기존의 통합 배선 관리는 개별적인 수기 문서를 통해서 이루어져 최신의 배선 정보를 유지하기가 어려웠다. 배선 연결 추적 및 유지 보수가 어려우며, 배선 정보가 실제 연결과 불일치하거나 사용하지 않는 포트가 다수 발생하는 문제가 종종 있게 된다. 따라서 장애가 발생해도 이를 신속히 발견하여 처리하기가 어렵게 된다. 그리고 물리적 계층 보안이 불가능하며 통합 보안 관리가 없다는 문제가 있었다.

21) 김현준, “네트워크 가상화 기반의 클라우드 데이터센터”, 클라우드 데이터센터 애플리케이션 네트워킹 최적화 2011 발표자료, 2011

데이터 센터 내의 케이블들을 효율적으로 운영 및 관리하기 위해서는 물리적인 인프라의 연결 및 상태 정보를 실시간으로 모니터링하고, 배선의 이동, 변경, 추가 등을 추적하여 항상 정확한 배선 연결 정보를 유지 및 관리할 수 있어야 한다. 이를 지원할 수 있는 시스템을 지능형 케이블 관리 시스템이라고 한다. 관리 시스템을 통해서 전체 케이블 선로의 설치 및 운영 상태에 대한 데이터를 자동으로 수집해 실시간으로 관리를 할 수 있게 되며, 장애 복구에 투입되는 시간이나 인력 등의 자원을 대폭 줄일 수 있다. 특히 장애가 발생한 위치를 즉시 확인할 수 있어 신속한 복구가 가능해질 뿐만 아니라 네트워크 장애 시간을 최소화함으로써 높은 안정성과 가용성, 그리고 관리의 효율성이 증대된다. 아래 그림은 지능형 케이블 관리 시스템의 한 예를 보인다²²⁾.



<그림 27> 지능형 케이블 관리 시스템 예시

22) PANDUIT 자료, “데이터센터의 변화와 Physical Layer Infrastructure”, 클라우드 컴퓨팅 2011 콘퍼런스, 2010.

7. 클라우드 데이터 센터 운영 관리

클라우드 데이터 센터는 기존 데이터 센터와는 IT 자원 관리에 있어서 큰 차이점을 보인다. 기존 데이터 센터는 전기 및 공조 등과 같은 시설 관점의 관리와 IT 자산의 관리가 이루어졌다. IT 자산은 서버, 스토리지 및 네트워크를 포함하며 위치, 규격 및 성능, 관리자, 시설연도 등의 정보를 포함한다. 하지만 클라우드 데이터 센터에서는 IT 자원에 대한 운영 관리의 중요성이 더욱 부각되었다. 앞서 살펴본 바와 같이 하나의 물리적인 IT 장치가 하나의 서비스를 제공되기 위해서 사용되기 보다는 가상화 기술로 인해서 하나의 물리 장치가 다수의 서비스를 제공할 수 있을뿐더러, 동일 서비스를 제공하는 장치 간에 기능적 통합이 수시로 이루어진다. 물리 서버의 장애는 다수의 가상 서버 장애로 이어지기 때문에 물리 서버와 가상 서버 간의 연관성 관리가 필요하다. 또한 비즈니스 수요에 따라 IT 장치는 수시로 통합 또는 분리 운영되며, 새로운 장치의 도입도 상당히 빠르게 진행된다. 따라서 클라우드 데이터 센터 내의 IT 장치의 운용 정보는 보다 세밀하고 정확하게 실시간으로 관리되어야 한다.

다음 표는 클라우드 데이터 센터에서 관리 및 모니터링 정보를 나타낸다.

<표 6> 클라우드 데이터 센터 내 관리 및 모니터링 정보

장치	관리 정보	모니터링 정보
서버	물리 서버의 위치, 연식, 관리자, 하드웨어 규격(CPU, 메모리, 디스크 등)	물리 서버가 운용 중인 가상 서버 물리/가상 서버별 CPU 이용률 물리/가상 서버별 메모리 이용률 물리/가상 서버별 디스크 이용률 물리/가상 서버별 I/O 이용률 (물리 서버 내 가상 서버간, 원격 물리 서버 간, 원격 물리 서버 내 가상 서버 간) 서버의 소비 전력 및 온도
스토리지	스토리지의 위치, 연식, 관리자, 하드웨어 규격(스토리지 용량)	스토리지의 소비 전력 및 온도 스토리지 이용률
네트워크	네트워크 장비의 위치, 연식, 관리자, 하드웨어 규격(대역폭, 포트 수, 프로토콜 등), IP 주소, 케이블 정보(IP 주소, MAC 주소, 랙, 패치 패널 등)	네트워크 장비의 포트 사용률 포트별 트래픽 량 케이블 관리 정보
랙	랙의 위치, 운용 중인 서버/스토리지 위치/개수 등	랙별 소비 전력 랙별 온도, 습도
서비스	제공 중인 서비스 목록(사용기간, 사용 자원, 사용자 등)	서비스별 사용 자원의 이용률, 과금 등

클라우드 데이터 센터는 위와 같은 IT 장치 및 자원에 대한 정보를 관리하고, 실시간으로 관련 정보를 수집 및 통계 관리하여야 한다. 보다

효율적인 에너지 및 자원 관리를 위해서 현재 이용률(사용량 또는 소비량)과 과거의 사용 실적 등을 바탕으로 향후의 사용량 추세 등의 정보를 관리할 필요가 있다. 위 정보는 또한 클라우드 데이터 센터의 효율 지표를 산출하기 위한 기초 자료로 활용될 수 있다.

제 3 장. 그린 클라우드 데이터 센터의 동향

제 1 절. 국내 표준화 동향

그린 데이터 센터 분야의 국내 표준화는 국립전파연구원 산하 한국 ITU연구위원회, 한국정보통신기술협회(TTA), 그린ICT 포럼, 그리고 기술표준원 산하 ISO/IEC JTC1 SC39(지속가능 IT) 국내전문위원회 등에서 다루어지고 있다. 그리고 한국IT서비스산업협회를 중심으로 국내 데이터 센터 인증제가 도입 및 추진되고 있다.

1. 한국ITU연구위원회

한국ITU연구위원회 산하 SG5 연구반은 ITU-T SG5에 대응되는 국내 연구반으로 그린 ICT 및 그린 데이터 센터와 관련한 표준화를 추진하고 있다. 주요 참여 기관으로는 국립전파연구원, 한국전자통신연구원, 한국정보통신기술협회, 한국정보화진흥원, KT, 성결대학교, 한국전력공사, 한국생산성기술연구원 등이 있다.

그린 데이터 센터 우수 사례, 데이터 센터의 인프라, 데이터 센터를 위한 전력공급장치 등과 같이 데이터 센터 관련 표준화 작업이 진행 중이다. (ITU-T SG5 대응)

2. 한국정보통신기술협회

가. ICT&CC전문위원회

그린 ICT 관련 표준화는 TTA의 전략계획위원회 산하 ICT&CC전문위원회에서 논의되고 있다. ICT&CC전문위원회는 정보통신기술 및 기후변화(Climate Change, CC) 관련 국내 및 국제 표준화 동향 파악, 표준 및 가이드라인 마련, 국제 표준화 추진 및 대응, 그리고 ICT&CC 관련 표준을 개발하고 있다. 현재까지 개발된 주요 표준은 다음과 같다.

- 데이터 센터 전력효율화지수 측정 지침
- 데이터 센터 에너지 효율 모니터링 시스템의 일반적 요구사항
- 데이터 센터 에너지 효율의 종합적 판단을 위한 성능지표

- ICT 부문 환경영향 평가 프레임워크
- ICT 제품, 네트워크 서비스 온실가스/에너지 평가 방법
- 그린데이터 센터 수준향상 지침
- 그린데이터 센터 수준진단 모델
- 그린데이터 센터 구축 지침 등

현재 추진 중인 주요 표준은 다음과 같다.

- 그린 클라우드 데이터 센터의 평가 프레임워크
- ICT 프로젝트에 대한 온실가스/에너지 감축량 평가 방법
- 통신장비 및 ICT 장비의 입력단에서의 400V 이하 직류전력 인터페이스
- ICT 네트워크 에너지 사용 평가 지침
- ICT 제품 에너지 사용 평가 지침 등

나. 그린ICT포럼

그린ICT포럼은 그린 ICT를 통한 지속성장의 기반을 마련하기 위한 목적으로 2012년 설립되었다. 그린 ICT 관련 평가 로드맵 개발, 평가 프레임워크 개발, 표준 개발 등 평가체계 및 기술표준 검토 및 개발 등을 담당한다. 또한 그린 ICT 기술 개발 및 활용과 관계된 국내 표준화 활동과 ITU-T, ISO/IEC JTC1 등 국제 표준화 활동 수행한다.

이와 같은 업무를 수행하기 위하여 산하에 정책제도 분과위원회, 표준화 분과위원회, 국제협력 분과위원회, 그리고 인프라 분과위원회 등이 있음

3. 지속가능IT 전문위원회

지속가능IT 전문위원회(JTC1 SC39)는 ISO/IEC JTC1 SC39에 대응되는 국내 연구반이다. IT 기술의, IT기술을 이용한 지속가능한 기술 및 표준 개발을 목표로 한다. 주요 참여기관으로는 한국전자통신연구원, 한국정보화진흥원, 한국전자정보통신산업진흥회, 한국 마이크로소프트, KT, 성결대학교, 단국대학교, 삼성종합기술원, 벨랩코리아 등이 있다.

4. 그린 데이터 센터 인증제

데이터 센터의 에너지 효율을 개선하고 그린 활동을 통한 경쟁력 향상을 위해 그린데이터 센터 인증제가 시행 중이다. 2011년 11월 그린데이터 센터 인증위원회가 구성되었으며, 인증위원회는 산/학/연/관 전문가 집단의 독립된 위원회로서 한국IT서비스산업협회 내에 사무국이 설치되어 운영되고 있다. 2011년 11월부터 2012년 10월까지 국내 데이터 센터의 에너지효율 실태를 조사하였으며, 2012년 12월 최초 인증을 실시하였다.

그린데이터 센터의 인증은 PUE 기반의 정량지표와 정성지표를 합하여 총 점수에 따라 A, A+, A++, A+++ 등을 부여한다. 향후 인증평가 항목을 PUE, IT장비효율성, 데이터 센터 에너지 효율관리 설비, 건물의 친환경성, 데이터 센터 생산성 등으로 확대 및 고도화할 예정이다.

제 2 절. 국제 표준화 동향

그린 데이터 센터 분야의 국제 표준화는 주로 ITU-T SG5, ISO/IEC JTC1 SC39에서 진행되고 있다. 또한 미국의 EPA(Environmental Protection Agency), 유럽의 CENELEC(European Committee for Electrotechnical Standardization), ESTI(European Telecommunications Standards Institute)가 있다. The Green Grid와 ECMA(European Computer Manufacturers Association) 등과 같은 산업체 연합 표준도 데이터 센터와 관련한 표준을 다루고 있다. 전세계적으로는 30여개의 기관이 그린 데이터 센터와 관련되어 있는 것으로 조사되고 있다.

1. ITU-T

2008년 7월에 ITU-T TSAG(Telecommunication Standardization Advisory Group)에 의해 ICT와 기후 변화에 대한 영향을 분석하고 관련 표준을 개발하기 위해서 FG-ICT&CC(Focus Group on ICTs and Climate Change)가 신설되었다. 포커스그룹의 연구결과물을 토대로 SG5 산하 WP3에서 그린ICT 및 기후변화에 대한 표준화를 진행하고 있다. 그린 데이터 센터와 관련된 표준은 WP3 산하의 Q.17과 Q.19에서 주로 다룬다.

(1) ITU-T SG5 Q.17

- SG5(Study Group3)의 WP3(Working Party 3)는 2009년에 설립되어 ICT&CC과 관련한 표준화를 진행하고 있음
- 그린 데이터 센터는 Q.17에서 표준화를 하고 있으며, 2011년에 L.1300 Best Practice for Green Data Center 문서가 완성됨
- L.1300은 그린 데이터 센터의 구축과 관련하여, ICT 장치와 서비스, 냉방, 전력, 건물, 감시 등의 분야를 포함
- 현재는 클라우드 데이터 센터를 위한 내용을 추가하는 개정작업이 진행되고 있으며, 문서의 양이 방대한 관계로 문서 분리 작업도 진행되고 있음
- L.1300 개정 작업은 국내에서 한국정보화진흥원과 한국전자통신연구원원에서 주로 참여하고 있음

(2) ITU-T SG5 Q.19

- Q.19는 데이터 센터를 포함한 일반 건물에 공급되는 전력 효율화를 위한 전력공급장치에 대한 표준화를 진행하고 있음
- 특히, 400V 이하 직류 방식의 전력공급장치의 인터페이스 규격, 전력공급장치의 구성 및 구조, 그리고 성능에 대한 표준화를 다루고 있음
- 2012년에는 L.1200 400V 이하 직류 방식의 전력공급장치 인터페이스 규격이 일본, 한국, 중국의 주도로 완성됨
- 현재는 400V 이하 직류 방식의 전력공급장치의 구조에 대한 표준화가 진행 중이며, 국내의 KT와 성결대학교가 주로 참여하고 있음

2. ISO/IEC JTC1 SC39

SG-EEDC(Study Group on Energy Efficiency of Data Center)가 2009년 신설되어 데이터 센터의 에너지 효율화에 대한 표준화 이슈 발굴 작업을 진행하였다. 이 연구반에서는 데이터 센터 용어 정리 및 성능 속도 모델, 주요 성능 지표, 그린 데이터 센터의 우수 사례, 데이터 센터

터 에너지 관리 시스템 등에 대한 표준화 이슈 발굴하였고, 후속 작업은 신설된 SC39에서 현재 진행 중이다.

2011년 IT 기술 자체와 IT 기반의 지속가능한 기술 개발을 위하여 SC39(Subcommittee39)가 신설되었으며, 이는 SG-EEDC의 업무를 포함한다.

- SC39는 산하에 두 개의 작업반을 두고 있는데, WG1(Working Group1)은 에너지 효율적인 데이터 센터를, WG2는 그린 ICT 분야 표준화를 다루고 있음
- WP1은 데이터 센터의 에너지 효율성 용어 개발, 주요 성능 지표 개발, 그리고 데이터 센터 에너지 관리 시스템 개발 등을 추진하고 있음
- 그리고 ITU-T SG5와 공동으로 에너지 효율적인 데이터 센터의 우수 사례를 개발하고 있으며, 이 작업은 한국의 주도로 이루어지고 있음
- WP1 산하에 2개의 TF(Task Force)가 있는데, TF1에서는 데이터 센터의 핵심 성능 지표의 개발을 담당하고 있으며, TF2에서는 다수의 KPI(Key Performance Indicator)들 간의 특성 분석 및 연관성에 대한 연구를 진행하고 있음

3. 미국

(1) EPA(Environmental Protection Agency): 환경청

- Energy Star for Data Center는 PUE를 기준으로 데이터 센터의 에너지 성능을 전문가에게 검증한 후 환경청에서 인증함
- 빌딩 레벨에서 어떤 성능인지와 개선 여부에 대한 평가를 진행하여, 유사 빌딩과 비교하여 상위 25%의 성능을 갖는 빌딩에 에너지 스타 라벨을 부여함
- 빌딩 에너지 사용량, IT 에너지 사용량, 24개 지역 분포, 규모/형태/Tier Level 등을 고려하여 평가함

(2) USGBC(U.S Green Building Council)

- 고성능 녹색 빌딩에 대한 설계, 건설 및 운영에 관한 기준을 수

립하기 위해서 LEED(Leadership in Energy and Environmental Design) 인증 기준을 마련함

- 모든 건물 유형에 적용하되, 건물의 라이프사이클 모든 단계에 적용함
- 에너지 효율성에 대하여 9가지 인증 기준과 4가지 등급(플래티넘, 골드, 실버, LEED인증) 기준을 가지고 있음
- 인증 기준: Sustainable Sites, Water Efficiency, Energy & Atmosphere, Materials & Resources, Indoor Environmental Quality, Innovation in Design, Regional Priority
- 전세계적으로 103국 4000여개 건물이 인증을 받았으며, 국내의 경우 19개 건물이 인증을 받음(2012.1)

4. 유럽

(1) CENELEC(European Committee for Electrotechnical Standardization)

- TC215: 정보통신 장비의 전자통신 분야의 표준화 담당
- TC215 WG3: 시설과 인프라스트럭처 분야의 표준화 담당
- BT WG132-3: 에너지 효율적인 데이터 센터를 지원하기 위한 표준화 연구사항에 대한 자문 수행

(2) ESTI(European Telecommunications Standards Institute)

- 정보통신 장비와 관련한 인프라스트럭처에서 에너지 소비의 감축, 장비 전력과 에너지 소비의 결정과 관련한 표준화 담당
- 2003년에 에너지 효율적인 전력공급장치의 규격에 대한 표준안을 마련함(ETSI EN 300 132-3)

5. 산업체 연합

(1) The Green Grid(TGG)

- 데이터 센터의 에너지 효율과 비즈니스 컴퓨팅 에코시스템의 개발 및 증진을 위해 설립된 글로벌 컨소시움
- Intel, IBM, HP, MS, Oracle 등 주요 IT업계 180여 회사가 참여

- 데이터 센터 설계 가이드를 제공하며, 데이터 센터를 부분이 아닌 전체적으로 설계함
- 데이터 센터의 에너지 효율성 측정 지표로 PUE(Power Usage Effectiveness)를 개발함
- PUE는 현재 전세계적으로 가장 널리 사용되는 데이터 센터 성능 지표임

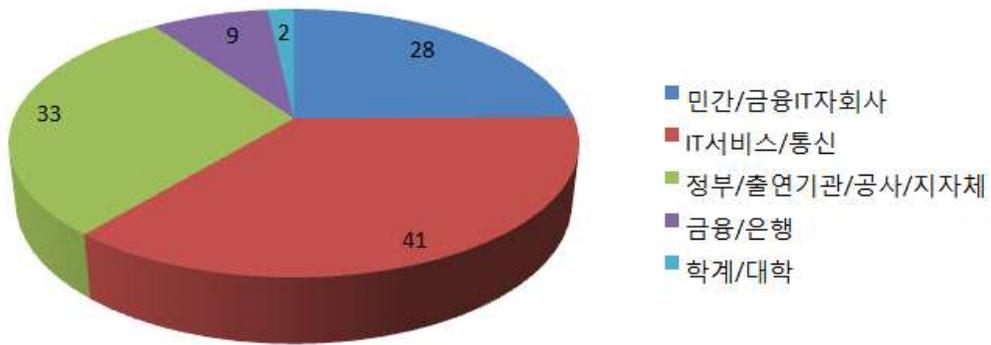
(2) ECMA(European Computer Manufacturers Association)

- 1961년에 설립된 산업체 연합으로, ICT와 CE (Consumer Electronics) 분야의 표준화를 담당함
- ICT와 CE 제품의 에너지 소비, 성능, 능력 측정을 담당
- 데이터 센터를 하나의 총괄적인 시스템으로 간주하는 운영 정책에 따라 IT부하 분배와 A/C 동작을 동시-제어하고 최적화함
- IT부하가 높은 서버를 한 군대로 모아 뜨거운 공기가 집중되도록 하고, 이러한 부분을 집중적으로 생각해 냉각 효율을 높일 수 있도록 함

제 3 절. 국내 데이터 센터 현황

국내 데이터 센터는 2012년 현재 113개가 있는 것으로 조사되었다²³⁾. IT서비스 및 통신회사가 가장 많은 41개의 데이터 센터를 보유하고 있으며, 공공기관은 정부통합전산센터, 지차제, 공사 등이 총 33개의 데이터 센터를 운영하고 있다. 그 다음으로 금융 IT 자회사를 포함한 민간에서 28개의 데이터 센터를 보유하고 있으며, 금융권이 9개, 대학교에서 2개의 데이터 센터를 보유하고 있다. 다양한 서비스의 증가 및 데이터 폭증으로 인해서 데이터 센터의 수는 지속적으로 증가하고 있다.

23) 전체 리스트는 부록 참조



<그림 28> 국내 데이터 센터 시설현황(2012년)

국내 데이터 센터의 위치와 준공년도, 건물규모, 전산실 규모는 다음 표와 같다. 국내의 경우 비싼 대지 비용으로 인해 고층의 데이터 센터를 구축함으로써 이에 대한 비용 대비 효과를 누리기 위해 데이터 센터 당 전산실 면적이 해외 보다 넓은 것으로 분석된다.

<표 7> 국내 데이터 센터 규모 및 현황

건물명(기관명)	위 치	준공년월	총건물규모 (m ²)	전산실규모(m ²)
SC제일은행 전산센터	서울 송파	1985년	21,300 m ²	2,700 m ²
교보데이터 센터 - IBM	인천 연수구	2009년	13,200 m ²	6,600 m ²
삼성SDS 수원센터	경기도 수원	2008년	37,214 m ²	26,882 m ²
삼성SDS 구미센터	경상북도 구미	1996년	19,500 m ²	5,100 m ²
IBK기업은행 수지센터	경기도 용인	2006년	26,300 m ²	1,600 m ²
대법원 전산정보센터	경기도 성남	2008년	22,200 m ²	2,100 m ²
신한은행	경기도	1999년	24,500 m ²	4,000 m ²

일산금융센터	고양			
KIDC 논현	서울 논현	1998년	28,116 m ²	12,793 m ²
동부화재데이터 센터	경기 죽전	2010년 01월	10,501 m ²	5,745 m ²
KT 목동 IDC	서울 목동	2008년	68,297m ²	39,020m ²
서울파이낸스센터 (KDDI)	서울 중구	2001년11월	119,646 m ²	1,722 m ²
한화S&C 한화데이터 센터	경기 죽전	2010년 11월	14,897 m ²	3,987 m ²
금호아시아나IDC	서울 오쇠동	2008년 12월	8,687 m ²	3,630 m ²
롯데정보통신 ubit 가산센터	서울 금천구	2007년 01월	9,284 m ²	3,266 m ²
호스트웨이 IDC	경기 성남	2000년 06월	14,534 m ²	8,047 m ²
LG CNS 상암	서울 마포	2006년 12월	43,808 m ²	13,692 m ²
LG CNS 인천	인천 계양구	1992년 03월	14,323 m ²	4,072 m ²
LG CNS 가산	서울 금천구	2009년 04월	23,960 m ²	12,059 m ²
온세 세종 역삼 IDC	서울 역삼	2001년 12월	4,980 m ²	2,490 m ²
온세 분당 IDC	용인 동천	2008년 09월	6,940 m ²	4,570 m ²
온세 부산 IDC	부산 사상	1999년 10월	3,645 m ²	660 m ²
CJ 송도 u-IT센터	인천 송도	2010년 12월	11,867 m ²	2,884 m ²
대전정부통합전산센 터	대전 유성구	2005년 11월	31,758 m ²	8,812 m ²
광주정부통합전산센	광주	2007년	33,695 m ²	6,941 m ²

터	서구	06월		
롯데정보통신 ubit 대전센터	대전 대덕	2010년 11월	4,036 m ²	1,531 m ²
KT 목동ICC	서울 목동	2008년 05월	64,180 m ²	19,800 m ²
KT 분당ICC	경기 분당	2001년 10월	31,510 m ²	13,530 m ²
KT 영동ICC	서울 역삼동	2007년 11월	9,735 m ²	6,600 m ²
국민은행 전산센터	서울 강서구	2006년	14,000 m ²	3,900 m ²
증권예탁원 센터	경기 일산	1998년	22,500 m ²	1,200 m ²

(1) 클라우드 컴퓨팅 투자 현황

국내 업체의 클라우드 컴퓨팅 투자 현황을 보면 다음 표와 같다²⁴⁾.

<표 8> 국내 업체의 클라우드 컴퓨팅 투자 현황

업체	위치	시스템 구성	투자 계획
KT	천안 클라우드 데이터센터	자체 제작	제2천안 CDC 증축, 목동 CDC 신축
SKT	일산 SK브로드밴드 IDC	HP x86 서버, 넷애플 스토리지	미정
LG U+	안양 데이터센터	HP x86 서버, 넷애플 스토리지	여유 용량(50%) 지속 증설
삼성 SDS	ICT 수원센터 6층	x86기반 블레이드 서버	3,000억원 (전체 인프라 투자 기준)

24) 한국클라우드서비스협회, “한국형 클라우드 데이터 센터 구축을 위한 로드맵 도출방안 연구”, 방송통신정책연구, 2011.

SK C&C	대덕 IDC	HP x86 서버, 넷애플리케이션 스토리지	관교 데이터센터 신규 구축 (2,235억원)
LG CNS	상암 IT 센터	HP와 시스코 x86 기반 시스템	제4,5센터 구축 계획
호스트웨이	성남 호스트웨이 IDC	HP x86 서버, 넷애플리케이션 스토리지	여유 용량 지속 증설

(2) NHN 춘천 데이터 센터²⁵⁾

- NHN은 2013년 6월 강원도 춘천에 5만 4229m²의 축구장 7개 크기의 부지에 관리동 1개와 서버동 3개 등 4개로 구성된 데이터 센터를 완공함
- 친환경 인증제도인 LEED의 최상위 등급인 '플래티넘'을 부여받았으며(IDC로는 세계최초 사례임)
- 춘천은 지진, 황사 등의 자연재해가 적고, 인근의 소양강댐으로부터 매일 800톤 가량의 물을 손쉽게 공급받을 수 있으며, 연평균 기온이 수도권에 비해서 1~2도 가량 낮은 지역적인 장점을 제공함
- 건물 안에는 9만 대의 서버를 보관할 수 있으며, 35°C 이상의 고온에도 견딜 수 있는 서버, 51개 가량의 서버를 쫓을 수 있는 고전력, 고집적의 랙, 그리고 더운 공기와 찬 공기가 섞이지 않게 해 열 손실을 줄인 차폐시스템 등으로 구성됨
- 외기를 이용한 서버룸 냉각장치를 개발하여 전력 효율 지수인 PUE를 1.11로 낮춤
- 자체 개발 중인 서버는 높이를 2배로 하고 폭을 절반으로 줄이는 디자인 혁신을 통해 35°C의 고온에도 견디며 소비 전력도 20% 감축할 것으로 기대됨

25) ZDNet Korea 기사, NHN 데이터 센터 가보니...

http://www.zdnet.co.kr/news/news_view.asp?article_id=20130621092551



<그림 29> NHN 춘천 데이터 센터 전경

(3) LG CNS 부산 데이터 센터²⁶⁾

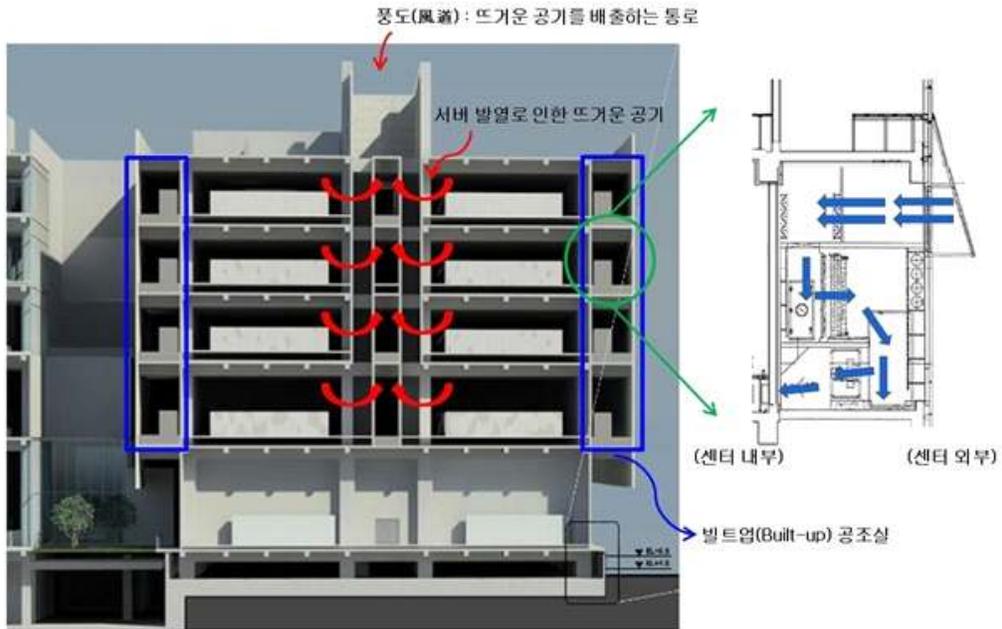
- LG CNS는 부산에 연면적 133,000m²의 규모의 데이터 센터 파크를 건설 중이며, 2012년 말 1차로 32,321m²에 지상 5층의 신규 데이터 센터를 구축함
- 전산실의 뜨거운 공기를 모아 그대로 외부로 배출하는 풍도를 고안하여 적용 중이며, 건물일체형 냉각 설비로 데이터 센터 건물 좌우 측면에서 외부 공기를 끌어들이어 전산실 냉각에 사용하여, PUE를 1.4로 낮춤
- 리히터 규모 8.0의 지진에 대비하기 위하여 국내 최초로 지진에 대비하기 위하여 면진설계²⁷⁾를 적용함
- 무정전 시스템을 구축하기 위해서 서로 다른 2개의 발전소로부터 전력을 공급받고 있으며, 수전전력의 80% 수준인 32000KV 용량

26) LG CNS 부산데이터 센터, 직접 보니 최첨단 친환경 글로벌 IT 허브
<http://www.designlog.org/2512418#.UdYopDvjTvw>

27) 지진을 방지하는 설계는 내진설계와 면진설계로 크게 나뉘는데, 내진설계는 지진이 났을 때 땅의 움직임과 같이 건물이 움직이며 무너짐을 방지하는 방식이다. 면진설계는 건물을 고무기둥(댐퍼) 위에 올려 지면과 분리시켜 지진으로부터 건물을 보호한다. 부산 데이터 센터의 지하에는 96개의 댐퍼가 건물을 지지하고 있다.

의 비상 발전 시설을 보유하고 있음

- 국내 최초로 컨테이너 데이터 센터를 도입하여 운영 중이며, 이를 통해 1년 이상 소요되는 데이터 센터 구축 기간을 4~5개월로 단축시킬 수 있음

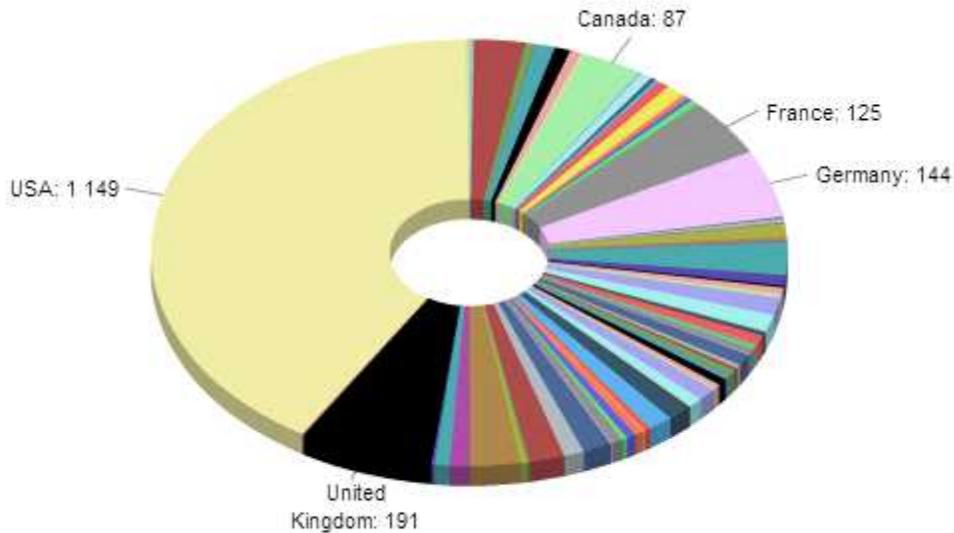


<그림 30> LG CNS 부산 데이터 센터의 풍도 및 외부 공기를 이용한 냉각 방식

제 4 절. 해외 데이터 센터 현황

전 세계 데이터 센터 현황을 보여주고 있는 조사보고서에 따르면 2013년 현재 90개 국가에서 2804개의 데이터가 운영 중인 것으로 나타났다²⁸⁾. 보고서에는 한국의 데이터 센터가 2개로 나와 있는데, 보고서에 포함되지 않은 국가와 데이터 센터를 포함하면 이보다 훨씬 더 많은 데이터 센터가 있을 것으로 추정된다. 관련 통계를 살펴보면 미국이 가장 많은 1,149개의 데이터 센터를 운영하고 있는 것으로 나타났으며, 뒤를 이어 영국이 191개, 독일 144개, 프랑스 125개 등으로 조사되었다.

28) Data Center Map, <http://www.datacentermap.com/datacenters.html>



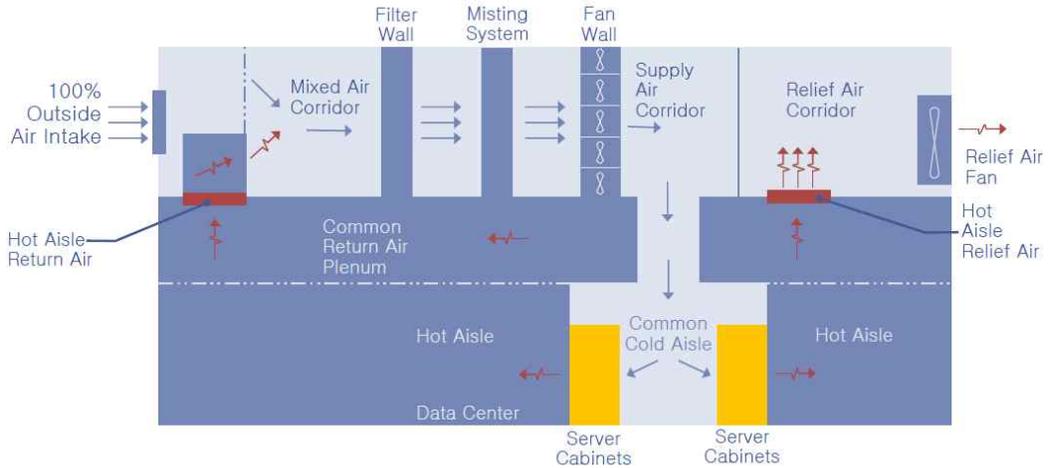
<그림 31> 전 세계 데이터 센터 보유 현황

(1) 페이스북 데이터 센터(미 오리건주 프린빌)

- 2011년 4월 공개된 오리건주 프린빌(Printville, Oregon)에 있는 페이스북의 데이터 센터는 약 30만 ft²의 규모로 현재 15만 ft²가 운영 중임
- 서버 냉각을 위하여 에어컨을 사용하지 않고 외부의 공기를 사용함으로써 기존 데이터 센터에 비해서 전력 사용량을 38% 줄이고, 비용은 24% 절감
- 분무된 물이 증발하면서 공기를 냉각시키는 공조 시스템을 사용하여 PUE가 전세계 최고 수준인 1.09을 달성함²⁹⁾
 - 데이터 센터 옥상에 설치된 시설에서 외부 공기를 받아들이고, 이 시설에 들어간 공기는 필터와 가습 자동분사장치, 여러 개의 팬으로 만들어진 벽을 순서대로 통과해서 차갑게 식는다
 - 이렇게 만들어진 찬 공기는 아래로 내려가는 통로를 통해 건물 내부 서버실을 냉각한다

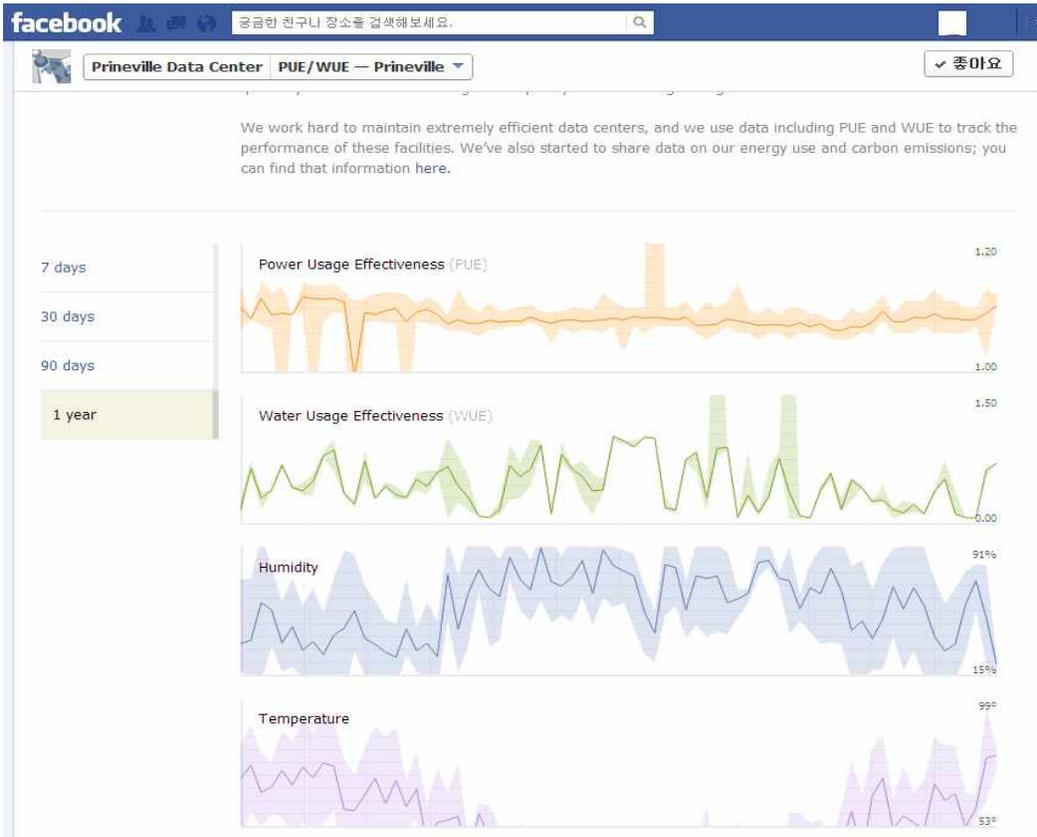
29) 제이 박, “데이터 센터 설계 핵심 요소와 페이스북 데이터 센터 사례“, Cloud & Data Center World 2013 발표자료, 2013.

- 서버 랙 속으로 들어가 서버 발열을 흡수한 공기는 후면의 뜨거운 공기 영역으로 넘어가고, 뜨거운 공기는 다시 옥상의 시설로 들어가거나 외부로 빠져난다



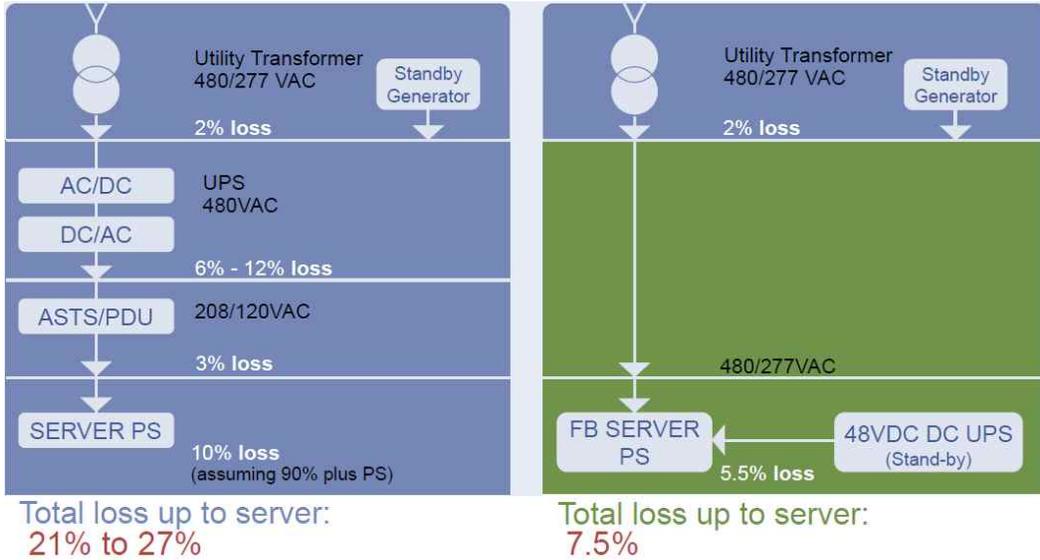
<그림 32> 페이스북 데이터 센터의 냉각 방식(구역별)

- 한편, 페이스북은 에너지 효율 지표 중의 하나인 WUE(Water Usage Effectiveness)를 관리하여 공개하고 있는데, 0.4L/KWh를 달성함. PUE, WUE, 습도, 온도 등의 정보가 페이스북에서 공개되고 있음



<그림 33> 페이스북의 프린빌 데이터 센터의 PUE/WUE

- 480/277VAC를 IT 장치에 직접 공급함으로써 480V-208V 변환기를 제거하였고, 중앙 UPS 제거함으로써 전력공급장치를 통해서 낭비되는 전력을 기존의 21~27%에서 7.5%로 감소시킴.
- 간소화된 전력공급장치 구조는 결과적으로 높은 가용도를 보임 (기존 0.9999에서 0.999999)



<그림 34> 페이스북 데이터 센터의 전력공급장치 구조(오른쪽)과 기존 구조(왼쪽)

(2) IBM 데이터 센터(미 콜로라도주 볼더)

- IBM은 2008년 6월 콜로라도 주에 있는 IBM 볼더 센터에 30만 ft2 규모의 구조의 그린 데이터 센터를 구축하여 운영하고 있음³⁰⁾
- IBM의 볼더 센터는 연평균기온이 약 14.5°C로, 칠러를 이용하지 않고 냉각탑에서 직접 냉각이 가능한 프리쿨링 시스템을 운용하기에 적합한 에너지 효율화 측면에서 최적의 지정학적 위치임
- 미 친환경건축물인증 제도인 LEED 실버 인증 획득
- 매년 100만 kWh의 풍력에너지를 사용해 데이터 센터를 부분 운영함으로써 연간 900톤의 이산화탄소 배출량을 줄이고 있음
- IBM이 보유한 가상화 기술을 적용하여 메인 프레임, 유닉스, x86 서버, 스토리지 시스템을 통합함
- IBM이 데이터 센터에 적용한 그린 기술은 다음과 같음

30) 아이뉴스24 기사, IBM 데이터 센터를 가다, http://news.inews24.com/php/news_view.php?g_menu=100191&g_serial=373613

<표 9> IBM 데이터 센터의 그린 기술

항목	상세 내용
데이터 센터 리모델링 및 친환경기술	<ul style="list-style-type: none"> • 98%이상 기존 빌딩 외관 사용, 65%의 재료 재활용 • 에너지 효율을 높이기 위한 디자인 및 구축 기술 • 풍력 에너지를 사용하여 데이터 센터의 일부를 운영
냉각기술	<ul style="list-style-type: none"> • 외기냉각시스템(에어/워터 냉각기술) 도입 • 프리쿨링 시스템 도입
가상화기술	<ul style="list-style-type: none"> • 가상화 기술 도입 <p>(서버 가상화, 스토리지 가상화, 클라이언트 가상화)</p>
관리기술	<ul style="list-style-type: none"> • 통합관리시스템 도입 • 전력관리 소프트웨어 • Active Energy Manager • 티볼리(Tivoli) 관리 소프트웨어



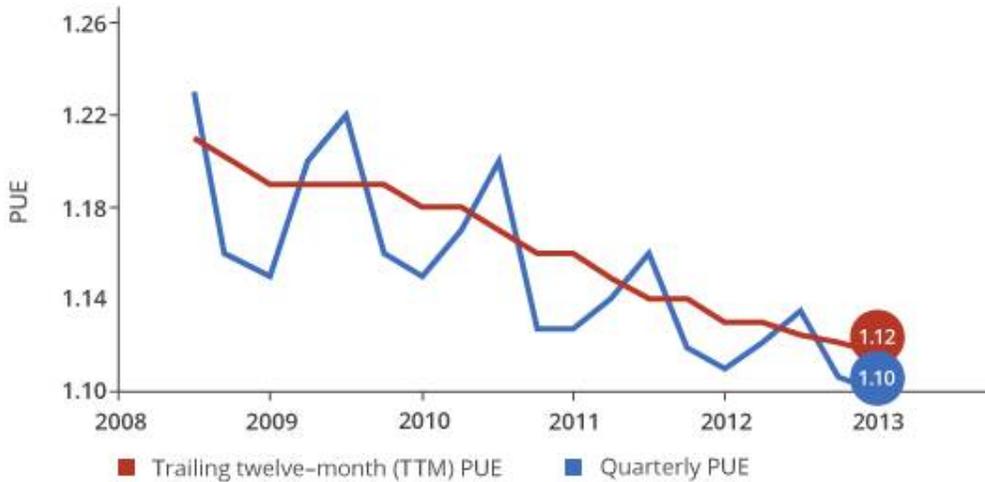
<그림 35> IBM 데이터 센터(볼더)의 전경(왼쪽) 및 워터 이코너마이저용 냉각 타워(오른쪽)

(3) 구글 데이터 센터³¹⁾

- 구글은 2012년 현재 건설 중인 데이터 센터를 포함하여 전세계적으로 36곳에 데이터 센터를 보유하고 있음

31) Google Data Centers, <http://www.google.com/about/datacenters/>

- 구글의 데이터 센터는 2008년에 PUE를 측정하기 시작한 이래로 지속적으로 감소하고 있으며, 2012년 현재 1.12를 달성함



<그림 36> 구글의 데이터 센터 PUE

- 구글 데이터 센터의 가장 큰 특징은 모듈화된 구조로, 컨테이너 박스 안에 서버와 스토리지를 포함함. 40피트 컨테이너에 최대 1,160개의 서버가 들어감. 전세계적으로 100만 대 이상의 서버를 운영하는 것으로 알려짐
- 서버의 전원을 랙으로부터 직접 공급받도록 하여 AC/DC 변환 과정을 없애고, 비디오카드 및 주변 장치 인터페이스 등을 제거하여 에너지 효율을 높일 수 있도록 서버를 직접 조립하여 사용함
- 핀란드에 있는 구글 데이터 센터는 해수를 이용하여 냉각 시설을 운영함

(4) 마이크로소프트 데이터 센터

- 마이크로소프트는 2008년부터 향후 5년간 진행될 '4세대 모듈러 데이터 센터' 프로젝트를 발표하였음
- 이 차세대 데이터 센터는 서버 및 네트워크 구성이 완전하게 모

- 둘화된 컨테이너로 전력 및 냉각 시설을 완비하고 있음
- 2011년 미국 워싱턴에 '클라우드 팜(cloud farm)' 데이터 센터 구축을 완료함³²⁾
 - 하나의 데이터 센터 컨테이너는 2000대의 서버를 운용할 수 있음
 - IT-PAC(pre-assembled component)로 알려진 컨테이너는 기존의 이중마루 데이터 센터보다 빠르고 저렴하게 설치가 될 수 있는데, 워싱턴 데이터 센터는 8개월 만에 구축을 완료하게 하였음



<그림 37> 마이크로소프트의 모듈러 데이터 센터

32) Data Center Knowledge, "Microsoft's High-Tech Modular Tractor Shed", <http://www.datacenterknowledge.com/archives/2011/01/04/microsofts-high-tech-modular-tractor-shed/>

제 4 장. 그린 클라우드 데이터 센터의 에너지 효율 성능 지표

제 1 절. 그린 데이터 센터의 에너지 효율 성능 지표

1. PUE(Power Usage Effectiveness)

오늘날 가장 널리 사용되는 데이터 센터의 성능 지표는 전력 효율화 지수(PUE, Power Usage Effectiveness)가 있다. PUE는 2006년 The Green Grid에서 개발하였는데, 다음 수식과 같이 데이터 센터 시설의 총 전력을 데이터 센터 내의 IT 장치에 의해서 소비된 전력량으로 나눈다.

$$PUE = \frac{\text{Total Facility Power}}{\text{IT Equipment Power}} \quad (1)$$

IT 장치는 데이터 센터 내에서 데이터를 관리, 처리, 저장 및 전달하는 장치들, 예를 들어, 서버, 네트워킹 장치, 저장 장치, 그리고 모니터 등과 같은 주변기기들을 포함한다. 총 시설 전력은 IT 장치 외에 모든 데이터 센터 내의 주 전력 시스템(전력 분배 장치, 전기 스위칭 장치 등), 예비 발전 시스템(무정전 장치 등), 에어 컨디셔닝 요소들(칠러, 공기 처리기, 워터 펌프, 냉각 탑 등), 그리고 조명과 같은 기타 인프라 등을 포함한다.

PUE가 낮을수록 데이터 센터는 더 효율적이라고 판단된다. 왜냐하면 낮은 PUE는 데이터 센터로 공급되는 전력의 더 많은 부분이 핵심 요소인 데이터 처리 및 저장을 위해서 사용되기 때문이다. 예를 들어, PUE 1.5는 IT 장치를 위해서 필요한 전력의 1.5배를 데이터 센터가 필요로 하다는 것을 의미하며, PUE 3.0은 비 IT 장치가 IT 장치보다 2배 더 많은 전력을 소비하는 것을 의미하기 때문이다. 가장 이상적인 PUE는 1.0으로서 모든 전력이 IT 장치에 의해서만 소비되는 서버 환경을 나타낸다.

PUE가 때로는 데이터 센터의 정적인 수치로 표현되기는 하지만 실제로는 시간-수 시간에도 변하는-에 따라 변하는 값을 갖는다. 서버의 부하는 하루 종일 변화하며, 외부 온도의 변화는 데이터 센터의 냉각 시스템에 영향을 미치게 된다. 또한 신규 IT 장치의 도입으로 인해서 데이터 센터의 IT 장치 전력 프로파일도 시간에 따라 달라진다.

○ PUE 산출 예시

- 다음과 같은 두 데이터 센터가 있다고 가정하자.
- A 데이터 센터는 7,500kW의 총 전력을 사용하며, 그 중에서 3,100kW가 IT 장치에서 소비된다. 이 데이터 센터의 PUE는 2.4이다.
 - 총 시설 전력 = 7,500kW
 - IT 장치 전력 = 3,100kW
 - $7500/3100 = 2.4$ PUE
- B 데이터 센터는 12,250kW의 총 전력을 사용하며, 그 중에서 6,700kW가 IT 장치에서 소비된다. 이 데이터 센터의 PUE는 1.8이다.
 - 총 시설 전력 = 12,250kW
 - IT 장치 전력 = 6,700kW
 - $12250/6700 = 1.8$ PUE
- 비록 B 데이터 센터가 A 데이터 센터 보다 더 많은 에너지를 소비하지만(12,250kW 대 7,500kW), IT 장치로 유입되는 전력의 비율이 B가 더 높기 때문에 B 데이터 센터가 에너지 관점에서 더 효율적이라고 여겨진다.

PUE는 현재 가장 보편적으로 사용되는 데이터 센터의 에너지 효율 지표이므로 PUE 산출 방법 및 적용에 대해서는 4.2절에서 보다 상세하게 기술한다.

2. DCIE(Data Center Infrastructure Efficiency)

DCIE는 데이터 센터의 에너지 효율성을 결정하기 위해서 사용되는 지표 중의 하나이다. DCIE는 The Green Grid에서 개발되었다. 이 지표는 PUE의 역수로 표현되며, PUE를 결정하기 위해서 사용된 값들이 그대로 사용되거나 수식에서는 반대로 적용이 된다. 즉, 아래 수식과 같이 DCIE는 IT 장치가 소비한 전력을 데이터 센터가 소비한 전체 전력으로 나눈다. 이미 PUE를 산출하였다면 이 값을 1로 나누면 손쉽게 DCIE를 계산해낼 수 있다.

$$DCIE = \frac{IT\ Equipment\ Power}{Total\ Facility\ Power} \quad (2)$$

DCIE와 PUE는 동일한 데이터를 포함하기 때문에 동일한 정보를 다른 방식으로 접근할 수 있게 한다. 예를 들어, PUE 1.5인 데이터 센터는 DCIE 66%(1/1.5=66%)를 갖는다. PUE는 IT 장치가 필요한 전력을 공급하기 위해서 데이터 센터는 1.5배의 전력을 공급해야 함을 알려주며, DCIE는 데이터 센터의 전력 중에서 IT 장치가 2/3을 소비함을 알려준다.

PUE가 오늘날 가장 널리 사용되고 있지만, 일부 사람들은 DCIE를 더 선호하는데 그 이유는, 더 높은 에너지 효율을 갖는 데이터 센터가 더 높은 점수를 받기 때문이다.

○ DCIE 산출 예시

- PUE를 산출하기 위해서 사용했던 이전 예제를 이용하여 PUE와 DCIE를 계산해보자.
- A 데이터 센터는 7,500kW의 총 전력을 사용하며, 그 중에서 3,100kW가 IT 장치에서 소비된다. 이 데이터 센터의 PUE는 2.4이고, DCIE는 41.33%이다.
 - 총 시설 전력 = 7,500kW
 - IT 장치 전력 = 3,100kW
 - $3100/7500 = 41.33\%$ DCIE
- B 데이터 센터는 12,250kW의 총 전력을 사용하며, 그 중에서

6,700kW가 IT 장치에서 소비된다. 이 데이터 센터의 PUE는 1.8이고, DCIE는 54.69%이다.

- 총 시설 전력 = 12,250kW
- IT 장치 전력 = 6,700kW
- $6700/12250 = 54.69\%$ DCIE

PUE와 DCIE를 활용하는 데 있어서 가장 주의할 점은 IT 장치의 전력 소비를 줄이기 위해 에너지 효율화 기술을 도입한다면 PUE와 DCIE 값이 나빠진다는 것이다. 예를 들어서 A 데이터 센터가 가상화 프로젝트를 통해서 다수의 서버를 통합하여 서버 전력을 300kW 절감한다면, IT 장치의 총 소비 전력은 3,100kW에서 2,800kW로 9.7%가 감소된다. 만약 건물의 시설 인프라가 IT 부하에 거의 밀접하게 관련이 되어 있다면 총 시설 전력도 9.7% 감소하여 726kW가 감소할 것이다. 이럴 경우에는 PUE와 DCIE가 그대로 유지될 것이다. 하지만 건물의 시설 인프라가 IT 부하와 밀접하게 관련이 되어 있지 않는다면, 총 시설 전력은 IT 장치 전력의 절감액 만큼 줄지 않을 것이다. 예를 들어 총 시설 전력이 450kW만 감소하였다면 (9.7%가 아닌 6% 감소), 총 시설 전력은 7,500에서 7,050kW가 될 것이며, PUE는 2.4에서 2.5로, DCIE는 41.33에서 39.72로 더 나빠지게 된다. IT 장치의 전력 소비를 10% 절감하였지만 에너지 성능 지표 상에서는 더 나빠진 것으로 나타나게 된다.

3. CPE(Compute Power Efficiency)

데이터 센터의 성능을 평가하기 위한 또 다른 방법으로 전기 오버헤드를 계산하고 여기에 서버의 평균 CPU 이용률을 고려하는 것이다. CPE로 알려진 이 지표는 The Green Grid에 의해서 2007년에 처음 소개되었으며 다음 수식으로 산출한다.

$$\begin{aligned}
 CPE &= \frac{IT\ Equipment\ Utilization \times IT\ Equipment\ Power}{Total\ Facility\ Power} \\
 &= \frac{IT\ Equipment\ Utilization}{PUE} \\
 &= IT\ Equipment\ Utilization \times DCIE
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

위 수식에서 알 수 있듯이 CPE는 IT 장치의 이용률을 PUE로 나누거나, IT 장치의 이용률에 DCIE를 곱하면 산출할 수 있다. PUE는 소수점 첫째 자리까지만 표시를 하기 때문에, PUE와 연관된 CPE와 다른 지표들의 정확한 값을 알기 위해서는 PUE를 사용하기 보다는 IT 장치의 전력과 총 시설 전력 값을 사용하는 것이 바람직하다.

○ CPE 산출 예시

- 앞서 살펴본 두 데이터 센터에 대해서 PUE, DCIE, CPE를 산출해보자.
- A 데이터 센터는 7,500kW의 총 전력을 사용하며, 그 중에서 3,100kW가 IT 장치에서 소비된다. 이 데이터 센터의 평균 서버 CPU 이용률은 10%이다. 이 데이터 센터의 PUE는 2.4, DCIE는 41.33%이고, CPE는 4.13%이다.
 - 총 시설 전력 = 7,500kW
 - IT 장치 전력 = 3,100kW
 - $10\% \times 3100/7500 = 4.13\%$ CPE
- B 데이터 센터는 12,250kW의 총 전력을 사용하며, 그 중에서 6,700kW가 IT 장치에서 소비된다. 이 데이터 센터의 평균 서버 CPU 이용률은 5%이다. 이 데이터 센터의 PUE는 1.8, DCIE는 54.69%이고, CPE는 2.73%이다.
 - 총 시설 전력 = 12,250kW
 - IT 장치 전력 = 6,700kW
 - $5\% \times 6700/12250 = 2.73\%$ CPE

4. TCE(Technology Carbon Efficiency)

데이터 센터의 그린화 정도를 살펴보는 또 다른 지표로 에너지 효율성에 탄소 배출량을 정도를 고려하는 것이다. TCE로 불리는 이 지표는 CS Technology에 의해서 2007년에 소개되었다.

전기를 생산하기 위해서는 다양한 종류의 에너지 원이 사용될 수 있

기 때문에 이에 따라서 데이터 센터의 탄소 배출량에 영향을 미치게 된다³³⁾. 데이터 센터의 전력 효율에 탄소 배출 영향도를 결합하면 IT 장치로 에너지를 공급하기 위해서 얼마나 많은 이산화탄소가 배출되는지를 알 수 있다.

$$\begin{aligned}
 TCE &= \frac{\text{Electricity Carbon Emission Rate} \times \text{Total Facility Power}}{\text{IT Equipment Power}} \\
 &= \text{Electricity Carbon Emission Rate} \times PUE \\
 &= \frac{\text{Electricity Carbon Emission Rate}}{DCIE}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

PUE와 마찬가지로 TCE 값이 낮은 데이터 센터가 더 효율적이다.

TCE는 데이터 센터의 에너지 사용과 탄소 배출량 간의 관계를 효과적으로 표현하는 것 외에도 다른 시설들이 전체적으로 환경에 어떻게 유사한 영향을 미치는지를 설명하는데 유용하다. 예를 들어, 아주 낮은 PUE를 보이는 서버 환경이지만 대부분의 전기가 석탄으로부터 오는 데이터센터는 수력 발전으로부터 전력을 공급받지만 더 높은 PUE를 갖는 데이터 센터와 TCE가 유사하거나 더 나쁠 수도 있다.

○ TCE 산출 예시

- 앞서 살펴본 두 데이터 센터에 대해서 PUE, DCIE, CPE, TCE를 산출해보자.
- A 데이터 센터는 7,500kW의 총 전력을 사용하며, 그 중에서 3,100kW가 IT 장치에서 소비된다. 이 데이터 센터의 평균 서버 CPU 이용률은 10%이다. 이 데이터 센터는 실리콘 밸리에 위치하고 있고, 1kWh의 전력을 생산하기 위해서 이산화탄소 0.71299 파운드의 탄소 발생율을 갖는다. 이 데이터 센터의 PUE는 2.4, DCIE는 41.33%, CPE는 4.13%이고, TCE는 1.725이다.
 - 총 시설 전력 = 7,500kW
 - IT 장치 전력 = 3,100kW

33) 참고) Chapter 4, Powering Your Way to a Greener Data Center, in Grower a Greener Data Center, Cisco Press, 2010

- $0.71299 \times 7500/3100 = 1.725$ CPE
- B 데이터 센터는 12,250kW의 총 전력을 사용하며, 그 중에서 6,700kW가 IT 장치에서 소비된다. 이 데이터 센터의 평균 서버 CPU 이용률은 5%이다. 이 데이터 센터는 중부 텍사스에 위치하고 있고, 1kWh의 전력을 생산하기 위해서 이산화탄소 0.32435파운드의 탄소 발생율을 갖는다. 이 데이터 센터의 PUE는 1.8, DCIE는 54.69%, CPE는 2.73%이고, TCE는 2.421이다.
 - 총 시설 전력 = 12,250kW
 - IT 장치 전력 = 6,700kW
 - $1.32435 \times 12250/6700 = 2.421$ TCE
- 비록 A 데이터 센터가 B 데이터 센터보다 PUE가 더 높지만(나쁘지만), TCE가 더 낮으며(좋으며) 전력을 생산하기 위해서 더 작은 양의 탄소를 배출하고 있다.

5. CADE(Corporate Average Data Center Efficiency)

McKinsey & Co와 The Uptime Institute는 IT와 시설을 포함하는 데이터 센터의 성능을 측정하기 위한 방안으로 2008년에 CADE를 소개하였다. CACE는 CPE에서 사용한 세 가지 요소와 향후 개발될 4번째 요소를 제안하였다.

- 시설 에너지 효율(Facility Energy Efficiency): 외부 전원으로부터 공급받은 데이터 센터의 전력이 얼마나 IT 장치에 의해서 사용되는지
- 시설 이용률(Facility Asset Utilization): 데이터 센터가 사용하는 최대 전기 용량이 얼마인지
- IT 이용률(IT Asset Utilization): 데이터 센터의 평균 서버 CPU 이용율
- IT 에너지 효율(IT Energy Efficiency): 이 지표는 아직 수식화되지는 않았지만, 서버, 네트워크 장치, 저장 장치 등이 그들의 성능을 발휘하는데 전력을 얼마나 사용하는지를 나타내기 위해서 사용된다.

처음 두 요소는 시설의 효율성을 결정하기 위해서 사용되고, 나머지 두 요소는 IT 자산의 효율성을 결정하기 위해서 사용된다. 각각의 요소는 %로 표현된다.

$$\begin{aligned}
 CADE &= Facility\ Efficiency (FE) \times Asset\ Efficiency (AE) \\
 FE &= Facility\ Energy\ Efficiency \times Facility\ Utilization \\
 AE &= IT\ Energy\ Efficiency \times IT\ Utilization
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

데이터 센터 전력의 더 많은 부분이 IT 장치에 의해서 사용되고, 데이터 센터가 전기 용량의 최대치에 근접하도록 운영되고, 서버의 CPU 이용률이 증가할수록, CADE 값이 커진다(좋아진다).

PUE와 DCIE와 마찬가지로 IT 장치의 에너지 효율이 높아지면 CADE 값이 낮아지게 된다. 하지만 이는 IT 이용률 요소에 의해서 크게 상쇄된다. 가상화 프로젝트는 시설의 에너지 효율성을 낮추지만 IT 이용율을 증가시킨다.

CADE를 계산한 뒤에는 다음과 같은 계층 시스템에 따라 등급이 매겨진다.

- 등급-1 (0 ~ 5%)
- 등급-2 (5 ~ 10%)
- 등급-3 (10% ~ 20%)
- 등급-4 (20% ~ 40%)
- 등급-5 (40% 이상)

○ CADE 산출 예시

- 앞서 살펴본 두 데이터 센터에 대해서 PUE, DCIE, CPE, TCE, CADE를 산출해보자.
- A 데이터 센터는 7,500kW의 총 전력을 사용하며, 그 중에서 3,100kW가 IT 장치에서 소비된다. 이 데이터 센터의 평균 서버 CPU 이용률은 10%이다. 이 데이터 센터는 실리콘 밸리에 위치하고 있고, 1kWh의 전력을 생산하기 위해서 이산화탄소 0.71299 파운드의 탄소 발생율을 갖는다. 이 데이터 센터의 PUE는 2.4,

DCIE는 41.33%, CPE는 4.13%, TCE는 1.725이고, CADE는 2.6%이다.

- 총 시설 전력 = 7,500kW
 - IT 장치 전력 = 3,100kW
 - IT 이용률 = 10%
 - 데이터 센터 용량 = 5,000kW
 - $3100/7500 = 41.3\%$ 시설 에너지 효율(Facility Energy Efficiency)
 - $3100/5000 = 62\%$ 시설 이용률(Facility Utilization)
 - $41.3\% \times 62\% = 25.6\%$ 시설 효율(Facility Efficiency, FE)
 - $25.6\%(FE) \times 10\%(AE, IT \text{ 이용률}) = 2.6\% \text{ CADE}$
- B 데이터 센터는 12,250kW의 총 전력을 사용하며, 그 중에서 6,700kW가 IT 장치에서 소비된다. 이 데이터 센터의 평균 서버 CPU 이용률은 5%이다. 이 데이터 센터는 중부 텍사스에 위치하고 있고, 1kWh의 전력을 생산하기 위해서 이산화탄소 0.32435파운드의 탄소 발생율을 갖는다. 이 데이터 센터의 PUE는 1.8, DCIE는 54.69%, CPE는 2.73%, TCE는 2.421이고, CADE는 1.8%이다.
- 총 시설 전력 = 12,250kW
 - IT 장치 전력 = 6,700kW
 - IT 이용률 = 5%
 - 데이터 센터 용량 = 10,000kW
 - $6700/12250 = 54.7\%$ 시설 에너지 효율(Facility Energy Efficiency)
 - $6700/10000 = 67\%$ 시설 이용률(Facility Utilization)
 - $54.7 \times 67\% = 36.6\%$ 시설 효율(Facility Efficiency, FE)
 - $36.6\%(FE) \times 5\%(AE, IT \text{ 이용률}) = 1.8\% \text{ CADE}$
- A 데이터 센터와 B 데이터 센터는 CADE 계층 시스템에서는 동

일한 등급-1 이다.

- 위 예에서 IT 에너지 효율성 요소는 아직 개발되지 않았기 때문에 CADE 산출시 포함되지 않았다. 향후 IT 에너지 효율성이 정의되고 CADE 산출식에 포함되면 CADE 지표와 계층 시스템은 수정될 것이다.

6. DCP(Data Center Productivity)

The Green Grid는 2008년 데이터 센터 생산성(Data Center Productivity, DCP)이라는 명목 하에 미래의 데이터 센터 지표를 위한 프레임워크를 제안하였다. DCP는 대다수 데이터 센터 효율성 지표와 마찬가지로 데이터 센터와 관련된 자원의 소비를 측정하는 것 외에도 데이터 센터의 출력도 기록한다. 즉, DCP는 데이터 센터가 소비하는 것 대비 무엇을 성취하는지를 정의한다.

$$DCP = \frac{\text{Useful Work Produced by Data Center}}{\text{Resource Consumed Producing the Work}} \quad (6)$$

이 프레임워크는 The Green Grid의 첫 DCP 지표인 데이터 센터 에너지 생산성(Data Center Energy Productivity)과 같은 전력 자원에서 바닥 공간과 같은 데이터 센터의 자원에 이르는 등의 폭넓은 데이터 센터의 용량에 적용하기 위해서 만들어졌다.

7. 성능 지표의 활용

데이터 센터와 관련하여 어떠한 지표를 측정하여 사용하던지 간에 중요한 것은 그들이 적절한 문맥에 따라서 해석되어야 한다는 것이다. 데이터 센터가 특정한 점수를 얻는 것으로는 충분하지 않으며, 그 점수 뒤에 있는 조건 및 상황과 사용된 수식의 잠재적인 주의사항을 이해해야 한다. 따라서 데이터 센터의 성능 지표를 적절히 사용하기 위해서는 다음과 같은 변수들을 고려해야 한다.

- 데이터를 수집하는 여러 가지 방법이 있다: 전력은 다양한 요소

레벨, 빈도, 그리고 다양한 수준의 정확도를 갖는 장치에 따라서 측정될 수 있다.

- 점수는 시간에 따라 변한다: 데이터 센터 하드웨어에 의해서 소비되는 전력량은 처리되는 업무에 따라서 하루 종일 변한다. 또한 많은 지표에서 동일한 데이터 센터라도 서버가 부분적으로 채워져 있으면 서버가 완전히 채워져 있는 경우보다 덜 효율적으로 나타난다. 왜냐하면, 어떤 전기 및 기계 요소들은 부하가 적을 경우 덜 효율적인 경우가 있기 때문이다. 또한 특정 지원 인프라(예를 들어 조명 등)은 부하가 적을 경우에는 전체 전력 수요에서 차지하는 비중이 상대적으로 크게 나타나기 때문이다.
- 이중화는 점수에 영향을 미친다: 예비 전기 인프라는 신뢰성을 높여주지만 추가적인 전력 손실로 인해서 지표상의 수치가 낮게 나온다.
- 지리는 점수에 영향을 미친다: 어떤 데이터 센터는 단지 위치에 따라서 에너지를 보전하기가 쉽거나 어려울 수 있다. 예를 들어 온화한 기후에 있는 데이터 센터는 추운 기후에 있는 데이터 센터보다 에너지 효율성을 높이기 위해서 외부 공기를 활용할 기회가 더 적다. 마찬가지로, 상용 전력의 신뢰성이 떨어지는 곳에 위치한 데이터 센터는 보다 많은 전기 인프라의 이중화가 필요하며 이는 결국 더 많은 전력 손실을 유발하게 된다.

제 2 절. 전력 효율화 지수(PUE)

1. PUE 개요

가. PUE의 개념

PUE는 데이터 센터 및 서버룸의 에너지 효율을 나타내는 성능 지표이며, 데이터 센터 전체 소비 전력을 IT 장비의 소비 전력을 나눈 값으로, PUE 값이 낮을수록 에너지 효율이 높다. 즉, 가장 이상적인 데이터 센터는 공급되는 모든 전력이 IT 장비를 위해서 사용되어 PUE가 1에

근접한 경우이다.

데이터 센터가 사용하는 총 전력은 IT 장비의 소비 전력과 IT 장비의 운영을 지원하는 모든 장비들의 소비 전력의 합이다. IT 장비는 데이터 센터 내의 서버, 스토리지, 네트워킹 장치, 프린터 뿐 만 아니라 키보드, 비디오, 마우스, 모니터, 워크스테이션, 모바일 컴퓨팅 등과 같은 부가적인 장비들도 포함된다. IT 장비의 운영을 지원하는 설비는 다음과 같다.

- 전기 부문: UPS, 축전지, 스위치, 발전기, 배전반, 분전반 등
- 기계 부문: 공조 시스템, 냉동기, 냉각 타워, 향온 향습기, 공기 조화기, 펌프 등
- 기타 부문: 발전기(예열), 전등, 방재, FMS³⁴⁾, BAS³⁵⁾, 보안 등

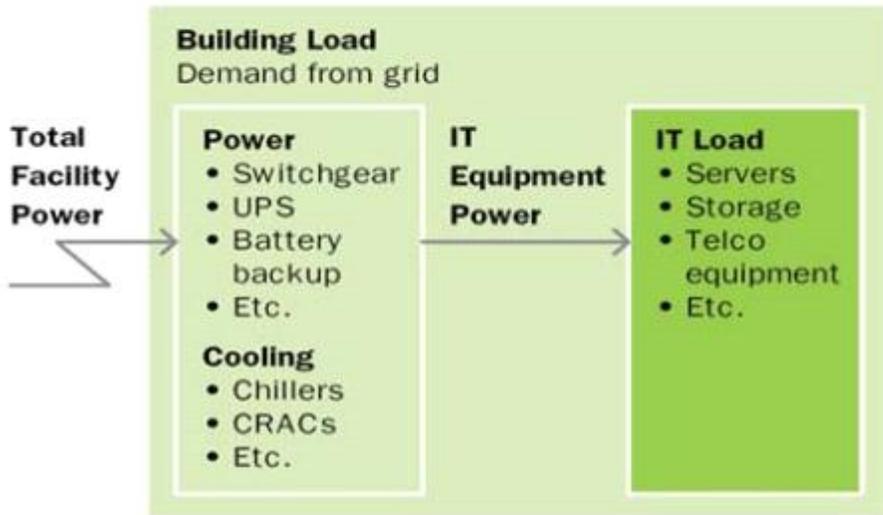
아래 그림은 데이터 센터의 PUE 산출 개념 및 산출식을 나타낸다³⁶⁾.

34) Facility Management System

35) Building Automation System

36) 출처: The Green Grid Technical Committee White Paper #6: Green Grid Data Center Power Efficiency Metrics: PUE and DCIE

PUE: Power Usage Effectiveness
DCE: Data Center Efficiency



$$PUE = \frac{\text{Total Facility Power}}{\text{IT Equipment Power}}$$

$$DCE = \frac{1}{PUE} = \frac{\text{IT Equipment Power}}{\text{Total Facility Power}} \leftarrow \text{(Multiply both terms by 100\%)}$$

<그림 38> 데이터 센터의 PUE와 DCIE의 산출 개념 및 산출식

나. PUE 측정 카테고리

데이터 센터 에너지 측정 기준 수립을 위한 미국 전문가 협의회³⁷⁾ 태스크포스는 데이터 센터의 PUE 측정을 위해서 다음 표와 같이 4가지 카테고리를 제안하였다³⁸⁾.

37) 참여 기관: 7x24 Exchange, ASHRAE, The Green Grid, Silicon Valley Leadership Group, U.S. Department of Energy Save Energy Now Program, U.S. Environmental Protection Agency's ENERGY STAR Program, United States Green Building Council, and Uptime Institute

38) The Green Grid, "Recommendations for Measuring and Reporting Overall Data Center Efficiency Version 2-Measuring PUE for Data Centers", 2011

<표 10> PUE 측정을 위한 카테고리

	카테고리0	카테고리1	카테고리2	카테고리3
IT 에너지 측정 지점	UPS 출력단	UPS 출력단	PDU 출력단	IT 장비 입력단
IT 에너지의 정의	IT의 순간 최대 전력 수요(kW)	IT의 연간 에너지	IT의 연간 에너지	IT의 연간 에너지
총 에너지의 정의	총 순간 최대 전력 수요(kW)	총 연간 에너지	총 연간 에너지	총 연간 에너지

개별 IT 장비의 전력량과 데이터 센터 전체의 전력량은 시간에 따라 다르기 때문에 전력과 에너지는 구분되어야 한다. PUE는 측정 시간과 측정 기간에 밀접한 관련이 있으며, 특정 시간의 전력과 특정 기간의 전력량 합계에 의한 에너지는 차이가 있다³⁹⁾.

(1) PUE 카테고리0

카테고리0은 12개월 측정기간 동안의 최대 부하를 나타내는 수요 기반의 산출 방안이다. IT 전력은 IT 장비의 최대 이용률일 때 측정된 UPS의 출력단에서의 수요(kW)로 표현된다. 데이터 센터의 총 전력은 데이터 센터의 경계(전용 데이터 센터에서의 전력 측정기, 복합 건물 데이터 센터에서의 전력 공급 지점)에서 측정되며, 일반적으로 수요(kW)로 보고된다. 이 카테고리는 순간의 측정이므로 변화하는 IT와 기계적인 부하의 참 의미를 놓칠 수 있지만, 지속적인 측정은 에너지 효율을 관리하는데 가치있는 정보를 제공한다. PUE 카테고리0은 전기 에너지만을 사용하는 데이터 센터에만 사용될 수 있으며, 천연가스나 지역 냉각수 등의 다양한 에너지를 사용하는 데이터 센터에는 적용될 수

39) 전력(power): 전류가 단위 시간에 행하는 일, 또는 단위 시간에 사용되는 에너지의 양
 에너지(energy): 전력 설비가 일정 시간 동작하였을 때 소비되는 전력의 총량을 의미하며, 전력량(적산 전력)의 개념과 동일하다.

없다.

(2) PUE 카테고리1

카테고리1은 소비 기반의 산출 방안이다. IT 부하는 UPS의 출력단에 측정된 12개월 총 kWh로 표현된다. 이 방식은 누적 측정을 하며, 모든 측정 지점에서 kWh 소비 측정기가 필요하다. 총 에너지는 데이터 센터의 경계로 유입되는 모든 종류의 연료(전기, 천연가스, 냉각수 등)를 포함해야 한다. 전용 데이터 센터에서 총 에너지는 전기 요금 고지서에 있는 모든 에너지를 포함하며, 복합 건물 데이터 센터에서는 데이터 센터의 경계로 유입되는 동일한 종류의 연료는 합산되어서 측정되어야 한다. 연간 측정치는 12개월 연속 에너지 데이터를 포함해야 한다. 이 측정 방안은 변화하는 IT와 냉각 부하를 고려할 수 있으므로 PUE 카테고리0 보다 좀 더 정확한 성능을 제시할 수 있다.

(3) PUE 카테고리2

카테고리2은 소비 기반의 산출 방안이다. IT 부하는 IT 부하를 지원하는 PDU의 출력단에서 측정된 12개월 총 kWh로 표현된다. 이 방식은 누적 측정을 하며, 모든 측정 지점에서 kWh 소비 측정기가 필요하다. 총 에너지는 카테고리1과 동일하게 산출된다. 이 방식은 PDU 변환기와 정적 스위치와 관련된 손실에 대한 영향을 제거하기 때문에 IT 부하에 대해서 추가적인 정확도를 나타낸다.

(4) PUE 카테고리3

카테고리3은 소비 기반의 산출 방안이다. IT 부하는 전기 시스템에 연결된 IT 장치의 연결점에서 측정된 12개월 총 kWh로 표현된다. 이 방식은 누적 측정을 하며, 모든 측정 지점에서 kWh 소비 측정기가 필요하다. 총 에너지는 카테고리1과 동일하게 산출된다. 이 방식은 전기 분배 장치와 랙에 장착된 팬 등과 같은 비 IT 장치와 관련된 손실에 대한 영향을 제거하기 때문에 IT 부하 측정에 있어서 가장 높은 수준의 정확도를 나타낸다.

다. PUE 적용의 한계

앞서 살펴보았듯이 PUE는 데이터 센터에서 사용한 전체 전력과 IT 장비가 사용한 전력의 단순 비율이므로 IT 장비의 전력 효율이 향상되면 PUE 값이 나빠질 수 있다. 예를 들어 서버 및 스토리지 가상화를 통한 IT 장비를 통합하게 되면 IT 장비의 전력 사용량이 감소하게 된다. IT 장비의 전력 소비량의 PUE의 분모가 되기 때문에 이로 인해서 PUE 값이 증가하게 된다. 물론 IT 장비의 전력 소비량의 감소는 또한 PUE의 분자인 데이터 센터 전체 소비량의 감소에도 영향을 미치게 된다. 따라서 클라우드 데이터 센터에서 IT 장비의 전력 효율화 및 이용률을 고려한 성능 지표의 마련이 필요하다.

또한 정확하고 일관성 있는 PUE 산정을 위해 지역냉수, 도시가스 등 다양한 외부 에너지 원에 대하여 국내 실정에 적합한 전력으로의 환산 계수를 산정해야 한다.

2. PUE 측정 방법

가. PUE 측정 개요

- PUE는 전력으로 산출하기 때문에 데이터 센터에 지역냉수, 도시가스, 지역온수 등과 같이 전기와 다른 형태로 투입되는 모든 에너지는 전력으로 환산하여 측정하여야 한다.
- IT 장비의 전력량은 IT 장비 운영을 지원하는 전력과 구분하여 측정해야 하므로 반드시 IT 장비 전단의 UPS와 같은 전력 변환 장비 이후에서 측정해야 한다.
- 데이터 센터는 데이터 센터 이외의 용도로 사용하는 설비가 혼재될 수 있으므로 순수 데이터 센터용 전력을 구분하여 측정해야 한다.
- 정확한 측정을 위해서는 반드시 데이터 센터의 전체 전력량과 IT 장비의 전력량 측정을 위한 지점을 정확히 선정해야 하며, 측정 시점이나 기간에 대한 기준이 명확하고 일관되어야 한다.

나. PUE 측정 기준 및 방법

PUE 측정은 측정 범위, 측정 위치, 측정 기간, 설비 구성, 데이터 센터의 유형 및 에너지 원에 따라 6가지의 기준에 의해서 이루어져야 한다. 처음 3가지 기준은 The Green Grid에서 제시한 카테고리 구분을 기준으로 이루어진 일반 측정 기준이며, 나머지 3가지는 데이터 센터 간의 상대적인 효율 차이를 동일한 조건에서 비교하기 위한 기준이다.

(1) 측정 범위

- IT 장비
 - 전산실(또는 서버실, 통신실, BMT실, 콘솔 룸, 종합상황실 등) 내의 서버, 스토리지, 네트워크 장비
- 기반 설비는 전기 부문, 기계 부문, 그리고 기타 부문이 있다
 - 전기실, 기계실, 방재실, 중앙감시실 등 데이터 센터 내의 모든 설비와 전등 및 전열기구
 - 데이터 센터용(즉, IT 장비용)이 아닌 일반 사무용 장비를 제외(사무실, 회의실, 식당의 전등/전열, 주차장, 엘리베이터 설비 등)
 - UPS, 차단기, 발전기, 배전반/분전반, 축전지 등과 같은 전력 공급 장비들과 전원 계통의 전력 손실을 포함
 - 기계 부문은 향온향습기, 냉동기, 냉각탑, 펌프 등의 냉각 시스템 장비임

(2) 측정 위치

PUE 카테고리별 에너지 측정 위치는 다음과 같다.

- 카테고리0 = ①/②
- 카테고리1 = ①/②
- 카테고리2 = ①/③
- 카테고리3 = ①/④



<그림 39> 에너지 측정 위치

(3) 측정 기간

IT 장비의 전력 소비량은 하루, 월, 계절 등에 따라 다르기 때문에 전력량을 어느 한 시점에 측정하는 것(kW)과 특정 기간 동안의 전력 적산량(kWh 또는 에너지)을 구분한다. The Green Grid의 카테고리(표 10)에 따라 다음과 같이 측정 기간을 구분한다.

- 순시 전력량: 카테고리0
 - 특정 시간의 순간(일회성) 전력량
 - 순시 전력량의 경우에도 일정한 시간을 정해서 측정
- 연속 전력량: 카테고리1~카테고리3
 - 특정 기간의 연속적인 전력량
 - 일간, 주간, 월간, 계간 및 연간 검침을 수행

(4) 설비 구성

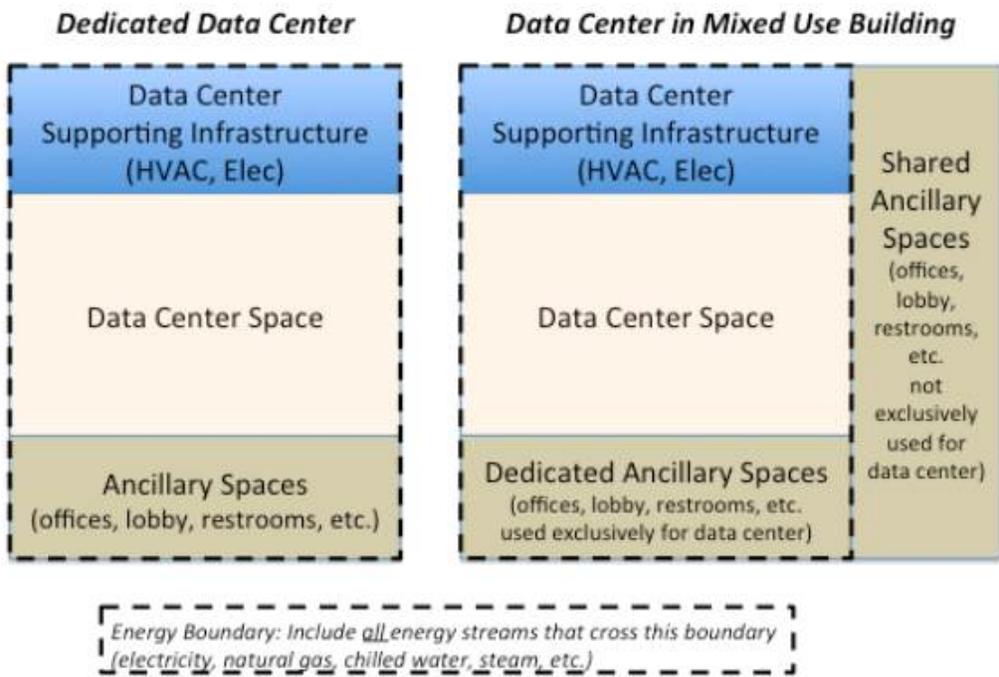
데이터 센터 내의 시설은 그 중요도를 고려하여 단일 구성, 병렬 구성 및 이중화 구성 등이 가능하다. 하지만 그 구성 방법과 설비의 효율에 따라 에너지 효율에 차이가 있다. 즉, 높은 신뢰도를 고려하여 설비를 구성할수록 에너지 사용량이 많아지므로 PUE가 낮아진다.

(5) 데이터 센터의 유형

데이터 센터는 단일 건물을 단독으로 사용할 경우도 있지만, 큰 건물

의 일부를 활용할 수도 있다. 데이터 센터 전용 건물일 경우는 PUE 산출이 단순하지만, 혼용 건물일 경우는 데이터 센터와 비 데이터 센터를 구분하여 PUE를 산출하여야 한다.

- 전용 데이터 센터
 - 건물의 모든 에너지가 데이터 센터에서만 사용됨
 - PUE는 IT 장비와 지원 설비로 구분하여 산출함
 - 전용 데이터 센터 운영에 필요한 로비, 화장실, 엘리베이터, 사무공간 등도 포함
- 혼용 건물 데이터 센터
 - 데이터 센터 용으로 사용되는 전력이 쉽게 구분되지 않는 전원 계통 구성일 경우 최대한 구분하여 측정하여야 하며, 물리적으로 구분이 어려우면 구성 비율을 근거로 보정 방법을 사용하여 추정해야 함



<그림 40> 전용 건물 및 복합 건물 데이터 센터의 에너지 사용 경계

(6) 에너지 원

데이터 센터의 주 에너지원은 전기이지만, 전기 외에도 지역난방공사 등으로부터 외부 도입 냉수/온수, 가스, 경유 등 다양한 에너지원이 사용될 수 있다. 이러한 에너지 원을 데이터 센터에 사용하는 경우에 소정의 변환 값을 사용하여 데이터 센터의 전체 사용 전력에 포함시켜야 한다. The Green Grid는 미 환경청에서 산정한 에너지 종류별 환산 가중치를 채택하고 있다. 다음 표는 전기 에너지에 대응하는 각 에너지의 환산 가중치를 보인다.

<표 11> 에너지 종류에 따른 가중치

에너지 종류	가중치
전기	1.0
천연 가스	0.31
유류(석유, 디젤)	0.30
기타 연료	0.30
지역 냉수	0.31
지역 온수	0.40
지역 스팀	0.43
응축수	0.03

모든 에너지 종류는 합산하기 전에 동일한 단위로 변환되어야 한다. 예를 들어 kWh로 표현되는 전기와 kBtu로 표현되는 천연 가스는 동일한 단위로 변환되어야 한다. 다음 수식은 각 에너지 종류에 대한 가중치가 부여된 에너지 산출을 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 \text{Weighted energy for each energy type} &= \text{Annual energy use} \\
 &\times \text{source energy weighting factor}
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

제 5 장. 그린 클라우드 데이터 센터의 평가 프레임워크(안)

제 1절 평가 프레임워크 개요

1. 그린 클라우드 데이터 센터의 정의

클라우드 컴퓨팅 환경으로의 전환에 따라 고밀도 ICT 장비를 보유하고, 가상화 기술을 활용하여 ICT 자원을 통합 운영하며, 비즈니스 요구에 따른 유연한 ICT 자원 제공이 가능한 클라우드 데이터 센터 환경에서 보다 높은 수준의 에너지 효율화 기술이 적용된 데이터 센터를 ‘그린 클라우드 데이터 센터’라고 한다.

2. 그린 클라우드 데이터 센터의 요구 사항

가. 가상화 기술을 통해 ICT 자원의 이용 효율을 높여야 한다

- 서버 가상화 기술을 이용하여 물리 서버를 통합하고, 개별 서버의 이용률을 향상시켜야 한다.
- 스토리지 가상화 기술을 이용하여 물리 스토리지를 통합하고, 개별 스토리지의 이용률을 향상시켜야 한다.
- 서버 가상화 및 스토리지 가상화를 지원하기 위해서 네트워크 가상화 기술을 이용하여 가상 네트워크를 구성해야 한다.
- 데이터 센터 네트워크를 다계층 수직형 구조에서 수평한 단순 구조로 구성해야 한다.
- 고온 운영 환경(High Temperature Ambient, HTA)에 적응이 가능한 서버가 도입되어야 한다.

나. 고밀도/고집적 ICT 환경에 적합한 공조 기술이 요구된다

- 전력 밀도를 고려한 고효율 공조 기술이 도입되어야 한다.(냉복도/온복도 컨테이너먼트, 보조 냉각 장치, 수냉식 냉각 방식 도입 등)
- 랙/복도/룸 단위 냉각을 지원해야 한다.

- 고온 운영 환경을 적용할 수 있어야 한다.
- 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics, CFD)를 활용하여 고밀도/고집적 랙의 배치 방안을 수립해야 한다.

다. 비즈니스 수요에 따른 서비스 제공을 위해 시설 증설이 용이해야 한다

- 비즈니스 수요에 따른 단계적 증설이 가능하도록 모듈화 구성이 요구된다.
- 전력 및 공조 설비의 단위별 증설이 가능한 구조로 구성되어야 한다.
- 컨테이너형 데이터 센터 도입 시, 구축 방안 있어야 한다.

라. 에너지 효율을 높이고, 이를 평가할 수 있어야 한다.

- 데이터 센터의 전력 소비 현황을 세부적으로 파악하기 위한 측정 장치 및 관리 방안이 마련되어야 한다.
- ICT 장비 이용률을 측정하기 위한 측정 장치 및 관리 방안이 마련되어야 한다.
- 에너지 효율 평가를 위한 방안이 마련되어야 한다.

3. 그린 클라우드 데이터 센터 에너지 효율 측정 지표

가. PUE

데이터 센터의 에너지 효율을 측정하기 위한 지표로 PUE를 활용한다.

나. ICT 장비의 이용률 평가

- 서버/스토리지/네트워크 장치에 성능 감시 에이전트를 설치하여 주기적으로 성능 정보를 측정하고 이를 관리한다.
- 수집 데이터:
 - 물리서버/가상서버별 CPU 규격/개수/이용률, 메모리 규격/개수/이용률, 디스크 규격/용량/이용률 등

- 스토리지 규격/용량/이용률 등
- 네트워크 장치 규격/용량/이용률 등

다. ICT 장비의 이용률을 고려한 에너지 효율 평가

- ICT 장비의 이용률을 고려한 데이터 센터의 에너지 효율을 평가하기 위한 도구로 CPE(Compute Power Efficiency)와 같은 지표를 활용할 수 있다.
- $CPE = \text{ICT 장비 이용률} / PUE$

제 2절 평가 방법론

아래 표는 현재 진행 중이거나 마련된 데이터 센터 및 클라우드 컴퓨팅 분야 평가 모델들이다. 그린 클라우드 데이터 센터는 그린 데이터 센터와 클라우드 컴퓨팅의 특징을 모두 포함하고 있기 때문에 그린 클라우드 데이터 센터를 평가하기 위해서는 기존에 마련되어 시행 중인 평가 모델을 참고하고, 이들을 토대로 평가 방안을 수립한다.

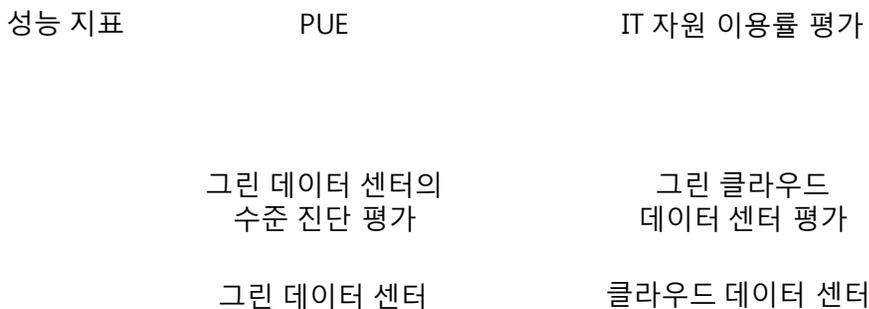
<표 12> 데이터 센터 및 클라우드 컴퓨팅 분야 평가 모델들

	데이터 센터	클라우드 컴퓨팅
인증제	그린 데이터 센터 인증제	클라우드 서비스 인증제
지표	PUE(또는 DCIE)	
구축 지침	그린 데이터 센터 구축 지침 (KCS.KO-09.0065) 클라우드 데이터 센터 구축 지침 (TTA 단체 표준 진행 중)	
수준 진단 모델	그린 데이터 센터 수준 진단 모델(KCS.KO-09.0082)	

그린 데이터 센터 인증제는 현재 국내 데이터 센터를 대상으로 인프라, IT 장비, 관리 설비, 건물 등의 분야에 대해서 평가를 하고 이를 토

대로 그린 데이터 센터를 등급별로 인증하고 있다. 특히, 데이터 센터 인프라 분야는 PUE 지표를 사용하고 있으며 평가 시 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 하지만 앞서 소개한 클라우드 데이터 센터의 특징에 대해서는 고려하고 있지 않다. 최근에 클라우드 데이터 센터 구축 지침이 TTA 단체 표준으로 표준화가 진행 중이다. 그린 데이터 센터 수준 진단 모델은 그린 데이터 센터의 그린화 정도를 자체 진단하기 위한 평가 모델로 활용이 가능하다. 클라우드 서비스 인증제는 클라우드 서비스를 안정적으로 제공하기 위해서 요구되는 서비스 품질, 정보보호, 인프라 등의 분야에 대해서 평가하고 이를 인증해 준다.

그린 클라우드 데이터 센터를 평가하기 위한 프레임워크(안)는 현재까지 표준화되어 평가 도구로 활용되어온 모델들을 기초로 한다. 아래 그림은 그린 클라우드 데이터 센터 평가 프레임워크(안)의 개요를 나타낸다.



그린 클라우드 데이터 센터 평가 모델

<그림 41> 그린 클라우드 데이터 센터 평가 모델

그린 클라우드 데이터 센터의 평가는 다음과 같이 진행될 수 있다. 그린 데이터 센터 인증제에서 사용된 PUE 지표를 기반으로 데이터 센터의 에너지 효율을 평가한다. 클라우드 데이터 센터의 특징인 고밀도/고집적 IT 장비 및 고효율을 반영하기 위해서 IT 자원 이용률 평가 지

표를 포함할 수 있다. 그린 데이터 센터의 그린화 정도를 진단하기 위해서 그린 데이터 센터 수준 진단 모델을 활용할 수 있다. 마지막으로 클라우드 데이터 센터의 특징을 토대로 그린 클라우드 데이터 센터를 평가할 수 있다. 그린 클라우드 데이터 센터의 평가 항목(안)은 다음에 제시한다. 평가 항목(안)은 앞서 소개한 그린 클라우드 데이터 센터의 특징 및 요구사항을 반영하여 다음과 같은 분야에 대해서 진행될 수 있다.

- 인프라 분야
- ICT 장비 분야
- 운영 및 에너지 효율 관리 분야

평가 항목에 따라 항목별로 평가를 진행한 뒤에, 이를 합산하고 총 합에 항목 수를 나누면 해당 데이터 센터의 ‘(가칭)그린 클라우드 지수’를 산출할 수 있다. 필요시 항목별로 차등화된 가중치를 부여할 수도 있다. 산출된 값은 데이터 센터들을 직접적으로 비교하기 위한 수단으로 활용하기보다는 데이터 센터 자체적으로 그린 클라우드화 정도를 가늠해보기 위한 가이드라인으로 활용하는 것이 타당할 것으로 보인다.

제 3절 평가 항목(안)

1. 인프라 분야

평가 항목	수준0	수준1	수준2	수준3	수준4	수준5	비고 ⁴⁰⁾
수요에 따른 단계적 증설이 가능하도록 데이터 센터를 모듈화로 구성하고 있습니까?	모듈형 데이터 센터에 대한 개념이 부족하고, 도입에 대한 필요성을 인지하고 있지 않다.	모듈형 데이터 센터에 대한 필요성을 가지고 있으며, 도입을 검토하고 있다.	모듈형 데이터 센터 구축 및 운영에 관한 지침을 마련하고 있으나, 실제 적용하고 있지 않다.	모듈형 데이터 센터 구축/운영 지침에 따라 일부 공간에 모듈형 공간 구성이 마련되어 운영되고 있다.	모듈형 데이터 센터 구축/운영 지침에 따라 데이터 센터 구축 및 운영하고 있다	서비스 수요에 따라 모듈별 단계적인 증설이 이루어지고 있으며, 모니터링을 통해 모듈화에 따른 운영이 최적화되고 있다.	모듈화 설계 요건: 모듈 구성, 모듈별 공간 계획, 설비실 공간 계획, 모듈별 부하 밀도, 모듈별 가용성, 모듈화 설비 구성 등 2장/2절/2모듈
전기 설비가 모듈화에 적합하게 구성되어 있습니까?	모듈화 데이터 센터를 위한 전기 설비 도입에 대한 필요성을 인지하고 있지 않다.	모듈형 전기 설비 도입에 대한 필요성을 인지하고 있으며, 도입을 검토하고 있다.	모듈형 전기 설비 구축/운영에 관한 지침을 마련하고 있으나, 실제 도입하여 운영하고 있지는 않다.	모듈형 전기 설비 구축/운영 지침에 따라 일부 공간에 모듈형 전기 설비를 구축하여 운영하고 있다.	모듈형 전기 설비 구축/운영에 관한 지침에 따라 전기 설비를 구축하여 운영하고 있다.	전력 수요에 따라 모듈별 단계적 증설이 이루어지고 있으며, 모니터링을 통해 모듈화에 따른 운영이 최적화되고 있다.	공통 시설: 한전 수전, 1차 변압기, 예비발전기 모듈형: 2차 변압기, UPS, 배터리, PDU 2장/2절/2모듈
공조 설비가 모듈화에 적합하게 구성되어 있습니까?	모듈화 데이터 센터를 위한 공조 설비 도입에 대한 필요성을 인지하고 있지 않다.	모듈형 공조 설비 도입에 대한 필요성을 인지하고 있으며, 도입을 검토하고 있다.	모듈형 공조 설비 구축/운영에 관한 지침을 마련하고 있으나, 실제 도입하여 운영하고 있지는 않다.	모듈형 공조 설비 구축/운영 지침에 따라 일부 공간에 모듈형 공조 시설을 구축하여 운영하고 있다.	모듈형 공조 설비 구축/운영에 관한 지침에 따라 공조 설비를 구축하여 운영하고 있다.	냉각 수요에 따라 모듈별 단계적 증설이 이루어지고 있으며, 모니터링을 통해 모듈화에 따른 운영이 최적화되고 있다.	공통 시설: 칠러 모듈: 향온향습기, 보조냉각장치 2장/2절/2모듈
컨테이너형 데이터 센터	컨테이너형 데이터 센터	컨테이너형 데이터 센터	컨테이너형 데이터 센터	컨테이너형 데이터 센터	-	서비스 수요에 따라	기존 데이터 센터

터 센터 도입을 위한 체계가 마련되어 있습니까?	터 센터 도입에 대한 필요성을 인지하고 있지 않다.	터 센터 도입에 대한 필요성을 인지하고 있으나, 도입을 위한 지침은 마련되어 있지 않다.	터 센터 구축/운영에 관한 지침을 마련하고 있으나, 실제 도입하여 운영하고 있지는 않다.	터 센터를 일부 도입하여 운영하고 있다.		라 컨테이너형 데이터 센터의 증설이 이루어지고 있으며, 모니터링을 통해 모듈화에 따른 운영이 최적화되고 있다.	와 컨테이너형 데이터 센터 간의 최적 운용 방안을 포함 2장/2절/2모듈
전력밀도를 고려하여 랙을 배치하고 있습니까?	전력밀도를 고려한 랙 배치 방안의 필요성을 인지하고 있지 않다.	전력밀도에 따른 랙 배치 기준 마련의 필요성을 인지하고 있으며, 실행을 준비하고 있다.	전력밀도를 산출하고 있으며 이에 따라 랙을 배치하나, 체계적인 기준은 마련되어 있지 않다.	전력밀도를 고려한 랙 배치 기준이 마련되어 있으며, 이에 따라 랙을 배치하고 있다.	전력밀도 측정 및 관리 시스템을 운영하여 전력밀도를 체계적으로 관리하고 있으며, 이에 따라 랙을 배치하고 있다.	전력밀도의 변화에 따라 랙 배치 최적화가 이루어지고 있으며, 지속적인 개선 방안을 도출하여 적용하고 있다.	전력밀도 측정 및 관리 시스템 구축 필요 전력밀도: 단위면적(또는 랙당) 소비 전력 2장/2절/3전력
발열량을 고려하여 랙을 배치하고 있습니까?	발열량을 고려한 랙 배치 방안의 필요성을 인지하고 있지 않다.	발열량에 따른 랙 배치 기준 마련의 필요성을 인지하고 있으며, 실행을 준비하고 있다.	발열량을 측정하고 있으며 이에 따라 랙을 배치하나, 체계적인 기준은 마련되어 있지 않다.	발열량에 따른 랙 배치 기준이 마련되어 있으며, 이에 따라 랙을 배치하고 있다.	온도 측정 및 관리 시스템을 운영하여 발열량을 체계적으로 관리하고 있으며, 이에 따라 랙을 배치하고 있다.	발열량 변화에 따라 랙 배치 최적화가 이루어지고 있으며, 지속적인 개선 방안을 도출하여 적용하고 있다.	전산실/랙의 온도 측정 및 관리 시스템 구축 필요 전산유체역학 적용 2장/2절/4공조
랙/열/실 등 단위 모듈별 냉각이 가능합니까?	단위 모듈별 냉각에 대한 필요성을 인지하고 있지 않다.	단위 모듈별 냉각에 대한 필요성을 인지하고 있으며, 도입을 검토하고 있다.	열 단위 냉각 기능을 제공하고 있다.	랙 단위 냉각 기능을 제공하고 있다.	-	발열량의 변화에 따라 단위 모듈을 재구성하고 냉각을 제공할 수 있는 최적화 방안을 마련하여 실현하고 있다.	2장/2절/4공조
발열량을 고려한 보조냉각장치를 운영하고 있습니까?	발열량을 고려한 보조냉각 장치를 운영할 필요성을	발열량을 고려한 보조냉각장치에 대한 필요성을 인	발열량을 측정하고 있으며, 이에 따라 보조냉각장	발열량에 따라 적용 가능한 보조냉각장치 설치 기준	-	발열량 변화에 따라 보조냉각장치의 운영 최적화	ADU/ARU, In-Row 방식, Chimney Rack.

까?	인지하고 있지 않다.	지하고 있으며, 도입을 검토하고 있다.	치를 일부 도입하고 있다.	이 마련되어 있으며, 이에 따라 보조냉각장치를 설치 및 운영하고 있다.		방안을 마련하여 실현하고 있으며, 지속적인 개선 방안을 도출하여 적용하고 있다.	RDHx 등 2장/2절/4공조
냉복도/온복도 컨테이너를 구성하여 운영하고 있습니까?	냉복도/온복도 컨테이너를 운영할 계획이 없다.	냉복도/온복도 컨테이너 구성에 대한 필요성을 인지하고 있으며, 도입을 검토하고 있다.	전력밀도 및 고밀도 랙을 고려하여 냉복도/온복도 컨테이너를 구성하여 운영하고 있으나, 체계적인 기준은 마련되어 있지 않다.	냉복도/온복도 컨테이너 구성 및 운영에 대한 체계적인 기준이 마련되어 있으며, 이에 따라 운영되고 있다.	-	냉복도/온복도 컨테이너의 운용 상황을 주기적으로 모니터링하고 개선 방안을 적용한다.	2장/2절/4공조
전산실이 고온 운영 환경을 고려하여 운영되고 있습니까?	고온 운영 환경을 운영할 계획이 없다.	고온 운영 환경에 대한 필요성을 인지하고 있으며, 도입을 검토하고 있다.	전산실 환경이 고온 운영 환경에 적합한지 시험 중에 있으며, 고온 운영 환경에 적합한 ICT 장비 도입을 검토하고 있다.	고온 운영 환경에 적합한 ICT 장비를 도입하고 있으며, 전산실의 온도를 27도 이상으로 운영하고 있다.	전산실의 온도를 30도 이상으로 운영하고 있다.	전산실의 온도를 33도 이상으로 운영하고 있으며, 운영 결과를 분석하여 온도 상향을 위한 개선 방안을 적용하고 있다.	2장/2절/4공조

40) 비고 안의 x장/y절/z-는 해당 평가 항목과 관련된 “그린 클라우드 데이터 센터 평가 체계 연구”의 최종 보고서 내의 목차를 나타낸다.

2. IT 장비 분야

평가 항목	수준0	수준1	수준2	수준3	수준4	수준5	비고
서버 이용률 향상을 위한 서버 통합 체계가 구축되어 있고, 이에 따라 운영되고 있습니까?	서버 이용률 향상을 위한 서버 통합을 고려하고 있지 않다.	서버 이용률 향상을 위한 서버 통합 필요성을 인지하고 있으며, 서버 통합 체계 구축을 계획하고 있다.	담당자/운영부서가 서버 이용률 향상을 위한 서버 통합 작업을 일부 진행하고 있다.	서버 통합 체계에 따라 서버 통합 작업이 이루어지고 있으나, 최적화가 이루어지지 않고 있다.	다양한 수준의 서버 가상화 기술을 활용하여 전사 서버가 통합되어 운영되고 있다.	서버 이용률 극대화 전략에 따라 서버를 통합 운영하고 있으며, 이용률 최적화를 위한 개선이 지속적으로 이루어지고 있다.	2장/2절/5ICT
서비스 수요에 따른 자동 서버 구성 및 자원 할당 체계가 구축되어 있고, 이에 따라 운영되고 있습니까?	서비스 수요를 고려한 자동 서버 구성 및 자원 할당 기술 도입을 고려하고 있지 않다.	서비스 수요를 고려한 자동 서버 구성 및 자원 할당 체계 구축에 대한 필요성을 인지하고 있으며, 체계 구축을 계획하고 있다.	자동 서버 구성 및 자원 할당 체계는 없으나, 담당자/운영부서가 일부 기술을 도입하여 적용하고 있다.	자동 서버 구성 및 자원 할당 체계에 따라 서버를 구성하고 있으나, 최적화가 이루어지지 않고 있다.	서버 구성 및 자원 할당이 서비스 수요에 따라 이루어지고 있으며, 서버 모니터링 결과를 토대로 개선점을 도출하고 있다.	서비스 수요에 따라 서버 구성 및 자원 할당을 유연하게 수행할 수 있으며, 최적화를 위한 개선이 지속적으로 이루어지고 있다.	가상 머신 생성/회수 검토/승인 절차 가상 머신 자원 모니터링 및 제어 등 2장/2절/5ICT
스토리지 이용률 향상을 위한 스토리지 통합 체계가 구축되어 있고, 이에 따라 운영되고 있습니까?	스토리지 이용률 향상을 위한 스토리지 통합을 고려하고 있지 않다.	스토리지 이용률 향상을 위한 스토리지 통합 필요성을 인지하고 있으며, 스토리지 통합 체계 구축을 계획하고 있다.	담당자/운영부서가 스토리지 이용률 향상을 위한 스토리지 통합 작업을 일부 진행하고 있다.	스토리지 통합 체계에 따라 스토리지 통합 작업이 이루어지고 있으나, 최적화가 이루어지지 않고 있다.	다양한 수준의 스토리지 가상화 기술을 활용하여 전사 스토리지가 통합되어 운영되고 있다.	스토리지 이용률 극대화에 대한 전략에 따라 스토리지를 통합 운영하고 있으며, 이용률 최적화를 위한 개선이 지속적으로 이루어지고 있다.	2장/2절/5ICT
서비스 수요에 따른 자동 스토리지 구성 및 용량	서비스 수요를 고려한 자동 스토리지 구성 및 용량	서비스 수요를 고려한 자동 스토리지 구성 및 용량	자동 스토리지 구성 및 용량 할당 체계는 없으나,	자동 스토리지 구성 및 용량 할당 체계에 따라 스토	스토리지 구성 및 용량 할당이 서비스 수요에 따라	서비스 수요에 따라 스토리지 구성 및 용량 할당을	데이터 중복제거(아카이빙, 압축, 중복 제거를 통한

량 할당 체계가 구축되어 있고, 이에 따라 운영되고 있습니까?	할당 기술 도입을 고려하고 있지 않다.	할당 체계에 대한 필요성을 인지하고 있으며, 체계 구축을 계획하고 있다.	담당자/운영부서가 일부 기술을 도입하여 적용하고 있다.	리지를 구성하고 있으나, 최적화가 이루어지지 않고 있다.	이루어지고 있으며, 스토리지 모니터링 결과를 토대로 개선점을 도출하고 있다.	유연하게 수행할 수 있으며, 최적화를 위한 개선이 지속적으로 이루어지고 있다.	데이터 용량 축소) 스토리지 씬 프로비저닝 기술 등 2장/2절/5ICT
I/O 통합 및 가상화 기술이 적용되어 운용되고 있습니까?	I/O 통합 및 가상화 기술을 도입할 계획이 없다.	I/O 통합 및 가상화 기술에 대한 필요성을 인지하고 있으며, 도입을 계획하고 있다.	I/O 통합 및 가상화 기술을 일부 도입하여 운영하고 있다.	서버 가상화 및 파티셔닝에 따라 I/O 통합 및 가상화 기술을 적용하고 있다.	서버 가상화 및 파티셔닝을 지원하기 위한 다양한 I/O 가상화 기술을 적용하고 이를 유연하게 운영하고 있다.	-	2장/2절/6네트워크
장비의 도입/이동/통합/폐기 등의 변동에 유연하게 대응할 수 있도록 케이블링 기술이 적용되고 있습니까?	유연한 케이블링 기술에 대한 필요성을 인지하고 있지 않다.	장비 구성 변동에 따른 유연한 케이블링에 대한 필요성을 인지하고 있으나, 현재 운용되고 있지는 않다.	공조 및 배선 공간 효율을 고려하여 케이블링이 이루어지고 있으나, 체계적인 방안은 마련되어 있지 않다.	장비의 도입/이동/통합/폐기 등의 변동에 유연하게 대응할 수 있는 케이블링 관리 및 운용 체계가 마련되어 있으나, 최적화가 이루어지지 않고 있다.	케이블링 관리 시스템을 통해 케이블링 구성 정보를 모니터링하고 있으며, 추후 장비 변동에 따른 케이블링을 유연하게 제공할 수 있다.	케이블의 상태를 실시간으로 모니터링하고 장비의 이동/변경/추가를 추적하여 최적의 케이블링이 제공될 수 있도록 개선이 지속적으로 이루어지고 있다.	상단/하단 케이블링 배치, 케이블 패치 패널, 케이블 관리 시스템 등 2장/2절/6네트워크
서버/스토리지의 유연한 증설/변경을 위한 네트워크 운영/관리 체계가 구축되어 있고, 이에 따라 운영되고 있습니까?	네트워크 운영 및 관리 체계가 없다.	ICT 장비 운영을 고려한 네트워크 운영/관리 체계 구축의 필요성을 인지하고 있으며, 방안 마련을 준비 중이다.	담당자/담당부서 수준에서 네트워크 운영/관리 방안이 마련되어 있으나, 체계적인 운영/관리가 이루어지지 않고 있다.	서버/스토리지 증설/변경을 고려한 네트워크 운영/관리 체계가 마련되어 있으나, 운영/관리가 최적화되지 않고 있다.	네트워크 운영/관리 체계에 따라 유연한 서버/스토리지 증설/변경을 위해서 다양한 수준의 네트워크 통합 및 가상화 기술이 적용되고 있다.	서버/스토리지 및 트래픽 모니터링을 통해 최적의 네트워크 구성을 위해 네트워크 통합/가상화 기술을 이용한 개선이 지속적으로 이루어지고 있다.	SDN 구성 2장/2절/6네트워크
데이터 센터 내	데이터 센터 내부	데이터 센터 내부	데이터 센터 내부	데이터 센터 내부	-	트래픽 모니터링	전통적인 다계층

부의 트래픽 전달 효율화를 위한 네트워크 운영/관리 체계가 구축되어 있고, 이에 따라 운영되고 있습니까?	트래픽 감소를 위한 네트워크 운영/관리 체계 구축에 대한 필요성을 인지하고 있지 않다.	트래픽 감소를 위한 네트워크 운영/관리 체계 구축 필요성을 인지하고 있으며, 방안 마련을 준비 중이다.	트래픽 감소를 위한 방안을 담당자/담당부서 수준에서 마련하고 있으나 체계적인 관리 프로세스는 마련되어 있지 않다.	트래픽 전달 효율화를 위한 방안이 마련되어 있으나, 운영/관리가 최적화되지는 않고 있다.		을 통해 데이터 센터 내부 네트워크 구성을 최적화하고 있으며, 트래픽 현황에 맞게 지속적으로 개선하고 있다.	스위치 구조에서 플랫폼 스위치 구조로의 변경 TRILL 등의 기술 적용 2장/2절/6네트워크
데이터 센터 간의 트래픽 전달 효율화를 위한 네트워크 운영/관리 체계가 구축되어 있고, 이에 따라 운영되고 있습니까?	데이터 센터 간의 트래픽 전달에 대한 운영/관리 체계 구축에 대한 필요성을 인지하고 있지 않다.	데이터 센터 간의 트래픽 전달에 대한 운영/관리 체계 구축 필요성을 인지하고 있으며, 방안 마련을 준비 중이다.	데이터 센터 간 트래픽 전달 효율화 방안을 담당자/담당부서에서 마련하고 있으나 체계적인 관리 프로세스는 마련되어 있지 않다.	데이터 센터 간 트래픽 전달 구조 효율화를 위한 방안이 마련되어 있으나, 운영/관리가 최적화되지는 않고 있다.	데이터 센터 재난 발생 시 백업/복원을 위한 인근 데이터 센터로의 트래픽 전달 체계에 따라 네트워크가 운영되고 있으며, 재난 발생 여부를 관리하고 있다.	데이터 센터 장애/재난 및 트래픽 모니터링을 통해 데이터 센터 간 네트워크 구성을 최적화하고 있으며, 트래픽 현황에 맞게 지속적으로 개선하고 있다.	재난 발생시 복구를 위한 네트워크 운용/관리 기술 2장/2절/6네트워크
고집적 블레이드 아키텍처를 도입하고 있습니까?	블레이드 서버 도입 계획이 없다.	블레이드 서버를 도입할 계획이나, 구체적인 일정은 정해진 바 없다.	데이터 센터 내 블레이드 서버 도입 비율이 10% 이내이다.	데이터 센터 내 블레이드 서버 도입 비율이 10 ~ 30% 이다.	데이터 센터 내 블레이드 서버 도입 비율이 30 ~ 50% 이다.	데이터 센터 내 블레이드 서버의 도입 비율이 50% 이상이다.	물리 서버 대수 기준 2장/2절/5ICT

3. 운영 및 에너지 효율 관리 분야

평가 항목	수준0	수준1	수준2	수준3	수준4	수준5	비고
서버 이용률 향상을 위한 서버 통합 체계가 구축되어 있고, 이에 따라 운영되고 있습니까?	서버 이용률 향상을 위한 서버 통합을 고려하고 있지 않다.	서버 이용률 향상을 위한 서버 통합 필요성을 인지하고 있으며, 서버 통합 체계 구축을 계획하고 있다.	담당자/운영부서가 서버 이용률 향상을 위한 서버 통합 작업을 일부 진행하고 있다.	서버 통합 체계에 따라 서버 통합 작업이 이루어지고 있으나, 최적화가 이루어지지 않고 있다.	다양한 수준의 서버 가상화 기술을 활용하여 전사 서버가 통합되어 운영되고 있다.	서버 이용률 극대화 전략에 따라 서버를 통합 운영하고 있으며, 이용률 최적화를 위한 개선이 지속적으로 이루어지고 있다.	2장/2절/5ICT
서비스 수요에 따른 자동 서버 구성 및 자원 할당 체계가 구축되어 있고, 이에 따라 운영되고 있습니까?	서비스 수요를 고려한 자동 서버 구성 및 자원 할당 기술 도입을 고려하고 있지 않다.	서비스 수요를 고려한 자동 서버 구성 및 자원 할당 체계 구축에 대한 필요성을 인지하고 있으며, 체계 구축을 계획하고 있다.	자동 서버 구성 및 자원 할당 체계는 없으나, 담당자/운영부서가 일부 기술을 도입하여 적용하고 있다.	자동 서버 구성 및 자원 할당 체계에 따라 서버를 구성하고 있으나, 최적화가 이루어지지 않고 있다.	서버 구성 및 자원 할당이 서비스 수요에 따라 이루어지고 있으며, 서버 모니터링 결과를 토대로 개선점을 도출하고 있다.	서비스 수요에 따라 서버 구성 및 자원 할당을 유연하게 수행할 수 있으며, 최적화를 위한 개선이 지속적으로 이루어지고 있다.	가상 머신 생성/회수 검토/승인 절차 가상 머신 자원 모니터링 및 제어 등 2장/2절/5ICT
스토리지 이용률 향상을 위한 스토리지 통합 체계가 구축되어 있고, 이에 따라 운영되고 있습니까?	스토리지 이용률 향상을 위한 스토리지 통합을 고려하고 있지 않다.	스토리지 이용률 향상을 위한 스토리지 통합 필요성을 인지하고 있으며, 스토리지 통합 체계 구축을 계획하고 있다.	담당자/운영부서가 스토리지 이용률 향상을 위한 스토리지 통합 작업을 일부 진행하고 있다.	스토리지 통합 체계에 따라 스토리지 통합 작업이 이루어지고 있으나, 최적화가 이루어지지 않고 있다.	다양한 수준의 스토리지 가상화 기술을 활용하여 전사 스토리지가 통합되어 운영되고 있다.	스토리지 이용률 극대화에 대한 전략에 따라 스토리지를 통합 운영하고 있으며, 이용률 최적화를 위한 개선이 지속적으로 이루어지고 있다.	2장/2절/5ICT
서비스 수요에 따른 자동 스토리지 구성 및 용량	서비스 수요를 고려한 자동 스토리지 구성 및 용량	서비스 수요를 고려한 자동 스토리지 구성 및 용량	자동 스토리지 구성 및 용량 할당 체계는 없으나,	자동 스토리지 구성 및 용량 할당 체계에 따라 스토	스토리지 구성 및 용량 할당이 서비스 수요에 따라	서비스 수요에 따라 스토리지 구성 및 용량 할당을	데이터 중복제거(아카이빙, 압축, 중복 제거를 통한

량 할당 체계가 구축되어 있고, 이에 따라 운영되고 있습니까?	할당 기술 도입을 고려하고 있지 않다.	할당 체계에 대한 필요성을 인지하고 있으며, 체계 구축을 계획하고 있다.	담당자/운영부서가 일부 기술을 도입하여 적용하고 있다.	리지를 구성하고 있으나, 최적화가 이루어지지 않고 있다.	이루어지고 있으며, 스토리지 모니터링 결과를 토대로 개선점을 도출하고 있다.	유연하게 수행할 수 있으며, 최적화를 위한 개선이 지속적으로 이루어지고 있다.	데이터 용량 축소) 스토리지 썬 프로비저닝 기술 등 2장/2절/5ICT
I/O 통합 및 가상화 기술이 적용되어 운용되고 있습니까?	I/O 통합 및 가상화 기술을 도입할 계획이 없다.	I/O 통합 및 가상화 기술에 대한 필요성을 인지하고 있으며, 도입을 계획하고 있다.	I/O 통합 및 가상화 기술을 일부 도입하여 운영하고 있다.	서버 가상화 및 파티셔닝에 따라 I/O 통합 및 가상화 기술을 적용하고 있다.	서버 가상화 및 파티셔닝을 지원하기 위한 다양한 I/O 가상화 기술을 적용하고 이를 유연하게 운영하고 있다.	-	2장/2절/6네트워크
장비의 도입/이동/통합/폐기 등의 변동에 유연하게 대응할 수 있도록 케이블링 기술이 제공되고 있습니까?	유연한 케이블링 기술에 대한 필요성을 인지하고 있지 않다.	장비 구성 변동에 따른 유연한 케이블링에 대한 필요성을 인지하고 있으나, 현재 운용되고 있지는 않다.	공조 및 배선 공간 효율을 고려하여 케이블링이 이루어지고 있으나, 체계적인 방안은 마련되어 있지 않다.	장비의 도입/이동/통합/폐기 등의 변동에 유연하게 대응할 수 있는 케이블링 관리 및 운용 체계가 마련되어 있으나, 최적화가 이루어지지 않고 있다.	케이블링 관리 시스템을 통해 케이블링 구성 정보를 모니터링하고 있으며, 추후 장비 변동에 따른 케이블링을 유연하게 제공할 수 있다.	케이블의 상태를 실시간으로 모니터링하고 장비의 이동/변경/추가를 추적하여 최적의 케이블링이 제공될 수 있도록 개선이 지속적으로 이루어지고 있다.	상단/하단 케이블링 배치, 케이블 패치 패널, 케이블 관리 시스템 등 2장/2절/6네트워크
서버/스토리지의 유연한 증설/변경을 위한 네트워크 운영/관리 체계가 구축되어 있고, 이에 따라 운영되고 있습니까?	네트워크 운영 및 관리 체계가 없다.	ICT 장비 운영을 고려한 네트워크 운영/관리 체계 구축의 필요성을 인지하고 있으며, 방안 마련을 준비 중이다.	담당자/담당부서 수준에서 네트워크 운영/관리 방안이 마련되어 있으나, 체계적인 운영/관리가 이루어지지 않고 있다.	서버/스토리지 증설/변경을 고려한 네트워크 운영/관리 체계가 마련되어 있으나, 운영/관리가 최적화되지 않고 있다.	네트워크 운영/관리 체계에 따라 유연한 서버/스토리지 증설/변경을 위해서 다양한 수준의 네트워크 통합 및 가상화 기술이 적용되고 있다.	서버/스토리지 및 트래픽 모니터링을 통해 최적의 네트워크 구성을 위해 네트워크 통합/가상화 기술을 이용한 개선이 지속적으로 이루어지고 있다.	SDN 구성 2장/2절/6네트워크
데이터 센터 내	데이터 센터 내부	데이터 센터 내부	데이터 센터 내부	데이터 센터 내부	-	트래픽 모니터링	전통적인 다계층

부의 트래픽 전달 효율화를 위한 네트워크 운영/관리 체계가 구축되어 있고, 이에 따라 운영되고 있습니까?	트래픽 감소를 위한 네트워크 운영/관리 체계 구축에 대한 필요성을 인지하고 있지 않다.	트래픽 감소를 위한 네트워크 운영/관리 체계 구축 필요성을 인지하고 있으며, 방안 마련을 준비 중이다.	트래픽 감소를 위한 방안을 담당자/담당부서 수준에서 마련하고 있으나 체계적인 관리 프로세스는 마련되어 있지 않다.	트래픽 전달 효율화를 위한 방안이 마련되어 있으나, 운영/관리가 최적화되지는 않고 있다.		을 통해 데이터 센터 내부 네트워크 구성을 최적화하고 있으며, 트래픽 현황에 맞게 지속적으로 개선하고 있다.	스위치 구조에서 플랫폼 스위치 구조로의 변경 TRILL 등의 기술 적용 2장/2절/6네트워크
데이터 센터 간의 트래픽 전달 효율화를 위한 네트워크 운영/관리 체계가 구축되어 있고, 이에 따라 운영되고 있습니까?	데이터 센터 간의 트래픽 전달에 대한 운영/관리 체계 구축에 대한 필요성을 인지하고 있지 않다.	데이터 센터 간의 트래픽 전달에 대한 운영/관리 체계 구축 필요성을 인지하고 있으며, 방안 마련을 준비 중이다.	데이터 센터 간 트래픽 전달 효율화 방안을 담당자/담당부서에서 마련하고 있으나 체계적인 관리 프로세스는 마련되어 있지 않다.	데이터 센터 간 트래픽 전달 구조 효율화를 위한 방안이 마련되어 있으나, 운영/관리가 최적화되지는 않고 있다.	데이터 센터 재난 발생 시 백업/복원을 위한 인근 데이터 센터로의 트래픽 전달 체계에 따라 네트워크가 운영되고 있으며, 재난 발생 여부를 관리하고 있다.	데이터 센터 장애/재난 및 트래픽 모니터링을 통해 데이터 센터 간 네트워크 구성을 최적화하고 있으며, 트래픽 현황에 맞게 지속적으로 개선하고 있다.	재난 발생시 복구를 위한 네트워크 운용/관리 기술 2장/2절/6네트워크
고집적 블레이드 아키텍처를 도입하고 있습니까?	블레이드 서버 도입 계획이 없다.	블레이드 서버를 도입할 계획이나, 구체적인 일정은 정해진 바 없다.	데이터 센터 내 블레이드 서버 도입 비율이 10% 이내이다.	데이터 센터 내 블레이드 서버 도입 비율이 10 ~ 30% 이다.	데이터 센터 내 블레이드 서버 도입 비율이 30 ~ 50% 이다.	데이터 센터 내 블레이드 서버의 도입 비율이 50% 이상이다.	물리 서버 대수 기준 2장/2절/5ICT

제 4절 활용 방안

클라우드 컴퓨팅 기술의 도입에 따라 데이터 센터는 자원 활용의 효율과 더불어 에너지 소비량이 지속적으로 증가하고 있다. 본 평가 프레임워크(안)는 이러한 환경 변환에 따라 그린 클라우드 데이터 센터를 운영 및 에너지 효율 측면에서 그 수준을 평가해볼 수 있는 지침으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 앞서 소개한 바와 같이 그린 클라우드 데이터 센터는 그린 데이터 센터의 특징과 클라우드 컴퓨팅의 특징을 모두 포함하기 때문에 본 평가 프레임워크 외에도 여러 평가 모델을 참고로 평가가 이루어져야 한다. 평가 프레임워크(안)의 활용 방안은 다음과 같다.

- 국내외 IDC 업체가 클라우드 데이터 센터를 구축 및 운영 시 에너지 효율성 평가를 위한 지침으로 활용
- 그린 클라우드 데이터 센터의 수준을 진단할 수 있는 가이드라인으로 활용
- 클라우드 데이터 센터 보급 및 확산을 위한 평가 제도를 마련하기 위한 기초 연구 자료로 활용
- 그린 클라우드 데이터 센터의 구축 지침 및 평가 방안 분야의 국내 표준안 마련을 위한 기초 연구 자료로 활용

제 6 장. 결론

본 연구는 클라우드 컴퓨팅 서비스를 본격적으로 도입하고 확산시키기 위한 인프라 기술로서 그린 클라우드 데이터 센터의 요소 기술을 살펴보고, 이를 토대로 그린 클라우드 데이터 센터의 평가 체계를 마련하는데 그 목적이 있다. 이를 위해서 다음과 같은 항목에 대해서 연구를 수행하였다.

- 클라우드 데이터 센터의 국내외 표준화 동향 분석
- 그린 데이터 센터의 요소 기술 분석
- 고집적/고밀도, 유연한 자원 관리의 특징을 갖는 그린 클라우드 데이터 센터의 기술 분석
- 그린 클라우드 데이터 센터의 에너지 효율 지표 분석
- 운영 및 에너지 관점에서의 그린 클라우드 데이터 센터의 평가 체계 연구

본 연구의 주요한 연구 결과물로는 그린 클라우드 데이터 센터를 평가하기 위한 평가 프레임워크(안)와 평가 항목(안)이 있다. 연구의 결과물은 향후 그린 클라우드 데이터 센터 평가 방안 마련을 위한 자료로 활용이 기대된다. 본 연구의 기대 효과는 다음과 같다.

- 클라우드 데이터 센터의 구축 확산을 통해 에너지 및 운영 효율화 개선 기대
- 클라우드 서비스 인증제와 그린 데이터 센터 인증제에 그린 클라우드 데이터 센터 평가 항목(안)을 접목한 그린 클라우드 데이터 센터 평가 방안 마련에 활용 기대
- 민간 및 공공 분야 클라우드 컴퓨팅 도입 확산 및 이를 통한 업무 효율화 및 비용 절감 기대

부록. 국내 데이터 센터 목록

(2012년 기준, 한국IT서비스산업협회)

번호	센터명	번호	센터명	번호	센터명
1	GS ITM 종로DC	40	농심 NDS	79	충북지식산업 진흥원
2	CJ시스템즈 송도센터	41	농업협동조합중 앙회	80	코스콤 중앙센터
3	KDB 산업은행 여의도센터	42	농협정보시스템 여의도	81	코스콤 안양센터
4	KDDI코리아	43	농협정보시스템 안성	82	코오롱베니트
5	KINX(주) 도곡DC	44	대림 I&S	83	티시스
6	KINX(주) 상암DC	45	대법원	84	평화이즈(주)
7	KT 목동 IDC	46	대상정보기술	85	포스코ICT 충주 Cloud 센터
8	KT 영동 IDC	47	대전광역시청	86	하나 I&S
9	KT 분당 IDC	48	대전정부통합 전산센터	87	한국IBM
10	KT 목천 IDC	49	더존비즈온	88	한국가스공사
11	KT 광주 IDC	50	동국제강(주)	89	한국공항공사
12	KT 대구 IDC	51	동부 CNI 죽전DC	90	한국과학기술 정보연구원
13	KT 부산 IDC	52	롯데정보통신(주))	91	한국관광공사
14	KT 청주 IDC	53	롯데정보통신(주) 가산DC	92	한국농어촌공 사

16	LG CNS(주) 상암IT센터	55	부산대학교	94	한국무역보험 공사
17	LG CNS(주) 가산DC	56	삼성SDS 서초DC	95	한국수력원자 력
18	LG CNS(주) 부산DC	57	삼성SDS 수원DC	96	한국수자원공 사
19	LG 유플러스 논현IDC	58	삼성SDS 과천DC	97	한국예탁결제 원
20	LG 유플러스 가산IDC	59	삼성SDS 구미DC	98	한국은행
21	LG 유플러스 서초1 IDC	60	서울대학교	99	한국장학재단
22	LG 유플러스 서초2 IDC	61	서울시 데이터 센터	100	한국정책금융 공사
23	SK C&C(주) 일산DC	62	세종텔레콤 강남	101	한국조폐공사
24	SK C&C(주) 대덕DC	63	세종텔레콤 해운대	102	한국철도공사
25	SK C&C(주) 보라매DC	64	수협중앙회 전산정보부	103	한국철도시설 공단
26	SK브로드밴드 서초1센터	65	스마일서브 가산DC	104	한국컴퓨터 IDC
27	SK브로드밴드 서초2센터	66	스마일서브 분당DC	105	한국토지공사
28	SK브로드밴드 일산센터	67	신라저축은행	106	한국해운조합
29	강원도청	68	신세계 I&C 구로DC	107	한진정보통신 (주)
30	경상남도청	69	신한은행 일산 DC	108	한화 S&C
31	광주광역시청	70	아시아나IDT(주)	109	현대 U&I

					의왕DC
34	국민건강보험공단	73	온세통신 사상	112	현대정보기술
35	국방부	74	우리 FIS	113	호스트웨이
36	근로복지공단	75	인천광역시청		
37	금융결제원	76	전남교육청	건축 중	신한은행 죽전 DC
38	금융결제원	77	전남도청	건축 중	SK C&C 판교 DC
39	기술보증기금	78	중앙선거관리위원회	건축 중	NHN 춘천DC

참고문헌

- [1] 그린데이터 센터인증위원회 기술분과위원회, “그린데이터 센터 인증 평가 기준 및 체계”, 2012 그린데이터 센터 인증 설명회 발표자료.
- [2] 김문구, “그린 데이터 센터 인증제 도입에 따른 대응 전략“, 그린 ICT 미래전망과 비즈니스 전략 세미나 발표자료, 2013.
- [3] 김현준, “네트워크 가상화 기반의 클라우드 데이터센터“, 클라우드 데이터센터 애플리케이션 네트워킹 최적화 2011 발표자료, 2011.
- [4] 박종섭, “고효율 저비용의 하이브리드 클라우드 플랫폼 전략“, IDG Summary, 2012.
- [5] 박현규, “PUE와 전산실의 온도관리“, Green Computing Summit 2012 Conference 발표자료, 2012.
- [6] 시로타 마코토, “클라우드의 충격“, 제이펍, 2009.
- [7] 심용상, “Network Resiliency and Virtualization“, HP Networking Seminar 2013 발표자료, 2013.
- [8] 에이드리언 존슨, “클라우드와 빅데이터 환경을 위한 스토리지 여정“, IDG Summary.
- [9] 유재형, 김우성, 윤찬현, “SDN/OpenFlow 기술 동향 및 전망“, KNOM Review, Vol. 15, No. 2, 2012, pp. 1-24.
- [10] 이범철, “Data Center Network 전망“, KRnet2013 발표자료, 2013.
- [11] 정상진, “그린 데이터 센터 국제 표준화 동향“, 2012 Green Computing Summit 발표자료, 2012.
- [12] 정현준, “가상화 기술의 동향 및 주요 이슈(I)“, 정보통신정책, 25권, 3호, 2013, pp. 63-92.
- [13] 제이 박, “데이터 센터 설계 핵심 요소와 페이스북 데이터 센터 사례“, Cloud & Data Center World 2013 발표자료, 2013.
- [14] 최우형, “데이터센터 네트워크 최적화를 위한 네트워크 기술 현황 및 전망 - 1편“, 최우현 개인 블로그,

<http://youngmind.tistory.com/>

- [15] 최우형, “데이터센터 네트워크 최적화를 위한 네트워크 기술 현황 및 전망 - 2편”, 최우현 개인 블로그, <http://youngmind.tistory.com/>
- [16] 최우형, “클라우드 컴퓨팅을 위한 네트워크 설계를 말하다”, 최우현 개인 블로그, <http://youngmind.tistory.com/>
- [17] 한국IBM, “미국 LEED 인증제 검토 및 PUE 목표 설정 분석”, 발표자료, 2012.
- [18] 한국IBM 시스템 테크놀로지 그룹, “가상화 기술의 새로운 패러다임”, 한국경제신문, 2007.
- [19] 한국IT서비스산업협회, “국내 데이터 센터 에너지 사용 현황 및 효율적 전력 관리를 위한 연구 보고서”, 2012.
- [20] 한국IT서비스산업협회, “그린데이터 센터 인증제”, 2012 Green Computing Summit 발표자료.
- [21] 한국ITU연구위원회 홈페이지, <http://www.koreaitu.or.kr/>
- [22] 한국정보통신기술협회 홈페이지, www.tta.or.kr
- [23] 한국정보화진흥원, “클라우드 데이터 센터 기술동향”, 2013.
- [24] 한국클라우드서비스협회, “한국형 클라우드 데이터 센터 구축을 위한 로드맵 도출방안 연구“, 방송통신정책연구, 2011.
- [25] 황수찬, “그린 IDC를 위한 표준화 및 인증 방안“, 그린 데이터 센터 인증위원회 워크샵 발표자료, 2012.
- [26] 휴 요시다, “2012 스토리지 기술 트렌드”, Network Times, 2012년 1월호.
- [27] Charles Huh, “CDC DC 운영 사례”, CDC포럼 컨퍼런스 발표자료, 2012.
- [28] Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2011-2016.
- [29] Data Center Knowledge webpage, <http://www.datacenterknowledge.com/>
- [30] Data Center Map webpage, <http://www.datacentermap.com/datacenters.html>

- [31] D. Alger, "Grow a Greener Data Center", Cisco Press, 2010.
- [32] F. Bunn, N. Simpson, R. Peglar and G. Nagle, "Storage Virtualization", SNIA Technical Tutorial 2003.
- [33] Google Data Centers webpage, <http://www.google.com/about/datacenters/>
- [34] ITU-T SG5 webpage, <http://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/2013-2016/05/Pages/default.aspx>
- [35] J. Duff 외, "클라우드 데이터 센터를 위한 제타바이트 네트워크 가이드", IDG Tech Focus.
- [36] KCS.KO-09.0065, "그린 데이터 센터 구축 지침", 방송통신표준, 2012.
- [37] LG CNS, "에너지 관리를 위한 PUE 측정 방법", 그린데이터 센터 인증위원회 워크샵 발표자료, 2012.
- [38] Neil Rasmussen, "Cooling Strategies for Ultra-High Density Racks and Blade Servers", Schneider Electric White Paper 46(Rev. 7), 2011.
- [39] Neil Rasmussen, "The Different Types of Air Distribution for IT Environments", Schneider Electric White Paper 55(Rev. 3), 2012.
- [40] P. Hannaford, "Ten Cooling Solutions to Support High-density Server Deployment ", Schneider Electric White Paper 42(Rev. 4), 2012.
- [41] S. Lee and Y. Kim, "Proposal on best practices for cloud data centers for the revision of ITU-T L.1300", ITU-T SG5 Contribution 484, 2012.
- [42] The Green Grid, "Green Grid Data Center Power Efficiency Metrics: PUE and DCIE", White Paper, 2007.
- [43] The Green Grid, "Quantitative Efficiency Analysis of Power Distribution Configurations for Data Centers", White Paper 16, 2008.

- [44] The Green Grid, “Recommendations for Measuring and Reporting Overall Data Center Efficiency Version 2-Measuring PUE for Data Centers”, 2011.
- [45] TTAK.KO-09.0091, “데이터 센터 전력 효율화 지수 측정 지침“, 정보통신단체표준, 2012.
- [46] ZDNet Korea 홈페이지, <http://www.zdnet.co.kr/>
- [47] Wikipedia webpage, <http://www.wikipedia.org/>
- [48] Schneider Electric Homepage <http://www.apc.com>
- [49] PANDUIT 자료, “데이터센터의 변화와 Physical Layer Infrastructure”, 클라우드 컴퓨팅 2011 콘퍼런스, 2010.
- [50] “클라우드 데이터 센터 구축 지침“, 정보통신단체표준, 2013.
- [51] Schneider Whitepaper 135, Impact of hot and cold aisle containment on data center temperature and efficiency.

연구결과 활용계획서

연구과제명	클라우드 서비스 보급, 확산을 위한 그린 클라우드 데이터 센터 평가 체계 연구					
연구분야	그린 ICT					
연구구분						
연구책임자1	소속	성결대학교	직위·직급	교수	성명	최정열
연구책임자2	소속	성결대학교	직위·직급	교수	성명	정복래
연구기간	2013. 02. 27 - 2013. 11. 22					
주요활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 그린 클라우드 데이터 센터 평가를 위한 기초 연구 자료로 활용 - 그린 클라우드 데이터 센터 관련 표준화를 위한 기초 자료로 활용 					
국내외 공업소유권	구분	명칭	출원 일	등록 일	기타	
학술지발표 현황	구분	학술지명	신청 일	게재 일	기타	
	SCIE	J.Electr. Eng. Technol.		2013. 8		
타 연구로 활용계획						