

# 데이터센터 공조 및 제어시스템 현황

## Trends of Data Center Air Conditioning and Control Methods

○최 영 재\*      박 보 랑\*\*      최 은 지\*\*\*      문 진 우\*\*\*\*  
Choi, Young-Jae      Park, Bo-Rang      Choi, Eun-Ji      Moon, Jin-Woo

### Abstract

This paper presents trends of data center energy saving through investigation of data center air conditioning system and control methods. Analysis of previous literatures was conducted and limitations of existing data center air conditioning system were defined. Climate and technology differences are found to be principle reasons causing the difference of energy efficiency between domestic data center and international data center. Therefore air conditioning control method integrated with the latest technology is required for additional PUE reduction. Based on previous results, a predictive control model and an optimized algorithm will be studied in the future research.

키워드 : 데이터센터, 공조시스템, 에너지 절감

Keywords : Data Center, Air Conditioning System, Energy Saving

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

인터넷의 발달로 급증하는 정보량에 따라 이를 처리할 수 있는 고밀도의 ICT장비와 이에 대한 수용 및 운용이 가능한 데이터센터의 수요가 증가하고 있다. 한국IT서비스산업협회에 의하면 2013년 기준 국내 데이터센터 전력 소비량은 전체 전력소비량의 0.5%를 차지하는 것으로 조사되었다. 이 중 데이터센터의 공조시스템에 사용되는 에너지는 데이터센터 전체 전력의 약 30%를 차지하고 있으며 데이터센터 전력사용효율(PUE, Power Usage Effectiveness)을 높이기 위해 공조시스템의 에너지 절감은 필수적이다.

따라서 본 연구에서는 데이터센터의 공조시스템 에너지 절감을 위하여 국내외 데이터센터 현황을 조사·분석하고 추후 연구를 위한 방향성을 마련하고자 하였다.

### 1.2 연구 방법

본 연구에서는 각종 문헌과 자료를 통한 이론고찰을 실시하여 데이터센터 공조시스템의 현황 및 한계점을 파악하고 최신 기술 동향 및 사례 조사를 통하여 추후 방향성에 대한 고찰을 실시하였다.

## 2. 데이터센터 공조시스템

### 2.1 공조시스템 종류

데이터센터의 공조시스템은 크게 5종류가 있다. 적절한 공조시스템의 선정은 공기 흐름의 효율성 향상을 통하여 설비의 효율을 높임으로써 전력효율을 높일 수 있다.

\* 중앙대학교 대학원 석사과정

\*\* 중앙대학교 대학원 박사과정

\*\*\* 중앙대학교 대학원 석사과정

\*\*\*\* 중앙대학교 건축학과 부교수

(교신저자 : gilerbert73@cau.ac.kr)

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE) of the Republic of Korea (No. 20182010600010)

첫째, 일체형 공랭식 시스템은 실내에 사이클에 필요한 요소들이 모두 포함된다. 응축코일을 통과한 간 공기가 전산실 내부 발열을 제거하나 효율이 낮아 거의 사용하지 않는다.

둘째, 공랭식(직랭식) 시스템은 CRAC(Computer Room Air Conditioner)과 실외기로 구성된다. 히트펌프의 원리로 인하여 실외로 열을 방출한다.

셋째, 글리콜냉각 시스템은 공랭식 시스템과 유사하다. 열 교환기에서 냉매와 글리콜 용액 사이에 열 교환이 일어나며 회수된 열은 건식 냉각기에서 외부로 방출된다.

넷째, 수냉식 시스템은 CRAC에 냉각탑이 결합된 형태를 가진다. 냉각수를 이용해 열을 외부로 방출하며 하나의 냉각탑에 다수의 에어컨 및 기타 장비가 연결될 수 있다. 초기 투자비용이 많이 드나 외기온도가 시스템에 미치는 영향이 적어 안정적인 운영이 가능하다.

다섯째, 중앙 냉수식 시스템은 CRAH(Computer Room Air Handling Unit)와 냉동기가 결합된 형태를 가진다. 냉동기에서 생산된 냉수가 실내 발열을 제거하고 다시 냉동기로 돌아가는 사이클을 반복한다.

위와 같은 공조시스템과 더불어 외기를 활용하는 이코노마이저(Economizer) 방식도 많이 채택되고 있다. 직접식 외기냉각 시스템(Direct Air Side Economizer)과 간접식 외기 냉각 시스템(Indirect Air Side Economizer)이 있으며 실외 온도가 실내 설정온도인 22~25℃ 이하일 때 가동한다. 외기를 사용함으로써 냉동기의 가동시간을 줄이는 역할을 한다.

### 2.2 공조시스템 사례

국내외 중규모 이상의 민간기업의 데이터센터를 선정하여 PUE 및 공조시스템 현황에 대하여 조사하였다. 국내의 경우 비교적 최근에 외기도입을 실시하였다. 외기도입 이후 1.5 이하의 PUE가 실현된 모습을 볼 수 있었으며 외기냉각 시스템을 사용하는 경우 기후의 특성상 항상 사용이 아닌 외기 조건에 따라 선택적으로 이코노마이저를 가동하게 되나 이는 기후적 특성에 기인한 것이라 판단된다.

국외 데이터센터의 경우 데이터센터를 한랭기후 지역

에 설치하여 적극적으로 외기를 도입하였다. 대부분이 직접식 외기냉각 시스템을 채택하였으며 F사, H사의 경우 낮은 외기 온도로 인하여 냉동기를 포함하지 않아 낮은 PUE를 실현한 것으로 판단된다.

표 1. 국내 데이터센터 현황

구분	A	B	C	D	E
준공 연도	2009	2010	2012	2013	2015
PUE	1.70	1.70	1.40	1.30	1.38
공조시스템	수냉식	중앙 냉수식	중앙 냉수식	중앙 냉수식	지역 냉수
외기 도입	X	X	O	O	O

표 2. 국외 데이터센터 현황

구분	F	G	H	I	J
준공 연도	2009	2009	2011	2011	2011
PUE	1.20	1.25	1.07	1.22	1.11
외기 도입	O	O	O	O	O

### 3. 데이터센터 공조 제어시스템

기존의 공조 제어시스템은 CRAC에서 내보내는 찬 공기가 이중마루 하부를 거쳐 랙을 냉각 시킨다. 이후 랙에서 발생된 열을 흡수한 순환공기는 다시 CRAC으로 돌아가게 되고 이를 감지하여 온도를 조절하게 된다. 그러나 이는 시간 지연 현상을 일으킴에 따라 장비 발열에 대한 즉각적인 대응을 힘들게 하며 랙 단위 혹은 열 단위의 제어가 아닌 실 단위의 온도를 제어함으로써 부분적인 핫스팟이나 비효율적인 공조시스템 운영을 야기한다. 또한 장비들 간의 상호관계를 배제한 설정 값이나 관리자의 수동적 조절로 인한 오차로 인해 ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)에서 권장하는 데이터센터 실내 설정온도보다 낮은 온도로 가동하여 이상 현상을 예방하고자 함으로써 불필요한 에너지 소모가 발생한다.

이러한 한계점을 극복함과 동시에 설계적 측면 외에 추가적인 PUE 효율 향상을 위하여 각 데이터센터의 상황에 맞는 제어시스템을 도입하는 것은 필수적이다. 현재 국외 기업 및 기관을 중심으로 최신 기술을 도입한 제어시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

이 중 수학적 모델로 구성되고 즉각적인 피드백을 통하여 실시간 제어를 달성하기 위한 예측제어에 대한 연구가 주목 받고 있다. Baptiste Durand-Estebe(2013)은 PID(Proportional Integral Derivative)알고리즘을 사용해 팬 속도를 조절함으로써 정확도를 향상시켰다. Qiu Fang(2014)은 MPC(Model Predictive Control) 시뮬레이션을 통하여 24%의 에너지 절감을 이루었으며 Cheng Fan(2017)은 딥 러닝 알고리즘을 활용하여 냉동기의 효

율을 높일 수 있음을 확인하였다. 위 연구들은 모두 랙 단위 혹은 설비 단위의 제어를 통하여 정확도를 향상시켰으며 장비간의 복잡한 상호관계를 정의하기 위하여 수학적 모델을 이용했음을 알 수 있었다.

### 4. 결 론

본 논문에서는 데이터센터 공조시스템의 에너지 절감 방안에 대한 방향성을 제시하고자 현재 데이터센터의 공조시스템 및 제어시스템의 동향을 파악하였다. 그 결과 국내 데이터센터의 경우 국외 데이터센터보다 높은 PUE를 나타냈으며 이는 기후적인 요인과 기술적 요인으로 인한 것이라 판단되었다.

따라서 추가적인 PUE 절감을 위해서는 정확하고 지능적인 제어시스템이 요구되나 이와 관련된 연구는 국내에서는 미비한 실정이다. 이에 제어시스템과 최신 기술을 접합한 다양한 사례를 조사 및 분석하여 국내 데이터센터의 상황에 맞는 최적 제어 알고리즘 개발에 대한 필요성이 요구된다.

이 결과를 바탕으로 국내 상황에 맞도록 기존 데이터센터의 환경조건, 부하 및 적용기술을 분석하여 최신 기술을 접목한 부하 및 에너지소비량 예측모델을 개발한 후 개발된 모델을 포함한 최적 공조제어 알고리즘을 개발하는 것이 추후 연구의 목표이다.

### 참고문헌

1. 한국IT서비스산업협회, 2015 그린데이터센터인증설명회, 2015.08.28.
2. 조진균, 김병선, 최적 IT 환경제어를 위한 데이터센터의 냉각시스템 및 공기분배시스템 계획에 관한 연구 - 사례분석을 중심으로, 대한건축학회 논문집 - 계획계 24(2), 2008.2, 313-320.
3. 최병남, 데이터센터 공조시스템 소개, 한국설비기술협회, Vol. 34, No. 03(2017-03), p.54-64.
4. 김재현, 이진영, 조진균, 그린데이터센터 구현을 위한 가이드라인 연구, 대한설비공학회 2013 하계학술발표대회 논문집, 2013. 6, p.439-442.
5. Cullen E. Bach, Chandrakant D. Patel, Ratnesh K. Sharma, Dynamic Thermal Management of Air Cooled Data Center, Proceedings of 10<sup>th</sup> conference on Thermal and Thermomechanical Phenomenon in Electronic Systems, 2006, ITherm 2006.
6. Baptiste Durand-Estebe, Cédric Le Bot, Jean Nicolas Mancos, Eric Arquis, Data center optimization using PID regulation in CFD simulations, Energy and Buildings, Vol. 66, 2013, 154-164.
7. Qiu Fang, Jun Wang, Han Zhu, Qi Gong, Using Model Predictive Control in Data Centers for Dynamic Server Provisioning, IFAC Proceedings Volumes Vol. 47, Issue 3, 2014, 9635-9642.