



데이터센터 최적 열환경 제공을 위한 공조시스템 제어 동향 분석

Analysis of Air Conditioning Methods for Providing Optimal Thermal Environment in Data Center

저자 (Authors)	최영재, 박보람, 최은지, 문진우 Choi, Young Jae, Park, Bo Rang, Choi, Eun Ji, Moon, Jin Woo
출처 (Source)	한국생태환경건축학회 논문집 18(6) , 2018.12, 97-102 (6 pages) KIEAE Journal 18(6) , 2018.12, 97-102 (6 pages)
발행처 (Publisher)	한국생태환경건축학회 Korea Institute of Ecological Architecture and Environment
URL	http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE07582406
APA Style	최영재, 박보람, 최은지, 문진우 (2018). 데이터센터 최적 열환경 제공을 위한 공조시스템 제어 동향 분석. 한국생태환경건축학회 논문집, 18(6), 97-102.
이용정보 (Accessed)	중앙대학교 165.194.9.*** 2019/02/01 15:09 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.



데이터센터 최적 열환경 제공을 위한 공조시스템 제어 동향 분석

Analysis of Air Conditioning Methods for Providing Optimal Thermal Environment in Data Center

최영재* · 박보람** · 최은지*** · 문진우****

Choi, Young Jae* · Park, Bo Rang** · Choi, Eun Ji*** · Moon, Jin Woo****

* Main author, School of Architecture and Building Science, Chung-Ang University, South Korea (chyoungwo@gmail.com)

** Coauthor, School of Architecture and Building Science, Chung-Ang University, South Korea (pbr_1123@naver.com)

*** Coauthor, School of Architecture and Building Science, Chung-Ang University, South Korea (ejchl77@gmail.com)

**** Corresponding author, School of Architecture and Building Science, Chung-Ang University, South Korea (gilerbert73@cau.ac.kr)

ABSTRACT

Purpose: This paper introduces trends of data center air conditioning systems and control methods. Investigation and analysis of examples presented the limitations of existing data center control strategies, thus, the advanced technologies are required to properly control the air conditioning systems in data center. **Method:** Reviewing the various literatures and data, the research was designed to identify problems of existing air conditioning system and control methods. **Result:** Currently, researches on air conditioning system control method using latest technology such as artificial intelligence are actively conducted and it is found that the cooling energy consumption could be saved up to 40%. Based on the preceding research outcomes, the potential of the intelligent strategies was proven and the necessity of the further study on the development of optimal algorithm is presented.

KEYWORD

데이터센터
공조시스템
인공지능 제어

Data Center
Air Conditioning System
Artificial Intelligence Control System

ACCEPTANCE INFO

Received Nov 12, 2018

Final revision received Nov 22, 2018

Accepted Nov 27, 2018

© 2018 KIEAE Journal

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

인터넷 사용 환경의 발달과 더불어 클라우드 서버, 금융, 통신 등의 데이터 처리를 위해 데이터센터에 대한 수요가 급증하고 있다. 데이터센터는 전 세계 전력 사용량의 2%를 차지하고 있으며 일반 건물에 비교하여 40배 이상의 에너지를 소비하고 있는 고밀도 에너지 다소비 건물군에 해당한다. 일반적으로 데이터센터의 서버 장비는 24시간 365일 무중단으로 운영된다. 따라서 발열로 인한 기기 오작동을 방지하기 위하여 지속적인 냉방시스템이 요구되며, 이는 데이터센터 운영에 필요한 에너지의 약 40%를 차지한다 [1].

최근, ICT 장비 냉각에 소비되는 에너지 절감 방안에 대한 관심이 증가함에 따라 그린 데이터센터 및 친환경 데이터센터로의 전환과 클라우드 데이터센터 및 모듈러 데이터센터 구축 등의 노력이 이루어지고 있다. 그러나 국내와 국외의 기술격차는 평균 4년 정도 뒤쳐져 있으며 데이터센터 에너지 효율 측정 지표인 PUE로 보면 국내 평균은 2.66으로 국외 평균인 1.7과 큰 차이를 보인다 [2].

2012년 9월을 시점으로 국내에도 그린 데이터센터 구축 지침이 채택되었다. 주로 효율적인 장비 배치 방법 및 관리 방안, 그리고

구축 방법이 제시되어 있다 [3]. 이는 데이터센터의 신축 및 확장을 실시할 때 유용한 지침일 수 있다. 그러나 조사에 따르면 국내 데이터센터의 36%는 리모델링 및 새로운 장비 도입에 대한 투자비용의 부담으로 인해 신축 및 확장에 투자 계획이 없는 것으로 나타났다 [4].

이에 따라 기존의 설비에도 적용이 가능하고 장비 교체 및 구입에 대한 부담이 적은 소프트웨어적인 접근을 통한 해결방안이 필요하다. 현재 활용되고 있는 소프트웨어인 통합 설비 관리 시스템은 관리 및 감시에 기능에 중점을 두고 있다. 이는 서버의 발열량, 실의 온도 등을 체크하여 관리자에게 서버실의 환경에 대한 정보를 전달해 줌으로써 이상 상황에 대해 대비할 수 있도록 해준다. 다만, 관리자의 수동적인 선택을 바탕으로 설비를 제어함에 따라 온도 조절의 리스크에 대한 관리자의 부담, 고밀도 가상화에 의한 쿨링 환경 변화 예측 불가로 인해 대부분의 데이터센터는 ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) 권장 온도가 아닌 보다 낮은 온도로 시스템을 운영 중이다 [5].

따라서 단순한 운영 관리 방안을 위한 소프트웨어가 아닌, 직접적인 설비 제어가 가능한 소프트웨어 도입을 통한 근본적인 에너지 절감이 필요하다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 다양한 수학적 모델이 제시되고 있다. 그 중 실시간 피드백, 학습으로 인한 정

확도 향상, 실내 환경 예측이 가능한 최적화된 알고리즘을 적용한다면 실내 환경 및 데이터 트래픽에 따른 부하와 에너지소비량 예측이 가능할 것으로 예상된다. 또한 실시간 피드백으로 인하여 이상 상황에 대한 빠른 대응이 가능한 최적공조제어가 가능해 질 것으로 사료된다.

이에 본 연구에서는 기존 국내외 데이터센터 공조시스템의 기술 및 사례와 최신 기술 기반의 데이터센터 공조시스템 동향에 대한 조사를 통하여 보다 낮은 PUE 달성을 위한 공조시스템 제어 방법의 방향성을 제시하고자 한다.

1.2. 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 데이터센터 최적 열환경 제공을 목적으로 각종 문헌과 자료를 통한 이론고찰을 실시하였다. 데이터센터의 현황 파악을 통하여 기존의 공조시스템 및 제어방법의 문제점을 파악한 후 최신 기술 동향 및 실제 사례조사를 실시하고, 비교·분석을 통해 향후 데이터센터의 최적제어법 개발을 위한 연구의 기반을 마련하고자 하였다.

2. 데이터센터의 개념

2.1. 데이터센터의 개념

데이터센터는 서버 장비 및 네트워크 환경과 회선 제공을 목적으로 이를 한 대로 모은 시설을 일컫는다. 통신, 금융, 게임 등 다수의 사람과 정보를 수용함에 따라 고성능, 고밀도의 ICT 장비가 필요하게 되었고 이러한 장비를 항시적으로 운용하기 위한 공조 시설, 전기 시설, 소방 시설, 보안 시설 등을 모두 포함한다. 일반적인 데이터센터의 구성요소는 Fig. 1.과 같다 [6].

데이터센터에서 서버는 랙(Rack)에 집적되어 사용된다. 일반적으로 랙당 4~6kW/rack의 밀도가 나타나지만 서버 수요의 증가에 따라 고밀도의 장비가 필요하게 되면서 16~20kW/rack의 랙 까지 나타나고 있다 [6]. 이에 따라 서버 및 시설의 확장은 불가피한 요소가 되었지만 높은 비용으로 인해 중소 규모의 데이터센터에게는 이전이나 신설은 현실적으로 힘든 실정이다. 이러한 경우 서버의 가상화, 설비 효율 개선을 통한 최적화를 진행하거나 콜로케이션, 클라우드 컴퓨팅을 통해 필요한 리소스를 확보하게 된다. 자체적으로 데이터센터를 이용하는 경우에는 평상시에 상시 최적화를 적용하고 있다 [7].

데이터센터의 에너지효율을 평가하는 지표로는 각기 다른 데이터센터와의 비교가 용이하고 에너지 효율을 손쉽게 모니터링 할 수 있는 전력효율지수(PUE, Power Usage Effectiveness)를 기준으로 삼으며 다음과 같이 정의된다.

$$PUE = \frac{\text{데이터센터의 총사용전력}}{\text{IT장비전력사용량}} \quad (\text{식1})$$

PUE를 낮추기 위한 기법으로는 고효율 서버장비의 도입, 장비 배치의 최적화, 공조시스템의 효율화, 배터리 측정 시스템의 운영, 가상화 기술 적용 등이 있으며 IT시스템에 사용되는 전력의 비율을 높

여 PUE를 1에 수렴하게 하는 것이 최근 데이터센터 최적화 및 신설의 추세이다.

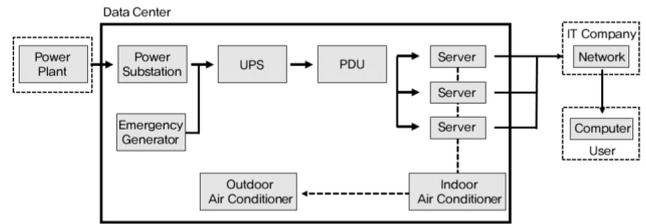


Fig. 1. Composition of Data Center

*UPS: Uninterruptible Power Supply, *PDU: Power Distribution Unit

3. 데이터센터의 공조시스템

3.1. 데이터센터 냉각단위

데이터센터에서 전력의 경우 예측 및 통제가 용이하지만 공기의 흐름은 정확한 확인이 어려울 뿐만 아니라 실내환경에 영향을 받는다. 이러한 공기의 흐름을 효율적으로 통제하기 위하여 적절한 공조시스템의 설계가 필요하다.

일반적으로 데이터센터의 공조시스템은 실의 냉각을 위하여 사용되며 분배방식은 Table 1.과 같다. 먼저 룸(Room)단위의 경우 CRAC (Computer Room Air Conditioner)은 실 전체에 작용한다. 다수의 에어컨이 병렬적으로 작동하며 덕트, 댐퍼, 벤트를 통해 찬 공기를 공급한다. 공기의 흐름을 유도하기 위하여 핫 아일(Hot Aisle), 콜드 아일(Cold Aisle)을 구분하여 랙을 배치하며 이중마루 구조를 통해 랙의 전면부에 찬 공기를 제공하고 후면부의 가열된 공기는 위로 올라가도록 한다. 룸 단위의 설계는 실의 형태, 랙의 배치, CRAC의 위치 등 각 룸의 특징에 의하여 제약을 받으며 전력밀도가 높아질수록 성능의 예측성과 균일성이 떨어진다. 또한 기존의 설계 구성에 맞도록 각 요소들이 배치되기 때문에 필요에 따른 증설 및 이동이 어렵다.

Table 1. Cooling Unit of Datacenter

Cooling Unit	Plan	Features
Room Unit		<ul style="list-style-type: none"> - CRAC works for entire room - CRAC responds to every heat source - As the range increases, there is a problem with prediction and uniformity
Row Unit		<ul style="list-style-type: none"> - CRAC works for a row - Efficiency is improved because of short air flow - Provides cooling that meets the requirements of the row - Prediction is easy and effective when power density is high
Rack Unit		<ul style="list-style-type: none"> - CRAC works for a rack - The CRAC is integrated with the rack for high power density and reduces the power required by the fan - Free from room types and other constraints

열(Row)단위의 경우 CRAC은 하나의 열을 담당하여 작동한다. 이때 CRAC은 천장, 이중마루 아래 혹은 랙 사이에 설치되며 공기의 이동 거리가 짧아져 룸 단위 보다 효율성이 좋다. 전력밀도에 따라 열 별로 관리가 가능하며 랙의 배치 형태가 단순하여 냉각 효과를 예측하기 용이하다.

랙(Rack)단위의 경우 CRAC은 하나의 랙을 담당하여 작동한다. CRAC이 랙 모듈에 직접 설치되며 이로 인해 공기의 흐름이 매우 짧고 발열량에 따른 냉각 요구량이 정확하게 파악된다. 룸의 특징에 제약을 받지 않으며 높은 전력밀도에 유리하다. 냉각 효과의 예측도가 높으나 전력밀도가 낮은 경우 다른 방식에 비해 파이프 배선이 많이 필요하다는 단점이 있다 [8].

3.2. 데이터센터 냉각시스템

데이터센터의 냉각단위 설계가 공기 흐름의 효율을 향상시킬 수 있다면 적절한 냉각시스템의 선정은 전력효율을 높일 수 있다. 발열 제거를 위한 냉각방식은 크게 5가지로 나눌 수 있다.

첫째, 일체형 공랭식 시스템은 사이클에 필요한 요소들이 실내에 구성되며 응축코일을 통과한 찬 공기가 장비발열을 제거한다. 효율이 낮아 국내에서는 거의 사용하지 않는다.

둘째, 공랭식(직랭식) 시스템의 냉동사이클은 CRAC외에 실외기를 포함한다. 히트펌프의 원리에 의하여 실외로 열을 배출한다.

셋째, 클리콜냉각 시스템은 클리콜식 CRAC에 건식 냉각기가 결합된 것이다. 공랭식 시스템과 유사하며 냉각 사이클 구성요소가 CRAC에 포함된다. 응축 코일은 열 교환기로 대체되며 열 교환기에는 클리콜이 흘러 냉매로부터 열을 회수한다. 회수된 열은 실외의 건식 냉각기에서 외부로 방출된다.

넷째, 수냉식 시스템은 CRAC에 냉각탑이 결합된 것이다. 클리콜 냉각 시스템과 동일하게 냉각 사이클 구성요소가 CRAC에 포함된다. 열 회수에 클리콜 용액 대신 냉각수를 사용하며 냉각탑을 통해 열을 외부로 방출한다. 파이프가 먼 거리까지 연결 될 수 있고 하나의 냉각탑으로 많은 전산실 에어컨 장비 및 기타 장비를 지원할 수 있다는 장점이 있지만 초기투자비용이 많이 들고 관리 비용이 높다는 단점이 있다. 중규모의 데이터센터에 적합하며 외기온도가 시스템에 미치는 영향이 적으므로 안정적인 운영이 가능하다.

다섯째, 중앙 냉수식 시스템은 CRAH (Computer Room Air Handling Unit)과 냉동기가 연결되어 있다. 냉동기는 냉수를 만들어 펌프를 통해 CRAH로 전달한다. 냉수는 IT환경에서 발생한 더운 공기의 열을 회수 하며 다시 냉동기로 돌아가 냉각되는 사이클을 반복한다. 중앙 집중관리에 용이하고 대규모 전산센터에 적합하다는 장점이 있으나 초기투자비용이 많이 들고 별도의 냉동기 설치공간이 필요하다는 단점이 있다 [9].

상기 언급된 다섯 가지의 냉각 시스템과 더불어 외기를 도입하는 이코노마이저(Economizer)방식도 많이 채택되고 있다. 외기를 이용하는 방식으로는 직접 도입하는 방식과 간접적으로 도입하는 방식이 있다.

직접식 외기냉각 시스템(Direct Air side Economizer)은 외기의 온도가 실내 환기온도 보다 낮을 경우 이 둘을 혼합하여 급기하는 방식이다. 외기를 직접 도입하기 때문에 가습장치가 필요하고 필터를

필수적으로 설치해야한다.

간접외기 냉각 시스템(Indirect Air side Economizer)은 서버실에서 순환하는 공기와 외기가 직접 섞이지 않고 열교환매체를 통하여 간접적으로 냉각하는 방식이다. 외기가 직접 도입되지 않아 장비가 대기 오염 물질이나 습도에 노출되지 않는다는 장점이 있지만 외기를 직접 도입하는 시스템에 비하여 관리 요소가 많아지고 열교환기의 설치로 항온항습실의 면적이 증가한다는 단점이 있다 [10].

일반적으로 열을 빼앗는 능력에 있어 물이 공기에 비하여 약 3,500배 뛰어나다고 한다. 이는 물을 이용하는 방식이 전력 효율이 더 좋고 PUE 측정에 있어서도 유리하다는 것을 의미한다. 해외에서는 수냉식 냉각장치를 활발히 도입하고 있으나, IT장비와 물은 상극이라는 인식과 함께 높은 투자 비용 및 리모델링에 대한 부담으로 인하여 국내에서는 주로 규모가 큰 신축 데이터센터에서 중앙 냉수식 시스템을 적용되고 있는 추세이다. 또한 국내의 경우 2010년 이후로 외기 도입 시스템을 채택하여 PUE의 절감을 이루고 있다. 최근에는 기업들이 강원도 지방에 데이터센터를 건설하여 외기를 적극 이용하고자 하는 움직임이 활발하지만 기후적 요인으로 인하여 완전 외기에 의존하는 것이 아닌 냉각 시스템과 혼용되어 사용되고 있다. LG와 네이버 데이터센터의 경우 하절기, 중간기에는 외부 미스트 분사를 통한 증발냉각 효과를 이용하여 외기를 도입하고 있으며 동절기의 경우 냉방기를 가동하지 않고 외기를 도입하여 각각 1.15, 1.09까지 PUE 절감을 달성하였다. 국외의 경우 한랭 기후에 데이터 센터를 건설하여 외기를 상시 이용하기도 하지만 그렇지 않은 곳에서는 동절기 혹은 실외온도가 낮은 야간에 외기를 적극 도입하여 장비의 냉각을 실시하고 있다. Table 2., Table 3.은 국내외 데이터센터의 현황을 나타내고 있다 [11].

Table 2. Case of Domestic Data Center

Location	Figure	Feature
Kyobo, Songdo, S.Korea		- Completed 2009 - Cold/Hot isle - Water-cooled system - PUE 1.70
SK Telecom, Ilsan, S.Korea		- Completed 2010 - Containment - Water-cooled chilled water system - PUE 1.70
LG, Busan, S.Korea		- Completed 2012 - Containment - Partly Direct Air side Economizer - Water-cooled chilled water system - PUE 1.40
Naver, Chuncheon, S.Korea		- Completed 2013 - Containment - Direct Air side Economizer - Water-cooled chilled water system - PUE 1.30
Samsung, Seoul, S.Korea		- Completed 2015 - Containment - Indirect Air side Economizer - Use local cold water - PUE 1.38

Table 3. Case of Worldwide Data Center

Location	Figure	Feature
HP, Wynyard, Australia		<ul style="list-style-type: none"> - Completed 2009 - Containment - Direct Air side Economizer - Cold climate, without refrigerator - PUE 1.20
MS, Dublin, Ireland		<ul style="list-style-type: none"> - Completed 2009 - Containment - Direct Air side Economizer - PUE 1.25
Facebook, Oregon, United States		<ul style="list-style-type: none"> - Completed 2011 - Containment - Direct Air side Economizer - Cold climate, without refrigerator - PUE 1.07
Google, Hamina, Finland		<ul style="list-style-type: none"> - Completed 2011 - Containment - Direct Air side Economizer - Cold climate, seawater use - PUE 1.22
Sakura Internet, Hokkaido, Japan		<ul style="list-style-type: none"> - Completed 2011 - Containment - Direct Air side Economizer - Cold climate, without refrigerator - PUE 1.11

Table 4. Trends of Data Center Thermal Control

Researcher	Outcomes
Tobias Van Damme, et al., 2017	In this paper, an optimization method is suggested which optimizes the supply temperature of air conditioner and workload distribution based on temperature setpoint [17]
Qiang Liu, et al., 2016	The purpose of this paper is to propose an air conditioning system of green data center based on cloud techniques. Algorithm which includes temperature control, network of sensor and framework of monitoring system was designed and implemented [14]
Ji Hyun Hwang, et al., 2015	A Method of deriving the optimum operation algorithm by seasonal effect analysis according to blower design capacity was suggested [15]
Qiu Fang, et al., 2014	This paper presents pros and cons about data center energy control methods by adjusting thermal dynamics and provisioning of server. MPC was used for optimization of data center energy usage [16]
Jinzhong Chen, et al., 2014	In this paper, a predictive thermal and energy control (PTEC) model was suggested. The set point of temperature, cold air supply rates, and the fan speed inside server were defined by the model [17]
Mi Lin, et al., 2014	In this paper, a strategy of controlling air conditioning systems during the power outage is suggested. The simulation was performed by using real-time transient thermal model [18]
Baptiste Durand Estebe, et al., 2013	This paper suggests a new method of modeling data center server in CFD. PID algorithm was used to control the fan speed and simulation was implemented [19]
Cullen E. Bash Chandrakant D. Patel, Ratnesh K. Sharma, 2006	This paper suggests a air conditioning control system based on network of distributed sensor which applies on existing CRAC units [12]

4. 데이터센터 공조제어 기존연구

4.1. 공조제어 연구동향

데이터센터에서 공조시스템이 차지하는 에너지 소비량의 비율이 높은 만큼 설계적 측면에서 얻을 수 있는 PUE 절감 외에 추가적인 PUE 절감 달성을 위해서는 효율적인 제어시스템이 필요하다. 기존 데이터센터의 냉각 시스템은 랙을 냉각시키고 배출되는 순환공기의 온도를 감지하여 이를 재순환시킨 후 냉각 코일에서 설정 급기 온도를 유지시키는 제어 방식을 주로 사용하였다 [12]. 그러나 관리자의 수동 제어, 냉각 장비의 독립적인 작동 등에 의하여 생기는 문제점은 에너지의 낭비를 불러일으켰고, 이를 개선하기 위하여 랙 단위의 센서 부착을 통해 얻어지는 데이터를 활용하여 피드백을 기반으로 한 최적 제어 알고리즘을 개발하는 연구가 이루어지고 있으며 이는 Table 4.와 같다 [12~19].

알고리즘의 개발은 제어 기법과 관련된 기술에 의하여 연구되고 있다. Baptiste Durand Estebe(2013)은 PID (Proportional Integral Derivative) 알고리즘을 활용하여 팬의 속도를 조절하는 연구를 실시하였다 [19]. Jinzhu Chen(2014)는 PTEC (Predictive Thermal and Energy Control)을 활용하여 머신러닝을 통한 온도 예측과 CPU 사용량 및 내부 온도 측정을 기반으로 한 팬 속도 제어 알고리즘을 통하여 약 34%의 냉방 에너지와 30%의 공기 순환 에너지를 절감할 수 있었다 [17]. Qiu Fang(2014)은 MPC (Model Predictive Control)를 통한 단계적 제어를 활용하여 시뮬레이션을 통해 추가 PUE 절감을 이루었다 [16].

4.2. 인공지능 기반 공조제어

인공지능은 수학적 모델을 기반으로 데이터의 피드백을 통한 학습 과정을 거쳐 최적의 결과 값을 도출해 낸다. 이는 제어시스템의 자동화, 예측적응을 통한 정확한 공조시스템 제어를 통해 효율적인 에너지 소비를 가능하게 하여 다양한 분야의 연구에서 활용되고 있다.

이러한 인공지능의 장점을 활용한 데이터센터 공조제어시스템은 주로 해외에서 활발히 연구 및 적용되고 있다. 대표적인 사례로 구글 데이터센터가 있다. 구글은 자체 개발한 인공지능 알고리즘을 데이터센터 냉각 시스템에 적용시켰다. 알고리즘은 매 5분마다 수천 개의 센서에서 보내오는 데이터를 분석 및 학습하여 최적 방안을 도출해 시스템을 자동으로 제어하는데 이는 기존 대비 약 40%의 에너지 절감을 이루었으며 이는 Fig. 2.와 같다 [20]. 그 외에 자체적으로 인공지능을 활용하여 제어 솔루션을 제공하는 기업들이 있다. Schneider Electric이나 Vigilant같은 기업은 인공지능을 활용하여 학습을 통해 냉각 시스템을 자동으로 제어하는 소프트웨어를 제공하고 있다. 이는 신설 데이터센터 뿐만 아니라 기존의 데이터센터 설비에도 적용되며 약 40%의 에너지 절감을 보이고 있다 [21].

Onionsoftware, Fujitsu 등의 기업 또한 자동화 관리 시스템을 통하여 최적 제어를 제공하고 있으며 이를 모니터링 시스템과 통합하여 제어의 편의성을 더해주고 있다 [22][23].

국내의 경우 현재까지는 인공지능을 제어 시스템에 활용하는 사례는 보고된 바가 없다. 최근 신축 데이터센터의 경우 PUE가 1.5 이하로 해외 데이터센터에 근접하고 있지만 기후, 규모, 기술력 등의 원인에 의해 추가적인 PUE 절감에 한계를 보이고 있다. 따라서 국내 데이터센터의 조건에 맞는 지능형 제어기술을 활용한 솔루션을 도입하여 냉각 시스템 제어에 있어 추가적인 에너지 절감을 이루어 낸다면 최적 열환경 제공이 가능할 것으로 사료된다.

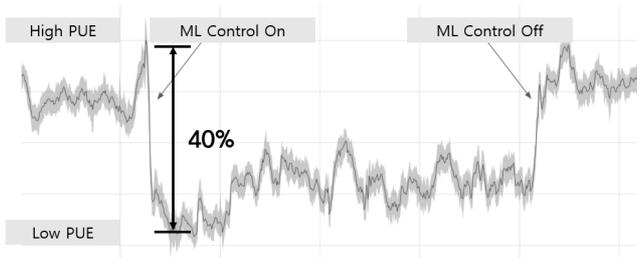


Fig. 2. Effect of Machine Learning Control

5. 결론

인터넷 사용 환경의 발전에 따라 급증하는 데이터 처리를 위하여 고밀도 고효율의 ICT 장비를 내재한 데이터센터의 필요성이 강조되고 있다. ICT 장비의 냉각에 사용되는 에너지는 데이터센터 운영에 필요한 에너지의 약 40%를 차지하고 있으며 이를 줄이기 위한 노력이 다방면으로 진행되고 있다.

따라서 본 연구는 데이터센터의 최적 열환경 제공을 위해 공조시스템의 동향을 파악한 후 연구가 나아가야 할 방안을 마련하는 데에 목적이 있다. 이를 위하여 국내외 데이터센터 공조시스템 관련 문헌과 자료를 조사·분석하여 현재 데이터센터의 문제점 및 한계점을 파악하고 최신 기술의 적용가능성을 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

첫째, PUE를 향상시키기 위한 방법으로는 고효율 서버장비의 도입, 장비 배치의 최적화, 공조시스템 효율화, 배터리 측정 시스템의 운영, 가상화 기술 적용 등이 있다. 그 중 공조시스템 효율화 방법으로는 냉각단위 설계, 적절한 냉각 시스템 선정, 이코노마이저 도입 등이 있으며 최근 신설되는 데이터센터는 주로 외기 도입 방식과 수냉식 공조시스템을 채택하고 있다. 사례 조사에 따르면 최근 국내 데이터센터의 PUE는 평균 보다 향상되었음에도 불구하고 해외 데이터센터의 PUE보다는 높은 경향을 보이는데 이는 기후, 기술력, 장비의 효율성 차이로부터 발생하는 것으로 사료된다.

둘째, 현재 데이터센터의 기존 공조제어방식은 장비간의 상호관계를 배제한 독립적인 설정과 관리자의 수동적 제어로 인하여 불필요한 에너지 소모를 불러일으킨다. 기존의 모니터링 시스템 또한 장비의 상태만을 보여줄 뿐 압축기, 팬, 펌프 등을 제어하는 기능은 없어 섬세한 제어를 실행하기는 한계를 보이는 것으로 판단된다.

셋째, 이러한 한계점 해결을 위하여 실시간 데이터 모니터링 및

피드백을 통해 최적 제어를 가능하게 하는 최신 기술을 접목한 제어방안이 연구 및 적용되고 있다. 최근 동향에 의하면 랙 단위의 센서를 기반으로 한 최적 알고리즘 개발의 연구가 진행되고 있고, 구글, Schneider Electric, Vigilant 등에서는 인공지능을 사용하여 학습을 통해 자동제어가 가능한 제어 솔루션을 제공하고 있으며 이는 신설 뿐만 아니라 기존 데이터센터의 설비에도 적용이 가능한 것으로 조사되었다.

추후 연구의 목적은 국내 데이터센터에 맞는 최적 열환경 제어 시스템을 개발하는 것이다. 선진 사례의 경우 데이터센터의 설계적 측면에서 일차적인 에너지 절감을 이루고 추가적인 에너지 절감을 시스템 제어를 통해 달성하고 있다. 따라서 한랭기후에 속하지 않아 항시적으로 외기를 사용할 수 없는 국내 데이터센터의 한계점을 고려하여 제어 시스템을 통한 추가적인 에너지 절감의 달성이 필요할 것이라 사료된다. 또한 국내 데이터센터 공조제어시스템에 관한 연구는 미비한 실정이지만 제어 시스템과 최신 기술의 접목에 대한 사례를 통하여 그 가능성을 확인하였으며 국내 기후 및 데이터센터의 조건을 고려하여 건물 에너지 관리 시스템과 통합된 최적 알고리즘을 개발한다면 보다 낮은 PUE를 달성할 수 있을 것으로 판단된다.

Acknowledgement

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).

Reference

- [1] Jinkyun Cho, Yundeok Kim, Improving energy efficiency of dedicated cooling system and its contribution towards meeting an energy-optimized data center, Applied Energy, Vol. 165, 1 March 2016, pp.967-982
- [2] 배용진, 한국은 데이터센터 각축장, 글로벌 기업 속속 들어오는 이유, <http://m.pub.chosun.com/mobile/news/view.asp?cate=C01&mcate=M1002&nNewsNum=20171026426&nidx=26427>, 2018.11.06.
- [3] 방송통신위원회 국립전파연구원, 그린 데이터 센터 구축 지침, 방송통신표준 KCS.KO-09.0065, 2012.9.7. // (Korea Communications Commission National Radio Research Agency, Guideline for Establishment of Green Data Center, Korea Communications Standard KCS.KO-09.0065, 2012.9.7.)
- [4] 한국IT서비스산업협회, 데이터센터 산업 육성을 위한 기반조성 연구조사, 미래창조과학부 방송통신정책연구 15-진흥-003, 2015 // (Korea Information Technology Service Industry Association, A foundation research for the data center industry development, Ministry of Science, ICT and Future Planning, Research on broadcasting communication policy 15-Promotion-003, 2015)
- [5] 최동훈, 인공지능과 IoT를 이용한 데이터센터 쿨링에너지 절감 솔루션 AWS Summit Seoul 2018, <https://www.slideshare.net/awskorea/schneider-choi-dong-hoon>, 2018.10.22.
- [6] Jiro Fukuda, 서장후, 데이터 센터의 현황과 향후 방향성, 설비저널, 4(2), 2012. 2, pp.80-85. // (Jiro Fukuda, Seo Jang-Hoo, Trend of Data Center and Future Direction, The magazine of the Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, 4(2), 2012. 2, pp.80-85)
- [7] 김주환, 데이터 센터에 대한 일반 상식, <https://d2.naver.com/helloworld/176039>, 2018.10.12.
- [8] 천재홍, 혼합 냉각 아키텍처로 고밀도 데이터센터 구축, <http://www.datanet.co.kr/news/articleView.html?idxno=43546>, 2018.10.12.
- [9] 조진균, 김병선, 최적 IT 환경제어를 위한 데이터센터의 냉각시스템 및 공기분배시스템 계획에 관한 연구 - 사례분석을 중심으로, 대한건축학회 논문집 - 계획계 24(2), 2008.2, pp.313-320 // (Cho Jin-Kyun, Kim

- Byung-Seon, The Cooling and Air Distribution Systems for the Optimal IT Environment Control in the (Internet) Data Center, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, 24(2), 2008.2, pp.313-320)
- [10] 최병남, 데이터센터 공조시스템 소개, 한국설비기술협회, Vol. 34, No. 03(2017-03), 2017. 03, pp.54-64 // (Choi, Byoung-Nam, Data Center Air-conditioning System Introduction, Korean Association of Air Conditioning Refrigerating and Sanitary Engineers, Vol 34, No. 03(2017-03), 2017. 03, pp.54-64)
- [11] 김재현, 이진영, 조진균, 그린데이터센터 구현을 위한 가이드라인 연구, 대한설비공학회 2013 하계학술발표대회 논문집, 2013. 6, pp.439-442 // (Jae-Heon Kim, Jin-Young Lee, Jin-kyun Jo, A Study of Guideline for Green Data Center, The society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea 2013 summer conference, 2013. 6, pp.439-442)
- [12] Cullen E. Bach, Chandrakant D. Patel, Ratnesh K. Sharma, Dynamic Thermal Management of Air Cooled Data Center, Proceedings of 10th Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomenon in Electronic Systems, 2006, 6, pp.452-459
- [13] Tobias Van Damme, Claudio De Persis, Pietro Tesi, Optimized Thermal-Aware Job Scheduling and Control of Data Centers, IFAC PapersOnLine 50-1, 2017, pp.8244-8249
- [14] Qiang Liu, Yujun Ma, Musaed Alhusssein, Yin Zhang, Limei Peng, Green data center with IoT sensing and cloud-assisted smart temperature control system, Computer Networks 101, 2016, pp.104-112
- [15] 황지현, 한기성, 이태원, 데이터 센터 외기냉방 최적 운전제어 알고리즘 개발 및 효과 분석, 대한설비공학회 학술발표대회논문집, 2015. 6, pp.212-215 // (Ji-Hyun Hwang, Gi-Sung Han, Tae-Won Lee, A Study on the Optimal Operation Methods and Its Effects of the Outdoor Air Cooling System for Data Center, The society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea 2015 summer conference, 2015. 6, pp.212-215)
- [16] 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, pp.9635-9642
- [17] Jinzhu Chen, Rui Tan, Guoliang Xing, Xiaorui Wang, PTEC: A System for Predictive Thermal and Energy Control in Data Centers, 2014 IEEE Real-Time Systems Symposium, 2014, pp.218-227
- [18] Mi Lin, Shuangquan Shao, Xuanhang(Simon) Zhang, James W. Vangilder, Victor Avelar, Xiaopeng Hu, Strategies for data center temperature control during a cooling system outage, Energy and Buildings, Vol. 73, 2014. 4, pp.146-152
- [19] 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, pp.154-164
- [20] Richard Evans, Jim Gao, DeepMind AI Reduces Google Data Centre Cooling Bill by 40%, <https://blog.google/outreach-initiatives/environment/deepmind-ai-reduces-energy-used-for/>, 2018.10.13.
- [20] 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, pp.154-164
- [21] Vigilant Optimizing Mission Critical Cooling, Dynamic Control Optimized Cooling, <http://www.vigilant.com/products-and-services/dynamic-control/>, 2018.10.12.
- [22] Onionsoftware, Dynamic Optimization, <http://www.onionsoftware.com/mk119-dcim.html>, 2018.10.12.
- [23] Fujitsu, Data Center Management and Automation, <http://www.fujitsu.com/fts/solutions/business-technology/data-center-management-automation/cloud/>, 2018.10.12.