

효율성 증가를 위한 블록 단위 스마트 랙 기술 개발

태 효 식*, 박 구 락*

Block Smart Rack Technology Development for Increased Efficiency

Hyo-Sik Tae *, Koo-Rack Park *

요 약

데이터센터는 전 세계적으로 클라우드 기반 IT 솔루션의 발전과 더불어 빅 데이터, 교육, 커뮤니케이션 수단의 발달과 전자기기 사용이 증가함에 따라 국내외로 그 수요가 꾸준히 증가하는 추세에 있다. 이러한 데이터센터의 증가는 IT장비의 발전을 가속화 시켰으며 서버 랙의 발열 또한 크게 높이는 결과를 가지고 왔다. 데이터 센터의 전산 발열량은 IT서버 전력사용의 99%이상이 열로 변환되므로, 서버의 크기와 용량이 증가할수록 발열량 또한 상승하게 된다. 본 논문에서는 공냉식 냉각방식을 중심으로, 데이터센터의 에너지 절감을 위한 공조시스템을 연구 하였으며, 해당 시스템의 성능분석 및 모의실험을 통하여 실제로 에너지 절감 효과가 있는 것으로 분석되었다.

▶ Keywords : 스마트랙, 인터넷데이터센터, 공랭식 방식

Abstract

Data center, not only the development of globally of cloud-based IT solutions, As the big data, education, use of development electronic equipment of communication means is increased, Demand of domestic and international data center has increased steadily.

Due to the increase of data center demand, heat generation of server rack due to the development of IT equipment is also increasing continuously.

Calculating heat value of the data center, because more than 99% of the power usage of IT server is converted into heat, the calorific value as the size and capacity of the server is larger will increase.

In this paper, to center the cooling system of air-cooled, and research and development of air conditioning systems for energy reduction of data center, through performance analysis and simulation, it has been analyzed that there is energy savings.

▶ Keywords : Smart Rack, Internet data center, Air-Cooled system

•제1저자 : 태효식 •교신저자 : 박구락

•투고일 : 2015. 03. 23 심사일 : 2015. 03. 28. 게재확정일 : 2015. 04. 02.

* 공주대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Science and Engineering, Kongju National University)

I. 서 론

유전 세계적인 클라우드 기반 IT 솔루션의 발전, 빅 데이터, 교육, 커뮤니케이션 수단의 발달과 전자기기 사용의 증가는 국내외 데이터센터의 폭발적인 수요 증가를 야기시켰다. 2009년 데이터센터는 전 세계 전기에너지 소비량의 2%, 전 세계 CO₂ 배출량의 0.7%를 차지했으며 해마다 에너지 소비량이 지속적으로 늘어나고 있는 추세이다.

이러한 데이터 센터의 수요 증가로 인해, IT장비의 발전에 따른 서버 랙의 발열 또한 지속적으로 증가하고 있다. 데이터 센터의 전산 발열량은 IT서버 전력사용의 99% 이상이 열로 변환되므로, 서버의 크기와 용량이 증가할수록 발열량 또한 증가하게 된다. 단위 바닥면적당 발생하는 발열량이 1992년부터 2010년까지 지속적으로 증가해 왔으며, 매년 예측된 발열량에 비해 많은 발열밀도를 보여 왔다. 이에 따라 2020년에는 10 ~ 16kW/m²를 넘는 초고밀도 데이터 센터 또한 예측되고 있다. 일반적인 데이터센터의 단위 바닥 면적당 냉방부하도 일반적인 오피스 건물의 100배가 넘고, 하루 24시간동안 1년 365일 항시 운전되므로 서버냉각에 필요한 시스템이 에너지 절약적인 시스템으로 계획 및 설계되도록 요구되고 있다.

데이터센터의 냉방은 크게 공냉식 냉각방식(Air-Cooled System)과 수냉식 냉각방식(Water-Cooled System)으로 구분될 수 있다. 공냉식 냉각방식은 랙, 무정전 전원장치(UPS), 전원분배장치(PDU)와 같은 장비에서 발생하는 열을 차가운 공기를 이용하여 냉각하는 방식으로 대부분의 데이터센터에서 채택하여 사용되고 있는 방식이다. 반면, 수냉식 냉각방식은 냉각수를 장비 근처 혹은 표면까지 순환시켜 냉각하는 방식으로 공냉식 냉각방식에 비해 급기 풍량을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 최근에는 전산장비로부터 얻어진 열을 재사용하여 데이터센터 주변 건물의 난방용으로 사용하거나, 흡수식 냉동기 등의 열원으로 사용하기 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있으나, 현재까지 적용사례가 많지 않다.

이에 본 논문에서는 공냉식 냉각방식을 중심으로, 데이터센터의 공조 에너지 절감을 위한 공조시스템 개발하였다.

II. 관련 연구

1. 관련연구

1.1 룸 단위 냉각 시스템

데이터센터의 냉각은 일반적으로 CRAC(Computer

Room Air Conditioning) 장치에 의해서 이루어진다. CRAC 장치에 유입된 공기는 냉동기(Chiller)를 통해 냉각되고 냉각된 공기는 공조장치에 의해 IT장치에 냉각 공기로 유입된다. IT 장치는 발생한 열을 냉각 팬을 통해 배출하고, 이 뜨거운 공기는 다시 CRAC 장치로 유입된다. 이러한 순환 과정에서 냉각 효율을 증가시키기 위해 일반적으로 뜨거운 통로와 차가운 통로를 분리(Hot/Cold aisle layout)한 방법과 바닥에서 냉기가 유입되는(Raised floor area)방법을 보편적으로 사용하고 있다.

룸 단위 냉각 시스템은 서버 랙당 전력 밀도가 작은(1-3kW)경우에만 효과적이다. 그러나 최근 장비의 전력 밀도는 랙당 20kW를 넘고 있기 때문에 룸 단위 냉각 방식은 더 이상 재기능을 발휘하지 못하고 있는 실정이다.

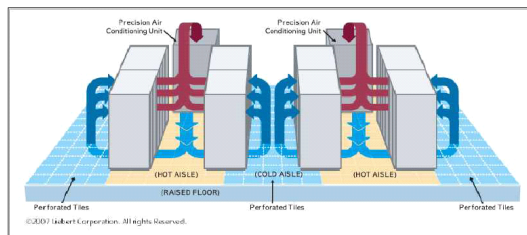


그림 1. 데이터센터의 룸 단위 냉각 방식
Fig. 1. Room Unit Cooling System for Data Center

1.2 이중 바닥 취출 공조 시스템

이중 바닥 취출 공조 시스템은 서버실을 이중 바닥으로 하고 공조 실내기에서의 냉기를 바닥 아래에서 서버실에 보내는 방식이다. 일반적인 랙은, 전면에서 냉기를 불어 넣고 후면에서 열기를 배출하는 형식이 많다. 이 때문에 서버 열의 전면에서 냉기를 보내고, 서버 열의 후면에서는 열기가 집중된다. 서버실 내의 이러한 냉기를 모으는 공간을 쿨드아일(Cold Aisle), 열기를 모으는 공간을 핫아일(Hot Aisle)이라고 부른다. 이전에는 서버의 방향이 제각각으로 냉기와 열기가 혼합되어 공조 효율을 저하시켰지만, 최근에는 서버 열의 방향을 통일시키고, 바닥의 취출구 위치도 랙 전면에 맞추어 핫아일, 쿨드아일을 형성시키는 등 공조 효율을 높이기 위한 노력이 이루어지고 있다.

1.3 랙 냉각 시스템

랙 냉각 시스템은 랙 후면의 문에 직접 열교환기를 설치하고, 서버가 열기를 직접 냉각해서 랙으로부터 배기하는 시스템 등 여러 가지 방식이 도입되어 있지만 랙 1개당 소비 전력

은 점점 증가하고 있고, 향후에도 공조 능력의 개선 노력이 요구될 것이다. 다만, 주목해야 할 한 가지는 데이터 센터의 서버 실 모든 랙이 공통적으로 소비 전력이 많은 것은 아니라는 것이다. 따라서 과도한 공조 설비의 투자는 데이터 센터 사업자에게 사업성을 위협하는 큰 부담이 되기 때문에 종래의 서버 능력의 향상에 대응이 가능한 유연한 공조, 냉각 시스템이 요구된다.

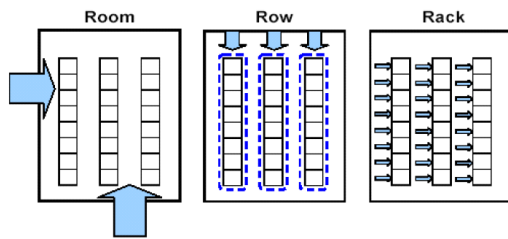


그림 2. 랙 냉각 시스템
Fig. 2. Rack Cooling System

룸 단위 냉각 방식의 경우 룸의 설계가 적절하지 못하여 발생하는 냉각 공기의 우회로 인하여 기존의 CRAC의 정격 최대 냉각 용량을 활용하지 못하는 경우가 많았으며, 이중 바닥 취출 공조 시스템의 경우 서버의 방향이 제각각으로 냉기와 열기가 혼합되어 공조 효율이 저하되는 경우가 발생하였다. 또한 랙 냉각 시스템의 경우 랙 단위 냉각에 따른 관리의 어려움이 따르는 문제점이 있었다.

기존의 이러한 문제점을 해결하고자 블록 단위(Row 단위) 냉각에 초점을 맞춘 새로운 냉각 설계방식이 제안되었다. 열(Row) 단위(블록 단위)아키텍처의 경우 CRAC가 하나의 열을 전담하도록 설계하여 하나의 랙 그룹에서 냉각 용량을 공유할 수 있다. 또 공기 흐름을 더욱 쉽게 예측할 수 있고 CRAC 정격 용량을 전부 활용 하여 전력 밀도를 높일 수 있다.

III. 본 론

본 연구논문은 기존의 룸 단위 냉각방식에서 벗어나 에너지 효율성 최적화를 위한 열(Row) 단위 즉, 블록 단위 스마트 랙 기술을 개발하는 것으로 다음과 같은 두 가지 주요 기술을 개발 및 연구한다.

첫째는 IT 장비를 블록단위별로 나누어 독립적으로 운용하도록 하여 에너지 효율성을 최적화하고 랙 내부의 온습도 등의 정보를 실시간으로 모니터링 할 수 있는 공조시스템을 탑재한 블록 단위 스마트 랙 기술개발 연구이며, 둘째는 블록

단위로 수집되어지는 상태정보들을 활용하여 에너지 사용량 수요를 예측 및 산출하고 최적화를 이끌어 내는 관제 관리시스템 개발이다. 이를 위해 전산해석을 활용하여 설계된 제품품의 내부유동현상을 파악하고, 최적의 유량분배를 연구한다.

1. 블록단위 스마트 랙 개발

1.1 컨트롤러 하드웨어 설계 및 개발

PCB는 크게 MCU Board와 Digital I/O Board로 나뉘며 두 보드는 적층 방식으로 쌓아 연결되게 된다. 두 개의 보드가 결합된 형태를 컨트롤러 보드라 하며, 적층 방식으로 쌓음으로 인해 한정된 공간에 더 많은 기능을 수행할 수 있도록 포트를 확장하고, 주변기기를 많이 연결할 수 있도록 아래 그림 3과 같이 제작하였다.

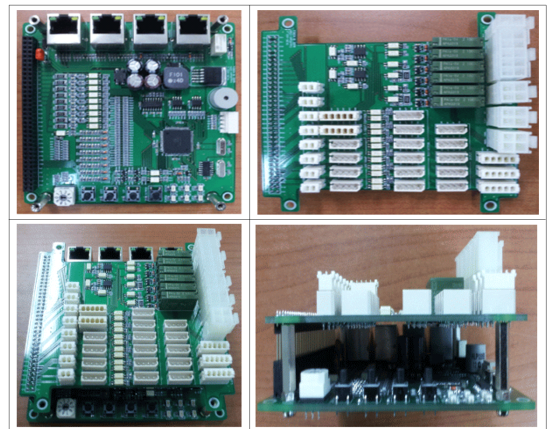


그림 3. 컨트롤러 보드 제품
Fig. 3. Controller Board Prototype

1.2 컨트롤러 소프트웨어 설계 및 개발

IT 장비를 운용함에 있어 무엇보다도 중요한 안정성 확보를 위해 OS가 탑재된 융합시스템과 랙 제어를 위한 컨트롤러 시스템을 분리하여 설계하였다. 융합시스템은 OS를 기반으로 GUI를 담당하는 QT Application과 데이터베이스 그리고 관제시스템을 위한 웹 서버 등을 포함하였다.

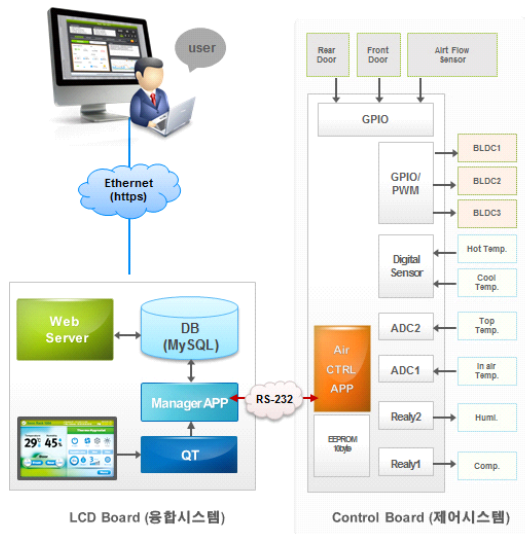


그림 4. 컨트롤러 소프트웨어 구성도
Fig. 4. Diagram for Controller Software

1.3 블록단위 스마트 랙 제어 및 관제시스템

제어시스템으로부터 측정 데이터를 전달받아 데이터베이스에 Insert하고 저장된 데이터를 웹서버를 이용하여 사용자에게 서비스한다. 또한 원격지에서의 모니터링 및 제어를 할 수 있다.

융합시스템 간 RS-485 통신을 통하여 데이터를 저장하며, TCP/IP 및 HTTP 기반의 관제 시스템을 통해 실시간 정보를 제공한다.

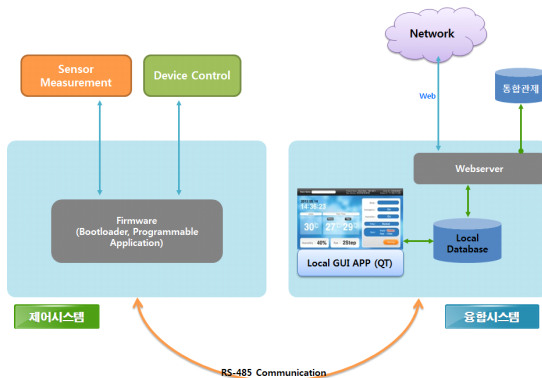


그림 5. 스마트 랙 제어 및 관제 시스템 구성도
Fig. 5. Configuration for Smart Rack Control and Monitoring System

2. 공조시스템 개발

2.1 블록단위 공조시스템 개발

블록단위 공조시스템 개발을 위해 공조기를 세로 형태로 구성하였으며, 이로 인해 증발기의 팬을 2개로 수직 구성하여 랙에 냉풍을 고르게 토출할 수 있도록 개발하였다. 또한 랙 간의 원활한 COOL Zone 공유도 가능해졌으며, 공기의 유로에 대한 부분은 세로형 수직구성으로 열교환기(Evaporator, Condenser)의 최대 면적으로 열 교환이 이루어지므로 효율성 증대 효과도 가져올 수 있을 것으로 판단된다. 마지막으로 응축수 처리를 위해 Drain Pan과 Pump외에 자연식 기화장치를 설치하여 응축수 처리에 대한 부분도 연구하였다.



그림 6. 블록단위 공조시스템 제작품
Fig. 6. Prototype of Block Air Conditioning System

2.2 성능분석 및 모의실험

공조기 성능분석 및 모의실험은 20개 항목에 대한 온도 측정 결과이며, 에바 모터는 50%의 조건하에서 모든 조건과 동일하게 하여 제품의 안정성과 능력에 대한 테스트한 결과이다.

아래의 그림의 결과를 보면 35℃/50%(온도/상대습도)에서 최고 45℃/50%까지 행하여지며, 40℃/50%에서 입력되는 전압 ±10%의 변화를 주어 이에 대한 안정성과 능력에 대해서 테스트를 실시하였다.

그림 7은 그에 대한 온도측정 테스트 결과이다.

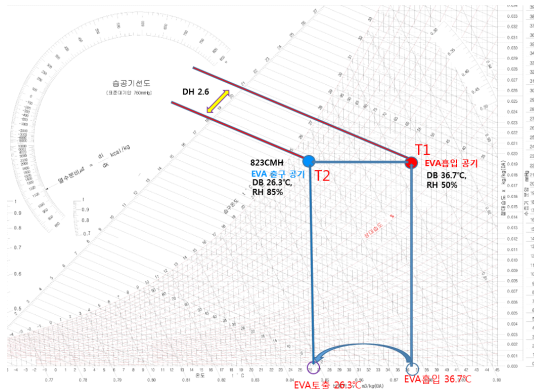


그림 7. 온도 측정 결과
Fig. 7. Results of Temperature Measurement

해당 테스트 결과 모든 조건(설정된 온도/상대습도)에서 정상적으로 운전하고 있으며 1차 공조시스템보다 Δt (Eva 흡입온도 - Eva 토출 온도의 차)가 1~2°C정도 높게 형성되고 있으며 Fan도 2개로 구성되어 1.5~2배정도의 풍량이 형성되고 있다. 이것은 압축기의 용량증대에 따른 효과로 볼 수 있으며 블록 단위 랙 구성에 있어도 효과를 볼 수 있는 부분으로 판단할 수 있다.

Discharge 1, 2구간에서 온도가 약 10°C정도 내려가는 현상을 볼 수 있는데 이것은 고압의 파이프가 기화장치를 통과하면서 발생하는 현상이며, 이러한 현상으로 인해 기화장치에 있는 응축수의 온도가 상승하여 섬유의 흡수를 빠르게 하는 효과와 냉각기의 열 교환에 있어서도 이득을 가져와 전체적으로 냉방 능력의 3%정도 증가하며 압축기의 소비동력은 20%정도 적게 소비하는 효과를 얻을 수 있었다. 또한 Eva In 1, 2 구간과 Eva Mid 1, 2구간에서는 온도의 변화를 이루기 위해 에바의 면적의 크기를 조절하여 효율성이 개선된 연구결과를 얻을 수 있었다.

테스트 결과를 바탕으로 습공기전도를 적용하여 Compressor GK113KBA의 냉각용량 2784kcal/h 95% 수준인 2652kcal/h인 것을 확인하였으며, 능력에 대한 계산은 아래 표1과 같다.

표 1. 공조시스템 냉각 능력 계산 결과
Table 1. Calculation results of the cooling capacity

항목	테스트 결과	항목	테스트 결과
측정된 풍량	850C.M.H	온도차	10.4°C
엔탈피 차	2.6kcal/h	냉각능력	850x1.2x2.6 =2652kcal/h

테스트 결과 냉각 사이클 부분에서 냉각 효율이 상승하는 결과를 얻을 수 있었으며, 설계상 개선을 통하여 조립성, 유지보수 측면 및 효율성 증대를 위한 추가 개선이 이루어진다면, 추후 데이터센터 내부 랙의 냉각효율증대에 많은 도움이 될 것으로 예상된다.

IV. 결 론

데이터센터는 전 세계적으로 클라우드 기반 IT 솔루션의 발전과 더불어 데이터센터의 수요가 꾸준히 증가하고 있다. 이러한 데이터 센터의 수요 증가로 인해, IT장비의 발전에 따른 서버 랙의 발열 또한 지속적으로 증가하고 있으며 그에 따르는 해결방안이 필요하다.

많은 전산실은 룸 내부가 임계 온도치를 넘어서면 전산실 내부에 있는 공조기 전체가 동시에 가동되어 데이터센터 내 전체 온도를 유지하도록 하는 비효율적인 방식의 룸 단위 냉각방식을 사용해 왔다.

따라서 본 논문에서는 데이터센터 내 냉방효율증가를 위하여 IT 장비를 블록 단위별로 나누어 독립적으로 운영되도록 하고 랙 내부 정보를 모니터링 하여 관리 하도록 설계하였다. 또한 블록단위로 수집되어지는 상태정보들을 활용하여 에너지 사용량 수요를 예측 및 산출하는데 최적화된 관제 관리 시스템을 연구하였다.

그 결과 스마트 랙 공조시스템, 제어 및 관제시스템 성능 분석 및 모의실험을 통하여 냉각 사이클 부분에서 냉방 능력의 효율을 높이는 결과를 얻을 수 있었다. 추후 최적화된 설계를 통하여 조립성, 유지보수 측면 및 효율성 증대를 위한 추가 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] J.R. Turnpenny and D.W. Etheridge, "Novel ventilation cooling system for reducing air conditioning in buildings.: Part I: testing and theoretical modelling", Applied Thermal Engineering, Vol. 20, No. 11, pp. 1019-1037, Aug. 2000.
- [2] C. D. Patel, C. E. Bash, R. Sharma, and M. Beitelmal, "Smart Cooling of Data Centers," In Proceedings of the Pacific RIM/ASME International Electronics Packaging Technical

- Conference and Exhibition (IPACK03), July 2003.
- [3] Hyo-Sik Tae, Young-Gi Yun, Koo-Rack Park, Jin-Mook Kim, Application of the In-Rack system and ventilation path for efficiency increase in datacenter cooling. Life Sci J 2014;11(10s):165-169. (ISSN:1097-8135).
- [4] Hyo-Sik Tae, Koo-Rack Park, Han-Jin Cho, "Building the monitoring system for efficient operation of data computerized equipment." ICDPM 2015, Vol.2, No.1, pp.162-163, Jan.2015.
- [5] Cho, jin-Kyun, Park Woo-Pyoung, Shin, Seung-Ho, Lee, Jin-Young, Development of the Cooling Energy Analysis Tool for Green Data Centers and Evaluation of Alternatives for Different Climate, Vol.29, No7, Architectural Institute of Korea, 2013, pp.289-298
- [6] Jae-Kwon Bae, A Case Study on the Building of Green Internet Data Center for Green IT, Vol.12, No1. The e-Business Studies, 2011, pp.329~248
- [7] San Murugesan, Harnessing Green IT : Principles and Practices, IT Pro, 2008, IEEE Computer Society, PP.24-33.
- [8] Kevin Dunlap, Neil Rasmuseen, Choosing Between Room, Row, and Rack-based Cooling for Data Centers, Schneider Electric - Data Center Science Center 2006, APC White Paper #130
- [9] J.G Koomey, Estimating Total Consumption by Server in the U.S and The World, 2007
- [10] Jae-Ung Cho, "A Flow Analysis on Wing Shape of Cooling Fan at Automobile", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 5, No. 4, pp. 75-79, 2014.
- [11] Young-Suk Chung, Rack-Koo Park, Jin-Mook Kim, "Study on predictive modeling of incidence of traffic accidents caused by weather conditions", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 5, No. 1, pp. 9-15, 2014.
- [12] Kang-Hun Lee, Dong-Il Kim, Dae-Ho Kim, Myung-Yoon Sung, Young-Kil Lee, Suk-Yong Jung, "Implementation of Real-Time Video Transfer System on Android Environment", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 3, No. 1, pp. 1-5, 2012.
- [13] Suk-Yong Jung, "Feedback Load Control Mechanism for Real-Time Web Services", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 1, No. 1, pp. 17-21, 2010.

저 자 소 개



태 호 식

2004: 목원대학교 경영학 학사.

2011: 한밭대학교 창업경영대학원
창업경영학 석사.

현 재: 공주대학교

컴퓨터공학과 박사과정.

관심분야: 소프트웨어공학,

임베디드 시스템, 정보보안

Email : ths@hkinet.co.kr



박 구 락

1986: 중앙대학교

전기공학과 공학사

1988: 숭실대학교

전자계산학과 공학석사

2000: 경기대학교

전자계산학과 이학박사

현 재: 공주대학교

컴퓨터공학부 교수

관심분야: 정보경영, 정보통신,

소프트웨어공학,

시뮬레이션, 정보보안

Email : ecgprpark@kongju.ac.kr