

## 리어 도어 쿨링 유닛 실험 장치 설계 및 제어 방법

조수형, 김대환

한국전자기술연구원

shcho@keti.re.kr, kimdh@keti.re.kr

## A Design and Control Method of Rear Door Cooling Unit Experimental Device

Soohyung Cho, Daehwan Kim

Korea Electronics and Technology Institute

## 요 약

본 논문은 국내에서 도입 사례가 없는 리어 도어 쿨링 유닛의 에너지 절감 효과를 확인하기 위한 실험 장치 설계 및 제어 방법에 대해 설명한다. 랙이 구축되는 컨테이너는 아크릴 박스로 제작하여 사용하였고 서버는 PTC 발열체로 대체하였다. 랙은 스테인리스 소재의 구조물, 리어 도어 쿨링 유닛은 PC용 수냉식 쿨러로 그리고 냉각탑은 열교환기와 미니 냉동장치로 대체하도록 설계하였다. 또한 EC팬 모터와 압축기 모터의 속도를 제어하면 전체적으로 전력소모량을 줄이면서 냉각 성능을 유지시킬 수 있도록 하였다. 설계한 장치는 리어 도어 쿨링 유닛과 같은 방식이면서 비용과 크기를 줄이고 쉽게 구축하여 다양한 실험들을 수행할 수 있기 때문에 전력 절감율을 쉽게 측정하고 비교해 볼 수 있는 장점이 있다.

## I. 서 론

데이터센터는 기업용 컴퓨터와 같은 IT 기기들을 대량 운영하는 시설로서 내부의 온도를 신선하게 유지하는 것이 매우 중요한 장소이다. 내부를 컨테이너 단위로 구분하여 냉각 시스템을 유지하는 것이 일반적이며, 냉각 방식에는 일반적으로 공랭식을 가장 많이 사용하고 있다. 최근에는 에너지 사용량을 줄이면서 냉각 효율을 높이기 위한 다양한 방식들이 제시되고 있다.

에너지를 줄이는 보편적인 방식은 겨울철 외부의 차가운 공기를 활용한 외기 도입 방식이다. 외기를 이용한 프리쿨링 방식을 사용할 경우 CRAC(Computer Room Air Conditioner)의 압축기가 동작을 덜해도 되기 때문에 그만큼 전력 사용량이 줄어들게 되는 것이다. 이 방식은 외기 온도가 낮을수록 활용도가 높아지기 때문에 여름에는 활용할 수 없다는 단점이 있다.

이밖에 랙 당 전력 밀도가 높을 경우 복합적인 방법을 사용하여 컨테이너 내부 온도를 유지시키는 경우도 있다[1]. 본 논문은 국내에서 도입 사례가 없는 리어 도어 쿨링 유닛의 에너지 절감 효과를 확인하기 위한 실험 장치 설계 및 제어 방법에 대해 설명한다. 실제 환경에서 서버, 랙, CRAC 등을 구축하여 실험하기에는 공간도 많이 차지하고 비용이 매우 많이 발생하기 때문에 현실적으로 쉽지 않다. 같은 방식이면서 비용과 크기를 줄이고 쉽게 구축하여 다양한 실험들을 수행하기 위한 실험 장치 설계 및 제어 방법에 대해 기술한다.

## II. 관련 연구 : 리어 도어 쿨링 유닛

IT 기기의 발열이 CRAC의 성능을 초과할 경우 추가로 리어 도어 쿨링 유닛을 랙 뒤면에 장착하여 초과한 열을 제거할 수 있다. 리어 도어 쿨링 유닛은 EC팬과 라디에이터를 도어에 포함하고 있으며 라디에이터에 냉각수가 지나가면서 IT 기기가 방출하는 열을 곧바로 제거하는 공랭식 장비이다. 이 방식은 20kW 이상을 소모하는 랙에 적합하다고 알려져 있다[2].



그림 1. 다양한 리어 도어 쿨링 유닛 제품 사진

냉각수는 리어 도어 쿨링 유닛을 거치면서 뜨거운 열을 흡수하고 냉각수 분배 장치를 거쳐 외부의 냉각탑으로 이동하여 냉각되고 다시 냉각수 분배 장치를 거쳐 리어 도어 쿨링 유닛으로 흘러가는 순환 구조 형태를 갖는다.

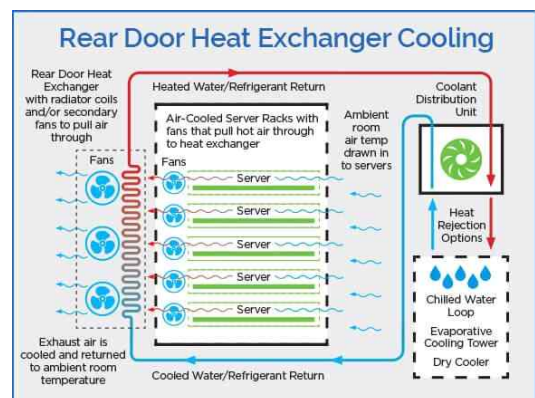


그림 2. 리어 도어 쿨링 유닛의 냉각 방식

(출처: <https://www.akcp.com/articles/rear-door-heat-exchanger-for-high-density-data-center>)

### III. 리어 도어 쿨링 유닛 실험 장치 설계 및 제어 방법

#### 1. 리어 도어 쿨링 유닛 실험 장치 설계

리어 도어 쿨링 유닛 실험 장치는 리어 도어 쿨링 유닛의 에너지 절감 효과를 확인하기 위한 실험 장치이다. 먼저 랙이 구축되는 컨테이너는 아크릴 박스로 제작하여 밀폐된 구조를 지니도록 하였다.

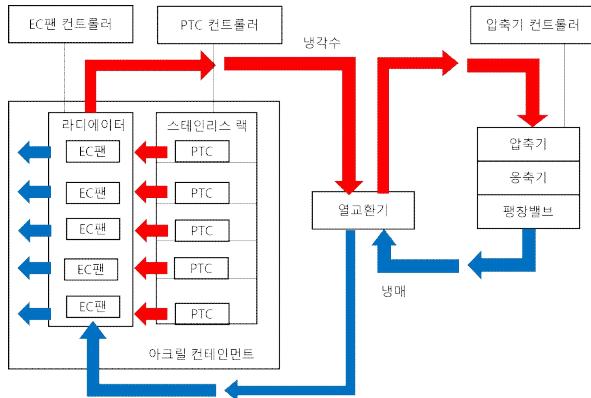


그림 3. 리어 도어 쿨링 유닛 실험 장치 구조

서버는 PTC 발열체로 대체할 수 있다. PTC는 히터로 주로 사용되는 부품으로 전기를 많이 소모하고 소모된 전기를 열로 방출하는 특징이 있다. PTC는 PWM 제어를 통해 발열을 제어할 수 있으므로 서버에 다양한 부하가 발생하는 것과 같이 다양하게 발열 시킬 수 있다.

랙은 작은 크기의 PTC 발열체를 층별로 배치할 수 있는 스테인리스 소재의 구조물로 대체한다. 스테인리스는 가공이 용이하며 내구성과 내식성, 내진동성이 좋고 열전도율이 낮은 특징이 있다.

리어 도어 쿨링 유닛은 PC용으로 사용되는 수냉식 쿨러로 대체할 수 있다. 알루미늄 라디에이터에 EC 팬이 달려있어 열을 라디에이터로 전달하고 라디에이터 속 냉각수는 회수한 열을 외부로 이동시키도록 구성하였다.

냉각탑은 열교환기와 미니 냉동장치로 대체할 수 있다. 랙을 거쳐 덩어린 냉각수는 외부에 배치된 열교환기에서 차가운 냉매와 열교환이 일어나면서 온도가 내려가고 다시 랙으로 순환되도록 하였다. 미니 냉동장치는 압축-응축-팽창-증발 과정을 거치면서 냉매를 냉각시키는데 증발 과정에서 열교환기를 사용하면 냉각수를 차갑게 만들어줄 수 있다. BLDC 모터가 내장된 압축기를 사용하면 저속으로 운전시켜 전력 사용량을 줄일 수 있다.

#### 2. 리어 도어 쿨링 유닛 제어 방법

서버의 부하를 생성하기 위해 PTC 컨트롤러를 이용하여 PTC 발열체를 무작위로 발열시킨다. 리어 도어 쿨링 유닛은 다수의 EC 팬으로 구성되어 있고 각 EC 팬 입구에 온도계를 부착하여 온도를 모니터링한다. EC 팬 컨트롤러는 PTC 발열이 높은 부분에 위치한 EC 팬을 가속시키고 PTC 발열이 낮은 부분에 위치한 EC 팬을 감속하는 방식으로 EC 팬 속도를 개별 제어하여 전력 소모량을 줄인다. 또한 압축기 컨트롤러를 통해 열교환기의 냉각수 출수 온도를 모니터링하여 압축기의 BLDC 모터 속도를 제어한다. 초기에는 모터 속도를 최저 속도로 시작하여 출수 온도가 충분히 낮아질 때까지 모터의 속도를 서서히 증가시키면서 적정 속도를 찾아내면 속도 제어를 중지한다. 언제라도 서버 부하가 변경될 수 있으므로 주기적으로 모터 속도를 주기적으로 감속하고 출수 온도가 높아지면 속도를 증가하는 방식으로 최적 속도를 유지한다. 이러한 방식으로 EC 팬 모터와 압축

기 모터의 속도를 제어하면 전체적으로 전력소모량을 줄이면서 냉각 성능을 유지시킬 수 있다.

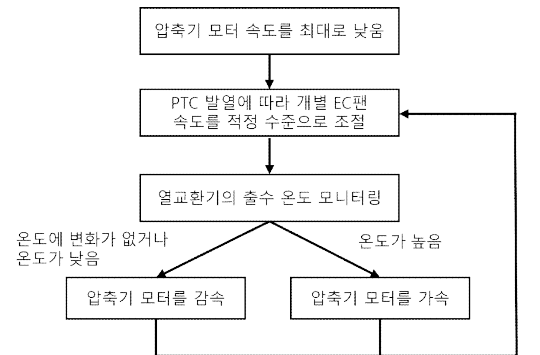


그림 4. 리어 도어 쿨링 유닛 제어 방법 흐름도

### VI. 결론

본 논문은 국내에서 도입 사례가 없는 리어 도어 쿨링 유닛의 에너지 절감 효과를 확인하기 위한 실험 장치 설계 및 제어 방법에 대해 설명하였다. 랙이 구축되는 컨테이너는 아크릴 박스로 제작하여 사용하였고 서버는 PTC 발열체로 대체하였다. 랙은 스테인리스 소재의 구조물, 리어 도어 쿨링 유닛은 PC용 수냉식 쿨러로 그리고 냉각탑은 열교환기와 미니 냉동장치로 대체하도록 설계하였다. 또한 EC 팬 모터와 압축기 모터의 속도를 제어하면 전체적으로 전력소모량을 줄이면서 냉각 성능을 유지시킬 수 있도록 하였다.

실제 환경에서 서버, 랙, CRAC 등을 구축하여 실험하기에는 공간도 많이 차지하고 비용이 매우 많이 발생하기 때문에 현실적으로 쉽지 않다. 설계한 장치는 리어 도어 쿨링 유닛과 같은 방식이면서 비용과 크기를 줄이고 쉽게 구축하여 다양한 실험들을 수행할 수 있기 때문에 전력 절감율을 쉽게 측정하고 비교해 볼 수 있는 장점이 있다. 추후에는 기존 냉각 방식과 동일하게 리어 도어 유닛을 제거하고 미니 냉동장치를 컨테이너에 연결하여 찬 공기를 직접 제공하는 장치를 만든 후 리어 도어 쿨링 방식과의 전기사용량 차이를 비교할 계획이다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부 및 한국에너지기술평가원의 2022년도 에너지기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [20222020800050, 고집적 데이터 센터 에너지 효율 향상 솔루션 개발 및 실증]

### 참 고 문 헌

- [1] Tianyi Gao Et al., "Comparative Thermal and Energy Analysis of a Hybrid Cooling Data Center With Rear Door Heat Exchangers", InterPACK, 2014
- [2] Roger Schmidt, Madhusudan Iyengar, "Server Rack Rear Door Heat Exchanger and the New ASHRAE Recommended Environmental Guidelines", InterPACK, 2010