

# 클라우드 컴퓨팅 기반 공장 에너지 관리 서비스에서 분산 사업장의 에너지 절감 사례 연구

김성혜, 안윤영, 김근용, 김철원

한국전자통신연구원

[shkim@etri.re.kr](mailto:shkim@etri.re.kr), [yyahn@etri.re.kr](mailto:yyahn@etri.re.kr), [gykim@etri.re.kr](mailto:gykim@etri.re.kr), [chorwon.kim@etri.re.kr](mailto:chorwon.kim@etri.re.kr)

## Case study on Energy Savings in Distributed Factories through Cloud Computing-based Factory Energy Management Service

Sung Hei Kim, Yoon-Young An, Geun Yong Kim, Chorwon Kim

Electronics and Telecommunications Research Institute

### 요약

한 사업자가 분산된 사업장을 운영하는 환경에서, 클라우드 컴퓨팅 플랫폼에서 FEMS 기능을 운용하면 다수의 공장 간 에너지 관리 정보를 공유할 수 있고, 공장별 별도의 FEMS를 운용할 필요가 없어 전반적인 에너지 관리 업무의 비용을 절감할 수 있다. 다양한 제조 환경을 가진 공장에서 에너지를 절감하는 방법을 정의하기 어렵지만, 많은 공장에서 공통으로 사용하는 설비들을 기준으로 에너지 절감 사례를 정의하면, 공장 전반적인 에너지 절감이 가능하다. 이 논문에서는 클라우드 컴퓨팅 기반 FEMS를 활용하여 분산된 사업장에서 사용 에너지를 절감하는 사례를 기술한다.

### I. 서론

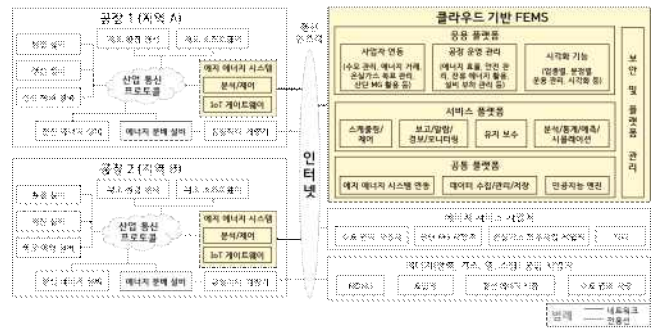
한 사업자가 다수의 공장을 운영할 때, 각 공장별로 독립적인 공장 에너지 관리 시스템(FEMS, Factory Energy Management System)을 운영하면, 각 공장별로 FEMS 설치 및 유지보수 비용이 발생하며, 동일한 공정이라도 공장 운영 관리에 대한 지식과 정보가 공유되지 않아 공장의 운용 관리가 비효율적이다. 클라우드 컴퓨팅 기반으로 FEMS를 운영하여 사업체 전반적인 공통 에너지 관리 업무는 클라우드 컴퓨팅 기반 FEMS에서 수행하고, 공장 현장에는 에지 컴퓨팅 기능을 가지는 시스템을 운용하여 외부로 유출이 금지된 데이터 처리나 긴급하고 신속한 대응이 필요한 제어를 수행한다[1]. 클라우드 기반 FEMS와 에지 컴퓨팅 시스템간에 IoT 프로토콜을 사용하여 IoT 데이터를 교환한다. 한국정보통신기술협회(TTA)에서는 에지 컴퓨팅을 활용한 클라우드 기반 공장 에너지 관리 서비스에 대한 표준을 개발하고 있다[2][3][4].

공장은 다양한 제조 업종과 제조 환경을 가지며, 각 공장에 적용될 수 있는 에너지 비용 절감 사례는 다양하다. 많은 공장에서는 펌프, 팬, 냉동기, 공기 압축기 등의 설비를 사용하고 있어, 이러한 설비에서 사용하는 에너지를 관리하여 에너지 절감이 가능하다. 이 논문에서는 분산 사업장을 운영하는 사업자가 클라우드 컴퓨팅 기반 FEMS를 운영하여 이러한 설비들의 데이터를 수집하고 공장을 관리하고 사용 에너지를 절감하는 사례를 기술한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 클라우드 컴퓨팅 기반 공장 에너지 관리 서비스 구조에 대해 설명하고, III장에서는 제조 설비를 관리하여 에너지를 절감하는 사례를 기술한다. IV장에서는 공장 간 정보 공유에 따른 에너지를 절감하는 사례를 다루고, V장에서 이 논문 결론짓는다.

### II. 클라우드 컴퓨팅 기반 공장 에너지 관리 서비스 구조

(그림 1)은 클라우드 컴퓨팅 기반의 공장 에너지 관리 서비스 구조를 보여 주고 있다. (그림 1)은 TTA 표준[2]을 기반으로 각각 다른 지역에 있는 두 개의 공장에서 클라우드 컴퓨팅 기반 공장 에너지 관리 서비스 구조를 표현한다. 각 공장에는 개별적인 에지 에너지 시스템을 갖추고 있다.



(그림 1) 클라우드 컴퓨팅 기반 공장 에너지 관리 서비스 구조[2]

에지 에너지 시스템은 공장 현장에서 데이터를 수집 및 저장하고, 부분적인 에너지 관리 기능을 수행하는 에지 컴퓨팅 기능을 갖는 시스템이다[3]. 클라우드 기반 FEMS는 공장 데이터를 수집하는 공통 플랫폼, 데이터를 처리하는 서비스 플랫폼 및 데이터를 활용하는 응용 플랫폼으로 구성된다. 클라우드 기반 FEMS와 에지 에너지 시스템 간의 IoT 프로토콜을 통해 연동되어 여러 공장의 에너지를 관리한다.

### III. 제조 설비 관리를 통한 에너지 절감 사례

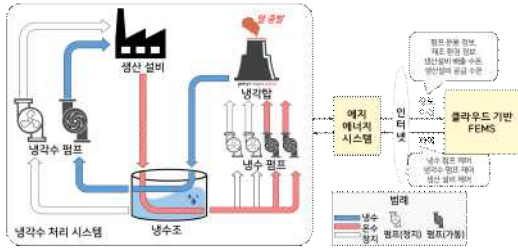
이 장에는 클라우드 기반 FEMS에서 제조 설비 관리를 통하여 에너지 절감하는 사례를 제시한다.

#### (1) 냉각수 처리 시스템 관리

냉각수 처리 시스템은 생산 설비의 적절한 운용 온도를 유지하기 위해 필수적인 역할을 한다. 이 시스템은 냉수조와 냉각탑으로 구성되며, 생산 설비, 냉각탑, 냉수조 간의 냉수를 이동시키기 위해 냉각수 펌프와 냉수 펌프가 필요하다. 냉각수 처리 시스템은 가동하는 펌프의 대수를 조절하여 에너지 절감 효과를 극대화할 수 있다.

클라우드 기반 FEMS는 제조 환경의 외기 온도, 냉수조 온도, 생산 설비의 운용 온도 등 다양한 변수를 모니터링하여 최적의 운용 방법을 도출한다. 도출된 방법에 따라 냉각수 펌프와 냉수 펌프의 가동 대수를 제어하여 에너지 소비를 최소화할 수 있다. 예로, 외부 온도가 낮으면 냉수조의 자연 냉각

을 최대한 활용하고 냉수 펌프를 가동하지 않는다. 냉수조 온도가 적정 수준보다 높으면 냉수 펌프를 가동하여 냉각탑으로 냉수를 보내어 냉수조의 온도를 낮춘다.

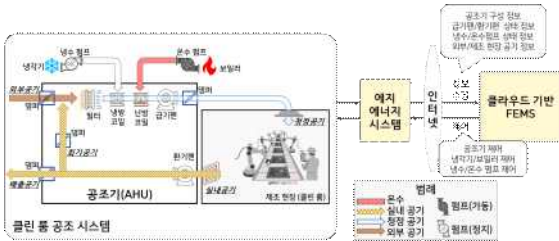


(그림 2) 냉각수 처리 시스템 관리 구조[3]

생산 설비가 정상적으로 운용할 수 있도록 적정 수준의 냉수조 온도를 유지할 수 없는 경우 생산 설비를 보호할 수 있도록 생산 계획을 변경해야 한다. 클라우드 기반 FEMS는 냉각수 처리 시스템의 정보 수집 및 제어를 위해 TTA 표준[3]에서 정의한 데이터 모델을 활용한다.

### (2) 공조 시스템 관리

제조 현장은 클린 룸과 드라이 룸을 운용하여 제품 품질을 유지하기 위해 미세먼지, 미생물, 입자 등을 일정 수준 이하로 유지해야 하며 엄격한 습도와 온도 조건을 관리해야 한다. 공조기(AHU, Air Handling Unit)를 활용하여 공기의 품질을 제어하고 안정적인 제조 환경을 유지한다. AHU는 (그림 3)과 같이 냉각기, 보일러, 펌프, 팬, 댐퍼 등으로 구성된다.



(그림 3) 공조 시스템 관리 구조[3]

클라우드 기반 FEMS는 공조기의 냉각기, 보일러, 펌프, 팬 및 댐퍼 등을 제어하여, 최소한의 에너지로 제조 현장의 온도와 습도를 일정하게 유지한다. 냉동기와 보일러를 제어하고, 필요한 유량과 부하를 계산하여 AHU의 냉방/난방 코일에 냉수/온수를 공급한다. 공기 공급과 배출을 위해 댐퍼와 급기팬/환기팬의 속도를 조절하여 운영한다. 클라우드 기반 FEMS에서는 드라이 룸과 클린 룸을 최적의 상태로 유지하면서 에너지 소비를 최소화할 수 있다. 클라우드 기반 FEMS는 AHU 운용을 위한 정보 수집 및 제어를 위해 에지 에너지 시스템과 TTA 표준[3]에서 정의한 데이터 모델을 활용한다.

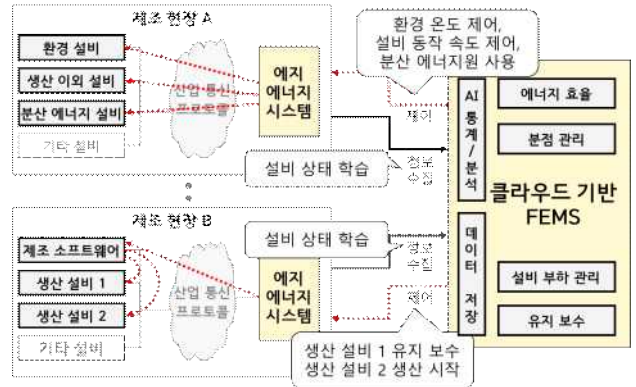
### (3) 기타 설비 관리

상기 두 가지 절감 사례를 활용하여, 고로와 같은 열 설비에서도 에너지 절감하는 데 사용할 수 있다. 열 설비는 공기 공급용 팬과 가스 배출용 팬이 있으며 열 설비의 상태에 맞춰서 두 가지 팬의 속도를 제어할 수 있다. 특히, 공기 공급용 팬을 제어하면 안정적이고 효율적인 연소가 가능하여 열 설비에서 소비하는 에너지도 절감된다.

제조 현장의 다양한 공정에서 압축된 공기를 사용하고 있어 공기압 시스템을 운용하여 압축된 공기를 효과적으로 공급한다. 클라우드 기반 FEMS는 생산 계획에 따라 필요한 압축된 공기량을 계산할 수 있고 압축된 공기의 저장 탱크의 잔량과 추가 생산량을 고려해 컴프레서 가동 개수를 조정할 수 있다. 이런 방식으로 공기압 시스템의 운용 효율성을 극대화하고 제조 현장에 안정적으로 압축된 공기를 공급할 수 있다.

## IV. 공장간 정보 공유에 따른 에너지 절감 사례

클라우드 기반 FEMS는 특정 제조 현장에서 문제가 발생하여 계획된 생산을 못 할 경우, 나머지 제조 현장의 생산량 등 제어함으로써 사업체의 전체 계획된 생산량을 달성할 수 있도록 제어한다. 이 장에서는 클라우드 기반 FEMS에서 제조 현장 설비의 상태 분석과 공장 간 설비 운용 방식의 효율성을 비교하여 이를 제조 현장을 통합적으로 관리하는 사례이다.



(그림 4) 제조 현장 간 정보 공유에 따른 에너지 절감 연동 절차

클라우드 기반 FEMS는 여러 제조 현장에서 설비들의 상태 정보를 수집하고, 설비들의 에너지 사용 효율성과 운용 효과를 비교 분석할 수 있다. AI 엔진에서 설비 데이터를 학습하여 설비의 성능 저하와 잠재적 고장을 예측하며, 예방적 유지보수가 가능하다.

(그림 4)는 클라우드 기반 FEMS와 제조 현장과 클라우드 기반 FEMS 간의 정보 수집과 제어 명령을 보여줍니다. 제조 현장에서 수집된 다양한 상태 정보를 FEMS의 인공지능 엔진에서 분석 및 학습하여 에너지 효율화 방안을 마련할 수 있고, 에지 에너지 시스템을 통해 제조 현장의 설비 운용을 최적화한다. 클라우드 기반 FEMS에서 유지보수의 필요성도 감지하고 제조 설비가 정상적으로 동작할 수 있도록 관리한다.

## V. 결론

이 논문에서는 한 사업자가 다수의 공장을 운영하는 환경에서 클라우드 컴퓨팅 기반 공장 에너지 관리 서비스에서 에너지를 절감하는 사례를 설명한다. 클라우드 컴퓨팅 기반 FEMS를 이용한 다양한 형태의 에너지 효율화 및 에너지 관리 서비스가 가능하며 추가적인 연구가 필요하다.

## ACKNOWLEDGMENT

이 과제는 산업통상자원부(MOTIE)의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행된 연구임(2021202090053B, 공장 분산사업장 대상 클라우드 에너지관리시스템 핵심 기술 개발 및 실증 연구)

## 참고 문헌

- [1] 김성혜의. "다수 공장에서 효율적 에너지 관리를 위한 클라우드 컴퓨팅 기반 공장 에너지 관리 서비스의 표준기술 연구", 2023년도 한국통신학회 추계종합학술대회, 2023.
- [2] TTA, 에지 컴퓨팅을 활용한 클라우드 기반 공장 에너지 관리 서비스 - 제1부: 참조 구조, TTAK.KO-10.1364-Part1/R1, 2024.
- [3] TTA, 에지 컴퓨팅을 활용한 클라우드 기반 공장 에너지 관리 서비스 - 제2부: 제조 설비 데이터 모델, TTAR.KO-10.1364-Part2, 2023.
- [4] TTA, 에지 컴퓨팅을 활용한 클라우드 기반 공장 에너지 관리 서비스 - 제3부: 제조 설비 에너지 절감 유스케이스, TTAR.KO-10.1364-Part3, 2024.