

에지 컴퓨팅을 활용한 클라우드 기반 건물에너지관리 서비스 기술 표준

안윤영 한국전자통신연구원 표준연구본부 책임연구원

1. 머리말

에너지 주 소비원 중 하나인 건물의 에너지 사용을 효율적으로 관리하는 것은 매우 중요하므로 BEMS(건물에너지관리시스템, Building Energy Management System)의 도입은 필수적이라 할 수 있다. BEMS의 목적은 건물 내 쾌적한 실내 환경을 유지하면서 에너지를 효율적으로 사용하고, 건물에 설치돼 있는 에너지 설비들을 안전하게 관리하는 것이다. 또한, BEMS는 건물을 하나의 부하 자원으로 활용해 다양한 에너지 수요관리 서비스를 제공한다.

BEMS는 다양한 형태로 구성될 수 있다. 기존엔 건물 내에 서버를 구축해야 하기에 유지보수 및 관리 어려움이 있었지만, 최근엔 BEMS가 수행하는 다양한 기능들을 분리해 구축하므로 이러한 문제를 해결했다. 건물 내엔 게이트웨이 기능 및 보안, 로컬 제어와 같은 사용자 고유 요청 기능을 수행하는 에지 에너지 시스템을 설치하고, 클라우드 상에 주요 BEMS 기능을 구축하면 유지보수 및 설치 비용 등을 절감할 수 있다.

이번 원고에선 에지 에너지 시스템을 연동하는 클라우드 기반 건물에너지관리 서비스 시리즈 표준을 기술한다. 그중에서 참조구조와 이를 기반으로 제공

하는 서비스 시나리오를 정의한, 제1부 표준을 중점적으로 다룬다.

2. 에지 컴퓨팅을 활용한 클라우드 기반 건물에너지관리 서비스 표준 개요

에지 컴퓨팅을 활용한 클라우드 기반 건물에너지관리 서비스 시리즈 표준은 2022~2024년 동안 TTA PG424(스마트에너지/환경 프로젝트그룹)에서 다음과 같이 제정됐다. 관련 3개 세부 표준은 다음과 같다.

(1) TTA.KO-10.1363-Part1 R1-에지 컴퓨팅을 활용한 클라우드 기반 건물에너지 관리 서비스

-제1부: 참조구조

- 건물 내에 서버를 두지 않고 클라우드 플랫폼에 BEMS를 구축하고, 보안이 필요한 데이터나 빠른 제어가 필요할 땐 건물 내 에지 에너지 시스템에서 이를 수행하는 클라우드 기반 건물에너지관리 서비스의 참조구조, 그리고 이를 구성하는 구성요소를 정의

(2) TTA.KO-10.1363-Part2-에지 컴퓨팅을 활용한 클라우드 기반 건물에너지 관리 서비스-제2부: 데이터 모델

- 에지 컴퓨팅을 활용한 클라우드 기반 건물에너지관리 시스템에서 건물 환경과 에너지 사용설비를 데이터로 표현하기 위해, 자원 기반 데이터 모델링 방식을 바탕으로 데이터 모델 구조를 정의. 또한 데이터 모델을 구성하는 디바이스 구성 정보와 자원 정보들을 정의

(3) TTA.KO-10.1363-Part3-에지 컴퓨팅을 활용한 클라우드 기반 건물에너지 관리 서비스-제3부: 운영 지침

- 에너지 효율화, 설비 안전성, 쾌적한 환경 제공을 위해 건물 에너지관리 시스템의 건물 설비 제어 및 운영 관리 지침을 정의

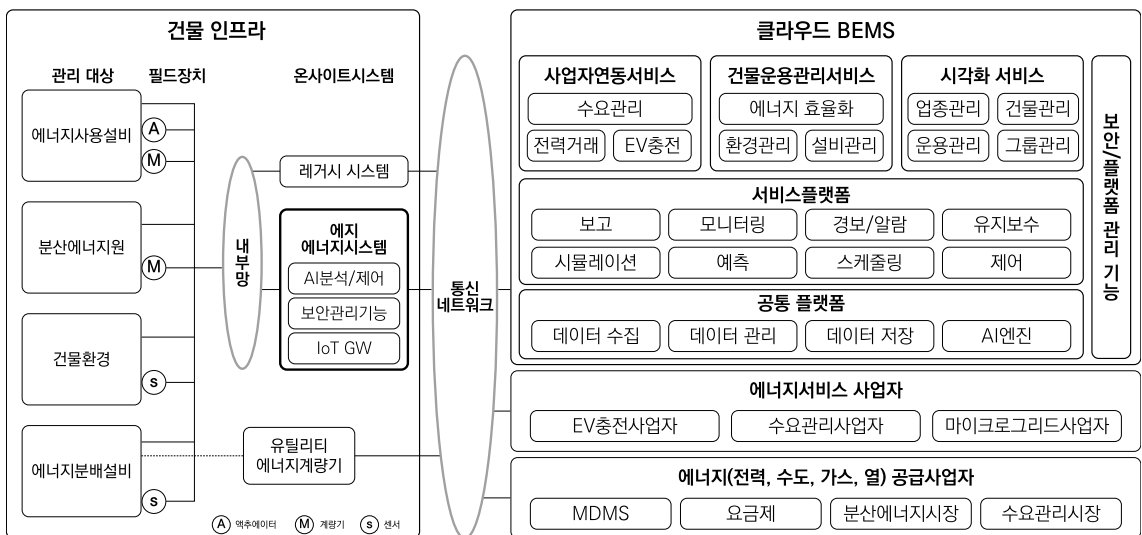
3. 에지 컴퓨팅을 활용한 클라우드 기반 건물에너지관리 서비스 참조구조

클라우드 기반 건물에너지관리 서비스는 건물 내에 서버를 두지 않은 채, 클라우드 상에 BEMS를 구축한다. 보안이 필요한 데이터는 에지 에너지 시스템 내부적으로 저장하고, 빠른 처리 또는 제어를 필요로 하는 경우 건물 내 에지 에너지 시스템에서 이를 수행한다. 건물 인프라, 클라우드 BEMS, 에너지 서비스 사업자, 에너지 공급 사업자로 구성돼 있는 클라우드 기반 건물에너지관리 서비스 참조구조를 [그림 1]에 나타낸다.

건물 인프라는 에너지 관리대상과 관리대상에 설치되는 필드장치, 건물 내 설치되는 온사이트 시스템이 내부망으로 연결돼 있다. 건물에서 관리해야 할 대상에는 에너지 사용설비, 분산 에너지원, 에너지 공급설비와 같이 물리적 형태를 지닌 장치·설비가 있으며, 건물 환경을 나타내는 공기 등 무형의 물질, 건

물 이용자가 느끼는 실내 환경 등도 관리대상이 될 수 있다. BEMS는 관리대상물과 데이터 교환이 필요하므로, 관리대상이 통신 기능을 가지고 있지 않을 경우 미터, 센서, 액추에이터와 같은 필드장치를 추가로 설치해 데이터를 수집하고 제어할 수 있다. 온사이트 시스템에는 건물 내 분산관리를 위한 에지 에너지 시스템과 빌딩자동화 시스템 등 기존에 설치돼 있는 레거시 시스템이 있다. 에지 에너지 시스템은 보안 또는 빠른 처리·제어를 위해 관리대상의 일부 데이터에 대한 수집, 변환, 처리, 저장, 전송, 분석·제어 기능을 수행한다.

클라우드 BEMS는 에지 에너지 시스템으로부터 건물 인프라의 데이터를 수집해 저장하고, 이러한 데이터를 기반으로 AI 엔진을 활용해 BEMS 서비스를 제공한다. 클라우드 BEMS를 구성하는 공통 플랫폼은 IoT 기반 관리시스템에서 공통적으로 사용되는 데이터수집 기능, 데이터 관리 기능, 데이터 저장 기능, AI 엔진으로 구성된다. 한편, 서비스 플랫폼



[그림 1] 에지 에너지 시스템 연동 클라우드 기반 건물에너지관리 서비스 참조구조

은 BEMS 제공 서비스를 위한 공통 기능인 시뮬레이션, 예측, 상태모니터링, 부하 스케줄링, 에너지 저장 시스템 충·방전 스케줄링, 경보·알람, 제어, 유지보수, 보고 기능을 수행한다. 또한, BEMS 서비스를 위해 건물 운용관리 서비스와 에너지 서비스 사업자 연동 서비스, BEMS 사용자에게 제공되는 시각화 서비스 기능도 제공한다.

에너지 서비스 사업자에는 수요관리 사업자, 마이크로그리드 사업자, EV 충전 사업자 등이 있으며, BEMS 서비스 사업자가 이러한 에너지 서비스 사업을 통합해 진행할 수도 있다. 수요관리 사업자는 전력시장 가격이 높을 때 또는 전력계통 위기 시 전기 사용자가 절감한 전기를 전력시장에 판매해 보상받는 수요자원 거래 참여 서비스를 제공한다.

마이크로그리드는 하나의 제어 엔터티에 전력을 생산하는 분산자원과 전력을 소비하는 부하가 연결된 그룹으로 정의할 수 있다. 마이크로그리드 사업자는 이를 효율적으로 운용하고 전력거래를 통해 수익을 창출한다.

EV 충전 사업자는 EV 충전기를 설치하고, 가입자에게 충전전력에 대한 과금을 진행하며, 전력공급 사업자에게 정산하는 역할을 수행한다.

에너지 공급 사업자는 건물에 전력, 수도, 가스, 열 등과 같은 에너지를 공급하며, 유틸리티라고도 한다. 에너지 공급 사업자는 통신 가능 계량기를 통해 에너지 사용량 데이터를 MDMS(Metering Data Management System)에 저장하고, 해당 건물에 설정된 요금제를 적용해 과금을 수행한다. 에너지 사용량을 실시간으로 수집 및 저장하는 장치, 시스템, 네트워크를 AMI(첨단계량인프라, Advanced Metering Infrastructure)라고 한다.

4. 에지 컴퓨팅을 활용한 클라우드 기반 건물에너지관리 서비스 시나리오

BEMS는 건물의 사용 에너지 효율화 서비스, 쾌적한 건물 환경 유지 서비스, 설비 안전관리 서비스를 제공해야 한다. 이를 위해 필요한 것은 에지 에너지 시스템 연동 클라우드에 기반한, 건물 에너지관리 서비스 참조구조 표준화다. 이러한 참조구조를 활용해 BEMS에서 제공하는 서비스 시나리오 예를 기술한다.

에너지 사업자 중 수요관리 사업자는 DR(Demand Response) 발령을 받으면 요청받은 전력량만큼 감축해야 하므로, 수요관리 서비스에 가입되어 있는 건물 부하의 전력사용 감축 제어가 필요하다. 자동 전력사용 감축 제어를 위한 수요관리 사업자의 DRMS(수요반응관리 시스템, DR Management System)과 BEMS 간의 서비스 시나리오를 [그림 2]에 나타낸다. 두 시스템 간 자동 수요반응 서비스를 위해선 BEMS에 DRCS(수요관리클라이언트 시스템, DR Client System) 기능이 탑재돼 있어야 한다.

[그림 2]의 자동 수요감축 제어를 위한 서비스 절차는 다음과 같다.

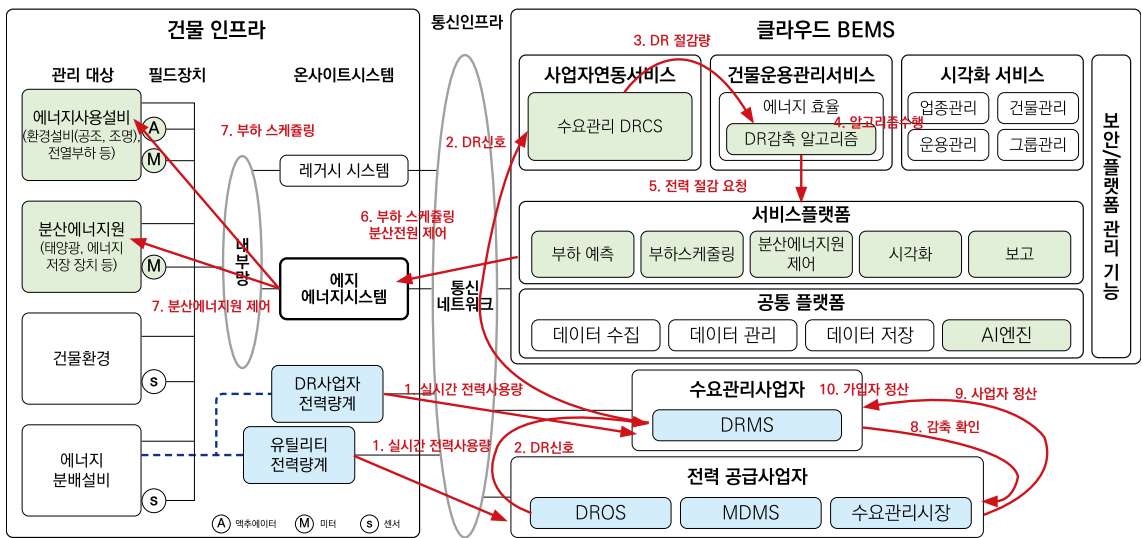
- (1) 전력공급 사업자와 수요관리 사업자는 DR 감축에 대한 정산을 위해 개별 설치한 전력량계로부터 실시간 전력사용량 데이터를 수집한다.
- (2) 전력공급 사업자의 DROS(수요반응 운영 시스템, Demand Response Operation System)에서 DR 신호를 수요관리 사업자의 DRMS를 통해 DRCS에게 보낸다.
- (3) DRCS는 에너지효율 서비스에게 DR 전력 절감량을 요청한다.
- (4) 에너지효율 기능에 탑재돼 있는 DR 감축 알고리즘이 수행된다.
- (5) 서비스 플랫폼에서 부하예측을 통해 DR 감축을 위한 부하 스케줄링을 수행하거나, 분산 에너지를 사용하기 위한 제어를 결정한다.
- (6) 에지 에너지 시스템으로 해당 명령을 보낸다.
- (7) 에지 에너지 시스템은 부하사용 스케줄링에 따라 부하를 제어하고, 분산 에너지를 활용해 부하제어에 따른 건물 이용자의 불편함을 최소화한다.
- (8) 추후 전력공급 사업자는 MDMS의 전력사용 데이터를 이용해 감축을 확인한다.

- (9) 수요관리 사업자와 전력공급 사업자 사이 수요절감에 대한 비용을 정산한다.
- (10) 수요관리 가입자에게도 정산을 수행한다.

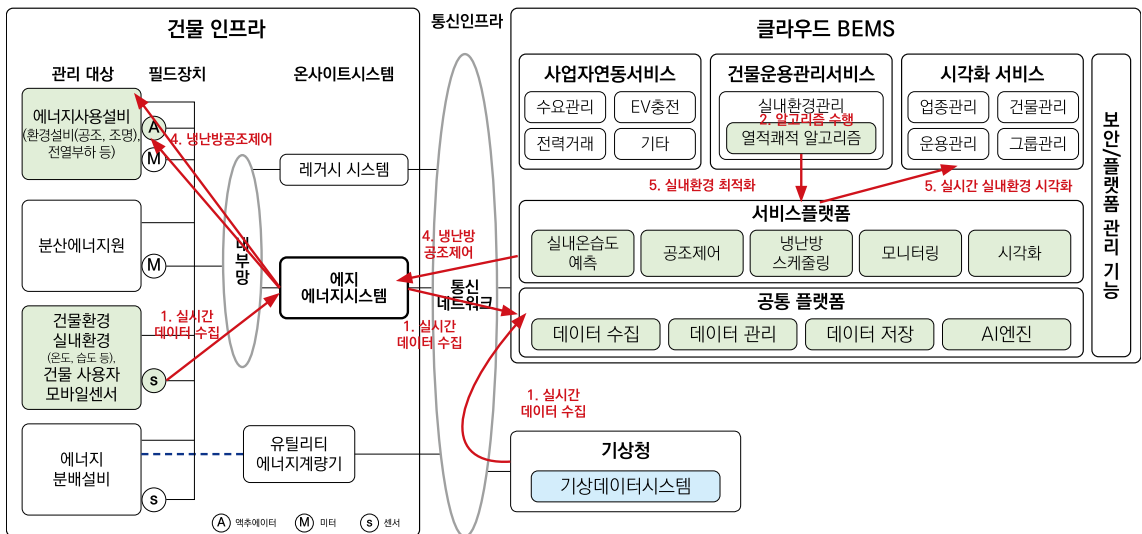
설비를 제어해야 한다. 이를 위한 열적 쾌적함 관리 서비스 시나리오를 [그림 3]에 나타내고, 서비스 절차는 다음과 같다.

BEMS는 에너지 효율화와 함께 건물 환경 쾌적함을 유지하기 위한 서비스도 제공해야 한다. 따라서, 건물 내 환경 데이터를 지속적으로 수집하고, 건물 이용자들이 불편함을 느끼지 않는 범위 내에서 공조

- (1) BEMS는 온도, 습도 센서 등 건물 내 설치된 환경 센서로부터 실시간 데이터를 수집한다. 기상 데이터, 건물 이용자의 모바일 장치 데이터 등 추가 데이터도 활용할 수 있다.
- (2) 수집된 실내 환경 데이터를 활용해 열적 쾌적함을 유지하기 위한 알고리즘을 수행한다.



[그림 2] 수요관리 사업자 연동 시나리오 절차



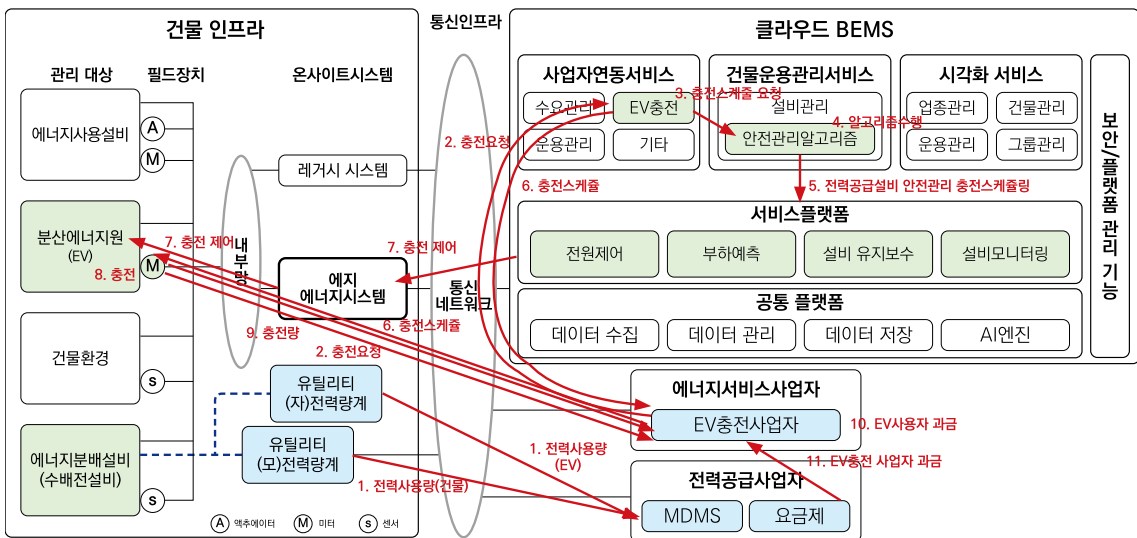
[그림 3] 열적 쾌적함 관리 서비스 시나리오 절차

- (3) 실내 환경 최적화를 위해 실내 온·습도 예측을 통한 냉·난방 스케줄 및 온도를 결정한다.
- (4) 냉·난방 스케줄 및 온도에 의해 공조설비를 제어한다.
- (5) 또한, 수집된 실내 환경 데이터를 활용해 사용자에게 시각화 서비스를 제공한다.

건물 내에는 다양한 에너지 사용 및 공급 설비들이 설치돼 있으며, EV(전기자동차, Electric Vehicle)와 같이 이동성을 가지는 전기장치도 존재한다. EV는 건물 내에서 충전 사업자가 설치한 충전기를 통해 충전 서비스를 제공 받는다. 이러한 충전기가 건물에 설치되는 경우 기존 전력 공급설비를 통해 서비스가 이뤄지므로, EV 충전 시 건물 내 설비 안전관리를 위한 서비스가 요구된다. 동시에 여러 대의 EV가 충전을 하거나, 혹은 건물에서 이미 큰 용량의 전력을 사용하고 있다면 내부 전력설비에 부담을 줘 전기안전에 위협이 될 수 있다. 그러므로, EV 충전 시 EV 충전

사업자 시스템과 BEMS 간 연동을 통해 건물 내 전기 설비의 안전을 고려해야 한다. 이와 같은 EV 충전 안전관리를 위한 EV 사업자 연동 시나리오를 [그림 4]에 나타내고 서비스 절차는 다음과 같다.

- (1) 전력공급 사업자는 건물 사용 부하를 위한 (모)전력량계와 EV 충전을 위한 (자)전력량계를 분리 설치해 각각의 전력사용 데이터를 수집한다.
- (2) EV가 건물에 설치돼 있는 충전기를 통해 충전을 요청하면, 충전 사업자가 BEMS로 충전을 요청한다.
- (3) BEMS 사업자 연동 서비스의 EV 충전 기능은 건물 운용관리 서비스의 설비관리 기능에게 충전 가능한 스케줄을 요청한다.
- (4) 설비 안전관리 알고리즘을 수행한다.
- (5) 부하사용을 예측하고 전력분배설비의 안전을 고려해 EV 충전 스케줄을 결정한다.
- (6) 충전 스케줄은 충전 사업자를 통해 EV 충전기에 전달된다.
- (7) BEMS는 EV 충전 스케줄에 의해 충전기 콘센트를 제어한다.
- (8) EV는 스케줄에 따라 충전을 수행한다.
- (9) 충전이 끝나면 충전량을 충전 사업자에게 알린다.
- (10) EV 충전 사업자는 사용자에게 과금한다.
- (11) 전력공급 사업자는 충전 요금제에 의해 충전 사업자에게 과금한다. 이때, 일반적으로 과금은 월단위로 이뤄진다.




[그림 4] EV 충전 사업자 연동 시나리오 절차

5. 맺음말

기존 BEMS는 건물 내에 단독으로 설치하므로 설치 비용 대비 편익 효과가 낮다. 또한, 다양한 용도, 규모, 특성을 가지고 있는 건물은 BEMS를 구축하는 사업자에 따라 구조나 적용 통신 프로토콜, 데이터 모델 등이 다르기에, 설치 후 유지보수 관리업체 교체가 어렵다는 문제가 있다. 특히, 건물에 설치되는 국·내외 설비 제조업체들은 관련 데이터를 오픈하지 않아 확산이 어려운 상황이다.

이러한 문제를 해결하기 위해 표준화의 필요성이

대두됐다. 클라우드 기반 BEMS 구축으로 설치 비용을 줄일 수 있게 됐고, 관련 표준이 개발됐다.

에지 에너지 시스템을 연동하는 클라우드 기반 건물에너지관리 서비스 표준은, 건물 소유자의 고유 요청 기능 및 게이트웨이 기능을 제공하는 에지 에너지 시스템을 건물 내부에 설치한다. 이는 BEMS를 클라우드 상에 구축해 설치 및 유지보수 비용을 절감하면서 사용자 요구사항까지 수용할 수 있는 참조구조를 정의할 수 있다. 서비스 관점에서 보면, 다양한 시나리오를 제안하고 그 절차를 정의함으로 표준의 활용도를 증가시켰다. 

※ 본 연구는 2024년도 정부 (산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행됨(2021202090053A, 건물 분산사업장 대상 클라우드 에너지관리시스템 핵심 기술 개발 및 실증연구)

참고문헌

- [1] SPS-SGSF-073-1-2-6329, "개방형 자동수요반응 시스템-제2부: 수용가 기기 및 시스템 통신 인터페이스 구조," 2015.11.26
- [2] KEA-2017-건물-01, "건물에너지관리시스템(BEMS) 설치 가이드라인," 한국에너지공단, 2017.03.
- [3] KS F 1800-1(2014), "건물에너지관리시스템 - 제1부: 기능과 데이터 처리절차," 2014.08.04.
- [4] KS F 1800-2(2021), "건물에너지관리시스템 - 제2부: 관제점 선정, 데이터 관리 및 에너지절감량 산출," 2021.01.18.
- [5] 안윤영 외, "탄소중립을 위한 ICT기반 건물에너지관리기술 표준화 동향," 한국통신학회 학회지 정보와 통신, 2022.07.