

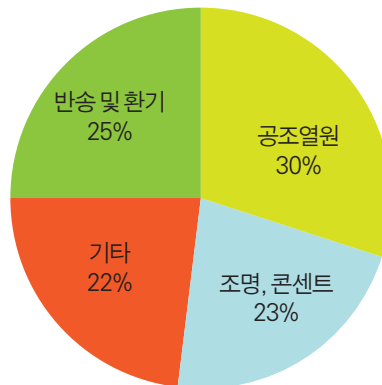
# 능동형 건물에너지 최적관리 시스템의 구현과 적용효과

건물에너지 관리 시스템(BEMS)에 능동적 건물에너지 저감기술을 적용함에 따른 기술구현 방법 및 효과 등을 소개하고자 한다.

## 서론

국내 건물의 에너지 소비량은 국가 에너지 총 소비량의 25% 내외를 차지하며, 특히 건물에서 공조 냉·난방 설비는 **그림 1**과 같이 50% 이상(공조열원, 반송, 환기)을 차지하는 건물 에너지 소비의 주요 원인이다.

에너지 문제가 환경 문제와 더불어 인류가 직면하고 있는 최대 과제가 됨에 따라 지구온난화를 초래하고 있는 에너지 문제에 대한 조속



[그림 1] 건물에서의 에너지 소비 패턴

송재엽

(주)나라컨트롤

과장

jysong@naracontrols.co.kr

김진

(주)나라컨트롤

상무

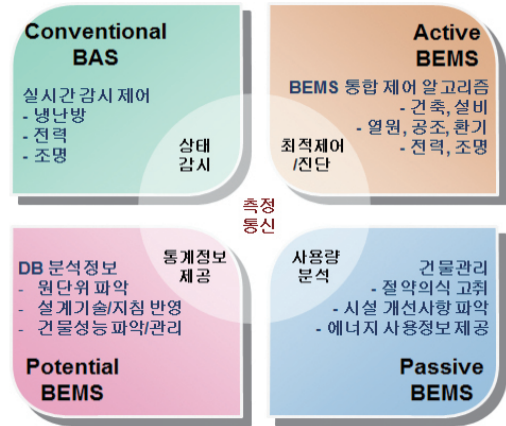
jkim@naracontrols.co.kr

한 대응이 요구되고 있다. 국내의 경우에는 에너지 해외 의존도가 약 97%에 달하고 있으며 건물부분의 에너지도 전체 에너지 사용량의 약 30%에 이르고 있다. 따라서 건물부분의 에너지 절약 기술은 지구환경 문제에 대처하기 위한 매우 중요한 사안이며 우리나라의 이러한 실정을 감안하여 볼 때, 건물에너지 절약에 대한 연구 개발 및 적용은 매우 중요한 사항이다.

따라서 건물의 에너지 소비를 최적화하기 위하여 다양한 기업과 연구 기관에서 건물에너지관리시스템 (BEMS : Building Energy Management System)의 개발을 진행하고 있고 실제 건물에 적용하고 있으나 당초 기대와는 달리 에너지 절감에 대한 효과가 아직 의문시 되고 있으며 객관적인 효과의 검증이 미흡한 실정이다. 이에 대한 대안으로서 산업통상자원부 R&D 전략기획단에서는 2011년 산업융합원천기술 개발사업 조기 성과 창출형 과제로서 K-MEG(Korea Micro Energy Grid) 개발 사업을 추진하고 있으며 이를 통하여 건물에서 20% 이상의 에너지 절감을 기대할 수 있는 솔루션을 개발하고 객관적으로 에너지 절감을 검증한 후 비즈니스 모델까지 확장하는 것을 목표로 하고 있다. 본 원고에서는 K-MEG을 구성하고 있는 여러 세부 시스템 중에서 건물에너지관리시스템 분야에 특화된 건물에너지소비원 최적관리 시스템(Active BEMS)의 현장구현과 이에 따른 적용효과에 대하여 기술하고자 한다.

## BEMS의 개요

그림 2는 건물에너지 관리방법에 따라 분류한 BEMS의 개념이다. 그림에서 살펴보면 'Active BEMS'는 측정된 데이터로 BEMS 제어 알고리즘에 따라 건축, 열원, 공조, 환기, 조명, 전력 등



[그림 2] BEMS의 분류(내용 출처 :한국건설기술연구원)

의 건물에너지 부문을 운영하여 능동적으로 에너지 절감을 유도하는 시스템이다. 'Passive BEMS'는 에너지의 사용량 정보와 분석을 통해 절약의식을 고취시키는 방안으로 에너지 절감을 제시하고 있다. 본 내용에서 구현한 BEMS의 형태는 건물에너지의 능동적인 에너지 절감유도가 가능한 'Active BEMS'의 기능구현에 초점을 맞추고 다 분류된 BEMS의 기능을 통합화한 시스템이다.

BEMS의 구현에 따른 건물에너지 절감방안은 그림 3에서 보여지는 것처럼 전력수요 및 건물부하 예측에 따른 예측제어 부문과 시스템 실시간 제어에 따른 실시간제어 부문, 에너지 수요 및 설비관리에 의한 에너지관리 부문, 건물 관리자의 시스템 운영에 의한 에너지 운영 부문으로 분류될 수 있다. 이러한 각 부문의 절감방안은 서로 밀접한 연관을 가지고 있어 적용 시에는 상호관계를 고려해야 한다.

이러한 다양한 제어와 관리 솔루션들의 개별적인 운영이 아닌 서로의 연계관계를 고려한 통합 운영체계를 구축할 때 최대 건물 에너지 절감 효과를 달성할 수 있다. 그러나 상관관계를 고려하여 건물에너지를 운영하는 것은 관리자의 판단에만 의존하기 어려우므로 이를 건물에너지



[그림 3] 건물에너지 절감방안의 상관관계

관리시스템에서 지능적으로 판단하여 제어하고 원활한 관리가 이루어질 수 있도록 데이터를 제시하는 것이 능동형 건물에너지 관리시스템, 즉 Active BEMS가 지향하는 목표이다.

‘Active BEMS’에서는 건물의 에너지 절감을 최적화하기 위한 방안으로 다음을 중점적으로 고려하여 개발을 진행하였다.

- 제어 및 관리 시스템 중심의 에너지 절감 : 빌딩 및 에너지 소비원의 주요 에너지 부하는 에너지 절약 전략에 따라 다양한 방법으로 에너지가 절감되지만 단순한 에너지 절약보다는 환경의 쾌적성을 유지하여 사용자의 체감 손실 없이 에너지 사용량을 낮출 수 있는 최적화된 제어 및 관리 시스템의 적용이 요구됨

- 능동적인 에너지 절감 기법의 도입 : 기존의 BAS, FMS, BEMS에서 진보된 개념의 부하 예측 알고리즘 및 최적화된 알고리즘을 적용하여 최적화/패키지된 토탈 솔루션을 통한 실질적인 상용화가 이루어져야 하며, 이를 통해 최상위 운용자용 플랫폼(MMI)을 제공하고 에너지 소비자에게는 사용 정보를 제공하여 에너지 절감에 동참하도록 함으로써 효과를 극대화할 수 있을 것으로 판단됨

- 에너지 센싱 분야 기술의 보완 : 에너지 소비 분야에서의 절감은 에너지 환경 센싱, 데이터 처리 및 분석, 부하에 대한 제어의 세 부분에서 주로 이루어지는 것으로 추정할 수 있으며 이러한 시스템의 효과적인 구성을 위해서는 스마트 센서와 네트워크 기능이 기본으로 제공된 기반 플랫폼을 형성하고 상위 레벨에서의 에너지 제어, 분석 및 절감 예측 기능이 수행되도록 하여야 함

- 에너지 생산원과 연계된 관리 기술의 적용 : 에너지 효율화 기술은 에너지 생산원 및 소비원에서 동시에 고려해야 하며, 이를 위하여 에너지 생산원과 연계된 에너지그리드 구축에 대한 개발을 동시에 고려하여 진행함

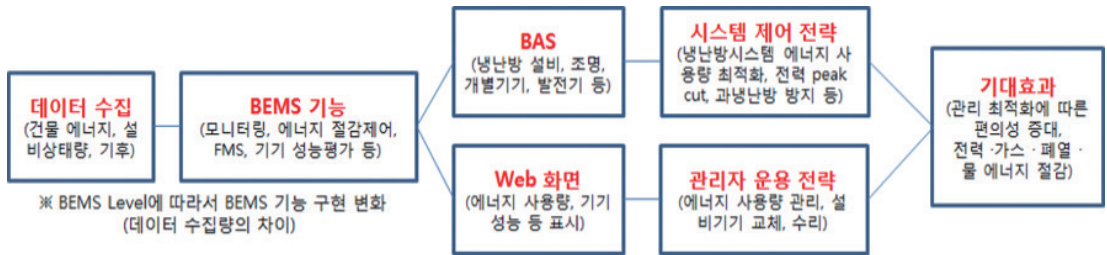
- 광역 그룹 관리를 위한 기능 적용 : 단위 건물에서의 에너지 소비와 신재생 등으로 생산되는 외부 에너지 생산의 연계는 마이크로 그리드 EMS (Micro Grid EMS)로 구성되고 물리적인 에너지 연결은 그리드로 구성되며 관리 기능은 통합 관제 센터(TOC) 등과 연계된 제어로 구성됨

## Active BEMS의 개발

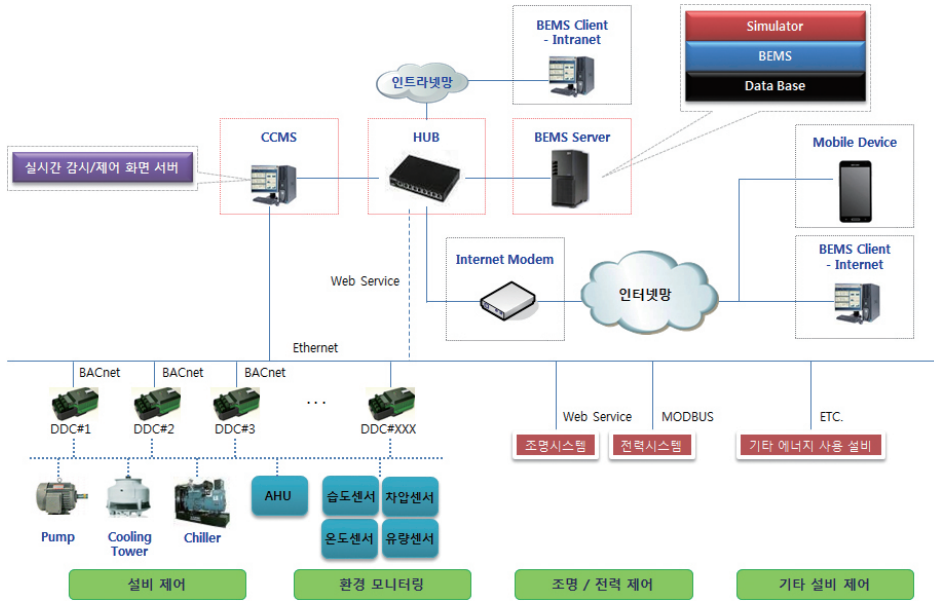
그림 4는 ‘Active BEMS’의 기능에 관련된 건물에너지 데이터 플로우 및 연계를 나타낸 그림이다.

‘Active BEMS’는 BEMS 자체에서 스스로 판단할 수 있는 기능이 탑재되어 있어야 하며 이 기능은 센서에 의한 데이터 수집을 시작으로 자동 제어 시스템 운영과 가이드라인이 포함된 분석화면 제공을 통해 표출된다.

그림에서 데이터 수집은 건물에너지 소모와 관련된 모든 데이터의 수집이며, 이는 건물에너지 사용량을 비롯해 다양한 상태량, 기상데이터, 예측 데이터들을 포함한다. 이러한 데이터는 BEMS에서 자체 분석하여 건물에너지 절감을 위



[그림 4] BEMS의 기능관련 건물에너지데이터 플로우 및 연계도



[그림 5] BEMS 구현을 위한 하드웨어 및 네트워크 시스템 구성도

해 제어가 가능한 부분은 건물자동제어 시스템 또는 직접 제어를 통해 운영되고 제어가 불가능한 부분은 분석자료를 통해 관리자에게 제공된다.

제어에 의한 건물에너지 절감은 여러 가지 시스템제어 전략에 의하여 이루어지며, 냉난방시스템 에너지 사용량 최적화, 전력 피크제어, 과냉난방 방지 등의 다양한 솔루션이 접목되어 있으며 이 전략적인 판단 및 제어는 BEMS를 통해 이루어진다.

또한 관리에 의한 건물에너지 절감은 설비관리(기기 교체 및 수리에 의한 효율 상승) 및 에너

지 유저피드백 등의 사용량 관리에 의하여 이루어지며, BEMS에서는 이에 대한 객관적인 분석데이터를 제공함은 물론 관리자 판단이 용이하도록 가이드라인을 제시한다.

그림 5는 BEMS의 구현을 위한 하드웨어 및 네트워크 시스템 구성도이다. BEMS는 기본적으로 건물에너지 사용량 및 운영에 대한 데이터 수집을 위하여 계측장치와의 통신이 필요하다. 이밖에 다양한 시스템과 연계하여 필요 관제점 데이터를 제공받기 위한 하드웨어와의 네트워크로 구성된다. 여기에서 능동적인 기능구현은 그림에서 보여지는 것과 같이 BEMS server에 건물 에너지

지 예측이 가능한 시뮬레이터 기능과 수집 데이터를 활용한 실시간 에너지 제어로직을 프로그래밍화 하여 탑재하였으며, BAS와 기타 시스템 제어 뿐만 아니라 성능평가 및 에너지 관리 툴을 활용해 건물에너지 소비원의 최적화된 에너지 운영이 가능하도록 시스템을 구성하였다.

이 밖에도 스마트센서, 스마트조명, 스마트분전반, 그룹 BEMS 연계 등을 수행하며 자체 기능으로 기존 BEMS 기능 이외에도 에너지 예측 및 평가, 공조, 열원, 전력, 조명의 통합 제어가 가능한 에너지 최적 제어 알고리즘, 사용자의 자발적인 에너지 절감의 동기를 부여하는 유저 피드백 (User Feedback) 기술을 구현하였다.

또한 기존 상용화 레벨의 BEMS에서 사용되는 에너지 사용 분석, 운전 데이터 분석, 에너지 사용 추이 분석, 에너지 수요 예측 등의 기본 기능을 기반으로 단순 에너지 모니터링 수준의 BEMS와 차별화된 에너지 시뮬레이션, 최적 제어 설정치 제공 등의 능동적 기능과 기존에 사용되던 BAS 인터페이스를 통하여 실시간 예측 및 제어가 가능한 기능을 구현하였다.

BEMS의 운용을 위하여 적용된 여러 가지 다양한 제어 알고리즘으로는 기존의 BAS 레벨에서 활용되어 오던 조명 조도 제어, 엔탈피컨트롤, 최적기동/정지 등의 전형적인 에너지 관리 알고리즘 외에도 각 열원 시스템의 통합제어 및 관리를 위한 최적제어 알고리즘이 있다. 최적제어 알고리즘은 건물에서 열원 및 공조설비가 사용하는 총 에너지 사용량의 최소화를 위하여 보일러, 냉동기, 냉각탑 등의 열원장치와 공조기, 팬 코일 등의 공기조화 장치, 펌프 등의 반송 장치의 에너지 사용량을 실시간으로 통합 감시하면서 설정된 온열 환경을 유지한 상태에서 냉난방시스템의 에너지 소모량이 최소가 되는 최적의 설정 값을 찾기 위한 알고리즘으로 활용된다.

## Active BEMS의 구현 및 적용효과

실증사이트 내 능동형 건물에너지 관리시스템 구현에 따른 목표는 국내 경기도의 G 건물을 대상으로 건물에너지관리시스템 및 에너지소비원 최적화 요소 기술을 구축해 건물에너지의 절감 효과를 실증하는 데 있다. 사용자 편의성과 관리효율을 극대화한 친환경 저에너지 건물환경을 구축할 계획으로 진행하였으며 구축 사항은 다음과 같다.

- 준공일 : 2001년 9월
- 연면적 : 48,653 m<sup>2</sup>
- 규모 : 지하 3층, 지상 16층
- 수전용량 : 5,500 kW
- 열원 설비 : 흡수식 냉온수기(2대), 터보냉동기(1대), 보일러(2대), 관류형 보일러(1대)

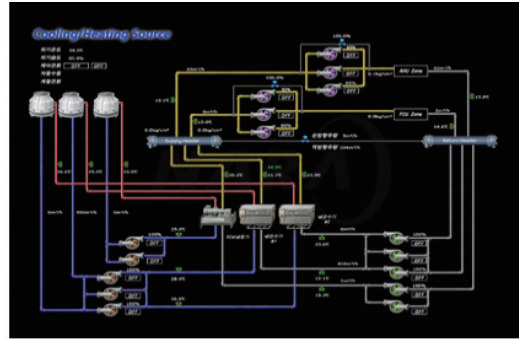
개발된 시스템의 성능 검증을 위하여 건물 내 에너지 설비의 세부 단위별로 에너지 사용의 최적화를 수행하는 BEMS를 아래와 같이 구축하고 이를 BEMS, 에너지예측 및 분석, 스마트센서, 스마트조명, 스마트분전반 등의 서브 시스템으로 구성한 후 열생산 플랜트를 연계한 Micro Energy Grid의 실증 사이트를 구축하였다.

### ● Active BEMS 구축

- BAS (Building Automation System) 개선
- 노후 자동제어 설비의 개선 : VAV, 인버터 등
- BEMS 신규 시스템 설치
- 에너지 진단
- 에너지 시뮬레이션
- 에너지 베이스 라인 산정
- 최대수요전력 제어기 도입을 통한 피크전력 관리



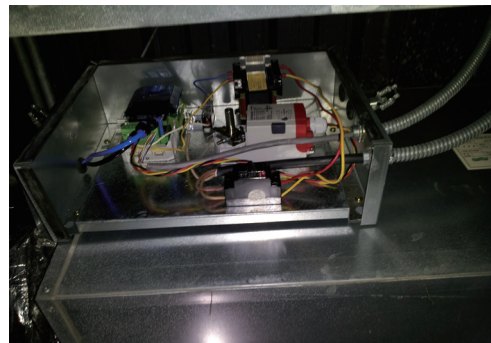
[그림 6] 실증사이트 내 구현된 BEMS 화면



[그림 7] DDC 및 인버터 패널 설치



[그림 8] FMS 설치



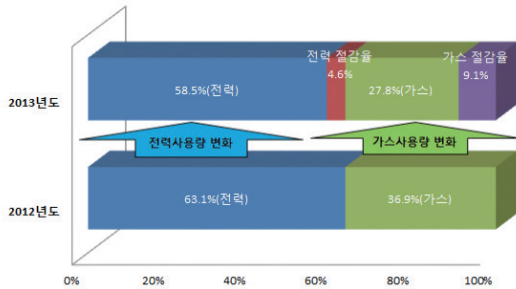
[그림 9] VAV 개선

- 유저피드백, 사용자 포털
- 건물에너지 예측 및 평가툴
- 에너지 절감형 요소 기술 설치
  - 스마트센서 : 무선 기반의 센서 네트워크 설치
  - 스마트분전반 : 부하별 전력량계 도입을 통

- 한 전력 계측의 효율화
- 스마트 LED : 공용부 및 주차장 LED 조명
- 제어 시스템 구축
  - 실증 사이트는 BEMS, BAS 구현을 위한 DDC, 인버터 패널 설치, 공조실, 기계실, 전기실 배선배관, 유량계, 온습도 센서류, 스마트분전반, 스마트

〈표 1〉 실증사이트 전체에너지요금 기준 절감률 산출자료

기간구분	월	평균외기온도(2012년, ℃)	평균외기온도(2013년, ℃)	월별 절감율(%)	기간별 절감율(%)
하절기	6월	23.6	23.5	16.7	18.1
	7월	25.5	25.5	14.3	
	8월	27.3	27.4	24.2	
	9월	20.8	21.7	14.7	
중간기	10월	14.8	15.7	1.0	1.0
동절기	11월	5.7	6.2	-6.0	10.8
	12월	-3.9	0	14.2	
	1월	-3.4	-0.6	18.0	
	합계				13.7



〈그림 10〉 건물에너지요금 기준 에너지원별 절감률

센서, FMS(Flow Measuring Station) 등을 설치하였으며 실제로 설치된 일부 요소의 사진을 **그림 6 ~ 9**에 나타내었다.

실증 사이트에 BEMS를 구축한 후 데이터수집을 시작으로 하여 현재 10개월째의 실증이 진행되고 있다. 이 중에서 분석이 완료된 8개월의 데이터를 기반으로 절감량을 산출한 결과, 전체 에너지 요금 대비 BEMS 구축에 따른 절감률이 13.7%(표 1, 그림 10, 전력 및 가스 요금인상 고려)로 나타났다. 요소기술간 적용기간의 차이가 있어 절감률의 기대치는 달라질 수 있으나 모든 요소기술이 적용되었을 경우 20% 전후의 에너지 절감성능을 달성할 것으로 예상되고 있다.

## 결론 및 향후 방향

본 능동형 건물에너지 관리시스템의 객관적인 검증은 통한 에너지 절감 가능성을 입증함으로써 대부분 수입에 의존하고 있는 국내 건물에너지 관리 분야의 기술 개발에 기여를 할 수 있고 향후 국산 기술의 해외 진출에도 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

이밖에 현재 국내실정에 있어서 건물에너지의 개별 솔루션에 관한 정량화는 어느 정도 수준까지 이룩되었다고 판단되나 본 내용에서 언급한 통합솔루션에 대한 건물의 에너지 절감 효과는 큰 반면 정량화는 아직까지 미흡한 수준이므로 이 부분을 향후 지속적으로 보완하는 것이 건물에너지 절감을 극대화 시킬 수 있는 방향을 제시하는 것이라 할 수 있겠다.

## 참고문헌

1. K-MEG 사업단, 2012, K-MEG 에너지소비관리 시스템 개발 1차년도 연차보고서, 지식경제부.
2. K-MEG 사업단, 2013, K-MEG 에너지소비관리 시스템 개발 2차년도 연차보고서, 지식경제부. 