

9. 건축물에서의 BEMS 기술

The Technologies of Building Energy Management System

임상채 / (주)지능형빌딩시스템기술연구소 대표이사
by Lim, Sang-chaе

BEMS의 개요

배경 및 필요성

우리나라의 전체 에너지 소비량 중 건축부문의 에너지 소비 비중은 24.2%이다.¹⁾ 최근 건축물의 경우 복합화와 초고층화, 건강하고 쾌적한 거주환경의 요구 등으로 건물 냉난방 및 환기 설비 등의 에너지 사용량이 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 사무소 건축물에서 소비되는 용도별 에너지 구성비의 경우 공조용 에너지가 약 50%, 조명 및 콘센트용 에너지가 약 33%이다. 결국 건축물에서의 에너지 소비는 건축 설비용 에너지가 전체의 약 83%를 차지하고 있다.²⁾ 이는 곧 건축물 운영단계에서 공조와 전력(조명) 설비에 대한 효율적이고 지능화된 유지관리가 건축물 에너지 관리에 있어서 중요한 요소임을 나타내고 있다.

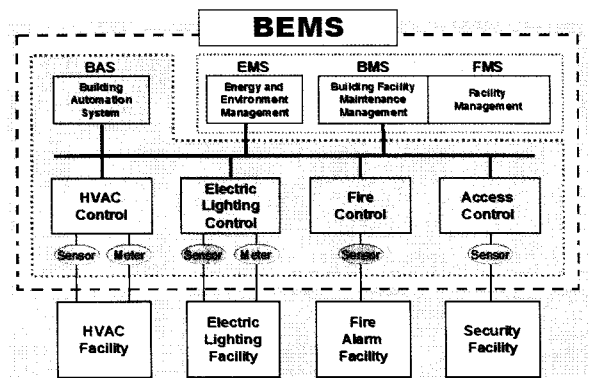
국토해양부에서 시행하고 있는 지능형건축물인증제도는 이러한 요소를 6개 분야(건축계획 및 환경 분야, 기계설비분야, 전기분야, 정보통신분야, 시스템통합분야, 시설경영관리분야) 126개 항목으로 구성하여 평가하고 있다. 건축물에너지절약설계를 유도하고 권장하기 위해 등급에 따라서 건축기준 완화 인센티브를 1~3%까지 적용하고 있다. 건축물의 지능화를 통한 건물 에너지 절약과 쾌적환경 제공은 이제 선택이 아닌 용도와 규모에 적합한 수준의 정도를 결정하는 단계에 이르고 있다. 따라서 열원 및 공조 설비와 조명 및 전열설비, 기타 위생설비에 대한 에너지 절약제어 및 운영 정보의 체계적 분석 등을 통하여 에너지 성능을 극대화하고, 설비의 수명을 연장하는 등의 효과를 기대할 수 있는 건물에너지관리시스템(BEMS; Building Energy Management System)의 구축이 필요하다.

BEMS의 정의

BEMS는 건축물의 열원 및 공조, 전력 및 조명 기타 위생설비 등의 에너지 사용량과 실내 온습도 및 조도와 외기 등의 상태에 대한 에너지·환경 정보를 기반으로 건축물 단위의 종합적인 에너지를 관리할 수 있는 시스템이다. BEMS를 통한 에너지 절약은 첫 번째 열원 및 공조 시스템과 전력 및 조명 시스템이 연계된 에너지절약 제어 알고리즘에 의한 최적운전을 함으로써 에너지를 절약할 수 있다. 두 번째는 실내의 환경상태를 실시간으로 모니터링하면서 소비하지 않아도 되는 상황을 인지하여 불필요한 에너지 소비를 최소화하는 것이다. 세 번째는 각 설비의 에너지 운전시간

과 부하상태에 따른 에너지 소비 모니터링을 통하여 해당 설비의 효율과 성능 저하를 미리 예측 진단하여 대응함으로써 적절한 효율과 성능 유지를 지속가능하게 함으로써 에너지를 절약할 수 있다. 네 번째는 건축물 전반에 대한 에너지 원단위의 세분화된 분석 자료를 토대로 해당 건축물에 대한 전략적 에너지 수급정책을 통하여 에너지 절약을 할 수 있다. BEMS 구축 및 운영의 가장 큰 장점은 거주자의 거주 쾌적도를 적정하게 유지하면서 에너지절약이 가능하다는 것이다.

기존의 EMS(Energy Management System)나 FMS(Facility Management System)와 BEMS를 비교해 보면 BAS와 연계해야만 하는 공통분모를 가지고 있기는 하지만, 기능과 접근 방법이 다르고 시스템 운영 측면에서 관리 단계별 적용 순서 또한 차이가 있다. BEMS와 EMS, 그리고 FMS의 차이점과 에너지 관리 단계별 적용 순서는 아래 <표 1>과 같이 요약할 수 있다.³⁾



<그림 1> BEMS의 정의 (자료 : BEMS를 이용한 에너지절약 대책, IBS Journal Vol.6, No.2, 2008.)

<표 1> 시스템별 기능과 관리 단계별 정의

구분	에너지 관리 단계		
	FMS	EMS	BEMS
에너지 관리 단계별 적용데이터 및 집계방식/분석방법	-에너지 사용량 수기 및 반자동 입력 -계획 대비 실적 분석	-계량기의 원격감지를 통한 DB 자동 입력 -에너지 사용 추이 분석 및 집계	-계량기 원격감침 및 BAS 운전 데이터 자동집계 -에너지 관리 기법을 이용한 에너지 관리
기능	-시설 자산 관리의 일관성 유지 및 해당 설비에 대한 정보 일원화 -통합된 시설관리체계 구축을 통한 시설물 관리체계의 자동화, 자원의 효율적 운용	-자동제어 시스템의 운영 경험과 수치를 근거로 BAS시스템내에 라이브러리화 -이를 바탕으로 운영 관리하는 기능 (최적기동 정지, 듀티사이클, 나이트퍼지 등)	-BAS시스템의 계측계량 데이터 및 감침 시스템 데이터를 장기간 수집 보존 -운전 관리자나 설비계자에게 해당 데이터를 정리, 가공하여 제공 -이를 이용한 평가, 해석에 따라 BA에 적용하여 최적의 운영환경을 제공

(자료 : 에너지 흐름을 파악하는 에너지관리 시스템(BEMS), IBS Journal Vol.6, No.1, 2008.)

1) 국토해양부, '에너지정책 추진방향 보고서', 2006.

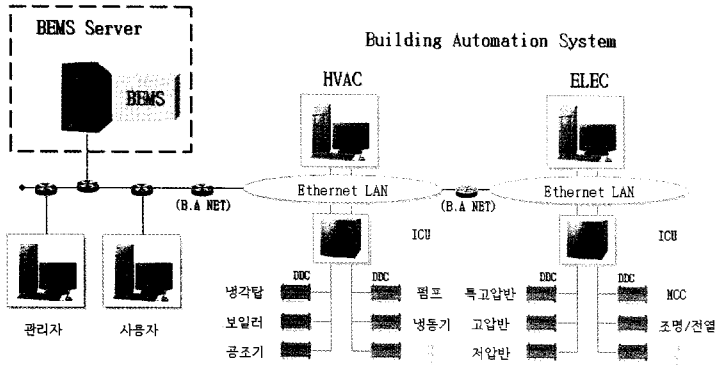
2) 국토해양부, '환경친화형 스마트빌딩시스템 기술개발연구' 최종보고서, 2006.

3) 김학봉외, 에너지 흐름을 파악하는 에너지관리 시스템(BEMS), IBS Journal Vol.6, No.1, 2008.03.

BEMS의 구성요소

구성요소

BEMS의 하드웨어 구성은 기존 BAS에 전기, 용수, 가스 및 기타 에너지 사용량 데이터 및 장비별 운전 데이터를 집계할 수 있도록 추가적인 유량계, 열량계, 센서를 설치하고 BEMS 프로그램을 탑재한 Server를 네트워크상에서 연결하는 형태로 구성되며 아래 <그림 2>는 BEMS 구성의 한 예이다.



<그림 2> BEMS 구성 사례
(자료 : 에너지 흐름을 파악하는 에너지관리 시스템(BEMS), IBS Journal Vol6, No1, 2008.)

BEMS는 일, 주, 월, 년 단위로 에너지 사용량 데이터를 가공할 수 있고 각종 그래프로 도식화 표현을 하여 사용량 그래프, 비용분포도, 에너지 사용 추이 그래프, 전년/전월대비 비교 그래프, 사용계획 및 실적 관리표 등을 나타낼 수 있도록 기능이 구성된다.

건물의 용도와 목적에 맞는 시스템 구축을 위해서는 건물의 특성에 맞는 BEMS 기능에 대한 명확한 정의가 필요하고 초기 단계에서부터 기능설계가 이루어져야 한다.

BEMS의 기능으로는 크게 건물의 에너지 관련 데이터 처리 및 관리를 위한 기본기능과 에너지 사용 현황 및 추이 분석 등을 위한 확장기능으로 구분할 수 있으며 다음과 같이 요약할 수 있다.⁴⁾

BEMS의 기본기능

- 에너지 소비량 파악 : 건물 전체 기준 에너지 종별, 설비별/종별, 업무 용도별 등
- 각종 보고서 작성 : 일보, 월보, 연보, 정기 보고서 등
- 장기 데이터 보존 : 가동 시간, 트렌드 값, 원격 검침 값 등

BEMS의 확장기능

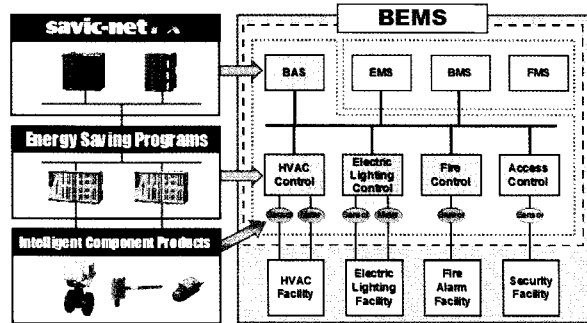
- 열원 및 환경 분석 : 에너지절약/제어 성능평가, 에너지절약 시뮬레이션, 온/습도/CO₂와 같은 실내 쾌적성 평가
- 공조시스템 성능 분석 : 실시간 및 일정기간 수집된 데이터를 통해 추이 분석
- 수집 데이터 분석 : 이상 데이터 검출, 데이터 통신 상태감시, 사용량 집계 및 분석 등

적용 현황

현재 국내외에서 건물 설비 기기들의 에너지 수요를 예측하고 부하에 대응하여 열원 연계 운영 방안을 제시해 주는 시스템은 초보적인 수준이라 할 수 있다. 공조 에너지의 경우 에너지 해석 프로그램을 이용하여 수요를 예측할 수 있으나, 단지 시뮬레이션 자료일 뿐이며, 그 결과를 실시간으로 건물에너지 제어 시스템과 연계하여 대응하지는 못하고 있다. 또한 조명, 전력 에너지의 경우도 에너지 절약제어에 대한 알고리즘은 존재하나 이를 건물 에너지의 측면에서 예측, 분석하여 그 결과를 건물에너지 관리·제어와 연계하여 적용하는 시스템은 이제 연구단계 수준이다.

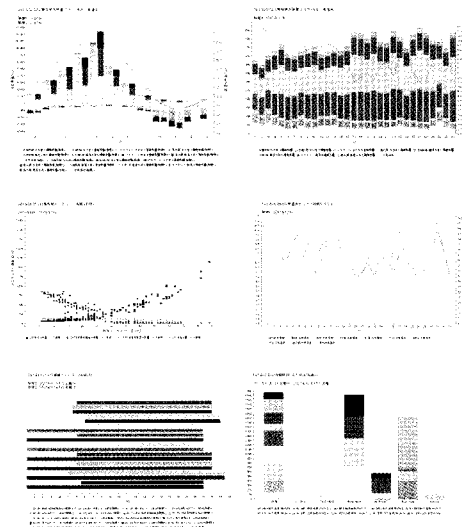
국외 기술 적용 현황

일본의 경우 BEMS는 센서·액츄에이터에서 에너지 절약 프로그램, 에너지 관리 소프트웨어까지 전체적으로 제공할 수 있는 제품군을 이루어 건물에 공급되고 있으며 구성은 아래 그림과 같다.



<그림 3> 아바타케의 BEMS : savic-net FX (자료 : BEMS를 이용한 에너지절약 대책, IBS Journal Vol6, No2, 2008.)

에너지 관리 소프트웨어는 건물의 여러 가지 데이터를 일괄적으로 수집·축적한다. 데이터 가공 기능, 다양한 그래프 표시 기능을 통해 잠재되어 있는 각종 fault를 가시화해, 적절한 안전 관리를 실현할 수 있도록 지원하고 있다.

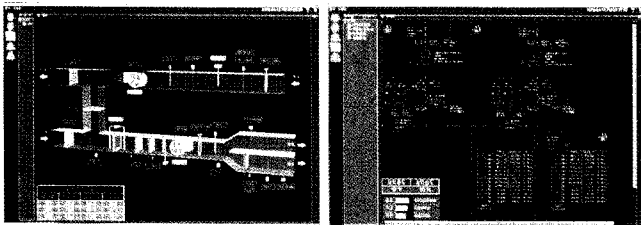


<그림 4> 에너지 관리 소프트웨어 사례 (자료 : BEMS를 이용한 에너지절약 대책, IBS Journal Vol6, No2, 2008.)⁴⁾

4) 마노 타카하시, BEMS를 이용한 에너지절약 대책, IBS Journal Vol6, No2, 2008.06.

국내 기술 적용 현황

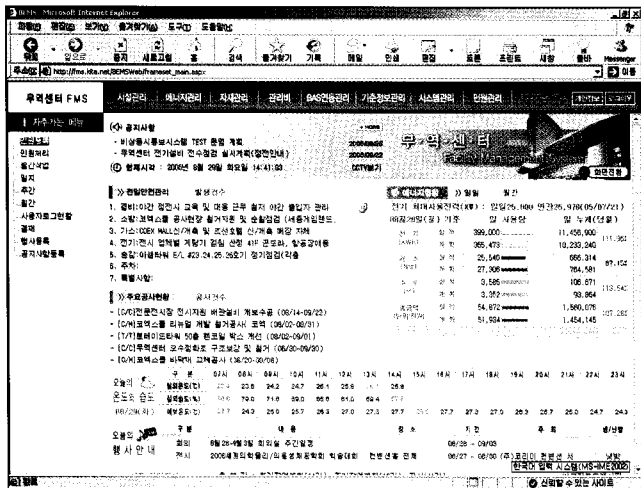
국내의 건물 에너지 관리 기술은 현재 한화S&C, 삼성SDS, 나라컨트롤, LS산전 등과 같은 IBS(Intelligent Building System) 업체를 중심으로 대상설비를 감시 제어하는 모니터링 수준의 솔루션을 공급하고 있다. 전체적으로 건물의 에너지 관리 및 운영을 위한 전문적인 BEMS 기능 구현은 미흡한 실정이다.



(그림 5) 일반적인 공조 설비 및 전력 감시 시스템 사례

뿐만 아니라 건물 에너지 관련 설비 제어 및 관리 시스템기술도 극히 일부 기업을 제외하고 대부분의 기업은 외국의 제품을 수입·적용하고 있는 실정이다.

COEX와 ASEM은 전시장, 컨벤션센터 그리고 ASEM타워, COEX Mall 등이 복합되어 있는 국내 최대 규모의 종합 단지로 방대한 설비를 효율적으로 운전하고 에너지 절약제어를 하기 위하여 빌딩자동화시스템과 연계하여 'BeMS' 시스템을 구축했다. 도입된 시스템은 BAS의 운전데이터를 DB화하여 부하예측, 에너지 종류별 단가, 시간별 작동 설비의 원가 산출 등의 기능이 적용되어 있다.



(그림 6) COEX/ASEM의 자동제어 및 FMS 네트워크 구성도

운영 관리

BEMS를 통한 건물 에너지 관리가 효율적으로 이루어지기 위해서는 건물의 공조·위생설비, 전기·조명 설비, 방범·방재 설비 등의 건축 설비를 대상으로, 각종 센서와 계량기를 통해 실내 환경이나 설비 상황을 모니터링하여 운전관리 및 자동제어를 실시할 수 있어야 한다.

지구환경을 고려한 저탄소 녹색성장 정책 등으로 건물에너지 절약을 위해 건물 운영단계에서 에너지절약의 중요성이 강조되면서 BEMS의 기능이 주목받고 있다.

건축물의 에너지를 효율적이며, 과학적인 관리를 위해서는 첫째는 건축물 실내·외 환경 정보를 실시간으로 모니터링할 수 있는 시스템이 구축되어야 한다.

둘째는 각 설비의 운영방식 및 운전정보 체계를 구축해야 한다.

셋째는 열원 및 공조 시스템과 전력 및 조명 시스템의 상호 연계된 분산 제어 네트워크가 구축되어야 한다.

넷째는 구내 전력계통에서 조명 및 전열과 동력분전반의 스마트화가 이루어져야 한다.

실내·외 에너지 환경 모니터링 인자이면서 쾌적 변수이기도 한 실내의 온도, 습도, 조도, CO₂, CO, VOC, 포름알데히드 등에 대한 정보와 실외 온도, 습도, 일사량, 풍속, 미세먼지 등의 정보가 필요하다. 특히, 실내 정보의 경우 워크스테이션 및 레이아웃 변화에 대응하여 정보 수집이 가능한 복합형 무선감시장치가 필요하다.

설비 운영정보의 경우는 열원 및 공조 설비 각 시스템 방식과 그 방식에 따라 설정된 구역의 입출력 환경 조건에 대한 정보를 실시간으로 모니터링할 수 있어야 한다. 뿐만 아니라 각 설비의 운전 조건에 따라 소비되는 동력에너지가 부하별로 모니터링되어야 한다. 이를 위해서는 조명 및 전열용 분전반과 열원 및 공조용 동력반의 회로별 전력품질을 모니터링할 수 있는 스마트분전반 및 동력반이 구축되어야 한다.

제어 시스템의 경우는 열원 및 공조 시스템의 제어 계통과 열원 및 공조용 동력 제어 계통 간 직접 연계 제어 될 수 있는 시스템 구축이 필요하다.

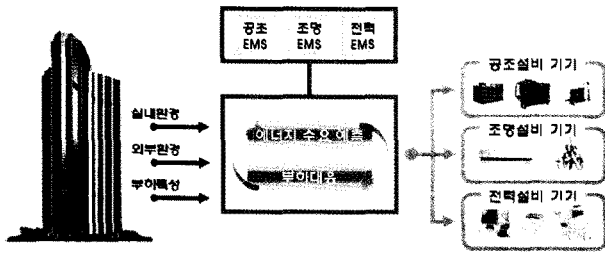
즉, 설비제어가 제어기 레벨에서 수평적으로 원활하게 이루어질 수 있는 분산제어가 개발되어 구축되어야 한다.

이러한 방식으로 시스템이 구축된다면 건축물 내 모든 설비의 에너지 사용실태를 24시간 개개 부하별로 파악할 수 있으므로, 열원 및 공조와 조명 시스템 및 각 층별 또는 존별 에너지 상황을 세분하여 모니터링이 가능하다. 뿐만 아니라 각 설비의 운전 조건에 따른 성능과 효율도 추적하여 관리를 할 수 있게 된다.

결론적으로 건축물 내·외의 조건에 따른 에너지 원단위뿐 아니라, 매 조건마다 에너지 절약 최적 운전 조건으로 운전할 수 있다. 종국에는 예측과 예방이 가능한 건축물 생애비용운전이 가능하게 된다.

건축물 에너지는 제어 불가능한 요소가 아니며 건축환경 및 설비와 전기 및 정보통신기술이 융복합 될 경우 10%이상의 에너지절약을 최적 제어를 통해서 기대할 수 있다.

따라서 건축물에 BEMS를 구축하기 위하여 필요한 기술은 USN, 유무선 게이트웨이, 분산제어시스템, 스마트 분전반, DB 및 GUI기술 등이라 할 수 있다.



(그림 7) BEMS를 통한 에너지 수요 예측 및 부하 대응

BEMS 활용 및 효과

설계 및 시공

BEMS는 건물의 에너지 관리를 위하여 다양한 정보를 필요로 한다. 이들 정보들의 많은 부분은 다양한 계측 장비를 이용하여 입력을 받고 있다. 때문에 BEMS는 용도별, 시간대별, 공간별 등의 에너지를 분석할 수 있도록 센서의 적정 위치 선정이 매우 중요하다. 즉 전체 건축물의 에너지 소비 평가를 할 대상 설비를 선정하고 에너지 절약을 위한 필요 데이터를 확보할 수 있는 계측 포인트를 선정하고 이를 설계에 반영하여 시공하여야 한다.

일반적인 빌딩자동제어는 설비 제어와 감시를 위한 최적화된 시스템으로 실제 BEMS에서 필요로 하는 정보 제공 및 획득에 우선하지 않았기 때문에 설계시 BEMS를 활용하기 위한 에너지 관리 측면에서의 계측 포인트에 대한 추가적인 검토 및 설계 반영은 매우 중요한 요소이다. 즉 건축물의 설계 및 시공단계에서는 건축설비에 있어서의 에너지 절약 기법의 채용 여부에 대한 검토와 에너지 소비량 분석을 위한 계측/계량 계획이 필요하며 이에 근거한 BEMS의 범위와 내용 정의가 이루어져야 한다.

또한 건축물의 내부 공간은 최초 설계 목적과는 다르게 입주자의 입주 목적에 따라 다양하게 내부 구성이 변화할 수 있다. 그러므로 설계단계에서는 입주 후에 공간의 용도와 구성의 변화로 인하여 계측 포인트가 변화할 수 있음을 인식하고 이에 대응할 수 있는 시스템으로 설계에 반영하는 것이 필요하다. 최근에는 IT 기술의 발전으로 USN(Ubiquitous Sensor Network) 등의 무선 기술이 개발되어 있어 계측 포인트의 상태 감지 기술로 이를 적극 활용하는 것도 하나의 방법이 될 수 있다.

BEMS의 운영

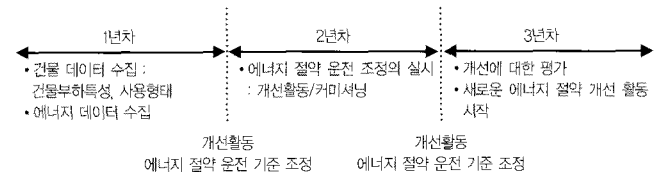
BEMS가 구축되어 있는 모든 건축물이 에너지를 효율적으로 사용할 수 있는 에너지 절약형 건물이라고는 할 수 없다.

아무리 BEMS가 최적으로 설계 및 구축이 되었다고 해도 실제로는 운영하는 방법에 따라 그 기능과 효과가 아주 다르게 나타날 수 있기 때문이

다. 즉, 건축물의 에너지 절약을 위해서는 BEMS의 도입 및 활용이 필수적이며, 운영단계에 있어서의 에너지 절약은 BEMS를 활용하여 '에너지 소비의 낭비 요소 발견', '지속적인 운영기준의 재검토', '입주자에게의 계몽 활동' 등을 통하여 에너지를 지속적으로 관리하고 절약하는 것이 중요하다. 이를 위하여 건물의 운영자는 다음과 같은 단계를 거쳐 에너지 절약을 지속적으로 실시해야 한다.

우선 BEMS의 데이터를 활용하여 건물의 에너지 사용 현황을 파악한다. 다음으로 운영조건에 따라 에너지 절약에 대한 운전 기준을 정의하여 운전한다. 세 번째로는 이러한 운전방법이 적정한지를 평가하고, 마지막으로 이 결과를 다시 에너지 절약에 대한 운전 기준에 반영하도록 한다.

이를 수행하기 위해서는 주기별로 용도별, 공간별, 시간대별 소비에너지를 평가하고, 부분 부하에 따른 기기별 성능 평가를 수행하고, 입주자의 운영에 대한 의견을 청취해야 한다.



(그림 8) 에너지 절약을 위한 개선 활동 (예)

그 결과를 토대로 설정값 및 제어 변수들의 적정성에 대한 시설운영평가와 함께 분석을 수행하여 다시 피드백하는 순환구조를 시스템화 해야 한다. 이런 활동들은 커미셔닝 등을 통한 성능 개선 활동들과 병행하여 수행하면 효과를 향상시킬 수 있으며 보통 2~3년 동안 반복적인 수행으로 건물의 에너지를 지속적으로 절약할 수 있다.

결론

자원이 빈약한 우리나라로서는 에너지 절약은 에너지 생산만큼 중요한 요소이다. 에너지 관리 및 절감을 위해서는 건축물에서 사용되는 에너지의 공급 및 소비에 대한 상황과 흐름, 운영 효율 등을 파악하고 있어야 하며 이를 위하여 건축물 에너지 관리 솔루션인 BEMS의 적용 및 활용이 기대되고 있다.

국내기술로서 BEMS는 아직 부족한 부분이 많지만 많은 업체들이 관심을 가지고 있어 국내 기술의 개발 및 보급이 곧 활성화 될 것으로 기대한다. BEMS는 설계, 시공, 운영단계에서 면밀한 검토와 함께 대상 건물의 용도와 규모에 적합한 기능과 성능을 갖도록 하는 것이 중요하다. 또한 운영자에게 쉽고 편리한 접근방식의 사용자 인터페이스가 반영되어야 한다.

앞으로는 자원과 에너지가 핵심 키워드인 시대임을 부인할 수 없을 것이다. 이제는 기능의 시대를 열어 건물 운영단계에서 자원과 에너지를 절약하는 좋은 건축물의 시대를 열어야 할 것이다. ■