

건물에너지관리시스템의 기능·역할과 발전방향



한국건설기술연구원 선임연구위원 **이 태 원**
(twlee@kict.re.kr)

1. 서론

2011년 9월 15일, 전국에서 산발적으로 예기치 못한 정전사태가 발생했다. 이른바 전국단위의 대규모 정전사태를 방지하기 위한 비상 순환정전 조치다. 오후 2시 15분부터 4시 사이 전력수요량이 실제 전력공급량을 넘어 예비전력이 '제로'인 상황이 수십 분간 지속되면서 '블랙아웃(Black Out)'이 발생할 수 있는 위기상황에 봉착된 것이다. 국내에서는 매년 동절기와 하절기에 수요대비 공급이 부족해서 전력예비율이 급감하는 비상상황을 경험하고 있다. 이와 같이 계절에 따른 큰 폭의 전력수요 변화는 건물의 냉난방 수요가 주된 원인인 것으로 판단된다.

전력부족현상을 해소하기 위해서는 수요를 증가하는 공급능력을 확보하거나 수요를 억제할 필요가 있으나, 경제적·환경적·기술적 문제로 어려움이 있어 현재로서는 국민의 에너지절약 실천에 주로 의존하고 있는 실정이다. 즉 새로운 발전소를 건설하는 데에는 막

대한 비용과 환경문제가 대두되고, 냉난방용 에너지를 비롯한 건물에너지의 소비와 관리를 수요자 및 거주자의 관심과 의지에만 호소하는 데도 한계가 있다.

2009년 현재 국내에는 660만여 개 이상의 건물이 설치되어 있으며¹⁾, 이렇게 많은 건물이 사용되면서 소비하는 에너지량은 2011년을 기준으로 국내 전체 소비량의 21.5%를 차지하고 있는 것으로 보고되고 있다²⁾. 국제유가가 급등하고 온실가스 배출 관련 각종 국제규범도 날로 강화되고 있는 요즘, 건물에너지의 소비절약에 대한 관심이 크게 증가하고 있다.

건물에너지의 소비절약을 위해서는 거주자의 관심과 의지가 무엇보다 중요하고, 이를 바탕으로 절약을 실천에 옮길 수 있는 강력한 수단이 필요하다. 즉 건물에 대한 에너지의 소비절약을 위해서는 지속적이면서 실효성 있는 체계적 관리 및 실천도구가 필요하나, 아직 만족할 만한 방법은 제시되지 못하고 있는 실정이다. 건물에너지관리시스템(Building and Energy Management System, BEMS)은 이와 같은 기능들을

1) 국토해양통계누리, 국토해양부, 2010.

2) 2012 에너지소비 통계핸드북, 에너지관리공단, 2012.

제공하기 위해 건물의 운영과 관리에 관한 전문지식에 정보통신기술 등을 접목시킨 첨단 융복합 지식정보기술의 결정체라 할 수 있다.

그렇다면 건물에너지관리시스템은 무엇이고, 이를 적용했을 때의 효과는 어느 정도일까? 애석하게도 이에 대한 명쾌한 대답을 줄 수 있는 연구나 적용결과는 흔치 않은 실정이다. 영업전략적 차원에서 기존 건물 자동화시스템(Building Automation System, BAS)의 기능을 약간 개조 또는 개선한 제품을 BEMS라고 주장하는 경우도 있고, 어느 특정분야에 대한 단순 기능이나 수많은 솔루션 중 하나를 개발해서 BEMS 알고리즘이라고 칭하는 경우도 있다. 어느 경우이건 본질에 접근하지 못하고 근래에 들어 한창 달아오르고 있는 건물에너지관리에 관한 관심과 의욕을 한순간에 식게 만들 수 있다는 점에서 우려되는 바가 크다.

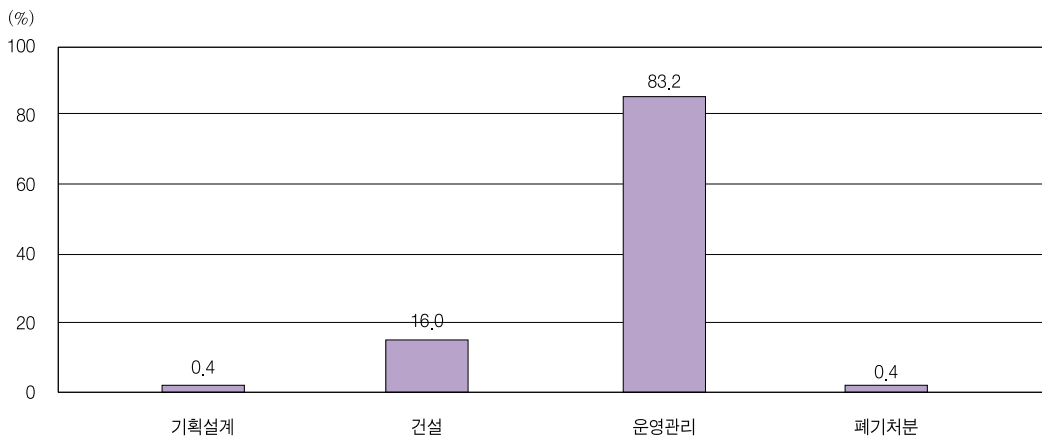
이와 같은 관점에서 본고에서는 국내 건물의 에너지 소비현황에 대해 간략히 살펴보고, 건물에너지관리시스템(BEMS)의 개념과 주요기능 및 시스

템 개발사례에 대해 기술하고자 한다. 또 건물에너지절약 추진을 위한 BEMS의 발전방향에 대해서도 기술한다.

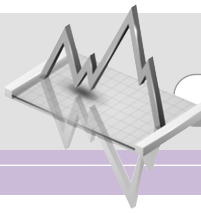
2. 건물에너지 소비현황

건물은 주어진 기능에 따라 설계 및 시공을 통해 태어나 상대적으로 오랜 기간동안 운영된 후 수명을 다하여 폐기될 때까지 적지 않은 양의 에너지를 소비한다. 특히 운영관리 단계의 에너지 소비량이 전체 소비량의 80% 이상을 차지하는 것으로 알려져 있다([그림 1] 참조). 따라서 건물의 생애주기 전체에 걸쳐 소비되는 에너지량을 줄이기 위해서는 운영단계의 에너지 소비를 줄이는 것이 필수적이며, 이를 위해 에너지를 적게 소비하는 건물이 설계되어야 함은 물론, 운영과정에서 소비되는 에너지를 최대한 줄이기 위한 세심한 관심과 노력이 요구된다.

[그림 1] 건물 생애주기에 따른 에너지소비 비율



자료: 일본 건설성 자료 참조



한편 [그림 2]에 보는 바와 같이 국내의 주거·상업·공공용 등의 건물에서는 국가 전체에서 소비하는 에너지량의 22.1%를 소비³⁾하는 반면, 일본의 경우는 28.2%, 미국과 EU는 각각 33.7%와 41.4%를 소비⁴⁾하여 건물분야에서 소비하는 에너지의 비중이 우리보다 훨씬 더 큰 것으로 나타났다. 특히 EU와 미국의 경우에는 건물분야의 에너지소비량이 타 분야보다 더 많은 특징을 보여주고 있다. 즉 사회가 서구화됨에 따라 건물분야에서 소비하는 에너지 비중이 커지는 경향을 볼 수 있는데, 지난 수십 년 간 우리 사회가 급격히 서구적인 도시화를 진행해 왔다는 점을 고려하면 건물에너지 관리의 중요성이 강조되는 대목이다.

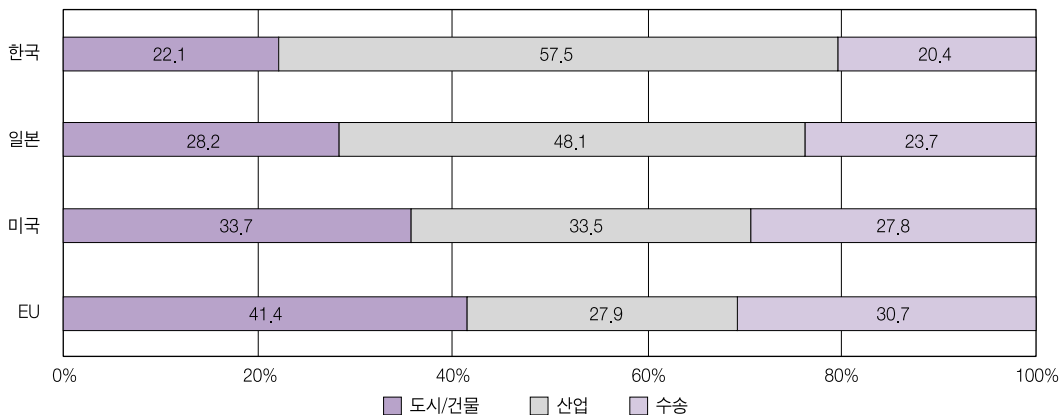
일반적으로 건물에서는 소재지와 규모 또는 용도에 따라 다소 차이는 있지만, 일반적인 중앙집중식

으로 관리하는 사무소용 건물의 경우 냉난방이나 공기조화 및 급수, 급탕 등 기계설비가 60% 이상을 차지하고, 조명과 가전제품과 사무용 기기 등 전기설비가 35% 정도를 소비하는 것으로 알려져 있다. 또 에너지원별로는 전기 55%, 도시가스 등 가스연료 41%, 석유 등 기타 연료 4%를 소비⁵⁾하는 것으로 나타났다(용도별 소비의 경우, [그림 3] 참조).

여기서 특히 주목할 만한 사실은 건물부문에서 소비하는 에너지원 중 전기의 소비가 매년 큰 폭으로 증가하고 있다는 점이며, 이러한 전기의 소비증가는 주로 수도권 등 대도시에서 소재하고 있는 중대규모의 비주거용 건물이 주도하고 있는 것으로 판단된다([그림 4] 참조).

특히 에너지를 많이 소비하는 상위 100대 건물을

[그림 2] 1차에너지 소비비율의 국가간 비교



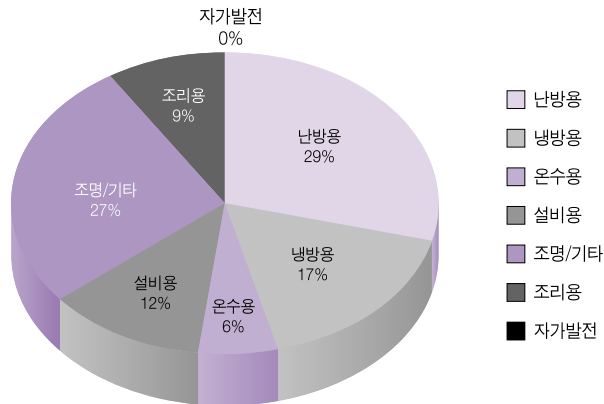
자료: 에너지통계연보(2008) 및 IEA(2004) 참조

3) 에너지통계연보, 2008.

4) International Energy Agency, 2004.

5) 에너지소비 통계핸드북, 에너지관리공단, 2010.

[그림 3] 건물 용도별 에너지소비(상업 및 공공부문)



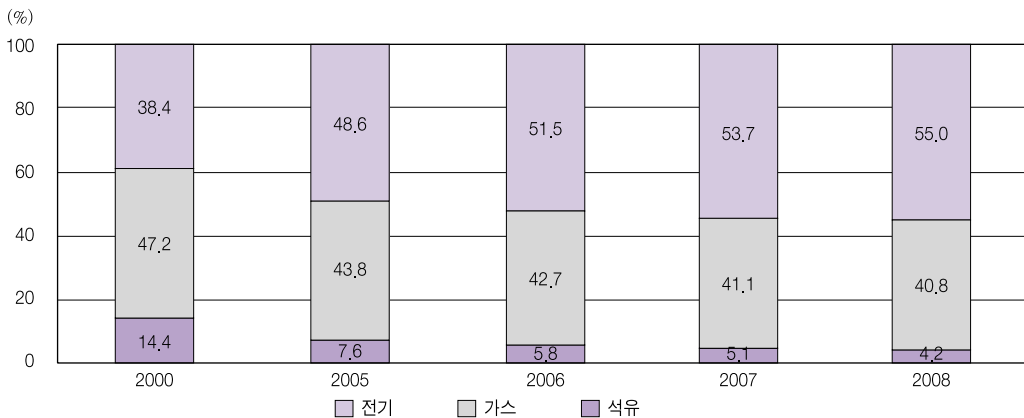
자료: 김효인, 석사학위논문, 2012

살펴보면, 공동주택과 병원 등을 제외한 대부분 종류의 건물에서 2/3 이상의 에너지를 전력에 의존하고 있고, 통신용 건물과 백화점의 전력의존율이 특히 높음은 물론 보편적인 사무용 건물의 전력의존율도 80%를 웃돌고 있음을 알 수 있다([그림 5] 참조). 이

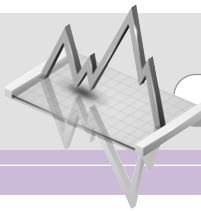
와 같은 건물분야의 과도한 전력의존율은 최근 우리가 겪고 있는 하절기 및 동절기 전력난의 주요원인이 되고 있어 에너지 수급체계의 개선과 합리적인 관리 등 대책마련이 시급한 실정이다.

한편 보고에 따르면 2009년 현재 GDP 1달러를 생

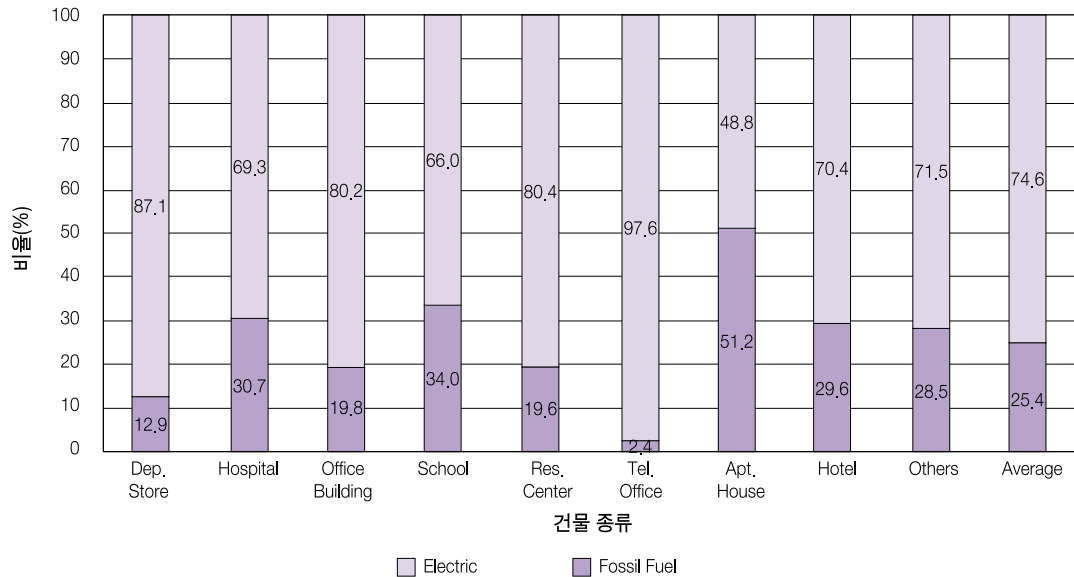
[그림 4] 건물분야 에너지원별 연간 소비비율 변화 추이



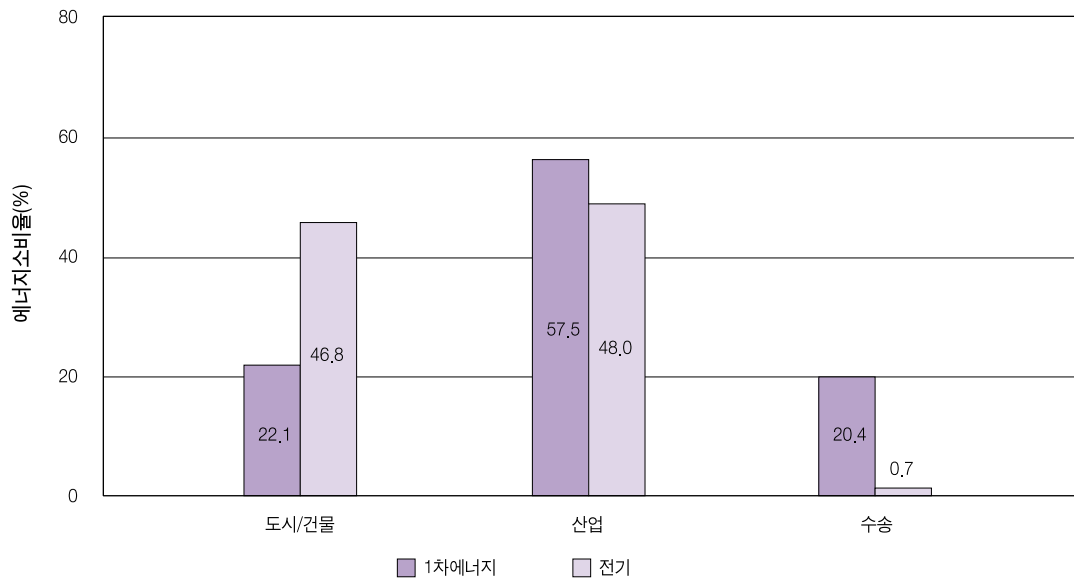
자료: 에너지소비 통계핸드북, 에너지관리공단, 2010



[그림 5] 국내 에너지 다소비 100대 건물의 에너지 소비구조



[그림 6] 국내 용도별 에너지원별 소비 비율



자료: 에너지소비 통계핸드북, 에너지관리공단, 2010

산하기 위해 우리나라는 0.58kWh의 전력을 소비해 OECD 평균보다 1.7배, 일본보다는 무려 2.9배 높은 것으로 나타났다.⁶⁾ 특히 건물분야 에너지소비량은 국내 총 소비량의 22.1% 수준인 반면 전기는 48%로 국내 총발 전량의 거의 절반 가까이를 소비⁷⁾하면서 산업분야의 소비량과 대등하다는 점에서 전기의 소비억제와 관리의 필요성이 강조되고 있다(그림 6 참조).

2020년의 온실가스 배출량을 배출전망치(BAU, Business As Usual) 대비 30%를 감축한다는 목표달 성을 지원하기 위해 정부는 건물부문에 26.9%의 절감 목표를 할당하면서 세부 실천전략으로 건물에너지관 리시스템과 LED 조명 등의 보급을 집중적으로 전개한 다는 목표를 수립한 바 있다.⁸⁾ 그러나 비교적 활발히 보급이 추진되고 있는 LED 조명분야에 비해 건물에너 지관리시스템은 매우 초보적인 단계에 머물고 있으며, 아직 개념조차도 확립하지 못하고 있어 세계 수준과의 격차가 전혀 좁혀지고 있지 않고 있는 실정이다.

3. 건물에너지관리시스템의 정의 및 주요기능

가. 건물에너지관리시스템의 정의

지금까지 사용되어온 건물 및 에너지의 관리도구로 는 기계, 전기, 조명 및 방재 등 각종 설비를 대상으로 상태를 감시하고 고장발생 등의 경우에 경보를 발령 하는 BAS(Building Automation System), 기계 및

전기설비와 조명, 방재, 엘리베이터 등 건물 내 관제 시스템을 통합관리하는 IBS(Intelligent Building System), 건물정보, 자재, 장비, 작업, 인력, 도면 및 예산을 관리하고 보고서(평가/분석)를 작성하는 FMS (Facility Management System), 각종 설비의 상태 감시 및 제어, 에너지사용량 감시, 주차관제 등 설비별 독자 관리기능을 수행하는 BMS(Building Management System) 및 에너지 및 환경의 관리, 건물설비 관리지원, 시설운영 지원 등의 기능을 수행하는 EMS(Energy Management System) 등을 들 수 있다.

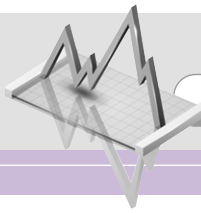
이들과 차별화되는 도구로서 건물에너지관리시스 템(BEMS)은 건물자동화시스템(BAS)의 기본적인 설 비의 운전 및 관리기능에 추가하여 건물에서 사용하 는 에너지의 흐름을 파악하고 에너지소비의 효율화를 위한 모델링과 최적화를 목적으로 개발된 것으로, 1989년 IEA(International Energy Agency)의 연 구분과에서 처음으로 국제적인 공용어로 정해진 바 있으며, ‘컴퓨터를 사용하여 건물 관리자가 합리적인 에너지 이용이 가능하게 하고 쾌적하고 기능적인 업 무 환경을 효율적으로 유지보전하기 위한 제어관리 경영시스템’으로 정의하고 있다.

즉 좁은 의미로는 기존 BAS의 기능에 소극적인 에 너지 관리기능을 추가한 개념으로 사용되나, 보다 넓 은 의미로는 에너지를 포함한 건물 전체의 능동적 관 리기능을 포함하는 포괄적 개념으로 사용되고 있다. 또한 BEMS는 물리적 공간(Physical Space, 제1의 공간) 기술과 전자통신의 공간(Cybernetic Space,

6) International Energy Agency, 2007.

7) 에너지소비 통계핸드북, 에너지관리공단, 2010.

8) 지식경제부, 2011년.



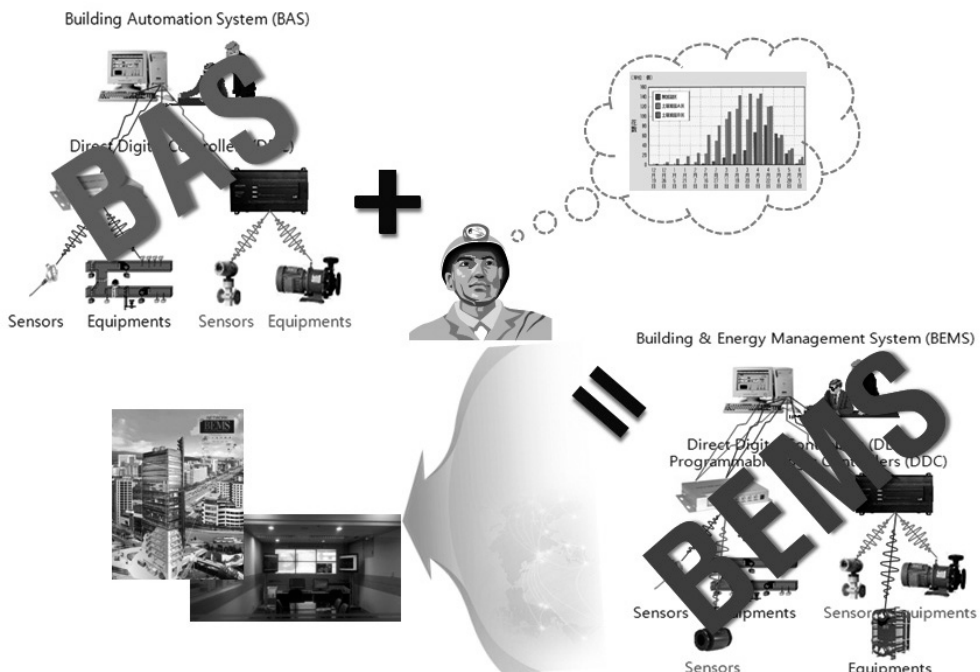
제2의 공간) 기술을 결합한 가상의 공간 또는 감성적 공간(Emotional Space, 제3의 공간) 기술로서, 건설 기술(CT)과 전기전자·정보통신 기술(IT) 및 에너지 기술(ET) 등이 융합된 첨단기술로서, 향후 세계시장에서 정보통신분야를 대표하는 주력 서비스산업으로 자리잡을 것으로 예상된다.

그러나 앞에서도 지적한 바와 같이 국내의 BEMS 기술은 아직 초보적인 수준에 머물러 있고, 대부분의 건물에서 활용되고 있는 BAS 조차도 70~80% 정도를 외국의 다국적 기업의 제품에 의존할 정도로 낙후되어 있으며, 특히 BEMS에 대한 개념조차도 정립되지 못하고 있는 실정이다.

우선 BEMS와 BAS의 기능적인 차이를 살펴보자. 필자가 BAS 전문가들과 BEMS에 대해 설명 또는 의견교환을 하면서 BAS의 역할과 수준을 너무 축소해서 한정된 적이 있다. 그럴 때면 건물의 관리를 하는데 BAS도 매우 좋은 도구지만 이를 이용하는 사람에 따라 관리수준이 결정된다는 의미로 바로잡았다. 즉 아무리 좋은 제품이라 할지라도 관리자가 그것을 효과적으로 이용하지 못한다면 무용지물이 될 수 있다는 것이다.

기존의 BAS는 건물의 관리에 필요한 하드웨어와 소프트웨어를 갖추고 있되 모든 결정은 사람, 즉 관리자가 행하기 때문에 관리의 품질은 관리자의 의지와 역량에 따라 결정된다. 즉 경험이 많은 우수한 관리자

[그림 7] BEMS와 BAS의 기능적 차이



자료: 이태원 외(2008)

가 적극적인 의지를 갖고 업무에 임할 때는 우수한 관리효과를 거둘 수 있는 반면, 그렇지 못한 경우에는 건물의 관리상태는 불량해질 수밖에 없다. 현재 국내의 건물관리는 주로 경비와 청소용역과 묶어서 외주를 통해 수행됨으로써 우수한 관리자의 배치는 사실상 어렵다는 점에 비추어 볼 때 BAS의 활용도는 그만큼 낮아질 수밖에 없다.

BEMS는 이와 같이 BAS가 설치되는, 즉 중앙집중형태로 관리하는 모든 건물에 경험이 많은 고급 관리자를 배치할 수 없음을 고려하여 건물의 운영결과를 전문가들이 분석하고, 이를 이용해 개발된 다양한 알고리즘을 프로그래밍화하여 BAS에 추가한 것으로 이해할 수 있다. 물론 이로써 BEMS의 모든 기능을 대변할 수는 없겠지만 대략적인 이해에는 충분하리라 생각된다. 앞에서 언급한 내용을 [그림 7]에 개념도로 표시하였다.

따라서 궁극적으로 BEMS는 무인운영의 전제가 된다. 즉 관리자의 판단기능이 내재되어 있으므로 별도의 관리자가 필요치 않고 완전자동 형태로 운영이 가능하며, 다수 개의 건물을 지역별로 또는 유사한 용도별로 통합해서 관리하는 지역군관리 또는 통합관리체제도 가능해진다.⁹⁾

다음으로 구조적인 측면에서 BEMS와 BAS의 차이를 살펴보자. 먼저 BAS는 여러 개의 제어기(DDC, Direct Digital Controller)가 시스템이 탑재된 서버에 연결되는 구조로 되어 있으며, 각각의 DDC에는 각종 상태와 운전결과를 파악하기 위한 센서와 DDC에 내장된 제어알고리즘에 따라 결정되는 제어명령을

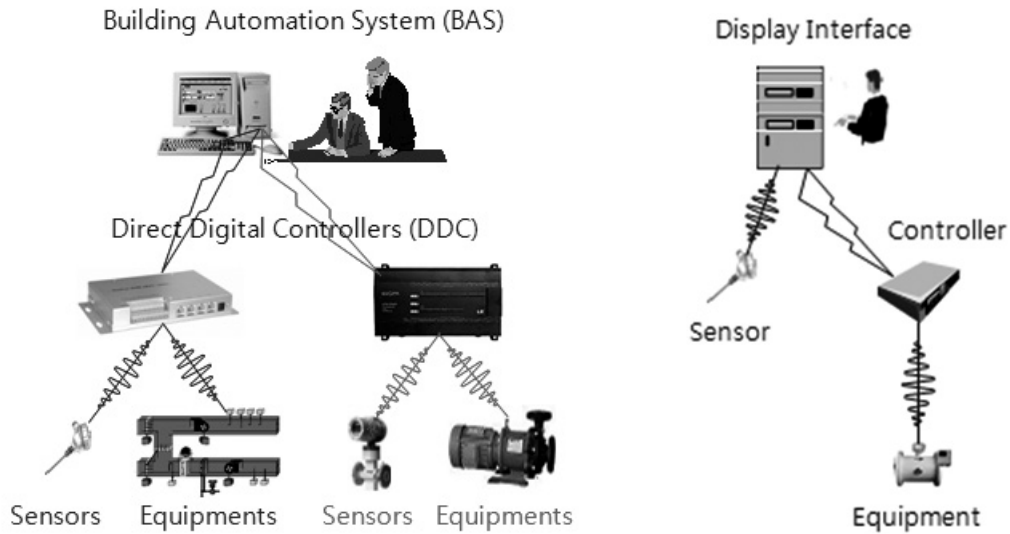
수행하기 위한 구동장치가 연결되어 있다. 관리자가 BAS에서 입력한 제어목표값과 센서(일반적으로 1개)로부터 측정된 상태값의 비교와 제어알고리즘의 운용결과로 얻어지는 제어명령을 이행함으로써, 목표로 하는 제어를 수행하는 구조이다([그림 8](a)의 좌측 그림). 이는 우리가 쉽게 경험할 수 있는 각 가정의 실내온도조절장치의 단순한 작동원리 및 구조와 완전히 동일한 형태이며, 다만 종류가 많고 다양하다는 차이가 있을 뿐이다([그림 8](a)의 우측 그림).

BEMS에서도 다수의 DDC가 시스템이 탑재된 서버에 연결되어 있다는 점은 유사하지만, 이 경우의 DDC는 BAS와는 달리 아날로그 신호와 디지털 데이터의 변환기능과 구동장치의 구동을 위한 직접 제어기능만을 수행하며 판단을 위한 제어알고리즘은 서버의 시스템에서 구동되는 것이 일반적이다([그림 8](b)). 따라서 고가이면서 호환성이 낮은 DDC 보다는 가격도 상대적으로 저렴하고 특정 회사의 제품으로 제한되지 않아 접근성이 용이한 PLC(Programmable Logic Controller)가 사용되는 것이 유리할 수도 있다.

제어알고리즘이 DDC가 아닌 서버에서 구동되는 이유는 앞서도 기술했듯이 BEMS는 관리자의 경험을 통한 판단기능을 수행해야 하므로 일반적으로 하나의 상태값이 아닌 다수의 측정값들을 필요로 하며, 이때의 관계점들은 가까운 거리에 있지 않을 수 있다. 이때 동일한 목적의 관계점들을 하나의 DDC에 연결하는 것은 경제적 측면에서 매우 비효율적이다. 따라서 BAS에 비해 상대적으로 훨씬 더 많은 관계점들을 효과적, 경제적으로 다루기 위해 지역 또는 구역별로

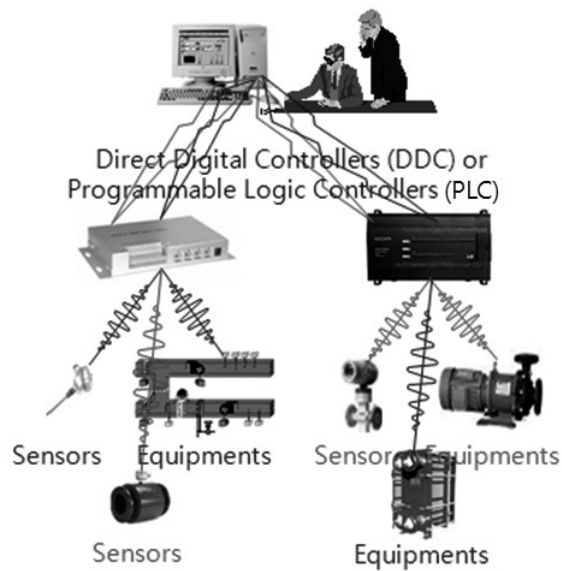
9) 이태원 외, 공조시스템의 통합형 온라인 유지관리시스템 개발, 한국건설기술연구원 연구보고서, 2008.

[그림 8] BEMS와 BAS의 구조적 차이 비교



(a) 단순 실내온도제어기와 유사한 BAS의 구조 개념도

Building & Energy Management System (BEMS)



(b) 복합적인 구조의 BEMS 개념도

자료: 이태원 외(2008)

DDC를 설치하여 관리하는 기능을 부여한다. 즉 이때의 DDC는 제어알고리즘을 수행하는 본래의 기능보다는 서버와 많은 수의 관제점을 연결하는 처리장치의 역할을 하게 되므로 엄밀한 의미에서는 DDC가 아닌 LPU(Local Processing Unit)로 보는 것이 타당하다 하겠다.

결과적으로 BEMS에서는 아날로그 신호와 디지털 데이터 변환, 처리기능을 수행하는 서로 다른 LPU에서 받은 상태값들을 종합하여 서버에서 각종 BEMS 용 분석 및 제어알고리즘을 구동하고, 산출된 제어목표값은 다시 최소한의 단순제어 기능을 수행하는 LPU로 보내서 필요한 제어를 수행하는 구조로 되어 있다. 물론 현재의 BAS에도 일부 에너지소비량 분석 기능과 외기보상 난방제어 등 자동으로 제어목표값을 설정하는 기능 등 BEMS의 기능에 부합하는 기능이 존재함은 부인할 수 없으며, 다만 그것이 보편화된 기능인가에 따른 차이에 주목할 필요가 있다.

나. 건물에너지관리시스템의 주요기능

여기서는 에너지의 절약과 관련하여 건물에너지관리시스템(BEMS)이 포함해야 하는 대표적인 기능에 대해 기술한다.

1) 에너지 소비정보 제공 및 활용

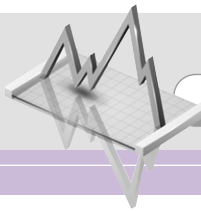
실내 환경과 에너지 소비현황 등 건물의 운영에 따른 각종 자료를 수집하여 제공하는 것은 건물에너지관리시스템의 가장 기본적인 기능에 해당된다. 즉 계측, 통신 및 데이터 관리 등 첨단 정보통신기술을 이용하여 건물 내의 실내 환경과 에너지 소비현황 등에 관한 정보를 수집하여, 다양한 목적으로 활용할 수 있

도록 제공하는 기능은 자동적인 실천기능이 배제되기 때문에 여기서는 편의상 'Passive BEMS(수동적 기능)'라고 부르기로 한다.

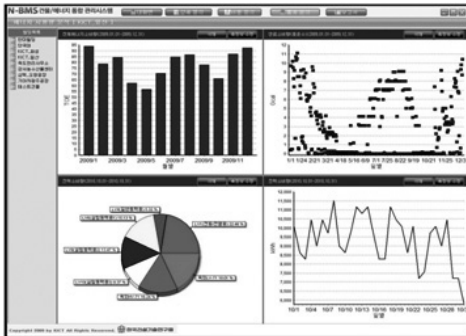
[그림 9]는 Passive BEMS를 활용한 사례로 한국 건설기술연구원에서 구축해서 시범운영하고 있는 BEMIS(Ver.1.0)의 에너지소비량 분석도구를 이용해 전기, 중온수 등 에너지 소비정보를 종합적으로 모니터링하는 모습 등을 보인 것이다. 참고로 실내온도 변경에 따른 난방 에너지소비량 변화를 비교 검토한 결과 외기온도에 큰 변화가 없을 때 실내난방온도를 7℃ 낮춤으로써 34%의 에너지 절감효과가 있었다. 아울러 외국의 사례로 영국의 Stark 소프트웨어사와 일본의 azbil 에너지 분석 도구 사례를 볼 수 있다.

다만 이와 같은 과정을 통해 건물의 에너지 소비수준이나 소비패턴, 운영의 적정성 여부 등의 판단을 도와주는 정보의 제공은 가능하지만, 분석에는 상당한 경험과 노하우가 요구된다. 따라서 분석결과의 수준도 분석자의 역량에 따라 큰 차이를 보이는 것이 일반적이다. 최근 국내에서도 BEMS의 도입을 시도하는 건물이 있으나, 수집된 정보의 분석은 외국 전문가에게 의뢰해야 할 수밖에 없는 경우가 많았다. 지금까지 건물의 유지관리에 관한 경험이 자료화되어 축적되지 못한 우리의 현실을 감안할 때, 지금부터라도 건물의 운영자료를 축적하고 체계적으로 분석하는 과정의 전제가 되는 Passive BEMS 구축을 서둘러야 하겠다.

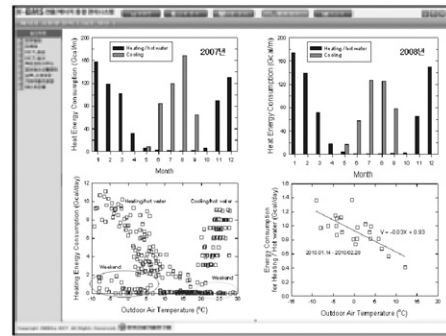
Passive BEMS를 활용한 보다 전문적인 외국의 사례는 [그림 10]에서 볼 수 있다. 매월 냉방수요에 따라 동일한 열량을 공급하더라도 냉수순환펌프의 소비전력이 달라지기는 하지만, 부하가 상대적으로 적은 4월 냉방수요가 적을 때 소비전력이 크게 증가하는 이상 징후 현상을 보여주고 있다.



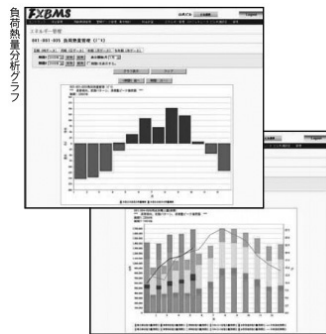
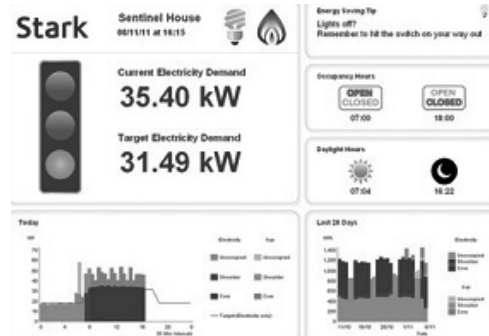
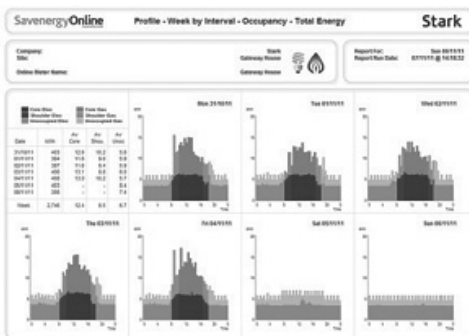
[그림 9] Passive BEMS 기능을 이용한 건물에너지 소비 감시의 예



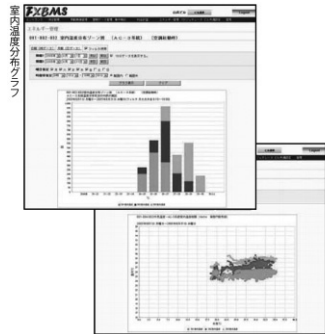
(a) KICT-BEMIS 사례



(b) STARK 사례

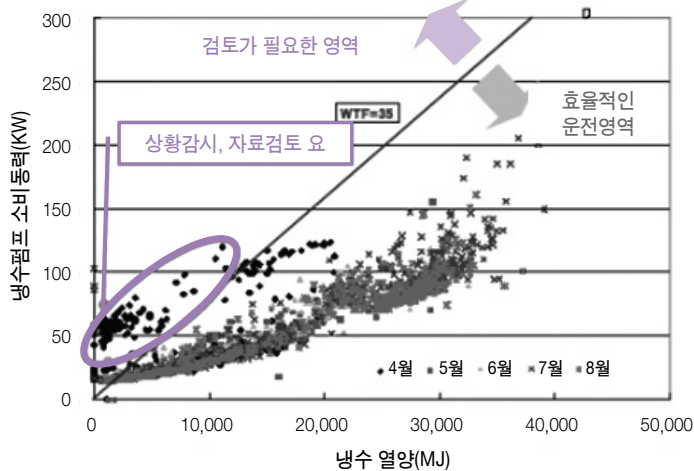


(c) AZBIL 사례



- 자료: 1) 한국건설기술연구원, 공조시스템의 통합형 온라인 유지관리시스템 개발, 2008
 2) Stark Software International Ltd 브로셔
 3) エネルギー管理, azbil 브로셔

[그림 10] Passive BEMS 기능을 이용한 냉수펌프의 감시 및 성능진단 사례



자료: NEDO, BEMS 도입지원사업 성과보고서, 2008

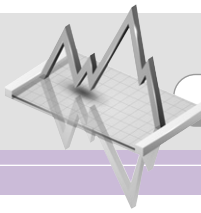
2) 에너지 사용설비의 능동적 제어

앞에서 기술한 Passive BEMS에서 제공되는 각종 정보를 분석한 후 사전에 분야별 전문가에 의해 작성되는 운전제어 알고리즘과 프로그램을 BEMS에 탑재해 운영단계에서 건물에너지의 소비성능이 최적화되도록 자동운전을 지원하는 것으로, 실제 에너지절약 효과를 얻는 능동적이고 직접적인 제어행위를 수행하므로 'Active BEMS(능동적 기능)'라고 부르기로 한다.

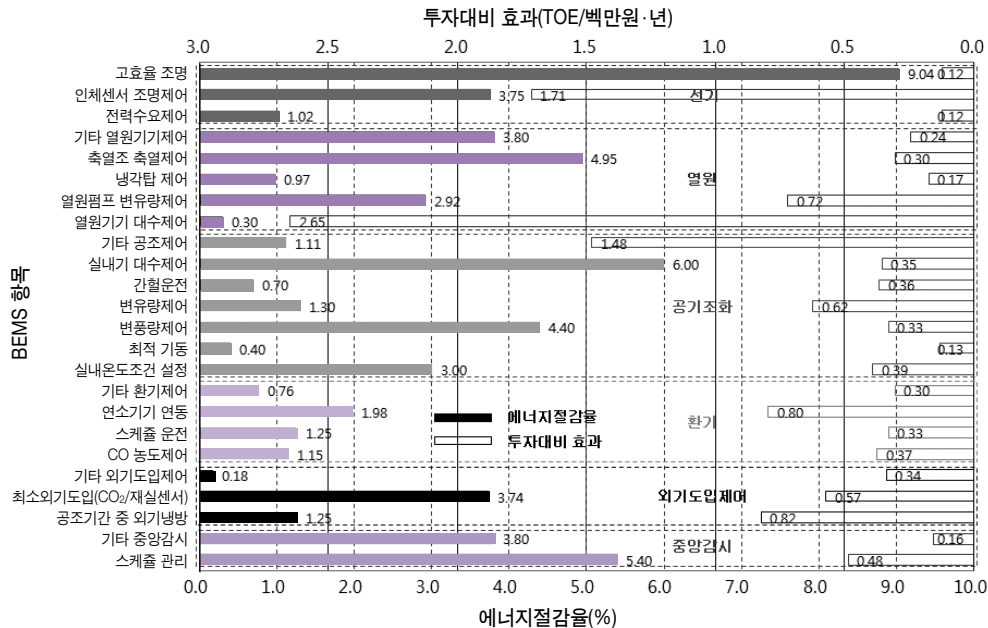
Active BEMS가 가지는 관리항목으로는 시간에 따라 장비나 기기의 동작과 정지를 반복하는 단순한 스케줄 관리기능으로부터 여러 가지 기기로 복합 구성되는 시스템의 연동/통합제어에 이르기까지 매우 다양하고 종류도 수를 헤아리기 어려울 정도이다. 또한 분야별로 지극히 전문적인 범위에 해당되므로 여기서는 구체적인 설명을 생략하고, 몇몇 관리항목의 적용에 따른 효과만을 간단히 기술한다.

[그림 11]은 BEMS 관리항목들을 258개의 기존 및 신축건물에 적용하는 과정에서 소요된 투자비와 도입 후 운영을 통해 얻은 에너지절감율을 비교한 것이다. 예를 들어 고효율 조명설비의 경우 에너지절감율은 높지만 투자비가 많이 소요되어 투자대비 효과는 매우 낮게 나타난 반면, 열원기기 대수제어(수요에 따라 보일러와 냉동기의 운전대수를 달리하는 제어방법)는 에너지절감율은 그다지 높지 않지만 개선을 위한 투자비가 거의 없어 투자대비 효과는 우수한 것으로 보고되었다.

Active BEMS의 기능은 몇 가지 항목을 제외하고는 선진 외국에서도 본격적으로 채택된 사례가 많지 않고, 분야별로 차이는 있지만 주로 연구단계 또는 시범적용 단계에 있는 것으로 보인다. 따라서 기존 BAS나 BMS 시장은 미국과 유럽의 다국적 기업에게 국내 시장을 내준 실정이지만, 과감한 투자에 의한 기술발전을 이룬다면 국내 시장은 물론 외국 시장으로의 진출도 충분히 가능할 것으로 판단된다.



[그림 11] 다양한 BEMS 항목에 따른 에너지절감율과 투자효과 분석사례



자료: 고려대학교 외(2011)

3) 건물에너지 통계정보 제공

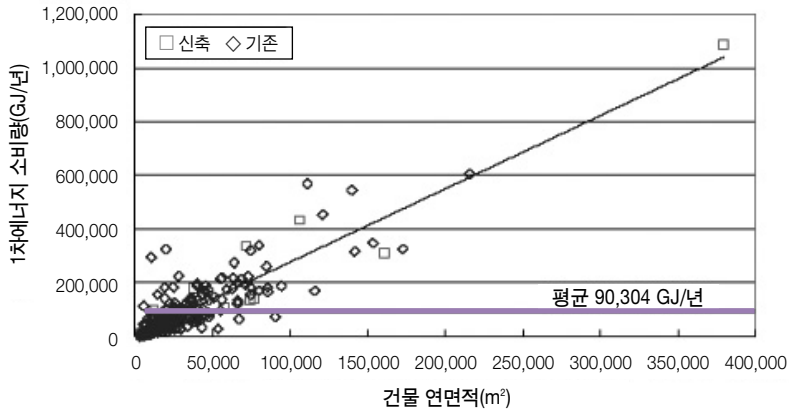
BEMS의 또 다른 기능으로 건물별로 수집된 데이터를 통계적으로 가공하여 제공하는 것을 들 수 있다. 이 통계결과는 건물이나 건물을 구성하는 시스템의 계획, 설계, 시공, 운영관리와 관련된 기술향상 및 제도개선 등 각 단계에서 주로 현재보다는 미래지향적인 판단 또는 의사결정을 지원하는 수단으로 피드백하여 활용되므로 'Potential BEMS(잠재적 기능)'라고 부를 수 있다.

Potential BEMS를 제도적으로 구축하거나 활용하는 사례는 아직 보고된 바 없고, 일본의 BEMS 보급지원사업 효과분석 과정 또는 민간 차원에서 건물

의 군관리(Group management) 운영과정에서 제한적인 수준의 결과를 접할 수 있는 정도이다. [그림 12]는 건물의 규모에 따른 1차 에너지소비량을 도시한 것으로, 여러 건물의 운영결과로 얻어진 추세선을 경계로 해서 아래 부분에 속하는 건물은 에너지 효율적이고 윗부분은 비효율적인 건물로 분류할 수 있다.

한편 정부에서는 건물에너지의 합리적인 이용을 위해 연간 에너지소비량이 2,000TOE 이상인 에너지다소비형 건물에 대해 진단전문기관으로부터 매 3년(전체 진단의 경우 5년) 마다 에너지의 효율적 사용여부에 대한 진단을 의무적으로 받도록 하고 있다(에너지이용합리화법 및 시행령). 그러나 건물의 관리상태나 수준을 고려하지 않고 일정 규모 이상의 모든 건물

[그림 12] 건물의 규모 또는 면적에 따른 연간 에너지소비량 분석사례



자료: NEDO(2008)

에 대해 확일적으로 진단을 의무화함으로써 일선 현장에서는 진단에 소요되는 비용과 업무가 부담이 되고 있다.

만약 앞의 그림과 같은 통계적 분석자료가 Potential BEMS로부터 얻어진다면, 각 건물의 규모에 대한 평균값인 추세선으로부터 벗어난 정도로 개략적인 에너지 관리수준을 판단하고, 건물의 특성을 감안한 가중치를 고려하여 일정 수준 이하의 낮은 에너지 소비효율을 보이는 건물에 대해서만 진단을 하게 한다면, 확실적인 진단의 경우에 비해 비용과 수고를 크게 절감할 수 있을 것이다. 아울러 절대적인 소비량은 적지만 다수를 차지하는 중소형 건물에도 비용부담 없이 확대적용이 가능해져 강력한 건물분야 에너지 관리수단이 될 수 있을 것이다.

4. 건물에너지 통합관리 및 KICT-BEMIS 개발내용

가. 건물에너지 통합관리

2000년대 이전만 해도 건물이 대체적으로 규모가 크지 않거나 구조 및 기능이 비교적 단순하여 건물관리에 의해 대부분 오프라인(off-line) 형태로 유지관리가 이루어져 왔지만, 산업화와 정보화가 본격적으로 이루어지면서 건물의 규모가 대형화되고, 건물내 설비도 전문화·복잡화됨에 따라 이러한 건물을 인력만으로 관리하기에는 대상이 광범위해졌고, 전문적이지 못한 관리자들에 의한 운전으로 인해 설비 효율저하와 에너지손실 등이 야기되었다.

한편 인터넷을 비롯한 통신의 발달은 현대사회에 있어서 개인의 생활과 가정생활 및 모든 기업의 사업패턴까지도 바꾸어 버릴 만큼 큰 변화를 가져왔으며, 건물의 제어 및 유지관리분야에서도 이제 인터넷 등 각종 통신수단과는 불가분의 관계가 되고 있고, 현재 많은 BAS 제조업체들은 인터넷을 통한 웹 제어에 많은 관심을 가지고 연구하고 있으며, 사용자나 운영자

예를 들어 인터넷이 연결되어 있지만 하면 언제 어느 곳에서든 아이디와 패스워드를 입력하고 건물의 관리업무를 행할 수 있게 되었으며, 중앙감시반이 설치되어 있는 기계실 등의 현장 공간을 벗어나서 건물의 운영과 관리가 가능해졌고, 여러 지역에 널리 퍼져 있는 현장들의 관리를 통합적으로 할 수도 있게 되었다. 운영관리 및 유지보수 차원에서도 인터넷을 통한 제어 및 유지관리가 가능하다는 것은 더욱 빠르고 신속한 상황 대처능력을 보유함을 의미하는 것으로, 설비 등에 문제가 발생했을 때 온라인으로 원인을 진단하고 그에 따른 신속한 판단과 조치를 취할 수 있다는 것을 의미한다.

[그림 13]에서 ‘건물 단위의 BEMS’는 각 건물에서 설정한 조건으로 건물시스템을 운영하면서 운영결과를 센서로부터 수집, 관리하는 기본적인 기능을 수행한다. ‘군 단위의 통합관제센터’는 건물 단위 BEMS

10) 이태원 외, 공조시스템의 통합형 온라인 유지관리시스템 개발, 한국건설기술연구원 연구보고서, 2008.

의 운영상태를 감시하고, 고장 등 이상 징후가 발생하는 경우에는 즉각 대응조치를 취함으로써 건물 단위 BEMS가 항상 정상적으로 운영되도록 도와준다.¹⁰⁾ 지역 또는 군 단위의 통합관계센터는 Potential BEMS를 구축, 운영, 제공하는 ‘국가 단위의 통합관리센터’에 연계되어 행정적, 기술적인 지원과 통제를 받으며 건물 단위 BEMS로부터 받은 운영자료 중 통계분석에 필요한 자료를 제공한다.

이와 같은 건물과 에너지의 통합관리를 통해 얻어지는 장점으로는 먼저 불필요한 비용을 절감하여 보다 효율적인 관리를 할 수 있게 되고, 전문적인 통합센터에서 주관하여 장비의 점검 및 교체를 진행하여 문제가 발생하기 이전에 미리 조치를 취하는 예측 관리가 가능해진다. 예측 관리를 통해 입주자들의 민원을 최소화 하고 안정적인 서비스 공급이 가능하게 될 뿐만 아니라, 불필요하거나 시간이 많이 걸리는 프로세스를 거치지 않기 때문에 유지보수 및 관리를 위한 시간 및 비용의 절감효과를 가져다 준다.

또 통합관리시스템을 구축함으로써 유지관리 서비스 수준이 향상된다. 즉 이직률이 높은 현장 관리자들의 특성으로 인해 현장 교육 및 인수인계의 문제점이 항상 발생하고 있다. 이러한 문제점으로 인하여 유지관리 서비스의 품질이 저하되고 관리시스템의 많은 기능들을 충분히 활용하지 못하고 있는 것이 지금의 현실이다. 이 같은 여건은 운영상의 불편함 뿐만 아니라 입주자들의 금전적인 손실까지 발생시키는 중대한 문제라 할 수 있으며, 통합관리시스템을 도입함으로써 현장의 관리자들이 미처 알지 못하는 세세한 부분들에 대한 관리를 통합센터에서 지원해 줄 수 있게 되므로 이러한 문제들을 최소화할 수 있을 것이다.

즉 중앙에서 훈련된 통합 관리자들을 통해 모든 현

장의 시스템들을 관리하면서 현장에서 처리할 수 없는 부분들에 대한 지원이 이뤄진다면, 시스템 기능을 최대한 활용하면서 모든 현장에 동일한 양질의 유지관리 서비스를 제공할 수 있게 될 것이다.

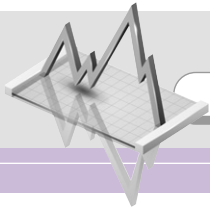
나. KICT-BEMIS 소개

한국건설기술연구원에서는 2008년 건물에너지 통합관리정보시스템(Building & Energy Management and Information System)을 개발하여 시험적용해 오고 있으며, Ver.1.0의 기능을 개선한 Ver.2.0을 상용화 개발 중이며, 여기서는 BEMIS의 구성과 기능에 대해 간략히 소개한다(〈표 1〉 및 [그림 14] 참조).

감시 및 경보(Monitoring and Alarm) 기능은 기존의 건물자동화시스템(BAS)가 수행해오던 역할과 유사한 것으로, 개별 건물에 대해 수행하던 기능을 인터넷 등의 통신수단을 이용해 대상 건물 전체에 대해 수행한다는 점에 차이가 있으며 최근 BAS 제공업체에서도 이 기능의 도입을 시도하고 있고, 실내환경의 개선과 안전을 도모함을 목적으로 설비의 운전상태와 실내환경 및 위험요소에 대한 알람기능을 실시간으로 수행한다.

또 진단 및 분석(Diagnosis and Analysis) 기능은 실제 현장에서 설비 등의 운전을 통해 얻은 자료를 분석하고, 운전제어와 성능 및 고장의 조기진단 그리고 유지관리 업무를 지원하는 것으로, 에너지 소비정보 분석도구, 열원기기 및 공조시스템 성능 및 고장진단 도구, 그리고 LCC 분석 기반 경제성 분석도구 등이 포함된다.

먼저 에너지 소비정보 분석도구(Energy Monitoring and Management System, EMS)는 건물 및 각종



<표 1> KICT-BEMIS의 주요기능 및 목적

구 분		주요기능	목 적	도 구	세부목적
건물 단위	감시 및 경보	운전상태, 실내환경 감시	운전확인, 실내환경 개선	온라인 상태감시 모듈	설비별 운전상태 감시, 실내온도, 습도, CO ₂ 점검으로 실내환경 감시
		위험요소 알림	안전도모	온라인 위험경보 모듈	설비 이상상태에 따른 경보, 물탱크, 배수탱크 수위경보로 물넘침 방지, 연기감지에 의한 화재알림경보
	진단 및 분석	에너지 소비량 분석	에너지 소비량 절감	에너지 관리모듈 (EMS)	건물 연면적 대비 에너지소비량, 부분별 소비율 비교, 필요시 정밀진단 권고, 최대 전력수요 조절 및 전력피크치 제어
		성능진단 및 분석	운전비 절감	생애주기 분석모듈 (LCCAS)	최적경제수명 도출을 통한 장비별 교체시기 결정, 성능 효율분석을 통한 보수, 수선시기 결정, 개수(리모델링) 설계자료 제시, 건물 유지관리 비용분석, 원인분석
		고장진단 및 분석	보수비용 절감	고장검출, 진단모듈 (FDDS)	고장 사전 예측으로 사후보전에 따른 손실과 에너지 낭비 예방
	실행	운전 지원	운전비 절감, 실내환경 개선	통합 운전제어 지원모듈	운전데이터 분석으로 최적운전제어방법 컨설팅, 최적 운전제어를 통해 최소 운전비 사용으로 쾌적 실내환경 조성
		관리 지원	관리비용 절감	시설관리 모듈 (FMS)	보수, 교체 등 작업이력 제공, 작업시 필요 자재 공급, 도면관리를 통해 고장/이상발생시 위치정보 제공
		보수 지원	신속보수, 품질향상	보수지원 모듈	SMS 기능, 출동기능, A/S 업체 관리기능, 교육
통합 단위	정보 서비스	DB구축, 통계·분석	설계 및 정책지원	유지관리 통계서비스 모듈	유지관리 비용 통계·분석, DB 구축, 장비시스템 설계 정보지원, 정부 정책지원, 건물유지관리현황 피드백

자료: 한국건설기술연구원(2008)

설비와 시스템별 에너지소비량을 다양한 분석을 통해 관리자 등이 효과적인 설비의 운영여부 판단, 개선사항의 도출, 또는 에너지사용량에 대한 요금부과 등에 활용할 수 있게 해주는 기능을 지원한다.

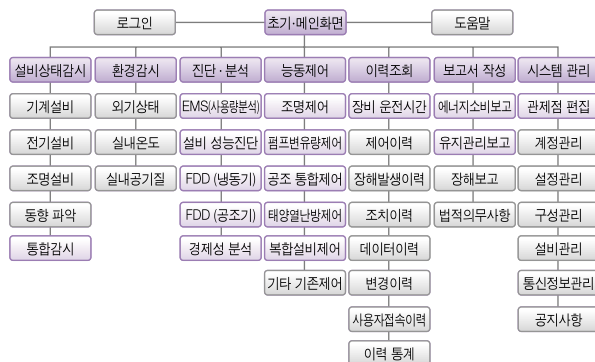
또 성능진단 및 고장진단도구(Fault Detection

and Diagnosis, FDD)는 열원설비와 공조설비 또는 시스템 등 각종 장비로부터 전송된 측정 데이터를 기초로 하여 미리 작성된 진단 알고리즘을 구동하여 해당 장비의 고장수준이나 진척정도를 미리 예측하는 것으로, 이때 측정 데이터는 기존의 BAS에서 참고하는 자료

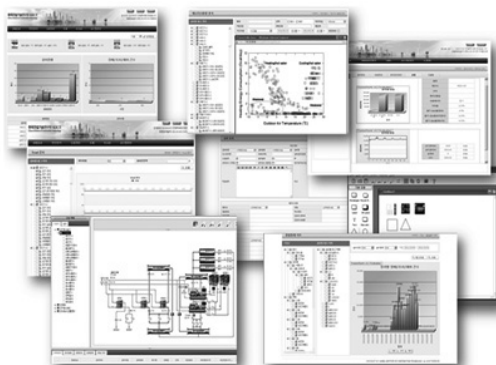
[그림 14] KICT-BEMIS 관제센터 및 수행메뉴(Ver.1.0)



(a) 통합관제센터 전경

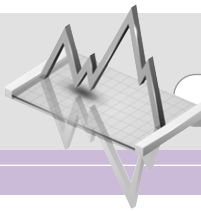


(b) 수행메뉴 구성체계(Ver.1.0)



(c) 운용화면 예(Ver.1.0)

자료: 이태원 외(2012)



보다 훨씬 더 복잡하고 정밀한 수준이며, 그 결과로부터 얻어지는 성능분석 자료는 경제성 분석도구를 이용하여 교체나, 개보수 또는 수리 등 유지관리를 위한 관리자나 건물 소유주의 의사결정 과정에 도움을 줄 수 있다.

경제성 분석도구는 성능진단 도구로부터 얻어진 진단결과와 미리 구비된 경제성 관련 D/B(장비의 성능자료, 장비 가격, 공사비, 에너지비용과 같은 가격정보와 이율과 같은 금융정보 등)를 이용해 생애주기 비용분석 방법을 통한 경제성 분석을 수행하는 것이다. 현재 시점에서 해당 장비의 최적의 유지관리 방안을 제시하거나 교체 또는 보수시기를 예측해 줌으로써 의사결정 과정에서 도움을 주며, 이때 단지 현재 설치된 장비나 시스템의 수리 뿐만 아니라 새로운 시스템과의 비교분석을 통해 새로운 시스템으로의 교체시의 경제성도 제시해 줄 수 있다.

실행기능으로는 건물설비 및 시스템의 최적 운전 제어 지원기능과 관리 및 보수지원 기능을 들 수 있는데, 최적 운전제어 지원도구는 일정기간 동안의 운전 데이터를 분석하여 건물설비 및 시스템의 최적 운전 및 제어에 관한 설정점 등 운전정보를 제공하는 것으로, 기존의 운전결과 데이터의 분석을 통해 얻어지는 다양한 제어 알고리즘 포함되는데 이를 비교적 오랜 동안의 운전데이터와 전문가에 의한 분석을 필요로 한다. 지금까지 개발되어 KICT-BEMIS에 포함된 BEMS용 능동제어 알고리즘은 [그림 15]와 같다. 관리 및 보수지원 기능은 실제 시스템의 구축 및 시행단

계에서 기존의 유관분야 기술들을 활용하고, 제도의 개선을 통해 업무수행 체계를 구축함으로써 실천이 가능해질 것이다.

이상에서 설명한 개발 시스템은 연구원 청사의 공조시스템에 적용하여 30% 이상의 공조용 에너지 소비를 줄일 수 있었고¹¹⁾, 능동형 개별 조명제어시스템의 적용을 통해서 50% 이상의 조명용 에너지를 절감한 결과¹²⁾를 얻은 바 있다. 현재 서울 신도림동 소재 D-복합건물과 서초동 소재 B-중형 건물에 적용, 운영 중이며, 조만간 분석결과가 제시될 것으로 예상하고 있다. 본고에서는 세부적인 기술내용에 대한 언급은 생략하기로 한다.

5. 건물에너지관리시스템의 발전방향

최근 정부는 2020년 배출전망치(BAU, 총 8억 1,300만 CO₂톤) 대비 30%의 온실가스를 감축한다는 목표 아래 부문별로 세분화된 감축목표를 설정했는데, 건물분야는 26.9%의 목표를 할당받은 바 있다. 이 목표를 달성하기 위해 건물에너지관리시스템과 LED 조명 등의 보급정책을 집중적으로 전개할 예정이며, 이는 최근 시행된 온실가스·에너지 목표관리제와 더불어 어느 때보다 건물에너지관리시스템에 대한 관심을 끄는 요인이 되고 있다.

현재 국내에서는 다양한 분야에서 건물에너지관리 시스템을 미래지향적인 유망 비즈니스 모델로 인식하여

11) 이태원 외, 중소형 건물의 시설 및 운전방법 개선을 통한 에너지절약 효과분석, 대한설비공학회 동계학술발표대회 논문집, 2011.

12) 이태원 외, 프로그램 스위치를 이용한 개별조명제어시스템의 실증효과 분석, 대한설비공학회 동계학술발표대회 논문집, 2011.

[그림 15] KICT-BEMIS에 포함된 능동제어 알고리즘



자료: 이태원 외(2011)

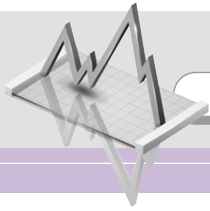
지대한 관심을 보이고 있으나, 관련 용어의 정의나 개념의 확립조차 이루어지지 못하고 각자의 편의에 따라 사용함으로써 적지 않은 혼란이 초래되고 있는 실정이다. 또한 건물에너지관리시스템은 많은 비용과 오랜 기간이 소요되므로 투자대비 효과가 낮다는 인식을 가지는 경향도 있는데, 이는 시스템의 개발 및 보급에 장애요인으로 작용하고 있기도 하다.

그러나 BEMS에서 제공하는 건물 운영에 따른 단순한 에너지 소비정보만으로도 건물에너지 절약을 위한 시행전략의 수립은 물론, 개별 기기나 시스템의 적정 운전제어와 이상 징후 발생여부 진단을 통해 에너지 낭비요인을 제거할 수 있다. 다만 후자와 같이 보다 세부적인 제어와 진단을 위해서는 지금보다 훨씬 많은 수량의 계측장치와 이를 지원하는 부대장비들이 추가적으로 요구된다. 따라서 현재 보급되어 있는 기존의

BAS와는 차별화된 체계의 시스템이 구축되어야 하며, 이는 비용 상승으로 이어져 결국 BEMS의 보급과 적극적인 활용을 가로막는 가장 큰 원인이 되고 있다.

즉 지금까지는 제한된 종류의 계측장치들이 개개의 장비 운전이나 주기적인 요금부과를 위해서만 사용되어 왔지만, 앞으로는 건물시스템의 고효율 운전관리는 물론, 에너지 소비정보 제공과 통계자료의 피드백 활용 등을 위해 꼭 필요한 계측장비를 포함한 BEMS 구축에 보다 과감한 투자가 요구된다. 또 신뢰성 있는 저가 센서와 계측방법을 개발하고, 수집된 자료를 건물시스템 개선이나 고성능의 제어알고리즘으로 구현하기 위한 연구개발도 지속적으로 추진되어야 할 것이다.

한편 건물은 사용자의 요구에 따라 설계자에 의해 태어나므로 일반적으로 형태와 기능이 제각각이다. 이러한 관점에서 건물의 관리방법 또한 서로 다를 것



이며, 그에 따라 BEMS도 다른 내용으로 구성될 필요가 있다. 각 건물에 적합한 BEMS의 설계는 이 분야의 경험이 많은 전문가(건물에 적합한 관리항목을 선정, 배치한다는 의미에서 'BEMS 코디네이터(BEMS Coordinator)'라 부르기로 함)에 의해 수행되어야 하나, 국내에는 이러한 코디네이터가 거의 없는 실정이다. 따라서 BEMS의 도입을 활성화시키기 위해서는 전문적인 코디네이터 양성체계 구축이 절실하며 교육을 위한 BEMS 이론의 확립도 필수적이다.

1970년대 산업화가 진행된 이후 국내에서는 철강, 조선, 자동차 등의 제조업이 수출주도형 산업으로서 경제성장의 견인차 역할을 해온 것이 사실이며, 이들 산업은 생산과정에서 에너지를 많이 소비한다는 특징을 가지고 있어 결국 GDP 대비 1차에너지소비 원단위가 일본의 3배, 유럽의 1.7배에 달하는 주요 원인이 되고 있다. 반면 친환경 서비스산업이라 할 수 있는 BEMS의 전신인 BAS 산업은 크게 낙후되어 있어(경험을 통한 전문기술의 부족과 국내시장이 좁아 매력 없고 외국 시장 진출에도 회의적인데 원인이 있는 것으로 보임), 대부분의 시장을 선진 외국의 다국적 기업에 내어준 실정이다. 더욱이 장차 BEMS가 BAS 보다 적용범위가 크게 넓어져 세계적으로 시장이 큰 폭으로 활성화된다 해도 현재로서는 우리 기술이 국내 및 세계시장으로 진출할 가능성은 그다지 높아 보이지 않는다.

그러나 현재의 BEMS에 대한 관심을 기술 및 산업 발전을 위한 절호의 기회로 삼아 실천과 투자로 이어간다면, 즉 건물분야 제어관리 기술과 첨단 IT의 복합체인 지능형 BEMS에 대한 기술개발을 서두르고 보급을 활성화하여 전문역량을 축적해 나간다면, 가까운 장래에 세계시장을 주도하는 고부가가치 지식정보 서비스산업으로 자리매김할 수 있을 것이다. 이를 위

해 먼저 각 분야 전문가 집단의 유기적인 협력과 시장이 형성될 때까지 정부의 합리적이고 체계적인 기술 개발 및 설치비 지원이 요구되며, 무엇보다도 BEMS 관련 기술은 어떤 경우라도 하루아침에 달성이 불가능하고 오랜 기간의 경험과 자료의 축적이 필요한 즉 인내가 요구되는 산업이라는 인식이 필수적이라 하겠다.

참고문헌

〈국내 문헌〉

- 고려대학교 외, 「중소형 건축물의 에너지관리시스템(BEMS) 개발 및 보급방안 연구」, 2011
- 김다희, 김용기, 이덕희, 이태원, “프로그램 스위치를 이용한 개별조명제어시스템의 실증효과 분석,” 「대한설비공학회 동계학술발표대회 논문집」, 11-W-035, 2011
- 김용기, 이태원, “중소형 건물의 시설 및 운전방법 개선을 통한 에너지절약 효과분석,” 「대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집」, 11-S-137, 2011
- 에너지관리공단, 「에너지소비 통계핸드북」, 2010
- 이태원, 김용기, 서재상, “건물·에너지관리정보시스템(BEMIS)의 주요 기능 및 활용방안,” 「대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집」, 12-S-0953, 2012
- 한국건설기술연구원 외, 「공조설비 성능진단 및 통합형 제어·관리시스템 개발」, 연구보고서, 2008
- _____, 「공조시스템의 통합형 온라인 유지관리시스템 개발」, 연구보고서, 2008



〈외국 문헌〉

新エネルギー・産業技術総合開発機構, 住宅・建築物高
効率エネルギーシステム導入促進事業(BEMS
導入支援事業) 成果報告書, 2008

General Development Organization of the
Renewable Energy and Industrial
Technology, A Report on the Introduction
and Promotion Project of the High
Efficiency Energy Systems for Housings
and Buildings, 2008

Pike Research, Building Energy Management
Systems : Market Analysis and Forecasts
- Hardware, Software, and Services for
the Intelligent Monitoring, Management,
and Control of Energy in Commercial
Buildings, 2012