

# 빌딩 에너지관리 시스템(BEMS) 보급과 활성화 방안

신영기 / 세종대학교 기계공학과 교수

글  
실는 순서

- 바닥난방시스템용 자동온도조절기의 종류 및 특성 ..... 6월호 (안병천/송재엽)
- 빌딩 에너지관리 시스템(BEMS) 보급과 활성화 방안 ..... 이번호(신영기)

본지는 자동제어실비협의회(위원장 최전남) 제공으로 지난 호부터 자동제어 시리즈를 게재하고 있다. 이번 호에는 빌딩 에너지관리 시스템으로 세종대학교 신영기 교수의 ‘빌딩 에너지관리 시스템 보급과 활성화 방안’을 게재한다.

빌딩 에너지관리 시스템은 실내환경과 에너지 성능의 최적화를 도모하기 위한 시스템으로 업무용 빌딩이나 공장, 지역 냉난방의 에너지설비에 대한 에너지절약, 감시, 제어를 자동화·일원화 하는 시스템이다. [편집자 주]

## 1. 들어가는 말

건물에서의 에너지 낭비는 빌딩 내 건축설비의 비효율적인 운전 및 관리와 관련되어 있다고 볼 수 있으며, 특히 하절기 전력수요의 20% 가량이 건물의 총 부하 중에서 냉방부하의 몫이라는 결과는 냉방부하가 피크전력과 전력 예비율에 상당한 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

일반적으로, 건물에서의 에너지 절약방법으로는 단열, 건물 방위 및 형상 등을 통한 건축 계획적 접근방법

과 에너지 사용기기 및 시스템의 운전효율을 향상시키는 등의 설비적 접근방법이 있다. 특히 설비적 에너지 절약 방법 중에 있어서 단기간의 연구개발로 에너지의 커다란 절감을 실현시킬 수 있는 방법은 시스템의 효율을 극대화할 수 있도록 하는 건물에너지 관리 및 최적제어 기술의 도입이다.

빌딩에너지 관리시스템인 BEMS (Building Energy Management System)는 빌딩거주자의 쾌적도를 저하시키지 않으면서 기존건물을 대상으로 에너지 및 비용을

극소화하기 위한 에너지절약 조치 및 전략으로 건물의 생애기간동안 최상의 조건을 유지하면서 경제성을 고려한 건물 에너지관리시스템을 의미하며 일본에서 실용화가 시도되고 있는 개념이다. 국내에서도 유사한 개념의 건물에너지 절약시스템이 신축건물에 시공되어 있으나 제대로 운용되는 사례가 적다. 본고에서는 BEMS 활성화가 미흡한 원인을 살펴보고 국가적 에너지 절감을 위한 BEMS의 보급 및 활성화 방안을 모색해 본다.

## 2. 빌딩에너지 관리시스템이란?

일본 공기 조화 위생 학회에서는 BEMS를 “실내환경과 에너지 성능의 최적화를 도모하기 위한 빌딩 관리 시스템”으로 정의하고 있다. BEMS는 업무용 빌딩이나 공장, 지역 냉난방의 에너지설비 전체의 에너지절약 감시, 에너지절약 제어를 자동화·일원화하는 시스템이다. 이것에 의해 건물 내의 에너지 사용 상황이나 설비기기의 운전 상황을 일원적으로 파악하여 그때 그때의 수요 예

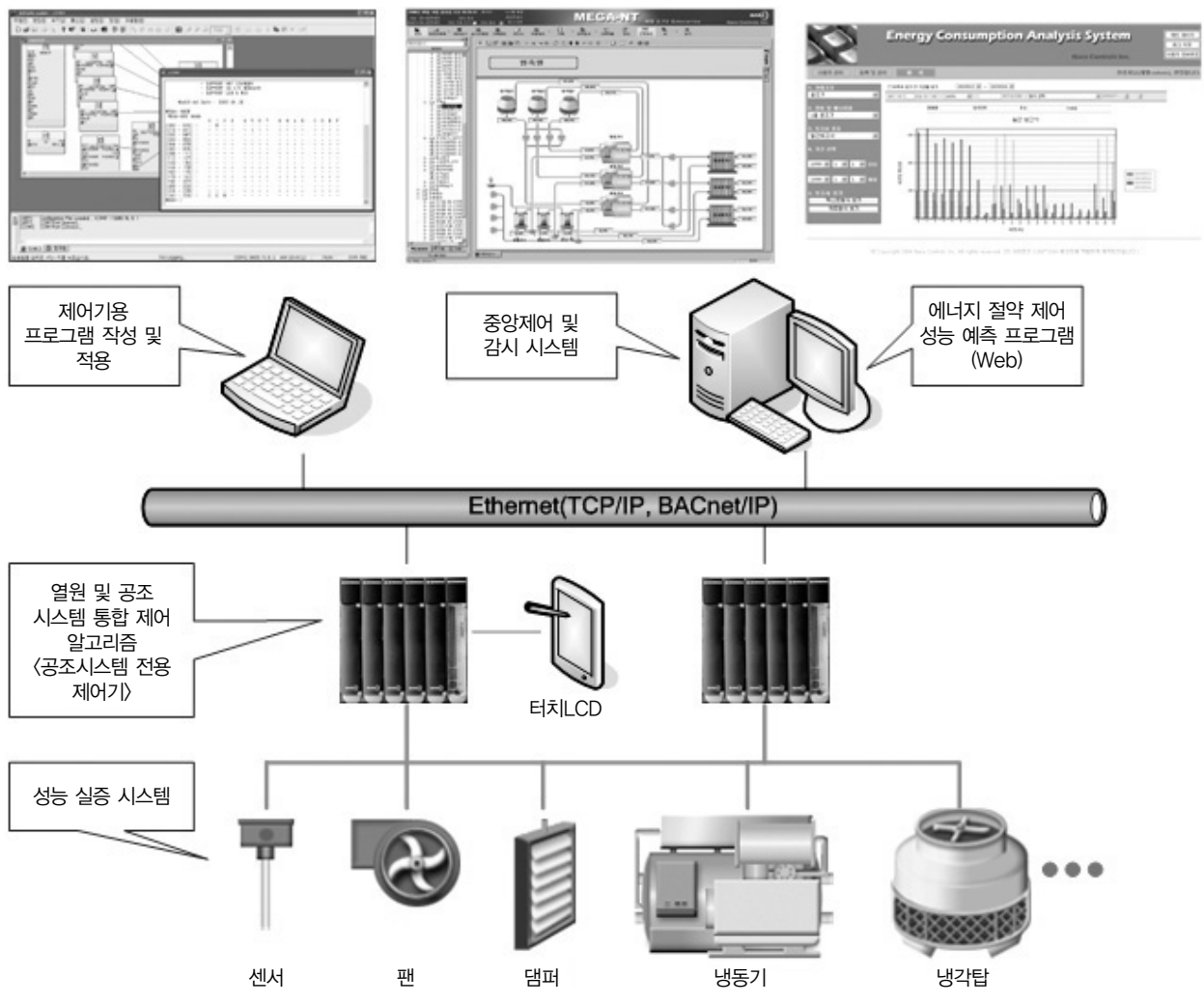


그림1. BEMS 구성도

측에 근거한 최적 운전 계획을 신속히 수립 실행할 수 있어 치밀한 감시제어에 의해 별도의 인력소요 없이 건물 전체의 에너지 소비를 최소화할 수 있다. BEMS는 감시·제어 서버를 핵심으로 한 네트워크에 의해서 자동 제어를 수행하여 LAN에 의해 멀리 떨어져 있는 공장, 지사 등의 원격 감시도 가능케 하는 툴이다.

국가의 경제규모가 커짐에 따라 건물이 대형화되고 3차 산업의 부상에 따라 대형 복합건물이 다수 출현하고 있으며, 이와 같은 방대한 건물과 시설의 운영에는 많은 에너지가 사용되고 있다. 따라서 다음과 같은 배경으로 인해 건물의 에너지를 합리적으로 절약하기 위한 BEMS의 필요성이 대두되었다.

- 1) 복합건물은 시설이 복잡하고 운영시간과 부하량이 상이하므로 설비별, 종류별, 용도별로 에너지사용 분포를 파악하고 분석하여 에너지 절약 및 경제성을 고려한 계획을 수립함으로써 에너지를 비용을 최소화할 수 있다.
- 2) 일예로 하절기 건물의 전력수요는 냉방부하의 영향이 가장 크기 때문에 냉방 부하를 예측하고 또, 이 냉방부하에 맞추어 적정 냉동기를 운전할 수 있는 스케줄 제어가 요구된다.
- 3) 냉열원 생산 설비별 열원생산 단가를 에너지 공급 단가의 변화에 따라 산출하고, 생산 설비의 용량을 파악하여 외기온도의 변화 및 시설의 사용현황을 적용한 일일 냉방 부하량을 예측하여 운영경비가 적게 되는 설비를 선택 운영하여 에너지 절감을 할 수 있다.

BEMS 구성의 예는 그림 1과 같다. 에너지 소비와 관련된 공조 열원기기의 사용상태 파악 및 제어를 관할하는 ‘공조 시스템 전용제어기’는 실제 기기들과 연동되어

있고 상위계층의 감시 및 관리 프로그램들과는 Ethernet 통신망을 통하여 연결된다. 상위계층에는 건물 전체의 열원기기 작동 상태를 감시하고 에너지 절약을 위한 에너지 관리 프로그램이 작동 중인 ‘중앙제어 및 감시 시스템’이 있고, 요소기기들의 에너지 소비형태를 다양한 그래프로 보여주고 데이터를 관리하는 ‘에너지 절약 제어 성능예측 프로그램’이 있다.

그림 2는 BEMS에 의한 에너지 절약을 위한 수요예측과 최적인전 제어 계통을 보여준다. 일기예보, 열원기기 운전이력, 에너지원별 단가 등을 고려하여 내일의 에너지 수요를 예측하고 수요에 합당한 경제적인 열원기기를 선택하고 최적인전 제어 알고리즘에 따라 운전을 준비한다.

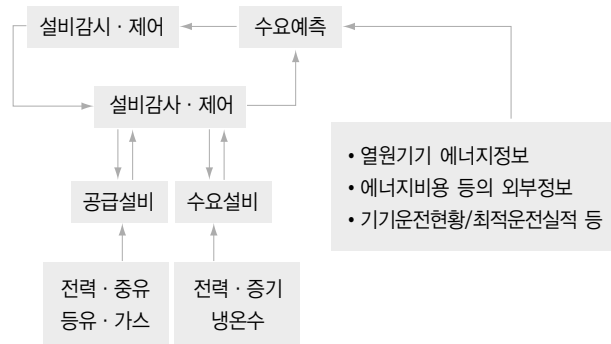


그림2. BEMS 수요 예측과 최적인전 계통

건물의 부하 수요와 외부 날씨 등에 따른 공조설비 최적인전은 다음과 같은 잘 알려진 제어 알고리즘이 적용된다.

### (1) 최적 기동/정지

최적 기동은 그림 3,4와 같이 건축물의 재실을 준비하기 위하여 종래의 고정된 시간설정에 따르던 방식과는 달리 외기 등의 부하조건에 의하여 최적기동 시간을 판단하여 기동함으로써 불필요한 예열, 예냉 시간을 줄이고 보일러나 냉동기의 초기 과부하를 줄여 전력 및 공조 에너지를 절감하는 기능이다.

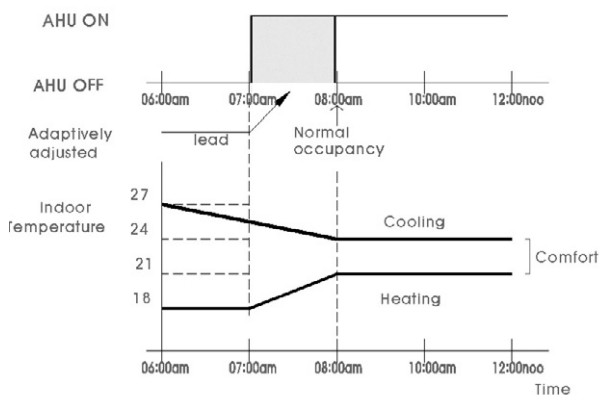


그림3. 최적 기동(Optimum start)

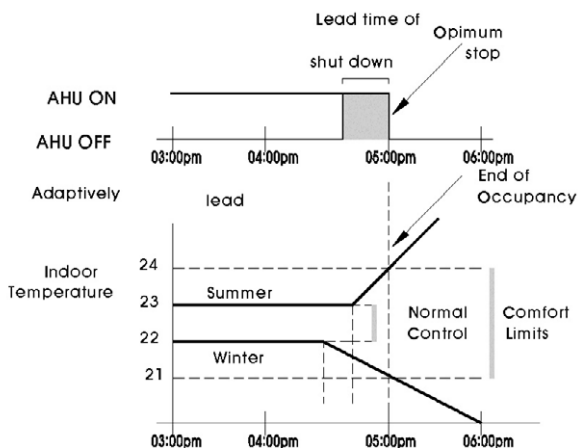


그림4. 최적 정지(Optimum stop)

## (2) 야간 운전 사이클(night cycle)

비 재실시간대에는 난방기의 경우, 최소온도, 냉방기에는 최대온도로 유지하기 위하여 댐퍼를 폐쇄하고 공조기를 주기적으로 가동한다.

## (3) 나이트 퍼지(night purge)

냉방기에만 적용되는 제어 방식으로 이른 아침의 외기를 이용하여 기계적인 냉방이 시작되기 전에 건물을 예냉하는 운전 방법이다. 외기온도, 외기의 이슬점온도, 실내온도를 분석한다. 외기가 하계-동계의 전환온도인 10°C보다 높을 경우, 외기온도가 실내온도 보다 낮은 경

우, 외기의 이슬점 온도가 15°C 보다 낮은 경우, 실내온도가 나이트 퍼지를 위한 최소온도인 24°C 보다 높을 경우에는 외기를 100% 실내로 도입한다.

## (4) 엔탈피 제어(enthalpy control)

환절기와 같은 중간기 동안에 외기의 공조부하가 순환공기의 부하보다도 낮을 때나, 외기를 냉방용으로 사용 가능할 때에 외기를 유효하게 도입 한다.

## (5) 제로 에너지 밴드(zero energy band)

실내 쾌적온도 범위를 냉방구역, 공조기의 가동이 불필요한 구역, 난방구역으로 나누어서 실내 공급공기를 동시에 냉·난방하므로써 생기는 에너지 낭비를 줄이고자 하는 제어방식이다.

여기서 냉·난방을 할 필요가 없는 구간을 제로 에너지 밴드라고 하는데 실내온도가 최소와 최대값 사이에서 자유롭게 유동하게 허락함으로써 에너지의 낭비를 줄이고자 하는 제어방식이다. 만약 외기의 상태가 냉방에 적합하다고 판단되면 혼합공기의 댐퍼를 제어한다.

## (6) 부하 재설정(load reset)

실내의 설정온도를 만족시키는 최소 냉·난방 에너지가 사용되도록 한다. 실내의 온도가 샘플링 되고 냉·난방공기의 온도를 재설정하기 위해 최대부하의 구역이 사용된다. 즉, 실내 여러 구역들에서 감지되는 다양한 온도 중에서 난방의 경우는 최저온도, 냉방의 경우는 최고온도에 맞춰 가변적으로 냉·온수 코일의 온도를 설정하는 것을 말하며, 이를 통해 모든 실내 구역을 가장 쾌적한 상태로 유지 할 수 있게 해준다.

## (7) 절전 사이클(duty cycle)

주어진 재실시간 내에서 공조장치를 연속적으로 가동하지 않고 그림 5, 6과 같이 일정주기별로 실내조건에 맞는 정지시간 길이를 판단하여 쾌적한 환경을 유지하면

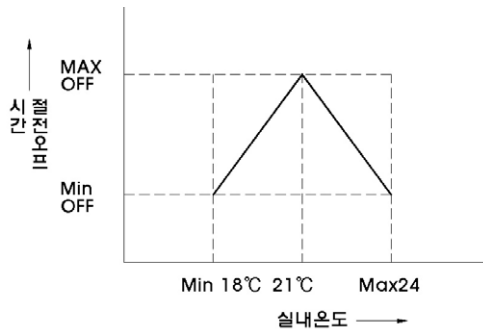


그림5. 절전운전 프로그램

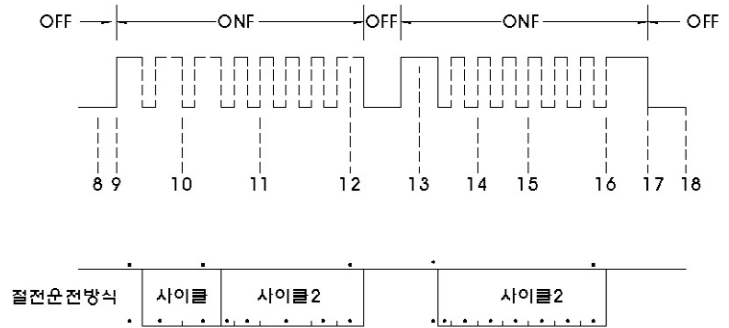


그림6. 절전운전 제어의 실행 예

서 공조장치를 간헐적으로 정지시켜 에너지를 절감하는 기능이다.

### (8) 외기도입량 제어

난방에서 필요 이상으로 외기를 취입하는 것은 에너지를 낭비하는 것이 되기 때문에 공조기에 설치된 각종 검출기에 의해 외기 및 공조기에서 공급, 회수되는 공기

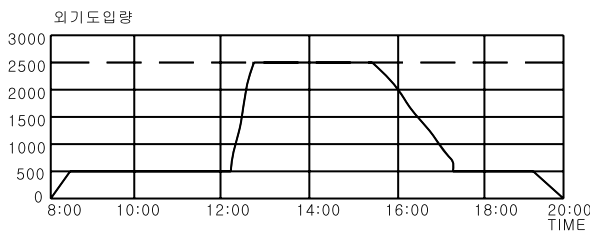
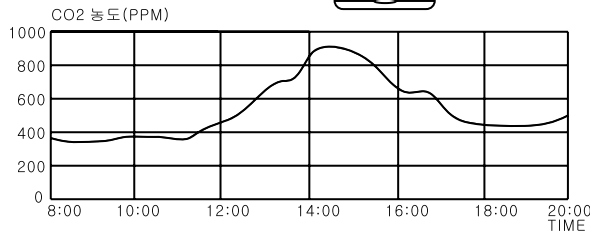
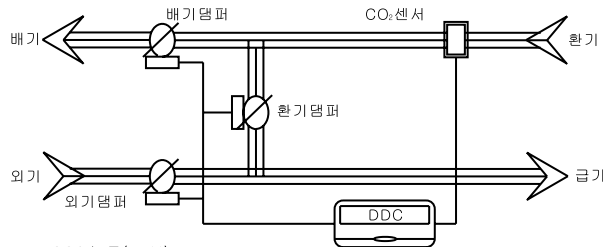


그림7. 이산화탄소 농도 제어

의 온도, 습도조건과 공기의 유입량 등의 필요한 제반정보를 컴퓨터에서 수집, 외기도입량을 적절히 제어하지 않으면 안 된다. 외기도입량 제어방법으로는 시간에 의해서 운전패턴을 바꾸어 댐퍼를 스케줄 제어하는 방법과 CO<sub>2</sub> 검출기에 의해 CO<sub>2</sub>의 농도를 감지하여 댐퍼를 조작하여 외기도입량을 제어하는 방법이 있다. 여기서 CO<sub>2</sub> 검출기는 1,000ppm을 기준으로 하고 800ppm 이상에서 작동하는 것이 일반적이다. 외기냉방을 주로 하는 경우에는 외기온도에 따라 도입량을 제어하며, 실내습도에 알맞은 가습량을 제어한다.

### (9) 가변풍량제어

가변풍량은 실내에 공급되는 공기량을 각실에 대응하는 온도 검출기에 의하여 가변풍량 유닛의 댐퍼를 개별 제어하는 시스템으로 사용빈도 및 실내의 조건에 따라 대응할 수 있도록 설계된 시스템이다. 따라서, 가변풍량 방식은 주간과 야간, 평일과 휴일, 하절기와 동절기로 구분하여 최적제어 할 수 있도록 특수기능 검출기가 사용되고 있다.

### (10) 열원기기의 운전대수 제어

실내온도는 공기에 의해 조절되나 기후조건과 실내의 사용 현황에 따라 공조기가 필요로 하는 열량은 변동하게 된다. 따라서 공조기에 냉수와 온수를 보내기 위해서는 열원을 공급하는 냉동기 또는 보일러 등의 열원기기

의 부하가 변동하게 된다. 일반적으로 열원기기는 고유의 부하특성을 가지고 있으며 특히 저부하 운전시 효율이 크게 떨어지기 때문에 이 같은 부하변동에 대해서 여러 대의 열원기기를 설치함으로써 병렬운전이 가능하고, 또한 운전 중의 기기는 고효율 부하점에서 사용함으로써 가장 효율이 좋은 운전이 되도록 대수제어 방식을 채용하면 에너지절약 차원에서 바람직하다.

### (11) 냉·온수 펌프수 제어

열원기기에서 만들어진 냉·온수는 송수펌프로 각 공조기로 보내어지지만 각 공조기에서의 필요한 냉·온수량은 조건이 다르기 때문에 차이가 있다. 따라서 전체의 송수량은 시간이 경과함에 따라 변동이 생기므로 항상 일정한 양을 송수하고 있는 경우에 필요 없는 냉·온수는 송수펌프의 2차측 송수관과 환수관사이에 설치한 보조관을 통하여 순환한다. 그래서 항상 송수량을 일정하게 한다는 것은 낭비가 많기 때문에 에너지절약을 위하여 소형펌프를 여러 대 설치하여 냉·온수의 필요량에 따라 운전대수를 제어하는 것이 일반적이다. 대수제어를 하는 대신 인버터에 의한 전동기의 회전자제어로 송수량의 아날로그제어도 하고 있는데 이것이 VVVF에 의한 가변속 제어이다.

### (12) 부하와 축열 용량의 최적화

보일러, 냉동기 등의 열원기기를 최적으로 운전하기 위하여 축열조에 의한 공조방식의 도입이 효과가 크다. 또한 열원기기는 사용 전력도 많기 때문에 최적화 운전은 수요제어 효과에 크게 영향을 준다. 건축물 전체에 24시간의 부하변동을 예측하여, 축열량과 대응한 열원기기의 운전 스케줄을 세우고 매일의 변동에 대해서는 열원기기의 운전시각을 예측하여 스케줄 변경을 명령한다. 건축물에 따라 다르지만 적절한 피크운전 이상을 제한하는 경우는 전부하에 대해 약 20% 정도이며 이 부분에 대해 축열을 계획한다면, 냉동기의 용량을 줄일 수 있고 값싼 심야 전력을 이용함으로써 운전비용을 줄일 수

있어 경제적인 효과가 크다.

## 3. 일본의 BEMS 운용 사례

일본에서도 BEMS는 아직 시범사업 단계에 있어 에너지 관련 정부조직인 NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization)의 재정지원으로 이루어진 시범사업의 사례가 많다. 예컨대, 일본 동경가스 주식회사의 신과학관의 경우 BEMS 도입 전후를 비교하면 11.4%의 연간 에너지 절감을 이루었다.

또 다른 사례는 Bay Quarter Yokohama라는 건물(그림 8)이다. 이 건물에서는 BEMS를 활용한 결과 무려 31.7%의 에너지 절약이 가능하였으며 BEMS의 구체적 실시와 관련기술자의 구체적 노력을 소개한다.



그림 8. Bay Quarter Yokohama

구체적인 BEMS 활동내역은 다음과 같다.

- 1) 건물 전체의 에너지 사용 상황을 기록, 분석한다.
- 2) 세입자를 포함한 용도별의 에너지 사용 상황을 기록, 분석한다.
- 3) 각 세입자에 대해서도 에너지 절약에의 이해와 협력을 얻을 수 있도록 계획의 홍보에 노력한다.
- 4) BEMS에 의해 기록되는 전자 데이터는 항상 읽고 쓰기 쉬운 형태로 보관 관리한다.

BEMS의 주된 실시내용은 표1과 같다. 표1에서 공조 부분은 전철에서 언급한 공조설비 최적제어 운전의 일부를 나타낸다. 표2는 BEMS 운용과 관련한 관제점의 특



그림9. BEMS 중앙관제실

성과 관제점 수를 나타낸다. 에너지의 효과적 절약을 위해 많은 관제점이 요구되나 표2와 같은 많은 수의 관제점은 계측기 비용 증대, 데이터 관리 비용 및 복잡한 분석프로그램의 필요 등으로 인하여 BEMS의 경제성 확보에 불리할 수 있다.

중앙 감시장치는 계통마다 전기량, 가스량, 열량, 운전 시간을 계량하여 상황을 용이하게 파악 가능하도록 비주얼로 표시한다. 또, 데이터는 3년 이상 보관한다. (보관 데이터 종류는 장표(세월보 데이터, 에너지 관리 소프트웨어 계통별 수집 데이터 등) 공조·전기 중앙 감시 기능은 운전 스케줄 설정이 상황에 따라 변경되어 쓸데없는 공조, 전기 에너지가 소비되어 있지 않은가를 정기적으로 기록, 체크한다. 또한 각 공조기 계통의 온습도 설정 상황을 정기적으로 기록하여 계절, 상황에 따른 변경

표1. BEMS의 주된 실시 내용

구분	분류	항목	실시내용
중앙감시		스케줄 관리	기기, 조명등의 기동정지 스케줄의 설정, 관리를 실시한다
		데이터 보존	서버에 수집 데이터를 보존한다
공조	외부 공기 도입 제어	바깥 공기 냉방 (공조 시간내)	전기 실내의 냉각으로 바깥 공기 자연 환기 가능시기에 패키지 에어콘을 정지해 제1종 환기
		열교환기 (전열교환기 등)	도입해 바깥 공기와 실내 배기의 열교환
		워밍업 (바깥 공기 컷)	바깥 공기 처리 공조기와 패키지 에어콘의 운전관리를 타임 스케줄로 실시해 실현
	환 기	농도제어 (CO 등)	주차장 환기팬을 실내 CO농도 상황에 의해 인버터로 가변속운전
		스케줄 운전	스케줄에 의해 자동적으로 기동정지를 실시한다
열원제어	대수 제어	냉온수 발생기 2대의 대수 제어	
전기	조명	스케줄 제어	타임 스케줄에 의한 점멸 제어

표2. BEMS 수집 데이터

에너지 구분	기기명칭 및 항목	관제점
열원동력	흡수식 냉온수기, 패키지 에어컨	103 points
펌프 동력	냉온수 펌프	2 points
조명 콘센트	점포 조명, 콘센트	87 points
그 외 동력	공조기, 엘리베이터, 에스컬레이터, 점포 동력	126 points
열원 가스	흡수식 냉온수기	2 points
	관제점 합계	320 points

을 하고 있는지 관리한다. 이러한 사항은 전설에서 언급한 건물 최적운전 결과를 설비관리자가 수시로 체크하여 함을 의미한다.

사용 열량의 경우, 부하측에서 사용되는 열량을 기록하여 에너지 소비 실태를 매월 확인한다. 소비 에너지가 과잉인 경우에는 시계열 그래프 형태로 공조 계통마다의 사용 상황을 분석하고 시정한다. BEMS의 효과를 극대화할 수 있는 것은 결국 관리자의 개입에 의해서 가능하므로 항상 사용 열량 저감의 가능성이 없는가를 BEMS로부터 얻을 수 있는 구체적 데이터에 기초를 두어 검토하고 개선을 도모한다.

전력량과 가스량의 경우, 각 계통의 사용 전력량 및 열원 기기의 전력량, 가스량의 기록을 실시해 적정한 에너지 소비인지를 확인한다. 소비 에너지가 과잉인 경우에는 다음의 조치를 실시하여 시정한다.

- ① 외조기의 경우, 전열교환기의 능력 확인, 바깥 공기 냉방 전환 판단 조건의 확인, 분석
- ② 열원 기기의 경우, 흡수식 냉온수기 대수 제어의 운전 기록의 확인, 분석

그 외 항상 사용 열량 저감의 가능성이 없는가를 BEMS로부터 얻을 수 있는 구체적 데이터에 기초를 두어 검토하고 개선을 도모한다.

#### 4. 국내 BEMS 보급 및 활성화 장애요소

BEMS를 효율적으로 운용하면 연간 소비에너지를 최소 10% 이상을 줄일 수 있음에도 불구하고 BEMS의 사용이 활성화 되지 않았다.

가장 큰 이유는 제어의 안정성과 운전여건 변화에 대한 유연성 부족이다. BEMS는 수십~수백 개 이상의 센서와 작동기가 연동하여 작동하는 복잡한 장치이기 때문에 하나의 센서나 작동기만 오작동을 해도 전체 제어가 불안정해 질 수 있다. 그리고 사용환경이 변하여 제어 설

정을 변경하려해도 다른 제어 영역에 모두 영향을 미치므로 설비 운전자가 자동운전을 포기하고 수동으로 운전하는 경향이 있다. 또한 최적제어 운전프로그램을 계절, 부하 종류 등에 따라 최적으로 운전하기 위해서는 BEMS에 대한 전문적 지식을 갖추고 설비를 지속적으로 관리해야 하는데 이러한 자질을 갖춘 엔지니어를 관리자로 고용하기에는 인건비 부담이 큰 것이 현실이다.

그리고 국내 건물에 설치되는 BEMS는 대부분 해외 유명제품을 그대로 모방하거나 직접 수입 판매하는 형태이기 때문에 BEMS 공급업체의 경우 국내실정과 고객의 불편을 즉각 수용할 수 있는 BEMS 프로그램 개발 능력이 낙후되어 있다는 점이다.

설비의 자동제어에만 주안점을 둔 기존의 건물자동제어 프로그램과는 달리 BEMS는 에너지 절약을 목적으로 하기 때문에 기존 자동제어용 센서 이외에 열량계와 같은 에너지 관련 계측기를 추가로 설치해야 하므로 비용 부담이 증가한다. BEMS에 필요한 부하수요 예측 프로그램도 사용하기 복잡한 구조이거나 신뢰성이 확보되지 않아 보편화되어 있지 않다. 특히 BEMS의 투자비 대비 에너지 절약비용의 경제성 확보가 상대적으로 열악한 중소형 건물의 경우에는 보급 및 활성화를 위한 기반연구가 선행되어야 한다.

#### 5. 국내 BEMS 보급 및 활성화를 위한 개선 방안

BEMS에 의한 건물에너지 절약은 무수히 많은 방법이 있을 수 있다. 건물 용도 및 설비가 다양한 만큼 개선방법도 다양할 수밖에 없으며 이 모든 상황을 자동제어 프로그램만으로는 해결할 수 없다. 결국 에너지 절약에 관심을 갖는 건물소유주, 설비 관리자 및 ESCO 사업자 등의 인적 노력이 가장 중요한 요소이다. 인적 요소 외 기술적 측면은 다음과 같이 정리할 수 있다.



첫째로 설비의 고장 및 성능 열화가 에너지 소비의 가장 큰 요소이므로 BEMS 공급업체들은 신뢰도가 높은 고장진단 및 예지 프로그램을 개발해야 한다. 고장결과는 건물 관리자 및 ESCO 업체 등에 연락되어 신속히 해결되도록 해야 한다.

두 번째는 건물 최적운전 프로그램의 운용 극대화이다. 설비 고장이 있는 경우 최적운전 프로그램이 제대로 작동하지 않으므로 설비관리자는 수동운전을 하게 되고 그 결과는 에너지 낭비의 초래이다. 따라서 해당 건물의 에너지 절약을 관리하는 ESCO 업체는 BEMS 데이터를 원격으로 감시하여 자동운전이 실시되지 않는 경우 이를 개선하도록 지도할 필요가 있다.

세 번째는 BEMS 시스템 표준화이다. 건물마다 적용되는 제어기, 통신방식 및 제어프로그램 환경 등이 모두 달라서 이전업체가 설치가 건물자동제어 시스템을 모두

폐기하기 전에는 새로운 시스템 구축이 불가능할 정도이다. 국가적 에너지 절약을 위해서는 국가적 차원에서 BEMS를 위한 표준 관제점 지정, 표준 건물최적운전 알고리즘 개발 등을 통하여 BEMS에 필요한 최소한의 소프트웨어 기술을 표준화하여 다양한 업체들이 진출하고 경쟁할 수 있도록 유도해야 한다. 특히 서울의 대부분을 차지하는 중소형 건물의 BEMS는 투자비 대비 경제성 확보가 취약하므로 국가적 차원의 기반연구를 통해 경제성이 확보될 수 있는 저렴하면서 효과적인 BEMS의 표준설계가 요구된다. 자동제어 하드웨어도 저렴한 공개통신방식을 선정하여 일부업체의 통신독점에 의한 비효율적이고 고비용 구조인 기존 BEMS를 개선해야 한다.

BEMS의 보급과 활성화는 아직 요원하지만 해결방안이 제시되어 있으므로 국가적 에너지 절약과 자동제어분야의 산학연 공동 발전을 위하여 함께 힘써야 할 때이다. ㉠



무한지식

우리가 잃어버린 수많은 양말 한 짝의 행방은?

늘 쓰던 물건이 어느날 갑자기 없어지거나 양말 한 짝이 감쪽같이 자취를 감췄을 때, 집 안 어딘가에 물건을 빨아들이는 블랙홀이 있는 것은 아닌가 하는 생각을 더러 해보았을 것이다. 나중에 이사 갈 때 나오겠지, 하면서 넘어가지만 막상 이사할 때도 숨겨진 보물창고가 발견되지 않는 경우가 많다. 도대체 사라진 양말 한 짝은 어디로 갔을까?

물론 대부분은 대수롭지 않게 넘어가겠지만 그 문제에 매달린 과학자들이 최근에 ‘양말 한 짝 분실 사건’ 미스터리의 가설을 발표했다. 이 가설을 세운 과학자들은 사건의 실마리를 양말이 마지막으로 목격된 세탁기에서 찾아냈다.

우리나라에도 건조 기능이 있는 드럼 세탁기가 대중화되었는데, 사건은 바로 세탁기의 건조 기능이 작동했을 때 발생한다는 것이다. 건조 기능을 누르면 뜨거운 열기가 나오면서 빨래 속에 숨어 있는 물 분자를 증발시키게 된다. 그런데 바로 그때 양말에도 화학적 변화가 일어나서 분자로 분해된 다음 세탁기 밖으로 배출된다는 것이다. 과학자들은 그 증거로 건조기를 돌리고 나면 세탁기 안에서 ‘호존’이라는 물질이 발견된다는 점을 들었다. 호존은 구멍을 뜻하는 ‘홀(hole)’과 ‘오존

(ozone)’의 합성어로, 양말을 만드는 섬유 중 하나인 폴리에스테르 사이사이의 구멍을 채우는 오존을 가리키는 말이다. 과학자들은 세탁기 안에서 호존 농도가 아주 높아지면 양말이 분해되어 공기중으로 사라진다는 가설을 세웠다. 물론 호존이 양말을 왜 분해시키는지 그 이유는 정확히 알 수 없다. 구멍을 채우는 물질이 강력하게 양말 사이로 파고들어 양말을 눈에 안 보이는 아주 작은 알갱이로 흩어놓았을 것이라고 추측만 할 뿐이다.

‘과학자들이 할 일이 없어서 이런 걸 연구했을까’ 싶기도 하고, ‘너무 황당한 가설이 아닌가’ 싶기도 할 것이다. 그런데도 이 가설을 소개한 이유는 과학은 이렇듯 아주 가까운 곳에서 출발한다는 것을 알리고 싶었기 때문이다.

아무튼 이러한 ‘양말 분해설’이 등장하자 또다시 이런 연구가 꼬리에 꼬리를 물고 있다고 한다. 전 세계에서 그런 식으로 분해된 수많은 양말들이 공중에 두둥실 떠 있다면 태양빛을 차단해서 지구 기후에 영향을 미치는 것은 아닐까? 양말 분자로 뒤덮인 지구라니, 좀 걱정이 되긴 한다.

- 「정재승의 도전! 무한도전」 중에서