

건물 에너지관리시스템(BEMS) 적용현황 및 향후 전망

글 / 한남대 건축공학과 곽노열 교수

BEMS 국내외 적용 및 연구 현황

건물의 에너지를 절감하고, 적절한 실내환경을 유지하기 위해서는 건물에서의 에너지 절감 목표를 명확히 수립하고, 건물의 현재 상태를 파악하며, 절감목표를 달성하기 위한 방안으로의 건물에너지관리시스템(Building Energy Management System, 이하 BEMS)이 필수적이다. 우리나라에서는 건물부문에서의 연간 에너지소비량이 매년 크게 증가하고 있어 이와 같은 건물의 에너지소비량을 근본적으로 줄이기 위해서는 BEMS가 보다 철저히 수행되어야 한다. 이를 위해 정부는 건물에너지 효율등급제도와 친환경건축물 인증 제도를 운영하여 주거·비주거 건물에 대한 에너지관리를 유도하고 있다. 또 서울시는 1000㎡ 이상 공공건축물의 에너지 소비량을 연간 345 kWh/㎡(공동주택 215 kWh/㎡) 이하일 경우에만 인·허가를 내주도록 하는 건축물 에너지소비 총량제를 도입했고, 향후 민간분야까지 확대한다는 계획이다. 민간에서도 효율적인 BEMS 운영체계를 통해 건물의 에너지 사용량이 절감될 수 있다는 선진 각국의 사례가 계속 보고됨에 따라 BEMS는 건축주에게는 물론 국가적으로도 큰 이익을 주는 중요한 요소로 부각되고 있어 이에 대한 기술개발 및 투자가 활발히 수행되고 있다.

이와 같이 BEMS의 관심이 최근 증가함에 따라 BEMS가 우리나라에 정착하기 위해서는 BEMS가 단순히 건물에너지와 관련된 정보수집 장치로서의 기능이 아니라 건물에서의 통합적인 에너지절감 체계라는 목적에 부합되어 에너지를 효과적으로 절감되도록 하기 위한 방안 마련이 필요하다. BEMS가 건물에서 무엇을 수행하고 있고, BEMS를 통한 효과에 대해 비용대비효과와 같은 평가결과가 제시되어야 한다. 이것은 우리나라 건물 에너지관리의 방향을 제시하기 위해서도 필요하다.

건물 에너지관리 기술가운데 HVAC 제어기술은 초기에는 업체별 자체 프로토콜을 사용하였으나, 다양한 기기들 간의 상호 호환성 및 제어의 효율성을 높이기 위해 개방형, 표준형 프로토콜을 도입하기 시작하였으며, 현재 BACnet, LonWorks, MODbus 등이 대표적으로 채택되어 운용되고 있다.

〈표 1〉은 최근 준공되거나 설계중인 우리나라 BEMS 건물사례이다. 신축 건물이 다수이나 기존 건물 가운데에서도 건물 리모델링 작업을 통해 건물에 BEMS를 적용하거나, 에너지절

감효율을 향상하기 위한 에너지절감 진단을 통해 BEMS 적용에 대한 타당성 검토 작업을 수행하고 있다.

〈표 1〉 준공되거나 설계중인 BEMS 건물사례

건물	구분	용도	연면적(m2)	준공년도	비고
삼성서초사옥	신축	오피스	195,438	2008년	준공
홈플러스 무의도 연수원	신축	연수원	16,020	2011년	준공
SK케미칼연구소	신축	연구소	47,703	2010년	준공
삼성엔지니어링 GEC (Grobal Engineering Center)	신축	오피스	180,000	2012년	공사중
LG 트윈타워	기존	오피스	157,835	1987년	공사중
삼성전자 R5	신축	업무시설	181,986	2013년	설계단계
삼성서울병원	신축	병원	-	-	검토단계
신한금융그룹 데이터센터	신축	IDC센터	-	-	설계단계
아주대학교	기존	교육	-	-	검토단계
성균관대학교	기존	교육	-	-	검토단계
계명대학교	신축	교육	-	-	검토단계

삼성서초사옥 구축사례

국내 대표적인 BEMS건물인 삼성서초사옥에 적용된 BEMS 레벨은 〈표 2〉과 같고, 일본 공기조화위생공학회에서 제시한 BEMS Level은 〈표 3〉과 같다. 일본의 BEMS를 벤치마킹하고, 국내 실정을 고려하여 Level 1에서 Level 3의 범위로 구성되어 평균 2.5 수준의 Level로 구축되었다.

〈표 2〉 삼성서초사옥 적용 BEMS 레벨

구분	적용장비	Level		
		1	2	3
열원	냉동기(스틸터빈, 터보)			○
열원, 급탕	보일러(노통연관, 관류형)			○

Column 1

열원	냉각탑	○		
열원	펌프(냉수, 냉각탑)		○	
열반송	공조기	○		
열원	DVM	○		
조명/콘센트	조명, OA부하	○		
동력	급배기팬, 급배수펌프	○		
시수	시수/냉각탑 보급수	○		

Level 1 : 에너지소비량 파악 파악, 조회/분석
 Level 2 : 장비성능(효율) 평가 및 제어포인트 조회/분석
 Level 3 : 장비 제어성능 및 에너지성능 평가와 확장 포인트 조회/분석

<표 3> BEMS Level (출처 : 일본 공기조화위생공학회)

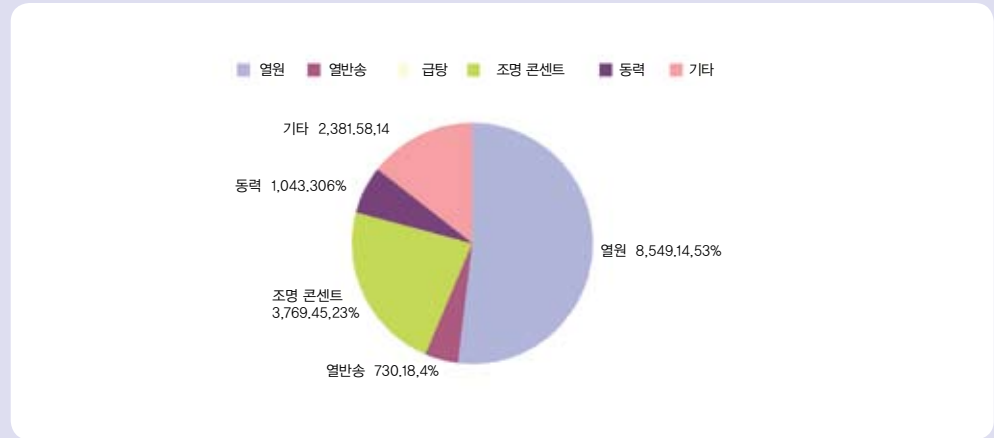
Level 0 전체 에너지	<ul style="list-style-type: none"> - 건물 전체의 에너지 소비를 시간단위, 일단위로 계산 - 건물 전체의 에너지 소비 실태를 파악하는 것이 가능 - 계절, 요일, 시간대별 소비경향을 분석하여 최적에너지 계약을 선정함 - 에너지절감법의 보고의무는 이 Level에서는 상관이 없음
Level 1 에너지 용도별	<ul style="list-style-type: none"> - 용도별 에너지 소비를 파악 - 에너지 소비를 용도별로 파악함으로써 효과가 있는 에너지 절감대책을 선택하는 것이 가능 - 타 건물과 비교하여 조명에너지 소비가 크다면 조명안정기 교환, 반송 동력이 크다면 FAN의 인버터화 등 건물의 이용 상황에 따라 적절한 에너지 절감대책을 선택
Level 2 에너지 계통별	<ul style="list-style-type: none"> - 계통별 에너지 소비를 파악 - 이상구역의 발견이나 에너지 절감대책을 준비하는 구역의 선정을 실시하는 것이 가능 - 에너지 절감대책 항목을 어느 정도 선택한 후, 계통마다의 상황을 파악하여 정밀로 대책이 유효한지 판단 - 복수 계통을 비교하여 우선적으로 대응해야 하는 계통을 발견하는 것이 가능
Level 3 특정기기, Floor 단위	<ul style="list-style-type: none"> - 특정 기기나 기준층의 계측을 실시 - 열원 기기의 효율 관리를 실시하여 갱신이나 오버홀의 판단이 가능 - 기준층을 중심으로 계측하여 보다 상세한 동작 검증을 실시하는 것이 가능하여 설비운용, Parameter 설정의 최적화가 가능

구축된 주요 기능으로는 에너지원별/설비용도별/계통별/장비별 계량 데이터관리, 에너지 사용에 대한 증감 원인 추적 및 분석, 에너지 소비량 자체분석을 통한 건물의 에너지 절감을 수행할 수 있다. 계량/계측을 위한 장비별/용도별/계통별 분류에 의하여 369개소에 계량기 및 계측기 설치되었다. 계량/계측되는 데이터는 BAS(HVAC, ELEC 자동제어 시스템) 시스템과의 Interface를 통하여 1분 데이터 수집 및 취합된 데이터를 15분간의 누적 및 평균값을 활용하여 에너지 분석 및 성능평가 그래프를 표출하는 방식으로 개발되었다. 연간 에너지사용량의 용도별 비율은 <표 4>와 <그림 1>와 같으며, 에너지사용량 및 절감비율은 <표 5>와 같다. 연간 3.8 - 14.4%의 절감비율을 나타내고 있다.

<표 4> 삼성서초사옥 에너지사용량 용도별 비율

에너지소비분류	에너지소비 기기		연간 에너지 사용량 [Gcal]	비율[%]
	항목	세부항목		
열원	열원분체	냉동기, 보일러 외	8,549	53
	보조동력	냉온수1차펌프, 냉각수펌프, 냉각탑 외		
	개별공조기	DVM		
열반송	물 반송	냉온수2차펌프	730	4
	공기 반송	공조기		
급량	열원분체	보일러, 순환펌프		0
조명콘센트	조명/콘센트	조명/콘센트	3,769	23
동력	환기	급/배기 팬	1,043	6
	급배수	급/배수 펌프		
기타	기타	기타	2,381	14
계			16,473	100

〈그림 1〉 삼성서초사옥 용도별 에너지사용량 비율



〈표 5〉 삼성서초사옥 에너지사용량 및 절감비율

구분	에너지 사용 실적			절감 비율		
	08년 실적	09년 실적	10년 실적	08년 실적 대비	09년 실적 대비	
전력	사용량[Mwh]	12,275.6	11,132.2	11,367.4	▽ 7.4%	△ 2.1%
도시가스[LNG]	사용량[Nm ³]	771,288.0	669,449.0	590,600.0	▽ 23.4%	▽ 11.8%
합계	사용량 [Gcal]	18,655.5	16,602.9	15,977.3	▽ 14.4%	▽ 3.8%

GS강남타워 BEMS 타당성 검토 연구

건물은 준공 이후 시간이 경과되면서 물리적 노후화와 기기의 성능저하가 발생함으로 에너지 성능이 준공 당시와 비교하여 현격하게 저하된다. 건물에서 건물에너지관리에 대한 관심과 중요성이 증대하면서 신축건물뿐만 아니라 기존에 지어진 건물을 대상으로 건물의 에너지 사용량을 절감하려는 방안 모색이 이루어지고 있다. 기존 건물에서의 에너지사용량을 절감하기 위해서는 기존 건물에 대한 에너지 특성, 즉, 건물의 에너지 사용량을 계량하고, 에너지 사용량이 적절한가에 대한 평가와 비효율적인 에너지사용 여부에 대한 정량적 규명이 이루어져야 하며, 이를 바탕으로 실질적인 에너지절감이 이뤄지도록 효율성 있는 기기 및 시스템 운영 방안이 제시되어야 한다. 이에 1999년 준공되어 11년이 경과된 GS강남타워에서는 에너지 사용현황을 진단하고, 선진 우수건물의 관리현황과 에너지관리시스템을 Benchmark하여 비교하며, 에너지사용량을 절감하기 위한 개선방안, BEMS 적용방안, 투자비용 및 절감비용을 고려하여 BEMS적용의 타당성 검토를 수행하였다.

한국전자통신연구원(ETRI) 고효율 건물에너지 감응형 EMM 플랫폼 기술 개발

한국전자통신연구원(ETRI)에서는 2010년부터 지식경제부의 산업원천기술개발사업인 고효율 건물에너지 감응형 EMM 플랫폼 기술 개발 연구를 수행하고 있다. 단위건물별 에너지

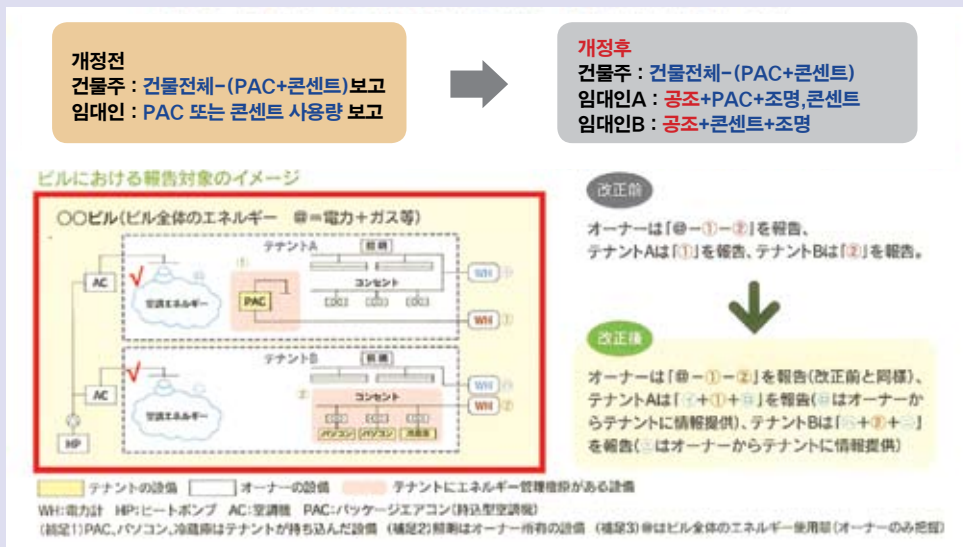
관리 및 낮은 수준의 에너지 관리 기술 등으로 인한 기존의 저효율 고비용 에너지 관리 수행 체계를 향상시키기 위하여, 원격 EMM(Energy Monitoring & Management) 관제센터를 기반으로 다수의 건물에 대한 에너지 소비 데이터 원격 수집, 분석 처리를 통하여, 각 건물의 에너지 사용량 추이, 에너지 낭비요소 및 자동제어 운전상태 등을 모니터링 하여, 각 건물별 에너지 절감 대책을 제공하여 건물 에너지 관리자가 건물 에너지를 최적화 할 수 있도록 에너지 관리를 지원하는 고효율 저비용 원격건물 에너지관리 플랫폼 기술개발을 이룩하기 위한 요소기술 중의 일부분인 건물에너지절감 대책 분석 및 원격건물 에너지 설비 유지보수 기술을 대상으로 한 건물에너지관리 효과 분석을 위한 평가지표와 EMS/BAS 데이터 기반 빌딩 에너지 절감 요소 분석 및 도출 기술을 개발하고 있다.

NTT Facilities Gran Park 본사 BEMS 리모델링 사례

일본에서는 에너지절감법이 2010년 4월 개정, 강화되면서 임대 사무소건물에서는 입주한 사무실 별로 에너지 사용량을 파악하고 있다. 이는 임대 사무소건물의 경우 건물주와 입주자 사이에 설비의 소유권과 실제의 에너지 사용이라는 분리로 인한 입주자가 자발적으로 에너지를 절감하더라도 이에 대한 절감량이 건물관리비에 반영되지 못하는 문제점이 발생하였으나, 법을 개정함으로써 건물주와 입주자 사이의 양자가 일체가 되어 에너지 절감을 수행할 수 있는 체제를 구축하도록 계량시스템이 <그림 2>와 같이 임대건물에 설치되도록 의무화하고 있다. 따라서, NTT Facilities Gran Park 본사는 이에 대응하기 위해 BEMS 리모델링 공사를 대대적으로 시행하였으며, 이때 시행된 에너지절감 항목은 <표 6>과 같다.

<그림 2>임대사무소 건물 에너지사용량 계측장치 의무화

임대건물에서 건물주와 임대원 쌍방이 협력하여 에너지관리를 수행하도록 유도



〈표 6〉 NTT Facilities Gran Park 본사 BEMS 리모델링 공사 에너지절감기술 항목

설비	에너지절감 항목	내용	
공조설비	실내온습도의 적정관리	운용에 의한 설정값 완화(냉방28℃, 난방20℃)	운용개선
		제어개선에 의한 설정치 완화(쾌적도, PMV값)	소규모개수
	운전시간의 적정화	간헐운전에 의한 운전시간 단축	운용개선
	외기량 절감	CO2농도, 재실자에 의한 외기량 절감	운용개선
	외기량방재어	외기량방기간 연장(동절기)에 의한 냉수사용량 절감	소규모개수
	반송동력 절감	인버터 설정치, 실내온도 적정화	운용개선
		공조기 인버터 도입에 의한 공기반송 동력 절감	소규모개수
		VAV + 인버터도입에 의한 공기반송 동력 절감	소규모개수
	증기방열 방지	증기 밸브재킷에 의한 방열방지	소규모개수
	mixing loss 방지	냉난방 혼재운전 방지	소규모개수
기동시 운전시간 절감	최적기동시간 연산에 의한 기동시운전시간 절감	소규모개수	
free cooling 채택	동절기 냉각수 이용에 의한 냉방화	소규모개수	
열원설비	열원설비 운전의 적정화	열원설비 설정값, 로테이션, 기동시간 개선	운용개선
		열원기기 COP에 의한 운전관리	소규모개수
	축열탱크 운전의 적정화	고효율운전, 불가예측에 의한 운전시간 적정화	소규모개수
펌프 운전 적정화	펌프 댁수제어의 고효율운전	소규모개수	
조명설비	숙아내기 운전	과잉조명의 시간대에 의한 숙아내기 운전	운용개선
	간헐운전	점심시간 소등	운용개선
	재실센서	불필요한 공용부의 재실센서에 의한 소등	소규모개수
	주광센서-조명제어	주광센서에 의한 조도, 운전제어	소규모개수
	고효율 Hi 조명	고효율 Hi조명 채용	소규모개수
위생설비	수전, 후레쉬밸브 조정	수량의 소유량으로의 조정	운용개선
	의음장치 채택	절수강화	소규모개수
	위생펌프 동력절감	위생펌프 인버터 도입에 의한 동력절감	소규모개수

BEMS 향후 전망

스마트 그리드와 BEMS

우리나라에서는 2030년까지 15대 그린에너지 분야에서 전략방향과 연도별 연구개발 (R&D) 일정, 사업화전략, 투자 소요액을 담은 제2차 그린에너지 전략로드맵을 수립했으며, 이 가운데 에너지절약형건물 분야와 스마트그리드 분야가 포함되어 있다. 이 기술이 건물에서 목표를 달성하기 위해서는 에너지관리 기술이 핵심수단이 될 것이며, 따라서 스마트그리드와 연계된 BEMS의 실용화와 최적화에 대한 연구개발 및 투자가 지속적으로 이루어질 전망이다.

또한, 일본에서도 2011년 NEDO에서 에너지절약기술전략을 수립하여 2020년까지 신축 공공건물에 대해 ZEB실현을 목표로 건물에너지관리 분야에서 2020년까지 최적제어 및 에너지저장기술을 실현하고, IT기기 네트워크화 와 센서기술을 이용하여 건물내 재실자 행동패턴을 고려한 제어기술 실현을 목표로 연구개발을 수행하고 있다.

일본 BEMS 적용시 문제점 및 대응 방안

국내에서 BEMS에 대한 관심과 적용이 활발히 이루어지고 있는 현재의 시점에서 우리보다 앞서 BEMS 시장이 형성된 일본에서의 BEMS 문제점을 고찰하는 것은 의미가 있다. 이를 통해 우리의 BEMS 방향을 설정하는데 도움이 될 수 있기 때문이다. 일본에서 BEMS를 활발히 적용되기 시작한 것은 에너지절감법 개정에 따른 규제 강화와 NEDO의 보조금제도(BEMS도입지원사업)에 의한 보급촉진방법 등으로 BEMS의 도입사례가 증가하였다. 그러나, BEMS의 도입사례 건물이 증가하는 반면, BEMS가 실제의 건물에서 과연 유효하게 활용되고 있는가에 대한 의문의 목소리도 높다. 왜냐하면 BEMS가 단순히 정보수집장치일뿐 평가분석까지 수행되지 않은 건물이 많기 때문이다. 도입된 BEMS가 유효하게 활용되지 못하는 주요 원인은 다음과 같다.

- BEMS로 무엇을 하는 것인지가 명확하지 않다.

데이터를 입력하면 나중에 무엇이 자동적으로 나올 것이라는 것은 오해이다. BEMS의 목적을 분명하게 하고 필요한 정보가 도출되도록 명확하게 수집하지 않으면 비용대비효과가 낮고, 결과로서 사용하기 어렵다.

- BEMS를 이용한 평가에 대한 인센티브가 없다.

계측계량 평가는 통상적인 건물관리 업무에 추가하여 플러스 알파의 작업이 요구되고 있으나 이에 대한 발주자측의 인식이 낮고, 따라서 보수·운전관리자로서 추가적인 부담이 발생되고 있는 상황이 초래되고 있다.

- BEMS를 활용하는 보수·운전관리자에 대한 교육훈련 및 정보전달이 충분하지 않다.

일반적으로 보수·운전관리자에 대한 교육 및 정보전달이 불충분한 경우가 많고, 어렵잡아 수행하는 작업으로 수행한다. 이것으로는 제대로 된 평가를 기대할 수 없다.

국내 건물에 BEMS가 점차 정착화됨에 따라 이상의 문제점을 분석하여 개선된 BEMS가 구축되도록 방안 수립이 필요하다. 즉, BEMS는 건물 및 건물의 사용상황에 따라 실시가능한 에너지절감 대책이 다르므로 건물의 에너지소비량, 개별 에너지 기기 및 제어시스템, 특히, 실공간의 사용환경을 파악하고 각 기기 시스템·환경의 상태를 고려한 에너지절감 대책을 수립·적용하는 것이 필요하다.

또한, BEMS는 단순한 하나의 기술이 아니라 건물에서의 에너지관리 프로그램으로, 이 프로그램을 통해 건물의 에너지절감이 성공적으로 이룩되기 위해서는 체계적인 수행조직이 구축되어야 한다. 이를 통해 구체적인 에너지절감 목표, 대책, 수단을 지속적으로 제시하고, 전사적인 조직체제로 에너지절감활동이 수행되도록 한다.

또한, 기기별 효율 및 부하량, 에너지 사용량을 파악할 수 있는 계측, 계량 체계가 건물에 절감목표에 맞추어 구축되고, 이 데이터를 체계적으로 평가,분석하는 것이 필요하다. 또한,

BEMS 보급확대를 위한 연구개발 측면에서의 과제로는 BEMS 비용대비효과에 대한 정량적 결과, BEMS 등급별 구축방안 및 효과, 에너지 분석수법 정형화, BEMS 관리표준 설정, 건물 에너지 절감량에 대한 정량적 평가방안 제시 등이 필요하다.

IT를 활용한 복수건물의 통합관리

건물 관리비의 대부분을 차지하는 인건비에 대한 절감 요구, Security 강화 요구에 따른 Security 비용의 증가로 인해 에너지관리 담당자 및 설비운전관리 담당자에 대한 인력절감 요구가 다수 발생하고 있다. 법규의 강화, 경비절감 압력, 이것에 대응하기 위한 기술력이 필요하고, 인력 절감에 따른 업무량도 증가하고 있는 실정이다. 또한, 건물을 최적으로 운용함으로써 에너지소비량을 절감하기 위해서는 고도의 지식 및 경험을 갖춘 기술력이 필요하나, 일부의 건물을 제외하고는 수준 높은 인재를 확보하는 것도 어려운 상황이다. 이와 같은 건물 환경에서 복수건물을 대상으로 통합적인 에너지관리를 실현하는 것도 효과적이다. SK텔레콤이 스마트그리드 핵심 기술을 접목한 BEMS사업을 2011년 6월부터 추진하는 것도 이와 같은 움직임으로 이해될 수 있다.

복수건물이 서로 떨어져 존재하는 경우 각 건물에 대한 에너지관리는 개별 건물에 일임하게 되어 비용 및 사용량 등의 에너지관리 결과가 분산되어 실효성있고 집중적인 에너지관리를 실현하기가 용이하지 않다. 또한, 건물별 현황을 살펴보면 대부분의 건물에서 각 건물별로 개별적인 에너지관리를 실현하고 있어 관리수준의 편차가 크게 발생하고 있는 것이 사실이다. 이에 각 건물을 통신선으로 군관리 센터와 접속하고 IT S/W를 활용한 네트워크로 확대함으로써 건물운용지원 서비스를 보다 고도화할 수 있다. 이것이 최근 대두되고 있는 스마트그리드 기술의 건물에서의 활용과 긴밀히 연결된다.

이상의 복수건물에 대한 통합관리를 수행함으로써 설비비용이 큰 BEMS 등의 중앙감시설비의 도입 및 인력확보를 개별건물 별로 설치할 필요가 없기 때문에 높은 수준의 관리를 실현하기 위한 비용을 절감할 수 있다. 또한, 이를 실현하기 위해서는 에너지사용량 데이터 등을 운용관리에 활용할 경우 데이터 해석을 수행하고 개선방안을 수립할 수 있는 기술자의 기술수준 확보가 중요한데, 개별건물별로 우수한 기술자를 확보하거나 육성하는 것은 어려운 일이나 집중관리센터에 소수의 기술자를 집중화함으로써 다수의 건물에 대해 지속적으로 높은 품질로 관리할 수 있고 기술자의 기술수준 향상도 기대할 수 있다. 그리고, 지금까지 유효한 대책을 수립할 수 없는 다수 건물에 대해서도 도입이 용이함으로 지역 전체에 대한 에너지효율 및 환경부하 개선수준을 증대할 수 있다.

<참고문헌>

1. 삶이 변화하고 있다. CSR Report, SHIMIZU, 2010
2. 공조제어의 application으로 본 open화 BEMS 가이드, 일본공기조화·위생공학회, 건물관리시스템위원회, 건물설비 Network 오픈화 가이드라인 작성 소위원회, 2007
3. Behavior and Buildings, Centerline, Center for the Built Environment, University of California, Berkeley, 2010
4. BEMS 보급과 활용촉진 방향, 일본공기조화·위생공학회, 2007
5. 광노열, 건물에너지관리 실태 및 수준평가, 대한건축학회계획논문집, 제24권제12호, 2008.12
6. 광노열, IT를 이용한 건물에너지 효율 자동제어 및 관리 시스템, 미래형 그린건축 및 도시설계와 응용기술, 지식경제부 에너지 기술인력양성사업, 2010.11
7. 이용석, 이창근, 건물에너지관리시스템(BEMS)적용 - 삼성물산빌딩 도입사례를 중심으로, 삼성건설기술지, 2008