

스마트 그린을 위한 건물 에너지 관리기술 동향

A Technology Trend of Building Energy Management for Smart Green

스마트 서비스 시대의 IT 융합기술 특집

허재두 (J.D. Huh)	스마트그리드기술연구팀 책임연구원
이일우 (I.W. Lee)	스마트그리드기술연구팀 팀장
박광로 (K.R. Park)	그린컴퓨팅연구부 부장

목 차

-
- I . 서론
 - II . 국내 기술개발 현황
 - III . 국외 기술개발 현황
 - IV . 결론

우리나라 전체 에너지 사용량의 40% 정도를 차지하고 있는 아파트형 주거 밀집공간, 대규모 상업건물, 정부 및 대기업의 사무용 공공건물에서 에너지 사용을 절감하기 위한 방안으로 기존 건물 위주의 수동적 제어방법에서 한 단계 앞선 최신의 ICT 기술을 접목하여 능동적으로 건물 에너지를 관리하는 방법이 강구되고 있다. 특히 소비자의 움직임 및 사용공간 정보를 활용하여 소비자의 만족도를 저해하지 않으면서 건물의 에너지 사용량을 최소화하기 위한 기술이 논의되고 있다. 즉, 조명, 냉난방/공조, 전기기기의 에너지 사용량을 30%까지 절감하기 위한 기술이 연구되고 있는데, 본 고에서는 사용자의 만족도는 향상시키면서 건물 에너지는 절약할 수 있는 기술동향에 대해 언급한다.

I. 서론

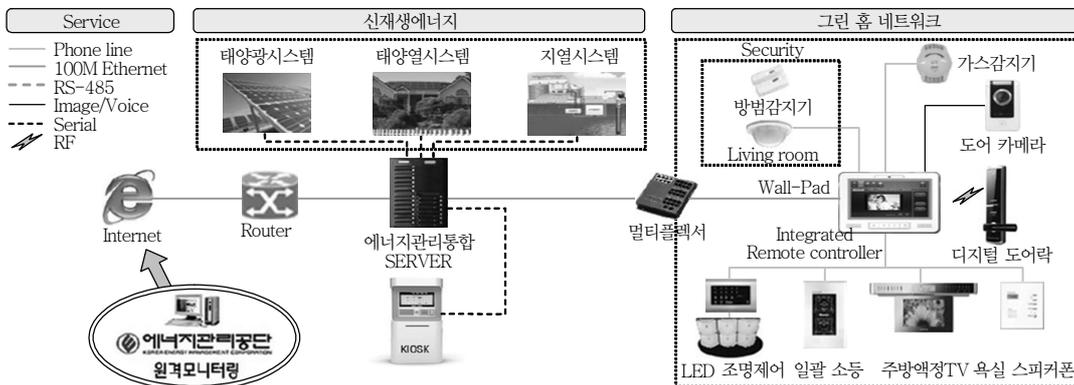
지난 20세기 산업혁명이 일어난 이후 지구는 에너지 공급 확장만으로는 에너지 고갈과 온난화 대응이 한계에 이르렀으며 현재와 같은 에너지 소비형태가 지속되는 한 자원개발과 인프라 구축에 2030년까지 총 20.2조 달러의 비용소요가 예상된다고 한다[1], [2]. 이 가운데 전력분야가 차지하는 비중은 56%에 해당하는 약 11.3조 달러로 인프라 구축에 소요되는 비용과 CO₂ 발생량 감축을 위해 에너지 사용의 효율성을 높이기 위한 기술개발이 증대되고 있다[3]. 기후 변화에 관한 정부 대표단이 발표한 배출 시나리오에 관한 특별 보고서에서는 미래의 온실가스배출에 영향을 미치는 요인으로 기술의 중요성을 인공과 경제성장을 합한 효과와 유사하다고 추정하고 있으며 (그림 1)에서 보는 바와 같이 미래의 온실가스 배출을 줄이기 위해 ICT 기술을 접목을 함에 따라 탄소배출량 및 CO₂ 농도를 급격히 줄일 수 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 의미에서 녹색 기술에 관한 이론적 또는 실증적으로 정부의 지원과 역할이 더욱 강화되어야 하며, 에너지의 효과적인 운영관리 시스템이 구축되어야 한다[4]. 국내의 경우 전체 에너지 사용 비중에서 약 40%의 에너지를 주거공간과 상업용, 공공건물에서 사용하고 있으며 그에 따른 에너지 절감

이 절실한 실정으로 건물 에너지 효율화는 전통적인 건설산업에 IT 기술을 융합하여 노동집약적인 산업에서 기술집약적인 고부가가치 산업화를 실현하는 기술이 필요하다[5],[6].

따라서 건물에너지 효율을 향상시키기 위해서는 사람의 움직임 센상을 통한 공간인지 기반의 설비 최적제어, 다양한 EMS 기법 적용, 행위·공간 인지 기반 기기별 에너지 소비량의 정확한 파악 및 설비의 최적 유지관리를 통한 고유성능유지 등이 요구되고 있으며, 이를 위해서는 시간, 날짜, 장소별로 전기, 수도, 냉·난방, 조명, 전열, 전력 등으로 세분화해 날씨에 따른 냉·난방과 조명 조건 등을 행위·공간 인지 기술을 접목하여 에너지 소비 패턴 예측 및 분석을 통해 건물 에너지의 효율성을 높이기 위한 기반 기술이 요구되고 있다.

II. 국내 기술개발 현황

건물 에너지 효율화를 위해 다양한 방법이 연구되고 있는데 시나리오 기반 제어, 상황 기반 제어 등이 부분적으로 이루어지고 있으나, 실질적 에너지 효율화와 제어가 체계적으로 되고 있지 않는 듯하다 [7],[8]. 에너지의 소비는 거주자의 움직임에 따라 발생하는데, 실질적으로 거주자의 행위를 경제적인



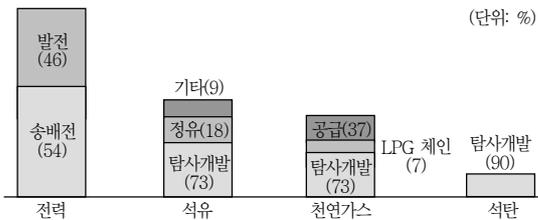
(그림 1) 그린 에너지 통합 시스템

로 모니터링할 수 있는 장치나 방법은 아직 부족하며, 모니터링된 정보를 기반으로 에너지 소비를 효율화하는 방법도 미미한 실정이다(그림 2) 참조). 또한, 장치별 에너지 사용량 검침 및 제어 기술이 부족한 실정으로 대부분의 중·대형 건물은 ON/OFF, 온·습도 감시, 제어값 설정변경, 예약운전, 운전정보 저장기록 등 단순 제어기능만 있고, 빌딩 자동제어 시스템과 센서 및 제어기기는 대부분 수입에 의존하고 있어 지금의 제어 알고리즘은 우리 실정엔 부적합하다. 그 동안 건물에너지 관련 국가지원 R&D 현황을 분석하면[9], 건물에 대한 부하저감, 신재생 에너지 고 효율설비, 제어·운영 관리로 크게 구분하여 개발하고 있다. 녹색성장을 위한 국제적 주요 흐름인 기후변화협약에 대응하는 에너지 절감과 CO₂ 등 온실가스 저감기술에 대한 건설분야의 경쟁력을 확보함으로써 기술개발 이후 저에너지 용·복합 기술이 적용되는 건물 시공이 활성화될 것으로 사료된다. 이를 바탕으로 <표 1>과 같이 중국 및 동남아시아 시장에 대한 기술선점이 가능할 것이며, 관련기술 선진국인 미국,

일본, 프랑스와 기술 경쟁력 우위를 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

1. 국내 기술현황

국내에서는 삼성동 무역센터, 삼성물산 등 대형건물 위주로 BEMS를 도입해 운용하고 있으나 <표 2>와 같이 일부분만을 제어하는 수준으로 관리대상은 전기를 비롯 공조, 조명, 위생, 방재 등 다양하지만 주로 전기, 수도만 관리하고 있는 실정이다. (주)나라컨트롤을 중심으로 몇몇 업체들이 범용 BEMS 솔루션을 개발하고 있고, 최근 기후협약, 고유가, 정부의 저탄소 녹색성장 등의 이유로 에너지 관리기술이 급부상하고 있으나 단순 설비 에너지 관리 수준에 머무르고 있는 실정이다. 대형 건물의 BEMS 솔루션은 일부 적용된 사례가 있으나 범용화 하기에는 부족하고, 외국 업체들은 BEMS 기술을 보유하고 있는 것으로 판단되나 국내와 건축 및 생활환경이 달라서 국내에 적용하는데 무리가 있는 것으로 보고 있다. 현재 국내 솔루션 개발업체로는 나라컨트롤, 지능형빌딩시스템기술연구소, 삼성 SDS, 삼성중공업, Adic, i-Controls 등이 있고, 국외 기술 공급 업체는 한화



<자료>: EIA, "World Energy Outlook," 2010.
(그림 2) 에너지 인프라 구축 비용(~2030)

<표 1> 건물에너지 용·복합 기술 관련 시장 규모의 현황 및 전망 (단위: 억 원)

구분	2005년	2010년	2015년	2020년	2030년	
수요	내수	19,400	31,040	48,985	66,930	97,000
	수출	-	2.06	14.1	68.3	160.5
공급	국내생산	-	20,693	43,106	52,874.7	65,021
	수입	-	1,034	5,628	13,528	31,978
합계	1,376	31,000	34,637	39,286	48,572	

<표 2> 유사규모 건물의 에너지 사용량 비교

구분	K타워(28,000평)		K빌딩(28,800평)	
	금액(천 원)	대비 (K빌딩 100%)	금액(천 원)	
수도광열비 (2003. 6.~2007. 12.)	6,877,000	67.6%	10,423,900	
전기	5,195,58	63.4%	8,405,560	
수도	630,65	64.3%	1,005,870	
가스/유류	1,050,77	106.4%	1,012,470	
비고	- 에너지비용: 동급빌딩 대비 32.4%(7.9억 원/년)절감 - 환기 CO ₂ 600~800ppm 수준 구현 - 기습공급 및 연중 온수공급으로 가스 사용량 많음.			
	- 환기, CO ₂ 제어 불가			

S&C, 포스콘, 바시스, 국제컨트롤스 등이 있으며, SI 업체로는 대림 I&S, LG CNS, SK C&C 등이 있다. 국내 K생명 빌딩의 경우, EMS를 적용하여 운전한 결과 에너지비용은 동급규모의 빌딩과 비교하여 32.4% (연간 약 8억 원 정도)를 절감하고 있으며, 온습도뿐만 아니라 환기 CO₂를 600~800ppm 수준으로 구현하는 등 실내환경도 쾌적하게 유지하고 있는 사례도 있어, 이러한 기술과 경험을 일반화할 수 있는 기술개발이 이루어질 경우, 현실적이면서도 경쟁력이 있을 것으로 판단된다.

지금까지 정부의 지원에도 불구하고 투자대비 효과가 낮고 고효율 설비의 경우 에너지 절약 관리의 한계가 있으며, 해외 글로벌 기업이 국내시장의 70%를 점유하고 있는데 대표적으로 •미국: 하니웰, 존슨 & 컨트롤즈, 앤도버 •캐나다: 델타 컨트롤스, •독일: 지멘스 •스위스: 사우타 •일본: 야마다케 등이다. 주요 기능으로는 ON/OFF, 온습도 감시, 예약운전 등 단순 제어기능만을 주로 사용하고 있고, S사 및 I사 등이 자체 개발을 통해 세계적 수준에 근접한 기술력을 보유하고 있다고 하나, 시장에서 토종 업체의 시장 지배력은 미미한 편이다. S사의 BACnet 기반 설비, 전력, 조명 통합관리 Control City 개발 및 I사의 건물 자동화 제어시스템인 FRONNIX 및 BACnet 응용기술 등이 개발된 바 있다. BEMS 관련 연구개발 사례로는 산업자원부, 지식경제부의 지원으로 한국건설기술연구원, 한국과학기술연구원, 나라컨트롤 등이 공동연구한 “공조설비 성능진단 및 통합형 제어관리 시스템 개발 및 실증” 연구를 수행한 바 있으며, 한국건설기술연구원의 경우는 서울특별시의 지원으로 “중소형 건축물의 에너지관리시스템(BEMS) 개발 및 보급방안 연구”도 병행하여 수행하고 있다. 이와 관련된 주요 연구내용은 BEMS 관련 알고리즘과 건물에너지 관리용 운영프로그램의 개발을 통해서 통합 유

지관리시스템을 구축하여 실증연구를 하고, 설비 모니터링 및 제어기술, LCC 분석에 의한 설비 유지관리, 설비의 성능 및 고장진단, 통합관제시스템 구축기술 등이 있으며, 다양한 BEMS 관련 제어 알고리즘의 개발을 위해서 실증 건물들의 운전데이터를 계속해서 수집하고 있다. 또한 국내 LED 조명 기술은 광변환율 60lm/W 수준으로 해외 업체와 다소 기술 격차를 보이고 있고, 니이차, 루미레즈 등 해외 LED 업체의 경우 100lm/W 이상의 제품을 출시하고 있어 국내 LED 기술은 해외 선발업체 대비 75% 수준으로 평가 되고 있다. 국내 LED 기술은 자체적으로 기술을 보유하고 있으나, 원천 기술 확보가 미비한 상황으로 국내 LED 산업 중 최고의 성장률을 보이는 응용 분야는 조명으로 연평균 40%에 가까운 가파른 성장세를 보이고 있다. 따라서 <표 3>에 나타난 바와 같이 LED 업체들은 백색 LED 4대 기술 트렌드인 칩대형화, 발광효율개선, 대전류/고출력화, 방열 패키지 기술에 개발력을 집중하고 있으며, LED 가격은 매 2년마다 50% 이상 하락하고 밝기는 두 배로 증가함에 따라 응용 가능 시장이 기존 가전시장에서 조명시장으로 확대하고 있다.

최대 50% 전기절감을 위한 LED 조명 제어기술은 RGB 색상제어에 의한 색상표현 기술, 단일 LED 디밍 제어에 의한 밝기조절 기술, 전광판 콘텐츠 제어에

<표 3> 국가별 고휘도 LED 개발 프로젝트 현황

국가	프로젝트명	사업 목표 및 내용
미국	Next Generation Light Initiative	200lm/W 최종 목표로 2025년까지 일반 조명 전구의 50%를 LED 백색 광소자로 대체
일본	Light For the 21st Century	4개 대학, 13개 업체, 1개 협력사 참여, 120lm/W 광원 개발
대만	Next Generation illumination Light Source	광 반도체 단지 조성 및 기반 구축
한국	차세대 성장 동력 산업	2013년 120lm/W 광원 개발 목표

<자료>: 월간 반도체, 2010.

의한 디스플레이 기술, LED BLU에 의한 밝기제어 기술 등이 있었으나, LED 조명기구 간 전기절감을 위한 제어기술은 없는 편이다. LED 조명기구 간 전기절감을 위한 제어기술은 단일 밝기조절은 물론 주변 광량을 분석한 알고리즘에 따라 도메인 단독 또는 도메인 간 연계한 전기 50% 절감기술로 시간에 따른 조명기구의 점등과 색온도를 조절하는 스케줄 조광 제어기술, 인공조명과 자연광의 센싱 감도 차이를 보정하는 조도 분석기술, 분산된 센서를 이용하여 광량, 조도 정보를 수집하는 상황인지 센싱 기술, 센서로부터의 정보를 취합·가공하여 전송하는 센서 인터페이스 기술 등을 포함하고 있다[10]. 이와 관련된 외국 기업으로는 Philips, OSRAM, Cree의 LED 소자 제조업체들이 시스템 LED 조명을 추구하면서 경쟁적으로 개발하고 있다. 국내에서는 실외 LED 디스플레이를 중심으로 제품을 출시하는 업체들은 다수 있으나, 전기절감형 LED 조명 네트워크 기술개발은 아직 미흡한 실정이다. 최근 LG CNS, 롯데정보통신, 셀론 등에서 유비쿼터스 감성조명 실현을 위해 LED 조명 원격 제어시스템을 개발하고 있으며, AP시스템과 LED라이텍 등에서는 전력선 통신을 이용한 LED 조명 제어시스템을 개발하고 있다.

2. 국내 업계 현황

가. LS산전

LS산전을 중심으로 지식경제부에서는 스마트그리드 프로젝트에서 전기 AMI 기술을 개발하고 있으나(그림 3) 참조, 이는 홈 오토메이션 및 대규모 산업체를 중심으로 적용을 계획하고 있으며 아직까지 빌딩 분야는 대상이 되지 않고 있다. 이는 아직 국내는 간단한 에너지 정보를 취합하여 디스플레이만 하는 것으로, 실제 에너지의 소비 및 소모비용에 대한



(그림 3) LS산전의 스마트계량 시스템

콘텐츠 개발이 초기단계에 있음을 반증하는 것으로 풀이된다.

나. 삼성물산

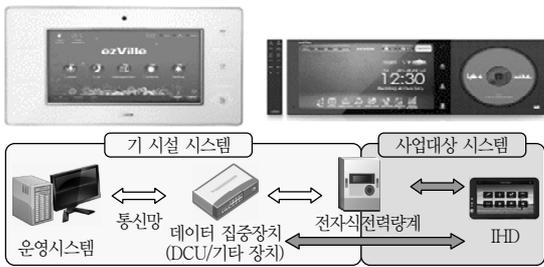
삼성물산 본사 건물에 일본의 기술을 인수받아 BEMS가 구축되었으나 아직까지는 각종 기기에 대한 운전정보, 성능정보, 에너지 사용량 등을 수집하여, 통계·처리하는 수준이며, 이를 이용하여 적극적으로 에너지 절감을 위한 자동제어 기능을 포함하고 있지 않는 듯하다. 또한 2005년부터 2007년까지 3년간 산업자원부 지원 하에 한국건설기술연구원과 한국에너지기술연구원 등의 공동연구로 “건물에너지효율 평가기준 및 정책 개발”을 수행하였으며, 이를 토대로 공동주택에너지 효율등급 산출을 위한 프로그램을 개발한 바 있다(그림 4) 참조.



(그림 4) 삼성물산 '그린 투모로우(Green Tomorrow)' 비전

다. 코맥스

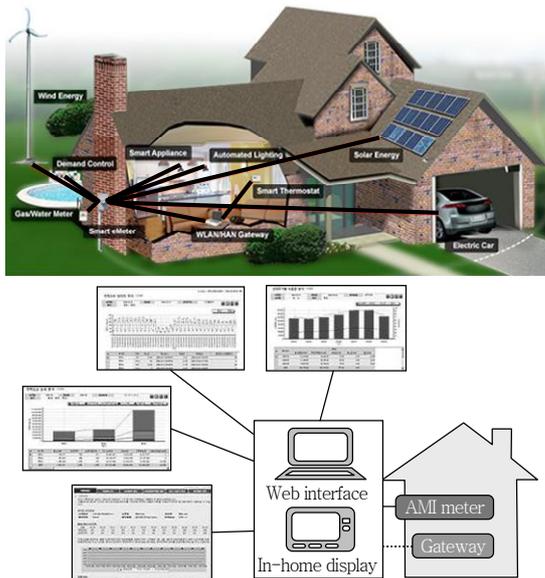
코맥스는 에너지 절감을 돕는 스마트그리드용 월패드와 에너지정보 조회가 가능한 디스플레이기인 IHD를 개발 중에 있으며, 이지빌도 ‘그린 스마트 홈’ 실현을 위한 신제품을 대거 선보이며 에너지관리 솔루션 분야에 집중 연구개발 중이다(그림 5) 참조.



(그림 5) ezVille사 IHD 장치 및 스마트미터 보급사업 구성도

라. 우암코퍼레이션

우암코퍼레이션은 소비자 전력 에너지 컨설팅 및 플랫폼 개발 사업을 통하여 소비자에게 IHD 단말기를 통해 실시간 부하관리, 실시간 에너지 사용량 분석, 실시간 요금 분석 및 컨설팅 서비스를 제공하고

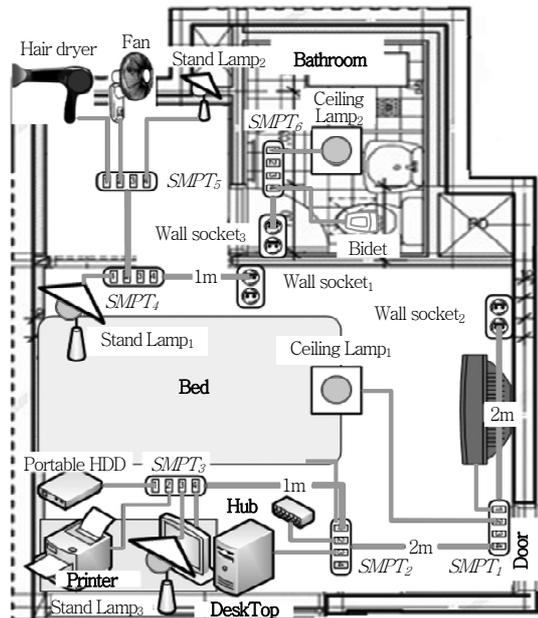


(그림 6) 소비자 전력 에너지 컨설팅 플랫폼 개념도

소비자의 전력 사용량에 따른 CO₂ 배출량도 제공하는 플랫폼을 개발하고 있다(그림 6) 참조.

마. KAIST

KAIST는 전력소비절감 효과를 유도하는 AMI 기반의 전력소비정보 피드백을 위해 기존의 멀티 파워 랩 형태의 스마트 미터(power strip-type smart meter)를 가전제품의 인식과 위치를 포함한 상황정보 수집이 가능하도록 기능적으로 확장된 SMPT를 개발하였다(그림 7) 참조. 이 시스템은 대기전력



(그림 7) SMPT 검증틀 개발 및 AERO sample house 레이아웃

(standby power) 차단 및 개별적 전기기기의 전력 사용량을 측정할 수 있을 뿐만 아니라 물리적 마커와 SoC 기반 가전제품의 상황적 위치(contextual location, 예를 들어 침실, 거실, 부엌 등)를 인식하며 동시에 소켓에 연결된 가전제품들을 가전제품이 동작하기 전에 인식하여 사용자가 원격에서 제어할 수도 있다. 특히 SMPT에 저사양의 프로세서를 탑재하여 과금에 사용되는 스마트 미터의 보조기능을 할 수 있어서 저가의 전류 센서를 사용하여 개략적인 전력 패턴만을 측정하여 전송함으로써 통신 부하의 감소와 함께 생산단가 최소화도 가능하다.

III. 국외 기술개발 현황

앞서 시행 중인 선진국에서는 에너지 효율화를 위한 강력한 정책개발과 촉진을 위한 국가 프로그램을 시행하고 있는데, 캐나다(R-2000 Program)는 에너지 효율적 주택보급을 목적으로 제품, 설계, 시공, 보급 전 과정에 대한 National Program을 운영 중이며, 시범 주택건설, 국민에 대한 홍보, 에너지효율 전문 자격제도를 시행 중이다. 일본(주택가치 혁신 국가 프로젝트)은 1975년 House 55를 시작으로 House Japan 및 자원 순환형 주택기술 개발 프로젝트 등 약 5~6년 주기의 주택시장을 선도하고 있다. 특히 신기술의 시장 진입을 촉진하는 국가 프로젝트를 40년째 운영 중인데, 2050년까지 세계 전체 온실가스 배출량을 현재의 절반수준으로 줄인다는 목표 아래 'Cool Earth-에너지 혁신 기술계획'을 수립하고 투자를 아끼지 않고 있다. 그리고 미국(Building America)은 최신 기술을 이용한 에너지 효율적 건축물의 보급을 목적으로 에너지 효율화를 위한 제품개발, 설계, 용자, 전문업체 육성 등 저에너지 건축 시장육성을 목적

으로 하는 National Project를 에너지성(DOE) 중심으로 주택 건설업체와 연계하여 대대적으로 시행 중이다[2]. 주요 각국의 그린빌딩 정책은 <표 4>에, 주요 기업현황은 <표 5> 및 주요 국가별 에너지 프로그램 추진현황은 <표 6>에 나타내었다.

<표 4> 주요 국가의 그린빌딩 지원 정책

국가	내용
EU	<ul style="list-style-type: none"> • 빌딩 에너지 효율 지침(Energy Performance of Buildings Directive, 2002) <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 효율 평가 기준 마련 및 신축, 매매, 임대 시 인증서 구비 • 20/20/20 실천 계획(20/20/20 plan, 2008) <ul style="list-style-type: none"> - 2020년까지 이산화탄소 배출을 1990년의 20% 수준으로 감축, 신재생 에너지 • 비율 20%까지 확대, 효율성 증진을 통한 에너지 소비 20% 감축을 목표로 함. <ul style="list-style-type: none"> - 빌딩의 에너지 인증제 도입 촉구, 효율화 규제의 적용 범위 확대
미국	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 안보법(Energy Independence and Security Act of 2007) <ul style="list-style-type: none"> - 정부 공공건물 에너지 효율화, 백열전구 교체 • 오바마-바이든 플랜(Obama-Biden Plan, 2008) <ul style="list-style-type: none"> - 매년 100만 가구의 에너지 효율화(Weatherize One Million Homes Annually)
일본	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 사용 합리화법 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 효율 기준을 지속적으로 강화하고 있음. • Cool Earth 에너지 혁신 기술 계획(2008) <ul style="list-style-type: none"> - 그린빌딩 시장의 기술 로드맵 포함
중국	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 절약법(2007)
인도	<ul style="list-style-type: none"> • 상업용 건축물 에너지 규제 발표(2007)
두바이	<ul style="list-style-type: none"> • 그린빌딩 조례 발표(2008)

<표 5> 국외 관련 주요기업

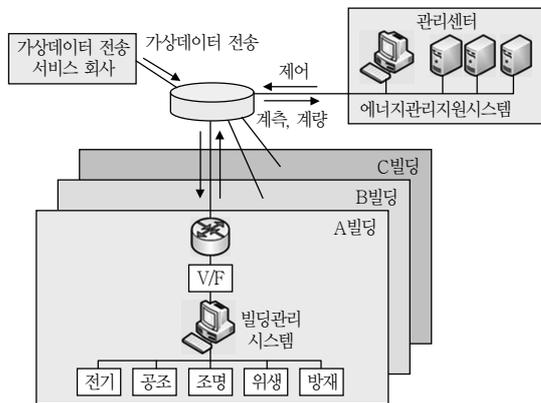
주요 분야	국의 주요기업
빌딩 정보 모델링 SW	오토 데스크(Revit Architecture), 그래피소프트(ArchiCAD), 벤틀리·시스템(Bentley Architecture), 에이 앤드 에이(Vectorworks), 포럼에잇(Allplan), 네메체
센서 네트워크	Nova Sensor, Motorola, Delco, Honeywell, Silicon Microstructure, Philips, Siemens, Toyota Motors, Yokogawa, Hitachi
빌딩제어 시스템	하니웰, 존슨컨트롤즈, 앤도버, 델타컨트롤스, 지멘스, 사우타, 아마다케, Optimum
시뮬레이션	토시스템('CO ₂ 다이어트 진단서' 서비스), 스미즈 건설(GREEN STAFF)

〈표 6〉 세계시장을 선도하는 주요 국가 및 프로그램

업체명(국적)	국가별 특성	중점 분야
미국 에너지성 (Department of Energy)	에너지 효율화만을 다루는 독립 부처로 미국 전체 에너지 기술개발 및 에너지 효율적 건축물 보급의 주체, 에너지 관련 산업의 총괄 관리 프로그램 운영	Model Energy Code Building America Guide & Standard
일본 통산성, 건설성	제품 기술은 통산성이 건축물은 건설성 주도로 상호 연계하여 건축물 에너지 효율화를 합리적으로 유도, R-2000, Energy Star 등 타국의 우수 에너지 효율화 프로그램의 적극적 도입 및 자국의 독자적 평가 툴(CASBEE), 제도(PAL, CEC) 등 개발	기준 및 제도 운영 친환경산업육성 CASBEE 등 친환경 평가 프로그램 운영
유럽연합(EU)	각 국가별로 추진되던 에너지 효율화를 EU 공동으로 추진키로 2001년 유럽 각료회의 결정 후, 건축물 에너지 효율화를 위한 각종 연구(SAVE) 및 프로그램을 개발 중이며, 유럽 규격(EN)을 국제규격(ISO)으로 상정 중	EPBD 등 에너지효율화 프로그램 유럽공동규격 제정
캐나다 (Office of Energy Efficiency)	1990년대 중반까지 선진국 중 에너지 효율화 진도가 낮은 편이었으나, 1990년 중반 이후 정부의 적극적 지원에 의해 현재 가장 활발한 에너지 효율화 프로그램 및 연구 진행 중, 주요 재정 지원 프로그램인 EE4, 기술 및 생산 지원 프로그램인 R-2000 등 운영	R-2000(주거) C-2000(비주거) 등 국가 프로그램 운영

1. 국외기술 현황

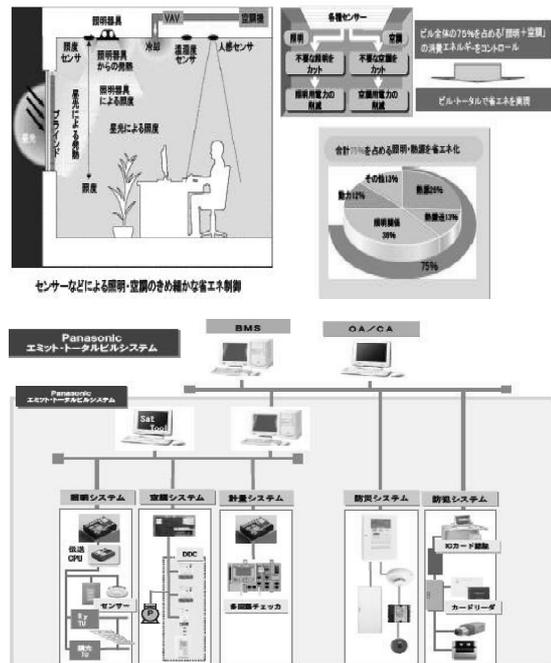
한편, 일본은 대형 건물의 에너지 절약을 위하여 BEMS를 도입하여 운영하고 있으나, 수적으로 다수를 점하고 있는 중소형 건물의 관리비용, 관리체제, 설비공간 등의 제약에 의해 BEMS 도입이 어려운 실정이다. BEMS를 중소형 건물에 도입하더라도 이를 효과적으로 활용하기 위해서는 운용기술을 보유한 인력이 필요하나, 중소형 건물에서는 이런 인력을 고용할 여력이 부족하다. 따라서 최근 중소형 건물을 대상으로 하는 BEMS 기능을 갖는 AEMS를 도입하고 있다. 한 예로, (그림 8)과 같이 간사이전력 및 니켄건설, 미쯔비시 전기빌딩 테크노 서비스(주)의 빌딩관리



(그림 8) 가상 에너지 관리빌딩 구성도

시스템은 각종 정보의 계측, 계량 데이터와 인터넷을 통한 외부 데이터를 자동으로 수집한 후, 다음날 부하 예상 기능에 의한 열원기기의 최적 운전제어를 하도록 개발하였다. 또한, 네트워크를 이용한 그룹관리를 통해 중앙센터에서 원격지에 있는 복수의 건물을 통합 관리하고 있다.

그리고 파나소닉 전기공의 에미토 토털 빌딩 시스템



(그림 9) 파나소닉 전기공이 개발한 설비기 네트워크 기술

템은 파나소닉 전기공과 신에너지·산업기술 개발 기구(NEDO)의 공동연구에 의해 오피스빌딩 전력 사용량 약 30% 삭감을 실증한 에너지 절약 빌딩 시스템이다(그림 9) 참조. 이 시스템의 특징은 조명 제어·공조 제어·에너지 데이터의 계량·계측 등을 포함한 빌딩의 토탈 에너지 절약 제어, 사람 감지 센서·온도 센서 등 각종 센서 제어나 스케줄 제어에 의한 치밀한 에너지 제어가 가능하고, 층별 제어나 지역별 제어 등 공간 에너지 절약 및 web에 의한 원격 에너지 제어도 가능하다.

2. 국외 업계 현황

미국의 뉴욕 타임즈 빌딩은 Lutron's Quantum solution에서 통합조명관리시스템을 적용하여 주광 활용 30%, 인체감지 10%, 스케줄 제어 2%, 디밍 조절 58%의 에너지 절감 효과를 나타낸 것으로 보고되

〈표 7〉 국외 LED 조명 네트워크 기술개발 현황

부처명	과제명	연구기관	유사내용
Color Kinetics (Mr. Kevin Dowling)	An Integrated Solid-State LED Luminaire for General Lighting	미국, Philips Color Kinetics Incorporated	hybrid-LED source 및 제어 기술 개발
OSRAM (Dr. Robert Harrison)	High Quality Down Lighting Luminaire with 73% Overall System Efficiency	독일, OSRAM SYLVANIA Development Inc.	고효율 LED 조명 시스템 개발

고 있다. 절전을 위한 상황인지 센서 인터페이스 기술 관련 Context Tool kit은 센서로부터의 정보를 컨텍스트로 만드는 context widget, 필요한 정보로 가공하는 interpreter로 구성되어 있으며, 미국 애리조나 주립대학의 RCSM 프로젝트에서는 센싱 정보의 효율적인 처리를 위한 상황 기반 인터페이스 언어를 설계하였다. <표 7>는 국외 LED 조명관련 네트워크 기술개발 현황을 나타낸 것이다.

그리고 미국에서는 스마트그리드에 대한 통일된 기술규격 관련 연구를 미국전기연구소(EPRI) 주도로 NIST가 세부안을 작성하는 스마트그리드 상호 운용성 표준 로드맵 작업을 수행 중이다. 미국에서는 대여섯 개의 회사가 에너지 피드백 디바이스를 판매 중이고, 가장 대중화된 디바이스는 Salt River 프로젝트의 pre-payment 프로그램이 배포되어 현재 약 5만 가입자가 등록된 상태로 매년 1만 가입자씩 추가되고 있다(<표 8> 참조).

가. ACEEE

ACEEE의 가정 내 에너지 피드백 디바이스의 에너지 절감 효과에 대한 연구결과(그림 10) 참조)에 따르면 약 20여 개 이상의 연구에서 지난 35년 동안 에너지 피드백 디바이스의 사용으로 인한 에너지 사용량의 감소는 약 4~15% 정도로 보고되었으며 Salt

〈표 8〉 미국 내 에너지 피드백 디바이스 판매업체 현황

Product Name	Manufacturer	Sensor/Connection Type	Status	Cost w/o installation
Cent-a-Meter	Cenergies	CT/wireless	11,000+ installed in Australia and New Zealand; for sale in U.S.	\$150
EM-2500	Energy Monitoring Technologies	CT/hardwired	For sale in U.S.	\$215
ECM-1220	Brultech	CT/hardwired	For sale in U.S.	\$300
PowerCost Monitor	Blueline Innovations	Optical sensor/wireless	870 installed by Canadian utilities; for sale in U.S.	\$140
SRP M-Power Meter	Salt River Project	CT/powerline	50,000+ installed in Arizona	Valued at \$138, free to customers
The Energy Detective	Energy, Inc.	CT/powerline	For sale in U.S.	\$140

<자료>: Updated from Stein, 2004, 2005; Parker et al., 2006.



(그림 10) ACEEE 에너지 피드백 장치

River 프로젝트에서는 약 12%로 보고된 바 있다.

나. EcoLogics

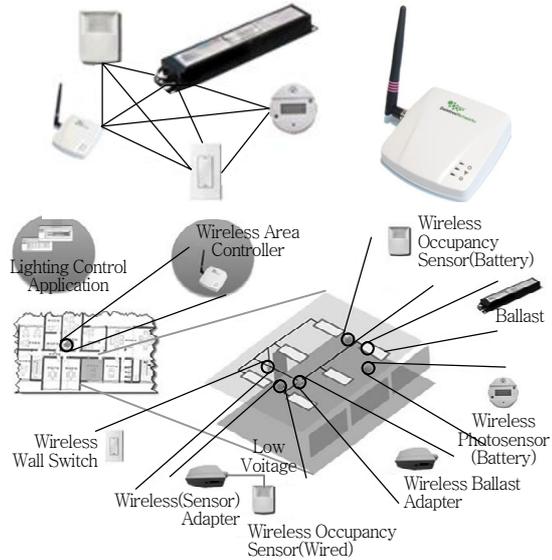
EcoLogic(www.ecologicanalytics.com)은 MD-MS를 이용해 전기, 가스, 수도 소비량을 측정하여 데이터로 보관하고 이를 바탕으로 실시간 에너지 사용량 감시, 정전과 같은 비상상황에 대한 알람 및 대처, 실시간 그리드 정보(real time pricing 등)를 적용한 에너지 소비 비용 예측 등의 기능을 제공하여 에너지 효율을 높이기 위한 기술을 보유하고 있다(그림 11) 참조).



(그림 11) EcoLogics MDMS

다. Daintree

Daintree Networks(www.daintree.net)는 wireless mesh network를 기반으로 무선 LAN을 설치하여 빌딩 내에서 조명으로 사용되는 에너지를 모니터링하고 사용자의 존재 여부 등에 따라 스케줄링 기법을 이용하여 조명시스템을 자동적으로 제어함으로써 전체 빌딩 에너지 운용을 최적화 하는 기능을 제



(그림 12) Daintree 무선 메시 네트워크 장치

공한다(그림 12) 참조). 또한 daylight harvesting을 통해 생산한 전기 에너지를 효율적으로 빌딩 내 조명 시스템에 적용하는 서비스를 제공하고 있다.

라. Tendril Networks

Tendril Networks(www.tendrillinc.com)는 디스플레이, 모니터링, 제어 디바이스, 그리고 네트워크로 이루어진 수용가 내 ZigBee 네트워크 구성하여 유틸리티와 사용자 간 양방향 통신을 제공한다(그림 13) 참조). 사용자는 실시간으로 각 유틸리티들이 소비하는 에너지를 고유 디스플레이 디바이스를 통해 모니터링하고 관리할 수 있으며 이를 통해 에너지 소비를 절감하는 효과를 보이는 통합 솔루션인 ZigBee® Smart Energy 시스템을 활용할 수 있다.

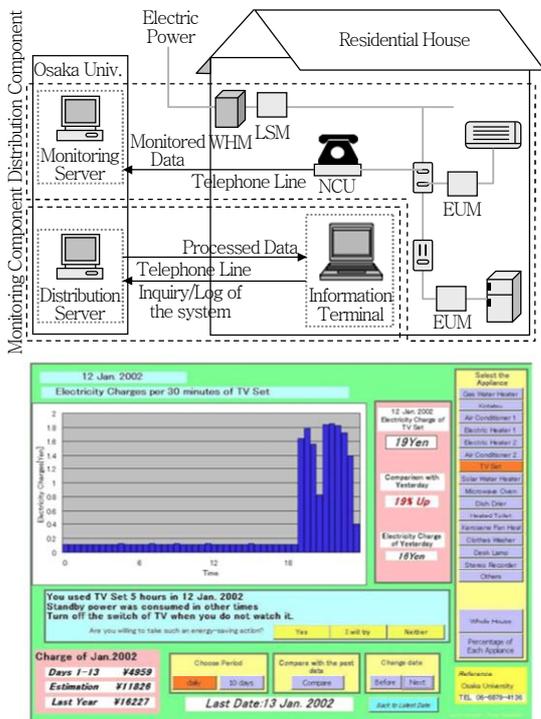


(그림 13) Tendril 네트워크 장치

마. Tsuyoshi Ueno

Tsuyoshi Ueno는 일본의 9 가구에 ECOIS를 설치하고 각 구성원들에게 실내에서 사용되는 전기기기, 난방, 공조 시스템에서 사용되는 에너지 소비를 일별 또는 열흘 단위로 볼 수 있는 정보 디스플레이를 제공한다(그림 14) 참조). 이 시스템은 30분 단위로 에너지 비용을 보여주고, 이전 달 또는 이전 해의

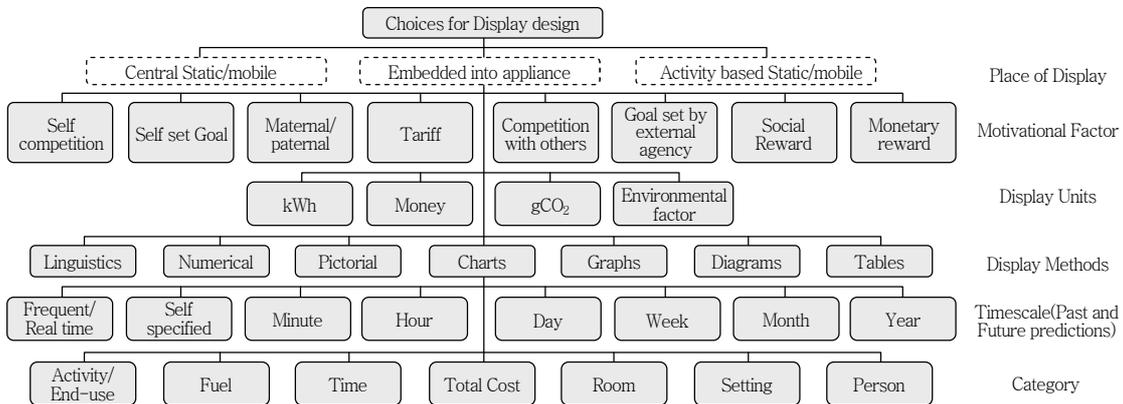
같은 달에서 사용했던 비용과 비교할 수 있는 기능을 제공한다. 이 시스템을 설치하고 2달 동안 사용자 소비패턴을 연구한 결과 8개의 가정에서 평균 9%의 에너지 절감 효과를 보였다. 난방 시스템에 대한 에너지 소비는 23% 줄었으며, 특히 전기기기 마다(per-appliance) 에너지 사용을 보여주는 피드백 효과가 우수하였다. 예를 들어 TV 에너지 소비는 5% 줄었고, 냉장고의 냉장·동 기능을 조절하거나 기기들의 플러그를 뽑아놓는 방식으로 대기 전력 소비를 줄일 수 있었다.



(그림 14) ECOIS 구조 및 단말출력 정보

바. Georgina Wood와 Marcus Newborough

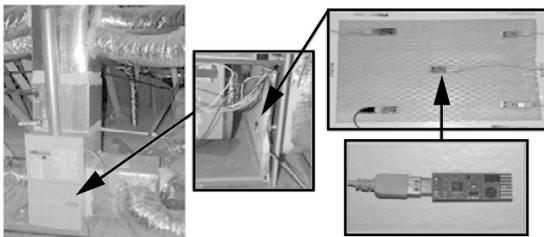
Georgina Wood와 Marcus Newborough는 ECD 디자인의 효과 연구를 통해 thought-provoking observation을 ECD를 통해 사용자에게 제공하고 그 피드백을 사용자에게 직접 보여줄지 TV와 같은 집안 중심에 있는 디스플레이를 통해 보여줄 지를 가전 기기와 사용자 인터랙션에 따라 정하기 위한 프레임워크를 연구하였다(그림 15) 참조). 또한, credible, fine-grained information의 중요성을 강조하였고 다른 사람들과의 에너지 사용 비교보다는 자신의 에너지 사용 비교를 통한 에너지 절감 효과에 대해서 강조하였다.



(그림 15) 가정에서 에너지 정보출력에 영향을 주는 요소

사. Georgia Tech

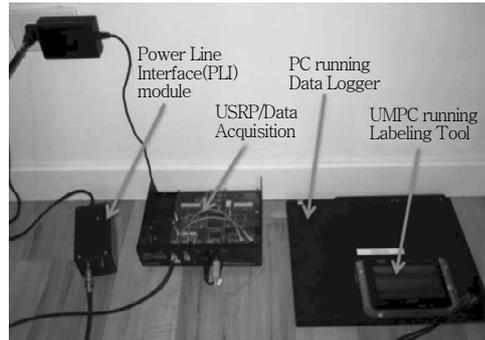
Georgia Tech에서는 가정 내에서 가전기기를 사용할 때 발생하는 전기잡음을 특징으로 machine learning 기법을 개발하였다. 가정에서 HVAC(heating ventilation and air conditioning) 시스템의 중앙에 single-point sensing 기법을 이용하여 거주자의 방간 이동 및 집안 내에서 움직임을 감지하기 위한 방법을 연구하였다(그림 16) 참조. 이 연구에서는 문간이나 문턱에서 공기-흐름을 부분적 또는 전체적으로 방해하는 이벤트(예를 들어 거주자의 방간 이동이나 문의 열고 닫음)가 일어날 때 이 이벤트를 HVAC의 air handler unit에 입력변화로 감지하는 방법을 이용하였다. 이를 위해 HVAC의 에어 필터 위에 센서를 설치하여 입력변화를 감지하고 기록하여 특정한 움직임 이벤트(예를 들어 성인이 특정한 문간으로 걸어 들어올 때 또는 특정한 문을 열고 닫을 때)가 발생했을 때 이 이벤트들을 분류하였다.



(그림 16) 압력센서를 이용한 표준 HVAC 에어필터 구성

아. 워싱턴 대학

워싱턴 대학에서는 가정에서 single-point sensing 기법을 이용하여 전기기기의 사용을 자동으로 검출하고 분류하기 위한 시스템인 ElectriSense를 개발하였다(그림 17) 참조. 이 시스템은 가정용 전기 기기나 형광등이 높은 효율을 위해 스위치 모드 전력 공급기(SMPS)를 사용하는 점을 이용하였다. SMPS가 작동하는 동안 지속적으로 높은 주파수의 전자장 간섭(EMI)을 일으키고, 이 EMI 신호는 집안 내 전력



(그림 17) ElectriSense 시제품 구성

선 전체로 전파되는데, 기기의 스위칭 주파수 특성을 기반으로 전력선으로 전파되는 EMI 신호가 안정적이고 예측 가능함을 분석적 방법과 가정 내 실험을 통해 확인하였다. 과거에 연구된 과도 잡음 기반 인식 방법(transient noise-based solution)과 달리 이 기법은 EMI 특성을 이용하여 집안 내 유사한 전기기기를 식별할 수 있을 뿐만 아니라 다른 가정에도 바로 적용할 수 있고, 약 93.8%의 평균 인식률을 보였다고 한다.

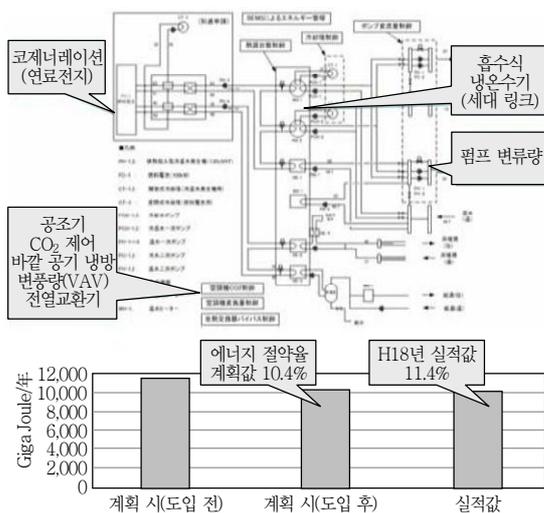
3. 건물 에너지 적용 사례

건설 IT 융합 기술개발 및 융합 서비스 현황을 살펴보면, 먼저 미국은 건설산업을 6대 국가전략산업 중 하나로 지원하고 있으며, CMfS, CERF, FIATECH과 같은 건설 IT 융합 사업을 진행 중이며, 유지관리 및 에너지비용 50% 감소, 생산성 30% 향상, 공해 50% 감소를 목표로 추진하고 있다. 그 예로 미국 National Science Foundation 산하의 CMS는 가상 건설, 에너지 절감, 친환경 및 지능형 건설기술을 개발하고 있고, 대표적인 참여 기업 중 벡텔사는 u-컴퓨팅 기술과 건설 프로세스를 접목한 스마트 건설 엔지니어링 기술을 개발 중이다. 또한, 세계적인 IT 기업인 IBM은 스마트 유틸리티 사업 분야를 유망한 신사업분야로 선정하고 집중적인 투자를 시작하였고, 글로벌 네

트위킹장비 업체인 시스코 역시 CUD 프로젝트를 통해 건설사업과의 융합기술에 집중하고 있다. 유럽은 미래 세계건설시장에서 경쟁우위를 확보하기 위해 “사회기반시설 혁신전략”을 마련하여, IT와 나노 등 첨단기술과 융합한 건설 자재 신기술 개발계획을 수립하였으며, 2030년까지 2,400억 유로를 투자한다는 계획을 수립한 바 있다. 영국은 건설산업의 경쟁력 강화를 위해 지속 가능한 건설기술로 ICT, 유지관리, 건설자재, 구조물, 전기 등 8개 분야에 대해 연구 중이고, 핀란드 YIT사는 3D 가상건설 기술인 BIM을 활용하여 기존 2D 설계에 따른 비효율성과 재시공 문제를 해결하고 있다. 일본의 국토성 산하기관 JACIC에서는 건설산업과 IT 기술의 융합을 통하여 기존 기술혁신 및 국제 경쟁력 강화를 위해 기술개발과 전략 수립 등 제도 정비에 주력하고 있고, 정부를 중심으로 공공사업비용 절감대책시행, 공사계획, 설계 및 발주 효율화, 규제완화 등을 추진하고 있다.

가. 도쿄 가스 과학관

가스 과학관(총 건평 6,477m²)은 BEMS에 의한 에너지 절약 제어 시스템이 채택된 회사의 에너지 전

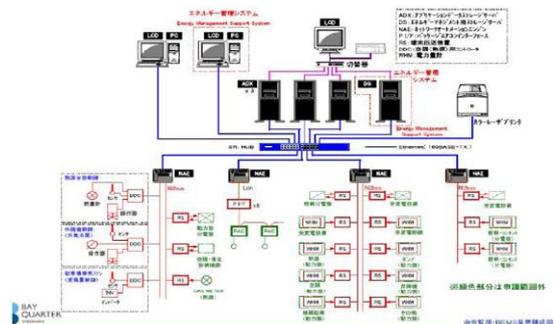


(그림 18) 도쿄 가스 과학관 시스템

시장으로 연료 전지에 의한 cogeneration이나 에너지 절약관련 최신의 기술을 도입하여 에너지 소비량의 삭감을 도모하였다. 처음 시스템 적용 시 계획기, 유량기 등 각 설비별 장비설치와 관련해 초기비용은 다소 높으나, 장기간 지속적인 관리와 운영현황 파악 등에서 아주 용이하게 관리 가능한 이점이 있다(연간 에너지 절약 소비량 참고, (그림 18) 참조).

나. 요코하마 빌딩 관리회사

요코하마 빌딩(50,900m², 규모지하 2층, 지상 8층)에서는 에너지의 이용 상황을 파악한 후 실내 환경관리를 위한 기기 또는 설비 등의 운전 시 소비되는 에너지 소비량의 삭감을 도모하였는데, 건물 및 세입자를 포함한 용도별 에너지 사용 상황을 기록 분석, 건물 내에 입주한 많은 점포들의 통합적인 에너지 관리를 위해 상호 이해와 협력을 구하고 객관적이고 실질적인 에너지 관련 자료수집 및 관리가 가능하도록 하였다((그림 19) 참조). 그리고 계통마다 전기량, 가스량, 열량, 운전 시간을 계량해 상황을 용이하게 파악하도록 표시하고, 데이터는 3년 이상 보관한다.



(그림 19) 요코하마 빌딩관리 시스템

다. 미국 NIST의 Cybernetic Building System 프로그램

향후 10년 동안 미국의 빌딩제어 산업은 급속한 변화를 경험할 것으로 예상되므로 빌딩제어업체, 장비 및 시스템 생산업체, 에너지 공급자, 설계자들은

성능개선과 비용절감에 대한 압력이 증가될 것으로 예측된다. 비용절감을 위해 빌딩서비스들을 통합한 CBS를 개발하고 있는데, CBS 프로그램은 업계와 협력하여 컴퓨터 통합 지식시스템(HYPERCON)을 개발하는 것으로 건물의 성능과 비용을 최적화하기 위해 모든 기능을 통합 운영하는 방안을 연구 중이다. 본 연구는 빌딩산업, 빌딩소유자 및 관리자와 개발 사업자 간 긴밀한 협력을 통해 수행될 예정으로 주요 연구분야는 에너지 관리, 방재·방법, 운송, 고장진단 및 검출, 최적제어 등이다.

라. 미국 Lutron사의 조명 제어를 통한 에너지 절약 솔루션

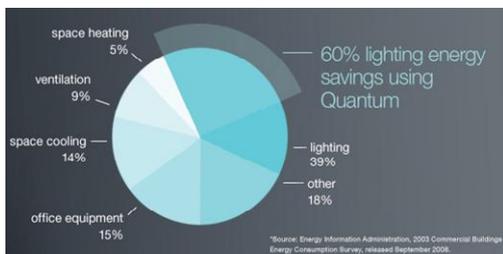
Lutron사는 Ecosystem과 Quantum을 개발하여 조명 에너지 절감 솔루션을 제공하고 있다. Ecosystem은 디밍, 제어, 환경 모니터링 센서로 구성된 조명 제어 시스템으로 조명 전기 에너지를 50%까지 절약할 수 있고 사용의 편리성, 생산성, 공간 활용성 증가, 유지비용 감소를 목적으로 하고 있다. Quantum은 조명기기 관리 소프트웨어로 총괄적인 조명 제어 뿐만 아니라 모든 조명을 ON/OFF 할 수 있고, shader 자동 제어를 통해 daylight도 제어하고 빌딩 관리 시스템과도 연동되는 특징이 있다(그림 20) 참조).

Energy Information Administration 자료에 따르면(그림 20)의 도표와 같이 전등제어를 통한 에너지 절감을 가장 많이 할 수 있으며, Quantum은 다양한 제어 옵션과 shade solution을 통해 에너지 절감률을

60%까지 올릴 수 있다고 보고된 바 있다. 특히 조도 센서, 공간 인지 센서를 조명기에 모듈형태로 조립 가능하도록 조명시스템을 개발하여 유지보수비용 절감효과와 상황별 조명 에너지 절감 효과를 얻었다.

IV. 결론

국가적 스마트 그린 실현을 위해 지식경제부와 녹색성장위원회를 중심으로 에너지 관리 및 절감을 위한 다양한 정책 및 대책이 제시되고 있다. 이를 위해서는 차별화된 공간인지 기반의 설비 최적제어, 다양한 EMS 적용, 공간인지 기반 기기별 에너지 소비량의 정확한 파악 및 설비의 최적 유지관리를 통한 고유성능을 유지할 수 있는 기반 기술이 개발되어야 한다. 특히 앞으로 관련 기술의 해외 의존도가 심화될 것으로 예상되므로 현재 건물 설비용 제어시스템의 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정에서 스마트 그린 건물 에너지 효율향상을 위한 기술을 조속히 개발하여 상용화 하지 않는다면 해외 기술 의존도는 더욱 증가될 것이다. 기술의 메가트렌드 변화와 그린 에너지 건물의 역할이 중요시되는데, 최근의 CO₂ 절감과 에너지 효율향상은 세계적 추세이며 국가적 어젠다가 되고 있다. 건축물은 산업, 수송과 함께 3대 주요 온실가스 배출 부문으로 국가 온실가스 배출량의 20%를 차지하며 지속적으로 증가 추세에 있으므로 건물 에너지 효율향상과 CO₂ 절감은 미래 빌딩의 중요한 응용 분야로 잠재력을 갖고 있다고 여겨진다. 우리나라 건물 부문의 에너지 사용량은 국내 총 에너지 사용량의 25% 이상이며 에너지 자원의 해외 의존도가 크고 최근 대형건물에서 고급 원자재의 선호 경향으로 특히 수입 에너지 소비가 폭발적으로 증가하는 실정을 고려할 때 건물에너지 부문의 기술은 국가 필수 개발 기술 중의 하나가 되고 있다. 80년대 중반 이후



(그림 20) Quantum 에너지 소비분석

급속한 국가경제 성장으로 국민소득 증가는 생활환경의 질적 향상을 가져왔고, 인구 고령화와 핵가족화 및 고도 산업화에 따른 건축물의 수요증대와 아울러 기계적인 냉·난방, 환기, 조명계획의 발전은 건물에서의 에너지 다소비를 유발시켰다. 이러한 에너지 다소비는 에너지 문제에만 그치는 것이 아니라 공기오염 등으로 과밀도시의 환경악화에 크게 영향을 주므로 건물 부문의 에너지 절약 기술개발은 필수적이다. 그 동안 스마트 건물설계를 위한 소프트웨어에서부터 건물의 운용관리를 위한 주요 기술은 현재 국외에 많은 부분을 의존하고 있으며 특히 선진국들은 이러한 기술적 우위를 바탕으로 관련 규격 및 제도를 도입하여 개도국의 성장을 견제하는 한편 이 분야를 신성장 동력으로 하여 자국의 경제성장 및 실업문제를 해결하는 수단으로 이용되고 있다. 뿐만 아니라 우리나라의 GDP는 세계 12위, 총 에너지 소비량은 10위, CO₂ 배출량은 28위로 국제적으로도 중요한 역할이 요구되고 있다. 따라서 에너지소비 효율성 지표인 에너지 소비단위가 선진국에 비하여 상대적으로 높은 편이므로 에너지 소비의 효율성 제고와 이에 대한 적극적인 대책이 필요하다고 판단된다.

AEMS	Area Energy Management System
AMI	Advanced Metering Infrastructure
BEMS	Building Energy Management System
BIM	Building Information Modeling
BLU	Back Light Unit
CBS	Cybernetic Building System
CUD	Connected Urban Development
ECD	energy-consumption-display
ECOIS	Energy Consumption Information System
EMI	electromagnetic interference
EMS	Energy Management System
EUM	End Use Meter
HVAC	heating ventilation and air conditioning
IHD	In-home Display
LCC	Life Cycle Cost
LSM	Load Survey Meter
MDMS	Meter Data Management System
NCU	Network Control Unit
NIST	National Institute of Standards and Technology
RCSM	Reconfigurable Context Sensitive Middleware
SI	System Integration
SMPS	switch mode power supply
SMPT	smart multi-power tap
WHM	What Hour Meter

● 용어해설 ●

BEMS(Building Energy Management System): 건물의 각종 설비는 시간 경과에 따라 성능이 저하될 뿐만 아니라 고장으로 인해 에너지 사용량의 증가를 초래하므로 초기 설계과정에서 정한 설비의 성능유지 및 관리를 위한 효율적인 건물 에너지 관리 시스템

AMI(Advanced Metering Infrastructure): 홈/빌딩/공장 등에서 사용되는 유틸리티의 계량을 자동으로 측정하는 인프라

약어 정리

ACEEE American Council for an Energy-Efficient Economy

참고 문헌

- [1] IEA, "Smart Grids Technology Roadmap," Apr. 2011.
- [2] The National Energy Technology Laboratory (NETL), "A Vision for the Smart Grid," June 2009.
- [3] DOE, "DOE Strategy Plan," May 2011.
- [4] Pike Research, "Smart Electrical Meters, Advanced Metering Infrastructure and Meter Communication; Market Analysis and Forecast," 2009.
- [5] 고동수, "녹색성장 구현을 위한 지능형 전력망(Smart Grid) 도입," 산업연구원, Issue Paper 2009-244, 2009. 6.
- [6] 도윤미 외, "스마트 그리드 기술동향: 전력망과 정보통신의 융합기술," 전자통신동향분석, 제24권 제5호, 2009. 10.

- [7] 한국전자통신연구원, “지능형 전력망(Smart Grid) 국가브랜드화를 위한 IT전략보고서,” 2009. 8.
- [8] 전황수 외, “주요 국가의 스마트 그리드 정책동향,” 전자통신동향분석, 제25권 제3호, 2010. 6.
- [9] 지식경제부, “스마트 그리드 국가로드맵,” 2010. 1.
- [10] 허재두 외, “WPAN/WBAN표준로드맵2011,” TTA, 2011. 10.