

BEMS 도입 효과 예측 및 평가 도구 개발 방향 제안

국내·외에서 사용되는 M&V 방법론을 검토하고, BEMS 도입효과에 대한 예측·평가 도구 개발 방향을 제시하고자 한다.

개요

2015년 11월 30일 프랑스 파리에서 개막한 제21차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP21)에서 대한민국 정부는 2030년까지 BAU 대비 온실가스 37%를 줄이기로 확정하였다. 건물 분야에서 온실가스를 절감하기 위한 다양한 사업모델들이 제시되고 있으며, 이러한 사업모델들의 핵심기술은 건물에너지관리시스템이라고 할 수 있다.

따라서 건물분야에서는 건물에너지관리시스템(Building Energy Management System, 이하 BEMS)의 표준화 및 보급화에 대한 노력을 경주하고 있다. BEMS는 2014년 8월 4일, KS F 1800-1 산업표준으로 제정 고시되었으며, 2016년 5월 26일 자로 “공공기관 에너지이용 합리화추진에 관한 규정”을 개정하였으며, 이는 1만㎡ 이상의 공공 건축물을 대상으로 BEMS의 의무적 설치를 주요 내용으로 하고 있다.

이렇듯 BEMS의 설치가 다양한 형태로 보급 활성화되고 있는 상황이지만, 에너지 절감량을 평가하여 BEMS의 도입 효과를 산정하는 기준이 존재하지 않아서, 건물주와 서비스 공급자 간의 의견차이가 발생하고 있으며 사전 협의 단계에서 계획된 절감량과의 불일치와 같은 문제가 발생할 우려가 있다.

〈표 1〉 국외 주요 M&V 프로토콜 및 가이드라인

구분	개발기관 (국가)	개발 목적	내용	적용 범주	평가옵션(방법)
IPMVP	EVO ¹ (USA)	에너지 효율과 재생에너지투자증진	에너지 효율 프로젝트에 의한 절감량 측정, 계산, 보고의 개념적·포괄적 프레임워크 제공	개별 사업장	Option A : Partially Measured Retrofit Isolation Option B : Retrofit Isolation Option C : Whole Facility Option D : Calibrated Simulation
FEMP	DOE ² (USA)	미국 연방지역의 에너지절약 프로젝트에 활용	IPMVP를 기초로 성과측정 및 검증을 위한 지침, 방법, 절감량 정량화 제공	개별 사업장	Option A : Retrofit Isolation with Key Parameter Measurement Option B : Isolation with All Parameter Measurement Option C : Utility Data Analysis Option D : Calibrated Simulation
ASHRAE Guideline 14-2002	ASHRAE ³ (USA)	표준 에너지 절약측정 절차 제정	에너지 절약 요구사항 및 요소, 세부 측정 방법, 기기장비 데이터 측정 방법, 모델링 과정의 불확실성 분석 방법론 제시	개별 사업장	Whole Building Approach Retrofit Isolation Approach Whole Building
SEP M&V Protocol	DOE (USA)	SEP (Superior Energy Performance) 활성화	에너지 개선 효과검증은 9개의 상세 토픽으로 구성, 각 토픽에서 에너지경영성과 평가에 대한 구체적인 기준 제시	개별 사업장/조직	조정 옵션에 따라 구분 Forecast/Backcast/Standard condition/Chaining
ISO 50006	ISO	EnPIs 및 EnBs 설정 표준 제공	성과측정 과정의 일부로서 EnPIs(Energy Performance Indicator)와 EnBs(Energy Baseline)의 설정 및 유지 가이드 제시	개별 사업장/조직	EnPI의 유형 - Measured energy value - Ratio of measured values - Statistical model - Engineering model
ISO 17741	ISO	프로젝트 단위의 M&V에 관한 일반적 규칙의 수립	프로젝트 에너지 절감량의 측정, 계산, 검증을 위한 기술적 가이드라인 제시	프로젝트	IPMVP Option A, B, C, D 또는 Boundary identification, Baseline period and reporting period, calculation methods(direct comparison, adjusted calculation, calibrated simulation) of energy savings, specification of data collection을 고려한 새로운 M&V 옵션 도출

따라서 본고에서는 국내·외에서 사용된 측정 및 검증 방법들을 검토한 후, BEMS에 있어서 측정 및 검증 가이드라인 및 예측·평가도구 개발 방향을 제안하는 것으로 마무리하고자 한다.

국외 에너지 절약 M&V 도입 현황 및 가이드라인

에너지 절감량을 측정 및 검증하는 M&V는 ESCO사업의 성과보증을 위해 미국에서 1996년 최초 도입한 이후로, 에너지절감 및 온실가스감축 사업의 성과 검증을 위해 M&V 프로토콜 및 가이드라

인을 제정하여 활용 중이다. 개별 에너지 효율화 프로젝트에 적용되는 M&V는 단일사업장 또는 건물에 적용된 에너지 효율 프로젝트의 에너지 절감량을 평가하기 위한 가이드라인 또는 프로토콜에 따라 평가된다. 주요 가이드라인은 IPMVP를 기초로 에너지 성과측정 및 검증 방법을 상세하게 다루고 있으며, 주로 개별 사업장 및 프로젝트의 에너지 성과 평가를 목적으로 활용된다(표 1).^{1,2,3}

1 EVO(Efficiency Valuation Organization).

2 DOE(Department of Energy) : 미국 에너지부.

3 ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating & Air Conditioning Engineers) : 미국냉난방공조기술자학회.

〈표 2〉 국내 에너지절감 사업의 M&V 현황 비교

구분	ESCO 사업	에너지 공급자 수요관리 투자사업	KVER 사업
관련 법령	에너지절약 전문기업 관리규정 [산업통상자원부 고시 제2013-40호]	에너지공급자의 수요관리 투자사업 운영규정 [산업통상자원부 고시 제2014-192호]	온실가스 배출 감축사업 등록 및 관리에 관한 규정 [산업통상자원부 고시 제2014-206호]
M&V 프로토콜 및 가이드라인	해당 없음	에너지 공급자 수요관리 투자사업 평가 및 검증지침	사업계획서 및 모니터링 보고서 작성 지침
M&V 관련 요구사항	"ESCO 투자사업 사업자 파이낸싱 성과배분 표준 계약서"에 MRV 사업 계획서를 첨부토록 요구	운영규정 제11조 ②항에서는 신규 효율향상 사업에 대한 모니터링 방법론을 관리기관과 협의토록 요구	사업 등록 시 관련 기술의 방법론을 활용하여 사업 계획서 작성 요구
M&V 활용성	성과 검증을 위한 M&V 체계 부재		CDM과 비교하여 방법론이 포괄적으로 작성되어 있으며, 일부 절감기술은 활용성이 부족함

국내 에너지 절약 M&V 도입 현황 및 가이드라인

국내의 에너지 절감사업의 경우, 친환경 에너지 소비체계 구축 및 에너지 이용 효율의 향상을 목적으로 한 다양한 에너지 효율화 정책이 시행되고 있으며, 현재까지는 사업의 홍보와 정부 주도의 보급에 초점을 맞추고 있으며, 사업 수행 후 에너지 절감량 산정에 대한 검증 체계는 절감 사업별로 산재한 상황이다.

국내의 M&V 활용은 주로 성과를 검증하고 보증해야 하는 ESCO 사업에서 활용되는 개념으로, 이 외에도 에너지 공급자 수요관리 투자사업, KVER 사업, 에너지경영시스템(EnMS)에서 M&V 개념을 도입하여 성과평가를 진행하고 있다(표 2).

국내에서는 국가 주도의 보급 정책에 대한 사업 평가의 방안으로, 각 사업의 프로세스에 적합한 M&V 체계를 각기 구축하여 적용하고 있다.

‘ICT 기반 ESCO 사업(2011~2015)’은 ICT,⁴ 주

4 ICT(Information Communication Technology) : IT(Information Technology)와 CT(Communication Technology)가 결합된 용어로, ISO/IEC JTC1의 표준화 기구 용어 정의에 따르면, IT와 소비자 가전 및 정보기술 제품, 통신 네트워크 세 가지 융합을 지칭.

로 EMS⁵가 도입된 ESCO 사업의 성과 검증을 위해 IPMVP를 기초로 한 성과평가 체계를 구축하여 시범사업장 개별 평가를 수행하고 있다.

‘에너지경영시스템 사업’은 EnMS 기반구축 및 국내 도입(2006~2011), EnMS 고도화(2011~2014)를 거쳐 성과분석 체계를 구축하고 지원 사업의 성과평가를 진행하였다. 성과평가를 위해 10개 사업장 실증 및 국내 성과평가의 기준과 Tool을 개발하였으며, 사업장 기준으로 IPMVP, FEMP, SEP M&V Protocol, ISO 50006 등을 기준으로 한 성과 검증을 수행하였다.

‘에너지공급자 수요관리 투자사업’⁶은 IPMVP와 FEMP를 기초로 5가지 설비 교체 사업의 방법론을 토대로 “에너지공급자 수요관리 투자사업 평가 및 검증에 관한 지침”을 개발하여 M&V 수행, 이때 사업의 진행기간·절차의 문제로 베이스라인의 조정은 반영되지 않았다.

5 EMS(Energy Management System) : 에너지 관리 시스템으로서, 에너지 사용량 및 주변 환경 정보를 수집하는 장치, 통신장치, 사용량 분석, Display, 최적의 에너지 절약 방법 도출 등을 수행하는 EMS SW, 에너지 사용시설 제어 시스템으로 구성.

6 에너지공급자가 공급하는 에너지원에 대한 생산, 전환, 수송, 저장 및 이용 상의 효율향상, 수요의 절감 및 온실가스 배출의 감축 등을 도모하기 위하여 소비자의 에너지 사용패턴을 변화시키는 제반활동, 효율향상 사업 및 부하관리 사업으로 구성.

〈표 3〉 BEMS 도입 효과 산정 방법론에 관한 가이드라인

구분		내용
목적		BEMS 데이터 수준과 가용 데이터, 평가 대상에 따른 평가방식의 다양화, 시간별 또는 그 이하의 단위로 수집된 데이터 기반의 정밀 분석을 통한 신뢰도 높은 절감률의 산정을 위한
프로세스	1	산정계획 수립 •수행일정, 데이터 수집 계획, 베이스라인 모델 계획, 절감량 계산 방법, 예산 절감량 등을 고려한 산정계획의 수립
	2	데이터 수집 •베이스라인 모델의 작성과 절감량 평가를 위해 수집해야 하는 관련데이터의 정의 •에너지 사용량 데이터, 독립변수 데이터(기상, 건물 운영, 기기 관련), 베이스라인 조정을 위한 데이터 등의 수집
	3	검증모델 선정 •모델 1 : 모든 관련 파라미터가 BEMS로 수집되어 사용 가능하며, 공학적 수식 또는 회귀모델 적용 •모델 2 : 건물 전체 에너지 사용량을 통한 분석이 요구되며, 독립변수 기반의 회귀모델 적용 •모델 3 : 신규 건축물 또는 베이스라인 기간의 데이터가 없을 경우, 정밀 건물에너지 시뮬레이션을 활용하여 적용
	4	베이스라인 모델 작성 •검증모델(모델 1, 모델 2, 모델 3)에 따른 베이스라인 모델 작성 •모델 1 : 대상기기의 특성에 따라 정의된 공학 모델 또는 회귀식을 이용한 모델 작성 •모델 2 : 독립변수와 종속변수인 에너지사용량의 관계를 수학적으로 정의한 모델 작성 •모델 3 : EnergyPlus, DOE-2, TANSYS 등을 활용한 시뮬레이션 수행, MBE, CV(RMSE), R ² 검증지표를 활용하여 검증모델 평가
	5	베이스라인 모델 조정 •작성된 베이스라인 모델을 사용하여 에너지사용량이 측정된 기간 동안의 조건과 동일하게 모델의 조건 변경 •독립변수와 관련된 항목들의 변동을 반영하기 위한 통상적 조정(Routine Adjustments), 예상치 못한 건물 및 시스템의 변경을 반영하기 위한 비통상적 조정(Non-Routine Adjustments)이 있음
	6	불확실성 분석 •측정, 샘플링, 모델링의 3가지 유형에 대한 불확실성 평가를 통해 절감량에 대한 신뢰도 향상
	7	에너지 절감량 계산 •성능검증 기간 절감량 : 건물이 운영된 실제 기간 동안 절감된 에너지사용량 계산, 경제적 효과 및 실질적인 도입 효과 검증 •표준화된 절감량 : 성능개선 이후 건물의 운영기간이 1년 미만인 경우에 1년 동안의 에너지 절감량을 예측, 표준 기상조건에서의 에너지 절감량 계산이 필요할 경우 사용

‘온실가스 배출 감축사업(KVER)’은 대중소기업을 대상으로 한 자발적 온실가스 감축제도로 해당 성과 검증을 위해 온실가스 감축량을 기준으로 검증수행(MRV), 총 14개의 성과 검증 방법을 보유하고 있다.

BEMS 도입 효과 산정 가이드라인

위에서 살펴본 바와 같이 국내·외에 걸쳐 다양한 성과 측정 및 검증 도구가 있으며, 이는 BEMS 도입 효과를 산정하기 위해 검토하여야 한다. 기존의 가이드라인들은 프로젝트의 조건과 상황, 사업적 특성, 평가 시 고려사항에 따라서 평가방법을

달리하고 있으며, 특히 주요 평가 방법들의 경우 기존 건축물의 ESCO 사업을 그 대상으로 하고 있기 때문에, 측정의 부담을 줄이기 위하여 월별 데이터를 그 대상으로 하고 있다. 하지만, BEMS의 경우, 정밀하고 장기적인 데이터의 측정이 가능하기 때문에 이를 주요 목적으로 삼아야 할 것이다.

다음의 표에 제시된 바와 같이 ‘건물에너지관리시스템(BEMS) KS 연계규격 개발에 관한 연구(2014)’에서는 BEMS 도입 효과 산정 방법론에 관한 가이드라인을 제시한 바 있으며, 이를 토대로 BEMS의 기능 중 에너지 소비량 예측 및 비용분석 기능을 제공할 수 있는 BEMS 도입 효과 예측·평가 도구 개발이 가능할 것으로 생각된다(표 3).

BEMS 도입 효과 예측 · 평가도구 제안

현재 개발하고자 하는 도입 효과 예측 및 평가 도구는 기존의 BEMS 뿐만 아니라, 개방형 플랫폼 기반의 BEMS가 적용되었을 때에 예측 및 평가할 수 있는 도구를 제안하고자 한다. 개방형 운영체계를 기반으로 하는 BEMS의 경우, 기존 BEMS와 차별화되는 큰 요소는 소프트웨어의 등록/삭제가 사용자에게 의해 자유롭게 결정된다는 것이다.

이러한 시스템 특성과 위에서 논의한 BEMS 가이드라인을 기반으로 한 BEMS 도입 효과 예측 및 평가 도구는 다음과 같다. 먼저 절감기술 개발자가 개발한 기술의 효과를 예측할 수 있는 예측도구 부분과 건물 운영을 통해 획득한 데이터를 이용하여 절감량을 평가할 수 있는 평가도구 부분, 그리고 두 시스템 사이의 정보를 공유하고 추천 및 벤치마킹 기능을 제공하는 Web 기반 포털시스템 부문 등 3개의 시스템으로 구성할 예정이다(그림 1).

개발자용 BEMS 도입 효과 예측도구

건물에너지 절감 기술 개발자는 실제 BEMS 적용 전 자신의 개발 기술에 대한 절감량을 예측하고 수정하여 신뢰성을 확보할 수 있어야 한다. 대상이

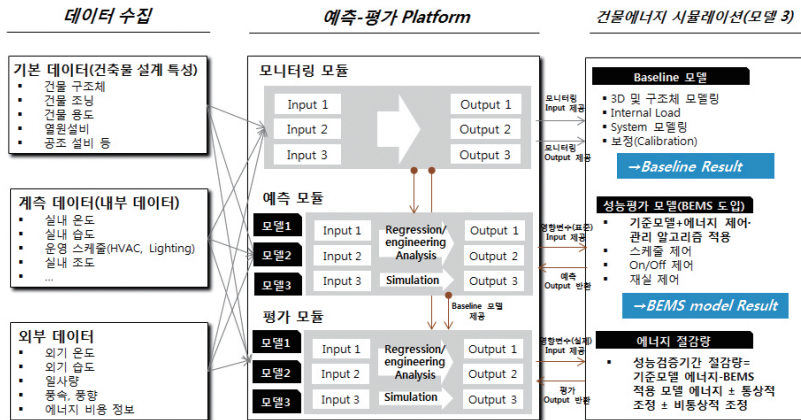
되는 건물에 대한 예측 모델을 생성할 수 있으며, 이를 기준으로 절감 기술 개발 로직을 예측 모델에 탑재할 수 있는 기능을 보유하여야 한다. 예측도구는 크게 대표 모델에 대한 BEMS 도입 효과 예측과 단일 건물별 BEMS 도입 효과 예측으로 나뉜다.

실시간 건물에너지 평가도구

실시간 건물에너지 평가도구는 현장에 설치되는 프로그램으로 대상 건물의 관제점 별 모니터링 및 설비, 기술별 절감량 모니터링, history 관리 등의 기능을 가진다.

BEMS KS 표준 관제점에 기반한 입력 포인트를 이용하여 특정 기간의 관제점 데이터 및 설비, 기술 절감량 데이터를 내부 데이터베이스에 저장해 두었다가 사용자의 요청 또는 자동 설정에 의해 Web 기반 BEMS 핵심기술 예측 시스템의 데이터베이스로 전송하여 개발자용 BEMS 도입 효과 예측 Tool에서 사용할 수 있도록 지원하는 역할을 수행한다.

평가도구는 절감기술 평가를 위해 대상 건물에 대한 베이스라인(Baseline) 모델을 가지며, 예측도구에서 생성된 절감 기술들이 Web 포털 시스템에 업로드가 되고 나면 이 평가도구에서는 현 대상 건



[그림 1] BEMS 도입 효과 예측 · 평가 TOOL 개념도

〈표 4〉 실시간 건물에너지 평가도구의 주요 기능

모니터링	설비 운영현황
<ul style="list-style-type: none"> •전체 및 층별 모니터링 •전력, 동력, 전열, 조명, 에너지 사용량 •월간, 연간 에너지 사용량 •온도 및 습도 	<ul style="list-style-type: none"> •에너지 절약기술 및 예상 절감효과 등 현황 제공 •일간 및 월간 에너지 사용 패턴 제공 •관제점 위치
성과평가	설정
<ul style="list-style-type: none"> •시간별, 일별, 기간별 절감효과 산출 •건물 전체 및 설비 단위로 에너지 절감효과 산출 •예측 절감량과 비교 평가 	<ul style="list-style-type: none"> •시뮬레이션 및 시스템 설정으로 구분 •건물정보, 설비, 공간, 관제점, 코드, 스케줄 등 관리

물에 대한 절감 기술들을 Web 포털 시스템에서 검색하여 다운로드 및 적용이 가능하다(표 4).

Web 기반 BEMS 핵심기술 예측 시스템

Web 기반 BEMS 핵심기술 예측 시스템은 개발 사용자 BEMS 도입 효과 예측도구에서 생성된 예측 절감량 등의 데이터를 업로드받아 데이터베이스에 저장해 두고 건물기준 또는 전체 기준으로 현재 등록된 절감 기술들의 예측 절감량 리스트를 사용자에게 제공한다. 건물 관리자는 해당 리스트의 절감량을 참고로 자신의 건물에 적합한 절감 기술을 다운로드받아 실시간 건물에너지 평가도구에 설치한다.

Web 기반 BEMS 핵심기술 예측 시스템은 예측 도구에서 등록된 절감 기술들을 데이터베이스에 저장하고, 절감 기술을 종류별, 적용건물별로 분류하여 저장한다. 사용자는 절감기술을 종류 또는 기술명으로 검색할 수 있으며 특정 건물을 중심으로 추천받을 수 있다.

결론

IPMVP, FEMP 등과 같은 가이드라인 기반의 M&V는 다양한 형태로 수행되고 있으나, BEMS 도입 효과 산정에 관한 표준화된 프로토콜 및 가이드라인은 미흡한 실정으로 현재 그 기반을 구축해 나

가는 단계에 있으며, 이를 토대로 에너지 소비량 예측 및 비용분석 기능을 제공할 수 있는 BEMS 도입 효과 예측·평가도구를 개발할 예정이다

국내·외 에너지효율 평가도구 및 M&V 기반의 단일기술 평가도구는 다양하게 개발되고 있고 이는 각종 에너지절약 기술을 도입한 실증사업에 활용되고 있으나, 에너지절약 기술별로 사용에 한계가 있거나 기술별로 추가적인 보정 프로세스가 필요하여 그 활용도는 높지 않은 실정이다.

따라서 적용 건물들의 형태에 대처할 수 있고 다양한 핵심 기술에 대한 관리 및 예측, 핵심 기술 적용 시의 에너지 절감량을 모니터링할 수 있는 BEMS에 특화된 평가도구 개발이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 국토교통부, 2014, 건물에너지관리시스템(BEMS) KS 연계규격 개발에 관한 연구.
2. 정보통신산업진흥원, 2014, 2014년 ICT기반 ESCO 기반조성 연구.
3. 한국에너지기술평가원, 2014, K-MEG 비즈모델 실증 및 사업화.
4. 한국에너지기술평가원, 2015, 마이크로에너지 그리드 데이터 분석 및 성능 검증.
5. 한국에너지기술평가원, 2015, 에너지효율개선

율(절감율) 평가기법 개발 및 DB구축.

6. ASHRAE, 2010, 90.1 User's Manual.
7. ASHRAE, 2013, Energy Standard for Building Except Low-Rise Residential Buildings.
8. ISO, 2015, General technical rules for measurement, calculation and verification of energy sav-

ings of projects.

9. 한국에너지공단, 2016, 16년 녹색건축 및 전기차 보급 활성화 시책.
10. 관계부처 합동 보도자료, 2015, 기후 변화 대응을 위한 에너지 신산업 활성화 및 핵심기술 개발 전략 이행 계획. 