

건물 자동 제어 시스템의 에너지 성능 평가 : 유럽 표준 EN 15232

기술표준을 소개하고 한국형 BEMS 에너지 성능평가
툴의 개발을 위한 기초정보를 제공하고자 한다.

건물에너지 성능 개선과 자동제어

정부는 2013년 2월부터 녹색 건축물 조성지원법으로 건물에너지 인증 대상을 전체 건물 유형으로 확대하고 그 등급을 세분화하면서 1 등급 기준을 강화하였다. 신축 건물의 경우 패시브 하우스 기준으로 2017년까지, 제로에너지 건물로 2024년까지 설계 및 시공이 되도록 할 계획이다. 기존 건물에도 에너지 효율등급을 실시하여 건물 에너지 절감에 실효성을 높이기 위해 실측 데이터 기반 인증 등급 제도를 시행하고 있다. 이러한 적극적인 정책들로 인해 건물 에너지 효율 개선을 위한 관련 시장이 확대되고 산업적으로는 기술 개발 요구가 증가하고 있다.

건물 에너지 성능 개선을 위해 고려되는 건물 및 설비 시스템 도입은 건물의 에너지 부하 특성에 따라 최대의 효과를 만들어 낼 기술들이 사전에 평가되어야 한다. 신축 건물의 경우 에너지 성능 평가용 툴들이 건축적 측면에서 에너지 부하를 예측하고 시스템 종류에 따른 에너지 소비량을 산출하는 프로그램으로 개발되어 사용되고 있다 (예를 들면 서울시 건물 에너지 총량제 계산 툴 BESS, 혹은 에너

김재민

Senior Research Fellow
University of Strathclyde
min@esru.strath.ac.uk

유호경

(주)이젠파트너스 개발이사
yu@e-genpartners.com

지 관리 공단에서 비주거용 건물용 에너지 소비 예측 툴 ECO2). 기존 건물에서도 리모델링을 통해서 건축적 요소의 개선 설비 개조에 따른 절감 효과를 기대할 수 있고, 실제 운영 관리상의 문제점을 개선함으로써 절감을 이루어낼 수도 있다. 특히, BEMS(Building Energy Management System)는 투자비용 대비 절감 효과가 상대적으로 큰 기술로 국내외 사례들을 통해 성과들이 보고되고 있다⁶⁾. 국내의 ESCO 사업에서도 BEMS는 ESCO 사업체의 수익성을 보장할 수 있는 경제성이 높은 기술로 인식되어 있어 BEMS 시장에 솔루션 제공을 통해 시장 선점을 하려는 기업들의 투자가 증가하는 실정이다.

하지만 BEMS도입에 따른 에너지 개선 효과는 건물의 부하 특성 및 운영 상황에 따라 달라지고 BEMS 도입 기술 종류 및 수준이 다양한 관계로 어떤 건물의 에너지 절감량을 정량적으로 예측하는 것은 쉽지 않은 일이다. 이러한 기술적 장애는 ESCO 사업자가 BEMS 도입을 하는데 불확실성이 존재하도록 한다.

유럽은 일찍이 이와 같은 기술 수요에 맞추어 BEMS의 에너지 절감 효과 평가를 위한 방법을 기술 표준으로 제정하였고 이를 기반으로 BEMS 사업자들(하니웰, 지멘스 등)이 자사의 제품 개발과 판매에 활용하고 있다.

EN15232: 목적 및 개요

EN 15232는 비교적 최근인 2007년 최초 제정 후 2012년 개정판이 나왔으며 유럽의 건물 에너지 성능 개선을 위한 정책 구현을 위한 여러 툴을 지원하기 위한 표준 중 하나로 도입되었다. 그림 1은 EPBD(Energy Performance of Buildings Directive)의 에너지 효율계산 체계 속에 EN15232의 위치를 나타낸 것이다. EN

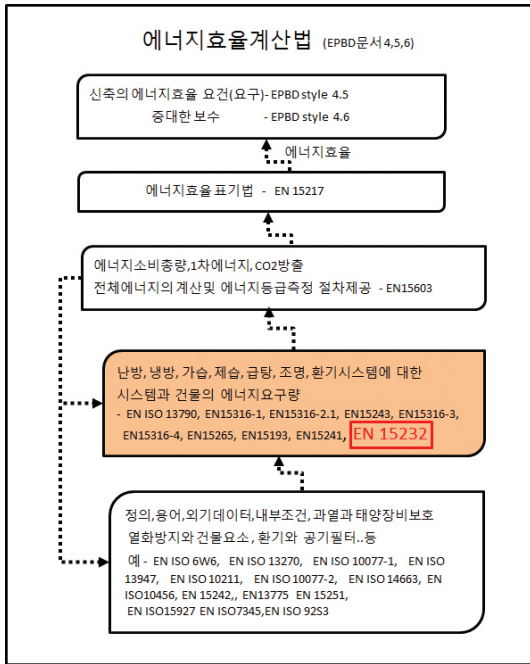
15232는 건물 에너지 사용에서 건물 자동화 시스템(BACS building automation and control systems)과 관리 기술(TBM technical building management)의 영향도를 평가하기 위한 방법을 정립하기 위해 만들어졌다. 이를 위해 건물 에너지에 대표적으로 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명을 대상으로 시스템에 사용되는 제어 기술 및 건물 관리 시스템의 수준별 에너지 절감 효과를 예측하여 그 결과에 따라 평가 등급을 부여하는 체계를 제시하였다.

이 표준은 기존 건물은 물론 신축 및 리모델링 건물에도 적용 가능하며 아래와 같은 용도로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

- 건물주나 설계자 및 엔지니어가 신축/개축 건물에 주어지는 기능 요구조건을 정의할 수 있도록 함.
- 정부 기관(중앙 및 지방자치체)에서 신축/개축 건물에서 자동제어 및 건물 관리 시스템의 최소 요구 조건을 정의할 수 있도록 함.
- 정부 기관에서 자동제어 및 관리 시스템의 기능을 점검하는 방법과 이 기능 수준이 적합하게 구현되었는지를 평가할 수 있도록 함.
- 정부 기관에서 자동제어 및 건물관리 기술이 건물 에너지 성능 향상에 영향을 미치는지를 계산하는 방법론을 제공하며, 소프트웨어 개발자가 개발할 수 있는 기본 알고리즘 제공함.
- 건물 설계자가 건물 에너지 성능 평가 시 자동제어와 건물관리 분야를 고려하여 이 요소들의 효과를 평가할 수 있도록 함.

EN15232 평가 체계

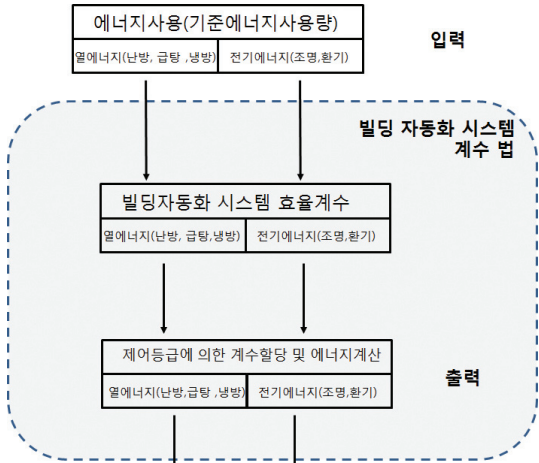
EN15232는 평가대상을 크게 열에너지와 전기 에너지로 나누고, 이를 다시 난방,급탕, 냉방, 조



[그림 1] EPBD의 에너지효율 계산체계와 EN15232

명, 환기로 나눈다. 이 분류를 따라 기준 에너지량 (새로운 기술 도입 이전의 수준에서의 에너지 소비량)을 입력받고, 제어 기술의 선택의 수준을 평가하며 그 등급에 따라 효율계수를 할당하여 기준 대비 에너지 소비량 절감률을 도출한다(그림 2 참조). BEMS의 상태에 따라 등급을 할당하고, 선택된 A, B, C, D등급으로 효율 계수 테이블에서 특정 계수 값을 고르는 것이 EN15232의 기본 구조이다. 등급은 표 1의 기준에 따라 A, B, C, D로 나뉘고 있고, 이는 건물 자동제어 시스템과 기술적 건물 관리 시스템의 적용 정도로 판단한 것이다.

- D 등급: 최소 기능에도 못 미치는 수준(제어 부재)
- C 등급: 정의된 최소기능이 수행됨
- B 등급: C 등급에 부가하여 보다 좀 더 상세하고, 향상된 빌딩자동제어기능 수행



[그림 2] 빌딩자동화시스템 계수법의 입력과 출력

<표 1> 등급기준

등급	설명
A	고성능 에너지 효율의 BACS 와 TBM (High Energy performance BACS and TBM)
B	개선된 에너지 효율의 BACS 와 TBM (Advanced BACS and TBM)
C	기준의 BACS (Standard BACS)
D	에너지 비효율적인 BACS (Non energy efficient BACS)

BACS (Building Automation and Control System)
건물 자동 제어 시스템
TBM (Technical Building Management System)
기술적 건물 관리 시스템

A 등급: B 등급에 부가하여 좀 더 상세하고, 향상된 기술적 빌딩 관리기능 수행

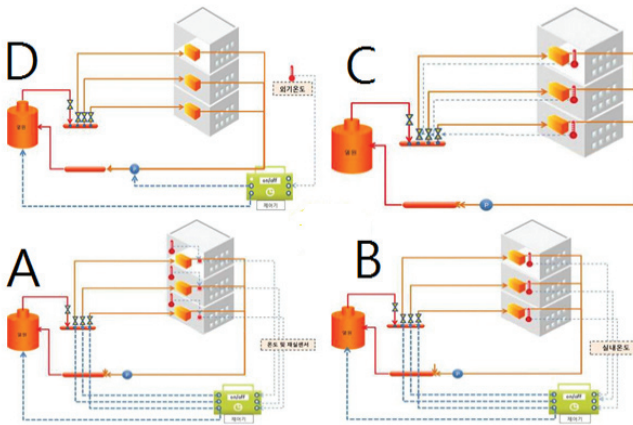
표 2와 그림 3은 난방에너지 부문-방열제어에서의 등급 적용 예를 나타낸 것이다. D 등급의 경우 제어가 없거나, 외기온도로 중앙제어만 하는 경우이고, C 등급의 경우는 개별실 온도를 감지하여 각 실의 방열을 제어하는 것이며, B 등급의 경우는 개별실 온도를 감지하여 실별 제어를 중앙 제어 장치에서 통합 제어하는 것이며, A 등급의 경우는 개별 실 제어에 부가적으로 재실자 감

〈표 2〉 등급 적용 체계와 세부 분류

부문	소목	세목	등급
난방	방열 제어	제어 없는 상태	D등급
		외기온도를 반영하여 중앙제어만 하는 상태	D등급
		각방의 실내온도를 반영하여 개별적 방열제어 상태	C등급
		C의 제어가 중앙제어장치로 모여서 전체를 제어하는 상태	B등급
		B등급의 제어와 더불어 재실자 데이터 까지 방열제어에 반영 하는 제어상태	A등급

〈표 3〉 에너지부문, 소목, 세목의 세부항목(조명에너지부문 예)

에너지부문	소목	세목	등급
조명	재실 제어	수동 ON/OFF	D
		수동 ON/OFF + 비재실시간엔 완전소등	C
		자동감지	A
	주광 제어	수동	C
자동감지(자연채광감지)		A	



〈그림 3〉 각 세부 등급별 제어 수준 도해(난방부문의 방열제어 소목 경우)

〈표 4〉 전체 에너지부문의 소목 및 세목의 항목수

에너지부문	소목	세목
난방	8	30
급탕	5	18
냉방	8	30
환기,공조	7	23
조명	2	5
블라인드	1	4
관리	2	4
계	33	114

지제어를 보완하여 중앙 제어장치에서 통합 제어 하는 상태를 말한다.

표 3은 조명 에너지 부분의 예를 나타낸 것인데 이와같이 각 부문은 제어 수준에 따라 세목으로 나누어져 정의되어 있다. 각 부문별 에너지는 난방, 급탕, 냉방, 환기 공조, 조명, 블라인드, 관리 항목으로 분류되어 있으며 각 부문별 소목으로 다시 분류되고 각 소목별로 옵션이 정의되어 있다. 각 부문별 소목 및 옵션별 수는 표 4와 같다.

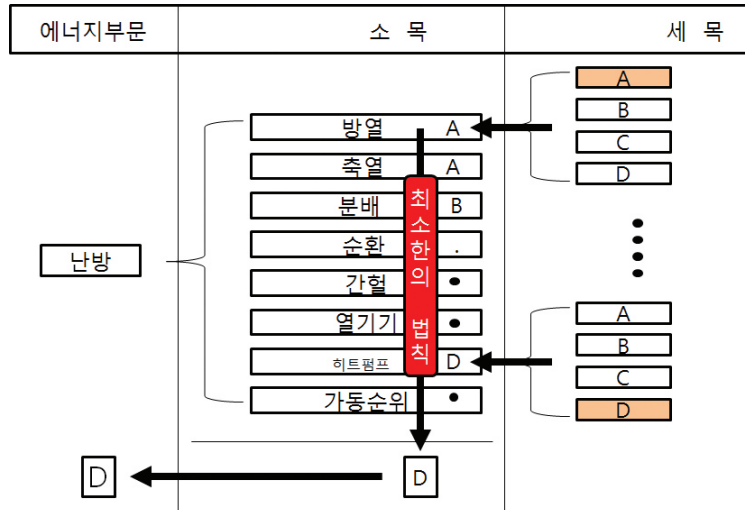
는 데 있어서 최소한의 법칙을 적용하고 있다. 이는 소목의 항목 중에 가장 낮은 등급을 해당 부문의 등급으로 설정한다는 의미이다. 하나의 에너지 시스템을 제어하는 데 있어서 계통상에 요소가 하나라도 작동이 안 될 경우 실제 에너지 절감으로 이루어지지 못하는 것을 반영한 것으로 추정된다. 만약에 기술이 적용이 안 되거나 없는 경우에는 그 부문을 제외하고 최소 법칙을 적용하게 된다(그림 4 참조).

등급 판정 로직

EN15232 표준에서는 소목의 등급을 정의하

효율계수

BEMS의 효율계수는 에너지 원별, 건물 유형



[그림 4] 에너지부문의 등급 판단 과정(난방부문 예)

별로 구분된 효율계수 값이 정의되어 있다. 에너지 원별로 열(난방, 급탕)과 전기(냉방, 환기, 조명)로 나누고, 건물 유형은 주거형과 비주거형(사무실, 강의실, 교육시설(학교), 병원, 호텔, 식당, 판매시설, 기타)로 분류하였다. 표 5는 이들 효율 계수 중 조명과 환기공조 부문의 에너지 효

율 계수를 나타낸 것이다.

에너지 절감량 산출 방법

에너지 절감량 산출은 기준 에너지 소비량에 제어 등급에 따른 에너지 효율 계수를 계산하여

〈표 5〉 BACS 효율계수 조명 및 환기 공조- 비주거 건물 대상

비주거 건물 유형	BACS 효율계수 (조명, 환기 공조)							
	D		C		B		A	
	비효율 Non energy efficient		기준 Standard		효율 Advanced		최적효율 High energy performance	
	조명	환기	조명	환기	조명	환기	조명	환기
사무실	1.1	1.15	1	1	0.85	0.86	0.72	0.72
강의실	1.1	1.11	1	1	0.88	0.88	0.76	0.78
교육시설 (학교)	1.1	1.12	1	1	0.88	0.87	0.76	0.74
병원	1.2	1.1	1	1	1	0.98	1	0.96
호텔	1.1	1.12	1	1	0.88	0.89	0.76	0.78
식당	1.1	1.09	1	1	1	0.96	1	0.92
판매시설	1.1	1.13	1	1	1	0.95	1	0.91
다른 유형: - 운동 시설 - 창고 - 공장 - 기타	-	-	1	1	-	-	-	-

얻어진다. 표 6에서는 열에너지 시스템에서 B 등급의 계산 예를 보이고 있다. 예를 들면 건물의 에너지 부하 시뮬레이션 등을 통해 요구량이 도출되고, 해당 zone에 공급되는 건물 및 장비의 손실을 고려하며, 이 두 가지 양이 합해져서 에너지소요량이 된다. 이 에너지 소요량이 기준값이 되고 등급으로는 C 등급이 된다. BEMS 상태가 기준 상태를 유지하면, 에너지소요량에 1을 곱하여 그 상태의 열 에너지양을 도출하고, BEMS 상태가 B 등급이면, 에너지소비량에 B 등급 효율계수를 곱하여 B 등급 상태의 에너지소요량을 도출한다.

표준에서 사용된 효율 계수의 근거

EN15232의 부록에 의하면 각 제어 세목별 효

율 계수를 산출하기 위해 정밀 시뮬레이션 방법을 사용하였다. 시뮬레이션 툴은 TRNSYS를 사용하였고 모델의 건축적 조건은 그림 5와 같다. 이 모델을 사용하여 설비 시스템 도입 시 제어 조건별 에너지 소비량을 산출하여 비교하였다. 모델의 제어 조건의 차이를 부여하기 위해 운영 시간 및 실내 온도 설정 조건을 각 등급별로 정의하였다.

표 7은 사무실의 등급별 운영 조건을 보여주고 있다. D 등급의 경우 제어없이 고정온도(22.5℃)로 24시간 작동하는 패턴을 보이고, C 등급은 재실율 등 근무시간에 맞추어진 근무시간과 온도(22℃)범위를 가지며, B 등급은 근무패턴에 맞추는 제어조건을 부여하였으며, A 등급은 B 등급의 패턴에 외기온도 연동한 온도 설정 조건을 적용하였다. 건물 용도별, 제어 등급별, 에너

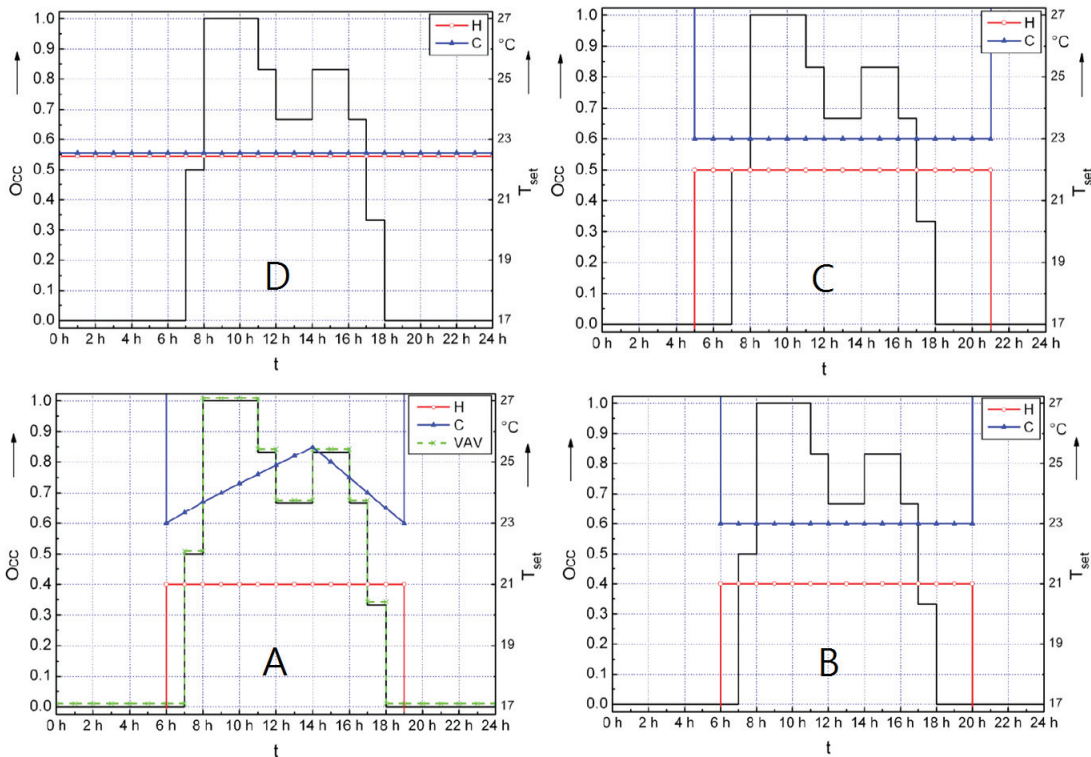
<표 6> 에너지 계산 예

구분	NO	계산	난방	냉방	단위
요구량	1		100	100	kWh/기간
시스템손실	2		33	28	"
열에너지소요량(C 등급)	3	1+2	133	128	"
BAC factor(C 등급)-Reference case	4		1	1	"
BAC factor(B 등급)-Actual case	5		0.8	0.8	"
열에너지 (B 등급)-Actual case	6	3*5/4	106	102	"



〈표 7〉 측정조건 (사무실예, $f(T_{amb})=$ 외기와 연동한 온도)

구분		등급별 운영 조건			
		D	C	B	A
난방	온도설정	22.5 °C	22/15 °C	21/15 °C	21/15 °C
	작동시간	00:00~24:00	05:00~21:00	06:00~20:00	06:00~19:00
냉방	온도설정	22.5 °C	23 °C	23 °C	$TC=f(T_{amb})$
	작동시간	00:00~24:00	05:00~21:00	06:00~20:00	06:00~19:00
조명	전력	13 W/m ²	13 W/m ²	13 W/m ²	13 W/m ²
	작동시간	07:00~18:00	07:00~18:00	07:00~18:00	07:00~18:00
내부취득	사람	13.3 m ² /Pers	13.3 m ² /Pers	13.3 m ² /Pers	13.3 m ² /Pers
	장비	10 W/m ²	10 W/m ²	10 W/m ²	10 W/m ²
환기	공기교체	0/h	0/h	0/h	0/h
태양	그늘요소	0.3수동	0.5수동	0.7(200 W/m ²)	0.7(200 W/m ²)
사용날자	근무일/주말	5/2	5/2	5/2	5/2



〈그림 6〉 등급별 컨트롤패턴 (Occ = 재실자율, t = 시간, Tset = 설정 온도)

지 부문별 다른 조건에서 각 효율 계수를 산출하였다. 그림 6은 ABCD 등급별 운전 스케줄을 정의한 것을 나타낸다.

EN15232을 기반한 툴 사례

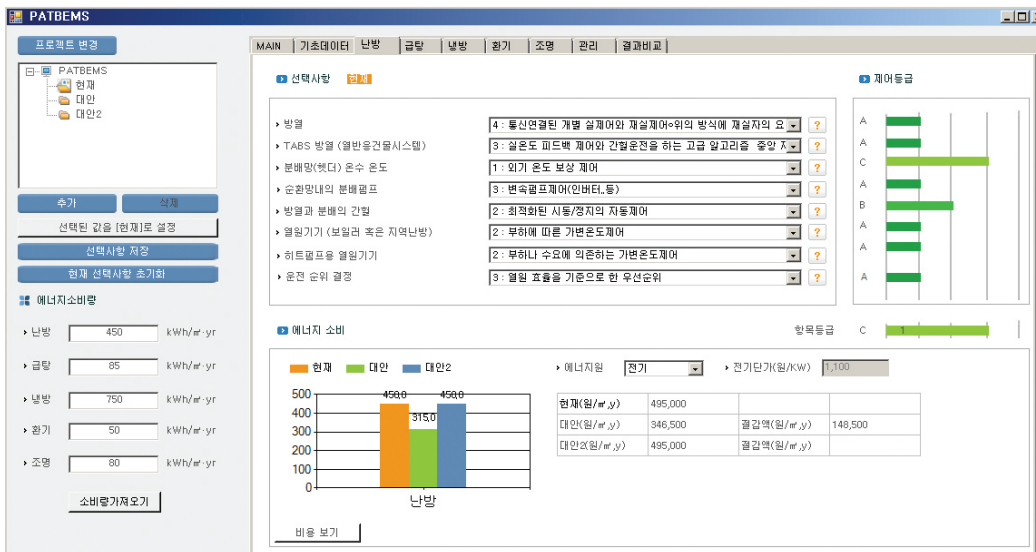
EN15232를 구현한 툴은 국외에서는 BEMS 제조/공급사들이 개발한 프로그램이 있으며 국내에서는 한국 전자 통신 연구원이 개발한 툴이 있다. BEMS 장비 제조업체인 지멘스는 자체 제품군을 EN15232의 등급 기준에 맞추어 모델들을 설정하여 특정 모델을 설치 시 개선 효과를 사용자가 쉽게 산출할 수 있도록 하였다. 하니웰사는 B3E(Building3Experts)라는 프로그램을 개발하여 iPhone App으로 공개하였다.

한국 전자 통신 연구원은 건물 에너지 관리 시스템 성능 평가툴(PATBEMS2.0, Performance Assessment Tool for Building Energy Management System)을 개발하였다. 본 프로그램은 기준 건물 에너지 소비량 산출을 ISO 13790

및 계절별 기기 효율계수법을 채용한 간이법 소비량 계산 프로그램과 연동을 하여 건물의 유형, 부하 특성을 반영한 에너지 소비량 계산을 예측한 값을 사용하도록 하였다. 또한, 기존 건물의 경우에는 모니터링 된 실측값을 기준 에너지 소비량으로 입력이 가능하다. 소비량 계산 후 연료 단가를 반영하여 시스템 선택 별로 운영비 계산을 하여 경제성 평가를 할 수도 있다. 복수의 건물을 대상으로 건물 유형, 시스템 선택, 자동제어 및 관리 시스템 조합에 의한 최적의 에너지 시스템을 찾아낼 수 있는 기능적 장점이 있다. 그러나 소비 절감을 계산하는 데 사용되는 효율계수는 유럽 표준 값을 사용함으로써 한국의 건물 특성 및 기후 조건에 맞는 효율 계수를 개발해야 하는 과제를 가지고 있다(그림 7 참조).

결론

EN15232를 구현한 툴들을 보면, 사용이 간단해서 비전문가도 빠르게 BMES의 에너지 성능 영



[그림 7] PATBEMS 2.0 유저인터페이스

향 평가를 할 수 있는 장점이 있다. 상세 시뮬레이션으로 평가가 어려운 경우 도입하는 제어 기술별 에너지 성능을 비교하여 최적 시스템을 설계하려 할 경우 유용하게 활용할 수 있다. EN15232의 평가체계를 한국화할 경우 아래와 같은 사항이 보완해야 할 것이다.

- 1) 한국형 효율 계수를 제시하기 위한 조사 연구 혹은 시뮬레이션 모델에 의한 산출.
- 2) 국내 건물 에너지 시스템 기술이 항목별로 등급별로 적용 가능하도록 범위를 정의.
- 3) 국내의 기존 건물 에너지 평가 툴과 연계한 평가 체계 정립.

건물에너지 성능 평가를 건축적 측면, 시스템적 측면, 제어 및 운영적 측면으로 나누어 수행할 수 있다면 시스템 개선 전략을 건물의 특성과 에너지 부하특성에 맞추어 최적 시스템을 찾아낼 수 있을 것이다. EN15232는 간편하게 BEMS의 기능 수준별 에너지 절감 성능을 평가할 수 있으나 실제 에너지 소비에 영향을 주는 유지 관리 항목은 자세히 다루지 않고 있다. 유지 관리 항목은 다소 정성적 측면이 있으므로 이를 반영할 방법이 모색되어야 할 것이다.

참고 문헌

1. BS EN 15232:2012, Energy performance of buildings-Impact of Building Automation, Controls and Building Management, March 2.
2. BS EN ISO 13790:2013, Energy performance of buildings-Calculation of energy use for space heating and cooling(ISO 13790:2008)
3. ETRI, PATBEMS 2.0 기술보고서
4. 하니웰, 2013, BUILDIND EXPERTS: The new version of EN15232 Effects of building automation on building efficiency, www.buildingexperts.info
5. 지멘스, 2013, Building automation impact on energy efficiency : Application per EN 15232 eu.bac product certification, www.siemens.com/hvac
6. 서울시 주택 본부, 2011, BESS, http://spp.seoul.go.kr/silguk/housing/material_new/nmaterial_main_all.jsp
7. 법제처, 2013, 녹색 건축법, www.law.go.kr/LSW 