Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment
Vol. 13, No. 5 Oct. 2013, pp.51-57, pISSN 1598-3730, eISSN 2288-4823
http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2013.13.5.051

사무소 건물의 에너지 미터링 시스템 구축에 관한 사례연구

A case study for installing of Energy Metering Systems in an Office Building

한 혜 심* Han, Hye-Sim
이 나 은** Lee, Na-Eun
이 진 숙*** Lee, Jin-Sook
정 학 근**** Jeong, Hak-Geun
장 철 용***** Jang, Cheol-Yong

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creative commons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

Energy saving starts by knowing how much energy is being consumed. A building factor is easier than any other things in energy saving. Since, especially, it is closely connected with user's space-use-patterns and manager's utility-operation-style.

An energy metering system lets building users know about energy consumption pattern in buildings and measure energy in real time. Development and materialization of metering systems need more careful plans, so that they depend on a demand of individual facilities and available infrastructures they used to use. But, so far, there is no guidelines how to install metering systems.

This paper suggested how to install meters and researched a method for how to analyze by using metered data. For that, Green Building in KIER is used as a test bed. As the results, nevertheless the smallest number of meters is basically one for the whole building energy measuring, it is too limited in analysis. So we needed to add the sort of fuel and utility types and found that it depends on all cases. For this reasons, a guideline should be created in order to install meters as soon as possible. It would be suggest a way to save more energy in building factor.

키워드 : 미터링 시스템, 에너지 분석 방법론, 계측 데이터, 사무소 건물
Keywords : Metering System, Energy Analysis Method, Metered Data, Office Building

1. 서 론

1.1. 연구의 목적

해마다 전력 사용량이 증가하고 전력 보급 문제가 계속 발생됨에 따라 그 어느 때보다 에너지 절약 방법 모색이 시급하다. 특히 지진과 쓰나미로 인한 일본 후쿠시마 원자력 발전소의 가동 중단에 따른 에너지 공급원의 부재・공급 장애 등의 사례를 접한 후, 기존에 우리가 절대적으로 의심 없이 사용해오던 에너지원의 공급 문제는 우리가 해결해가야 할 당면 과제로 남겨졌으며 이제 아무리 강조해도 지나치지 않는다.

* Dept. of Architectural Engineering, Chungnam National Univ. South Korea (hs_han@kier.re.kr)
** Energy Efficiency and Materials Research Division, Korea Institute of Energy Research, South Korea (qwert0708@kier.re.kr)
*** Dept. of Architectural Engineering, Chungnam National Univ. South Korea (js_lee@cnu.ac.kr)
**** Energy Efficiency and Materials Research Division, Korea Institute of Energy Research, South Korea (hgjeong@kier.re.kr)
***** Corresponding author, Energy Efficiency and Materials Research Division, Korea Institute of Energy Research, South Korea (cyjang@kier.re.kr)

에너지 절약은 에너지를 얼마나 사용하는지 아는 것부터 시작한다. 특히 건축물은 국내 총에너지 소비량의 24%를 차지[1]하는 매우 높은 소비군이며 재실자의 건물 사용패턴과 직접적인 관련이 있음으로 에너지 소비패턴 및 문제점 등이 파악된다면 다른 어떤 분야보다도 절약할 수 있는 여지가 충분히 확보되어 있다고 할 수 있다.

건축물 에너지 미터링 시스템은 에너지 사용량을 실시간 계측하고 에너지 소비패턴을 파악하도록 도와준다는 의미에서 매우 중요하다. 최근 전 세계적으로 스마트그리드 사업의 관심이 점차 높아지며, 에너지 사용량을 실시간 계측하고 더 나아가 계측 정보 제공을 통한 가격 정보에 대응할 수 있는 기능을 가진 스마트 미터기는 스마트그리드 구축의 핵심 기반 시설로 대두되었다. 효율적인 미터링 시스템 설치 시 즉각적으로 10%의 에너지를 절약할 수 있으며, 모니터링을 통해 운영비용을 줄일 수 있다[2]. 하지만 현재까지는 건물에서 미터기를 설치하는 가이드라인이 정확히 제시되어 있지 않고, 개별 시설의 요

1) 착의량과 실내설정온도 관계에 따른 난방에너지 및 온실가스저감 평가 연구, 2010
2) Designing a metering system for small and medium-sized buildings, Schneider electric, 2011.

구와 미터링 장비 및 이용 가능한 기반시설에 따라 미터링 설계의 구현이 달라질 수 있으므로 보다 신중한 계획이 필요하다. 특히 기축 건축물에는 이미 빌딩 구조나 HVAC 시스템 등이 고정되어 있기 때문에 새로운 시스템을 추가 구성하는 데에 많은 어려움이 따른다.

본 연구에서는 해외 미터링 사례연구를 통해 에너지 미터링 시스템 구축 방법론을 알아보고, 국내 기축 건축물에 미터링 시스템을 적용 · 구현한 사례를 통하여 미터링 데이터 활용 및 건물의 에너지 소비패턴을 파악하는 방법을 소개하고, 경제적 · 효율적인 에너지 소비 결과를 유도할 수 있는 방향을 제시하고자 하였다.

1.2 연구의 방법

본 연구의 방법은 다음과 같다.

(1) 해외 및 국내 미터링 시스템 연구 동향 및 현황을 통해 필요성을 고찰한다.

(2) 국내 기축 건축물을 선정하여 미터링 시스템을 구축하고, 이를 통하여 시스템 구축의 방법을 알아본다.

2. 국내외 미터링 시스템 현황

2.1 국내외 연구 동향

Natasa D.(2008)는 현장조사, BEMS 데이터 및 추가 데이터 계측을 통해 빌딩 모델링을 보정하고 BEMS의 고장 진단을 위한 연구를 실시하였다. Jans P. (2004)는 모니터링 실측 데이터와 ESP-r을 활용한 시뮬레이션 값의 비교·평가를 통해 에너지 절감 타당성 검증을 실시하였다. 윤종호(2000)는 건물 에너지 진단을 위한 평가 프로세스 중 실측데이터를 활용하는 방법론을 제시하였고, 조재완(2010)은 이러한 방법론을 통하여 실시간 모니터링 데이터와 시뮬레이션 데이터를 활용한 에너지 절감 방안을 제안하였다. 송수원(2008)은 에너지 모니터링 시스템이 설치된 미국 사례를 기준으로 보다 세부적인 실시간 모니터링 데이터를 활용하여 시뮬레이션 및 에너지 사용량을 검증하였다.

이와 같이 BEMS 데이터 및 데이터 계측을 통한 모델링·모니터링을 활용하여 에너지 절감 방안을 제안한 연구 논문들이 선행되어 있지만, 실제 데이터 계측을 위한 가이드라인 제시나 방법론 등이 구체적으로 명시되어 있지 않음으로 인해 건축물에서 미터기 활용에 대한 어려움이 여전히 남아있다.

2.2 국내외 미터링 시스템 현황

유럽연합은 2020년까지 1990년 대비 온실가스 배출량 20% 감축을 목표 하였으나, 최근 영국 · 프랑스 · 독일의 환경부장관들은 30%까지 감축이 가능하다는 안을 제시하였다. 또한 스마트 미터링의 중요성을 인식하고 유럽연합 국가를 중심으로 스마트그리드 운용시 전력 공급 및 수요의 상호 작용이 가능한 시스템을 구축하고자 스마트 미터링 프로젝트[3]를 진행 중에 있다.

1) 영국

영국 정부는 2020년까지 2600만 전 가구에 가스 및 전기 스마트 미터기를 설치해 영국 내 탄소배출량을 현재의 1/3이상 감소시킬 계획을 밝혔다.

영국 일반 가정은 가전기기를 대기전력으로 방치하면서 연간 13억 프랑을 소비하고 있는 반면, 에너지 사용에 대한 보다 상세한 정보를 받아보는 소비자들은 연간 약 90프랑을 절감하는 것으로 영국 energy saving trust 연구 결과 나타났다. 이를 통해 현재 추진 중인 스마트 미터 보급 사업은 에너지 효율화에 대한 인지도를 높이고 소비자들의 행동변화를 이끌어낼 수 있으며 In-Home Display (IHD) 보급은 소비자들이 에너지 사용을 제어하고 에너지 비용을 상당한 수준으로 절약하는데 기여할 수 있다.

2) 미국

미국[4]에서는 Department of Energy (DOE)에 명시된 지침에 따라 정부기관들과 그밖에 여러 그룹들이 협의하여 2012년 10월 1일까지 모든 공공건축물에 전기 사용량을 알 수 있는 미터기 설치를 권고하였다. 또한 2016년 10월 1일까지 각 공공기관에서는 천연가스 및 증기 사용량을 알 수 있는 미터링 시스템을 제공할 것을 의무화 하고 있다. 이 제정법은 미국 연방정부 건물의 운영효율을 향상시키기 위한 것으로 미터기가 설치될 수 있는 건물의 모든 장소에서 에너지 사용이 매시간 모니터링 되고 그 미터기에서 나온 데이터들이 적절하게 사용되도록 하는 것은 공공기관의 건물에너지 효율을 향상시키고 에너지 소비 패턴을 분석하여 소비 감소를 유도할 수 있다.

3) 대한민국

일반적으로 전력을 계측하기 위한 미터기는 독립적으로 운영되지만, 스마트그리드 시스템이 시대적 변화에 따른 에너지 절감 대책으로 각광받기 시작하면서 전력 설비와 건축물의 연계가 에너지의 효율적 운영을 위한 필수 사항으로 대두되었다. 주변 기기 및 통신설비와 통합된 스마트미터기의 보급으로 에너지 사용량을 실시간 계측하고 더 나아가 계측 정보 제공을 통한 가격 정보에 대응할 수 있을 것이라 전망된다.

이에 대한민국 정부는 스마트그리드 실증단지를 포함한 전국 200호를 대상으로 실시간 전기요금제 (RTP: Real Time Pricing) 시범 사업[5]을 본격 시행하고자 밝혔다. 한국전력공사(KEPCO)는 2020년까지 스마트미터 보급을 완료할 예정이며, 스마트미터기 설치를 통해 합리적인 에너지 소비문화를 확산시키고, 인력비용을 절감할 수 있어 비용 면에서 뿐만 아니라 다양한 사회적 편익이 발생할 것으로 예상된다.

3. 에너지 미터링 시스템 구축

3.1 미터링 시스템 구축의 필요성

3) 국내외 스마트그리드 기술 동향 _ 한전 전력연구원 _ 2010. 01.

4) Energy Policy Act of 2005 (EPAct), Sec 103. Energy use measurement and accountability.

5) 지식경제부 보도자료. 2010년 4월 28일(수)

미터링 시스템이란 에너지 사용량을 측정하기 위한 시스템이다. 최근에 스마트 미터링이란 개념이 등장하였는데, 이는 에너지 사용량을 실시간 정보로 사용자에게 제공하며 실시간 관측되는 데이터를 기준으로 에너지 수요 예측을 가능하게 하는 시스템을 의미한다. 미터링 시스템은 스마트 미터링 시스템과 비교하였을 때 단순히 에너지 사용량을 측정하는 것으로, 이것만을 이용하여 에너지 및 시설이용 비용을 절약하는 효과가 있는 것은 아니다. 대신 계측되는 데이터를 이용하여 에너지 관리를 향상시키거나 축적된 데이터를 기준으로 에너지 정보를 확인할 수 있다.

미터링을 통해 계측된 데이터는 과거 소비 트랜드를 비교할 수 있는 유용한 데이터이다. 데이터를 분석하여 과소비 및 낭비요소를 구분할 수 있고, 분석된 데이터를 통해 개선 대책을 마련할 수 있으며 소비패턴을 예상하게 하여 요금 부과량을 예측 가능하도록 한다.

이러한 중요성에도 불구하고, 신축건물 중 BEMS 또는 BAS 시스템에서 미터링 시스템이 누락되는 경우도 있고, 이미 기축된 건물의 에너지 성능 개선을 위해 추가 설치가 불가피하다. 하지만 스마트 미터기 (또한 기존 미터기) 등의 보급에 앞서 미터기 설치의 가이드라인, 건축물에서의 에너지 분석 방법 등이 제시되어야 효율적으로 미터기를 활용할 수 있을 것이다.

3.2 미터링 시스템의 구축 방법

미터링 시스템 구축을 위해서는 미터링 장비 계획시의 목적을 확립하고 시스템 검증, 계측된 데이터의 분석 및 편집, 분석 데이터를 통한 건물 운영의 보완, 설치한 시스템의 유지관리 등을 지속적으로 수행하여야 한다. 일반적으로 적용할 수 있는 미터링 시스템 구축 프로세스는 다음의 *Fig. 1*과 같이 정리될 수 있다.

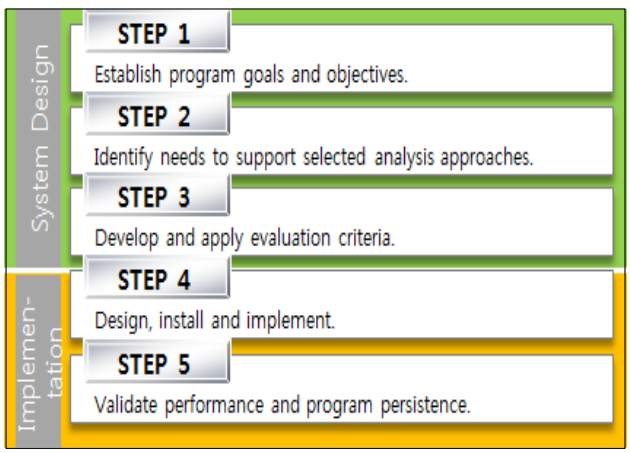

Fig. 1. A process of metering system

프로그램 목표를 수립하는 것이 미터링 프로그램을 위해 필요한 전형적인 첫 번째 단계이다. 구체적인 시스템 설치 및 운영 단계를 계획하고, 시설 구축을 통해 얻을 수 있는 에너지 절약 비용 등을 예상하여 비용 배분을 가능하게 한다.

다음은 새로운 시설 계획에 앞서 기존에 설치되어 있는 미터기와 기반 시설들을 조사하고 설정한 목표를 충족하기 위해 이용 가능한 기기, 필요한 추가 기기, 협력 가능한 직원 인력 등을 파악하는 과정이다.

세 번째, 프로그램 목표 및 현황 조사를 통해 파악한 사항을 구체적인 시스템 설치 계획에 활용하는 단계이다. 미터링 데이터 분석 및 적용을 통해 기대되는 절약 비용 및 경제성, 비용 절감 기간 등을 산정하여 보다 구체적인 대안을 세울 수 있다.

네 번째, 목표를 달성을 위한 실질적인 시스템 디자인, 설치 및 구현을 위해 시스템 구조 및 장비 사양 검토, 가격 견적 검토 등 실제 디자인을 기본으로 한 가격 견적이 논의되어야 한다.

다섯 번째, 미터링 시스템 구현 후 지속적으로 관리하고 운영되어야 한다. 이때, 정확한 미터링 데이터가 수집되는지, 수집된 데이터가 에너지 사용패턴 분석에 효율적이고 신뢰할 수 있는 수준으로 사용되는지 지속적으로 검토하는 과정이 필요하다.

4. 대상건물의 적용

4.1 대상건물의 선정 및 개요

미터링 시스템 구축을 위한 대상건물의 개요는 *Table 1.*과 같다. 대전에 위치한 본 건물은 지하1층, 지상5층 규모의 업무용 건물이며 연면적은 6,164.8m^{2}이다. 2001년에 준공되었으며, 설계당시 남측 이중외피, 자연채광을 위한 아트리움 등 100여가지 이상의 많은 에너지 절약적·환경 친화적 기술을 채용하여 국내 최초의 그린빌딩으로 계획되었다. 완공 후 10여년 운영해 오면서, 계획 당시보다 재실자 밀도가 증가함에 따라 기존 설비를 보강하는 등의 시설 개선이 여러 차례 이루어졌다.

Table 1. Physical characteristics of the building

Characteristic/component		Description for the building
Location		Daejeon, South Korea
Type of building & shape		Five stories, Institute Building, □-shape
Gross floor area (m^2)		6,164.8
Construction (W/m^{2}K)		roof(0.29)/wall(0.45)/floor(0.35)/window(2.60)
Number of occupants		210 (Maximum)
HVAC System	Cooling	Ice thermal storage system + VAV
	Heating	Convector (perimeter) + VAV (interior)

「공공기관 에너지 10% 절약을 위한 실행지침」에 따라 에너지 절약 운영을 하지만, 실제로 대상건물의 운영 전략이나 성능이 에너지 절약적인지 검증하거나 에너지

ⓒ Copyright The Korea Institute of Ecological Architecture And Environment

사용 소비패턴 등을 알 수 있는 데이터가 부족하여 미터링 시스템을 통해 이를 확인하고자 하였다.

4.2 대상건물의 미터링 시스템 설계

1) Step 1 : 목표 설정

대상건물의 에너지 성능 분석 및 에너지 사용 측면에서의 문제점을 정의하기 위한 목적으로 미터링 시스템을 구축하였다. 지금까지 대상건물에는 미터링 시스템이 제대로 구축되어 있지 않음으로 인해 정확한 데이터 확보가 어려워 현실적인 에너지 소비수준 파악에 제한이 있었다.

2) Step 2 : 기존 시스템 현황 파악 및 분석 방법론

미터링 시스템을 구축하기 전 대상건물의 시스템 중 활용 가능한 기기 현황을 파악하고 추가적으로 필요한 기기 및 공사 일정을 계획하는 것이 필요하다.

아래 *Fig. 2*는 미터링 시스템 설치를 위한 가상 시나리오로 최종 목표를 위해 필요한 데이터 타입 분석 방법론을 제안한 것이다. 각 level별 운영 단계의 분류법[6]은 일본 공기조화위생 공학회에서 제시하는 BEMS의 Level 분류를 참조하였다.

① Source (최소개수) : 설비 기기와 상관없이 전기, 가스 등 사용연료를 항목으로 정하여 계측하는 방법이다. 건물 전체의 에너지 소비를 시간단위, 일단위로 계산 가능하며 전체 에너지 소비실태를 파악하는 것이 가능하다.

② End-Use : 기기별 세부 설비 항목을 통합하여 기기별로 계측하는 방법이다. 전체 조명 및 전열 전력량, 난방 및 급탕 보일러, 냉동기, 공조기 등 기기별로 계측한다. 이는 조명, 전열, 난방, 냉방, 급탕 등의 end- use별 계측이 가능하도록 한다.

③ Detail (최대개수) : 기기별 세부 설비항목을 각각 계측하는 방법이다. 가장 세분화된 항목분류로 상세한 데이터 분석이 가능하다. 전체 조명 및 전열 전력량을 각 층별로 구분하거나 난방 및 냉방 기기 관련 펌프들, 공조기 급/배기 팬 등 설비 시스템에서 계측할 수 있는 가장 최소단위의 항목으로 적용할 수 있다.

필요 데이터 타입 및 과제의 성격에 따라 항목 분류를 다르게 할 수 있다. 가장 세분화된 항목 미터기 분류를 위해 층별 조명 및 전열 계측, 각 기기별 세부 설비항목 각각 계측을 위해서는 약 40개소의 미터기가 필요하다. 미터기를 기기별 세부 설비 항목별로 통합하여 기기별로 계측하면 약 10개소가 필요하다. 전기·가스 등 사용 연료별로 계측하면 설비 위치, 신재생 발전 생산량 등에 따라 미터기 개수가 추가될 수 있으며, 이에 기준 한다면 약 4개소의 미터기가 필요하다.

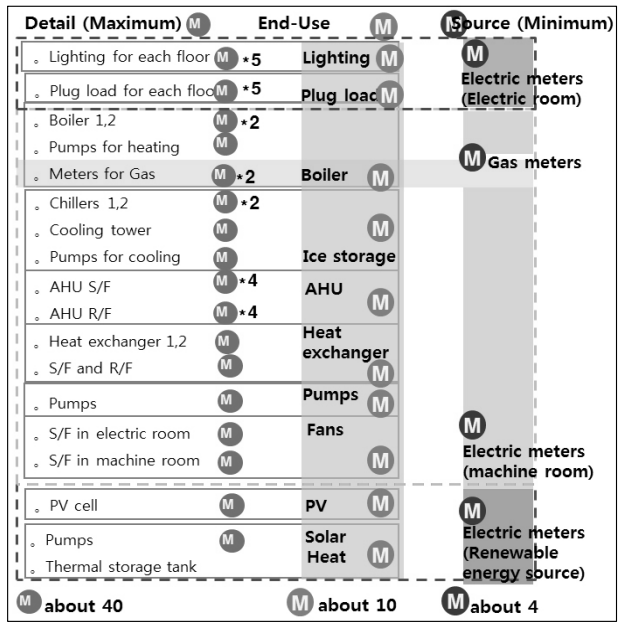

Fig. 2. Analysis methodology of applied metering system (M indicates a meter.)

3) Step 3 : 시스템 선정

본 연구에서는 문제점 개선 및 개선효과를 예측하여 건물의 에너지 성능을 향상시키기 위한 방안을 마련할 수 있도록 에너지 소비패턴 분석을 위한 가장 세분화된 항목 미터기를 대상건물에 적용하였다.

건축물에서 에너지 소비 패턴을 분석하기 위한 방법은 여러 가지로 적용될 수 있다. 우선 에너지 절감을 위한 분석 항목 요소를 정하여야 하는데, 각 분석 항목 요소에 따른 데이터가 적절히 구축되어 있어야 수집된 데이터를 필요에 맞게 사용할 수 있다. 이는 미터 시스템 계획시 고려되어야 할 항목으로, 미터기 설치 이후에는 미터기 위치 수정이 번거롭고 비용이 발생할 수 있으므로 이와 같은 수고를 덜기 위해서는 데이터 활용 방법 또한 세부적으로 반드시 고려하여야 한다.

데이터 타입, 수집 기간, 수집 방법 등이 데이터 활용에 있어 중요하다. 데이터 수집에 있어 중요한 항목들을 정리하면 다음 *Table 2.*와 같다.

Table 2. Utilization items of metered data

Meter type (Meters location)	Source Meter	End-use Meter
	Detailed Meter	etc.
Data type	Current	Sum
	Max	Average etc.
Time Interval	Minute	Hour
	Day	Month
	Period of season	Year etc.

6) 일본 공기조화위생 공학회에서 제시하는 BEMS의 LEVEL. Level0: 전체 에너지 종별 / Level1: 에너지 용도별 / level2: 에너지 계통별 / level3: 특정기기별

① 피크데이터 활용

시간별 최대 전력량을 아는 것은 여름철 최대수요전력(7월~9월) 중 전기 기본요금[7]과 직결됨으로 중요하다. 또한 계약 전력 및 수요전력을 결정짓는 데이터로 활용되기 때문에 여름철 최대 수요전력을 절감하는 것이 에너지 절약 계획 중 특히 중요하다 할 수 있다.

전체 전력을 측정할 수 있는 미터기를 설치하면 *Fig. 3.*과 같이 데이터를 얻은 후, 시간 인터벌을 설정함에 따라 일별 또는 시간별로 그래프를 그릴 수 있다. 피크 일자 및 시간 확인을 통해, 각 월별 그래프는 전력 요금 산정에 시간별 그래프는 피크 시간 대비를 위해 데이터로 활용 가능하다.

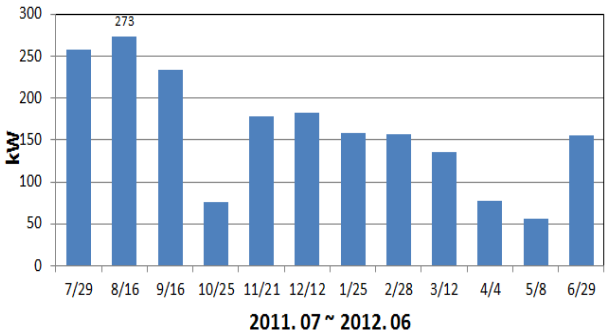

Fig. 3. Peak data of the building (Peak-Whole Building-Monthly)

*Fig 4.*는 end-use별 미터기를 통해 얻은 그래프이다. 피크 시간에 각 항목별 피크가 어떻게 분포하는지 정보를 얻음으로써 피크 전력을 줄이기 위한 항목별 대책 마련을 가능하게 한다.

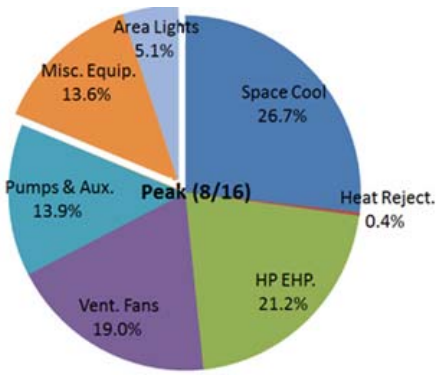

Fig. 4. Peak data for each end-uses (Peak-End_use-Daily)

② 전력 소비데이터 활용

전력량 월별 데이터는 매월 고지되는 전력 요금 산정과 관계된다. 건물에서 어느 정도 전력을 사용하는지 알아야 하며, 이 데이터는 다른 건물의 전력 소비량과 비교하여 해당 건물의 소비 패턴을 알 수 있도록 한다.

*Fig. 5.*는 end-use별 미터 및 detail별 미터 전력 소비량을 종합하여 월별로 나타낸 그래프로 각 항목별 계측량을 한눈에 비교할 수 있다. *Fig. 6.*은 일년 데이터로 건축물 에너지원단위 분석[8]을 위해 필요하다.

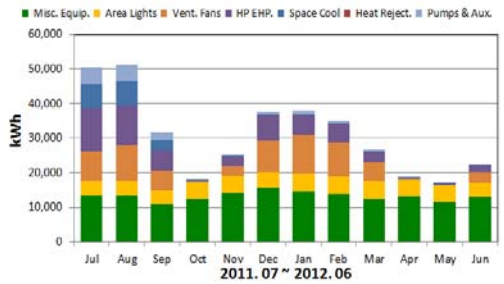

Fig. 5. Electricity consumption of the building (Consumption-End_use/Detailed-Monthly)

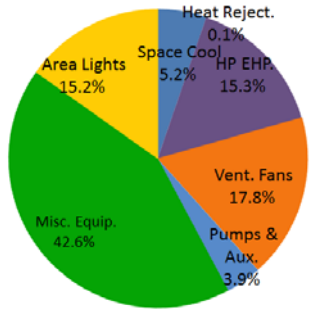

Fig. 6. Electricity consumption for each end-uses (Consumption End_Use/Detailed-year)

이와 같은 계획을 바탕으로 건물 전체에 걸쳐 측정 데이터 항목을 최소 단위로 분류하여 총 47개소의 노드를 설정하였고, 각 노드를 게이트웨이 13개소로 묶어 데이터 서버에 전송하기 위한 네트워크를 구성하였다. 미터링 시스템 설치 개소 및 위치는 *Table 3*과 같다. 층별 조명 및 전열 전력량, 난방/냉방 기기 관련 펌프, 팬 등 설비 시스템에서 계측할 수 있는 가장 최소단위로 47개(가스 미터기 2개, 전력 미터기 45개) 미터기를 설치하였다.

Table 3. Detailed information about sub-meters

Location		Name of quipment	Number of meters
B1	Equipment room	boiler for heating	equip. (1), pumps (1), gas (1)
		boiler for hot water	equip. (1), pumps (3), gas (1)
		chiller	equip. (2), pumps (4)
		cooling tower	equip. (1), pumps (2)
		AHU no. 3	equip. (1), fans (2)
		miscellaneous	fans (2)
1F	Air conditioning room	AHU no. 4	fans (2)
		miscellaneous	equip. (1)
	EPS	miscellaneous	lighting (1), plug load (1)
2~4F	EPS	miscellaneous	lighting (7), plug load (3)
5F	Air conditioning room	AHU no. 1, 2	fans (4)
	Roof top	miscellaneous	fans (2)
	EPS	miscellaneous	lighting (1), plug load (1)
		miscellaneous	fans (2)
Total		Gas (2), Electricity (45)	

7) www.cyber.kepco.co.kr/한국전력공사 사이버지점

8) 원단위[unit requirement] : 건축시공에서 연 바닥면적 1m2당 필요한 자재나 노무의 수량

ⓒ Copyright The Korea Institute of Ecological Architecture And Environment

4.3 대상건물의 미터링 시스템 구축

1) Step 4 : 설치 및 구현

*Fig. 7.*과 같이 대상건물 미터링 시스템 구축을 위해 네트워크 공사, 가스미터기 및 전력미터기 설치 공사를 실시하였다. 공사 전 현장실사 및 사전 조사를 충분히 하여야 건물 사용자들의 불편을 감소하고, 공기 및 이에 따른 비용 발생을 최소화할 수 있다. 특히 가스 미터기 설치시 가스 파이프 분리 공사 후 가스 공급이 원활하게 들어오는지 확인하기 위한 가스 검사도 반드시 실시하여야 한다.

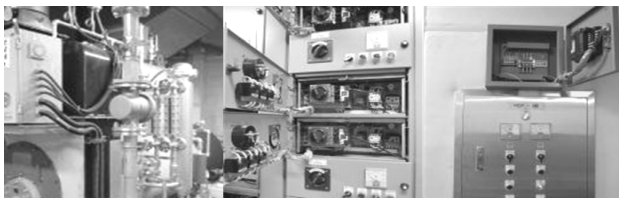

Fig. 7. Photographs for setting metering system up

2) Step 5 : 성능 및 프로그램 지속성 확인

가스 및 전력미터기 설치 공사 후, 각 기기의 성능을 지속적으로 관리하여 기기로부터 계측되는 데이터 관리를 용이하게 하기 위해 Advanced Metering Infrastructure (AMI) 시스템을 설치하였다. 이 시스템은 AMI 서버 통신 및 BAS 데이터 저장 기능을 갖추고 있어 1분 및 1시간 데이터를 업로드하여 등록하고 필요에 따라 다운로드하여 사용할 수 있도록 하였다. 또한 *Fig. 8.*과 같이 IHD 시스템을 설치하여 실시간 에너지 사용량 공지 및 사용량 예측 확인을 가능하도록 하였다. 이는 사용자들에게 에너지 소비 현황을 인식하도록 함으로써 대상건물의 에너지 절감을 유도할 수 있다.

Fig. 8. IHD (In-Home Display)

4.4 종합

1) 미터링 시스템 구축 계획을 위한 고려사항

미터기 설치 위치 및 개수 선정에 있어 건물 사용 연료, 신재생에너지 이용 현황, 열원의 종류, 열원의 세부 기기 등에 따라 매우 다양한 경우의 수가 존재할 수 있다. 데이터 타입, 수집 기간, 수집 방법 등 데이터 활용 방법을 중심으로 큰 항목을 나누면 다음 *Table 4*와 같은 결과를 얻을 수 있으며, 각 경우의 수에 따라 미터기 설계에 적용해볼 수 있다.

건물의 기본 사용연료는 전기이므로 건물 사용 연료별 미터기 최소 1개에서 추가 열원(도시가스 등) 및 신재생 종류에 따라 개수가 정해진다. 이때, 건물 전체 전력량만을 아는 데에 그치며 피크 전력을 줄이기 위한 대책 방안을 세우는 것은 불가능하다.

건물 최종 사용처별로 건물 전체 조명, 건물 전체 전열, 열원 종류 개수에 따라 최소 미터 개수를 정할 수 있다. 열원 종류는 보통 냉동기, 보일러, EHP 등으로 구분할 수 있다.

건물 분석을 위해 층별 조명, 층별 전열, 공조기 팬, 펌프 등 미터기를 세분화할 수 있다. 이때, 건물의 층수, 공조기 팬 개수, 펌프 개수 등으로 미터기 개수를 정한다.

Table 4. Considerations for metering system design

Analysis Items \ Meters Location*		Electricity									Gas	re new able	Data Type **	Interval ***	BAS
		Whole Building	Light	Equip	Chiller	Boiler	EHP	pumps	Vent. Fans	etc					
Peak	Electric	○											C, S	M, D	
			○	○	○	○	○	○	○	○			S	D	
	Gas	○									○		C	D, H	
	Plug load			○									S	H	○
		○		○									C	H	○
	Chiller				○								C	H	○
	PV	○										○	C	D, H	
Consump-tion	Whole Building	○											S	M	
			○	○	○	○	○	○	○	○			S	M, Y	
	Plus load	○		○									C	D, H	○
	Lighting	○	○										C	D, H	

Source Meter	Meters for source electricity / gas / renewable energy source etc. : min 1 ~ 1 (for elec.) + 1 (for gas) + n (for renewable energy)
End-Use Meter	Meters for end-use lighting / plug load / chillers / boilers / EHP etc. : 1 (for lighting) + 1 (for plug load) + n (source types)
Detailed Meter	Meters for detailed analysis lighting and plug load for each floor / AHU Fans / Pumps etc. : n (floors) * 2 + n (fans) + n (pumps)

* Meters Location : Source Meter / Interval Meter / End-use Meter
** Data Type : Current / Sum / Max / Average etc.
*** Time interval : Minute / Hour / Day / Month / Period of season / Year etc.

2) 미터링 시스템 구축 시 비용 효과

에너지 사용량 분석을 위한 미터링 시스템의 구축 시 다음의 식이 설치비용 효과를 예상하는데 도움이 될 수 있다. 미터 장치 성능, 데이터 통신 방법, 대상건물의 현황 등에 따라 미터기 설치비용이 달라질 수 있지만, 미국의 DOE (2006)에서는 미터의 설치비용 효과를 예상하기 위해 간단한 공식을 *Table 5*와 같이 제시하였다.

Table 5 Metering justification example (DOE 2005)

$$\frac{\left[\left(\frac{❶\ \text{Installed Cost}}{❷\ \text{Desired Simple Payback}}\right) + ❸\ \text{Annual Cost}\right]}{❹\ \%\ \text{Annual Savings}} = \text{Minimum Annual Electric Bill}$$

① Installed Cost : the total cost to purchase, install and commission the meter.
② Desired Simple Payback : the number of years it will take the metering system to produce cost saving equal to the installed cost. (In the Federal sector, the simple payback period should be 10 years or less)
③ Annual Cost : the total annual cost of the fees and expenses to cover communications, data collection and storage, and data analysis, as well as meter operations and maintenance.
④ % Annual Savings : the estimated cost savings benefits to be realized from the productive use of the metered data.

현재 지불하고 있는 평균 연간 전력 요금이 미터 설치비용 효과(=최소 연간 전력 요금)보다 클 경우, 미터 시스템을 설치하였을 때 비용 경제적일 수 있다.

5. 결 론

본 연구는 실제 미터링 시스템을 구축한 사례 건물을 대상으로 건축물에서 미터링 시스템을 구현하는 방법을 소개하고자 하였다. 각 건물에 미터기를 설치하는 것은 개별 건물이 요구하는 시설과 미터링 장비 및 이용 가능한 기반 시설에 따라 매우 달라질 수 있기 때문에 신중한 계획이 필요하다. 특히 기존 건축물은 이미 빌딩 구조나 HVAC 시스템 등이 고정되어 있기 때문에 새로운 시스템을 추가 구성하는 데에 더욱 세부적인 계획이 요구된다.

기본적으로 전기를 사용함에 따른 최소 전기 미터기 1개를 기준으로 건물 사용 연료별 미터는 연료의 종류, 신재생 종류에 따라 추가 가능하다. 건물 전체 조명 및 전열, 냉동기, 보일러 등의 열원 종류에 따라 최종 사용처별 미터기 개수를 산정할 수 있으며 더 세부적으로 정확한 건축물 에너지 소비 분석을 위해 층별 조명 및 전열, 공조기 팬, 열원 공급 펌프 등 미터기를 더욱 세분할 수 있다.

미터기 구축은 건축물의 에너지 소비패턴 분석을 가능하게 함으로, 에너지 소비의 문제점 파악 및 개선을 가능하게 한다. 최근 전 세계적으로 스마트그리드 산업의 관심과 더불어 에너지 사용량의 실시간 계측을 위한 스마트 미터기 구축이 핵심 기반 시설로 대두되고 있지만, 현재까지 건축물에서 미터기 설치를 위한 가이드라인이 정확히 제시되지 않음으로 인한 어려움이 있었다. 따라서 미터기 구축 및 계측된 데이터 활용 방법 등의 가이드라인의 조속한 제시가 필요하며, 이는 경제적이고 효율적인 에너지 소비 결과를 유도할 수 있는 방향을 제시할 것이라 기대한다.

Acknowledgements

This work was conducted under the framework of Research and Development Program of the Korea Institute of Energy Research (KIER) (B3-2413-03) and a grant awarded by the National Research Foundation of Korea (NRF)/Korean government (MEST, No.2011-0028075).

References

[1] Natasa D. 2008. Heating system peformance estimation using optimization tool and BEMS data, Energy and Buildings 40(2008) 1367-1376

[2] Jens. P. 2004. Design, monitoring, and evaluation of a low energy office building with passive cooling by night ventilation, Energy and Buildings 36(2004) 455-465

[3] Jongho, Y. 2000. Efficient simulation prodecure for determining the optimal ECOs in energy audit. Proceedings of the Society of Air-Conditioning and Refrigerating engineers of Korea-Energy management workshop (2000-10)

[4] Jaewan, J. 2010. A heating energy saving proposal for the university dormitory building using monitoring data and simulation, Korean institute of Architectural Sustainable Environment and Building System 2010, Spring annual Conference (2010-03)

[5] Suwon, S. 2008. Energy Performance Evaluation of a New Commercial Building using Calibrated As-built Simulation with Monitoring Data. Korea Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering (2008-03) V.20. n.3

[6] Depertment of Energy (2006. 02.), Guidance for Electric Metering in Federal Buidlings

[7] Department of Energy & Climate Change (2011.03), Smart Metering Implementation Programme.

[8] Energy Saving Trust (2011), Energy monitoring.

[9] Granderson, J, Piette, MA, Orsenblum, B, Hu, L, et al. (2011) Energy Information Handbook, Applications for Energy-Efficient Building Operations(LBNL-5272E)

[10] Jessica Granderson, Mary Ann Piette, Girish Ghatikar, (2009.11) Phillip Price (Environmental Energy Technologies Division) Building Energy Information Systems : State of the Technology and User Case Studies(LBNL-2900E)

[11] National Renewable Energy Laboratory Technical Report NREL/TP-550-38601 (2005.10), Procedure for Measuring and Reporting Commercial Building Energy Performance

[12] U.S. Department of Energy (2007.10), Metering Best Practices A Guide to Achieving Utility Resource Efficiency

Received May 10, 2013;
Final revision received August 9, 2013;
Accepted October 28, 2013

ⓒ Copyright The Korea Institute of Ecological Architecture And Environment