

모니터링 기반 건물 에너지 커미셔닝 기술

이 상 학*

Monitoring-Based Building Energy Commissioning Technology

Sang-hak Lee*

요 약

건물 에너지 커미셔닝은 건축물의 계획, 설계, 시공, 시공 후 설비의 시운전 및 유지 관리를 포함한 전 공정을 효율적으로 검증하고 문서화하여 에너지의 낭비 및 운영상의 문제점을 최소화하는 공정 기술이다. 일반적인 커미셔닝은 설계 기준에 적합한 성능을 발휘할 수 있도록 설비의 교체를 추진한다. 이는 비용이 많이 들며 투자비 회수기간이 오래 걸리는 단점을 지니고 있다. 본 논문에서는 ICT(Information Communication Technology)를 기반으로 에너지 사용 데이터 분석을 통해 설비 교체를 최소화하며 최적 운영을 통해 에너지 효율을 높이는 모니터링 기반 커미셔닝에 대해 연구하였다. 건물 에너지 사용에 대한 모델링을 수행하고 이를 기반으로 에너지 사용 데이터와 비교, 효율 저하 감지 기술을 활용하여 운용 최적화를 통한 에너지 사용 절감을 이룬다.

Key Words : commissioning, building, monitoring, energy efficiency, modeling

ABSTRACT

Building Energy commissioning is a process in which verifying and making the document during entire lifetime including planning, design, construction, test run of equipment, and maintenance to minimize the operational problems of building energy efficiency. The general commissioning is replacing the equipment or reconstructing the skin to achieve the performance for the design. This process

is expensive and has the disadvantage of taking a long payback period by one operation. In this paper, we studied the monitoring-based commissioning (MBCx) to increase the energy efficiency of buildings through analyzing energy use data. MBCx is modeling a building energy, comparing the real energy use with it, detecting the cause of falling the efficiency, and running the optimal operation regularly.

I. 서 론

건물 에너지 효율과 관련하여 최초 설계 시 효율을 유지하는 것이 매우 중요하나 일반적으로 노후화에 따른 효율 저하가 발생할 수밖에 없다. 빌딩 커미셔닝이란 건물이 설계 단계부터 공사 완료에 이르기까지 건물주가 요구하는 설계 시방서와 같은 성능을 유지하고, 또한 운영 요원의 확보를 포함하여 입주 후 건물주의 유지 관리상 요구를 충족할 수 있도록 모든 건물 시스템이 작동하는 것을 검증하고 문서화하는 체계적인 공정으로 정의한다. 최근 들어 ICT를 활용하여 건물에너지 사용량 모니터링을 통해 이론적 효율 기준과 차이가 발생하는 부분을 찾아 개선하는 모니터링 기반 커미셔닝(MBCx; Monitoring-based Commissioning, 이하 MBCx)에 대한 연구가 이루어지고 있다.

본 논문에서는 실제 건물을 대상으로 에너지 사용 모델링을 수행하고 실사용 데이터를 확보하여 운용상에 발생하는 문제점을 찾아 효율을 개선하는 연구를 수행하였다.

II. 건물 에너지 모델링

본 논문에서 MBCx를 수행하기 위한 건물 에너지 모델링을 우선 수행한다. 목적은 에너지 실사용량 표본데이터 대비 에너지 시뮬레이션을 통한 사용량 비교 및 효율 분석이다^[1]. 본 논문의 대상 건물은 아래와 같다. 다만, 연구의 진행을 효율적으로 진행하고 시간을 단축하기 위해 건물의 일부를 대상으로 수행하였다. 건물에 대한 상세 정보는 표 1과 같다.

해당 건물은 에너지원으로 전기와 가스를 사용하고 있으며, 해당 건물의 실사용량 정보를 활용하였다. 사

* 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20131020400900)

• First Author : Korea Electronics Technology Institute, shlee@keti.re.kr, 정회원

논문번호 : KICS2016-06-112, Received June 7, 2016; Revised July 6, 2016; Accepted July 6, 2016

표 1. 건물 건축 정보
Table 1. Building Architectural Information

Item	Value
Area	4,877 m ²
Floor	Basement 2F/Ground 5F
Use	Research Building

용 현황에 대한 정보 2015년 기준으로 표 2와 같다.

에너지 사용 현황을 기저(조명, 급탕 등) 부하와 냉난방으로 구분하여 처리한다. 기저부하는 일정 사용량을 보이고 냉난방에서 월별 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다. 건물의 에너지 소비량 분석을 통한 개선 방안 도출을 위하여 에너지 해석 프로그램인 TRNSYS를 사용한다.

이를 통해 도출된 건물 에너지 시뮬레이션 결과는 에너지 요구량과 에너지 사용량이다. 실사용량 및 해석 결과의 연간 합계는 실사용량의 경우 499,093kWh, 시뮬레이션 결과의 경우 503,681kWh로 유사한 분포를 보인다.

기존 건축물의 에너지절감과 성능개선을 목적으로 베이스라인 모델 확보를 위하여 에너지 시뮬레이션을 실시하였으며, 실사용량과의 M&V(Measurement & Verification)를 실시한다[2]. M&V 가이드라인은 IPMVP(International Performance Measurement and Verification Protocol), FEMP(Federal Energy Management Program), ASHRAE Guideline 14(Measurement of Energy and Demand Savings)로 정리될 수 있으며, IPMVP가 가장 널리 사용되는 가이드라인으로 대략 전세계 40개국 이상에서 사용되는

표 2. 건물 에너지 사용량
Table 2. Building Energy Consumption Data

Month	Electricity(kWh)		Gas(kWh)	
	base	cooling/heating	base	cooling/heating
Jan	132,869	37,447	3,419	78,101
Feb	132,869	14,893	3,419	57,881
Mar	132,869	25,354	3,419	34,885
Apr	132,869	-	3,419	2,399
May	132,869	5,399	3,419	-
June	132,869	21,979	3,419	8,705
July	132,869	33,096	3,419	18,128
Aug	132,869	24,989	3,419	21,947
Sep	132,869	5,317	3,419	4,933
Oct	132,869	46	3,419	-
Nov	132,869	6,320	3,419	18,144
Dec	132,869	25,673	3,419	53,457
Sum	1,594,431	200,512	40,773	298,581

표 3. 실사용량 대비 시뮬레이션 결과 비교
Table 3. Real amount used vs. simulation data

Month	Real Data			Simulation Data		
	Heating	Cooling	sum	Heating	Cooling	sum
Jan	115,547	0	115,547	104,651	0	104,651
Feb	72,774	0	72,774	81,049	0	81,049
Mar	60,238	0	60,238	43,058	6	43,064
Apr	2,399	0	2,399	7,234	1,954	9,187
May	0	5,399	5,399	5,353	12,856	18,209
June	0	30,684	30,684	576	26,554	27,130
July	0	51,225	51,225	17	37,016	37,033
Aug	0	46,936	46,936	13	41,303	41,316
Sep	0	10,250	10,250	1,135	23,352	24,487
Oct	0	46	46	4,316	6,135	10,451
Nov	24,464	0	24,464	23,189	110	23,299
Dec	79,130	0	79,130	83,799	3	83,803
Sum	354,552	144,540	499,093	354,391	149,290	503,681

것으로 보고되고 있다. 다음 장에서는 건물 에너지 모델링을 기반으로 실사용 데이터의 모니터링을 통한 커미셔닝에 대해 기술한다. 본 논문의 모델링 결과는 언급한 M&V 가이드라인을 이용한 오차범위 내에 있어 커미셔닝에 사용될 수 있는 조건을 만족하였다.

III. 모니터링 기반 커미셔닝

모니터링 기반 커미셔닝은 건물 에너지 시뮬레이션을 통한 이론적 효율과 실제 건물에서 사용되는 에너지 소비량을 비교하여 데이터 마이닝이나 기계학습을 통한 효율이 저감되는 부분을 찾아내 이를 개선하는 것이다.

실제 건물 효율에 대한 법규가 강력한 미국이나 유럽의 경우, 이를 지원하기 위한 모델링 소프트웨어와 분석 엔진 등이 공개 소프트웨어로 개발되어 배포되고 있다. 본 논문에서도 LBNL(Lawrence Berkeley National Laboratory)에서 개발된 BCVTB (Building

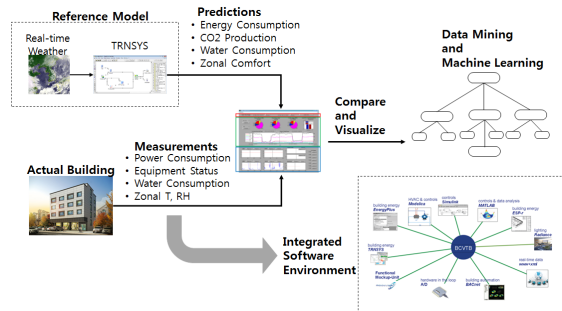


그림 1. 모니터링 기반 커미셔닝 시스템
Fig. 1. Monitoring-based Commissioning System

Controls Virtual Test Bed)를 활용하여 모델링된 건물 데이터를 기반으로 분석, 진단을 수행하였다. BCVTB는 각종 시뮬레이션 툴들과 실제 하드웨어 시스템이 연동될 수 있도록 인터페이스를 제공하는 소프트웨어 환경이다.

건물에너지에 대한 효율을 진단하기 위해 성능 측정 절차를 보면 그림 2와 같다.

1번의 건물에너지 모델은 이상적인 효율을 지닌 건물의 성능을 모델링한다. 이때 외피, 조명, 냉난방, 공조, 제어 시스템 등을 모델링한다. 모델링된 건물은 기상조건, 설비 성능 등의 부하 변수를 입력하여 에너지 효율의 기반 데이터를 확보한다. 실제 건물에서 발생하는 에너지 사용량은 4번의 EEMCS (Extended Energy Management and Control System) 이라고 하는 통합 제어 시스템을 통해 수집된다. 센서, 계량기, 제어시스템 등으로 구성된 건물 제어시스템이라고 할 수 있다. 이와 같이 이론적 모델링 데이터와 실제 건물에서 발생한 사용량 데이터를 통합하여 성능 평가를 수행한다. 일반적으로 데이터 분류와 이상 데이터 검출을 기본적으로 수행한다. 이때 전문가 지식이 활용되고 사용량에 대한 갑작스런 변화나 점진적 트렌드 변화를 함께 감지하여 건물 관리자에게 문제점 및 개선방향을 제시한다.

이는 기존 커미셔닝 방법에 비해 비용을 줄이고 ICT 에 기반을 둔 데이터 및 분석 알고리즘을 통해 에너지 효율 저하 요인을 찾아내 제어 시스템의 운용 등을 통해 효율 개선을 수행한다. 본 논문에서는 기축 건물을 대상으로 에너지 모델링을 수행하고 각종 시뮬레이션 및 분석 소프트웨어를 통해 모니터링 기반 커미셔닝을 수행하였다. 이는 우수한 ICT 환경에 비해 건물 에너지 관리의 열악한 국내 환경을 고려했을 때 적은 비용으로 효과를 높일 수 있는 기반을 마련하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 건물 에너지 효율 개선을 위해 모니터링 기반 건물 에너지 커미셔닝에 대해 연구하였다. 기존 건물 에너지 모델링을 위한 다양한 시뮬레이션 프로그램들이 개발되어 있고, 실제 건물 에너지 제어 시스템과 연동할 수 있는 툴 역시 개발되어 있다. 본 논문에서 이들을 활용하여 건물 에너지를 모델링하고 실제 건물에서 취득되는 에너지 사용데이터를 활용하여 효율 저하 요인을 찾아내는 작업을 수행하였다.

References

- [1] Y. Kim, H. M. Oh, and S. Choi, "A method for simulation of smart grid communication network architecture," *J. KICS*, vol. 38B, no. 2, pp. 122-129, 2013.
- [2] N. H. Tran, C. Pham, S. Ren, and C. S. Hong, "Coordinated energy management for emergency demand response in mixed-use buildings," *ICUWB*, pp. 1-5, Montreal, Canada, Oct. 2015.

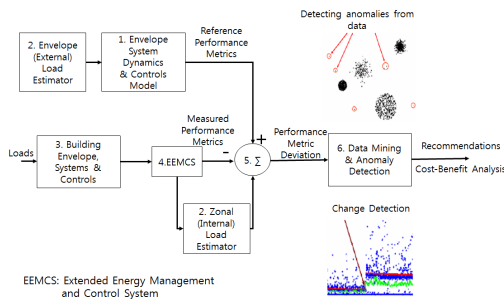


그림 2. 성능 모니터링 시스템 구조도
Fig. 2. Diagram of the Performance Monitoring System