

# 박스플롯을 이용한 사무용 건물의 에너지 사용량 벤치마킹

## Benchmarking of Energy Consumption for Existing Office Buildings Using a Box-plot

○김 덕 우\*      윤 성 환\*\*      박 철 수\*\*\*  
Kim, Deuk-Woo    Yoon, Sung-Hwan    Park, Cheol-Soo

### Abstract

Clients/investors are interested in the feasibility of building energy retrofit project before they determine whether to perform an energy retrofit to their buildings or not. During the initial stage of the feasibility study, the level of the target building's energy efficiency should be provided in a credible manner for clients/investors. So far, there have been many studies conducted on building energy benchmarking methodologies. Such studies are based on peer-comparison, EUI (Energy Use Intensity, kwh/m<sup>2</sup>yr), aggregated sum of energy and green performance aspects. In this paper, the authors present a new approach so called "energy-scope" for non-residential existing buildings. The philosophy and applications of the approach are addressed in this paper.

키워드 : 에너지 벤치마킹, 에너지 리트로핏, 박스플롯, 사무소 건물

Keywords : Energy Benchmarking, energy retrofit, box-plot, office building

### 1. 서 론

기존 건물의 에너지 효율 평가 방법은 상대 평가(벤치마킹), 절대 평가로 구분된다. 벤치마킹은 동료 건물 집단과의 상대 비교를 통해, 해당 건물의 에너지 사용량 순위를 판단하는 방법이며, 절대 평가는 객관적이며 투명한 성능지표를 통해, 에너지 성능을 평가하는 방법이다. 절대 평가의 단점은, 타 건물에 비해 자신의 건물 에너지 소비량이 "실제로" 어느 정도 수준인지 가늠하기 어렵다. 이에 반해 벤치마킹은 동료집단에서 해당 건물의 에너지 소비량 순위를 파악할 수 있으므로, 절대 평가의 단점을 보완해 준다. 에너지 리트로핏 사업 초기 단계에서, 해당 건물에 대한 절대 평가 뿐만 아니라, 벤치마킹 정보를 제공하는 것은 건축주/투자자의 합리적인 의사 결정에 도움이 된다.

국외의 경우, Energy Star(EnergyStar, 2011), Cal-Arch(Kinney and Piette, 2003) 등과 같은 벤치마킹 툴이 이미 사용되지만, 국내의 경우, 이에 대한 연구는 부족한 실정이다. 본 논문에서는 박스플롯을 이용한 기존 비주거용 건물에 대한 "관찰 개념"의 에너지 사용량 벤치마킹 방법을 제안하고, 연구 방법 및 적용 사례를 기술하고자 한다.

### 2. 박스플롯을 이용한 벤치마킹

해당 건물의 에너지 사용량을 동료 건물의 에너지 사용량과 비교하면, 해당 건물의 에너지 성능이 어느 수준인지 직관적으로 빠르게 확인할 수 있다. 그림 1과 같이, 측정된 월별 에너지 사용량을 이용하여 상대 비교가 가능하다. 결과 출력은 박스플롯으로 표현하며(그림 1), 에너지원 별로, 또는 월별 에너지 사용량으로 분석이 가능하다.

본 연구에서는 그림 1에서 보듯이, '많음'과 '적음' 사이에 약 75%의 표본을 포함하도록, 그리고 '매우 많음'과 '매우 적음'은 99% 표본을 포함하도록, 박스 플롯의 위스커(whisker: 사각형 박스 바깥의 상한, 하한을 표시하는 지점) 가중치를 조절하였다.

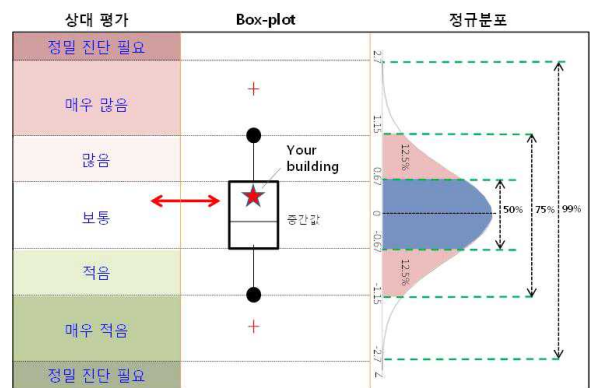


그림 1. 박스플롯 진단

### 3. 건물 에너지 사용 데이터베이스

본 연구에서는 서울(영등포구, 강남구, 종로구) 지역에 위치한 사무용 건물(138개)의 에너지 데이터를 활용하였다. 데이터는 건물의 용도, 면적, 층수, 준공년도, 3년간(2009년, 2010년, 2011년)의 월별 전기, 가스, 지역난방 에너지 사용량을 포함한다. 본 논문에서는 지역난방을 사용하는 32개 건물은 제외하고, 106개 건물 데이터를 벤치마킹에 사용하였다. 지역난방을 사용하는 건물에 대해서는 추후 분석을 수행할 예정이다.

106개 건물의 준공년도는 평균 1993년이며(최소:1978년, 최대:2008년), 층고는 평균 15 층(최소:5층, 최대:60층), 연면적은 평균 30,608m<sup>2</sup>(최소:10,122m<sup>2</sup>, 최대:212,615m<sup>2</sup>)이다. 본 연구에서는 흡수식 냉동기를 사용하는 건물(61개)과 터보식 냉동기(45개)를 사용하는 건물을 구분하였고, 바닥면적당 에너지 사용량으로 정규화 하였다.

기후의 영향으로 인해, 건물 간의 에너지 사용에 차이가 발생한다. 대상 건물이 비서울 지역이거나 2008-2011

\* 성균관대 건축토목공학부 박사후 연구원 (Post Doc.)

\*\* 성균관대 건축토목공학부 박사과정

\*\*\* 성균관대 건축토목공학부 부교수 ([cheolspark@skku.ac.kr](mailto:cheolspark@skku.ac.kr))

"본 연구는 국토해양부 도시건축사업의 연구비지원(11 도시건축 G02)에 의해 수행되었습니다."

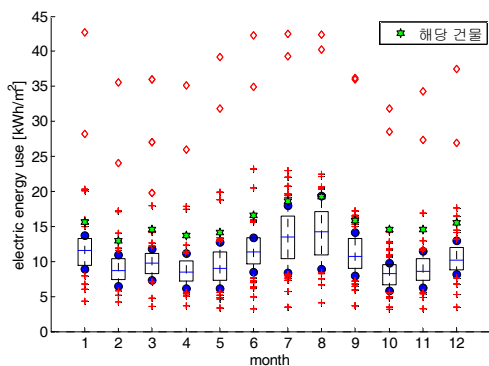
년 이외의 에너지 데이터인 경우, 기후 정규화 방법이 적용된 후, 비교된다. 지면 관계상 기후 정규화 내용은 본 논문에서 생략한다.

#### 4. 적용

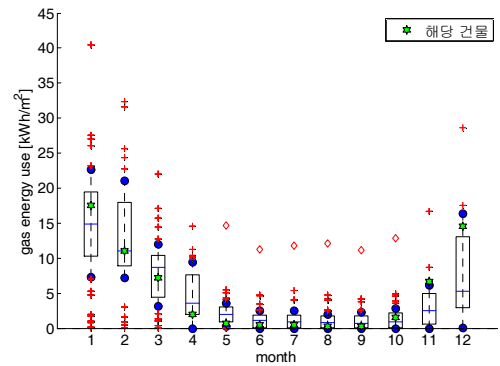
분석 대상 건물은 서울시에 위치한 업무시설이며, 지하 2층, 지상 19층, 연면적은 32,488m<sup>2</sup> 이며, 1970년도에 준공되었고, 1988년에 개보수가 진행되었다. 외벽은 석조마감+콘크리트+단열재로 구성된다. 열원 설비는, 터보 냉동기 2대(420 USRT), 노통 연관식 보일러 2대(3,000kg/h), 관류 보일러 2대(1,000kg/h), 온수 보일러 1대(100,000kg/h)를 사용하고 있다. 공조 설비는 AHU, PAC, FCU이다.

사용자는 대상 건물의 월별 에너지 사용량을 웹사이트(<http://e-scope.skku.edu:4000>)에서 입력하면, 그림 2와 같은 박스 플롯을 얻을 수 있으며, 분석 결과는 다음과 같다. 본 접근은 아주 단순한 입력 데이터만 요구하며, 아래와 같이, 정성적인 수준의 개략 판단만 가능하다. 따라서, 정밀 진단(동적 시뮬레이션 도구의 사용, 의학으로 비유하면 MRI나 CT에 해당)에 앞서, 해당 건물의 에너지 효율 수준을 가늠하는 청진기 수준으로 이해하면 된다.

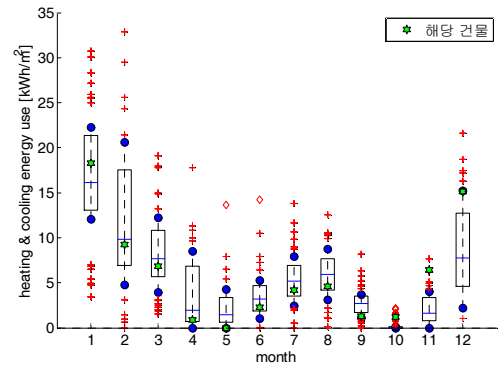
- 전기 에너지(그림 2a): 타 건물에 비해 계절에 관계없이 “매우 많이” 사용하고 있음. 기저 전기 에너지 사용이 많은 건물 일 수도 있음.
- 가스 에너지(그림 2b): 11월, 12월의 난방 에너지 사용량이 다소 많은 편임. 겨울철 가스 사용량은 “많음”에 해당 (상위 50~62.5%에 해당, 그림 1 참조)
- 냉난방 에너지 총합(그림 2c): 난방 에너지의 경우, 1월, 2월, 3월은 “보통” 수준이나 11월, 12월 사용량은 상당히 많음. 11월, 12월 보일러 운영을 검토하거나, 좀 더 세밀한 수준의 추가 검사가 필요함. 냉방 에너지 사용량은 타 건물 대비, “보통” 수준이거나 작은 수준임
- 기저 에너지(그림 2d): 기저 에너지 사용은 “매우 많음”에 해당. 실내 조명, 전열기구, 엘리베이터 등에 의해, 전기 에너지 사용이 많은 건물로 추정됨. 건물 에너지 리트로핏시, 기저 에너지를 절감할 수 있는 방안을 검토하는 것이 바람직함.



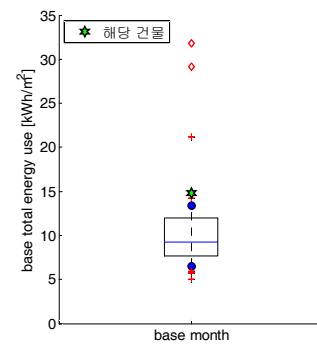
(a) 전기 에너지



(b) 가스 에너지



(c) 냉난방 에너지 총합



(d) 기저 에너지

그림 2. 대상 건물 박스플롯 진단

#### 5. 결론

본 연구에서 제안한 박스플롯을 이용한 건물 에너지 사용량 벤치마킹 방법은 간단한 입력 정보를 토대로 유사 건물 집단의 에너지 사용량과 직관적인 비교를 가능케 한다. 에너지 리트로핏 대상 건물을 선정하는데, 효과적인 의사결정 자료로 활용될 수 있으며, 건물군의 에너지 모니터링 도구로도 활용될 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

1. Kinney, S. and Piette, M.A. (2003), High performance commercial building systems, California commercial building energy benchmarking final project report, Lawrence Berkeley National Laboratory
2. EnergyStar, (2011), Energy Star portfolio manager methodology for accounting for weather