

건물 공조 설비 에너지 데이터 이상 패턴 분석에 관한 연구

정아영, 권동우, 지영민

한국전자기술연구원

{azero, dwkwon, ym.ji}@keti.re.kr

A Study on the Analysis of Abnormal Patterns of HVAC Energy Data

Ayeong Jeong, Dongwoo Kwon, Youngmin Ji

Korea Electronics Technology Institute (KETI)

요약

본 연구는 건물에너지관리시스템에 활용되는 건물 내 공조 설비 에너지 데이터의 실증 과정에서 나타날 수 있는 이상 패턴 분석에 대한 연구로, 실제 연구원 건물의 에너지 데이터를 활용하여 진행하였다. 데이터 이상 유형인 단순결측치, 이상치가 아닌 설비 특성에 따른 이상 패턴을 인식하여 데이터의 정확성을 검증하고, 이상 패턴의 문제 해결 방법을 논의한다.

I. 서론

최근 조사에 의하면, 건축된 지 15년 이상 경과되어 에너지 성능 개선이 필요로 하는 건축물이 전체의 74%라고 한다.[1] 이러한 문제를 해결하기 위해 건물 에너지 관리 시스템(Building Energy Management System, 이하 BEMS)이 도입되었다. BEMS 시스템은 건물 내 에너지 사용량을 데이터베이스화하고 이를 가시화하여 분석함으로써 에너지 사용 현황 및 에너지 절약 운전에 활용하는 것을 목적으로 하고 있다. 따라서 이러한 목적을 달성하기 위해서는 BEMS 에너지 데이터를 실증하는 것이 필수적으로 요구된다.

본 연구는 연구원 건물 내 8개의 AHU(Air Handling Unit)에 설치된 열량계와 전력량계의 데이터 중 열량계의 유량, 유량 적산 합계, 열량, 열량 적산 합계, 공급온도, 환수온도 6가지의 데이터와 전력량계에서 AHU에 따라 급기팬, 환기팬, 혹은 메인팬의 각각 유효전력과 유효 적산 전력량을 중심으로 진행되었으며, 설비 에너지 데이터에서 나타날 수 있는 특정 이상 패턴을 인지하고 해당 이상 패턴의 문제 해결을 위한 방향을 제시한다.

II. 본론

전력량계 등 에너지 계측 장치에서 수집된 에너지 사용량 데이터는 크게 순간적으로 측정되어 특정 시점에서의 값을 나타내는 순시 값과 특정 기간 동안 누적된 값을 나타내는 적산 값으로 구성된다. 그 중 적산의 경우 공통으로 3가지를 확인해야 한다. 첫 번째는 순시 사용량과 적산 값이 적절하게 증가하는지 확인해야 한다. 그림 1과 같이 전력량계의 순시 사용량이 적는데 적산 누적이 빠르게 증가하고, 순시 사용량이 많고 적산이 느리게 증가된다면 이상 패턴이라 볼 수 있다. 두 번째는 적산은 값이 쌓이며 증가하는 패턴을 가져야 하므로 그림 2와 같이 값이 내려가거나 내려갔다 다시 오르는 패턴이 보이지 않는지 확인해야 한다. 위의 2가지 패턴은 데이터를 가시화하는 과정에서 Modbus 프로토콜 등으로 데이터 수집 시에 바이트 순서 등의 문제로 잘못된 설정 값을 지정하여 데이터 읽기에 문제가 생겨 발생한 패턴으로, 확인되는 경우는 드물지만, 위와 같은 이상 패턴이 보이는 경우 데이터의 수집부터 가시화 부분까지의 과정에서

장애가 없는지 검토하는 것을 권장한다. 세 번째는 열량계와 전력량계의 스케일에 맞게 적절하게 올라가는지 확인해야 한다. 스케일이 너무 크거나 작다면 패턴을 파악하기 어려울 수 있으므로, 스케일을 적절하게 조절해야 한다. 그림 3처럼 스케일이 너무 큰 경우 15일 치 데이터지만 변화가 뚜렷하지 않아 변화를 파악하기에 적합하지 않다.

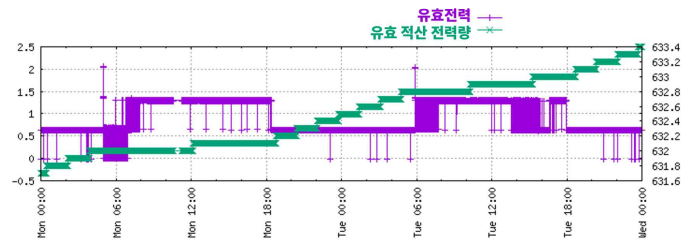


그림 1. 적산이 적절하게 증가하지 않는 경우

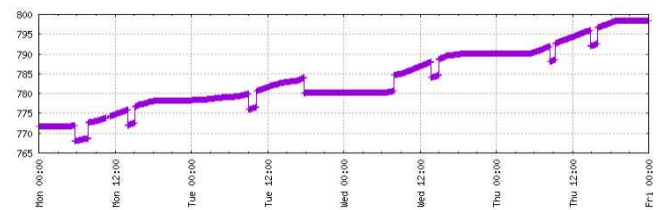


그림 2. 적산 값이 내려갔다 올라가는 경우

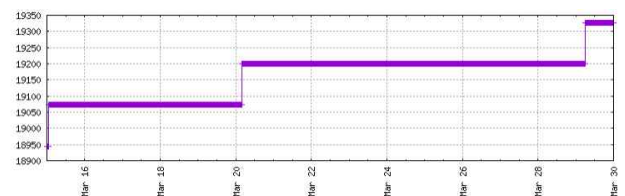


그림 3. 스케일이 너무 큰 경우

2.1. 전력량계

2.1.1 유효전력

공조 설비는 실내공간 점유자에게 쾌적한 실내 환경을 제공하기 위해 냉·난방 시스템을 가동한다. 반대로 근무자가 존재하지 않는 퇴근 시간 이후부터 출근 시간 이전에는 팬이 작동하지 않아 값이 0에 가깝거나 0이 나온다. 역률에 의하여 미세하게 마이너스 값이 나올 수 있다. 하지만 마이너스 값이 지나치게 크다면 이상 패턴이라 볼 수 있다. 이러한 경우 관련 전문가의 진단을 통해 정확한 원인을 파악하는 것을 권장한다.

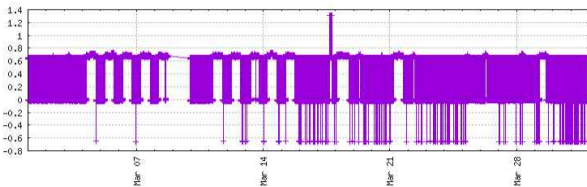


그림 4. 유효전력이 마이너스 값이 나오는 경우

2.2. 열량계

2.2.1 유량

초음파유량계는 매뉴얼에 의하면 배관이 완전히 채워질 수 있는 장소, 즉, 유체가 아래에서 위로 흐르는 곳에 설치되므로, 마이너스 값이 발생할 수 없다. 예외로 유량이 흐르지 않을 때, 관의 진동으로 인하여 미세한 마이너스 값이 나올 수 있다. 하지만 그림 5와 같이 역류한 값이 사용량보다 더 높게 나온다면 해당 유량계의 영점 조정 값을 의심해야 한다.

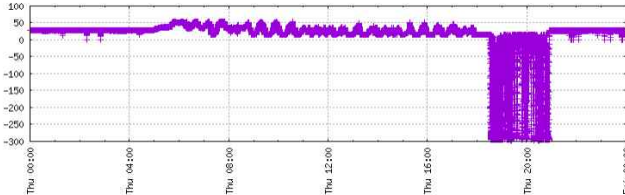


그림 5. 유량이 마이너스 값이 나오는 예

2.2.2 공급온도 환수온도

난방은 공급온도보다 환수온도가 낮아야 한다. 공급된 온수가 열을 방출하여 실내에 따뜻한 공기를 제공하고, 열이 방출된 환수의 온도는 공급온도보다 낮아야 하기 때문이다. 난방은 반대로 공급온도가 환수온도보다 높아야 한다. 계절에 따라 냉난방 운전을 다르게 하기 때문에, 동절기에 난방 중 공급온도가 환수온도보다 높거나, 하절기에 난방 중 공급온도가 환수온도보다 낮다면 열량계의 해당 결선을 바꾸거나 데이터 수집 시스템에서 이를 반영해야 한다.

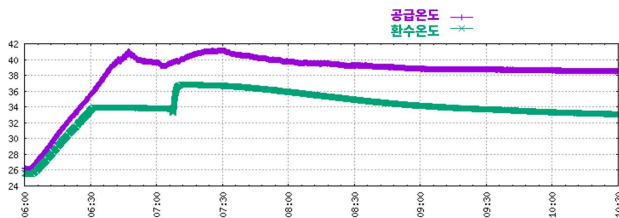


그림 6. 난방 중 공급온도와 환수온도 예

2.2.3 열량

열량을 구하는 공식은 $Q = C \cdot m \cdot \Delta T$ [cal]이며, 각각 열량 Q, 비열 C, 질

량 m, 온도변화는 ΔT 이다. 공조기에 적용할 때는 공급된 온수는 물이기에 질량은 유량 값이며, 비열은 1[cal/g·°c]이 된다. 온도변화는 공급온도에서 환수온도를 뺀 값을 계산해 주면 된다. 이때, 공조기마다 단위가 다를 수 있으므로, 주의하여야 한다.

본 실증 환경에서는 열량 단위가 [GJ/h], 유량이 m³, 비열이 0.0041868 [GJ/m³·°c]이었다. 물의 비열은 1[cal/g·°c]이다. [cal]를 [J]로 환산하면, 1[cal]가 4.184[J], 4.182[J] 혹은 4.1868[J] 등일 수 있다. 이 부분은 열량계마다 다를 수 있기 때문에 대략적으로 계산하거나 해당 열량계의 매뉴얼을 참고하는 편이 좋다. 물의 비열을 4.1868[J/g·°c]로 볼 때, 열량 단위가 GJ이므로 10⁻⁹를 곱해야 하고, 유량과 같게 환산해 주려면 1[m³] = 1[Mg]이므로 10⁶을 곱해야 한다. 4.1868[J/g·°c]에서 각각 곱해주면 물의 비열은 0.0041868[GJ/m³·°c]가 된다.

2.2.4 열량 적산 합계

난방 시에도 적산 값이 내려가지 않고 계속 올라가는지 확인해야 한다. 열량이 마이너스 값이 나와도 누적 열량에 반영되어야 하기 때문에 계산 시 절댓값을 취하여 누적 열량 값이 항상 상승하는 패턴을 보여야 한다. 단, 열량 값이 너무 작은 경우엔 누적 열량에 반영하지 않고 0으로 취급될 수 있다.

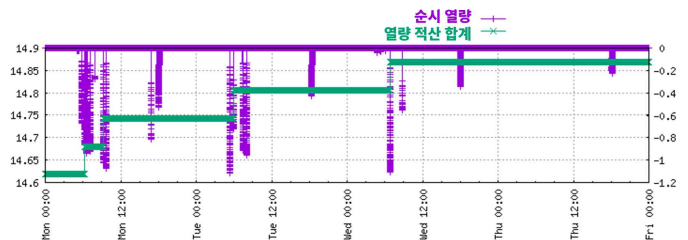


그림 7. 열량이 마이너스 값이 나오더라도 적산량은 증가

III. 결론

본 연구는 BEMS 공조 설비 에너지 데이터의 모니터링 과정에서 이상 패턴을 분석하고 데이터를 실증할 수 있는 다양한 관계점과 해결 방안을 제시하였다. BEMS를 구축·운영하기 위해서는 데이터를 수집하여 실증하는 방법도 데이터를 분석하고 활용하여 필요한 정보를 추출해 에너지 절약 운전에도 적용할 수 있는 전문가적 통찰이 필요하다.[2]

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20202000000010)

참고 문헌

- [1] J. Hwang, D. Song, and T. Lee, "A Study on the Analysis and Diagnosis of Power Consumption Characteristics of Research Institute Buildings Using BEMS Data," Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, vol. 14, no. 6, pp. 613-625, Dec 2020.
- [2] Y. Yun, and H. Mun, "Machine Learning 기법을 이용한 BEMS 에너지 데이터 분석 사례," The Magazine of the Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, vol. 45, no. 10, pp. 40-48, Oct 2016