상관 분석을 통한 에너지 사용 설비의 이상 진단 방법 연구

지영민, 권동우*
한국전자기술연구원
ym.ji@keti.re.kr, *dwkwon@keti.re.kr

A study on the method of diagnosing abnormalities in energy-using facilities through correlation analysis

Youngmin Ji, Dongwoo Kwon*
*Korea Electronics Technology Institute

요 약

본 논문은 공장이나 건물 내 에너지 사용 설비에 대한 실시간 전력 사용량 데이터를 모니터링하고 각 설비에서 측정되는 전력 사용 패턴을 이용하여 이상감지 수행에 대한 결과이다. 공장이나 건물 내에 공정이나 설비는 다양한 설비가 맞물려 동작하고 있기 때문에 특정 설비가 문제가 생기는 경우에 각 공정 내에 소속된 에너지 사용 기기에 이상 징후가 함께 나타나게 된다. 따라서 본 논문에서는 이상 징후를 감지하기 위해 하나의 설비의 전력 패턴을 분석하기 보다는 공정이나 설비에 소속된 기기의 에너지 소비 패턴에 대한 상관성을 분석하여 시간에 따른 상관성이 틀어지는 경우 이상으로 판별하는 알고리즘에 대한 연구 결과를 제시한다.

Ⅰ. 서 론

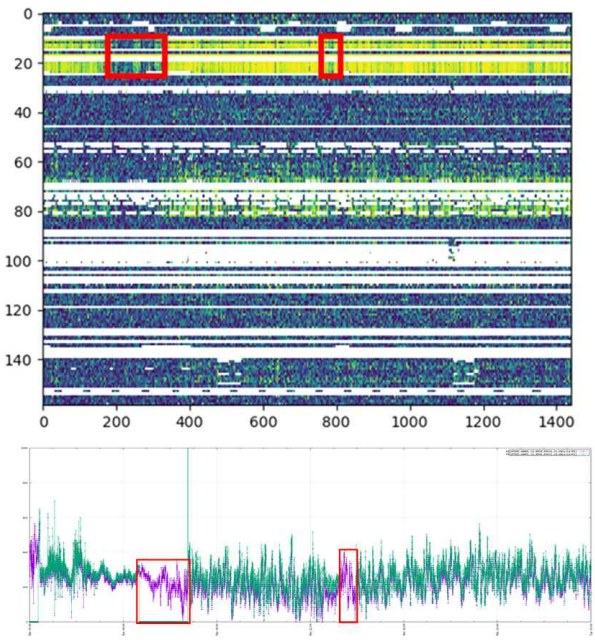
현재 다양한 방식으로 이상 탐지를 수행하는 연구가 진행되고 있다[1][2][3]. 이상 탐지 기술은 사실 현재의 데이터 패턴이 지니고 있는 범위에서 틀어지는 경우 이 결과가 미래에 현장이 결정권자의 결정에 어떤 영향을 줄지를 분석하는 것이다. 이런 이상 탐지가 어려운 이유는 대부분 현장의 데이터는 전주기에 걸쳐 존재하지 않으며, 전주기 데이터 수집 및 관리를 위해서는 엄청난 비용과 노력을 들여야 하기 때문이다. 대부분의 현장에서는 설비에 대한 전주기 데이터가 존재하지 않기 때문에 이상을 발견하기는 쉽지 않을뿐더러 이상으로 인한 영향도 파악하기가 힘들다.

이를 해결하기 위해서는 현재의 기기 및 설비의 디지털화를 통해 실시간 수집이 가능해져야 하고 데이터 간의 상관 관계를 잘 판단해 보면 정상과 비정상의 패턴을 발견할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 전주기에 걸친 개별 설비에 대한 데이터가 없어도 또 개별 설비에 대한 분석을 수행하지 않아도 이상을 발견 할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

공장이나 건물에 운영되고 있는 다양한 에너지 사용 설비에 대한 이상 진단을 수행하기 위해서는 단순히 하나의 설비의 데이터 패턴을 주기적으로 모니터링 하여 정상 상태의 패턴에서 벗어나는 것을 감지하여야 한다. 하지만 전주기 데이터가 없으므로 힘들기 때문에 건물이나 공장에서 운영되는 공정이나 공조 설비의 데이터 간의 유기적인 유사성을 판단하여 이상 징후를 판단하고자 한다. 왜냐하면 단순히 하나의 기기나 설비가 동작하는 것이 아니고 대부분의 현장은 여러 가지 기기 및 설비가 유기적으로 맞물려서 동작하는 경우가 대부분이다.

Ⅱ. 본론

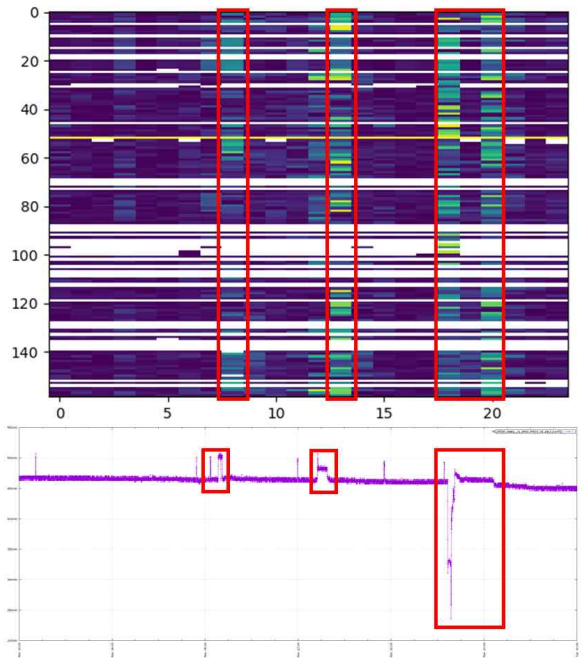
공장 내 존재하는 다양성 설비 및 공정의 데이터를 실시간으로 취득할 수 있다며, 에너지 사용 패턴을 이용하여 설비 간에 주는 영향을 파악하여 볼 수 있다. (그림1)의 상단은 실제 공장에 특정 설비 계측 포인트를 160개의 전체 계측 포인트와 약 1분 단위로 시계열 데이터 간의 상관성을 분석할 결과이다. 노란색으로 밝은 부분이 상관도가 높다는 의미이고, 남색으로 진한 부분은 상관성이 낮단는 의미이다. 그림을 보면 특정 구간의 계측 지점들이 노란색으로 상관성이 높다고 나타나는 것을 알 수 있다. 하지만 200분 정도의 지점을 보면 색상이 진해지면서 상관성이 갑자기 낮아짐을 확인 할 수 있다. (그림1)의 하단 그래프를 보면 계측된 포인트의 계측이 갑자기 장애가 발생하여 계측 값이 0으로 떨어지고 있어 다른 계측 포인트와 상관성이 낮아진 것을 알 수 있다.



(그림 1) 1분단위 전체 공정의 상관성 분석

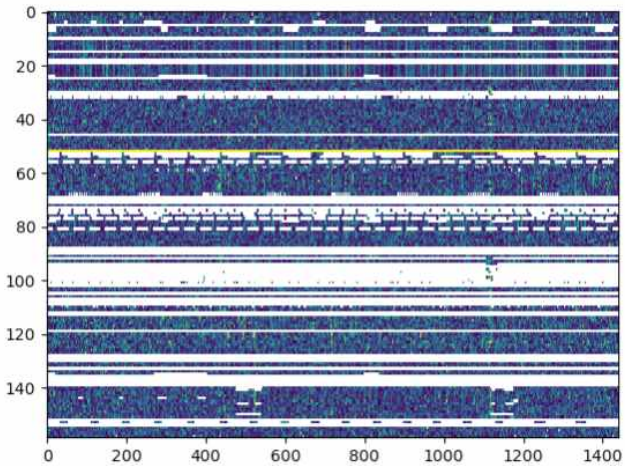
공장 내 존재하는 다양한 설비에 대한 전주기 데이터가 있지 않더라도 현재 실측하는 데이터의 상관성이 틀어지는 경우에는 뭔가의 이상이 발생한 것을 확인할 수 있었다. 하지만 1분단위로 전체 공장 내의 에너지 계측 포인트를 실시간으로 상관분석을 수행하면 지금 실시간의 상관성은 파악

할 수 있겠지만, 컴퓨팅 자원이 많이 소요되고, 실시간으로 변하는 상관성이 많아 일일이 대응하기 힘들 상황이 될 수도 있다. 따라서 본 연구에서는 데이터 비교 주기를 가변하여 어떤 경우가 상관에 따른 영향이 잘 나타나는지 비교하여 보았다.



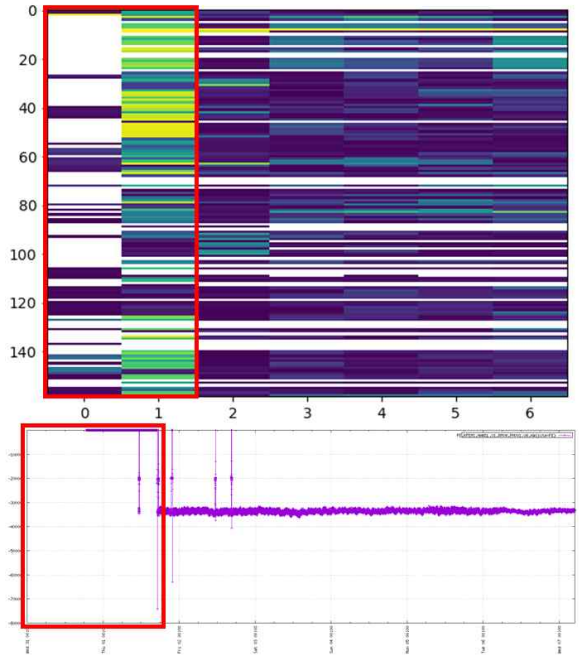
(그림 2) 1시간 단위 전체 공정의 상관성 분석

(그림2)는 1시간 단위의 시계열 데이터 가지고 하나의 계측 포인트와 전체 계측 지점과의 상관성 분석을 수행한 결과이다. 결과를 보면 9시와 13시 18~20시 부근에 기존 상관이 없다고 판단하던 계측지점과 상관성이 높다고 나오기 시작한 것을 확인할 수 있었다. (그림2) 하단의 실제 시계열 데이터를 확인해 보면 데이터가 거의 변동이 없다가 상관이 높다는 나온 시간 구간에서 데이터가 변형이 일어났던 것을 확인할 수 있었다. 하지만 이 데이터를 (그림3)과 같이 1분단위로 상관분석을 하면 상관성이 나오지 않는 것으로 확인이 되었다. 따라서 데이터의 종류 및 특성에 따른 상관 분석의 기간 결정이 필요할 것으로 판단되었다.



(그림 3) 그림2의 1분 단위 전체 공정의 상관성 분석

(그림4)는 일단위 상관성 분석에 대한 결과이다. 특정 데이터 포인트에 대한 일단위로 일주일 데이터의 상관 분석을 한 결과이고 주단위에서 앞에 2일에 데이터가 없는 구간과 데이터가 이상한 구간이 상관성이 높다고 나와 데이터를 확인했더니 데이터가 이상한 구간임을 확인할 수 있었다. 따라서 상관성은 정상상태인 경우 대체적으로 일관적인 형태로 유지되는 것을 알 수 있었으며, 기존의 상관이 틀어지게 되는 경우는 정상 상태에서 무엇인가의 비정상 상태로 전이하는 것을 의미한다는 것을 알게 되었다.



(그림 4) 일 단위 전체 공정의 상관성 분석

Ⅲ. 결론

본 논문에서는 공장이나 건물에 대한 전주기 및 메타 분석이 없이도 시계열 데이터 간의 상관성 분석을 통한 이상 진단이 가능함을 확인 하였다. 하지만 시계열 데이터 및 공정 설비의 특성에 따른 상관 분석 주기 가변되어져야 할 필요성을 확인 할 수 있었다. 따라서 향후에는 이런 상관 분석을 하는데 있어서 공정이나 설비 특성에 따른 가변 주기의 상관성을 어떻게 분석하여 이상 징후를 감지할 것인지 추가적으로 연구를 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20202020900290)

참 고 문 헌

[1] A study on smart factory-based ambient intelligence context-aware intrusion detection system using machine learning. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2020

[2] A visual analytics approach for equipment condition monitoring in smart factories of process industry. In: 2018 IEEE Pacific Visualization Symposium (PacificVis). IEEE, 2018

[3] Anomaly Detection Based on Histogram Methodology and Factor Analysis Using LightGBM for Cooling Systems. In: 2020 25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA). IEEE, 2020