

제조업에서의 심층 이상 탐지

정경중, 박진덕, 신원용
연세대학교

{jeongkj, jindeok6, wy.shin} @yonsei.ac.kr

Deep Anomaly Detection for Manufacturing
Kyeong-Joong Jeong, Jin-Duk Park, Won-Yong Shin
Yonsei University

요약

본 논문은 실제 제조업 분야 조립 라인 공정에서 수집된 혼성 시계열 데이터에 적용한 새로운 심층 이상 탐지 방법을 제안한다. 특히 위 데이터는 하나의 공정 사이클이 완료될 때마다 측정되는 사건 단위 공정 사이클 신호와 공정에 관계없이 매초 측정되는 시간 단위 센서 신호로 나뉘어 이질적인 특성을 지니고 있다. 우리는 이러한 이질적인 시계열 신호에 따라 두 가지 심층 오토인코더 모델을 적용하여, 두 단계로 구성된 이상 탐지 방법을 제안한다. 본 논문이 제안한 두 단계 이상 탐지 방법의 우수성은 단계를 거치며 높아진 F_1 -score 성능에 의해 검증된다.

I. 서론

본 논문에서는 실제 자동차 밸브 조립 라인 공장에서 수집된 시계열 데이터를 기반으로 공정 내 알람 발생 시점을 일정 오차 수준 δ 내에서 탐지하는 방법을 제안한다. 그림 1에서 확인할 수 있듯이 본 연구에서 다루어지는 시계열 데이터는 매초 기록되는 센서 신호와 하나의 공정이 종료될 때마다 기록되는 공정 사이클 (operation cycle) 신호로 구분된다. 이러한 이질적 시계열 데이터를 대상으로 한 이상 탐지 방법은 아직까지 연구된 바가 없는데, 본 논문은 이러한 이질적 다변량 시계열 데이터를 기반으로 이상 탐지를 수행하는 새로운 방법을 제안하고 성능을 검증한다.

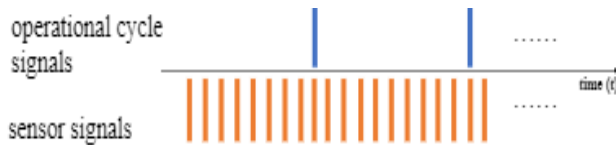


Figure 1. 공정 사이클 신호와 센서 신호를 포함한 이질적 시계열 데이터

II. 본론

제안한 심층 이상 탐지 방법은 두 종류의 심층 오토인코더 (AE: AutoEncoder) 모델을 기반으로 비지도학습을 통해 도출된 복원 오차를 이용해 각 신호 유형 별 이상치 (anomaly score)를 도출한 뒤, 이를 이용해 두 단계로 알람 탐지를 진행한다. 구체적으로, MLP (multi-layer perceptron)로 구성된 가장 기본적인 심층 오토인코더 (DAE: Deep AE) [1] 모델을 공정 사이클 신호를 통해 학습시킨다. 학습된 DAE 모델을 통해, 공정 데이터가 기록된 모든 시점마다 복원 오차를 계산하여 이를 해당 시점의 이상치를 계산한다. 다음으로, 센서 신호의 시계열적 연속성을 반영하고자 슬라이딩 윈도우 기법을 통해 만들어진 센서 신호 배열로써 LSTM (long short-term memory)-DAE 모델 [2]을 학습시킨 뒤, 시점마다 도출된 복원 오차의 최댓값을 이상치로 도출한다. 이후 첫 번째 단계에서는 공정 사이클 신호로 도출된 이상치가 일정 한계점 τ_1 을 넘었을 때, 해당 시점을 알람 발생 후보군에 포함시키고, 두 번째 단계에서는 후보군에 포함된 시점 전후 일정 범위 η 에 포함된 센서 신호로 도출된 이상치들 중

최대값이 일정 한계 τ_2 보다 낮을 때 해당 시점을 후보군에서 배제하여 남아 있는 시점들을 최종 알람 시점으로 탐지한다.

III. 결론

실험에 사용할 성능 척도로는 Precision, Recall 그리고 이 두 척도의 조화 평균인 F_1 -score 를 고려한다. 표 1에서 보인 바와 같이 제안된 방법의 첫 번째 단계에서 적절한 수준으로 알람 시점 후보군을 찾아냄을 알 수 있다. 성능을 더욱 고도화하기 위해 두 번째 단계에서 센서 신호를 이용해 후보군을 숙아내 유의미한 수준으로 Precision 을 높여, F_1 -score 향상에 기여하는 결과를 확인할 수 있다.

단계	Metric		
	Precision	Recall	F_1 -score
Stage I	0.73	0.78	0.75
Stage II	0.92	0.78	0.84

Table 1. 심층 이상 탐지 방법의 단계 별 성능 비교

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the Republic of Korea's MSIT (Ministry of Science and ICT), under the High-Potential Individuals Global Training Program (No. 2020-0-01463) supervised by the IITP (Institute of Information and Communications Technology Planning Evaluation) and by the Yonsei University Research Fund of 2020 (2020-22-0101).

참고 문헌

- [1] Y. Bengio, P. Lamblin, D. Popovici, and H. Larochelle, "Greedy layer-wise training of deep networks" In *Proc. Advances Neural Inf. Process. Sys. (NIPS)*, Vancouver, Canada, Dec. 2006, pp. 153-160.
- [2] P. Malhotra, A. Ramakrishnan, G. Anand, L. Vig, P. Agarwal and G. Shroff, "LSTM-based encoder-decoder for multi-sensor anomaly detection," In *Proc. Int. Conf. Machine Learning (ICML) Workshop on Anomaly Detection*, New York, NY, July. 2016, pp. 1-5.