

# 기계학습을 통한 도시철도차량 공기압축기 이상감지의 실제 적용 연구

## Actual Application Study of Anomaly Detection for Urban Railway Vehicle Air Compressor Using Machine Learning

김명준\*, 강철구\*†

Myeong-Joon Kim\*, Chul-Goo Kang\*†

**초 록** 본 연구에서는 도시철도차량의 공기압축기에서 발생할 수 있는 이상을 감지하기 위한 기계 학습 기반 이상감지 기법과 이를 실제로 적용하기 위한 연구를 수행한다. 대한민국 서울 지하철 4호선 공기압축기에서 수집한 운행데이터를 기반으로 철도차량 운행에 따른 공기압축기의 작동특성을 분석하여 데이터 처리를 수행하고, 기계학습을 기반으로 정상데이터를 학습 및 이상을 감지하는 알고리즘을 제안한다. 실제 데이터를 기반으로 만들어진 이상데이터를 사용하여 알고리즘의 성능을 평가하고, 파이썬 기반 GUI를 제작하여 이상감지 결과를 시각화한다.

**주요어** : 도시철도차량, 공기압축기, 이상감지, 기계학습

### 1. 서론

철도차량은 안전한 주행과 제동을 위해 공기압축기를 사용하며, 이러한 장치의 정상 작동은 운용성과 안전성에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 현대 철도산업에서는 정기적 부품 교체 및 유지보수를 통해 시스템의 안정성을 유지해왔다. 그러나 이러한 유지보수 방식은 비용적 측면에서 부담스러우며, 고장을 미리 감지하는데 어려움이 따를 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 센서데이터와 기계학습 기술의 활용이 늘어나고 있다. 하지만 대부분의 연구는 실험실 환경에서 수행되어 실제 운행데이터에 대한 검증이 부족하다.

본 논문에서는 대한민국 서울 지하철 4호선의 차량의 공기압축기에서 얻은 운행데이터를 사용하여 압축기의 작동특성을 고려한 센서 데이터 처리 및 기계학습 기반 이상감지 모델을 제안한다. 특히, Long Short-Term Memory (LSTM) [1] 및 Bidirectional LSTM (BiLSTM) [2]을 활용하여 이상을 감지하는 모델을 학습한다. 또한, 실제

운행 데이터를 기반으로 이상 데이터를 생성하여 제안된 기술의 성능을 검증한다. 마지막으로, Python Tkinter 라이브러리를 활용하여 모델 학습 및 이상감지 결과를 시각화하여 연구결과를 보다 직관적으로 제공한다.

### 2. 기계학습 기반 이상감지

본 연구에서는 2단 피스톤 공기압축기를 다루며, 이 공기압축기는 주공기통의 압력이 낮아지면 모터가 회전하여 공기를 압축하는 원리로 작동한다. 실제 운용중인 공기압축기의 가장 큰 특징은 작동시점을 임의로 조절할 수 없고 센서에 이상이 발생할 수 있다는 것이다. 따라서 압축기가 작동하지 않을 경우에도 데이터를 학습하는 것이 중요한데, 이 연구에서는 압축기 작동신호에 따라 데이터를 따로 학습하는 On/Off 모드 LSTM-AE를 제안한다. 이 모델은 정상데이터 학습을 위해 Fig. 1(a)와 같은 GUI상에서 LSTM[1]과 BiLSTM[2]을 대칭형으로 구성하여 학습하고[3], 이상데이터를 사용하여 모델의 성능을 평가한다. 입력데이터에 이상이 있을 경우 모델을 통해 Fig. 1(b)와 같이 이상스코어

† 교신저자: 건국대학교 공과대학 기계공학과  
(cgkang@konkuk.ac.kr)

\* 건국대학교 공과대학 기계공학과

(anomaly score)가 미리 설정한 임계값(threshold)을 초과하여 이상으로 감지된다.

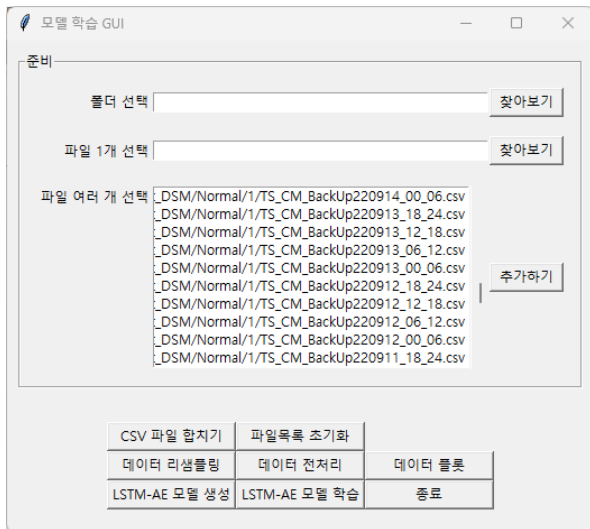
모델 성능평가를 위해 네종류의 이상시나리오에 대한  $F_1$  score [4] 비교 결과를 Table 1에 정리하였다. 이상시나리오는 온도, 압력, 모터 전류, 그리고 압축기 가동 신호에 이상이 있는 경우를 포함한다. 결과적으로, 본 연구에서 제안한 모델이 기존 모델보다 우수한 성능을 나타냈다.

### 3. 결론

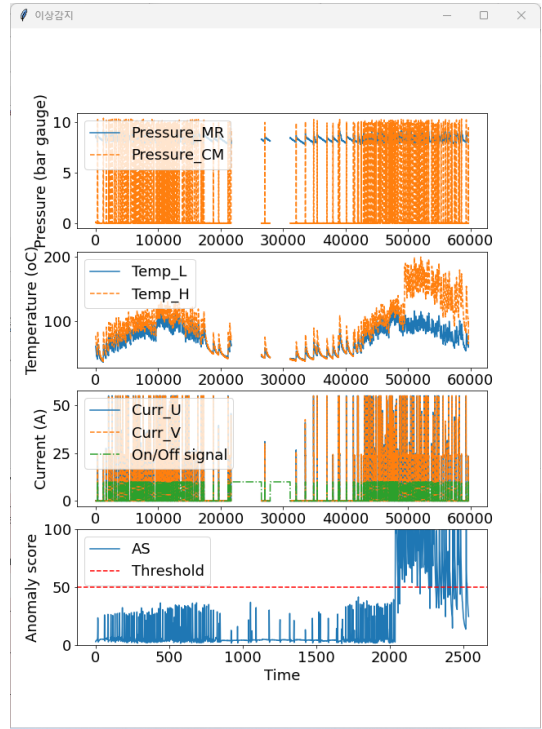
본 연구에서는 서울 지하철 4호선 공기압축기의 이상을 탐지하기 위한 데이터 처리과정과, 압축기 동작 신호를 기반으로 한 On/Off 모델을 제안하였다. 더불어, Python 기반 GUI를 개발하여 결과를 시각화하였다. 수행한 성능평가에 따르면, 제안한 On/Off 모델이 기존의 LSTM에 비해 우수한 성능을 나타내며, 실제 공기압축기의 경우 운행 정보를 학습에 반영하는 필요성을 확인하였다.

**Table 1**  $F_1$  score results for each abnormal scenarios.

Abnormal scenario	$F_1$ score	
	Conventional LSTM-AE	On/Off LSTM-AE
A	0.71	0.91
B	0.75	0.86
C	0.91	1.00
D	0.98	0.99



(a)



(b)

**Fig. 1** GUI for (a) model training and (b) anomaly detection

### 후기

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음(No. 2022R1F1A1063675).

### 참고문헌

- [1] S. Hochreiter, H. Schmidhuber (1997) Long short-term memory, *Neural Computation*, 9(8), pp. 1735-1780.
- [2] M. Schuster, K. K. Paliwal (1997) Bidirectional recurrent neural networks, *IEEE Transactions on Signal Processing*, 45(11), pp. 2673-2681.
- [3] P. Malhotra, A. Ramakrishnan, G. Anand, L. Vig, P. Agarwal, G. Shroff (2016) LSTM-based encoder-decoder for multi-sensor anomaly detection, *arXiv:1607.00148v2*.
- [4] C. Goutte and E. Gaussier (2007) A Probabilistic interpretation of precision, recall and f-score, with implication for evaluation, *Advanced in Information Retrieval*, pp. 345-359.