

예지정비를 위한 제조현장 데이터셋 구축

배서한, 마그마르 델게르마, 석종원*

*창원대학교

qotjgks@naver.com, Degi0607@yahoo.com, *jwseok@chanwon.ac.kr

Building a Manufacturing Site Dataset for Machinery Fault Detection

Seo-Han Bae, Myamar Delgermaa, Jong-Won Seok*

*Changwon National University.

요약

인공지능 연구가 활성화됨에 따라 제조 환경 분야에서도 그 기술을 적용하려는 연구가 진행되고 있다. 그러나 제조현장의 특성상 학습에 충분히 많은 양의 데이터를 수집하는 것은 쉽지 않은 일이다. 따라서, 본 논문에서는 제조현장 장비의 예지정비를 위한 구동 환경을 모의하고 센서 값을 추출하여 실제 환경에 가까운 데이터셋을 구축한다. 전기적으로 구동하는 모터에 진동 센서를 부착하여 측정을 진행하며, 파우더 브레이크를 사용해 동력원에 다양한 크기의 부하를 걸어 결함 상태, 부하가 걸리지 않았으면 정상 상태의 모터를 가정한다. 제안하는 데이터셋을 활용하여 국내의 제조환경에 알맞은 고유의 결함 탐지 시스템이 개발 될 수 있도록 장려한다.

I. 서론

머신러닝 및 딥러닝 연구가 활성화됨에 따라 다양한 분야에 높은 인식 성능을 보여주고 있다. 장비 결함 예지와 같은 제조 현장 분야 또한 인공지능 모델을 적용한 인식 기술을 적용하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다.[1,2,3] 딥러닝 및 머신러닝 모델은 데이터를 바탕으로 일정한 규칙을 찾아내는 귀납적인 추론 방식을 기반으로 하고 있는 만큼, 그 성능이 일반적으로 데이터의 양에 비례하게 된다. 그러나 제조 분야의 특성상 추가적인 센서 장비 추가, 잡음 존재, 시스템 구축의 문제로 많은 양의 데이터를 수집하는 것은 쉽지 않다. 따라서 본 논문에서는 전기적으로 동작하는 모터 장비의 결함 및 정상 상태를 모의하는 환경을 제작하고, 해당 환경에서 진동 값을 측정하여 실제 제조환경에서 적용 가능한 인공지능 모델을 훈련 및 시험이 가능하도록 하는 데이터셋을 구축하였다.

II. 본론

1. 환경구성

본 논문에서 제안하는 데이터셋의 수집 환경은 동력원 역할인 '모터', 동력원에 부하를 가해 회전속도를 낮추는 역할을 하는 '파우더 브레이크', 브레이크와 모터와 중계 역할을 하는 '감속기' 총 3가지로 나뉜다.

실제 구동 중인 모터 장비의 베어링에 결함이 생기게 되면, 이로 인해 동력원에 부하가 걸리게 되어 그 소음 특성과 기기의 진동에 영향을 미치게 된다.[4] 따라서 해당 환경은 이를 모의하기 위해 파우더 브레이크를 사용해 모터 자체에 부하를 걸어 진동 특성의 변화를 얻어낸다. 모터의 회전 속도에 따라 걸리게 되는 부하의 영향을 관측해 볼 수 있도록 브레이크와 모터 사이에 감속기를 사용하여 회전속도를 조절 하였다.

감속기를 사용해 모터의 회전속도를 조절하는 방법은 그림 1-(a)의 RPM 조절기를 사용하여 조절하는 것이 가능하다. 단위는 눈금마다 100 RPM이며, 최고 1000 RPM까지 조절한다.

부하를 조절하기 위해서는 그림1-(b)의 Tension Controller를 사용하여 파우더 브레이크가 부가하는 힘의 정도를 Newton per meter[M/m] 단위로 조절할 수 있다.

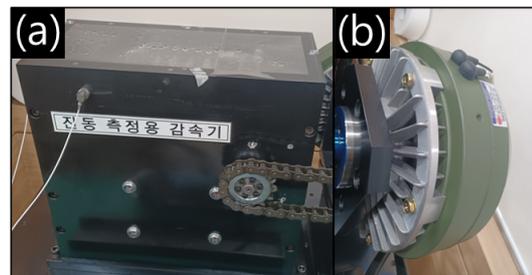


fig 1. (a). Gear Box consisted of Motor and Reducer (b). Powder Brake
그림 1. (a). 파우더 브레이크 (b). 모터와 감속기가 들어있는 기어박스

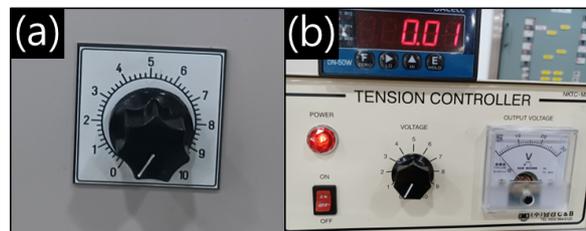


fig 2. (a). RPM Controller (b). Tension Controller
그림 2. (a). 분당회전수 제어기 (b). 텐션(부하) 제어기

200, 600, 1000(RPM)의 회전수와 각각의 회전수마다 1(N/m)의 단위로 다양하게 부하를 걸어 전체 장비를 가동시켜 센서 값을 측정함으로써 정상 환경 및 다양한 형태(노후, 손상 등) 결함 환경을 모의하고 데이터를 수집 하였다. 정상 및 결함의 구분에는 모터와 감속기만을 사용하여 장비를 구동하고 있을 시 정상(Normal) 상태, 파우더 브레이크로 부하를 추가로 가했을 때 결함(Fault) 상태로 판정하도록 구성하였다.

2. 센서 및 데이터 구성

센서로는 모터에 부착하여 진동을 직접적으로 측정하는 진동 센서와 입력 주파수 대역이 20kHz인 마이크를 사용하였다.



fig 3. MIC G.R.A.S. 40PH-10
그림 3. 마이크 G.R.A.S. 40PH-10

진동 센서와 마이크로 녹음된 신호 모두 48kHz로 표본화하였으며, 분석의 편의를 위해 [0, 0.1] 범위의 진폭을 가지는 데이터를 [-1,1]로 정규화시켜 오디오 형태의 wav 파일로 저장하였다.

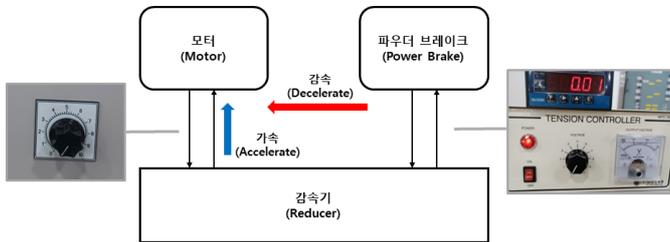


fig 4. Total Hardware Structure
그림 4. 전체 하드웨어 구조



fig 5. Data collecting Procedures
그림 5. 데이터 수집 과정도

3. 수집 결과

데이터의 수집 기간은 2021년 11월부터 2022년 4월까지 총 6개월간 진행되었다. 위에서 설명한 바와 같이 회전 속도는 200, 600, 1000(RPM)으로 구분하고, 불량 여부는 부하 여부에 따라 구분하여 수집하였고, 수집된 파일 하나 당 약 10초가량의 신호가 저장되어 있다.

이와 같이 수집한 데이터셋의 구조는 아래의 표 1과 같다.

Table 1. data configuration

표 1. 데이터 구성

구분	10초 단위 파일 수
RPM200_Normal	269개
RPM200_Fault	177개
RPM600_Normal	273개
RPM600_Fault	173개
RPM1000_Normal	266개
RPM1000_Fault	180개

또한 수집된 데이터를 머신러닝 알고리즘을 활용하여 분류 실험을 진행하였고, 아래는 분류 성능 정확도를 나타낸 표이다.

Table 2. classification accuracy using machine learning algorithm

표 2. 기계학습 알고리즘을 통한 분류 성능 정확도

Machine Learning		Deep Learning	
Logistic Regression		MLP	
시간영역	주파수 영역	시간영역	주파수 영역
정확도: 0.52	정확도: 0.99	정확도: 0.92	정확도: 0.98
Random Forest		CNN	
시간영역	주파수 영역	시간영역	주파수 영역
정확도: 0.6	정확도: 0.99	정확도: 0.9	정확도: 0.98
SVC		RNN	
시간영역	주파수 영역	시간영역	주파수 영역
정확도: 0.96	정확도: 0.99	정확도: 0.95	정확도: 0.99

III. 결론

본 논문에서는 실제 제조 환경에 근사하는 모의 환경을 조성하여 새로운 데이터를 수집할 수 있었고, 이렇게 구성된 데이터셋은 국내 제조환경의 결함 탐지 관련 연구가 활발히 이루어질 수 있도록 장려한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2022R111A306349311).

참 고 문 헌

- [1] Case Western Reserve University Bearing Data Center. Accessed: Dec. 22, 2019. [Online]. Available: <https://csegroups.case.edu/bearingdatacenter/home>
- [2] Konstruktions-Und Antriebstechnik (KAT)-Data Sets and Download (Universität Paderborn). Accessed: Dec. 22, 2019. [Online]. Available: <https://mb.uni-paderborn.de/kat/forschung/datacenter/bearing-datacenter/>
- [3] Introduction|Femto-st-Sciences & Technologies. Accessed: Dec. 28, 2019. [Online]. Available: <https://www.femto-st.fr/en/The-Institute/introduction>
- [4] D. Neupane and J. Seok, "Bearing Fault Detection and Diagnosis Using Case Western Reserve University Dataset With Deep Learning Approaches: A Review," in IEEE Access, vol. 8, pp. 93155-93178, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2990528.