

기계학습 기반 부분 방전 이미지 유사도 분석에 관한 연구

정준영, 이성호, 김진석

한전KDN

A Study on the Analysis of Image Similarity of Partial Discharge based on Machine Learning

Jung Jun Young, Lee Sung Ho, Kim Jin Seok

KEPCO KDN

요약

국내 전력설비의 노후화가 진행됨에 따라 노후 전력설비에 대한 관리 방안이 필요하다. 그 방안으로 부분 방전에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으나, 국내 온라인 부분 방전 진단 기술에 대한 연구는 부족한 상황이다. 따라서 본 논문은 기계학습을 이용하여 부분 방전 이미지 데이터(PRPD)간 유사도를 분석하는 연구 결과를 통해 배전 전력 계통에서 부분 방전 신호를 구별하기 위한 방안으로 제시하여 배전 전력설비의 효율적인 관리에 기여하고자 한다.

I. 서론

국내 전력설비의 노후화가 진행됨에 따라 노후 전력설비에 대한 유지보수 및 사고 예방을 위한 방안이 필요하다. 최근 전력설비 관리 방식이 사후관리에서 사전관리로 초점이 맞춰지며 전력설비 진단 기술 연구가 활발하게 이루어지고 있다[1]. 한편, 배전 전력설비 진단 장비를 활용한 설비 진단은 장비 사용자의 진단 장비에 대한 이해 부족 및 진단 기술 수준 부족으로 사업소별로 진단 실적 및 고장 발생 현황에 큰 차이가 발생하고 있다[2]. 따라서 온라인으로 활선 상태의 설비 진단이 가능하다면, 사람의 개입을 최소화하여 휴먼에러를 방지하고 설비 점검의 편의성이 증대될 것이다. 활선 상태의 배전 설비 진단 방법은 부분 방전 측정을 통한 진단 기술이 주로 활용되고 있으며[3], 온라인 배전 설비 부분 방전 진단 기술에 대한 연구는 부족하여 이에 대한 다양한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 기계학습 모델을 활용하여 부분 방전 이미지 유사도 분석법을 제안하고자 한다. 이 분석법은 Siamese Network 모델을 사용하며, 소량의 노이즈 및 부분 방전 데이터 입력을 통해 모델 학습을 진행하고자 한다.

II. 본론

1. 분석 개요

본 연구는 CNN 모델 및 코사인 유사도(Cosine Similarity)를 통해 부분 방전 이미지 간 유사도를 분석하였으며, 분석 결과를 통한 연구 한계를 극복하고자 Siamese Network 모델 및 CNN 모델을 활용한 부분 방전 이미지 유사도 분석법을 제안하고자 한다. 본 연구에서 제안하고자 하는 분석법은 머신러닝 모델 학습을 위하여 라벨링된 부분 방전 데이터를 얻는 것이 현실적으로 쉽지 않은 것과, 그리고 CNN 모델 및 코사인 유사도를 활용한 분석법은 이미지 간 유사도 분석 결과 값에 대해 최종적으로 인간이 이미지가 유사하다고 판단하는 기준 값을 통해 이미지들이 유사한지 아닌지 결정해야 한다는 한계를 고려하는 것이 필요하였다. 그에 따라 제안하고자 하는 분석법은 소량의 데이터로 모델 학습이 가능하며, 그리고 이미지에 대해 유사하다는 결과 값을 최종적으로 신경망을 통해 1, 0 값으로 도출하는 모델을 사용하고자 한다.

2. CNN 모델 & 코사인 유사도 분석법

2.1 CNN(Convolutional Neural Network)

CNN(Convolutional Neural Network)은 이미지 데이터 학습을 위해 주로 사용되는 머신러닝 모델로 이미지 인식 분야에서 활용되고 있다. 국내 배전 계통에서 한국전력 사업소에서 관리하는 약 평균 600여개의 배전 지상기인 변압기, 개폐기를 진단해야 한다는 온라인 환경을 고려하였을 때, 이러한 배전 지상기에서 수집되는 부분 방전 이미지 데이터(PRPD, Phase Resolved Partial Discharge)에 대한 고비용의 연산을 수행 가능하도록 하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 부분 방전 이미지 특징 추출을 위하여 CNN 모델 중 하나인 MobileNetV2 모델을 사용하였다. MobileNetV2 모델은 Inverted Residuals와 Linear Bottlenecks 사용하는 Convolution Block 기반의 Depthwise separable convolution을 연산을 수행하는 경량화된 CNN 모델이며, 컴퓨팅 자원이 제한된 환경에 최적화된 신경망 구조를 가진다[4]. 본 연구는 MobileNetV2 모델을 통해 256 x 256 x 3 사이즈의 부분 방전 이미지 데이터(PRPD)로 코사인 유사도 분석에서 사용할 입력 벡터 값을 추출하였다.

2.2 코사인 유사도 분석(Cosine Similarity Analysis)

코사인 유사도 분석법은 다차원의 양수 공간을 가지는 데이터에 대해 유사도 측정을 위하여 사용할 수 있으며, 문서 간 유사도 비교 또는 이미지 간 유사도 비교를 위해 활용되고 있다. 코사인 유사도는 다음과 같은 산식으로 표현할 수 있다.

코사인 유사도(Cosine Similarity)

$$= \cos\theta = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \times B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i)^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (B_i)^2}}$$

본 연구에서는 코사인 유사도에 대한 A, B 벡터 값을 CNN 모델을 통해 부분 방전 이미지 데이터(PRPD)로부터 추출된 벡터 값을 사용하였다. 부

분 방전 이미지 간 유사도를 판단하는 기준 값(90%)을 설정해 기준 값을 초과하는 이미지들은 유사하다고 판단하고, 그림 1과 같이 기준 값이 초과된 이미지들끼리 군집화하였다. 이러한 연구 결과는 부분 방전 신호가 여러 배전 지상기기에 감지될 때, 부분 방전 신호를 구별할 수 있는 근거로 활용될 수 있다. 그러나 이러한 결과는 인간이 설정한 기준 값에 의해 부분 방전 이미지 간 유사도를 판단하는 것이며, 진단 신뢰도가 중요시되는 전력 계통에서 이러한 분석법이 활용되는 것은 한계가 있다고 판단된다. 또한, 분석 이미지 수 그리고 이미지 내 벡터 차원 수가 증가할수록 코사인 유사도의 연산량이 증가하므로, 총 연산 비용은 매우 증가하는 문제가 있다.

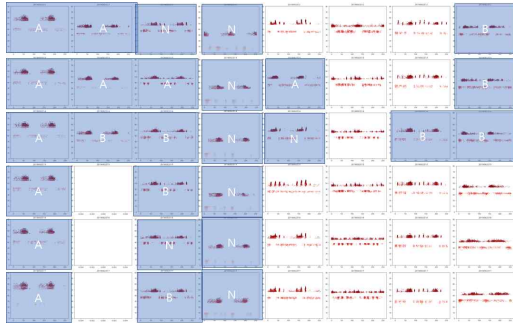


그림 1 부분 방전 이미지 유사도 판단 군집화 결과

3. Siamese Network 기반 부분 방전 이미지 유사도 분석법

본 연구는 부분 방전 이미지 데이터의 유사도 분석을 위하여 Siamese Network 모델을 활용하여 분석하고자 한다. 머신러닝은 이미지 특징 학습을 위해 상당한 컴퓨팅 비용이 발생하며, 데이터가 적을 경우 학습이 어려울 수 있다. Siamese Network 모델은 이미지 데이터 간 유사성을 도출하기 위한 신경망 학습법이며, 데이터가 부족한 상황에도 추가 학습 없이 새로운 데이터에 대해 좋은 성능을 내도록 설계된 모델이다. Siamese Network 모델은 그림 2와 같이 두 개의 입력 층 및 은닉 층으로 구성되어 임베딩 함수를 갖는 여러 Convolutional Layer를 거쳐 N개의 특징 벡터가 추출되며, L1 distance 및 시그모이드 활성화 함수를 갖는 FC Layer들을 거쳐 0에서 1의 범위를 갖는 출력 값(0: 다름, 1: 같음)을 추출하고 손실 함수(Loss Function)를 Binary cross-entropy를 사용하여 모델을 학습시켜 이미지 클래스를 분류한다[5].

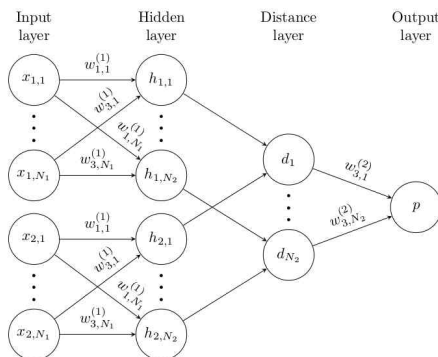


그림 2 Siamese Network 구조

본 연구는 Void, Surface, Corona 등 부분 방전 데이터 및 Noise 데이터로 구성된 데이터 셋을 구성하고 학습 데이터와 테스트 데이터 및 검증 데이터 셋으로 구분하여 모델을 학습하고 평가하고자 한다. 부분 방전 데이터 셋은 다음 그림 3과 같은 실험 환경에서 생성하고자 한다.

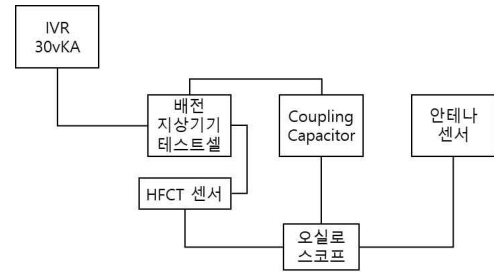


그림 3 부분 방전 데이터 생성 실험 환경

학습 모델은 다음과 같은 구조로 구성하여 모델 학습을 진행할 계획이다.

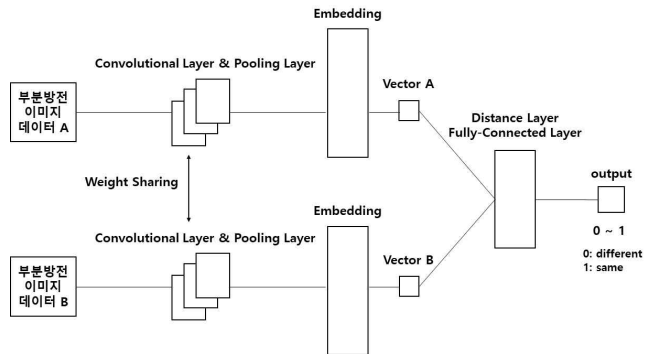


그림 4 Siamese Network 기반 부분 방전 이미지 유사도 분석 모델

III. 결론

본 논문에서는 CNN 및 코사인 유사도 기반의 부분 방전 이미지 유사도 분석 결과와 그 분석법의 한계를 설명하였다. 또한, Siamese Network 모델 기반으로 새로운 부분 방전 이미지 입력 데이터 간에 유사한지를 확률적으로 판단하는 결과 값을 도출하는 머신러닝 기반의 부분 방전 이미지 유사도 분석법을 제안하였다. 향후 제안 모델을 기반으로 실험을 진행하고자 하며, 이 제안 모델을 토대로 CNN 및 코사인 유사도 모델과의 성능을 비교 분석한 결과를 제시하고자 한다.

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2020-0-00061, 디지털트윈 기반의 지하공동구 화재·재난 지원 통합플랫폼 기술개발)

참고 문헌

- [1] 홍성규, “배전설비 진단기술 적용 현황 및 고도화 방향,” 전기저널, pp.42-47, 2014. 06.
- [2] 변덕준, 정변훈, 박철호, “배전설비 진단 신뢰도 향상을 위한 열화상 진단 방안,” 2015년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1499-1500, 2015.07
- [3] 윤지섭, 김우빈, 윤성호, 최원, 김정태, “지중 배전케이블 부분 방전 위치추정 진단 및 분석,” 2015년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1160-1161, 2015. 07.
- [4] Mark Sandler, Andrew Howard, Menglong Zhu, Andrey Zhmoginov, Liang-Chieh Chen, “MobileNetV2: Inverted Residuals And Linear Bottlenecks,” 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 4510-4520, 2018.
- [5] Koch, Gregory, Richard Zemel, and Ruslan Salakhutdinov, “Siamese neural networks for one-shot image recognition,” ICML Deep Learning Workshop. 2015.