

진동센서를 이용한 AI 기반 상수관로 누수 판별 기술 비교

최석윤¹, 김광주²¹ 한국외국어대학교 정보통신공학과, ² 한국전자통신연구원

csysy@hufs.ac.kr, kwangju@etri.re.kr

Comparison of AI-based Water Pipes Leak Detection Methods using Vibration Sensor Data

SeokYoon Choi¹, Kwang-Ju Kim²¹ Department of Information Communications Engineering, Hankuk University of Foreign Studies, ² Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문은 상수관망에 설치된 진동 센서 데이터를 활용한 누수 판별 기법에 대해 비교 연구한다. 심층신경망학습(Deep Neural Networks learning)기술을 적용하여 상수관망 누수 판별 성능을 평가함으로써 누수를 감지하고 더 큰 사고로 이어지는 상황을 예방할 수 있는 상수관망 누수 모니터링 기술 구현하였다. 사용된 상수관망에 설치된 누수 판별용 진동센서 데이터셋은 공공 데이터 포털(AI Hub)에서 제공받았으며, 상수관망 수도계량기함 및 계수변에 설치된 누수 감지 센서를 통해 확보된 누수 감지 데이터를 기반으로 현장에서 누수 탐사 전문가를 활용하여 누수 탐사, 적출을 통해 기록된 누수 탐사 정보를 기반으로 구성되어 있다. 널리 알려진 순환 신경망 기법을 적용한 상수관망 누수 분류 모델을 설계하고, 각각의 성능을 비교한 결과를 살펴본다.

I. 서 론

최근 심각해지고 있는 기후변화로 인한 가뭄 상황은 상수도 운영관리를 더욱 어렵게 하고 있다. 취수원의 수량 부족으로 인한 제한급수를 반복하고 있는 상황에서 물관리와 노후관 교체 등을 통한 물 손실량 저감이 더욱 강조되고 있는 상황이다. 누수를 포함한 물손실관리(water loss management)가 중요한 상수도 경영 이슈가 되고 있으며, 운영 관리의 중요한 지표가 되고 있다. 데이터, 네트워크, 인공지능 등을 포함하는 지능정보기술을 기반으로, ICT 산업뿐만 아니라, 제조, 의료, 농업 등 다양한 산업 분야가 혁신되어가는 4 차 산업혁명이 근래에 도래하고 있으며, 이 중 상수관망 관리분야에서는 상수관망에서 획득할 수 있는 각 종 센서 데이터를 이용하여 효율적인 운영을 하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 상수관망에서 획득한 진동센서 데이터를 통해 상수관망의 누수 여부를 진단하고 예측하는 기술의 관심도가 높아지고 있으며, 그 이유는 다양한 원인에 의해 발생하는 상수관망의 누수의 경우 적시 조치가 늦어지면 싱크홀 발생 등 대형 사고로 이어질 가능성이 있기 때문이다. 따라서, 누수를 감지하고 더 큰 사고로 이어지는 상황을 예방할 수 있는 상수관망 누수 모니터링 기술의 중요성이 강조되고 있다. 본 논문에서 사용한 상수관망에 설치된 누수 판별용 진동센서 데이터셋은 공공 데이터 포털(AI Hub)에서

제공받아 사용하였다. 제공된 데이터 셋은 상수관망 수도계량기함 및 계수변에 설치된 누수 감지 센서를 통해 확보된 누수 감지 데이터를 기반으로 현장에서 누수 탐사 전문가를 활용하여 누수 탐사, 적출을 통해 기록된 누수 탐사 정보를 기반으로 구성되어 있으며, 총 5 개 클래스로(옥외누수, 옥내누수, 기계·전기음, 환경음, 정상음) 라벨링된 상수관망 누수 감지 데이터셋 50,000 건에 대한 CSV 파일로 제공되어진다. 널리 알려진 순환 신경망 기법을 적용한 상수관망 누수 분류 모델을 그림 1 과 같이 설계하고, 각각의 성능을 비교해 보았다.



그림 1. 인공지능기반 상수관망 누수 판별 기술 비교 과정

II. 본론

그림 2는 본 연구에서 적용된 상수관망 누수 분류 모델 4 가지를 나타낸다.

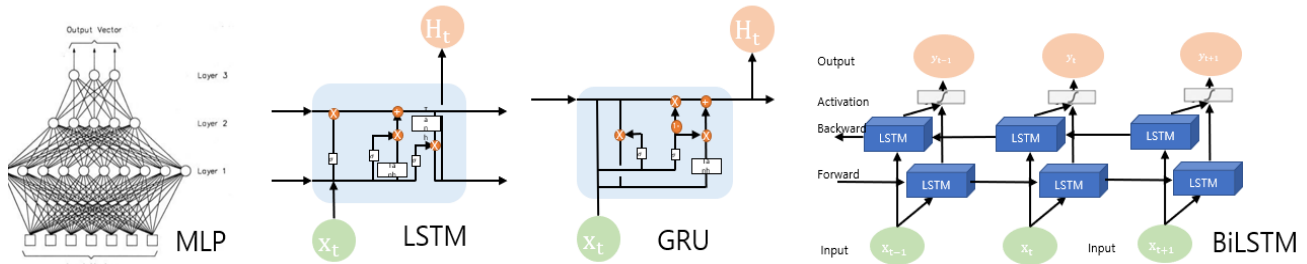


그림 2 본 연구에 적용된 인공지능 모델

Multilayer Perceptron (MLP): 퍼셉트론으로 이루어진 층(layer) 여러 개를 순차적으로 쌓아놓은 구조를 이루고 있다고 본다면, 입력에 가까운 층은 아래, 출력에 가까운 층은 위에 있다. 간단한 비선형 문제를 해결하기에 적합한 모델로 알려져 있다.

Long Shot-Term Memory models(LSTM): 예전에 널리 쓰여진 Recurrent Neural Network(RNN)의 경우 데이터가 차례로 입력되는 정보와 그 정보를 사용하는 지점 사이 거리가 멀어질 경우 gradient 가 점점 작아지는 vanishing gradient 문제가 발생하고, 이로 인하여 학습능력이 크게 저하된다고 알려져 있다. 이를 해결하기 위해 RNN 의 Hidden-state 에 cell-state 를 추가한 Long Shot-Term Memory models(LSTM)이 고안되었다 [1].

Gated Recurrent Unit(GRU): LSTM 에는 출력, 입력, 삭제 게이트라는 3 개의 게이트가 존재함으로써 학습 속도가 빠르지 않다는 문제가 있었으며, 이를 해결하기 위해 업데이트 게이트와 리셋 게이트 두 가지 게이트만을 사용하는 모델인 Gated Recurrent Unit(GRU)를 제안함으로써 [2] LSTM 보다 학습 속도는 빠르면서 성능은 비슷하게 유지하였다.

Bidirectional LSTM(Bi-LSTM): Bidirectional LSTM(Bi-LSTM)의 경우 정방향으로만 학습을 진행하는 대신, 마지막 노드에서 역방향으로 실행되는 또 다른 LSTM 을 추가하는 것이다. Bi-LSTM 의 경우 LSTM 에 비교하였을 때 역방향으로 정보를 전달하는 hidden layer 를 추가함으로써 이러한 정보 전달력을 향상시켰다고 볼 수 있다 [3].

III. 결론

본 논문에서는 널리 알려진 순환 신경망 기법을 적용하여 상수관망 누수 분류 모델을 설계한 후 학습을 진행하여 각각의 성능을 비교 분석하였다. 위 표 1 은 그 결과를 나타낸 것이다. 평가 지표(Accuracy) 값이 높을수록 정확도가 높은 모델이라는 것을 확인할 수 있다. 이로 미루어 봤을 때, MLP, GRU, LSTM 에 비해 Bi-LSTM 이 우수한 성능을 발휘한다는 것을 확인할 수 있었다.

표 1 상수관망 누수 분류 모델 성능 비교

모델	정확도(%)
MLP	79.8
GRU	81.6
LSTM	81.7
Bi-LSTM	89.8

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI) grant funded by the Korean government. [23ZD1120, Development of ICT Convergence Technology for Daegu-GyeongBuk Regional Industry].

참 고 문 헌

- [1] Zhao, Zheng, et al. "LSTM network: a deep learning approach for short-term traffic forecast." IET Intelligent Transport Systems 11.2 (2017): 68-75.
- [2] Dey, Rahul, and Fathi M. Salem. "Gate-variants of gated recurrent unit (GRU) neural networks." 2017 IEEE 60th international midwest symposium on circuits and systems (MWSCAS). IEEE, 2017.
- [3] Shahid, Farah, Aneela Zameer, and Muhammad Muneeb. "Predictions for COVID-19 with deep learning models of LSTM, GRU and Bi-LSTM." Chaos, Solitons & Fractals 140 (2020): 110212.