

# CNN을 이용한 선로전환기의 이상상황 탐지

이종욱\*, 노병준\*, 박대희\*<sup>†</sup>, 정용화\*, 윤석한\*\*  
 \*고려대학교 컴퓨터정보학과, \*\*㈜세화 연구소  
 e-mail: eastwest9@korea.ac.kr

## Anomaly Detection of Railway Point Machine using CNN

Jonguk Lee\*, Byeongjoon Noh\*, Daihee Park\*<sup>†</sup>, Yongwha Chung\*,  
 Sukhan Yoon\*\*

\*Dept. of Computer & Information Science, Korea University

\*\*Sehwa R&D Center

### 요 약

열차의 진로를 변경시키는 선로전환기의 고장은 탈선 등과 같은 대형 사고를 유발시킬 수 있는 중요한 시설이다. 따라서 열차운행 안전 측면에서 해당 설비에 대한 모니터링은 필수적이다. 본 논문에서는 선로전환기의 구동 시 발생하는 소리 정보를 이용하여 선로전환기의 이상상황을 탐지하는 시스템을 제안한다. 먼저 제안한 시스템은 소리 센서에서 실시간으로 취득하는 소리 신호를 Power Spectral Density(PSD) 특징으로 변환한다. 추출된 PSD 특징은 이미 성능이 입증된 딥러닝의 대표적인 모델인 Convolutional Neural Network(CNN)에 적용하여 이상상황을 탐지한다. 실제 선로전환기의 전환 시 발생하는 소리 데이터를 취득하여 모의실험을 수행한 결과, 비정상 상황을 안정적으로 탐지함을 확인하였다.

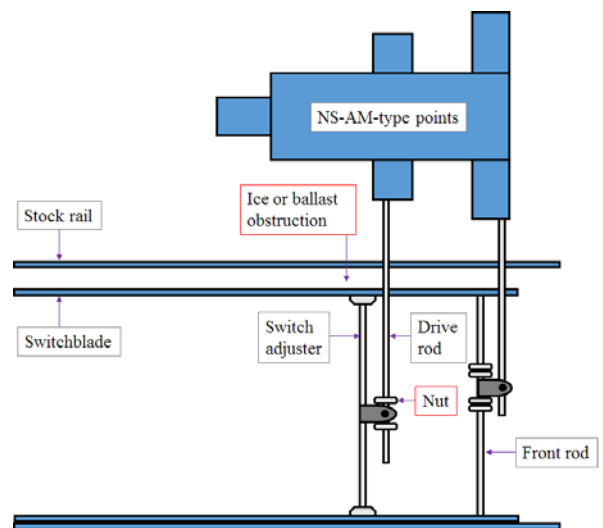
### 1. 서론

철로의 설비 및 시스템을 구성하는 다양한 시설들은 열차의 안전 측면에서 신뢰성을 반드시 유지해야 하는 요소들이다. 특히, 역 구내에서 열차의 진로를 변경시키는 선로전환기(그림 1 참조)의 이상상황은 열차 탈선 등과 같은 심각한 사고를 유발시킬 수 있다. 따라서 선로전환기와 관련된 고장, 스트레스 등의 비정상 상황에 대한 조기 탐지 및 관리는 필수적인 요소이다 [1].

외부 환경에 노출되어 작동하는 선로전환기의 특성 상, 선로전환기의 부품들은 외부 충격들을 자주 받게 된다. 이러한 외부 충격들로 인해 선로전환기는 지속적인 물리적 손상을 받게 되며 이는 선로전환기의 미세한 균열이나 누적 손상을 야기하게 되어 결국 선로전환기의 이상상황으로 이어진다. 특히, 선로전환기의 Stock rail과 Switch blade 사이에 이물질(얼음, 자갈 등)이 낀 경우, 나사가 풀어지는 상황(그림 1 참조) 등은 기차의 탈선 등을 야기할 수 있는 심각한 이상 상황이다[1-2].

본 논문에서는 선로전환기의 작동 시 취득한 소리의 변화를 이용하여 선로전환기의 이상상황을 탐지하는 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 먼저, 선로전환기의 작동 시 취득한 소리에서, 주파수에 대한 스펙트럼의 변화율을 취득할 수 있는 PSD 특징정보를 추출한다. 추출된 특징은 이상상황 탐지문제를 최근 각광을 받고 있는 딥러닝의 대

표적인 모델인 CNN에 입력하여 비정상상황을 탐지한다. 이를 위하여, 정상 작동 소리와 이상상황 소리의 PSD 특징정보를 이용하여 CNN을 미리 학습하고, 이상상황이 발생한 소리가 실시간으로 탐지될 경우 선로전환기의 관리자에게 이상상황이 발생했음을 알린다. 제안된 시스템은 선로전환기의 이상상황을 조기 판단하여, 열차의 탈선 등과 같은 사건을 사전에 예방하기 위한 유용한 정보로 사용될 것으로 기대된다.



(그림 1) NS-AM 형 선로전환기

<sup>†</sup> 교신저자: dhpark@korea.ac.kr

## 2. CNN기반의 선로전환기 이상상황 탐지시스템

본 논문에서 제안하는 선로전환기의 비정상 상황 탐지 시스템의 구조는 다음과 같다. 시스템은 크게 3개의 모듈로 구성된다: 1) 센서로부터 소리를 취득하는 단계, 2) 취득한 소리 데이터에서 PSD를 추출하는 단계, 3) 선로전환기의 비정상 상황을 탐지하기 위하여 미리 훈련된 CNN에 적용하는 단계.

본 논문에서 탐지하고자 하는 선로전환기의 이상상황은 다음과 같이 정의 된다: Stock rail과 Switchblade 사이에 얼음 또는 자갈이 들어간 경우, Drive rod의 나사가 느슨해진 경우이다.

## 3. 실험 및 결과

본 논문에서는 선로전환기의 상태를 분석하기 위하여, 소리센서(SHURE SM137)를 선로 전환기의 전면에 위치시킨 후 선로전환기가 전환을 수행할 때 발생하는 소리를 수집하였다. 실제, 2016년 1월 1일 하루 동안 대전 유성구의 (주)세화에 위치한 선로전환기(NS-AM 형)에서 다양한 상황에 대한 데이터 셋을 취득하였다.

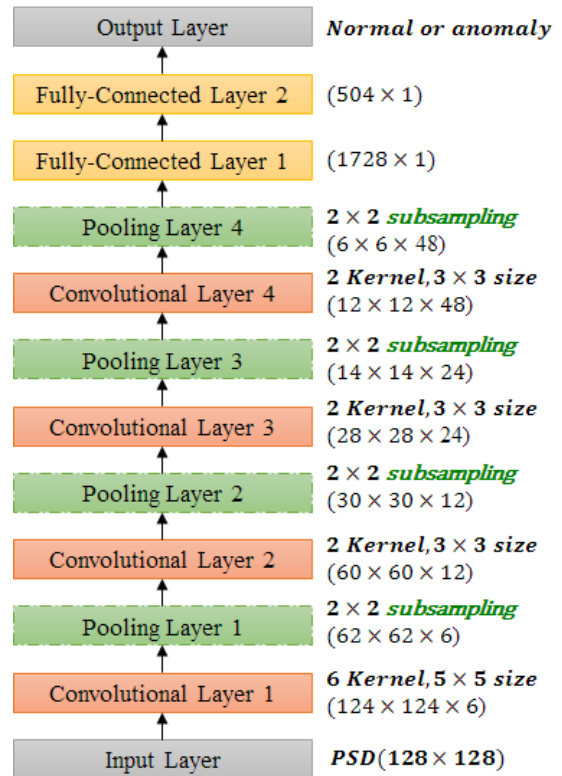
실험에 사용하기 위해 소리의 시그널 및 스펙트로그램을 확인한 후 수동으로 편집하였으며, 각각의 소리 데이터는 약 4.5~5.5초로 구성되었다. 정상적인 데이터 150개, 비정상 데이터 420개(나사가 풀어진 경우: 140, 자갈이 있는 경우: 140, 얼음 조각이 있는 경우: 140), 총 580개를 이용하였다.

### 3.1 선로전환기의 이상상황 탐지 결과

선로전환기의 비정상상황을 탐지하기 위한 CNN 구조를 설계하기 위하여, 학습 데이터는 정상 150개, 비정상 420개에서 각각 50%를 사용하였으며, 테스트 데이터는 학습 데이터에 사용하지 않은 나머지 50%를 이용하였다. 설정된 CNN 구조는 입력 계층, CNN 계층(Convolutional layer, Pooling layer), Fully-Connected 계층, 출력 계층으로 구성되며, 실제 실험에 사용한 구조는 그림 2와 같다.

선로전환기의 소리에서 추출한 PSD 행렬은 소리 데이터의 길이가 다르기 때문에 512×465부터 512×512 등의 크기로 추출되었으며, 추후 CNN에 입력 특징으로 사용하기 위하여 128×128 사이즈로 조정된 후 입력 데이터로 사용하였다. PSD 값은 Matlab을 이용하여 취득하였으며, CNN은 최근 구글(Google)사에서 개발한 오픈소스 기계학습 엔진인 TensorFlow[3]를 활용하여 구조를 설계하고 실험을 진행하였다. CNN 구조에 사용한 옵션들은 Max pooling, dropout 비율은 20%, 학습률은 0.003, Activation 함수는 Rectified Linear Unit, 400회 반복 그리고 초기 연결 노드는 랜덤값으로 설정하였다.

설정된 CNN구조에 테스트 데이터를 적용한 결과, 이상상황과 정상상황에 대한 탐지 정확도(accuracy)는 96.48%라는 안정적인 결과를 기록하였다.



(그림 2) 선로전환기의 이상상황 탐지를 위한 CNN 구조

## 4. 결론

본 논문에서는 선로전환 시 발생하는 비정상 상황을 소리 정보를 이용하여 탐지하는 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 먼저 실시간으로 유입되는 소리로부터 PSD 특징 정보를 추출한다. 추출된 PSD는 딥러닝의 대표적인 모델인 CNN에 적용하여 선로전환기의 비정상 상황을 탐지하였다. 실제 NS-AM 형의 선로전환기에서 소리 정보를 취득하여 실험을 수행한 결과, 본 논문에서 제안하는 PSD 및 CNN 기반의 선로전환기 이상상황 탐지 시스템의 성능이 안정적임을 확인하였다.

## 5. 감사의 글

본 연구는 2015년도 중소기업청 기술혁신개발사업 혁신형기업과제(S2312692)의 지원을 받아 수행된 연구결과임.

## 참고문헌

- [1] Lee, J., Choi, H., Park, D., Chung, Y., Kim, H.Y., and Yoon, S. "Fault detection and diagnosis of railway point machines by sound analysis," Sensors, vol. 16, no. 4, 549, 2016.
- [2] Kim, H., Sa, J., Chung, Y., Park, D., and Yoon, S. "Fault diagnosis of railway point machines using dynamic time warping," Electronics Letters, vol. 52, no. 10, pp. 818-819, 2016
- [3] <http://www.tensorflow.org> [Accessed : 09. Sep. 2016]