

딥러닝 기반 하수도관 내부 결함 탐지를 위한 네트워크 설계

Deep Learning Based Model for Detecting Sewer Pipe Defects

정지수* · 박승재** · 정철권***

Chung, Gi Su · Park, Seung Jae · Chung, Chul Kwon

하수도관 내부 결함은 지반침하의 잠재원인으로서 정밀히 조사하여 그 정도에 따라 하수관을 교체하거나 부분적 보수를 통해 심각한 사고를 사전에 예방해야한다. 본 연구에서는 최근 다양한 분야에서 활용되고 있는 인공지능을 기반으로한 하수도관 결함 탐지 모델을 개발한다. 또한 분류 성능 향상을 위해 피라미드형태의 구조를 사용하여 하수도관 이미지를 여러 스케일로 분할하여 특징을 추출하도록 하고, 컷아웃 기법을 적용해 네트워크가 일부 차별성 있는 특징만을 학습하는것을 방지한다. 실험결과와 비교를 통해 제안한 방법의 타당성을 보이고, 정상 라벨을 포함한 하수도관 내에 발생할 수 있는 모든 결함 항목에 대해 89.61%의 정확성으로 실제 하수도관 정밀검사시 유용하게 사용될 수 있음을 보인다.

핵심용어 : 딥러닝, 하수도관, CNN, 탐지, CCTV

1. 서 론

하수도관 내부의 결함을 탐지하기 위한 주요한 방법 중 하나로 로봇을 이용한 CCTV 검사가 사용되고 있다. 이는 기술자가 하수도관 내에 로봇을 삽입 및 조종하여 CCTV 영상을 촬영-수집 후 확인하는 것으로 결함이 발생한 위치와 그 종류를 판단한다. 이 검사방식은 기술자가 직접 영상을 재생하여 결함을 찾아야 하기 때문에 기술자의 시간이 낭비되며, 그의 숙련도와 피로도에 따라 균일하지 못한 결과가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 딥러닝을 활용하여 영상 판독 단계를 자동화하고 결과물의 품질을 높이려는 시도가 있었다. [1] 한편, 신뢰가능한 수준의 모델 훈련 및 실 적용에는 많은 데이터를 필요로 하나, 하수도관 CCTV 검사 영상에 대해선 충분한 양의 공개된 데이터가 존재하지 않는다. 따라서 새로운 하수도관 영상 데이터 추출과 더불어 하수도관 영상에 대해 의미적 특징을 뽑아낼 수 있는 적합한 기 훈련된 합성곱 신경망의 적용, 적절한 데이터 증강 방법을 적용하여 신뢰할 수 있는 결함 탐지 모델을 학습하는 방법이 필요하다.

2. 하수도관 결함 레이블 데이터 생성

새로운 하수도관 결함 CCTV 데이터 생성을 위해, (주)나스텍 E&C 에서 시행한 정부 주도 정밀조사 대상 하수관로에 대해 보고된 결함 결과보고서와 판독 비디오의 쌍으로부터(1,791개 쌍) 총 36,914장의 결함 이미지 데이터를 추출하였다. 이는 각 동영상의 결함 관측 참조 시간 t 로부터 각 $t+k$, $t+2k$, t , $t-k$, $t-2k$ 의 5개의 프레임 쌍을 추출한 것이다. 이때, k 는 관측 시간변수로 해당 결함을 촬영하는 시간($t-2k \sim t+2k$)에 대한 지정 변수이다. 메뉴얼에 지정된 결함 이상항목 25가지를 포함한 29가지의 항목으로 각 데이터를 분류하였고, 이는 결함이 아닌 정상인 상태를 포함한 개수이다. 앞선 모든 연구에서 6가지 정도의 결함을 분류하는 모델을 훈련시킨 것과 달리 본 연구는 발생할 수 있는 모든 결함을 훈련 데이터로서 포함시켰으며 또한 정상인 상태를 포함시켜 실제 상황에서의 적용에 보다 실용적인 모델을 훈련한다.

* 동국대학교 전자전기공학부 석사과정 (E-mail:whtnek@gmail.com) - 발표자

** 세종대학교 정보보호학과 (E-mail:cupsos@gmail.com)

*** (주)나스텍 E&C 대표이사, 공학박사 (Corresponding Author · E-mail:ckchung1@naver.com)

3. 피라미드 네트워크와 컷아웃 데이터 증강법 적용

기존의 여러 탐지 과업과 달리, 하수도관의 결함은 CCTV 동영상 내 프레임간의 차이가 적으며, 국소적 영역에 대한 결함 특징을 구별 및 학습시키는 것이 중요하다. 따라서 보다 계층적 특징 추출을 원활히 진행하기 위해 이미지의 스케일을 여러 개로 학습시키는 피라미드 네트워크[2]를 이용하였다. 또한 지나치게 작은 차별적 영역만을 집중해 모델이 훈련되는 것을 막기 위해 이미지의 랜덤한 박스영역을 삭제하는 증강 방법인 컷아웃[3]을 적용하였다. 그림1 은 피라미드 네트워크의 블록구조와 컷아웃을 적용한 하수도관 이미지를 나타낸다. 훈련과 테스트 이미지를 각 80%, 20%로 나누어 훈련 및 검증하였고, 표 1과 같이 88.54%의 뛰어난 분류 성능을 나타내었다. 각 정확도는 3개의 랜덤 스플릿에 대한 평균 정확도이다.

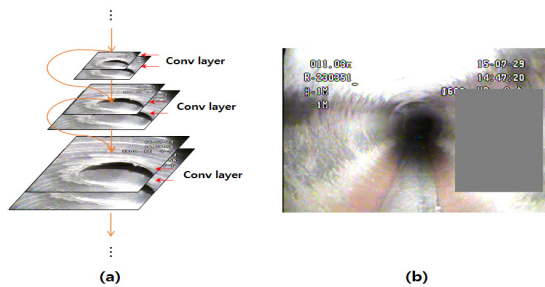


그림 1. 피라미드 블록구조(a), 컷아웃 기법을 적용한 훈련데이터 샘플(b)

표 1. 테스트 정확도

네트워크	컷아웃 적용	성능
ResNet-50	x	79.23%
ResNet-50	o	81.61%
PyramidNet-200	x	88.54%
PyramidNet-200	o	89.61%

4. 결 론

본 연구에서는 딥러닝 기반의 하수도관 결함 탐지 모델 생성을 위하여 훈련 기법을 적용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 국소적 위치의 하수도 결함을 원활히 탐지하기 위해 피라미드 네트워크를 사용하는 것이 성능 향상에 도움을 준다.
2. 컷아웃 데이터 증강법을 이용해 뚜렷한 일부 지역적 특징만을 학습하는 것을 방지하여 성능을 향상시킬 수 있다.
3. 두 방법의 상호보완적 결과물로 하수도관 내 발생 가능한 대부분의 결함항목을 분류하는 일반성있는 네트워크를 훈련시킬 수 있다.

감사의 글

본 연구는 (주) 나스텍 E&C 의 연구비 지원을 받아 수행된 연구입니다.

참고문헌

1. Yin, Xianfei et al. (2020). "A deep learning-based framework for an automated defect detection system for sewer pipes." Automation in Construction Vol.109, 102967.
2. Han, D. Kim, J. and Kim, J. (2017). "Deep pyramidal residual networks." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. pp.5927-5935.
3. Devries, T. Taylor, G. W. (2017). "Improved regularization of convolutional neural networks with cutout. arxiv preprint arXiv:1708.04552.