

레일표면결함 자동 검출을 위한 결함 유형 분류

Rail Surface Defects' Classification for Auto-detection

오소원*†, 최영태*, 최일윤*

Sowon Oh*†, Yeong-Tae Choi*, Il Yoon Choi*

초 록 증가하는 철도이용 수요를 충족시키기 위해 통행량과 속도가 증가하는 추세이다. 철도시설물의 노후도도 증가하고 있어 철도시설물의 유지보수가 중요해지고 있다. 2022년 11월에 발생한 영등포역 무궁화호 탈선 사고는 텅레일의 부식피로가 원인으로 밝혀져 열차안전운행에 레일관리의 중요성이 대두된다. 표면 결함의 조기 발견과 관리가 필요하지만, 도시철도 운영기관에서는 인력 점검 외에는 별도의 점검 방법이 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 인력 점검의 효율성 향상을 위해 소규모 레일표면결함 이미지 촬영장치를 제작하였고, 결함을 자동으로 검출하기 위한 기초연구로서 결함유형을 분류하였다. 이후 객체분할기법을 활용한 결함검출의 가능성을 평가하였다.

주요어 : 레일표면결함, 결함 분류, 결함 검출, 객체분할, 자동 검출

1. 서론

KTX·SRT 및 도시철도의 노선 확장, GTX 도입 등으로 인해 꾸준히 국내 철도 이용에 대한 수요가 증가하고 있다. 그에 따라 지난해(2022년)에만 발생한 철도사고는 총 79건으로 전년 동기 대비 15건이 증가하였으며, 그 중 탈선사고는 총 18건이다. 그 중 경부선 KTX 레도이탈 사건(2022.01), 대전조차장 SRT 탈선사고(2022.07), 영등포역 무궁화호 탈선사고(2022.11)로 총 3건의 주요한 대형 열차사고가 발생했다.



Fig. 1 Cumulative railway accidents

승객 80명의 부상을 야기한 무궁화호의 탈선의 원인으로 국토부 항공·철도사고 조사위원회(조사위)는 텅레일 부식피로를 지적했다.

영등포역 무궁화호 사례에서 알 수 있듯이 이러한 사고를 방지하기 위해서는 레일의 표면결함 조기 발견과 관리가 필요하다. 현재 한국철도공사에서는 선로점검차를 이용하여 결함을 검출하고 있지만 도시철도 운영기관에서는 인력 점검 외에는 다른 점검 방법이 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 레일표면의 이미지를 연속적으로 측정할 수 있는 소규모 촬영장비를 제작하고 장비를 통해 수집한 이미지를 통해 결함을 검출·분류할 수 있는 기법을 개발하고자 한다.

2. 레일표면결함 자동검출 기법

2.1 레일표면결함 검출

2.1.1 레일표면결함 자동 검출 기법

레일표면결함을 사람이 점검하면 정확도가 낮고 시간이 많이 걸린다. 이러한 단점을 극

† 교신저자: 한국철도기술연구원 학생연구원 (sowon@krri.re.kr)

* 한국철도기술연구원 첨단궤도토목본부

복하기 위해 인공지능, 머신러닝 네트워크를 활용한 검출방법이 개발되고 있다. 따라서 인공지능 기반 이미지 처리 네트워크를 활용하여 자동으로 레일의 결함을 검출한 후 사람이 확인한다면 효율적인 점검이 가능하다.

이미지를 분류할 수 있는 검출 기술에는 크게 결함의 확률을 출력하는 영상분류기술(image classification)과 결함의 종류를 테두리(Bounding box)로 출력하는 객체 검출 기술(Object detection), 입력된 영상이 어떠한 종류(Class)인지를 구분하는 객체분할 기술(Semantic segmentation)이 있다.

본 연구에서는 레일의 다양한 결함이 존재하고 그 형상이 일정하지 않기 때문에 형상과 종류를 동시에 자동 검출이 가능한 객체분할기술을 적용하였다.

2.1.2 결함이미지 수집 및 분류

결함을 자동으로 분류하기 위해서는 우선 레일 표면 이미지 수집이 필요하다. 이를 위해 소규모 촬영장비를 제작하였고 결함 이미지를 수집하였다.

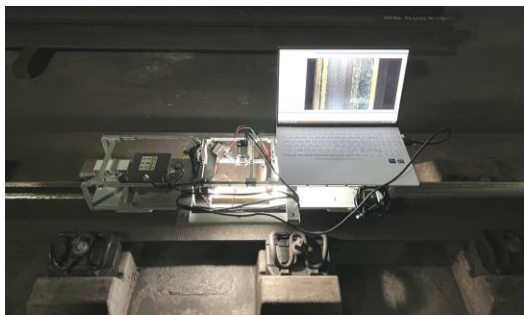


Fig. 2 Small-scale rail image capture device.

Fig. 2에 제시한 이미지수집장비로 고속선 및 일반선에서 941장, 도시철도에서 1,676장, 총 2,617장의 이미지를 수집하였다. 객체 분할 기술을 적용을 위해 결함들을 1차적으로 UIC 712, 선로유지관리지침과 같은 문헌들을 참고하여 결함을 분류했다.

분류 결과 도시철도에서 가장 많이 발생한 결함은 head check(표면미세균열)과 균열에 의해 동반되는 spalling 이 주된 결함이었다. Flaking(표면박리), Squats(압좌), 파상마모도 관찰되었다.

고속선 및 일반선의 경우 자갈 비산으로 인해 발생하는 Ballast imprint가 많이 발견되고, Squats와 Wheel burn이 관찰되었다.

이를 통해 객체 분할 기법에 적용할 결함 종류를 Head check과 Spalling, Flaking, 파상마모, Squats, Ballast imprint, Wheel burn 총 7개로 구분하였고, 이를 기반으로 학습에 필요한 labeling을 진행하였다.

2.1.3 자동 결함 검출 기법 적용 결과

결함을 labeling한 30장의 도시철도 이미지를 모델에 학습시킨 후 기법을 적용해 본 결과 발생빈도가 낮은 squat와 같은 결함을 결함 발생 빈도의 대부분을 차지하는 head check와 spalling으로 오인하는 결과가 일부 나타났다. 향후 다양한 종류의 결함을 학습시키는 것으로 보완해야 한다.

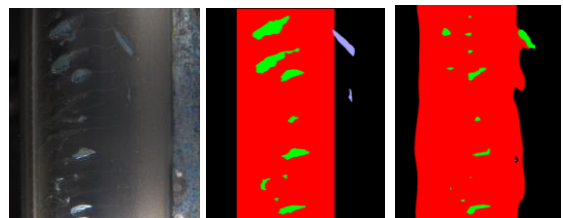


Fig. 3 Rail defect: (a) photo, (b) labeling, (c) autodetection result

3. 결론

레일표면 결함 자동검출을 위한 머신 러닝 기법 적용을 위하여 주요 표면결함을 분류하였다. 이후 객체분할기법의 적용 가능성을 평가하였다. 향후 D/B구축후 학습으로 자동 검출이 가능할 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 한국철도기술연구원 기본사업(철도시설물 지능형 유지관리기술 개발)로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] UIC code 712 (2002) Rail defects.
- [2] Railway Maintenance Guidelines, Korea National Railway.
- [3] Statistics Korea
- [4] Rail Economy News