

# 3축 기울기와 이미지 학습을 이용한 도로 포트홀 감지 시스템 개발

김규현\*, 김진혁  
수원대학교 정보통신학과 학부생  
316hyeon@naver.com, khj9893333@naver.com

## Development of Road Pothole Detection System using 3-axis Gradient and Image Learning

Gyu-Hyeon Kim, Jin-Hyeok Kim  
Dept. of Information and Communication Engineering, University of Suwon

### 요 약

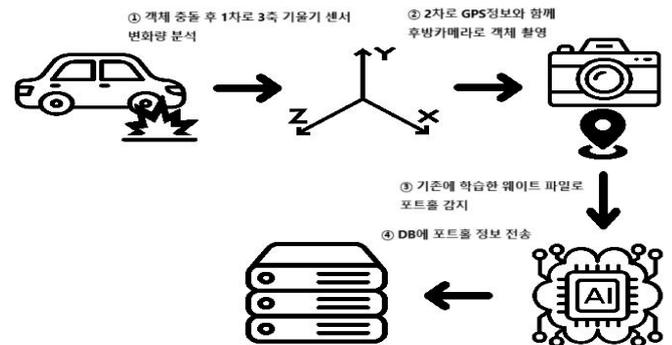
도로의 노후화로 포트홀 발생 빈도가 늘어나고 그로 인해 발생하는 사고와 피해액 또한 수억 원대에 이르고 있다. 포트홀 문제를 해결하기 위해 AI 기술, 특히 Image Processing을 이용한 기술이 많이 사용되고 있다. 하지만 실시간으로 영상을 촬영하면서 포트홀을 감지하는 방식은 많은 데이터 처리량과 비용 문제로 인해 일반 운전자들이 쉽게 사용할 수 없다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 두 단계로 나누어 포트홀을 감지하는 방법을 제시한다. 첫 번째 단계에서는 도로 주행 시의 3축 기울기 변화량 값을 분석하여 포트홀임을 구분하고 해당 위치의 사진을 GPS 좌표와 함께 촬영 및 저장한다. 두 번째 단계에서는 촬영한 사진으로부터 OpenCV의 Yolov5를 이용하여 딥러닝을 통한 포트홀을 감지한다. 제안한 시스템으로 데이터 처리량을 줄이고 비용을 절감해 많은 운전자들에게 포트홀 안전 시스템을 보급화 할 수 있다.

### 1. 서론

도로 안전은 교통사고 예방과 차량 손상 방지에 중요한 요소로, 특히 포트홀은 도로에서 발생하는 주요 위험 요소 중 하나이다. 포트홀은 도로 이용자에게 예기치 못한 사고를 유발하고, 도로 관리 기관에게는 높은 유지보수 비용을 발생시킨다. 한국도로공사에 따르면 포트홀로 인한 피해보상 비용이 매년 증가하고 있어, 도로 관리 체계의 한계가 드러나고 있다. 기존의 도로 유지보수 방식은 주로 정기적인 점검이나 사용자 신고에 의존하여 포트홀 발생 초기 대응이 어려웠다. 이에 실시간 포트홀 감지 시스템의 필요성이 대두되고 있으며, 이 시스템은 운전자 안전 증진과 도로 유지보수 효율성을 높이는 데 기여할 수 있다.

본 논문은 3축 기울기 센서와 딥러닝 기반 이미지 학습 기술을 활용한 포트홀 감지 시스템을 연구하였다. 기울기 센서는 도로 표면의 변화를 감지하고, 이미지 학습 기술은 카메라로 수집한 도로 사진을 분석하여 포트홀을 감지한다.

### 2. 본론



(그림 1) 시스템 흐름도

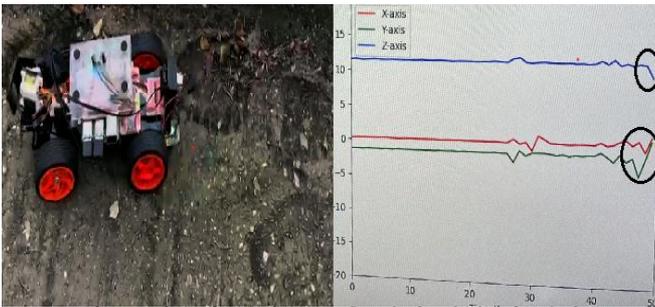
#### 2-1. 포트홀 안전 시스템 흐름도

기존의 연구에서 발생한 문제점을 해결하기 위해 3축 기울기를 이용한 포트홀 이미지 감지 연구 방법을 제안한다[1].

그림 1은 3축 기울기를 이용한 포트홀 감지 시스템 흐름도를 보여준다. 우선 도로 주행 시 객체와 충돌하여 3축 기울기에 설정한 변화량 값이 측정되면 값을 분석해 1차로 포트홀과 과속 방지턱 나뭇가지 등의 다른 객체를 구별하고 포트홀로 의심이 되면 후방 카메라로 지나간 자리의 포트홀 의심 객체를

GPS 정보와 함께 촬영 및 저장한다[2]. 2차로 촬영한 사진을 기존에 학습된 웨이트 파일을 기반으로 포트홀 감지 과정을 걸쳐 결과를 DB에 전송한다. DB에서는 중복으로 감지되는 포트홀들을 카운트하고 이 값에 따라 보수가 필요한 포트홀들의 우선순위를 선정한다. 이와 동시에 2차 과정에서 포트홀이 아님으로 판별된 위치들도 개별 카운트하여 그 값을 확인해 포트홀이 맞으나 2차 과정에서 누락된 포트홀도 찾아내는 과정을 거친다.

2-2. 3축 기울기 변화량 분석

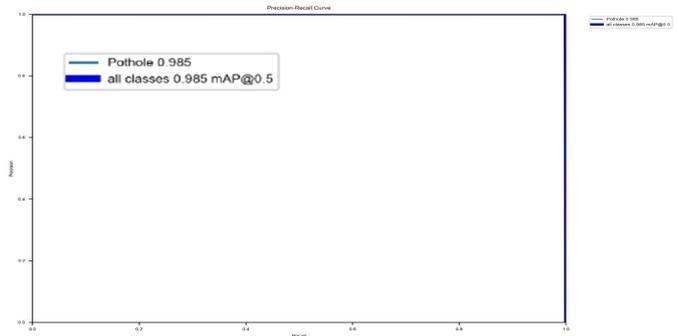


(그림 3) 기울기 센서 포트홀 감지 실험 및 결과

3축 기울기는 차량 후방에 설치하며 3축 기울기 변화는 크게 2가지 경우를 가진다. 첫째, 포트홀과 충돌했을 경우. 이 경우에는 차량의 앞바퀴부터 포트홀에 충돌해 차량 뒤편은 위치가 높아지게 되어 3축 기울기의 y축이 상승 후 하강하게 된다. 둘째, 과속 방지턱 등 도로의 튀어나온 객체와 충돌했을 경우. 차량의 앞바퀴가 상승하게 되며 3축 기울기의 y축이 하강 후 상승하게 된다. 각 축을 정리하자면 x축은 앞 바퀴의 왼쪽 충격의 경우 하강, 오른쪽 충격의 경우 상승, y축은 앞바퀴가 떨어질 경우 상승, 올라갈 경우 하강, z축은 수직 축으로 차량의 상하 방향을 나타낸다. 이를 바탕으로 RC카로 실험결과 기존 값에서 y축은 2.0이상 상승, z축은 -0.5이상 하강할 때 포트홀을 나타냈다.

2-3. 이미지 학습

Yolov5를 사용해 이미지 학습을 진행하였다. roboflow의 공공 데이터셋과 수집한 포트홀 사진을 모아 Labeling을 통해 데이터를 보강했으며, Static Crop, Grayscale, Auto-Adjust Contrast, Tile 약 3천 장을 학습시켜 웨이트 파일을 얻어냈다[3]. 단순 포트홀 감지 예측 정확도는 98%를 가지며, 시스템에서 감지된 데이터셋으로 학습시켜, 더 높은



(그림 2) 학습 모델 포트홀 감지율 결과

정확도를 기대한다.

3. 결론

3축 기울기를 사용한 시스템은 포트홀의 크기가 작은 경우나, 차량의 속도가 느려 충분한 충격을 받지 않아 변화량이 적으면 포트홀 감지에 어려움을 겪을 수 있어 실험결과 약 83%의 정확도를 얻어낸다. 하지만, 본문에서 제시한 2차 포트홀 감지 과정을 늘려 Yolo v5를 이용한 포트홀 감지로 각 기어도를 5:5로 하였을 때,  $(0.5 \times 83) + (0.5 \times 98) = 41.5 + 49 = 90.5\%$ 의 정확도를 나타낸다. 추가로 탐지 과정을 2차로 나누어 포트홀을 감지하여 영상 인식 포트홀 감지 시스템과 비교해 메모리 사용량을 줄여 데이터 처리를 효율적으로 할 수 있어 비용 및 처리시간을 줄인다. 이에 일반 차량에도 대중화를 기대할 수 있다.

※ 본 논문은 과학기술정보통신부 대학디지털교육역량강화 사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

[1] Min-Hyeok Kim "A Study on The Detection of Pothole and Pothole Size Measurement Using EdgeComputing and Vision System" 국내석사학위논문 울산대학교 대학원, 2022.  
 [2] Sung-jin Hwang, Seok-woo Hong, Jong-seo Yoon, Heemin Park, Hyun-chul Kim "Deep Learning-based Pothole Detection System" 반도체 디스플레이기술학회지, 88-93, 2021.  
 [3] Sung-Sam Hong, Dong-Wook Kim, Byung-Kon Kim, Jae-Kang Lee "Image Labeling Technology Analysis and Training Set Generation Model for Detecting Damage and Cracks in Road Pavement" 대한공간정보학회지, 28(4), 119-125, 2020.