

# 동영상 기반

## 실시간 포트홀 탐지 시스템

도로연구소 류승기 소장,  
조영태 박사후연구원

**Editor**  
이용국

**Photographer**  
엄지민

포트홀(Pothole)은 도로 표면에서 항아리 모양으로 움푹 패이거나 떨어져 나간 포장면의 파손 상태를 의미하고, 국어로 순화한 표현은 노면홀이라 한다. 누구나 한 번쯤은 주행 중에 갑작스럽게 나타난 포트홀로 인해 아찔했던 경험이 있을 것이다.

2013년 국토교통부 자료에 따르면 포트홀 발생 건수는 2008년부터 2013년까지 6년간 누적 건수가 93만 여 건에 달하며 이로 인한 직접적인 사고는 4,223건 발생한 것으로 조사됐다. 또한, 보수비용은 2008년 7억 원에서 2013년 1,308억 원으로 약 18배 증가했다. 이처럼 매년 증가하고 있는 포트홀은 '도로 위의 지뢰'로 불리며 운전자의 안전과 자동차 주행의 안정성을 심각하게 위협하고 있다.

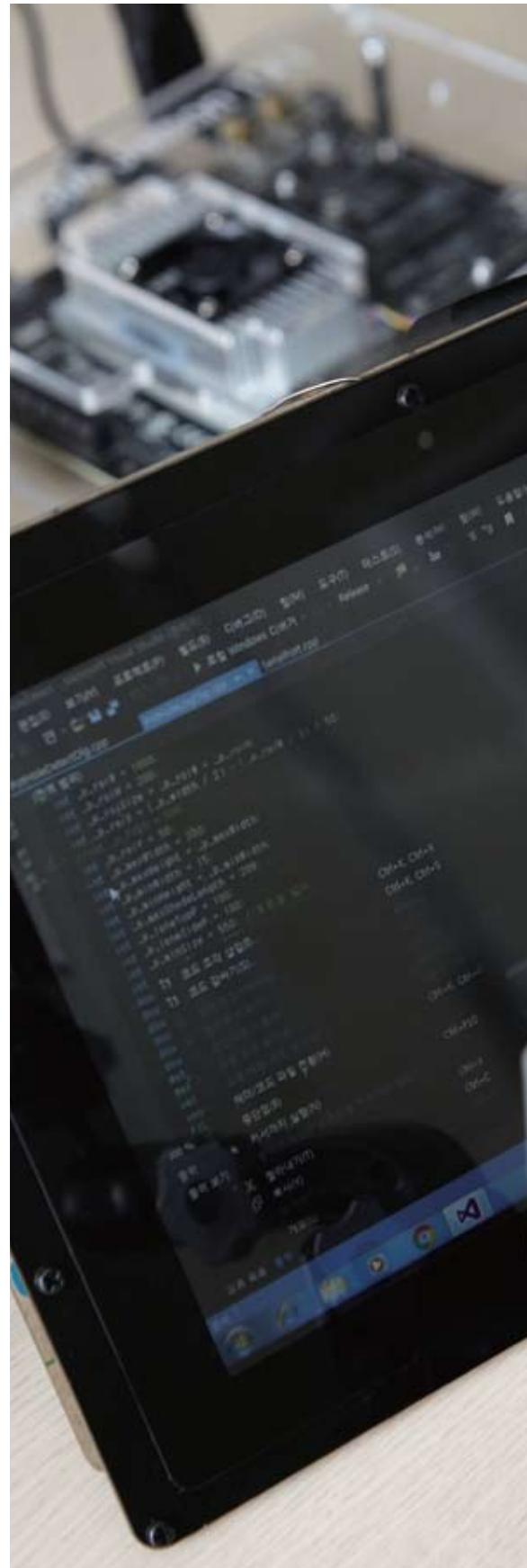
\*출처: 2013년 국회 국토교통위원회 보고서

### 포트홀 탐지와 관리의 어려움

포트홀은 아스팔트 혼합물에 수분이 침투해 골재와 바인더의 접착력이 약해진 상태에서 차량 하중에 의해 발생한 내부 압력이 발생했을 때, 취약한 부분의 골재가 떨어져 나가면서 발생한다. 수분 침투가 비교적 자주 일어나는 장마철이나 겨울에서 봄으로 넘어가는 기간이 되면 도로 곳곳에 많은 포트홀이 발생한 것을 확인할 수 있다.

안전하고 효율적인 도로교통 환경 구축을 위해서 포트홀을 사전에 억제하는 것도 중요하지만, 여러 가지 이유로 불가피하게 발생한 포트홀을 신속히 발견하고 보수할 수 있는 시스템이 무엇보다 시급하다. 기존처럼 시민들의 신고 또는 도로관리 차량의 현장 순찰 등 인력에 의존하는 방식으로는 넓은 도로에 다발적이고 다양하게 발생하는 포트홀 관리하기에 한계가 있었다.

정부와 지자체에서는 해마다 증가하는 포트홀에





대해 인력에만 의존하지 않도록 다양한 방법을 도입해 운영하고 있다. 그중 대표적인 것이 지난 2013년 서울시에서 시범 운영한 '시내버스를 활용한 포트홀 관리'다. 진동기반 탐지 센서와 GPS 모듈을 장착한 시내버스를 활용해 포트홀을 신속하게 발견하고 24시간 이내에 보수 작업을 하는 정책이다. 문제는 진동 센서를 이용한 포트홀 검출은 반드시 차량이 포트홀을 밟아야만 검출할 수 있다는 점이다. 즉, 버스 바퀴가 닿지 않는 영역에 존재하는 포트홀은 탐지할 수 없으며, 버스전용차로에 존재하는 포트홀만 탐지한다는 한계점이 있었다. 또한, 맨홀과 과속방지턱을 포트홀로 인식하는 등 오탐지의 문제도 존재했다. 최근 서울시에서 도입한 택시 신고 방식의 경우, 택시 운전자가 포트홀을 발견하면 택시 내부 단말기의 버튼을 눌러 신고하는 방식이다.

이외에도 레이저 센서 또는 적외선 센서를 활용한 3D 형상 기반 포트홀 탐지 기술 등 다양한 방법들이 계속 연구되고 있지만, 제한된 센싱 영역의 문제, 높은 구축비용 등 실질적으로 사용되기에는 많은 어려움이 있었다.

### 동영상 기반의 효율적인 포트홀 탐지 기술

살펴본 것처럼 포트홀을 탐지하고 관리하는 것은 넓은 영역의 포트홀을 빠르게, 그리고 큰 비용이 들지 않게 탐지하고 관련 정보를 DB화해 체계적으로 활용할 수 있도록 하는 것이 핵심이다.



1. 포트홀은 수분 침투가 많은 장마철이나 겨울에서 봄으로 넘어가는 시점에 자주 발생한다.

앞선 탐지 기술들의 단점을 보완해 효율적으로 포트홀을 탐지하는 방법으로, 영상을 이용한 연구가 주목받고 있다. 영상의 경우 상대적으로 저렴한 비용으로 넓은 영역의 포트홀을 탐지할 수 있기 때문이다. 하지만 아직 특별하게 완성된 것은 없고, 개념적인 수준에 머무는 경우가 많다. 또한, 영상을 이용한 포트홀 탐지 기술들은 학술적인 연구에 중점을 두고 있으며, PC를 기반으로 설계한 알고리즘이 대부분이다.

한국건설기술연구원 도로연구소에서 개발한 '동영상 기반 실시간 포트홀 탐지 시스템'은 차량에 부착되어 운용되고 있는 블랙박스 카메라를 사용하기 때문에 낮은 비용으로 운영할 수 있고, 넓은 범위의 도로 포트홀 데이터를 신속하게 수집할 수 있다.

이번 기술은 크게 4개의 요소로 구성되어 있다. 포트홀을 자동으로 탐지하기 위한 차량용 블랙박스 카메라 기반의 조사 모듈, 수집된 정보(위치, 정지영상 등)를 센터에서 관리하는 데이터베이스 시스템 모듈, 포트홀 발생빈도와 발생지역 분석 등을 수행하는 관리프로그램 모듈, 마지막으로 보수업체에 연락해 보수 이력을 전산 관리하는 원격관리 모듈로 구성된다.



무엇보다 핵심적인 역할인 포트홀 자동 탐지 알고리즘은 전처리과정(Pre-Processing), 후보 추출과정(Candidate Extraction), 캐스케이드 검출과정(Cascade Detector)으로 이뤄져 있다. 전처리과정에서는 포트홀 의심 영역을 도로 노면과 분리하고, 후보 추출과정에서는 추출된 포트홀 중 후보 영역을 생성한다. 캐스케이드 검출과정에서는 최종적으로 포트홀 유무를 결정하는 구조이다.

포트홀 탐지에 있어 중요한 것은 그림자, 맨홀, 패치와 같이 포트홀과 유사한 형태를 가지는 대상을 포트홀과 정확히 구분해내는 것이다. 해당 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 차량에 블랙박스 카메라를 설치한 후 실제 아스팔트 도로를 촬영한 결과, 88%에 달하는 포트홀 감지율을 나타냈다. 이것은 알고리즘이 포트홀로 탐지한 것이 포트홀일 확률이 높다는 뜻이다. 하지만 육안으로도 판별하기 애매한 영상이거나 주변 환경에 따라 잘못 인식하는 경우가 발생해, 앞으로는 이러한 에러를 줄여가는 노력이 필요하다.

### 세계 최초 스마트 탐지관리시스템을 꿈꾸다

이번 연구는 2018년까지 포트홀 탐지 단말 장치 상용화 기술 개발 및 현장 검증을 목표로 진행 중이다. 현재는 1차년도(2014)와 2차년도(2015)에 연구·개발한 알고리즘과 시제품을 바탕으로 포트홀 관리 기능 개선을 통한 지도기반 포트홀 영상관리 서버 시스템 개발, 도로 노면 촬영 선명도 증가, 차량용 포트홀 알고리즘 단말기 이식, 포트홀 인식 경량화 알고리즘 개발과 영상 분석 알고리즘 성능 개선 등 다양한 기능 추가 및 개선 작업을 진행하고 있다.

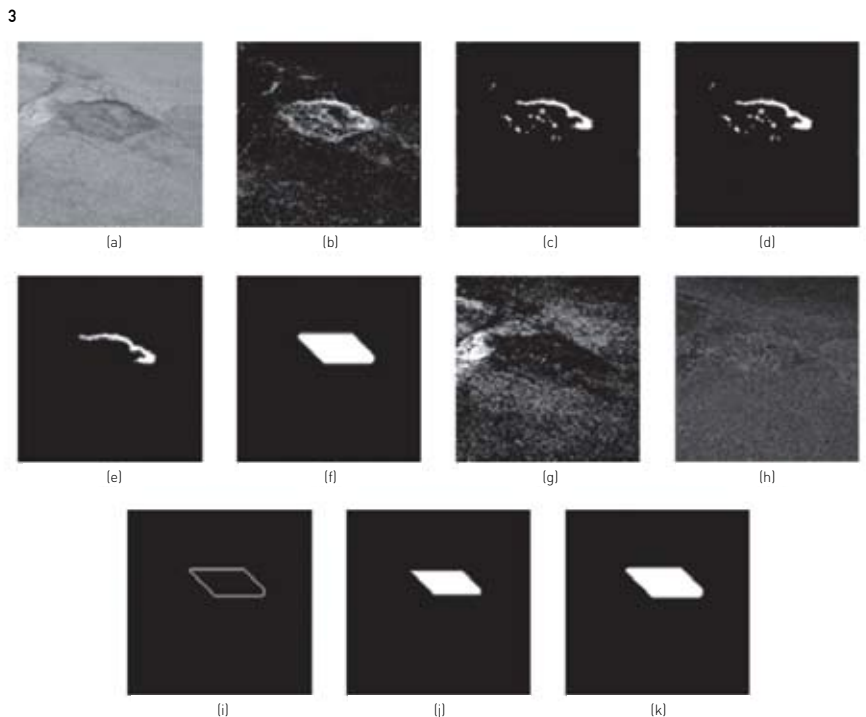
향후 이번 연구의 결과물이 상용화되어 도로관리기관이나 지자체에 도입된다면 도로 노면 유지보수의 신속한 의사결정과 보수 물량의 산정에 있어 보다 신속하고 계량화하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

또한, 포트홀 탐지 단말기와 포트홀 DB의 판매를 통한 새로운 시장 창출과 더불어 '도로 포트홀의



2. 차량용 포트홀 탐지 단말기(시제품)
3. 포트홀 고유의 특징을 이용한 인식 알고리즘

스마트 탐지관리시스템'을 패키지화해 세계시장에서 사용되는 도로면 훼손의 공간분석 도구로 사용될 수 있을 것이다. 현재 많은 쟁점이 되고 있는 자율주행시스템 시장에도 매우 큰 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다. 무엇보다 이번 연구를 통해 포트홀로 인한 교통사고 피해가 크게 줄어들 수 있기를 기대해본다. [K]



Result of images at each step with proposed method: (a) original image, (b) HST, (c) median filtering, (d) closing, (e) candidate, (f) refinement, (g) Mhst, (h) Sobel, (i) outside, (j) inside, and (k) detected region.