

VisionLiDAR

기반 포트홀 탐지

Deep Learning Enhanced Feature Extraction of Potholes Using Vision and LiDAR Data for Road Maintenance

DeepSharkLab 학부연구생 정승원



INDEX

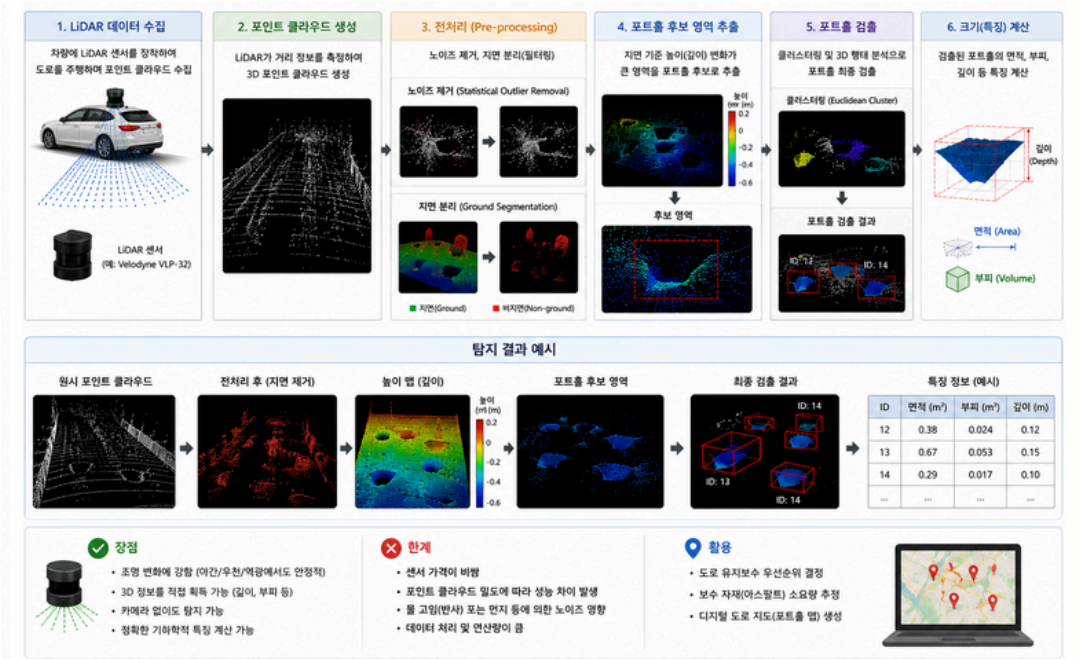
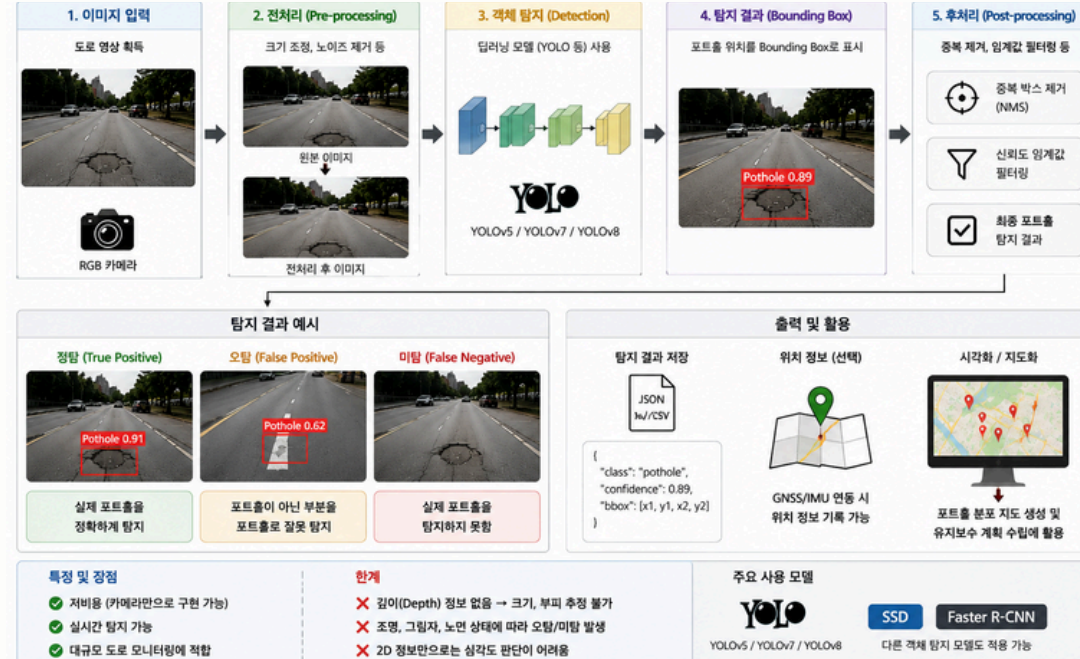
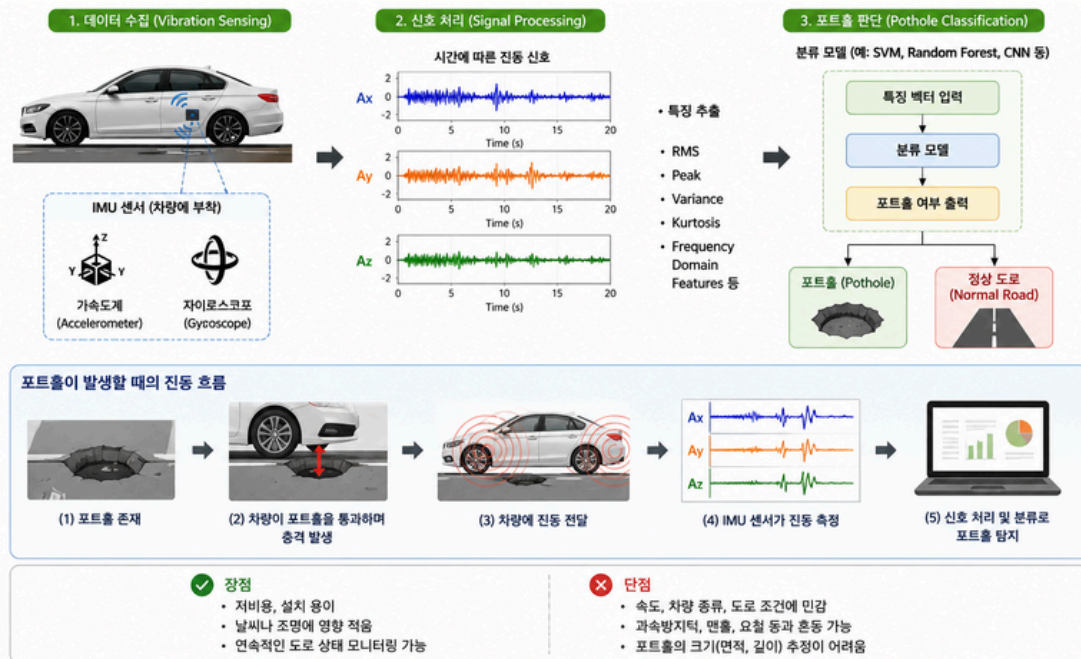
목차보기

01	연구 배경	3p
02	파이프라인 소개	4p
03	데이터셋 구축 및 모델 학습	5p
04	Camera-LiDAR calibration	7p
05	포트홀 특징 추출	8p
06	실험 구축	10p
07	실험 결과 & 한계	11p



연구배경

포트홀 탐지 방법으로 3가지



진동 기반 탐지

가속도계 자이로스코프 센서를 이용하여 진동 기반으로 포트홀 탐지

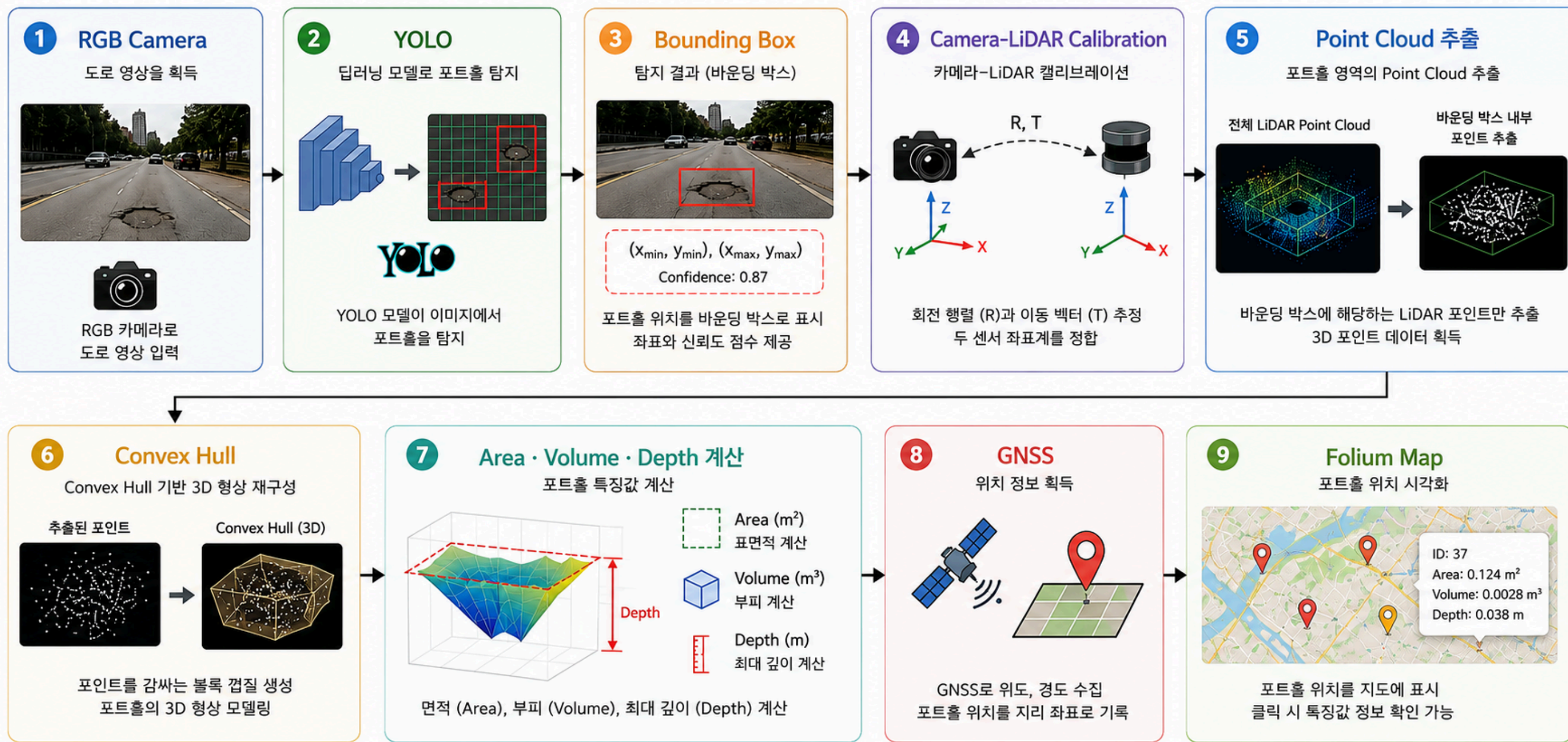
카메라 기반 탐지

YOLO 알고리즘을 사용한 바운딩 박스로 라벨링

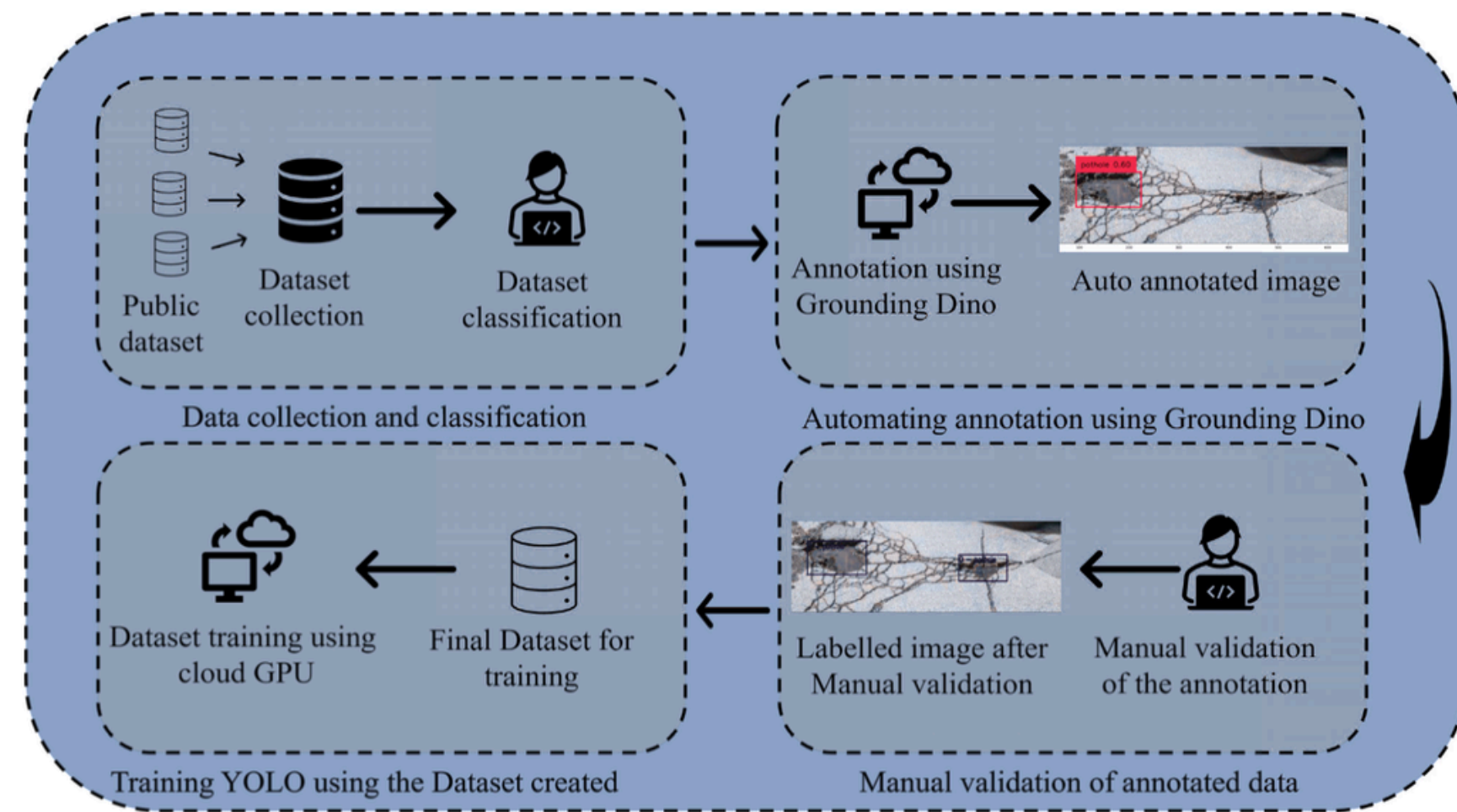
LiDAR 기반 탐지

Point Cloud를 수집하여 부피, 너비 측정

파이프라인



데이터 수집



✓ 데이터셋 구축

데이터 사이즈 통일 → 640 × 480 pixels

Grounding Dino로 자동 라벨링

수동 검수

Train : 800 / Valid : 200 / Test : 80

YOLO 학습

✓ COCO

약 12만 장의 이미지

80개의 객체 클래스

✓ 추가 학습

여러 공개 데이터셋을 수집하여 구축한 데이터로
추가 학습 Fine-tune

✓ 학습 결과

TABLE 1. YOLO architectures training performance comparison.

YOLO	Precision	Recall	mAP@0.5	Training time (h)
v5	86.0%	67.2%	76.0%	1.848
v6	72.4%	56.2%	72.0%	1.470
v7	75.7%	73.2%	76.0%	2.124
v8	77.2%	67.2%	72.5%	1.933

TABLE 2. YOLO architectures performance comparison on test dataset.

YOLO	Precision	Recall	mAP@0.5
v5	76.8%	73.1%	75.3%
v6	69.1%	71.0%	72.0%
v7	73.7%	70.9%	74.7%
v8	72.3%	68.3%	70.0%

Camera-LiDAR Calibration & Sensor Fusion

✓ Rotation

어느 방향을 바라보고 있는가?

$$P_L = \begin{bmatrix} X_L \\ Y_L \\ Z_L \end{bmatrix} \quad P_{\text{rotated}} = RP_L$$

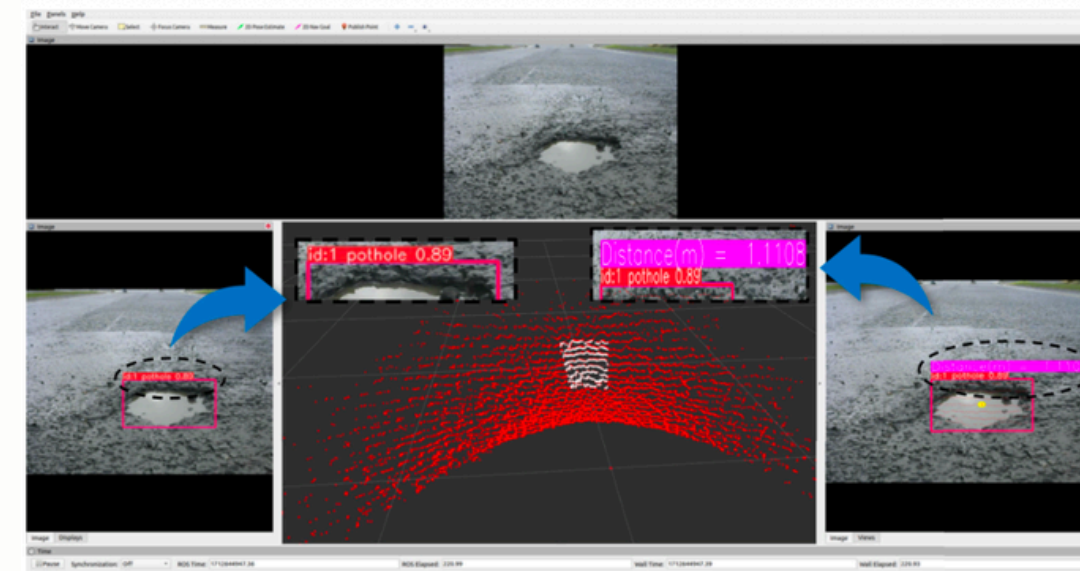
✓ Translation

얼마나 떨어져 있는가?

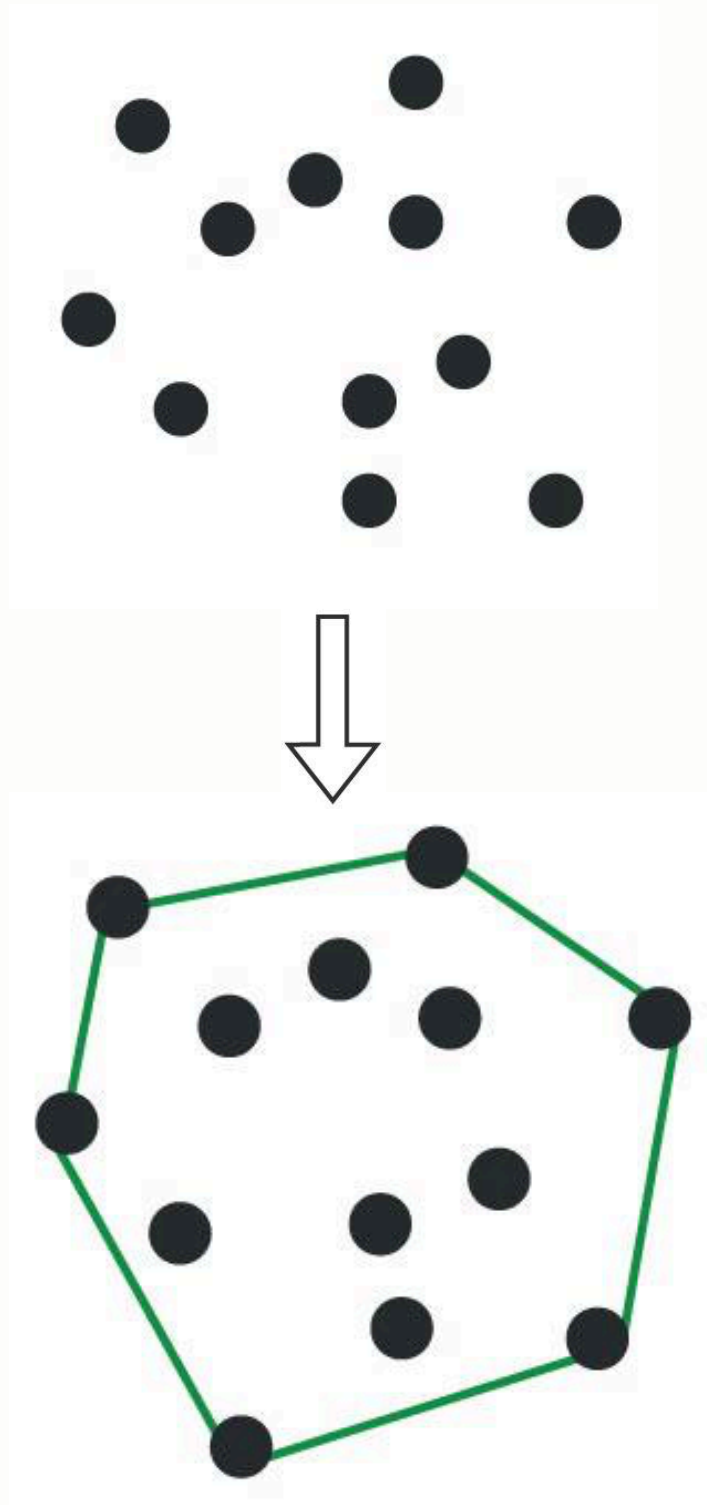
$$P_C = P_{\text{rotated}} + T$$

✓ Sensor Fusion

YOLO 바운딩 박스 내부의 point cloud만 추출



☞ 포트홀 특징 추출



✓ Convex Hull 알고리즘

점들의 집합으로 이루어진 Point Cloud를 3차원
형상으로 변환

변환된 데이터
→ 부피, 크기, 깊이 계산

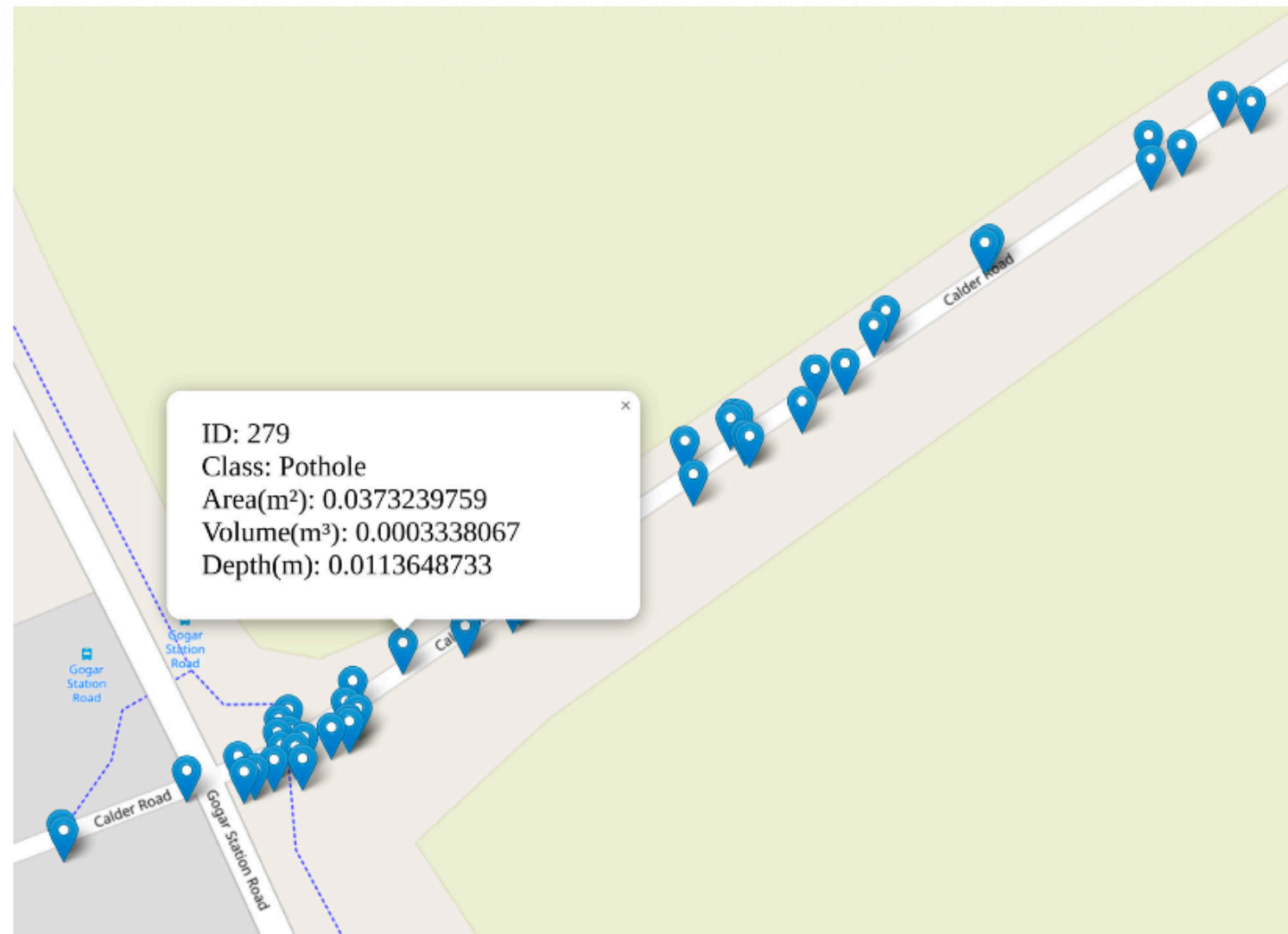


FIGURE 6. Map displaying detected potholes. Selecting a pothole opens a pop-up window that shows its unique ID, along with the area, volume, and maximum depth, as determined from 3D reconstructed models.

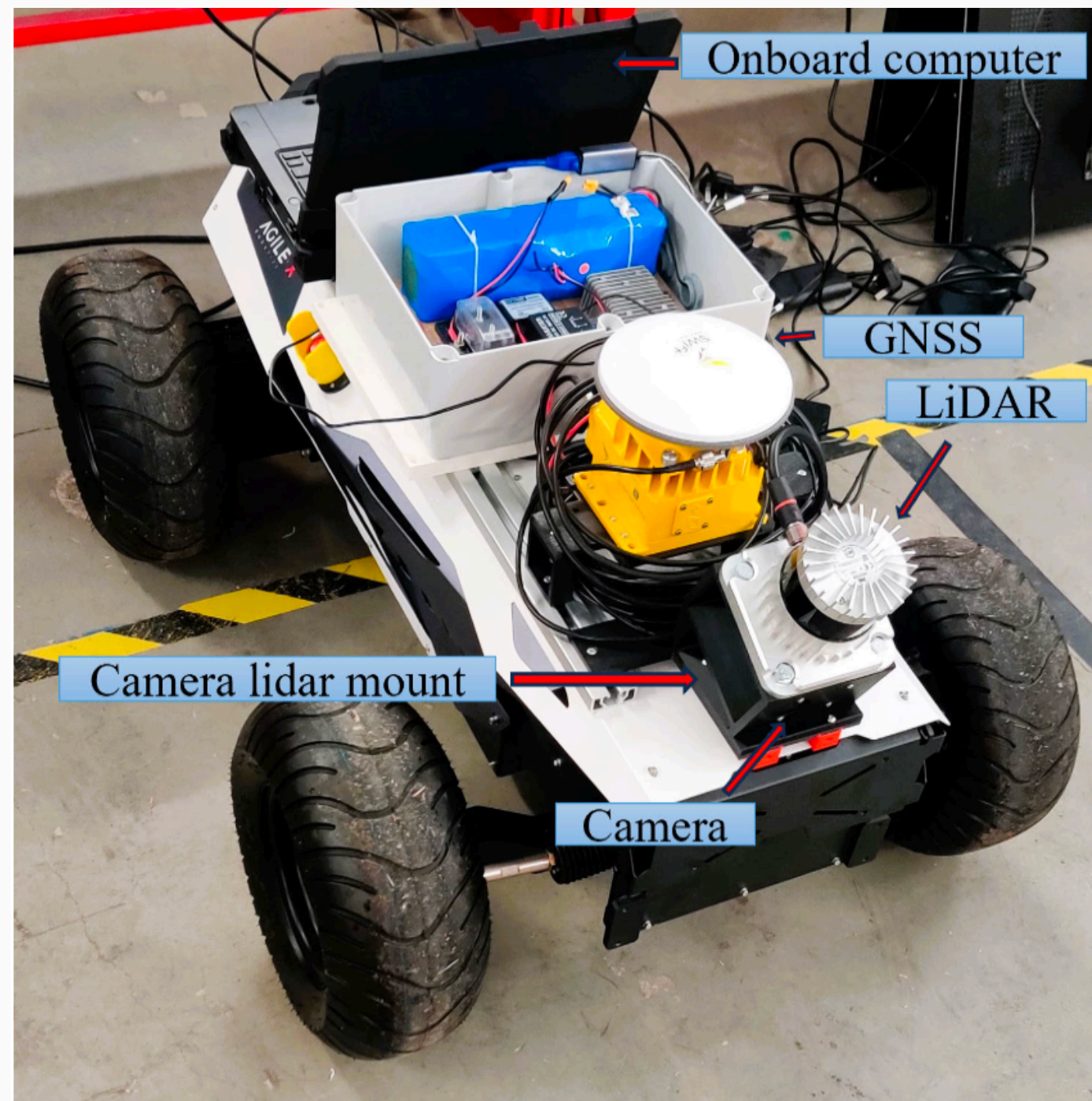
✓ Global Navigation Satellite System

경도 위도 데이터 수집

포트홀 특징과 함께 데이터 저장

Python Folium 라이브러리

💬 실험 구축



✓ 실험 로봇 스펙

Agile X Hunter 2.0 Mobile Robot

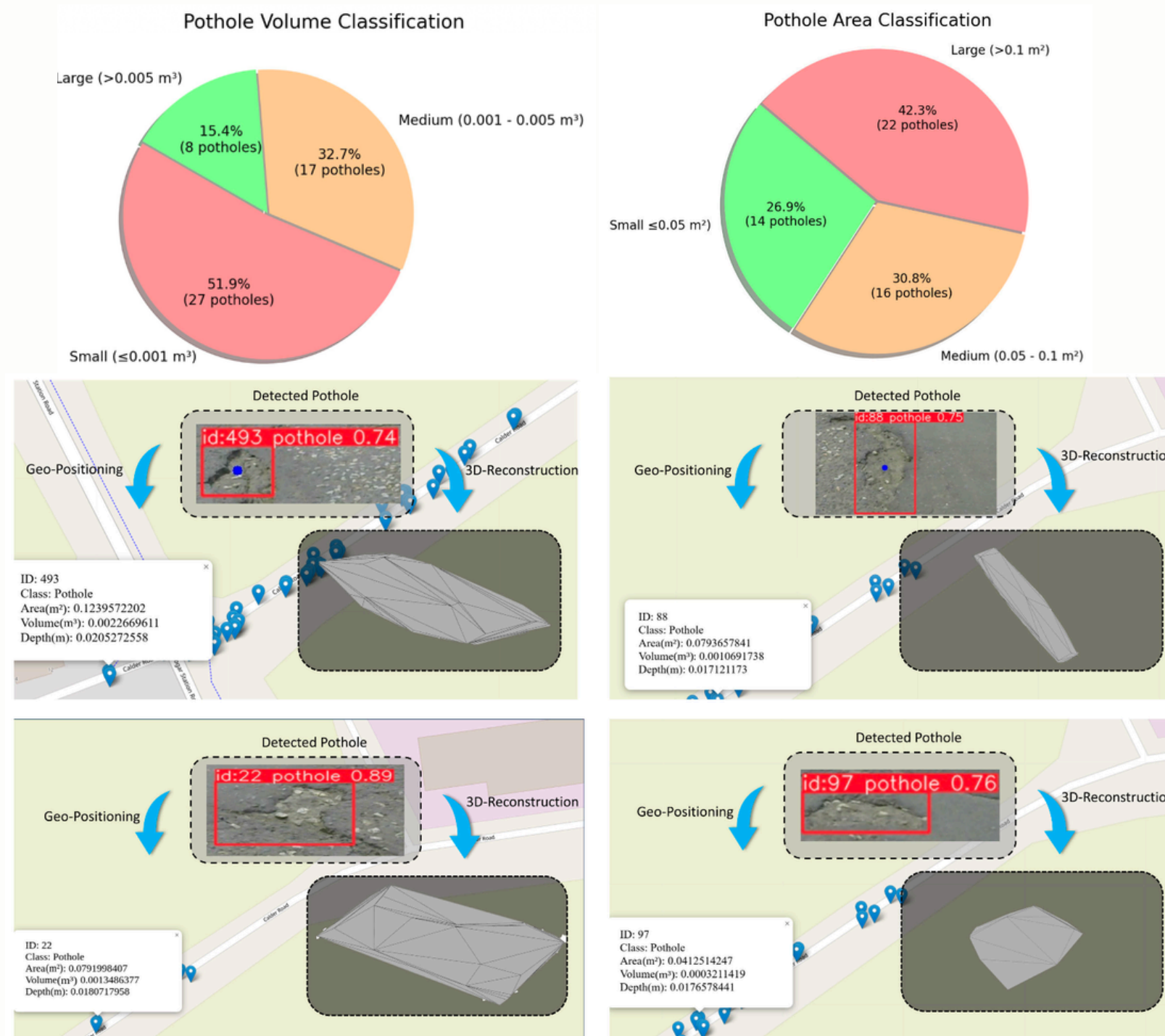
카메라 : Logitech 505e

LiDAR : Ouster OS1-32

GNSS : Swift Navigation

컴퓨터 : Intel i7 11th generation CPU, Nvidia RTX 3060 graphics card, 16GB RAM

실험 결과 & 결론



✓ 실험 결과

52개의 포트홀 탐지

Small, Medium, Large로 범주 분류

포트홀 별 특징과 함께 지도에 표시

TABLE 3. Automated v/s manual inspection results.

ID	Depth (m)		Area (m^2)		Volume (10^{-3}m^3)	
	Auto	Manual	Auto	Manual	Auto	Manual
9	0.023	0.020	0.094	0.060	0.916	0.800
46	0.016	0.015	0.019	0.017	0.158	0.150
97	0.018	0.017	0.0412	0.038	0.321	0.300
111	0.012	0.010	0.063	0.061	0.455	0.400
218	0.052	0.045	0.018	0.016	0.166	0.150

경청해주셔서 감사합니다.

Deep Learning Enhanced Feature Extraction of Potholes Using Vision and LiDAR Data for Road Maintenance

DeepSharkLab 학부연구생 정승원