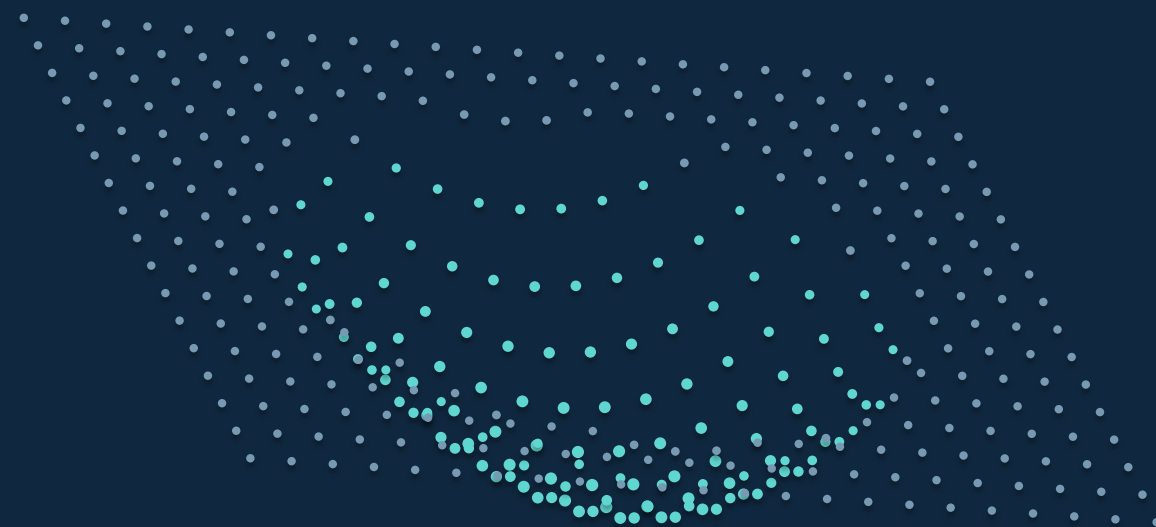


포트홀 정량분석 시스템

깊이 · 면적 · 부피
정량분석



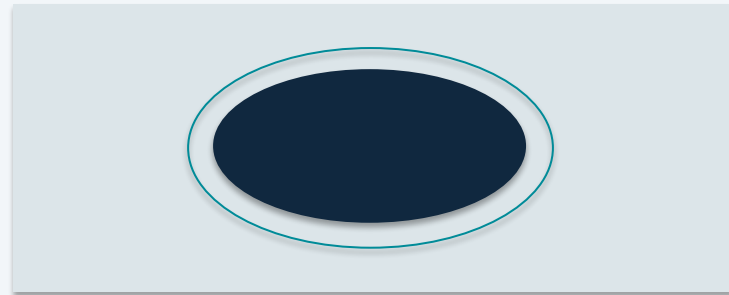
DEEPSHARKLAB 학부연구생 정승원

연구배경

탐지 → 확인 → 정량

01

탐지



포트홀 영역 탐지

02

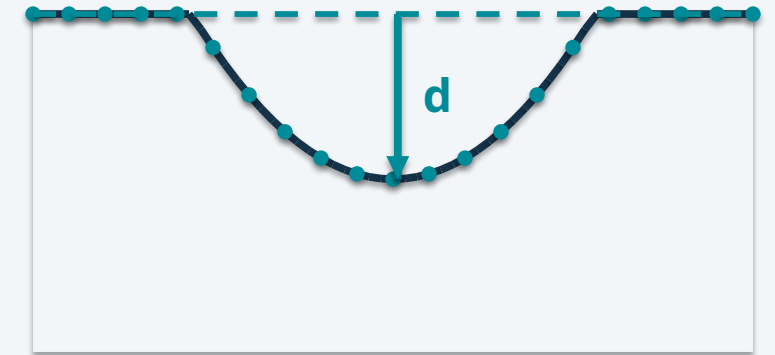
확인



실제로 함몰되어 있는지 확인

03

정량



깊이, 면적, 부피 등 정량분석

카메라와 LiDAR의 역할

카메라가 무엇인지 찾고, LiDAR가 실제 표면 위치를 제공

CAMERA

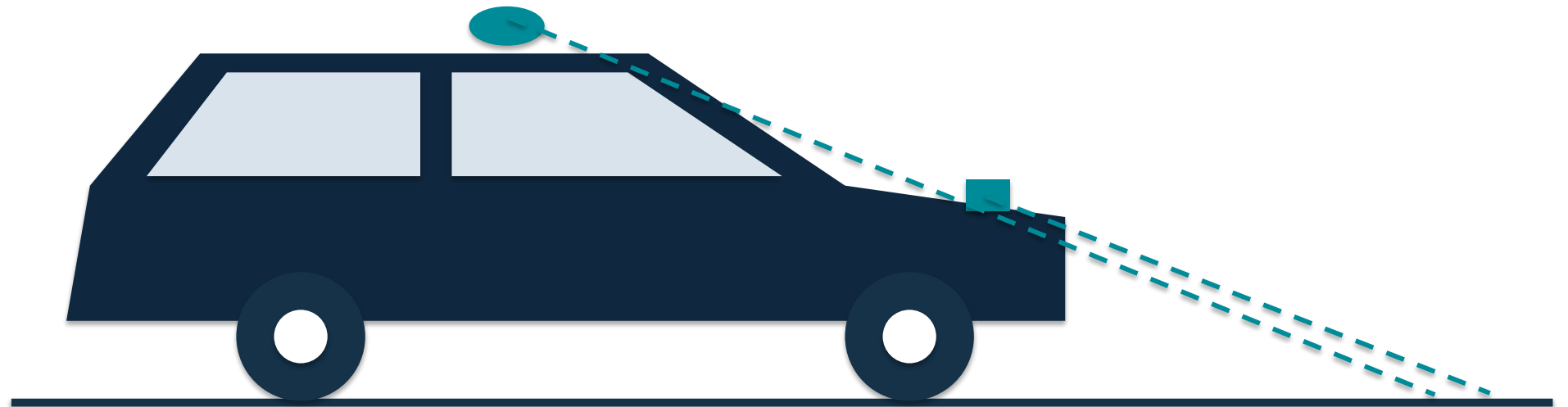
색 · 질감 · 경계
포트홀 후보 분류

LiDAR

거리 · 3D 형상 · 함몰 측정
치수 계산

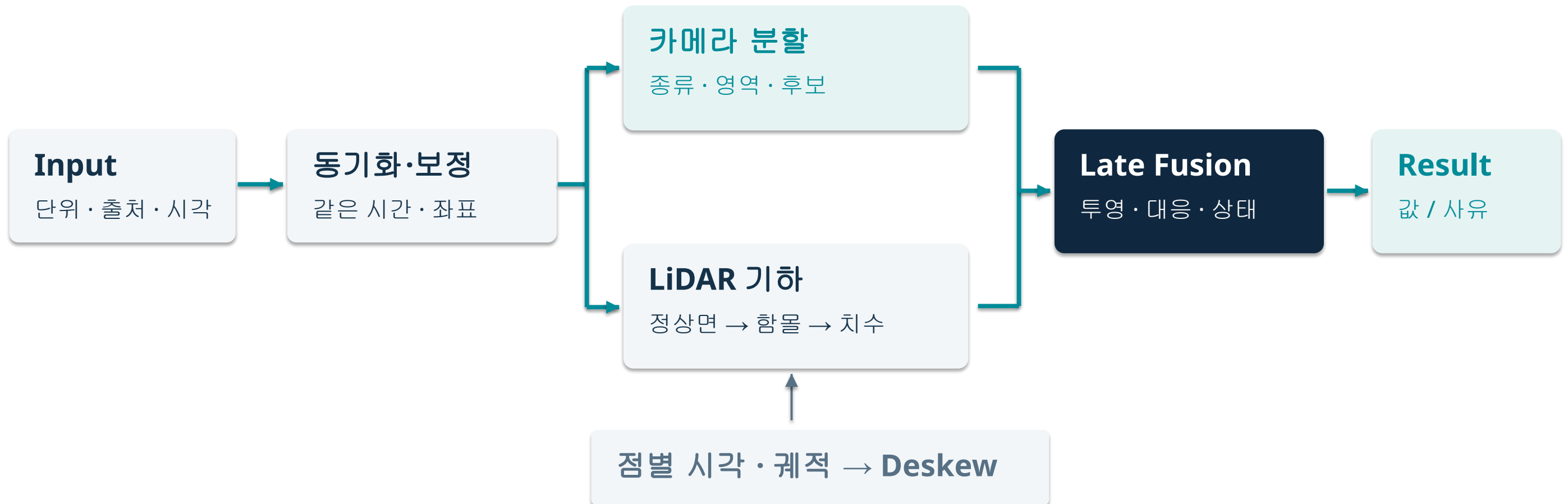
공간 보정 · Calibration

시간 동기화 · Synchronization



전체 파이프라인

독립 모듈을 연결하는 late fusion



Development Path

발표 범위: 시스템 구현 → 합성 검증 → 실제 데이터 준비



카메라 알고리즘 : LR-ASPP + MobileNetV3

특징을 추출하는 backbone과 픽셀을 분류하는 head



MobileNetV3

Backbone

Depthwise + Pointwise · 경량 특징 추출

LR-ASPP

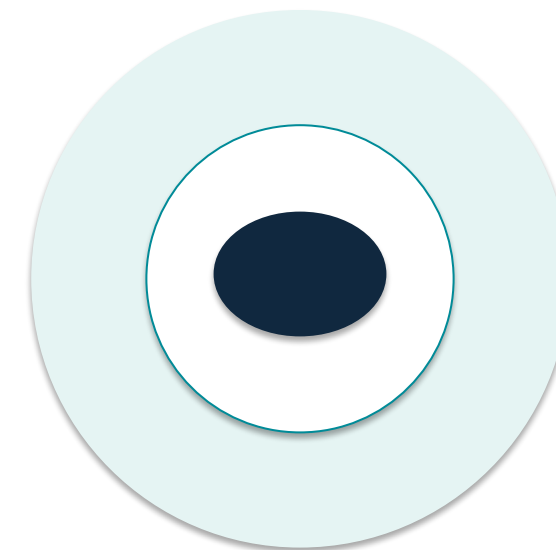
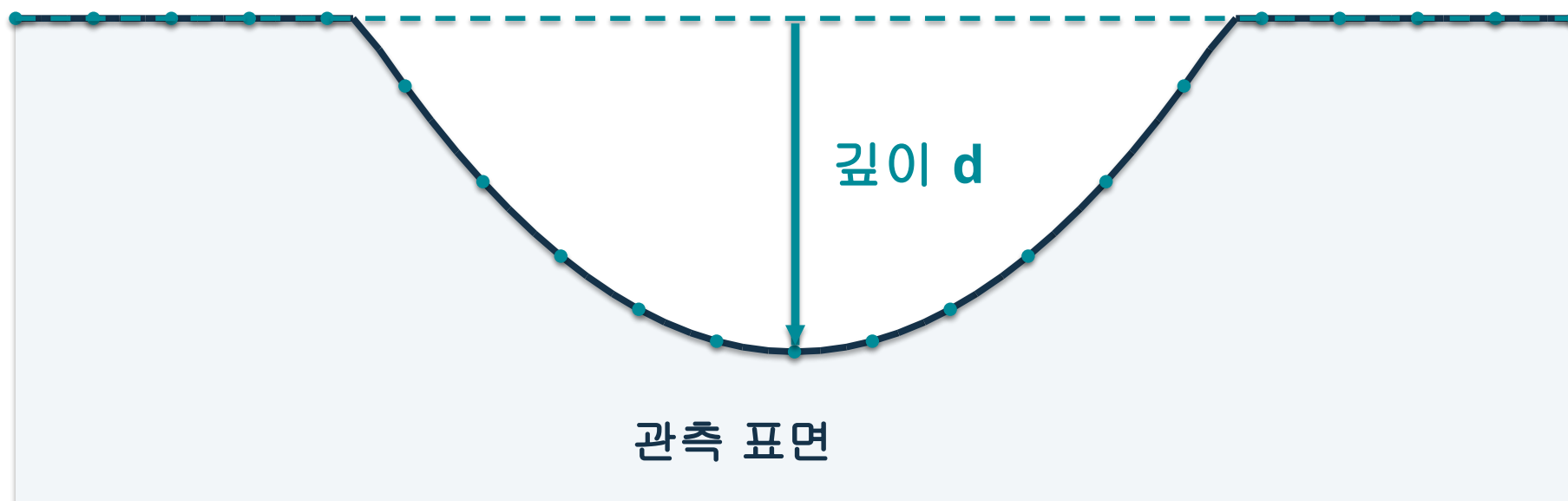
Segmentation head

문맥 가중치 × 특징 → low/high 결합

정상 도로면 추정을 통한 포트홀 깊이 추정

“포트홀이 없었다면 도로가 어디에 있었을까?”

정상 기준면 z_{ref}



주변 정상점 ring

위에서 본 개념도

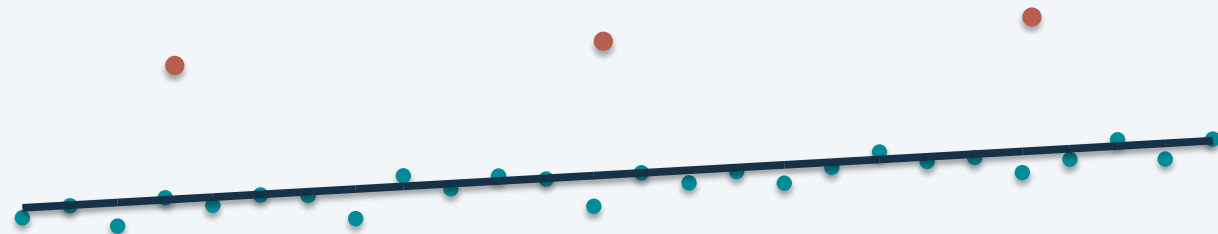
$$d = \max(0, z_{ref} - z_{obs})$$

z_{ref} : 정상 도로면의 예상 높이 z_{obs} : 실제 LiDAR가 관측한 표면 높이

정상면 추정 : RANSAC / Huber IRLS

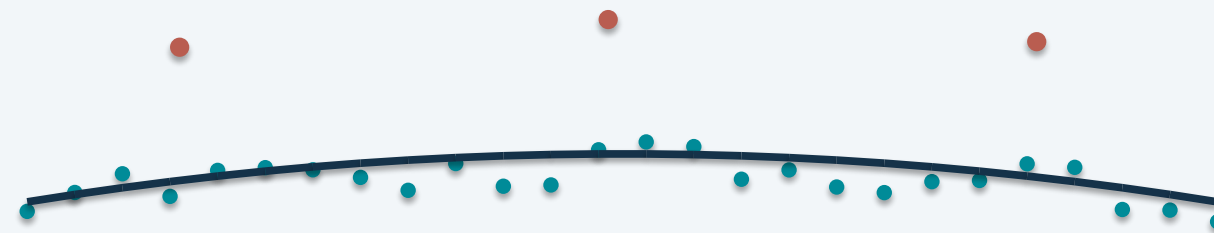
주변 도로 형상과 적합 품질에 따라 평면·이차곡면 선택

RANSAC · 평면



3점 선택 → 다수 지지 → 재적합

Huber IRLS · 이차곡면



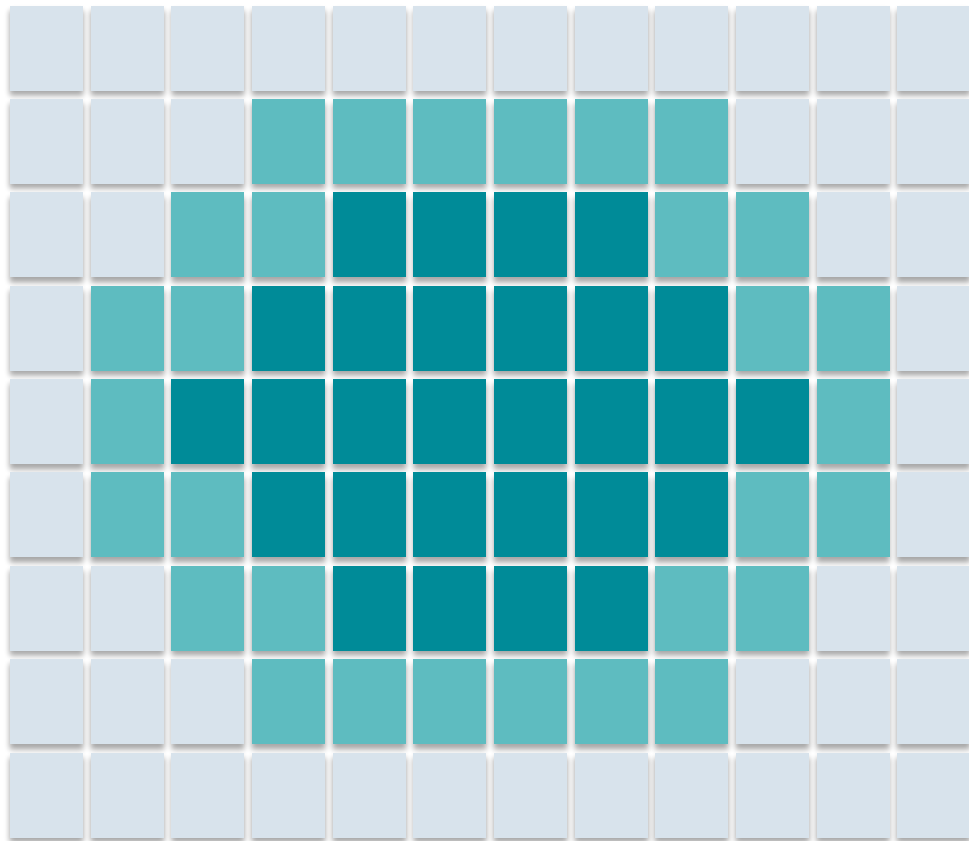
초기 적합 → 잔차·가중치 → 재적합 ↺

모델 선택

Holdout 오차 + 복잡도 패널티 + 수치 안정성

면적 · 부피 계산

격자 셀의 높이는 중앙값으로 정리하고 함몰 영역을 연결합니다.



$$d_i = z_{\text{ref},i} - z_{\text{obs},i}$$

$$A = N \times \Delta A$$

$$V = \sum (d_i \times \Delta A)$$

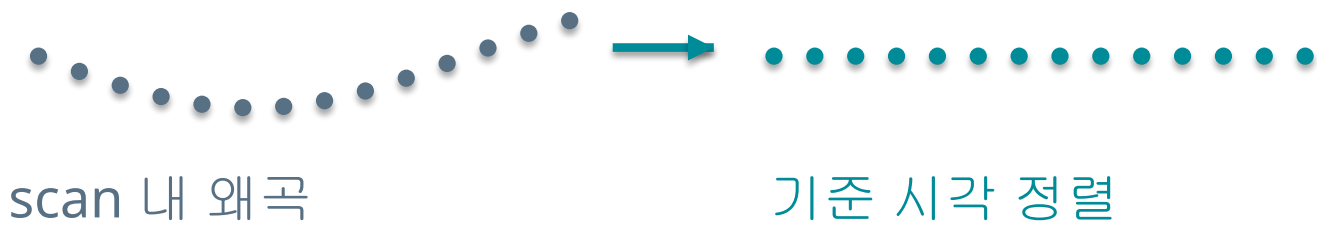
계산 예시: 1 cm 셀 1,000개 · 평균 깊이 3 cm

$$A = 0.10 \text{ m}^2 / V = 0.003 \text{ m}^3 = 3 \text{ L}$$

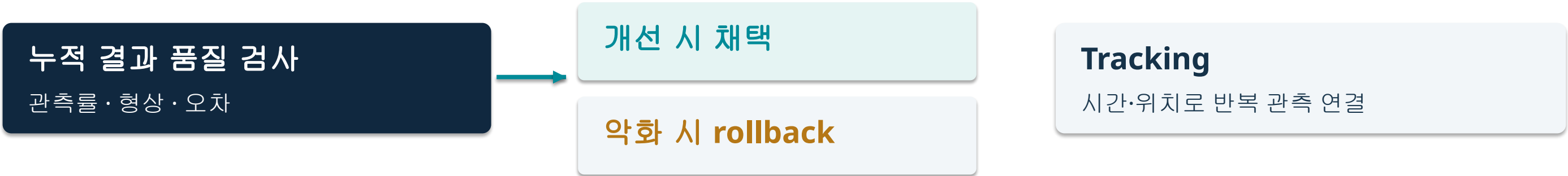
차량 이동 처리

Deskew + Accumulation + Tracking

01 Deskew

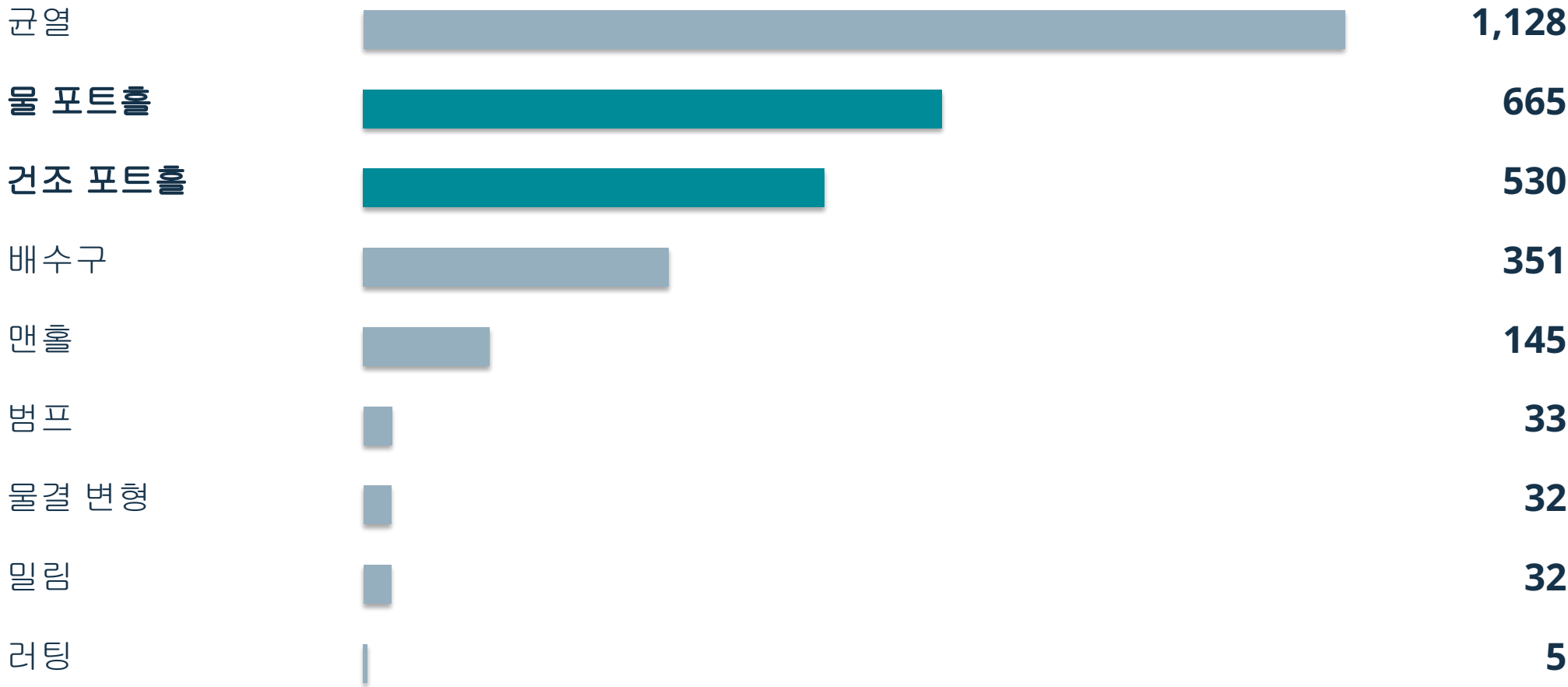


02 Local accumulation



M2S-RoAD

988개 RGB·JSON 쌍 · 9종 도로 이상 · polygon 총 2,921개



3클래스 · 기타 ignore

background

dry pothole

wet pothole

실험 계획

학습 전 준비 단계 | 학습 실행 → 비교 실험 → 독립 GT 실측

01

학습 실행 계획

소규모 데이터로 실행 확인
가중치 변경 · 저장/재개
전체 학습 · 검증

02

비교 실험

카메라 모델 · 동일 조건
평면/곡면 · 격자 해상도
Deskew · 누적 프레임 수

03

GT 검증

깊이 · 면적 · 부피 실측
정지 → 저속 주행
보정·정합 오차 / 불확실성

THANK YOU

Howard et al. · Searching for MobileNetV3 · ICCV 2019

<https://arxiv.org/abs/1905.02244>

Tseng et al. · M2S-RoAD · 2025

<https://arxiv.org/abs/2504.10123>