지능시스템 및 로보틱스 연구실

정 우 진

고려대학교 기계공학부

목 차

연구실소개

1. 자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

2. 다양한 실외 환경에서 강인한 3D LiDAR 기반 위치추정

3. 다중로봇경로계획기술

01. 연구실 소개

정우진 교수 (고려대학교 기계공학부)

학력사항



- 공학박사, 동경대학, 기계정보공학
- 공학석사, 동경대학, 기계정보공학
- 공학사, 서울대학교, 기계설계학과

직무경력

- 교수, 고려대학교 기계공학부
- 선임연구원, 한국과학기술연구원, 지능로봇연구센터
- 객원교수, 일본 동경공업대학
- 사업단장, 로봇자율주행기술전문인력양성센터

학술활동

국제학술지 편집위원

- IEEE Transactions on Robotics
  로봇분야 세계 최고권위 학술지의 부편집인
- International Journal of Precision Engineering and Manufacturing
- International Journal of Advanced Robotic Systems
- Intelligent Service Robotics



국제학술대회 편집위원

- IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA),
  로봇분야 세계 최고권위 학술대회
- IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS),
  로봇분야 세계 2위의 학술대회

국내학회 임원

KROS 한국로봇학회
- 한국로봇학회

ICROS Institute of Control, Robotics and Systems 제어·로봇·시스템학회
- 제어로봇시스템학회

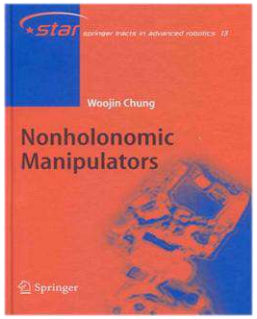
KSPE 한국정밀공학회 Korean Society for Precision Engineering
- 한국정밀공학회

01. 연구실 소개

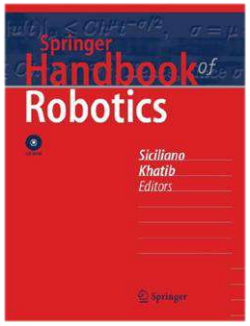
정우진 교수 (고려대학교 기계공학부)

저서

•Woojin Chung **"Nonholonomic Manipulators"**Springer Tracts in Advanced Robotics (STAR) 13. Springer Verlag (in Heidelberg).



•Woojin Chung and Guy Campion **"Springer Handbook of Robotics - Chapter 17. Wheeled Robots"** Springer Verlag (in Heidelberg).



학술논문 수상경력

•King-sun Fu memorial Best Transactions Paper Award,
로봇 및 자동화 분야에서 세계에서 가장 권위 있는 학술지인 IEEE Transactions on Robotics and Automation에 1년간 게재된 100여 편의 논문 중 **가장 우수한 논문 1편에 수여**



•일본로봇학회 최우수논문상,
일본 최고권위의 학술지인 일본로봇학회지에 1년간 게재된 논문 중 **가장 우수한 논문 3편에 수여**











01. 연구실 소개

연구원 (고려대학교 기계공학부)

조수현



- **박사과정**
- **연구분야**
  - 2D LiDAR를 이용한 지도작성 및 위치추정
  - 3D LiDAR 기반 3차원 지도작성
  - Crowdsourcing 기반 정밀위치추정
- **수행프로젝트**
  - 인천국제공항 자율주행로봇 시험 (원익로보틱스)
  - 백화점 음식 배달로봇(배달의민족)
  - Crowdsourcing 기반 정밀위치추정 (SKT)

이진원



- **박사과정**
- **연구분야**
  - 다중로봇 작업할당 및 경로계획
  - 이동로봇의 실내외 자율주행을 위한 경로계획/운동제어
  - 혼잡, 군집환경에서의 장애물 회피주행
- **수행프로젝트**
  - 밀집군중 사이 민첩기동이 가능한 인공지능 융합 실내외 로봇 자율주행 기술개발
  - 공장환경에서의 다수자율주행로봇 제어
- **저널논문**

"ODS-Bot: Mobile Robot Navigation for Outdoor Delivery Services," IEEE Access, 2022

강근동



- **박사과정**
- **연구분야**
  - 복수로봇 교착방지 운동제어
  - 동적 장애물 극복을 위한 경로계획 및 충돌 회피
- **학술대회 발표**
  - "Outdoor Navigation of a Mobile Robot in Crowded Environment," 2021.
  - "혼잡한 환경에서 안전한 이동로봇 주행을 위한 경유 지점 생성 기법," 2021.

01. 연구실 소개

연구원 (고려대학교 기계공학부)

조익현



- **박사과정**
- **연구분야**
  - 학습 기반 3D Perception
  - 실외로봇의 주행가능영역 검출
- **수행프로젝트**
  - "레이저 거리센서를 이용한 서비스로봇 주행가능영역 검출" (현대자동차)
- **학술대회 발표**
  - "Safe and Efficient Navigation of a Wheeled Mobile Robot in Dynamic Outdoor Environment," 2022.
  - "2.5차원 격자지도 업데이트에 기반한 실외환경에서의 주행가능영역 검출 방법," 2021.

박건혁



- **박사과정**
- **연구분야**
  - 실외환경에서 자율주행을 위한 3D LiDAR 기반 지도 작성 및 위치추정 (SLAM)
- **수상경력**
  - 고려대학교 대학원 기계공학과 대학원생 포스터 컨퍼런스 금상, 2022.2

표대현



- **석사과정**
- **연구분야**
  - 다중로봇 경로계획 및 작업할당
  - 실내외 자율주행을 위한 레이저 센서를 이용한 위치추정

01. 연구실 소개

연구원 (고려대학교 기계공학부)

문승준



- **석박사통합과정**
- **연구분야**
  - 다중로봇 작업할당 및 경로계획
- **수상경력**
  - 2018 GM PACE 프로젝트 PUMA(Personal Urban Mobility Access) 특별상

이진혁



- **석박사통합과정**
- **연구분야**
  - 다중로봇 운동제어
- **수상경력**
  - 2022 LH 국토개발기술대전 장려상

김부건



- **석박사통합과정**
- **연구분야**
  - 다중로봇 작업할당 및 경로계획

01. 연구실 소개

대표적 연구 수행 완료 과제 (한국연구재단)

연구과제명	부처명 / 사업명	참여유형	참여 기간 (월)
동적 실내 환경에서 동작하는 자율주행로봇의 **지능적 행동제어**	한국학술진흥재단 / 신진교수연구지원	**연구책임**	12
동적환경내 자율주행로봇의 운동불확실성을 고려한 **충돌회피주행제어**	교육과학기술부 / 일반연구자지원사업	**연구책임**	36
재구성 가능한 **모듈형 로봇시스템의 설계 및 제어**	교육과학기술부 / 중견연구자지원사업	**연구책임**	34
다양한 실내외환경변화에 **스스로 적응하는** 자율주행로봇을 위한 강인하고 정밀한 **위치추정기술개발**	교육과학기술부 / 중견연구자지원사업	**연구책임**	36
혼잡한 생활도로환경에서 안전하게 동작하는 무인자동차의 지능성장형 **자율주행시스템**	한국연구재단 / 중견연구자지원_도약연구	**연구책임**	36
혼잡한 생활도로환경에서 안전하게 동작하는 무인자동차의 지능성장형 **자율주행시스템**	한국연구재단 / 중견연구자지원_도약연구(후속)	**연구책임**	36

01. 연구실 소개

대표적 연구 수행 완료 과제 (산업부)

연구과제명	부처명 / 사업명	참여유형	참여 기간 (월)
실내외 로봇자율주행 기술개발을 통한 수요지향적 글로벌 리더 양성	지식경제부 / 융복합형로봇전문인력양성사업	**연구책임**	60
고령화 세대에게 개인별 특화된 복지 서비스를 제공하기 위한 **빅데이터 기반의 서비스 로봇** 개발	산업통상자원부 / 로봇산업융합핵심기술개발	공동연구	48
서비스 로봇을 위한 멀티 모달 **지능형 인간-로봇 상호작용 기술개발**	지식경제부 / 대학IT연구센터육성지원사업	공동연구	54
실외 환경용 경비로봇의 **순찰주행 S/W 개발**	지식경제부 / 성장동력기술개발사업	공동연구	48
환경변화에 강인한 실내외 통합 자율주행을 위한 학습형 로봇이동지능기술개발	산업통상자원부/ 로봇산업융합핵심기술개발사업	**연구책임**	48
밀집군중 사이 민첩기동이 가능한 인공지능 융합 실내외 로봇 자율주행 기술개발	산업통상자원부/ 로봇산업핵심기술개발사업	공동연구	45

대표적 연구 수행 완료 과제 (기타)

연구과제명	부처명 / 사업명	참여유형	참여 기간 (월)
온실환경 이송작업을 위한 **자율주행플랫폼**	농림식품기술기획평가원 / 농림축산식품연구센터지원	**연구책임**	84

01. 연구실 소개

연구 사업 수행 현황

연구과제명	지원기관	과제유형	지원기간
실외도시환경에서 주행상황을 스스로 인지하고 행동하는 심층기계학습기반 자율주행 로봇시스템	한국연구재단/ 중견연구자지원	**연구책임**	2021-2026 5년
자율이송 모바일 매니퓰레이팅 기반 지능형 제조 물류 시스템 개발	과학기술정보통신부/ 스마트제조혁신기술개발	공동연구	2022-2025 4년
대규모 실내업무공간에서 동작하는 다중 이동로봇을 위한 협력적 지도작성, 환경인식 및 자율주행 기술개발	산업통상자원부/로봇산업기술개발사업	공동연구	2023-2026 4년

01. 연구실 소개

특허 실적 (최근 5년간)

국제 등록	국내 등록	전체 등록	국제 출원	국내 출원	전체 출원
3 건	8 건	11 건	5건	9건	14건

국내외 특허 등록 실적 (최근 5년간 총 11건)

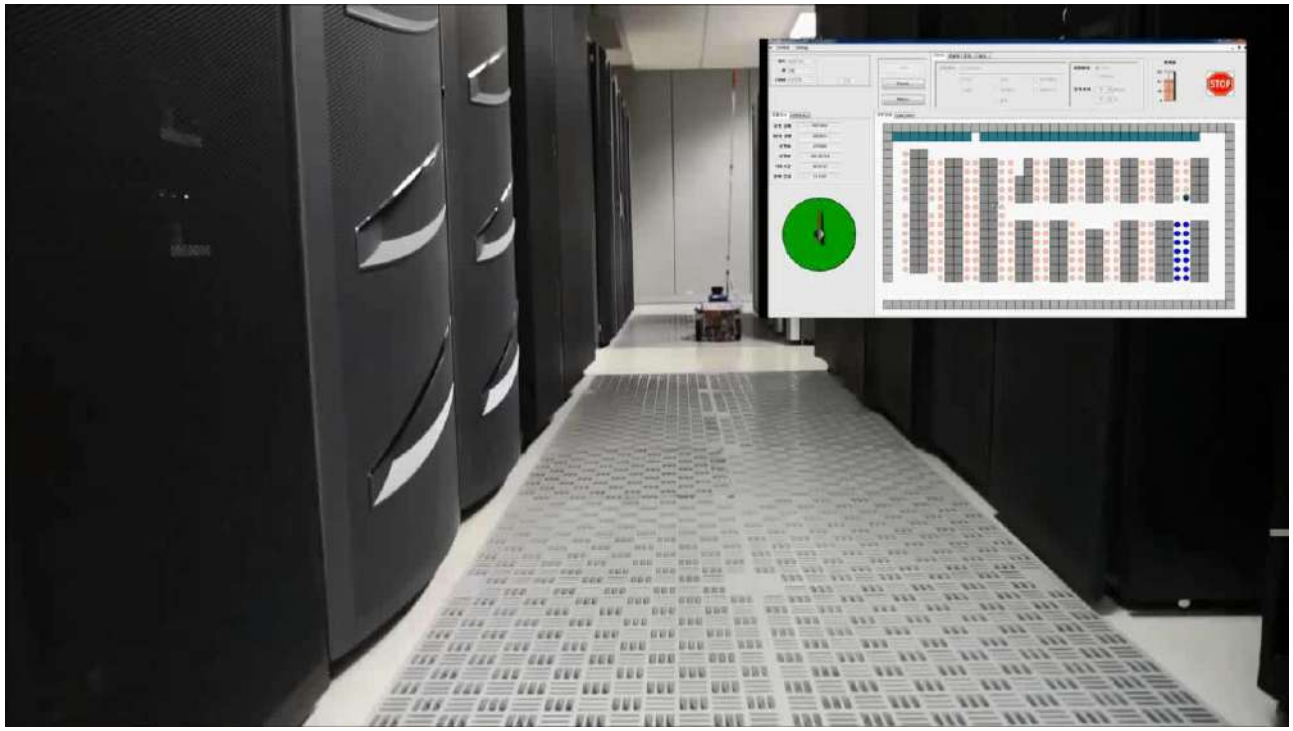
번호	발명의 명칭	등록국가	등록번호	연도
1	METHOD FOR EVALUATING TYPE OF DISTANCE MEASURED BY LASER RANGE FINDER AND METHOD FOR ESTIMATING POSITION OF MOBILE ROBOT BY USING SAME	미국	10,107,897	2018
2	METHOD FOR DETECTING FLOOR OBSTACLE USING LASER RANGE FINDER		10,514,702	2019
3	METHOD OF ESTIMATING RELIABILITY OF MEASUREMENT DISTANCE OF LASER RANGEFINDER, AND LOCALIZATING METHOD OF MOBILE ROBOT USING LASER RANGEFINDER		11,047,708	2021
4	레이저 거리 센서의 측정 거리에 대해 추정된 거리 유형의 신뢰성을 평가하는 방법 및 이를 이용한 이동 로봇의 위치 추정 방법	대한민국	10-1888295	2018
5	GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법		10-1921483	
6	2륜 이동 로봇의 속도 제어 불확실성을 이용한 충돌 회피 경로 생성 방법 및 이를 이용한 2륜 이동 로봇		10-2156164	2020
7	위치 추정 상태 진단 방법 및 이를 수행하는 자율주행로봇		10-2193914	
8	자동 반송 시스템과 과업 분배 방법		10-2202310	2021
9	자율 주행 시스템을 위한 복수의 3차원 라이다 센서의 외부 파라미터 보정 방법		10-2257610	
10	두 대의 이기종 로봇의 과업 분배 방법 및 과업 분배 시스템		10-2296542	
11	자가 학습 기반의 주행 가능성을 평가하는 이동 로봇		10-2425657	2022

02. 주요 연구 과제 및 로봇

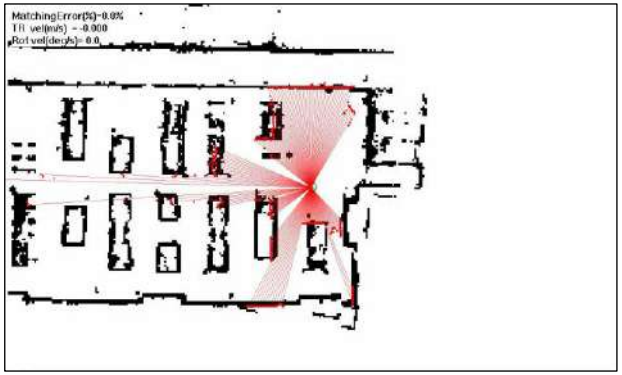
LG CNS Data Center 온습도 측정로봇

온습도 측정을 위한 자율주행

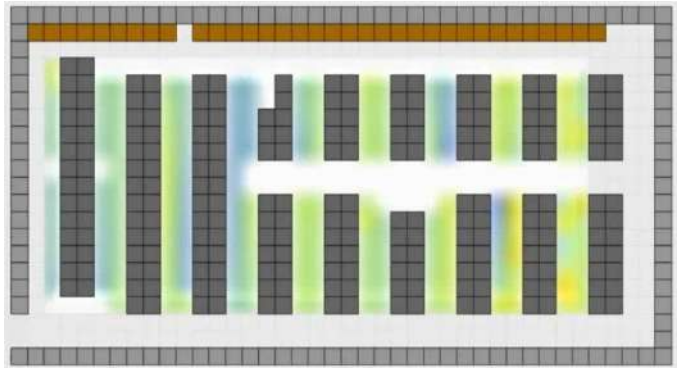




위치추정



온도 측정결과



02. 주요 연구 과제 및 로봇

인천공항 서비스로봇



02. 주요 연구 과제 및 로봇

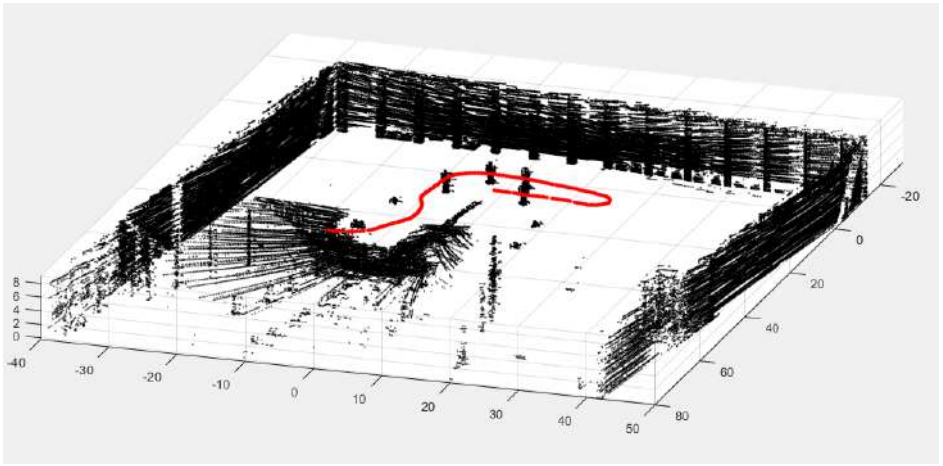
푸드코트 배달로봇

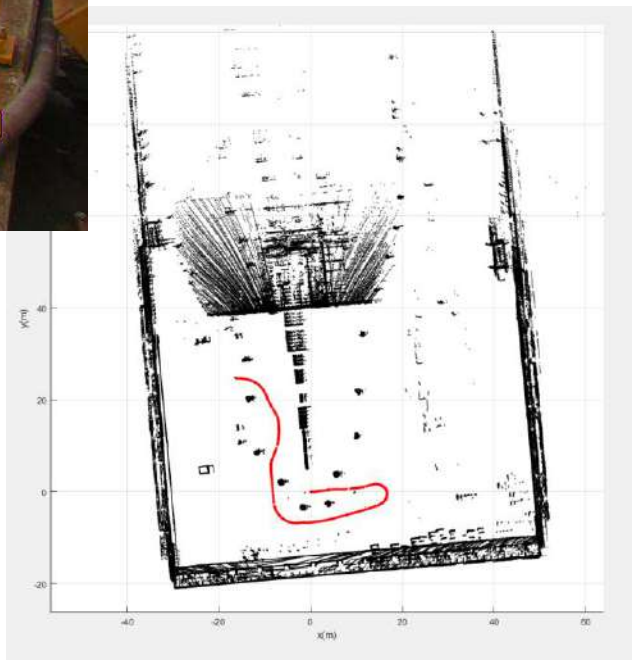


02. 주요 연구 과제 및 로봇

실외 3차원 지도 작성 기술







목 차

연구실소개

1. 자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

2. 다양한 실외 환경에서 강인한 3D LiDAR 기반 위치추정

3. 다중로봇경로계획기술

자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

03. 주요 기술

자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

- 실외의 **다양한 지형장애물로 인해 위험한 주행상황이 빈번하게 나타남**

Outdoor Mobile Robots: Failure Cases

계단





도로 연석





비정형 장애물





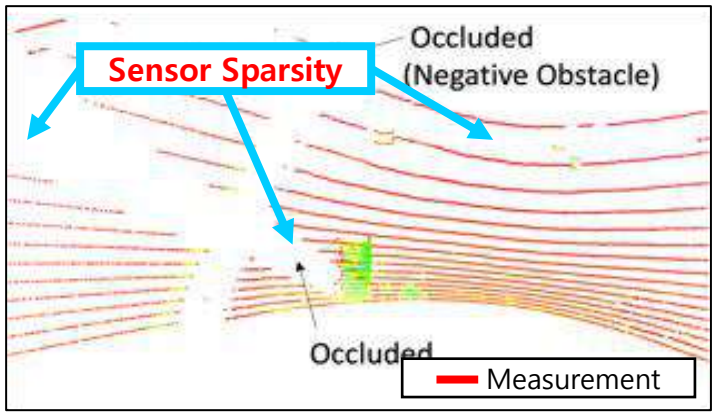
03. 주요 기술

자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

- 실외 주행 환경에서 **위험지형인식의 어려움**

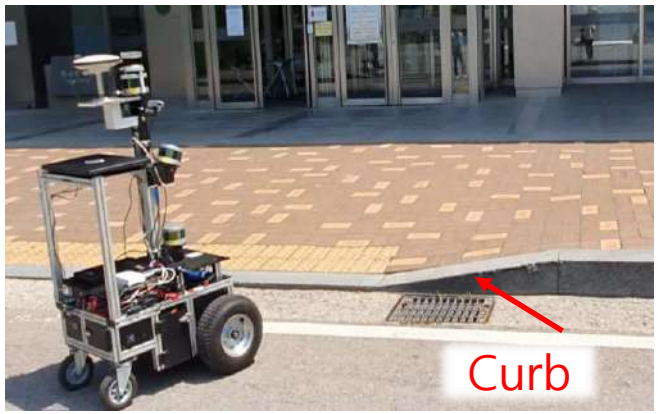
실시간 3D 지형의 정밀한 인식





→ 저밀도의 실시간 센서 입력으로
고정밀 지형인식이 필요

위험 지형 판단 기준의 설정





→ 많은 전문가적 노하우 필요
→ 로봇마다 재차 튜닝이 요구됨

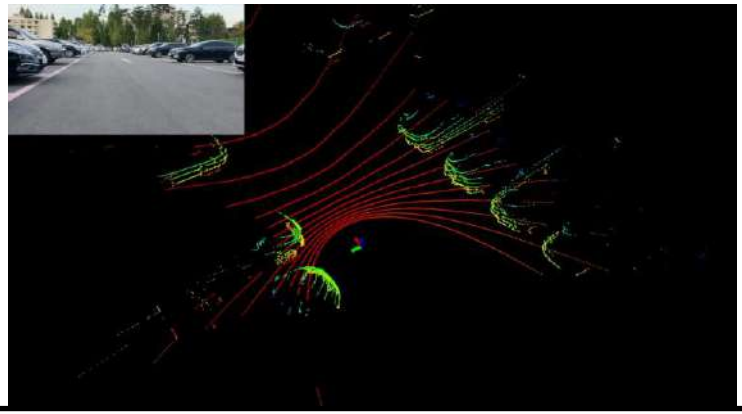
03. 주요 기술

자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

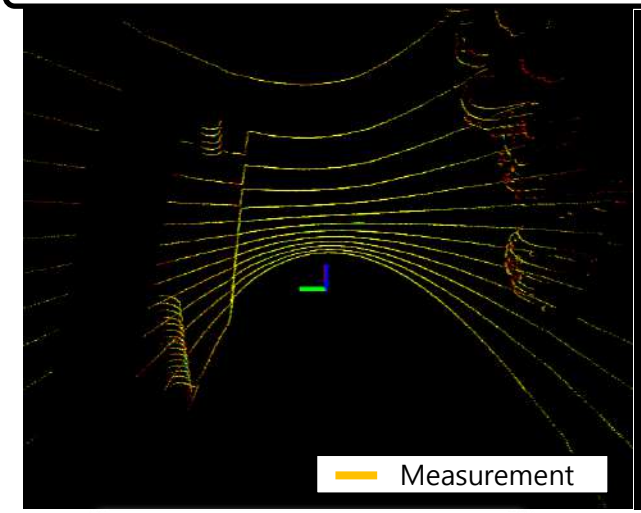
- 실시간 Local Elevation Mapping 기반 위험지형 인식

→ 주행 중 실시간으로 지형 맵핑 및 위험 영역 인식

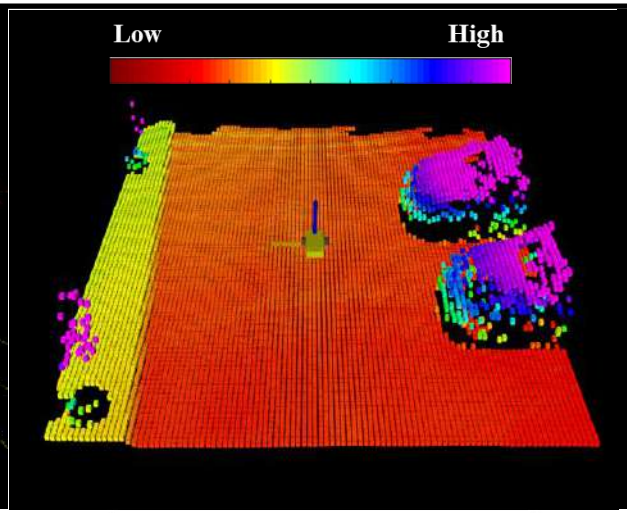




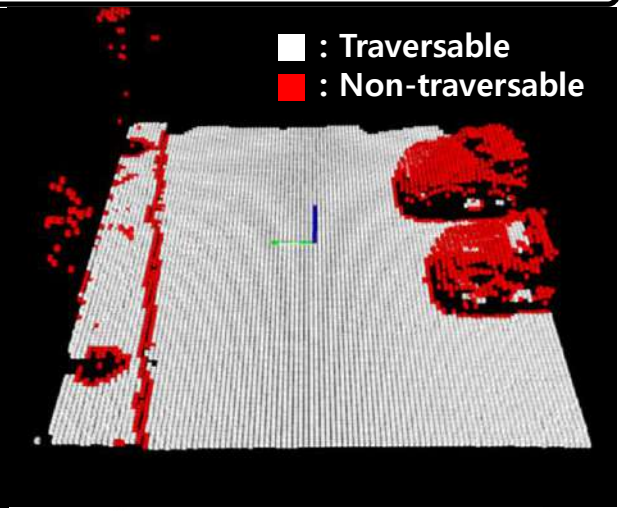
Traversability mapping from point clouds



Measurement



Elevation mapping



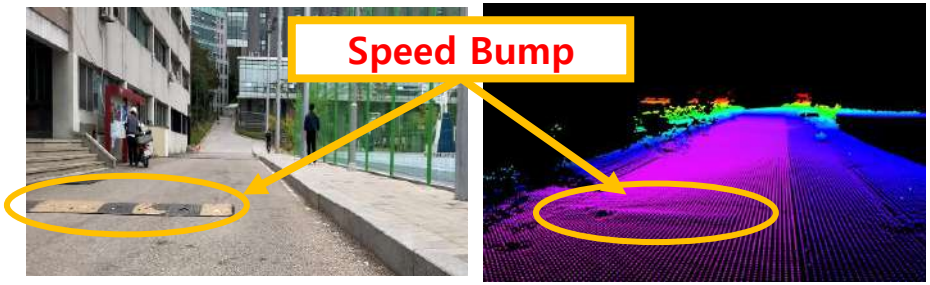
Traversability map

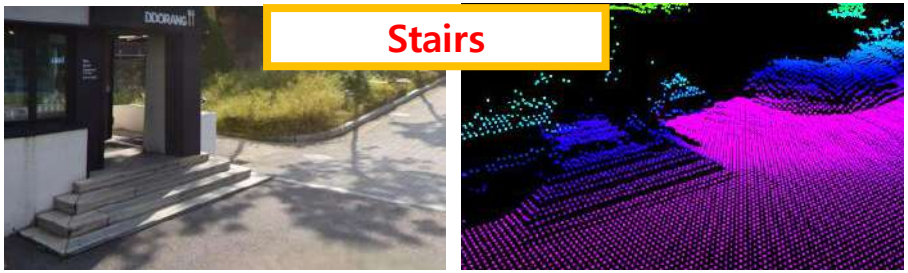
03. 주요 기술

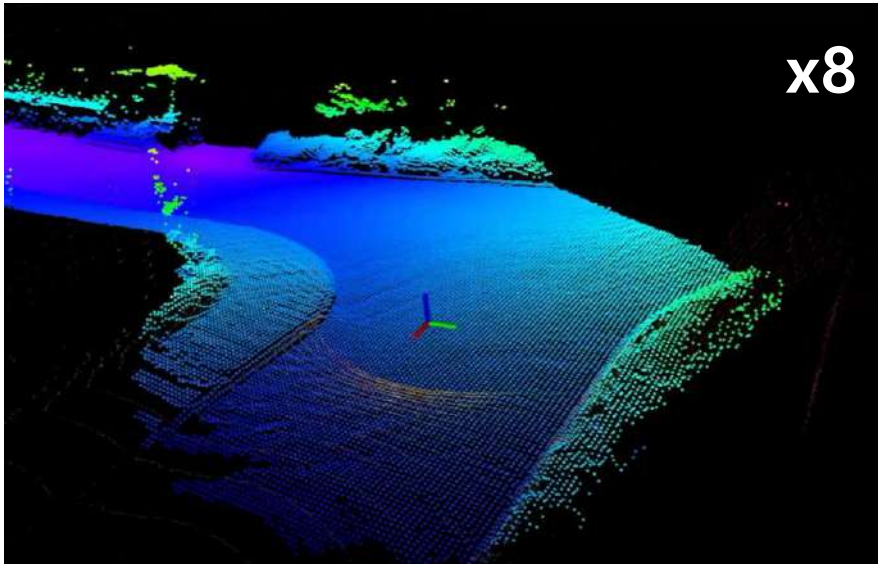
자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

- 실시간 정밀 3D 지형 인식 : **2.5D Elevation Mapping**

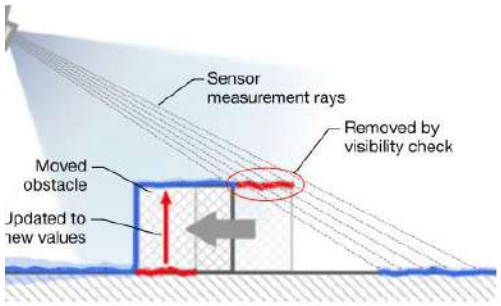
→ 3차원 정보의 2차원 Encoding: 실시간 정밀 지형인식

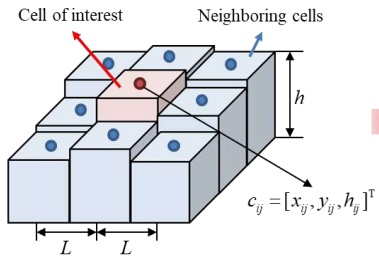


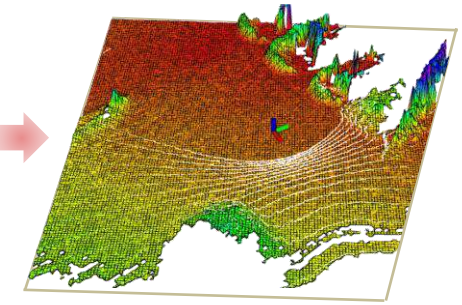












Range Measurements **Grid Map** **Local Elevation Map**

[1] P. Fankhauser, M. Bloesch, and M. Hutter, "Probabilistic Terrain Mapping for Mobile Robots With Uncertain Localization," *Ieee Robotics Automation Le tt*, vol. 3, no. 4, pp. 3019–3026, 2018, doi: 10.1109/lra.2018.2849506.

03. 주요 기술

자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

- **Self-supervised Learning 기반 위험 지형 학습**

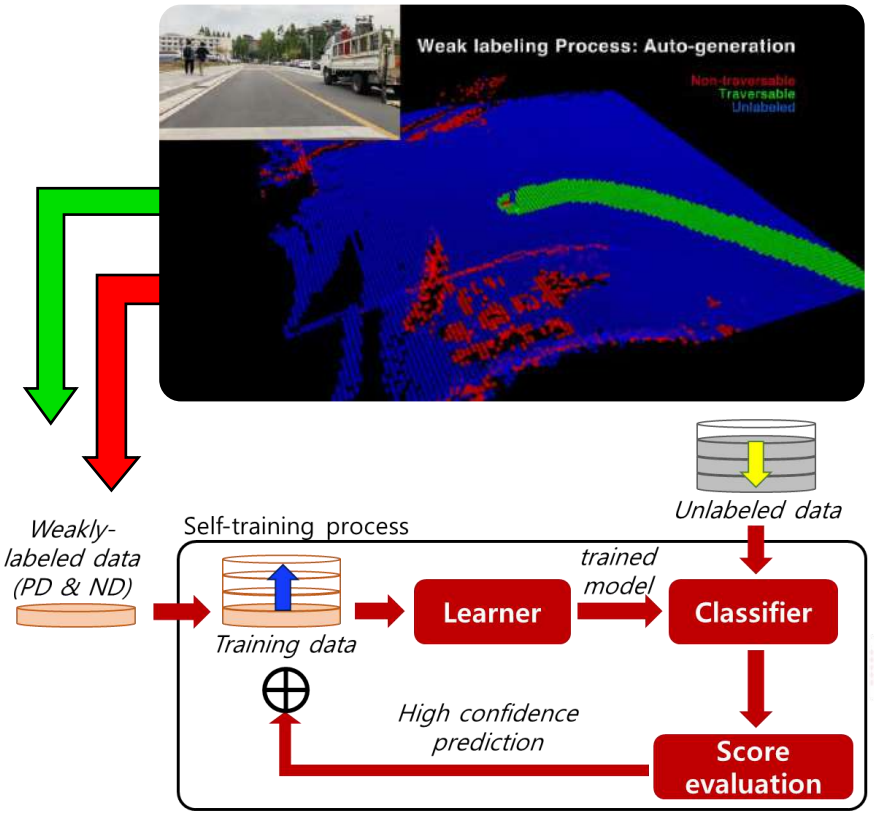
사람의 간단한 사전 수동주행 작업을 통해 로봇이 스스로 안전지형을 학습

조이스틱을 활용한 수동주행





안전지형의 자기지도학습



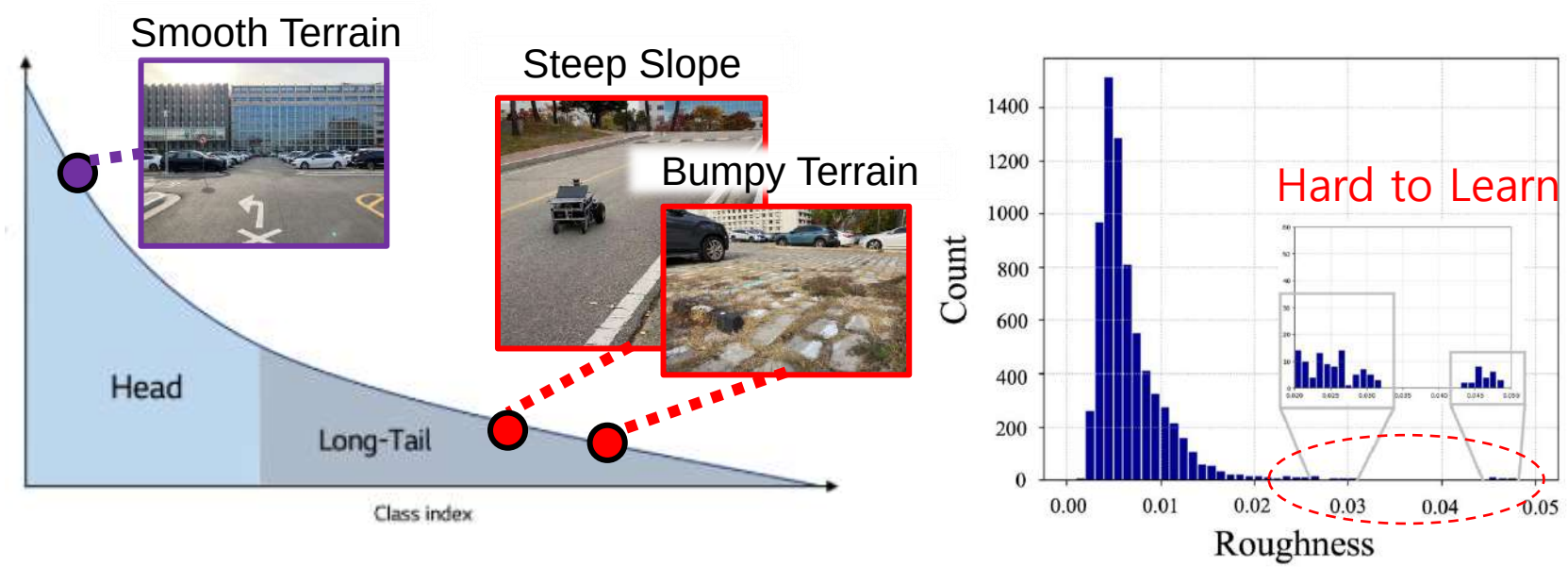
→ 스스로 학습 데이터 생성 및 주행가능한 ***Geometric attribute*** 학습

03. 주요 기술

자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

- **Self-supervised Learning 기반 위험 지형 학습**

기존 방법들의 문제점: 학습데이터에 나타나지 않는 희소한 위험상황에 취약



→ 잘 알려진 ***Long-Tail Distribution (LTD)*** 문제에 취약함

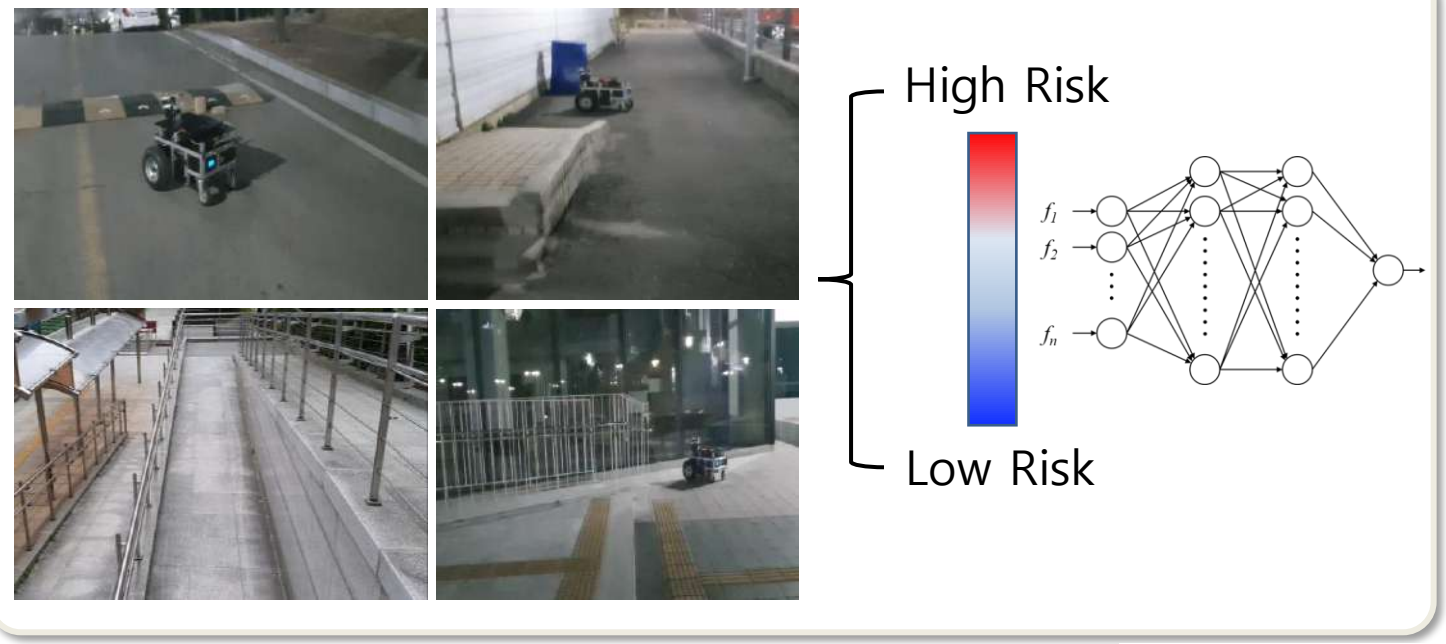
03. 주요 기술

자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

- **Self-supervised Learning 기반 위험 지형 학습**

희소한 위험 주행데이터로부터 효율적으로 학습이 가능한 알고리즘 개발

Risk-aware Self-training



- **Training:** $\mathcal{L}(\theta) = -\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} w_i (y_i \log(p_i) + (1-y_i)\log(1-p_i))$

Risk-sensitive Loss function

$$\mathrm{r} = R(\mathbf{f}) \sim \mathcal{F}_n(r_i) = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} \mathbb{I}(r_k \le r_i)$$

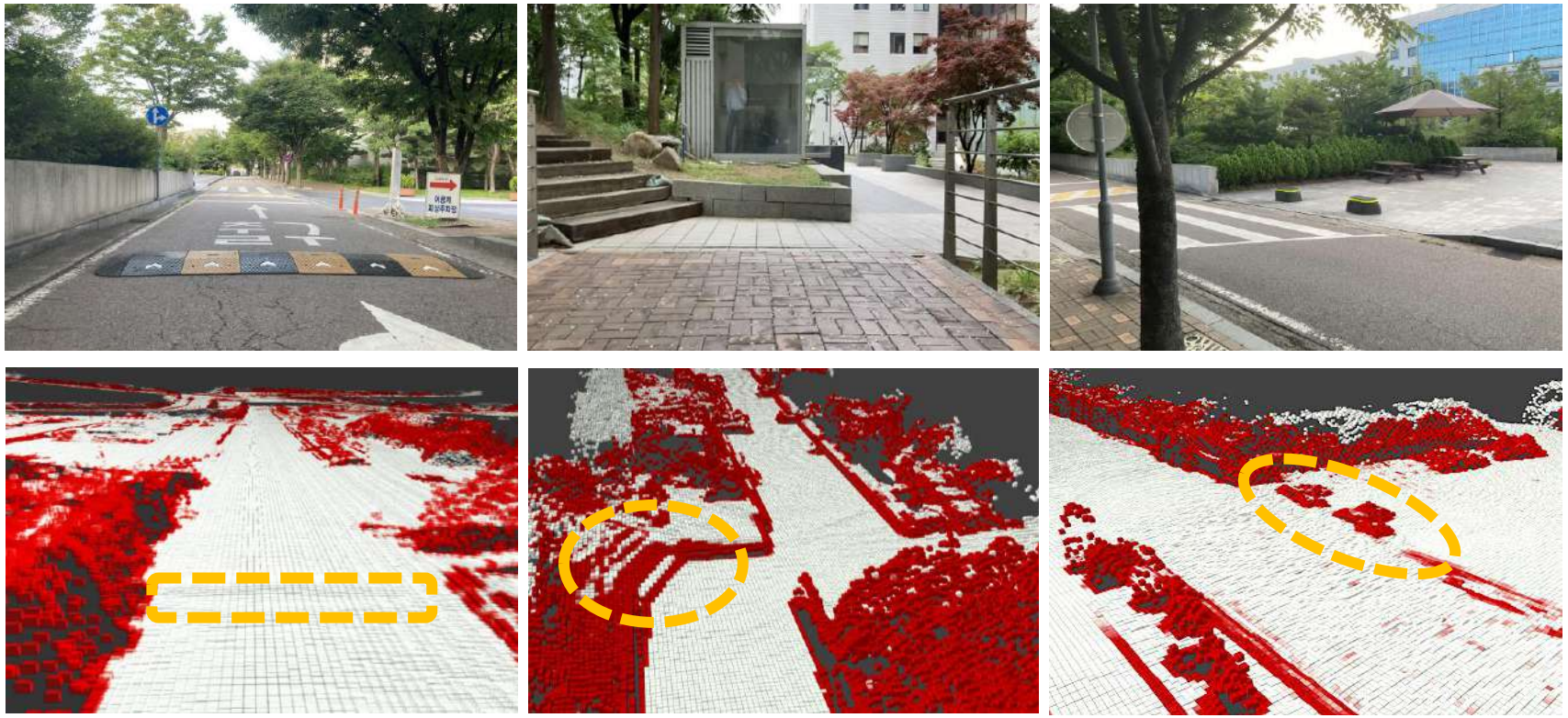
$w(r_i) = r_i \mathcal{F}_n(r_i)$: Sample weight

03. 주요 기술

자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

- 학습된 모델의 활용

1. 실외 배송로봇: 고려대학교 자연계 캠퍼스



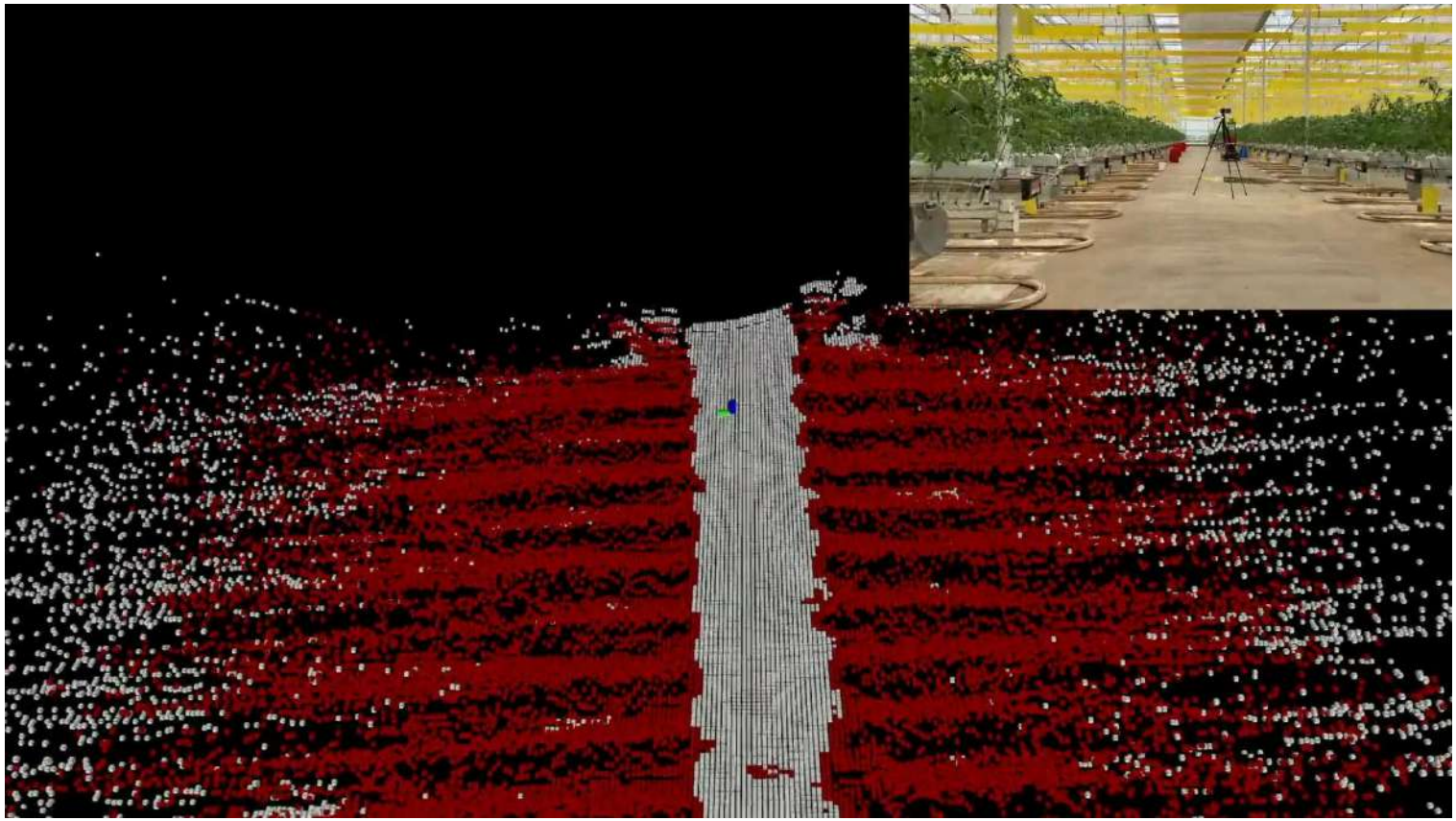
→ 도심환경요소의 형상 및 위험지형 인식 (계단, 도로 연석, 과속방지턱 등)

03. 주요 기술

자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

- 학습된 모델의 활용

2. 온실환경 수확물 이송로봇

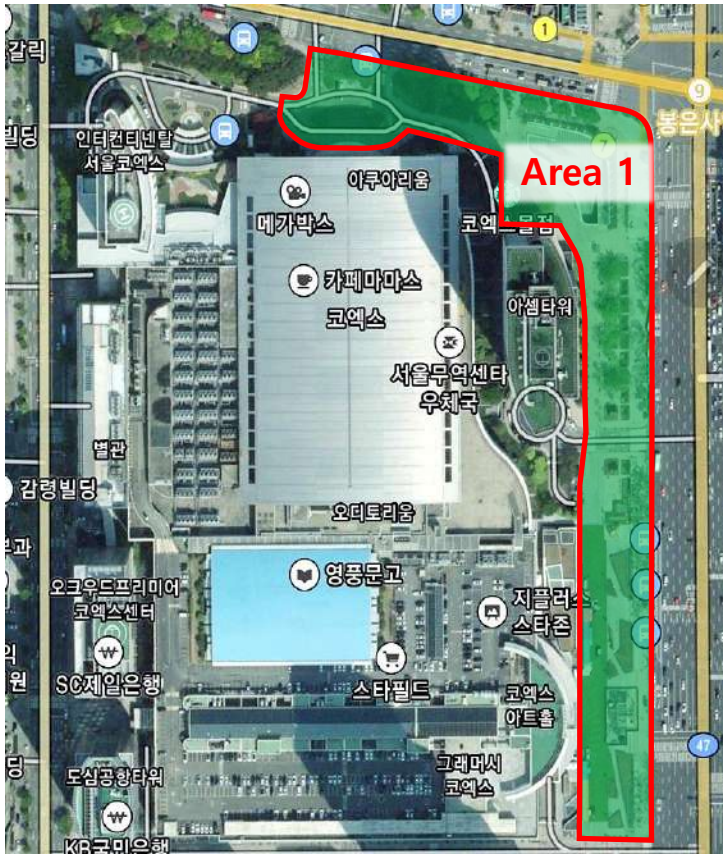


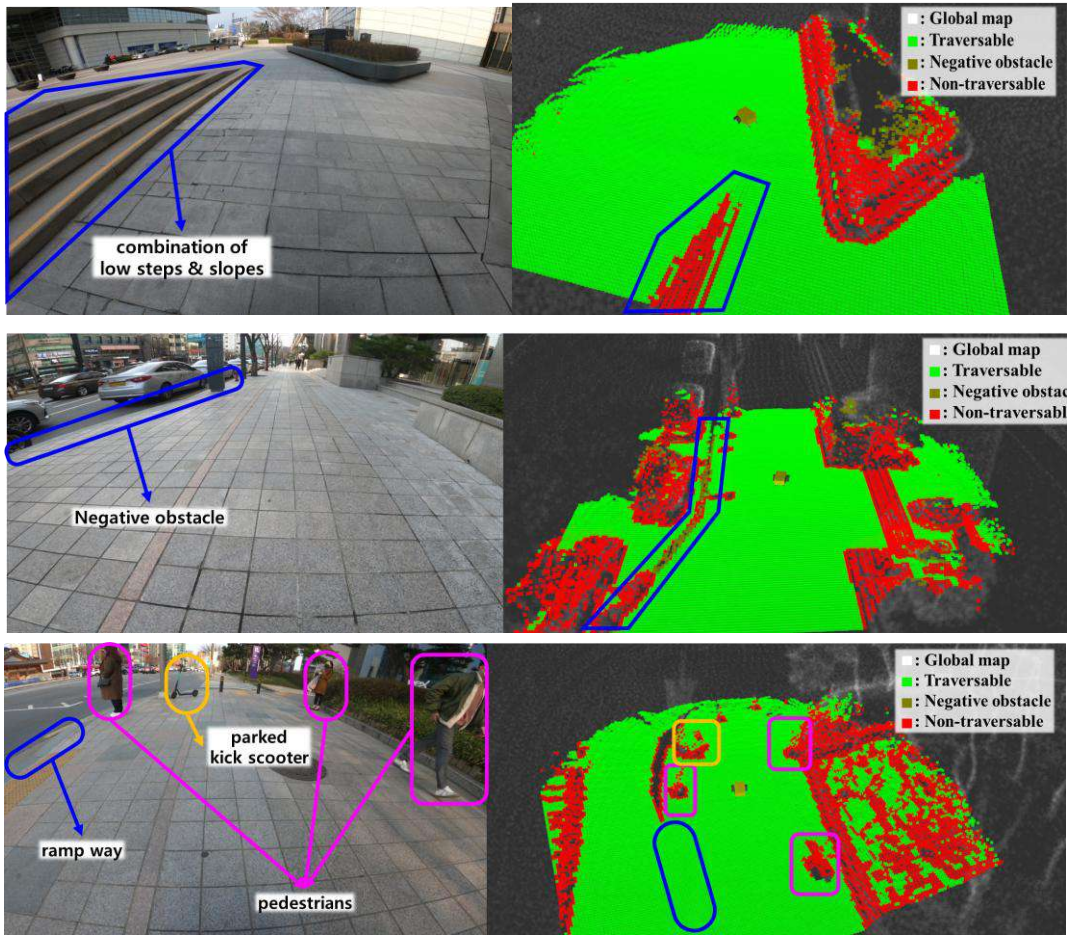
→ 온실환경에 설치된 낮은 높이의 바닥 장애물 검출

03. 주요 기술

자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

- 실외위험지형 인식 데모 1: 강남 코엑스 (COEX)

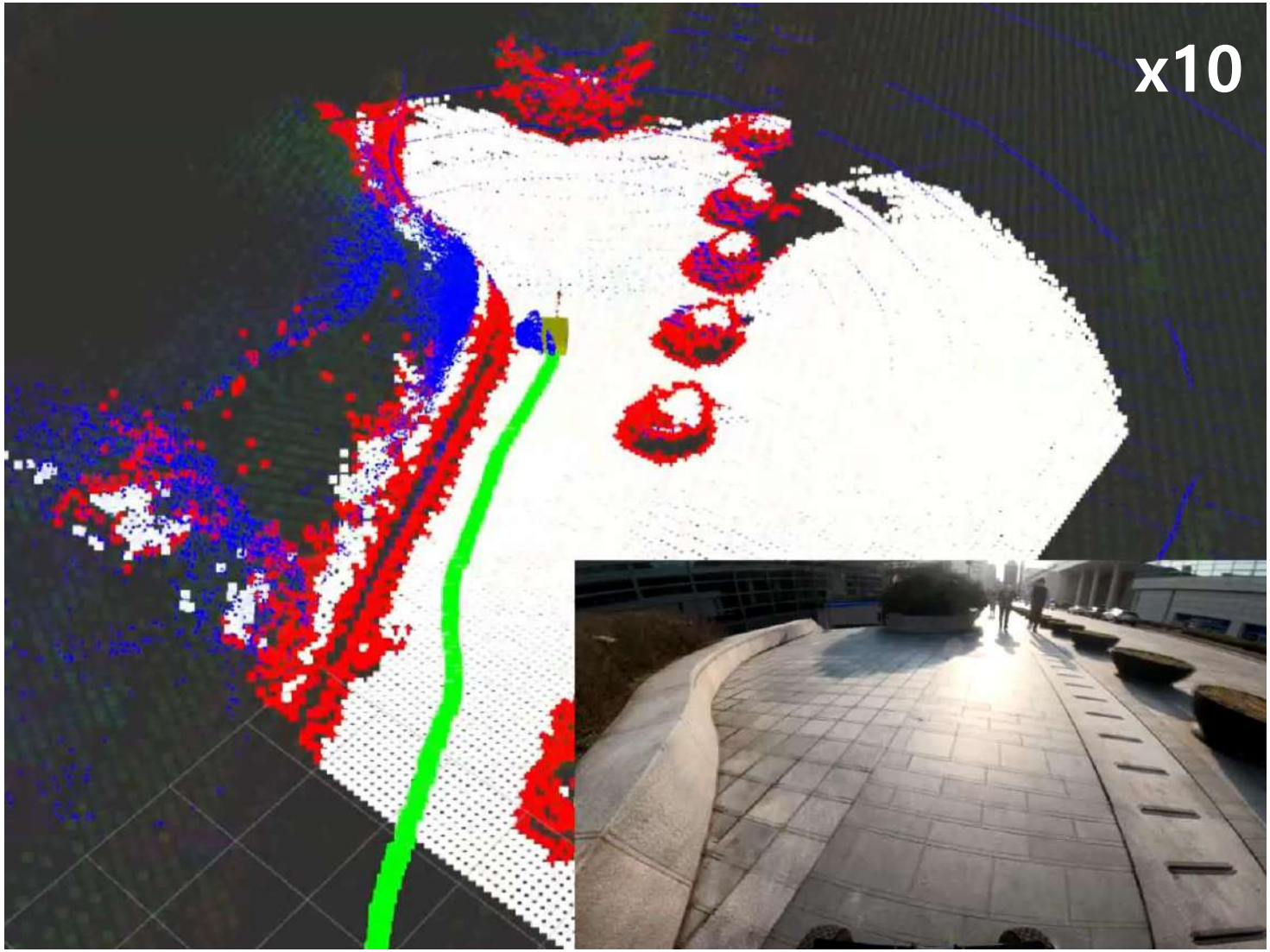




03. 주요 기술

자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

- 실외위험지형 인식 데모 1: 강남 코엑스 (COEX)



03. 주요 기술

자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

- 실외위험지형 인식 데모 2: 고려대학교 자연계 캠퍼스



목 차

연구실소개

1. 자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

2. 다양한 실외 환경에서 강인한 3D LiDAR 기반 위치추정

3. 다중로봇경로계획기술

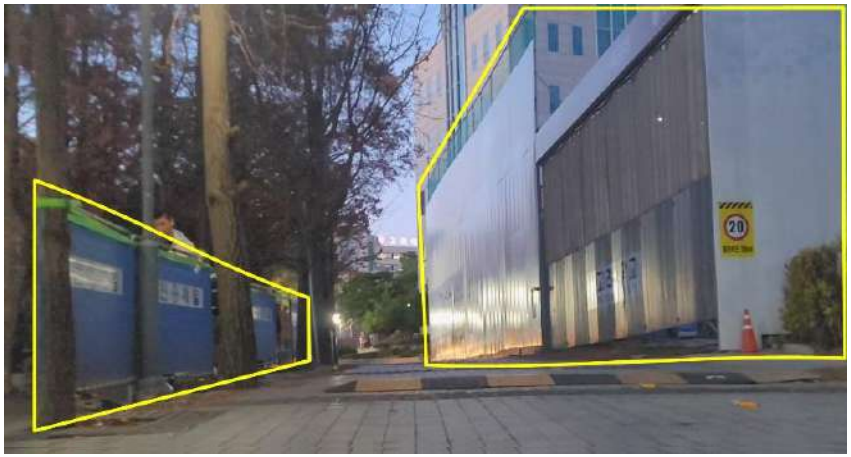
다양한 실외 환경에서 강인한 3D LiDAR 기반 위치추정

03. 주요 기술

다양한 실외 환경에서 강인한 3D LiDAR 기반 위치추정

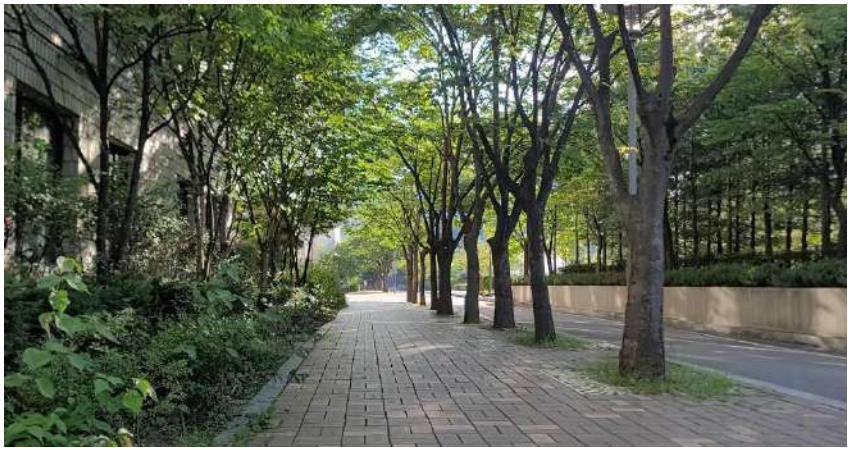
- 다양한 실외 주행 환경





<주차장, 공사장>

- 시간에 따른 환경 변화가 잦음





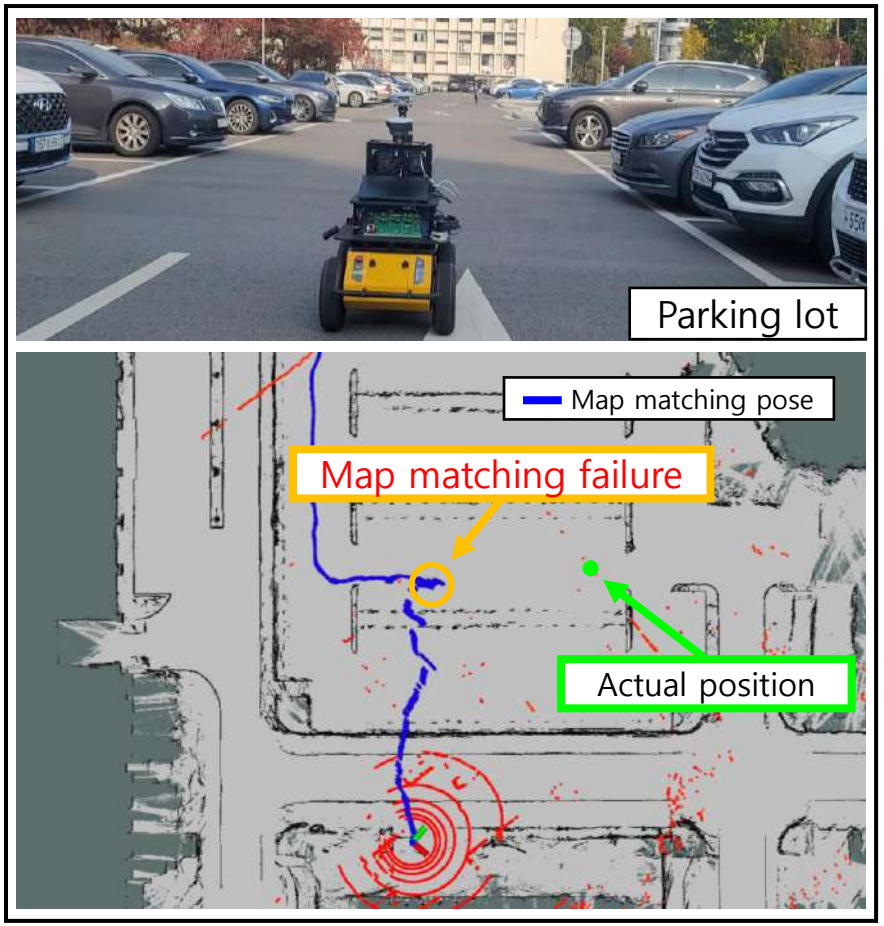
<건물, 나무 주변, 터널과 같은 환경>

- 주변 구조물로 인해 환경이 막혀있음

03. 주요 기술

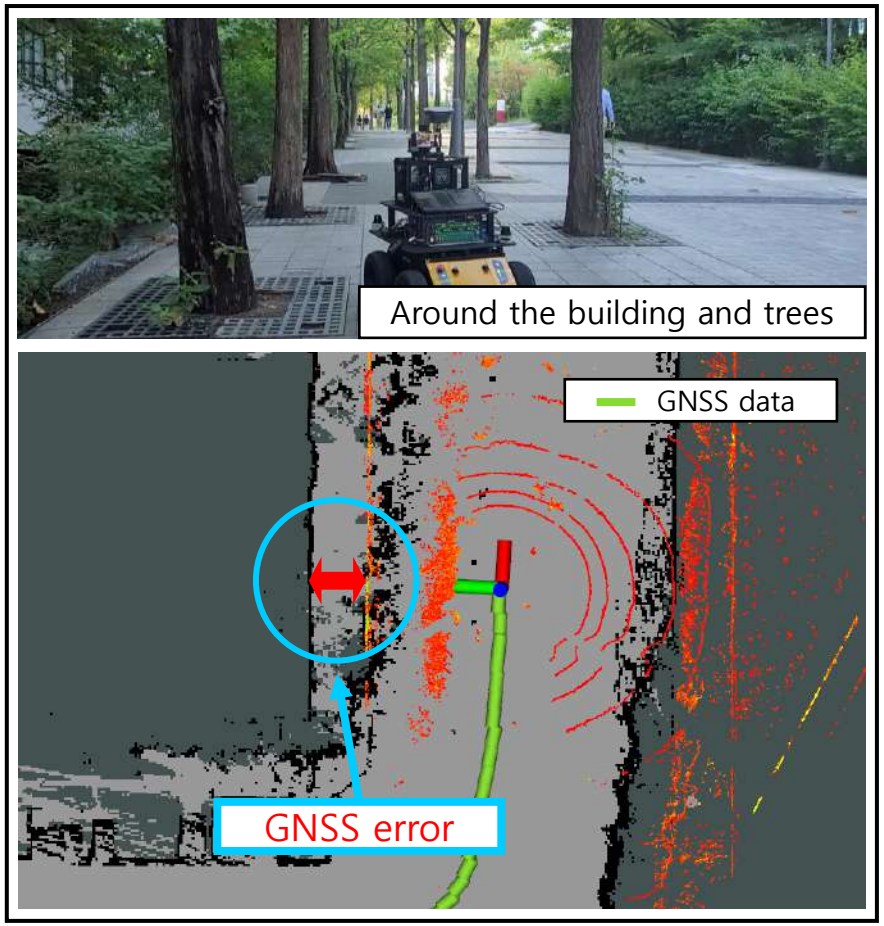
다양한 실외 환경에서 강인한 3D LiDAR 기반 위치추정

- 실외 주행 환경에서 위치추정의 어려움



환경 변화가 빈번한 곳에서 위치추정

→ 지도와 matching 기반 위치추정이 부정확



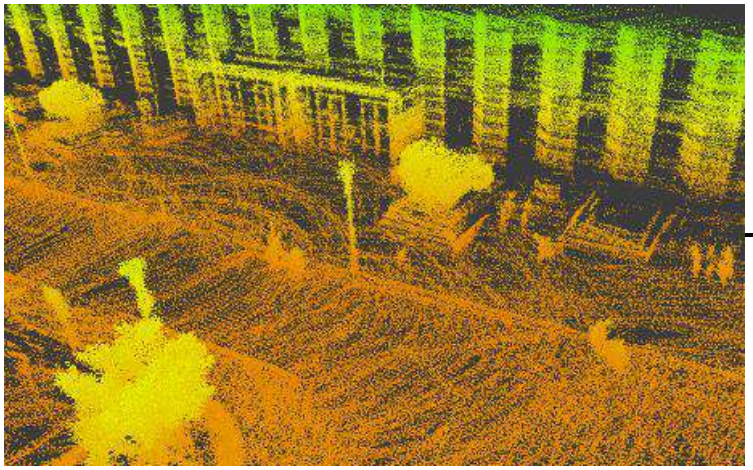
주변이 막혀있는 환경에서 위치추정

→ GNSS 데이터가 부정확

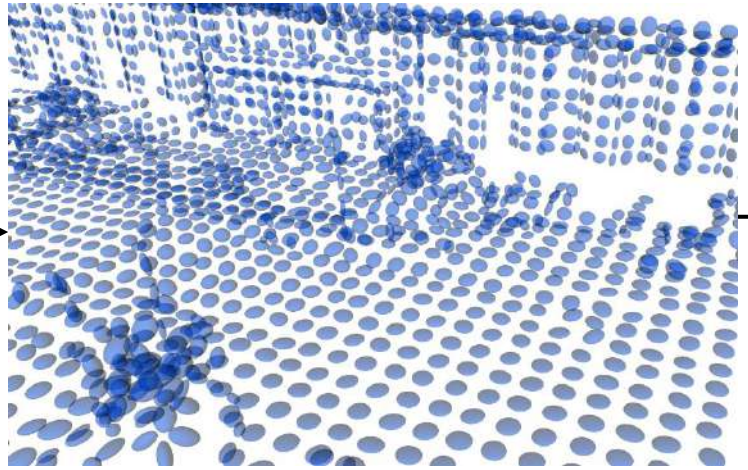
03. 주요 기술

다양한 실외 환경에서 강인한 3D LiDAR 기반 위치추정

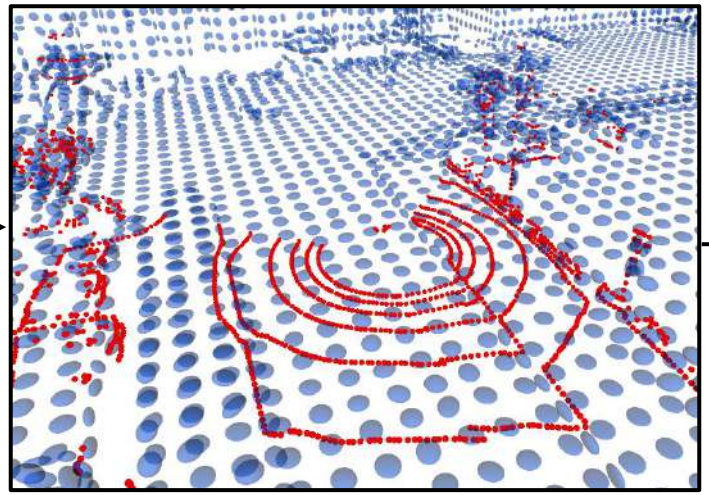
- 제안 기법: Map matching 기반 위치추정의 불확실성 추정



3D Point cloud map

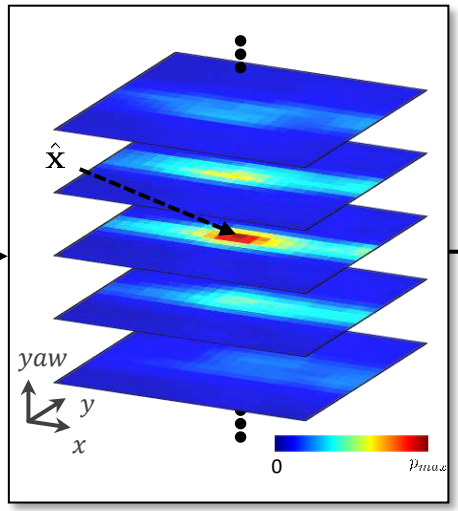


NDT map



NDT map과 LIDAR scan 정합 및 확률 계산

$p(\mathbf{x}|\mathbf{z},\mathbf{m})^{\alpha}$



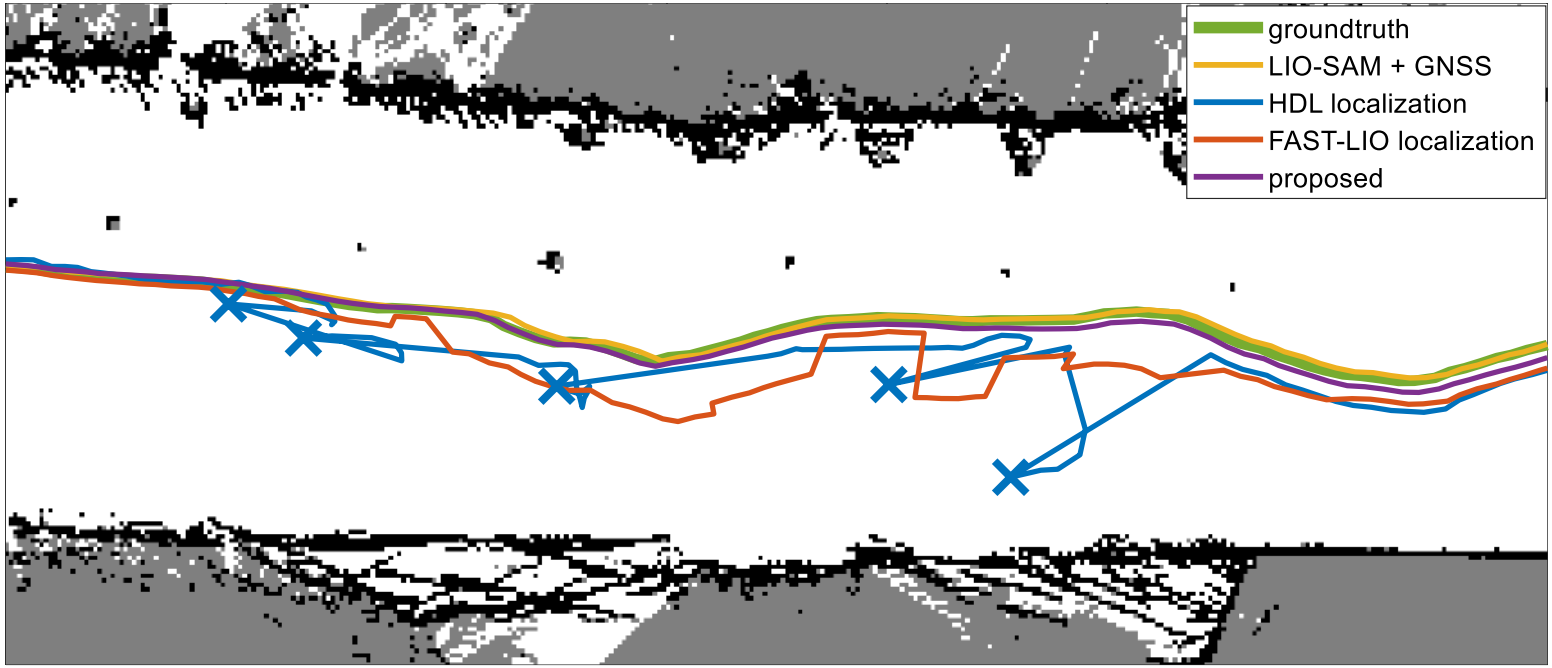
$\mathrm{COV}(\hat{\mathbf{x}})$

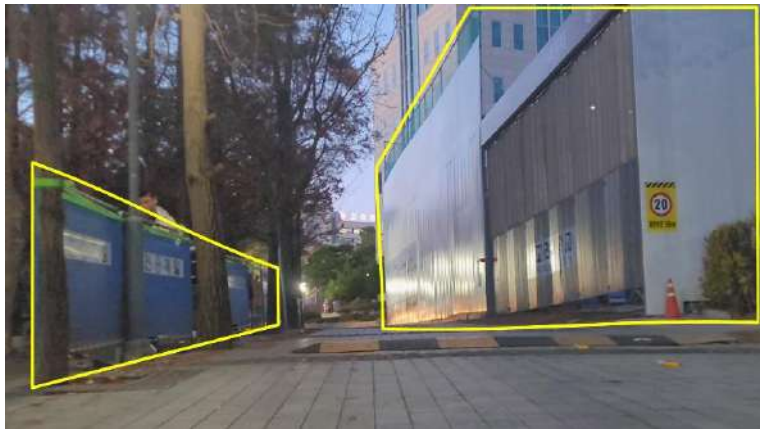
확률 분포를 통한 불확실성 추정

03. 주요 기술

다양한 실외 환경에서 강인한 3D LiDAR 기반 위치추정

- 위치추정 실험 결과 타 기법과 경로 비교





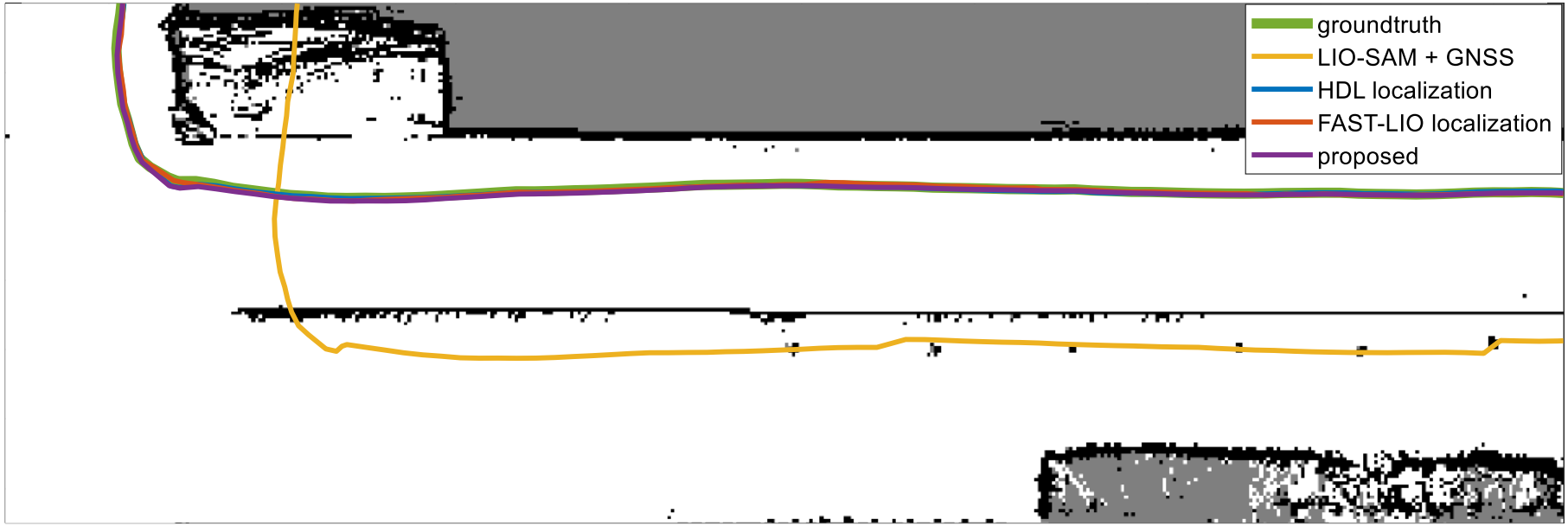
- 실험 환경 : 공사로 환경이 변한 구간

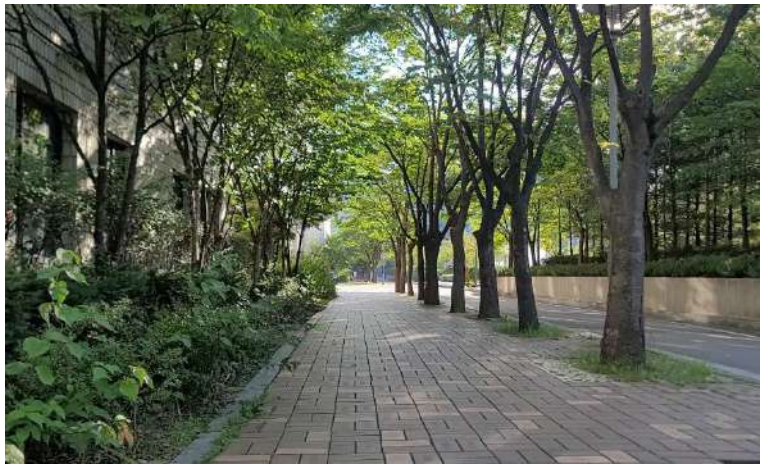
- Map matching 기반 위치추정 기법 (HDL localization, FAST-LIO localization)들이 **부정확한 map matching**으로 인해 오차가 크게 나타남.
- **제안된 기법은 높은 정확도**를 보임

03. 주요 기술

다양한 실외 환경에서 강인한 3D LiDAR 기반 위치추정

- 위치추정 실험 결과 타 기법과 경로 비교





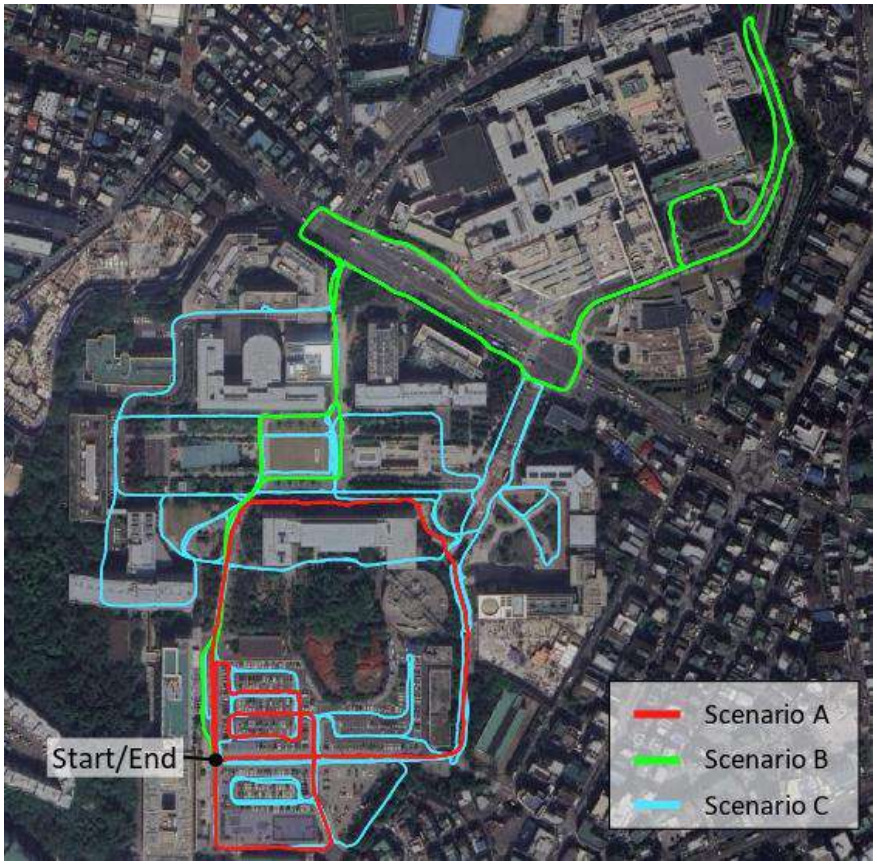
- 실험 환경 : 나무, 건물에 둘러쌓인 구간

- GNSS를 활용하는 기법 (LIO-SAM + GNSS)이 **부정확한 GNSS data**로 인해 위치 오차 크게 발생
- **제안된 기법은 높은 정확도**를 보임

03. 주요 기술

다양한 실외 환경에서 강인한 3D LiDAR 기반 위치추정

- 위치추정 실험 결과 타 기법과 경로 비교



여러 주행 경로에 대한 위치추정 실험

TABLE I

COMPARISON OF TRANSLATION ERRORS FOR ALL SCENARIOS

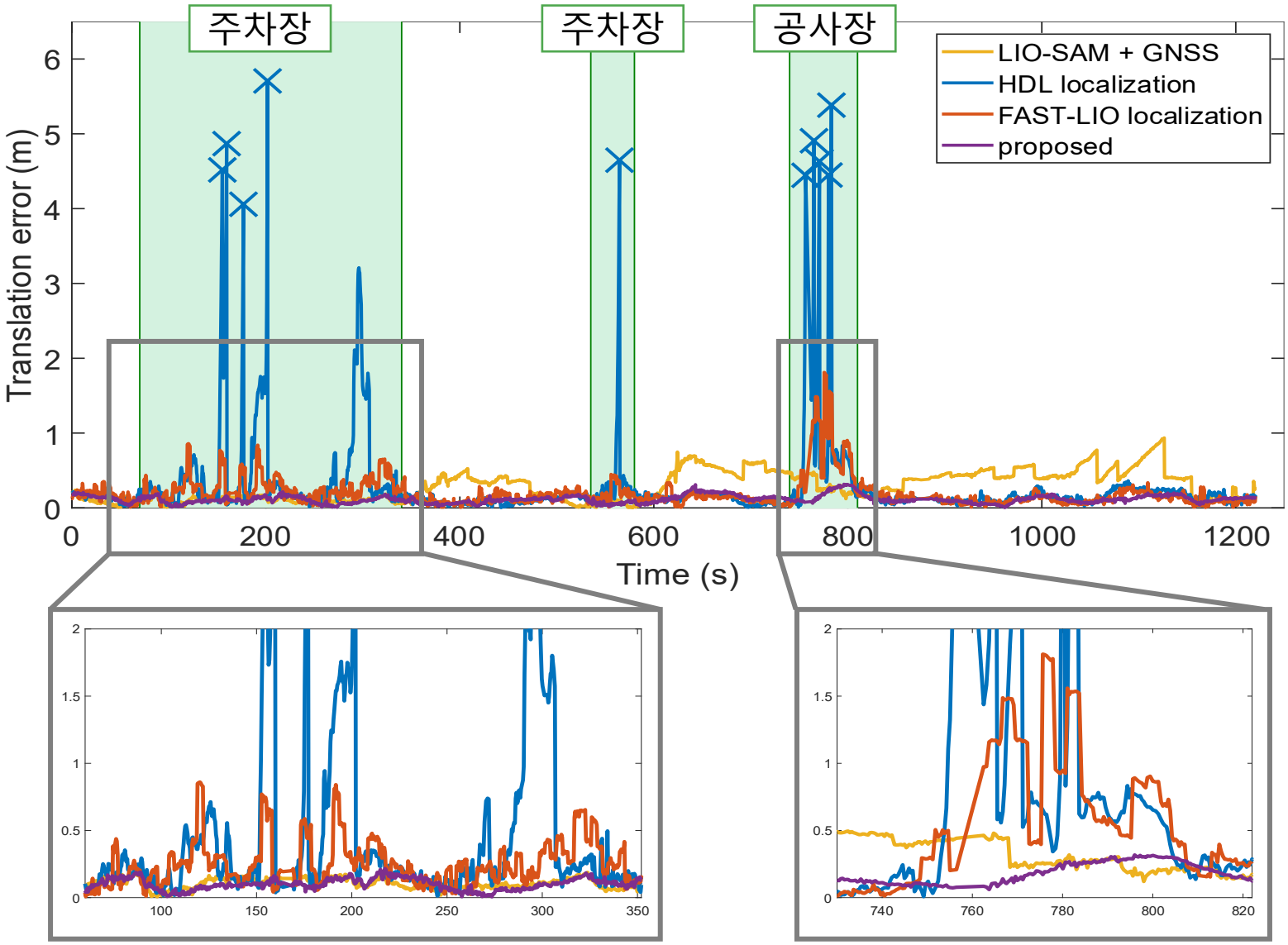
Scenario	Methods	RMSE (m)	Max (m)	# failures
A	LIO-SAM + GNSS	0.348	0.937	0
	HDL localization	0.584	-	10
	FAST-LIO localization	0.274	1.812	0
	Proposed	**0.127**	**0.318**	0
B	LIO-SAM + GNSS	1.635	4.449	0
	HDL localization	0.399	-	1
	FAST-LIO localization	0.204	1.012	0
	Proposed	**0.154**	**0.426**	0
C	LIO-SAM + GNSS	1.970	11.011	0
	HDL localization	0.176	-	1
	FAST-LIO localization	0.161	0.748	0
	Proposed	**0.129**	**0.432**	0

시나리오 별 위치추정 오차 비교

03. 주요 기술

다양한 실외 환경에서 강인한 3D LiDAR 기반 위치추정

- 위치추정 실험 결과 타 기법과 경로 비교



03. 주요 기술

다양한 실외 환경에서 강인한 3D LiDAR 기반 위치추정

- 환경 변화에 강인하게 동작하는 위치추정 데모



위치추정기술동향

- 2D 센서 + 2D 지도 -> 3D 센서 + 3D 지도
- 실내환경 -> 실외환경 -> 실내외 seamless화
- 오도메트리 배제, GNSS 배제, 저가센서사용 등 강인해짐.
- 다양한 map을 상호보완적으로 동시 활용. Lifelong, Long-term, Localization + path planning, Local + global localization, …
- 신뢰성 자가진단, 실패검지 및 복구 등 고기능화, 변화에 강인.
- 학습에 의한 성능향상
- 대형화, 통합화, 패키지화, … 지속적 신뢰성 향상.

목 차

연구실소개

1. 자기지도학습 기반 실외위험지형 인식

2. 다양한 실외 환경에서 강인한 3D LiDAR 기반 위치추정

3. 다중로봇경로계획기술

다양한 실외 환경에서 강인한 3D LiDAR 기반 위치추정

다중로봇경로계획기술

03. 주요 기술

다수 자율주행로봇의 경로계획 및 실행

- 이송 작업에 활용되는 자율주행로봇의 유형: AGV vs AMR

AGV



- 정해진 경로(자기테이프, QR코드 등) 위에서만 이동 가능하여 경로계획이 쉽고, 안정성이 높음
- 공정 레이아웃 변경 시 유연성이 떨어지고, 교착 해소가 어려움

AMR



- 로봇마다 자유로운 움직임이 가능하여 유연한 경로계획이 가능
- 강인한 위치추정 및 환경인식 기술이 요구됨
- 경로계획의 복잡성이 증가하여 확장성이 떨어짐

이미지 출처:
https://www.lodamaster.com/en/solutions/automated-guided-vehicles
https://www.freightwaves.com/news/geodis-to-deploy-locus-robotics-warehouse-robots

03. 주요 기술

다수 자율주행로봇의 경로계획 및 실행

- 실제 산업환경에서 자율주행로봇 도입의 어려움





다양한 형태의 작업환경

→ 작업과 환경의 특수성을 경로계획에 반영하는 맞춤화 과정이 필요





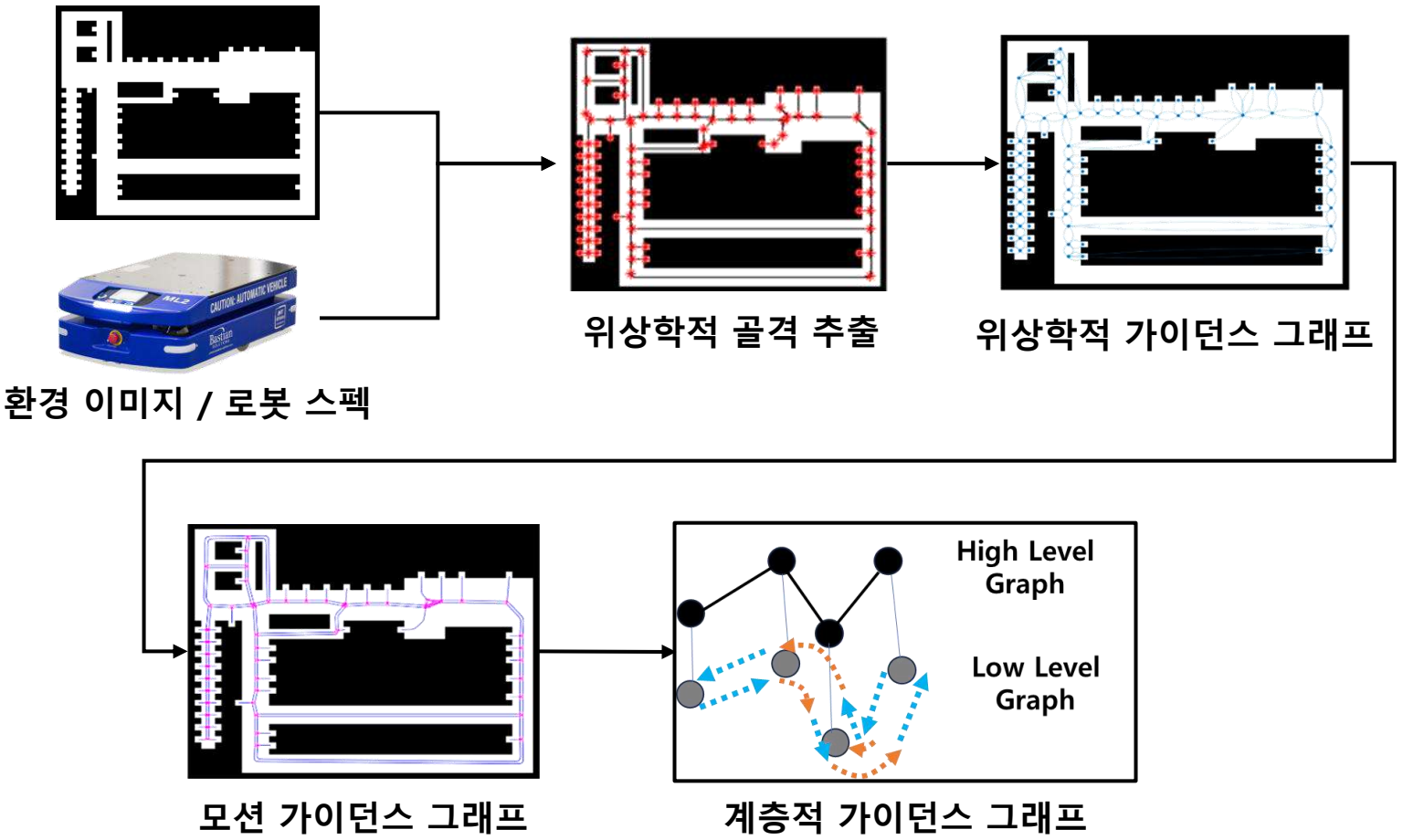
대규모/고밀도 운영

→ 복잡한 상황에서 경로계획의 실시간성이 요구됨

03. 주요 기술

다수 자율주행로봇의 경로계획 및 실행

- 환경정보 및 로봇스펙 기반 가이던스 생성

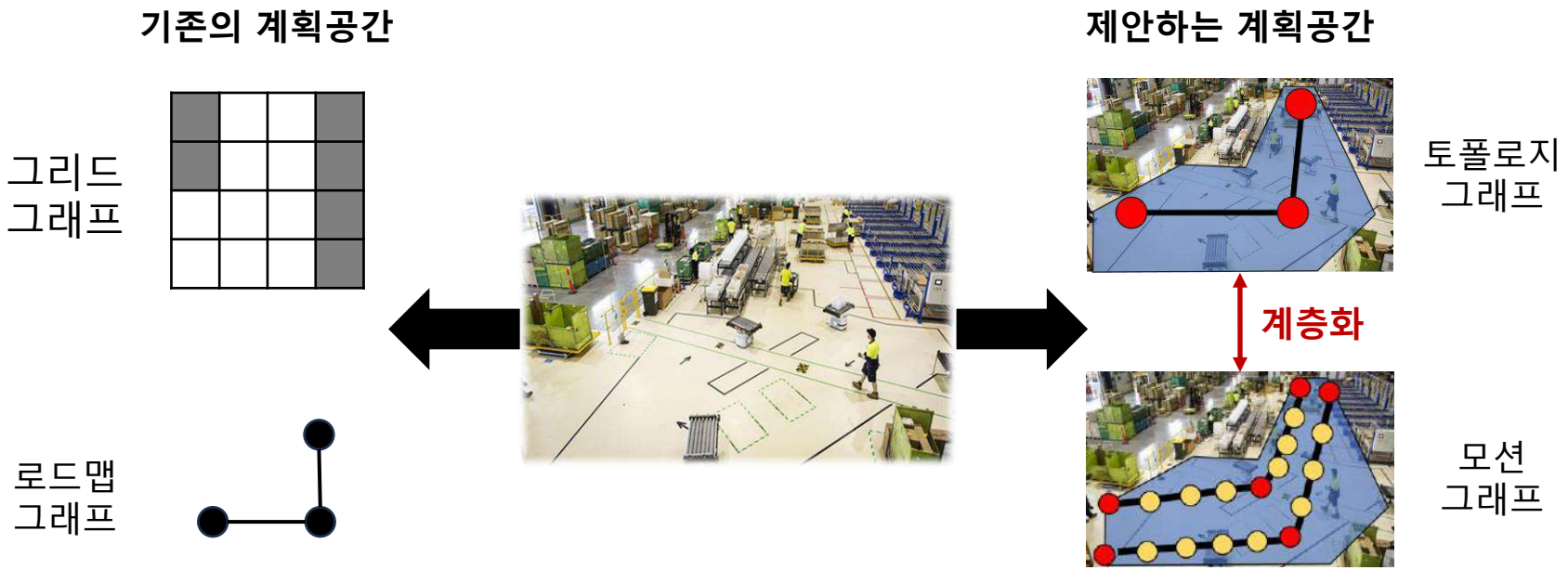


→ 경로계획기에 공간의 연결성과 로봇 움직임에 대한 가이던스를 제공

03. 주요 기술

다수 자율주행로봇의 경로계획 및 실행

- 가이던스 기반의 경로계획



→ 기존 계획공간은 **공간의 연결성 정보**만을 사용하여 효율적으로 로봇 간 충돌을 해결하지 못함

→ 또한, 계획된 경로를 실행하기 위해 **추가적인 후처리과정을 요구하여** 실시간성이 떨어짐

03. 주요 기술

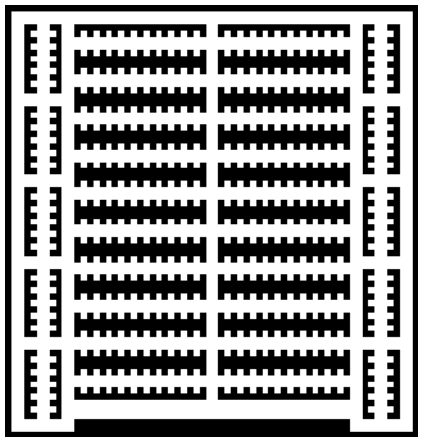
다수 자율주행로봇의 경로계획 및 실행

- 경로계획 비교실험 결과

→ 다수 로봇을 활용하는 대표적인 환경인 공장, 물류창고를 모사하여 실험을 진행



<Factory>



<Large Warehouse>

03. 주요 기술

다수 자율주행로봇의 경로계획 및 실행

- 경로계획 비교실험 결과

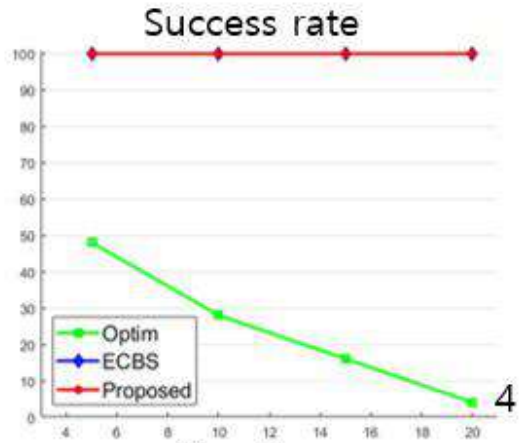


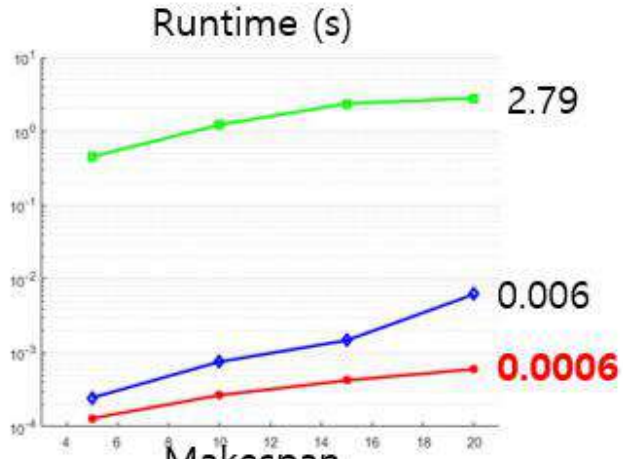
Comparison Methods

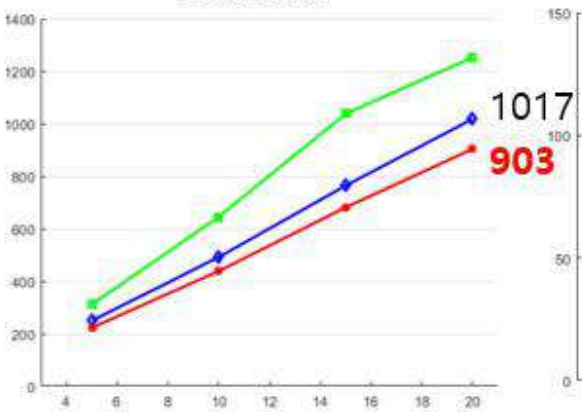
Optim : Juncheng Li, et. al., 2021

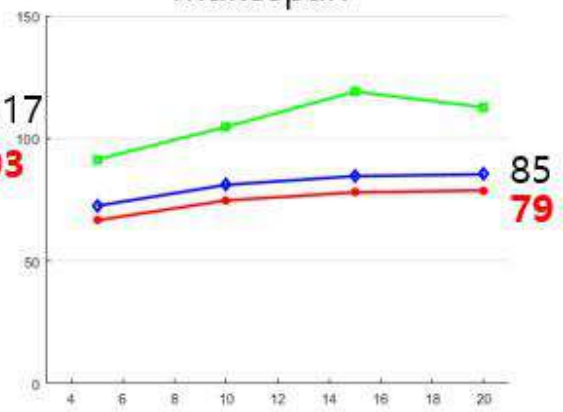
ECBS : Max Barer, et. al., 2014









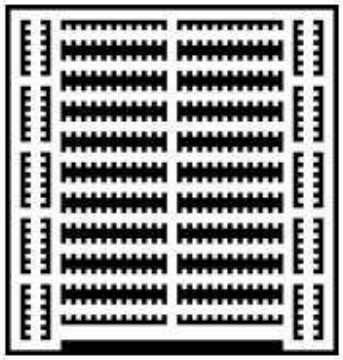


→ 경로계획의 성공률이나 연산시간, 경로의 퀄리티 측면에서 제안하는 방법이 가장 높은 성능을 보임

03. 주요 기술

다수 자율주행로봇의 경로계획 및 실행

- 경로계획 비교실험 결과

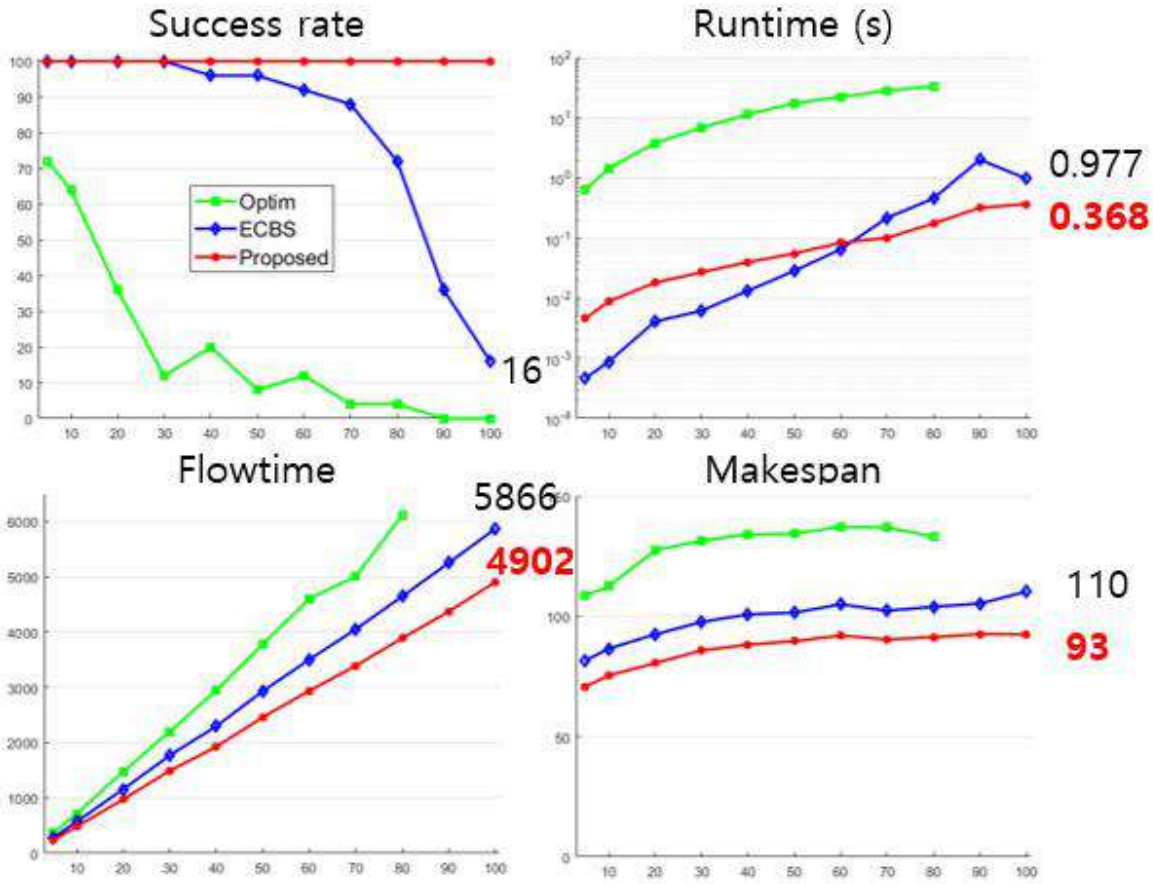


Comparison Methods

Optim : Juncheng Li, et. al., 2021

ECBS : Max Barer, et. al., 2014





→ 100대까지 로봇 수를 늘렸을 때 타 기법들은 **로봇 간 충돌을 효율적으로 해결하지 못하여** 성공률이 급격하게 떨어지는 것을 확인할 수 있음

→ 제안하는 방법은 모든 지표에서 전반적으로 높은 성능을 보임

03. 주요 기술

다수 자율주행로봇의 경로계획 및 실행

- 경로계획 비교실험 결과



<Optim> <ECBS> <Proposed>

경로계획 결과 비교

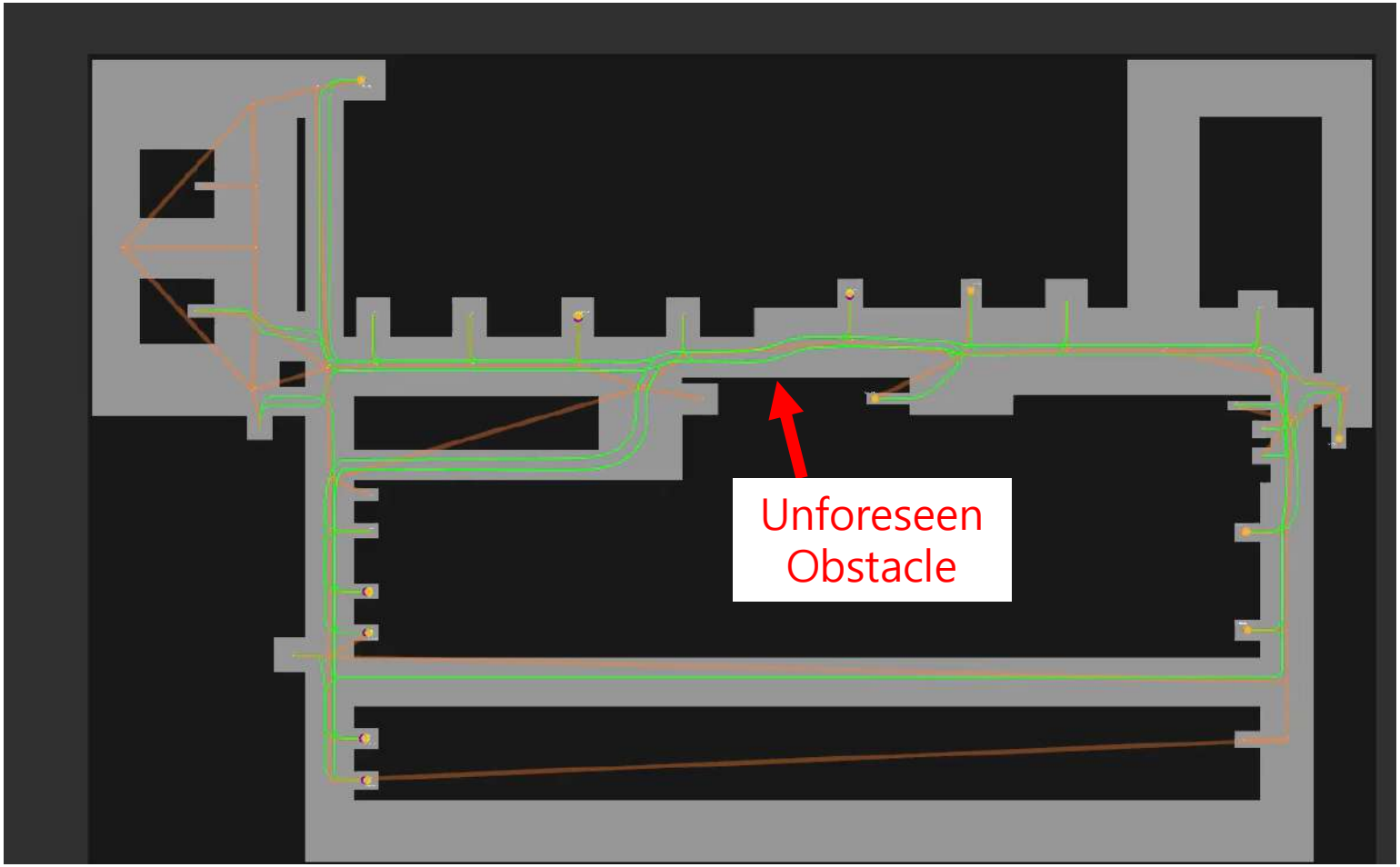
→ 제안하는 방법은 로봇이 모션 가이던스를 따라 이동하기 때문에 움직임에 대한 예측이 가능

→ 사용자의 요구사항을 모션 가이던스에 미리 반영하여 다양한 환경에 적용가능함

03. 주요 기술

다수 자율주행로봇의 경로계획 및 실행

- 공장환경 데모 영상



→ 가이던스에 대한 실시간 업데이트를 통해 환경의 동적변화에도 대응가능

감사합니다