

2D-LiDAR 회전 시스템을 이용한 3차원 공간 정보 획득 및 실내 주행 로봇의 초기 위치 추정

ISL
안재원

- 연구 배경 및 목표
- 3차원 공간 정보 획득
- 로봇의 초기 위치 추정
- 실험 결과
- 향후 일정

연구 배경 및 목표

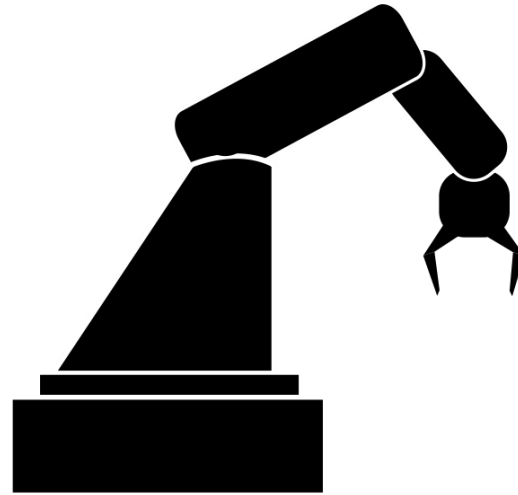
01

연구 배경

- 패러다임의 변화



Robota[체코어] : 노동



노동 대체 수단인 산업 로봇



서비스 제공을 위한 지능형 로봇

- 다양한 정보 획득 및 판단을 통한 서비스 제공
- 물류, 의료, 재난 구조, 경비, 안내, 청소 등

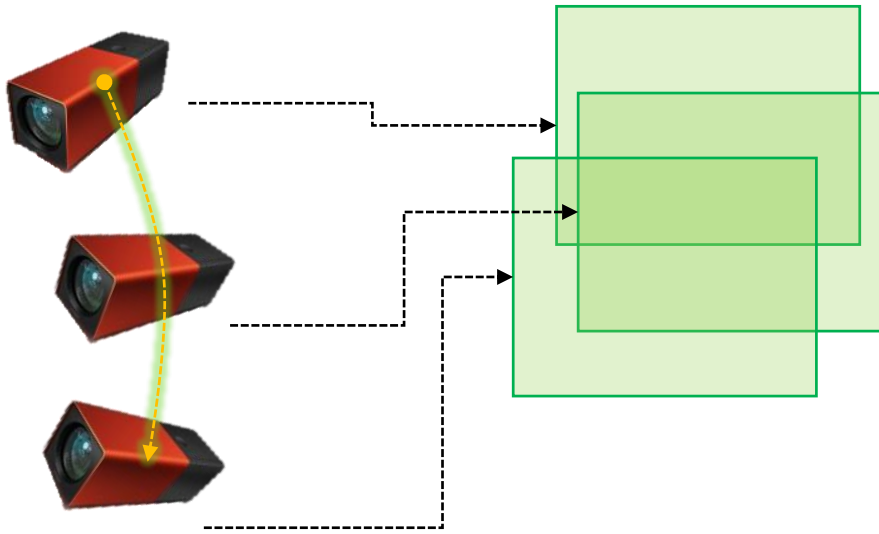
연구 배경 및 목표

01

연구 배경

- 패러다임의 변화에 위치 추정 능력 필요

SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)



- 각 프레임간의 상대적 움직임 추정
- 연속적으로 발견되는 특징이 필요함
- 스케일 문제가 발생할 수 있음
- 로봇의 움직임이 필요함
- 초기 위치 추정이 불가능



서비스 제공을 위한 지능형 로봇

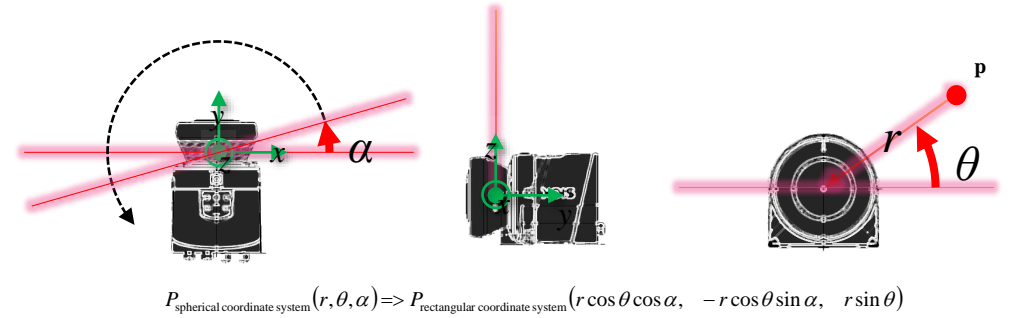
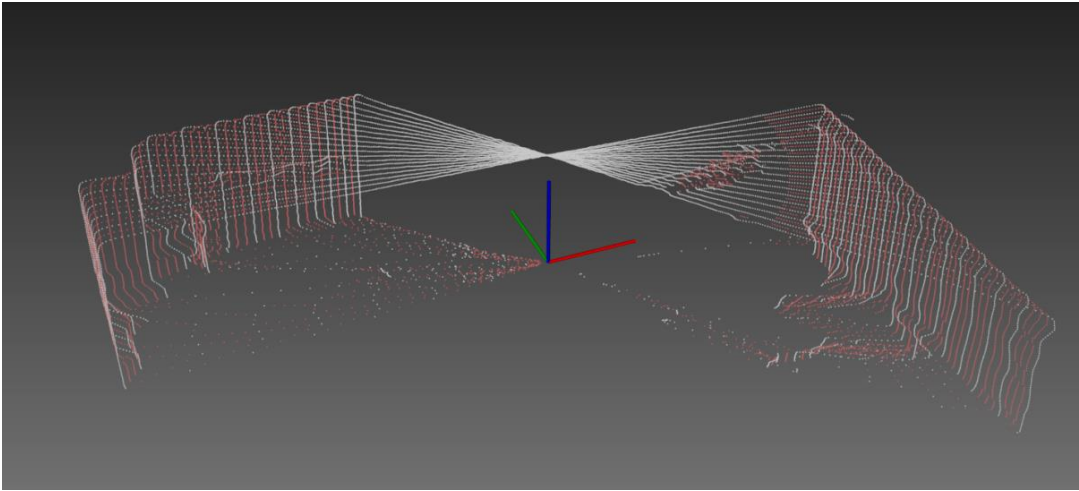
- 다양한 정보 획득 및 판단을 통한 서비스 제공
- 물류, 의료, 재난 구조, 경비, 안내, 청소 등

연구 배경 및 목표

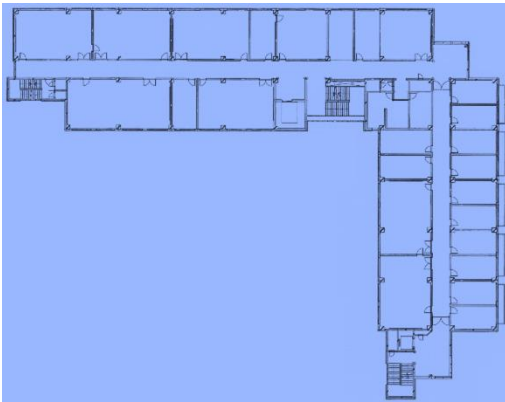
01

연구 목표

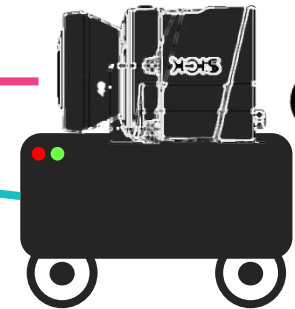
- 2D-LiDAR를 이용한 공간 정보 획득



- 도면 정보와 비교를 통한 로봇의 초기 위치 추정



Where am I?



연구 배경 및 목표

01

연구 목표

변화가 적은 공간



변화가 빈번한 공간

연구 배경 및 목표

01

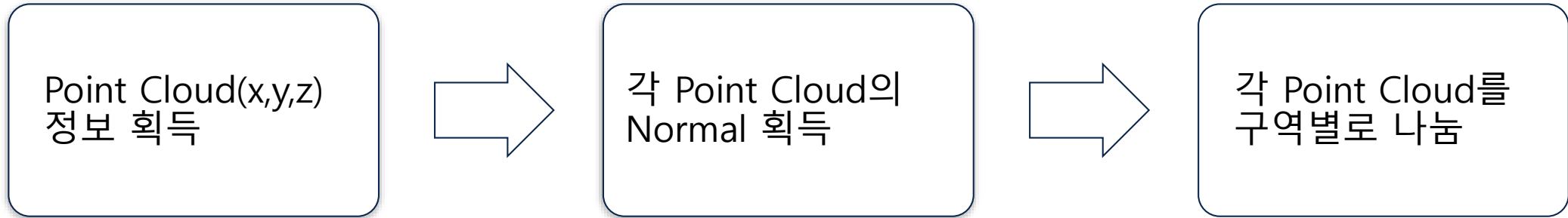
연구 목표

천장 정보

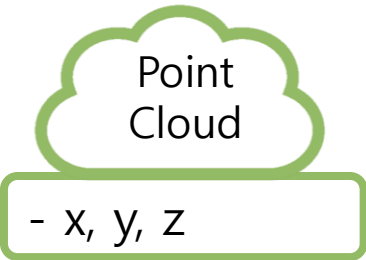
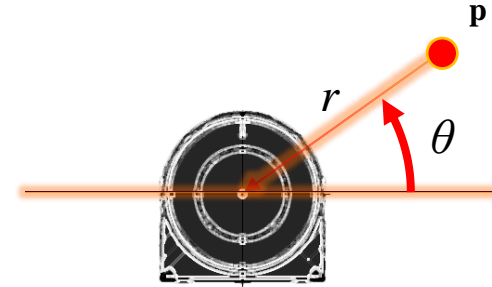
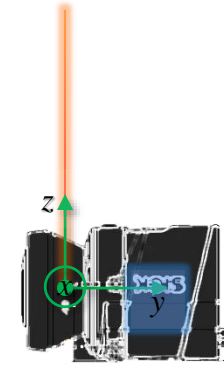
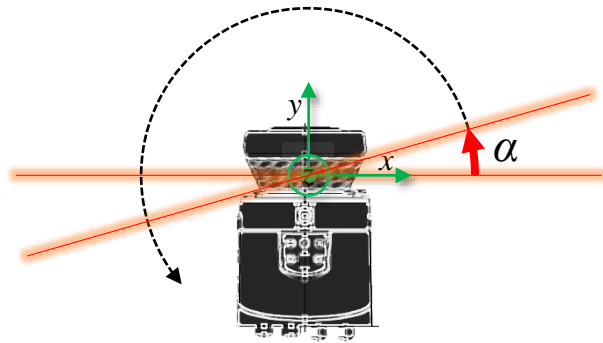
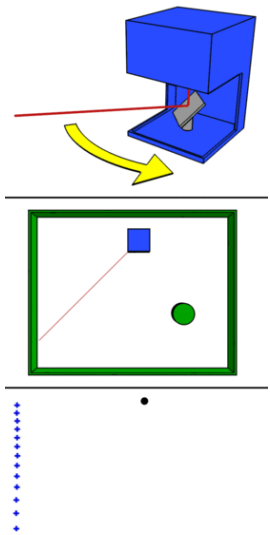


3차원 공간 정보 획득

02



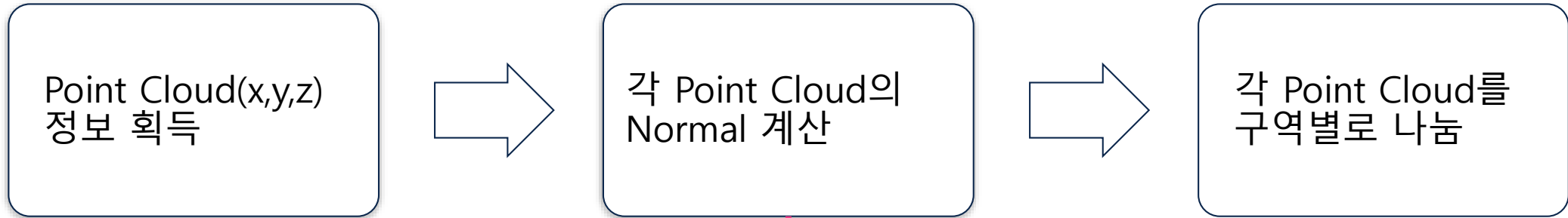
- 구면 좌표계를 3차원 직교 좌표계로 변환



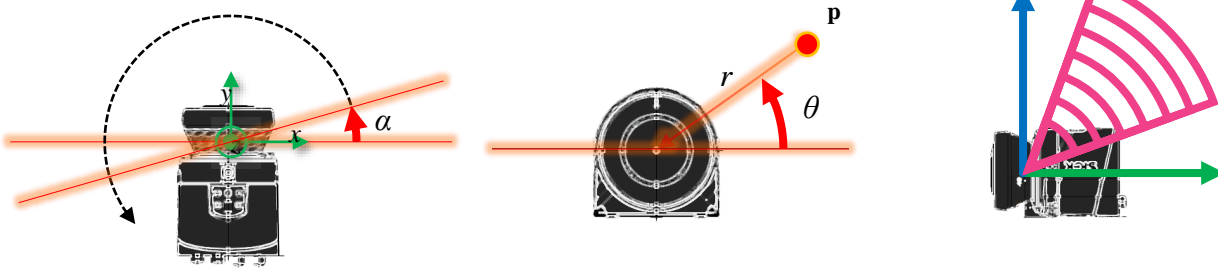
$$P_{\text{spherical coordinate system}}(r, \theta, \alpha) \Rightarrow P_{\text{rectangular coordinate system}}(r \cos \theta \cos \alpha, -r \cos \theta \sin \alpha, r \sin \theta)$$

3차원 공간 정보 획득

02



- Point Cloud로 부터 5°씩 떨어진 범위의 Point Cloud의 집합을 이용한다.



Point Cloud

- x, y, z
- nx, ny, nz
- Distance

- Local plane estimation

$$\begin{bmatrix} N_x \\ N_y \\ N_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum x^2 & \sum xy & \sum zx \\ \sum xy & \sum y^2 & \sum yz \\ \sum zx & \sum yz & \sum z^2 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \sum x \\ \sum y \\ \sum z \end{bmatrix}$$

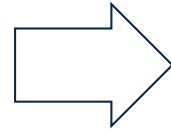
$$\text{Distance} = \frac{|-(n_x \cdot x + n_y \cdot y + n_z \cdot z)|}{\sqrt{n_x^2 + n_y^2 + n_z^2}}$$

nx, ny, nz를 normal vector로 하고, (0, 0, 0)을 지나고 (x, y, z)를 지나고 있는 평면 사이의 거리.

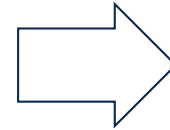
3차원 공간 정보 획득

02

Point Cloud(x,y,z)
정보 획득

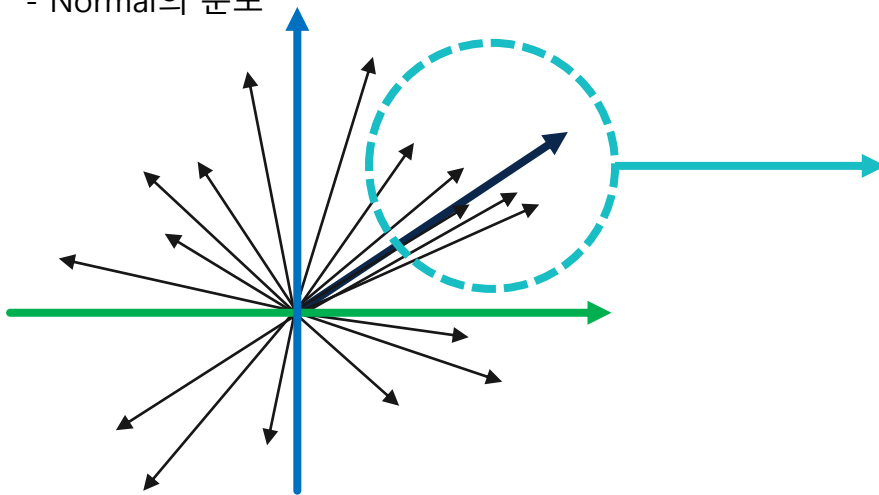


각 Point Cloud의
Normal 계산

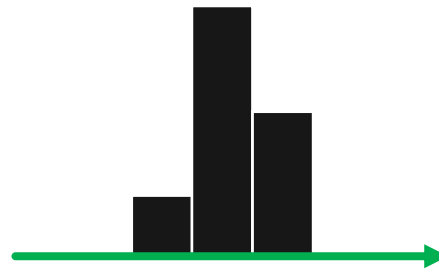


각 Point Cloud를
구역별로 나눔

- 가장 큰 그룹 부터 분할한다.
- Normal의 분포



- 원점으로 부터의 거리의 분포



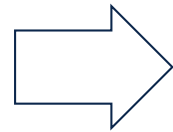
Point Cloud

- x, y, z
- nx, ny, nz
- Distance

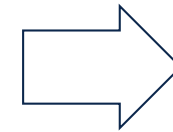
3차원 공간 정보 획득

02

Point Cloud(x,y,z)
정보 획득

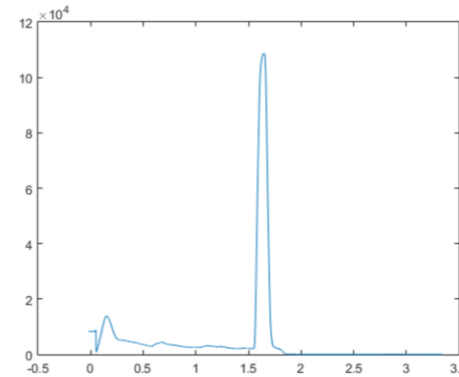
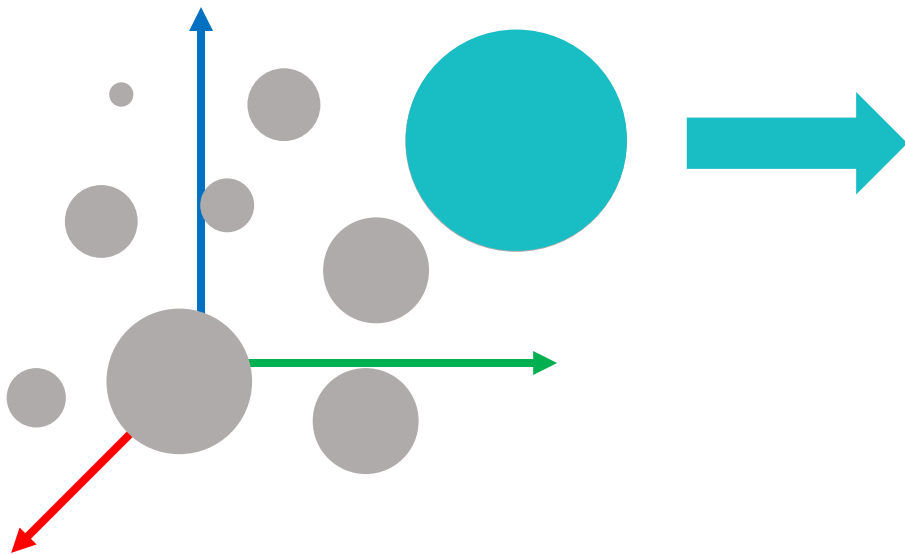


각 Point Cloud의
Normal 계산



각 Point Cloud를
구역별로 나눔

- 가장 많은 그룹의 Point Cloud를 찾는다.



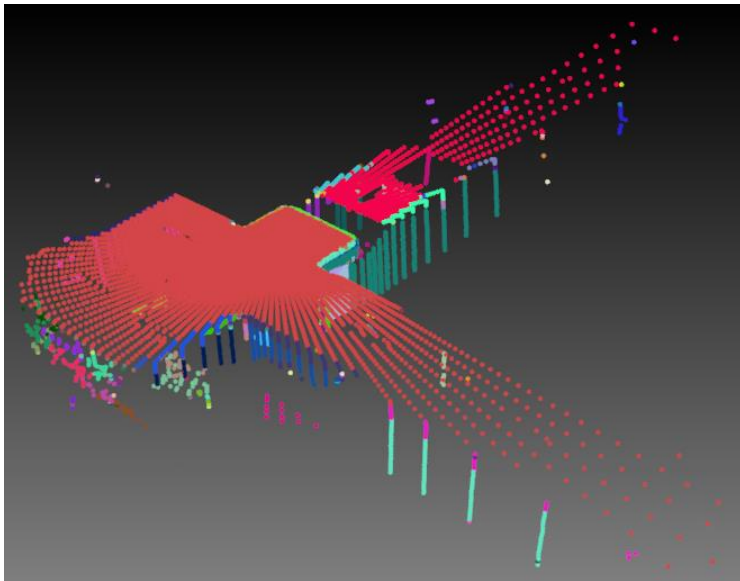
Point
Cloud

- x, y, z
- nx, ny, nz
- Distance
- Group Index

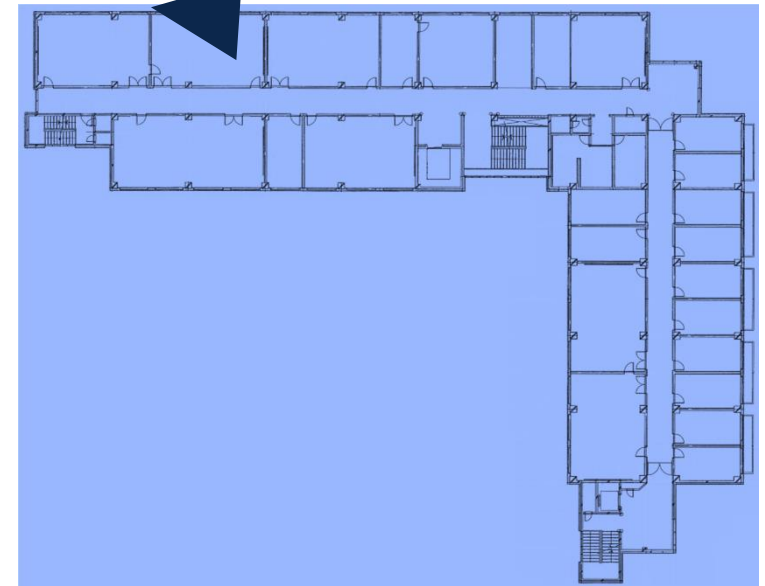
로봇의 초기 위치 추정

다른 차원의 데이터 비교

- 3차원의 LiDAR 측정 데이터



- 2차원의 공간 데이터



Point Cloud

- x, y, z
- nx, ny, nz
- Distance
- Group Index

Group information

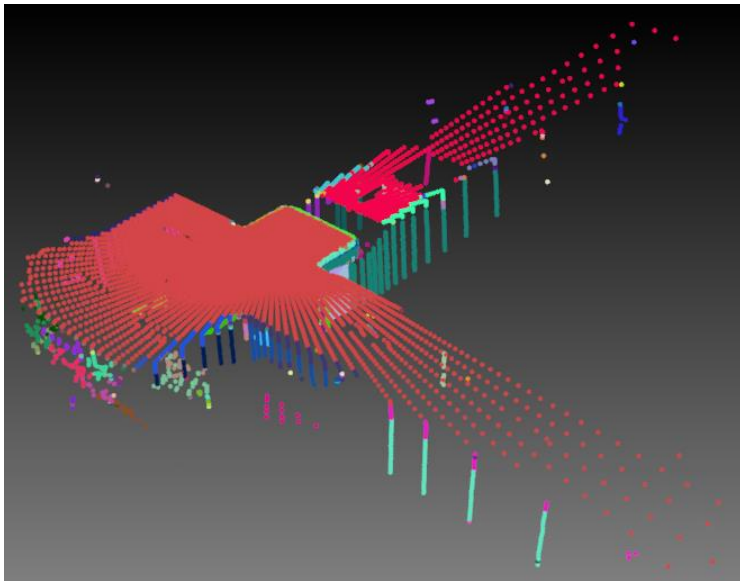
- A, B, C



로봇의 초기 위치 추정

다른 차원의 데이터 비교

- 3차원의 LiDAR 측정 데이터

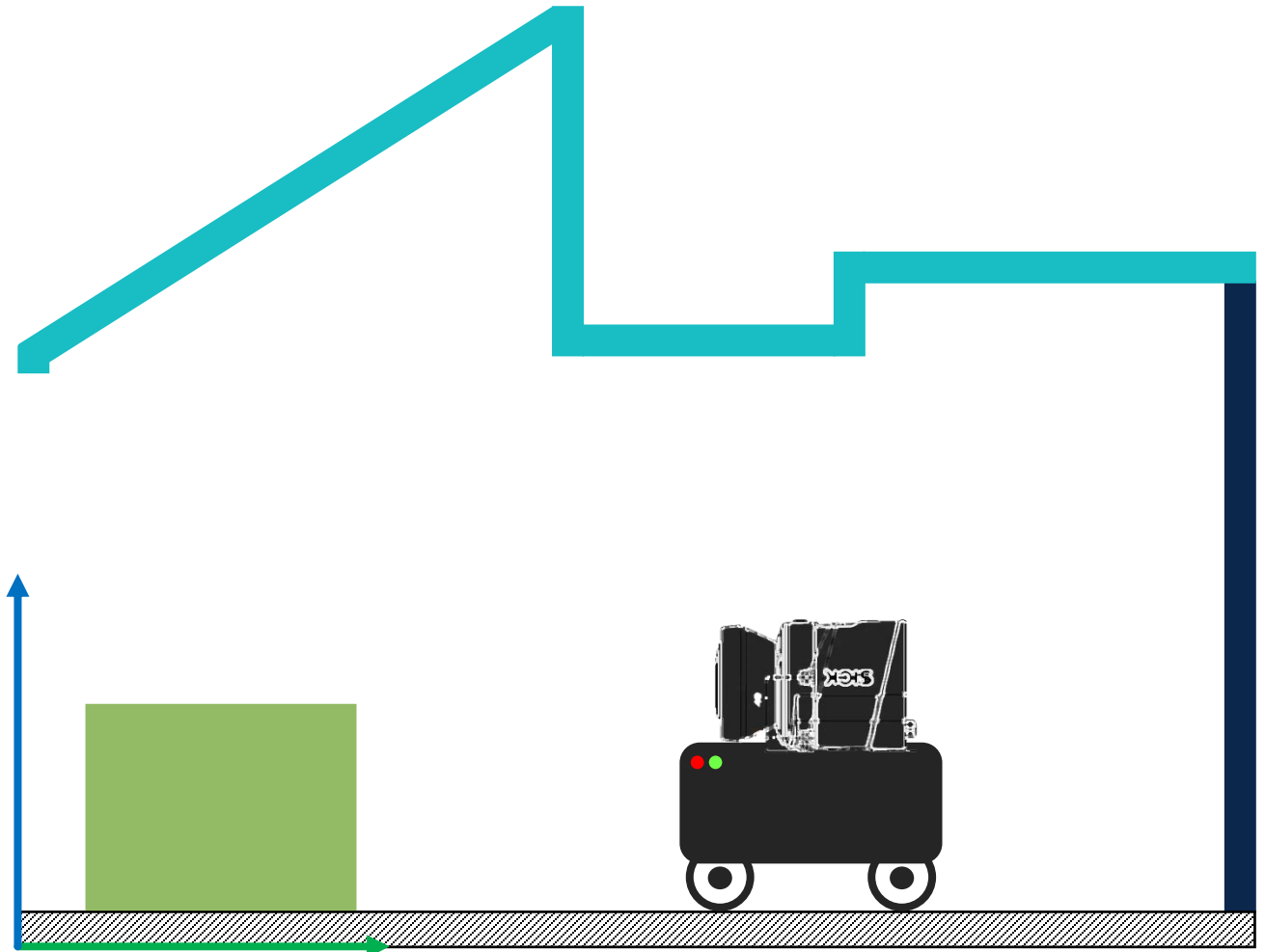


Point Cloud

- x, y, z
- nx, ny, nz
- Distance
- Group Index

Group information

- A, B, C
- Kind

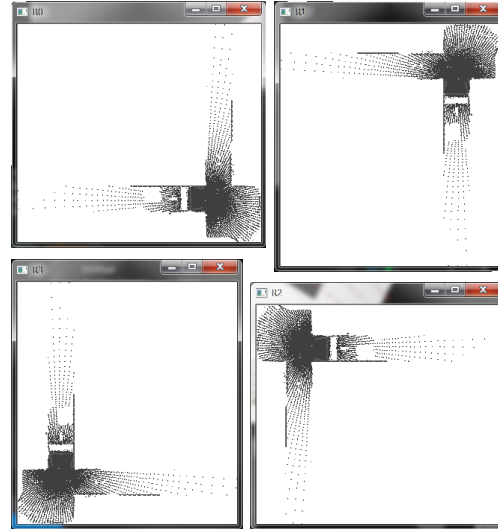
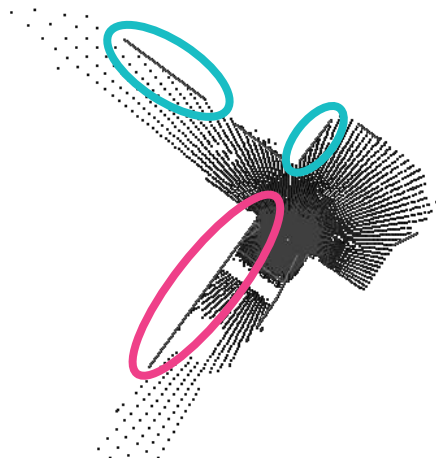


로봇의 초기 위치 추정

03

위치 추정

- 벽을 중심으로 위치를 추정한다.



Group
information

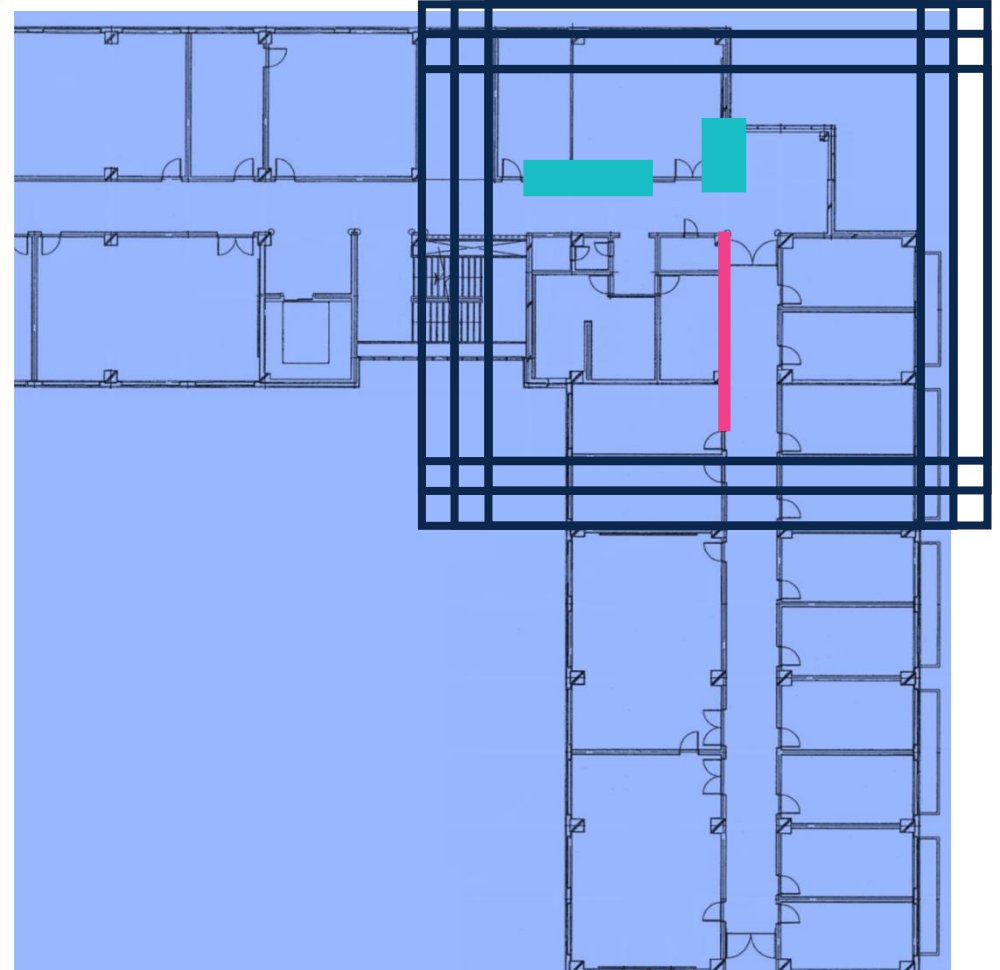
- A, B, C
- Kind

- Affine Transformation

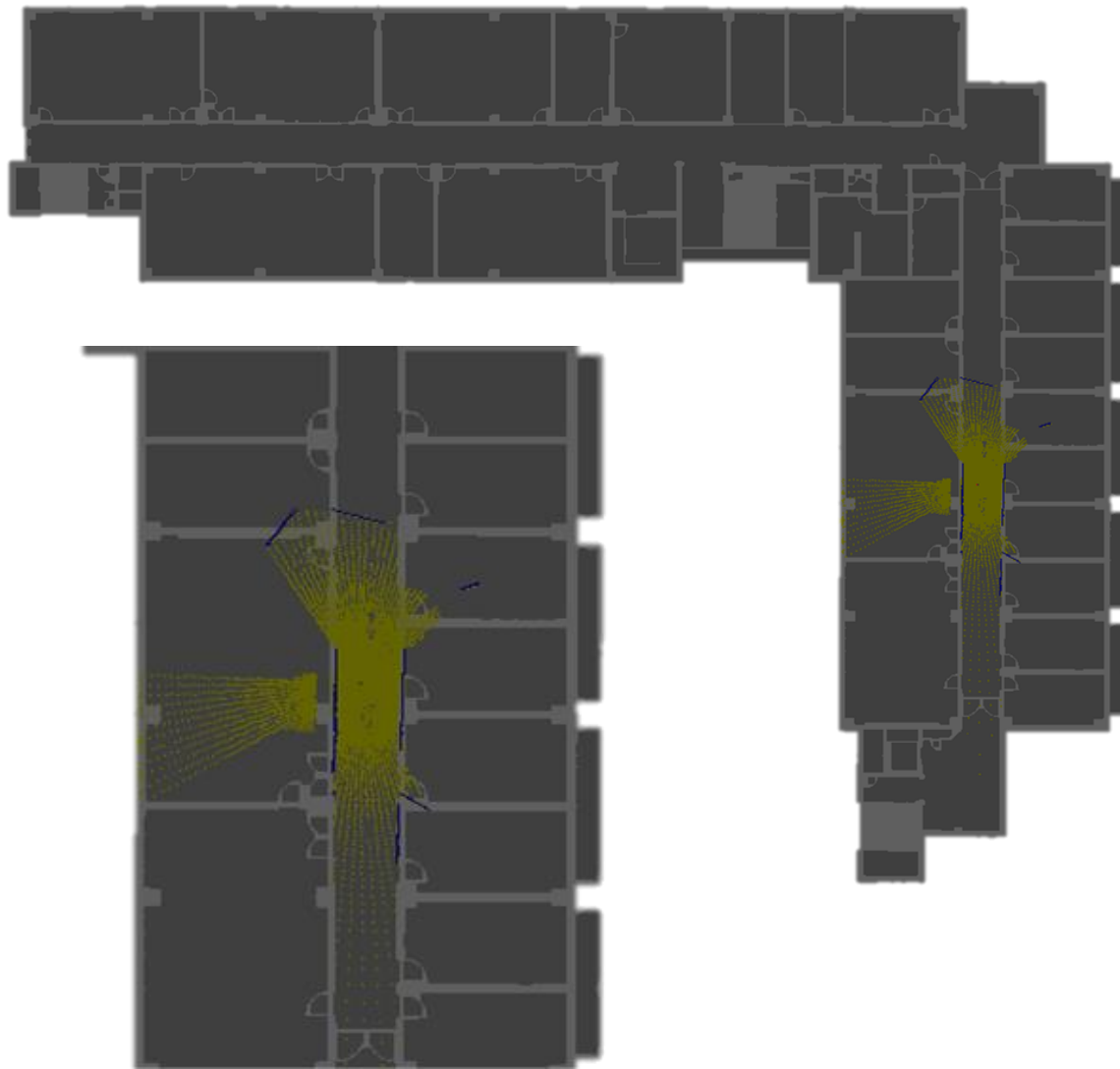
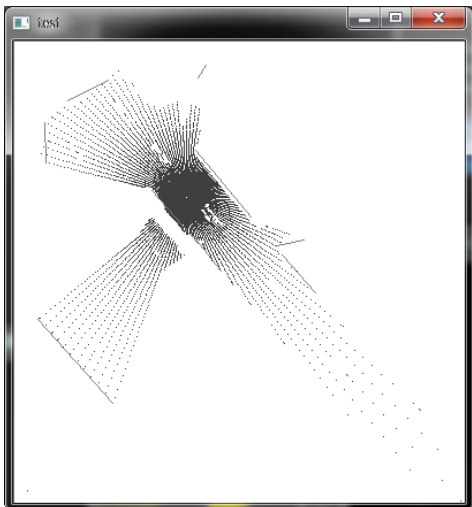
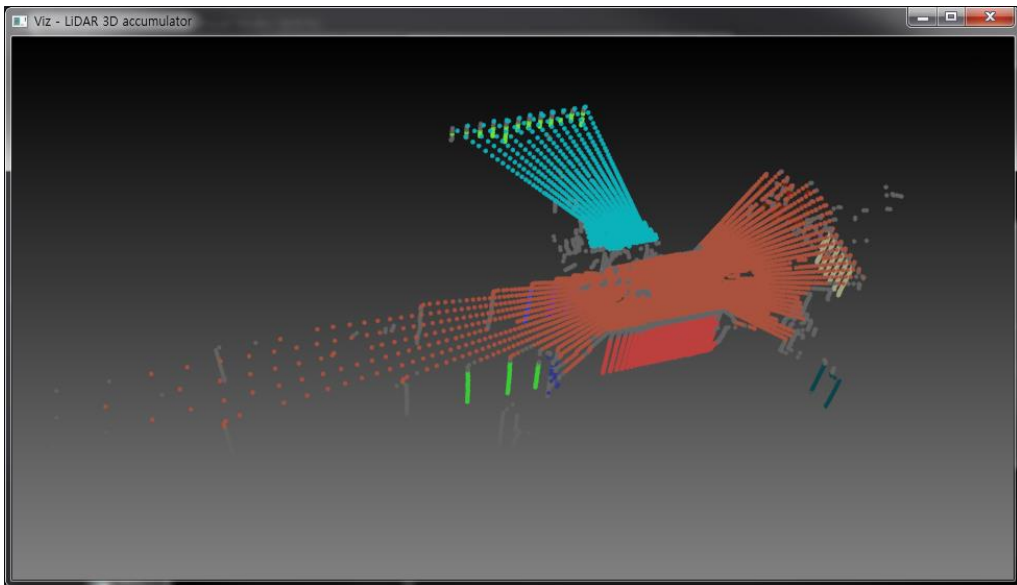
$$A = \begin{bmatrix} \alpha & \beta \\ -\beta & \alpha \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} \alpha = scale \cdot \cos(angle) \\ \beta = scale \cdot \sin(angle) \end{array}$$

$$B = \begin{bmatrix} (1-\alpha) \cdot center.x - \beta \cdot center.y \\ \beta \cdot center.x + (1-\alpha) \cdot center.y \end{bmatrix}$$

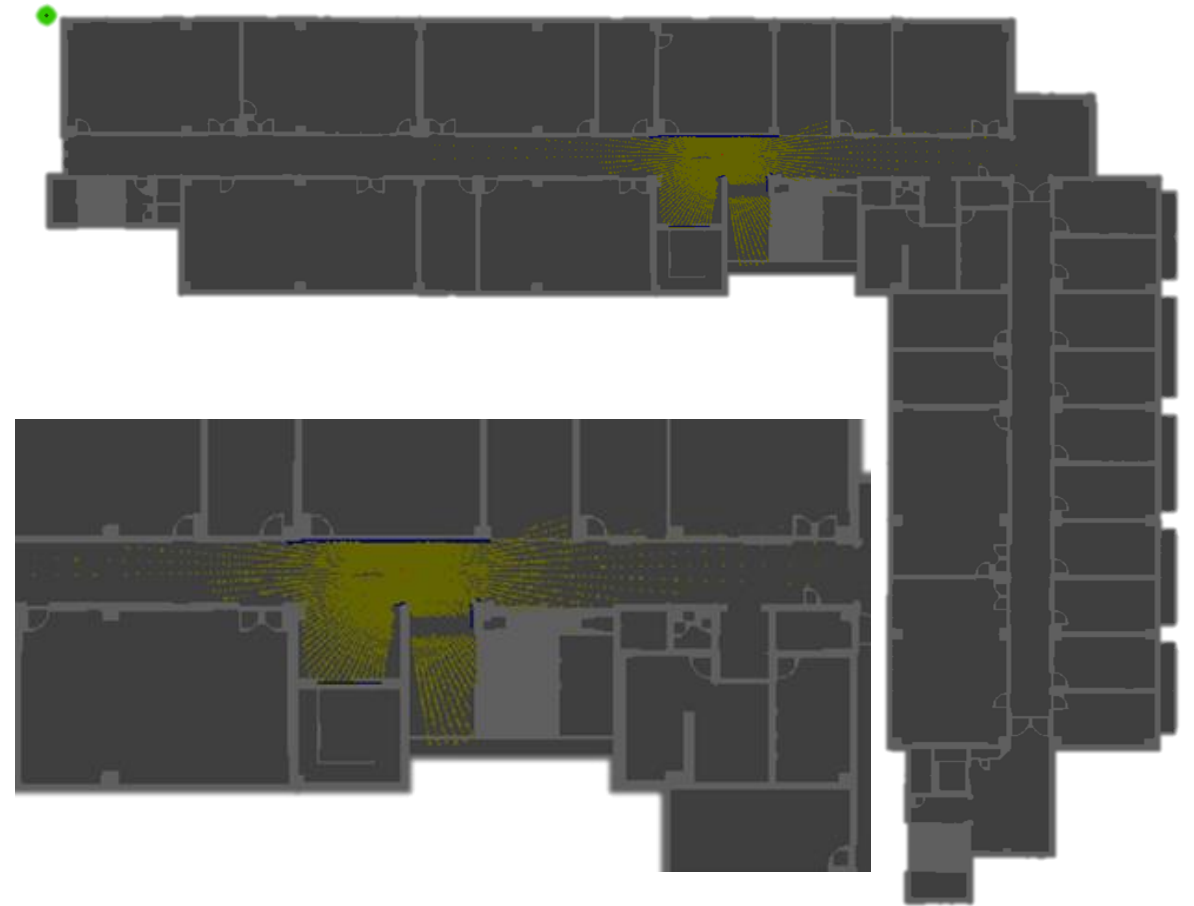
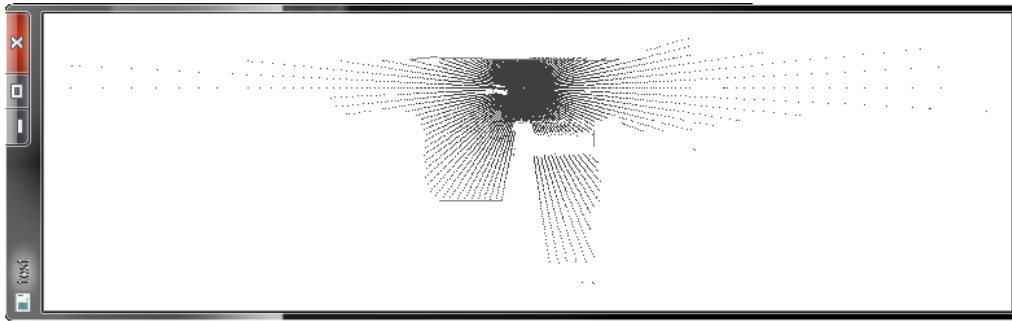
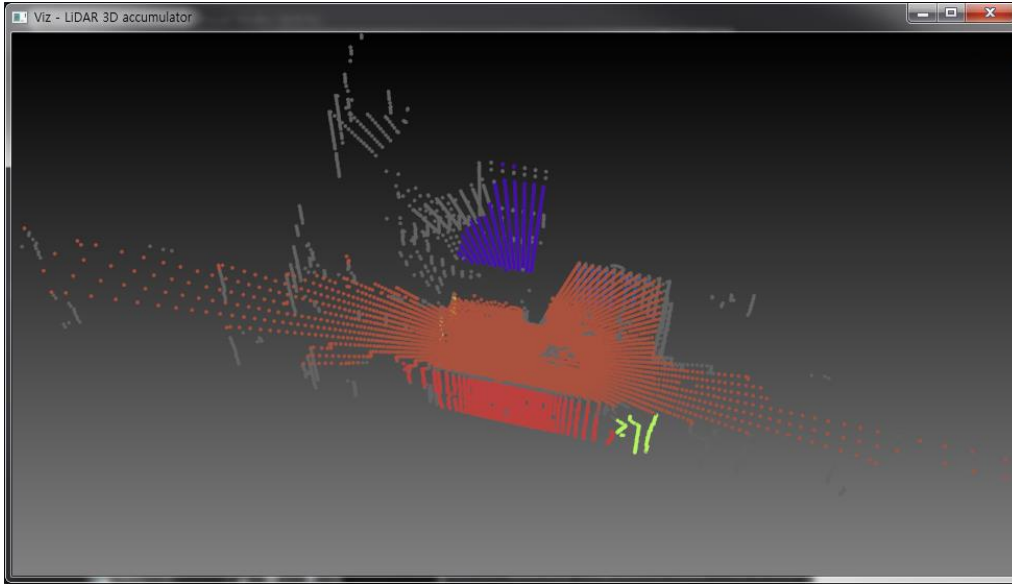
$$T = A \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + B$$



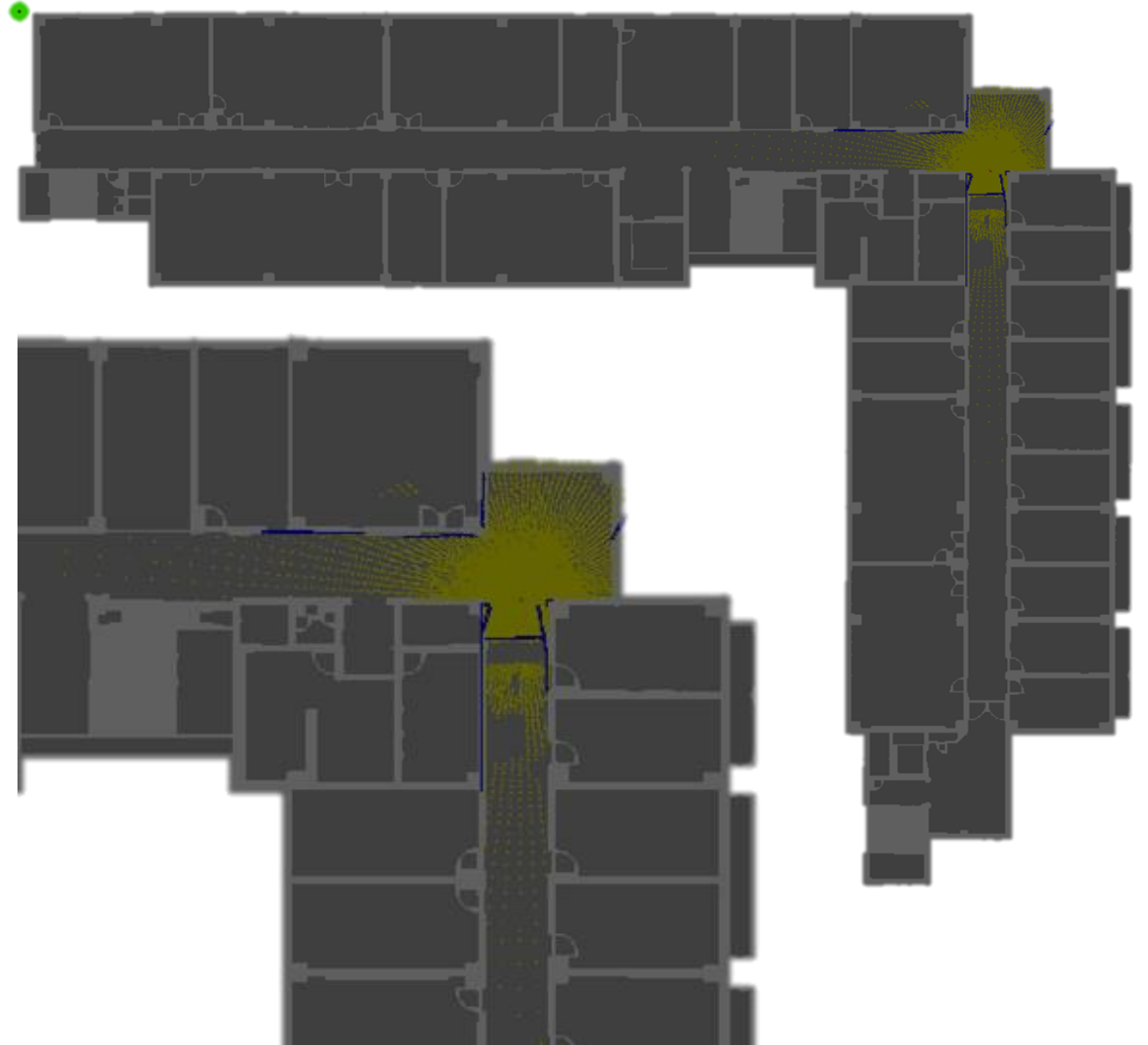
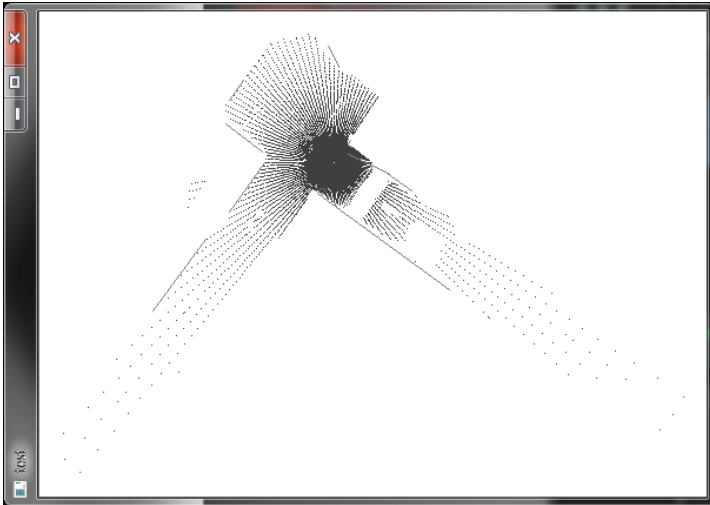
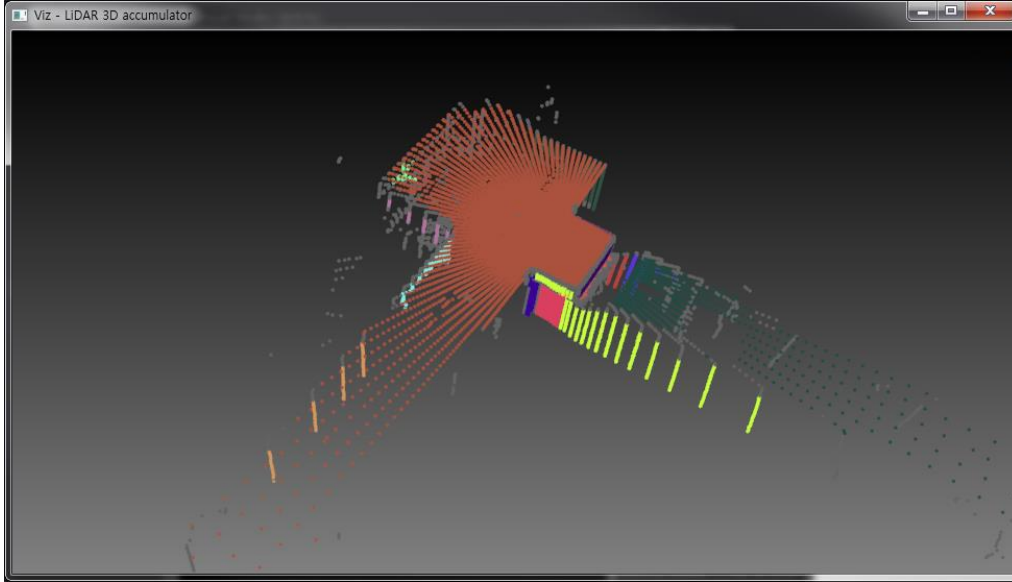
결과



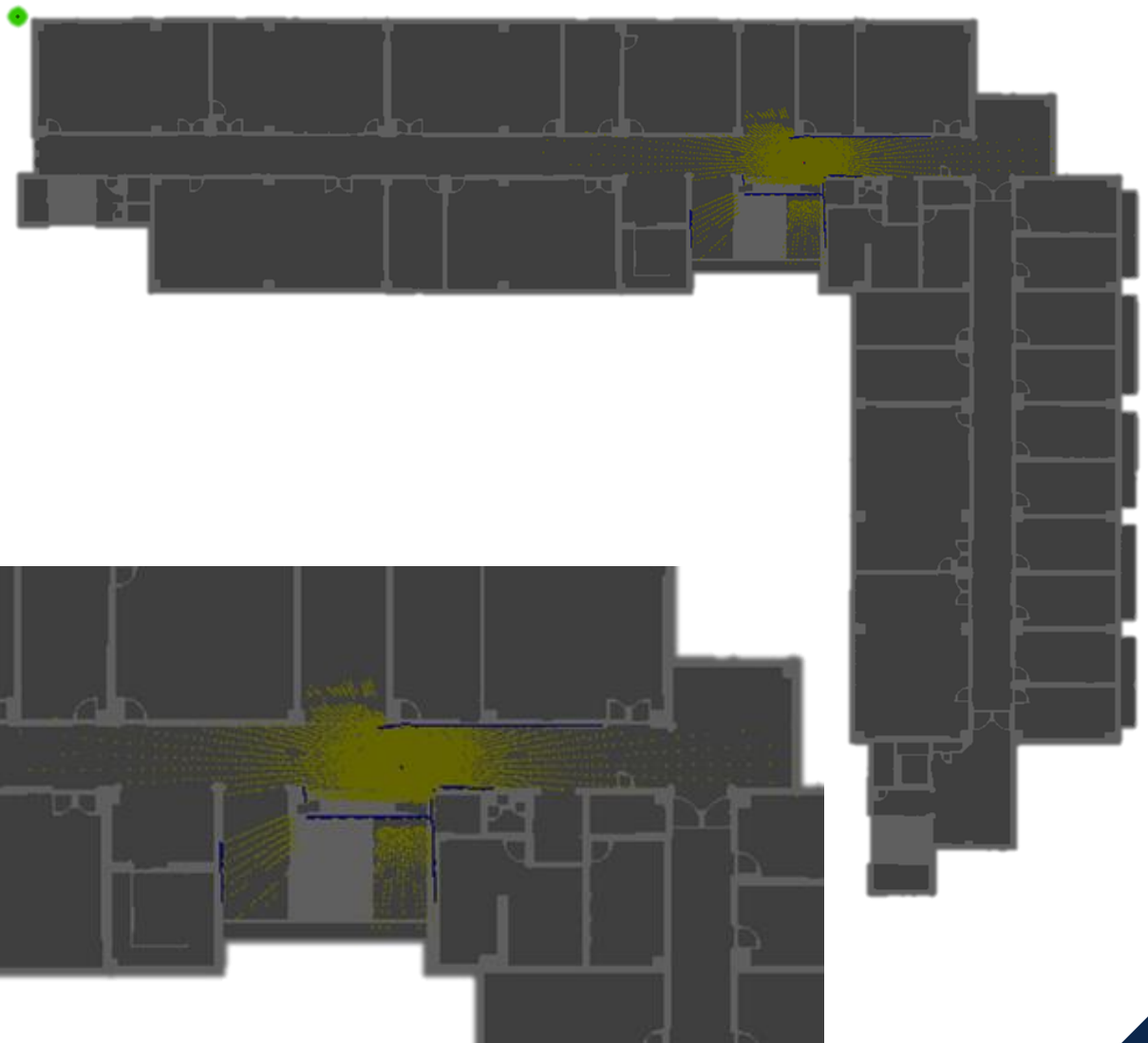
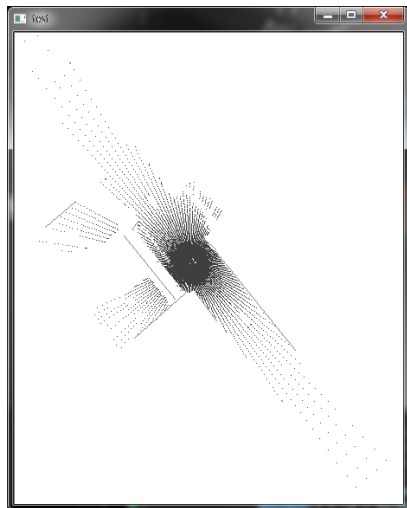
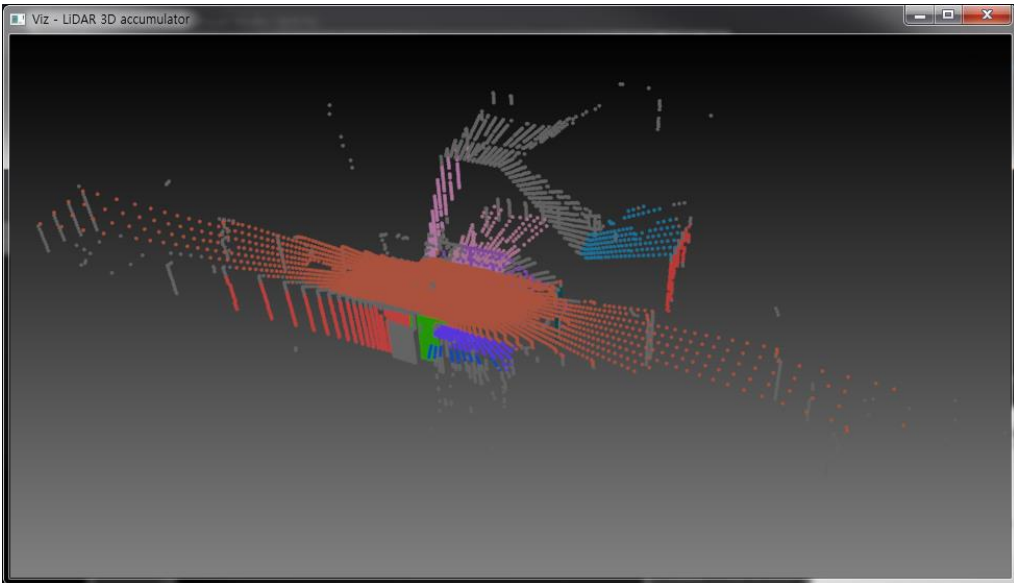
결과



결과



결과



향후 일정

1. 비슷한 공간의 경우를 어떻게 처리할 것인가
2. 실측 거리를 포함한 실험결과
3. 다른 장소에서 검증
4. 잘 안 되는 케이스 보완



Q & A

Sensors	Pros		Cons	
Stereo vision	Color info. Low cost Dense data	No movement necessary	High complexity Illumination/shade	Align problem
Mono vision				Temporal issue
ToF Camera	High precision	Fast acquisition	Expensive low resolution & working distance	
Radar	Low cost, large working distance		Low resolution & precision	
2D LiDAR	High precision Large working dist.	Moderate cost	Movement necessary	
3D LiDAR		No movement necessary	Expensive	