

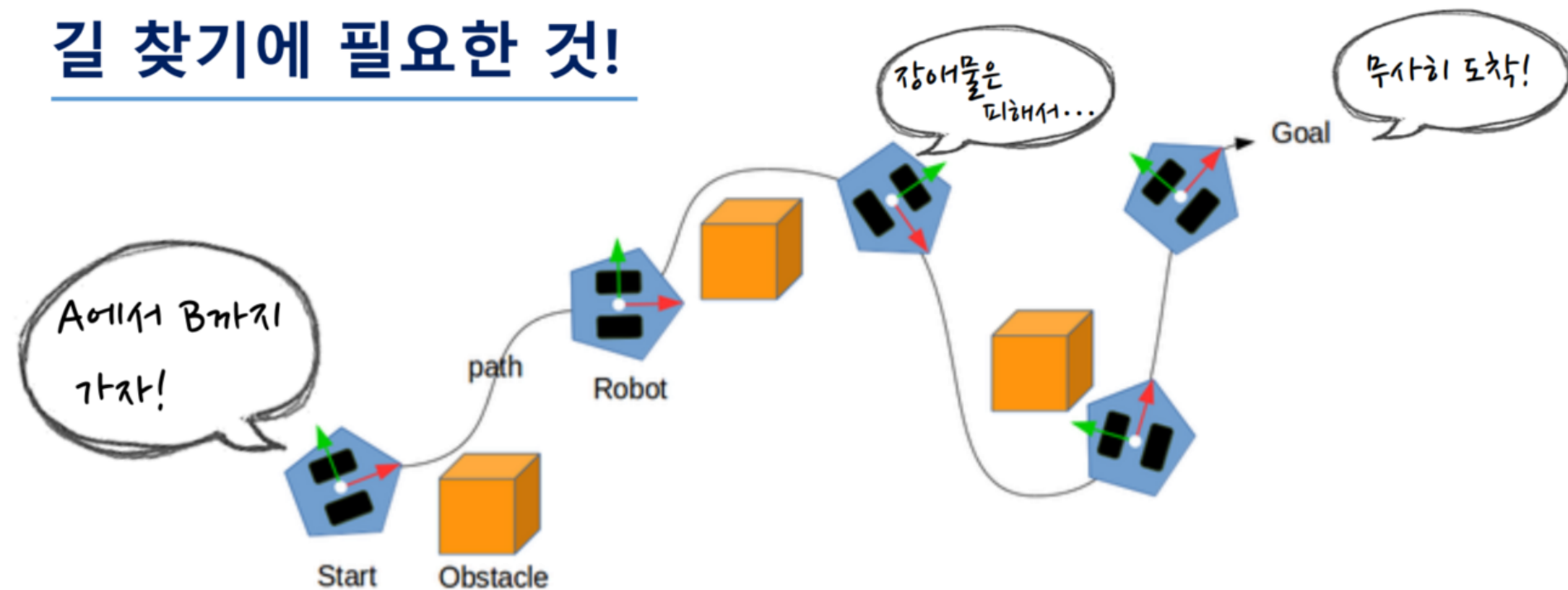


Turtlebot

길 찾기



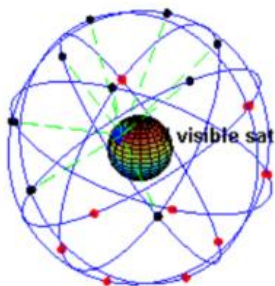
길 찾기에 필요한 것!



- ① **위치**: 로봇의 위치 계측/추정하는 기능
- ② **센싱**: 벽, 물체 등의 장애물의 계측하는 기능
- ③ **지도**: 길과 장애물 정보가 담긴 지도
- ④ **경로**: 목적지까지 최적 경로를 계산하고 주행하는 기능

① 위치: 로봇의 위치 계측/추정하는 기능

■ GPS (Global Positioning System)



- 오차
- 날씨
- 실외

■ Indoor Positioning Sensor

- Landmark (Color, IR Camera)
- Indoor GPS
- WiFi SLAM
- Beacon



Estimote (Beacon)



StarGazer



Vicon MX

② **센싱**: 벽, 물체 등의 장애물의 계측하는 기능

■ 거리센서

- LRF, 초음파센서, 적외선 거리센서(PSD)



■ 비전센서

- 스테레오 카메라, 모노 카메라, 전 방향 옴니 카메라

■ Depth camera

- SwissRanger, Kinect-2
- RealSense, Kinect, Xtion, Carmine(PrimeSense), Astra



③ 지도: 길과 장애물 정보가 담긴 지도



- 로봇은 길을 찾아가기 위해 **지도**가 필요하다!
- 지도
 - 도로와 같은 기반 시설의 경우 디지털 지도 OK!
 - 병원, 카페, 회사, 가정집의 지도?
 - 탐사, 붕괴된 위험지역의 지도?

▪ **지도?** 없으면 만들자!

▪ **SLAM**

(Simultaneous Localization And Mapping)

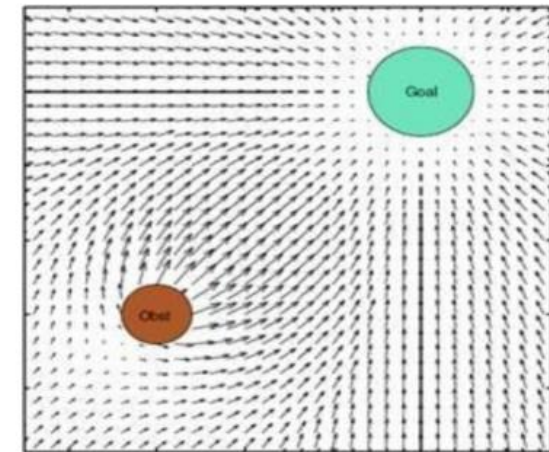
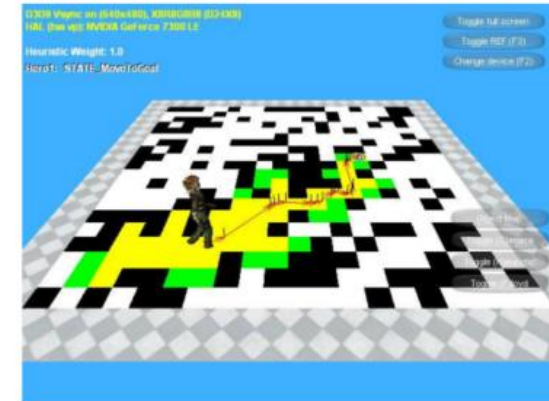
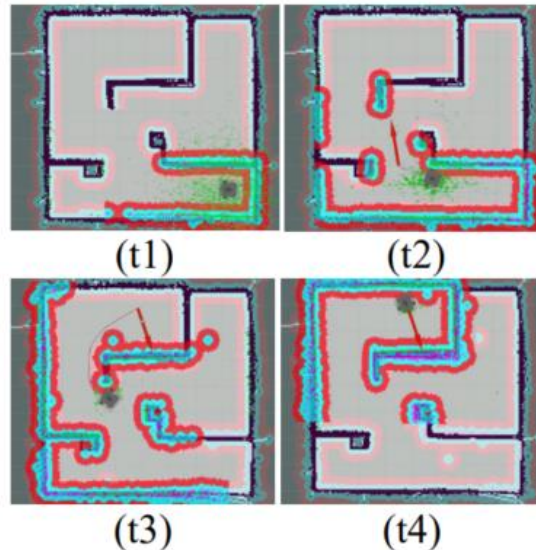
같이

여긴 어디?

지도 만들자

④ **경로**: 목적지까지 최적 경로를 계산하고 주행하는 기능

- 내비게이션(Navigation)
- 위치 추정 (Localization / Pose estimation)
- 경로 탐색/계획 (Path search and planning)
- Dynamic Window Approach (DWA)
- A* 알고리즘 (A Star)
- 포텐셜 장(Potential Field)
- 파티클 필터 (Particle Filter)
- 그래프 (Graph)



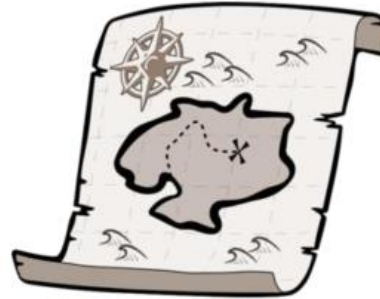
① 위치



② 센싱



③ 지도



④ 경로



위치 + 센싱 → 지도
SLAM

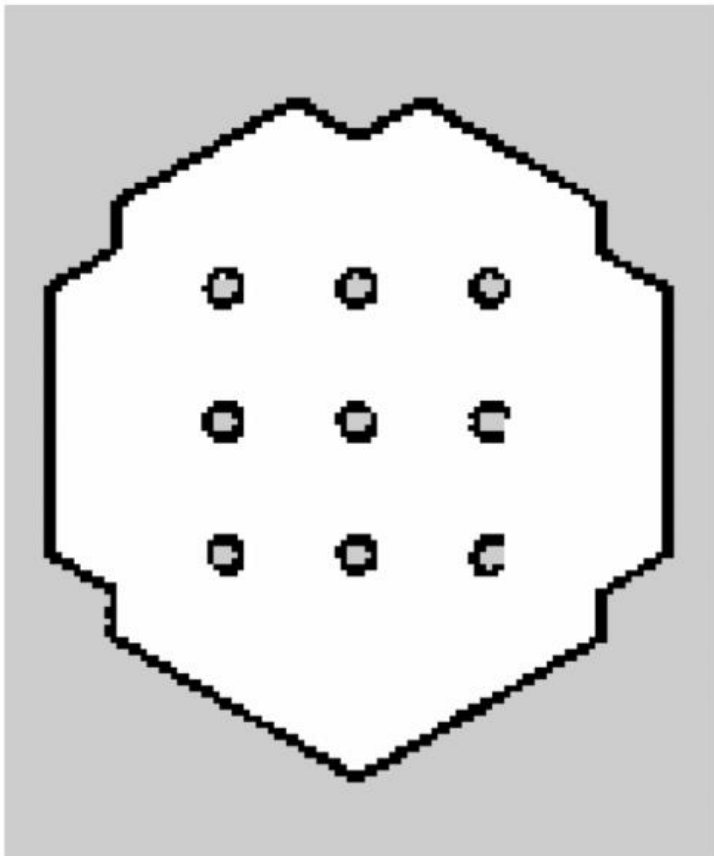
위치 + 센싱 + 지도 → 경로
Navigation

SLAM & Navigation

- SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)
 - 동시적 위치 추정 및 지도 작성
- Navigation
 - 차량 자동 항법 장치

지도 작성

• 완성된 지도



2차원 점유 격자 지도 (OGM, Occupancy Grid Map)

- 흰색 = 로봇이 이동 가능한 자유 영역 (free area)
- 흑색 = 로봇이 이동 불가능한 점유 영역 (occupied area)
- 회색 = 확인되지 않은 미지 영역 (unknown area)

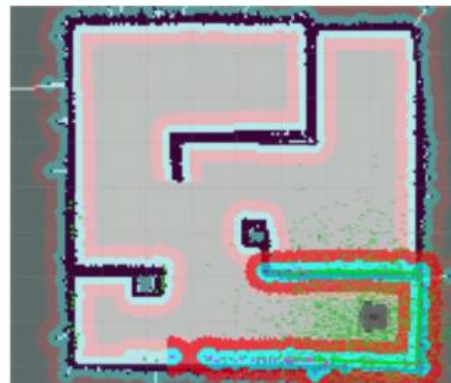


위치 추정(localization)

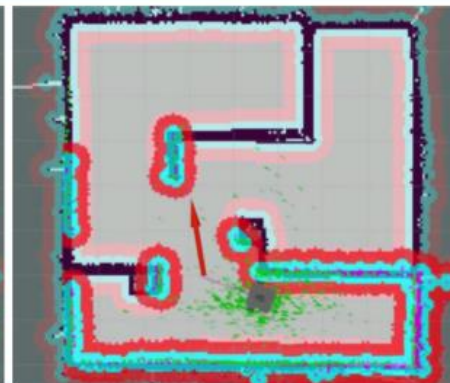
Kalman filter, Particle filter, Graph, Bundle adjustment

- 파티클 필터(Particle Filter)
- 파티클 필터는 시행 착오(try-and-error)법을 기반으로 한 시뮬레이션을 통하여 예측하는 기술으로 대상 시스템에 확률 분포로 임의로 생성된 추정값을 파티클(입자) 형태로 나타낸다.

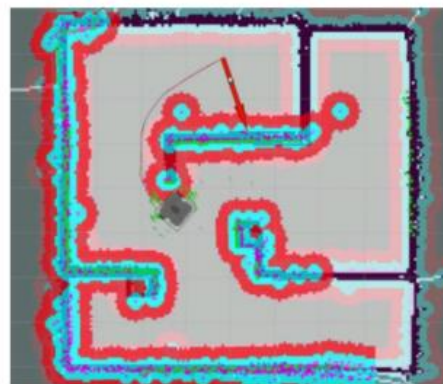
- 1) 초기화(initialization)
- 2) 예측(prediction)
- 3) 보정(update)
- 4) 위치 추정(pose estimation)
- 5) 재추출(Resampling)



(t1)



(t2)



(t3)



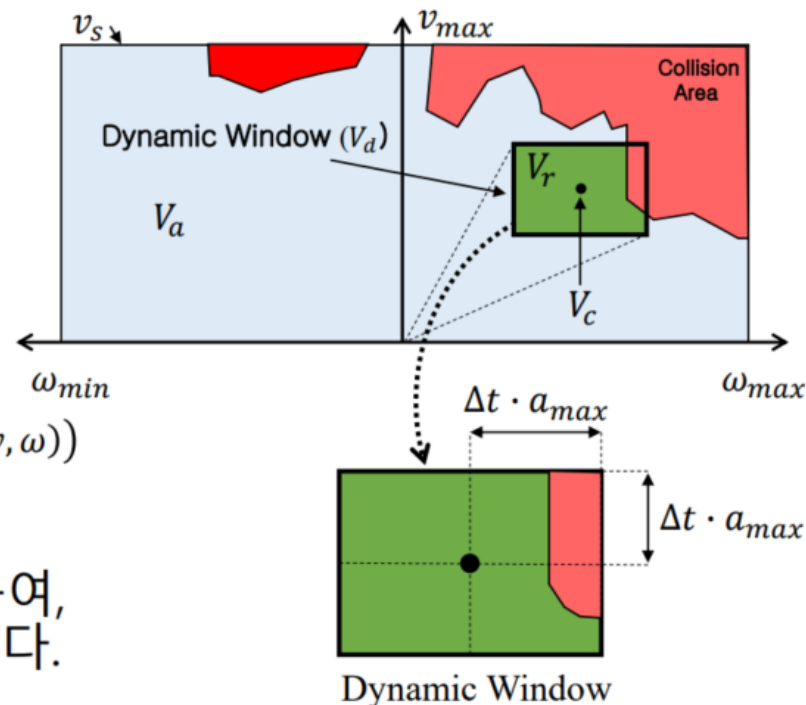
(t4)

DWA(Dynamic Window Approach

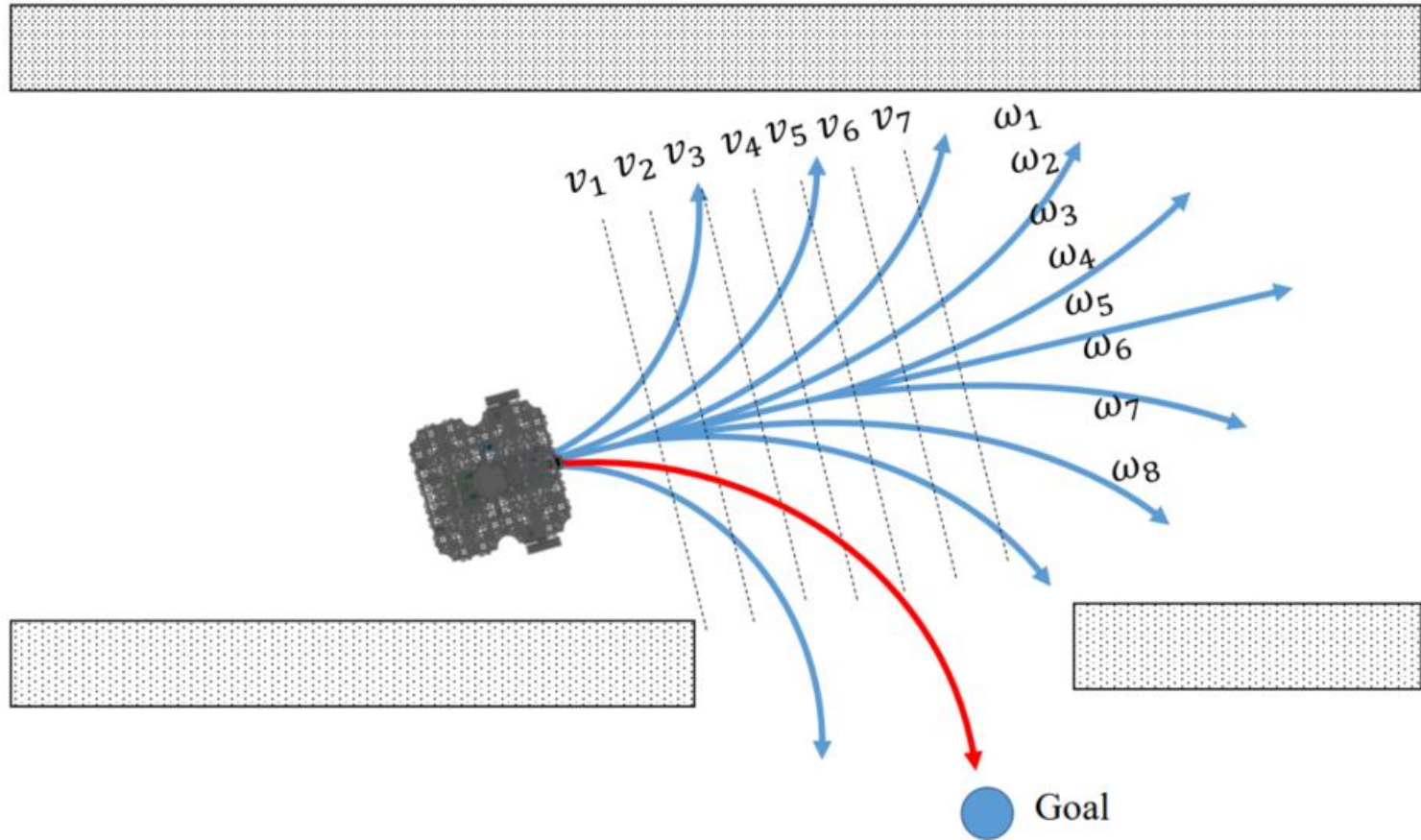
- **Dynamic Window Approach** (local plan에서 주로 사용)
- 로봇의 속도 탐색 영역(velocity search space)에서 로봇과 충돌 가능한 장애물을 회피하면서 목표점까지 빠르게 다다를 수 있는 속도를 선택하는 방법

- v (병진속도), ω (회전속도)
- V_s : 가능 속도 영역
- V_a : 허용 속도 영역
- V_r : 다이내믹 윈도우 안의 속도 영역
- $G(v, \omega) = \sigma(\alpha \cdot \text{heading}(v, \omega) + \beta \cdot \text{dist}(v, \omega) + \gamma \cdot \text{velocity}(v, \omega))$

- 목적함수 G 는 로봇의 방향, 속도, 충돌을 고려하여, 목적함수가 최대가 되는 속도 v, ω 를 구하게 된다.



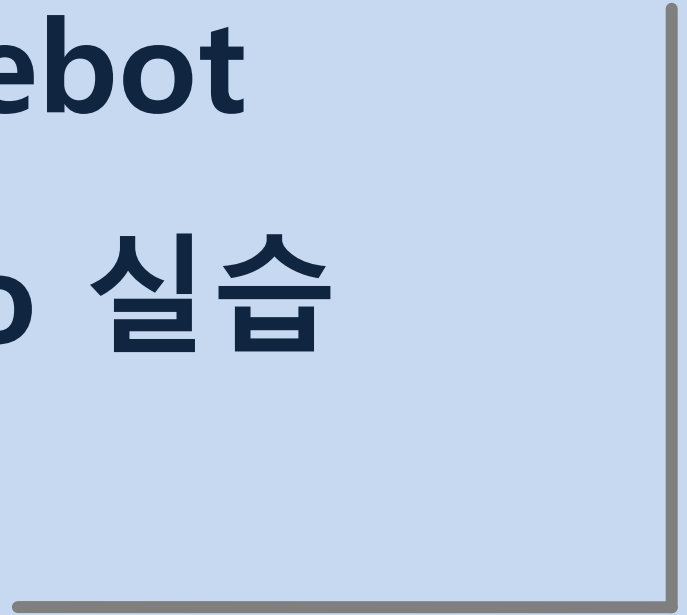
DWA





Turtlebot

gazebo 실습



배치파일 확인

- 배치파일 확인

```
$ code ~/.bashrc
```

```
export ROS_DOMAIN_ID=30
export TURTLEBOT3_MODEL=waffle_pi
export LDS_MODEL=LDS-02
source /opt/ros/foxy/setup.bash
source ~/Workspaces/ros2_ws/install/setup.bash
```

- 배치파일 적용

- 수정된 내용을 적용하려면 다음 명령어를 실행해야 함

```
$ source ~/.bashrc
```


Gazebo

- Gazebo : 3차원 시뮬레이터
 - 물리 엔진을 탑재, 로봇, 센서, 환경 모델 등을 지원
 - 실물 로봇 대신 시뮬레이션 환경을 구동해서 테스트 함

```
$ gazebo
```

- Turtlebot3 Gazebo 실행
 - 아래 코드를 처음 실행시 오래 걸림

```
$ ros2 launch turtlebot3_gazebo empty_world.launch.py
```

- turtlebot3_gazebo 설치가 안되어 있을 경우 설치

```
$ sudo apt update
```

```
$ sudo apt upgrade
```

```
$ sudo apt install ros-foxy-turtlebot3-gazebo
```

Turtlebot3 움직이기

- Turtlebot3 Gazebo 실행

```
$ ros2 launch turtlebot3_gazebo empty_world.launch.py
```

- Turtlebot3 teleop 키보드 실행
 - 아래 명령어를 실행한 창에 커서를 두고,
 - w키를 누르면 앞으로 가고, s키를 누르면 멈춘다.

```
$ ros2 run turtlebot3_teleop teleop_keyboard
```

- Turtlebot3 worlds 실행하기
 - /opt/ros/foxy/share/turtlebot3_gazebo/worlds에 있는 world들

```
$ ros2 launch turtlebot3_gazebo empty_world.launch.py  
$ ros2 launch turtlebot3_gazebo turtlebot3_world.launch.py  
$ ros2 launch turtlebot3_gazebo turtlebot3_house.launch.py
```

google cartographer

- [창1] Turtlebot3 Gazebo 실행

```
$ ros2 launch turtlebot3_gazebo turtlebot3_world.launch.py
```

- [창2] Turtlebot3 cartographer 실행
 - Robot의 환경에 대한 각 Pixel의 Occupancy Status(0~100 정수)
 - 흰색은 자유 공간, 0: 완전한 Free Space
 - 검은색은 점유 공간, 100: 완전한 Occupied Space
 - 회색은 미지의 공간, -1: Unknown Space
 - 시뮬레이션인 경우 use_sim_time:=True를 작성함

```
$ ros2 launch turtlebot3_cartographer  
cartographer.launch.py use_sim_time:=True
```

Turtlebot3 SLAM

- [창1] Turtlebot3 Gazebo 실행

```
$ ros2 launch turtlebot3_gazebo turtlebot3_world.launch.py
```

- [창2] Turtlebot3 cartographer 실행

```
$ ros2 launch turtlebot3_cartographer  
cartographer.launch.py use_sim_time:=True
```

- [창3] Turtlebot3 teleop 키보드 실행

```
$ ros2 run turtlebot3_teleop teleop_keyboard
```

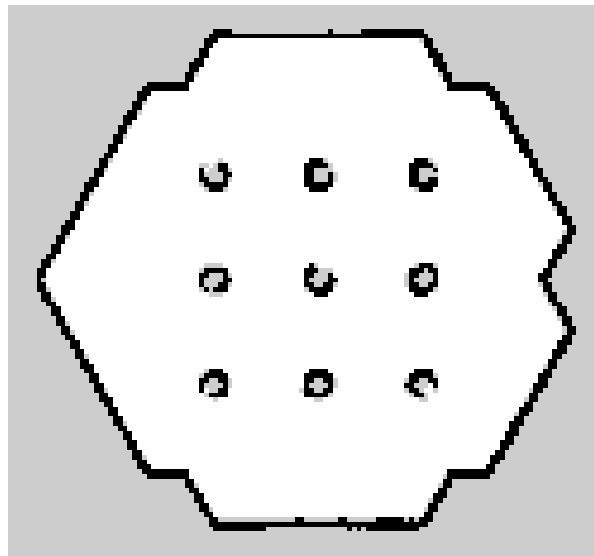
- [창4] 맵 저장

```
$ ros2 run nav2_map_server map_saver_cli -f ~/map
```

지도(Map)

- [파일1] ~/map.pgm

- PGM(Portable Gray Map)
- 흰색 - 자유 공간
- 검정색 - 점유된 공간
- 회색 - 미지의 공간



- [파일2] ~/map.yaml

- image: 생성된 Map의 위치
- mode: trinary 셀이 세 가지 상태 중 하나
- resolution: Map 해상도(meter / pixel)
- origin: Map의 좌측 하단 Pixel의 2D 좌표
- negate: Map의 색 결정
- occupied_thresh: 이 값보다 크면 Occupied
- free_thresh: 이 값보다 크면 Free Space

```
image: map.pgm
mode: trinary
resolution: 0.05
origin: [-1.25, -2.41, 0]
negate: 0
occupied_thresh: 0.65
free_thresh: 0.25
```

Turtlebot3 Navigation

- [창1] Turtlebot3 Gazebo 실행

```
$ ros2 launch turtlebot3_gazebo turtlebot3_world.launch.py
```

- [창2] Turtlebot3 navigation2 실행

- 아래 코드 실행시 새로운 창인 Rviz(3차원 시각화 툴)가 열림
- Rviz는 레이저, 카메라 등의 센서 데이터를 시각화 함
- use_sim_time:=True 는 시뮬레이션 실행시 작성해야 함
- map의 위치 작성시 '~' 대신 '\$HOME'으로 작성해야 함

```
$ ros2 launch turtlebot3_navigation2 navigation2.  
launch.py use_sim_time:=True map:=$HOME/map.yaml
```

- [창3] Turtlebot3 teleop 키보드 실행

```
$ ros2 run turtlebot3_teleop teleop_keyboard
```


Turtlebot3 Rviz

■ 위치 추정

- Rviz 메뉴에서 [2D Pose Estimate] 버튼 클릭
- 초기 Pose 추정: 로봇의 현재 위치(클릭) & 화살표 방향 설정(드래그 앤 드롭)
- 보정(update) & 위치 추정(pose estimation): teleop 실행 후, 이동하며 확률이 수렴하는 것 확인
 - Particle filter: 시행착오법을 기반으로 한 시뮬레이션을 통하여 확률 분포로 임의로 생성된 추정값을 파티클(입자)로 나타냄
- 위치 추정이 끝나면 teleop 종료

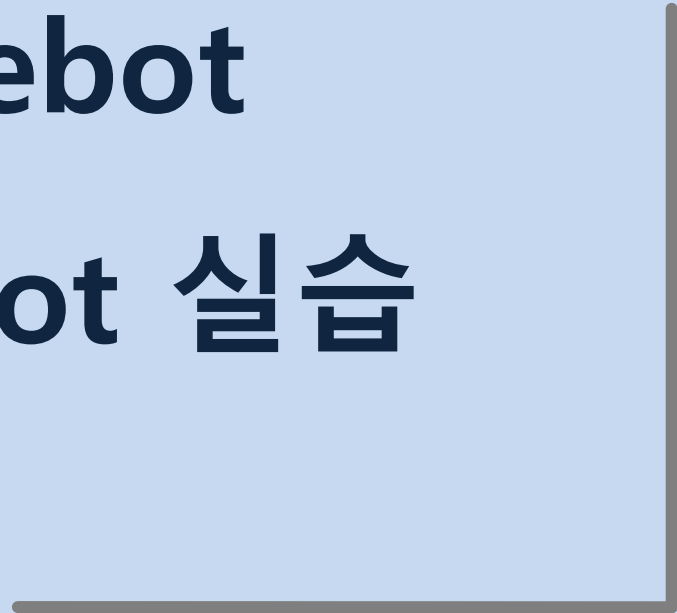
■ 탐색 목표 설정

- Rviz 메뉴에서 [Navigation2 Goal] 버튼 클릭
- 지도를 클릭하여 로봇의 목적지를 설정
- 녹색 화살표를 로봇이 향하는 방향으로 드래그



Turtlebot

real robot 실습



Bringup

- Remote PC의 터미널(Ctrl+Alt+T) 열기

```
$ ssh ubuntu@192.168.1.30
```

- Bring up 실행
 - TurtleBot3의 모든 장치들을 구동함
 - 터미널에 'Run!'이 출력되면 Bringup 성공

```
$ ros2 launch turtlebot3_bringup robot.launch.py
```

Turtlebot3 SLAM

- [창1] Turtlebot3 Bringup 실행

```
$ ssh ubuntu@192.168.1.30  
$ ros2 launch turtlebot3_bringup robot.launch.py
```

- [창2] Turtlebot3 cartographer 실행

```
$ ros2 launch turtlebot3_cartographer  
cartographer.launch.py
```

- [창3] Turtlebot3 teleop 키보드 실행

```
$ ros2 run turtlebot3_teleop teleop_keyboard
```

- [창4] 맵 저장

```
$ ros2 run nav2_map_server map_saver_cli -f ~/map
```

Turtlebot3 Navigation

- [창1] Turtlebot3 Gazebo 실행

```
$ ssh ubuntu@192.168.1.30  
$ ros2 launch turtlebot3_bringup robot.launch.py
```

- [창2] Turtlebot3 navigation2 실행
 - map의 위치 작성시 '~' 대신 '\$HOME'으로 작성해야 함

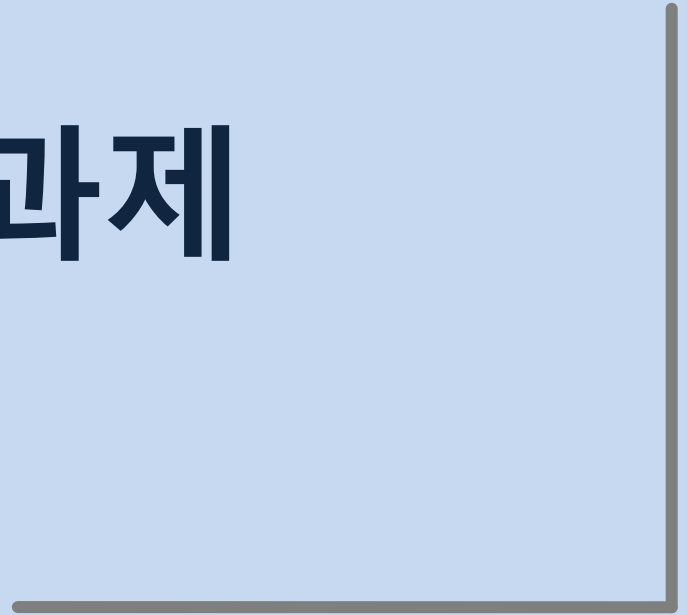
```
$ ros2 launch turtlebot3_navigation2 navigation2.  
launch.py map:=$HOME/map.yaml
```

- [창3] Turtlebot3 teleop 키보드 실행

```
$ ros2 run turtlebot3_teleop teleop_keyboard
```



실습 과제



TurtleBot3 SLAM

과제 1

TurtleBot3를 시뮬레이션환경에서 SLAM으로 지도를 만들기
turtlebot3_house의 지도를 만들고, 지도를 만드는 과정 캡처와
완성된 지도 파일을 제출하시오.

```
$ ros2 launch turtlebot3_gazebo turtlebot3_house.launch.py
```



TurtleBot3 Navigation

과제2

TurtleBot3를 시뮬레이션환경에서 Navigation 목표로 이동하기
turtlebot3_house의 지도를 기반으로 내비를 따라 목적지로 이동함
이동하는 장면을 캡처한 이미지를 제출하시오.

```
$ ros2 launch turtlebot3_gazebo turtlebot3_house.launch.py
```

