

이동로봇 류토리얼

1강

Nav2 Architecture & Lifecycle

목차



01 강의 개요

02 ROS1 vs ROS2

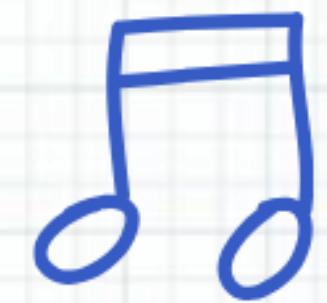
03 Nav2 컴포넌트 (1)

04 Nav2 컴포넌트 (2)

05 데이터 파이프라인

06 Lifecycle 구조





강의 개요



Nav2 프레임워크 소개

- Nav2는 ROS2 기반 모바일 로봇 내비게이션 프레임워크
 - 모듈화된 구조와 Lifecycle 관리 방식이 특징
 - Behavior Tree 기반으로 로봇 동작을 제어
 - 산업 환경에서 안정성과 확장성을 제공
-
- 이번 강의에서는 Nav2의 전체 아키텍처를 이해한다
 - Lifecycle 노드 관리 방식을 심도 있게 살펴본다
 - 이 이해는 이후 강의(2~4강)의 기반이 된다
 - Behavior Tree, 플러그인 튜닝, 시뮬레이션 실습 준비

■ ROS1 vs ROS2 Navigation

ROS1 move_base

- 단일 노드 구조로 설계
- 모든 기능이 하나의 노드에 통합
- 장애 발생 시 전체 스택 다운
- 확장성 제한적
- 코드 복잡도 증가
- 테스트 어려움
- 부분 기능 교체 불가능
- 단순한 구조로 초기 설정 용이

ROS2 Nav2

- 모듈화된 다중 노드 구조
- 기능별 독립 노드로 분리
- 장애 발생 시 부분 복구 가능
- 높은 확장성
- 플러그인 기반 구조
- 테스트 용이성 향상
- 부분 기능 교체 가능
- Lifecycle 관리로 안정성 향상

■ Nav2 주요 컴포넌트 (1)

Planner Server

- 전역 경로 계획 담당
- A*, Dijkstra 등 알고리즘 제공

Controller Server

- 로컬 제어 담당
- 경로 추종 알고리즘 실행
- cmd_vel 토픽 발행
- DWB, RPP, MPPI 등 다양한 플러그인

Behavior Server

- 복구 동작 수행
- Spin
- BackUp
- DriveOnHeading
- Wait

Recovery

- 문제 상황 대응
- 장애물 회피
- 경로 재계획
- 안전 정지

Costmap Server

- 전역/지역 맵 생성
- 장애물 정보 관리
- 센서 데이터 통합

Smoother Server

- 경로의 꺾임과 진동을 최소화
- 다양한 Smoothing 알고리즘 적용
- 컨트롤러 서버용 최적 경로 제공

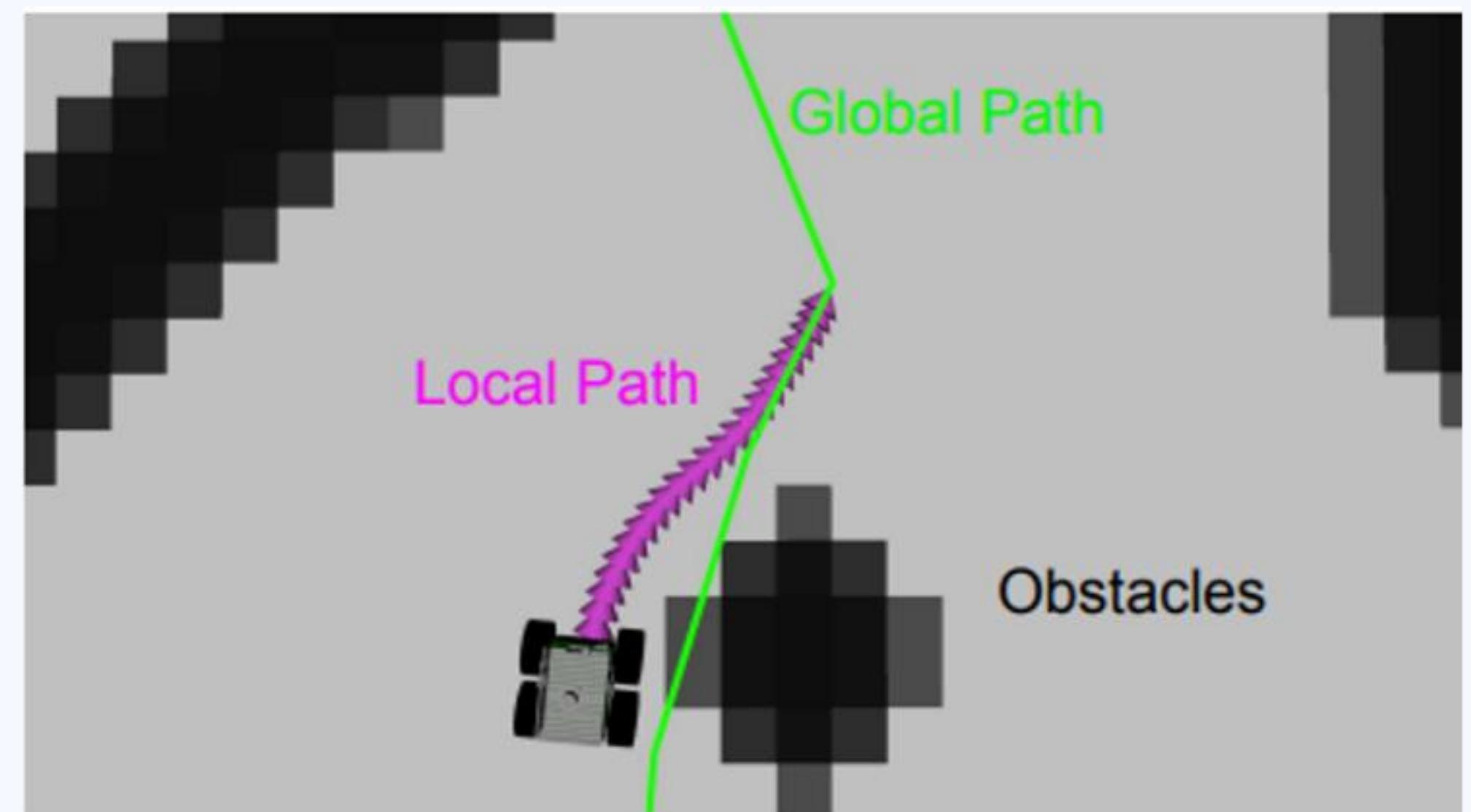
■ Nav2 주요 컴포넌트 (1-1)

Global Planner (Planner Server)

- 목표까지의 전체 경로를 대략적으로 생성
- 미지 영역은 이동 가능하다고 낙관적으로 가정
- 경로 재계획 빈도가 낮음

Local Planner (Controller Server)

- 주변 장애물 실시간 회피
- 실제 제어기가 수행할 수 있는 경로 계산
- 경로 재계획 빈도가 높음



■ Nav2 주요 컴포넌트 (2)

BT Navigator

- 상위 목표 관리
- Behavior Tree 기반 동작
- 전체 내비게이션 흐름 제어
- 다양한 행동 조합 가능
- 복잡한 시나리오 처리

Map Server

- 지도 데이터 제공
- 다양한 맵 포맷 지원
- 맵 메타데이터 관리
- 효율적인 맵 로딩
- 맵 변환 기능

Lifecycle Manager

- 전체 노드 상태 제어
- 순차적 노드 활성화
- Bond로 노드 모니터링
- 장애 감지 및 복구
- 안전한 종료 관리

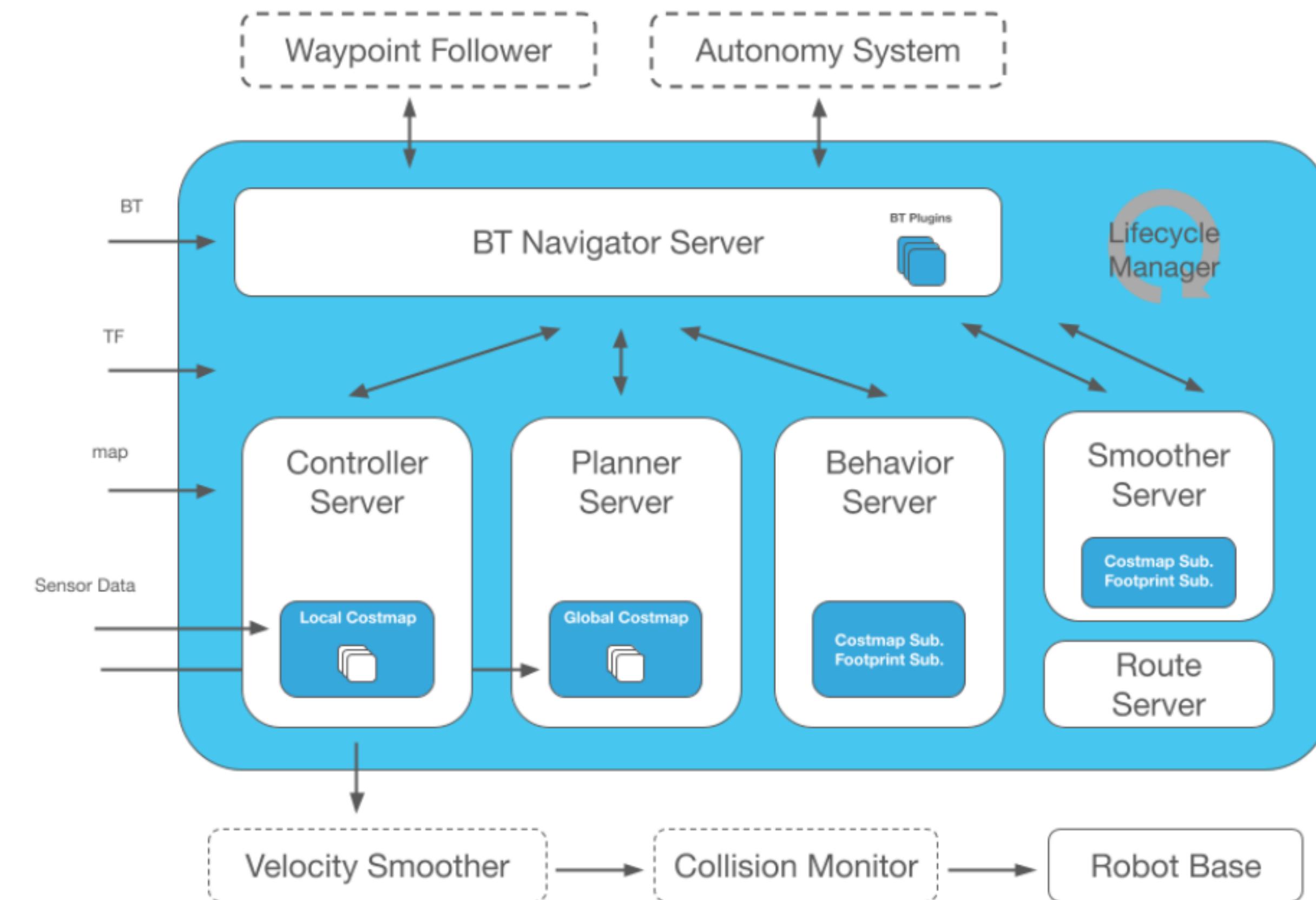
AMCL/SLAM

- 로봇 위치 추정
- 파티클 필터 기반 위치 인식
- 지도 생성(SLAM)
- 센서 데이터 처리
- 위치 불확실성 관리

■ Nav2 주요 컴포넌트 (2-1)

Nav2 파이프 라인 Overview

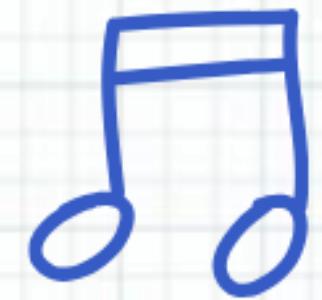
1. 목표 수신 → Planner Server가 전 역 경로 생성 → Smoother Server로 경로 최적화
2. Controller Server가 지역 경로 계획 및 cmd_vel 발행 → 실시간 장애물 회피
3. 실패 시 Behavior Server의 복구 동작 실행 → 목표 도달까지 반복



데이터 파이프라인

Nav2의 데이터 흐름 구조와 처리 과정

Step 1 입력 데이터	Step 2 처리 과정	Step 3 출력 결과	Step 4 데이터 모니터링
<ul style="list-style-type: none">- 센서 데이터: /scan (LiDAR)- 위치 정보: /odom, TF- 환경 정보: Map Server- 목표 위치: NavigateToPose	<ul style="list-style-type: none">- Costmap 생성 (장애물 지도)- Planner (전역 경로 계획)- Controller (로컬 경로 추종)- Behavior Tree (전체 조율)	<ul style="list-style-type: none">- /cmd_vel 속도 명령- NavigateToPose 액션 피드백- 경로 시각화 (RViz)- 상태 메시지 (로그)	<ul style="list-style-type: none">- 액션 서버 상태 확인- 노드 상태 모니터링- 실시간 경로 추적- 디버깅 정보 수집



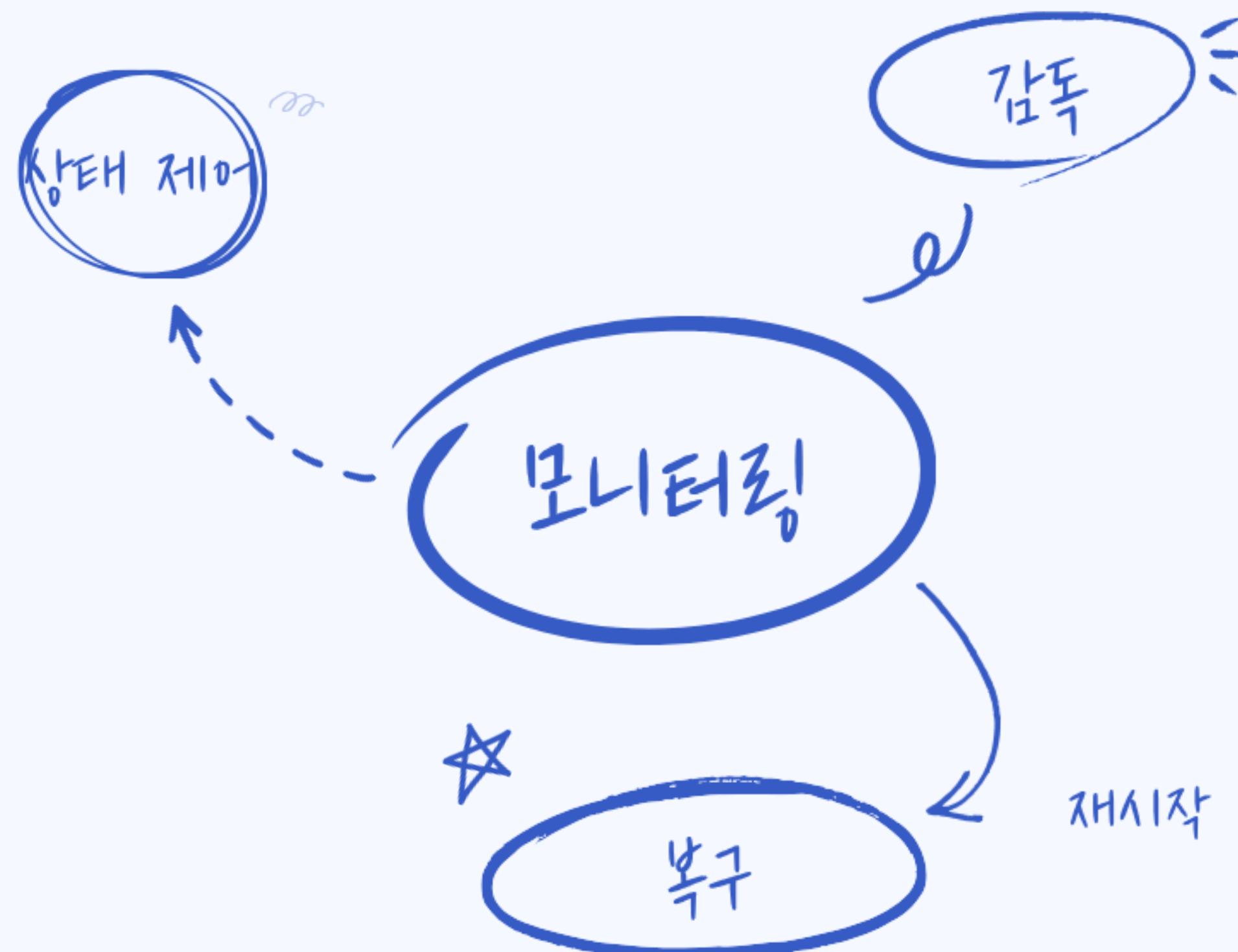
Lifecycle Node



ROS2의 관리형 노드 모델

- Lifecycle Node는 ROS2의 핵심 기능으로, 노드의 상태를 명확하게 관리
- 기존 ROS1과 달리 노드는 단순히 실행되는 것이 아니라 정의된 상태 전이 과정을 따름
- 주요 상태는 Unconfigured, Inactive, Active, Finalized이며, 각 상태 간 전환은 `configure()`, `activate()`, `deactivate()`, `cleanup()` 함수를 통해 이루어짐
- 이를 통해 자원 할당과 해제 시점을 명확히 제어할 수 있음
- Nav2에서는 모든 주요 컴포넌트가 Lifecycle Node로 구현됨
- 예를 들어 Controller Server는 activate 상태에서만 `/cmd_vel`을 발행하므로, inactive 상태에서는 로봇이 의도치 않게 움직이지 않는다
- 또한 각 노드는 상태 전이 시 필요한 자원을 할당하거나 해제하여 시스템 안정성을 높임
- 이러한 구조는 복잡한 내비게이션 스택의 초기화 순서와 종료 과정을 체계적으로 관리

Lifecycle Manager



✓ Nav2 노드 관리자

- Nav2의 '오케스트라 지휘자' 역할
- 여러 Lifecycle Node를 일괄 제어
- nav2_bringup 패키지의 핵심 컴포넌트
- 노드 상태 전이 순서 관리
- configure → activate 순차 실행
- Bond 메커니즘으로 노드 상태 모니터링
- 응답 없는 노드 감지 및 안전 조치 수행



실제 복구 시나리오

문제 발생

- Controller Server 충돌 발생
- 예상치 못한 예외 상황 발생
- 메모리 누수 또는 계산 오류
- 하드웨어 통신 문제

감지 및 진단

- Lifecycle Manager가 Bond를 통해 감지
- 응답 없는 노드 식별
- 상태 진단 및 로깅
- 복구 전략 결정

복구 프로세스

- 해당 노드만 deactivate 실행
- cleanup → configure 상태 전이
 - activate로 노드 재시작
- 전체 시스템 재시작 없음

장점

- 전체 스택 다운 방지
- 빠른 복구 시간 (수 초 내)
- 다른 모듈 영향 최소화
- 산업 환경에서 다운타임 감소

■ Nav2 Bringup

여러 내비게이션 핵심 노드를 한 번에 실행하고 통합적으로 관리하는 ROS2 기반의 공식 패키지

주요 구성 요소

- nav2_bringup 패키지로 모든 노드 일괄 실행
 - Map Server: 지도 제공
 - AMCL/SLAM: 위치 추정
 - Planner Server: 전역 경로 계획
 - Controller Server: 로컬 경로 추종
- BT Navigator: 행동 트리 기반 목표 관리
- Behavior Server: 복구 행동 실행
- Lifecycle Manager: 전체 노드 상태 관리

RViz 통합 패널

- Navigation2 패널 제공
- Startup 버튼: 모든 노드 활성화
- Navigation2 Goal: 목표점 지정
- Cancel 버튼: 현재 작업 중단
- 실시간 상태 모니터링
- 경로 및 Costmap 시각화
- 파라미터 조정 인터페이스
- 직관적인 사용자 경험 제공

요약 & 다음 강의

- Nav2는 ROS2 기반 내비게이션 프레임워크로 주요 기능을 모듈화하여 확장성과 신뢰성 향상
- 각 노드는 Lifecycle 관리로 상태 제어와 부분 복구가 가능하며, 전체 실행은 `nav2_bringup` 패키지로 통합
- 센서 입력부터 지도 생성, 경로 계획·추종, 행동 트리 기반 의사결정까지 데이터 흐름이 유연하게 연결
- 다음 강의: Behavior Tree & BT Navigator