EasyNav: un sistema de navegación flexible y modular para ROS 2

Francisco Martín Rico, Francisco Miguel Moreno Olivo, Juan Carlos Manzanares Serrano, José Miguel Guerrero Hernández, Juan Sebastián Cely Gutiérrez, Esther Aguado, Francisco José Romero Ramírez y Juan Diego Peña

CORESENSE

Intelligent Robotics Lab

Universidad Rey Juan Carlos

Contenido

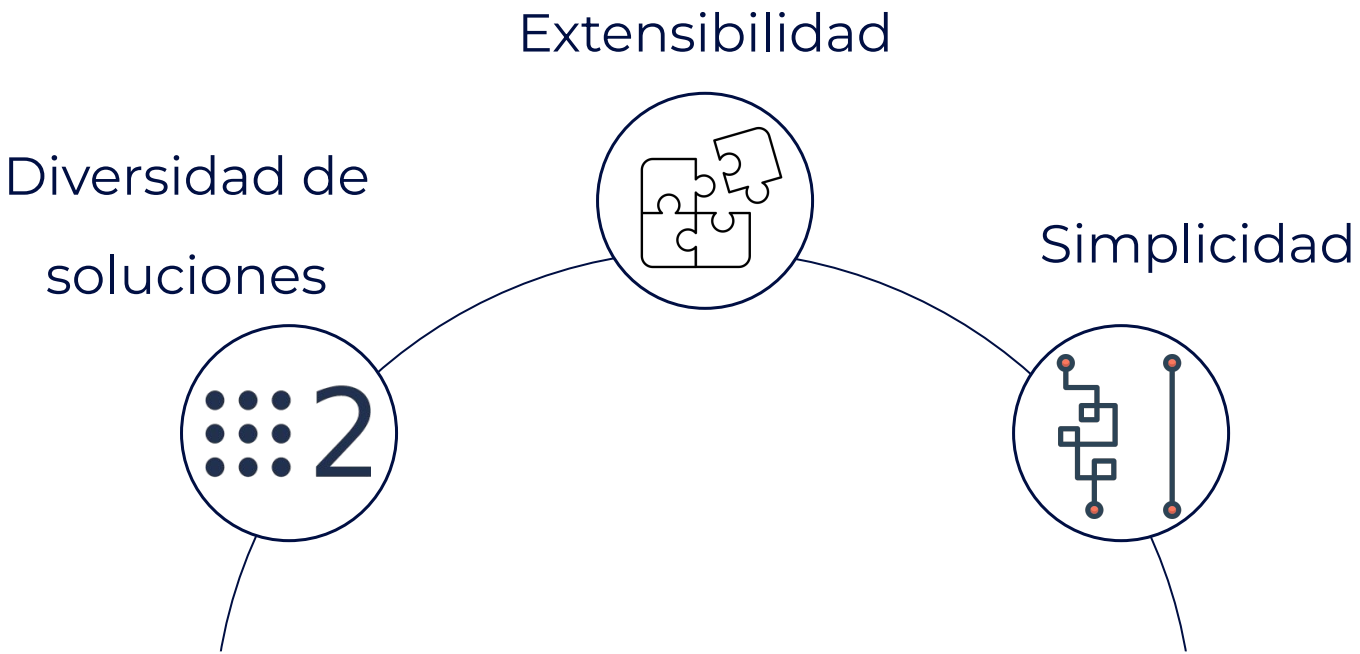
- Motivación y criterios de diseño
- Arquitectura
  - Estructura de datos: NavState
  - Modelo de ejecución
  - Modularidad: Estructura de un plugin
  - Gestor de objetivos
- **Ejercicios**: Navegación en interiores
  1. Lanzamiento con configuración básica
  2. Desarrollo de un Plugin
  3. Gestión de objetivos: Patrolling

Contenido

- Nueva representación: NavMap
- **Caso de uso**: Uso de las representaciones en exteriores
- **Ejercicios**: Uso de NavMap y Bonxai

4. Localización en NavMap y visualización en Bonxai

Alternativa a Nav2



Easy Nav

Intelligent Robotics Lab

Diseño

1

Flexibilidad

- **Representación variable:** costmaps, superficies navegables, octomap, etc.
- **Diseño modular**: funcionalidad por **plugins** combinables y extensibles.

2

Determinismo

- Sincronía por llamadas directas a **funciones**: predecibilidad y baja latencia.
- Procesado en **tiempo real**: baja latencia percepción - acción.

3

Simplicidad

- **Ligero** y **fácil** de desplegar: solo un nodo y un archivo de parámetros.
- **Simulación** lista para usar: amplia disponibilidad de PlayGrounds con **distintos robots** y **entornos**.

Easy Nav

Intelligent Robotics Lab

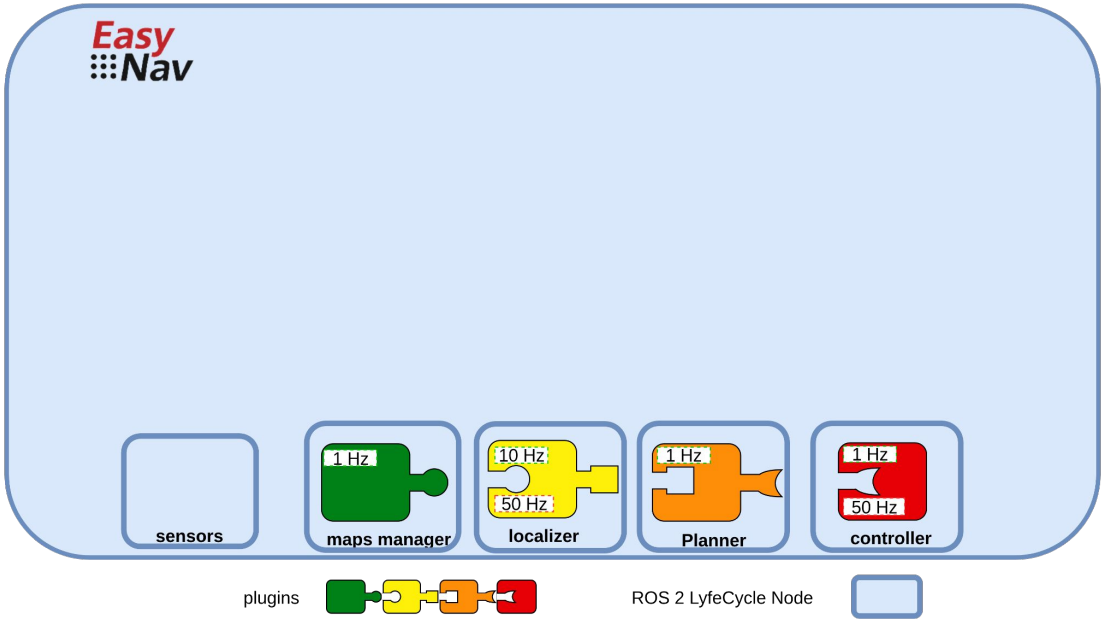
EasyNav vs Nav2

Aspecto	EasyNav	Nav2
Representación	Agnóstico de la representación. Disponible para **2D** y **3D** (combinable)	Principalmente limitada a **costmaps** 2D
Modelo de ejecución	Dos hilos (tiempo real, no tiempo real) con llamadas explícitas a los plugins	Controlado por un **BT** y **ROS 2 Actions**
Comunicación	Comunicación **interna** vía blackboard, comunicación **externa** vía ROS 2 topics	**Interfaces** ROS 2 (topics y actions)
Modularidad	**Alta**: plugins alternativos conectados internamente	**Alta**: plugins alternativos conectados vía BT
Tiempo real	Optimizado para **baja latencia** y **ejecución** en **tiempo real**	Solo el controlador es en tiempo real, **sincronización** vía **acciones**
Facilidad de despliegue	Muy **ligero**: un solo binario + archivo de parámetros	**Múltiples nodos** y archivos de lanzamiento **interconectados**
Madurez y comunidad	**Nuevo**, en desarrollo **activo** por URJC	**Muy maduro**. Ampliamente **adoptado** en la comunidad

Arquitectura

Un **nodo principal** (ROS 2 Lifecycle) que **coordina cinco** nodos subordinados:

- Gestión **sensorial**
- Gestión de **mapas**
- **Localización**
- **Planificador** de rutas
- **Control**

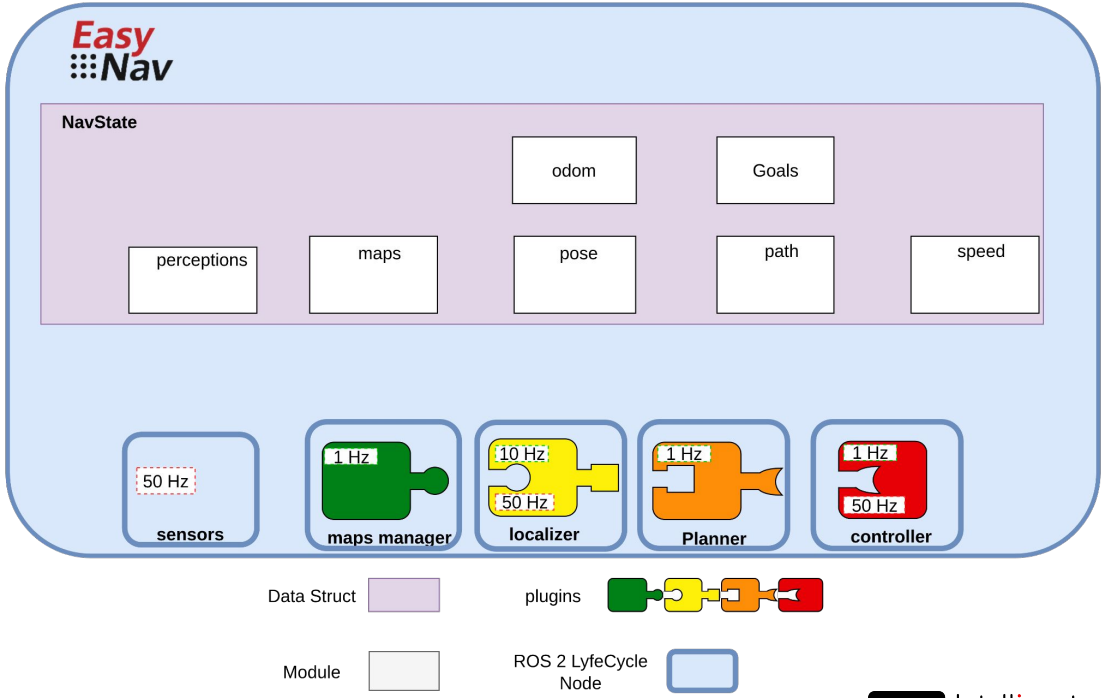


Easy Nav

Intelligent Robotics Lab

Estructura de datos

- **NavState**: Pizarra compartida
  - Información perceptual
  - Posición estimada del robot
  - Mapa
  - Comandos de velocidad
  - Objetivo de navegación actual
  - Diagnóstico



Easy Nav

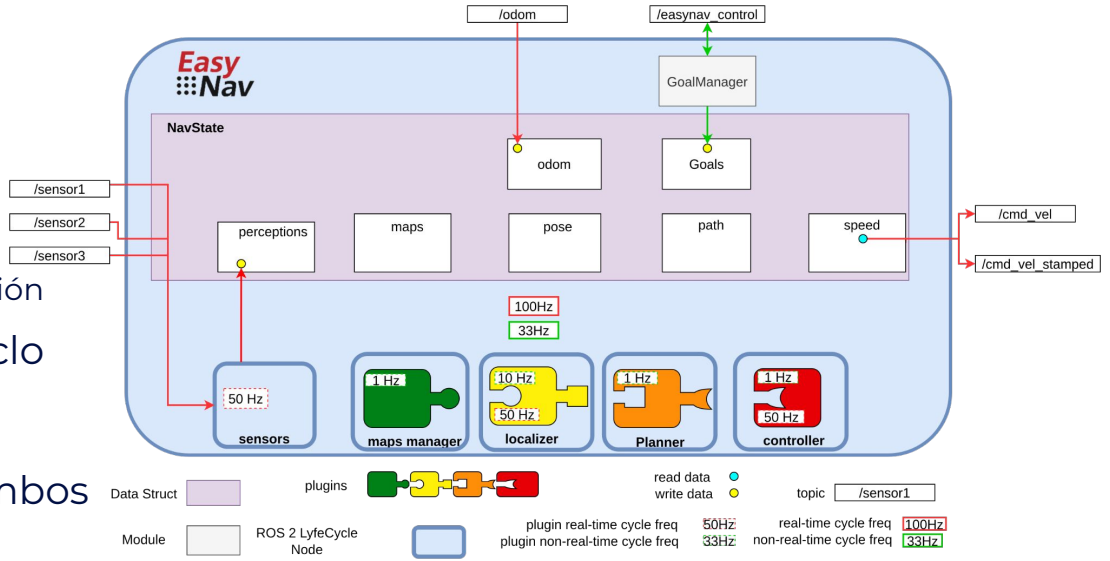
Intelligent Robotics Lab

Modelo de ejecución

- Dos ciclos de control
  - Tiempo real:

    percepción - posición - velocidad
  - Fuera de tiempo real:

    mapa - corrección localización - planificación
- Nueva **percepción** desencadena ciclo tiempo real
- Frecuencias **parametrizables** en ambos ciclos

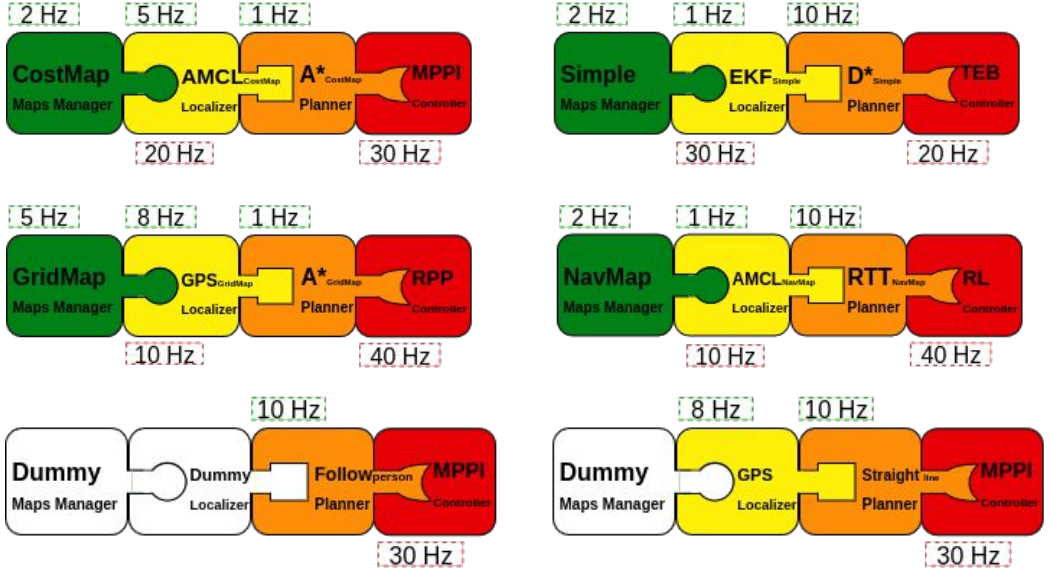


Easy Nav

Intelligent Robotics Lab

Plugins

- Diferentes **combinaciones** de componentes EasyNav
- Importante: asegurar **compatibilidad** entre plugins
  - Representación
  - Plugins independientes
  - Dummy plugins



Easy Nav

Intelligent Robotics Lab

Plugins: Configuración

```yaml
system_node:
  ros__parameters:
    use_sim_time: true
    position_tolerance: 0.1
    angle_tolerance: 0.05
```

Plugins: Configuración

```yaml
maps_manager_node:
  ros__parameters:
    use_sim_time: true
    map_types: [simple]
    simple:
      freq: 10.0
      plugin: easynav_simple_maps_manager/SimpleMapsManager
      package: easynav_indoor_testcase
      map_path_file: maps/home.map

planner_node:
  ros__parameters:
    use_sim_time: true
    planner_types: [simple]
    simple:
      freq: 0.5
      plugin: easynav_simple_planner/SimplePlanner
      robot_radius: 0.3

sensors_node:
  ros__parameters:
    use_sim_time: true
    forget_time: 0.5
    sensors: [laser1]
    perception_default_frame: odom
    laser1:
      topic: /scan_raw
      type: sensor_msgs/msg/LaserScan
      group: points
```

```yaml
controller_node:
  ros__parameters:
    use_sim_time: true
    controller_types: [simple]
    simple:
      rt_freq: 30.0
      plugin: easynav_simple_controller/SimpleController
      max_linear_speed: 0.6
      max_angular_speed: 1.0
      look_ahead_dist: 0.2
      k_rot: 0.5

localizer_node:
  ros__parameters:
    use_sim_time: true
    localizer_types: [simple]
    simple:
      rt_freq: 50.0
      freq: 5.0
      reseed_freq: 1.0
      plugin: easynav_simple_localizer/AMCLLocalizer
      num_particles: 100
      noise_translation: 0.05
      noise_rotation: 0.1
      noise_translation_to_rotation: 0.1
      initial_pose:
        x: 0.0
        y: 0.0
        yaw: 0.0
        std_dev_xy: 0.1
        std_dev_yaw: 0.01
```

Intelligent Robotics Lab

Plugins: Dummy

```yaml
maps_manager_node:
  ros__parameters:
    use_sim_time: true
    map_types: [costmap]
    costmap:
      freq: 10.0
      plugin: easynav_costmap_maps_manager/CostmapMapsManager
      package: my_maps_pkg
      map_path_file: maps/office.yaml
```

```yaml
sensors_node:
  ros__parameters:
    use_sim_time: true
    forget_time: 0.5
    sensors: [laser1]
    perception_default_frame: odom
    laser1:
      topic: /scan_raw
      type: sensor_msgs/msg/LaserScan
      group: points

system_node:
  ros__parameters:
    use_sim_time: true
    position_tolerance: 0.1
    angle_tolerance: 0.05
```

```yaml
controller_node:
  ros__parameters:
    use_sim_time: true
    controller_types: [dummy]
    dummy:
      rt_freq: 30.0
      plugin: easynav_controller/DummyController
      cycle_time_nort: 0.01
      cycle_time_rt: 0.001

localizer_node:
  ros__parameters:
    use_sim_time: true
    localizer_types: [dummy]
    dummy:
      rt_freq: 50.0
      freq: 5.0
      reseed_freq: 0.1
      plugin: easynav_localizer/DummyLocalizer
      cycle_time_nort: 0.01
      cycle_time_rt: 0.001

planner_node:
  ros__parameters:
    use_sim_time: true
    planner_types: [dummy]
    dummy:
      freq: 1.0
      plugin: easynav_planner/DummyPlanner
      cycle_time_nort: 0.2
      cycle_time_rt: 0.001
```

Easy Nav

Intelligent Robotics Lab

Objetivos de Navegación

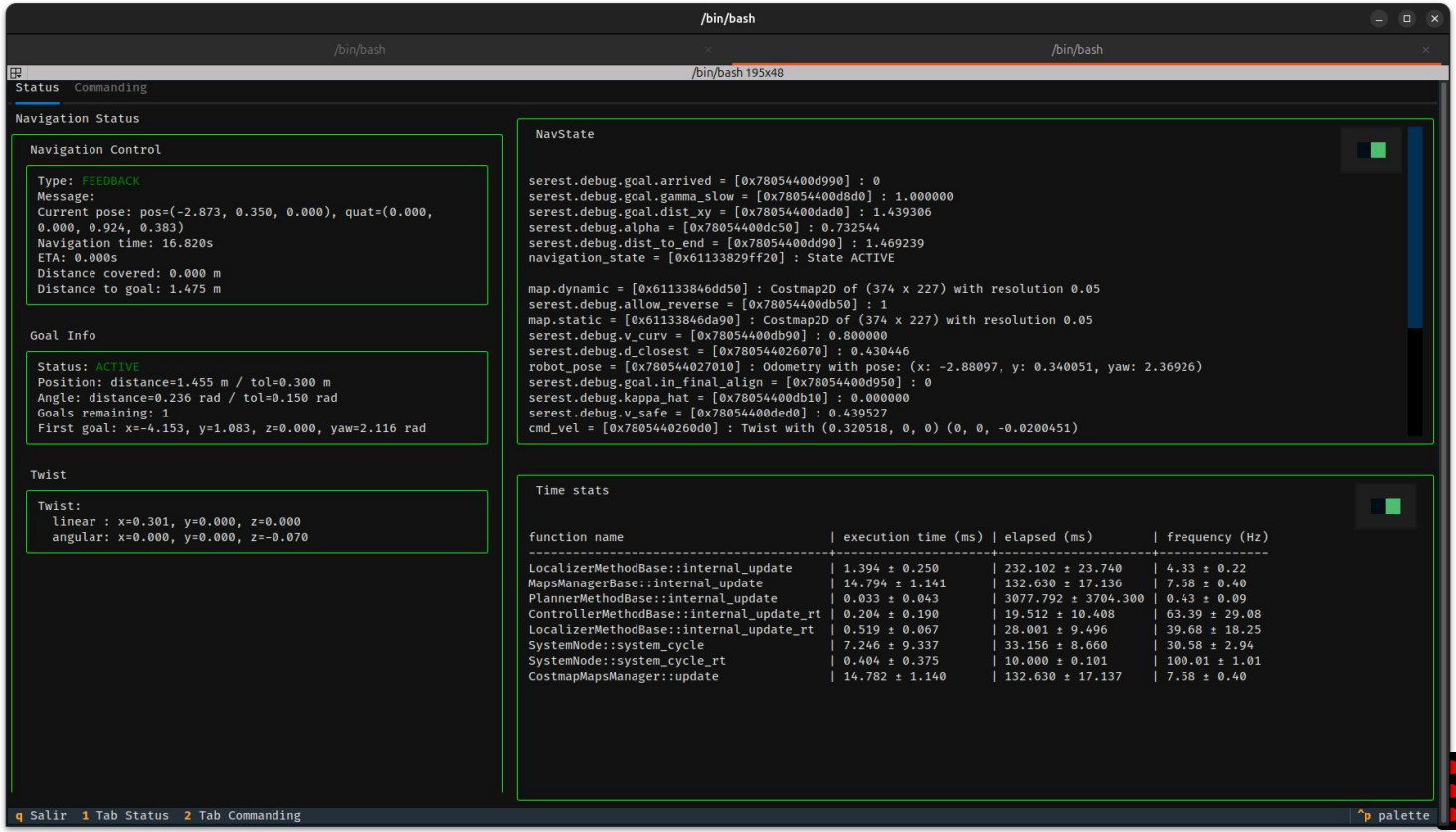
- Interfaz mediante **topics /easynav_control**
  - Mensaje propio con:
    - Comandos
    - Información de estado: solicitud, aceptación, rechazo, feedback, etc.
- **GoalManagerClient**: Clase que implementa el protocolo → **ej patrolling**
- Topic **/goal_pose**
  - Eq. request en /easynav_control

```
uint8 REQUEST=0
uint8 REJECT=1
uint8 ACCEPT=2
uint8 FEEDBACK=3
uint8 FINISHED=4
uint8 FAILED=5
uint8 CANCEL=6
uint8 CANCELLED=7
uint8 ERROR=8

uint8 type
std_msgs/Header header
int64 seq
string user_id
string nav_current_user_id
nav_msgs/Goals goals
string status_message
geometry_msgs/PoseStamped current_pose
builtin_interfaces/Duration navigation_time
builtin_interfaces/Duration estimated_time_remaining
float32 distance_covered
float32 distance_to_goal
```

Easy Nav

Terminal User Interface



Easy Nav

Intelligent Robotics Lab

Command Line Interface

```
ros2 easynav

  goal_info|nav_state|twist|navigation_control|timestats|plugins
```

```
EasyNav Navigation Control Info:

Type: FEEDBACK
Message:
Current pose: pos=(-0.874, 2.726, 0.000), quat=(0.000, 0.000, 0.936, 0.352)
Navigation time: 31.805s
ETA: 0.000s
Distance covered: 0.000 m
Distance to goal: 0.135 m
```

Desarrollo de plugins

Interfaces (Topics and Services)

Publications

Direction	Topic	Type	Purpose	QoS
Publisher	`<node_fqn>/<plugin>/path`	`nav_msgs/msg/Path`	Publishes the computed path from start to goal.	`depth=10`

This plugin does not create subscriptions or services directly; it reads inputs via NavState.

NavState Keys

Key	Type	Access	Notes
`goals`	`nav_msgs::msg::Goals`	**Read**	Goal list used as planner targets.
`map.dynamic`	`Costmap2D`	**Read**	Dynamic costmap used for A* search.
`robot_pose`	`nav_msgs::msg::Odometry`	**Read**	Current robot pose used as the start position.
`path`	`nav_msgs::msg::Path`	**Write**	Output path to follow.

Easy Nav

Intelligent Robotics Lab

Uso de plugins

Plugin (pluginlib)

- **Plugin Name** `easynav_costmap_planner/CostmapPlanner`
- **Type:** `easynav::CostmapPlanner`
- **Base Class:** `easynav::PlannerMethodBase`
- **Library:** `easynav_costmap_planner`
- **Description:** A default Costmap2D-based A* path planner implementation.

Parameters

All parameters are declared under the plugin namespace, i.e., `/<node_fqn>/easynav_costmap_planner/CostmapPlanner/...`.

Name	Type	Default	Description
`<plugin>.cost_factor`	`double`	`2.0`	Scaling factor applied to costmap cell values to compute traversal costs.
`<plugin>.inflation_penalty`	`double`	`5.0`	Extra penalty added to inflated/near-obstacle cells to push paths away from obstacles.
`<plugin>.cost_axial`	`double`	`1.0`	Base movement cost for axial (N/E/S/W) steps.
`<plugin>.cost_diagonal`	`double`	`1.41`	Base movement cost for diagonal steps (approx. √2).
`<plugin>.continuous_replan`	`bool`	`true`	If `true`, re-plans continuously as the map/goal changes; if `false`, plans once per request.

Easy Nav

Intelligent Robotics Lab

Caso de Uso:

Navegación en **interiores** y **exteriores**

Ejercicios

- Los siguientes ejercicios están detallados en el repositorio del workshop:

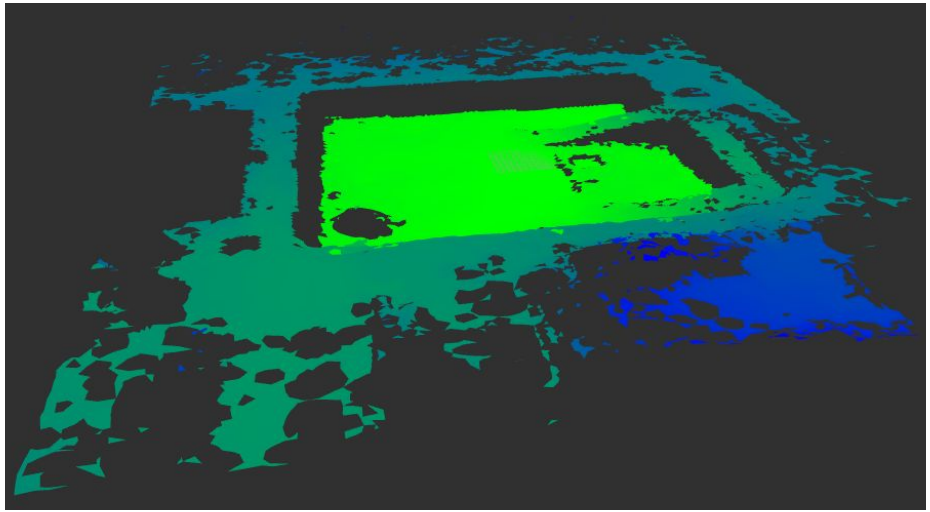
0. Navegando la documentación: https://easynavigation.github.io/
1. Lanzamiento con configuración básica
2. Desarrolladores: Plugins y escritura de datos en NavState
3. Gestión de objetivos: Patrolling en GridMap

NavMap:

Una representación basada en superficies navegables

NavMap

- Representación del mundo basada en superficies navegables
- Cada superficie tiene la posibilidad de almacenar información geométrica y de datos a través de capas (layers)

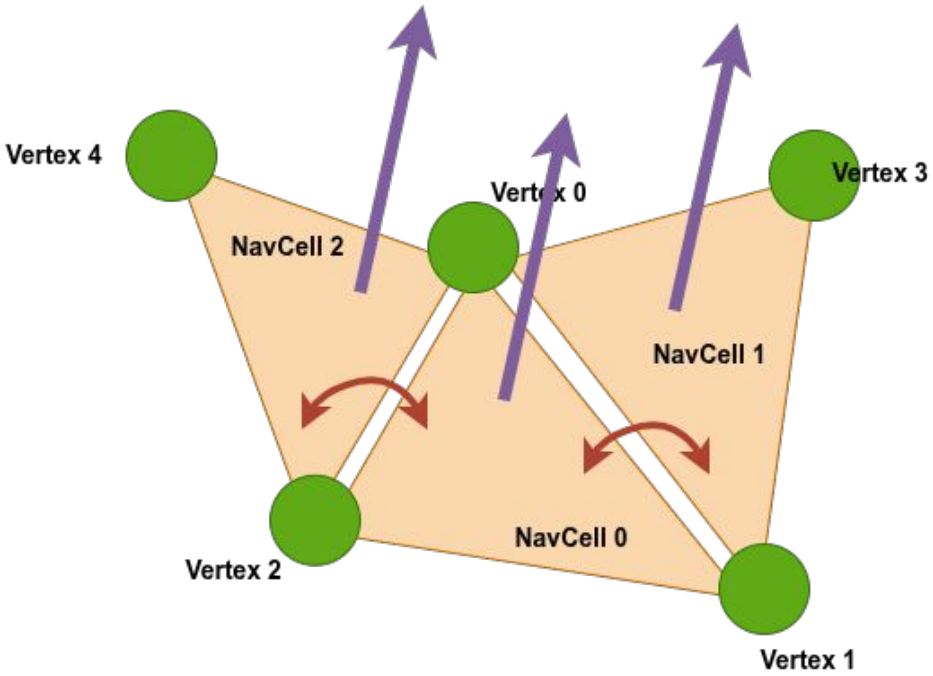


Easy Nav

Intelligent Robotics Lab

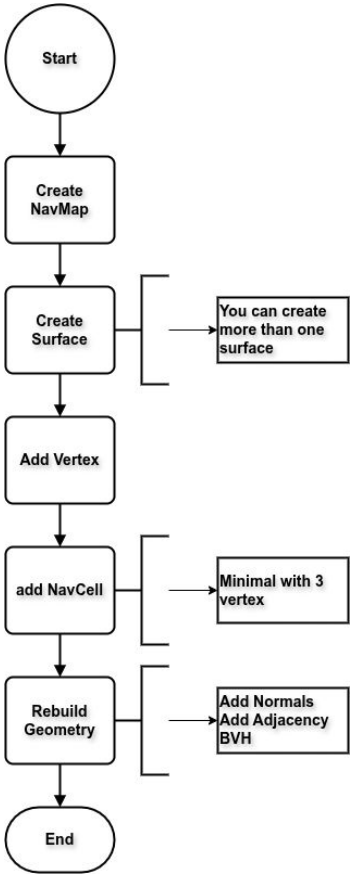
NavCell

- Es la unidad sobre la cual se construyen las superficies
- Se construye a partir de 3 vértices
- Una de sus características más importantes es la vecindad, se puede saber que NavCells están adyacentes
- Otra característica importante es la normal a cada NavCell que permite obtener información de su orientación



Crear un NavMap

- La jerarquía de elementos en NavMap es:
  - NavMap
    - Surface
    - NavCell
    - Vertex
    - Layers
- Esta organización permite la creación del componente geométrico de la representación



Añadir layers

- Se crean añadiendo el valor de la capa asociado a cada NavCell
- Se puede añadir tantas layer se quieran al NavMap
- Con esta implementación se puede configurar la información

```
// Crear una capa de tipo float llamada “cost”
auto cost = nm.add_layer<float>("cost", "Traversal cost", "" , 0.0f);

// Asignar valores a cada NavCell
nm.layer_set<float>("cost", c0, 1.0f);
nm.layer_set<float>("cost", c1, 5.0f);
```

Interactuar con NavMap

- A partir de estos elementos básicos, se puede implementar diferentes tipos de interacción con la representación, siendo los más representativos:
  - Leer los valores para la capa de una NavCell en dada en específico
  - Localizar la NavCell de un punto 3D específico
  - Obtener el valor de una capa con un punto referencia en el mundo
  - Hacer trazado de rayos que interactúen con las NavCell.
  - Marcar áreas sobre las capas
  - Guardar o Cargar la información del NavMap en/desde disco

Más info:
https://github.com/EasyNavigation/NavMap

Caso de uso:

Uso de **representaciones** en exteriores

EasyNav: un sistema de navegación flexible y modular para ROS 2

Francisco Martín Rico, Francisco Miguel Moreno Olivo, Juan Carlos Manzanares Serrano, José Miguel Guerrero Hernández, Juan Sebastián Cely Gutiérrez, Esther Aguado, and Francisco José Romero Ramírez, Juan Diego Peña

CORESENSE

Intelligent Robotics Lab

Universidad Rey Juan Carlos