



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



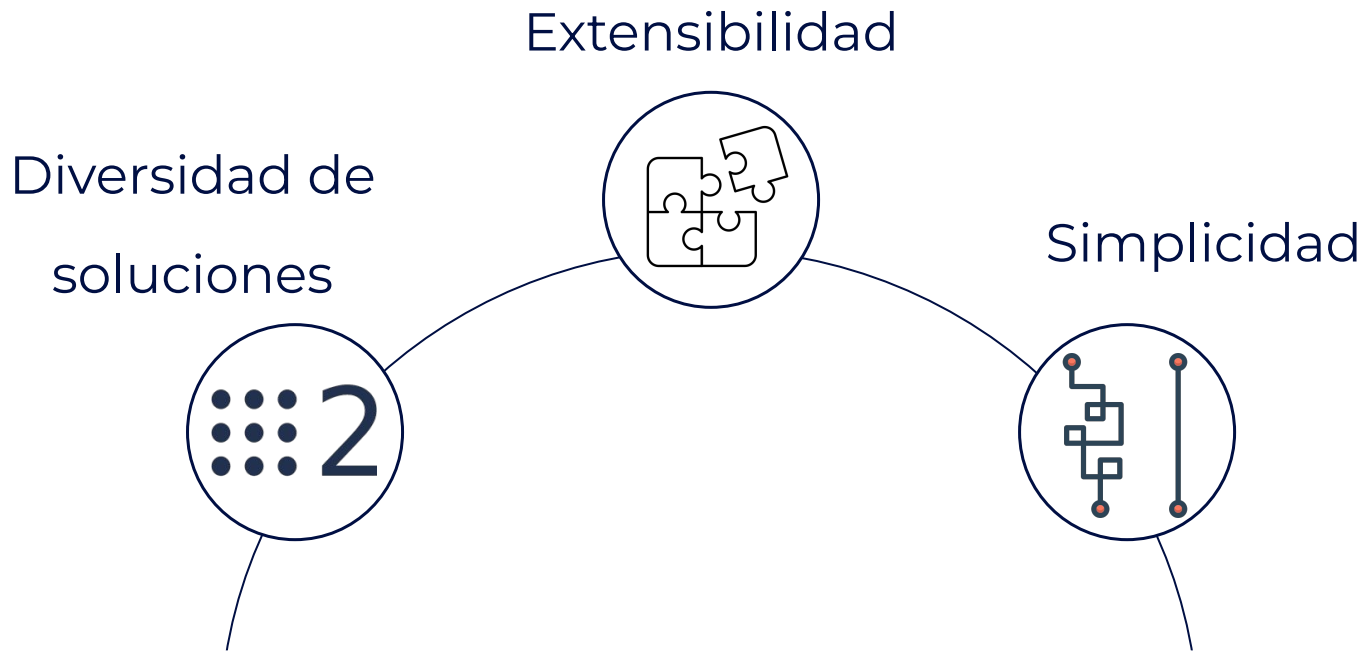
Contenido

- ⬡ 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



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

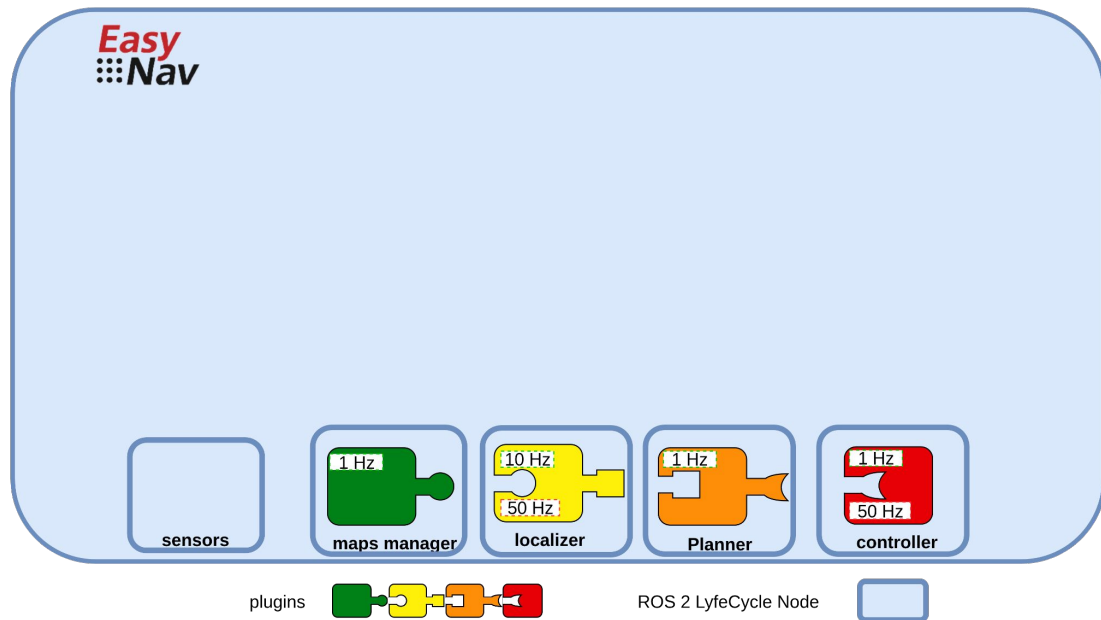
Simplicidad

- **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**.

Arquitectura

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

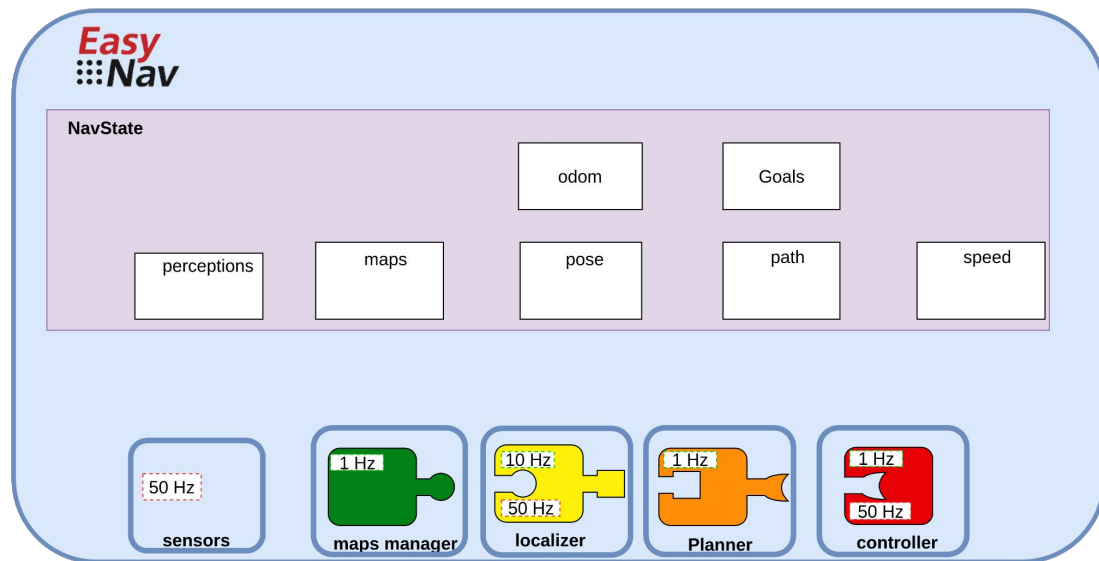
- ⬡ Gestión **sensorial**
- ⬡ Gestión de **mapas**
- ⬡ **Localización**
- ⬡ **Planificador** de rutas
- ⬡ **Control**



Estructura de datos

⬡ **NavState**: Pizarra compartida

- Información perceptual
- Posición estimada del robot
- Mapa
- Comandos de velocidad
- Objetivo de navegación actual
- Diagnóstico



Modelo de ejecución

⬡ Dos ciclos de control

- Tiempo real:

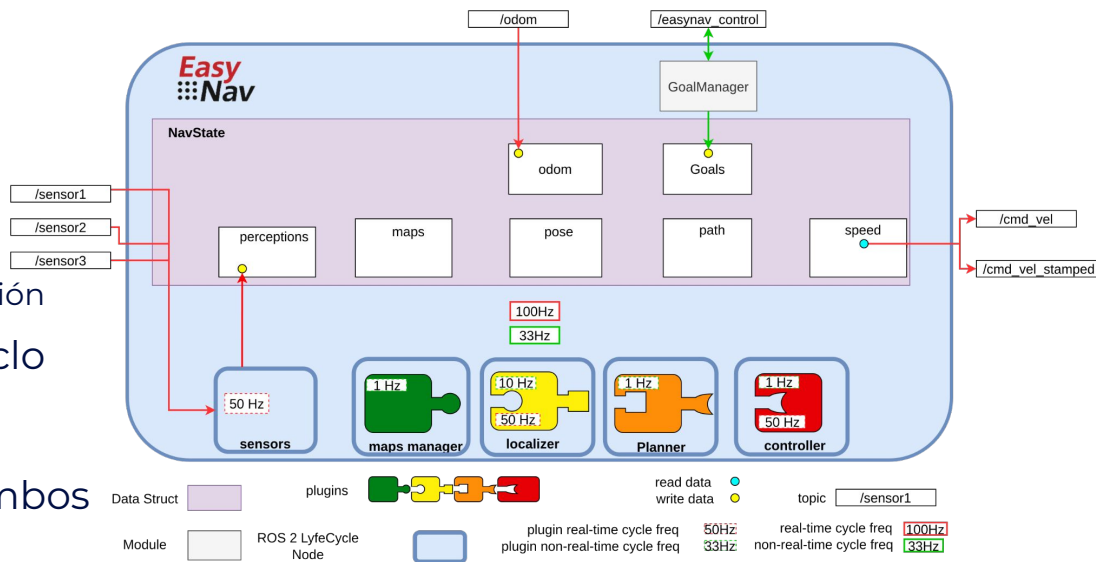
percepción - posición - velocidad

- Fuera de tiempo real:

mapa - corrección localización - planificación

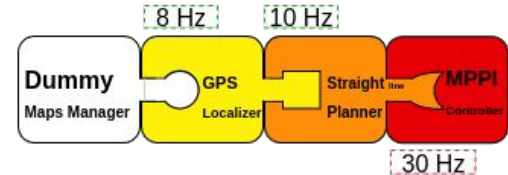
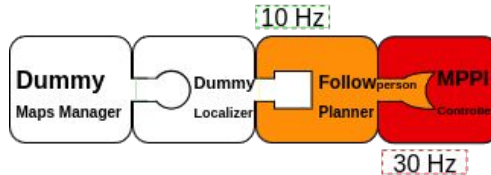
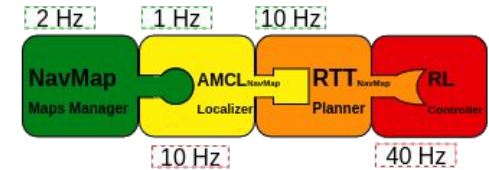
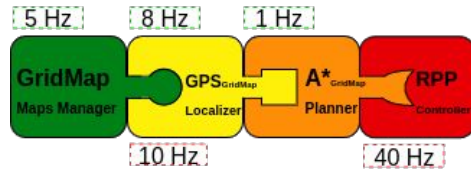
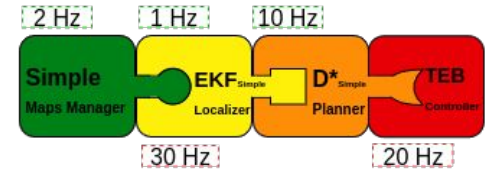
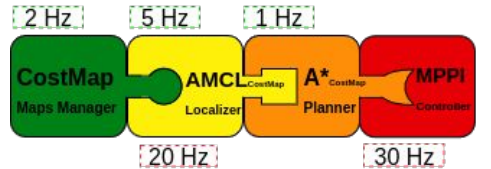
⬡ Nueva **percepción** desencadena ciclo tiempo real

⬡ Frecuencias **parametrizables** en ambos ciclos



Plugins

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



Plugins: Configuración

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

Plugins: Configuración

```
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
```

```
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
```

Plugins: Dummy

```
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
```

```
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
```

```
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
```

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
```

Terminal User Interface

The screenshot displays the EasyNav Terminal User Interface, which is a multi-panel application running in a terminal window. The interface is divided into several sections:

- Navigation Status:** This section contains three sub-panels:
 - Navigation Control:** Displays the current pose as $(-2.873, 0.350, 0.000)$ with a quaternion of $(0.000, 0.000, 0.924, 0.383)$. It also shows a navigation time of 16.820s, an ETA of 0.000s, and distances covered (0.000 m) and to goal (1.475 m).
 - Goal Info:** Shows the status as **ACTIVE**, current position distance (1.455 m / tol=0.300 m), angle distance (0.236 rad / tol=0.150 rad), and goals remaining (1). The first goal is defined by coordinates $x=-4.153, y=1.083, z=0.000$ and a yaw of 2.116 rad.
 - Twist:** Displays linear velocity as $x=0.301, y=0.000, z=0.000$ and angular velocity as $x=0.000, y=0.000, z=0.070$.
- NavState:** A text-based representation of the robot's state, including goal arrival status, gamma_slow, dist_xy, alpha, dist_to_end, and navigation_state (State ACTIVE). It also lists map information (dynamic and static) and robot pose data.
- Time stats:** A table showing the execution time, elapsed time, and frequency for various functions.

function name	execution time (ms)	elapsed (ms)	frequency (Hz)
LocalizerMethodBase::internal_update	1.394 ± 0.250	232.102 ± 23.740	4.33 ± 0.22
MapsManagerBase::internal_update	14.794 ± 1.141	132.630 ± 17.136	7.58 ± 0.40
PlannerMethodBase::internal_update	0.033 ± 0.043	3077.792 ± 3704.300	0.43 ± 0.09
ControllerMethodBase::internal_update_rt	0.204 ± 0.190	19.512 ± 10.408	63.39 ± 29.08
LocalizerMethodBase::internal_update_rt	0.519 ± 0.067	28.001 ± 9.496	39.68 ± 18.25
SystemNode::system_cycle	7.246 ± 9.337	33.156 ± 8.660	30.58 ± 2.94
SystemNode::system_cycle_rt	0.404 ± 0.375	10.000 ± 0.101	100.01 ± 1.01
CostmapMapsManager::update	14.782 ± 1.140	132.630 ± 17.137	7.58 ± 0.40

The bottom of the terminal window shows the status bar with the text "q Salir 1 Tab Status 2 Tab Commanding" and a "palette" button.

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	<code><node_fqn>/<plugin>/path</code>	<code>nav_msgs/msg/Path</code>	Publishes the computed path from start to goal.	<code>depth=10</code>

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

NavState Keys

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

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

Caso de Uso :

Navegación en interiores y exteriores

Ejercicios

⬡ Los siguientes ejercicios están detallados en el [repositorio](#) del workshop:

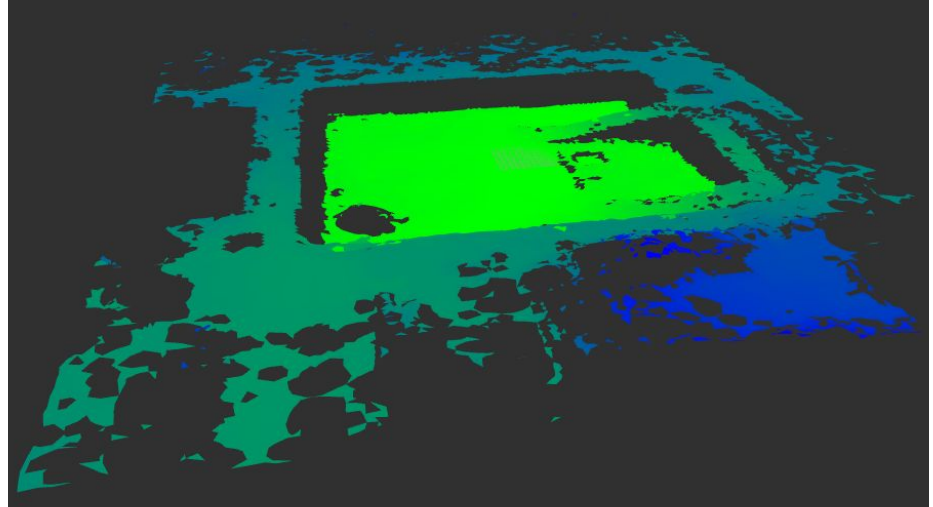
0. Navegando la documentación: <https://easynavigation.github.io/>
1. Lanzamiento con configuración básica
2. Desarrolladores: Plugins y escritura de datos en NavState
3. Gestión de objetivos: Patrolling en GridMap

NavMap :

Una representación basada
en superficies navegables

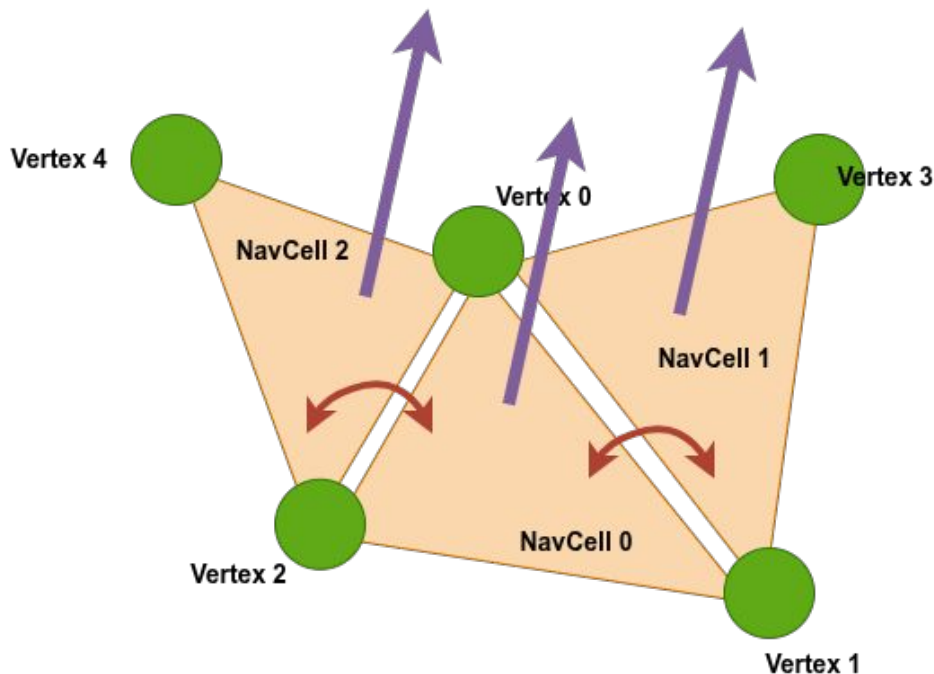
NavMap

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



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

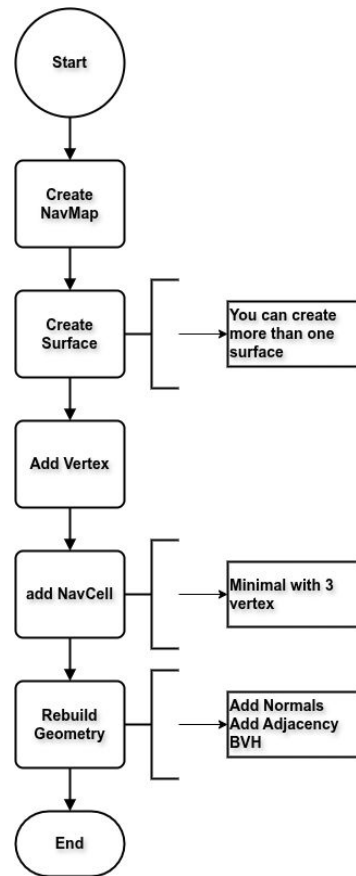


Crear un NavMap

⬡ 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

