Sistemas de Control para Robots

P2: Navegacion local y global

Rafael Barea/Elena López

1. Introducción

Planificador local

- Evitador de obstáculos
- VFH: Vector Field Histogram

Planificador Global

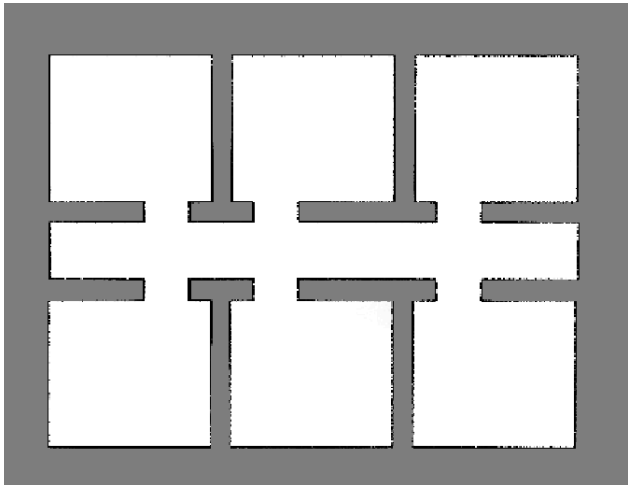
- Navegar desde un origen a un destino
- Generación de trayectorias
- Complementado con un planificador local para evitar obstáculos
- PRM: Probabilistic Road Map

1. Introducción

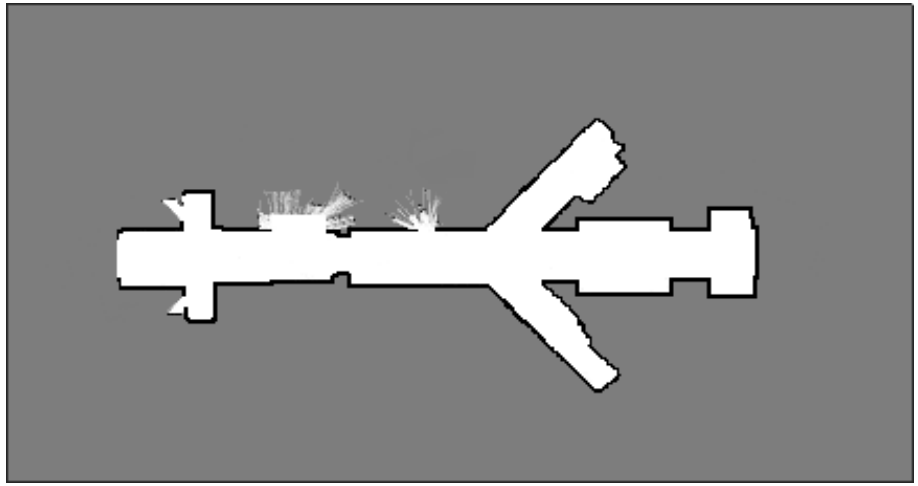
Objetivo Práctica 2

- Navegar de forma segura desde un punto origen a un punto destino de forma segura y evitando obstáculos

- Pruebas en simulación y en real



Mapa “simple_rooms”



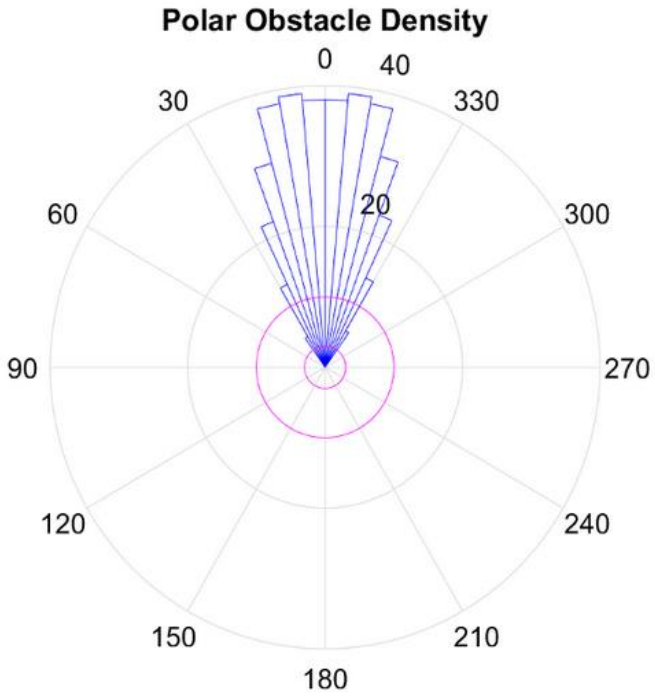
Mapa “pasillo”

2. Planificación LOCAL (VFH)

Estudio Algoritmo VFH

Algoritmo VFH (Vector Field Histogram)

- Las casillas de ocupación bidimensionales se convierten en un histograma polar de 1D, que hace más fácil seleccionar la dirección óptima a seguir ante la detección de un obstáculo que no estaba contemplado en el mapa.

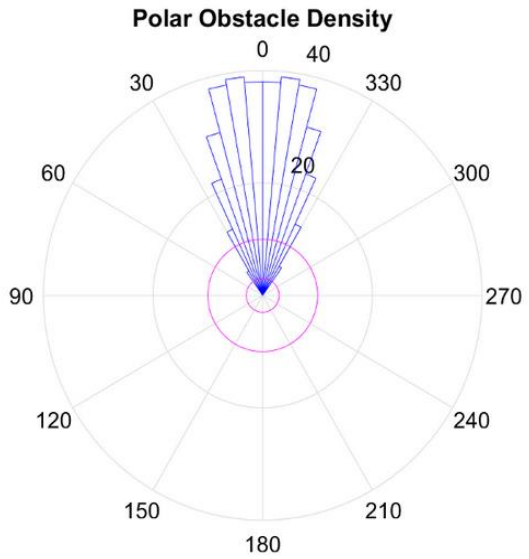


2. Planificación LOCAL (VFH)
Estudio Algoritmo VFH

- Describir el funcionamiento del algoritmo VFH disponible en la robotics toolbox de Matlab.
  - **Clase "*robotics.VectorFieldHistogram*"** (robotic system toolbox)
  - A partir de 2019b → clase controllerVFH (navigation toolbox)

Objeto robotics.VectorFieldHistogram

- Syntax VFH = robotics.VectorFieldHistogram
- Enables your robot to avoid obstacles based on range sensor data using vector field histograms (VFH).
- Given laser scan readings and a target direction to drive toward, the object computes an obstacle-free steering direction.



2. Planificación LOCAL (VFH)
Estudio Algoritmo VFH

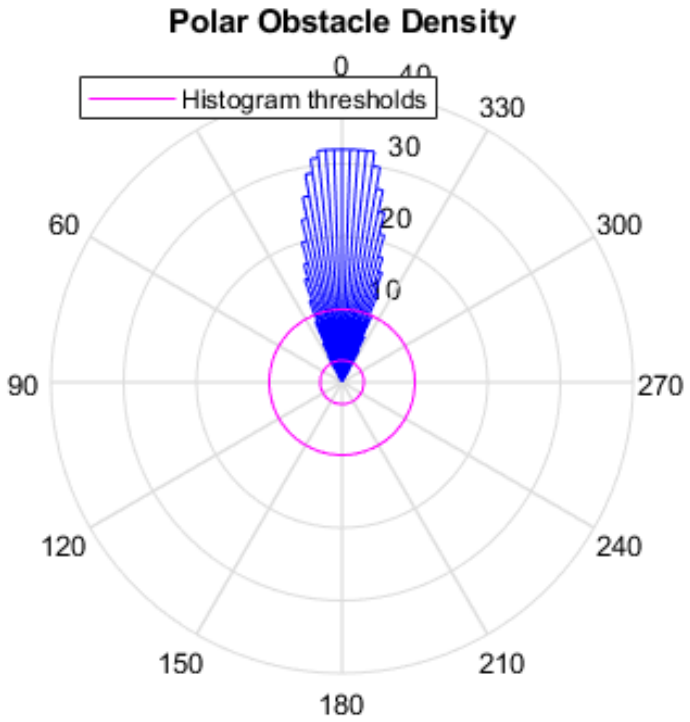
Objeto robotics.VectorFieldHistogram - Propiedades

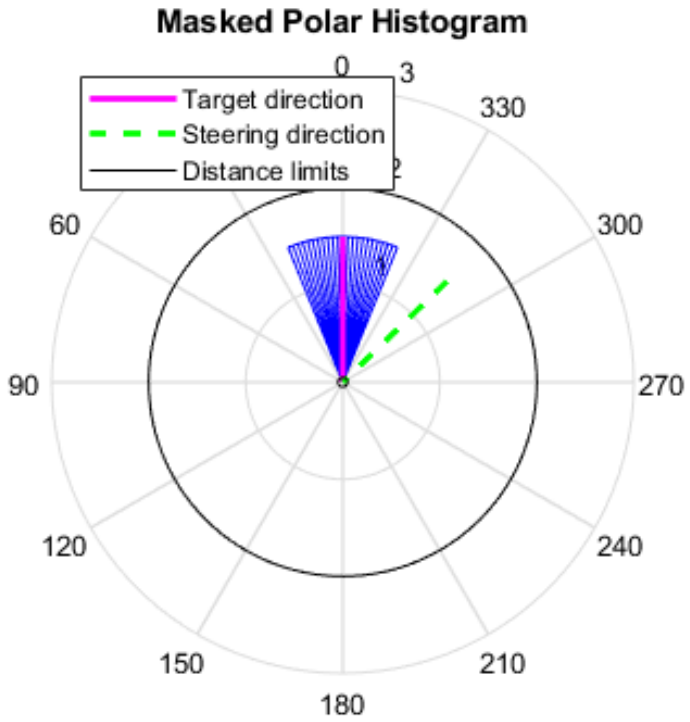
- VFH.NumAngularSectors=; Number of angular sectors in histogram 180 (default)
- VFH.DistanceLimits=; Limits for range readings [0.05 2] (default)
- VFH.RobotRadius=; Radius of robot 0.1 (default)
- VFH.SafetyDistance=; Safety distance around robot 0.1 (default)
- VFH.MinTurningRadius=; Minimum turning radius at current speed 0.1 (default)
- VFH.TargetDirectionWeight=; Cost function weight for target direction 5 (default)
- VFH.CurrentDirectionWeight=; Cost function weight for current direction 2 (default)
- VFH.PreviousDirectionWeight=; Cost function weight for previous direction 2 (default)
- VFH.HistogramThresholds=; Thresholds for binary histogram computation [3 10] (default)
- VFH.UseLidarScan=true; % Use lidarScan object as scan input

2. Planificación LOCAL (VFH)
Estudio Algoritmo VFH

Objeto robotics.VectorFieldHistogram - Usage

- steeringDir = VFH(scan,targetDir)
- Finds an obstacle-free steering direction using the VFH+ algorithm for the input lidarScan object, scan. A target direction is given based on the target location.





2. Planificación LOCAL (VFH)
Desarrollo práctica

Simulación

- Comportamiento **wander_vfh**
  - Avance en línea recta evitando obstáculos
- Comportamiento **wander_localiza**
  - Comportamiento wander incorporando localización AMCL

Robot Real

- Comprobar comportamientos anteriores con el robot real.

2. Planificación LOCAL (VFH)

Script wander_vfh.m

Objetivo: Implementar un comportamiento tipo wander (deambulación) detectando obstáculo mediante el algoritmo VFH

Organigrama

- Crear el objeto VFH
- Ajustar propiedades objeto VFH
- Comportamiento wander (avanzar)
  - Avanzar en línea recta mientras sea posible, y en caso de detectar algún obstáculo en dicha dirección, girar hacia una zona libre.
  - Controlador VFH con dirección de destino *targetDir*=0
    - **steeringDir = VFH(scan,targetDir)**
  - Control de la velocidad angular proporcional a la dirección seleccionada por el algoritmo.
    - **V_ang = K* steeringDir**

2. Planificación LOCAL (VFH)

Control velocidad

DECLARACIÓN DE PUBLISHER Velocidad (Modo simulación)

- pub_vel=rospublisher('/robot0/cmd_vel','geometry_msgs/Twist');
- pub_vel=rospublisher('/cmd_vel', 'geometry_msgs/Twist'); Robot Real

GENERACION DE MENSAJES

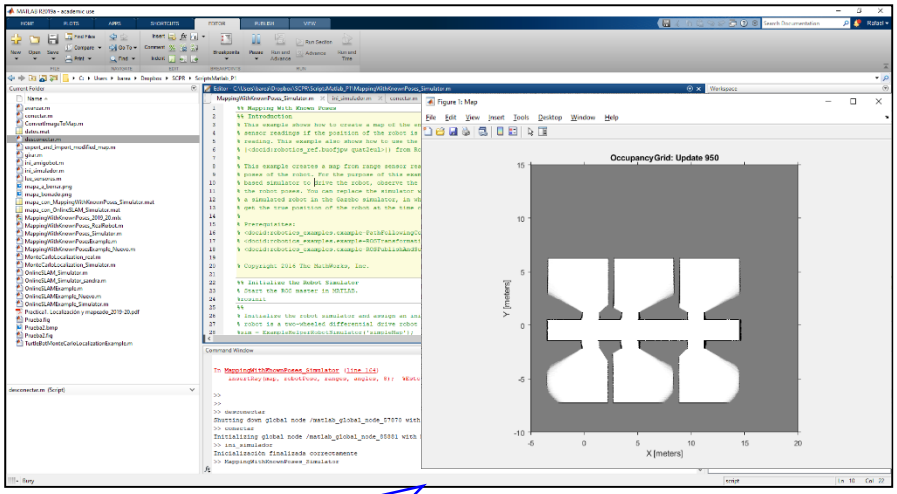
- msg_vel=rosmessage(pub_vel);

CAMPOS DEL MENSAJE

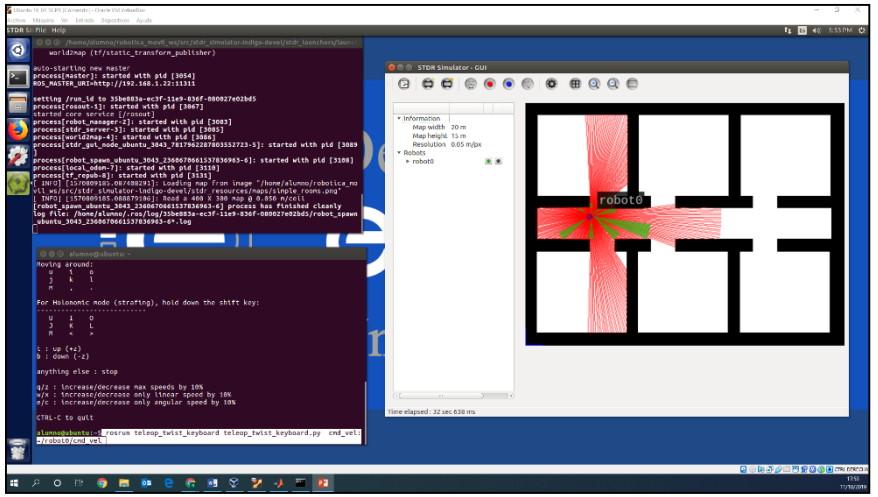
- msg_vel.Linear.X=XXX;
- msg_vel.Linear.Y=0;
- msg_vel.Linear.Z=0;
- msg_vel.Angular.X=0;
- msg_vel.Angular.Y=0;
- msg_vel.Angular.Z=XXX;
- send(pub_vel,msg_vel);

2.2.1 Planificación LOCAL (VFH)
wander_vfh

PC1 Scripts matlab



PC2 Máquina virtual (MASTER)



1. Conectar.m
2. Ini_simulador.m
3. wander_vfh.m

T1: roslaunch stdr_launchers amigobot.launch

2. Planificación LOCAL (VFH)
Script wander_localiza.m

Objetivo: Incorporar el localizador AMCL al bucle de control del wander_vfh.m, de manera que el robot pueda irse localizando a medida que deambula por el entorno.

Organigrama

- Crear el objeto VFH y ajustar propiedades
- Inicializar el localizador AMCL
- Bucle (mientras robot no localizado)
  - Leer sensores
  - Ejecutar AMCL para obtener la posición estimada
    - [isUpdated,estimatedPose, estimatedCovariance] = amcl(pose, scans);
    - Si robot localizado → FIN **(localizado si covarianza < umbral)**
  - Controlador VFH. Evitación de obstáculos
  - Comportamiento wander. Publicar velocidad

2. Planificación LOCAL (VFH)

Cómo saber si el robot está bien localizado

AMCL → is the variant of MCL implemented in monteCarloLocalization. AMCL dynamically adjusts the number of particles based on KL-distance to ensure that the particle distribution converge to the true distribution of robot state

[isUpdated,estimatedPose, estimatedCovariance] = amcl(pose, scans);

- estimatedPose: Current pose estimate, returned as a three-element vector, [x y theta]. Computed as the mean of the highest-weighted cluster of particles.
- estimatedCovariance: Covariance estimate for current pose, returned as a matrix. This matrix gives an estimate of the uncertainty of the current pose. The covariance is computed as the covariance of the highest-weighted cluster of particles.
- Ejemplo

estimatedPose = 1 × 3

0.0350	-0.0126	0.0280
x	y	theta

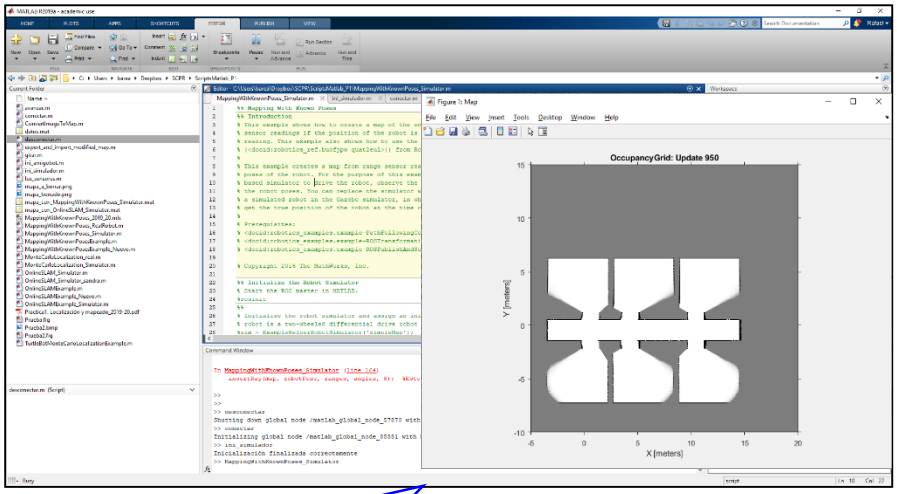
covariance = 3 × 3

x	0.9946	-0.0012	0
	-0.0012	0.9677	y 0
	0	0	0.9548 theta

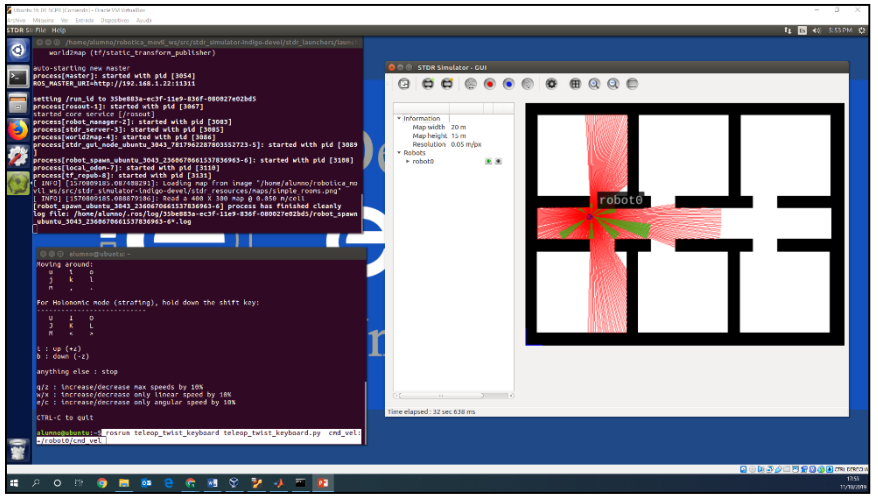
- Robot localizado si cov.x<UmbralX && cov.y<UmbralY && cov.tetha<UmbralT

2.2.1 Planificación LOCAL (VFH)
wander_localiza

PC1 Scripts matlab



PC2 Máquina virtual (MASTER)

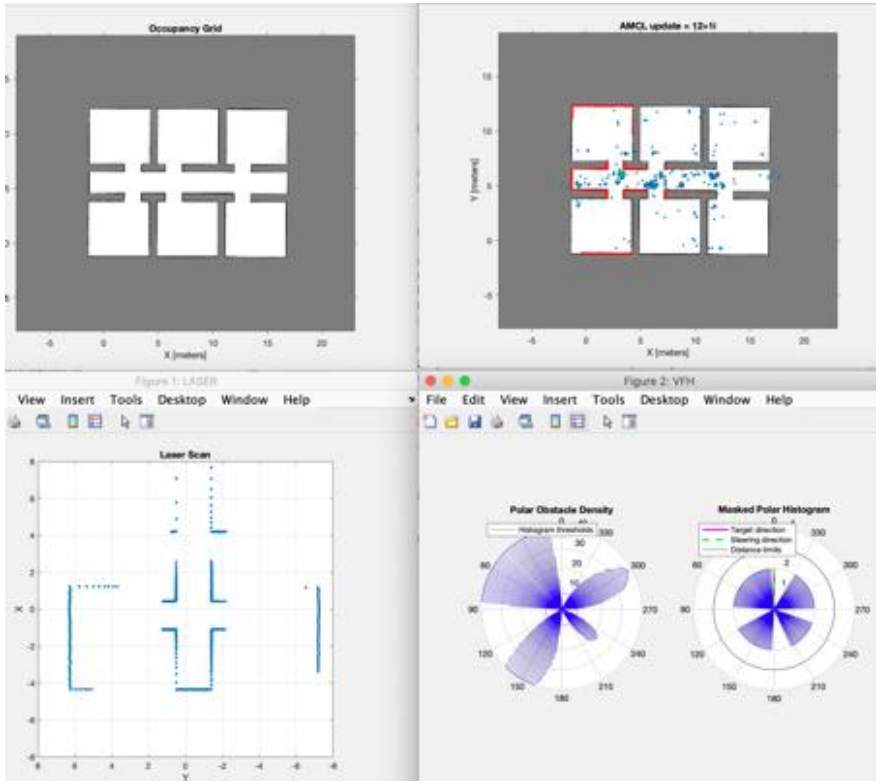


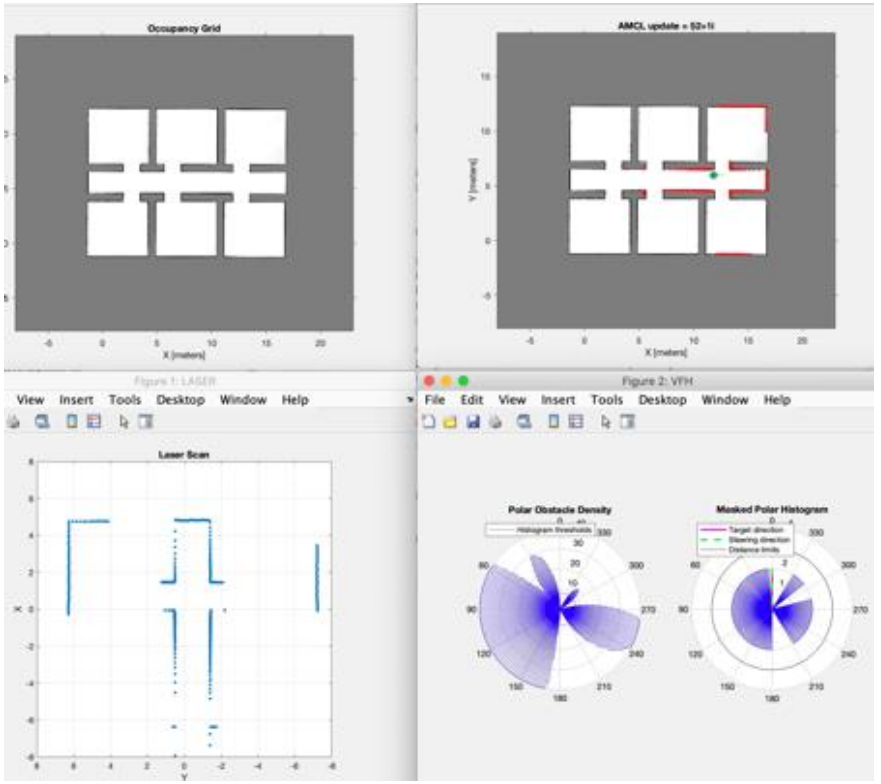
1. Conectar.m
2. Ini_simulador.m
3. wander_localiza.m

T1: roslaunch stdr_launchers amigobot.launch

2.2.1 Planificación LOCAL (VFH)
wander_localiza

Simple_rooms (Pasillo)

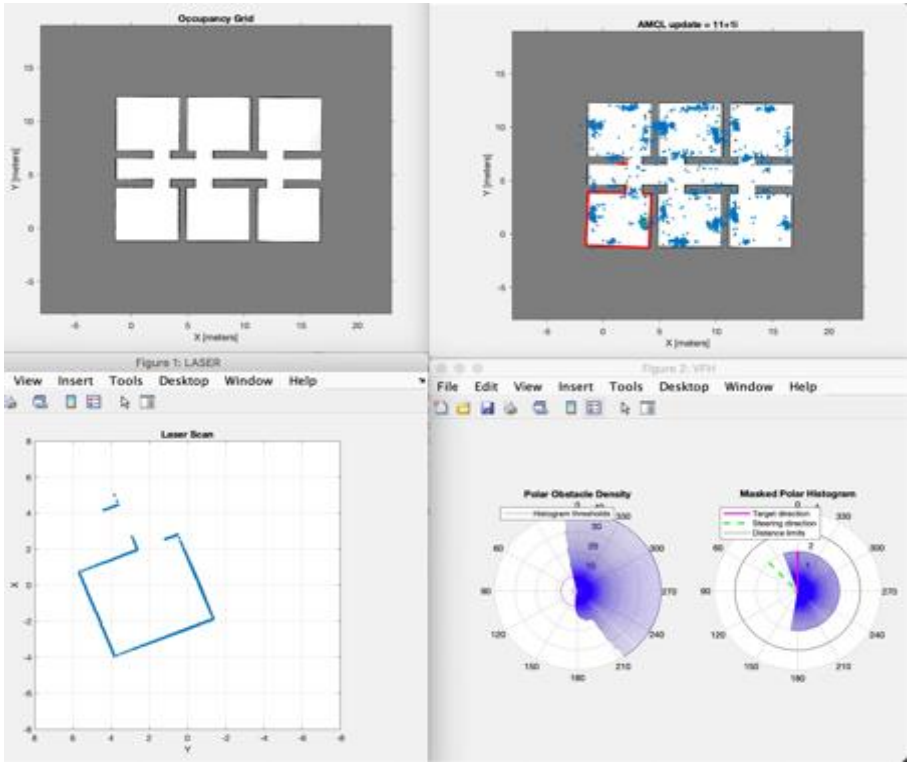


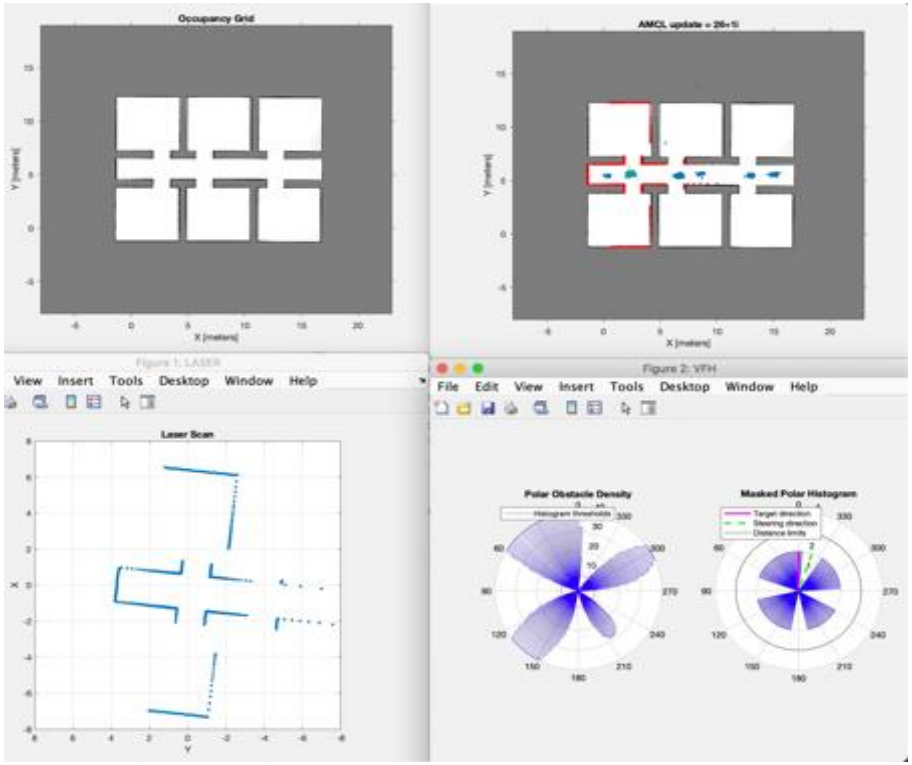



```
estimatedCovariance =

    0.0014    0.0005         0
    0.0005    0.0012         0
         0         0    1.0877

ROBOT LOCALIZADO GLOBALMENTE
fx >>
```

2.2.1 Planificación LOCAL (VFH)
wander_localiza

Simple_rooms (Habitación)



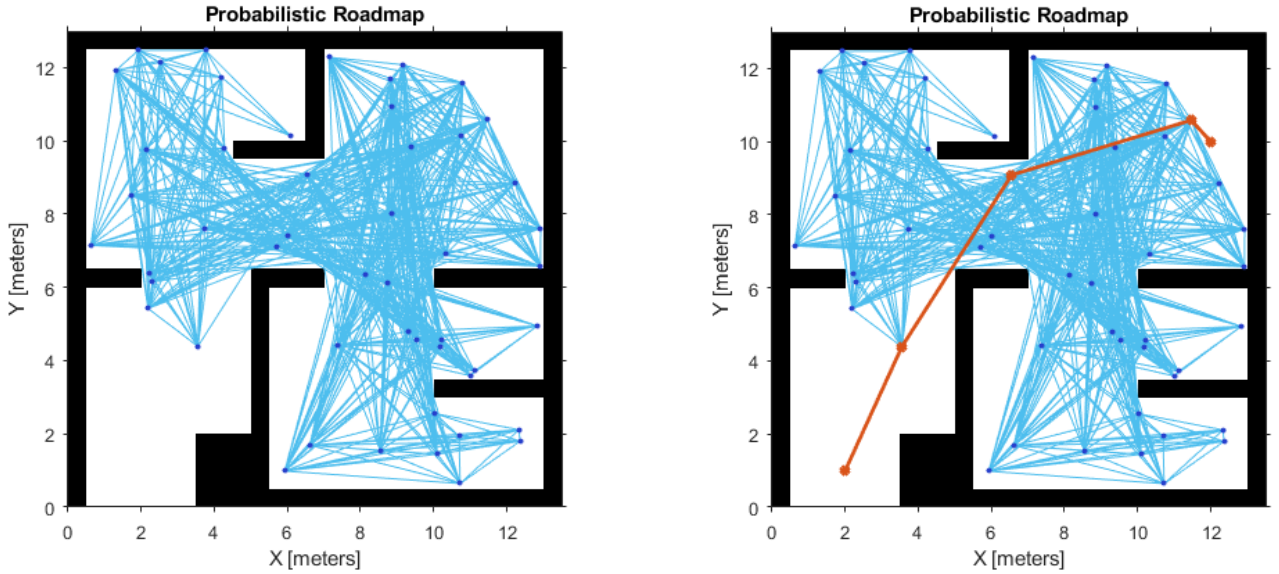


3. Planificación GLOBAL (PRM)

Estudio Algoritmo PRM

Algoritmo PRM (Probabilistic RoadMap)

- Se basa en generar de forma aleatoria un conjunto de "nodos" desde el origen al destino y comprobar la conectividad (cuando no son bloqueados por un obstáculo) con los demás nodos para saber si se establece la conexión o no.
- Se selecciona el camino óptimo entre el origen y destino.



3. Planificación GLOBAL (PRM)
Desarrollo práctica

Simulación

- Comportamiento **wander_localiza_planifica**
  - Una vez el robot se haya localizado (**wander_localiza**), obtener la ruta para llegar al destino (endLocation) utilizando un planificador PRM
- Comportamiento **wander_localiza_planifica_controla**
  - Una vez planificada la ruta, añadir un controlador **PurePursuit**
- Comportamiento **navegacion_total**
  - Añadir el evitador de obstáculos VFH en el bucle de control del **PurePursuit**

Robot Real

- Comprobar el comportamiento **navegacion_total** con el robot real

3. Planificación GLOBAL (PRM)

Script wander_localiza_planifica.m

Objetivo: Planificar la ruta para alcanzar el destino una vez se haya localizado el robot

Organigrama (punto de partida script wander_localiza.m)

- Definir la posición de destino endLocation = [x y];
- Navegar por el entorno hasta localizarse (wander_localiza)
- Crear el **objeto PRM** y ajustar sus parámetros
  - planner = robotics.PRM(cpMap, **NumNodes**);
- Calcular la ruta al punto destino desde la posición actual del robot y mostrarla en una figura

3. Planificación GLOBAL (PRM)
Script wander_localiza_planifica.m

PRM – PROBILISTIC ROAD MAP

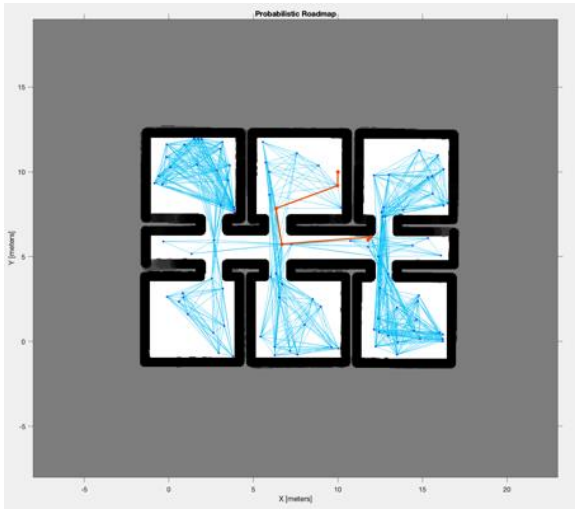
- Cargar mapa y aumentar el tamaño para corregir "efecto tamaño del robot"
- Para localizar hay que seguir usando el mismo hacemos una copia
  - cpMap = copy(map);
  - inflate(cpMap,0.25);
- Crear el **objeto PRM** y ajustar sus parámetros
  - planner = robotics.PRM(cpMap, **NumNodes**);
  - planner.ConnectionDistance= Xmetros;

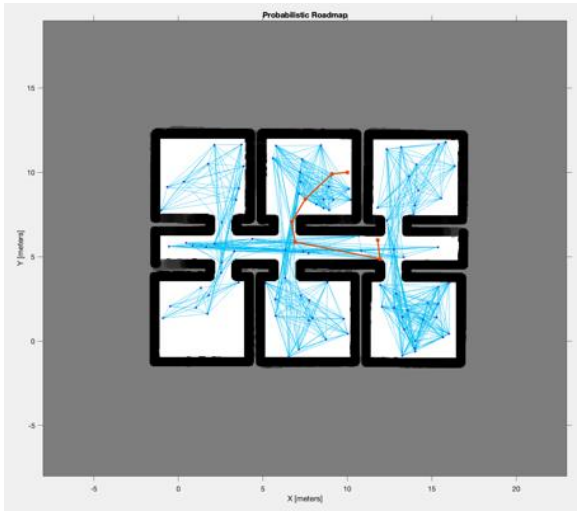
- Calcular la ruta al punto destino desde la posición actual del robot y mostrarla en una figura
  - ruta=findpath(planner,startLocation,endLocation);
  - figure; show(plan_nodos);

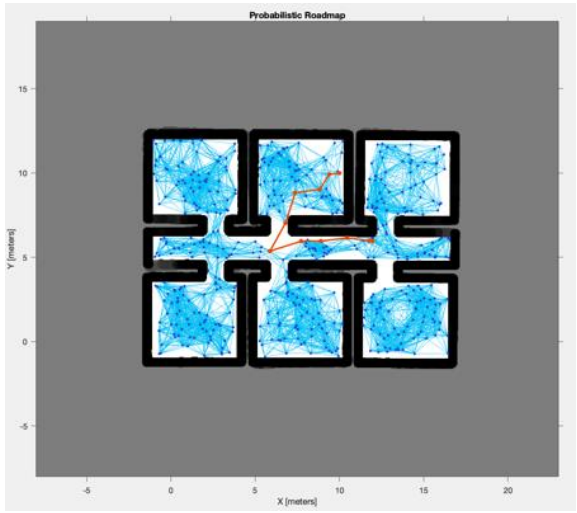
3. Planificación GLOBAL (PRM)

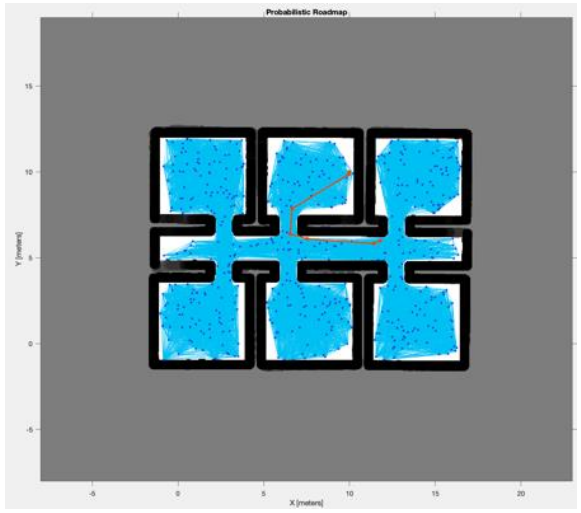
Script wander_localiza_planifica.m

PRM – PROBILISTIC ROAD MAP









3. Planificación GLOBAL (PRM)
wander_localiza_planifica_controla.m

Objetivo: Una vez planificada la ruta, el robot debe recorrerla utilizando un controlador *PurePursuit* (Controlador de persecución pura).

Organigrama (punto de partida script wander_localiza_planifica.m)

- Planificar la ruta (wander_localiza_planifica)
- Crear el **objeto PurePursuit** y ajustar sus propiedades
  - controller=robotics.PurePursuit;
- Pasar al controlador la lista de waypoints a recorrer (ruta)
- Bucle
  - Ejecutar el controlador PurePursuit para obtener las velocidades lineal y angular
  - Navegar hasta alcanzar el destino

3. Planificación GLOBAL (PRM)
wander_localiza_planifica_controla.m

CONTROLADOR PURE PURSUIT

https://es.mathworks.com/help/robotics/ug/pure-pursuit-controller.html

https://es.mathworks.com/help/robotics/ref/controllerpurepursuit-system-object.html

Crear el controlador

- CONTROLLER=robotics.PurePursuit;

Ajustar propiedades

- CONTROLLER.DesiredLinearVelocity= …0.1;
- CONTROLLER.LookaheadDistance=…3;
- CONTROLLER.MaxAngularVelocity= …0.5;

3. Planificación GLOBAL (PRM)
wander_localiza_planifica_controla.m

CONTROLADOR PURE PURSUIT

Pasamos los Waypoints al controlador PurePursuit

- Ejecutar PRM y obtener ruta
- CONTROLLER.Waypoints=ruta;

Ejecutar Controlador PURE PURSUIT

- Calcular posición estimada con AMCL
- [lin_vel,ang_vel]=CONTROLLER(estimatedPose);
- Publicar velocidad send(pub_vel,msg_vel);

¿¿¿Destino alcanzado???

estimatedPose.x<Umbral_X && estimatedPose.y<Umbral_Y

3. Planificación GLOBAL (PRM)

navegacion_total.m

Objetivo: Incorporar el en bucle del controlador ***PurePursuit*** el evitador de obstáculos ***VFH***.

Organigrama (punto de partida wander_localiza_planifica_controla.m)

- Bucle control
  - Ejecutar el controlador PurePursuit para obtener las velocidades lineal y angular
  - Llamar al VFH pasándole como "targetDir" un valor proporcional a la velocidad angular calculada por el PurePursuit
  - Calcular la velocidad angular final como una combinación lineal de la generada por el controlador PurePursuit y la generada por VFH
  - Navegar hasta alcanzar el destino

3. Planificación GLOBAL (PRM)

navegacion_total.m

VELOCIDAD LINEAL Y ANGULAR

```
[lin_vel,ang_vel]=CONTROLLER(estimatedPose);
```

Corregir velocidad angular con el VFH

```
targetdir=K1*ang_vel;
direccion=VFH(scan,targetdir);
ang_vel_vfh=K2*direccion;
```

Combinar velocidades angulares

```
msg_vel.Linear.X=lin_vel;
msg_vel.Angular.Z=ang_vel+ang_vel_vfh;
```

Publicar velocidad `send(pub_vel,msg_vel);`

3. Planificación GLOBAL (PRM)

navegacion_total.m

Vídeo navegación total