

## Examen Parcial

Construcción de Robots Móviles, FI, UNAM, 2020-2

Rodríguez Bernal Sebastián Elías

**1. Explique qué es la configuración, espacio de configuración y grados de libertad de un robot móvil**

- Una configuración para un robot móvil es una especificación completa de la ubicación de cada punto de interés del robot
- El conjunto de todas las configuraciones se llama espacio de configuración.
- Los grados de libertad (DOF) se refieren a la mínima cantidad de variables necesarias para especificar la configuración de un objeto. El número de grados de libertad es igual a la dimensión del espacio de configuración. Para un robot móvil que se desplaza en el espacio tridimensional el número de grados de libertad es 6

**2. Investigue dos métodos basados en grafos para la planeación de rutas**

- Los grafos de visibilidad (Nilsson) proporcionan un enfoque geométrico útil para resolver el problema de la planificación. Supone un entorno bidimensional en el cual los obstáculos están modelados mediante polígonos. Para la generación del grafo este método introduce el concepto de visibilidad, según el cual define dos puntos del entorno como visibles si y solo si se pueden unir mediante un segmento rectilíneo que no intersecte ningún obstáculo (si dicho segmento resulta tangencial a algún obstáculo se consideran los puntos afectados como visibles). En otras palabras, el segmento definido debe yacer en el espacio libre del entorno. Así, si se considera como nodos del grafo de visibilidad la posición inicial, la final y todos los vértices de los obstáculos del entorno, el grafo resulta de la unión mediante arcos de todos aquellos nodos que sean visibles
- El método está desarrollado para entornos totalmente conocidos, existe una versión denominada LNAV (Rao) capaz de efectuar una planificación local a medida que se realiza la labor de navegación. Este algoritmo, que parte de una determinada posición, determina los nodos visibles desde el punto actual. Elige el más cercano de los nodos visibles, según distancia euclídea a la posición final, para desplazarse posteriormente al nodo seleccionado y marcarlo como visitado. Desde esta nueva posición se vuelve a iterar el proceso hasta llegar a la posición final (éxito), o bien no existen más nodos sin visitar (fracaso).

**3. Investigue dos métodos basados en muestreo para la planeación de rutas**

Este no es un método de planeación de rutas.



- Dirección aleatoria: la función devuelve una ruta que resulta de aplicar una entrada de control aleatorio a través de un modelo de avance del vehículo desde el estado  $x$  para un paso de tiempo fijo o variable
- Dirección heurística: la función devuelve una ruta que resulta de aplicar el control que se construye heurísticamente para guiar el sistema desde  $x$  hacia  $y$ . Esto incluye seleccionar la maniobra de un conjunto discreto prediseñado (biblioteca) de maniobras

Este no es un método probabilístico.

#### 4. Explique en qué consiste el proceso de SLAM

- El SLAM (simultaneous localization and mapping) es una técnica para un vehículo autónomo para comenzar en una ubicación desconocida en un entorno desconocido y luego construir de forma incremental un mapa de este entorno mientras simultáneamente usando este mapa para calcular la ubicación absoluta del vehículo.

#### 5. Explique en qué consiste la localización mediante filtros de partículas, las ventajas sobre el Filtro de Kalman y los paquetes de ROS que lo implementan

Esta respuesta es un copy-paste de

[https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/9887/7/Gallardo-Lopez-Domingo\\_6.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/9887/7/Gallardo-Lopez-Domingo_6.pdf)

- Esta función de probabilidad estima las posiciones más probables del robot. Normalmente, debido al ruido producido por obstáculos no modelados o a ambigüedades en la percepción del entorno, esta función será multimodal, esto es, existirán posiciones muy distintas con alta probabilidad de que el robot se encuentre simultáneamente en ellas. La mejor solución planteada hasta el momento ha sido la utilización de una rejilla de probabilidad, una rejilla que discretiza el espacio de estados (todas las posibles posiciones del robot en el entorno). Los algoritmos de localización que utilizan esta solución calculan la probabilidad de que el robot esté situado en cada una de las celdillas utilizando el modelo bayesiano. Sin embargo, esta solución tiene un alto coste espacial, computacional y obliga a definir las dimensiones de las celdillas de forma ad-hoc
- La ventaja sobre el filtro de Kalman dado que el filtros de partículas pertenece a la familia de filtros no paramétricos, comparte la característica de ser capaz de trabajar con soluciones multimodales, además su flexibilidad a la hora de buscar soluciones permite al filtro soportar todo tipo de modelos (tanto de movimiento como de medidas), independientemente de su linealidad o ruido por el que vengan afectados
- Paquetes de ROS:
  - A. Kalman/EIF/PF:  
Este es el principal nodo de procesamiento de los algoritmos desarrollados a lo largo de este trabajo, habiendo sido más correcta otra denominación más genérica como filtro o predictor.

El nodo está suscrito al tópico /dm, que recibe las medidas de distancia de los sensores de rango, y publica en /media el vector de estado tras ejecutar el algoritmo.

Su funcionamiento es éste, básicamente, configura todos los parámetros necesarios en su inicialización y luego queda atrapado en un bucle, leyendo en cada iteración si hay nuevas medidas y ejecutando ambas fases del filtro en todo momento.

Para recibir mensajes los nodos disponen de una función callback a la que llama si ha llegado un nuevo mensaje en los puntos de comprobación (checkpoints: en ros, funciones spin o spinOnce).

Detallando un poco más el tipo de datos sobre el que se trabaja, el nodo recibe un vector de medidas (distancias) con formato de mensajes std\_msgs::Float64MultiArray. De igual manera, a la salida publica otro mensaje del mismo tipo, pero con el vector de estado calculado (llamado media).

Computacionalmente es el nodo más complejo de los creados por el autor, debido al empleo de matrices en los cálculos, siendo necesario hasta realizar inversiones de éstas. Por ello, se requiere el uso de una librería de matrices externa a ROS: <Eigen>

#### B. WSN:

Debido al carácter simulado del trabajo, se ha decidido por simplicidad reunir todos los nodos WSN en un solo programa (nodo de ROS).

Éste se encuentra conectado entre el bloque del Pioneer y el filtro: publica en el tópico, anteriormente mencionado, /dm, y está suscrito a cierta información que proporciona el bloque del robot: /Pioneer3AT/Odom

#### C. KF/IFyGPS:

Los filtros anteriormente implementados son las versiones extendidas del KF y el IF dado que las únicas medidas contempladas hasta el momento eran provenientes del sensor de rango. Para poder mostrar en funcionamiento sus versiones simples, se implementa un par de nodos más con estas versiones, además de otro nodo semejante al de WSN, pero para medidas tipo GPS

### 6. Investigue qué son los campos potenciales y explique los pasos generales para implementarlos

- Este método esencialmente trata al ambiente de trabajo como un campo de fuerzas, dando un valor diferente a cada objeto sobre el área de trabajo. El objetivo o punto de llegada se considera como un imán de polaridad contraria a la del móvil, es decir que tiene fuerzas de atracción mientras que los obstáculos se comportan como imanes de igual polaridad generando fuerzas repulsivas. La implementación de este método se realiza usando una matriz para la discretización del terreno, de tal manera que cada punto sobre la matriz es un área de la pista
  - I. Inicializar las variables

- II. Leer y ubicar puntos importantes del terreno sobre la matriz
- III. Definir el potencial para el punto de llegada
- IV. Definir el potencial para casa obstáculo
- V. Mover el móvil desde el punto inicial al punto de llegada siguiendo el potencial de mayor o igual y guardar ese movimiento hasta encontrar el punto de llegada

## 7. Explique qué es una transformación homogénea y para que se utiliza en los robots móvil.

- Es la matriz 4x4 que representa la transformación de un vector de coordenadas homogéneas de un sistema de coordenadas a otro. Esta compuesta por 4 términos: Escalamiento, traslación, rotación y perspectiva

$$T = \begin{bmatrix} \text{Rotación} & \text{Traslación} \\ \text{Perspectiva} & \text{Escala} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{3 \times 3} & P_{3 \times 1} \\ f_{1 \times 3} & w_{1 \times 1} \end{bmatrix}$$

Para robotica

$$f_{1 \times 3} = [0 \quad 0 \quad 0] \quad \text{y} \quad w_{1 \times 1} = 0$$

- Las matrices de transformación homogénea se utilizan para:
  - I. Representar la posición y orientación de un sistema girado y trasladado con respecto a un sistema fijo.
  - II. Transformar un vector expresado en coordenadas movibles y su representación en un sistema fijo.
  - III. Rotar y trasladar un vector con respecto a un sistema fijo.

## 8. Investigue qué es un robot con restricciones no holonómicas de movimiento

- Es un robot que en su modelado dinámico se presentan restricciones geométricas las cuales están expresadas en términos de una ecuación analítica en la cual solamente la ~~posición~~ es involucrada y el tiempo  $t$  aparece implícitamente. **De hecho solo aparece la velocidad, no la posición.**  
 Las restricciones de posición, velocidad y aceleración deben cumplirse cuando el robot está en movimiento restringido.  
 Un ejemplo familiar de tal sistema es un automóvil. A bajas velocidades, las ruedas traseras del automóvil ruedan libremente en la dirección que apuntan, pero evitan el deslizamiento en la dirección perpendicular. Esta restricción implica que el móvil no puede trasladarse directamente a un lado. Sin embargo, sabemos por experiencia que esta restricción de velocidad no implica una restricción en las configuraciones; el móvil puede alcanzar

cualquier posición y orientación en el plano libre de obstáculos. De hecho, la traslación lateral evitada se puede aproximar mediante maniobras de estacionamiento en paralelo.

Esta restricción antideslizante es una restricción no holonómica, una restricción en la velocidad.

### **Referencias:**

González, D., Pérez, J., Milanés, V., & Nashashibi, F. (2015). A review of motion planning techniques for automated vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 17(4), 1135-1145.

~ Paden, B., Cáp, M., Yong, S. Z., Yershov, D., & Frazzoli, E. (2016). A survey of motion planning and control techniques for self-driving urban vehicles. *IEEE Transactions on intelligent vehicles*, 1(1), 33-55.

Dissanayake, M. G., Newman, P., Clark, S., Durrant-Whyte, H. F., & Csorba, M. (2001). A solution to the simultaneous localization and map building (SLAM) problem. *IEEE Transactions on robotics and automation*, 17(3), 229-241.

Choset, H. M., Hutchinson, S., Lynch, K. M., Kantor, G., Burgard, W., Kavraki, L. E., & Thrun, S. (2005). *Principles of robot motion: theory, algorithms, and implementation*. MIT press.

Lupián Sánchez. (2013). Control cinemática y dinámico de robots omnidireccionales. 2 de junio 2020, Google  
[https://www.femexrobotica.org/eir20162017/wpcontent/uploads/robots\\_omnidireccionales.pdf](https://www.femexrobotica.org/eir20162017/wpcontent/uploads/robots_omnidireccionales.pdf)

Tibaduiza Burgos, Diego & martinez, roberto & perez, jaime. (2005). Planificación de trayectorias para robots móviles.

Jorge Gudiño-Lau, Marco A. Arteaga, Miguel Duran y Julio González. (2004). Control de Robots con Movimiento Restringido: Modelado y Experimentación

Manuel Jiménez Través.(2015).Algoritmos de localización de robots móviles empleando filtros estadísticos

Hugo Ramírez Leyva. (2012). Robótica 2. Modelado Cinemática de Robots. 2 de junio del 2020, de UTM de  
<http://www.utm.mx/~hugo/robot/Robot2.pdf>