

## 1. Explique que es la configuración, espacio de configuraciones y grados de libertad de un robot móvil.

- Cuando se habla de la configuración de un robot, se habla de la forma física que se le ha dado al brazo del robot, una configuración de robot define un estado específico del robot.
- El espacio de configuraciones de un sistema mecánico es la representación matemática de la totalidad de estados del sistema. Este objeto es la base para estudiar el problema de la *planeación de movimiento* en Robótica, planteamiento que corresponde al área encargada del diseño, creación e implementación de algoritmos para el movimiento de un robot. La importancia de estos espacios radica en que la planeación de movimiento *físico* es cambiada a un problema de planeación de movimiento *topológico*.
- El número de coordenadas independientes necesarias para expresar la posición de todas sus partes se conoce como el número de grados de libertad del sistema. El número de grados de libertad con que cuenta un robot determina la accesibilidad de éste y su capacidad para orientarse

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

- El algoritmo de Dijkstra, también llamado algoritmo de caminos mínimos, es un algoritmo para la determinación del camino más corto, dado un vértice origen, hacia el resto de los vértices en un grafo que tiene pesos en cada arista.

La idea subyacente en este algoritmo consiste en ir explorando todos los caminos más cortos que parten del vértice origen y que llevan a todos los demás vértices; cuando se obtiene el camino más corto desde el vértice origen hasta el resto de los vértices que componen el grafo, el algoritmo se detiene. Se trata de una especialización de la búsqueda de costo uniforme y, como tal, no funciona en grafos con aristas de coste negativo (al elegir siempre el nodo con distancia menor, pueden quedar excluidos de la búsqueda nodos que en próximas iteraciones bajarían el costo general del camino al pasar por una arista con costo negativo).

Una de sus aplicaciones más importantes reside en el campo de la telemática.

- El algoritmo A\* es un algoritmo de búsqueda que puede ser empleado para el cálculo de caminos mínimos en una red. Una de sus principales características es que hará uso de una función de evaluación heurística, mediante la cual etiquetará los diferentes nodos de la red y que servirá para determinar la probabilidad de dichos nodos de pertenecer al camino óptimo.

Esta función de evaluación que etiquetará los nodos de la red estará compuesta a su vez por otras dos funciones. Una de ellas indicará la distancia actual desde el nodo

origen hasta el nodo a etiquetar, y la otra expresará la distancia estimada desde este nodo a etiquetar hasta el nodo destino hasta el que se pretende encontrar un camino mínimo. Es decir, si se pretende encontrar el camino más corto desde el nodo origen  $s$ , hasta el nodo destino  $t$ , un nodo intermedio de la red  $n$  tendría la siguiente función de evaluación  $f(n)$  como etiqueta:

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

- Rapidly Exploring Random Tree (RRT) es un algoritmo diseñado para buscar eficientemente espacios no convexos y de alta dimensión mediante la construcción aleatoria de un árbol que llena espacios. El árbol se construye de forma incremental a partir de muestras extraídas al azar del espacio de búsqueda y está sesgado inherentemente para crecer hacia grandes áreas no buscadas del problema.

Un RRT hace crecer un árbol enraizado en la configuración inicial mediante el uso de muestras aleatorias del espacio de búsqueda. A medida que se extrae cada muestra, se intenta una conexión entre esta y el estado más cercano en el árbol. Si la conexión es factible (pasa completamente a través del espacio libre y obedece cualquier restricción), esto resulta en la adición del nuevo estado al árbol.

El crecimiento de RRT puede estar sesgado al aumentar la probabilidad de estados de muestreo de un área específica. La mayoría de las implementaciones prácticas de RRT hacen uso de esto para guiar la búsqueda hacia los objetivos del problema de planificación. Esto se logra al introducir una pequeña probabilidad de muestrear la meta en el procedimiento de muestreo estatal. Cuanto mayor es esta probabilidad, más codicioso crece el árbol hacia la meta.

- Una hoja de ruta probabilista (PRM) es un gráfico de red de posibles rutas en un mapa determinado basado en espacios libres y ocupados. El objeto genera aleatoriamente nodos y crea conexiones entre estos nodos en función de los parámetros del algoritmo PRM. Los nodos se conectan en función de las ubicaciones de obstáculo especificadas en `MapConnectionDistance` y en el especificado `MapConnectionDistance`. Puede personalizar el número de nodos, para ajustarse a la complejidad del mapa y el deseo de encontrar la ruta más eficiente. El algoritmo PRM utiliza la red de nodos conectados para encontrar una ruta libre de obstáculos desde una ubicación inicial hasta una ubicación final. Al crear o actualizar la clase, las ubicaciones de nodo se generan aleatoriamente, lo que puede afectar a la ruta de acceso final entre varias iteraciones. Esta selección de nodos se produce cuando se especifica inicialmente, se cambian los parámetros o se llama.

**4. Explique en que consiste el proceso de ISLAM (Simultaneous Localization and Mapping).**

La localización y modelado simultáneos, es una técnica usada por robots y vehículos autónomos para construir un mapa de un entorno desconocido en el que se encuentra, a la vez que estima su trayectoria al desplazarse dentro de este entorno. Para esto utiliza el filtro de Kalman para conocer la posición y el punto de referencia del robot.

Este método consiste en conocer la ubicación y punto de referencia actual, predecir la posición debido al movimiento y actualizar el estado construyendo el entorno.

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

Esta función 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 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.

La ventaja sobre el filtro de Kalman es que este filtro es 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.

El paquete ROS que lo implementa es `robot_pose_ekf`

**6. Investigue que son los campos potenciales y explique los pasos generales para implementarlos.**

Es un método que 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.

Los pasos para implementarlo son:

1. inicializar las variables
2. Leer y ubicar puntos importantes del terreno sobre la matriz
3. Definir el potencial para el punto de llegada
4. Definir el potencial para cada obstáculo
5. 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 que es una transformación homogénea y para que se utiliza en robots móviles.

Es una matriz de 4x4 que representa la transformación de un vector en coordenadas homogéneas de un sistema de coordenadas a otro.

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_{3 \times 3} & \mathbf{p}_{3 \times 1} \\ \mathbf{f}_{1 \times 3} & \mathbf{w}_{1 \times 1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Rotacion} & \text{Traslacion} \\ \text{Perspectiva} & \text{Escalado} \end{bmatrix}$$

$\mathbf{R}_{3 \times 3}$ : matriz de rotación  
 $\mathbf{p}_{3 \times 1}$ : vector de traslación  
 $\mathbf{f}_{1 \times 3}$ : transformación de perspectiva  
 $\mathbf{w}_{1 \times 1}$ : escalado global (1)

Se utiliza para representar la posición y orientación de un sistema girado y trasladado con respecto a un sistema fijo de referencia, que es lo mismo que representar una rotación y traslación realizada sobre el sistema de referencia del robot.

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

Las restricciones holonómicas son aquéllas que son expresadas como un sistema de ecuaciones algebraicas con las variables de posición, tanto traslacionales como rotacionales, hacen que el sistema sea integrable sin involucrar ninguna variable de velocidad.

Un robot es holonómico si todas las restricciones a las que está sometido son integrables en las restricciones posicionales de la forma:

$$f(q_1, q_2, \dots, q_n; t) = 0$$

Las variables  $q_i$  son las coordenadas del sistema. Cuando un sistema contiene restricciones que no pueden escribirse en esta forma, debe ser no holonómico.

En términos más simples, se dice que un sistema es holonómico cuando el número de grados de libertad controlables es igual a los grados totales de libertad, es decir, su movimiento depende de la configuración del robot y como este se desplaza, sus restricciones no son integrables a las restricciones de posición, por lo que hay que considerar su patrón de movimiento