

10.0

Examen Parcial

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

Nombre: Miramontes Sarabia Luis Enrique

Instrucciones: Subir la solución en un solo archivo PDF con el nombre Examen.pdf, al repositorio en GitHub en la carpeta Entregables.

Fecha límite de entrega: 04 de junio de 2020.

1. Explique qué es la configuración, espacio de configuraciones y grados de libertad de un robot móvil.
 - a. La configuración de un sistema robótico es la especificación completa de la posición de cada punto del sistema. Un punto en el espacio abstracto de configuraciones.
 - b. Es espacio de configuraciones, o C-Space, de un sistema robótico es el espacio que contiene todas las posibles configuraciones del sistema.
 - c. Los grados de libertad de un robot son la dimensión del espacio de configuraciones, o el mínimo número de parámetros necesarios para especificar la configuración.
2. Investigue dos métodos basados en grafos para planeación de rutas.
 - a. Grafo de visibilidad: Este método de planeación de rutas en 2D asume un set de obstáculos poligonales convexos de dos dimensiones y un robot móvil poligonal convexo. La descripción general del algoritmo es aumentar el tamaño de los obstáculos a razón del robot, para así poder reducir el análisis del movimiento de un robot a través de un área a la de un solo punto en movimiento. El punto siempre estará a una distancia segura de los obstáculos dado el aumento del obstáculo. Después de esto se crea un grafo de visibilidad, conectando todos los nodos que son visibles en línea recta y sin obstáculos entre los dos nodos. Después este nodo puede ser recorrido con un algoritmo de búsqueda, como puede ser A* (A estrella) o el algoritmo de Dijkstra.
 - b. Lane graph: Cuando el problema de planeación de rutas involucra desplazarse en una red estructurada la discretización de un grafo puede consistir en bordes representando el camino que el vehículo debe de seguir. Este tipo de grafos son parcialmente generados con algoritmos y posteriormente editados por humanos. Aunque la mayoría del tiempo esta información es suficiente para que el robot sea capaz de dirigirse, ocasionalmente se necesitará navegar con la presencia de objetos que no estaban previstos en el modelo original.
3. Investigue dos métodos basados en muestreo para planeación de rutas.
 - a. Rapidly-exploring random tree (RRT): Es un algoritmo diseñado para buscar de manera eficiente espacios no convexos multidimensionales, esto a través de la construcción de una estructura de datos llamada "space-filling tree". Esta estructura está formada de muestras tomadas de manera aleatoria del espacio de búsqueda y está diseñado para enfocarse en áreas grandes que todavía no han sido inspeccionadas.
 - b. Probabilistic roadmap (PRM): Es un algoritmo que resuelve el problema de planeación de rutas tomando muestras aleatorias del espacio de configuraciones del robot, probando si están ocupadas por obstáculos e intentando conectarlas haciendo uso de un planeador de

ruta, que normalmente es un algoritmo de búsqueda para grafos, como el algoritmo de Dijkstra.

4. Explique en qué consiste el proceso de SLAM (Simultaneous Localization and Mapping).
 - a. Existe un tipo de robots que se enfrenta al problema de generar un mapa del ambiente usando información de sus sensores, pero mapear un ambiente usando un robot móvil que posee errores de posicionamiento es una tarea bastante complicada. Sin tener el mapa del entorno un robot no puede determinar su posición y sin tener conocimiento de su posición el robot no puede generar mapas. Este problema es conocido como SLAM. Existen algunas maneras de solucionar este problema, una de ellas es el uso de filtros Kalman, se basa en medir el desplazamiento relativo del robot respecto a puntos predeterminados asociándolos con datos recibidos por los sensores.
5. Explique en qué consiste la localización mediante filtros de partículas, sus ventajas sobre el Filtro de Kalman y los paquetes de ROS que lo implementan.
 - a. La localización mediante filtros de partículas, también conocidos como localización de Monte Carlo, estiman la posición y orientación de un robot mientras se mueve y recibe información con sus sensores. El algoritmo usa un filtro de partículas para representar la distribución de estados posibles, es decir, las posibles ubicaciones donde se encuentra el robot. El algoritmo típicamente inicia con una distribución aleatoria de partículas en el espacio de configuraciones, lo que significa que el robot no tiene información sobre donde se encuentra. A medida que el robot se mueve las partículas cambian para predecir el nuevo estado después del movimiento. Cada vez que el robot detecta algo con sus sensores las partículas se reorganizan basándose en una estimación bayesiana recursiva. Eventualmente las partículas deben de converger a la posición actual del robot.
 - b. Las ventajas del filtro de partículas sobre un filtro de Kalman son la flexibilidad; al no asumir linealidad del sistema ni una naturaleza gaussiana del ruido, utiliza una representación de pesos aleatorios en vez de una matriz de distribución Gaussiana. El filtro de partículas también puede alcanzar mejores resultados con el precio de ser computacionalmente más pesado, pero gracias a los avances de poder de procesamiento estas técnicas pueden ser ahora usadas en sistemas en tiempo real.
 - c. En ROS existe un paquete llamado bfl (Bayesian Filtering Library), parte del proyecto Orocós, implementa filtros de partículas para robots móviles. Mcl_pi es otro paquete para localizar uno o múltiples robots utilizando filtros de partículas con una técnica llamada “intersección de partículas”.
6. Investigue qué son los campos potenciales y explique los pasos generales para implementarlos.
 - a. Los campos potenciales consisten en calcular campos imaginarios de repulsión que emanan de obstáculos y de atracción que corresponde al objetivo. Los campos pueden variar de acuerdo a la distancia del obstáculo o geoméricamente de acuerdo a su definición. Para navegar a través de estos se intenta encontrar un camino donde la velocidad de cambio sea la mayor, se puede visualizar esto como una superficie cuyos máximos locales serán obstáculos y el mínimo global el objetivo.
 - b. Para modelar este sistema se tienen dos campos potenciales, uno repulsivo con los obstáculos y otro atractivo con el objetivo. La suma de estos dos campos nos dará el potencial actual del robot y el gradiente negativo de esa suma el vector de desplazamiento.

7. Explique qué es una transformación homogénea y para qué se utiliza en robots móviles.

- a. La matriz de transformación homogénea se puede considerar como el análogo 3D de la matriz de transformaciones 2D normalmente vista en temas de Álgebra Lineal, está

$$T_i = Q_{i-1}R_i = \begin{pmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i & 0 & a_{i-1} \\ \sin \theta_i \cos \alpha_{i-1} & \cos \theta_i \cos \alpha_{i-1} & -\sin \alpha_{i-1} & -\sin \alpha_{i-1} d_i \\ \sin \theta_i \sin \alpha_{i-1} & \cos \theta_i \sin \alpha_{i-1} & \cos \alpha_{i-1} & \cos \alpha_{i-1} d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

representada por la transformación T_i , donde i va de 1 a M , siendo este último el número de partes móviles.

- b. Las transformaciones realizadas son:

- Trasladar d en el eje z .
- Rotar en sentido antihorario en θ el eje z .
- Trasladarse en a_{i-1} unidades en el eje x .
- Rotar en sentido antihorario en α_{i-1} en el eje x_{i-1} .

Esto solo aplica si los sistemas coordenados se fijan siguiendo la convención de Denavit-Hartenberg, pero es solo un caso particular. Una transformación homogénea representa en general un movimiento de cuerpo rígido.

- c. En robot móviles se utiliza esta matriz para describir la posición y orientación de un robot o componentes del robot.

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

- Un robot con restricciones no holonómicas es aquel cuyos grados de libertad controlables son menores al número de grados de libertad del espacio de configuración.
- Esto afecta en la habilidad del robot en dirigirse hacia su objetivo, un robot holonómico se puede mover directamente hacia su objetivo mientras que un robot no-holonómico debe de reposicionarse para llegar al destino.