

# Examen Parcial

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

Nombre: Rivera Esquivel Jennifer Estefanny

**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.

**Configuración:** para un robot móvil es una especificación completa de la ubicación de cada punto de interés del robot.

**Espacio de configuraciones:** el espacio de trabajo(workspace) o espacio de configuraciones (configuration space, c-space) de un robot, es el área en la cual el robot puede posicionarse, corresponde a un área libre de colisiones. Es decir, el conjunto de todas las configuraciones.

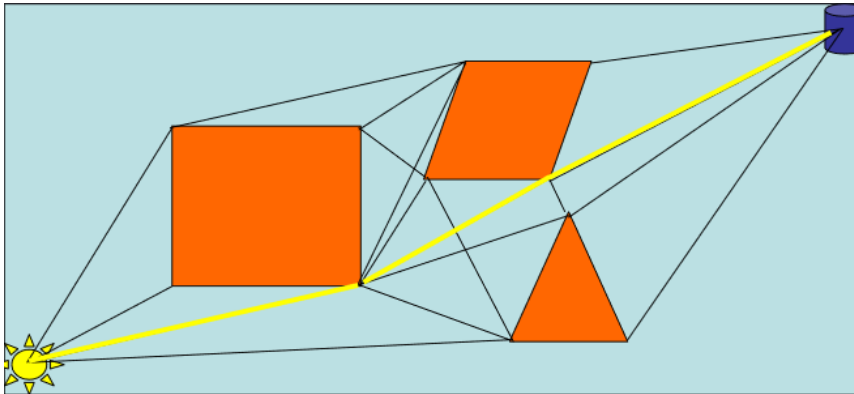
**Grados de libertad:** Los grados de libertad (DOF) se refieren a la mínima cantidad de variables o parámetros que se necesitan para especificar la configuración de un objeto. El número de grados de libertad es igual a la dimensión del espacio de configuración.

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

La planificación se define como la búsqueda de una ruta libre de obstáculos desde una posición inicial hasta otra final a través del entorno de trabajo del robot móvil

## GRAFO DE VISIBILIDAD

Proporcionan un enfoque geométrico para solventar el problema de la planificación. El algoritmo de planificación basado en grafos de visibilidad constará de dos fases fundamentales: una primera, de construcción del grafo; y una segunda, de búsqueda. Esta última utilizará un algoritmo de búsqueda en grafos (Nilsson) para encontrar una ruta desde  $q_a$  a  $q_f$  siguiendo los arcos del mismo. Un grafo de visibilidad es aquel grafo en el cual cada nodo representa un vértice de los polígonos y las aristas son las conexiones visibles entre tales vértices.



A través de un algoritmo de búsqueda de grafos se escoge la ruta óptima que una la posición inicial con la final.

La desventaja es que las trayectorias pasan muy cerca de los obstáculos y consideran un robot puntual –se puede aminorar este problema dilatando a los obstáculos en función del tamaño del robot (problema con robots no cilíndricos)

#### ALGORITMO A\*:

Es un algoritmo de búsqueda, extensión del algoritmo de Dijkstra, que se emplea para hacer el cálculo de caminos mínimos en una red. Se va a tratar de un algoritmo heurístico, ya que 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. Su más importante característica es la obtención de una función de costo.

Es muy adecuado para espacios de búsqueda conocidos, sin embargo, es costoso en términos de memoria y velocidad en áreas grandes.

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

**PRM (Probabilistic roadmap method):** Genera un número limitado(muestreo) de puntos aleatorios dentro de un área determinada. Este algoritmo agrupa nodos en componentes conectados, para realizar la agrupación, se recopilan todos los nodos dentro de un radio fijo del nodo generado aleatoriamente. Estos nodos vecinos se ordenan aumentando la distancia (o la métrica deseada). Define la meta y la salida, seguido a esto se aplica una búsqueda a través del grafo resultante de la unión de las configuraciones, resultando un camino desde la meta hasta la salida.

**FMT(Fast Marching Tree Algorithm):** Este algoritmo está dirigido a resolver problemas complejos de planificación de movimiento en espacios de configuración de alta dimensión. Se ha demostrado que este algoritmo es asintóticamente óptimo y converge a una solución óptima más rápido que sus contrapartes

de última generación, principalmente PRM \* y RRT \*. El algoritmo FMT \* realiza una recursión de programación dinámica "perezosa" en un número predeterminado de muestras dibujadas probabilísticamente para hacer crecer un árbol de caminos, que se mueve constantemente hacia afuera en el espacio de costo de llegada.

4. Explique en qué consiste el proceso de SLAM (Simultaneous Localization and Mapping).

Consiste en una técnica en la que un vehículo autónomo es colocado en una ubicación desconocida dentro de un ambiente desconocido. Este vehículo construye un mapa del ambiente al mismo tiempo que determina su posición absoluta.

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.

La localización mediante filtros de partículas es una propuesta que mantiene densidad de probabilidades, su idea clave es determinar la siguiente posición por un conjunto de muestras, cada una de ellas consiste en un par  $(x, ?)$ , que contiene un vector de estado  $x$  del sistema subyacente y un  $?$  factor de peso o ponderación. Estos datos son usados para determinar la importancia de la partícula correspondiente. El posterior es representado por la distribución de la muestra y el factor de importancia.

El filtro de Kalman es un algoritmo recursivo que sirve para actualizar la proyección lineal de un sistema de variables sobre el conjunto de información disponible (según se va disponiendo de nueva información), principalmente en presencia de ruido. Este filtro permite calcular la verosimilitud de un modelo dinámico lineal, por lo que la salida es una función de probabilidad Gaussiana, en donde se obtendrá una solución unimodal, mientras que la localización mediante filtros de partículas permite obtener soluciones multimodales, independientemente de la linealidad de los sistemas o del ruido.

Los paquetes de ROS con los que se pueden implementar estos filtros son: *robot\_pose\_ekf* y *mcl\_pi*.

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

El método de campos potenciales es una de las técnicas más populares en la generación de trayectorias para robots móviles, propone calcular campos imaginarios en donde los obstáculos y el robot tengan una carga eléctrica del mismo signo, para generar repulsión entre ellos, mientras que la meta tiene asociada una carga eléctrica de signo opuesto, para atraer el robot al punto destino.

Para implementarlos es necesario calcular la distancia en un mapa, y si en él se encuentran obstáculos o no, una vez teniendo esto se usa algún algoritmo para aproximar la distancia a los obstáculos. Estos valores se usan para calcular la función de potencial repulsivo para cada obstáculo, el gradiente y el potencial del punto meta.

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

Se refiere a la transformación de un sistema de coordenadas a un sistema de coordenadas homogéneo. Se compone de rotación, escalamiento, perspectiva y traslación.

Sus usos en los robots móviles son los siguientes:

- Representan la posición y orientación de un sistema girado y trasladado con respecto a un sistema fijo.
- Transformar un vector expresado en coordenadas movibles y su representación en un sistema fijo.
- Rotar t trasladar un vector con respecto a un sistema fijo.

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

Se trata de un robot que este sujeto a restricciones geométricas expresadas en términos de una ecuación analítica. Debe cumplir restricciones de posición, movimiento, velocidad y aceleración mientras esta en movimiento. Es decir que un robot no se puede mover a los lados mientras se dirige hacia enfrente, sin embargo, puede alcanzar la posición que desee con determinadas maniobras.

Se recomienda consultar las siguientes 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., Čáp, 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.
- Cordero, I. (2018). *Sistema De Navegación Para Robot Holonómico*, 11-15.
- Martinez, J. *Arquitecturas de Control de Alto Nivel*. <https://ccc.inaoep.mx/~carranza/docs/introb/s3.pdf>
- Siegwart R., Nourbakhsh (2004) *Introduction to Autonomous Mobile Robots*. MIT Press.
- Espitia, E., Sofrony J. (2012) *Algoritmo Para Planear Trayectorias De Robots Móviles*,

Empleando Campos Potenciales Y Enjambres De Partículas Activas Brownianas.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v22n2/v22n2a05.pdf>