Curso Introductorio para la Categoría Robocup@Home Beginners

Instructores:
Marco Antonio Negrete Villanueva
Luis González Nava

Facultad de Ingeniería, UNAM

Escuela de Invierno de Robótica 2020, Saltillo, México.

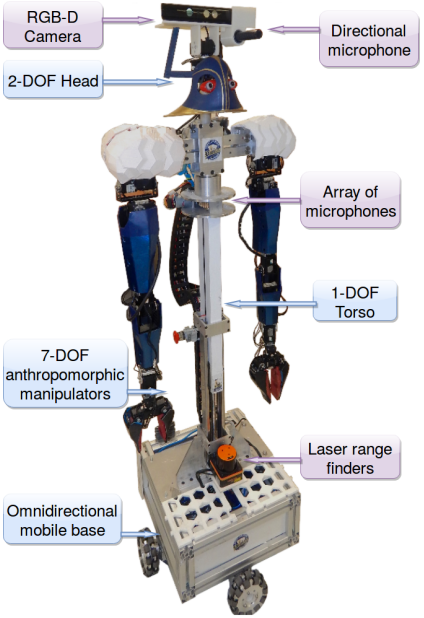
Objetivos

- Revisar el hardware necesario para tener un robot de servicio doméstico: sensores y actuadores necesarios.
- Dar un panorama general del software necesario para desarrollar un robot de servicio doméstico.
- Revisar las herramientas disponibles para cubrir las habilidades requeridas en la categoría @Home Beginners:
  - Navigation stack (planeación de movimientos)
  - Pocketsphinx (reconocimiento de voz)
  - Sound Play (para síntesis de voz)
  - OpenCV (reconocimiento de objetos y rostros)
  - MoveIt (para manipulación de objetos)

La categoria @Home

Su objetivo es el desarrollo de robots de servicio doméstico y está enfocada principalmente en las siguientes áreas:

- Interacción humano-robot
- Navegación en ambientes dinámicos
- Visión computacional y reconocimiento de objetos
- Manipulación de objetos
- Comportamientos adaptables
- Integración de Comportamientos
- Estandarización e integración de sistemas



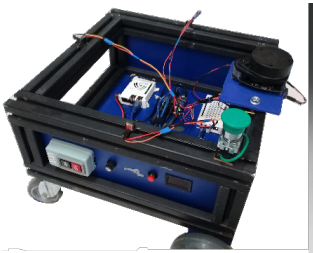
La categoria @Home Beginners

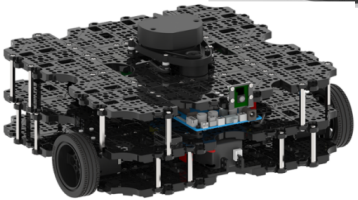
Esta competencia presenta un desafío introductorio a la categoría de @Home Major, basándose en una etapa de pruebas y una final.

- En la etapa de pruebas se evalúan funcionalidades básicas por separado:
  - Navegación
  - Reconocimiento de objetos
  - Manipulación
  - Reconocimiento de voz
- La prueba final es una integración de las habilidades anteriores.
- El robot debe ejecutar un comando del tipo “Bring [OBJETO] from [LUGAR]”.

Hardware necesario: Base móvil

- De preferencia, debe ser omnidireccional
- Turtle Bot (`https://www.turtlebot.com/`)
- Festo Robotino (`https://wiki.openrobotino.org/`)
- DIY: 3 ó 4 motores de corriente directa con ruedas omnidireccionales, 2 tarjetas Roboclaw, baterías de LiPo y chasis de alumnio estructural.





Hardware necesario: Cámaras

- Se pueden usar sólo cámaras RGB, pero es altamente recomendable tener información de profundidad.
- Kinect (`https://github.com/OpenKinect/libfreenect2`)
- Intel RealSense (`https://github.com/IntelRealSense/librealsense`)
- También se pueden usar cámaras estéreo, pero es mucho más sencillo usar cámaras con luz estructurada.

Hardware necesario: Sensor láser

- Hokuyo (`https://www.hokuyo-aut.jp/`)
- RPLidar (`https://www.robotshop.com/en/slamtec.html`)
- SICK (`https://www.sick.com/ag/en/detection-and-ranging-solutions/2d-lidar-sensors/c/g91900`)
- El paquete `http://wiki.ros.org/urg_node` facilita su operación.
- Si no se tiene uno, se puede simular a partir de una cámara RGB-D con el paquete `http://wiki.ros.org/pointcloud_to_laserscan`.

Hardware necesario: Manipulador

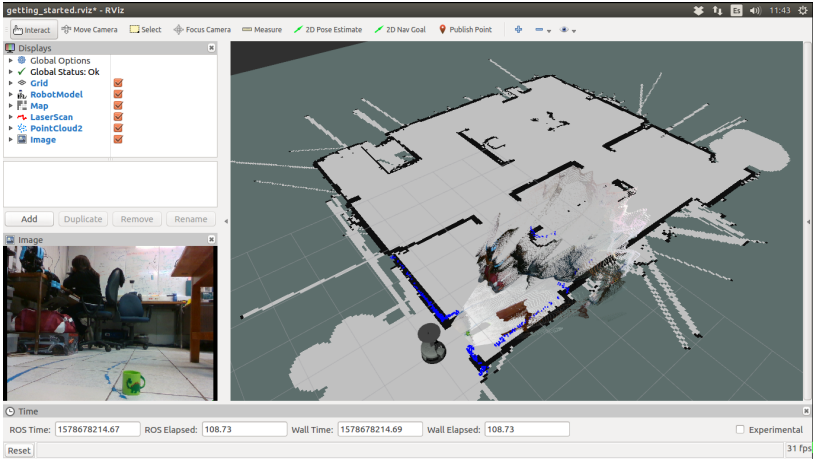
- Son recomendables por lo menos 5 DOF.
- Kuka LBR iiwa (`http://wiki.ros.org/kuka`)
- Neuronics Katana (`http://wiki.ros.org/katana`)
- DIY: Servomotores y Brackets Dynamixel (`http://wiki.ros.org/dynamixel`)

Configuraciones mínimas

- Se requiere de un marco de referencia absoluto, comúnmente llamado `map`. En Rviz, `map` se selecciona como referencia global.
- La base móvil debe publicar su odometría y aceptar comandos de movimiento.
  - Para la odometría, debe publicar la transformación de `odom` a `base_link`.
  - Para los comandos de movimiento, debe suscribirse al tópico `/cmd_vel` de tipo `geometry_msgs/Twist`.
- Se requiere de un nodo que publique la transformación de `odom` a `map`.
  - Si se está construyendo un mapa, esta transformación la publican paquetes como `gmapping` o `hector-mapping`.
  - Si ya se tiene un mapa, la trasnformación la publica el nodo de localización, generalmente `amcl`.
- Se requiere de un archivo que describa la cinemática del robot (archivo `urdf`), es decir, el árbol de transformaciones. Se recomienda que el *frame* raíz tenga el nombre `base_link`. Ejemplo: `catkin_ws/src/hardware/robot_description/robotino.urdf`
- Cada `joint` del robot corresponderá a una transformación publicada por el nodo `robot_state_publisher`.

Ejercicio

Ejecutar el comando `roslaunch bring_up robotino_simul.launch`. Debe aparecer un rviz como el siguiente:

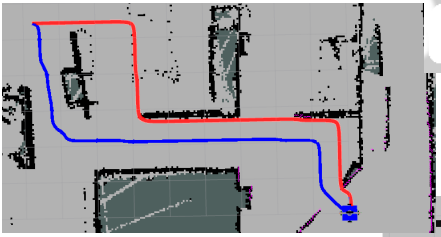


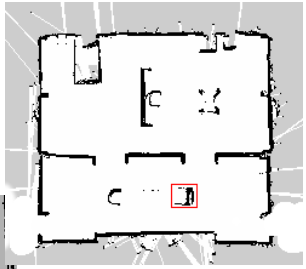
Ejercicio

1. Ejecutar el comando `rosrun tf view_frames` y verificar en el archivo resultante (*frames.pdf*) las transformaciones y qué nodos las publican.
2. Mediante el comando `rostopic info`, desplegar la información de los tópicos `/cmd_vel` , `/scan` y `/camera/depth_registered/points`.
3. Detener la ejecución y modificar el archivo `catkin_ws/src/bring_up/launch/robotino_simul.launch` para cambiar lo siguiente:
   - La descripción del robot (`robotino.urdf` o `justina_simple.urdf`)
   - El mapa del ambiente (Universum, Biorobotica o TMR_2019)
4. Modificar el archivo `catkin_ws/src/hardware/robot_description/robotino.urdf` y ver qué sucede cuando:
   - Se cambian los valores de la etiqueta `origin` en la línea 114.
   - Se elimina alguno de los campos `<joint>`.

Planeación de rutas.
Encontrar un mapeo:

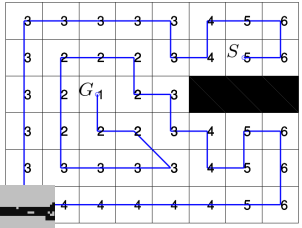
$$P(\alpha) : [0, 1] \rightarrow Q_{free}$$

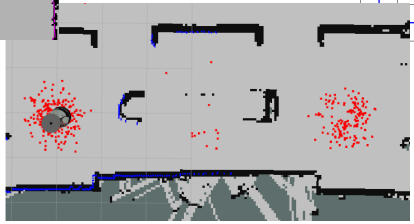




Mapeo: Construir una representación del espacio:

$$Q = Q_{free} \cup Q_{occupied}$$



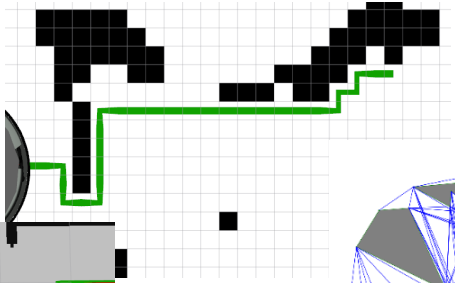


Localización: Determinar la configuración $q \in Q$ del robot.

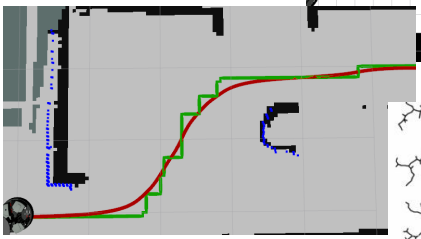
Cobertura: Mover al robot por todos los puntos $q \in Q_{free}$

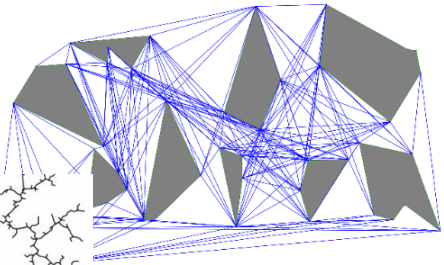
Métodos de planeación de rutas

Búsqueda en grafos
Ejemplos:
Dijkstra y A*

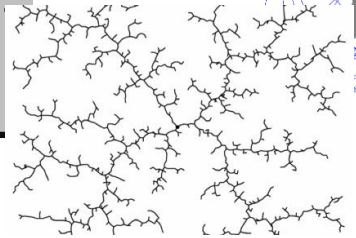


Métodos variacionales
Ejemplo:
Suavizado de una ruta





Geométricos
Ejemplo:
Grafo de visibilidad

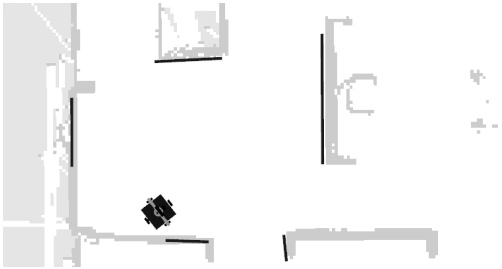


Basados en muestreo
Ejemplo: Rapidly Exploring
Random Trees (RRT)

Métodos de localización y mapeo

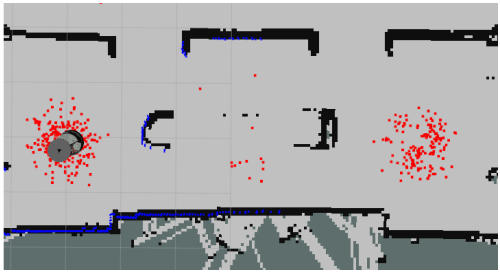
Filtro de Kalman:

- Con base en un modelo, filtra el ruido de las mediciones de posición.
- Supone que la posición tiene una distribución unimodal (normal).
- Converge sólo si la estimación inicial está cerca de la real.
- El número de estados crece con el número de marcas.
- Bajo costo computacional.



Filtro de Partículas:

- También requiere de un modelo de movimiento.
- La distribución de probabilidad de la posición es multimodal.
- Funciona para cualquier estimación inicial de la posición.
- Cada partícula mantiene una estimación
- Alto costo computacional.



El *Navigation Stack* de ROS

Contiene varios paquetes para planeación de rutas, mapeo, localización y evasión de obstáculos (`http://wiki.ros.org/navigation`). Para este curso se usaron los siguientes:

- `map_server`: Lee el mapa de dos archivos, una imagen `.pgm` y un `yaml` con meta datos. Publica el mapa usando un mensaje de tipo `nav_msgs/OccupancyGrid`.
- `amcl`: Realiza la localización usando el mapa, la odometría y las lecturas del láser. Publica la transformación de `odom` a `map`. `move_base`: Realiza la mayor parte de las tareas de planeación de movimientos, para lo que usa los paquetes:
  - `dwa_local_planner`
  - `navfn`
  - `costmap_2d`

Ejercicio

1. Ejecutar los comandos
   - `roslaunch bring_up robotino_simul.launch`
   - `roslaunch bring_up navigation_move_base.launch`
2. En el cuadro *Displays* de *Rviz* agregar los tópicos:
   - `/move_base/DWAPlannerROS/global_plan`
   - `/move_base/DWAPlannerROS/local_plan`
   - `/move_base/global_costmap/costmap`
3. Fijar una meta con el botón *2D Nav Goal* y observar el comportamiento.

Ejercicio

1. Detener la ejecución de `navigation_move_base.launch`.
2. En el archivo `catkin_ws/src/config_files/move_base_params/costmap_common_params.yaml`:
   - Cambiar `cost_scaling_factor` a 1.0
   - Cambiar `inflation_radius` a 2.5
3. Relanzar `navigation_move_base.launch` y observar qué sucede.
4. Detener la ejecución de `navigation_move_base.launch`.
5. En el archivo `catkin_ws/src/config_files/move_base_params/dwa_local_planner_params.yaml`:
   - Cambiar `max_vel_x` a 2.0
   - Cambiar `max_trans_vel` a 2.0
   - Cambiar `acc_lim_x` a 2.0
6. Relanzar `navigation_move_base.launch` y observar qué sucede.

Nota: En un robot real, los parámetros anteriores deben ser ligeramente menores a las capacidades físicas de la base móvil.

Pocketsphinx es un *toolkit* open source desarrollado por la Universidad de Carnegie Mellon (`https://cmusphinx.github.io/`).

- Aunque el toolbox original no está hecho específicamente para ROS, ya existen varios repositorios con nodos ya implementados que integran ROS y Pocketsphinx:
  - `https://github.com/mikeferguson/pocketsphinx`
  - `https://github.com/Pankaj-Baranwal/pocketsphinx`
- El usuario debe estar agregado al grupo *audio* para el correcto funcionamiento: `sudo usermod -a -G audio <user_name>`
- Se puede hacer reconocimiento usando una lista de palabras, un modelo de lenguaje o una gramática.
- Se utilizarán gramáticas y sus correspondientes diccionarios.
- Para construir diccionarios, visitar `https://cmusphinx.github.io/wiki/tutorialdict/`
- Para construir gramáticas, visitar `https://www.w3.org/TR/2000/NOTE-jsgf-20000605/`

Ejercicio

1. Ejecutar el comando `roslaunch bring_up pocketsphinx_test.launch`
2. Verificar los volúmenes del micrófono
3. Revisar el archivo `catkin_ws/src/pocketsphinx/vocab/voice_cmd.gram` para ver las frases que se pueden reconocer de acuerdo con la gramática.
4. Probar el reconocimiento de voz.
5. Detener la ejecución. En el archivo `catkin_ws/src/bring_up/launch/pocketsphinx_text.launch`:
   1. Cambiar el valor del parámetro `gram` de `.../voice_cmd` a `.../restaurant`
   2. Cambiar el valor del parámetro `dict` de `../voice_cmd.dic` a `restaurant.dict`
   3. Cambiar el valor de `grammar` de `voice_cmd` a `restaurant`
   4. Cambiar el valor de `rule` de `move2` a `command`
6. Relanzar el archivo `pocketsphinx_test.launch` y verificar el reconocimiento de acuerdo con la gramática del archivo `restaurant.gram`

Síntesis de voz con SoundPlay

- Es un paquete que permite reproducir archivos `.wav` o `.ogg`, sonidos predeterminados y síntesis de voz.
- La síntesis de voz se hace utilizando Festival (`http://www.cstr.ed.ac.uk/projects/festival/`).
- Para sintetizar voz, basta con correr el nodo `soundplay_node` y publicar un mensaje de tipo `sound_play/SoundRequest` con lo siguiente:
  - msg_speech.sound = -3
  - msg_speech.command = 1
  - msg_speech.volume = 1.0
  - msg_speech.arg2 = "voz a utilizar"
  - msg_speech.arg = "texto a sintetizar"

Ejercicio

1. Ejecutar el comando `roslaunch bring_up speech_test.launch`
2. Ejecutar el comando `rosrun speech_syn speech_test.py ‘‘my first synthetized voice’’`

Instalación de más voces

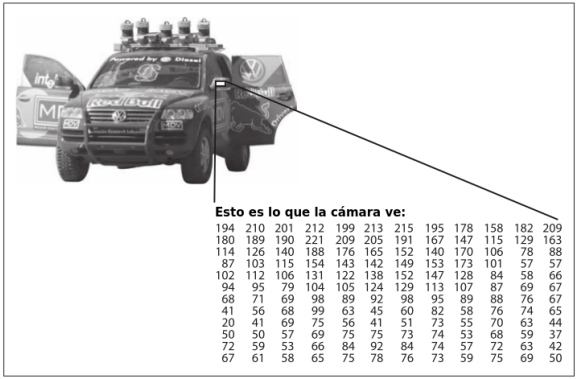
- Las voces se pueden instalar con `sudo apt-get install festvox-<voz deseada>`
- Para ver qué voces se tienen instaladas: `ls /usr/share/festival/voices/english/`

Ejercicio

1. Instalar alguna voz.
2. Verificar el nombre de la voz en el directorio `ls /usr/share/festival/voices/english/`
3. Modificar el archivo `catkin_ws/src/speech_syn/scripts/speech_test.py` y cambiar la voz a utilizar en el mensaje SoundRequest.
4. El nombre de la voz se compone de `voice_` más el nombre que aparece en la carpeta `voices/english`.

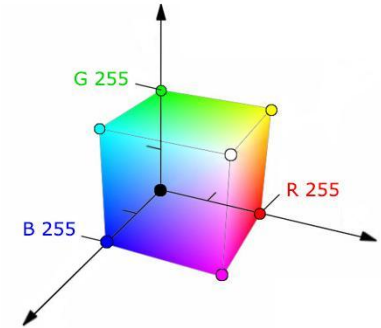
La biblioteca OpenCV

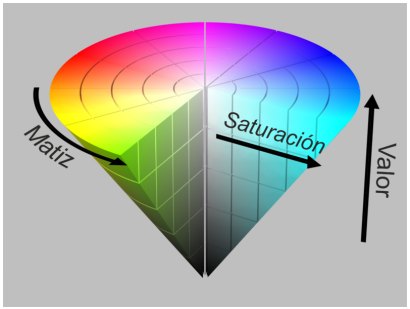
- OpenCV es un conjunto de bibliotecas que facilita la implementación de algoritmos de visión computacional.
- Se puede usar con diversos lenguajes: C++, Python, Java.
- En Python utiliza la biblioteca Numpy.
- Las imágenes se representan como matrices donde cada elemento puede ser un solo valor, o bien tres valores, dependiendo de si la imagen está en escala de grises o a color.
- La configuración más común es que cada pixel esté representado por tres bytes.



Espacios de color

Son diferentes formas de representar el color.





En segmentación por color se recomienda más usar HSV, pues es más robusto ante cambios en la iluminación.

OpenCV y ROS

- OpenCV utiliza la biblioteca Numpy para representar imágenes con matrices
- ROS representa las imágenes usando mensajes de tipo `sensor_msgs/Image` o `sensor_msgs/PointCloud2`.
- Para *traducir* las imágenes entre los diferentes formatos, se utiliza el paquete `cv_bridge` (`http://wiki.ros.org/cv_bridge`).

Segmentación por color

La segmentación de una imagen se refiere a obtener regiones con ciertas características. En este caso, que estén en un cierto intervalo de color. Los pasos generales para esto son:

1. Trasnformación de la imagen del espacio BGR al HSV (función `cvtColor`)
2. Obtención de aquellos pixeles que están en un rango de color (función `inRange`)
3. Eliminación de *outliers*, generalmente con operadores morfológicos (funciones `erode` y `dilate`)
4. Obtención de la posición de la región (funciones `findNonZero` y `mean`)

OpenCV: Reconocimiento con SIFT

Cosas de ROS y ejercicios

Planeación de acciones

Dar opciones: FSM, clips, MDP.

Planeación de acciones. Ejercicio

Hacer programa para obedecer un comando de navegar a un lugar y buscar a una persona.