

Robot reactivo seguidor de paredes basado en ROS

ROS-based reactive wall-following robot

Samuel Arleo Rodríguez
Facultad de Ingeniería (FEUP)
Universidade de Oporto
Oporto, Portugal
saar1312@gmail.com

Resumen — La navegación es una tarea esencial en el funcionamiento de un robot. Realizar el desplazamiento guiándose con los objetos del entorno es una forma segura de trasladarse para conocer el mapa. En este paper se describe la implementación de un robot reactivo seguidor de paredes, cuyo funcionamiento puede ser considerado el de Máquinas de Estado Finito. El basamento teórico de su operatividad esta sustentado en el cálculo trigonométrico. Para realizar la programación del robot se utilizó ROS (Robot Operating System) y el simulador Gazebo. El prototipo resultante es capaz de seguir paredes no uniformes y mantenerse a una distancia determinada modificable. Sin embargo el robot no es capaz de cumplir uno de los objetivos: detenerse en un punto equidistante a tres paredes en un mapa con forma rectangular.

Palabras Clave – Robot reactivo; seguimiento de paredes; ROS; simulador.

Abstract — Navigation is an essential task on the behavior of a robot. The process of mapping by using objects proximity is a safe way of exploring the map. In this paper it is described the implementation of a reactive wall-following robot, which can be considered a Finite State Machine. The theoretical basis of its functioning is sustained on trigonometry. To program the robot it has been used ROS (Robotic Operating System) and the Gazebo simulator. The resulting prototype is able to follow irregular shape walls and to keep a certain distance of the wall. Nevertheless, it is not capable to deal with one of the goals of the study: stop at an equidistant point from three walls on a map with a rectangular shape.

Keywords - Reactive robot; wall following; ROS; simulator.

I. INTRODUCCIÓN

La navegación es una de las mas importantes tareas en el diseño de un robot movil. Su correcta implementación determina el estado del robot y la estabilidad del sistema del cual forma parte. Un robot reactivo cuyo diseño esté basado en una Máquina de Estados Finitos (MEF) debe ser capaz de interpretar la información recibida sobre los objetos del

ambiente y en base a ésta, producir una reacción idealmente determinista. Realizar el desplazamiento guiándose con los objetos del entorno es una forma segura de trasladarse para conocer el entorno. Sin embargo en este estudio, por basar el diseño en una MEF, no se ha almacenado información sobre el entorno que le permita conocer los elementos explorados.

II. ARQUITECTURA

Como se mencionó anteriormente el prototipo diseñado es una MEF con un comportamiento reactivo. La Figura 1 muestra los distintos estados que determinan el comportamiento del robot, y que dependen de los datos recibidos por medio de los sensores.

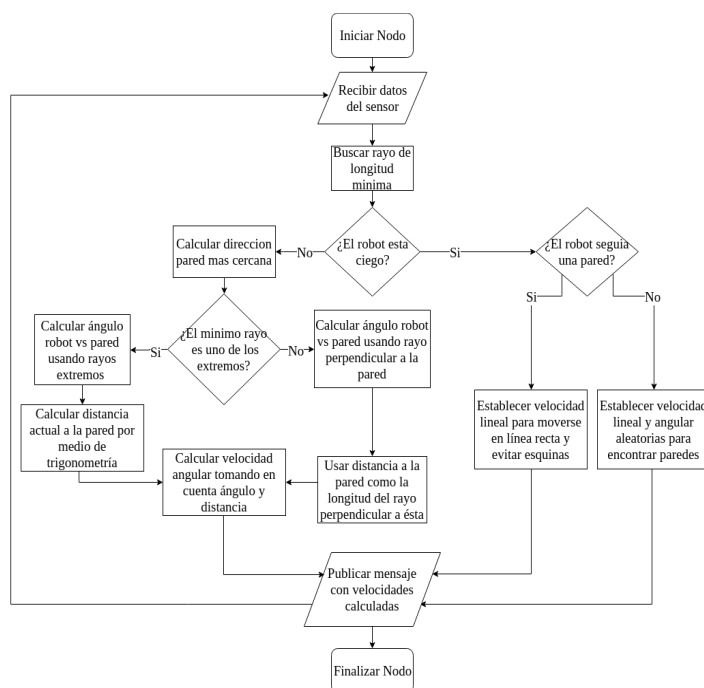


Figura 1. Diagrama de flujo de la arquitectura del robot.

Los principales estados corresponden a el momento en que el robot está “ciego” (la información recibida por medio de los sensores es insuficiente o no se recibió información alguna) y cuando se ha recibido información útil sobre la distancia del robot a un objeto. En el primer caso el robot navega el entorno con velocidades angular y lineal aleatorias relativamente bajas, permitiéndole eventualmente encontrar un objeto para comenzar el seguimiento. Cabe destacar que estas velocidades no son altas (mayores a 1 m/s o rad/seg) para evitar posibles caídas.

En relación al diseño de las partes del robot, ha sido utilizado el prototipo Kobuki de cuatro ruedas y sensores infrarrojos dispuestos con vista frontal, cuyo rango de alcance es de 10 m y una amplitud de 60° (30° a cada lado de la paralela al robot).

La información es obtenida por medio del visualizador de datos Rviz. Algunos de los datos contenidos en cada mensaje es una lista con las distancias del sensor infrarrojo, la distancia entre cada par de rayos continuos y la posición de los rayos extremos con respecto a la línea paralela frontal del robot.

Un aspecto a resaltar es que para establecer el movimiento del robot se realizan alteraciones sobre la velocidad lineal (para traslaciones) y angular del robot (para rotaciones). En consecuencia no fue necesario analizar directamente la odometría de las ruedas.

III. COMPORTAMIENTO

El comportamiento del robot responde del escenario actual, cuya información es obtenida a traves de los sensores. La distancia a la pared y el ángulo con esta determinan el movimiento del robot. A continuación se presenta el razonamiento teórico aplicado para calcular dichas medidas. El primero, llamado “Evadir”, ocurre cuando el rayo de longitud mínima se encuentra dentro de los 60° de “visión”. El segundo, llamado “Seguir”, acontece cuando el robot está más alineado al objeto que en el caso anterior.

A. Evadir

La Figura 2 expone este estado. El rayo de longitud mínima (en rojo) es perpendicular a la pared. En consecuencia el cálculo del ángulo con la pared se reduce a la ecuación:

$$\theta + \alpha + \frac{\pi}{2} = \pi \quad (1)$$

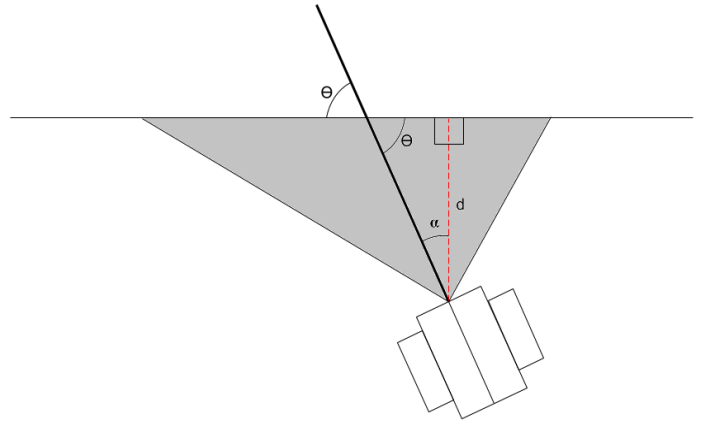


Figura 2. El rayo perpendicular a la pared se encuentra dentro del rango de visión.

Además la distancia a la pared es la longitud del menor rayo (en rojo).

B. Seguir

Este estado es mostrado en la Figura 3, donde el ángulo de menor longitud es el del extremo izquierdo del rango de visión del robot. En consecuencia es necesario aplicar un nuevo razonamiento para calcular el Θ y posteriormente obtener el ángulo entre el robot y la pared.

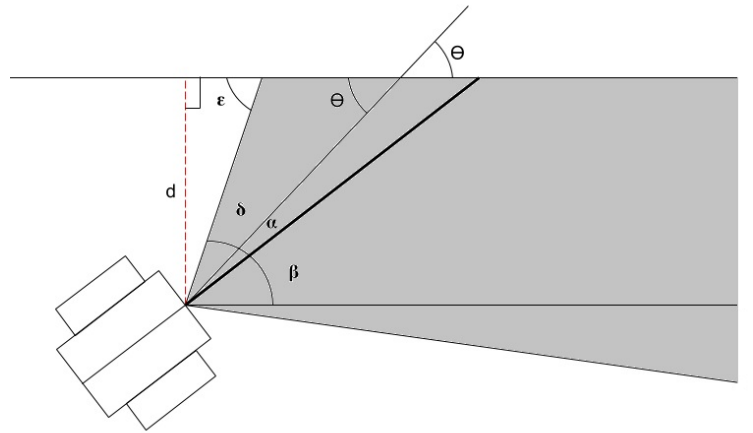


Figura 3. El rayo perpendicular no se encuentra dentro del rango de visión.

Para calcular Θ se ha aplicado el teorema del seno de la siguiente forma:

$$\frac{d}{\sin(\delta)} = \frac{d_2}{\sin(\theta)} \quad (2)$$

Donde d_1 es el lado opuesto al ángulo δ . Sin embargo, es necesario conocer la distancia d_2 . Para esto se ha aplicado el teorema del coseno de la siguiente forma:

$$d_2 = \sqrt{d_1^2 + h^2 - 2 \cdot d_1 \cdot h \cdot \sin(\delta)} \quad (3)$$

Teniendo el valor de d_2 es posible calcular Θ de (3). Por último, el ángulo Φ entre la paralela al robot y la pared viene dado por:

$$\phi = \theta - \alpha \quad (4)$$

Donde α es el ángulo entre el rayo utilizado para el cálculo de Θ y la paralela al robot. Luego, la distancia d a la pared puede ser obtenida por medio de:

$$d = \sin(\theta + \delta) \cdot h \quad (5)$$

IV. MOVILIDAD

Al calcular la distancia y el ángulo con respecto a la pared es posible ejecutar una acción en base a estas medidas. La velocidad angular w viene dada por:

$$w = K_1 \cdot \alpha + K_2 \frac{(d - d_1)}{\max(d, d_1)} \quad (6)$$

Donde K_1 y K_2 permiten establecer el impacto de α y d sobre los cambios en la velocidad angular. K_1 y K_2 iguales a cero produjeron buenos resultados.

V. PRUEBAS

Para evaluar la correctitud del diseño planteado se utilizaron paredes de distintos tipos (todas compatibles con los sensores del robot Kobuki) en distintas disposiciones observando resultados satisfactorios.

Para el estado inicial del robot se probaron distintos escenarios. Cuando el robot es colocado a una distancia mayor al rango de alcance máximo del sensor y el comportamiento aleatorio hace al robot aumentar esta distancia es posible que el robot no encuentre una pared que seguir. Por esta razón es recomendable explorar los 360° del entorno antes de comenzar un movimiento aleatorio.

Además se hicieron pruebas estableciendo diversas distancias y velocidades lineales, mostrando resultados aceptables cuando $d \in (0, 4)$ y $v \in (0, 1)$.

V. CONCLUSIONES

En este artículo se estudió el diseño de un robot reactivo cuyo comportamiento es el de una Máquina de Estados Finitos que recibe datos de un sensor infrarrojo y produce una respuesta que determina su movimiento en un mapa, rodeando objetos del entorno o moviéndose de forma aleatoria hasta encontrarlos.

Para la creación del prototipo se utilizó ROS y el simulador Gazebo. El basamento teórico está fundamentado en el cálculo trigonométrico, cuyas operaciones no requieren un gran poder de cómputo.

El robot creado tuvo resultados satisfactorios en los escenarios para los que fue pensado. Sin embargo el robot no es capaz de cumplir uno de los objetivos: detenerse en un punto equidistante a tres paredes en un mapa con forma rectangular.

Referencias Bibliográficas:

- [1] Knights V., Deskovski S. "Trajectory following and Obstacles Avoidance of a 4-wheeled Mobile Robot's Movement" Conference: XI International Conference – ETAI 2016, At Hotel Drim, Struga, Macedonia September 22-24, 2016.
- [2] Acosta G., "Arquitectura de control reactiva para la navegación autónoma de robots móviles" Ingeniare, 2016. DOI:10.4067/S0718-33052016000100016