

ROBOTICA MÓVIL

Calderón Uribe Salvador (1), López Hernández Juan Manuel (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [salvador.calderon.131@gmail.com]

2 [Departamento de Estudios Multidisciplinarios, División de Ingenierías, Campus Irapuato Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [jmlopez@ugto.mx]

Resumen

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de un robot móvil, encargado de encontrar el camino más eficiente a través de diferentes obstáculos hasta llegar a un punto determinado. Para la elaboración de dicho robot se tomó en cuenta las posibles interacciones del robot con el entorno, la posición de los obstáculos que interfieren con el robot, la distancia recorrida y el punto de destino. La placa Arduino Uno es la encargada de controlar cada uno de los sensores y actuadores del robot, utilizando el Arduino Motor Shield y sensores de ultrasonido como una forma eficiente de dirigir el robot hacia un punto determinado y evitar los obstáculos con los que se encuentre, independientemente de su posición. Finalmente con un encoder óptico, es posible medir la distancia recorrida del robot a través de los pulsos que éste genera al girar el motor, permitiendo establecer un punto de destino en cantidad de pulsos.

Abstract

The objective of this project is the development of a mobile robot, responsible for finding the most efficient way through different obstacles until reaching a certain point. For the elaboration of this robot, the possible interactions of the robot with the environment, the position of the obstacles that interfere with the robot, the distance traveled and the destination point were taken into account. The Arduino UNO board is responsible for controlling each of the sensors and actuators of the robot, using the Arduino Motor Shield and ultrasonic sensors as an efficient way to direct the robot to a specific point and avoid the obstacles it encounters. Finally, with an optical encoder, it is possible to measure the distance traveled by the robot through the pulses that it generates when the motor rotates, allowing to establish a point of destination in the number of pulses.

Palabras Clave

Palabras Clave: Arduino UNO; Distancia Mínima entre Puntos; Posición Estimada;

INTRODUCCIÓN

Los robots móviles se caracterizan por su capacidad para desplazarse de forma autónoma en un entorno desconocido o conocido parcialmente. Sus aplicaciones cubren una gran variedad de campos, entre los cuales se incluyen trabajos subterráneos (minería, construcción de túneles, etc.), tareas submarinas (inspección de oleoductos, mediciones, misión de búsqueda y rescate, etc.), misiones espaciales, vigilancia e intervención de seguridad (desactivación de explosivos, operación en zonas radioactivas, etc.), aplicaciones militares, entre otros. En todas estas aplicaciones la justificación más importante es la dificultad o imposibilidad de intervención humana [1].

Un robot móvil es un sistema constituido por diversos subsistemas que le permiten percibir, planificar y controlar su movimiento. Permitiéndole actuar ante las situaciones cambiantes del entorno. Dentro de estos subsistemas los sensores toman un papel clave para el suministro de información, siendo los más utilizados sensores ultrasónicos (sonares) para la detección de obstáculos y cámaras de video, GPS o codificadores en los ejes de movimiento como medio para la estimación de la posición [2]. A su vez es necesario llevar a cabo una planeación óptima de la trayectoria que permita al robot desempeñarse en su entorno de una manera eficiente. [3].

Marco teórico

El presente trabajo se enfoca en el desarrollo de un robot móvil encargado de encontrar la trayectoria más eficiente a partir de un punto determinado, apoyándose de sensores de ultrasonido para evitar los diferentes obstáculos y haciendo estimaciones de la posición y de la trayectoria mediante el entorno en el que circula y codificadores de movimiento (encoders ópticos).

El robot móvil cuenta con dos pares de coordenadas establecidas (x_1 , y_1 , x_2 y y_2), las cuales serán la ubicación inicial del robot (que normalmente será (0,0)) y la ubicación final respectivamente. Mediante la ecuación 1 se calcula la distancia mínima entre la ubicación inicial y la ubicación final.

$$l = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (1)$$

Donde l es igual a la distancia más corta entre la ubicación inicial y la ubicación final, $(x_2 - x_1)^2$ equivale a la diferencia entre las coordenadas en el eje "x" al cuadrado y $(y_2 - y_1)^2$ equivale a la diferencia entre las coordenadas en el eje "y" al cuadrado.

Utilizando la ecuación de la pendiente entre dos puntos (ecuación 2) se conoce el ángulo en el que debe de posicionarse el robot para avanzar hasta la posición final.

$$\alpha = 90 - \left(\arctan \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) * \left(\frac{180}{3.1416} \right) \right) \quad (2)$$

Donde α es el ángulo que se forma entre el eje y la pendiente, $\arctan \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right)$ es el ángulo entre la pendiente y el eje "x" en radianes y $\left(\frac{180}{3.1416} \right)$ la transformación a grados.

Si el robot móvil detecta un objeto en su camino, éste debe ser capaz de evadir el objeto y establecer una nueva trayectoria hacia la ubicación final. La posición del objeto define hacia donde se mueve el robot y como debe establecerse la nueva trayectoria, para ello es necesario conocer la ubicación del robot al encontrar el objeto (ecuación 3 y 4) y la posición del robot después de evadir el obstáculo.

$$x1' = \sin\left(\delta * \left(\frac{3.1416}{180}\right)\right) * r \quad (3)$$

$$y1' = \cos\left(\delta * \left(\frac{3.1416}{180}\right)\right) * r \quad (4)$$

Donde $x1'$ y $y1'$ son las coordenada en el eje "x" y "y" al momento de encontrar un obstáculo, δ es el ángulo interno que complementa al ángulo de la pendiente con el eje "x" (IMAGEN 1(a)) y r es el recorrido en metros.

Utilizando las ecuaciones 5 y 6 se estima la posición del robot en un nuevo punto ($x1$, $y1$) al girar hacia la derecha, las ecuaciones 7 y 8 estiman la posición del robot en un nuevo punto al girar hacia la izquierda.

Al obtenerse el punto en el que se ubica el robot después de evadir el objeto se traza una nueva trayectoria con las ecuaciones (1) y (2).

$$x1 = x1' + \sin\left(\varphi * \left(\frac{3.1416}{180}\right)\right) * 0.2 \quad (5)$$

$$y1 = y1' - \cos\left(\varphi * \left(\frac{3.1416}{180}\right)\right) * 0.2 \quad (6)$$

Donde $x1$ y $y1$ es el nuevo punto en el que se ubica el robot al esquivar el objeto por la derecha, $x1'$ y $y1'$ es el punto donde se ubica el robot al encontrar el objeto, $\sin\left(\varphi * \left(\frac{3.1416}{180}\right)\right)$ y $\cos\left(\varphi * \left(\frac{3.1416}{180}\right)\right)$ es la distancia avanzada en el eje "x" y en el eje "y" y 0.2 equivale a la distancia en metros que el robot camina para evadir el objeto.

$$x1 = x1' - \sin\left(\theta * \left(\frac{3.1416}{180}\right)\right) * 0.2 \quad (7)$$

$$y1 = y1' + \cos\left(\theta * \left(\frac{3.1416}{180}\right)\right) * 0.2 \quad (8)$$

Donde $x1$ y $y1$ es el nuevo punto en el que se ubica el robot al esquivar el objeto por la izquierda, $x1'$ y $y1'$ es el punto donde se ubica el robot al encontrar el objeto, $\sin\left(\theta * \left(\frac{3.1416}{180}\right)\right)$ y $\cos\left(\theta * \left(\frac{3.1416}{180}\right)\right)$ es la distancia avanzada en el eje "x" y en el eje "y".

MATERIALES Y MÉTODOS

El primer paso para el desarrollo del robot móvil fue utilizar el Arduino UNO para el control del Arduino motor shield y el encoder óptico, quienes serían los encargados de darle movimiento al robot [4] y determinar un patrón de distancia en cantidad de pulsos respectivamente [5]. Una vez establecida la cantidad de pulsos equivalentes a un metro, se eligió un par de coordenadas como ubicación final ($x2$, $y2$), se utilizó (1) para calcular la distancia más corta en cantidad de pulsos entre el robot y dicho par de coordenadas, y (2) para encontrar el ángulo que debe hacer el robot para estar de frente a su destino (IMAGEN 1(a)). Cuando la cantidad de pulsos generada por el encoder sea la misma que la determinada por (1) el robot llega a su destino y se detiene.

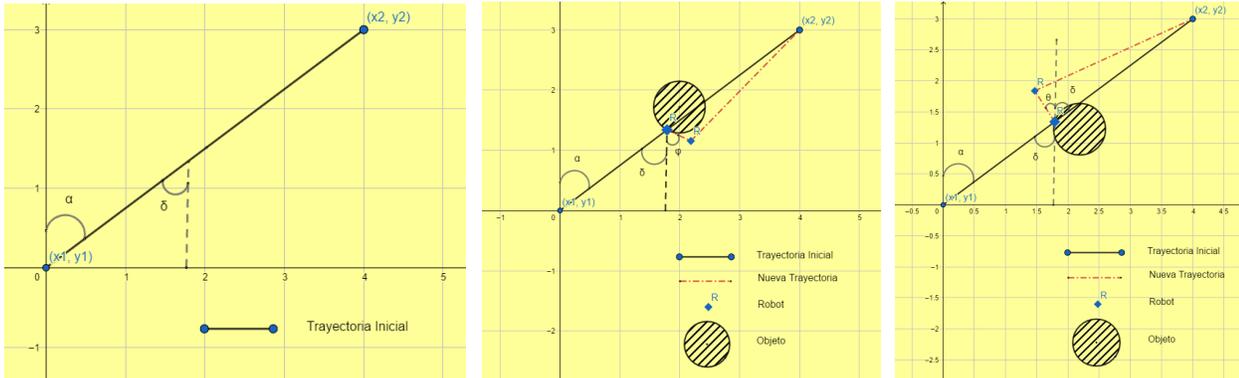


IMAGEN 1: (a) Estimación de la distancia y ángulo de giro, (b) Cambio de trayectoria con objeto a la izquierda, (c) Cambio de trayectoria con objeto a la derecha.

Al agregar objetos dentro de la misma trayectoria se agregó también dos sensores de ultrasonido, los cuales se encargaban de medir la distancia entre un objeto y el robot, si el objeto se encuentra a la izquierda y es detectado por uno de los sensores, el robot frena y cambia su trayectoria 60° , avanza 20 cm y calcula la nueva mejor trayectoria hacia su destino utilizando las ecuaciones (3), (4), (5) y (6) (IMAGEN 1(b)). Si el objeto detectado se encuentra a la derecha el robot sigue un procedimiento similar utilizando las ecuaciones (3), (4), (7) y (8) como se muestra en la IMAGEN 1(c). Por otro lado si el objeto se encuentra en el centro, cualquiera de los dos procedimientos anteriores es válido para evadir el objeto.

El control de la trayectoria se realizó utilizando el arduino motor shield el cual incorpora el chip L298P que permite controlar la velocidad y sentido de giro de varios motores de DC de forma independiente [4]. Utilizando la placa arduino y la librería "AFMotor.h" se configura mediante palabras reservadas el tipo de motor que se va a utilizar, la velocidad con la que cada uno de los motores girara y el sentido de giro de los mismos.

Para el control de la distancia y la evasión de los objetos se utilizó el sensor digital HC-SR04, el cual utiliza el método de contar el tiempo transcurrido entre la emisión de un pulso ultrasónico y su posterior recepción para medir la distancia, su pin "Trig" es el responsable de enviar el pulso ultrasónico y el pin "Echo" el responsable de recibir el eco de dicho pulso [4].

Al conocer la forma de trabajo del arduino motor shield y el sensor HC-SR04 es posible cambiar la trayectoria del robot móvil cuando un objeto se encuentre a una determinada distancia.

Por último la estimación de la posición y la distancia entre puntos se utilizó el encoder óptico, éste encoder se compone de un par de dispositivos optoelectrónicos, los cuales constituyen un foto diodo (emisor) y un fototransistor (receptor), entre estos se coloca un disco ranurado, acoplado mecánicamente al eje, compuesto por n ranuras transparentes. De esta manera, cuando gira el disco ranurado a través del emisor/receptor se produce una señal alternante, la frecuencia registrada por esta señal determina la velocidad del eje [5]. Por otro lado, las interrupciones de arduino permiten atender una sección de código en el instante en el que fue activada [6], permitiendo leer cada una de las pulsaciones que el encoder genera al girar el disco ranurado, de esta forma es posible tener una estimación de la distancia total y la distancia recorrida en cantidad de pulsos, sin dejar de lado las acciones principales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al ensamblar cada una de las herramientas del robot y aplicar los algoritmos de distancia mínima entre puntos (1), y el cambio de trayectoria hacia la derecha (formulas 5 y 6) y hacia la izquierda (formulas 7 y 8) se obtuvieron los siguientes resultados:

En el recorrido de la trayectoria se encontraban varios errores, muchos de los cuales eran no llegar a la ubicación exacta del punto (x_2, y_2) y el giro del robot al trazar un ángulo (IMÁGENE 2 (a), (b) y (c)), esto debido a que el encoder utilizado no era tan preciso ocasionando que el conteo de los pulsos variara al crear una nueva trayectoria.



IMAGEN 2: (a) Robot Móvil punto (x_2, y_2) incorrecto y ángulo incorrecto, (b) Robot Móvil punto (x_2, y_2) incorrecto, (c) Robot Móvil punto (x_2, y_2) correcto.

CONCLUSIONES

Utilizando herramientas de bajo costo y algoritmos sencillos para la estimación de la posición y la distancia, es posible desarrollar un robot móvil capaz de desplazarse a través del entorno siguiendo una trayectoria eficiente, mostrándose solo pequeñas variaciones en la medición de la distancia por parte del encoder y el arduino al detectar los pulsos, provocando en varias ocasiones que el robot siguiera una trayectoria errada por varios centímetros. Sin embargo, abre la posibilidad de desarrollar robots con mayor precisión en sus trayectorias utilizando más y mejores herramientas, incrementando su capacidad para realizar tareas elaboradas y eficientes.

REFERENCIAS

- [1] Jiménez, J. G., & Baturone, A. O. (1996). Estimación de la posición de un Robot Móvil. *Automática*, (29), 2-6.
- [2] Torres, V., Garcia-Fortes, J. A., Ollero, A., Gonzalez, J., & Reina, A. (1993). Descripción del Sistema Sensorial del VAM-1. In 3º Congreso Nacional de la Asociación Española de Robótica.
- [3] García, E. M. (2005). Planeación y seguimiento de trayectorias de robots móviles en una simulación de un ambiente real. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 1(1), 177-200.
- [4] Torrente Artero, O. (2013). ¿Qué "SHIELDS" Arduino Oficiales Existen? Arduino Curso práctico de formación (pp.117-451). Madrid: Alfaomega.
- [5] Corona Ramírez, L. G., Abarca Jiménez, G. S., & Mares Carreño, J. (2014). Encoder. Sensores y Actuadores (pp.78-80). México: Patria.
- [6] Tojeiro Calaza, G. (2015). Inicio con Arduino desde Cero. Taller de Arduino un Enfoque Práctico para Principiantes (pp. 93-96). Barcelona: Marcombo.