

CONSTRUCCIÓN DE MAPAS DE OCUPACIÓN PARA ROBOTS DE SERVICIO

Olivares Garcia Rojas Diana Laura (1), Ibarra Manzano Mario Alberto (2)

1 [Ingeniería Mecatrónica, Universidad de Guanajuato] | [dl.olivaresgarciaojas@ugto.mx]

2 [Departamento de Ingeniería Electrónica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [ibarram@ugto.mx]

Resumen

Los robots que operan de forma parcial o totalmente autónoma necesitan percibir el medio que les rodea para desenvolverse en él, procesar la información con suficiente precisión en sus estimaciones y utilizarla de forma eficiente para la descripción del escenario en el que navegan para tomar decisiones sin necesidad de la intervención humana. En este proyecto se utiliza la plataforma robótica móvil DaNI 2.0 Starter kit de National Instruments equipado con un sensor ultrasónico, el cual alcanza su mejor desempeño en ambientes de interior. Basado en las mediciones entregadas por el sensor se crea un modelo probabilístico para conocer el error de medición que presenta con respecto a la distancia y al ángulo de detección. Para esto, se realizan varias pruebas experimentales utilizando el software LabVIEW que es una herramienta gráfica de programación. Además se encuentra que para el robot utilizado, el mejor rango de ángulo está comprendido entre -10° a 20° con un tiempo de muestreo de 100 ms y una resolución de 5° . Lo anterior, permite establecer una estrategia para la construcción de un mapa de ocupación del ambiente, evitando una colisión durante la navegación del robot.

Abstract

Robots that operate in a partially or totally autonomous way need to perceive the environment that surrounds them to develop in it, process information with sufficient precision in their estimates and use it efficiently to describe the scenario in which they navigate to make decisions without need of human intervention. This project uses the Mobile Starter Kit DaNI 2.0 from National Instruments, equipped with an ultrasonic sensor which reaching it's best performance in indoor environments. Based on the measurements delivered by the sensor, a probabilistic model is created to know the measurement error that it presents regarding the distance and the detection angle. For this, several experimental tests are carried out using LabVIEW software, which is a graphic programming tool. It is also found that the best angle range for the robot used is between -10° to 20° with a sampling time of 100 ms and a resolution of 5° . Above mentioned allows to establish a strategy for the construction of a environment occupation map, avoiding a collision during the robot navigation.

Palabras Clave

Sensor Ultrasónico; Probabilidad; Caracterización ; Error; Mapeo

INTRODUCCIÓN

El desarrollo reciente en la robótica cada vez más se concentra en la operación de robots de servicio multifuncional en un entorno no estructurado e interacciones de humano y robot [1].

Un robot de servicio es un robot que opera de forma parcial o totalmente autónoma, para realizar servicios útiles para el bienestar de los humanos y del equipamiento [1].

Las áreas de desarrollo de la robótica de servicio son muy variadas, van desde las exploraciones espaciales hasta los robots domésticos, por esta razón los robots destinados a estas tareas deben ser sistemas altamente autónomos, capaces de desenvolverse en ambientes poco estructurados y cambiantes. Para lograr esto se requieren características tales como ser capaces de reconocer las propiedades su entorno, representar su ambiente a través de mapas y conocer su ubicación dentro de su entorno, autolocalizándose dentro del mismo; además de ser capaz de navegar dentro de su espacio de trabajo reaccionando a estímulos del ambiente en tiempo real sin necesidad de supervisión y/o control humano [2].

Puesto que un sistema autónomo debe ser capaz de navegar coherentemente dentro de un espacio desconocido y poco estructurado, debe contar con habilidades para detectar las diferentes características de su ambiente con un alto grado de fiabilidad, y así lograr evitar colisiones con objetos que se encuentren dentro de su ambiente de trabajo; para finalmente obtener una representación del entorno en el que se desplaza a través de un mapa de ocupación [2]. La cuadrícula de ocupación es una técnica basada en la discretización del espacio en celdas iguales con una probabilidad, que representa un área ocupada, vacía o desconocida. Esta técnica ha sido ampliamente utilizada debido a que requiere conceptos básicos para construir, representar y actualizar, permitiendo calcular trayectorias cortas [3].

En este reporte se presenta un modelo probabilístico del error del sensor ultrasónico para medir la precisión de las mediciones con el objetivo de garantizar un mapa confiable usando la plataforma DaNI 2.0. La siguiente sección describe dicho robot móvil, sus características técnicas y el funcionamiento del sensor. El error con respecto a la distancia y el campo de percepción del ángulo, así como la normalización de la función gaussiana son descritos y analizados en la sección de Resultados. Las conclusiones son presentadas al final de este documento.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este proyecto se utiliza una plataforma desarrollada por la empresa National Instruments® (NI) llamado NI LabVIEW robotics Start Kit®, también conocido como DaNI 2.0 (ver Fig. 1). Este robot es una plataforma móvil diseñada para desarrollar y ejecutar algoritmos de sistemas autónomos en tiempo real. La plataforma robótica móvil DaNI 2.0 cuenta con los siguientes componentes: un sensor ultrasónico, 2 motores de DC y una tarjeta reconfigurable conocida como sbRIO por Single Board Reconfigurable I/O. [4]

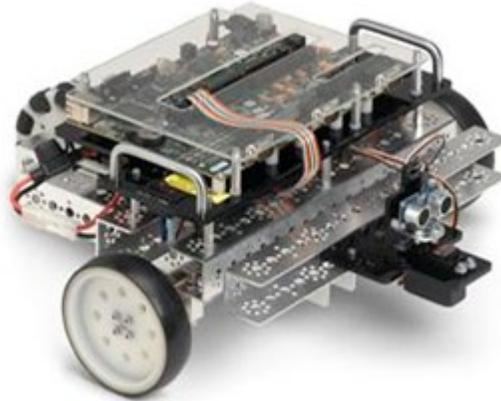


IMAGEN 1: Plataforma Starter Kit DaNI 2.0.

El sensor de ultrasonido está montado sobre un servomotor, lo cual lo dota de un grado de libertad. El principio de funcionamiento de un sensor de ultrasonido se basa en el tiempo de vuelo o tiempo de eco, mediante el cual la distancia viene dada por el tiempo transcurrido entre la emisión de un pulso y su recepción después de ser reflejado por una superficie [2]. La precisión obtenida puede ser en un rango de 2 centímetros (cm) a 3 metros (m) [1], pero las medidas dependen de factores como temperatura ambiente, movimientos de aire y fuentes acústicas de alta frecuencia [2].

El ultrasonido es una radiación mecánica con frecuencia más alta que el rango audible (> 20 kHz) cuando estas ondas son reflejadas por un objeto en el ambiente. Los sensores ultrasónicos contienen un transductor piezoeléctrico que se utiliza como transmisor y receptor para emitir y recibir ondas ultrasónicas, respectivamente. Este proyecto propone una estrategia centrada en sensores ultrasónicos, ya que proporciona la distancia de cada obstáculo en el entorno al sensor montado en el robot. [3]

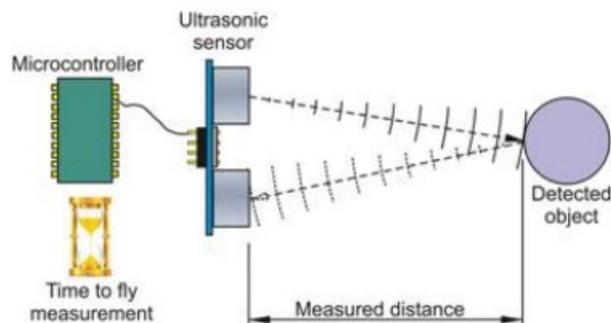


IMAGEN 2: funcionamiento del sensor ultrasónico usado en el robot DANI 2.0.

Un problema de la medición con sensor de ultrasonido es la reflexión tipo espejo, la cual causa que objetos del entorno con cierto tamaño y orientación no sean visto por el sensor, o que en general aparezcan más lejos de lo que realmente están. Esto ocurre sobre todo en las esquinas y se debe a que la onda ultrasónica sufre varias reflexiones antes de regresar al sensor. Debido a la reflexión tipo espejo, sólo las lecturas que se tomen de manera perpendicular a la superficie reflectora serían correctas.[2]

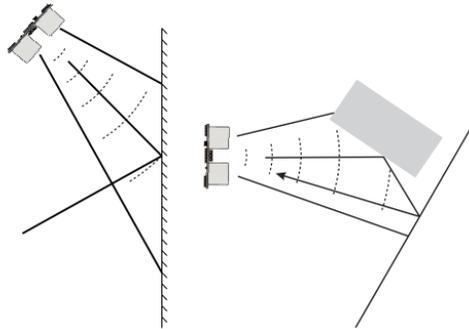


IMAGEN 3: Principales efectos de la reflexión tipo espejo de la señal ultrasónica. (a) Eco ultrasónico que no regresa al sensor, (b) Eco ultrasónico de trayecto extendido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron pruebas estáticas a distancias de 0.5 m, 1 m, 1.5 m y 2 m frente a una pared con un tiempo de muestreo de 100 ms como se muestra en la figura 4. Este tiempo se eligió en base a pruebas previas en donde los datos medidos por el sensor son más precisos, que a otro tiempo de muestreo.

Con esta gráfica se aprecia que las medidas son estables en un rango de -10° a 20° , también se puede observar que la distancia a la que se coloque el sensor ultrasónico de los obstáculos no influye en el error del mismo.

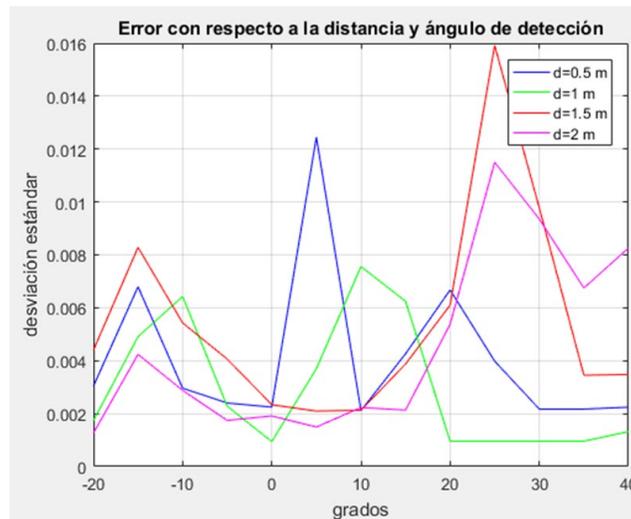


IMAGEN 4: Desviación estándar del sensor a diferentes distancias.

Para asegurarse de que un objeto detectado por el sensor se encuentre dentro de una región específica se utilizan los datos de desviación estándar obtenidos a 0.5 m de distancia de la pared en un tiempo de muestreo de 100 ms; los datos de dicha prueba fueron aproximados a una curva de tendencia polinómica de cuarto grado, figura 5, con lo que se obtiene el error de medición con respecto al ángulo.

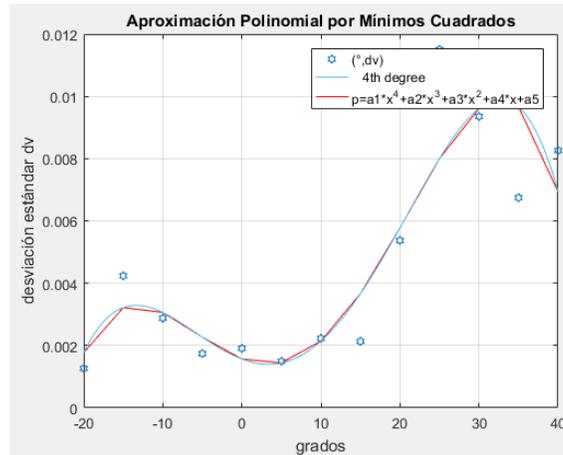


IMAGEN 5: Curva de tendencia desviación estándar del sensor de ultrasonido con respecto al ángulo.

Una vez que se conoce el error de la medición que tiene el sensor se determina la ecuación de la distribución normal descrita por (1), y la gráfica descrita por la figura 6, muestra el comportamiento del sensor, para que de esta forma se determine de manera más precisa el lugar en donde se encuentra el robot autónomo.

$$y = p1*x^4 + p2*x^3 + p3*x^2 + p4*x + p5 \quad (1)$$

donde los coeficientes son:

$$p1 = 9.4855e+09$$

$$p2 = -1.9513e+10$$

$$p3 = 1.5051e+10$$

$$p4 = -5.1592e+09$$

$$p5 = 6.6312e+08$$

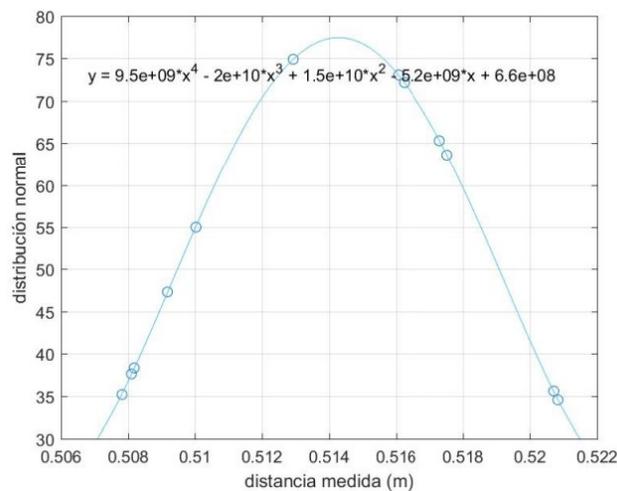


IMAGEN 6: Distribución normal del sensor con objetos a 0.5 metro de distancia.

En la Figura 7 se muestra el escenario de prueba con el robot y un obstáculo. En la Figura 8 se muestra el mapa de ocupación construido desde la ubicación actual del robot, observa el mapa local de acuerdo al objeto detectado.



IMAGEN 7: Escenario de navegación con obstáculos.

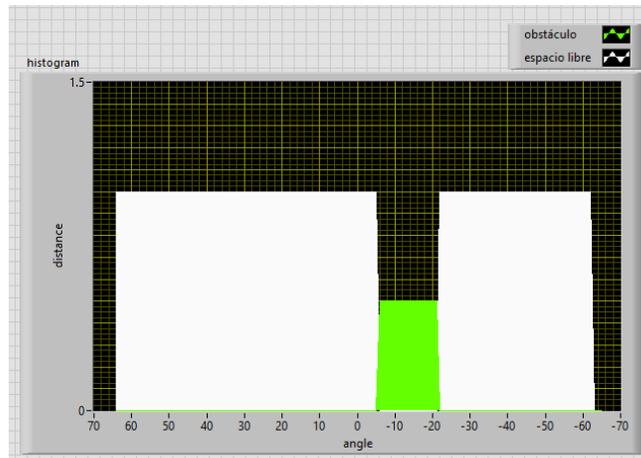


IMAGEN 8: Mapa local sensor ultrasónico (en verde: ocupado, en blanco: libre).

CONCLUSIONES

En el desarrollo del proyecto con la recolección y análisis de los datos tomados del sensor ultrasónico se logra implementar con la plataforma robótica móvil DaNI 2.0, un modelado probabilístico utilizando la campana de gauss que describe con una fiabilidad aceptable el ambiente en el que se navega el robot evadiendo los obstáculos correctamente manteniendo bajo los márgenes de error como lo muestran los resultados de los mapas locales. Al realizar las pruebas necesarias se encontró que el rango más estable de las mediciones de la distancia a la que se encuentran los objetos es de -10° a 20° de visión frente al robot a intervalos de 5° . Haber utilizado el software de LabVIEW para la programación del robot simplificó el proyecto ya que también se construyen los mapas con el mismo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesor, el Dr. Ibarra Manzano por la oportunidad de realizar este proyecto, guiarme y resolver las dudas en su desarrollo. También agradezco a mis compañeros de trabajo de verano por el apoyo y dedicación, así como a mi familia por brindarme todo cuanto yo necesite en cualquier aspecto siempre.

REFERENCIAS

- [1] Luévano-Sánchez C. A. (2014). Estacionamiento Autónomo mediante Redes Neuronales Artificiales. Trabajo de tesis, Maestro en Ingeniería Eléctrica, División de Ingenierías del Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Salamanca, Guanajuato.
- [2] Gomar-Vera Y. (2013) Detección y evasión de obstáculos mediante plataforma robótica móvil DaNI 2.0. Trabajo de tesis, Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica, División de Ingenierías del Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Salamanca, Guanajuato.
- [3] Gorrostieta Hurtado, E. Robot Control. (pp. 69-86). Janeza Trdine 9, Croatia: InTech.
- [4] Ojeda, D. L. & Manzano, M. A. (2015). Obstacle Detection and Avoidance by a Mobile Robot Using Probabilistic Models. IEEE Latin America Transactions. Vol. 13, No. 1, 69-75.