

Diseño de una aplicación móvil para la detección de proximidad de objetos basada en sensores

CRUZ-JIMÉNEZ, Braulio†*, CONTRERAS-RIVERO, Jannette, PEÓN-ESCALANTE, Ricardo y RICALDE-CASTELLANOS, Luis

Universidad Autónoma de Yucatán – Facultad de Ingeniería, Av. Industrias No Contaminantes x Anillo Periférico Norte S/N, Cordemex, 150 Mérida, Yuc

Recibido 2 de Abril, 2017; Aceptado 8 de Junio, 2017

Resumen

Para un robot, un animal, e incluso para el hombre, ser capaz de utilizar una representación interna de la disposición espacial de su ambiente es una tarea muy compleja, lo que plantea numerosos problemas de percepción, categorización y control que debe ser resuelto de manera integrada para promover la supervivencia. En la actualidad, uno de los temas más importantes abordados hasta la fecha, es cómo conseguir que un robot o vehículo móvil se mantenga localizado mientras se desplaza a través de su entorno. En este artículo se propone el diseño e implementación de una aplicación en la plataforma móvil Android, capaz de detectar obstáculos y medir la distancia utilizando un sensor laser montado en la parte superior de un robot móvil, con el fin de mapear la posición de los diferentes objetos que se aproximen al robot y éste pueda evitar los obstáculos.

Programa computacional, evasión de obstáculos, robots móviles, sensor laser

Abstract

For a robot, an animal, and even for man, being able to use an internal representation of the spatial arrangement of his environment is a very complex task, which raises numerous problems of perception, categorization and control that must be solved in a integrated way to promote survival. At present, one of the most important issues addressed is how to get a robot or mobile vehicle to stay localized as it moves through its environment. This article proposes the design and implementation of an application on the Android mobile platform, able to detect obstacles and measure the distance using a laser sensor mounted on the top of a mobile robot, in order to map the position of the different objects that approach to the robot and this can avoid obstacles.

Computer program, obstacle avoidance, mobile robots, laser sensor

Citación: CRUZ-JIMÉNEZ, Braulio, CONTRERAS-RIVERO, Jannette, PEÓN-ESCALANTE, Ricardo y RICALDE-CASTELLANOS, Luis. Diseño de una aplicación móvil para la detección de proximidad de objetos basada en sensores. Revista de Tecnologías Computacionales 2017. 1-2:1-8

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: diana.sanchez@upaep.mx

Introducción

El cálculo de posiciones de puntos partiendo de las coordenadas conocidas de otros puntos y de un conjunto de mediciones de ángulos y distancias es el pilar fundamental de la topografía y las técnicas de posicionamiento (GPS, levantamientos taquimétricos clásicos, nivelaciones). Los sensores LIDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) no ofrecen ninguna novedad en cuanto a los principios en los que basan su funcionamiento.

Sin embargo, la aparición de sensores LIDAR ha supuesto una revolución en lo que se refiere a captura de datos espaciales. Los sensores LIDAR son equipos laser que permiten calcular la posición de puntos en el espacio de una forma masiva.

La gran ventaja que ofrecen estos sensores frente a otros de otro tipo es el elevado volumen de puntos que pueden registrar de forma precisa. Sin embargo, la gran potencia de estos sensores para captar grandes cantidades de puntos en poco tiempo se paga una cierta incertidumbre. La toma de puntos se hace de una forma indiscriminada, se controla la zona por la que pasa el objeto, pero no el lugar exacto donde rebotan los puntos laser emitidos por el sensor.

El problema del conocimiento y la comprensión espacial ha dado lugar a numerosos desafíos. Quizás uno de los más importantes abordados hasta la fecha sea cómo conseguir que un robot o vehículo móvil se mantenga localizado mientras se desplaza a través de su entorno. Afortunadamente, durante las dos últimas décadas se han realizado importantes avances en el desarrollo de estrategias de localización, construcción de mapas e incluso la unión simultánea de ambas.

Como resultado, se han desarrollado diferentes métodos probabilísticos muy robustos, como por ejemplo técnicas de filtrado de Kalman filtros de partículas, o algoritmos de esperanza-maximización, entre otros. A pesar de esta evolución tan considerable, los métodos que ofrecen una mayor fiabilidad están basados en datos sensoriales en bruto. Esto es un claro indicador de que, a pesar de que existen técnicas muy avanzadas para realizar tareas de localización y construcción de mapas, los vehículos móviles son todavía incapaces de extraer información del entorno con la misma facilidad y precisión que lo hacemos los humanos.

Además de la estimación de la posición y el manejo de la información, existe otro problema relacionado con la cognición espacial que resulta muy interesante: cómo representar datos espaciales de forma escalable, interoperable y compatible con el ser humano.

En este trabajo se diseña e implementa una aplicación móvil por medio de una interface visual, implementada en una plataforma de programación orientada a objetos, la información espacial de manera accesible, por medio de una pantalla en forma de radar, a través de la cual puede observar la distancia de aproximación de los diferentes obstáculos que se presenten, para aplicaciones de control y robótica móvil.

Justificación

La necesidad de mantener adecuadamente localizado a un robot autónomo en el interior de un edificio donde interactúe o desarrolle algún tipo de servicio, se torna imprescindible, sin importar que la edificación sea un hospital, un centro educativo, una nave industrial u otro tipo de inmueble.

Por tal motivo, el que un robot móvil pueda disponer de los datos de su entorno generados a partir de un sensor laser, mediante el correcto procesamiento de los mismos, se vuelve una tarea indispensable cuando se trata de definir una trayectoria para el robot o que éste pueda navegar libremente evitando los obstáculos a su alrededor.

Problema

La capacidad de un robot móvil para determinar su ubicación en el espacio es una tarea imprescindible para poder navegar de forma totalmente autónoma. El conocimiento de la propia posición, así como de otros objetos o características de interés en el entorno del robot, son los cimientos básicos sobre los que se sustentan las operaciones de navegación de más alto nivel. Por ejemplo, la localización permite que sea posible planificar trayectorias para llegar a un destino concreto mientras se evitan obstáculos, y es fundamental para tareas más complejas como construir mapas de entornos desconocidos.

Sin la capacidad de localización, los robots estarían condenados a interactuar con el entorno a través de comportamientos reactivos, y serían incapaces de planificar acciones más allá de su campo de percepción local.

Por lo anterior, se necesita de una herramienta que permita al robot detectar los obstáculos y de cierta manera tener una representación espacial de su entorno de manera virtual.

Objetivo General

El objetivo es diseñar una aplicación móvil que permita a un robot móvil localizar en todo momento a los obstáculos que los rodean sin chocar con ellos, y sobre todo, que pueda localizar y seguir correctamente una trayectoria definida.

Marco Teórico

El mapeo robótico ha sido un área de investigación muy activa en robótica e inteligencia artificial durante al menos dos décadas. El mapeo robótico aborda el problema de la adquisición de modelos espaciales de entornos físicos a través de robots móviles. El problema del mapeo se considera generalmente como uno de los problemas más importantes a resolver en la construcción de robots móviles autónomos. A pesar de los progresos significativos en este ámbito, sigue planteando grandes retos. En la actualidad, se tienen métodos robustos para mapear entornos que son estáticos, estructurados y de tamaño limitado. El mapeo de entornos no estructurados, dinámicos o de gran escala sigue siendo en gran medida un problema abierto de investigación.

Se puede considerar que el origen de la localización de robots móviles se remonta a 1954, cuando se diseñó el primer vehículo de guiado autónomo o AGV (Automated Guided Vehicle), consistente en un vehículo de remolque de un almacén, modificado seguir una línea de tensión del almacén de la que obtenía la energía necesaria para funcionar. A finales de la década de 1970, gracias al desarrollo de los circuitos integrados, los AGV eran controlados por ordenador y podían seguir trayectos por inducción magnética a través de cables enterrados bajo la superficie o bien por medio de rayas visualmente identificables en el suelo. El inconveniente fundamental de estas técnicas es que la navegación se limita a recorridos fijos, y por lo tanto el uso de los AGV queda restringido a tareas de carácter repetitivo, de ahí que sean soluciones ampliamente utilizadas en entornos industriales. El seguimiento de este tipo de trayectorias predefinidas fue un precursor de la localización autónoma al precipitar la necesidad de estrategias de localización más flexibles.

Más adelante se introdujo una mayor flexibilidad en la navegación mediante técnicas de estimación de la posición utilizando balizas artificiales. Este tipo de sistemas incluyen balizas activas de infrarrojos o ultrasonidos, o balizas pasivas como marcadores reflectantes, y permiten a los robots móviles localizarse con respecto a la ubicación de las balizas. Esto supuso un importante avance en las estrategias de localización, dado que las trayectorias de los robots podían redefinirse por software sin la necesidad de modificar físicamente el entorno, abriéndose además las puertas para la generación de trayectorias adaptativas con capacidad para evitar obstáculos.

El siguiente avance en el desarrollo de las estrategias de localización fue la detección de características en el entorno, utilizándolas como puntos de referencia para estimar la posición del robot. Se entiende por característica un determinado objeto que el robot pueda reconocer mediante su sistema sensorial, como por ejemplo patrones gráficos introducidos artificialmente, o bien elementos ya existentes previamente en el entorno.

La tecnología LIDAR se puede utilizar como herramienta de apoyo tanto en navegación autónoma de vehículos como en reconstrucción 3D. En navegación autónoma provee un modelo del entorno que rodea un robot, el cual le permite completar tareas complejas con rapidez, seguridad y éxito. Sin ese modelo, un robot no puede planear una ruta hacia un lugar que no ha sido medido por sus sensores de manera efectiva y tampoco ir en la búsqueda de un objeto o lugar.

Descripción funcional de la aplicación

Realizando una descomposición funcional del sistema se podrá ir de las tareas particulares a las generales, para esto se utilizará un diagrama de árbol. El diagrama funcional se muestra en la figura 1.

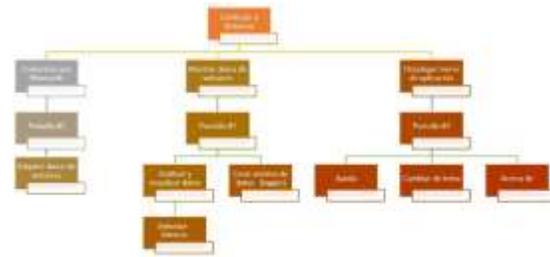


Figura 1 Diagrama funcional de la aplicación. (Elaboración propia)

Las tareas o subprogramas se codificaron como módulos independientes, el módulo bluetooth establece la comunicación con la tarjeta de desarrollo, el módulo de adquisición de datos de los sensores se comunica con el sensor láser y establece los parámetros de lectura de dicho sensor; después se tiene los módulos de despliegue de datos en la pantalla del dispositivo móvil y el módulo de almacenamiento de dichos datos.

También se cuenta con los módulos que desploman las diferentes pantallas como la ayuda, cambiar de tema, etc.

Diseño de la interface de usuario

Para que la aplicación tenga éxito es importante contar con un buen diseño de la interfaz del usuario. Sin embargo, son muy pocas las organizaciones que emplean especialistas diseñadores de interfaces. Por lo tanto, los ingenieros de software a menudo toman la responsabilidad de diseñar la interfaz de usuario. Algunas de las características que distinguen nuestra interfaz de usuario son:

- Relativamente fácil de aprender y utilizar.
- Para interactuar con el sistema el usuario cuenta con Ventanas.
- Acceso inmediato a cualquier punto de la pantalla.

Hay cuatro tipos de objetos que integran la aplicación computacional:

- Ventanas. Permiten desplegar información de manera simultánea.
- Iconos. Representan diferentes tipos de información.
- Menús. Ayuda a seleccionar comandos.
- Gráficos. Muestran al usuario la información de manera atractiva.

Proceso de diseño de la interfaz de usuario

Primero se procede a analizar y comprender como se obtienen los datos del sensor y como se realiza el procesamiento de los mismos. Posteriormente se realiza el diseño en papel y se presenta a los usuarios para su evaluación. Después se procede a diseñar el prototipo y a la implementación de la interface. El proceso de diseño se puede observar en la figura 2.



Figura 2 Proceso de diseño de la interface de usuario. (Elaboración propia)

Plataforma de programación

La plataforma de programación para Android que se va a utilizar en este programa computacional es Eclipse; se seleccionó el sistema operativo Android, ya que el desarrollo de aplicaciones va en aumento, porque no es solo otra plataforma móvil con un menú telefónico y una pantalla táctil, sino que la arquitectura de Android permite un entorno de software altamente personalizable gracias a su enlace de ejecución de las acciones solicitadas y el código para satisfacer estas solicitudes.

Plataforma Eclipse

La plataforma empleada para la programación de la aplicación móvil es la plataforma Eclipse; la cual está estructurada por subsistemas, los cuales son implementados como uno o varios programas ejecutables (plugins). Los subsistemas son construidos dentro de un pequeño motor de ejecución.

Layout de la aplicación

En esta sección se muestran las diversas pantallas que conforman la aplicación en Android, desde la solicitud de conexión Bluetooth hasta la gráfica donde se presentan los datos y el despliegue del menú (figura 3). Cabe mencionar que se cuenta con dos diferentes layouts (en términos de colores) para la aplicación y esta es adaptable a vistas en portrait (vertical) o landscape (horizontal) de cualquier celular android inteligente.



Figura 3 Vistas de pantallas de conexión y muestreo de datos en landscape. (Elaboración Propia)



Figura 4 Vistas de pantalla de menú, en orden de figura se encuentra Ayuda, Cambiar de tema. (Elaboración Propia)

Obtención de los datos por medio de los sensores

El detector de obstáculos detecta paredes, rampas y grandes desniveles o agujeros grandes, hay que filtrar las detecciones del suelo realizadas por el láser en situaciones concretas y para favorecer la buena navegación del robot detectando los obstáculos mencionados. El filtrado de las detecciones del láser es necesario para eliminar muchas falsas detecciones obtenidas al detectar los puntos del suelo por este, en situaciones de inclinación del robot o cuando sube rampas ascendentes.

También permite detectar el entorno (el suelo, las paredes, las rampas, los agujeros grandes) de forma que el robot detecte por donde está navegando, permitiéndole detectar estos obstáculos para poder evitar chocar con ellos y también poder detectar pendientes ascendentes o descendentes por las que no le sea posible pasar a causa de las limitaciones del robot.

Para lo anterior, se utilizó el láser URG-04LX, el cual es un sensor para escaneo de áreas (figura 6). La luz del sensor es infrarroja con amplitud de onda $\lambda = 785 \text{ nm}$, y con clase 1 de seguridad (IEC60825-1). El área de escaneo es un semicírculo de 240 grados, que se divide en 683 pasos de 0.36 grados (360 grados/1024), con el que se obtiene una resolución de detección de 1 mm. Los rangos en distancias de detección son los siguientes: rango de precisión garantizada desde 60 mm hasta 4095 mm, aproximadamente unos 4 m, máximo rango de detección desde 20 mm hasta 5,600 mm igual a unos 5.6 m. La superficie de escaneo cubierta por el láser se puede ver en la figura 5. La velocidad de escaneo es de 100 msec/scan. El sensor retorna la distancia donde se encuentra cada punto láser detectado, que puede variar según el tamaño y el tipo del objeto. El diámetro de dispersión del láser es menor que 20 mm a 2 m y con máxima divergencia a 4 m donde su diámetro es de 40 mm. Su precisión de escaneo es de $\pm 10 \text{ mm}$ en el rango de 20 mm hasta 1000 mm y de $\pm 1\%$ de la medida en el rango de 1000 mm hasta 4000 mm. Para hacer que gire el láser se incorporó un servomotor.

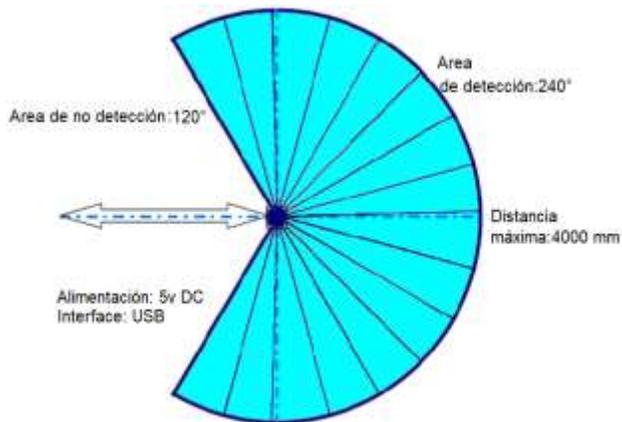


Figura 5 Área de detección del sensor láser. (Elaboración propia)



Figura 6 Sensor láser. (Elaboración propia)

Resultados

La interfaz visual de la aplicación se muestra en la figura 7, se puede apreciar la pantalla con los círculos concéntricos indicando la proximidad del obstáculo; así mismo en la parte superior se puede hacer una selección de las unidades de la medición de la distancia, así como registrar los datos provenientes del sensor.



Figura 7 Vista de la aplicación. (Elaboración propia)

El promediado de los 800 valores, se decidió en base a pruebas del error en los datos de posición. La disminución de estos errores al promediar con más cantidad de datos se muestra en la figura 8, se puede apreciar como la distancia al obstáculo se vuelve más precisa cuantos más puntos se muestran.



Figura 8 Medición de distancia con 100 y 800 muestras. (Elaboración propia)

Hay que hacer énfasis en que las diferencias entre una muestra con 1000 valores y otra con 800 son mínimas, por lo que se optó por 800 valores para tener un programa con un muestreo más ágil, esto se presenta en la figura 9.



Figura 9 Medición de distancia con 300 y 800 muestras. (Elaboración propia)

Conclusiones

La aplicación móvil permite al usuario visualizar de forma gráfica los objetos que se aproximan al robot, pudiendo utilizar esta información ya sea para la planeación de trayectorias específicas o para que el robot navegue libremente de manera autónoma evitando los obstáculos que se presenten en su entorno.

La precisión de la detección aumento conforme se amplió el número de muestras tomadas del sensor, sin embargo, a mayor costo computacional, por lo que se hizo un balance entre la precisión y la velocidad de ejecución de la aplicación.

Para aplicaciones futuras se pueden incrementar el número de sensores utilizados para la detección de obstáculos, ya que la aplicación actualmente solo utiliza la información proveniente de un sensor láser.

Referencias

Bailey, T. y Durrant-Whyte, H. F. (2006). Simultaneous localization and mapping (SLAM): part II. *Robotics Automation Magazine*, IEEE 13, 3, 108–117.

Bailey, T. (2002). *Mobile Robot Localisation and Mapping in Extensive Outdoor Environments*. Tesis Doctoral, Australian Centre for Field Robotics, Department of Aerospace, Mechanical and Mechatronic Engineering, The University of Sydney.

Borenstein, J.; Everett, H. y Feng, L. (1996) *Where am I? Sensors and methods for mobile robot positioning*. Informe técnico, University of Michigan.

Filliat, D. y Meyer, J.-A. (2003). Map-based navigation in mobile robots: I. A review of localization strategies. *Cognitive Systems Research*, 4, 243–282.

Julier, S. J. y Uhlmann, J. K. (2003). Unscented filtering and nonlinear estimation. *Proceedings of the IEEE* 92, 3, 401–422.

Meyer, J.-A. y Filliat, D. (2003). Map-based navigation in mobile robots: II. A review of map-learning and path-planning strategies. *Cognitive Systems Research*, 4, 283–317.

Thrun, S. (2002). *Robotic mapping: A survey*. En *Exploring Artificial Intelligence in the New Millennium*, Eds. Morgan Kaufmann, pp. 1–36.

Tomás, Jesús. (2013). *El gran libro de Android*. Tercera Edición. Editorial Alfaomega. México.

Vosniakos, G.-C. y Mamalis, A. (1990). Automated guided vehicle system design for fms applications. *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 30, 1, 85–97.