

Visión artificial y comunicación en robots cooperativos omnidireccionales

Artificial vision and communication in omnidirectional cooperative robots

Javier Andrés Lizarazo Zambrano¹ y Mario Alberto Ramos Velandia²

Resumen

En este proyecto se pretende contribuir a la investigación y al desarrollo de la robótica cooperativa, que comprende dos ramas principales de la robótica: los sensores y las comunicaciones. En cuanto a los sensores, implementaremos diferentes filtros y modelos de visión artificial para identificar cómo una cámara puede indicar las formas y posiciones de los robots que actuarán. En cuanto a las comunicaciones, usaremos una red wifi para tener una conexión entre el programa de la visión artificial y los robots cooperativos.

Palabras clave: comunicaciones, robots, cooperativos, omnidireccionales, visión artificial.

Abstract

This project aims to contribute to the research and development of cooperative robotics, where two main branches of robotics are addressed: sensors and communications.

Keywords: communications, cooperative, omnidirectional robots, machine vision.

1. Introducción

En la actualidad, los robots tienen un papel esencial en la sociedad, pues realizan tareas que una persona no puede hacer o que le tomarían demasiado tiempo completar. Las aplicaciones de la robótica han evolucionado en las últimas décadas, desde simples robots educativos hasta entornos industriales controlados.

La robótica cooperativa consiste en la ejecución de tareas por medio de varios robots que trabajan de forma coordinada. Las aplicaciones para robots cooperativos cada vez son más numerosas, algunos ejemplos en los que se los emplea son la vigilancia, el movimiento de objetos, la búsqueda, etc. La mayoría de estas aplicaciones muestran que los robots deben tener una ubicación o formación específica, y esta hace necesario usar técnicas de control que mantengan su formación mientras llevan a cabo una tarea determinada.

¹ Estudiante de Ingeniería Electrónica, Universidad Central, javier.a.l@ieee.org.

² Egresado de Ingeniería Electrónica, Universidad Central, mario.ramosvelandia.1994@ieee.org.

Asesor: Gregory Johann Conde Méndez, ingeniero electrónico, magíster en Ingeniería Electrónica y de Computador, docente e investigador de la Universidad Central, gcondem@ucentral.edu.co.

La robótica cooperativa se ha utilizado en varias investigaciones en los últimos años para resolver problemas tales como la asistencia en intervenciones quirúrgicas (Landeira *et al.*, 2015). En este caso, se utiliza a personas como parte de la situación de cooperación, y el robot no es parte fundamental de la tarea, pues solo facilita las intervenciones y no hace parte principal de la solución.

El comportamiento de los animales ha ofrecido un amplio conocimiento para la robótica cooperativa, ya que los enjambres de las abejas o la forma como se comportan las hormigas aportan ideas sobre cómo se deberían comportar los robots a fin de usarlos para generar tecnologías como la mostrada en Sagues *et al.* (2012).

En dicho trabajo, un enjambre de robots es utilizado para vigilar vehículos en un parqueadero. Y en dicha actividad encuentran una variedad de problemas debido a las condiciones ambientales. En investigaciones como la de Roberti *et al.* (2011) se trabaja con un sistema de visión catadióptrico, con excelentes resultados, pero elevados costos.

Teniendo en cuenta estos referentes tras constatar la importancia de la robótica cooperativa en la robótica actual, elaboramos este proyecto, con la ayuda del proceso de ingeniería identificamos la problemática y los medios y fines del proyecto. El semillero de robótica nos permitió obtener las bases para desarrollar el proyecto enfocándonos en la parte técnica, pero sin olvidar que su propósito es incentivar a nuevos estudiantes de ingeniería electrónica a interesarse más por su carrera y la robótica y a que investiguen más sobre las áreas que intervienen en este campo.

En este proyecto se implementa una planta para estudiar la robótica cooperativa en la cual se puedan evaluar estrategias de control, jerar-

quización, organización, comunicación, cooperación e interacción de los robots. Se trata de área en la cual los robots se podrán mover y controlar usando una cámara ubicada en la parte superior de la planta y que permitirá tener una vista de todos los robots y elementos incluidos en ella.

2. Fundamentación teórica

2.1 Robótica cooperativa

La robótica cooperativa o colectiva consiste en la implementación de sistemas de múltiples robots que son capaces de solucionar diferentes problemas conjuntamente. Estos robots, que hacen parte del sistema, son robots sencillos en términos de control y diseño y cuestan menos que un robot especializado.

Estos sistemas están encaminados a resolver problemas para cuya resolución un solo robot no es suficiente. Son muy utilizados para transporte de objetos voluminosos, manejo de materiales peligrosos y la exploración y cobertura de terrenos, problemas que son más sencillos de solucionar con varios robots sencillos que con uno solo que sea muy robusto y costoso (Rogrigo, 2006).

2.2 Visión artificial

La detección de objetos es una de las tareas fundamentales del proyecto, ya que esta permite conocer como están ubicados y hacia donde deben dirigirse los robots.

2.3 BGR (*blue, green, red*)

La estructura BGR representa los colores azul, verde y rojo. Un color BGR es almacenado en unas estructuras de tres matrices diferentes cuyo tamaño depende de la cantidad de pixeles de la imagen.

2.4 HSV (*hue, saturation, value*)

HSV (matiz, saturación, valor) es un modelo de los colores que los define en términos de sus componentes, variando el grado de propiedades del color para crear nuevos colores. El matiz se representa como un grado de ángulo y cada ángulo corresponde a un color. La saturación se mide con respecto a la gama de colores, que se constituye por el diagrama de cromaticidad del modelo. El valor representa la distancia en los ejes blanco y negro (Bernardo, Tizi y Vera, 2008).

2.5 Python

Python es un lenguaje de programación de propósito general, orientado a objetos, preparado para desarrollar cualquier tipo de programa. Es un lenguaje interpretado, lo que significa que no se necesita compilar el código fuente para poder ejecutarlo. Esto ofrece ventajas, como la rapidez de desarrollo, e inconvenientes, como una menor velocidad. Este lenguaje es el utilizado para controlar los robots y para implementar la visión artificial.

2.6 OpenCV

OpenCV es una librería de *software* abierto desarrollada por Intel. Es gratuita y compatible con los principales sistemas operativos. Fue diseñada para lograr eficiencia computacional, pero tiene un fuerte enfoque en el procesamiento de imágenes en tiempo real. Estas librerías contienen algoritmos que permiten identificar objetos y acciones humanas en video, entre una variedad de funciones. OpenCV fue originalmente escrita en C, pero tiene interfaces en C++, Java, MATLAB y Python (Bermúdez y Báez, 2010; Bernardo, Tizi y Vera, 2008).

3. Descripción del desarrollo

El desarrollo se hace en función del proceso de diseño en ingeniería, en el cual, a partir de la formulación del problema, se evalúan opciones para determinar la orientación y posición de los robots, el *software* adecuado para utilizar y las diferentes características de los robots. En este caso se optó por efectuar un censo por medio de visión artificial, para esto, se trabajó con un procesador dedicado, como lo es la tarjeta de desarrollo BeagleBone, ya que esta permite hacer un mejor procesamiento de imágenes y crear una planta con múltiples robots en donde cada robot será omnidireccional, lo que le permitirá un mejor movimiento dentro de la planta.

3.1 Procesamiento de imagen

El procesamiento de imagen se efectúa en la placa de desarrollo BeagleBone, que se programa en Python con la ayuda de las librerías de OpenCV. Primero, se asignan las variables del rango de color que se va a seguir. Luego se emplean los filtros de *erode* y *dilate*, que eliminan los puntos erróneos y dilatan los pixeles detectados. A continuación, se determina la posición de los objetos y se visualiza un círculo del respectivo color de cada objeto. Cuando se localiza la posición y se tienen las coordenadas, se envían vía wifi.

3.2 Visión artificial

El sistema de visión artificial consta de una cámara. Y el procesamiento es hecho por una BeagleBone, que permite identificar y conocer la posición de los robots. El desarrollo del procesamiento de imágenes se hizo con el paquete de librerías de OpenCV (Open Source Computer Vision), que permitió, con la ayuda de Python, generar la visión artificial. De ese

modo tenemos en cuenta colores que permiten identificar a cada robot y su posición para, así, comunicarse con ellos y asignarles las diferentes tareas que deben cumplir.

3.3 Prototipo robot

El prototipo consiste en un robot omnidireccional que está formado por tres ruedas omnidireccionales que le permiten hacer más desplazamientos que una rueda convencional. De ese modo, y ubicando cada rueda a 120° una de la otra, se puede generar el movimiento del robot hacia cualquier dirección que se desee (figura 1).

Este también contiene tres motorreductores, con su respectivo controlador para producir el movimiento de las ruedas. El control del robot se encuentra soportado sobre una placa de desarrollo llamada Raspberry Pi, que es un ordenador de bajo costo que permite controlar y comunicarse con el robot para que cumpla con las diferentes tareas.

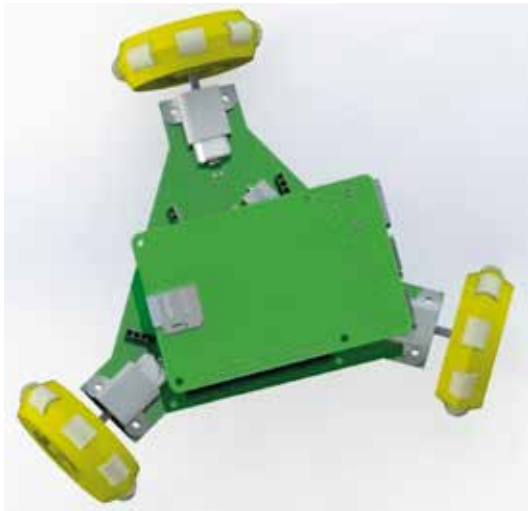


Figura 1. Simulación de prototipo.

3.4 Comunicación

Los robots se comunican con el sensor vía wifi, pues esta es una manera eficiente para es-

tablecer redes de usuarios, a diferencia de Bluetooth y XBee, redes para las cuales no existen protocolos predefinidos. Dado esto, solo resta configurar, a partir del sistema operativo, la comunicación wifi con la ayuda de módulos de antena USB, al asignarles a cada robot y a la visión artificial una dirección IP. Esta etapa es la más importante, ya que la visión artificial puede enviar las órdenes a los robots para que estos cumplan con las tareas asignadas.

4. Resultados

Con respecto a la visión artificial, se hicieron pruebas de detección de colores en la planta. En la figura 2, se observa el robot y una caja que tienen en su interior círculos de colores (marcas). Cada marca del robot representa una rueda diferente de este. Se hizo esto para saber la orientación del robot y la posición de cada motor en el eje de coordenadas X y Y. La caja es el objeto que deben mover, se identifica con un círculo azul.



Figura 2. Imagen de la planta.

Se detectó (figura 3) el color verde por medio del modelo HSV. La ventana de salida muestra la ubicación del objeto de color verde con sus coordenadas X y Y. En la ventana del rango se muestra la imagen después de ser convertida a formato HSV y aplicarle

los filtros *erode* y *dilate*, para limpiar la imagen de imperfecciones. La imagen es mostrada en blanco y negro dependiendo del rango de matiz, saturación y valor.



Figura 3. Detección del color verde.

En la imagen de la planta de la figura 4 se ubicaron digitalmente las coordenadas centrales de la marca de color verde. Al compararla con la figura 3, se puede observar un error en las coordenadas que se debe a que la cámara se movió, pero el error es despreciable por la resolución de la imagen.



Figura 4. Imagen de la planta con coordenadas de la marca de color verde.

En la figura 5 se detectaron todos los colores y se observa el filtrado de cada color. A cada color detectado se le dibuja un círculo digitalmente para mostrar su ubicación en la imagen original.

Los robots están conectados a la estación base inalámbricamente por medio de una red WLAN (*wireless lan*). Y cada uno de ellos tiene una IP estática, que permite identificarlos individualmente.

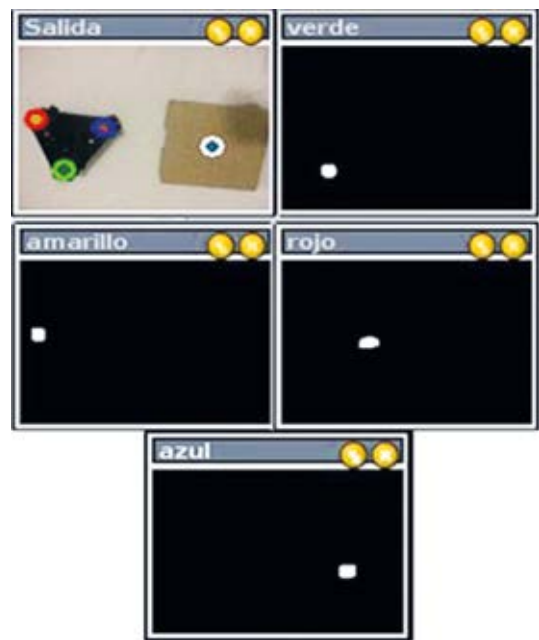


Figura 5. Detección de colores en la planta.

En la figura 6, se muestra la conexión de la estación base con un robot. Después de iniciar el programa, la estación base espera la conexión de un robot. Cuando se establece la conexión con un robot, empieza la transmisión de datos, UTF-8 (8-bit Unicode Transformation Format) fue son decodificados nuevamente en el robot.

En la figura 6, la estación está transmitiendo las coordenadas X y Y de la marca de color verde, y estos datos tienen un tiempo de espera de 10ms por coordenada para evitar coli-

sión de datos. La cámara estaba en movimiento cuando se tomaron los datos para que se observara una diferencia en las coordenadas.

El robot espera una conexión con la estación base. Cuando la conexión es exitosa, el robot empieza a recibir los datos, que en este caso son coordenadas X y Y . El robot identifica cada coordenada por el orden de llegada, por lo cual la primera es la coordenada en el eje X . Esta viene en formato UTF-8 y es decodificada en formato INT, para que sea procesada por el control del robot (figura 7).

```
Esperando conexion
conexion establecida con Robot
95
68
95
69
94
70
```

Figura 6. Comunicación de la estación base.

```
Esperando conexion
Conexion Exitosa
Beaglebone IP: 192.168.0.10 puerto :59316
Datos
azul x 95
coordenada azul x = 95
azul y 68
coordenada azul y = 68
azul x 95
coordenada azul x = 95
azul y 69
coordenada azul y = 69
azul x 94
coordenada azul x = 94
azul y 70
coordenada azul y = 70
azul x 94
coordenada azul x = 94
```

Figura 7. Comunicación del robot.

5. Conclusiones

El proyecto ha contribuido de manera crucial al semillero de robótica, al permitir identificar y destacar la implementación de la visión

artificial y la comunicación para la cooperación entre robots.

Se implementó de manera exitosa la visión artificial para identificar objetos por medio de marcas de colores. En un futuro, esta será implementada con detección por imágenes digitales características (Haar-Cascade) para aumentar el número de robots.

Al implementar una WLAN para la comunicación entre los robots, tenemos la posibilidad de aumentar el número de robots sin alterar el sistema.

Bibliografía

- Landeira, M. A., Sánchez, E., Tejada, S. y Díez, R. (2015). Desarrollo e implementación de una estrategia de gestión de singularidades para un sistema robótico redundante cooperativo destinado a la asistencia en intervenciones quirúrgicas. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 12(1), 80-91.
- Sagues, C., Mosteo, A. R., Tardioli, D., Murillo, A. C., Villarroel, J. L. y Montano, L. (2012). Sistema multirrobot para localización e identificación de vehículos. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 9(1), 69-80.
- Roberti, E., Toibero, J. M., Vassallo, R. F. y Carelli, R. (2011). Control estable de formación basado en visión omnidireccional para robots móviles no holonómicos. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 8(1), 29-37.

Rodrigo, L. D. S. (2006). Trabajo cooperativo en robots. Seminario de Diseño y Construcción de Microrrobots.

Bermúdez, H. y Báez, J. (2010). *Aplicación de técnicas de visión artificial para reconocimiento de naranjas maduras en el árbol* (tesis de pregrado inédita, Univesidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia).

Bernardo, L., Tizi, F y Vera, M. (2008). *Aplicación de la visión artificial a la identificación de figuras*. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Nicolás.