

Diseño de un Robot que Desactiva Bombas para la VII Competencia Latinoamericana de Robótica IEEE

Carlos Felipe Santacruz, Camila Pontón y Henry Carrillo
{carlos.santacruz, cponton, h.carrillo}@javeriana.edu.co

Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia

Abstract—En este artículo se presenta el desarrollo del robot *Henry Hawk* que participó en la categoría *Open* del VII Concurso Latinoamericano de Robótica IEEE. La tarea que ejecuta el robot es lograr desactivar dos bombas simuladas mediante bloques con cables en una pista. Realizar exitosamente la tarea tiene retos importantes tales como que la primera bomba tiene seis posibles ubicaciones y la segunda se encuentra en un segundo nivel comunicado por una rampa de 45 grados. En este trabajo se presenta la metodología propuesta para resolver el problema eficientemente.

I. INTRODUCCIÓN

LA categoría abierta del Concurso Latinoamericano de Robótica se ha caracterizado por estar inspirada en un problema real. Para la versión VII del concurso el problema consistía en la desactivación de bombas explosivas. Un robot puede ser una gran herramienta para realizar o prestar soporte en el desarrollo de esta tarea. Sobre todo cuando lo primordial es minimizar el riesgo de que ocurra un accidente y ponga en peligro vidas humanas.

La importancia de este tipo de eventos es que son un espacio para que muchas personas propongan distintas soluciones y de esta manera dar un primer paso a la solución del problema real.

Este artículo se encuentra organizado como se explica a continuación: en la sección II se hace una descripción de la tarea que debe ejecutar el robot. La solución propuesta se presenta en la sección III. En la sección IV se hace una descripción de los módulos más importantes del robot. Por último, en la sección V se encuentran las conclusiones y el trabajo futuro.

II. DESCRIPCIÓN DE LA TAREA

En la figura 1 se muestra un diagrama de la pista de la competencia.

El ambiente consiste en una pista de dos niveles donde estarán presentes dos bombas que son simuladas como cubos con cables de colores. En el primer piso siempre estará una bomba en una de seis posibles posiciones. En el segundo

nivel se encuentra la segunda bomba.

La tarea que debe ejecutar el robot es la de desactivar las dos bombas en el menor tiempo posible. Para desactivar una bomba el robot debe halar los cables de los cubos en el orden correcto.

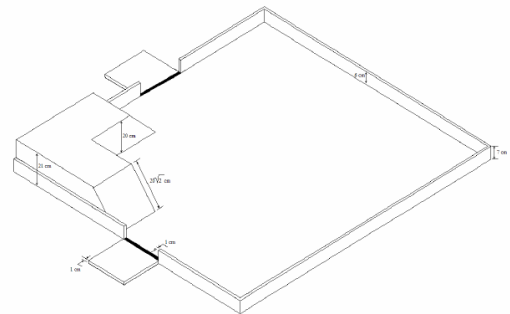


Fig.1: Ambiente de la competencia. Tomada de [1]

III. SOLUCIÓN PROPUESTA

Para cumplir exitosamente la tarea el robot debe ser capaz de superar los siguientes obstáculos:

- Detectar la bomba del primer nivel que se encuentra en una posición aleatoria.
- Al detectar la ubicación de la bomba, determinar la cara que tiene los cables que de igual manera es aleatoria.
- Jalar los cables en determinado orden, sin que este procedimiento cause que la bomba se caiga y se reciba una penalización.
- Desactivar la bomba del segundo nivel que se comunica con el primero mediante una rampa de 45°.

Después de analizar las restricciones del problema se tomó la decisión de diseñar un robot con un módulo de navegación (generación de trayectorias y localización), un sistema de visión y un brazo manipulador.

La localización es importante debido que a pesar de que la posición de la primera bomba es aleatoria, el número de posibilidades es finito y esto implica que el robot puede ser programado para hacer un recorrido por los puntos probables y de esta manera reducir al máximo el factor aleatorio. Es un diseño de un robot deliberativo.

El sistema de visión es fundamental porque es el encargado de detectar en que cara se encuentra los cables de la bomba y de coordinar la desactivación de la misma. Esto mediante el reconocimiento de color de los cables.

La función del brazo manipulador es el de tener una pinza para quitar los cables y lo más importante es que permite desactivar la bomba del segundo nivel sin tener que subir por la rampa. El grupo consideró la opción de diseñar un robot que subiera por la rampa pero debido a la inclinación tan pronunciada (45°), los cálculos realizados indicaron que era necesaria una fricción estática muy alta entre el robot y la rampa. Se hubiera podido realizar esto mediante una oruga con dos grados de libertad pero en este caso la solución del brazo manipulador era más efectiva en términos de costo y tiempo. En la figura 2 se presenta el diseño del robot que se realizó en Solidworks® y en la figura 3 el robot que se construyó Henery Hawk.

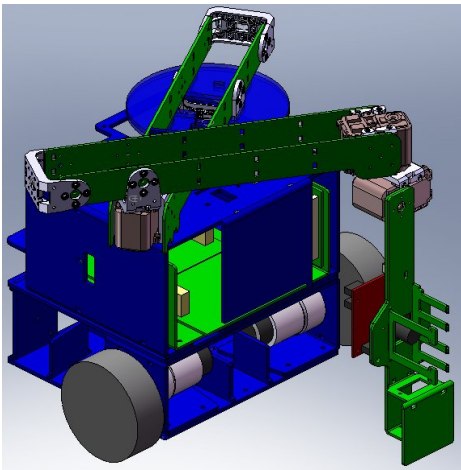


Figura 2: Diseño en Solidworks® del Robot

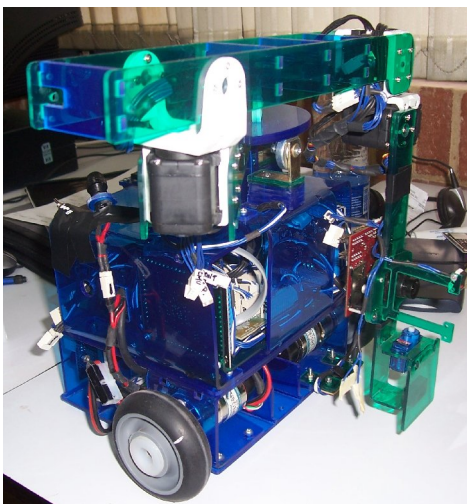


Figura 3: Robot Henery Hawk

IV. CARACTERÍSTICA PRINCIPALES DE HENERY HAWK

A continuación se presentan los módulos más importantes que hacen parte del robot Henery Hawk: sistema de visión, navegación en el ambiente y el brazo manipulador.

A. Sistema de Visión

Con el fin de determinar la secuencia correcta al momento de realizar la desactivación de la bomba, un sistema de visión por computador es utilizado para determinar la ubicación de los cables y en qué orden se encuentra colocados.

El sistema de visión por computador utilizado para el LARC 2008 por nuestro robot, Henery Hawk, se basa en el módulo de visión desarrollado por la universidad de Carnegie Mellon: CMUCAM3. Este módulo se compone principalmente de una cámara CMOS OV6620 de la empresa Omnivision, un microcontrolador LP2106 de la empresa NXP y una memoria FIFO AL440B de la empresa Averlogic.

La ventaja que ofrece la CMUCAM3 sobre sus predecesoras, CMUCAM y CMUCAM2, y competidoras en módulos de visión de bajo costo para robots, como la POB-EYE, es la facilidad de integración y programación que tiene al ser un sistema completamente abierto de desarrollo.

Entre las características técnicas más sobresalientes que tiene este modulo de visión se encuentran:

- Resolución máxima de 352x288 pixeles
- Espacio de color nativo RGB o YCrCb
- Memoria FIFO externa
- Microcontrolador basado en el ARM7TDMI
- Código a la media en C mediante la GNU toolchain
- Programable mediante bootloader serial

Inicialmente se creería que mediante una cámara, reconocer los alambres de diferentes colores en las bombas seria una tarea fácil. Pero cabe recordar que la detección del color es un problema clásico y aun abierto en la comunidad científica de la visión por computador.

El reconocimiento de objetos por color se comporta muy bien cuando el objeto difiere en su tonalidad de todos los objetos de su entorno y se tiene en una situación de iluminación controlada. Para este concurso la primera condición se cumple pero la ultima, al igual que en muchos concursos de robótica, prácticamente es imposible de asegurar.

El cambio de iluminación en la escena, lo único que genera son cambios en los niveles de colores percibidos por

el sensor de visión, lo cual redundante en que la detección de colores no sea robusta.

Una aproximación para hacer más robusto el algoritmo de detección de color es realizar un muestreo estadístico de los niveles de colores con diferentes iluminaciones. Esta caracterización de los niveles solo es válida para el sensor de visión con la cual se realiza.

Para el caso específico de la CMUCAM3 es necesario realizar una calibración previa del sensor CMOS usando el autobalance de blancos y auto ganancia, pero luego en la detección del color desactivarlos.

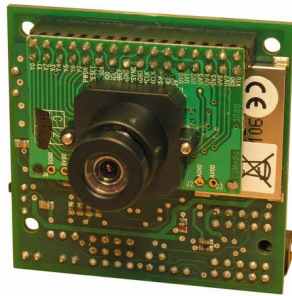


Figura 4: Módulo de visión: CMUCAM3

Dado que el sensor de visión soporta de modo nativo dos espacios de colores: RGB y YCrCb, se decidió por el primero dado que en pruebas preliminares demostró una mayor robustez a la hora de la detección del color.

B. Navegación en el Ambiente

La navegación del robot se divide en el módulo de localización y en la generación de trayectorias. Para la localización se utilizó un modelo odométrico geométrico que hace uso de la información suministrada por los encoders para estimar la posición y la orientación del robot respecto a un sistema de referencia fijo en una esquina de la pista. La ventaja de tener un módulo de localización radica en que se puede utilizar directivas de posición para la navegación del robot. Esto quiere decir que se puede programar al robot para que vaya a una pose (x,y,teta) dentro de la pista.

Para garantizar que las llantas vayan a la misma velocidad se implementaron controladores digitales de velocidad PID.

Para la generación de trayectorias se utilizó la teoría de campos potenciales, en este caso particular, sólo era necesario un campo atractor al punto deseado debido a que no hay obstáculos que evitar en la pista y que generen un campo de repulsión. Este campo atractor hace que entre más distante se encuentre el robot del objetivo acelerará más y cuando ya esté llegando irá reduciendo la velocidad hasta detenerse completamente.

La figura 5 muestra un diagrama con los puntos de ruta que ejecuta el robot cuando entra a la pista. El primer

objetivo de la ruta es que el robot pueda detectar la bomba del primer nivel con los sensores de ultrasonido que tiene instalados, si no, la ruta hace que el robot se dirija a los puntos probables para que con la cámara se verifique si la bomba se encuentra ahí.

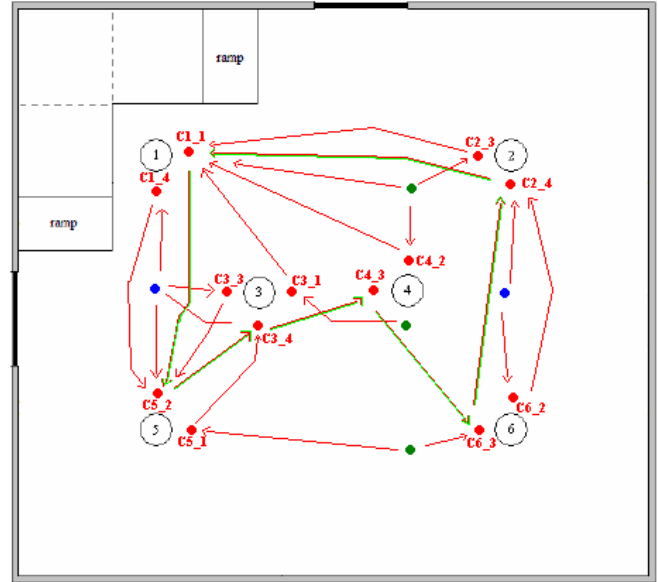


Figura 5: Puntos de Ruta que ejecuta el robot

C. Brazo Manipulador

El brazo manipulador diseñado para desactivar las bombas fue inspirado en una configuración de un manipulador planar de 3DOF. El diseño permite una extensión máxima de 40cm. Lo que es suficiente para poder desactivar la bomba inferior y poder posicionar al robot en la esquina de la rampa para proceder a desactivar la bomba superior. Los motores utilizados son servos motores digitales que facilitan el posicionamiento del brazo debido a su precisión, pequeño tamaño y alto torque.

En el link final, se encuentra la cámara CMUCAM3 para la visión y un actuador para cerrar y abrir la pinza.

Para lograr que el brazo se posicione en los puntos especificados, se calculó la cinemática inversa y se diseñaron las trayectorias que debía seguir.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La realización de este trabajo dejó grandes frutos de conocimiento en cada uno de los integrantes del grupo. Se logró diseñar un robot que cumpliera la tarea propuesta. El éxito de nuestro robot está en su desarrollo modular; Navegación y generación de trayectorias, visión, control del manipulador y diseño mecánico.

AGRADECIMIENTOS

Es importante hacer un reconocimiento al Departamento de Ingeniería Electrónica y a la Maestría en Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá-Colombia) en cabeza de los Ingenieros Jorge Sánchez Téllez y Carlos Alberto Parra, respectivamente, debido a su apoyo para el desarrollo de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Tomado de Internet: http://users.dca.ufrn.br/regras/Open2008_en.pdf
Consultado: Octubre 2008.