

Robot Autónomo de Recolección de Latas en Arena

Jennifer Dos Reis, María Leonor Pacheco,
Juliana León y José Lezama
Grupo de Inteligencia Artificial
Universidad Simón Bolívar
Venezuela
Email: {dosreisjennifer,emele18}@gmail.com
{julianaleon8,mistwalker,jl}@gmail.com

Danilo Díaz e Irene López
Grupo de Investigación y Desarrollo en Mecatrónica
Universidad Simón Bolívar
Venezuela
Email: danilodt@gmail.com, 10-10391@usb.ve

Resumen—Para la competencia Open del LARC 2013, la Universidad Simón Bolívar organizó un equipo de estudiantes de distintas áreas para construir un robot autónomo con la capacidad de recoger latas en la arena de una playa. Para la construcción se organizó el robot en tres equipos: Movilidad, encargado de construir el chasis y la capacidad de moverse del robot en la arena; Brazo y Garra, encargado de construir el sistema de recolección de las latas; y Visión, encargado de la identificación de objetos en la playa. Hasta los momentos, se ha logrado construir el chasis y el brazo, programar la identificación de los elementos de la pista, todo esto a la espera del ensamblaje final que haga funcionar al robot para cumplir con la tarea de la competencia.

I. INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente contaminación del océano, lo cual afecta a todas las playas del planeta, el equipo organizador LARC 2013 presentó la propuesta en la categoría Open de construir un robot autónomo con la capacidad de trabajar en una playa, encargándose de recoger los desechos que los humanos dejan en sus visitas a las costas y no se dedican a limpiarlo antes de retirarse del lugar. El objetivo de la competencia es que el robot logre recoger la mayor cantidad de latas de refresco de 355 ml, depositarlos en una papelera demarcada sin golpear objetos ni personas que se encuentran en la playa y sin entrar en el agua.

La Universidad Simón Bolívar, organizó un equipo integrado por estudiantes de ingeniería en Computación, Electrónica y Mecánica pertenecientes a los grupos de investigación GIA (Grupo de Inteligencia Artificial) y Mecatrónica para la realización de dicho robot.

II. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ROBOT

Para cumplir con las condiciones de la competencia, el equipo decidió dividir el robot en varias partes según las habilidades de los integrantes, de esta forma se clasificó el robot en las siguientes secciones:

noitemsep

- Movilidad. Divididos en la sección de Mecánica y Electrónica
- Brazo y Garra
- Visión

Luego de un exhaustivo diseño del robot según las condiciones de la competencia, los lineamientos internos del equipo,

la disponibilidad de componentes y materiales para la construcción del prototipo y el tiempo que tomaba construir las distintas secciones del robot dio como dimensiones finales las siguientes cantidades: 49,5 cm de largo, 48 cm de ancho y 40 cm de alto. El peso aproximadamente del robot será de 10 Kg.

II-A. Movilidad

En la Movilidad se dividió el trabajo en dos equipos, el equipo de mecánica encargado de construir el chasis, el depósito de latas y la distribución de todos los elementos en el robot y la sección de electrónica encargado de controlar los motores y los sensores que empleará el robot para moverse durante la competencia.

1) *Mecánica:* Para resolver el problema planteado en la competencia, el equipo de movilidad decidió tomar lineamientos bases para el diseño del prototipo: Se decidió que se iba a llevar la mayor carga posible en el depósito de carga, usar la mayor extensión de la caja de límites, usar materiales ligeros para la construcción. Para lograr la realización de la movilidad se pensó en desarrollarlo en 3 secciones: El depósito de latas, distribución del chasis y la movilidad de los motores.

Para el chasis del robot se optó por primero construir una base de 45 cm x 35 cm, de esta forma tomando en lado más largo como las zonas frontales y posteriores del robot. En su parte inferior de la base se colocaron 2 láminas de acero con forma de L del Kit de robótica VEX, dichas láminas se usarán de suspensión para las ruedas y para colocar los motores del vehículo. Al calcular la altura de la cara superior de la base respecto al suelo, según las ruedas usadas, daba una cantidad de 8,5 cm. Debido a esto se decidió construir un sobrepiso para elevar la altura del depósito de latas, de esta forma se podrá elevar la altura del depósito de latas hasta los 15 cm para así depositar de forma segura las latas sin riesgo de chocar con la barrera de la zona de descarga de latas de la pista.

Respecto a la movilidad del robot, se decidió usar el kit de robótica VEX usado el año 2012 en el prototipo OPEN, este consiste en 4 motores VEX 393, 4 ruedas VEX de 4 pulgadas, 4 ruedas VEX de 5 pulgadas, varios ejes de marca VEX de 7 cm y 5 cm de largo. Se decidió colocar las ruedas de 5 pulgadas en la parte trasera y las ruedas de 4 pulgadas en la parte delantera, por ello se ubicaron los motores delanteros y traseros lo suficientemente altos en la lámina en L de VEX para que estuviera lo más equilibrado posible el chasis, de igual forma al colocarse las ruedas traseras más altas ayuda a elevar



Figura 1: Vista del Chasis y del Depósito de Latas

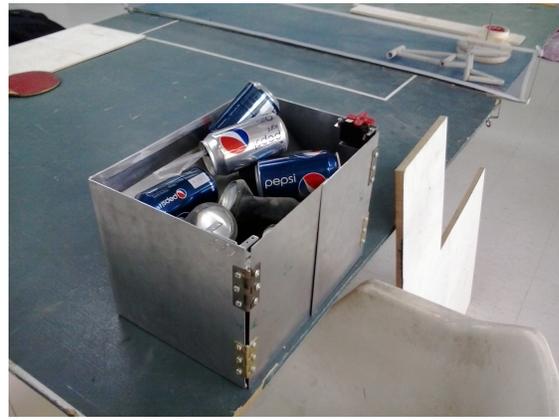


Figura 2: Depósito de Latas

un poco más la altura del chasis y así ayudar al momento de depositar las latas en la zona de descarga en la pista. Debido a la experiencia del año anterior, se decidió conseguir el mayor agarre posible en las ruedas del kit, para ello se tomó la decisión de colocar pares de ruedas en cada motores, debido a ello, los ejes VEX no eran lo suficientemente largos para colocar los pares de ruedas, debido a ello se decidió soldar un eje de 7 cm y un eje de 5 cm, con ello se logró alargar los ejes para que puedan caer el par de ruedas en el eje.

Por último, respecto al depósito de latas, se desarrollaron varios prototipos pero todos basados en la misma premisa, desarrollar un paralelepípedo hueco sin dos de sus caras, un corte en la cara opuesta de una de los lados sin caras con una lámina inclinada 40° que va desde la arista superior de la cara con el corte hasta la base de la cara vacía. La intención de la lámina inclinada es que las latas caigan por la acción de la gravedad por el plano inclinado. La inclinación de las láminas se logró mediante pruebas que se hizo a una lata sobre una lámina de metal, verificando cual era el ángulo con el que la lata caía sin importar la posición de la misma. Las dimensiones finales del depósito son de 25 cm x 25 cm x 35 cm, de esta forma se tiene una capacidad de llevar más de 14 latas. Para las compuertas de salida de las latas se optó por usar dos láminas de 17 cm x 25 cm unidas por una de sus aristas verticales a la arista de la cara vacía donde converge la lámina inclinada. Para abrir las compuertas se usaran servos de 180° unidos a dos barras que harán una acción de palanca como los cierres amortiguados de las puertas, pero en este caso, al girar el servo, la acción hace que la puerta se abra o se cierre sin mucho esfuerzo.

Para la construcción del prototipo se decidió usar láminas de aluminio 3003-H12, el cual muestra gran resistencia a los esfuerzos generados por el robot. Si se incluye 14 latas en el robot, el peso final del mismo será de 8 Kg., lo cual es una cantidad aceptable bajo los estándares de la competencia, esto sin incluir el sistema de Brazo y Garra.

2) *Electrónica:* Para la movilidad del robot, se emplearon distintos circuitos y dispositivos para controlar el robot, a continuación una breve reseña de los objetos empleados.

Se construyó un puente H para control de los 4 motores DC realizado en PCB, con el método de transferencia de toner.

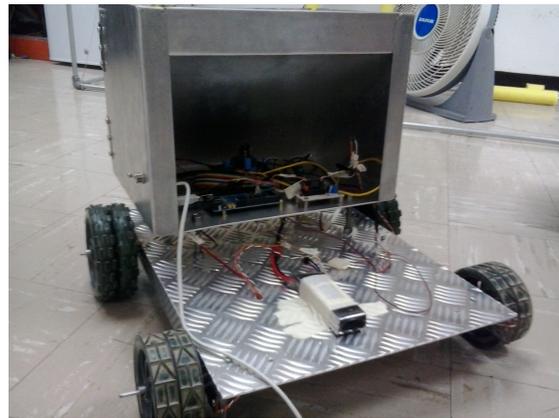


Figura 3: Prototipo Construido

El circuito se diseñó en Proteus.

Para el control del movimiento del robot se emplea un código con control P ID (Proporcional, integral, derivativo), el cual emplea la librería de Arduino [1] y fue creado usando los ejemplos de esa misma librería.

a) *Encoders:* Se trabajó con 2 tipos de encoders ópticos, Primero se probó con sensores ópticos, sin embargo, al intentar colocarlos en el robot se vio que el espacio disponible para colocar un disco en el eje era demasiado pequeño y se optó por probar unos encoder ópticos pertenecientes al kit miniatura de US digital E4P. Otro problema de este tipo de encoders, por el que se decidió no usarlos era la arena del terreno, la cual podía intervenir con las mediciones, pues este tipo de encoder a diferencia del E4P de US Digital, no se encontraba protegido por una carcasa plástica

Se probaron los encoders de US Digital y se colocaron en el robot, de forma que el disco estaba perfectamente adherido al eje y el sensor al chasis [2], sin embargo, cuando se conectaron los encoders y se puso a rodar las ruedas, las lecturas obtenidas en rpm variaban demasiado, por ejemplo tres lecturas continuas reflejadas en el monitor serial de Arduino eran 4 rpm, 7 rpm y 0 rpm, esto se debía a un problema con el eje, que por ser cuadrado y girar sobre una base también cuadrada se movía demasiado, alterando las mediciones hasta el punto de



Figura 4: Sensor Óptico usado en el primer caso

volverlas inservibles.

Como los encoders ópticos no funcionaron, se decidió probar con sensores de efecto Hall e imanes de neodimio colocados en cada rueda. Los sensores de efecto Hall son del modelo TL172C [3] y los imanes pertenecen al kit Magnetix.

II-B. Brazo y Garra

1) *Brazo*: Para el desarrollo del brazo del robot se consideró el siguiente diseño:

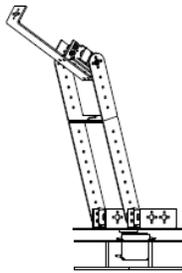


Figura 5: Diseño del brazo

Este diseño consta de tres (3) secciones: noitemsep

1. *Base*: Esta sección posee tres platos hexagonales de quince (15) centímetros de diámetro de su circunferencia interna. El primer plato es el acople al robot, el segundo es la base del servomotor que permite que el brazo rote sobre su propio eje y el tercero es el acople a la segunda sección del brazo.
2. *Brazo*: Esta sección consta de dos piezas en "C". La primera con una longitud de treinta y seis (36) centímetros, de los cuales catorce (14) centímetros dan la altura de esta pieza. En su base se encuentran dos servomotores paralelos. La segunda pieza posee una longitud de veinticinco (25) centímetros, de los cuales ocho (8) centímetros dan la altura. Esto da una longitud efectiva de veintidós (22) centímetros.
3. *Acople de garra*: Encontramos una base para servomotor que se acopla con la segunda sección del brazo por medio de un eje. Fijado a la base del servomotor esta una pieza en "L" de quince (15) centímetros, de los cuales doce (12) centímetros dan la longitud, el restante da la base para el acople de la garra.

Estas tres (3) secciones dan una longitud del brazo de treinta y seis (36) centímetros sin contar la elevación dada por la base, esto serian aproximadamente seis (6) centímetros, dando una longitud efectiva de cuarenta y dos (42) centímetros.

2) *Garra*: Para la garra se realizaron dos diseños:



Figura 6: Diseño de la garra 1

De aquí se pueden observar varios elementos característicos: Dos piezas terminales para el agarre de la lata, un servomotor sujeto a la base y un pequeño pico en la parte frontal de la base, para un mejor agarre de la lata.

No se utilizaron engranajes, esto se debe a que este diseño fue utilizado para la creación del primer prototipo en madera, en el cual los engranajes se cortaron directamente en el material.

Este diseño se utilizó también para la creación del segundo prototipo de prueba en metal, sin embargo en este caso si se utilizaron engranajes ya listos de Lego.

Los engranajes de Lego funcionaron mejor que los que fueron cortados en la madera, por lo que se optó por utilizarlos en el diseño final. Una vez realizadas todas las pruebas pertinentes se decidió realizar algunas mejoras al primer diseño, las cuales se presentan a continuación:

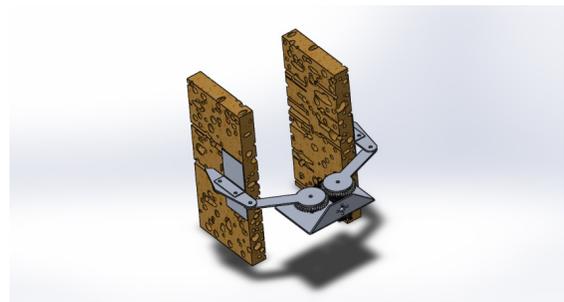


Figura 7: Diseño de la garra 2

El uso de esponjas fijas a las piezas terminales para un mejor agarre, dos piezas terminales (con soportes que sujetan las esponjas) que serán las encargadas de sujetar la lata y un mejor acople en la base para la unión con el brazo.

En este proyecto el movimiento del brazo robótico y de la garra resulta de la captura y posterior procesamiento de

datos por parte del microcontrolador. Un conjunto de sensores ultrasónicos y la cámara digital de un teléfono móvil, dotan al sistema de información necesaria para determinar con buena exactitud la localización de los objetos que deben ser recogidos por el prototipo.

El microcontrolador escogido para realizar la gestión de datos es el atmega368 perteneciente a la tarjeta de desarrollo Arduino Duemilanove, su programación se realizó utilizando un lenguaje de alto nivel basado en Processing y adaptado especialmente a esta tarjeta. El programa desarrollado para el proyecto pretende controlar la rotación de los servomotores que componen el sistema conjunto del brazo y la garra para recoger objetos.

La estructura del programa está compuesta de dos cuerpos principales: noitemsep

- **Setup:** Parte del código donde se realizan las inicializaciones, desde la definición de tipos de variables hasta la configuración de los puertos de entrada/salida del microcontrolador.
- **Loop:** Es la parte principal del programa, es un ciclo en el cual se realizan las llamadas a las funciones y procedimientos durante una cantidad de tiempo indefinida, éste solo culmina bajo indicación del usuario.

Ahora bien, como se mencionó con anterioridad, para lograr el correcto funcionamiento del brazo robótico es necesario realizar un continuo “muestreo” de las señales captadas en los puertos de entrada del microcontrolador provenientes de los sensores de proximidad, para luego ser traducidas directamente como comandos de movimiento del robot. Por ello el cuerpo principal del programa está dotado de dos fases: la primera encargada de la captura, y la segunda del procesamiento y envío de datos.

Para el manejo de los servomotores se utilizaron funciones pertenecientes a la librería “servo” ya contenida de forma predeterminada en el software original de la placa de desarrollo Arduino. A continuación se presenta una breve descripción de las funciones utilizadas en el programa: noitemsep

- **Attach(Entero nro. de pin):** Sirve para configurar algún “pin” o puerto I/O del Arduino como salida de datos, adaptado la transmisión de la señal a un servomotor cualquiera.
- **Write(Entero ángulo):** Función que permite hacer girar el eje del servomotor a partir del número que reciba como parámetro. Dicha cifra debe estar comprendida entre 0 y 180.
- **Map(Entero x, entero y, entero z, entero w, entero u):** Esta función permite establecer una relación lineal entre un valor ‘x’ acotado entre dos valores ‘y’ y ‘z’ y un nuevo valor acotado entre los valores ‘w’ y ‘u’. Particularmente se utiliza esta función para convertir valores analógicos recogidos por los puertos de entrada del microcontrolador a valores equivalentes ahora interpretados como grados de movimiento del servomotor.

II-C. Visión

Para la detección de las latas, mar y contenedor se decidió usar un dispositivo Android con cámara integrada. El lenguaje usado es Java y se incluyeron las siguientes librerías: noitemsep

- API de Android Level 16,
- OpenCV for Android
- usb-serial-for-android

El algoritmo identifica cada uno de sus objetivos según el color. Al iniciar la aplicación esta permite calibrar los colores, se establece un rango de colores en el que se identificará cada objeto. Cuando las latas son detectadas se ubica el centro de la lata más cercana, luego se enviará su ubicación a la tarjeta Arduino.



Figura 8: Vista de la Identificación de los Objetos según el dispositivo Android

III. CONCLUSION

En el presente proyecto, se quiere construir un robot limpiador de playas, para ello se reunió un equipo de estudiantes de ingeniería de diversas áreas de la Universidad Simón Bolívar para que realizaran la tarea de diseñar, construir y probar el robot que cumpla con la tarea. Dividiéndose el equipo en tres grupos, cada equipo desarrolló su parte logrando crear piezas, circuitos y programas que lograron cumplir con las funciones deseadas. Para el momento de entrega del paper, hacía falta probar la movilidad en terreno arenoso, la colocación de los sensores adicionales de movilidad, las pruebas en el brazo y garra ya ensamblados, la mejora de la comunicación de la visión, entre otras tareas.

REFERENCIAS

- [1] B. Beauregard, (Sin fecha), Arduino PID Library, disponible en <http://playground.arduino.cc/Code/PIDLibrary>

- [2] US Digital, (Sin fecha), E4P OEM Miniature Optical Kit Encoder, disponible en <http://www.usdigital.com/products/encoders/incremental/rotary/kit/E4P>
- [3] All Datasheet, (Sin Fecha), TL172C - NORMALLY OFF SILICON HALL-EFFECT SWITCH - Texas Instruments, disponible en <http://pdf1.alldatasheet.es/datasheet-pdf/view/127104/TI/TL172C.html>