ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Uso de Matlab para la Localización de Partes mediante Robot.

Yessica Armijos (1), Jonathan Carrera (2), Jorge Fariño (3), Carlos Valdivieso (4)
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (1) (2) (3) (4)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) (1) (2) (3) (4)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral, Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador (1) (2) (3) (4)
yarmijos@fiec.espol.edu.ec (1), jcarrera@fiec.espol.edu.ec (2), jfarino@fiec.espol.edu.ec (3),
cvaldiv@fiec.espol.edu.ec (4)

Resumen

El propósito de este proyecto es desarrollar una aplicación robótica usando Lego Mindstorms NXT con programación y adquisición de datos bajo Matlab. Este trabajo ha sido implementado para la elaboración de recetas de cocteles, por lo cual el robot toma el nombre de COCKTAILER.

Cocktailer posee tres motores: un motor es usado para mover una bandeja giratoria, en donde se asientan las bebidas; el segundo motor se encarga de mover un brazo mecánico hacia arriba y abajo; y, el tercer motor se lo utiliza para abrir y cerrar las tenazas que sujetan la botella previamente seleccionada según la receta. En combinación con los servomotores, Cocktailer utiliza dos sensores: el sensor de luz para detectar la posición de las botellas, y el sensor de tacto como final de carrera para limitar la apertura de la tenaza.

Además, MATLAB es un lenguaje de alto nivel con ambiente interactivo que permite realizar tareas intensivas y puede ser usado en una amplia gama de aplicaciones; incluyendo procesamiento de imágenes y señales, comunicaciones, diseños de control, etc.. RWTH - MINDSTORMS NXT Toolbox provee muchas funciones en MATLAB para el control de robots LEGO® MINDSTORMS® NXT vía Bluetooth o USB.

Así que, la integración de MATLAB con RWTH - Mindstorms NXT Toolbox permitirá el desarrollo del código para esta aplicación.

Palabras claves: *MATLAB, RWTH - Mindstorms NXT Toolbox, LEGO® MINDSTORMS® NXT, Bluetooth, USB.*

Abstract

The purpose of this project is to develop a robotic application using Lego Mindstorms NXT and MATLAB based programming for data acquisition. This work has been implemented for cocktails recipes, that's why this robot is called COCKTAILER.

Cocktailer has three servomotors: one motor is used to move a rotating plate, where drinks are sited; another one enables the robotic arm to move up and down; and the last one powers the grabber claws for clamping the selected bottle. In combination with the servomotors, Cocktailer uses two sensors: the light sensor used to detect the position of the bottles, and the touch sensor which is a switch limiting the opening of the grabber claws.

Besides, MATLAB is a high-level language with interactive environment that allows computational intensive tasks and could be used in a wide range of application; including signal and image processing, communications, control design, etc.. RWTH - Mindstorms NXT Toolbox provides several Matlab functions for controlling LEGO® MINDSTORMS® NXT robots via a Bluetooth or USB connection.

Thus, the integration of MATLAB with RWTH - Mindstorms NXT Toolbox will allow development of the code for this application.

Keywords: *MATLAB, RWTH - Mindstorms NXT Toolbox, LEGO® MINDSTORMS® NXT, Bluetooth, USB.*

1. Introducción

Lego Mindstorms NXT es un sistema robótico que permite crear y controlar robots programables usando motores y sensores, podemos realizar el programa de control para el robot y probarlo en una variedad de formas. MATLAB nos ofrece una herramienta solución para el control remoto de la aplicación, que se ejecuta en la PC para luego enviar comandos al Lego Mindstorms NXT a través de una conexión Bluetooth [7], con lo cual podemos empezar a programar de inmediato.

2. Fundamento teórico

El fundamento teórico para la implementación del robot COCKTAILER nos ilustra la innovación tecnológica que tiene Matlab con la ayuda de su herramienta RWTH – MINDSTORMS NXT Toolbox para el control y posterior adquisición de datos del Lego Mindstorms NXT.

RWTH - Mindstorms NXT Toolbox es una herramienta desarrollada para el control de robots LEGO ® Mindstorms NXT bajo la plataforma de MATLAB a través de un puerto USB o una conexión inalámbrica Bluetooth. RWTH - Mindstorms NXT Toolbox proporciona funciones de MATLAB para interactuar directamente con el robot NXT.

El concepto de control mediante Matlab permite combinar las aplicaciones de robots con complejas operaciones matemáticas y visualización de los datos recopilados.

2.1. Ventajas de RWTH - Mindstorms NXT Toolbox

En comparación con el lenguaje de programación del fabricante (MINDSTORMS NXT). Tenemos las siguientes:

- Considerable incremento en la potencia del CPU y la memoria disponible.
- Tamaño del programa prácticamente ilimitado (en comparación con los clásicos programas de NXT)
- Control de múltiples robots dentro de un mismo programa (sólo limitado por el número de adaptadores Bluetooth instalados en forma simultánea).
- Ejecución remota de programas para observar sensores, etc.; mientras se ejecutan los programas clásicos de NXT al mismo tiempo.
- Uso adicional de hardware más común, como por ejemplo, webcams, joysticks, etc.
- Características de depuración avanzada totalmente compatibles, tales como: puntos de interrupción, ejecución paso a paso, inspección de variables sobre la marcha.
- Disfruta de las ventajas de las redes y de Internet en sus aplicaciones.
- Uso de la herramienta GUIDE de MATLAB para diseñar fácilmente aplicaciones usando formas de arrastrar y soltar.
- El RWTH - Mindstorms NXT Toolbox es estable.

3. Análisis del proyecto

En días de desarrollo tecnológico en el área de la robótica, se ha convertido indispensable el uso de maquinaria automatizada que reemplace la mano de obra humana. Con el fin de mejorar la productividad de la empresa, realizar operaciones de forma rápida y precisa, simplificar el mantenimiento de la instalación y controlar el proceso en tiempo real.

En nuestro caso, el proyecto propuesto permitirá dotar de un maquina autónoma capaz de preparar un coctel [10] en segundos, con la eficiencia y confiabilidad necesaria.

Esta máquina sería similar a las ROCKOLAS de los 70's, las cuales a cambio de dinero tocaban una música previamente seleccionada, de la misma forma COCKTAILER muestra un menú con los cocteles a disposición y podría prepararlo.

La ventaja de usar un robot para preparar los cocteles es que este no sufre cansancio físico, ni mental, puede trabajar largos períodos de tiempo sin necesitar de cambio de turno, y puede preparar con mayor exactitud las bebidas.

4. Diseño e implementación

A continuación se presentan los detalles del diseño del proyecto COCKTAILER y su respectiva implementación.

4.1. Estructura física

El proyecto COCKTAILER, emplea tres servomotores y dos sensores (touch y light) del kit de Lego Mindstorms NXT para la preparación de mezclas, tales como las de un coctel. Entre las partes principales que conforman el proyecto COCKTAILER están: La bandeja giratoria y el brazo robótico[1].

4.1.1. La bandeja giratoria. La bandeja giratoria está diseñada para alojar ocho botellas que contienen licores y jugos para la preparación de la mezcla deseada, es decir, el coctel. La separación de las botellas es de manera equidistante, es decir a 45 grados una de la otra (360° / 8).

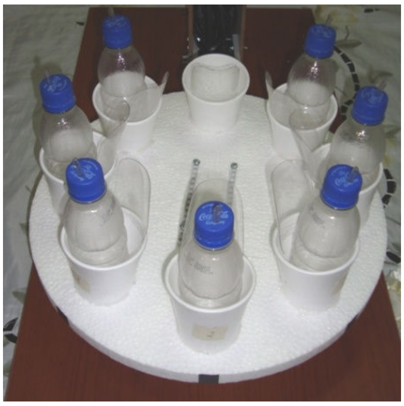

Figura 1. *Bandeja giratoria.*

Cabe mencionar que este proyecto está diseñado a manera de simulación, por lo que las botellas se encuentran vacías para evitar forzar al servomotor que genera el movimiento de la bandeja giratoria. De la misma manera, la estructura física de la bandeja fue hecha de un material muy liviano como lo es el espumafon, cuya base circular tiene un diámetro de cuarenta centímetros y sobre ésta, se alojan los ocho vasos receptores de botellas. La finalidad de los vasos es orientar el asentamiento de la botella en el momento en que el brazo la devuelva a su lugar.

Para el movimiento de esta bandeja se utiliza uno de los motores (MOTOR A, conectado al puerto A del NXT) el mismo que se encuentra debajo de la base de la bandeja giratoria.

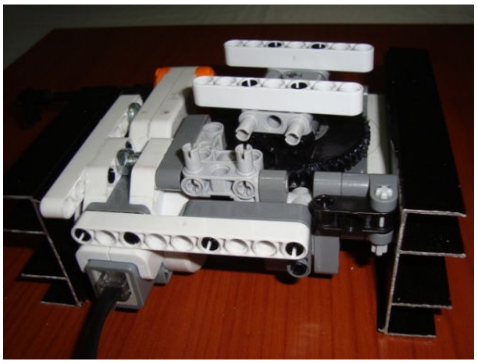

Figura 2. *Motor A, utilizado para mover la bandeja giratoria.*

Con la ayuda de las piezas de Lego se forma un sistema de engranaje [6] que contiene un tornillo sin fin, el mismo que transmite el movimiento entre ejes que están en ángulo recto [2]. Cada vez que el tornillo sin fin da una vuelta completa, el engranaje avanza un diente; reduciendo así la velocidad y por ende incrementando el torque. Todo esto va soportado por una estructura metálica fija a la plataforma de MDF.

4.1.2. El brazo robótico. Constituido por dos servomotores, uno para el levantamiento de la botella (MOTOR B) y otro para las tenazas utilizadas en el agarre de la botella (MOTOR C). Estos dos motores se encuentran acoplados mediante las partes de Lego y soportadas a una base de madera, elevada a 19 cm, para estar al nivel del cuello de las botellas.

El Motor B (antebrazo) posee un juego de engranajes con reducción de 16 a 1, con el fin de darle mayor potencia para el levantamiento de las botellas. El rango de variación angular del brazo es de 110° por lo que la variación angular del motor es de 1760°.

Figura 3. *Brazo robótico para la sujeción de la botella.*

El Motor C (tenazas) moviliza un juego de engranajes simétrico para el agarre de la botella, con una variación angular de 90°.

El ajuste de la tenaza debe ser calibrado de una forma muy fina; debido a que si es muy débil, se soltaría la botella. Por el contrario, si es muy fuerte conllevaría a provocar un malfuncionamiento del motor C.

Figura 4. *Tenazas.*

4.1.3. El ladrillo o controlador. Este dispositivo se encuentra acoplado también a la estructura de madera por debajo del brazo robótico, con el fin de centralizar las conexiones para la distribución de los elementos.

4.1.4. El sensor de luz. Ubicado frente a la bandeja giratoria como muestra la imagen. En el borde del perímetro de la bandeja giratoria, están ubicadas las marcas de color negro, alineadas a cada botella, con el fin de suministrar al controlador la ubicación exacta de cada botella.

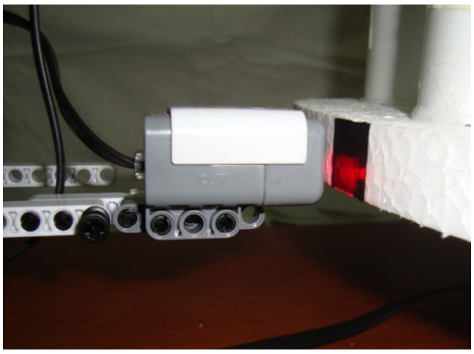

Figura 5. *Sensor de luz para el conteo de botellas.*

4.1.5. El sensor de tacto. Alojado estratégicamente a un costado del brazo robótico, siendo su función la de limitar el recorrido de apertura de la tezada, dotando al controlador la señal digital respectiva.

Figura 6. *Sensor de tacto para limitar la apertura de la tenaza.*

5. Simulación y pruebas experimentales

A continuación se evidencian pruebas del funcionamiento del proyecto con las simulaciones, graficas y datos experimentales, obtenidos de los motores y el sensor de luz. Además se muestran los costos de materiales y componentes utilizados en el proyecto.

5.1. Simulación con MINDSTORMS LEGO

Debido a las facilidades en el lenguaje de programación que presenta este software [5], se realizaron pequeñas rutinas para probar el comportamiento mecánico y desempeño individual de cada motor.

Es por esto que a continuación mostramos el programa con el cual se realizaron las pruebas de calibración de los motores.

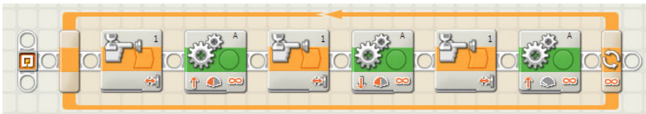

Figura 7. *Rutina para las pruebas del motor A de la bandeja*

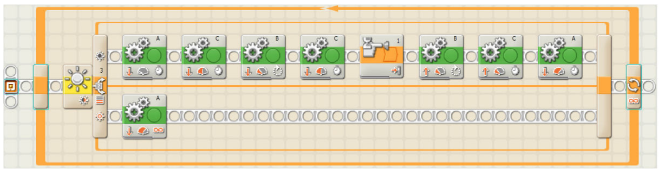

Figura 8. *Rutina para probar el stop de bandeja dependiendo del sensor de luz.*

5.2 Simulación con Matlab

Después de la programación en Matlab [8] y la puesta en marcha del proyecto se pudo tomar los datos experimentales del movimiento angular de cada motor, los cuales se muestran a continuación:

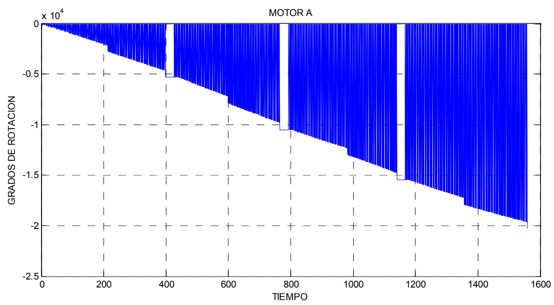

Figura 9. *Motor A de la bandeja giratoria.*

Se puede observar en la gráfica la parada del motor de la bandeja giratoria cuando el sensor de luz detecta la posición de la botella previamente seleccionada. Los espacios en blanco de la gráfica muestran las 3 detenciones del motor A en una combinación que toma la 3ra, 5ta y 6ma botella.

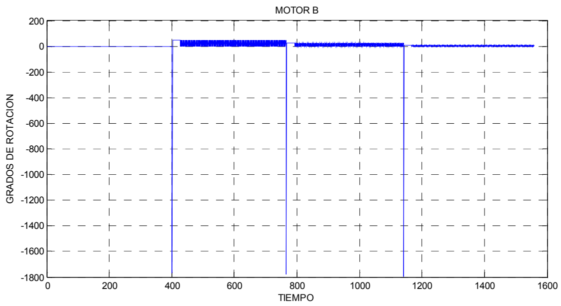

Figura 10. *Motor B del brazo robótico.*

Nótese en la gráfica anterior que el motor B permanece desactivado mientras el motor A (bandeja) está girando pero realiza un movimiento angular desde 0 hasta 1800 grados cuando el motor A esta detenido a causa de la presencia de la botella preseleccionada. El valor negativo del ángulo límite es debido a que el brazo se recoge para llevar la botella hacia el vaso de mezcla y luego vuelve a su posición inicial (horizontal) para devolver la botella a la bandeja.

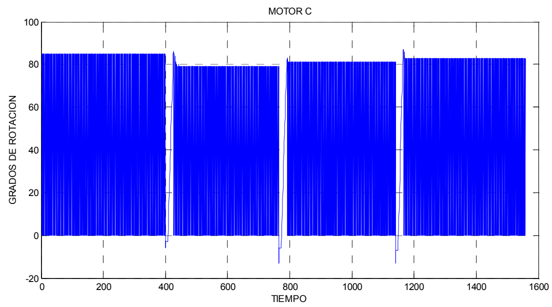

Figura11. *Motor C, tenaza.*

En esta gráfica se denota entre los espacios en blanco el cambio de posición de la tenaza de la posición abierta a la posición cerrada (sujeción de la botella). De igual forma que las gráficas anteriores, esta actividad la realiza cuando el motor A se encuentra detenido. A diferencia del motor B, este motor tiene una variación angular de 0 a 90 grados.

Muestra la gráfica anterior, la lectura del sensor de luz en la cual se puede notar una fluctuación de valores alrededor de 640 cuando sensa la franja blanca del perímetro de la bandeja giratoria. Pero da una lectura menor a 500 cuando sensa la marca negra que indica presencia de botella.

6. Conclusiones

1. Por medio del presente proyecto podemos concluir que con la ayuda del Kit educacional LEGO MINDSTORMS NXT se logró construir e implementar un sistema de control automático para un brazo robótico que prepara cocteles, al mismo que nombramos "COCKTAILER".
2. Además se logró realizar la comunicación entre Matlab y el NXT, obteniendo el control de los dispositivos desde Matlab. Así mismo se logró adquirir datos de los motores y sensores para la respectiva graficación y análisis de resultados.
3. Podemos concluir que el Kit educacional LEGO MINDSTORMS NXT nos da una gama de posibilidades en la construcción de procesos ilustrativos con fines académicos en el área de control.
4. El alto desempeño de Matlab en tareas de programación y procesamiento matemático, consolidado con la versatilidad de RWTH - Mindstorms NXT Toolbox para el manejo del NXT; permite presagiar sofisticados sistemas de control de procesos en laboratorio a bajo costos.
5. Cabe recalcar que es de gran ayuda para el control y adquisición de datos de los motores, el que estos equipos traigan integrado un sensor de posicionamiento o encoder; ya que esto nos evita la conexión y acople de dispositivos adicionales con el mismo fin.

7. Recomendaciones

1. En el presente proyecto, para el control del motor C en el momento de cerrar la tenaza, es necesario aplicar el comando StopMotor(MOTOR_C, 'brake') con el fin de obtener el ajuste necesario de la botella. Y no permitir que ésta se afloje mientras el motor B realiza el desplazamiento angular hacia el vaso de mezcla.
2. Se recomienda además, tener en cuenta la desactivación del freno (BRAKE) en cualquier motor, con el comando StopMotor(MOTOR_A, 'off'), en caso de haber sido previamente activado. Ya que esto implicaría un desfase angular del motor y un mal funcionamiento en la secuencia de programación.
3. A quienes empiezan a programar con esta herramienta se les recomienda, el uso del comando WaitForMotor (MOTOR_#, s) para asegurarse que el programa no continúe la secuencia hasta que se cumpla completamente la orden enviada al motor.

8. Referencias

[1] McCOMB GORDON, The Robot Builder's Bonanza, 3º Edición, McGraw- Hill, 2006, págs. 19 – 22, 111 – 125, 169 – 189.

[2] Iovine John, PIC Robotics, 1º Edición, McGraw-Hill, 2004, págs. 185 - 224.

[3] Angulo Usátegui José María, Microcontroladores PIC, 3º Edición, McGraw-Hill, 2003, págs. 43 – 65.

[4] CIB-ESPOL, Guía para elaborar una Tesis de Grado. http://www.cib.espol.edu.ec.

[5] LEGO, Homepage de Lego MINDSTORMS NXT. http://mindstorms.lego.com/eng/Egypt_dest/default.aspx.

[6] LEGO, Escuela de aprendizaje. http://www.lego.com/education/school/default.asp.

[7] MATHWORKS, Toolbox MINDSTORMS NXT para MATLAB. http://www.mathworks.com/programs/mindstorms.

[8] MATHWORKS, Videos tutoriales de MATLAB. http://www.mathworks.com/products/featured/videos

[9] MIKROE, Manual de mikroBasic para PIC. http://www.mikroe.com.

[10] Cocteles y copas. http://www.coctelesycopas.com/coctelesdevodka.htm.