

Kir-bot: Robot de Apoyo Portuario (Entrega II)

Armando Mejía, Christian Chomiak, Daniel Ramírez, Elí Segovia, Manuel Gómez

*Grupo de Inteligencia Artificial, Universidad Simón Bolívar
Caracas, Venezuela*

05-38524@ldc.usb.ve

05-38034@ldc.usb.ve

05-38781@ldc.usb.ve

05-38941@ldc.usb.ve

05-38235@ldc.usb.ve

Abstracto— El presente documento sirve de informe para la entrega 2 del proyecto de “Introducción a la Robótica”, del trimestre Enero-Marzo 2010.

Palabras clave— robot, robótica, inteligencia artificial, puerto, bloque, XBC, Xport, LARC, rosado.

I. INTRODUCCIÓN

Se está elaborando un robot de apoyo portuario que se espera cumpla los objetivos de las Competencia LARC 2009, Categoría Abierta. Para esta segunda entrega el objetivo es que el robot parta del punto de salida y se dirija a una de las áreas de carga (una de las tres zonas disponibles) en la que se encontrara dispuesta una pila de cuatro contenedores. El robot debe tomar un contenedor a la vez y transportarlo hasta uno de los buques de carga, en el proceso el mismo debe volver a armar la pila de contenedores en el sitio de destino y además debe mostrar como salida el color del contenedor que será transportado.

II. EL ROBOT

Nuestro robot, Kir-bot 0.7 (Fig. 1), está basado en una estructura construida con piezas LEGO. Utiliza un módulo XBC (Contralor Botball Xport) para controlar los motores, en conjunto con un Gameboy Advance SP que sirve como procesador central del sistema.

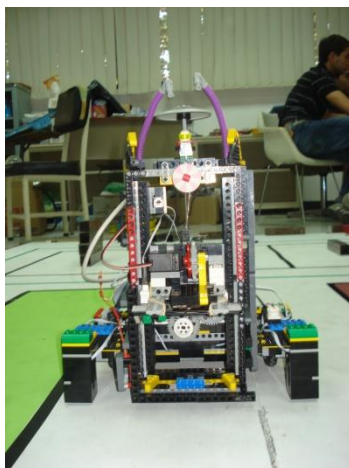


Fig. 1 Kir-bot 0.7

A. Hardware:

- 1) **Motores y engranajes:** Se usaron motores servo modificados para rotación continua que usan motores DC de bajo voltaje y conmutación interna; éstos se conectaron directamente al sistema de control de motores de la plataforma XBC sin utilizar los controladores internos de los motores servo. El control de velocidad de los motores se realiza por modulación de ancho de pulso (PWM) en base a un sistema de control PID que utiliza como retroalimentación la medición de velocidad del motor a través de la medición de la fuerza contra-electromotriz generada por el motor. Esta medición es realizada por el FPGA del Xport cada vez que se detecta la ausencia de corriente en el ciclo de la señal de alimentación. El voltaje medido por uno de los convertidores de analógico a digital implementados en el FPGA es proporcional a la velocidad de giro del motor, por lo que esta cantidad se usa como base para el sistema de control: el error integral representará la desviación total acumulada, el proporcional representará el error contra la velocidad deseada, y el derivativo representará la aceleración del robot.

El XBC contiene cuatro controladores para motores DC independientes; se utiliza uno para cada motor que controla de forma independiente a cada una de las ruedas del robot, dos en total, y además se utiliza otro para el motor que controla el sistema de polea del montacargas.

Las primitivas de movimiento del robot implementadas son avanzar y retroceder en línea recta y girar en el eje vertical que cruza al punto medio entre los puntos de contacto entre las ruedas y el suelo. Cuando se desea mover al robot en línea recta, se hacen girar a ambos motores en el mismo sentido y a las velocidades apropiadas, aproximadamente iguales pero ligeramente diferentes debido a las diferencias físicas en la conversión de torque interna a los motores así como entre cada rueda. Cuando se desea girar al robot, se hacen girar a ambos motores en direcciones opuestas con el mismo ajuste de velocidades.

Se construyó un montacargas basado en una estructura de polea que hace subir al sistema de

manipulación de contenedores compuesto por un motor servo que desplaza imanes de neodimio hacia los contenedores de acero para sujetarlos y lo separa para soltarlos.

- 2) *Esqueleto de LEGO*: El robot consiste de una estructura plana (aproximadamente un cuadrado de 28 centímetros) hecha de piezas LEGO que sirve de base para el soporte del controlador, los motores y los sensores. Las ruedas también son piezas plásticas LEGO, con cauchos de goma flexible, unidas a los motores con barras plásticas LEGO como ejes (uno por rueda) a su vez unidos a cada motor utilizando tornillos.

La base de sustentación de la estructura del robot consiste de las dos ruedas paralelas en el centro de cada lado a aproximadamente 12 centímetros del centro de la estructura. La estructura tiene, además, puntos de contacto con el suelo en la parte central delantera y trasera. Los puntos de apoyo traseros están situados ligeramente más arriba que los delanteros, y la distribución de peso se concentra en la parte delantera debido al peso del mecanismo de montacargas, por lo que normalmente sólo los puntos de apoyo delanteros están en contacto con el suelo. Si debido a la aceleración del robot se perdiera el apoyo en la parte delantera, los puntos de contacto traseros impiden el volcamiento de la estructura. Los cuatro sensores de reflectancia se encuentran cerca de cada una de las cuatro esquinas de la base de la estructura sujetos por piezas LEGO que los mantienen a la distancia del suelo óptima para su funcionamiento.

El montacargas está compuesto por una estructura de LEGO de aproximadamente 28 cm de altura que sirven como rieles para permitir el desplazamiento vertical de la estructura de manipulación de los contenedores.

- 3) *Reconocimiento de Líneas (Sensores)*: Se utilizan sensores de reflectancia de luz infrarroja producida por diodos emisores de luz (LEDs) situados al lado de fototransistores que transducen la intensidad de luz reflejada a corrientes eléctricas que pueden ser medidas por los convertidores de analógico a digital que provee el módulo XBC.

Los sensores se ubican a una distancia fija del suelo apuntando hacia abajo, lo que permite distinguir la reflectividad de la superficie inmediatamente debajo de los mismos. Se detecta, entonces, si el robot está sobre una región clara de la cancha o sobre una de las líneas que demarcan las distintas regiones de la misma. Usando estos sensores es posible hacer que el robot controle sus movimientos en base a una estimación de su posición en la cancha y se oriente en los bordes de sus regiones demarcadas para corregir los errores de sus movimientos.

Se utilizan cuatro sensores de reflectancia: dos en la parte delantera y dos en la parte trasera de la estructura del robot ubicados tan cerca como fue posible de las

esquinas de la base de la estructura, lo que permite juzgar con precisión adecuada el ángulo del robot con respecto a las líneas delimitadoras de las distintas regiones de la cancha de la competencia, y en base a esto realizar correcciones de la orientación del robot.

Además de estos sensores, el controlador de motores utiliza la medición propioceptiva de la velocidad de los motores controlados mediante la magnitud de la fuerza contra-electromotriz que éstos generan al girar, lo que permite realizar mediciones de desplazamiento por odometría.

- 4) *Reconocimiento de contenedores (Sensores)*: Se utilizan sensores de rango de luz infrarroja. Éstos son sensores activos que poseen un emisor de luz infrarroja y un dispositivo detector de luz que indica la posición de la fuente de luz en un eje lineal que coincide con la línea entre el detector y el emisor. Se utilizan para determinar dónde empieza y termina un contenedor al desplazarse al lado de los mismos en dirección aproximadamente paralela, lo que le permite al robot alinearse adecuadamente frente a la pila de contenedores que deberá manipular. El robot trata de alinearse de manera tal que el centro del sistema de manipulación de bloques quede tan bien alineado como resulte posible con el centro de los contenedores a manipular con el fin de lograr sujetarlos de la manera más estable posible.

- 5) *Uso de sensores de contacto*: Se utilizan dos sensores de contacto de palanca larga. Estos sensores consisten de pequeños botones interruptores mecánicos de acción momentánea con resortes. Funcionan activándose al ser empujada una palanca larga y delgada de aluminio que se ubica en el lugar apropiado para detectar a tiempo el contacto con algún objeto. La utilidad de los sensores de palanca es primordial en la funcionalidad del robot ya que se utiliza uno de ellos para detectar cuándo un contenedor se encuentra lo suficientemente cerca para detener el avance del robot e iniciar el proceso de carga, y el otro se utiliza para detener el movimiento vertical descendiente del montacargas cuando se ha alcanzado a un contenedor, momento en el cual se deberá accionar el motor servo que aplica el imán y sujeta al contenedor.

Los otros dos sensores de contacto, también interruptores, se utilizan para coordinar el movimiento en sentido ascendente y descendente del montacargas, evitando así tener inconvenientes con el sistema de polea: al sentir contacto uno de estos sensores se detiene el movimiento del motor de la polea pues el sistema de agarre se encuentra en su límite superior o en inferior).

- 6) *Reconocimiento de colores (Cámara XBC)*: Se utiliza una cámara modelo C3088 que utiliza un sensor de imagen CMOS OV6620 OmniVision. Es una

cámara de color digital de escaneo progresivo que se comunica mediante el protocolo I2C con el módulo XBC. El software implementado en el módulo XBC realiza detección de manchas de tres rangos de colores en forma independiente. Cada rango de colores se especifica en el espacio de color HSV para coincidir con el color observado de los contenedores que deben manipularse: rojo, azul y amarillo. Se añadió una lámpara LED para facilitar la percepción de colores de la cámara.

B. Software – Arquitectura Usada:

El espacio en el que deberá funcionar el robot es sencillo, estructurado y predecible (fig. 2), por lo que resultó apropiada la utilización de un esquema de programación en el que se ejecuta una secuencia predeterminada de comportamientos sin que el robot tome decisiones sobre planificación mientras ejecuta sus acciones.

La mayoría de las acciones predeterminadas consisten en accionar los motores hasta que la medida por odometría de distancia recorrida alcance la esperada para la trayectoria definida al momento de la programación del robot. Algunos movimientos del robot involucran una reacción directa e inmediata a las medidas de los sensores: cuando es necesario que el robot se alinee con alguna línea delimitadora de las regiones de la cancha para corregir los errores de movimiento acumulados a lo largo de su trayectoria, se hace avanzar a los motores de cada lado del robot hasta que el sensor del lado correspondiente detecte que ha alcanzado una línea; cuando los dos motores se detienen, el robot estará alineado con la línea que fue detectada, suponiendo que en efecto se trate de la misma línea recta.

Estos dos tipos de movimiento, junto con giros de 90 y 180 grados sobre el eje vertical, permiten al robot hacer un recorrido de la cancha sobre una trayectoria predeterminada y al mismo tiempo corrigiendo los errores acumulados cada vez que se determine que es necesario durante las pruebas realizadas durante la programación.

Podría decirse, entonces, que el robot opera de manera reactiva, aunque nunca se ejecuta más de un comportamiento a la vez por lo que no es siquiera necesario definir cómo tendrían que combinarse los comportamientos implementados, y se ejecuta una larga secuencia predefinida de comportamientos, por lo que no puede decirse que exista realmente un comportamiento emergente, sino planificado.

Esta estrategia apropiada para un ambiente tan estructurado como el de la competencia, y tiene la ventaja de requerir pocos recursos computacionales y una programación extremadamente sencilla para un ser humano.

La desventaja de esta estrategia de programación es que el comportamiento del robot no responde verdaderamente a su estado, sino que se asume que va por el camino correcto y si no lo hace se deberá modificar su programa, ajustando la calibración de los sensores así como la secuencia predeterminada de movimiento, por lo que no existe una verdadera tolerancia a fallos.

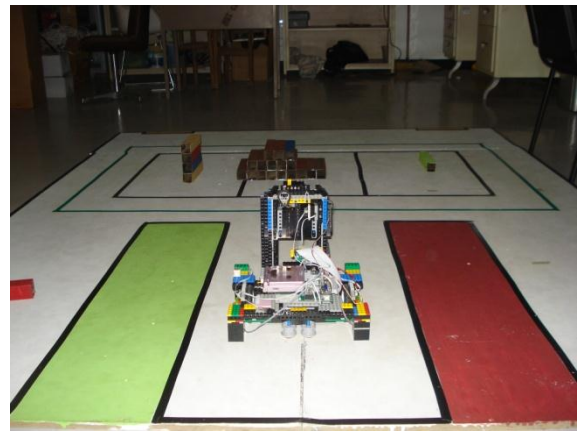


Fig. 2 Espacio de prueba

III. LA SEGUNDA ENTREGA

El objetivo de la segunda entrega fue que el robot desempilara y volviera a empilar en otro lugar una pila de cuatro contenedores y lograra identificar el color de cada uno. La pila de contenedores se ubicaba inicialmente en uno de los puntos donde estarían las pilas de bloques en la competencia, y la pila destino debía ubicarse sobre uno de los buques de la cancha (ver Fig. 3). La evaluación se produjo en una serie de pruebas cuyos resultados se pueden ver en la Tabla 1.

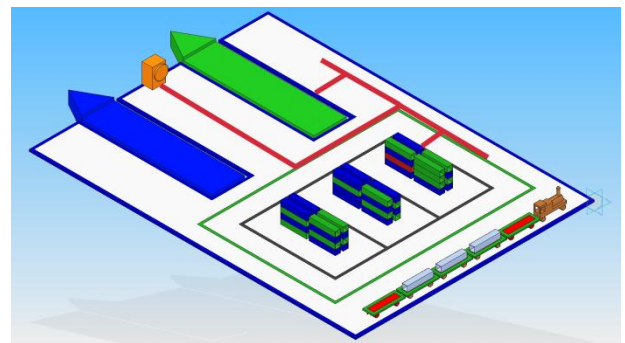


Fig. 3 Zona Transitable

TABLA I
RESULTADO DE LAS CORRIDAS KIR-BOT

# Corrida	Tiempo	Observación
0	-	Corrida de prueba (no se realizó)
1	-	Inconvenientes con desniveles en la cancha
2	7 minutos 7 segundos	Detectó mal dos colores
3	7 minutos 5 segundos	No detectó pila, detectó mal tres colores, interferencia con sensores de otro robot

TABLA II
RESULTADO DE LAS CORRIDAS CANGREBOT

# Corrida	Tiempo	Observación
1	4 minutos 14 segundos	Se le cayó el 1er y 2do bloque, inconvenientes con la polea
2	4 minutos 22 segundos	Solo agarro el 1er bloque
3	4 minutos 30 segundos	Se le cayó el 2do y 4to bloque

TABLA III
RESULTADO DE LAS CORRIDAS NUMBER SIX

# Corrida	Tiempo	Observación
1	7 minutos 10 segundos	No tomo el 1er bloque, detectó todos los colores
2	-	Derribó la pila luego de poner el 1er bloque
3	-	-

TABLA IV
RESULTADO DE LAS CORRIDAS S2II-D'OH!

# Corrida	Tiempo	Observación
1	5 minutos 31 segundos	Detectó mal res colores, pila de bloques desalineados
2	6 minutos 18 segundos	Pila mal puesta, arrastró el 4to bloque y luego lo cargó, detecto mal un color y realizó mal el recorrido
3	5 minutos 30 segundos	Corrida perfecta

TABLA V
RESULTADO DE LAS CORRIDAS THOR

# Corrida	Tiempo	Observación
1	-	Se puso a dar vueltas, tomó un bloque y detectó su color
2	3 minutos 38 segundos	Detectó tres colores, no completo el recorrido

IV. CONCLUSIONES

Kir-bot logró la mayoría de los objetivos de la segunda entrega, pero fuera del tiempo esperado de 5 minutos, y fallando en la identificación de colores debido a insuficiencia de iluminación. Para la siguiente entrega se deberá utilizar una lámpara más potente y se deberá realizar un ajuste más adecuado de los rangos de colores que se reconocerán con el sistema de visión, así como optimizar la secuencia de movimientos para poder cumplir los objetivos completos de la competencia en un tiempo mucho menor.

En comparación con otros robots, Kir-bot logró colocar la pila completa de contenedores a pesar de que detectó mal los colores en la mayoría de los casos.

Sería conveniente para la última entrega no permitir que más de un robot utilice la cancha al mismo tiempo para realizar sus corridas, puesto que esto podría afectar la realización de las mismas ya que el medio se prestaría a generar posibles interferencias entre los sensores activos que posee cada robot.