

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE ROBOTS AUTÓNOMOS CON DECISIONES EN TIEMPO REAL: FÚTBOL ROBÓTICO COMPONENTE ELETROMECAÍNICO

Dennys Paillacho Chiluiza¹, Vismar Salamea Tituana², Boris Vintimilla Burgos³

¹Ingeniero en Computación 2003

²Ingeniero en Computación 2003

³Director de Tópico. Ph.D. Ingeniero Industrial, Escuela Superior Politécnica del Litoral

RESUMEN

La propuesta para el diseño e implementación de un equipo de robots autónomos aplicados al fútbol robótico forma parte de un proyecto del tópico de “Visión por Computador y Procesamiento Digital de Imágenes” de la FIEC [1]. El proyecto en su forma global es complejo como para tratar de enfrentarlo en un solo problema. Por tal razón, para facilitar su implementación el problema ha sido dividido en tres componentes que son: componente inteligente, componente de visión y componente electromecánico.

Para el diseño e implementación de nuestro componente, varios meses de investigación en áreas tan amplias como la Electrónica, Telecomunicaciones y Computación fueron requeridas, lo cual nos permite ahora presentar un resumen de las técnicas utilizadas para la implementación del primer microrobot de la ESPOL. Este artículo por tal razón resume la función básica de cada uno de los módulos en que ha sido dividido este componente, la propuesta ejecutada para su solución, la etapa de montaje, pruebas y ensamblado del microrobot y su funcionamiento en el campo de juego. Finalmente se presentan los beneficios obtenidos de la propuesta y las conclusiones como consecuencia de su implementación.

1. INTRODUCCIÓN

Un sistema de fútbol robótico está compuesto básicamente por un computador, dispositivos de comunicación, un sistema de visión y los microrobots. De acuerdo a esto, cada sistema puede ser clasificado por la localización de su inteligencia como: sistemas basados en visión (*Vision-based systems*) ó sistemas basados en microrobot (*Microrobot-based systems*) [12]. El diseño propuesto pertenece a los sistemas basados en visión por cuanto su parte inteligente se monta sobre el computador, para lo cual se ha dividido en tres componentes con el fin de facilitar el desarrollo del mismo: inteligente, visión y electromecánico.

El proceso que se sigue en un encuentro de fútbol de robots inicia con el componente de visión que tiene como objetivo procesar las imágenes capturadas por una cámara de video y permitir controlar las posiciones de los robots y el balón dentro del campo de

juego, el componente inteligente se encarga de planificar la estrategia de juego generando comandos de movimiento para que sean enviadas por un sistema transmisor (ST) a los microrobots, y finalmente el componente electromecánico (microrobot), es el encargado de recibir las órdenes enviadas por el componente inteligente y generar movimiento. El desarrollo e implementación del componente electromecánico es el objetivo principal del presente artículo.

El desarrollo del componente electromecánico representa una excelente experiencia de aprendizaje en el campo de la robótica ya que el proceso de construcción de un robot móvil [2] capaz de competir en eventos de la FIRA¹ constituye una tarea que involucra varios conceptos dentro de diferentes campos del conocimiento.

Debido a que el componente electromecánico sostiene como base principal el diseño y construcción de un microrobot, surge la necesidad de enfrentar el problema subdividiéndolo en módulos principales que los hemos denominado: recepción, control, tracción y poder, lo que ha permitido que el proyecto oriente su desarrollo de forma precisa en las técnicas que cada uno de los módulos necesita. En este sentido, se realizaron estudios previos acerca de las diferentes técnicas existentes relacionadas con cada uno de los módulos lo que permitieron escoger la mejor alternativa de solución. Para ello, nos regimos en el estándar propuesto por la FIRA para la construcción de un microrobot, teniendo en cuenta en el diseño las reglas y normas para la participación en eventos internacionales de dicho organismo.

Una vez expuestas las normas y lineamientos sobre las cuales se propone el desarrollo del proyecto, este artículo resume las técnicas aplicadas, etapa de investigación, diseño y desarrollo que dieron lugar a la implementación del microrobot en el Laboratorio de Investigación en Visión y Robótica de la ESPOL. Igualmente, los beneficios y conclusiones del diseño global y de la construcción del microrobot son presentados al final del artículo.

2. CONTENIDO

2.1 Diseño y Montaje del módulo de recepción

El módulo de recepción tiene como principal objetivo recibir la información proveniente del computador a través del ST y enviarla al módulo de control para que sea procesada.

Varias pruebas experimentales fueron realizadas para determinar primero el protocolo de comunicación entre el sistema transmisor existente² y los microrobots, lo cual permitió conocer en detalle la definición y función de cada uno de los paquetes de datos utilizados para establecer la comunicación.

Adicionalmente, para la solución de este problema se requiere de un dispositivo que permita establecer la comunicación entre el ST y los microrobots. Para ello,

¹ FIRA: Federación Internacional de Fútbol Robótico Asociado. <http://www.fira.net>

² Equipos que forman parte de una donación de la FIRA a la ESPOL, para su participación en el “2002 FIRA Robot Soccer World Championship”. 26-29 de mayo del 2002. Suwon y Seoul-Korea

se montó un dispositivo de radiofrecuencia tipo SRF-418L en el microrobot por la serie de ventajas que presenta frente a otros de su clase en competencias de fútbol robótico.

2.2 Diseño e implementación del módulo de control

El microrobot requiere de un sistema que le permita controlar la recepción serial de datos enviados por el componente inteligente a través del ST y transformar en señales de control de movimiento para el microrobot, ejecutadas a través de los módulos de recepción y tracción respectivamente. Este antecedente permite plantear como solución el diseño e implementación de un módulo de control. Para esto se propuso dividir en dos submódulos de control: maestro y dirección, cada uno de ellos conformado por un PIC16F876 [3].

El módulo de control entonces, tiene como función principal establecer la comunicación con el módulo de recepción, receptando los paquetes de información desde el ST, procesarlos y generar señales de ancho de pulsos modulados PWM (*Pulse Width Modulated*) [4] que permitan el control de los cambios de velocidad en las ruedas. El control de dirección por su parte es el responsable de redireccionar las señales PWM hacia el módulo de tracción, dependiendo de los valores de dirección, para que los motores puedan girar en determinado sentido.

2.3 Diseño e implementación del módulo de tracción

La función principal del módulo de tracción es el de proveer movimiento a cada una de las ruedas del microrobot dependiendo de los comandos de control de movimiento tomados del módulo de control. Para su implementación fue necesario el uso de dos dispositivos: un controlador de motores L298 [5] y dos motores DC de marca RGO12G0301. El controlador de motores hace posible el control de la velocidad y el sentido de giro de los motores dependiendo de sus entradas lógicas de control, los motores por su parte convierten la energía eléctrica en energía mecánica produciendo el movimiento de las ruedas.

Para reforzar el diseño del módulo de tracción inicialmente se realizaron algunos cálculos teóricos que nos permiten conocer si los motores utilizados en nuestro proyecto cumplen con los mínimos requerimientos del microrobot como son: mínimo torque [6] para su movimiento, demanda de energía de los motores y máxima velocidad lineal que podría alcanzar el microrobot, aplicando para ello la ley de voltaje de Kirchoff's a un circuito para un motor simple [7]. Para esto, nos fundamentamos en las especificaciones técnicas de los motores y en ciertas propiedades físicas del microrobot.

2.4 Diseño e implementación del módulo de poder

El responsable del funcionamiento de los módulos de recepción, control y tracción en el microrobot es el módulo de poder. Su tarea principal consiste en garantizar el correcto abastecimiento de energía a cada uno de los módulos del microrobot. Para el diseño se consideró subdividir el módulo de poder en dos unidades: sistema regulador y batería. El sistema regulador tiene como componente principal el LM2575-5 [8] que pertenece al tipo de reguladores de conmutación [10] y tiene a su cargo la regulación del voltaje y corriente necesario para los módulos. La batería en cambio, es utilizada como fuente de abastecimiento de energía al sistema regulador y como entrada auxiliar del módulo de tracción.

El sistema regulador fundamenta su operación a través de la topología regulador reductor de voltaje (*Buck regulator*) [9]. Esta es una topología de regulación mediante conmutación de voltaje muy común y es usada para convertir un voltaje DC en otro más bajo de la misma polaridad. Los elementos que se conectan al regulador de voltaje pueden ser calculados de manera eficiente a través de los parámetros que exige el fabricante [11].

2.5 Etapa de montaje, pruebas y ensamblaje de los módulos de recepción, control, tracción y poder del microrobot

Inicialmente los módulos fueron montados sobre dos tableros de prueba (*proto-board*). Para ello, se realizaron una serie de pruebas y mejoras que darían como resultado el diseño final del microrobot.

Posterior al diseño, montaje y pruebas con los módulos (microrobot aún en prototipo), se procedió con el diseño la tarjeta electrónica en la cual se montarían cada uno de los módulos. Para esto, se utilizó el software *Protel Design Explorer 99 SE Trial Version*, el cual es una herramienta que nos permite diseñar módulos esquemáticos individuales para la creación del archivo correspondiente a la tarjeta de circuito impreso (PCB) general.

Con el archivo correspondiente al PCB, se procedió a la fabricación del mismo. En la Figura 1 se observa la tarjeta impresa del microrobot elaborada a dos caras, con protección anti-soldadura y de dimensiones 72x65 mm. (de acuerdo al estándar que propone la FIRA). Una vez que la tarjeta electrónica fue construida, el siguiente paso consistió en soldar los elementos a la tarjeta para luego montarla a la estructura de aluminio con los motores. Finalmente, las pruebas necesarias que demuestran que el microrobot opera de forma correcta fueron realizadas.

Después de que el microrobot fue ensamblado, éste fue trasladado al campo de juego con los demás componentes del sistema, formado principalmente por el computador, sistema transmisor, cámara, etc. Cabe mencionar que nuestro diseño debía acoplarse a los robots ya existentes que de hecho constituyen un hardware diferente, por lo que fue necesario realizar algunos cambios en los

algoritmos que ejecutan las técnicas de movimiento de los microrobots para ajustarlos a las necesidades de nuestro diseño.

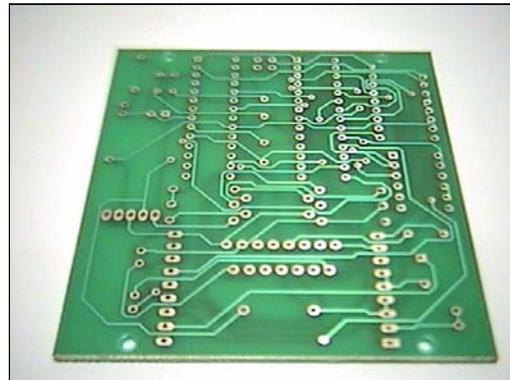


Figura 1. Tarjeta impresa del microrobot

Como un “spin off” de la funcionalidad nuestro robot, es que este no solo que puede jugar al fútbol robótico como sus demás compañeros de equipo, sino que también permite ser manipulado y controlado a través de una palanca de juego (*joystick*). Consiguiéndose de esta forma que el robot pueda trabajar tanto en forma autónoma (fútbol robótico) como en forma dependiente (controlado por el humano).

Cuando culminó la implementación y los ajustes del microrobot al sistema global se planteó la posibilidad de darle un nombre al diseño y creímos que lo más conveniente sería asociarlo al logotipo de la ESPOL. Por esta razón, el robot fue bautizado con el nombre de TURTLE-I, Figura 2, el cual constituye el primer microrobot móvil construido en la ESPOL.

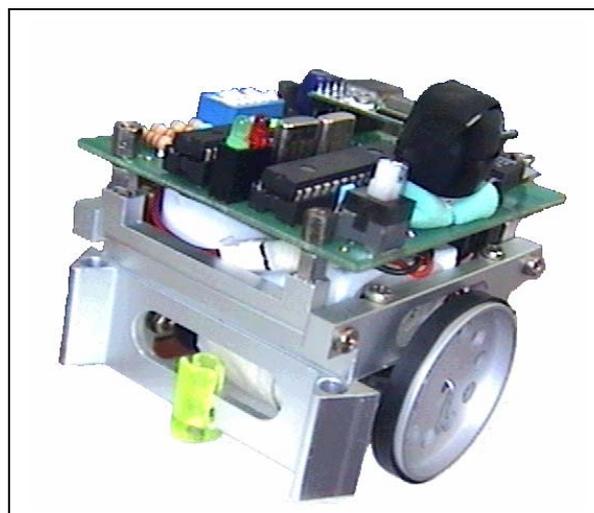


Figura 2. Microrobot TURTLE-I

Algunas características que se deben mencionar del robot implementado son:

- TURTLE-I cumple con las normas que impone la FIRA en cuanto al diseño de un microrobot para el tipo de competiciones en la categoría Mirobot 3vs.3.
- TURTLE-I es capaz de trabajar en un rango de 10 canales de frecuencia para la recepción de datos.
- TURTLE-I permite cambiar su identificación. Es decir, puede actuar en diferentes posiciones de juego con un grupo de robots, usando la misma frecuencia de operación.
- TURTLE-I pesa aproximadamente 294 gramos.
- TURTLE-I alcanza una velocidad máxima de 92.7 cm/seg. Las pruebas de velocidad, torque de los motores y peso se las realizó en los laboratorios de física³ de la ESPOL.

2.5 Funcionamiento de TURTLE-I en el campo de juego

TURTLE-I puede desenvolverse en diferentes posiciones dentro del campo de juego, como: portero, defensa y delantero. En la presente sección exponemos algunas escenas de su funcionamiento y que fueron capturadas en determinados instantes de tiempo en su desempeño como portero.

La escena se inicia con la pelota en el centro del campo de juego desde donde comienza a acercarse hacia la portería. El portero está en mala posición de intercepción de la pelota (sus ruedas deberían formar una horizontal con la portería y lo mas cerca posible a ella) por lo que en la escena dos comienza a corregir ese problema. En la tercera escena TURTLE-I se encuentra en posición de intercepción, se presenta frente a la pelota y la retiene. En la cuarta y quinta escena se puede observar que rechaza la pelota y procede a regresar a su posición inicial de intercepción, escena 6.

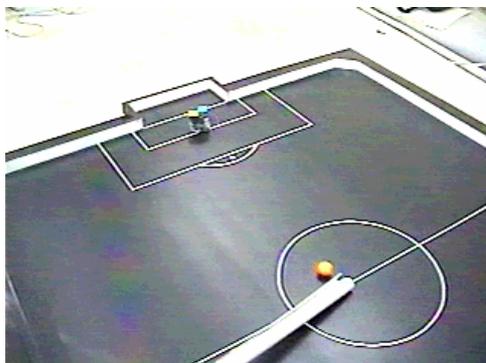


Figura 3. Escena 1 "Portero"



Figura 4. Escena 2 "Portero"

³ Equipos de medición de velocidad, torque y peso, de los laboratorios de física de la ESPOL con la colaboración del Msc. Manuel Villavicencio



Figura 5. Escena 3 "Portero"

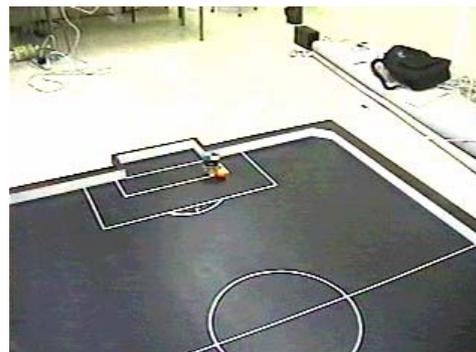


Figura 6. Escena 4 "Portero"



Figura 7. Escena 5 "Portero"



Figura 8. Escena 6 "Portero"

3. CONCLUSIONES

El componente electromecánico forma parte del diseño global⁴ de un sistema de fútbol de robots autónomos con decisiones en tiempo real y que tiene como objetivo principal el diseño e implementación de un microrobot. En conclusión, TURTLE-I fue diseñado para que coopere con sus similares en un ambiente de fútbol entre robots cuyo propósito final es conseguir el gol a través de las estrategias juego implementadas en un computador central.

En respuesta a este problema se establece un diseño que pretende la implementación del microrobot TURTLE-I. Para lograr esto, se dividió al componente electromecánico en 4 módulos principales, los cuales son: módulo de recepción, módulo de control, módulo de tracción y módulo de poder.

Con el diseño del módulo de recepción se soluciona el problema de comunicación entre el microrobot (MR) y un sistema de transmisión (ST), éste último conectado un computador central. Esto básicamente porque el microrobot necesita ejecutar movimientos dentro del campo de juego que correspondan a las estrategias generadas por el componente inteligente. Por lo tanto el módulo de recepción es el responsable de la recepción de datos entre el ST y el MR.

⁴ El diseño global forma parte de la propuesta de implementación de un sistema de fútbol robótico formado por el componente electromecánico, inteligencia y visión.

El módulo de control por su parte cumple su objetivo principal de controlar los módulos de recepción y tracción del microrobot ya que éste obedece a comandos de movimiento enviados a través del sistema transmisor ST. Por tanto, el diseño de un sistema que permitiese controlar el tráfico de la información que llega al módulo de recepción, procesarla y ejecutar las señales de control necesarias hacia el módulo de tracción para proporcionar el movimiento del microrobot fue esencial.

El módulo de tracción genera movimiento a las ruedas del robot a través de los motores. Este movimiento depende de los comandos de movimiento enviados desde el PC a través del ST. Los comandos de movimiento son capturados por el módulo de recepción del microrobot y enviados al módulo de control, el cual los procesa y además genera señales que finalmente puedan ser entendidas por el módulo de tracción, para que éste produzca el movimiento de las ruedas.

Por último tenemos el módulo de poder que fue diseñado para suministrar la energía necesaria a los módulos de recepción, control y tracción de tal modo que se mantengan estables en su operación.

Así podemos mencionar que el diseño e implementación de nuestro componente tuvo éxito y concluyó gracias a la constancia en la investigación y la inteligencia para desarrollar técnicas que permitieron cumplir el objetivo final, TURTLE-I.

4. REFERENCIAS

1. M. Salamea, D. Paillacho, B.Vintimilla, “Diseño e Implementación de un equipo de robots autónomos con decisiones en tiempo real: Fútbol Robótico – Componente Electromecánico” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2003)
2. Kelly Alonzo, Introduction to mobile robots, <http://www.frc.ri.cmu.edu/~alonzo/course/course.html>, Robotics Institute, Carnegie Mellon University, 1996
3. Microchip, PIC1687X Data Sheet 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers, 2001.
4. Microchip, Op. Cit., pp 63-67.
5. STMicroelectronics, L298 Dual full-bridge driver datasheet. Enero 2000.
6. Raymond A. Serway, Física I, (3ra Edición, México, Mc Graw-Hill, 1993).
7. Shigley, J.E, and Mischke, C.R., Mechanical Engineering Design, (5ta Edición, New York, Mc Graw-Hill, 1989).
8. National Semiconductor, LM1575/LM1575HV/LM2575/LM2575HV Series Simple Switcher (Datasheet, 1A Step-Down Voltage Regulator, 1998)
9. DATEL, Power converter theory, (USA, 11 Cabot Boulevard, Mansfield, MA 02048-1151, 1999).
10. Mamad H. Rashid, Electrónica de potencia: Circuitos, dispositivos y aplicaciones, (2da Edición, México, Prentice Hall, 1999), pp. 316.
11. National Semiconductor, Op. Cit., pp 10-11, 14
12. Prahlad Vadakkepat, The Distributed Intelligent Robotic System, (Department of Electrical and Computer Engineering, National University of Singapore, April 2001).

Dr. Boris Vintimilla
Director de Tópico