

# DESARROLLO DE UN EQUIPO DE FÚTBOL DE ROBOTS

H. Nelson Acosta, José A. Fernández León, Martín O. Vázquez

INCA/INTIA – Depto. Computación y Sistemas - Facultad de Ciencias Exactas – UNCPBA  
(7000) TANDIL – Buenos Aires – Argentina  
{ nacosta, jleon, mvazquez }@ exa.unicen.edu.ar  
<http://www.exa.unicen.edu.ar/inca>

**Resumen:** *El propósito de este artículo es mostrar una primer experiencia en la creación de un equipo de fútbol de robots. Se describe el funcionamiento del equipo INCASoT, diseñado para su presentación en la competencia CAFR-2003 (UBA), con una estrategia de control de robots (agentes) basada en una máquina de estados finitos. Esta máquina de estados especifica cómo un agente mantiene su posición, pasa la pelota y evade obstáculos. Los robots son organizados en formaciones con roles específicos de juego. INCASoT constituye la visión de un equipo básico de fútbol de robots.*

**Palabras Claves:**

*fútbol de robots, comportamiento cooperativo emergente, multi-agentes robóticos*

## 1 INTRODUCCIÓN

Este reporte documenta una primer experiencia en el desarrollo de un equipo básico de fútbol de robots denominado INCASoT, realizado para el simulador oficial del CAFR 2003 - Campeonato Argentino de Fútbol de Robots 2003 - a llevarse a cabo en la Universidad de Buenos Aires (UBA).

El equipo INCASoT es esencialmente un conjunto de comportamientos homogéneos de agentes. Cada agente es definido y codificado según un criterio individual, sin tener un concepto explícito de equipo. Tales comportamientos surgen de las condiciones con las que cada agente se encuentra durante el juego. De este modo, se pretende que el proceder colectivo surja del conjunto de acciones individuales y que éstas permitan que el equipo mejore su desempeño con el tiempo.

En líneas generales, se propone un diseño *bottom-up* con una dedicación fuerte a la experimentación. Se inicia el proyecto con el diseño de funciones primitivas propias de los agentes a modelar. A partir de estas primitivas, se realiza la construcción de un control que defina el comportamiento de los agentes dentro del campo de juego (por ejemplo, la forma de aproximarse a un objetivo o cómo evitar obstáculos). Luego de esto, se especifican distintos niveles de control referidos a la coordinación entre agentes, para concluir en cuestiones de estrategias de equipos, o en otras palabras la declaración de reglas que posibiliten la identificación de oportunidades de ataque y defensa.

Para la materialización de una estrategia simple de juego se decide utilizar C++, descartándose la Programación Orientada a Objetos para evitar la sobrecarga (overhead) que introduce el trabajar con clases durante la ejecución dentro del simulador.

En el resto de este artículo se describen, a modo general, algunos aspectos vinculados con el control del desempeño de los agentes. Finalmente, se enunciarán los posibles trabajos futuros y conclusiones.

## 2 ARQUITECTURA PROPUESTA EN INCASOT

Dado que los agentes presentan un comportamiento individual de juego, no se utilizan aspectos explícitos de comunicación entre ellos. En cambio, se implementa una estrategia de juego jerárquica. O sea, los agentes reaccionan sólo a lo que pueden percibir de su entorno, mientras que existe un nivel jerárquico superior encargado de coordinar el conjunto de acciones individuales en busca de una conducta grupal.

Hasta el momento, la concepción de agente radica en un ciclo finito de ejecución a través de estados de juego. En tal ciclo se perciben diferentes situaciones, como por ejemplo la proximidad al área de gol o la cercanía a la pelota, y se actúa según la información derivada de tales percepciones. La materialización de cada agente incluye una máquina de estados finitos interna como núcleo.

La situación actual del proyecto plantea el análisis de los siguientes problemas: distribución de los jugadores en regiones, programación del comportamiento individual de cada agente (máquina de estados), control de movimientos, evasión de obstáculos y estrategias de juego.

### 2.1 Regiones

Cada agente está asociado con una región en particular la cual determina qué porción del campo cubre cada uno de ellos, y con un punto focal en tal región señalando dónde debe ir un jugador cuando la pelota no se encuentra en su región.

La declaración de la máquina de estados se basa en el trabajo de Poupart y Lerner [1], pero difiere en la especificación de las regiones dado que se propone un concepto de ellas relacionado con formaciones básicas de ataque y defensa [2] (Fig. 1).

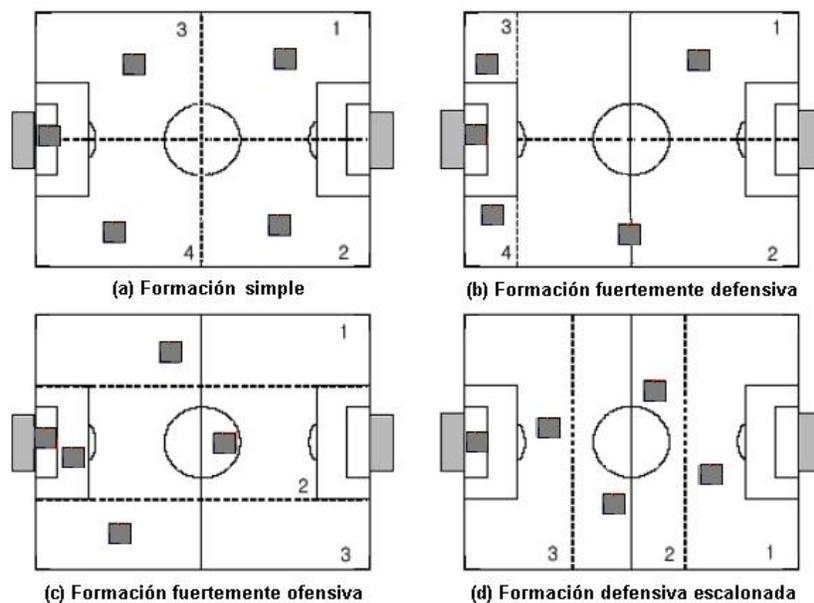


Fig. 1 - Formaciones Básicas - Categoría Middle League MiroSot

## 2.2 Máquina de Estados

La máquina de estados (Fig. 2) define el comportamiento de cada jugador estando ésta fuertemente asociada al concepto de regiones. En la Fig. 2 las flechas representan transiciones entre estados y el texto ligado a cada flecha especifica la condición de pasaje entre ellos [1].

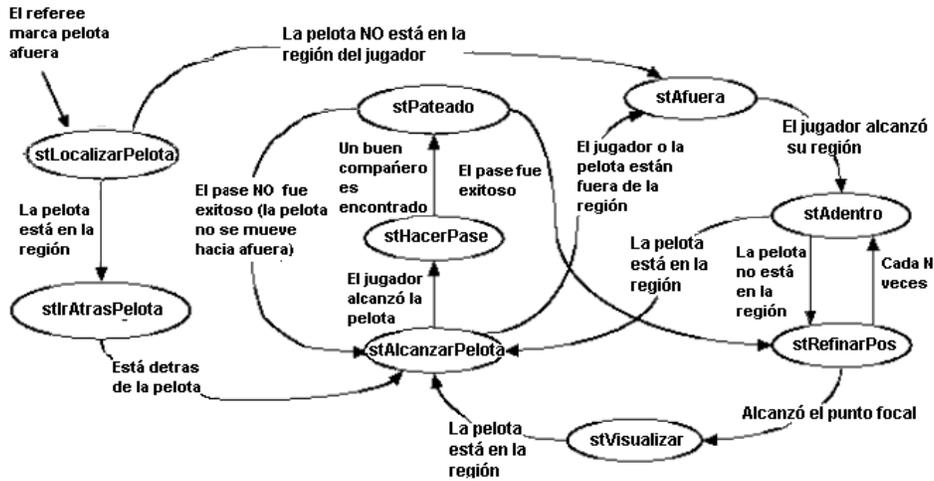


Fig. 2 - Máquina de Estados Finitos

## 2.3 Control de Movimientos

El control de movimientos de los agentes debe ser lo suficientemente simple y genérico como sea posible, mientras que debe ser preciso y confiable [4]. El algoritmo de control de movimientos propuesto por Veloso *et al.* [4] es descrito mediante un control reactivo el cual dirige los movimientos del robot en forma diferencial hacia el objetivo deseado.

Las reglas básicas de control utilizadas en el equipo INCASot son un conjunto de ecuaciones reactivas (Fig. 3), las cuales derivan las velocidades de las ruedas del robot ( $v_l$ ,  $v_r$ ) para alcanzar la próxima posición ( $x^*$ ,  $y^*$ ). Las ecuaciones son:

$$D = q - f \quad (1.1)$$

$$(t, r) = (\cos^2 D \cdot \text{sgn}(\cos D), \sin^2 D \cdot \text{sgn}(\sin D)) \quad (1.2)$$

$$v_l = v(t - r) \quad (1.3)$$

$$v_r = v(t + r) \quad (1.4)$$

donde  $q$  es la dirección hacia el punto objetivo ( $x^*$ ,  $y^*$ ),  $f$  es la orientación del robot dentro del campo de juego y  $v$  es la velocidad deseada.

Además, en las ecuaciones de control de movimiento se especifica un ajuste de la dirección del robot hacia el destino reemplazando  $q$  por  $q' = q + \min(a, \tan^{-1}(c/d))$  siendo  $a$  la diferencia angular entre  $q$  y  $f^*$  (Fig. 3.a);  $f^*$  y  $d$  son la dirección y la distancia con respecto al destino respectivamente;  $c$  es la distancia de despeje mientras el robot está circundando ( $x^*$ ,  $y^*$ ) según  $f^*$ .

## 2.4 Evasión de Obstáculos

La evasión de obstáculos se implementa ajustando la dirección de destino según se presenten impedimentos en el avance del robot. Si en la dirección hacia el destino el robot se acerca a un obstáculo, la dirección es ajustada para que éste supere dicho obstáculo.

Como el mecanismo de control de movimientos está continuamente en ejecución, el análisis de obstáculos es replaneado en todo momento. Éste planeamiento continuo permite que el robot considere un ambiente dinámico, tomando inmediatamente ventajas sobre sus oportunidades dentro del juego.

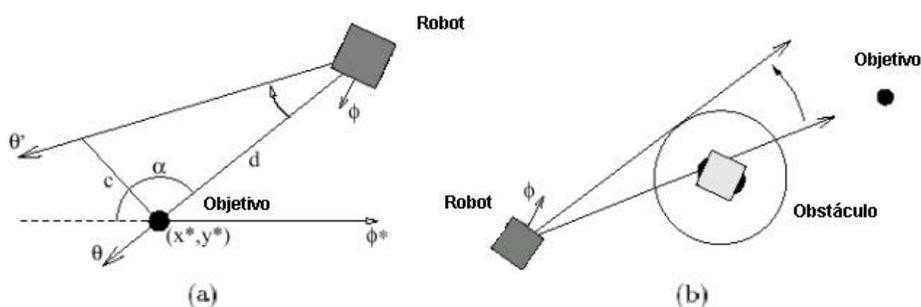


Fig. 3 – (a) El ajuste de  $q$  a  $q'$  hacia el nuevo objetivo; (b) Ajuste de la dirección para evitar obstáculos

## 2.5 Estrategias

Se busca desarrollar algoritmos de colaboración entre agentes autónomos de un equipo. Un agente, como miembro de un equipo, necesita tomar decisiones en forma autónoma mientras, al mismo tiempo, sus decisiones contribuyen con las de sus compañeros de juego. Una estrategia posible puede ser definida por medio de la asignación de un rol de juego para cada agente [4]: arquero, defensor y atacante.

En el diseño del equipo INCASoT se propone una estrategia basado en los posibles roles de los jugadores, similar al descrito por Veloso *et al.* en [4]; Además, se considera que existe una asociación entre las características de la región asignada a un jugador y el rol que éste desempeñará dentro de ella.

## 3 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Éste artículo muestra una primer experiencia en el desarrollo de un equipo de fútbol de robots. Se han escogido muchos de los trabajos existentes como guía, utilizando de este modo experiencias útiles y relevantes en dicha área.

En el proyecto INCASoT se plantearon varios de los principales temas que engloba el dominio de aplicación: comportamiento cooperativo emergente, robots autónomos, control de movimientos, equipos y formaciones de sistemas multi-agentes, roles y estrategias de juego.

Actualmente se continúan refinando los algoritmos y estrategias ya desarrollados en búsqueda de mejorar el desempeño tanto individual como grupal, por lo que se espera un perfeccionamiento progresivo en cada uno de dicho temas. La efectividad de las estrategias aquí desarrolladas será evaluada en CAFR-2003.

Como trabajos futuros se pueden mencionar los siguientes, teniendo como referencia algunos de los principales escritos señalados a continuación:

- § Consideración de aspectos de Lógica Difusa en regiones, donde cada jugador desarrolle un juego flexible en relación con su región y a los límites que ella impone [5].
- § Variación de la especificación de los límites de las regiones según la ubicación de la pelota o la estrategia (ataque o defensa).
- § Incorporación de aspectos de control difuso en la coordinación del comportamiento individual [5].
- § Análisis de tácticas relacionadas con la defensa mediante cobertura de áreas de ataque e intercepción y predicción del movimiento de la pelota [3, 4, 6, 7, 8].
- § Predicción de la trayectoria de la pelota de manera más precisa, de vital importancia para la intercepción de oponentes y de la pelota [6].
- § Desarrollo de técnicas para anticipar oportunidades de colaboración grupal [4].
- § Definición de una máquina de estados propia (a medida) para cada tipo de jugador.
- § Especificación el comportamiento del arquero de acuerdo a la reducción de áreas de gol [4].
- § Creación de distintos niveles de aprendizaje, uno en el ámbito cooperativo y otro inductivo [9, 10].

## REFERENCIAS

- [1] Lerner, Sorin; Poupart, Pascal. *RobotCup Software Soccer Team*. 304-527B Artificial Intelligence. McGill University, Canada. April 27th, 1998.
- [2] Han, Kuk-Hyun; Lee, Kang-Hee, Moon, Con-Kyoung;, Lee, Hoon-Bong, and Kim, Joung-Hwan. *Robot Soccer System of SOTY 5 for Middle League MiroSot*. Department of Electrical Engineering and Computer Science, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST). 273-1, Guseong-dong, Yuseong-gu, Daejeon, 305-701, Republic of Korea. 2002 FIRA Robot Congress. 2002.
- [3] Veloso, Manuela; Stone, Peter; Riley, Patrick. *CMUnited-98 champion simulator team*. In Minoru Asada and Hiroaki Kitano, editors, *RobotCup98: Robot Soccer World Cup II*. Springer Verlag, Berlin, 1999.
- [4] Veloso, Manuela; Bowling, Michel; Achim, Sorin; Han, Kwun; Stone, Peter. *The CMUnited-98 Champion Small-Robot Team*. Computer Science Department. Carnegie Mellon University. Pittsburg, PA 15213. 1998
- [5] Duman, Hakan; Hu, Huosheng. *Fuzzy Logic for Behaviour Co-ordination and Multi-Agent Formation in RobotCup*. Department of Computer Science. University of Essex. Wivenhoe Park, Colchester CO4 3SQ, United Kingdom. 2000.
- [6] Veloso, Manuela; Stone, Peter; Han, Kwun. *Prediction, Behaviors, and The CMUnited-97 Robotic Soccer Team: Perception and Multiagent Control*. Computer Science Department. Carnegie Mellon University. Pittsburg, PA 15213. Submitted to Autonomous Agent'98. October 1997.
- [7] Veloso, Manuela; Stone, Peter; Han, Kwun; Achim, Sorin. *Prediction, Behaviors, and Collaboration in a Team of Robotic Soccer Agents*. Computer Science Department. Carnegie Mellon University. Pittsburg, PA 15213. Submitted to ICMAS'98. November 1997.
- [8] Santos, J. M.; Scolnik, D.; Laplagne, I.; Daiez, S. Scarpettini, F.; Fassi, H.; Castelo, C. *UBA-Sot: an approach for control and team strategy in Robot Soccer*. Departamento de Computación, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA. 2002.
- [9] Matsubara, Hitoshi; Noda, Itsuki; Hiraki, Kazuo. *Learning of Cooperative actions in multi-agent systems: a case study of pass play in Soccer*. Electrotechnical Laboratory. Appeared in AAI-96 Spring Symposium on Adaptation, Coevolution and Learning in Multiagent Systems. 1995.
- [10] Matsui, Tohgoroh; Inuzuka, Nobuhiro; Seki, Hirohisa. *A proposal for Inductive Learning Agent Using First-Order Logic*. Nagoya Institute of Technology. Japan. 1999.