

Plataforma para Juegos en Robótica Móvil

William A. Romero R. y Fernando De la Rosa
Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad de los Andes

Resumen—En este documento se propone una plataforma de hardware y software para el desarrollo juegos con robots móviles que pueda ser utilizada como herramienta de apoyo en investigación y enseñanza en el área de robótica móvil. La plataforma está compuesta por dispositivos de hardware (sistema de visión sobre el campo de juego, estaciones de trabajo y robots) y componentes de software. Con la implementación de esta plataforma se busca impulsar el desarrollo de proyectos docentes y de investigación que puedan converger en aplicaciones reales dentro del contexto académico e industrial nacional.

Palabras clave—Robótica móvil, Aprendizaje activo en Ingeniería, Enseñanza de robótica, Aprendizaje basado en juegos.

Abstract—This paper proposes a hardware and software framework for mobile robotics games. The framework can be used like a research tool and learning support into the mobile robotics teaching. The framework has a set of hardware devices (vision system on game field, workstations and robots) and software modules. With these framework we are looking for educational and reseach projects that can converge to applied works into the national academic and industrial scene.

Keywords—Mobile robotics, Engineering active learning, Robotics teaching, Game-based learning.

I. INTRODUCCIÓN

Los juegos con robots móviles proporcionan un espacio lúdico para el estudio y aprendizaje de los elementos y problemas que la robótica envuelve. Así mismo, permiten el desarrollo de habilidades para el análisis, diseño e implementación de prototipos que integran conocimientos distintas disciplinas (Ingeniería mecánica, electrónica y de sistemas) con el propósito de alcanzar los objetivos propuestos de aprendizaje a través de juegos.

La tarea de utilizar robots autónomos es una experiencia ideal y real de Ingeniería, el participante debe: integrar captura de video e información sensorial, hacer uso del procesamiento de imágenes para incorporar un sistema de visión, garantizar la recepción de datos del robot y transmisión de instrucciones (comunicaciones), planificar movimientos y trayectorias, entre otros. También debe tener en cuenta que los jugadores, los robots, cumplan con las especificaciones correspondientes al juego, etc. En resumen, el diseño y la construcción de cada uno de los elementos que conforman el sistema, la gestión y administración del proyecto para la consecución del prototipo permiten la aplicación de conocimientos y de habilidades técnicas necesarias en la Ingeniería [6] [5].

Con lo anterior, resulta interesante el contexto y los resultados que se obtienen con el desarrollo de juegos en robótica móvil. Razón por la cual se quiere diseñar un sistema que permita el desarrollo juegos con robots móviles. En este documento se presenta una infraestructura general para la

implementación de juegos con robots móviles. Inicialmente se enuncian los objetivos que enmarcan este trabajo. Posteriormente se expone la motivación del uso de juegos en robótica móvil, incluyendo la descripción de 2 modalidades lúdicas a nivel internacional. Finalmente se describe los componentes básicos de la plataforma propuesta.

II. OBJETIVOS

El desarrollo de este trabajo tiene como objetivos:

1. Proponer una plataforma de hardware y software que permita el desarrollo juegos con robots móviles.
2. Incorporar la plataforma como herramienta de apoyo pedagógico en los cursos de Ingeniería, para el desarrollo de proyectos interdisciplinarios.
3. Incentivar la investigación en robótica móvil dentro del contexto nacional enfocada a la industria.
4. Desarrollar proyectos en conjunto con otros departamentos de Ingeniería para enriquecer el sistema y extender su funcionalidad.

III. JUEGOS EN ROBÓTICA MÓVIL

La puesta en marcha de juegos en robótica involucra la resolución de problemas de investigación que pueden ser estudiados en diferentes niveles [3] [8]. Para el cumplimiento del objetivo de un juego se deben realizar, en general, tareas de: reconocimiento del campo de juego; identificación, localización del robot(s); identificación y localización de obstáculos; planificación de movimientos y trayectorias; en el caso de juegos cooperativos, el desarrollo de una estrategia, entre otras.

A través de los juegos y con el apoyo de la plataforma se quiere realizar investigación y enseñanza alrededor de:

- Procesamiento de imágenes y visión por computador:
 - Reconocimiento de objetos (robots/obstáculos) en el espacio de trabajo.
 - Localización del robot en el espacio de trabajo al igual que los demás elementos que lo componen.
 - Caracterización geométrica del espacio de trabajo.
 - Reconstrucción del espacio de trabajo.
- Procesamiento de información sensorial:
 - Integración de diferentes dispositivos sensoriales (Sistema de visión, cinturón de ultrasonidos, barrido láser).
 - Localización de obstáculos.
 - Reconstrucción del espacio de trabajo.
- Planificación de trayectorias:

- Métodos de representación del espacio de trabajo y búsqueda de caminos geométricos en escenarios estructurados y semi-estructurados.
- Métodos de muestreo y probabilísticos.
- Completitud y complejidad espacial y temporal de los métodos.
- Planificación para múltiples robots.
- Programación de robots móviles:
 - Programación de robots autónomos (tareas con 1 o más de un robot)
 - Programación multi-robots (colaborativos y cooperativos)
 - Programación de robots supervisados (teleoperación)
- Arquitecturas de control:
 - Arquitecturas por Capas / Horizontal
 - Arquitecturas Reactivas / Vertical
 - Arquitecturas Híbridas

III-A. Competencias en el contexto internacional

A nivel mundial, a través de la organización de seminarios y competencias alrededor de estos juegos se reúnen estudiantes, grupos de investigación, fabricantes de tecnología, etc. con el propósito de resolver nuevos retos que permitan aplicar los resultados en investigación y desarrollo tecnológico. A continuación se presentan 2 juegos con robots móviles, que ofrecen un modelo base para la especificación de la plataforma propuesta en este trabajo.

III-A.1. Ball collection: El objetivo del juego consiste en la recolección de un conjunto de pelotas (de tenis) dentro de un área definida y llevar esta colección a un punto determinado. El nombre de esta competencia es *Clean up the tennis court* y es organizada a nivel mundial por la *Association for the advancement of artificial intelligence* (AAAI), dentro de una conferencia denominada *AAAI Mobile Robot Competition* [11].

III-A.2. Robot soccer: Un equipo de robots se coordina con el objetivo de introducir el balón en el arco del equipo adversario. A nivel mundial, esta ya es una práctica muy bien definida y establecida por la organización *RoboCup: The Robot World Cup Soccer Games and Conferences*. "RoboCup es una iniciativa de investigación y educación internacional, cuyo objetivo es incentivar la investigación en inteligencia artificial y robótica, a través de un problema estandarizado donde una gama amplia de tecnologías pueden ser evaluadas y examinadas." [13]

Las competencias se dividen en las siguientes modalidades:

- *Small-size:* Dos equipos de 5 robots de 0,18m de diámetro de se enfrentan por 15 minutos en un campo de juego de $5m \times 3,5m$.
- *Medium-size:* Dentro de un campo de juego de $18m \times 12m$ con equipos de 6 robots de diámetro no mayor a 0,5m.
- *Four-Legged:* Esta modalidad se caracteriza por el uso del robot AIBO de Sony. Con un campo de juego de $3m \times 5m$ y equipos de 4 robots.
- *Humanoid:* Robots con características motrices humanas. Dentro de esta modalidad se desarrollan otro tipo de

objetivos del juego como lo son los disparos desde el punto penal.

- *Simulador:* Dos programas independientes se enfrentan por 10 minutos en un campo de juego virtual. Los equipos están conformados por 11 jugadores/robots cada uno con un comportamiento programado.

III-B. Modelo ejemplo

Dentro de las categorías presentadas de *Robot soccer*, la modalidad *Small-size* reúne las características generales del modelo de juegos que se pueden implementar con la plataforma propuesta [14].

- *Campo de juego:* $5000\text{ mm} \times 3500\text{ mm}$ para el área de juego, de color verde y se extiende 250 mm en cada uno de los lados. Para evitar que los robots abandonen el espacio determinado para el juego, el campo debe estar rodeado por una pared de 100 mm de altura. Las líneas deben ser blancas y tener un grosor de 10mm.
- *Sistema de visión del campo de juego:* El sistema de visión y monitoreo del juego está conformado por una cámara de video ubicada a una altura de 400 mm sobre el campo de juego. Este sistema de visión es propio para cada equipo participante.
- *Balón:* Esférica de color naranja, con un peso 46 gramos y 43 mm de diámetro.
- Cada equipo se conforma por máximo 5 robots uno de los cuales puede ser el portero.
- *Robots:*
 - Cada robot no debe superar una diámetro de 180 mm. Cada robot debe tener una altura máxima de 150 mm, si el robot incorpora una cámara en la parte superior (como sistema de visión propio) la altura total no debe ser mayor a 225 mm.
 - Cada robot será identificado con un marcador de 50 mm de diámetro que será ubica en la parte superior de cada uno.
 - Cada robot cuenta con un sistema de comunicación inalámbrico a una red o computador fuera del campo de juego.

IV. COMPONENTES DE LA PLATAFORMA

Con base en las descripciones de los juegos presentados, la plataforma debe incorporar elementos mínimos que permitan el desarrollo del juego [9]. Estos elementos son (figura 1):

- *Campo de juego:* Espacio definido para el desarrollo del juego.
- *Sistema de visión:* Cámara de video que permite captura de imágenes y monitoreo del campo de juego para los robots participantes.
- *Estaciones de trabajo:* Computadores que permitan la comunicación con los robots de cada equipo y la ejecución de la lógica.
- *Software de gestión y administración:* ofrece servicios de configuración de los dispositivos (Calibración del sistema de visión), comunicación entre los robots y las estaciones de trabajo, etc.
- *Robots:* Jugadores.

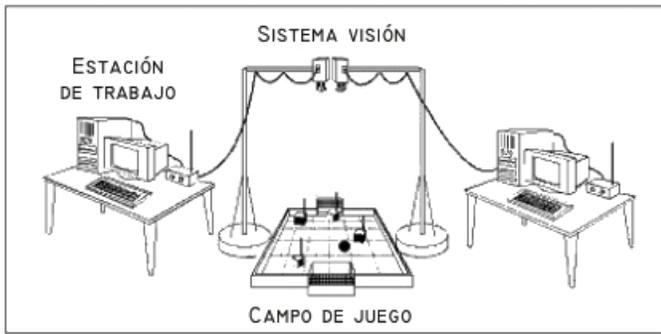


Fig. 1. Componentes plataforma. [15]

V. INFRAESTRUCTURA PROPUESTA

A continuación se definen y describen los componentes de la plataforma propuesta para cada equipo (figura 2).

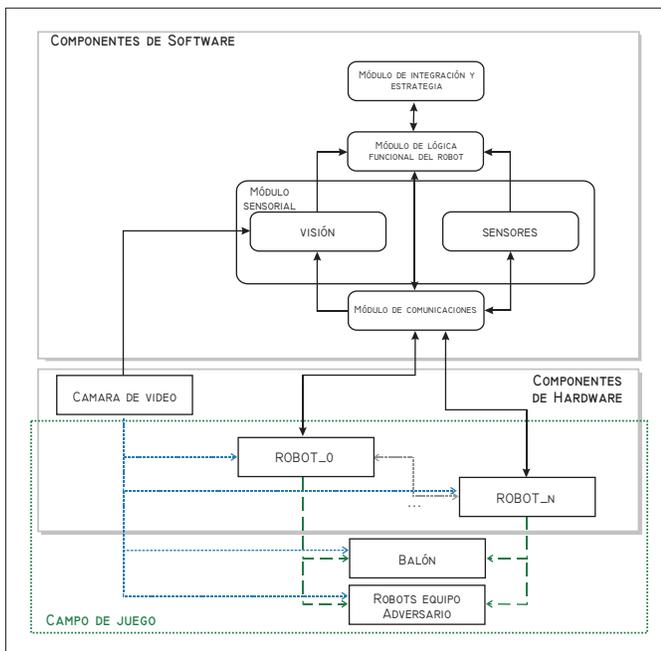


Fig. 2. Componentes de hardware y software de la plataforma propuesta

V-A. Arquitectura de Hardware

- **Cámara de video:** Permite la adquisición de imágenes 2D del campo de juego.
- **Estación de procesamiento robot(s):** Encargada del acopio de datos para su procesamiento. El resultado es utilizado para determinar las acciones a seguir por el(los) robot(s), por ejemplo la ejecución de una trayectoria o la ejecución de una estrategia.
- **Robot(s):** Jugador(es).

V-A.1. *Especificaciones técnicas:* Los dispositivos que definen la arquitectura son:

1. Cámara de video de resolución 768 x 494 pixels y lente de zoom 3.5 8mm.

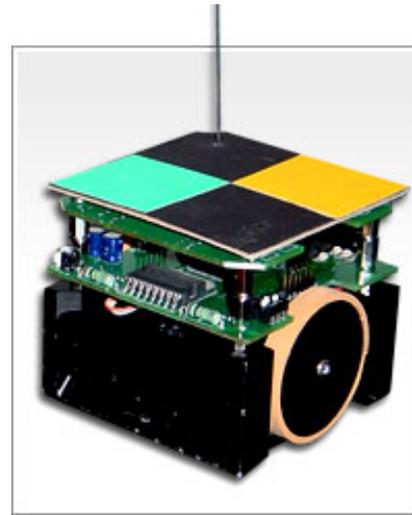


Fig. 3. Modelo del Robot [15]

2. Interface PCI Matrox meteor II, 32-bit/33 MHz bus interno y LUT configurable para 256 x 8-bit o dos (2) 4K x 12-bit.
3. Computador pentium IV, 2.8 MHz, 2 GB RAM.
4. Interface MAX220, puerto serial emisor/receptor de radio frecuencia.
5. Robots modelo YSR-A, de la marca IZI robotics (figura 3, [15]):
 - Sistema de locomoción: Diferencial.
 - Dimensiones: 75 mm (Largo) x 75 mm (Ancho) x 75 mm (Alto)
 - Peso: 600 g
 - Procesador INTEL 80C296SA (32 bit)
 - Sistema de radio frecuencia, Rango de frecuencias de comunicación (418- 433 MHz)
 - Plataforma de programación: Visual C++ (Windows 98), IAR296C.

V-B. Arquitectura de Software

- **Módulo de comunicaciones:** Responsable del envío de instrucciones, recepción de datos visuales y sensoriales entre la estación de trabajo y el(los) robot(s).
- **Módulo sensorial:** Compuesto por: 1) Módulo de visión exterior encargado de recibir la imágenes provenientes del sistema de visión propio a cada equipo. 2) Módulo de información sensorial del robot responsable de la captura de los datos provenientes de sus sensores (incluida las imágenes de la cámara de video propia) y asociarlos a variables de la escena de juego, como es el caso de las distancias robot-obstáculos, robot-robot, robot-límites del campo de juego, robot-balón, entre otras.
- **Módulo de lógica funcional del robot:** Con base en el objetivo del juego y la información sensorial determina el conjunto de instrucciones a seguir por el(los) robot(s); por ejemplo, realizar una nueva consulta del estado actual del juego o la ejecución de una trayectoria.
- **Módulo de integración y estrategia:** Se encarga del acopio de datos de los miembros de un mismo equipo

y procesar la información para determinar la ejecución de una estrategia de trabajo colectivo.

El componente de software que ofrece la plataforma es el módulo de comunicaciones. El objetivo es que cada participante desarrolle e integre el módulo sensorial, el módulo de lógica funcional y el módulo de integración y estrategia, dependiendo si el juego es con un (1) robot o cooperativo.

V-B.1. Requerimientos de los módulos: Cada uno de los módulos de software es responsable de satisfacer un conjunto de requerimientos para la ejecución de las tareas que requiera el juego [1].

- Módulo de comunicaciones:
 1. Recibir datos provenientes del robot(s).
 2. Enviar instrucciones de ejecución al robot(s).
- Módulo sensorial:
 1. Leer las imágenes capturadas por la cámara de video del equipo.
 2. Leer los datos provenientes de los dispositivos sensoriales del robot(s).
 3. Identificar los límites del campo de juego.
 4. Determinar la localización (posición y orientación (x, y, θ)) del(los) robot(s) en el marco de referencia.
 5. Localizar otros objetos de interés del juego (por ejemplo en soccer: posición del balón)”
- Módulo de lógica funcional de un robot:
 1. Representar el campo de juego a través de un modelo geométrico utilizando un sistema de referencia común.
 2. Representar el robot en el campo de juego.
 3. Representar otros objetos y robots en el campo de juego.
 4. A partir del rol del robot en el juego, el robot puede definir sus acciones de manera autónoma o acordes a una estrategia de equipo si el robot es cooperativo. Las acciones pueden ser sensoriales o de movimiento.
- Módulo de integración y estrategia:
 1. Integración de la información de cada uno de los robots de un mismo equipo.
 2. Evaluación del estado actual del juego, de acuerdo con los objetivos del mismo.
 3. Desarrollo de una estrategia de equipo.
 4. Asignación de tareas para cada uno de los robots del equipo, de acuerdo a la estrategia.

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este documento se propone una plataforma compuesta por una arquitectura de hardware y de software que permite el desarrollo de juegos con robots móviles. A nivel pedagógico, esta plataforma puede ser usada como herramienta de soporte en la enseñanza de la Ingeniería y en particular en el área de robótica móvil. La plataforma está compuesta por un campo de juego, sistema de visión para cada equipo participante sobre el campo de juego, estaciones de trabajo, software de gestión y administración y los robots móviles. La infraestructura propuesta es de costo sostenible lo cual

permite la exploración tecnológica y la evaluación de futuras configuraciones. Con el apoyo de esta plataforma se quiere impulsar el desarrollo proyectos de docencia y de investigación alrededor problemáticas que puedan converger en aplicaciones reales dentro del contexto académico e industrial nacional.

El trabajo a corto plazo consistirá en la validación de los dispositivos de hardware y su integración. Una vez culminada esta etapa se procederá al desarrollo de los componentes de software básicos para utilización por parte de los usuarios (estudiantes y profesores) de la plataforma.

REFERENCIAS

- [1] J. Archibald and R.W. Beard, *Goal! Robot soccer for undergraduate students*, IEEE Robotics Automation Magazine, Vol. 11, No. 1, pp. 70 - 75, Mar. 2004.
- [2] J. Archibald and R.W. Beard, *Competitive robot soccer: A design experience for undergraduate students*, Frontiers in Education, 2002. FIE 2002. 32nd Annual Volume 2, 2002 Page(s):F3D-14 - F3D-19 vol.2
- [3] T. Braunl, *Research Relevance of Mobile Robot Competitions*, IEEE Robotics Automation Magazine, Vol. 6, No. 3, pp. 32-37, Dec. 1999.
- [4] S. Cass, *Robosoccer* IEEE Spectrum, Vol.38, No. 5 pp. 75-77, May 2001.
- [5] C. Kitts and N. Quinn, *An interdisciplinary field robotics program for undergraduate computer science and engineering education*, Journal on Educational Resources in Computing, Article No.3, Jun. 2004.
- [6] E. Sklar, S. Parsons and P. Stone, *Using RoboCup in university-level computer science education*, Journal on Educational Resources in Computing, Article No.4, Jun. 2004.
- [7] S. Lenser, J. Bruce and M. Veloso, *CMPack: A complete software system for autonomous legged soccer robots*, AGENTS '01: Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents, pp. 204-211, 2001.
- [8] I.M. Verner and D.J. Ahlgren, *Robot contest as a laboratory for experiential engineering education*, Journal on Educational Resources in Computing, Article No.2, Jun. 2004.
- [9] R.J. Webster III, *Object capture with a camera-mobile robot system*, IEEE Robotics Automation Magazine, Vol. 13, No. 1, pp. 85-88, Mar. 2006.
- [10] R.J. Webster III and A.S. Branon, *The Electronic Ball Boy: a reactive visually guided mobile robot for the tennis court*, IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2002. Proceedings. ICRA '02. Vol. 2, pp. 2054-2059, May 2002.
- [11] *Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI)* [En línea]. Disponible: <http://www.aaai.org>
- [12] *CORAL Research Robot Soccer Page* [En línea]. Disponible: <http://www.cs.cmu.edu/robosoccer/main/>
- [13] *Robocup* [En línea]. Disponible: <http://www.robocup.org>
- [14] *Small Size Robot League RoboCup* [En línea]. Disponible: <http://small-size.informatik.uni-bremen.de/>
- [15] *Soccer Robot System, IZI Robotics* [En línea]. Disponible: <http://www.edrobot.com/english/product/ysr33.asp>

William A. Romero R. Ingeniero de Sistemas y Computación, Universidad de los Andes 2006. Actualmente estudiante de maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad de los Andes. Áreas de investigación: Robótica y sistemas de telecolaboración inmersivos. E-mail: wil-rome@uniandes.edu.co, wilrome@acm.org

Fernando De la Rosa Profesor Asociado del departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad de los Andes. Pregrado y Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad de los Andes 1989 y 1991 respectivamente; D.E.A. y Doctorado en Informática del *Institut National Polytechnique de Grenoble* (Francia) 1992 y 1996 respectivamente. Áreas de investigación: robótica y computación gráfica. E-mail: fde@uniandes.edu.co