

# Utilización de Robots AIBO en la enseñanza de la asignatura Inteligencia Artificial

Salvador Moreno-Picot, Miguel Arevalillo-Herráez, Vicente Cavero-Millán

Departamento de Informática

Universitat de València

Avda. Vicente Andrés Estellés s/n

46100. Burjassot. Valencia

{salvador.moreno,miguel.arevalillo,vicente.cavero}@uv.es

## Resumen

La motivación y el grado de implicación del alumnado en el proceso de enseñanza/aprendizaje son dos factores clave para la consecución de objetivos docentes. Para ello, es fundamental que el alumno observe la aplicación práctica de los contenidos impartidos. Bajo esta premisa, hemos adaptado las prácticas de la asignatura “Inteligencia Artificial” para que el alumno pueda poner en práctica de forma directa los conceptos aprendidos. Mediante la utilización de robots AIBO hemos elaborado unos materiales docentes centrados en el aprendizaje activo, consiguiendo una mayor motivación del alumnado y una mejora significativa de su rendimiento académico. Para ello, se han rediseñado tres de las seis prácticas de las que se compone la asignatura, para que el alumno haga uso de los robots. Para evitar los tiempos de aprendizaje del entorno propietario de los robots, ha sido necesario implementar una serie de interfaces para permitir que el alumno pueda interactuar fácilmente con ellos utilizando cualquier lenguaje de programación. En este artículo presentamos el trabajo realizado a este respecto.

## 1. Introducción

Numerosas universidades utilizan entornos de juegos especialmente diseñados para uso docente en la enseñanza de la IA (Inteligencia Artificial), como Robocode [4], Realtime Battle [3], JavaSoccer [1, 6] o CoreWars [5]; o entornos de simulación, como es el caso de Player/Stage/Gazebo [2] que proporciona de forma gratuita y mediante código abierto un amplísimo conjunto de dispositivos, robots y elementos simulados. Algunos de los problemas asociados a la utilización de este tipo de entornos son: a) el tiempo de aprendizaje necesario para entender su funcionamiento; b) que en algunas de estas herramientas

la programación del comportamiento del robot debe ser realizada en un lenguaje de programación específico; y c) la falta de interacción física con el dispositivo.

En este artículo, describimos un enfoque docente basado en la utilización de robots reales. Los AIBOs (Artificial Intelligence roBOts) son robots programables con forma de perro fabricados por la empresa Sony. Estos robots incorporan un procesador, un sistema de visión y motores que permiten el movimiento de las articulaciones. En nuestro caso hemos utilizado los AIBO en la asignatura para enseñar algunas de las técnicas propias del campo, en un intento por atraer el interés del estudiante y mejorar la calidad de su aprendizaje mediante experiencias prácticas más reales. Para ello, hemos implementado una serie de interfaces que permiten al alumno interactuar con ellos y programarlos desde el PC utilizando cualquier lenguaje de programación. Estas interfaces evitan los tiempos de aprendizaje que de otro modo serían necesarios para interactuar con el robot a través de su software propietario.

El resto del artículo se organiza de la siguiente forma. La sección 2 contextualiza la asignatura. La sección 3 describe el montaje realizado por el profesorado para minimizar los tiempos de aprendizaje del entorno y permitir la programación del robot mediante cualquier lenguaje de programación. La sección 4 expone brevemente los contenidos de las tres prácticas que actualmente se realizan utilizando los robots. Finalmente, la sección 5 presenta algunos resultados académicos relevantes y la sección 6 expone las conclusiones del artículo.

## 2. La asignatura

Inteligencia Artificial es una asignatura troncal de 9 créditos (6 teóricos y 3 prácticos) perteneciente al cuarto curso de la titulación de Ingeniería Super-

rior en Informática de la Universidad de Valencia. La asignatura pretende servir de introducción al campo de la IA a un estudiante con un perfil de conocimientos elevado en lenguajes de programación declarativos, funcionales, orientados a objetos e imperativos, pero con un conocimiento previo nulo en IA, y bajo en campos de matemáticas como estadística o técnicas necesarias de programación lineal.

La asignatura se estructura en cuatro partes claramente diferenciadas. La primera parte del temario se centra en la IA simbólica. La segunda parte del temario estudia la IA conexionista. La tercera parte se concentra en arquitecturas de agentes inteligentes. Por último, la cuarta parte se enfoca hacia las aplicaciones (sistemas expertos, reconocimiento del lenguaje natural, reconocimiento del habla, visión artificial y planificación).

Para ilustrar los algoritmos presentados, se imparten una serie de seis laboratorios presenciales donde se practican algunos de los conceptos teóricos aprendidos durante las sesiones teóricas. Cada uno de estos laboratorios tiene una duración de cinco horas y se dividen en dos sesiones prácticas de dos horas y media cada una, donde los alumnos realizan las actividades encomendadas en parejas, para fomentar la discusión e impulsar el aprendizaje cooperativo. El número máximo de alumnos por sesión es de 24 (12 parejas).

### 3. Montaje experimental

Para conseguir la motivación intrínseca del alumno, hemos planteado unas prácticas basadas en problemas reales, que consigan mostrar la ventaja de las técnicas de IA de una forma que quede convencido de su utilidad práctica, y que a la vez no le supongan un incremento significativo del esfuerzo de aprendizaje. En particular, se han rediseñado tres de las seis prácticas de la asignatura, utilizando los AIBO. Durante las sesiones correspondientes a estas prácticas, cada pareja de alumnos tiene asignado un puesto de trabajo compuesto de un PC y de un AIBO. Esto implica que el alumno dedica un total de 15 horas a interactuar con el robot.

El problema principal que presenta este enfoque en los laboratorios es la complejidad de programarlos utilizando las herramientas proporcionadas por el fabricante. El robot se programa sobre un sistema operativo de tiempo real llamado APERIOS, en C++

y utilizando OPEN-R, un SDK gratuito que puede descargarse de la Web de Sony. La estructura de los programas es orientada a objetos, con un mecanismo de paso de mensajes entre procesos dependiente de APERIOS bastante complejo para el no iniciado.

Para superar esta limitación hemos implementado las interfaces necesarias para que el alumno pueda interactuar fácilmente con el robot utilizando cualquier lenguaje de programación. Para ello, utilizamos un PC por cada AIBO y las aplicaciones AIBO MIND 2 y AIBO Entertainment Player, ambas suministradas por Sony. El primero de estos programas se instala en el robot, y el segundo en el PC asociado a él.

El AIBO Entertainment Player consta de un cliente gráfico y un servidor (llamado VAIBO Server) que es capaz de comunicarse vía wireless con el AIBO MIND 2, utilizando un protocolo propietario. Además, VAIBO Server proporciona un servicio Windows con el que puede interactuarse a través de mensajería Windows y que permite leer los sensores del AIBO, recibir eventos o enviarle órdenes. El cliente gráfico es capaz de comunicarse con este servicio, y de realizar las peticiones necesarias para mostrar gráficamente al usuario lo que indican los sensores del AIBO (imagen, sonido, posición, batería, etc...), permitiendo además la interacción con el AIBO a través del ratón y el teclado.

Para permitir la comunicación entre el AIBO MIND 2 y el VAIBO Server se ha instalado una red inalámbrica en el laboratorio, utilizada exclusivamente en las prácticas de la asignatura. Mediante esta configuración se consigue un control remoto del AIBO a través el PC, que muestra por pantalla lo que el AIBO está viendo, emite por sus altavoces lo que está oyendo, visualiza todos los datos de sus sensores, y permite ejecutar órdenes mediante el teclado (ej. andar, retroceder, sentarse, tumbarse, levantarse, girar la cabeza).

La idea común a todas las prácticas es que el alumno desarrolle los programas necesarios (en el lenguaje más adecuado en cada caso) para hacer el papel de cerebro del AIBO. Estos programas utilizarán como entrada los sensores del AIBO y producirán sonidos o movimientos sobre las articulaciones del robot como salida.

Para evitar los tiempos de aprendizaje que de otro modo serían necesarios para utilizar la mensajería Windows que utiliza el AIBO Entertainment Pla-

yer para comunicarse con el AIBO MIND 2, hemos desarrollado una interfaz de comunicación en C++ que facilita las operaciones básicas necesarias. Este programa se encarga de abrir un socket TCP/IP para la escucha de comandos, al mismo tiempo que actúa como cliente del VAIBO server, haciendo de puente entre el socket TCP/IP y la mensajería Windows. De esta forma los programas desarrollados por el alumno únicamente necesitan conectarse a un socket, y nuestra aplicación se encarga de la comunicación con el servidor del AIBO a través de la mensajería Windows. Una vez el socket está establecido nuestra interfaz de comunicación reemplaza el servicio ofrecido por el VAIBO Server, permitiendo la recepción de eventos de sucesos que han ocurrido en el AIBO, o el envío de acciones u órdenes de lectura de sensores. Esta arquitectura permite el uso de cualquier lenguaje de programación que permita la comunicación a través de sockets.

## 4. Prácticas

En esta sección explicamos los contenidos de las tres prácticas que actualmente se están realizando en la asignatura utilizando el montaje expuesto en la sección anterior.

### 4.1. Práctica 1. Reglas de producción

En esta práctica se plantean dos actividades. En la primera de ellas, se pide implementar el motor de inferencia de un esquema de representación del conocimiento basado en reglas de producción con encañamiento hacia adelante y con heurística de disparo de reglas prefijada a disparar la primera regla encontrada de las posibles. El motor de inferencia debe implementarse en Prolog, y se proporciona una base de conocimiento para probarlo. La segunda actividad consiste en construir una base de conocimiento que, junto con el motor desarrollado en la primera actividad, sea capaz de hacer que un robot AIBO se mueva por el laboratorio sin tropezar con las paredes hasta llegar a salir del laboratorio, y que cuando haya conseguido salir se ponga a bailar (una acción primitiva compleja del AIBO MIND 2).

La primera actividad se realiza utilizando únicamente un intérprete Prolog. Para la segunda se proporciona un programa en Prolog que es capaz de establecer la comunicación entre la interfaz de co-

municación descrita en la sección 3 y la consola de Prolog (implementado por el equipo docente de la asignatura). Este programa facilita la realización de preguntas, la obtención de respuestas y el envío de las órdenes de movimiento correspondientes desde la consola, en función de las conclusiones a las que llegue el proceso de razonamiento.

### 4.2. Práctica 2. Lógica Borrosa

Esta práctica consiste en la implementación de un controlador utilizando lógica borrosa para conseguir que el AIBO se mueva sin tropezar con las paredes por el laboratorio. Se piden tres versiones del controlador: la primera que consiga que el robot siga las paredes del laboratorio; la segunda que haga que el AIBO se mueva en línea recta reflejándose contra las paredes; y la tercera que consiga que el AIBO persiga a un obstáculo (que será otro AIBO moviéndose utilizando alguna de las dos estrategias anteriores).

Para la realización de esta práctica se proporciona un programa en Prolog que realiza las funciones de motor del controlador borroso, y que necesita de la definición del controlador borroso para funcionar. Se provee igualmente la definición de un controlador que realiza una tarea muy simple, para aclarar la sintaxis que se debe utilizar.

### 4.3. Práctica 3. Redes Neuronales

Esta práctica consiste en implementar y entrenar una red neuronal de tipo ADALINE (ADaptive LInear NEuron) [7] para conseguir detectar dígitos del 0 al 9 mediante una cámara. Una vez entrenada, se utilizará en el AIBO para que éste pronuncie los nombres de los dígitos que su cámara vaya encontrando mientras se mueve. La práctica se desarrolla en dos fases: la primera de implementación y entrenamiento, y la segunda de reconocimiento. En la primera fase el alumno debe construir un programa para realizar el aprendizaje de los pesos a partir de patrones de entrenamiento. En la segunda, el estudiante debe programar la parte de reconocimiento de la red ADALINE utilizando la matriz de pesos aprendida en la fase anterior. Para facilitar la tarea se proporciona un programa que se comunica con el AIBO, capta la imagen de la cámara, la adapta a la resolución de la red ADALINE, e invoca al programa del alumno. Si el programa del alumno activa alguna

de sus salidas, genera una orden que provoca que el AIBO reproduzca un archivo de sonido en formato WAV que depende de la salida activada, produciendo el efecto de la pronunciación del dígito.

## 5. Resultados

En general, hemos observado que la utilización de los robots proporciona un atractivo a los alumnos que les incita a realizar la práctica con una mayor motivación que la que tenían cuando la misma práctica se realizaba de forma tradicional. Este hecho redundaba en una mayor comprensión de la técnica ilustrada, como queda evidenciado en los exámenes de laboratorio, y en un mayor interés del alumno por la asignatura.

Esto se refleja tanto en los resultados académicos obtenidos como en las tasas de abandono. Si comparamos las calificaciones de los alumnos en las prácticas que utilizan los AIBOs y en aquellas que no hacen uso de ellos, se observan diferencias significativas. A modo de ejemplo, en el año de introducción de la práctica de ADALINE, ésta registró una calificación media de 6.81, frente a un 5.55 de nota media en el cuatrimestre. Al año siguiente, la práctica de las reglas de producción consiguió una nota media de 8.00, frente a un 7.13 de su cuatrimestre; y la práctica de lógica borrosa un 7.58, frente a un 7.08 de su cuatrimestre. Asimismo debe hacerse notar el efecto sobre la motivación global del estudiante, haciendo que los estudiantes obtuvieran mejores calificaciones en promedio que en el año anterior.

Con respecto a las tasas de abandono, éstas se han medido como la proporción de alumnos que hicieron entrega de la primera práctica pero no hicieron entrega de la última, para eliminar el efecto de alumnos matriculados que realmente no llegaron a cursar la materia. Los datos obtenidos reflejan una disminución desde un 34,5 % a un 10,1 %, evidenciando el efecto positivo de la introducción de los robots en las prácticas de la asignatura.

## 6. Conclusión

En este artículo hemos presentado el uso de robots Sony AIBO en el contexto de las prácticas de la asignatura

de Inteligencia Artificial, de cuarto curso de la titulación de Ingeniería Informática. Mediante un elaborado montaje y un cuidadoso diseño de los enunciados hemos conseguido disminuir los tiempos de aprendizaje del entorno, a la vez que permitimos al estudiante trabajar con problemas reales en un entorno altamente motivador. La experiencia nos demuestra que la introducción de esta tecnología en las prácticas ha contribuido a incrementar la motivación intrínseca de los estudiantes hacia la asignatura, resultando en una mejora significativa de los resultados académicos.

## Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida desde el departamento de Informática y la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universitat de València; desde su Vicerrectorado de Convergencia Europea y Calidad, a través del proyecto DocenTIC con código 08/DT/4; y desde el Ministerio de Educación y Ciencia y FEDER, mediante el proyecto Consolider Ingenio 2010 CSD2007-00018.

## Referencias

- [1] Balch, T. R., *Java soccer*, in *RoboCup-97: Robot Soccer World Cup I*. London, UK: Springer-Verlag, pp. 181–187, 1998
- [2] <http://playerstage.sourceforge.net/>.
- [3] <http://realtimebattle.sourceforge.net/>.
- [4] <http://robocode.sourceforge.net/>.
- [5] <http://www.corewars.org/>.
- [6] López, B., Montaner, M. and de la Rosa, J. L., *Utilización de un simulador de fútbol para enseñar inteligencia artificial a ingenieros*. VII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática. Palma de Mallorca: AENUI, 2001.
- [7] B. Widrow and M. Hoff, *Adaptive switching circuits*. WESCON Convention Record vol. 4, pp. 96–104, 1960.