

# CARTHAGO y PALOMA2: Robots Inteligentes interactuando en el mundo real

Juan Luis Pedreño Molina, José Luis Muñoz Lozano; Juan López Coronado  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Cartagena  
Campus Muralla de Mar. Edificio Cuartel de Antigones  
30202 Cartagena  
Teléfono: 968325391  
E-mail: {Juan.PMolina; Joselu.mlozano; JL.coronado}@upct.es

## 1. Introducción

Una de las líneas emergentes en el campo de la robótica es la emulación de los modelos biológicos de comportamiento en los sistemas artificiales. El desarrollo de estas nuevas técnicas se plantea desde dos puntos de vista. La implementación de modelos de inteligencia artificial en *sistemas robóticos antropomorfos*, que tienden a imitar los dispositivos sensoriales, motores y de articulación de la estructura física del sistema humano constituye el primero de estos planteamientos. Por otro lado, lo que se denomina *agentes autónomos*, es decir, sistemas situados dentro y como parte de un entorno, que siente y actúa en él en el tiempo, siendo capaz de apreciar los resultados obtenidos y de volver a actuar, tomándolos en consideración. Son robots con inteligencia y capacidad de interactuar con el mundo real y entre ellos.

La diferencia entre los robots antropomorfos y los agentes autónomos está bastante definida. En los primeros, el objetivo fundamental es conseguir el mayor grado de emulación de los sistemas biológicos en cuanto a comportamiento, sistemas de percepción a modo de dispositivos oculares, táctiles, de vibración, deslizamiento, esfuerzo en la realización de tareas, etc. Como ejemplo los robots bípedos o humanoides. Por el contrario, los agentes autónomos, son dispositivos en los que el diseño antropomorfo no aporta un valor añadido importante. Su objetivo principal es el de conseguir una capacidad de aprendizaje, de comportamiento a nivel tanto individual como de grupo e incluso de evolución y supervivencia a partir de modelos genéticos. En este caso, el esfuerzo fundamental no es el desarrollo hardware sino la capacidad para realizar un elevado número de tareas a partir de su aprendizaje, bien sea por refuerzo o bien por imitación.

Una simplificación o restricción de los agentes autónomos son los denominados *real-world artefacts*. Se trata de robots autónomos e inteligentes que actúan en un entorno real bajo circunstancias de incertidumbre, pero que, a diferencia de aquéllos, carecen de una capa de control para comportamiento en grupo con otros robots. Los robots así configurados, están dotados de dispositivos que los hacen muy útiles dentro de numerosos entornos, en

donde la interacción entre robots no se plantea como una necesidad. Basados en estos dos conceptos de robots antropomorfos y *real-world artefacts*, junto con los modelos de control neurobiológicos desarrollados y aplicados a robots antropomorfos para operaciones tales como alcance, agarre y manipulación, este trabajo presenta las plataformas CARTHAGO Y PALOMA2. Se trata de sistemas robóticos, dotados de arquitecturas de control, configuradas de forma que sirvan de plataforma para la implementación de los modelos neuronales de control y aprendizaje. Sus estructuras están enfocadas a la interacción de forma autónoma con el entorno y al aprendizaje de tareas en ámbitos como el industrial y el doméstico.

## 2. Robot CARTHAGO

Para la construcción del robot móvil CARTHAGO, figura 1, se han tenido en cuenta los requisitos funcionales, incorporando un conjunto de sensores externos (visuales, táctiles, ultrasónicos y de contacto) y un sistema de comunicación que permite la transmisión bidireccional de comandos de movimiento y estímulos percibidos, mediante tecnologías basadas en TCP/IP para la configuración de redes LAN inalámbricas y/o a través de Internet.



Figura 1. Robot CARTHAGO

La plataforma móvil es capaz de alcanzar una velocidad de 2m/sg. El cabezal estereoscópico es el dispositivo robot LINCE de diseño y fabricación propia del grupo I+D NEUROCOR (UPCT), con 5 grados de libertad para los movimientos de vergencia, elevación y cuello, soportando un sistema de visión estereoscópico, con un diseño antropomorfo en cuanto a movimientos y percepción binocular.

Para las operaciones de alcance y agarre, se ha previsto un dispositivo que permita cumplir una amplia gama de especificaciones funcionales, evitando las limitaciones de los robots móviles comerciales cuyo diseño está enfocado, fundamentalmente, a aplicaciones de navegación, utilizando para ello el robot comercial *Scorbot-ER 2u.* (de *Eshed Robotec*) de 5 grados de libertad. Permite un control en lazo cerrado con lectura de posiciones mediante encoders ópticos de alta resolución, e incorpora una garra a modo de pinza con un grado de libertad para apertura y/o cierre y una longitud de apertura de 5,5cm. Para el control del agarre se emplean 2 celdas de carga convencionales.

El sistema de comunicación está basado en una conexión inalámbrica por medio de un Hub con puertos Ethernet desde el computador que actúa como neurocontrolador del sistema y los procesadores de control de movimiento de los elementos que componen el robot CARTHAGO que acceden a la LAN inalámbrica mediante tarjetas PCI.

Las tareas del robot CARTHAGO se ejecutan desde el neurocontrolador diseñado, que supervisa las transiciones entre los diferentes estados por los que pasan todos los dispositivos y los sistemas de percepción visual, táctil, proximidad y contacto. Las posibles tareas son: Navegación guiada (local o remota), determinación de la posición y orientación 3D de objetos, operaciones de *pick-and-place* y ensamblajes, agarre de objetos diferentes, clasificación y reconocimiento de objetos mediante visión y/o tacto, fijación, seguimiento y persecución de objetivos, transmisión de imágenes vía Internet, posibilidad de accionamiento mediante voz para asistencia a personas discapacitadas, etc.

### 3. Robot PALOMA2

Esta plataforma tiene diseño y funcionalidad adecuados para el desarrollo de tareas emulando el comportamiento humano. Está formada - figura 2- por un brazo robot ABB-1400 de 6 grados de libertad, un cabezal estereoscópico con 5 grados de libertad y 2 cámaras a color para la detección del objeto y del efector final del brazo robot, y una mano robot antropomorfa de 4 dedos y altamente sensorizada, diseñada y fabricada por el grupo Neurocor. El control de fuerza en el agarre se realiza por medio de pieles sensoriales (FSR), acopladas a cada dedo y a la palma de la mano.

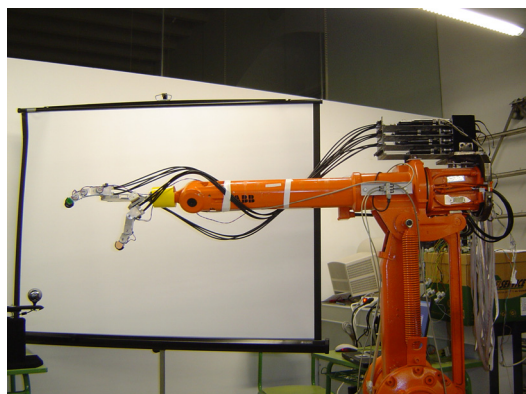


Figura 2. Robot antropomorfo PALOMA2

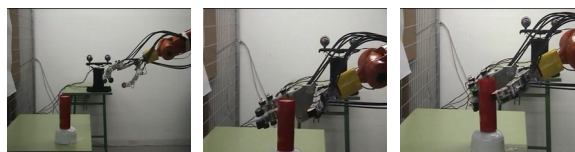


Figura 3. Secuencia de alcance y agarre con el robot antropomorfo PALOMA2

## 4. Especificaciones generales del neurocontrolador

El neurocontrolador está formado por los siguientes procesos internos:

- *Procesamiento de imagen de alto nivel*, que recibe las imágenes comprimidas desde el sistema de adquisición y pre-procesamiento embarcado, calculando parámetros tales como la posición espacial y dimensiones de los objetivos y la orientación de los mismos.
- *Representación espacial interna de objetivos*. Convierte todas las posiciones recibidas de *encoders* y sensores externos, y los transforma en posiciones referidas a un sistema de coordenadas respecto a la base del robot.
- *Cálculo de la activación neuronal*. Permite estimar el valor de los pesos neuronales definidos en los mapas de coordinación sensorimotora. En este proceso residen los aspectos más complejos del neurocontrolador.
- *Supervisión de acciones motoras*, que establece una jerarquía superior de comportamiento, como ocurre en los humanos. Está basada en los sistemas de representación SOM (*Self Organizing Models*) de múltiples variables (estados) en mapas de activación neuronal.
- *Selector de comportamientos*, que pondera la importancia de la información suministrada por cada dispositivo sensorial y está basado en mapas neuronales cuyos pesos se actualizan con el objeto de compensar las diferencias entre las diferentes representaciones.