

# Robot trepador controlado via radio mediante técnicas de visión por computador

Juan Suardíaz Muro, Basil M. Al-Hadithi, Andrés Iborra García  
 División de Sistemas e Ingeniería Electrónica (DSIE)  
 Edificio Antiguo Hospital de Marina. 30202 Cartagena  
 E-mail: [juan.suardiaz@upct.es](mailto:juan.suardiaz@upct.es), [andres.iborra@upct.es](mailto:andres.iborra@upct.es)

**Resumen.** Este artículo describe un sistema de seguimiento de trayectoria, marcada por una línea, a distancia en tiempo real basado en técnicas de visión por computador para un robot escalador. Para ello se emplea un robot que sigue líneas mediante sensores ópticos, previamente desarrollado; la captura de imágenes se realizará con una Webcam, los algoritmos necesarios y la interfaz de control del sistema serán desarrollados con el programa Matlab. Para las comunicaciones robot-PC utilizaremos dos módulos de comunicación vía radio.

## 1 Introducción

A finales del siglo XX, principio de los años 70, surgió en el hombre la posibilidad de crear objetos artificiales que se desarrollaran de modo autónomo, en gran medida gracias a los avances que se produjeron en aquella época en el campo de la microelectrónica. Estas serían las primeras incursiones serias en el denominado campo de la robótica. La robótica se define como el conjunto de conocimientos teóricos y prácticos que permiten concebir, realizar y automatizar sistemas basados en estructuras mecánicas poliarticuladas, dotados de un determinado grado de "inteligencia" y destinados a la producción industrial o a la sustitución del hombre en muy diversas tareas.

Desde esas incursiones de los años 70 hasta ahora el desarrollo en este campo ha experimentado un gran crecimiento, gracias sobre todo a los avances logrados en las últimas décadas. Los primeros avances estuvieron enfocados principalmente a la utilización de robots en plantas industriales, para dotar de mayor flexibilidad a los procesos productivos. La mayoría de los robots utilizados en la industria son los denominados robots manipuladores, que estarían dentro de uno de los campos de estudio en los que se divide la robótica. Estos manipuladores están diseñados para mover piezas, herramientas, o dispositivos especiales, mediante movimientos variados. El caso de robots soldadores en plantas de montaje de automóviles, robots teleoperados en centrales nucleares, etc. Otro de los campos de investigación y por el que más se ha preocupado últimamente el ser humano, es el campo de la robótica móvil. Que responde a la necesidad del ser humano de extender el campo de aplicación de la robótica, restringido inicialmente a una estructura mecánica anclada en sus extremos, el caso de los brazos robóticos. De este modo dentro de éste área de la robótica móvil también se distinguirán entre dos tipos de robots móviles. Los robots móviles teleoperados, es decir con acciones dirigidas a distancia por el ser humano, el caso de los robots

desactivadores de explosivos, robots para la exploración de fondos marinos, etc. El otro tipo de robots móviles son los que actúan de manera autónoma, en los que la toma de decisiones a la hora de llevar a cabo una actuación no es supervisada por humanos, robots bibliotecarios, robots guías de museos, etc. Este último grupo ha sufrido una gran evolución en los últimos años debido en gran parte al uso combinado con la visión artificial. Aplicar sistemas de visión artificial a robots ha permitido, por ejemplo, desarrollar competiciones como la Robocup, una liga de fútbol donde los jugadores son robots. En esta competición el robot, dotado de una cámara de visión, debe identificar la pelota, las zonas del campo de juego, los jugadores propios y ajenos y la portería; y a partir de estos datos tomar decisiones de movimiento. Otro ejemplo es el sistema VaMoRs desarrollado en Munich, que conduce una furgoneta a 96 km/h en autopista recorriendo varios kilómetros de manera totalmente autónoma.

Este artículo describe un sistema de seguimiento de trayectoria, marcada por una línea, a distancia en tiempo real basado en técnicas de visión por computador para un robot escalador, para lo que se ha desarrollado una estructura como la esquematizada en la figura 1.

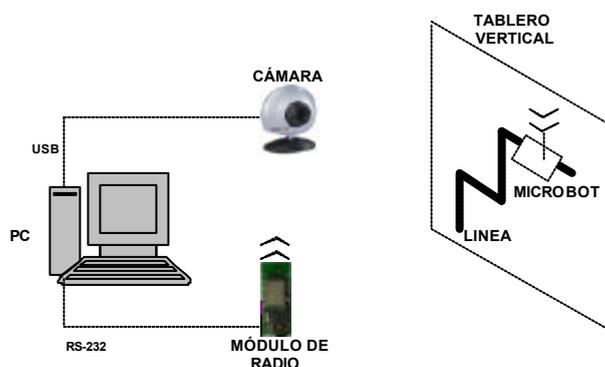


Fig. 1. Estructura del sistema desarrollado

## 2 Descripción del diseño

Nuestro diseño se basará en la ejecución simultánea de dos esquemas, uno perceptivo y otro motriz. El perceptivo es el encargado de procesar y analizar las imágenes obtenidas por la webcam, con la finalidad de distinguir en ellas al microbot y establecer un punto de destino. Recibe como entrada la imagen capturada por la webcam y da como resultado la posición del microbot, el punto de destino y el ángulo relativo del punto de destino respecto del microbot. El esquema motriz recibe como entrada los datos de salida del esquema perceptivo, es decir, la posición del microbot, el punto de destino y el ángulo que forman ambos. A partir de estos datos mueve los motores con el fin de que el microbot siga la trayectoria indicada por la línea.

Para hacer estos esquemas se hace uso de dos programas, uno escrito en Matlab, "Robovis.m", y otro escrito en ensamblador, "Microbot.asm" (figura 2). "Robovis.m" se ejecuta en el PC y "Microbot.asm" en el microbot. El PC es el encargado de hacer todos los procesamientos. En "Robovis.m" se capturan las imágenes se procesan y se analizan para identificar la posición del microbot y la del punto de destino. Con estas posiciones calcula el ángulo y la distancia relativa que forman entre ellos. Con estos datos se realiza una toma de decisiones de movimiento adecuado, las cuáles se materializan en un mensaje que será enviado por medio de la comunicación por radio al microbot. De este modo, en "Robovis.m" se han implementado dos esquemas, el perceptivo, y parte del esquema motriz.

El programa "Microbot.asm" que se ejecuta en el microbot, recibe el mensaje enviado y tras analizarlo mueve los motores de acuerdo a los datos recibidos para que se cumpla el funcionamiento.

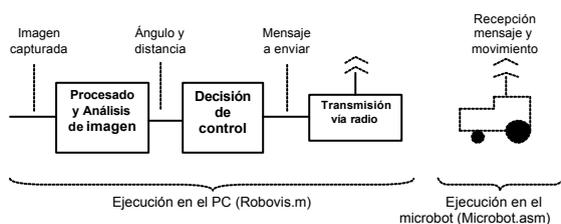


Fig. 2. Ejecución de las distintas fases

- *Esquema perceptivo*

El esquema perceptivo está implementado en el programa "Robovis.m" que se ejecuta en el PC. Es el encargado de capturar las imágenes con la Webcam, procesarlas y analizarlas para determinar la posición del microbot y del punto de destino.

Para analizar las imágenes se han utilizado 4 fases, tal y como se esquematiza en la Figura 3.

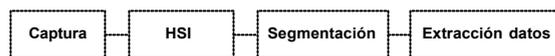


Fig. 3. Fases del análisis de imagen

Una primera fase que consiste en la captura o adquisición de las imágenes digitales. Para ello se ha utilizado una webcam conectado al puerto USB del ordenador y la toolbox IMAQ de Matlab. En la segunda fase se pasa un filtro de color a la imagen, en el espacio HSI, para realzar las zonas donde se encuentra el microbot. Para poder establecer la zona donde se encuentra el microbot se le han colocado dos de etiquetas de colores llamativos: una etiqueta verde y otra roja. Se han utilizado dos etiquetas para que, además de saber la posición del microbot en el circuito, se sepa también su orientación, es decir, hacia donde mira. En la tercera fase, se realiza una segmentación, que aísla los elementos que interesan de la imagen agrupando los píxeles de un determinado color. De esta forma, es posible localizar la posición del robot en cada instante, tal y como se observa en la figura 4.

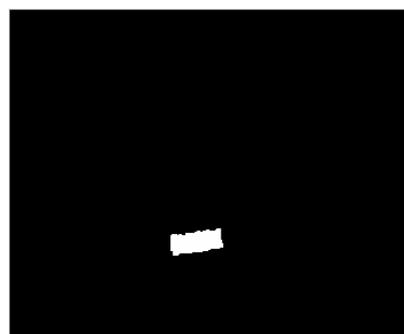
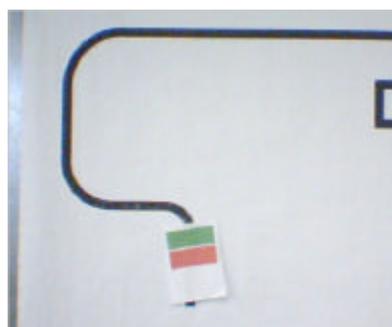


Fig. 4. (a) imagen capturada; (b) imagen segmentada binaria indicando la posición del robot.

Una vez que se tienen las coordenadas de la posición del centro del microbot en el escenario se halla un punto de destino. Este punto de destino sirve para saber qué movimiento debe hacer el microbot en cada momento y a qué velocidad hacerlo.

A partir de las coordenadas del centro del microbot se selecciona de la imagen patrón la zona de interés, donde se encuentra el microbot, obteniendo una imagen en la que se verá el tramo de línea que hay en la zona donde está el microbot. En la Figura 5 se observa este proceso.

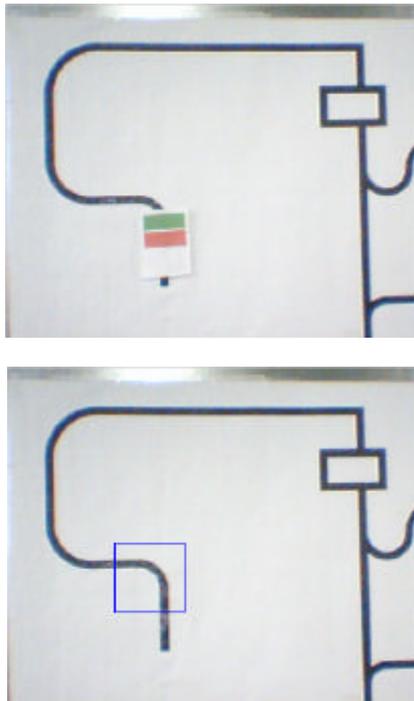


Fig. 5. Selección de la zona de interés del patrón

Una vez obtenida la imagen de la zona de interés, lo que se hace es analizar la imagen y dentro de ella determinar los puntos de origen y de destino de la trayectoria (figura 6). Además de obtener la posición del microbot y el punto de destino, interesa también hallar el ángulo y la distancia entre ellos, porque estos datos servirán, dentro del esquema motriz, para saber hacia donde ha de girar o avanzar el microbot,

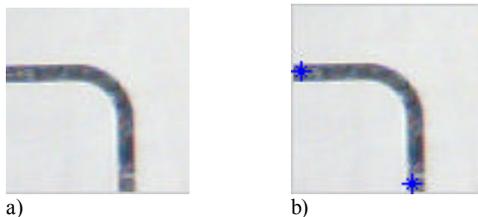


Fig. 6. (a) zona de interés tomada del patrón; (b) localización del origen y destino de la trayectoria

- *Esquema motriz*

Este esquema toma como datos de partida, el ángulo y la distancia entre el microbot y el punto de destino. Con estos datos se deberá de tomar una decisión de control adecuada, para que el microbot pueda seguir la trayectoria marcada por la línea. Para realizar esto, este esquema se divide en dos partes. La primera es la parte de decisiones de control, en la que se toma la decisión de que movimiento debe hacer el microbot y a que velocidad debe hacerlo. A partir de esta decisión se selecciona el mensaje que se debe enviar al microbot, de acuerdo con el protocolo establecido y lo enviamos vía radio desde el PC al microbot. En la segunda parte se produce la recepción del mensaje por parte del microbot y la materialización de sus órdenes en él.

### 3 Conclusiones

El trabajo desarrollado consigue que el microbot siga una trayectoria indicada por una línea en tiempo real. Para ello se ha hecho uso de una cámara Webcam, de un PC para el procesado y análisis de la imagen, de un microbot y de un módulo de radio para comunicar el PC con el microbot.. La utilización de una cámara Webcam, junto con el uso del Image Acquisition Toolbox de Matlab nos ha permitido la supresión de un elemento clásico en los sistemas de inspección automatizada, como es la tarjeta de adquisición de imágenes. Esto ha permitido reducir el coste del sistema notablemente, ya que sólo se ha tenido que elegir una Webcam de entre la amplia gama que hay en el mercado en la actualidad, que supone un coste asociado de no más de 90 euros.

Además Se han desarrollado algoritmos de procesamiento de imágenes dedicados a las tareas de seguimiento de la línea, los cuales se han probado individualmente con éxito en el escenario real. Para el desarrollo de estos algoritmos se ha tenido en cuenta el tiempo de ejecución de los mismos, por ello se han estructurado de forma que empleen el menor número de operaciones posibles. La figura 7 muestra el robot y la tarjeta controladora desarrollada.

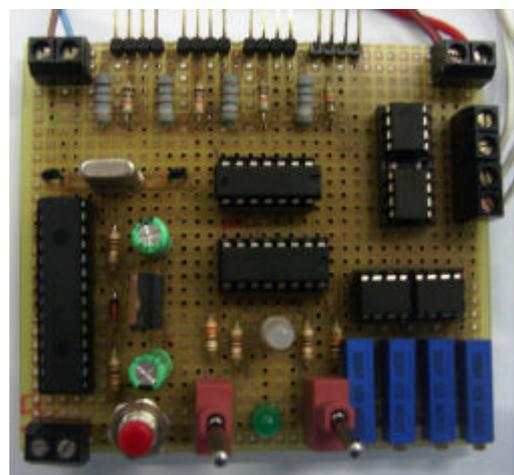
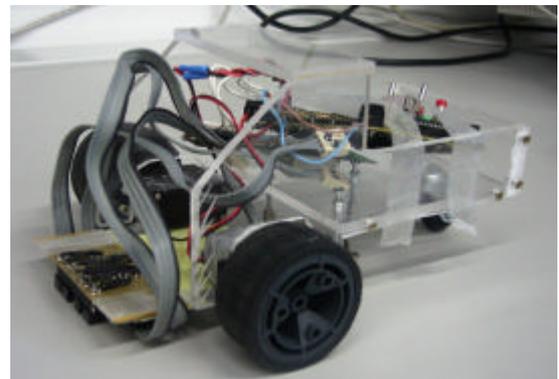


Fig. 7. Robot y tarjeta de control desarrollados