



Escuela Politécnica Superior de Elche

CONTROL DE ROBOTS Y SISTEMAS SENSORIALES

PRÁCTICAS DE CONTROL VISUAL DE ROBOTS **Taller 4. Control Visual**

Prof. Luis Miguel Jiménez

Departamento de Ingeniería
Área de Ingeniería de Sistemas y Automática

ISA-UMH ©

1 OBJETIVO

El objetivo de este documento es plantear los fundamentos del control visual sobre el robot EyeBot. Se recomienda consultar los talleres 1, 2 y 3, así como el servidor web (<http://lorca.umh.es/isa/es/temas/eyebot>) donde se encuentra documentación adicional.

Se describirán los conceptos básicos del control visual y se plantearán los objetivos de los diferentes proyectos a realizar.

2 MATERIAL EMPLEADO

La práctica se realizará en grupos de tres personas, disponiendo de un PC con S.O. Windows 95/98/2000/XP, el entorno de desarrollo Robios 6.0, y un Robot SoccerBot. La documentación y el software se puede encontrar en el servidor <http://lorca.umh.es/isa/es/temas/eyebot>

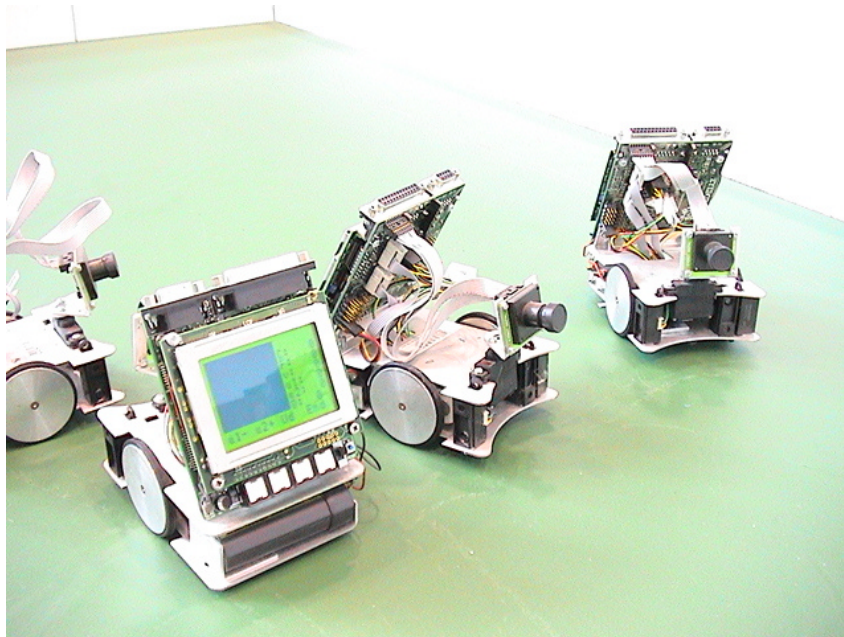


Figura 1. Robots SoccerBot disponibles en el departamento

3 FUNDAMENTOS DEL CONTROL VISUAL

La figura 2 muestra un esquema general de un control visual de un robot (un robot articulado con una cámara en el extremo). La imagen tomada de la cámara es procesada para obtener una descripción de la salida del sistema (por ejemplo la posición de un objeto respecto al extremo del robot). Esta medida es realimentada calculando la diferencia respecto a un valor de referencia obteniendo, mediante un regulador, la acción de control sobre cada uno de los actuadores.

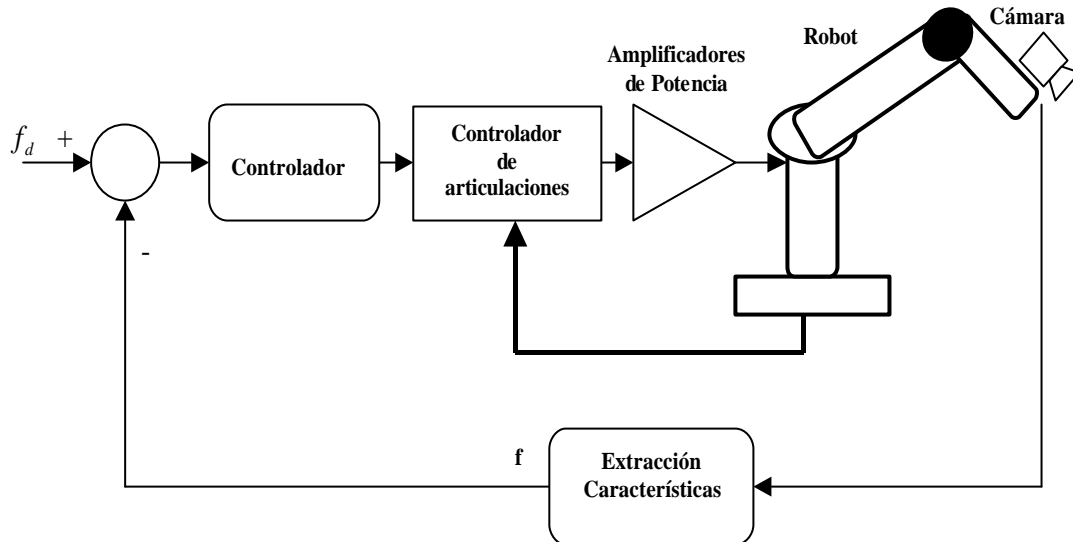


Figura 2. Esquema general de Control Visual

Se trata del mecanismo clásico de control donde el único detalle importante está en el retardo que impone el procesamiento de imágenes y que (tal como se estudia en teoría de control) puede afectar de forma importante a la estabilidad del sistema.

Debido al problema anterior generalmente existe un bucle de realimentación interno (*controlador de articulaciones*) que, utilizando los sensores internos (encoders,..), mantiene un comportamiento estable en los actuadores, generando de esta forma una acción de control con una frecuencia más elevada que la proporcionado por el control visual.

En el caso de un servomotor este bucle interno correspondería al controlador de posición que incorpora internamente. En el caso de los motores DC correspondería al controlador V-Omega comentado en la práctica anterior.

Sobre este esquema sencillo se pueden plantear diseños más complejos que permitan fijar de forma más precisa el comportamiento del robot, al tratarse de un sistema multivariable. (p.e. control en espacio de estado).

En nuestro caso el robot dispone de dos motores con dos ruedas en una disposición de tracción (*driver*) diferencial. El robot se desplaza por un plano, por lo que tenemos tres grados de libertad: posición (x,y) y orientación (ϕ). La cámara nos va a permitir extraer información bidimensional de los objetos de la escena, la pérdida de información de profundidad nos va a provocar que no siempre podamos generar un vector óptimo de control para los accionamientos del robot.

Para resolver el problema de la pérdida de información de profundidad impondremos ligaduras al movimiento de los objetos y del robot, reduciendo inicialmente los grados de libertad del problema.

4 PROYECTOS DE CONTROL VISUAL

4.1 Obtención de las características de la imagen.

La pieza a localizar se segmentará en base a la información colorimétrica. Para ello se propone transformar las imágenes RGB a HSI (las funciones se pueden extraer de la librería *LibVision*). Utilizando la información de tono y/o de saturación se debe desarrollar un algoritmo de segmentación robusto (se recomienda el uso de títtere para el ajuste de los parámetros)

Sobre la imagen segmentada se localizará el objeto mediante su centro de gravedad, proporcionando los datos de posición bidimensional en el plano de imagen para el controlador.

Mejoras:

- 1) Uso de codificaciones de color alternativas: Lab,...
- 2) Uso de umbrales automáticos
- 3) Representación gráfica el centro de gravedad en pantalla (color inverso)

Para realizar una estimación de la distancia entre el objeto y el robot (ya que no disponemos de vistas múltiples) utilizaremos el tamaño proyectado sobre la imagen (para un objeto de tamaño conocido podremos calibrar su distancia al robot). Para ello se desarrollará un algoritmo para el cálculo de:

- Envolverte del objeto
- Momentos de inercia para determinar el tamaño del objeto

4.2 Caso práctico 1: control de orientación de la cámara con un grado de libertad

Ligaduras:

1. El objeto se desplaza linealmente en un plano perpendicular al plano del suelo. El movimiento del objeto tiene por tanto un único grado de libertad.
2. La cámara realiza un giro puro entorno a al eje del servomotor. Tenemos un único grado de libertad que es el giro del servomotor (figura 3)

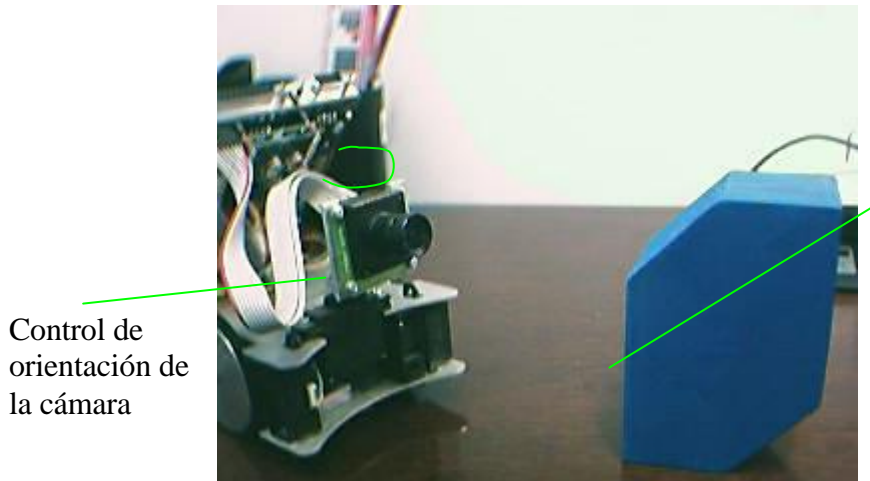


Figura 3. Control de giro de la cámara para seguimiento de un objeto

El uso del servomotor de la cámara permite utilizar reguladores con dinámica muy sencilla debido a la pequeña inercia del conjunto motor-cámara.

Se sugiere implementar un regulador proporcional generando incrementos sobre la posición actual, de forma que el cdg. del objeto se mantenga en el centro de la imagen (*el robot sigue al objeto*).

Dado que el servomotor precisa un valor absoluto de posición angular deberemos implementar un algoritmo que tenga en cuenta la posición actual para generar la salida de control en función de los incrementos proporcionados por el regulador.

4.3 Caso práctico 2: control de orientación del robot con un grado de libertad

Ligaduras:

1. El objeto se desplaza linealmente en un plano perpendicular al plano del suelo. El movimiento del objeto tiene por tanto un único grado de libertad.
2. El robot realiza un giro puro entorno al centro del *driver* diferencial (punto medio de las dos ruedas). Tenemos un único grado de libertad que es el giro del robot, que se obtiene mediante un giro de los dos motores a igual velocidad en sentido contrario (figura 4)

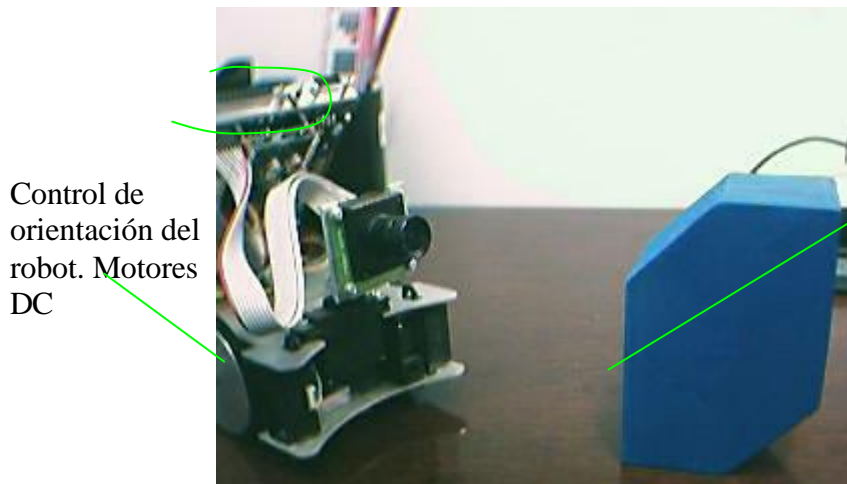


Figura 4. Control de giro del robot para seguimiento de un objeto

En este caso debemos accionar los motores de continua que están sometidos a una inercia elevada debido al peso del propio robot. Para conseguir un comportamiento estable necesitaremos cerrar un bucle de control interno en cada motor que nos asegure un comportamiento dinámico adecuado utilizando los sensores internos (encoders). Para ello utilizaremos el controlador V-Omega visto en la práctica anterior, que nos permite establecer trayectorias lineales, giros y curvas a la velocidad especificada.

El regulador del control visual en este caso debe incorporar una dinámica más elaborada debido a la elevada inercia del sistema. Se sugiere comenzar usando reguladores proporcionales no lineales. Como mejora se propone incorporar un regulador PD utilizando la posibilidad de ajuste de la velocidad en el controlador V-Omega.

Como en el caso anterior el controlador debe mantener el cdg. del objeto en el centro de la imagen (*el robot sigue al objeto*)

4.4 Caso práctico 3: control de orientación del robot con dos grados de libertad

Ligaduras:

1. El objeto se desplaza bidimensionalmente en el plano del suelo. El movimiento del objeto tiene dos grados de libertad (no tenemos en cuenta la orientación)
2. El robot realiza un arco (traslación+rotación) entorno al centro del *driver* diferencial (punto medio de las dos ruedas). Tenemos dos grados de libertad: el giro del robot que orienta el robot hacia el objeto, y la traslación que hace que el robot persiga el objeto cuando éste se aleja (figura 5)

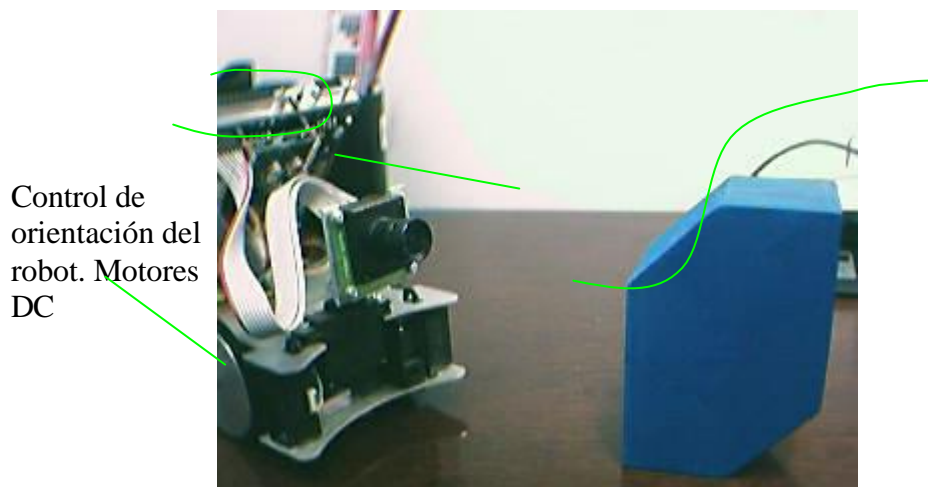


Figura 5. Control de giro y traslación del robot para seguimiento de un objeto

En este caso debemos accionar los motores realizando trayectorias en forma de arco. Para conseguir un comportamiento estable necesitaremos cerrar un bucle de control interno en cada motor que nos asegure un comportamiento dinámico adecuado utilizando los sensores internos (encoders). Para ello utilizaremos como en el caso anterior el controlador V-Omega que nos permite establecer trayectorias curvas a la velocidad especificada.

El regulador del control visual en este caso debe incorporar una dinámica más elaborada debiendo utilizar como variables de entrada la posición bidimensional en el plano de imagen y la dimensión del objeto para realizar una estimación de la trayectoria a suministrar.

El controlador debe mantener el cdg. del objeto en el centro de la imagen y a la vez mantener la dimensión del objeto proyectado (*el robot sigue al objeto*)