

Capítulo 1

Introducción

1. Introducción a los robots móviles

El desarrollo de los robots móviles responde a la necesidad de extender el campo de aplicación de la Robótica, restringido inicialmente a los robots manipuladores. Un aspecto importante de los robots móviles es su grado de autonomía, que se basa en el sistema de navegación automática que permite al robot reaccionar y tomar decisiones basándose en observaciones de su entorno, sin suponer que este es perfectamente conocido.

La estructura básica de un robot móvil contiene las siguientes partes:

1. **Sensores:** son dispositivos que permiten al robot cuantificar distintas características del entorno o de sí mismo (externos o internos respectivamente) y por lo tanto obtener una percepción del entorno. Los sensores internos permiten cerrar bucles de control (como por ejemplo el de la tracción y el de la dirección) y los sensores externos permiten dotar de “sentidos” al robot, siendo estos últimos de especial importancia para los robots móviles que suelen trabajar en entornos poco estructurados y dinámicos.
2. **Sistema de percepción:** la información de los sensores externos es procesada por el sistema de percepción para hacer un modelo del entorno y poder ajustarse automáticamente a los cambios del mismo. Este sistema tiene varios objetivos:
 - Permitir una navegación segura, detectando y localizando obstáculos y situaciones peligrosas en general.
 - Modelar el entorno construyendo un mapa o una representación, fundamentalmente geométrica, del entorno.
 - Estimar la posición del vehículo de forma precisa.
3. **Actuadores:** los actuadores básicos en un robot móvil son los que van a actuar en el sistema de tracción y de dirección y que permiten al robot moverse por el entorno.
4. **Sistema de control:** a partir de la información recibida por el sistema de percepción el robot puede realizar algún tipo de actuación y es el sistema de control el que se encarga de decidir dicha actuación. El sistema de control se puede dividir en varios niveles, pudiéndose destacar:
 - *Control de bajo nivel:* actúa sobre el sistema de tracción y dirección.
 - *Control de alto nivel:* que va desde la planificación global de la misión a la evitación de obstáculos no esperados.

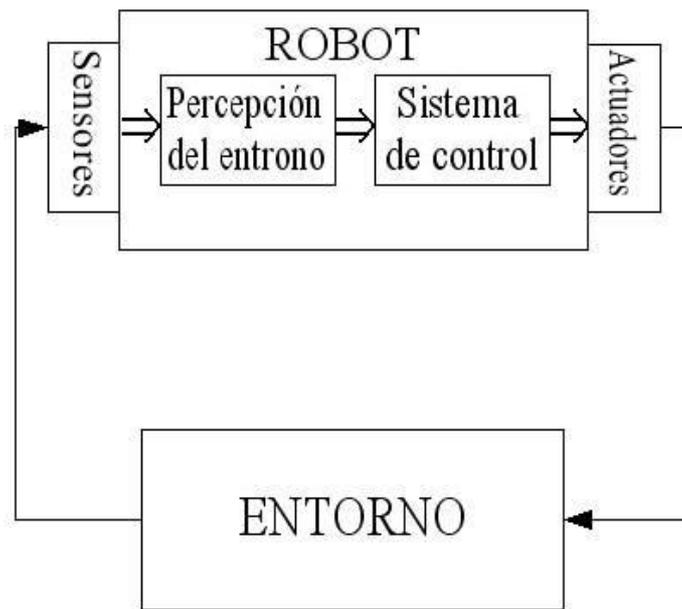


Figura 1.1: Estructura básica de un robot móvil

Todo esta estructura se desarrolla con el objetivo de que el robot tenga la suficiente inteligencia como para reaccionar y tomar decisiones basándose en observaciones de su entorno, sin suponer que este entorno es perfectamente conocido.

1.1. Estructuras de los robots móviles

Los robots móviles básicamente pueden tener 3 tipos de estructuras:

1. **Vehículos con ruedas:** son la solución más simple y eficiente siempre que el movimiento del robot se realice en terrenos suficientemente duros y libres de obstáculos y además permite conseguir velocidades relativamente altas. Una de las mayores limitaciones en este tipo de estructura es el deslizamiento en la impulsión.
2. **Robots con patas:** tiene mejores propiedades que los vehículos con ruedas para atravesar terrenos difíciles y llenos de obstáculos, debido a que permiten aislar el cuerpo del terreno al apoyarse únicamente en puntos discretos y eso hace posible adaptar el polígono de soporte al terreno para mantener la estabilidad y pasar sobre obstáculos. Asimismo es posible conseguir la omnidireccionalidad y el deslizamiento es mucho menor que en los vehículos con ruedas. Sin embargo la complejidad es mayor así como el consumo de energía con respecto a los vehículos con ruedas.

3. **Configuraciones articuladas:** sólo comentar que esta estructura tiene interés para terrenos difíciles a los que debe adaptarse el cuerpo del robot. Sin embargo presentan complejos problemas de control y de autonomía.

Debido a que este proyecto fin de carrera va a ser desarrollado sobre un robot móvil que es un vehículo convencional de 4 ruedas llamado ROMEO-4R, se va a comentar con algo más de detalle los sistemas de los vehículos con ruedas y en especial el sistema Ackerman que es el que presenta ROMEO-4R.

1.1.1. Vehículos con ruedas

1.1.1.1. Sistema Ackerman

Este sistema es el utilizado en los vehículos de 4 ruedas convencionales como ROMEO-4R (Figura 1.3) que originalmente era un coche de golf. La principal característica de este sistema es que la rueda delantera interior gira un ángulo ligeramente superior a la exterior (Figura 1.2), esto es así para disminuir el deslizamiento de las ruedas cuando el coche gira. Sin embargo uno de los grandes problemas de este sistema es la limitación en la maniobrabilidad.

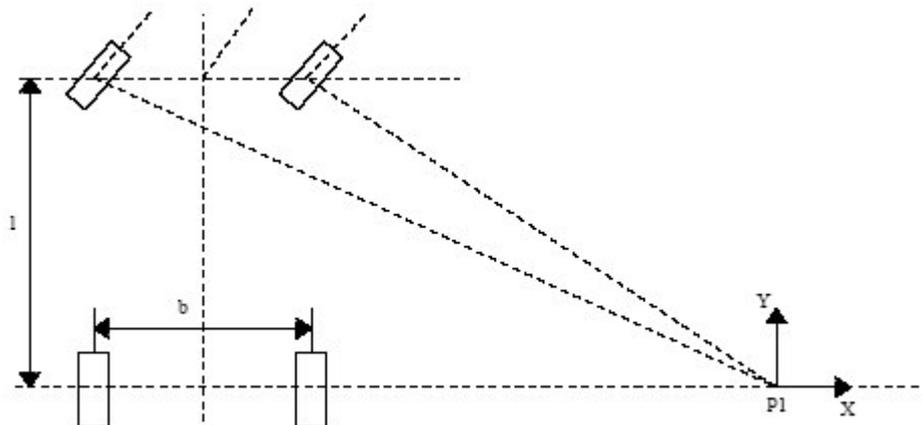


Figura 1.2: Sistema Ackerman



Figura 1.3: Imagen ROMEO-4R de frente

1.1.1.2. Triciclo clásico

En este sistema la rueda delantera sirve tanto para la tracción como para el dirección, por otra parte el eje trasero tiene 2 ruedas laterales que se mueven libremente. Este sistema es el del vehículo ROMEO-3R que es el predecesor de ROMEO-4R (ver ROBÓTICA Manipuladores y robots móviles, Ollero, 2001).

1.1.1.3. Direccionamiento diferencial

El direccionamiento en este sistema se consigue mediante la diferencia de velocidades de las ruedas laterales y a su vez la tracción se consigue también con estas mismas ruedas.

1.1.1.4. Otros sistemas

Podemos nombrar el **Skid Steer** y el de por **pistas de deslizamiento** que son variantes del direccionamiento diferencial con otras configuraciones y tipos de ruedas. Por último el sistema de ruedas **síncronas** que tiene la particularidad de que sus ruedas giran de forma síncrona y simultánea (ver ROBÓTICA Manipuladores y robots móviles, Ollero, 2001).

2.ROMEO-4R

ROMEO-4R es un vehículo autónomo móvil desarrollado por el Grupo de Robótica Visión y Control del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Sevilla, siendo inicialmente un coche concebido para ser utilizado en la EXPO'92 para transportar a personas y que tiene una estructura muy parecida a los coches de los campos de golf y de fútbol. Sin embargo tras ser adquirido por el departamento se le ha añadido la mecánica y electrónica necesaria para que pueda ser utilizado como plataforma de investigación en navegación autónoma para exteriores.

2.1.Sistemas de alimentación

El vehículo dispone de 6 baterías de 6V conectadas en serie que alimentan a un motor de tracción de corriente continua de 2 C.V. de potencia. La tracción se ejerce sobre las ruedas traseras mientras que la dirección se desarrolla con las ruedas delanteras, teniendo acoplado a la caña de dirección otro motor de corriente continua de 28W que se utiliza para mover eléctricamente la dirección del vehículo.

Por otra parte comentar que el sistema de control se alimenta a 24 V de forma independiente por medio de 2 baterías de 12V puestas en serie.

2.2.Actuadores

Los actuadores del vehículo son los 2 motores de corriente continua que se han descrito en el apartado anterior junto con 2 servoamplificadores que se utilizan para dirigir el movimiento de estos. Todo ello permite controlar la tracción y la dirección de ROMEO-4R.

2.3.Sensores

El vehículo tiene incorporado un gran número de sensores, los cuales son:

1. **Codificadores ópticos incrementales:** se tiene instalado uno en el sistema de tracción que permite determinar el desplazamiento del vehículo y hacer una estimación de la velocidad del mismo. Mientras que el otro se encuentra instalado en el sistema de dirección y permite medir el giro de las ruedas.
2. **Giróscopo:** este sensor de navegación proporciona medidas de la velocidad angular de giro y por lo tanto mediante la integración de las mismas en el tiempo se puede conseguir el giro del vehículo y a partir de ahí la orientación de este sobre el plano del suelo.

3. **GPS:** con los codificadores ópticos se puede conocer tanto el giro como el desplazamiento y por lo tanto la posición actual del vehículo en cada momento, sin embargo se tiene el problema de la acumulación de errores y para distancias que no sean pequeñas estos errores son excesivamente grandes. Por ello se utiliza el sistema de posicionamiento global GPS, además el vehículo está preparado para utilizar GPS en modo diferencial (DGPS) que proporciona una mayor precisión de las medidas obtenidas.
4. **Sonares:** son sensores de presencia y proximidad, es decir, se utilizan para la detección de obstáculos próximos al vehículo. Son sensores basados en ultrasonidos y debido a que son parte importante de este proyecto fin de carrera se hablará de ellos más detalladamente en el siguiente capítulo.
5. **Láser 2D:** está situado en la parte delantera y permite generar un mapa bidimensional del espacio que hay en la parte frontal del vehículo, hay que destacar que este sensor tiene mucho más alcance y precisión que los sonares y que se puede utilizar para aplicaciones como la detección de obstáculos que utilizando los sonares sería mucho más compleja.
6. **Cámaras:** se dispone de 2 cámaras monocromáticas situadas en el techo del vehículo, una de ellas es orientable mediante un sistema pan&tilt, controlable electrónicamente, y la otra con uno manual. Con ellas se puede realizar visión estéreo artificial.
7. **Sensor del ángulo del remolque:** a ROMEO-4R se le puede acoplar un remolque y este sensor se utiliza para medir el ángulo de giro del remolque con respecto al eje longitudinal del vehículo.

2.4. Controladores

ROMEO-4R dispone de varios controladores, los cuales están implementados en 2 ordenadores de tipo industrial y un controlador empotrado cuyo elemento principal es un DSP (Procesador Digital de Señal), todos situados en la parte trasera del vehículo.

1. **romeo-4a:** es el controlador encargado de la parte de visión del vehículo y para ello cuenta con una placa instalada en el PC con 3 DSP's en paralelo que permiten el tratamiento de las imágenes en tiempo real. Este controlador no puede realizar directamente acciones de control. Sin embargo, está comunicado (por medio de una red Ethernet) con el otro PC industrial (romeo-4b) que sí puede realizarlas, por lo tanto puede indicarle qué tipos de acciones debe tomar o simplemente pasarle la información para que decida.

2. **romeo-4b:** este controlador se encarga de la lectura de todos los sensores, exceptuando las cámaras, y de realizar las acciones de control sobre el vehículo a partir del algoritmo implementado.

Por otra parte ambos ordenadores están conectados a un router Wi-Fi que permite conectarse a ellos remotamente a partir de una red inalámbrica.



Figura 1.4: Controladores implementados en PC's

3. **Controlador empotrado:** este controlador permite implementar algoritmos de control para ROMEO-4R con la ventaja con respecto a los controladores implementados en el PC de un menor peso, tamaño, consumo y coste. Este controlador al igual que romeo-4b es capaz de leer de todos los sensores excepto las cámaras y aunque puede leer la información que proporciona el láser 2D, ya que se tienen puertos series sin utilizar, no está implementado en la actualidad debido a la gran capacidad de cálculo requerido para utilizarlo. Asimismo, se puede comunicar con cualquier PC a partir de un protocolo de comunicaciones elaborado por Víctor Manuel Blanco González (proyecto fin de carrera “Controlador empotrado para vehículo autónomo ROMEO-4R”) a partir del puerto serie RS-232.



Figura 1.5: Controlador empotrado basado en DSP I



Figura 1.6: Controlador empotrado basado en DSP II

Para una información más detallada de ROMEO-4R y del controlador basado en PC's, consúltese el proyecto fin de carrera “Control automático de un vehículo autónomo bajo el sistema operativo GNU/Linux. Implementación de drivers y software de control” realizado por Rafael Martín Agar Tirado. Y para una información más detallada sobre el controlador empotrado, consúltese los proyectos fin de carrera “Controlador empotrado para vehículo autónomo ROMEO-4R” realizado por Víctor Manuel Blanco González e “Implementación del controlador basado en DSP del vehículo autónomo ROMEO-4R” realizado por José Víctor Acevedo Sánchez.

3. Objetivos del proyecto

Los objetivos principales de este proyecto son los siguientes:

1. **Mejora del software que controla el disparo y la adquisición de datos de los sonares para el controlador basado en PC (romeo4b)**, de tal forma que los sonares se puedan disparar de forma separada. Hasta el momento el disparo de los sonares se hacía de forma simultánea, incrementando la interferencia entre ellos como se verá más adelante.
2. **Implementación del software para el manejo de los sonares en el controlador empotrado basado en DSP.**
3. **Implementación de un algoritmo de aparcamiento planificado en ambos controladores**, con la particularidad de que todo el algoritmo programado para el controlador empotrado ha de ser realizado en punto fijo.

Además, para alcanzar estos objetivos, se ha tenido que depurar el hardware de la “caja de los sonares” que realiza la conversión de la señal de intensidad proveniente de los sonares a otra de voltaje con el rango adecuado dependiendo de si se está trabajando con el controlador romeo4b o con el controlador empotrado (ver Capítulo 2, Apartados 2.3 y 2.4).

Por último también se tuvo que montar todo el hardware relacionado con los sonares para el controlador empotrado que estaba diseñado pero no implementado (ver Capítulo 2, Apartado 2.3.2.2).