

Móvil manipulado por la PC

Abigail Flores Cruz, Adriana Martínez Mestas, Leticia E. Torres Ramírez

Escuela Superior de Cómputo, IPN,
Av. Juan de Dios Batiz s/n, Esq. Miguel Othón de Mendizabal
Unidad Profesional "Adolfo López Mateos"
Instituto Politécnico Nacional, 07738,
México, D. F.
abuguis@hotmail.com, adamar@terra.com.mx,
eloburbu@yahoo.com.mx

Resumen. El capítulo describe un sistema capaz de dirigir un móvil hacia un objetivo determinado por la adquisición y procesamiento de una imagen digital tomada de un escenario definido. El procesamiento de la imagen determinará la ubicación de un objeto seleccionado por el usuario generando así la trayectoria a seguir por el móvil.

1 Introducción

La robótica se define como el conjunto de conocimientos teóricos y prácticos que permiten concebir, realizar y automatizar sistemas basados en estructuras mecánicas, dotados de un determinado grado de "inteligencia" y destinados a la producción industrial o al sustitución del hombre en diversas tareas. Un sistema robótico puede describirse, como "Aquel que es capaz de recibir información, de comprender su entorno a través del empleo de modelos, de formular y de ejecutar planes, y de controlar o supervisar su operación.

Los dispositivos y mecanismos que pueden agruparse bajo la denominación genérica del robot, tal como se ha indicado, son muy diversos y es por tanto difícil establecer una clasificación coherente de los mismos que resista un análisis crítico y riguroso. La subdivisión de los robots, con base en su arquitectura, se hace en los siguientes grupos: Poliarticulados, Móviles, Androides, Zoomórficos e Híbridos.

Móvil, en nuestro caso, es el grupo de interés por lo que su definición se presenta a continuación.

Móviles: Son robots con gran capacidad de desplazamiento, basados en carros o plataformas y dotados de un sistema locomotor de tipo rodante. Siguen su camino por telemando o guiándose por la información recibida de su entorno.

2 Descripción general del sistema

La estructura del sistema completo se presenta en la figura 1.

Se propone que a partir de la adquisición de una imagen digital, se dirija el curso que deberá seguir para llegar al objetivo, dentro de un escenario definido, un móvil.

Una vez adquirida la imagen digital, ésta se almacena en la PC. La imagen digital se procesa con el fin de reconocer el objeto hacia el cual el usuario desea dirigir al móvil.

Una vez que se ha reconocido el objeto se genera la trayectoria que deberá seguir el móvil para llegar al objetivo.

Dicha trayectoria estará contenida en una trama que será enviada al móvil por medio de un módulo de radiofrecuencia (transmisor) cuya matrícula es TXM-315-LC fabricado por LINX Technologies [1]. Dicho módulo estará conectado con el puerto serie de la PC.

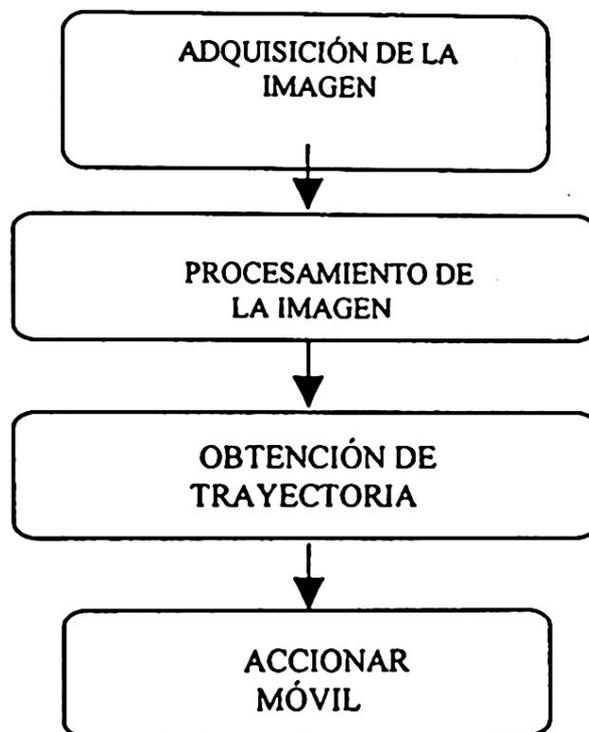


Fig. 1. Descripción general del sistema

En el móvil la trama será recibida por el módulo (receptor) RXM-315-LC-S fabricado también por LINX Technologies [1], el cual estará conectado a la UART del microprocesador con matrícula 90S8535 de la empresa ATMEL, con el fin de que en éste se procese dicha trama para obtener la información que accionará los motores del móvil y la trayectoria que deberá seguir para llegar al objetivo.

3 Descripción del sistema de reconocimiento

El sistema de reconocimiento que se propone se muestra en la figura 2.

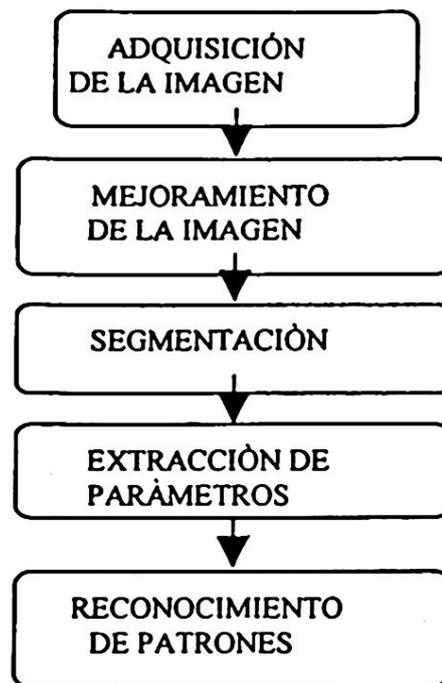


Fig. 2 Diagrama a bloques del sistema de reconocimiento

3.1 Adquisición de la imagen

La imagen se está adquiriendo con una webcam cuyas características se presentan a continuación. Marca: LOGITECH; Sensor: CMOS; Enfoque manual; Resolución: 320 x 240; Velocidad: 30fps; Puerto: USB; Software: Microsoft NetMeeting.

La siguiente imagen fue capturada con esta webcam.

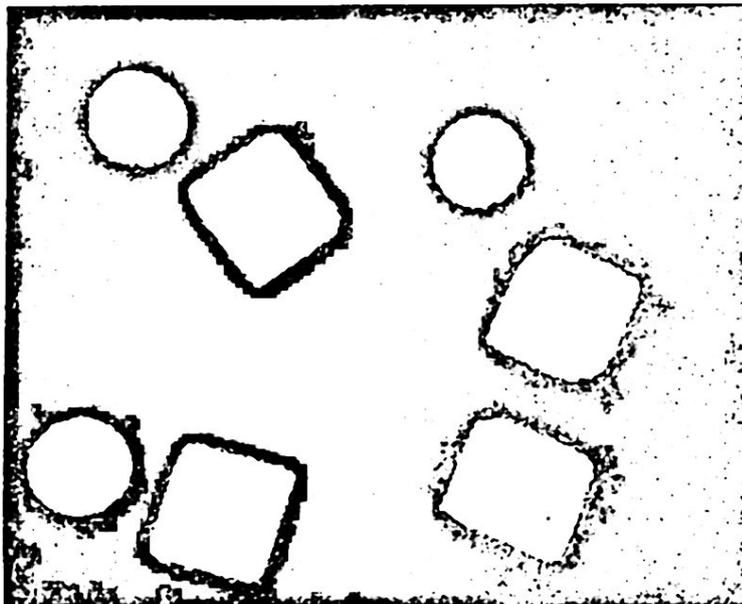


Imagen 1. Imagen de un escenario definido

3.2 Mejoramiento de la imagen

A partir de la imagen adquirida obtenemos una imagen a escala de grises [2].

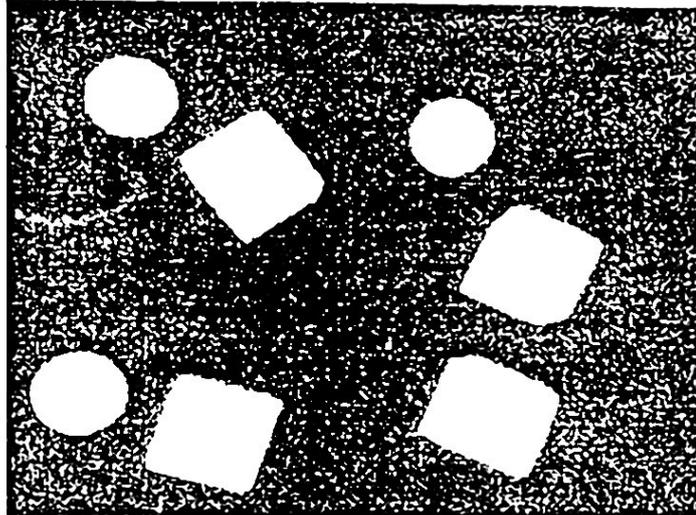


Imagen 2. Imagen a escala de grises

Posteriormente, aplicamos el filtro de la mediana con el fin de eliminar ruido, como el que se ve en la Imagen 1.

Filtrado de la mediana: la mediana m de un conjunto de valores es tal que la mitad de los valores del conjunto quedan por debajo de m y la otra mitad por encima [2].

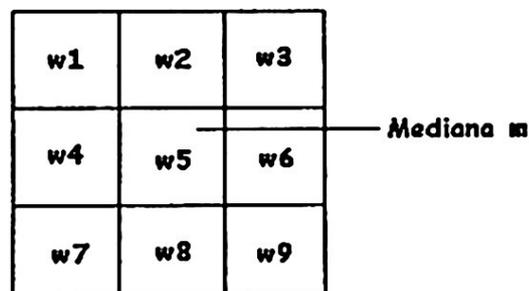


Fig. 3. Filtrado especial por la mediana

El filtrado de un píxel se lleva a cabo de la siguiente forma: primero se deben extraer los valores del píxel y de su entorno, determinar la mediana y asignar este valor al píxel. Si hay un valor más pequeño que otro en el centro de un entorno $n \times n$ entonces se agrupan los valores de tal forma que en el centro quede el mayor. Y así hay más parecidos de intensidades entre vecinos.

La imagen que se obtiene con este filtro es la siguiente.



Imagen 3. Imagen después de aplicar la mediana.

3.3 Segmentación

El segmentado de la imagen se realiza con el método de umbralización.

Una imagen umbralizada [2] $g(x, y)$ se define como:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 : \text{Sí } f(x, y) > T \rightarrow \text{Objetos} \\ 0 : \text{Sí } f(x, y) \leq T \rightarrow \text{Fondo} \end{cases}$$

0 -> negro

1 -> blanco

A la anterior asignación de pixeles se le conoce como binarización.

El umbral T se obtiene a partir del histograma de la imagen.

La siguiente imagen es una imagen umbralizada.

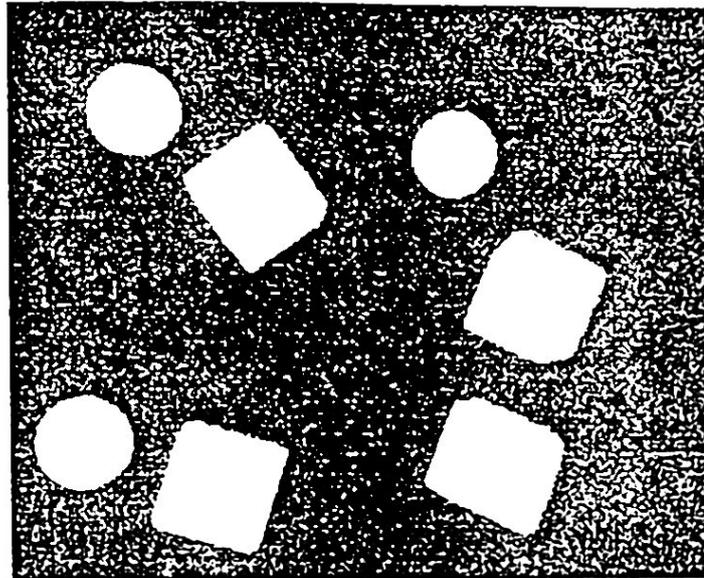


Imagen 4. Figura umbralizada

3.4 Extracción de parámetros

A partir de la imagen umbralizada se etiquetan los objetos con el fin de diferenciar cubos de círculos.

3.4.1 Etiquetado de componentes 8 conexas [2]

El barrido de una imagen pixel a pixel, de izquierda a derecha y de arriba a abajo. Sea p el pixel en cada paso de proceso del barrido y sean q , r , s y t , los vecinos a la izquierda, el superior izquierdo, el superior y el superior derecho, respectivamente, ver Figura 4. La naturaleza de la secuencia de barrido asegura que cuando se llega a p , los puntos q , r , s y t ya han sido hallados (y etiquetados si fueron unos).

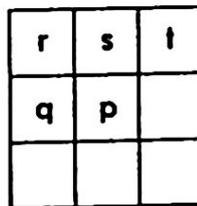


Fig. 4. Distribución de los pixeles en el recorrido del etiquetado.

Con los conceptos anteriormente establecidos considérese el procedimiento siguiente: si el valor de p es cero, simplemente se continua hasta la siguiente posición de barrido. Si el valor de p es uno, se examinan q , r , s y t , si todos son cero, se asigna una nueva etiqueta a p . Si uno o más vecinos son uno y tienen la misma etiqueta, se asigna esta etiqueta a p . Si más de un vecino son uno con etiquetas distintas, se asigna alguna de estas etiquetas a p y una nota de que estas etiquetas son equivalentes. Al término del barrido todos los pixeles que tenían uno, han sido etiquetados. Lo único

que resta es asignar una misma etiqueta a cada conjunto de etiquetas que hayan sido anotadas como equivalentes.

3.4.2 Prueba

Para diferenciar las distintas etiquetas se le asigna un color diferente a cada una de ellas, como se muestra en la siguiente imagen.

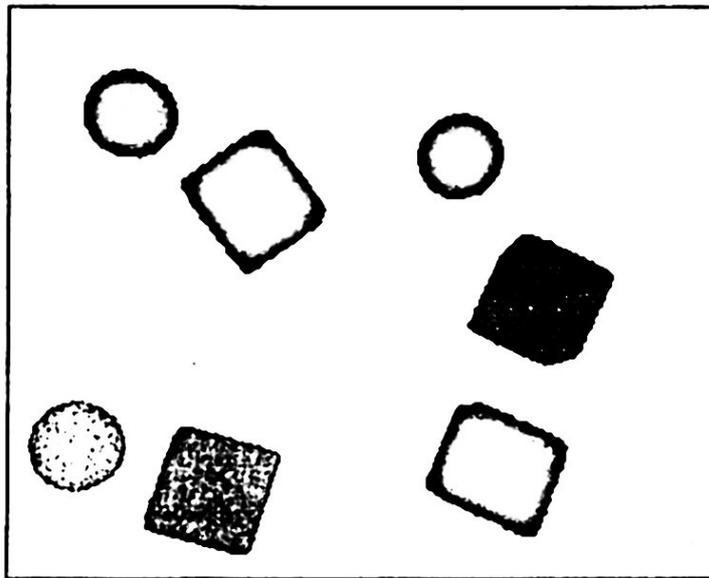


Imagen 5. Imagen etiquetada

El proceso de extracción de parámetros partirá de las etiquetas que se obtuvieron.

Existen dos tipos de descriptores, por contorno y por región [2]. Los descriptores por contorno se obtienen exclusivamente a partir de los píxeles que conforman el contorno de los objetos. A diferencia de estos, los descriptores por región utilizan a todo el conjunto de píxeles que conforman a un objeto, ejemplo de estos descriptores son los momentos de Hu y los de Flusser Suk que se detallan a continuación.

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q f(x, y)$$

para $p, q = 0, 1, 2, \dots$

Los momentos centrales se pueden expresar como:

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y)$$

donde:

$$\bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}; \bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}$$

Los momentos centrales normalizados, representados por η_{pq} , se definen como:

$$n_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}g}, \quad g = \frac{p+q}{2} + 1, \quad p+q = "2,3,.. \{ \} \{ \}$$

De los momentos segundo y tercero se puede derivar un conjunto de siete momentos invariantes o momentos de Hu:

$$\varphi_1 = n_{20} + n_{02}$$

$$\varphi_2 = (n_{20} - n_{02})^2 + 4n_{11}$$

$$\varphi_3 = (n_{30} - 3n_{12})^2 + (3n_{21} - n_{03})^2$$

$$\varphi_4 = (n_{30} + n_{12})^2 + (n_{21} + n_{03})^2$$

$$\varphi_5 = (n_{30} - n_{12})(n_{30} + n_{12}) \left[(n_{30} + n_{12})^2 - 3(n_{21} + n_{03})^2 \right]$$

$$+ (3n_{21} - n_{03})(n_{21} + n_{03}) \left[3(n_{30} + n_{12})^2 - (n_{21} + n_{03})^2 \right]$$

$$\varphi_6 = (n_{20} - n_{02}) \left[(n_{30} + n_{12})^2 - (n_{21} + n_{03})^2 \right]$$

$$+ 4n_{11}(n_{30} + n_{12})(n_{21} + n_{03})$$

$$\varphi_7 = (3n_{21} - n_{03})(n_{30} + n_{12}) \left[(n_{30} + n_{12})^2 - 3(n_{21} + n_{03})^2 \right]$$

$$+ (3n_{12} - n_{30})(n_{21} + n_{03}) \left[3(n_{30} + n_{12})^2 - (n_{21} + n_{03})^2 \right]$$

Este conjunto de momentos es invariante a traslaciones, rotaciones y cambios de escala.

Momentos de Flusser y Suk. Se considera una representación regional, y se utilizan como rasgos de interés para la descripción de cada una de estas regiones los 6 primeros momentos invariantes afines de Flusser y Suk.

3.5 Reconocimiento de patrones

Los momentos de Hu nos describen las características del objeto por lo que estos serán utilizados para la entrada de la red neuronal.

Las redes neuronales resuelven problemas de clases linealmente separables como problemas de clases no linealmente separables.

Utilización de una multitud de elementos de cálculo no lineales y elementales (denominados neuronas), organizadas como redes que se asemejan a la forma en que se piensa que están interconectadas las neuronas en el cerebro. Usaremos estas redes como vehículos para el desarrollo de los coeficientes de las funciones de decisión mediante la presentación sucesiva de conjunto de patrones de entrenamiento.

Los modelos de redes neuronales se muestran a continuación:

Perceptrón simple: Aprende una función de decisión lineal que dicotomiza dos conjuntos de entrenamiento linealmente separables.

Perceptrón Multicapa: Resuelve problemas linealmente y no linealmente separables

Algoritmo de Entrenamiento: BackPropagation

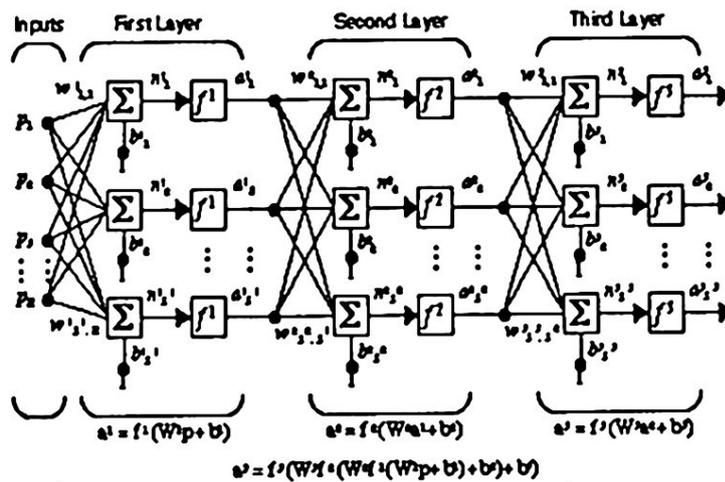
La red de retropropagación adapta sus pesos, para adquirir un entrenamiento a partir de un conjunto de pares de patrones entrada/salida. Después que la red ha aprendido ha esta se le puede aplicar un conjunto de patrones de prueba, para ver como esta generaliza a patrones no proporcionados.

El flujo de información fluye de la capa de entrada a la de salida a través de la capa oculta.

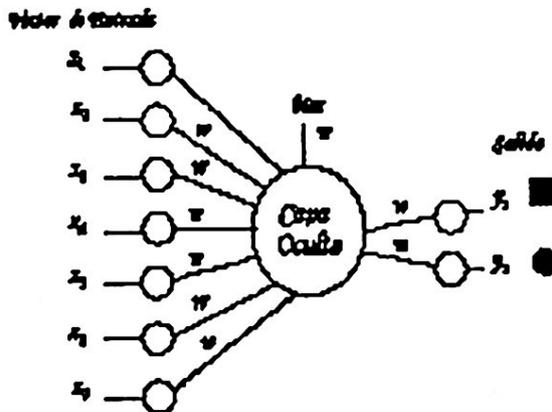
Cada unidad de procesamiento en la capa se conecta a todas las de la siguiente capa. El nivel de activación en la capa de salida determina la salida de la red.

Capa de Salida

$$\delta_j(n) = e_j + (V_j(n))$$



Capa oculta



$$\delta_j(n) = (V_j(n)) \sum_k \delta_k(n) w_{jk}(n)$$

Actualizar los pesos

$$w_{ij}(n+1) = w_{ij}(n) + n\delta_j(n)y_j(n)$$

4 Descripción del sistema de navegación

Navegación.- Metodología que permite guiar el curso de un robot móvil a través de un entorno con obstáculos. Existen diversos esquemas, pero todos ellos poseen en común el afán por llevar el vehículo a su destino de forma segura.

Las tareas involucradas en la navegación de un robot móvil son:

- Percepción del entorno a través de sus sensores, de modo que le permita crear una abstracción del mundo.
- Planificación de una trayectoria libre de obstáculos, para alcanzar el punto destino seleccionado.
- Generación del camino.- Define una función continua que interpola la secuencia de objetos construida por el planificador. Posteriormente procede a la discretización de la misma a fin de generar el camino.
- Seguimiento del camino.- Efectúa el desplazamiento del vehículo, según el camino generado mediante el adecuado control de los actuadores del vehículo.

La planificación de tareas y movimientos de un robot admite una clasificación según el nivel de abstracción al que se realice el trabajo. Se considera un módulo al que se le debe dar un objetivo y una situación inicial y que en función de ellos devuelve un plan de acción (Torras, 1989). El módulo debe poseer (o ser capaz de obtener), por ejemplo, una descripción del entorno, las acciones posibles, estrategias predefinidas, restricciones específicas, entre otra información.

El enfoque más generalizado de funcionamiento es mediante el fraccionamiento de la tarea en un número finito de estados diferentes y hacer un plan consistente en una secuencia de estados que lleve del inicial al deseado acompañada de los operadores para realizar las transiciones de un estado a otro. La forma más usual de representación del problema consiste en el uso de grafos de estados, en los que los nodos representan los estados de la tarea y los arcos las distintas transiciones posibles, puede que con algún índice de coste de la transición asociado a los mismos. De esta manera, el problema de planificación se convierte en el problema de búsquedas de caminos en grafos, donde se pueden aplicar diversas estrategias.

Dentro del ámbito de la robótica, una vez resuelto el problema de las distintas fases o estado de la tarea se debe pasar a la planificación de las trayectorias del robot que pueden ser en el espacio libre evitando colisiones o en contacto cuando este sea inevitable.

La planificación de movimientos libres de colisión es un campo que ha tenido un gran desarrollo, en particular debido a los denominados robots móviles, que, en la mayoría de los casos, de forma natural reducen el problema a tres grados de libertad, haciéndolo accesible a aplicaciones reales. La herramienta más popular en este campo es el Espacio de Configuraciones, es decir el espacio determinado por el conjunto de variables necesarias para determinar unívocamente la posición de los objetos móviles

involucrados en la tarea. El Espacio de Configuraciones puede representar de manera muy directa las posiciones accesibles e inaccesibles del robot, y por tanto realizar un plan de movimientos se reduce a encontrar un camino continuo en dicho espacio cuyos puntos sean todos accesibles. Para ello existen diferentes métodos, como por ejemplo, los basados en: grafos de visibilidad, diagramas de Voronoi, particiones del espacio libre y búsqueda de caminos entre cada par de subconjuntos vecinos, y funciones potenciales. A continuación se muestra el diagrama a bloques de la navegación implementada en este proyecto:

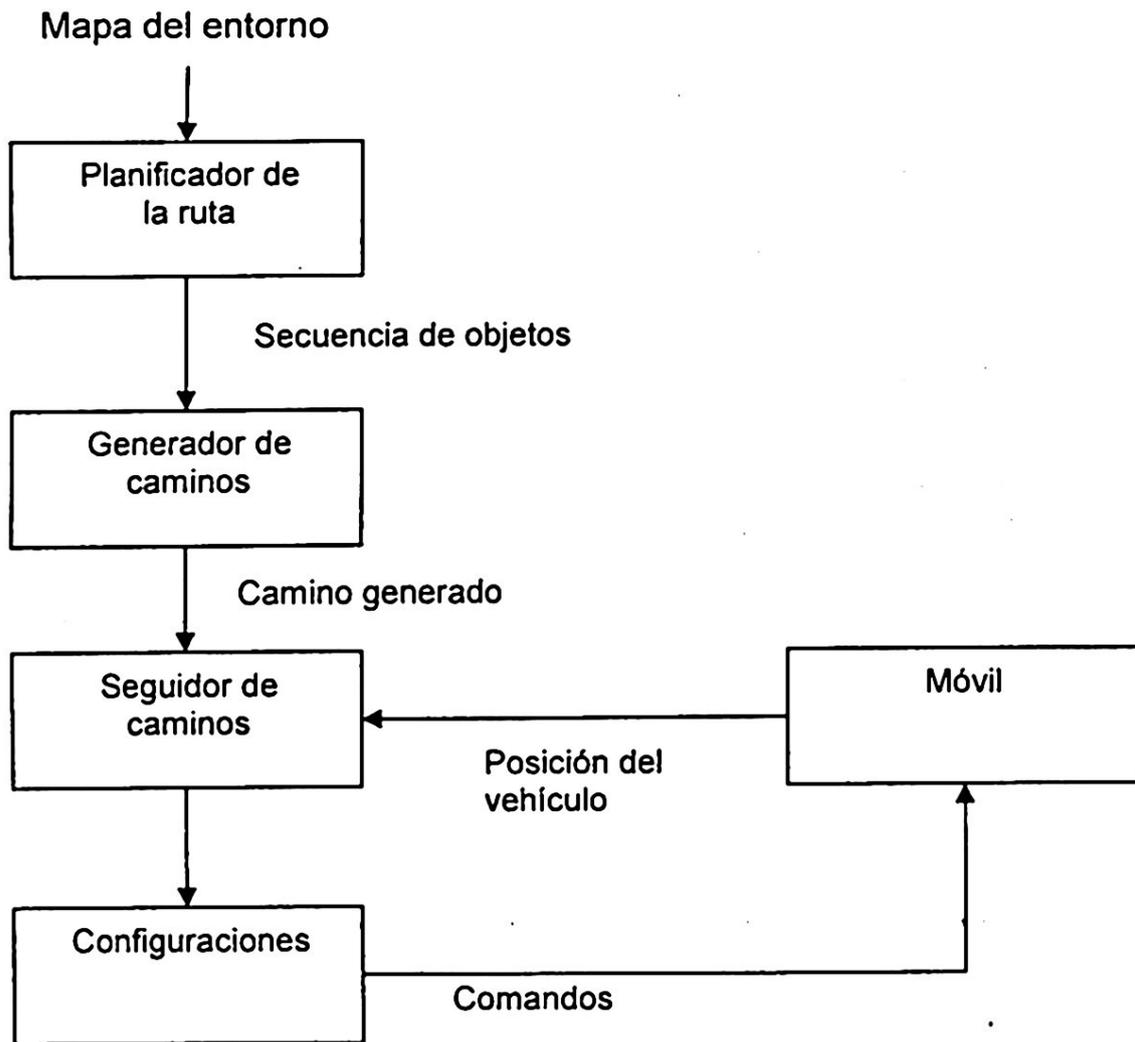


Fig. 5. Planificador de la ruta

Mediante lo explicado anteriormente se descompone la imagen en celdas (Figura 6) para minimizar los datos con los que se va a obtener la ruta óptima.

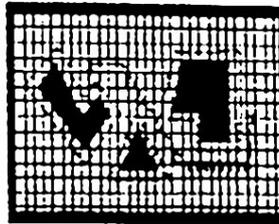
Esta celdas pueden pertenecer alguno de los siguientes espacios:

Espacio de configuración prohibido

$C_{forb}(R,S)$

Espacio de configuración libre

Cfree(R,S)
 Espacio de configuración del obstáculo
 C-obstaculo



Descomposición en celdas - Enrejado

Fig. 6.

Para la obtención de la ruta optima se usara un método heurística el cual consiste en verificar los vecinos cercanos y lejanos con el fin de encontrar al que se encuentre mas cerca de la posición final.

5 Descripción del sistema de comunicación

Una vez que se tiene la trayectoria se forma la trama que saldrá por el puerto serie(UART- Universal Asynchronous Receiver Transmitter) de la PC[4].

5.1 Transmisión de la trama

CARACTERÍSTICAS DEL MAX232

El circuito integrado MAX232 cambia los niveles TTL a los del estándar RS-232 cuando se hace una transmisión, y cambia los niveles RS-232 a TTL cuando se tiene una recepción. El circuito típico se muestra en la siguiente figura:

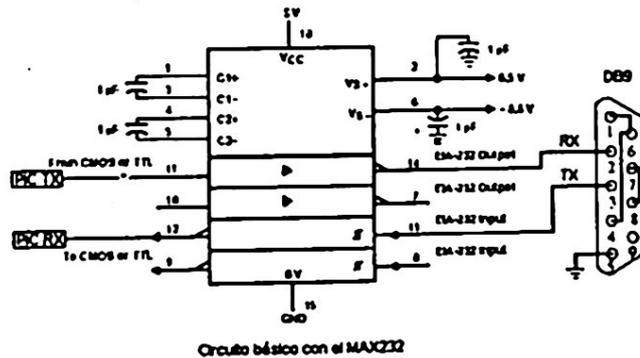


Fig. 7. Circuito básico de conexión del MAX232

CARACTERÍSTICAS DEL TRANSMISOR TXM-315-LC

Es ideal para aplicaciones donde se utilice control remoto, seguridad, identificación y transferencia de datos periódica, no utiliza componentes RF a excepción de una antena que es necesaria para su uso.

Características:

- Bajo costo.
- Muy bajo consumo de energía.
- Basado en arquitectura SAW.
- Transfiere información a 5Kbps.
- El rango de voltaje es de 2.7-5.2VDC.
- Presenta armónicos pequeños.

5.2 Recepción de trama

El siguiente módulo estará sobre el chasis del móvil.

CARACTERÍSTICAS DEL RECEPTOR RXM-315-LC

- Es eficiente, de bajo costo.
- Consume poca energía.
- Basado en arquitectura SAW.
- Notable sensibilidad.
- Soporta transferencias de 5Kbps.
- Cuenta con interfaz serial.
- Recibe información a una distancia máxima de 90 metros.

Modo de operación.

El tipo de modulación se presenta con un '0' lógico cuando no se presenta un mensaje, '1' lógico cuando hay mensaje.

Este método de modulación aporta numerosos beneficios, dos de los más importantes son:

- 1.- Eficacia contemplando el costo debido al diseño.
- 2.- La salida se produce con mucha potencia.

La SAW provee de una precisión muy alta de la frecuencia original con excelente inmunidad al ruido, permite incrementar la sensibilidad y reduce la interferencia por bandas cercanas.

La calidad de los componentes y arquitectura utilizada en la serie LC es inusual en un producto de bajo costo y esto hace que sean capaces de igualar la salida de algunos componentes más caros.

CARACTERÍSTICAS DEL MICROPROCESADOR ATM90S8535[3]

En este micro se va a decodificar la trama.

- Arquitectura RISC
- 32 registros de propósito general de 8bits
- 118 instrucciones
- Memoria de programa no volátil y datos
- Flash de 8Kbytes
- 512 bytes de EEPROM
- 512 bytes de memoria SRAM interna

Características de los periféricos

- 8 canales , convertidos AD de 10 bits
- UART programables

- 2 Timer/Counter de 8 bits con preescala y modo de comparación separado
- 1 Timer/Counter de 16 bits con preescala y modo de comparación separado y de 8,9 ó 10 bits para PWM (Modulación por ancho de pulso)
- Watchdog programable con oscilador interno
- Comparador analógico

Características Especiales del Microprocesador

- Circuito de reset
- Reloj de tiempo real con oscilador separado y modo contador
- Fuentes de interrupción internas y externas
- Tres modos de dormido, power save, power down e Idle
- Interfaz serial
- Consumo de corriente a 4MHz, 3V y 20°C
- I/O y paquetes
- 32 líneas programables de I/O
- Voltaje de operación
- Vcc 4.0 - 6V
- Grado de velocidad 0 - 8 MHz

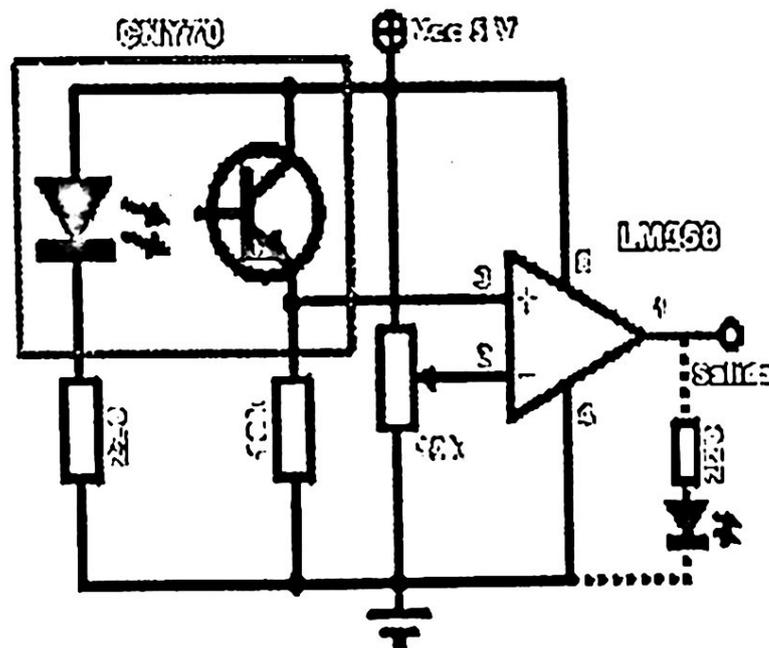


Fig. 8. Configuración del CNY70

CARACTERÍSTICAS DEL INTEGRADO L293D

El control de los motores se llevará a cabo mediante este circuito., cuya característica principal es que cuenta con un puente H, lo que elimina hardware al no requerir de una etapa de potencia externa

CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR CNY70

Este sensor a través de un encoder como el de la figura inferior, nos permitirá conocer la distancia específica que recorrió el móvil, esto será gracias a un disco con

"n" zonas diferenciadas de este tipo acopladas a cada rueda. Esto proporciona una resolución de "n" pulsos por vuelta. Permitiendo así tener una referencia del movimiento de cada motor.

6 Móvil

Espacio de configuración.- Es el principal elemento que se considera en el análisis de un problema. En él se describen todas las posibles configuraciones del entorno y es el espacio n-dimensional donde se ubica cada grado de libertad del robot móvil.

El espacio de configuraciones sirve para saber si existe una ruta que pueda utilizar el móvil para desplazarse de un punto a otro.

Por lo anterior, se decidió que el arreglo de ruedas a utilizar sea un arreglo de ruedas de triciclo, cuya definición y configuración se muestra a continuación.

Tipo triciclo.- Cuenta con dos ruedas fijas con el mismo eje, que dan tracción y una rueda independiente para la dirección.

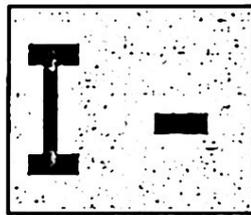


Fig. 9 Arreglo de ruedas triciclo

La restricción cinemática con la que cuenta es holonómica. Los grados de libertad están desacoplados, es decir se cuenta con un arreglo de ruedas diferencial o sincrónico. Debido a esta situación es posible desacoplar la posición de orientación, ya que el móvil tiene la capacidad de girar sobre su propio eje.

El diseño del móvil es el siguiente:

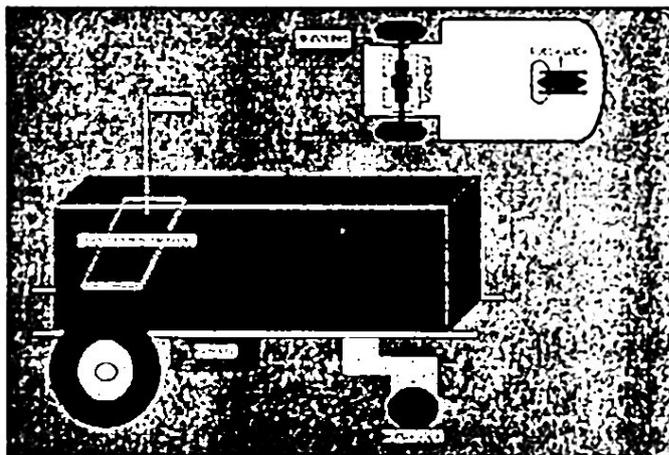


Fig. 10 Diseño físico del móvil

La forma del robot móvil tiene un fuerte impacto en su facilidad de navegación, en particular si el escenario que se va a recorrer cuenta con obstáculos y pasillos angostos. La forma del móvil es cuadrado. La navegación depende de la orientación del robot, aumentando así el espacio de configuraciones a 3D.

7 Conclusiones

Existen numerosas técnicas para el procesamiento de imágenes en este trabajo se utilizan algunas de ellas para el reconocimiento de objetos, y también se buscaron aquellas que no complicaran tanto el proceso de búsqueda de la ruta óptima que el móvil deberá seguir para llegar al objetivo. Actualmente se están realizando pruebas del sistema de reconocimiento y generador de trayectorias en cada una de las etapas que lo conforman.

El sistema de hardware que se presenta pretende realizar la comunicación por radiofrecuencia y el control del móvil en los módulos de transmisión y recepción respectivamente. Este sistema se encuentra en su etapa de construcción teniendo el diseño del mismo en un 100%.

Al móvil se le están haciendo pequeños ajustes.

De esta manera se pretende tener un sistema completo, con un software de reconocimiento y generador de trayectorias en conjunción con un hardware específico para la aplicación.

Referencias

- [1] <http://linxtechnologies.com>
- [2] R. C. González and E. C. Woods, "Digital Image Processing", Ed. Addison Wesley, 1992.
- [3] www.atmel.com
- [4] Norma RS232