

SINAMO 3: “Sistema de Navegación y Manipulación de Objetos 3”

Jimmy Toro, Estudiante Miembro IEEE, Domingo Sandoval, y Rodrigo Gregorio.

Resumen—Sistema de Navegación y Manipulación de Objetos (SINAMO), consiste en la creación de un robot capaz de identificar objetivos por su forma, color y posición (procesamiento digital de imágenes), navegar en ambientes con mayores grados de incertidumbre (es decir, depender menos de los errores de medición de los sensores, mediante la utilización de redundancia en las mediciones), y realizar manipulación sobre los objetos, mediante el posicionamiento de estos con precisión milimétrica. Esta nueva versión estará orientada a la construcción de una plataforma móvil, que emule el ordenamiento de cajas en una bodega, desde los proveedores hacia los vendedores, siendo un robot carguero con brazo mecánico capaz de identificar cada grupo de cajas por color, distribución (forma) y posición del vendedor, y distribuirlo entre los vendedores (ordenados por color y alineados entre sí), con alta precisión.

Palabras Claves — Navegación automática, manipulación de objetos, visión artificial.

I. INTRODUCCIÓN

EL diseño del prototipo creado basa su forma principalmente al deseo de almacenar varias cajas en una zona interna del robot para luego moverlos todos juntos a su lugar de destino, lo que ahorra una gran cantidad de tiempo tanto en el desafío inicial como en un prototipo a gran escala capaz de mover cajas de una bodega de proveedores hasta el lugar de transporte, donde serán entregados a los vendedores. Para llevar a cabo ese deseo fue necesario tener un sistema que no solo fuese capaz de agarrar las cajas, sino también moverlas tanto hacia arriba como abajo y hacia delante y atrás. Además de esto, como es necesario sacar y dejar las cajas alineadas en la zona de destino, se hace necesario contar con un sistema de desplazamiento en el que no sea necesario girar, por lo que se cuenta con un diseño de ruedas y servos que permite girar las ruedas para así no girar

Manuscrito enviado el 27 de Septiembre, 2010. Este trabajo ha sido posible gracias al financiamiento de la Universidad Técnica Federico Santa María, a través del Programa de Iniciativas Estudiantiles Académicas (PIE>A), por medio de su concurso I+D+i (Investigación, Desarrollo e innovación).

Jimmy Toro, es estudiante de Ingeniería Civil Electrónica del Departamento de Electrónica, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile, (e-mail: jimmy.toro@ieec.org). IEEE Student Member #90673396. Líder de equipo.

Domingo Sandoval, es estudiante de Ingeniería Civil Mecánica de la Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile, (e-mail: domingo.sandoval@alumnos.usm.cl).

Rodrigo Gregorio, es estudiante de Ingeniería Civil Informática de la Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile, (email: rgregorio@alumnos.inf.utfsm.cl).

todo el robot. Además posee seguidores de líneas, que permiten guiarse con las líneas de hinchas que hay en la arena.

Como se desea lograr el máximo puntaje, el autómatas posee un brazo mecánico extensible, capaz de agarrar varias cajas a la vez (todos estos sistemas se manejan con servos de giro continuo y sensores para el posicionamiento).

II. CONDICIONES DE NAVEGACIÓN

Unos de los principales problemas en robótica es la navegación. El constante posicionamiento no es trivial, está sujeto a la precisión y acumulación de errores de los sensores utilizados, además de los errores propios de la mecánica (imprecisión de los motores, derrape de las ruedas) y el efecto que puedan tener las variables ambientales.

El planteamiento de la competencia robótica, limita la cantidad de variables ambientales.

Para limitar los problemas propios de la mecánica y a la vez condicionar una disminución de la acumulación de errores de los sensores, es que se restringen los grados de libertad en la navegación, con un sistema de 4 ruedas con tracción individual y posibilidad de girar sobre sus propios ejes, con la intención de que el robot tenga sólo dos posibilidades de movimiento: adelante-atrás, derecha-izquierda. Si bien otros movimientos son soportados por el hardware, se realizan sólo en casos extremadamente necesarios.

Para el buen funcionamiento de este sistema son necesarias dos condiciones de construcción: que las ruedas sean capaces de girar en 90 grados sin dificultad, y un avance a velocidad constante e igual entre todas sus ruedas. Para que sus ruedas giren sin dificultad depende de detalles constructivos que se explican más adelante.

Para que anden a velocidad constante e igual entre ellas, depende de la retroalimentación desde cada una de las ruedas, y de las capacidades del hardware en términos de adquisición de datos. Es por esto que el control se realiza en lazo cerrado y sólo a nivel de hardware, es decir, los datos de medición necesarios para la velocidad constante de cada rueda, llegan hasta una unidad controladora, y no hasta la unidad de procesamiento central.

III. TARJETA PARA MANEJO DE SERVOMOTORES

Una de las inconveniencias de trabajar con motores es el

ruido electromagnético que estos producen, el que afecta directamente la etapa de control, más específicamente los microcontroladores.

Es por esto que para evitar este problema una buena idea es separar las fuentes de alimentación, una para la etapa de control y otra para una etapa de potencia.

Para poder hacer esta aislación se utilizan optocopladores, los que mediante señales infrarrojas son capaces de aislar eléctricamente una etapa de otra.

En síntesis el funcionamiento de este dispositivo es que el microcontrolador activa el led infrarrojo interno del optocoplador y este activa su fototransistor polarizando la resistencia conectada a este. La polarización de la resistencia y del diodo zener genera la señal de control del servomotor.

Se tuvo el cuidado de colocar un diodo zener de 5,1 [volts], ya que la señal de control de los servomotores funciona con niveles TTL, y la fuente de alimentación utilizada en este caso es superior a los 5 [volts] necesarios.

La tarjeta fue desarrollada para el manejo de diez servomotores.

IV. REGULADOR DE VOLTAJE PARA MICROCONTROLADOR

Una forma conveniente de tener una fuente de alimentación para el microcontrolador es a partir del puerto USB del Netbook. Por estándar este posee dentro de sus terminales un voltaje de 5 [volts], capaz de entregar una corriente de 500 [mA].

Es posible que tu navegador no permita visualizar esta imagen.

Como el microcontrolador requiere un voltaje de alimentación de 3,3 [volts] será necesario regular el voltaje suministrado por el puerto USB, para esto es que se construyó un circuito regulador.

Este circuito se basa en el uso del integrado regulador LM317, y los valores de los componentes externos fueron calculados para un voltaje de entrada de 5 [volts] y uno de salida de 3,3 [volts] mediante la fórmula característica del integrado.

Es posible que tu navegador no permita visualizar esta imagen. Es posible que tu navegador no permita visualizar esta imagen.

Los condensadores presentes en el circuito son para evitar posibles perturbaciones en el voltaje de entrada como en el de salida.

Una vez diseñado el circuito se realizó el PCB de este mediante software. La disposición de los componentes es la que se muestra a continuación:

Es posible que tu navegador no permita visualizar esta imagen.

Quedando el layer definitivo como:

$$V_{OUT} = 1.25V (1 + R2/R1) \quad (1)$$

V. DE LOS SENSORES

A. Medición de referencias en el ambiente de navegación

Para navegar, es necesario tener referencias, en con las cuales poder determinar la posición del robot.

Son muchas las alternativas existentes en el mercado, pero las escogidas para solucionar el problema planteado por LARC 2010, son las siguientes:

1) *Sensores de distancia*: Considerando ciertas referencias necesarias, para estar a una distancia correcta al sacar las cajas desde su posición en la zona de vendedores, es necesaria la medición de la distancia entre el robot y el objetivo.

Conforme a lo anterior, se han escogido medidores de distancia infrarrojos, por su bajo costo, fácil implementación y baja dispersión en la zona de medición.

2) *Sensores infrarrojos*: En el desafío planteado, son apreciables múltiples marcas en el escenario. Estas pueden ser detectadas con sensores infrarrojos, del tipo emisor-receptor.

Para realizar esta tarea, los sensores son montados a ras de suelo, tal que haya una distancia suficiente, para detectar las líneas en el piso.

3) *Encoders*: Conocer la posición exacta del autómatas se hace de vital importancia. Aún así esto es muy complejo, debido a errores de medición. Por lo anterior, se hace de gran importancia redundar en las mediciones realizadas, y/o hacer mediciones equivalentes que permitan tener varios criterios con los cuales definir la posición actual del robot.

En este sentido, y su bien los sensores 1) y 2), solucionan el tema de las distancias, se opta por medir la distancia avanzadas por las ruedas, para corroborar la posición. Para esto se utiliza un encoder incremental en cada una de las ruedas.

Conforme a lo anterior, se cuentan los pulsos enviados por los encoders, con lo cual es posible tener una estimación de la distancia recorrida por las ruedas.

También cabe mencionar, que el medir el recorrido de las ruedas, tienen otra función fundamental: calibrar la velocidad de las ruedas, para que el robot sea capaz de moverse en línea recta.

4) *Sensor de tacto*: Para la manipulación de objetos, resulta importante saber si el objeto a manipular está siendo tocado efectivamente.

Para completar esta tarea, se han utilizado sensores de tacto, que son tan sólo botones, que ofrecen poca resistencia al ser presionados.

Estos sensores son puestos en la extremidad manipuladora, y son presionados al tomar un objeto, con lo cual se tiene certeza de que se ha conseguido capturar el objetivo.

5) *CMUcam*: Identificar la posición de los objetos (las cajas en este caso), es fundamental. Debido a lo anterior, se ha decidido utilizar una *CMUcam*, para capturar imágenes.

A las imágenes se les aplican algoritmos, para generar una "visión artificial". En este caso lo que se desea detectar es el color y la forma de los objetos.

Con lo anterior se puede conocer la cantidad de objetos detectados y sus posiciones.

Un punto importante es la iluminación del lugar. Este factor es siempre variable, por lo cual se implementan algoritmos de filtraje, para no tener esta dependencia.

6) *Sensor de color*: Si bien la *CMUcam* detecta la posición y el color de los objetos, se hace necesario corroborar la veracidad de la medición.

Por lo anterior se implementa un sensor de color, en la extremidad manipuladora de objetos. Con este sensor se realiza una medición a corta distancia (un par de milímetros), con lo cual se asegura una medición libre de ruidos e interferencias, causadas por otras fuentes lumínicas.

VI. SISTEMA MECÁNICO, ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

A. Parte inferior

La base del robot se sustenta en la utilización de ruedas de 2,75" cada una, las que están conectadas directamente a un sistema de medición de movimiento continuo (encoders), y a dos motores que permiten el desplazamiento y as su vez la característica de omnidireccionalidad de cada rueda. A continuación en la Fig. 1 se muestra la rueda.

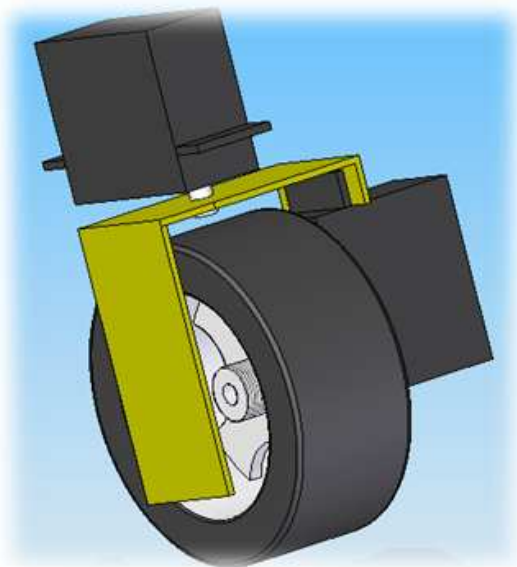


Fig. 1. Sistema de Ruedas

El sistema se asienta sobre 4 de estos sistemas (Fig. 2), los que le permiten avanzar paralelamente a cada superficie y girar.

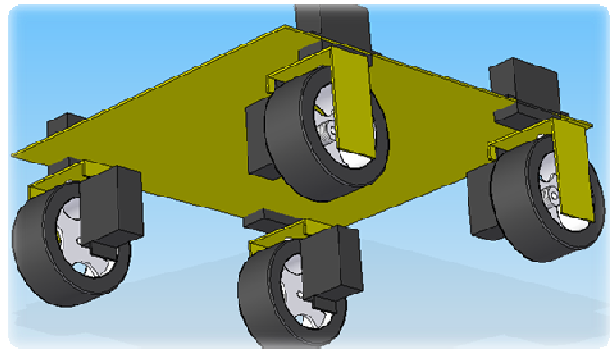


Fig. 2. Sistema de Soporte de Ruedas

B. Parte superior

Consiste en un brazo que simula los movimientos humanos de brazo, antebrazo y muñeca, gracias al uso de servomotores de giro continuo y alto torque, todo esto montado sobre una base especial que le entrega movilidad y completa autonomía, el cual se puede observar en la Fig. 3.

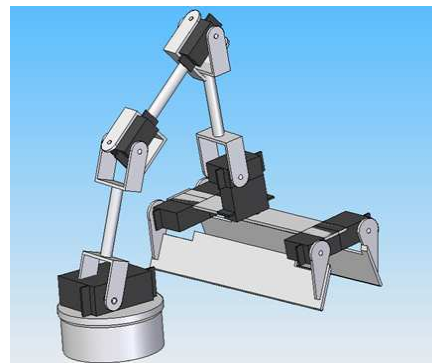


Fig. 3. Brazo Mecánico

El componente principal de este sistema se basa en conexiones de barras de aluminio y enganches de los motores (Fig. 4), junto con un sistema de pinzas que permite mover cada cubo de los vendedores, (Fig. 5).

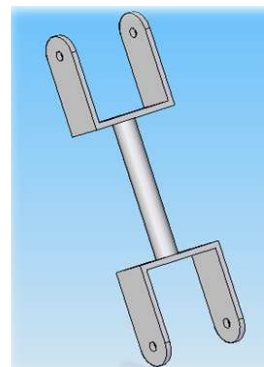


Fig. 4. Conexión de aluminio.

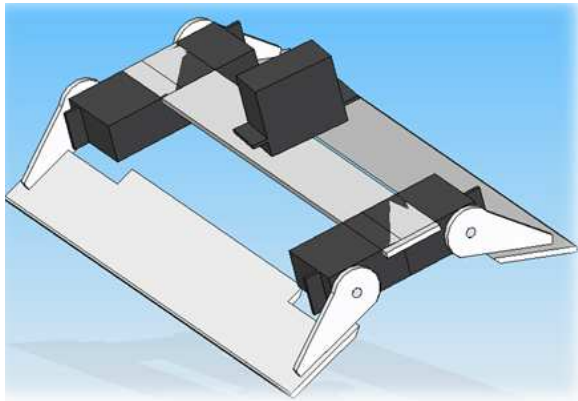


Fig. 5. Sistema de Gripper.

Las uniones con los motores permiten formar un brazo con 3 grados de libertad, que puede girar en 360°, como se observa en la Fig. 6.

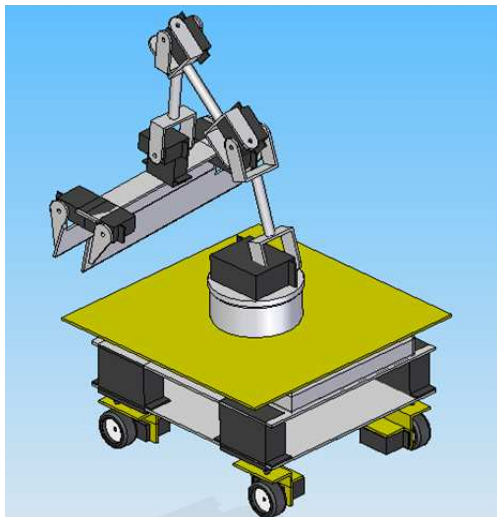


Fig. 6. Prototipo completo.

VII. SISTEMA DE VISIÓN

El sistema de visión se encargará en un primer momento de la orientación del robot indicándole la posición y la identificación de los productos en la zona de fabricantes, así como la ubicación del robot en una de las cuatro ubicaciones posibles de partida.

El sistema consiste en un filtrado de los frames recibidos desde una cámara, para luego detectar los productos según su color (Amarillo, Cyan, Magenta, Rojo y Verde), y finalmente establecer el orden en que se encuentran en la Zona de Fabricantes. De ésta manera se puede establecer las condiciones iniciales con las cuales se ejecutara el algoritmo de navegación.

Durante el tiempo que el robot este funcionando el sistema de visión se puede usar como referencia en el caso de desorientación del robot.

En la Fig. 7, se puede apreciar en resultado final del algoritmo, trabajando para detectar sólo tres colores, como muestra de su funcionamiento.

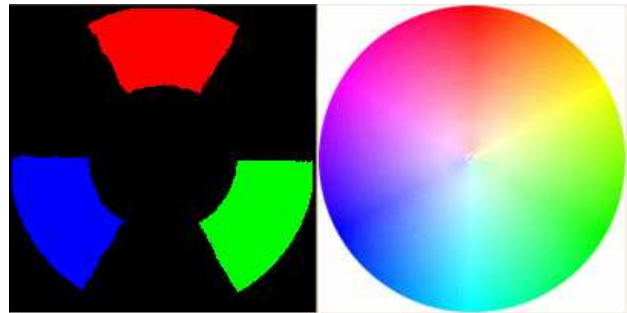


Fig. 7. Filtrado de Colores.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente artículo, agradecen el constante apoyo del Centro de Robótica de la Universidad Técnica Federico Santa María y a todos los integrantes que lo conforman, por ser siempre un gran apoyo, en los tres años de vida de esta iniciativa., ya sea con los espacios entregados o el apoyo en la investigación.