

Control inteligente de un robot manipulador para colocación de objetos

Fausto Freire Carrera

Universidad Tecnológica Equinoccial
ffreire@ute.edu.ec

Milton Molina Cadena

Universidad Tecnológica Equinoccial
xav.1@hotmail.com

Olga Chadrina

Universidad Tecnológica Equinoccial
olga.chadrina@ute.edu.ec

Recibido: 01 de septiembre / *Aprobado:* 30 de noviembre 2017

Resumen

En este artículo se presenta los resultados de la implementación de un sistema informático que controla un robot manipulador Mitsubishi Melfa RV2AJ, para identificar figuras geométricas de color rojo, recoger y colocar en sus contenedores correspondientes, utilizando visión artificial, con parámetros del entorno controlados. El reconocimiento de objetos y asociación con un contenedor específico se realizó utilizando elementos de inteligencia artificial, y las herramientas de desarrollo utilizadas fueron OpenCV y Qt Creator. Los resultados obtenidos de aciertos de reconocimiento y colocación de los objetos en los contenedores fueron del 98,25%, existiendo un error del 1,75% debido a la similitud entre los objetos de forma circular y octangular.

Palabras clave: manipulador, robótica, reconocimiento, visión artificial.

Abstract

This article presents the results of the implementation of a computer system that controls a manipulating robot Mitsubishi Melfa RV2AJ, which identifies, collects and place red geometric figures in their corresponding containers using artificial vision with controlled environmental parameters. Object recognition and association with a specific container was performed using artificial intelligence elements, and the development tools used were OpenCV and Qt Creator. The results obtained from successful recognition and positioning of the objects in the containers were 98.25%, with an error of 1.75% due to the similarity between circular and octagonal objects.

Keywords: manipulator, robotics, recognition, artificial vision.

Introducción

Los avances de la inteligencia artificial aplicados a ingeniería en la actualidad son impresionantes, en parte debido al incremento del grado de complejidad de los algoritmos, herramientas y sistemas de cómputo que se utilizan.

La amplia utilización de manipuladores robóticos en la industria cada año se incrementa. Según la Federación Internacional de Robótica (FIR) el año 2015 se vendieron 248.000 unidades que representa un incremento del 12% con respecto al año anterior, lo que supone un auge mundial en la automatización, se espera que para el 2018 unos 2,3 millones de unidades entren en funcionamiento (FIR, 2016).

Los avances en las tecnologías de la información, enfocados a internet de las cosas, dará como resultado la aparición de fábricas pequeñas e inteligentes que permitan alcanzar altos estándares de producción flexible y rentable, esto obliga a que se incorporen sistemas de visión artificial, que garanticen una producción de calidad y niveles de seguridad, por esta razón surge la necesidad de integrar la visión artificial, con sistemas de control inteligente a los manipuladores robóticos.

Los sistemas de visión artificial permiten analizar, identificar y procesar, gran cantidad de información que pertenece al entorno de trabajo del manipulador, la información que se extrae corresponden a propiedades geométricas y tipos de materiales de los objetos, esto sin la necesidad de integrar costosos dispositivos adicionales, lo cual permite que los manipuladores puedan interactuar con el entorno y los objetos (Gómez-Allende, 1994).

En esta investigación la posición del efector final del manipulador se determina mediante el análisis de las imágenes obtenidas por una cámara acoplada a un extremo del manipulador.

Este tipo de control inteligente puede ser utilizado sobre líneas de producción en las que se requiera implementar un sistema de calidad o de clasificación.

La implementación de sistemas de control visual, por ejemplo en una industria, permitiría agilizar procesos, aumentar la productividad y reducir costes, dependiendo de la función que cumpla el sistema implementado.

Materiales y métodos

La metodología mecatrónica fue implementada para el desarrollo del trabajo y se compone de los siguientes elementos: análisis de requerimientos, desarrollo de los diseños, prototipo virtual, prototipo físico, pruebas y mantenimiento del sistema.

Para cumplir con los requerimientos del proyecto fue necesario considerar los siguientes aspectos:

El programa de reconocimiento artificial debe adquirir y clasificar la imagen del objeto acorde a su geometría, además de traducir la posición inicial y la final donde debe ser colocado el objeto en coordenadas físicas reales.

- La traducción de píxeles a una cantidad de medida real debe regirse por una resolución que permita tener una posición exacta del objeto, minimizando el error al trasladarlo de una posición a otra.
- El sistema de control para el posicionamiento del manipulador debe realizar la conversión de las coordenadas adquiridas por visión artificial en posiciones angulares para cada articulación como requerimiento para efectuar la cinemática de 5 grados de libertad presentes en el brazo robótico.

Robot manipulador

En la figura 1 se observa el robot angular de brazo articulado Melfa RV2AJ, diseñado para la manipulación y transporte de objetos. La estructura está compuesta de elementos rígidos conectados por uniones de rotación en una cadena cinemática abierta, la carga máxima en el extremo final es de 2 kg.

La estructura está compuesta por servomotores de corriente alterna que realimentan al sistema mediante codificadores de posición absoluta, lo que permite a la controladora conocer la velocidad de desplazamiento y la posición de cada articulación presentando una variación de ± 0.02 mm en la precisión final de todo el sistema.

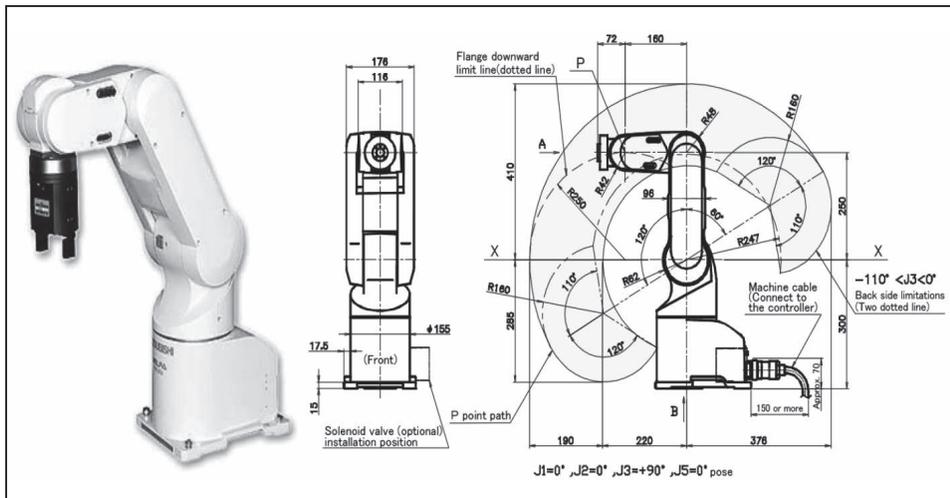


Figura 1. Robot Melfa RV2AJ (Mitsubishi Electric, 2001).

Las características del manipulador melfa RV2AJ permiten que tenga un rango de trabajo amplio, lo cual es necesario en este proyecto para posicionar el efector final a una altura adecuada para determinar la forma del objeto y la posición donde este será colocado.

Para este proyecto no se considera la velocidad de traslación del objeto como una variable requerida, únicamente se evidencia la eficiencia de traslación y la precisión para colocar el objeto en una posición final.

Para efectuar el movimiento del manipulador y controlar la posición y la orientación del efector final, se utilizó la cinemática inversa (resolución geométrica) figura 2, que permitió encontrar el valor angular para cada articulación, partiendo del conocimiento de las coordenadas donde debía ubicarse el efector final del manipulador.

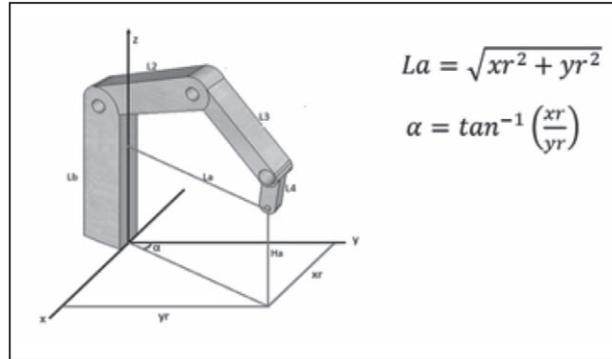


Figura 2. Ubicación espacial efector final.

Para obtener los valores de x_r , y_r se utilizó visión artificial y de esta manera reconocer la forma del contenedor del objeto y adquirir las coordenadas del centro. Esto convierte a la cámara colocada en el extremo del robot en un sensor de posicionamiento, de las imágenes capturadas se realiza la traducción de píxeles a medidas reales obteniendo así las coordenadas para posicionar el efector del robot

Para realizar el cálculo geométrico que describa la cinemática del manipulador se considera que el movimiento se restringe a la posición que muestra la figura 3, es decir las articulaciones se encuentran en un rango angular positivo, porque la tarea que realiza el robot es manipular objetos en el plano (x, y).

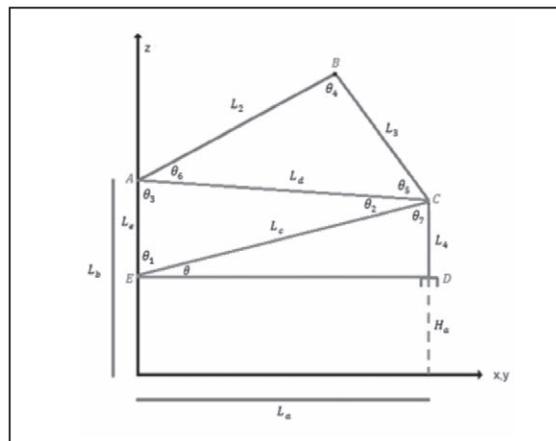


Figura 3. Configuración geométrica de movimiento.

Reconocimiento de formas

En esta etapa ingresan dos imágenes preprocesadas las cuales contienen por separado la información de la forma del objeto que será manipulado por el robot y las formas de los contenedores destino, figura 5.



Figura 5a. Objeto a ser manipulado.



Figura 5b. Contenedor.

Posteriormente se extraen los momentos invariantes de Hu de cada imagen, para encontrar los parámetros propios correspondientes a las geometrías que describen a cada uno.

Los momentos invariantes pueden ser considerados como un promedio ponderado de los píxeles de una imagen, a partir de los momentos geométricos que presentan características de varianza ante la rotación y escalamiento.

Donde μ_{pq} es el momento geométrico de orden $(p+q)$, $f(x,y)$ es el valor del pixel en la posición (x,y) de la imagen y (\bar{x},\bar{y}) es el centroide de la misma. A partir de estos momentos se obtiene un momento de orden $(p+q)$ que es invariante al escalamiento. Al obtener como resultado una matriz en la que consta los momentos para todas las imágenes segmentadas se realiza una diferencia ponderada para elegir qué valor es el más cercano al objeto a manipular, de esta manera se obtiene un solo valor porcentual próximo que relaciona dos geometrías cumpliendo con la asociación de objetos.

$$n_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{1 + \frac{p+q}{2}} \mu_{00}$$

En la figura 6a, se puede apreciar la imagen del contenedor y del objeto (triángulo con punto en el centro) a ser colocado; en la figura 6b, se puede apreciar el reconocimiento que realiza el sistema definiendo la forma y posición en el contenedor.

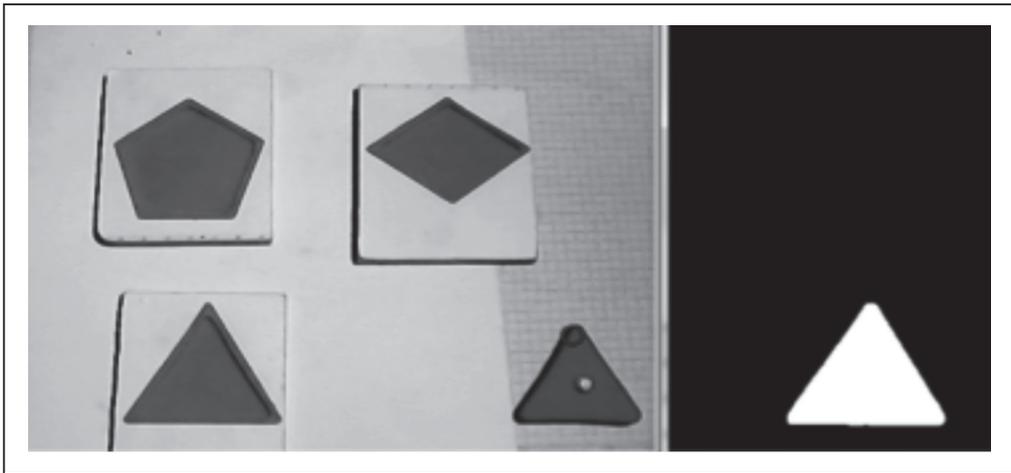


Figura 6a.

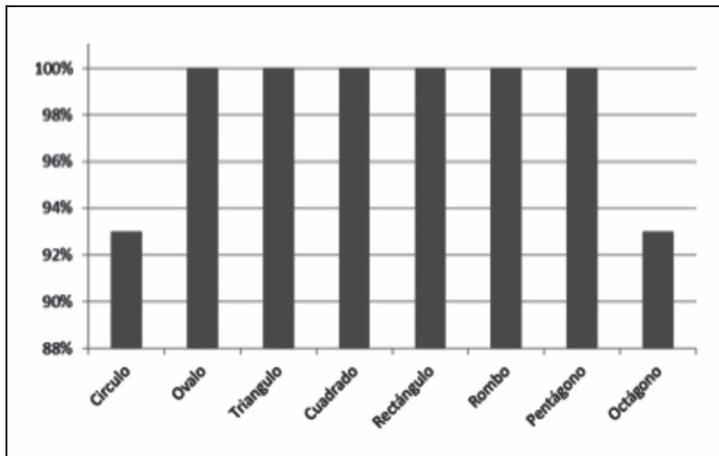
Figura 6b.

Resultados

En la tabla 1 se presenta los resultados del reconocimiento con diferentes objetos. Existe un error de reconocimiento correspondiente al 1,75%, entre los objetos de forma circular y los de forma octangular, es decir aproximadamente un error por cada 14 aciertos, lo cual demuestra la efectividad del proceso propuesto, con los demás objetos el reconocimiento es del 100%.

Tabla 1. Resultado de pruebas de reconocimiento

Formas geométricas	Intentos	Aciertos
Círculo	15	93%
Óvalo	15	100%
Triángulo	15	100%
Cuadrado	15	100%
Rectángulo	15	100%
Rombo	15	100%
Pentágono	15	100%
Octágono	15	93%

**Figura 7.** Resultados de reconocimiento.

Conclusiones y recomendaciones

La implementación de sistemas inteligentes de control sobre manipuladores articulados permite realizar tareas complejas repetitivas a base de un conocimiento experimental sin la necesidad de la intervención de un agente externo de control.

La efectividad en cuanto al reconocimiento de formas depende de la calidad de imagen obtenida tanto en la etapa de pre-procesamiento y acondicionamiento como también de la etapa de extracción de características, conservando la menor cantidad posible

de ruido ya sea este inducido por el entorno o por los algoritmos de procesamiento.

El porcentaje de aciertos del sistema es del 98,25%, existiendo problemas de reconocimiento entre el octágono y el círculo.

El momento de Hu es un buen instrumento matemático para realizar reconocimiento de objetos.

Referencias

Federación Internacional de Robótica (2016). www.fir.com

Gómez-Allende, D. M. (1994). *Reconocimientos de formas y visión artificial*. Addison-Wesley Iberoamericana.