

OBJECTS RECOGNITION FOR MOBILE ROBOTICS

*Johann Osma¹, Alvaro Varela², Fredy Segura³, Antonio García⁴
{j-osma¹, al-varela², fsegura³, angarcia⁴}@uniandes.edu.co*

CMUA, Universidad de los Andes, Colombia

ABSTRACT

Object recognition is one of the challenges of the systems at the present time, there are many systems that involve image processing for making up this process. Although there are some industry and investigation cases where is not an option the use of graphic recognition systems and is necessary the use of new methods for this intention.

Having a system coherent with mobile robotics, able to test various characteristics of a specific object, excluding the use of images, and using neural networks, fuzzy vector spaces and probabilistic techniques, we have obtained a device capable to characterize an object.

After this characterization, the device has the ability to compare the obtained data with an evolutionary bank memory, dependent on the previously known objects, and determine if the test object can be consider as a known object, or in the contrary to identify it like a new object and add to its memory bank.

RESUMEN

El reconocimiento de objetos es uno de los retos de los sistemas en la actualidad, existen muchos sistemas que se basan en el tratamiento de imágenes para llevar a cabo este proceso. Sin embargo existen campos en la industria y la investigación en los cuales se ve restringido el uso de reconocedores gráficos y es necesario la inclusión de nuevos métodos de reconocimiento.

Al contar con un sistema coherente con la robótica móvil, capaz de sensor varias características de un objeto determinado, excluyendo el uso de imágenes, y utilizando redes neuronales, espacios vectoriales difusos y técnicas de probabilidad, hemos obtenido un dispositivo capaz de caracterizar un objeto.

Posterior a esta caracterización, el dispositivo está en la capacidad de comparar la información obtenida con un banco de memoria evolutiva, dependiente de objetos conocidos con anterioridad, y determinar si el objeto sentido puede considerarse como algunos de los objetos ya conocidos, o por el contrario identificarlo como un nuevo objeto y añadirlo a su banco de memoria.

RECONOCIMIENTO DE OBJETOS PARA ROBOTICA MOVIL

Johann Osma¹, Alvaro Varela², Fredy Segura³, Antonio García⁴
{j-osma¹, al-varel², fsegura³, angarcia⁴}@uniandes.edu.co

CMUA, Universidad de los Andes, Colombia

RESUMEN

El reconocimiento de objetos es uno de los retos de los sistemas en la actualidad, existen muchos sistemas que se basan en el tratamiento de imágenes para llevar a cabo este proceso. Sin embargo existen campos en la industria y la investigación en los cuales se ve restringido el uso de reconocedores gráficos y es necesario la inclusión de nuevos métodos de reconocimiento.

Al contar con un sistema coherente con la robótica móvil, capaz de sensar varias características de un objeto determinado, excluyendo el uso de imágenes, y utilizando redes neuronales, espacios vectoriales difusos y técnicas de probabilidad, hemos obtenido un dispositivo capaz de caracterizar un objeto.

Posterior a esta caracterización, el dispositivo está en la capacidad de comparar la información obtenida con un banco de memoria evolutiva, dependiente de objetos conocidos con anterioridad, y determinar si el objeto sensado puede considerarse como algunos de los objetos ya conocidos, o por el contrario identificarlo como un nuevo objeto y añadirlo a su banco de memoria.

1. INTRODUCCION

Las redes neuronales y los algoritmos genéticos son utilizados con frecuencia para el reconocimiento de patrones en distintas áreas. A pesar de ello no es frecuente encontrar redes neuronales trabajando para caracterizar propiedades de un objeto, esto hace que sea interesante demostrar que estos algoritmos, operando en conjunto con otro tipo de algoritmos de comparación y probabilidad, sean capaces de lograr el reconocimiento de un objeto en particular, hallando su forma bidimensional, ancho, temperatura y composición cromática sin que estas características sean dependientes unas de otras.

2. MEDICION DE LOS OBJETOS

En nuestro caso, se toman cinco mediciones físicas por cada lado del objeto, tratando de hormarlo, y así poder alimentar una red neuronal que identifica la forma con ocho formas básicas, que a su vez no son excluyentes una

de otra, es decir, un objeto puede ser catalogado con dos o más formas básicas para describir su anatomía.



Figura 1: Mano izquierda del robot hormando un objeto.

Para este fin, se cuenta con dos manos de cinco dedos retráctiles cada una, que permiten la detección de la forma bidimensional del objeto. Además de estos sensores, existen otros dos que determinan el ancho del objeto, que puede ser: delgado, ancho o un termino medio. Otras mediciones realizadas son la de temperatura, que se encuentra acoplada a uno de los dedos del dispositivo que entra en contacto directo con el objeto y un juego de luces y fotoresistores con filtros capaces de alimentar otros algoritmos, para detectar los posibles colores que componen al objeto. El dispositivo puede catalogar el color del objeto por medio de ocho colores básicos y tres niveles de temperatura, que comparten similitudes con la forma bidimensional y el ancho explicado con anterioridad.

3. ALGORITMOS DE RECONOCIMIENTO

Para llevar a cabo el reconocimiento de los distintos patrones medidos, el dispositivo cuenta con un pequeño procesador de 8 bits, que cuenta con una librería suficiente para trabajar flotantes de 24 bit en varias operaciones matemáticas. Utilizando esta librería se desarrollaron varios algoritmos para clasificar cada una de las características.

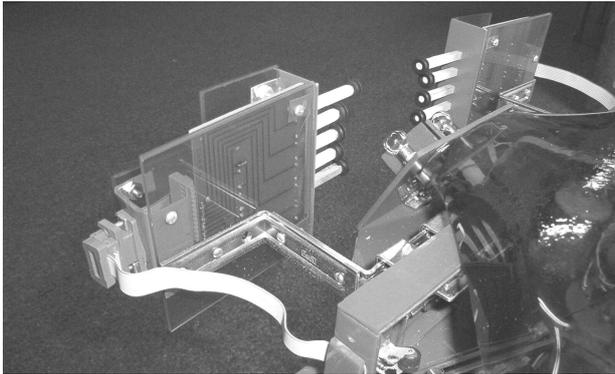


Figura 2: Vista posterior de las manos del robot.

El primero de estos algoritmos lo comprende una red neuronal alimentada por cinco entradas análogas, que han sido previamente discretizadas y normalizadas de cero a cinco, para determinar la forma o formas que mejor se adapten a las mediciones. Esta red está comprendida por una arquitectura Feed-Forward de dos capas, con cinco neurodos en la capa intermedia y ocho neurodos en la capa de salida.

Esta red es alimentada dos veces durante el proceso de reconocimiento; la primera vez con la información proveniente del lado izquierdo del objeto, y la segunda vez con la información proveniente del lado derecho. El resultado de este proceso se almacena en dos bytes de información.

El segundo proceso que se lleva cabo consiste en la detección de colores. Este algoritmo está representado en comparaciones de espacios vectoriales difusos con tres datos análogos que han recibido el mismo proceso de normalización anteriormente mencionado. Los espacios vectoriales fueron determinados utilizando dos procesos diferentes para evitar fallas.

El primero de estos procesos fue llevado a cabo por una pequeña red neuronal que determinó ocho espacios vectoriales distinguiendo cada color en particular. Estos ocho colores los comprenden: el blanco, el negro, los colores primarios (amarillo, azul y rojo), y los colores secundarios (naranja, verde y violeta). Utilizando esta información como base, se hicieron pruebas manuales comparando la información obtenida en pruebas con objetos de estos colores, y realizando tablas que determinarían los rangos que ofrecían los fotoresistores para cada color. Finalmente se unió esta información para determinar espacios vectoriales que se superponen unos a otros, y donde cada uno de estos representa a uno de los ocho colores básicos descritos.

La información que se obtiene de la comparación de los espacios vectoriales de colores con los datos obtenidos del objeto, es almacenada en un byte de información.

Los últimos dos procesos de caracterización del objeto son los correspondientes al ancho y a la

temperatura del objeto. Para estos dos casos, los algoritmos son más sencillos debido a las limitantes físicas del dispositivo para interactuar con objetos de ancho mayor a diez centímetros o temperaturas elevadas, por encima de los 50 °C o por debajo de los 0 °C.

Estos dos procesos se llevan a cabo por medio de comparación directa de datos análogos discretizados y normalizados con valores equiprobables de cada uno de ellos. Para el caso de la temperatura, el objeto puede ser frío, tibio o caliente. Esta medición análoga es discretizada y normalizada con el uso de un ADC. La anchura se lleva a medir por medio de la suma de dos valores discretizados y normalizados, que provienen de cada mano del dispositivo, y que luego se comparan para determinar si el objeto es delgado, mediano o ancho. La información de estas dos características es almacenada en cuatro bits.

La información resultante del objeto, que se encuentra almacenada en 28 bits, es luego comparada con la información encontrada de objetos conocidos con anterioridad por el dispositivo.

4. COMPARACION DE OBJETOS

El algoritmo llevado a cabo para la comparación de objetos es aunque extenso bastante sencillo. Se basa primordialmente en la lectura de un espacio de memoria del programa, del microprocesador utilizado, que es destinada únicamente para el almacenamiento de la información de los distintos objetos conocidos. En la actualidad ese espacio de programa permite el almacenamiento de 1.024 objetos diferentes, sin embargo puede ser ampliada para 2.048 objetos.

Cuando uno de los campos está vacío, es decir ningún objeto ha sido almacenado ahí, está lleno de unos lógicos. De esta forma, si el algoritmo encuentra que la posición del objeto que está leyendo está en unos, determina que no encontró ningún objeto que cumpla con las características del objeto sentido y por tanto este es un objeto nuevo.

Si por el contrario el campo no está vacío, el programa compara uno a uno los bits de información correspondiente al objeto que tiene en memoria, con la información proveniente de la caracterización del objeto presente. Para el caso actual, si el objeto difiere en más de un 3.5% del objeto almacenado en memoria, se considera que no son el mismo objeto. Este porcentaje está determinado por un bit de diferencia entre los 28 que representan a cada objeto. Este porcentaje puede ser cambiado en proporciones de $n/28$, donde n corresponde al número de bits en que pueden diferir objetos que se quieran considerar iguales. Este porcentaje es fijado por el programador del dispositivo de manera sencilla simplemente cambiando una constante en el programa.

En caso que la comparación sea exitosa, el dispositivo identificará el objeto con uno ya conocido y mostrará el número del objeto a través de una pantalla numérica que el

mismo posee. Si el objeto fue identificado como nuevo, el número que se mostrará corresponderá a la primera posición vacía donde se almacena la información del objeto presente para futuras comparaciones.

Es importante notar que solo se puede observar el número del objeto y un indicador si es o no nuevo el objeto. La información correspondiente al objeto puede ser vista únicamente leyendo el campo de la memoria destinado al almacenamiento de la información de los objetos.

5. SENSORES Y MONTAJE MECANICO

El dispositivo no solo comprende una parte electrónica importante sino también un montaje mecánico que posibilita la adquisición de dato de un objeto. Este montaje mecánico se ha caracterizado por el uso de materiales de bajo peso, motores D.C, sensores fabricados a partir de dispositivos electrónicos discretos haciéndolo un montaje de bajo costo.

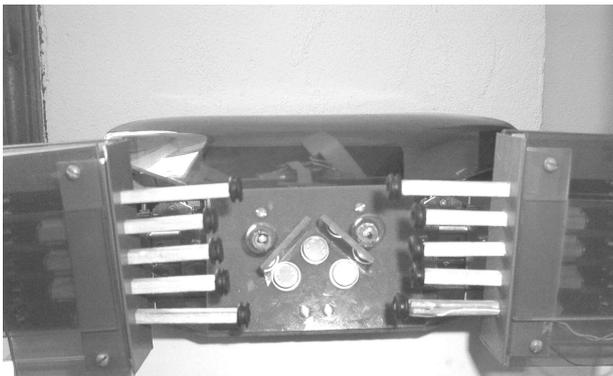


Figura 3: Posición inicial de los brazos. Vista frontal.

Para poder hornear el objeto, es necesario el uso de dos partes móviles que se acerquen al objeto y que a su vez posean partes móviles capaces de desplazarse para construir la forma complementaria de esta.

La información sobre la forma bidimensional del objeto se realiza por medio de resistencias variables que determinan un valor eléctrico para cada posición de cada dedo de las manos. Para poder llevar los dedos al contacto inicial con el objeto, las manos poseen un riel que les permite moverse en línea recta hasta el objeto, como dos puertas de elevador intentando cerrarse. Este movimiento de las manos está a cargo de dos motores D.C. alimentados con un voltaje de 7.5 V y un amperaje aproximado de 1.5 A.

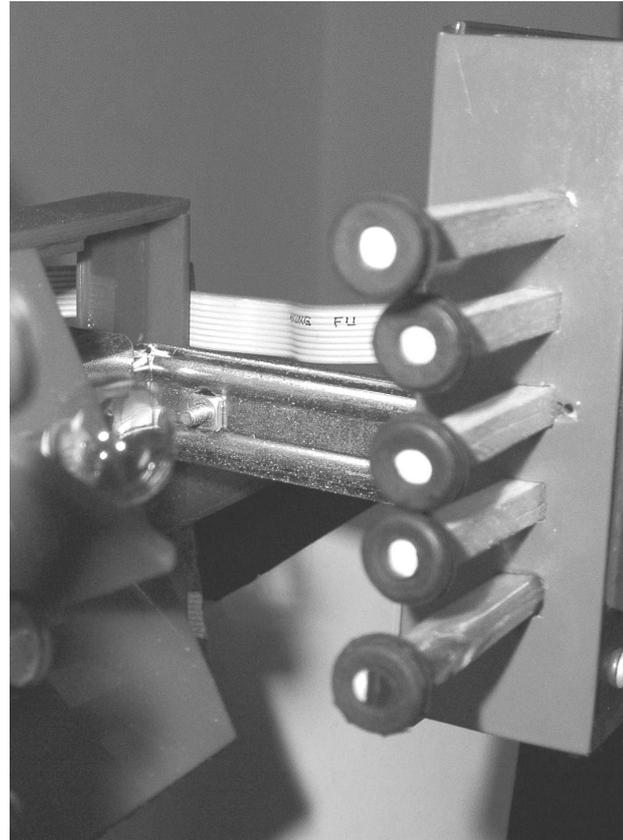


Figura 4: Sensor de temperatura acoplado al último dedo

En uno de los dedos de la mano izquierda se encuentra acoplado un sensor de temperatura cuya salida es amplificada por medio de un amplificador operacional (LM358) en un factor de diez. Finalmente en la cabeza de nuestro montaje, se encuentran dos bombillas de luz blanca cuya función es iluminar el objeto y así recibir la luz reflejada por este por tres medio de los tres fotoresistores, que poseen filtros de colores en su superficie para poder identificar la composición cromática del objeto.

Todos los circuitos dentro del dispositivo, esto incluye sensores, circuitos integrados, luces y el microprocesador, están alimentados con un voltaje constante de 5 V. La fuente de alimentación tanto para motores (7.5V) como para los circuitos (5V) es provista por una batería de 12 V, 2.2 A/h, cuya duración de carga completa es de 20 horas y se encuentra localizada en la parte posterior del dispositivo robótico.

6. LIMITANTES

El dispositivo robótico, llamado TAREA, posee varias limitaciones. La primera de ellas es referente al tamaño de los objetos con los que puede interactuar. El diámetro

máximo de los objetos es de diez centímetros, y el mínimo es de unos pocos milímetros, sin embargo la altura de los objetos debe ser mínimo de unos siete centímetros para que el reconocimiento de forma bidimensional sea exitoso.



Figura 5: Robot identificando un objeto circular.

Por otro lado la zona de contacto con los objetos está cubierta por un material de caucho, por esta razón las temperaturas demasiado altas pueden llegar a generar problemas para soltar después al objeto.

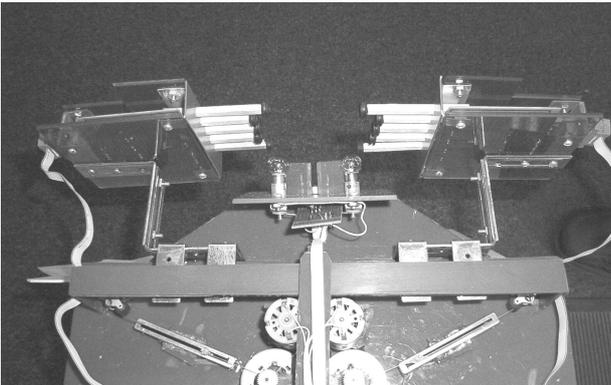


Figura 6: Sistema de apertura de brazos. Vista superior.

Para no llegar a romper involuntariamente un objeto que se quiera hornear, la fuerza de los motores que desplazan las manos está reducida a través de una banda elástica que le permite a los motores seguir girando sin llegar a desplazar más las manos. Debido a esto, para objetos demasiado rígidos es posible que el movimiento de las manos se vea truncado de vez en cuando.

No existen otras limitantes del robot frente a características de los objetos a analizar, después de todo el robot no está diseñado para levantar los objetos sino para hornearlos, permitiéndole interactuar con objetos pesados, siempre y cuando estos estén sobre una superficie que los mantenga en reposo.

Para terminar, TAREA no es capaz de encontrar objetos por sí mismo, es necesario la operación de un piloto por medio de un teclado que lo posicione de forma

correcta y luego le de las operaciones para cerrar las manos e identificar al objeto.

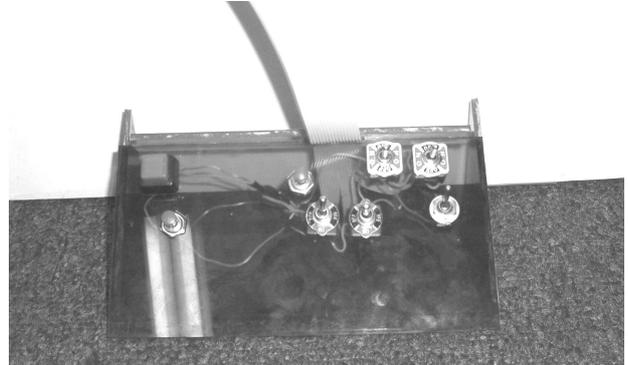


Figura 7: Teclado de operación del robot.

7. RESULTADOS

Se han realizado varias pruebas con los mismos objetos y se ha determinado que un porcentaje del 3.5% en la varianza del objeto no es suficiente para llevar a cabo procesos de control de calidad seguro. Con una varianza permitida del 7% en las características de los objetos, se puede utilizar este robot para estos fines.

Para este propósito, se utilizaron tres objetos diferentes, todos correspondientes a cristalería. Estos tres objetos poseían características similares en cuanto a color, ancho temperatura y forma. Después de varias pruebas, reconociendo los objetos a distintos momentos del día y la noche, así mismo como en distintas locaciones, se llegó a diferenciar el objeto uno, de los otros dos, con una única falla en más de cincuenta intentos, es decir, con una calidad del 98% en la confiabilidad del robot para su uso como sistema de control de calidad.

Por otro lado, si lo que se busca es analizar el aprendizaje del robot con distintos objetos, aislándolo de procesos repetitivos de reconocimiento, como es el caso del control de calidad, un porcentaje del 3.5 en la varianza es un dato permitido y aceptado con un de confiabilidad de más del 85% en el reconocimiento de un mismo tipo de objeto. Es decir, se pueden asociar cubos azules de diversos tamaños, como un solo objeto. Esto nos permite prever un aprendizaje y no una memorización de los objetos. Para la comprobación de estos resultados se utilizaron más de diez objetos con características similares, en algunos casos era el mismo objeto con variaciones de hasta un 20% en su tamaño. El robot los asoció con objetos ya conocidos que eran más grandes y poseían las mismas características en cuanto a color, anchura y temperatura se refiere. Se encontró además que era posible que se diferenciaron dos tipos de objetos, que nosotros considerábamos de un solo tipo, debido a su

anchura. Por esta razón se consideró que una varianza del 3.5% no era suficiente para un control de calidad estricto.

8. CONCLUSIONES

Este proceso de reconocimiento y aprendizaje nos permite pensar en nuevas formas de asociar objetos, sin tener que estar ligados a procesos de memorización, que nos apartan de una interacción constructiva entre un dispositivo robótico y el medio con el cual interactúa.

Por otro lado se plantea una solución para el reconocimiento de patrones en objetos, que puede ser utilizado en procesos como el control de calidad, exploración o cualquier situación en la cual el tratamiento de imágenes no sea una alternativa viable.

El reconocimiento a través de la forma bidimensional, y características como los colores, la temperatura y el ancho de un objeto, son suficientes para llevar a cabo un proceso efectivo de selección de objetos. Además, algoritmos que se reestructuren dependiendo de su propia experiencia nos brindan la oportunidad de modelar como la interacción puede hacer evolucionar positivamente un proceso que en muchos casos es repetitivo como lo es un sistema para el control de calidad.

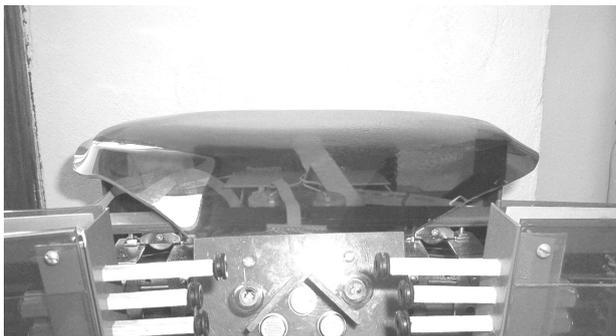


Figura 8: Vista frontal. Se aprecian las manos y los fotodiodos del robot.

9. EL AUTOR

Johann Osma es estudiante de décimo semestre de Ingeniería Electrónica en la Universidad de los Andes. Ha

trabajado en proyectos de Redes Neuronales desde el año 2001 y cuenta con una experiencia de más de cuatro años en programación. Actualmente se desempeña como investigador del Centro de Microelectrónica de la Universidad de los Andes (CMUA).

10. REFERENCIAS

- [1] S. Caselli, C. Magnanini, y F. Zanichelli, "Haptic Recognition with a Dextrous Hand Based on Volumetric Shape Representation", *Università di Parma*, 1994.
- [2] S. Caselli, C. Magnanini, F. Zanichelli, y E. Caraffi, "Efficient Exploration and Recognition of Convex Objects Based on Haptic Perception", *Università di Parma*, 1996.
- [3] B. Beccari, S. Caselli, y F. Zanichelli, "Pose-Independent Recognition of Convex Objects from Sparse Tactile Data", *Università di Parma*, 1997.
- [4] G. Looney, "Pattern Recognition using Neural Networks", *Oxford University Press*, 1997.
- [5] F. Testa, "Floating Point Math Functions", *FJT Consulting*, MicroChip.
- [6] F. Testa, "Fixed Point Routines", *FJT Consulting*, MicroChip.
- [7] F. Testa, "Compliant Floating Point Routines", *FJT Consulting*, MicroChip.
- [8] Microchip Group, "PIC16F877 Datasheet", MicroChip Website.
- [9] F. Cady, "Microcontrollers and Microcomputers", *Oxford University Press*, 1997.
- [10] S. Chapman, "Electric Machinery Fundamentals", *Mc Graw Hill*, 2000.
- [11] B. Kuo, "Automatic Control Systems", *Prentice Hall*, 1995.
- [12] A. Restrepo, "Fundamentos de la Teoría de Señales y Sistemas", *Universidad de los Andes*, 2000.