

Inspección Visual Automática del Envasado de Píldoras

Rafael Valencia Carreño y Alfredo Santana Díaz

*Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Toluca.
Eduardo Monroy Cárdenas #2000, San Antonio Buenavista.
Toluca, Edo. De México CP. 50110 Tel: (722) 2799990
{a00788663, asantana}@itesm.mx*

Resumen. En este artículo se describe una metodología de procesamiento de imágenes, para llevar a cabo la inspección visual automática de productos, orientada hacia aplicaciones de inspección en las que sea conveniente el uso de discriminación de color sin restricciones de precisión. La metodología se emplea en una aplicación de software que realiza la inspección del envasado de píldoras en un blíster –determina el número de píldoras de un color específico y estima la redondez. Las etapas de la metodología comprenden a la adquisición de la imagen –a través de una cámara Web–, el filtrado espacial, la segmentación de color mediante el matiz, el filtrado morfológico, el etiquetado de regiones y la extracción de características. Los resultados de las pruebas realizadas bajo condiciones de operación controladas, como iluminación, siempre fueron correctos.

Palabras clave: Inspección Visual Automática, Procesamiento de Imágenes, Segmentación de Color, Etiquetado de Componentes Conexos.

1 Introducción

En el presente trabajo se propone una metodología de procesamiento de imágenes para llevar a cabo la inspección visual automática de productos, en aplicaciones donde no se requiere discriminar colores con precisión, con el propósito de reducir el costo monetario. La metodología propuesta es empleada en una aplicación de *software*, con el objetivo de realizar la inspección del envasado de píldoras en un *blister*.

Con base en una imagen del *blister*, la aplicación determina si el recipiente contiene el número correcto de píldoras de un color específico –se eligió, para este caso, de color verde– y estima la redondez de cada píldora en el *blister* –obtiene área y perímetro. El *blister* puede estar en cualquier posición dentro del cuadro, lo que hace a la aplicación invariante ante rotaciones o traslaciones del producto.

La adquisición se hace por medio de una cámara de bajo costo –cámara Web– y los algoritmos de procesamiento de imágenes fueron escritos en lenguaje C e implementados en Visual C++ 6.0.

Se establecieron las siguientes condiciones de operación: iluminación blanca, cámara fija, distancia entre la cámara y el objeto de inspección también fija y fondo sin objetos que tengan el mismo color que el de las píldoras de interés.

2 Estado del Arte

Tradicionalmente, en las tareas de inspección, se ha evitado el uso de cámaras a color debido a tres razones principales. Primero, muchos artefactos industriales comúnmente son monocromáticos; segundo, las cámaras monocromáticas tienen mejor resolución que las de color (las cámaras a color obtienen cada píxel mediante una interpolación en el patrón de Bayer); tercero, las cámaras a color son más costosas que las monocromáticas [1, 7]. Por otro lado, durante los últimos años, debido a los bajos costos de los sensores ópticos CMOS, han emergido aplicaciones que hacen uso de cámaras de bajo costo. En el trabajo de Escudero *et al.* [4] se enfrenta el problema del control de calidad del envasado de pastillas en blíster empleando una cámara digital. El sistema requiere de un fondo adecuado al tipo de píldoras. Para determinar si el blíster contiene el número adecuado de objetos, se emplea una imagen patrón del blíster con la cantidad correcta de pastillas.

3 Metodología usada

En la Fig. 1 se muestra un diagrama de bloques que resume el desarrollo metodológico.

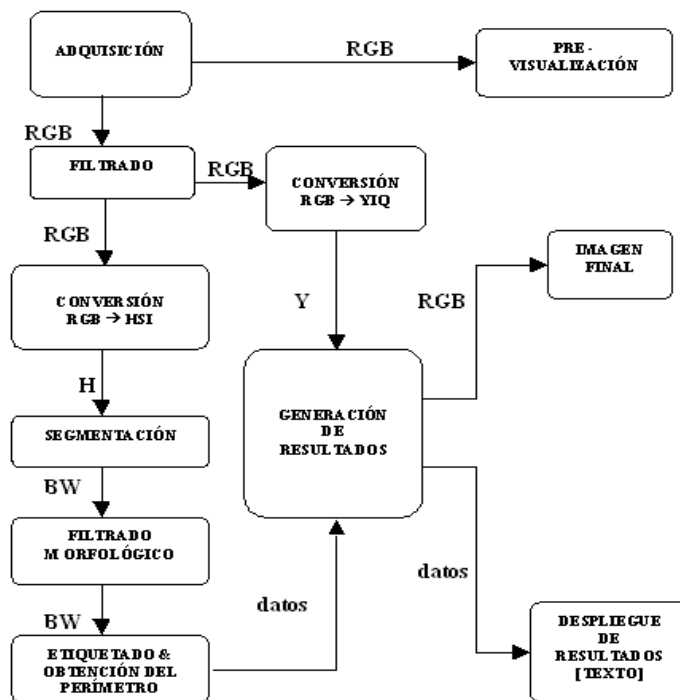


Fig. 1. Diagrama de bloques.

Inicialmente, una imagen –320x240, con profundidad de 24 bits– es adquirida de la escena. La imagen adquirida se muestra en pantalla y se pasa a las funciones de filtrado espacial. La imagen filtrada es segmentada y filtrada por medio de operaciones morfológicas. Posteriormente, los objetos de interés son etiquetados y se obtiene el perímetro de cada uno. Esta información es necesaria para la generación de resultados. Adicionalmente, para generar los resultados, se obtiene una versión de brillo de la imagen original.

Los resultados consisten en una versión en escala de grises (componente Y del espacio de color YIQ) de la imagen adquirida, con los objetos detectados enmarcados con un cuadro de color rojo, y en el despliegue del texto, que indica el número de objetos detectados y la redondez de cada una de las píldoras.

3.1 Filtrado espacial

En este proceso fueron empleados filtros de suavizado para eliminar ruido. Como este tipo de filtros hace borrosa a la imagen para eliminar el ruido [6], se buscó un tipo de filtro que conservara mejor la forma de los objetos. Se probaron tres alternativas: tres repeticiones de filtros pasa bajos lineales, cuya máscara (de 3x3) proporciona mayor peso al píxel central; tres iteraciones de filtros de mediana, con máscara de 3x3; y una combinación de los anteriores: dos filtros de mediana seguidos de un filtro pasa bajos. Cada una de las opciones fue evaluada por medio de un análisis de histograma y del error medio cuadrático. La opción elegida fue la que emplea únicamente filtros de mediana.

3.2 Segmentación

Dado que los objetos de interés consisten en píldoras verdes, cuya característica que los distingue del resto de los objetos es su matiz –se asume que no hay más objetos verdes en la escena–, cuando se separe a todos los objetos verdes del cuadro, se estará segmentado a todas las píldoras de interés. Por lo tanto, el proceso de segmentación se llevó a cabo en el espacio HSI, considerando únicamente a la componente de matiz (H).

El primer paso para segmentar a las imágenes consistió en la obtención del matiz a partir de las componentes RGB de la imagen. En (1) se expresa esta operación [6].

$$H = \cos^{-1} \frac{0.5[(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)(R - G) + (R - B)(G - B)}} , \quad (1)$$

Sin embargo, es posible simplificar la obtención del matiz. En (2) se muestra la fórmula de Bajon [12] para obtener el matiz a partir de las componentes RGB. En esta ecuación ya no son empleadas funciones trigonométricas.

Por su sencillez, (2) fue implementada para obtener el matiz. El resultado de (2) consiste en una imagen de matiz $H(x, y)$ cuyos píxeles están en intervalo de 0 a 1.

$$H = \begin{cases} \text{Acromático,} & \text{Si } R = G = B \\ H = \frac{G-B}{3(R+G-2B)}, & \text{Si } B = \min(R, G, B) \\ H = \frac{B-R}{3(G+B-2R)} + \frac{1}{3}, & \text{Si } R = \min(R, G, B) \\ H = \frac{R-G}{3(R+B-2G)} + \frac{2}{3}, & \text{Si } G = \min(R, G, B), \end{cases} \quad (2)$$

Así, el matiz correspondiente al color verde está, aproximadamente, entre 0.3 y 0.5. Una vez que se calculó el matiz, se obtuvo una imagen binaria $BW(x, y)$ mediante (3).

$$BW(x, y) = \begin{cases} 255, & \text{si } 0.3 \leq H(x, y) \leq 0.5 \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}, \quad (3)$$

En la Fig. 2 se muestran los resultados del proceso de segmentación. Se observa que en la imagen binaria existen píxeles blancos que no pertenecen a los objetos de interés; es decir, la imagen binaria presenta ruido. Sin embargo, este ruido puede ser eliminado mediante el filtrado morfológico.

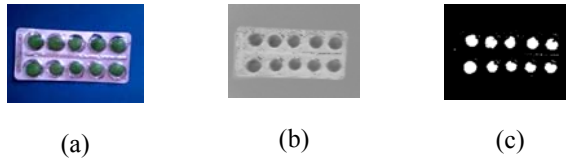


Fig. 2. (a) Imagen adquirida, (b) matiz y (c) segmentación de las píldoras.

3.3 Filtrado morfológico

Las operaciones morfológicas binarias buscan mejorar o clarificar la estructura de los objetos que han sido discriminados en una imagen binaria [2, 6]. En este proceso se limpia a la imagen binaria, obtenida en la segmentación, por medio de operaciones morfológicas binarias.

Fueron probados tres métodos de filtrado: tres erosiones con un elemento de estructura de 3×3 , apertura con un elemento de estructura de 3×3 y, por último, tres erosiones con un elemento de estructura de 3×3 , seguido de tres dilaciones con un elemento de estructura de 5×5 . Este último procedimiento fue empleado en el trabajo.

3.4 Etiquetado y cálculo de redondez

El objetivo principal del algoritmo de conexión es determinar si los píxeles forman parte de un objeto. El algoritmo implementado trabaja sobre la vecindad de un píxel para determinar cuáles de sus vecinos están conectados con él [8, 10].

El algoritmo implementado asume que hay grandes cantidades de memoria y puede etiquetar a todos los objetos de la imagen en dos barridos. Este algoritmo ayuda en situaciones en las que el número de regiones es pequeño o cuando se conoce previamente el número de regiones que se pueden presentar; así, es posible asignar únicamente la memoria necesaria para la aplicación. Dillencourt [3] presenta un algoritmo de etiquetado en forma óptima.

Adicionalmente al número de píldoras presentes en el *blister*, otra característica que fue extraída de la imagen fue una estimación de la redondez de las pastillas. Para obtener la redondez es necesario conocer el área y el perímetro de los objetos. El área se estima con los marcos de cada píldora; mediante el producto de la base por la altura. El perímetro se obtiene a través de un algoritmo de trazado de contornos. El algoritmo empleado fue el de trazado de vecindad de Moore [15].

4 Resultados Experimentales

Bajo condiciones normales de operación el programa siempre detectó el número correcto de píldoras y estimó adecuadamente su redondez. En la Fig. 3 se presenta la ventana de la aplicación implementada en Visual C++. En ella se muestra la imagen adquirida, a la izquierda, y la imagen procesada, a la derecha, con las píldoras detectadas enmarcadas en cuadros rojos. También se incluye un mensaje de texto en el que se resumen los resultados del procesamiento de la imagen: se indica el número de píldoras detectada en el *blister* y se despliega la redondez de cada una de ellas.

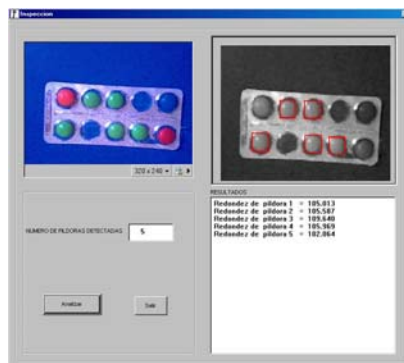


Fig. 3. Aplicación desarrollada en Visual C++

5 Conclusiones y Trabajos Futuros de Investigación

En el presente trabajo se propuso una metodología para realizar la inspección visual automática de productos que reduce el costo monetario mediante el uso de una cámara de bajo costo. Bajo condiciones normales de operación, el programa siempre detectó el número correcto de píldoras y estimó adecuadamente su redondez.

El trabajo puede ser extendido con otras técnicas de filtrado. Dado que la imagen adquirida con la cámara de bajo costo presenta ciertos problemas, es conveniente explorar otras técnicas de filtrado digital [13], como puede ser el uso *wavelets* [14] para el filtrado espacial. Asimismo, es conveniente incluir en la metodología cierta robustez ante cambios en el color e intensidad de la fuente de iluminación. Lo anterior podría lograrse por medio de una calibración dinámica de los colores, otros espacios de color (v. gr., CIELAB) o variaciones en los modelos de color [5, 9, 11].

Referencias

- [1] Batchelor, B., and P.F Whelan, *Intelligent Vision Systems for Industry*, Springer-Verlag London Ltd., UK. 2002.
- [2] Díaz de León, J. L., C. Yáñez Márquez, *Introducción a la morfología matemática de conjuntos*, IPN(CIC)-UNAM-FCE, México, 2003.
- [3] M.B.Dillencourt, H. Samet, M. Tamminen, "A General Approach to Connected- Component Labeling for Arbitrary Image Representations", *Journal of the ACM*, Vol. 39, No. 2, April 1992.
- [4] G. Escudero, J.C. Gómez. "Sistema de Control de Envasado por Procesamiento de Imágenes". *Packaging, Emma Fiorentino Publicaciones Técnicas*, Año 11, No 63, Enero – Febrero 2003.
- [5] G. Finlayson and G. Schaefer, "Hue that is invariant to brightness and gamma", School of Information Systems, University of East Anglia, UK, 2000.
- [6] Gonzales, R.C. and R. E Woods, *Digital Image Processing*, 2nd Edition, Prentice Hall, USA, 2002.
- [7] Graves, M. and B. Batchelor (Eds.), *Machine Vision for the Inspection of Natural Products*, Springer-Verlag London Ltd., UK, 2003.
- [8] Haralick, R.M and L.G. Shapiro, *Computer and Robot Vision, Vols. I and II*, Addison-Wesley, Reading, MA., USA, 1993.
- [9] Y. B. Lee, B. J. You, and S. W. Lee, "A real-time Color-based Object Tracking robust to Irregular Illumination Variations", *Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics & Automation*, Seoul, Korea 2001.
- [10] Pajares, G., J. M. De La Cruz, *Visión por computador: imágenes digitales y aplicaciones*, RA-MA. España, 2001.
- [11] J.B. Park, Y. Yoon, and A.C Kak, "A New Color Representation for Object Tracking under Non-white Illumination Conditions", *Robot Vision Laboratory*, Purdue University, USA, 2003.
- [12] Sangwine, S.G. and R.E.N. Horne (Eds.), *The Colour Image Processing Handbook*, Chapman & Hall, UK, 1998.
- [13] A. Santana-Díaz; N. Hernández-Gress; D. Esteve, "Digital filtering: application on the driver's impairment detection", *Intelligent Transportation Systems Proceedings*. 2000 IEEE 1-3 Oct. 2000.
- [14] A. Santana-Díaz; B. Jammes; D. Esteve; M.Gonzalez-Mendoza, "Driver hypovigilance diagnosis using wavelets and statistical analysis", *The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, 2002.
- [15] Toussaint, G., *Pattern Recognition Course Notes: Grids, connectivity and contour tracing*, McGill University Montreal, Quebec, 1997.