

INSPECTOR DE CAJAS DE BOTELLAS VACÍAS PARA LÍNEAS EMBOTELLADORAS

INSPECTION OF EMPTY BOTTLE CRATES AT BOTTLING ASSEMBLY LINES

Jorge A. Del Carpio Salinas, Frank Hun Choo, Ronald Martínez Chunga

RESUMEN

Debido al evidente problema que hay en las empresas embotelladoras, es recomendable realizar un sistema de detección de fallas mediante el procesamiento de imágenes, lo cual mejoraría la eficiencia y traería menos pérdidas, produciendo un incremento en la productividad. En la entrada de la línea de producción de estas empresas, se reciben las cajas con sus respectivas botellas provenientes de los distribuidores, pero dichas cajas no siempre son las correctas o tienen cierto tipo de anomalías como pueden ser botellas de otro tipo, botellas rotas, objetos extraños como vasos, plásticos, etc. El problema observado es la falta de un sistema adecuado de detección de fallas, actualmente se realiza mediante una inspección visual. Para solucionar el problema se ha desarrollado un sistema visual de inspección que consta de una cámara analógica, una tarjeta digitalizadora y un software de desarrollo.

Palabras claves: Empresas embotelladoras, sistema de detección de fallas, procesamiento de imágenes, cámara analógica, software de desarrollo.

ABSTRACT

The bottling companies, to the entrance of their production line receive boxes with their respective bottles coming from the distributors, those that are not always the correct ones or they have certain type of abnormalities like they can be bottles of another type, broken bottles, other strange objects as glasses, plastics, etc. The observed problem that it can cause anomalies to the system that is due to the lack of an appropriate system of detection of flaws. At the moment in many production lines the inspection is carried out in a visual way. To solve these inconveniences an automatic system of detection of flaws it has been developed by means of the prosecution of images. The system consist of analogical camera, a card analog/digital and a development software.

Key words: Bottling companies, system of detection of flaws, presentation of images, analogical camera, development software.

INTRODUCCIÓN

El control de calidad, es uno de los aspectos más importantes en la competitividad industrial. El alto costo de la inspección visual humana que no se escapa de los errores, ha hecho promover y desarrollar sistemas capaces de resolver las tareas de forma automática. Una de las mayores dificultades dentro

de la inspección es la supervisión de la apariencia visual, ésta es encargada, en la mayoría de las ocasiones, a inspectores humanos.

El sistema de visión humana es adecuado para su funcionamiento en un mundo de variedad y cambio, mientras que el proceso de inspección visual industrial, requiere de la observación de una escena repetida

de forma que se puedan detectar anomalías. La exactitud del sistema humano de visión empeora con el trabajo repetitivo y monótono.

El resultado es una inspección lenta, cara y errática. La inspección visual automatizada es, obviamente, la alternativa a los inspectores humanos, liberándolos de tan tedioso trabajo. La primera etapa del proceso, es la adquisición de la imagen, es decir, la adquisición de la imagen digital. Para ello se necesita un sensor de imágenes y la posibilidad de digitalizar la señal producida por el sensor.

En nuestro caso particular, se utilizará una cámara de video analógica y una tarjeta digitalizadora de video marca National Instruments modelo PCI-1408. Una vez obtenida la imagen digital, la siguiente etapa trata del procesamiento de dicha imagen. La función básica del procesamiento es la de mejorar esa imagen de forma que se aumenten las posibilidades de éxito en los procesos posteriores. Por ejemplo, mejorar el contraste y atenuar el ruido al máximo.

La siguiente etapa trata de la segmentación.

Definida de una forma general, la segmentación, consiste en partir una imagen de entrada en sus partes constituyentes u objetos. En general, la segmentación autónoma es una de las labores más difíciles del tratamiento digital de señales.

A la salida del proceso de segmentación habitualmente se tienen los datos del píxel en bruto, que constituyen bien el contorno de una región o bien todos los puntos de una región determinada. La primera decisión que hay que tomar es si los datos se han de representar como un contorno o como una región completa.

La representación de un contorno es adecuada cuando el interés radica en las características de la forma exterior, como esquinas e inflexiones. La representación por regiones es adecuada cuando el interés es en la zona interna, como la textura o la estructuración. En algunos casos se pueden dar ambas representaciones.

La elección de una representación es sólo una parte para transformar los datos de un píxel en bruto a una forma adecuada para ser posteriormente tratados. También debe especificarse un método para describir

los datos de forma que se resalten los rasgos de interés.

La descripción, también es llamada selección de rasgos, consiste en extraer rasgos con alguna información cuantitativa de interés o que sean fundamentalmente para diferenciar una clase de objetos de otra.

La última etapa incluye el reconocimiento e interpretación. El reconocimiento es el proceso que asigna una etiqueta a un objeto basándose en la información proporcionada por sus descriptores. La interpretación implica asignar significado a un conjunto de objetos reconocidos.

Algoritmo de reconocimiento

Correlación cruzada.- El siguiente es el concepto básico de la correlación: Si se tiene una sub-imagen $w(x,y)$ de tamaño $K \times L$ dentro de una imagen $f(x,y)$ de tamaño $M \times N$, donde $K \leq M$ y $L \leq N$. La correlación entre $w(x,y)$ y $f(x,y)$ en un punto (i,j) está dada por:

$$C(i, j) = \sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} w(x, y) f(x+i, y+i)$$

Donde: $i=0,1,\dots,M-1$; $j=0,1,\dots,N-1$, y la sumatoria es tomada sobre la región en la imagen donde w y f se traslapan.

La figura 1, ilustra el procedimiento de correlación. Se asume que el origen de la imagen f está en la esquina superior izquierda. La correlación es el proceso de mover el patrón o sub-imagen w a través del área de la imagen y calcular el valor C en esa área. Esto envuelve una multiplicación en cada píxel en el patrón por cada píxel que es traslapado en la imagen y entonces sumando los resultados sobre todos los píxeles del patrón. El máximo valor de C indica la posición donde w se parece más a f .

Los valores de correlación no son precisos en los bordes de la imagen.

La correlación básica es muy sensible a cambios de amplitud en la imagen, tales como intensidad y en el patrón. Por ejemplo, si la intensidad de la imagen f es

doblada, también serán doblados los valores de C. Se puede superar la sensibilidad calculando el coeficiente de correlación normalizado, el cual se define como:

$$R(i, j) = \frac{\sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} (w(x, y) - \bar{w})(f(x+i, y+j) - \bar{f}(i, j))}{\left[\sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} (w(x, y) - \bar{w})^2 \right]^{1/2} \left[\sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} (f(x+i, y+j) - \bar{f}(i, j))^2 \right]^{1/2}}$$

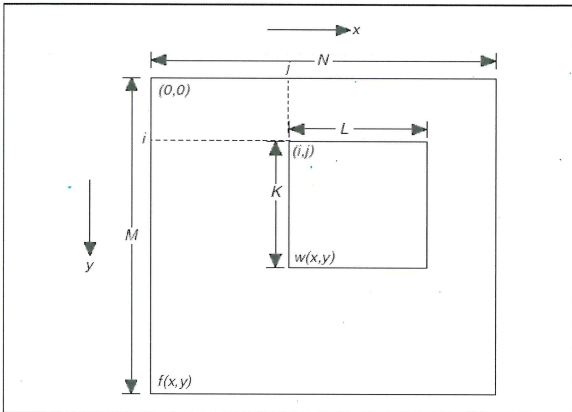


Fig. 1 Procedimiento de correlación.

Donde \bar{w} (calculada una sola vez) es el valor de intensidad promedio de los píxeles en el patrón. La variable \bar{f} es el valor promedio de f en la región coincidente con la actual ubicación de w . El valor de R cae en el rango de -1 a 1 y es independiente de los cambios de escala en los valores de intensidad de f y w .

Aunque la función de correlación se puede normalizar para considerar variaciones de amplitud utilizando el coeficiente de correlación, puede resultar difícil realizar dicha normalización para variaciones de tamaño y rotación. La normalización de tamaño implica la aparición de factores de escala espaciales, un proceso que por sí solo añade una cantidad significativa de cálculo.

La normalización de rotación es aun más difícil. Si se le puede extraer de $f(x, y)$ alguna pista sobre la rotación entonces simplemente se gira $w(x, y)$ la misma cantidad de grados que $f(x, y)$. Sin embargo, si la rotación es desconocida, la búsqueda de ésta requiere exhaustivos giros de $w(x, y)$.

Sistema de adquisición

Software de aplicación.- El software básico ha sido desarrollado en LabVIEW, este consta de tres

funciones básicas: adquisición, escaneo e inspección.

Ventana principal.- La ventana de la aplicación se muestra en la figura 2.

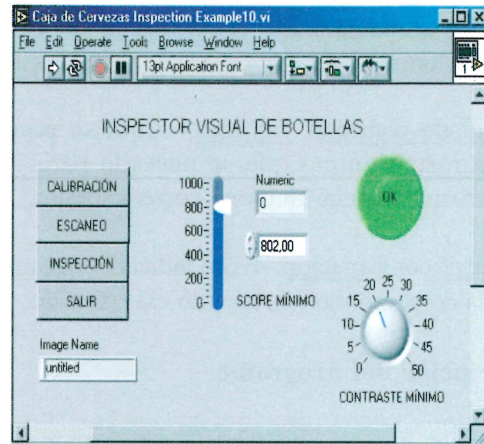


Fig. 2 Ventana de la aplicación.

La aplicación consta de los siguientes controles:

a. Botones de control.- Controlan las diferentes etapas del programa.

- Calibración

Mediante este control el usuario adquiere una imagen de una caja, para luego seleccionar la región de interés eligiendo la imagen patrón que será la que se utilizará para la detección de las demás imágenes adquiridas.

- Escaneo

Al presionar este control la imagen obtenida anteriormente es procesada, en un algoritmo llamado proceso de aprendizaje, el proceso consiste en buscar puntos de referencia en la imagen patrón obtenida en la primera etapa, esto sólo se realiza una sola vez dentro de todo el proceso.

- Inspección

Este control permite a la aplicación entrar al modo de trabajo continuo, es decir, que el procesamiento a partir de esta etapa es en tiempo real, cada vez que ingrese una caja ésta será comparada con la imagen anteriormente obtenida.

- b. Barra de score mínimo.- El score mínimo es el grado de similitud entre la imagen patrón y la imagen adquirida, éste debe configurarse a un valor en el cual se logre el mayor porcentaje de aciertos, se determina prácticamente según la condición de las cajas y botellas. A la vez este valor se muestra en forma digital para mayor precisión.
- c. Dial de contraste mínimo.- Aquí se regula el contraste mínimo que se necesita para que la correspondencia funcione correctamente.
- d. Luz de confirmación.- Es un indicador que muestra si la correspondencia ha sido exitosa o no.

Descripción del programa

- Inicio.- El programa se inicia presionando el botón adquisición, éste activa la siguiente etapa. Esto se muestra en la figura 2.
- Adquisición.- En esta etapa se usan VI's para adquisición, específicamente se usa snap; este VI realiza una inicialización del sistema usando IMAQ-Init antes de la adquisición. Cuando se invoca a snap, el VI inicializa la tarjeta y adquiere la señal de video (cuadro o campo) hacia un buffer.

Es tipo de adquisición es adecuada para baja velocidad o aplicaciones de una sola captura, donde la facilidad de programación es primordial. Este VI se muestra en la figura 3.

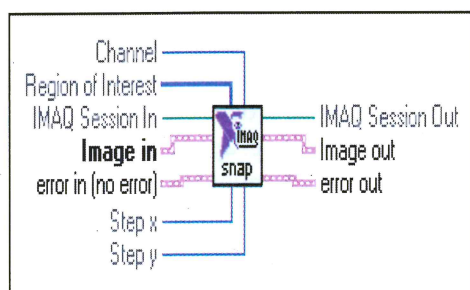


Fig. 3 Snap.

Además de VI, antes mencionado, hay otros que sirven para configurar a snap como son: init, trigger y close. También se observa un VI que crea un buffer, cada imagen adquirida debe contar con un buffer que luego será destruido, a su vez se puede

tener también un VI de visualización que muestra la imagen obtenida para que el usuario pueda observarla y tener testimonio de la adquisición.

- Selección de la región de interés.- En esta etapa una vez adquirida la imagen, de ésta se debe obtener una zona o región de interés (ROI), para lo cual se tiene el VI de selección en este caso un rectángulo como ROI.
- Aprendizaje.- Una vez establecida la región de interés o imagen patrón ésta debe ser procesada previamente antes del procesamiento en tiempo real. Mediante dicho procesamiento se obtienen de la imagen patrón puntos de referencia, estos sirven luego como punto de partida para la ubicación rápida de las demás imágenes.
- Inspección.- Ya definidos los puntos de referencia, se puede proceder a la adquisición de las imágenes en tiempo real. El programa continúa en este bucle hasta que se presione el botón salir, cada vez que repite el bucle hace una nueva adquisición y encuentra el patrón en cada imagen.
- Correspondencia.- Se definen también los parámetros del VI tales como: score mínimo, contraste mínimo, número de intentos, modo de enlace.

Hardware

Vista Previa.-La tarjeta PCI-1408 es un dispositivo monocromático de alta precisión, soporta estándares de video RS-170, CCIR, NTSC y PAL, así como fuentes de video no estándares. La tarjeta posee un conversor analógico-digital que transforma la señal de video a formatos digitales, este dispositivo también adquiere cuadros en tiempo real y los transfiere directamente al sistema de memoria. El dispositivo 1408 soporta cuatro señales de video y cuatro líneas de entrada que se pueden usar como disparadores o líneas de entrada/salida.

Un problema común con las tarjetas de adquisición es la dificultad de sincronizar varias funciones a un disparo común o evento de temporización. Para solucionar este problema el dispositivo usa su Sistema de Integración en Tiempo Real (Real Time System

Integration - RSTI).

Unidades Funcionales.- Este dispositivo posee un conversor Analógico-Digital Flash de 8 bits, que convierte la señal de video a formatos digitales, cuatro multiplexores de señal de video, ganancia y offset programable.

También usa una interfaz PCI para transferencia de datos a alta velocidad, controladores DMA scatter-gather (dispersar-juntar) que administran la transferencia de datos entre la memoria FIFO y el bus PCI, una memoria RAM estática y no volátil para

configurar registros y programar los controladores DMA cuando la tarjeta está en funcionamiento y la circuitería que controla la adquisición de la región de interés que monitorea las señales de video.

La tarjeta también incluye circuitería de disparo y cuatro disparadores externos y un bus RTSI. Otras características incluyen internamente generadores o externamente entradas SYNC, HSYNC, VSYNC, sincronización PCLK y señales de reloj.

El Diagrama de Bloques de la figura 4 muestra los componentes fundamentales de la tarjeta PCI-1408.

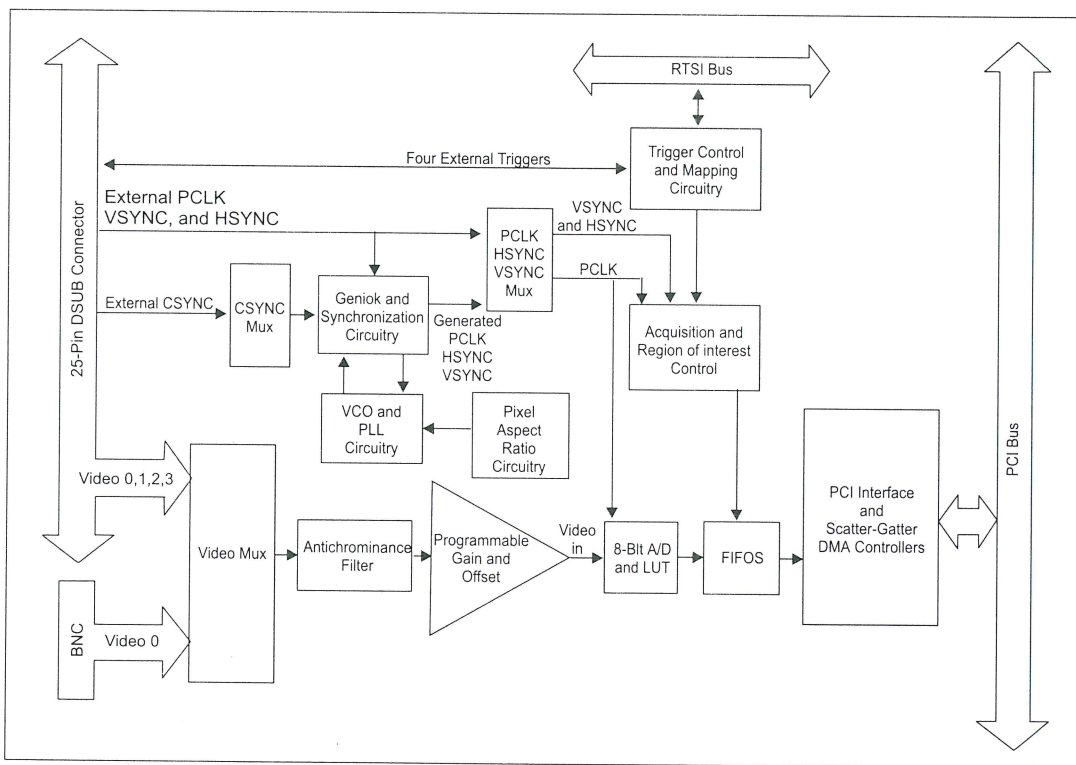


Fig. 4 Diagrama de Bloques.

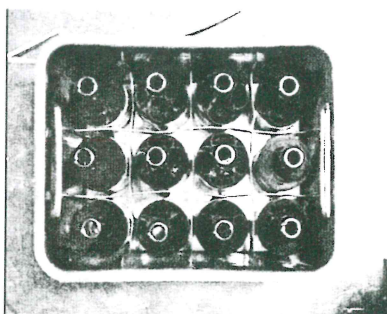


Fig. 5 Patrón Principal.

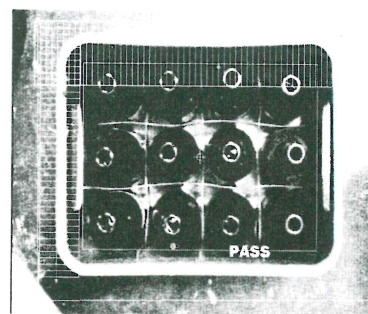


Fig. 6 Identificación del patrón.

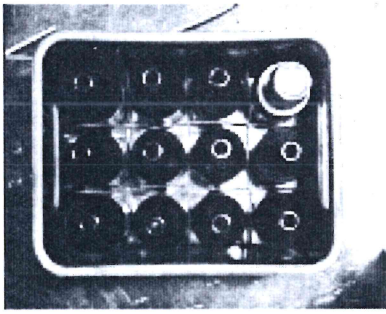


Fig. 7 Posible falla 1 (vaso de plástico).

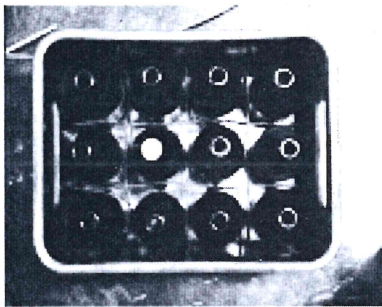


Fig. 8 Posible falla 2 (chapa).

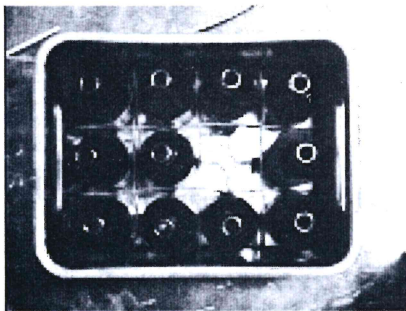


Fig. 9 Posible falla 3 (botella faltante).

CONCLUSIONES

Se ha presentado un nuevo método en la detección de fallas, en muchos casos más eficiente que los

métodos convencionales. La efectividad del sistema demuestra la necesidad de desarrollar más aplicaciones similares, ya que los campos en los que se pueden emplear técnicas de procesamiento de imágenes son ilimitados.

El empleo de sistemas automatizados de inspección ahorra muchos costos, no sólo en equipo, sino en mantenimiento y mano de obra.

Para el desarrollo del sistema se utilizó LabVIEW debido a la rápida implementación de los algoritmos de procesamiento, es decir, se tiene una alternativa relativamente sencilla y de fácil uso en la elaboración de aplicaciones. Sin embargo, en la continuación de este trabajo se ha propuesto desarrollar el sistema de adquisición y procesamiento utilizando el lenguaje de programación C++.

REFERENCIAS

1. **The Math Works INC.** "Image Processing Toolbox", 2001.
2. **C. González, R.**, "Tratamiento Digital de Imágenes", 1996.
3. **National Instruments**, "IMAQ Vision Concepts Manual", 2000.
4. **National Instruments**, "NI-IMAQ User Manual", 2000.
5. **National Instruments**. "NI-IMAQ Function Reference Manual", 2000.
6. **National Instruments**. "IMAQ Vision for LabVIEW User Manual", 2000.
7. **National Instruments**, "IMAQ PCI/PXI-1408 User Manual", 1999.
8. **National Instruments**, "IMAQ Vision Builder Tutorial", 2000.
9. **C. Kay, D.**, "Graphics File Formats", 1995.
10. **Lázaro, A. M.**, LabVIEW 6i. "Programación Gráfica para el Control de Instrumentación" 2001.