

INCORPORACIÓN DE VISIÓN ARTIFICIAL EN CELDA DE MANUFACTURA FLEXIBLE

Franco Deber¹, Guillermo Santillán¹, Carlos Verucchi¹ y Gerardo Acosta^{1,2}

¹ Grupo INTELMEC, Facultad de Ingeniería de Olavarría, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. ² CONICET

Av. Del Valle 5737 – Argentina

TEL /Fax: +54-02284451055 - Email: verucchi@fio.unicen.edu.ar

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolla la incorporación de visión artificial en una celda de manufactura flexible que consta de alimentadores, mesa de ensamblado, mesa de empaquetado, brazo robot y máquina herramienta. El objetivo de la visión artificial consiste en distinguir automáticamente la pieza que se desplaza por una cinta alimentadora, de modo tal que el brazo robot pueda, en función de la pieza que se trate, decidir su destino (mecanizado, mesa de ensamblado, descarte, etc.). Esto permite incrementar la flexibilidad de la celda, ya que puede aceptarse un ordenamiento aleatorio en la alimentación de las piezas que formarán parte del proceso de fabricación.

La solución ensayada consiste en la incorporación de una cámara en el extremo del brazo robot. Las imágenes tomadas son procesadas en una computadora mediante una rutina en Matlab que permite distinguir el contorno de cada pieza y clasificarla en función de una librería de figuras previamente almacenadas. Una vez que la pieza ha sido identificada, la misma computadora, por medio de una placa de interfaz, le indica al robot mediante un código binario la pieza que está por tomar. En base a ello, el robot ejecuta la rutina que corresponda de acuerdo con un proceso de fabricación determinado.

Todo este procedimiento se efectúa en forma on-line. Es decir, sin interferir con el normal funcionamiento de la celda y sin aumentar el tiempo de procesamiento de cada operación.

La técnica desarrollada se pone a prueba en una celda de manufactura flexible de características industriales que se halla instalada en el Laboratorio de Automatización y Robótica (LAR) de la Facultad de Ingeniería, UNCPBA .

Palabras Claves: Visión artificial, celda de manufactura flexible, brazo robot, cámara.

1. INTRODUCCION.

La visión natural es una de las cinco entradas de detección del hombre junto con la audición, el gusto, el tacto y el olfato. La visión y audición son los únicos que pueden ser algo estudiados cuantitativamente en términos de longitudes de onda visibles, intensidad luminosa, frecuencias sonoras y potencia de sonido.

Las informaciones generadas a través del gusto, el tacto o el olfato son altamente cualitativas y difíciles de modelar. En la visión humana, una imagen de la escena en observación se forma sobre la retina, a través de la óptica compleja formada por la córnea, el cuerpo cristalino y el humor vítreo.

La imagen, analizada a nivel de los cien millones de bastones, se transmite al cerebro por el nervio óptico. Aún se desconocen muchos detalles acerca de los mecanismos de formación de imágenes, el patrón de reconocimiento y la memorización de datos y las técnicas de interpretación a nivel cerebral.

En visión artificial, una imagen de la escena observada es formada en un sensor adecuado, a través de una óptica. En un instante dado, la imagen obtenida por el sensor es discretizada en el espacio en píxeles analógicos, luego digitalizados, codificados y transmitidos a un computador para su análisis e interpretación. La máquina puede modelar escenas primarias, reconocer los objetos (incluso cuando están parcialmente ocultos) y realizar mediciones cuantitativas o inspecciones cualitativas [1].

Este proyecto intenta contribuir con el desarrollo del empleo de la visión artificial en celdas de manufactura flexibles y aportar al desarrollo de centros de capacitación, que pueden ser utilizados en universidades y centros de capacitación industriales, como así también ser aprovechado para la capacitación en los diferentes principios involucrados en su implementación [2].

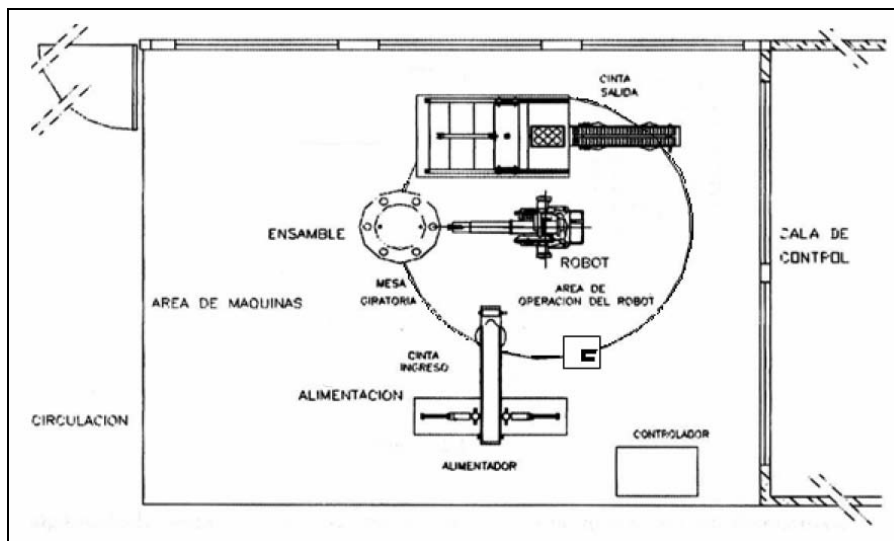


Figura 1.

2. PROYECTO E INCORPORACION DE VISION ARTIFICIAL.

Se propone la incorporación de visión artificial en una celda de manufactura flexible que consta de alimentadores, mesa de ensamblado, mesa de empaquetado, brazo robot y máquina herramienta. Como así también, se incorpora al brazo robótico, una webcam MARKVISION con conexión USB. Dicha cámara tiene una velocidad máxima de captura de 30 cuadros por segundos, una resolución máxima de sombras de 32 bits siendo su formato de captura de imagen jpeg y bmp. La incorporación abarca aspectos y conocimientos de diferentes áreas e interdisciplinas como la mecánica, la electrónica y los sistemas de comunicación y control de datos.

El objetivo consiste en distinguir automáticamente la pieza que se desplaza por una cinta alimentadora, de modo tal que el brazo robot pueda, en función de la pieza que se trate, decidir su destino, esto es: mecanizado, mesa de ensamblado, descarte, etc. Esto permitirá incrementar la flexibilidad y funcionalidad de la celda.

Las imágenes tomadas son procesadas en una computadora mediante una rutina en Matlab que permite distinguir el contorno de cada pieza y clasificarla en función de una librería de figuras previamente almacenadas. Una vez que la pieza ha sido identificada, la misma computadora, por medio de una placa de interfaz, le indica al robot mediante un código binario la pieza que está por tomar. En base a ello, el robot ejecuta la rutina que corresponda (Figura 2).

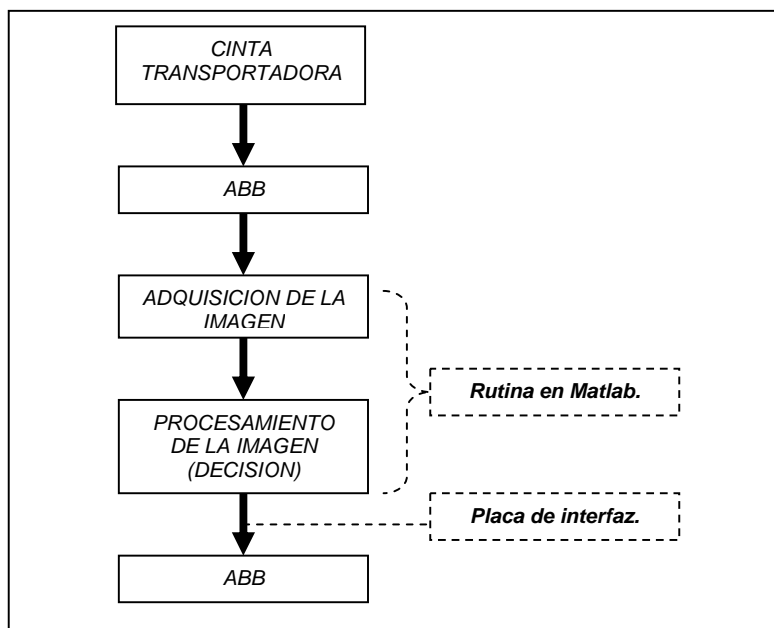


Figura 2.

Todo este procedimiento se efectúa en forma on-line. Es decir, sin interferir con el normal funcionamiento de la celda y sin aumentar el tiempo de procesamiento de cada operación.

La cámara se ha montado en el robot industrial ABB modelo IRB 1400 de 6 grados de libertad que

comprende líneas de producción equivalentes a las que habitualmente se encuentran en el ámbito industrial: alimentación de piezas, cintas de ingreso y egreso de tales piezas al área de acción del robot, un sector de ensamble y un equipo destinado al empaque de las piezas clasificadas. Dicho robot industrial, actúa como elemento de vinculación e interacción con los distintos equipos. (Figura 3) [3]



	
<p style="text-align: center;"><i>Características del Robot</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Características de la Webcam</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> - Robot industrial IRB 1400. - Movilidad respecto a 6 ejes. - Tipo de montaje: sobre el suelo. - Modos de funcionamiento: manual o automático. - Velocidad: 250 mm/s en modo manual. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo de sensor: imagen en color CMOS. - Lente de enfoque manual. - Resolución máxima de sombras: 32 bits. - Formato de imagen 320 x 240 video 640 x 480 - Formato de captura de imagen: JPEG, BMP. - Velocidad máxima de captura de imagen: 30 cps. - Fuente de energía USB. - Capacidad de inclinación y rotación de 360 grados.

Figura 3.

La primera etapa comprende la alimentación de piezas a una "cinta de ingreso". Esto se logra mediante la acción coordinada de cilindros neumáticos, que desplazan a las distintas piezas, dispuestas en sendos alimentadores.

Los accionamientos de los cilindros de alimentación de piezas son comandados por electroválvulas, de este modo es posible su control a distancia por medio de un Controlador Lógico Programable (PLC). Por otra parte, el accionamiento de la "cinta de ingreso" se realiza mediante un motorreductor de corriente continua, esto permite cierta flexibilidad y sencillez en la regulación y control de la velocidad.

En la segunda etapa, el brazo robótico se ubica sobre la pieza que ha llegado al final de la cinta de ingreso. En dicho momento se adquiere una imagen para luego ser procesadas, y así determinar la clasificación de la pieza y decidir su destino, ya sea mecanizado, ensamble, descarte, etc. [4]

El procesamiento de la imagen tomada forma parte de la tercera etapa de dicho proceso. Tal procesamiento se realiza usando un computador mediante una rutina en Matlab. Dicha rutina procede tal como lo muestra el registro de la figura 3. [5]

Una vez que la pieza ha sido identificada, la misma computadora, por medio de una placa de interfaz, le indica al robot mediante un código binario de 8 bits la pieza que está por tomar. En base a ello, el robot ejecuta la rutina que corresponda.

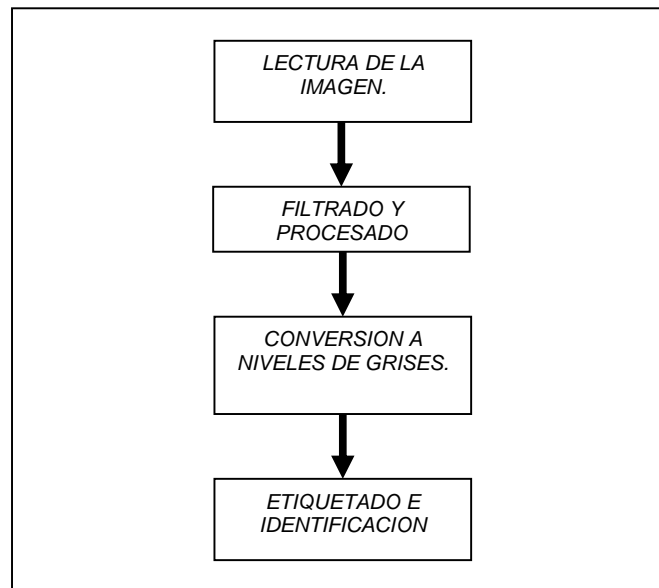


Figura 4.

2.1. Lectura de la imagen.

La adquisición de imagen a través de la cámara se realiza con el paquete *Image Acquisition Toolbox de Matlab*, éste brinda las herramientas necesarias para la toma de imágenes a partir de una señal de video. No es necesario realizar ninguna configuración especial de MATLAB para llevar a cabo la adquisición de imágenes. La adquisición de video se realiza a través de la webcam con conexión USB. El toolbox utiliza un *software adaptador* para comunicarse con el dispositivo de adquisición de imágenes a través de su controlador de dispositivo. Dicho toolbox posee varios adaptadores para ciertos proveedores de equipos de adquisición de imágenes y para determinadas clases de dispositivos. La resolución de la imagen y otros aspectos de la secuencia de video son determinados por el formato de video, donde los dispositivos de adquisición de imágenes soportan varios formatos. Se crea el objeto de entrada de vídeo que utiliza el toolbox para representar la conexión entre MATLAB y un dispositivo de adquisición de imágenes. Usando las propiedades de un objeto de entrada de vídeo, se pueden controlar muchos aspectos del proceso de adquisición de imágenes. La adquisición de la foto se obtiene tomando una estructura única de imagen, es decir, un cuadro o frame del objeto de entrada de video. (Figura 5, Imagen 1) [6]

2.2. Filtrado y procesado.

El proceso de adquisición y digitalización de la imagen trae aparejado ruidos y efectos indeseables. La reducción de dichos ruidos se realizó a través de un filtrado espacial lineal. Existe la posibilidad de acceder a filtros predefinidos. La utilización de este filtro, consiguió reducir los ruidos mencionados y aumentar el contraste de la imagen, volviéndola más nítida. Este tipo de filtros realiza una convolución entre la imagen a ser filtrada y una máscara. Básicamente, el ajuste de la imagen viene dado por la resta de una versión borrosa de ella y la imagen original. (Figura 5, Imagen 2) [6]

2.3. Conversión a niveles de grises.

En esta etapa no solo se realiza la conversión de la imagen a niveles de grises sino también la binarización de la misma. La imagen a niveles de grises o imagen de intensidad, representa una imagen donde cada píxel posee un valor que marca cuán brillante u oscuro debe ser, teniendo en cuenta la posición que ocupa. Por otro lado, la binarización de la imagen hace posible identificar características estructurales de la pieza en cuestión de manera más fácil. La imagen binarizada es una imagen en la que cada píxel puede tener solo un valor de dos posibles, 1 ó 0. Una de las formas de generar imágenes binarias es mediante el valor umbral de una imagen a escala de grises, de manera que se elige un valor límite, o un intervalo, a partir del cual todos los valores de intensidades superiores serán codificados como 1 mientras que los que estén por debajo serán codificados como cero. En este caso las funciones utilizadas fueron las correspondientes al *Image Processing Toolbox*. (Figura 5, Imagen 3) [6]

2.4. Etiquetado e identificación.

En esta etapa, etiquetado e identificación, utilizando *Image Processing Toolbox* se logra la discriminación del objeto para que el brazo robótico lo manipule y posicione, ejecutando la rutina correspondiente. Se realiza el trazado de las regiones límites de la imagen binaria obtenida y su correspondiente etiquetado. De esta manera se obtiene una matriz bidimensional donde se identifican los objetos (regiones contiguas), detallados con números enteros no negativos. Incluso el fondo de la imagen también es diferenciado; siendo éste la totalidad de los elementos con valor cero. Luego, un conjunto de propiedades como lo son: área, perímetro, centroide, etc., es obtenido de las regiones etiquetadas. Entonces, a partir de la comparación de dichas propiedades con respecto a valores patrones se logra la diferenciación de la pieza en cuestión. (Figura 5, imagen 4) [5, 6]

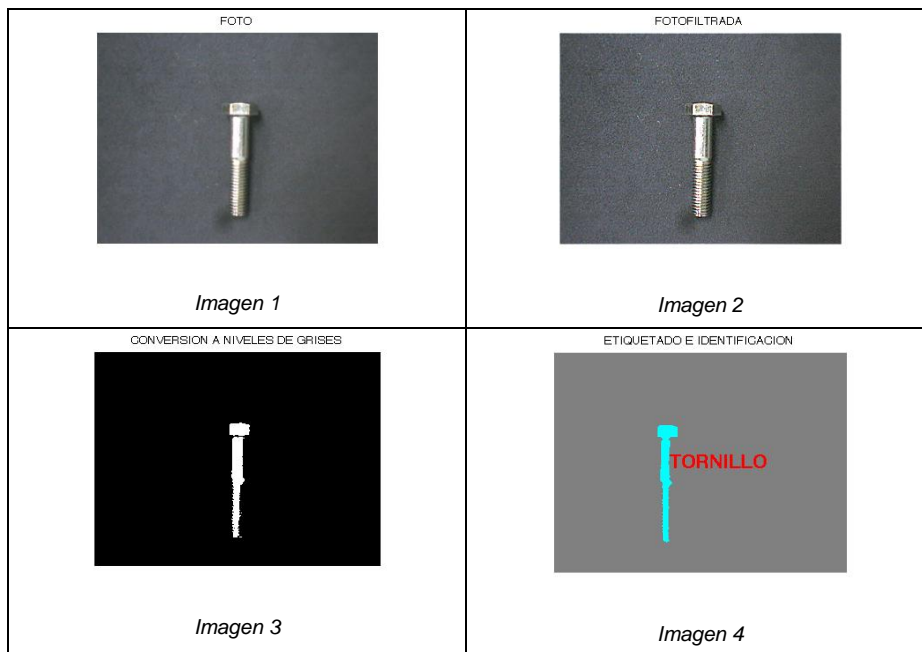


Figura 5.

3. ANALISIS Y OBSERVACIONES.

La alternativa propuesta ha mostrado un elevado porcentaje de eficacia en la identificación de piezas. Durante pruebas realizadas con piezas de geometrías diferentes, el porcentaje de piezas identificadas incorrectamente no superó el 1%. Para alcanzar estos niveles de eficacia fue necesario probar distintas técnicas de filtrado e identificación.

El nivel de iluminación del sector en el que se encuentra el brazo robot debió, asimismo, ser ajustado hasta lograr el nivel más adecuado. En tal sentido se observó la conveniencia que dicho nivel de iluminación se mantenga constante, independiente de la variación de luz exterior a lo largo del día.

Durante el desarrollo del trabajo se pudo observar, además, que las prestaciones de una cámara de bajo costo (empleada habitualmente como webcam) son suficientes para garantizar altos porcentajes de confiabilidad. De todos modos, se sigue avanzando en la optimización de los distintos pasos que se siguen durante la identificación de la pieza, con el fin de aumentar el porcentaje de piezas identificadas correctamente.

Se ha observado que, a partir de la incorporación de la visión artificial, la celda de manufactura flexible permitió incrementar los niveles de optimización de un proceso de fabricación determinado y, así, ampliar su capacidad.

4. CONCLUSIONES.

Por medio del trabajo realizado se pudo comprobar el incremento significativo de las prestaciones

de una celda de manufactura flexible con la incorporación de visión artificial. No se trata de un aporte desconocido a la visión artificial, sin embargo es la aplicación de algoritmos bien conocidos en un brazo robot típico del ambiente industrial con una cámara web de bajo costo y que permite un procesamiento en línea de la información visual.

Si bien el trabajo se encuentra en una etapa inicial, las perspectivas son alentadoras.

Con el fin de alcanzar el desarrollo de esta propuesta se trabajará de ahora en más en los siguientes aspectos: optimización del algoritmo de identificación con el fin de poder distinguir entre piezas de geometrías más complejas y más similares una de otras; independizar el proceso de identificación del nivel de luminosidad; incrementar el número de cámaras en la celda con el fin de continuar avanzando en la ampliación de sus prestaciones, en su flexibilidad y en el mejoramiento de la calidad del proceso.

5. REFERENCIAS.

[1] Claude Lurgeau, ECOLE DES MINES DE PARIS, "Visual Perception in Industrial Automation", 1993 IEEE.

[2] Guillermo A. Santillán – Luis M. Arrien – Raúl A. Rikal. "Diseño y Montaje de una Celda de Manufactura Flexible con Fines Didácticos". UNCPBA, Facultad de Ingeniería. X CONIME 2006 Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional General Pacheco. 24 y 25 de agosto de 2006.

[3] Marino, P.; Dominguez, M.A.; "Artificial Vision for Automated Manufacturing Systems in Communications Industry". 1997 IEEE 6th International Conference On Emerging Technologies And Factory Automation Proceedings. Print ISBN: 0-7803-4192-9. 9-12 Sept. 1997 IEEE Page(s):421 – 426

[4] R. Molina. "Introducción al Procesamiento y Análisis de Imágenes Digitales". Departamento de Ciencia de la Computación e I. A. Universidad de Granada. 18071 Granada. Curso impartido en Introducción a la Robótica. 1998.

[5] Brain R. Hunt; Ronald L Lipsman; Jonathan M. Rosenberg with Kevin R. Coombes; Jonh E. Osborn; Garrett. "A Guide to Matlab for Begineers and Experienced Users". Cambridge University Press. 2001

[6] Image Acquisition Toolbox, User's Guide. The MatlabWorks