

SISTEMA DE RECONOCIMIENTO AUTOMÁTICO DE OBJETOS

AUTOMATIC RECOGNITION SYSTEM OF OBJECTS

Ariel Padilla Ramírez¹, Josué Álvarez Borrego²
arielpadilla@gmail.com / josue@cicese.mx

Recibido: 05 marzo, 2009/ Aceptado: 28 octubre, 2009 / Publicado: 31 diciembre, 2009

RESUMEN. Este artículo expone el desarrollo de una aplicación basada en sistemas x86 capaz de realizar reconocimiento de objetos dentro de imágenes digitales de una forma automática (SISREC), agilizando el trabajo que implica esto de una forma manual. Se ha desarrollado utilizando la capacidad de MatLab en procesamiento de imágenes y se han generado librerías para interactuar con otros lenguajes, en conjunto con la robustez-libertad de diseñar aplicaciones independientes que .Net permite. Utilizando la teoría de correlación se hace uso de filtros lineales como de filtros no lineales compuestos. En particular, la aplicación agiliza el trabajo de reconocimiento en más de un 200% haciéndolo de manera automática en una imagen o series de éstas. Integra por primera vez 4 filtros digitales para su elección, los tres principales lineales y uno mas no lineal compuesto, donde no importa la escala o rotación del objeto a reconocer, permite el respaldo de resultados en formatos gráficos o directamente en papel a través de una impresora. Finalmente, se muestran las pantallas de la aplicación con resultados de operaciones de reconocimiento con imágenes de algunos copépodos y una tarjeta de video.

PALABRAS CLAVE: Correlación, reconocimiento de patrones, filtros digitales.

ABSTRACT. This article describes the development of an application based on x86 systems capable of recognizing objects within a digital image automatically (SISREC), making agile the work that implies this of a form manual. Developed using MatLab in the capacity of image processing libraries for generating and interacting with other languages in conjunction with the robustness of design freedom-independent applications .Net allows. Using the theory of correlation of an image with respect to the other makes use of linear filters and nonlinear composites filters. In particular, the application streamlines the work of recognition in more than 200% making it of automatic way in an image or series of these. Integra 4 digital filters for its election, three linear filters and a nonlinear composite filter, where no matter the scale or rotation of the object to recognize, it directly allows the endorsement of results in graphical formats or in paper through a printer. Finally, we show the screens of the application with results of operations of recognition with images of copepodo and finally images of video card from Pc.

KEYWORDS: Correlation, pattern recognition, digital filters.

Introducción

La automatización de los procesos cotidianos en la actualidad es producto de los avances tecnológicos presentes, el concepto de utilizar computadoras digitales para procesar imágenes tiene poco más de tres décadas, hoy en día se han dividido en dos áreas importantes, 1) El mejoramiento de la información pictórica para el análisis e interpretación humana, donde entran todos los procesos y metodologías capaces de hacer mejoras a las imágenes para su mejor análisis. 2) El procesamiento de los datos para la percepción automática de máquinas, enfocadas a extraer información de la imagen por medio de cálculos y, así poder ser procesada en una computadora [1], reconocimiento automático de caracteres, visión en máquinas industriales, biometría, análisis de muestras biológicas y de imágenes de satélite para predicción del tiempo son ejemplos de éste tipo [2].

Actualmente el interés por automatizar los procesos de reconocimiento de imágenes ha ido fluyendo de una

¹Facultad de Ingeniería de Ensenada de la UABC, Km. 103. carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada B. C., México, Código Postal 22860.

²Cicese, División de Física Aplicada, Departamento de Óptica, Km. 107 Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918, Fraccionamiento Zona Playitas, Ensenada, B. C., México, Código Postal 22870.



manera paulatina, ayudándose en muchas ocasiones por hardware: microscopios y sistemas ópticos. El estudio automático puede conllevar varias ventajas, tales como una reducción sustancial en el trabajo de los especialistas, mejorar la sensibilidad de la prueba, mayor precisión en el diagnóstico y un aumento en el número de imágenes que pueden ser analizadas [3]. En este artículo se presenta el desarrollo de un sistema computacional (SISREC) que ayuda a la identificación automática de objetos mediante técnicas de correlación, integrando por primera vez 4 opciones de filtros a trabajar, 3 lineales y uno no lineal compuesto.

Materiales y métodos

La capacidad de los computadores actuales permiten mayor cantidad de procesos en muy poco tiempo comparado con 10 años atrás, los medios de almacenamiento tan grandes permiten mayor número de imágenes a trabajar, los lenguajes de programación especializados en el área técnica y científica han facilitado la integración de personal ajeno al campo computacional dentro de sus trabajos de campo o investigaciones.

El reconocimiento de objetos por medio de correlación de variables es una sub-rama del reconocimiento estadístico de patrones, en ella se busca la similitud entre dos señales siendo simples estadísticas basadas en el conocimiento que tengamos de ellas, esto es, consiste en determinar la localización de una imagen kernel dentro de una escena [2]. Un punto muy importante dentro del reconocimiento por correlación es la posibilidad de obtener resultados independientemente de la posición o tamaño del objeto a reconocer pero sobre todo el uso de la señal completa y no fragmentos de “vecindarios” como se usa en filtros espaciales. Actualmente está apoyado por programas de carácter científico como lo es MatLab, debido a su velocidad de procesado en ecuaciones matemáticas, pero con la desventaja de no hacer aplicaciones independientes de él.

Filtros de correlación

Los principales filtros de correlación son derivados directamente del filtro clásico de acoplamiento, introducido por VanderLugt [4], cada uno optimiza un criterio en particular. Considerando que la fase de la transformada de Fourier contiene mas información significativa que el módulo, fue introducido el filtro solo de fase [5] y finalmente el filtro inverso cuyo principal uso se encuentra en restauración de imágenes [2].

a) Filtro Clásico Acoplado (CMF, por sus siglas en inglés)

Optimiza la relación señal a ruido a la salida de éste cuando la señal de entrada (escena) se encuentra degradada por ruido blanco aditivo. Las desventajas del CMF son que produce picos de correlación bastante anchos, lóbulos laterales grandes, relativamente baja discriminación, está dado por

$$H(u, v) = \beta \frac{T^*(u, v)}{P_n(u, v)} \quad (1)$$

donde $P_n(u, v)$, $T^*(u, v)$ y β son la función espectral del ruido, el complejo conjugado de la transformada de Fourier del objeto a reconocer y una constante arbitraria, respectivamente.

b) Filtro solo de Fase (POF, por sus siglas en inglés)

Este tipo de filtro es conocido por maximizar la eficiencia de la luz, una de sus desventajas radica en la poca capacidad de discriminación cuando un objeto de bajo contraste se encuentra en una escena con un fondo complicado [6]. Está definido por la siguiente ecuación:

$$H_{POF}(u, v) = \frac{T^*(u, v)}{|T(u, v)|} = e^{-j\phi_r(u, v)}, \quad (2)$$

donde $T(u, v)$, $T^*(u, v)$, y $\phi_r(u, v)$ son la transformada de Fourier, su complejo conjugado y la fase de la imagen de referencia, respectivamente.

c) Filtro inverso (IF, por sus siglas en inglés)

El IF minimiza el criterio PCE (Energía del pico de correlación), que es una medida de la señal de salida con respecto al ruido existente en el campo total de la correlación. Produce un pico más estrecho en el plano de correlación si la imagen de referencia y la imagen de entrada son iguales. Una desventaja es que produce un alto nivel de ruido de fondo en el plano de salida. Se denota como:

$$H(u, v) = \beta \frac{T^*(u, v)}{|T(u, v)|^2} = \frac{1}{T(u, v)}, \quad (3)$$

donde β es una constante arbitraria, $T(u, v)$ y $T^*(u, v)$ son las transformadas de Fourier de la imagen y su complejo conjugado respectivamente.

d) Filtro no lineal compuesto (NF)

De forma general se puede expresar un filtro no lineal de la siguiente manera:

$$NF = |F(u, v)|^k e^{-j\phi(u, v)}, \quad 0 < k < 1 \quad (4)$$

donde $F(u, v)$ es la transformada de Fourier del objeto a reconocer, $|F(u, v)|$ su magnitud y k es su nivel de no linealidad [3]. Es necesario que el operador no lineal modifique la transformada de Fourier tanto del objeto a reconocer como de la escena para poder considerar una operación no lineal [6].

e) Filtros compuestos

Los filtros compuestos son generados a partir de una cierta cantidad de imágenes del objeto a reconocer, llamadas de entrenamiento. Una característica representativa de este tipo de filtros es su capacidad de ser optimizados para minorizar la sensibilidad a cambios de escala, rotación o iluminación [7, 8]. Un filtro compuesto puede definirse como una combinación lineal de distintos filtros de acoplamiento [9], es decir, sea $\{F_m(u, v); m = 1, 2, 3, \dots, N\}$ un conjunto de imágenes de entrenamiento (linealmente independientes) podemos expresar la respuesta al impulso de un filtro no lineal compuesto como:

$$H_{CP} = \sum_{m=1}^N |F_m(u, v)|^k e^{-j\phi_m(u, v)}, \quad 0 < k < 1 \quad (5)$$

en la cual N es el número total de imágenes de entrenamiento.

Una mala selección de las imágenes de entrenamiento arrojará malos resultados denotando la baja calidad del filtro. La **figura 1** muestra un diagrama general de las operaciones de un filtro compuesto, usando como imágenes de entrenamiento varias escalas de la letra E.

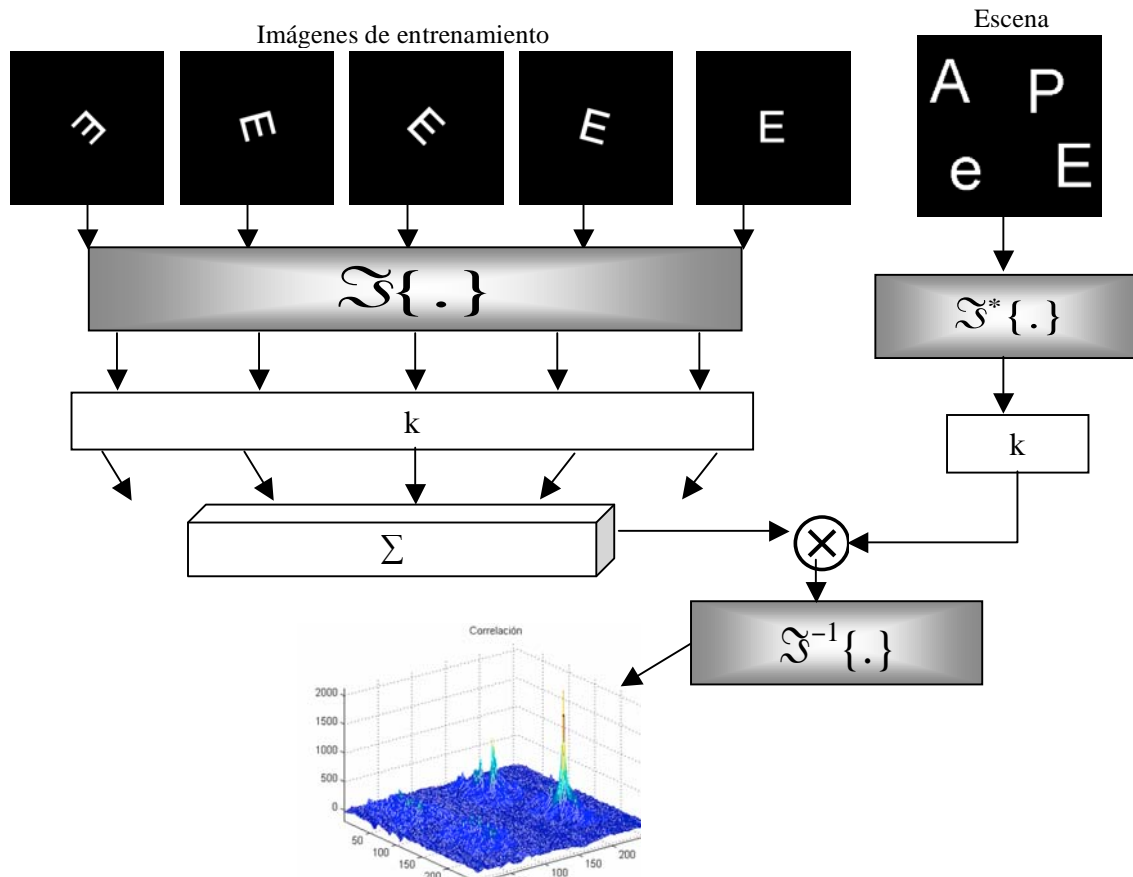


Figura 1. Fabricación y procesado de un filtro compuesto

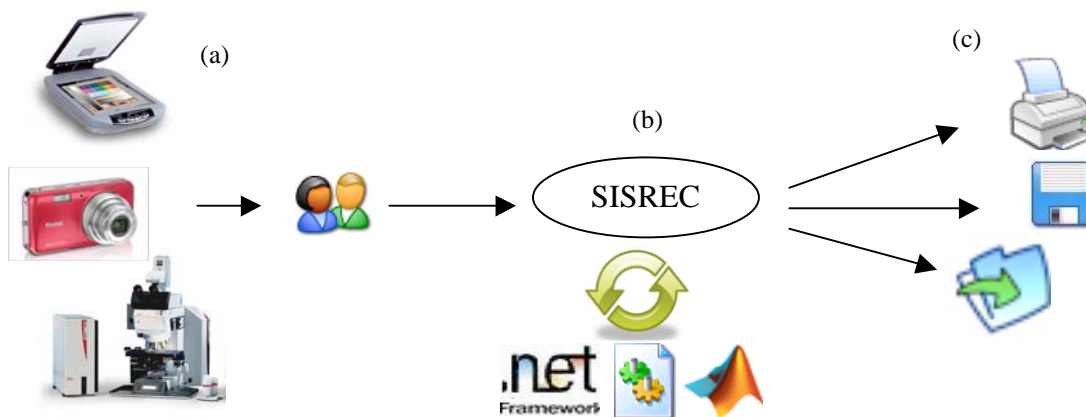


Figura 2. Diagrama de trabajo de SISREC

Resultados

Debido a la naturaleza de los lenguajes de programación (MatLab y C#) fue necesario generar una librería (MyFunc.dll) que funge como intermediario entre ellos, ésta contiene los métodos y funciones necesarios para el proceso de identificación. La **figura 2** muestra un diagrama general del flujo de datos en SISREC, comenzando con la obtención de imágenes por algún medio electrónico como cámara digital o microscopio (a), seleccionadas y cargadas a SISREC donde comienza la interacción de módulos entre C#, dll generada y el MatLab Component Runtime (b) para finalizar con los resultados y la posibilidad de imprimirlos o guardarlos en formato electrónico (c).

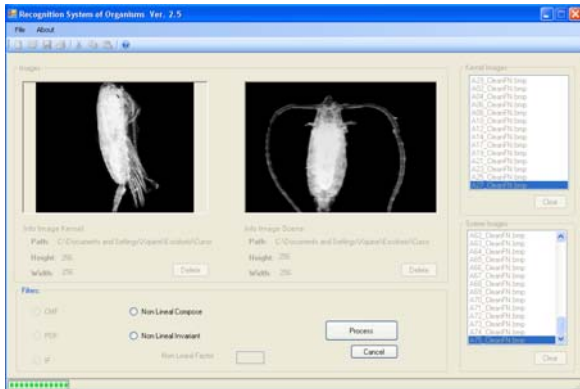


Figura 3. Pantalla principal de SISREC.

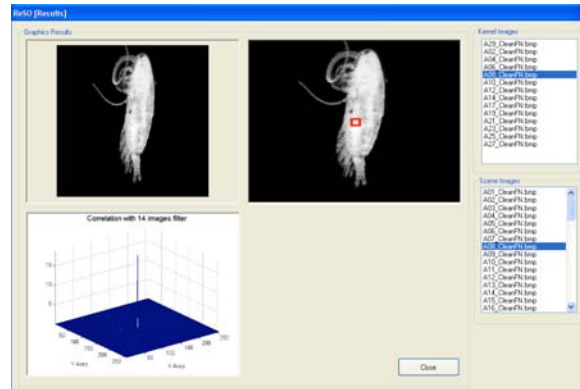


Figura 4. Resultados de SISREC.

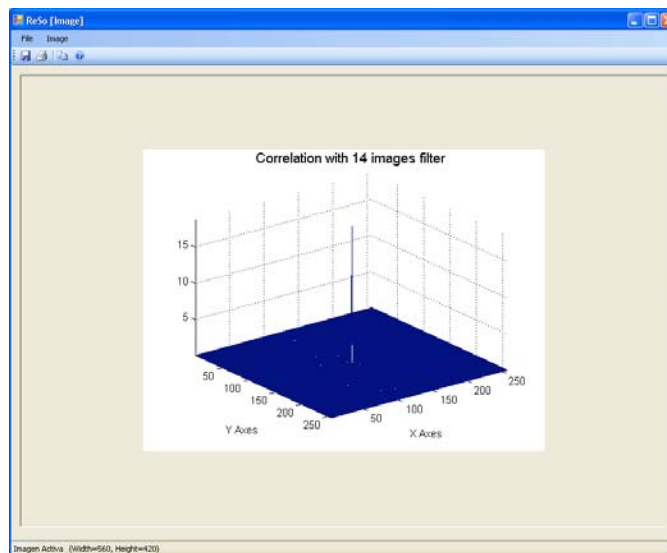


Figura 5. Editor de imagen en SISREC

SISREC maneja una interfaz sencilla y compacta, únicamente con las funciones necesarias para hacer de la identificación un trabajo fácil y por demás sencillo. La **figura 3** muestra la pantalla principal, donde el usuario cargará las imágenes kernel, escena, seleccionará el tipo de filtro a utilizar y visualizará la ubicación de cada imagen con sus respectivas dimensiones así como el número de imágenes kernel y escenas cargadas. Los resultados de la correlación son mostrados en una pantalla adicional (**figura 4**), marcando la imagen

escena por un punto dentro de ella indicando una congruencia, en otra en forma de gráfico tridimensional, donde se observará la ubicación del pico de correlación y al igual que en la anterior el numero de imágenes cargadas. Finalmente las opciones de respaldo-impresión de resultados de manera individual se verán en una tercera pantalla ilustrada por la [figura 5](#).

La [figura 6](#) muestra un filtro de 6 imágenes de un chip de tarjeta de video para Pc, rotadas en múltiplos de 30 grados, correlacionadas con una imagen de una tarjeta de video completa ([figura 7](#)) dando como resultado las 2 imágenes de la [figura 8](#).

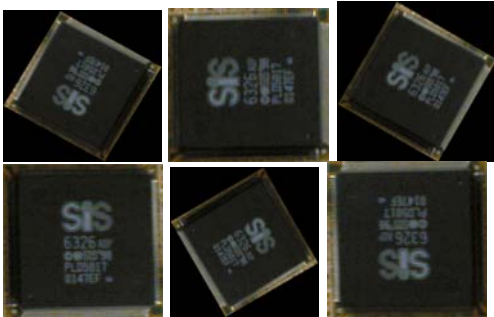


Figura 6. Conjunto de imágenes de un filtro compuesto.



Figura 7. Imagen de tarjeta de video SIS®.

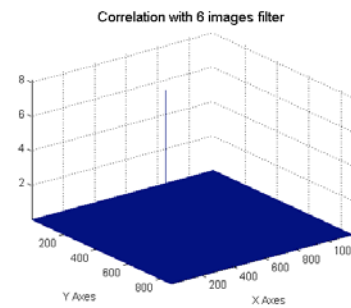


Figura 8. Resultados gráficos de la correlación.

Conclusiones

En este trabajo se presentó una aplicación de reconocimiento automático de objetos, capaz de trabajar con distintos tipos de filtros e imágenes. Soportada desde equipos Pentium II hasta Core-Duo, únicamente limitado por la velocidad. Cuenta con soporte de imágenes de tipo BMP ya sea a color o blanco y negro sin importar las dimensiones.

Dentro de las aportaciones de la investigación se pueden mencionar: una aplicación de reconocimiento automático de objetos 100% distribuible, desarrollada con el motor matemático de MatLab, la portabilidad y diseño que permite .Net, conjunta 4 diferentes filtros para el trabajo con imágenes, genera en tiempo de ejecución el filtro compuesto en base a las imágenes de entrenamiento indicadas. Capaz de trabajar en líneas de producción y ensamblaje de microchips así como en centros de investigación donde se requiera identificación de grandes muestras de organismos o similares.

El trabajo al futuro inmediato será la incorporación de nuevas herramientas de filtrado, la compatibilidad con mas formatos gráficos, la adaptación a un sistema Web y la generación de un catalogo de imágenes que servirán como base de datos para generar filtros compuestos y lograr una mejor identificación.

Agradecimientos: Este documento fue parcialmente financiado por Conacyt con número de proyecto 102007.

Referencias

1. Bueno-Ibarra, Mario. (2005). *Desarrollo de una tecnología sistematizada para la adquisición y análisis de partículas biogénicas*, Tesis de Doctorado, Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital, México.
2. Gonzalez, R.C. and Woods, R.E. (2002). *Digital Image Processing*, Second Edition, 15-45. Prentice Hall, New Jersey, EUA.
3. Flores Núñez Jorge Luis, Guillermo García Torales, Josué Álvarez-Borrego. (2008). *Inspección óptica automatizada de circuitos impresos*. Capítulo 11, 242 p. En: Josué Álvarez-Borrego y María Cristina Chávez-Sánchez, Editores "Introducción a la Identificación Automática de Organismos y Estructuras Microscópicas y Macroscópicas". ISBN: 978-97027. Hecho en México.
4. VanderLugt, A. (1964). Signal detection by complex filters. *IEEE Trans. Inf. Theory Theory*, **Vol. IT-10**, 139-145.
5. Horner, J.L., Gianino. (1984) Phase-only matched filtering. *Applied Optics*, **vol. 23**, 812-816.
6. Javidi, B. (1989) Nonlinear joint power spectrum based optical correlation. *Appl. Opt.*, **28(12)**: 2358-2367.
7. Javidi, B., Wang, W., Zhang, G. (1997) Composite Fourier-plane nonlinear filter for distortion-invariant pattern recognition. *Optical Engineering*. **36 (10)**: 2690-2696.
8. Seung-Hung Hong, Javidi, B. (2002) Optimum nonlinear composite filter for distortion-intolerant pattern recognition. *Appl. Opt.* **41(11)**: 2172-2178.
9. Casasent, D. (1984). Unified synthetic discriminant function computational formulation. *Applied Optics*. **23(10)**:1620-1627.