
ADICION DE RUIDO, FILTRADO NO LINEAL, ENRIQUECIMIENTO Y DETECCION DEL CONTORNO EN IMAGENES DIGITALES A COLOR

D. BAEZ-LOPEZ, C. COUTIÑO, M. RAMIREZ (1), K.N. PLATANIOTIS, A.N. VENETSANOPOULOS (2), y G. ESPINOSA (3)

(1) Univ. de la Américas-Puebla, Apdo. Postal 100, 72820 Cholula, Puebla - México

(2) Univ. de Toronto, Depto. de Ingeniería Eléctrica y Computación, Toronto - Canadá

(3) Inst. Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Tonantzintla - México

RESUMEN

En este trabajo se presenta un sistema para procesamiento de imágenes a color. Se describen las principales características del sistema y se analizan los siguientes aspectos del sistema: i) adición de ruido; ii) métodos de filtrado no lineales; iii) enriquecimiento de las imágenes a color; y iv) técnicas para detectar orillas. La adición de ruido permitió probar diversas técnicas de remoción de ruido en imágenes generadas por computador de manera que parezcan más reales cuando son insertadas en películas. El sistema está desarrollado en UNIX para estaciones de trabajo y en LINUX para PC compatibles con IBM.

SYSTEM FOR NOISE ADDITION, NON LINEAR FILTERING, ENHANCEMENT, AND CONTOUR DETECTION IN COLOR DIGITAL IMAGES

ABSTRACT

This article presents a system for digital color image processing. The main characteristics of the system are described and the following aspects are analyzed: i) noise addition; ii) non-linear filtering techniques; iii) image enhancement; iv) edge detection. The noise addition allowed to test different filtering techniques for noise removal and noise addition to computer generated images to make them look more real when they are inserted in motion pictures. The system is developed under UNIX for workstations and under LINUX for IBM compatible PC.

Keywords: image processing, digital color images, noise addition, digital signal processing, noise filters

INTRODUCCION

El procesamiento de imágenes a color cuenta con una gran gama de aplicaciones. Sin embargo, no ha tenido el mismo crecimiento que otras áreas del procesado de señales. En la actualidad, una gran cantidad de imágenes es a color y con el desarrollo comercial de la televisión de alta definición, esta cantidad se hará mucho más grande. El objetivo de este artículo es presentar un sistema para el procesado digital de imágenes a color (Coutiño, 1997). Este sistema recibe el nombre de Sistema para el Procesado Digital de Imágenes a Color (SPDIC). El sistema está dividido en cuatro partes: adición de ruido, filtrado no lineal, enriquecimiento de la imagen y detección de contorno. La adición de ruido es fundamental para entender adecuadamente el proceso de generación de ruido en imágenes a color, para de esta manera entender sus mecanismos y lograr removerlo en imágenes deterioradas por algún tipo de ruido. Además, en algunos casos es deseable añadir ruido, por ejemplo imágenes sintéticas que se superponen sobre una imagen real, como sucede en muchas películas modernas, para darles más realismo. Técnicas de filtrado no lineal son necesarias para poder mejorar la imagen al remover ruido o condicionarla para un posterior procesado. SPDIC incluye cuatro tipos de filtros no lineales. El enriquecimiento de la imagen es necesario para que el observador pueda apreciar mejor las características de una imagen. Finalmente, la detección de contornos es necesaria en muchos procesos de coloreo de imágenes monocromáticas donde es necesario tener contornos completos para que el coloreo sea el correcto y en reconocimiento automático de patrones y de imágenes. SPDIC puede usarse en estaciones de trabajo bajo ambiente UNIX y en PC IBM compatibles bajo LINUX.

ADICION DE RUIDO

La habilidad de añadir una cierta cantidad de ruido a una imagen de color es importante para realizar algoritmos eficientes para procesar imágenes digitales a color. El tipo de ruido que se puede añadir con este trabajo es solamente del tipo aditivo, limitándose a los casos impulsivo y gaussiano. También se tiene la opción de elegir, para los dos tipos de ruido antes mencionados, si se desea o no una correlación del ruido entre los canales de la imagen. Esto es importante pues dado que las imágenes a color son multicanal, se ha encontrado una correlación de ruido entre los distintos canales que la conforman; es decir, que el ruido aparece por igual y con la misma distribución en cada canal. Este trabajo permite elegir el porcentaje de corrupción, o cantidad de ruido, que se añadirá a la imagen original. De esta manera podemos investigar que efecto tiene el filtraje sobre imágenes con ruido correlacionado o no correlacionado. Otra ventaja es que se permite la creación de un archivo en el cual se pueden guardar estadísticas, de-



Fig. 1: Imagen corrupta con 25% de ruido impulsivo, con correlación de canal.

pendiendo del tipo de ruido, una vez que se ha añadido el ruido a una imagen (Plataniotis et al., 1996; Trahanias y Venetsanopoulos, 1996).

Ruido impulsivo

Este tipo de ruido puede ser causado por una mal funcionamiento del sensor que modifica el valor de los pixeles durante la adquisición de la imagen o por errores durante la transmisión y manipulación de la misma. Es aquí donde se puede observar claramente la diferencia entre un ruido con o sin correlación entre los canales.

En el caso de errores de captura puede apreciarse mejor la presencia de picos positivos o negativos pues los pixeles presentarán, para cada canal, un valor de 255 ó 0, ver Fig.1. Si no se da la correlación de canal entonces veremos puntos de colores en la imagen, en vez de verlos sólo blancos o negros; esto debido a que la imagen a color se forma de sus componentes en rojo, verde y azul lo cual no asegura que un pixel presente el ruido en cada una de sus 3 componentes, ver Fig. 2. Se guardan como estadísticas el porcentaje de picos positivos o negativos, media, varianza y porcentaje de corrupción de ruido tanto independiente como correlacionado. Para simular de mejor manera este ruido se utiliza una función aleatoria para la selección de los pixeles a corromper.

Ruido gaussiano

Este tipo de ruido, conocido también como ruido electrónico es uno de los tipos más comunes. Incluso es frecuente encontrarlo junto con otro tipo de ruidos. Esta es la razón por la que algunas imágenes se corrompen con la suma de varios tipos de ruidos diferentes. Es común que una imagen que se obtiene de una cámara de video, televisión o videogradora se corrompa con ruido gaussiano. Como este tipo de ruido afecta a la imagen por completo, se debe corromper entonces cada pixel



Fig. 2: Imagen corrupta con 25% de ruido impulsivo, sin correlación de canal.

de la imagen. Además de guardar las mismas estadísticas que para el caso del ruido impulsivo, se almacena también el valor de la desviación gaussiana estándar, (ver Figs. 3 y 4).

FILTRADO NO LINEAL

La idea de utilizar filtros no lineales se fundamenta en las ventajas que éstos ofrecen sobre los filtros lineales. Aunque también tiene desventajas frente a los lineales, pues éstos son matemáticamente más sencillos de implementar, existen dos razones fundamentales que les favorecen. La primera y más importante es que los filtros no lineales preservan el contorno de las imágenes después de ser filtradas. Aunque la vista humana es complicada, y la forma en que se pudiera calificar a una imagen es totalmente subjetiva, es muy claro que los humanos percibimos mejor aquellas imágenes y figuras cuyo contorno está bien definido. La segunda razón es que estos filtros han demostrado ser mejores en cuanto a la remoción del ruido dependiente de la señal, como lo son el impulsivo y el gaussiano. El sistema SPDIC puede realizar cuatro tipos de filtrado no lineal. Estos filtros se describen a continuación.

Filtro de mediana marginal

Este filtro es uno de los más comunes y ha demostrado ser mejor en casos en los que el ruido no excede el 50% (Huang, 1981). En el caso de este trabajo se hizo funcionar con dos tipos de ventanas: rómbica o cuadrada de tamaño 3x3 ó 5x5. Este tipo de filtrado al ruido impulsivo es el mejor de los cuatro tipos realizados en el caso de ruido no correlacionado en la imagen pero no es el más adecuado para ruido gaussiano. Como ejemplo del uso de estos filtros se muestran en las Figs. 5 y 6 el filtrado sobre las imágenes corruptas de las Figs. 1 y 2. Debido a su simplicidad es muy rápido. Si una imagen está afectada por ruido impulsivo y gaussiano, entonces el tipo de filtro más adecuado es el filtro de recortado- α .



Fig. 3: Imagen corrupta con 25% de ruido gaussiano, 20% de desviación gaussiana estándar y con correlación de canal.

Filtro de recortado α (α -trimmed)

Este tipo de filtro basado en estadística de orden (*order statistics*) y varía entre los filtros de media y mediana utilizando un escaler (David, 1981). Se le llama recortado (*trimmed*) porque elimina algunos valores muy dispares y promedia el resto. Este tipo de filtro ha sido muy usado en imágenes monocromáticas. Con un valor α de 0 se comporta como media y para un valor de 0.5 como mediana. Se pueden usar ventanas rómbicas o cuadradas de 3x3 y de 5x5. Este filtro es mejor que el de mediana marginal si el ruido es gaussiano solamente.

Filtro vectorial direccional básico (FVDB)

Este tipo de filtro se basa en el principio de ordenamiento de vectores usando el criterio del ángulo entre los mismos. Este tipo de filtrado procesa también la magnitud y dirección. Se usa principalmente para imágenes multicanal como es el caso de imágenes a color. El FVDB opera sobre las componentes del color (croma) filtrando los



Fig. 4: Imagen corrupta con 25% de ruido gaussiano, 20% de desviación gaussiana estándar y sin correlación de canal.



Fig. 5: Filtrado de mediana marginal de la Fig. 1.

vectores del color con errores grandes. Las propiedades de este filtro son su invariancia bajo rotaciones y traslaciones.

Filtro vectorial direccional generalizado (FVDG)

Esta es la versión generalizada del FVDB. La diferencia radica en que el FVDG toma un vector, de los que se encuentran en la ventana deslizante, cuyo ángulo sea en promedio el más similar al de los otros vectores. De esta manera el vector generalizado será prácticamente igual en ángulo al del resto. Esto será en mayor medida en que la ventana sea más pequeña. De esta manera, este tipo de filtro se considera como un filtro adaptivo. Aunque este filtro elimina mayor cantidad de ruido respecto al FVDB, distorsiona el contorno de las imágenes, lo cual no lo hace tan eficaz como el de mediana marginal (Trahanias et al., 1996, Pitas, 1996).

ENRIQUECIMIENTO DE LA IMAGEN

Como enriquecimiento de la imagen entendemos la acentuación de una o varias características de la imagen. El realzar dichas características no significa que la imagen será mejor o peor, puesto que este es un criterio subjetivo y que incluso depende



Fig. 6: Filtrado de mediana marginal de la Fig. 2.

de la imagen en cuestión. Sin embargo, el atenuar o acentuar algunos rasgos puede ser útil (Hunt, 1991).

Enriquecimiento por afilamiento de contorno

En este trabajo nos limitamos a trabajar sobre la luminosidad y saturación de la imagen en el espacio de color LHS (luminosidad, matiz y saturación). Para trabajar con la saturación y luminosidad se hizo una transformación de coordenadas en la cual la luminosidad se calcula como una combinación lineal de los valores de cada pixel, en sus coordenadas X y Y del formato RGB. Se obtuvo así el valor de luminosidad:

$$L(x,y) = 0.3R(x,y) + 0.59G(x,y) + 0.11B(x,y) \quad (1)$$

El siguiente paso es el de modificar esta luminosidad. Una de las versiones de enriquecimiento por afilamiento, ec.(2), se obtiene manipulando la saturación $S(x,y)$ y luminosidad original $L(x,y)$ así como la media de los valores de saturación $S_m(x,y)$ y luminosidad $L_m(x,y)$ en una ventana de $N \times N$ que se recorre a través de la imagen original. Para este trabajo se usó una ventana de 3×3 píxeles. Las constantes k_1 y k_2 permiten una gran gama de posibilidades para la obtención de una nueva luminosidad enriquecida $L^*(x,y)$

$$L^*(x,y) = L(x,y) + k_1 [L(x,y) - L_m(x,y)] + k_2 [S(x,y) - S_m(x,y)] \quad (2)$$

Otra alternativa es el enriquecimiento de la luminosidad, donde ahora es otra constante k_3 la que puede ser manipulada a gusto del usuario. La nueva luminosidad enriquecida está dada por:

$$L^*(x,y) = L(x,y) + k_3 \left[\max \left\{ \begin{array}{l} L(x,y) - L_m(x,y) \\ S(x,y) - S_m(x,y) \end{array} \right\} \right] \quad (3)$$

Finalmente se usó la máscara Laplaciana L_8 para el enriquecimiento de luminosidad donde ahora:

$$L^*(x,y) = \frac{L_m(x,y)}{k_4} + \left[\frac{1}{b(x,y)} + \frac{1}{k_4} \right] \times \left[\max \{ h_L(x,y); h_S(x,y) \} \right] \quad (4)$$

donde $b(x,y)$ es la varianza de los píxeles y k_4 es una constante que fija el usuario. Además,

$$h_L(x,y) = L(x,y) * L_8 \quad (5)$$

$$h_S(x,y) = S(x,y) * L_8 \quad (6)$$

Una vez obtenida la luminosidad enriquecida se calcula una función de máscara bidimensional $K(x,y)$ como el cociente de la nueva luminosidad sobre la luminosidad original de la imagen:

$$K(x,y) = \frac{L^*(x,y)}{L(x,y)} \quad (7)$$

ahora los componentes en RGB de la nueva imagen enriquecida serán (Lo, 1993):

$$R^*(x,y) = K(x,y) R(x,y) \quad (8)$$

$$G^*(x,y) = K(x,y) G(x,y) \quad (9)$$

$$B^*(x,y) = K(x,y) B(x,y) \quad (10)$$

siendo estos valores acotados por 0 para negro y 255 para blanco. Valores típicos para las constantes k_i pueden fluctuar entre 10 y 100.

Ecuilización del histograma

Esta operación no lineal permite incrementar el contraste y brillo de una imagen al modificar el valor de cada pixel de la imagen. Para el manejo de las imágenes a color el histograma se estima como una distribución tridimensional. Se utiliza el método desarrollado por Trahanias y Venetsanopoulos (1996) de manejo de vector en el espacio RGB. Cada pixel de la imagen original se va ajustando repetidamente hasta aproximarse al ideal y hasta alcanzar en las tres dimensiones la densidad de probabilidad acumulativa deseada. La ecualización permite que los valores más desorbitados cambien mucho más que aquellos más próximos al valor ideal, (ver Fig. 8).

DETECCION DE CONTORNO

La detección de contorno es importante para el reconocimiento de imágenes o figuras en ella. Para mayor eficiencia, un detector de contorno debe ser capaz de detectar varios rangos de discontinuidad de intensidad; es decir debe tener la capacidad de computar para varios valores predefinidos o *thresholds*. No se hace ninguna correlación ya que se obtienen buenos resultados. Cada componente



Fig. 8: Enriquecimiento por ecualización del histograma.



Fig. 9: Detección de contorno usando el filtro gaussiano con una σ de 0.25.

de la imagen se analiza y modifica independientemente.

Detección de contorno basado en operadores diferenciales de segundo orden

Antes de la detección del contorno se utiliza primero un filtro gaussiano para remover posible ruido en la imagen así como detalles no necesarios. Luego, se ajusta la varianza en los pixeles en la ventana en cada paso para detallar un poco mejor el posible contorno en la imagen. El contorno se va detectando al ir calculando las magnitudes de los pixeles; este procedimiento se aplica para cada valor de cada pixel. SPDIC permite decidir si se usará el filtro gaussiano y si también se desea utilizar la distancia entre los puntos de prueba. El factor más importante es el de elegir una σ , o varianza del filtro gaussiano, el cual es un número real entre 0 y 1 y el cual suavizará la imagen de entrada lo que a la postre será determinante para la discriminación de los posibles puntos que son parte de la imagen del contorno. Es esta σ la que crea dos imágenes diferentes, (ver Figs. 9 y 10).



Fig. 10: Detección de contorno usando el filtro gaussiano con una σ de 0.9.

CONCLUSIONES

Se ha presentado el sistema para procesar imágenes digitales a color SPDIC. Las operaciones básicas sobre imágenes a color que realiza SPDIC son la adición y remoción de ruido a imágenes de color, el filtrado no lineal para eliminar ruido, la restauración por medio de la ecualización del histograma así como la detección de contornos. La adición de ruido a imágenes de color es deseable realizarla para probar la efectividad de los filtros no lineales diseñados y para poder darles más realismo a imágenes digitales sintéticas al sobreponerla a imágenes en películas cinematográficas. SPDIC incluye cuatro tipos de filtros no lineales, los que se han encontrado ser más efectivos para filtrar ruido impulsivo y gaussiano. También se incluye un enriquecimiento de la imagen por medio de ecualización del histograma y del afilamiento del contorno. Finalmente, se presentó el proceso de detección de contornos en imágenes digitales a color. Los resultados permiten al usuario de SPDIC realizar casi cualquier operación sobre imágenes digitales a color. SPDIC está escrito en Unix para estaciones de trabajo y en linux para PC IBM compatibles. El paquete SPDIC está disponible sin costo para los usuarios interesados con sólo contactar a los autores.

AGRADECIMIENTO.

Este trabajo fue apoyado parcialmente por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México bajo contrato No.3836P-A.

REFERENCIAS

- Coutiño, C., Procesado de Imágenes Digitales a Color, Tesis de Licenciatura, Universidad de las Américas, Puebla, Septiembre (1997).
- David, H. A., Order Statistics, J. Wiley, (1981).
- Huang, T. S., Two-dimensional Digital Signal Processing II, Springer-Verlag, (1981).
- Hunt, R., Measuring Color, Ellis Horwood, (1991).
- Lo, Y. C., Digital Color Image Enhancement Based on the Saturation Component of the LHS Color Space, Tesis de Bachiller, Universidad de Toronoto, (1993).
- Pítas, I. Proc. IEEE Workshop on Non Linear Signal Processing, (1995).
- Platanotis, K.N., D. Androutsos, A.N. Venetsanopoulos y D.G. Lianiotis, "A New Time Series Classification Approach", Signal Processing, vol. 54, no. 2, pp 191-199, Octubre (1996).
- Trahanias, P.E. y A.N. Venetsanopoulos, "Vector Order Statistics Operators as Color Edge Detectors", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B, vol. 26, pp. 30, (1996).