

Filtrado bilateral

G. Bellino, F. Fernandez y G. Scarel

Trabajo práctico final de "Captura y procesamiento digital de imágenes", II-FICH-UNL.

21 de junio de 2007

Resumen—En este artículo se muestran las bondades del uso del filtrado bilateral como técnica de suavizado respetando los bordes. Esta herramienta resulta muy útil en diversas circunstancias tales como: suavizado en imágenes ruidosas sin pérdida de bordes, eliminación del pixelado en imágenes ampliadas mediante zoom por expansión de filas y columnas y agregado de cerros, y por último en imágenes de color donde se necesite remediar el promediado de intensidades que aparece como distorsión causada por los dispositivos de captura entre dos colores distintos. En general el filtrado bilateral ofrece mejores resultados que el filtrado pasabajos lineal convencional.

I. INTRODUCCIÓN

EL filtrado bilateral tiene una gran importancia en el procesamiento digital de imágenes ya que posee la ventaja de suavizar las zonas homogéneas de una imagen manteniendo los bordes. Para comprobar la utilidad de esta técnica, se ha desarrollado el algoritmo y se lo ha aplicado a imágenes con nivel de detalle medio contaminadas con ruido gaussiano comparándolo finalmente con la imagen original y con una versión suavizada de ésta. Además se ha aplicado el mismo método a una imagen la cual posteriormente fue amplificada. Para el caso de imágenes a color, el filtro se aplicó a cada una de las componentes RGB por separado y a la componente value en HSV.

II. PRINCIPIOS GENERALES DEL FILTRADO BILATERAL

En el proceso de suavizado mediante un filtro lineal convencional se utiliza una máscara constante para todo el dominio, teniendo en cuenta la distancia euclídea al pixel central, en adelante *filtro de dominio*. La idea subyacente en el filtrado bilateral es la utilización de una máscara adicional no lineal que mida las variaciones de intensidad con respecto al pixel central, en adelante *filtro de rango*.

Se define filtro de dominio como un filtro gaussiano que respeta la siguiente función:

$$d(x, y) = e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma_D^2}} \quad (1)$$

donde σ_D es el desvío del filtro gaussiano.

Se define filtro de rango de la siguiente manera:

$$r(a_i) = e^{-\frac{(f(a_i)-f(a_0))^2}{2\sigma_R^2}} \quad (2)$$

donde a_0 es el pixel central y σ_R es el desvío.

El función del filtro de dominio es suavizar la imagen mientras que la del filtro de rango es destacar las discontinuidades de intensidades. Esto lo logra comparando las intensidades de los pixeles de la vecindad con respecto al pixel central, donde se pondera con menor peso en los pixeles cuya diferencia sea mayor. La función del

parámetro σ_R es proporcionar una brecha de referencia para la determinación de la existencia de un borde.

El filtro resultante que se aplica a la imagen es la que se obtiene de la multiplicación punto a punto entre ambas máscaras.

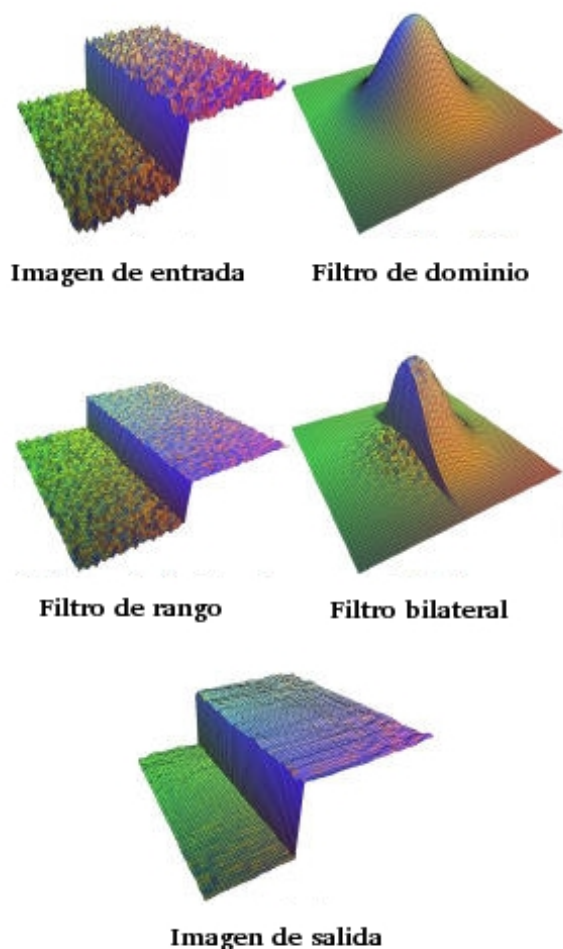


Fig. 1
FILTRO DE DOMINIO Y FILTRO DE RANGO. EFECTO SOBRE LA IMAGEN.

III. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

El algoritmo que implementa el filtro fue desarrollado en lenguaje C++, utilizando la librería gráfica CImg para la presentación en pantalla de los resultados, la operación de convolución y adición de ruido.

A. Experimentación con imágenes ruidosas

Se tomo una imagen con nivel de detalle medio en escala de grises de 8 bits de cuantización, a la misma se le adicionó ruido gaussiano de desvío estandar 5. Esta imagen resultante (Fig. 2) fue sometida a filtrado gaussiano y bilateral, obteniendose como resultado las figuras Fig. 3 y Fig. 4.



Fig. 2

IMAGEN CONTAMINADA CON RUIDO GAUSSIANO.

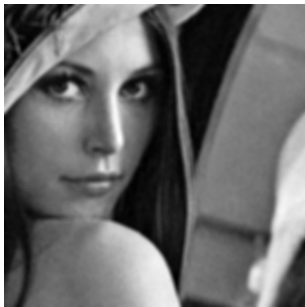


Fig. 3

RESULTADO DE LA APLICACION DE FILTRO GAUSSIANO A FIG. 2.

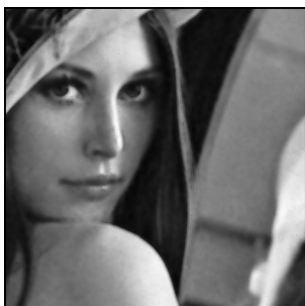


Fig. 4

RESULTADO DE LA APLICACION DE FILTRO BILATERAL A FIG. 2.

B. Experimentación con imágenes ampliadas

Un problema muy común en ampliación de imágenes es la aparición del fenómeno de pixelado. Para la reducción del mismo se aplicó el filtrado bilateral previamente al zoom. Es interesante destacar que también se hubiese obtenido un resultado similar aplicando el filtro posteriormente al zoom, pero resulta computacionalmente mas costoso. En

Fig. 5 se ve la imagen original, de la cual una porción de su ampliación se aprecia en Fig. 6 mientras que en Fig. 7 está la versión filtrada y ampliada.



Fig. 5

IMAGEN ORIGINAL A AMPLIAR.

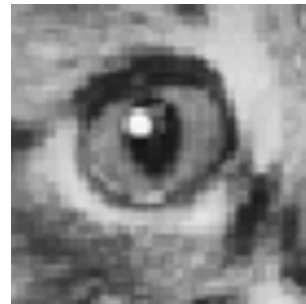


Fig. 6

PORCIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE FIG. 5.

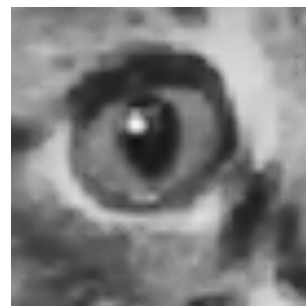


Fig. 7

PORCIÓN DE LA AMPLIACIÓN POSTERIOR AL FILTRADO BILATERAL DE FIG. 5.

C. Experimentación con imágenes a color

En el proceso de captura de imágenes a color pueden existir diversas complicaciones. Una de ellas es la aparición de colores intermedios en zonas de cambios bruscos de color (ver Fig. 8). Para resolver este problema se procesa la imagen con un filtrado bilateral, el cual puede hacerse de dos formas, filtrando cada una de las componentes RGB, como se muestra en la Fig. 9, o bien, la componente intensidad de la imagen HSV correspondiente. En la Fig. 10 se puede ver el resultado de la aplicación de un filtro gaussiano.

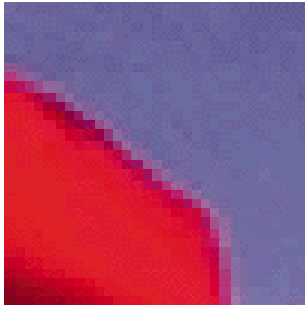


Fig. 8

IMAGEN DONDE SE EVIDENCIA LA APARICION DE COLORES INTERMEDIOS.

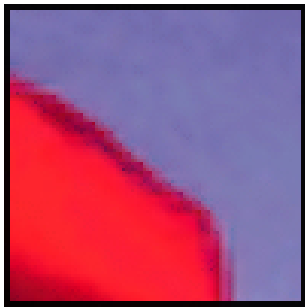


Fig. 9

FILTRADO BILATERAL DE LA FIG. 8.

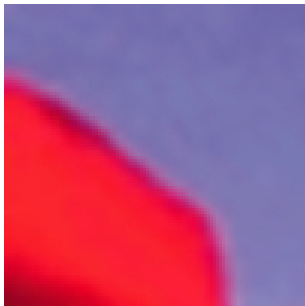


Fig. 10

RESULTADO DE APLICACIÓN DE UN FILTRO GAUSSIANO SOBRE LA IMAGEN DE LA FIG. 8.

IV. CONCLUSIONES

Analizando el filtrado de imágenes ruidosas, las diferencias entre las figuras Fig. 3 y Fig. 4 son evidentes en las zonas de los labios, la nariz y los ojos destacándose la permanencia de los bordes mientras que el suavizado para reducción de ruido en las zonas homogéneas es claramente visible en ambas.

Con respecto al proceso de ampliación sin filtrado, se observa claramente el pixelado a diferencia de la imagen filtrada en la cual el globo ocular posee mayor similitud con la imagen original. Se puede deducir que la utilización del filtro bilateral atenúa en gran medida el pixelado brindando nitidez al resultado.

Finalmente, en el caso de las imágenes a color, nótese que luego del filtrado disminuye notoriamente la banda de

color intermedio que aparecía en el cambio de colores, mientras que en el caso alternativo, la aplicación de un filtro gaussiano produce junto con el borrono, un aumento del grosor de la línea rosada.

En base a los resultados obtenidos y a su posterior análisis, se puede concluir que la utilización de esta herramienta en los casos mencionados es altamente satisfactoria convirtiéndose así en una opción válida para el suavizado y la preservación de bordes simultáneamente.

REFERENCIAS

- [1] C. Tomasi and R. Manduchi, "Bilateral Filtering for Gray and Color Images", Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Computer Vision, Bombay, India.
- [2] Sitio web de Stanford Center for Image Systems Engineering: <http://scien.stanford.edu/class/psych221/projects/06/imagescaling/bilatati.html>