

Aplicaciones de la transformada wavelet

Eliminación de ruido

Profesor: Dr. Vicente F. Candela Pomares

Leonardo Yamasaki Maza
leyama@alumni.uv.es

Julio / 2008

1. Introducción

El ruido es un problema propio de la naturaleza y esta asociado a cualquier toma de datos de la realidad. El problema de su eliminación es muy común, tanto en la adquisición de señales, como en el de imágenes. El ruido en las señales electrónicas es ocasionado por diversas causas[1], las cuales muchas veces no se pueden evitar. Asimismo en el tratamiento de imágenes, se presenta como una fluctuación aleatoria de los valores en los pixeles que componen dicha imagen[2].

Una aplicación muy valiosa de la transformada Wavelet[3] es la de eliminación de ruido. En esta práctica se probaron varios tipos de wavelets para lograr la mejor eliminación de ruido, tanto en señales (1 dimensión) como en imágenes (2 dimensiones). Se experimentó el filtrado de señales e imágenes, agregandoles ruido gaussiano, con diversas wavelets y se comparó con un filtrado Wiener[4].

2. Tipos de wavelets utilizados

Se probaron cuatro tipos de wavelets: Haar, Daubechies, Symlets, Coiflets. Se seleccionaron, después de efectuar las pruebas, sólo la de Haar (figura 1) y la Daubechies 4 taps (figura 2). Se probaron tanto en una dimensión, para señales, como en 2D para imágenes.

3. Difusión o Blurring

Al manipular imágenes o señales, tanto para efectuar compresiones como para eliminar el ruido (filtrado), se tiene como efecto secundario la difusión o difuminación de la señal o imagen original, también llamado *blurring* [5] en inglés. Este efecto puede ser no deseado, aunque en algunos casos es utilizado, sobre todo en fotografías, para dar algún efecto a la foto original. Al seleccionar la mejor wavelet, también se seleccionó aquella que minimizaba el *blurring*.

Otro efecto colateral del filtrado por transformaciones es el denominado *Ringing artifact* o *Gibbs phenomenon* [6], este se da en donde existen oscilaciones grandes cercanas a saltos. La oscilación de Gibbs se manifiesta en las señales como una oscilación cercana a las discontinuidades. En las imágenes se manifiesta como pequeños nódulos o anillos de niveles de valor de gris o color (segun la imagen).

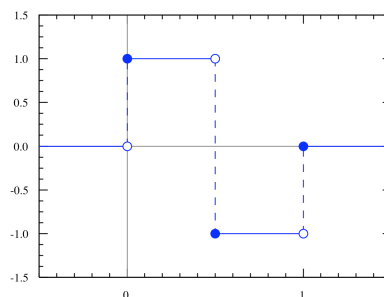


Figura 1: Wavelet de Haar

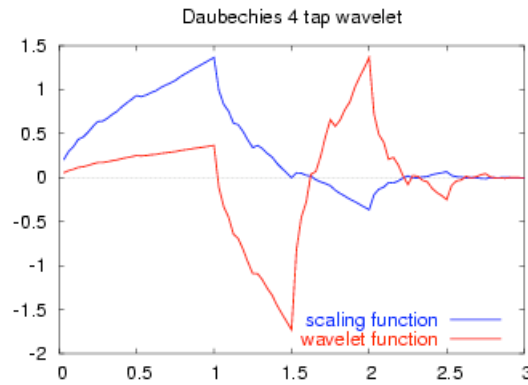


Figura 2: Wavelet de Daubechies

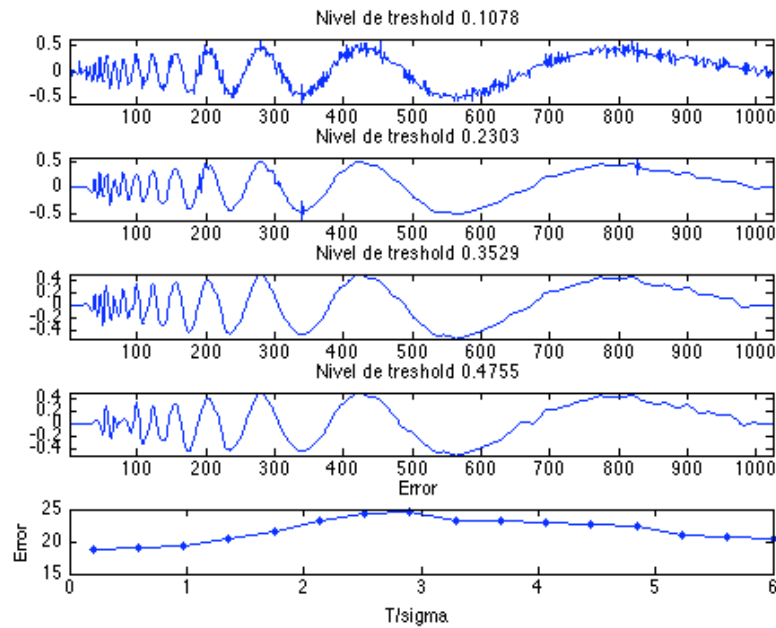


Figura 3: Rango de *Thresholds* para el filtrado de la señal “simp”.

4. Eliminación de ruido en señales

La primera incursión en el filtrado con wavelets se hizo con señales. Se procesaron dos señales con características definidas. La primera es una señal continua sin cambios abruptos de una senoide creciente en amplitud. El filtrado de la señal se utilizó un filtrado por *thresholding* ya que de esta forma se logra representar mejor las discontinuidades de las señales.

Para la señal *simp* se procedió a añadirle ruido y se creó una serie de imágenes en un rango de *threshold* y se graficó el error con respecto a la señal original (figura 3). Con esta gráfica se puede obtener, de mejor manera, el correcto valor del *threshold*. Una vez teniendo este valor se procedió al filtrado y graficación de la señal que se aprecia en la figura 3. Se utilizó la wavelet de soporte compacto de Ingrid Daubechies[7], de 4 taps (D4), ya que esta señal es continua sin muchos cambios abruptos. Aun cuando las wavelet no filtran muy bien las señales continuas, con una buena estrategia se puede lograr un muy buen filtrado.

Para la señal compuesta *Y* se utilizó la wavelet de *Harr*, esto debido a que la señal presenta dos cambios abruptos muy notables. Se procedió también con una secuencia en la búsqueda del *threshold* (ver figura 5). Con esto se logró lo que no se puede con Weiner Fourier[4]: una muy eficiente eliminación del ruido en la parte plana de la señal. Se puede apreciar el detalle en la figura 6.

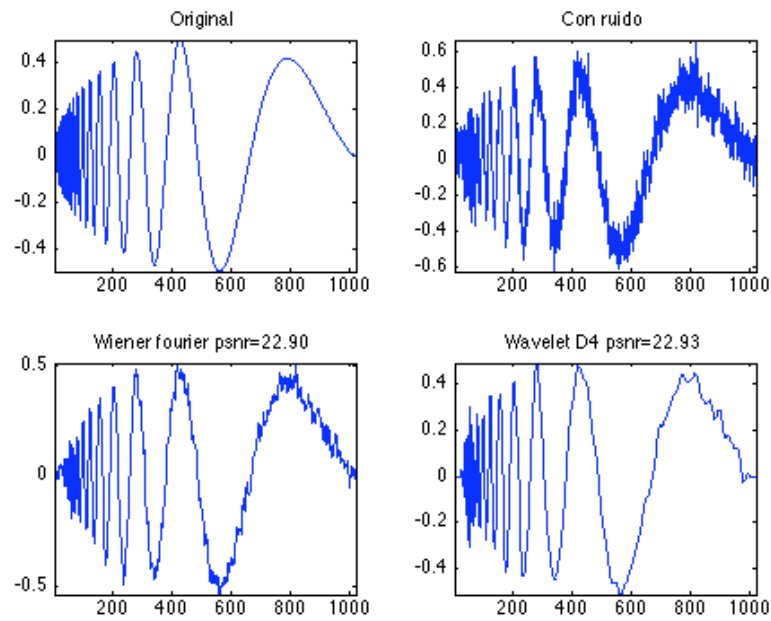


Figura 4: Comparativo de filtrado de la señal “simp” para wavelet y Wiener Fourier.

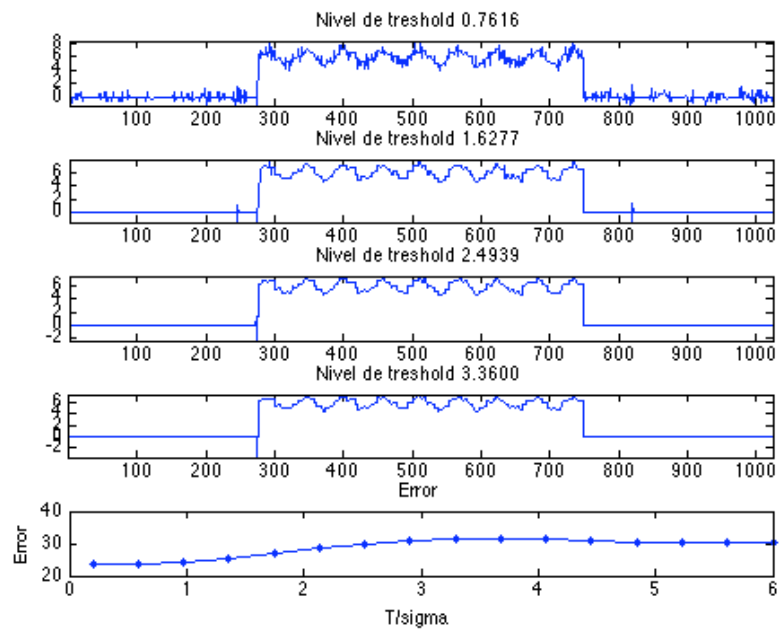


Figura 5: Rango de *Thresholds* para el filtrado de la señal “Y”.

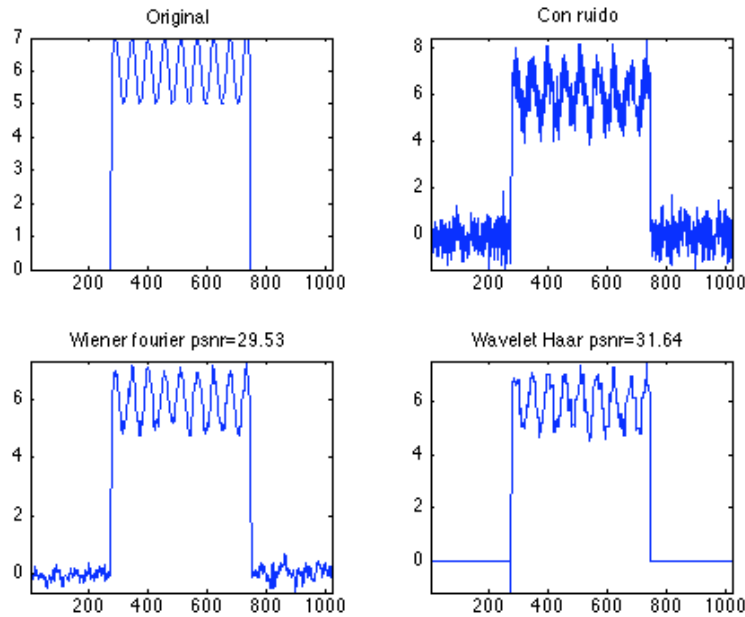


Figura 6: Comparativo de filtrado de la señal compuesta “Y” para wavelets y Wiener Fourier.

5. Eliminación de ruido en imágenes

Aumentando la complejidad de la tarea, se procedió a trabajar con el filtrado de imágenes. Se utilizaron dos imágenes de 256 x 256 píxeles con 256 tonos de grises. La conocida imagen *Lena* y la del *satelite*, se les agregaron ruido gaussiano y se procedió al filtrado. Se hizo filtrado por *threshold*, como con las señales.

Para la imagen de *Lena*, se utilizó la wavelet de soporte compacto de Ingrid Daubechies[7], de 4 taps (D4). Utilizando esta wavelet, la cual funciona muy bien para imágenes de contrastes suaves, se logró una eliminación muy eficiente del ruido, minimizando los *ringing artifact* y por lo tanto logrando la mejor calidad de filtrado. En comparación con el filtro Wiener basado en la transformada de Fourier, los wavelets ganan por más de una cabeza (ver figura 7).

Viendo el detalle es posible ver que se logró una muy buena calidad en el filtrado, del ruido agregado a la imagen original. En la figura 8 se puede apreciar en detalle. En todo proceso de filtrado se tienen algunas pérdidas de la imagen original. En el detalle se aprecia el efecto de *blurring* de la imagen y un ligero pixelizado, el cual es menor con wavelets que con Wiener Fourier.

Para la imagen del *satelite*, se utilizó la wavelet de Haar, esto debido que la imagen tiene cambios abruptos de contraste, con detalles finos y bien definidos. Al utilizar este filtrado, se logró una muy buena eliminación del ruido en general (ver figura 9), sin perder los detalles finos y con muy poco *blurring*. Como se puede ver en los detalles, de la figura 10, se puede apreciar que no se perdieron del todo las líneas delgadas, en comparación con el filtrado Wiener[4].

6. Investigación Reproducible

Siguiendo la excelente idea de Jonathan B. Buckheit y David L. Donoho[8], tanto los script como los datos que se utilizaron en este pequeño reporte, están disponibles para su uso (con el debido respeto al copyright) en la URL: <http://mural.uv.es/leyama/wavelet>. Aún cuando la aportación del autor de este trabajo es muy sencilla, se espera que sean de utilidad.

7. Conclusiones

La eliminación de ruido utilizando la transformada wavelet tiene muchas ventajas en comparación de los filtros de dominio espacial. Siendo una transformación del dominio frecuencial, se comporta mejor (en muchos casos) que los filtros tradicionales basados en la transformada de Fourier. Sin embargo, como bien se expresa en [9], entender la transformada de Fourier es esencial para entender la transformada wavelet y la comprensión de una herramienta nos hace más expertos al momento de aplicarla.



Figura 7: Comparativo de filtrados de la imagen “Lena” para Wavelets y Weiner Fourier.

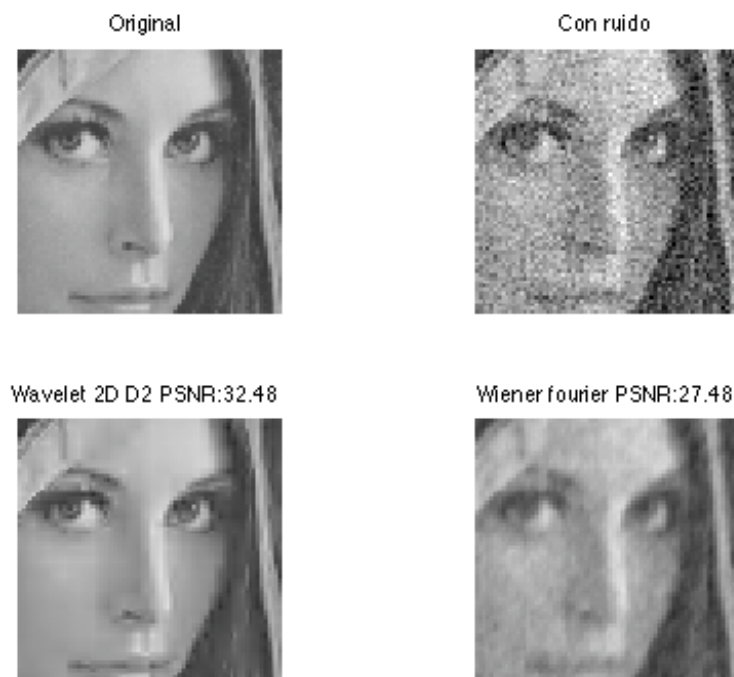


Figura 8: Detalle del filtrado de la imagen 'Lena'

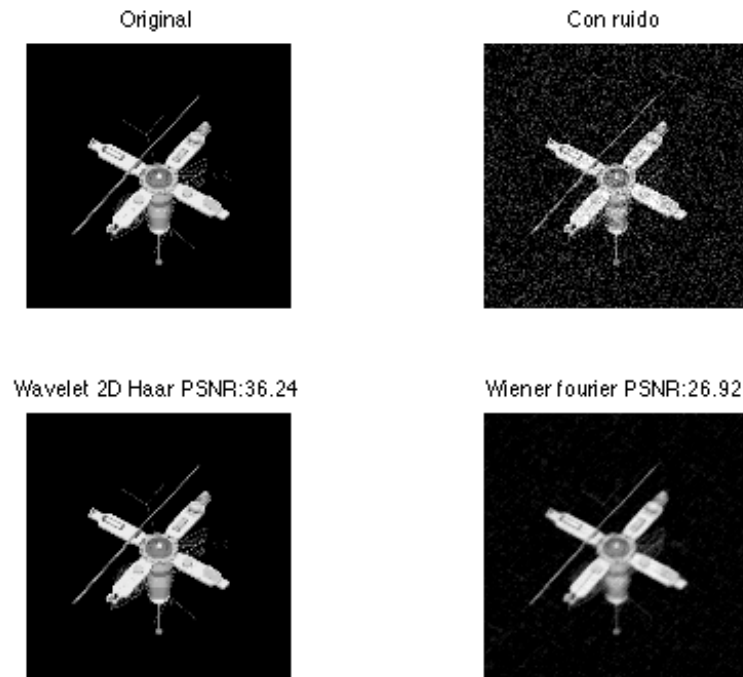


Figura 9: Comparativo de filtrados de la imagen “satel” para Wavelets y Weiner Fourier.

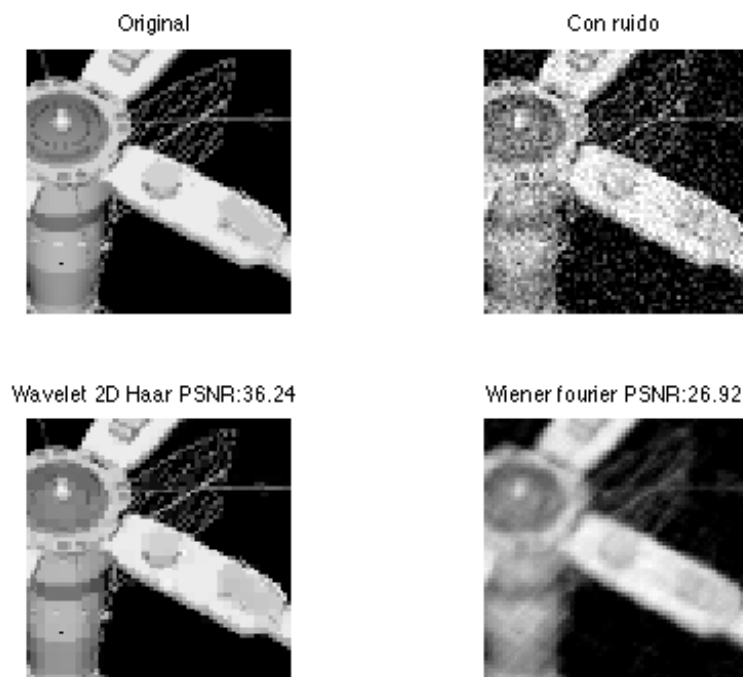


Figura 10: Detalle del filtrado de la imagen 'Satel'

Asimismo, para la correcta eliminación o filtrado de ruido, tanto en señales como en imágenes, es necesario conocer la estructura que tienen los datos, ya sea una señal o una imagen. En función de este conocimiento *a priori* se podrá sacar más partido al filtrado wavelet o se podrán utilizar los tradicionales filtros basados en la transformada de Fourier.

Referencias

- [1] Wikipedia, “Electronic noise — wikipedia, the free encyclopedia,” 2008, [Online; accessed 13-July-2008]. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Electronic_noise&oldid=223151659
- [2] —, “Image noise — wikipedia, the free encyclopedia,” 2008, [Online; accessed 13-July-2008]. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Image_noise&oldid=221282453
- [3] —, “Wavelet — wikipedia, the free encyclopedia,” 2008, [Online; accessed 13-July-2008]. [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Wavelet&oldid=224894772>
- [4] —, “Wiener filter — wikipedia, the free encyclopedia,” 2008, [Online; accessed 10-July-2008]. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Wiener_filter&oldid=224792540
- [5] —, “Gaussian blur — wikipedia, the free encyclopedia,” 2008, [Online; accessed 13-July-2008]. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Gaussian_blur&oldid=219475212
- [6] —, “Gibbs phenomenon — wikipedia, the free encyclopedia,” 2008, [Online; accessed 13-July-2008]. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Gibbs_phenomenon&oldid=223954730
- [7] —, “Daubechies wavelet — wikipedia, the free encyclopedia,” 2008, [Online; accessed 13-July-2008]. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Daubechies_wavelet&oldid=225066694
- [8] J. B. Buckheit and D. L. Donoho, “Wavelab and reproducible research,” [Online; accessed 9-July-2008]. [Online]. Available: http://www-stat.stanford.edu/wavelab/Wavelab_850/wavelab.pdf
- [9] V. Candela, “.apuntes para la clase: Aplicaciones de la transformada wavelet: Cómo utilizar los wavelets sin tan siquiera intentarlo,” Febrero 2008.