

Análisis de Compresión y Descompresión de imágenes en escala de grises usando la Transformada Wavelet y sus ventajas con respecto a la Transformada de Fourier

Quijije Mejía Pablo Augusto¹, Sanjinés Flores Nadia Jackeline², Chávez Patricia³
 Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC)
 Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
 Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral
 Apartado 09-01-5863 Guayaquil, Ecuador
 pquijije@fiec.espol.edu.ec¹, nadia.sanjines@ieee.org², pchavez@fiec.espol.edu.ec³

Resumen

El procesamiento digital de imágenes ha venido desempeñando un papel de gran importancia en el área de ingeniería e incluso en la medicina. Gracias a este procesamiento hoy en día es posible manipular imágenes para obtener información objetiva que nos ayude a tomar decisiones para la resolución de problemas. El presente proyecto presenta un estudio de la transformada de Wavelet como una alternativa a la implementación de algoritmos de compresión/descompresión de imágenes en escala de grises. A través del presente se realiza un análisis cuantitativo y cualitativo para establecer las ventajas y desventajas con respecto al uso de de la transformada de Fourier.

Palabras Claves: Transformada de Wavelet.

Abstract

The digital image processing has been playing an important role in the engineering career and even medicine area. Thanks to this processing, nowadays is possible to manipulate images to get objective information that help us make decisions to solve problems. This project is a study of the wavelet transformation as an alternative to the implementation of algorithms for compression / decompression of gray scale images. Through of this project, we are going to do a quantitative and qualitative analysis to establish advantages and disadvantages regarding the use of Fourier transformation.

Key words: Wavelet Transformation

1. Introducción

El presente proyecto presenta un método para la compresión/descompresión de imágenes basado en la transformada wavelet, disminuyendo la cantidad de información en la imagen, a través de la anulación de los valores de los coeficientes wavelet anterior a la reconstrucción.

2. Objetivos

2.1 Objetivos Generales

- Analizar el desarrollo de compresión de imágenes usando la transformada de Fourier.
- Desarrollar en Matlab una interfaz ilustrativa que permita comprimir las imágenes usando las transformadas de Fourier y wavelet.

2.2 Objetivos Específicos

- Establecer las ventajas del uso de la transformada wavelet en la compresión de imágenes con respecto a fourier.

3. Descripción del proyecto

Para el análisis de la transformada wavelet en la compresión de imágenes se ha desarrollado un programa en el software matemático Matlab que realizará la descomposición y reconstrucción de imágenes en escala de grises.

1. Introducción

3.1 Elección de Imágenes

Las imágenes que se manipularon para el estudio y análisis del presente proyecto fueron escogidas bajo los siguientes parámetros:

- Dimensiones de la imagen
- Imagen con alto nivel de detalles



Figura 3.1: Imagen de Lena y Bárbara



Figura 3.2: Imágenes de estanque y escalera

Las figuras en 3.1 tienen la característica de ser imágenes de dimensiones simétricas, las figuras de 3.2 son asimétricas.

3.2 Definición de parámetros

Función wavelet: Daubechies, 'db6'. Al usar Fourier este parámetro no está definido.

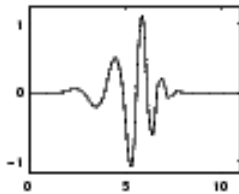


Figura 3.3: Función escalar de la familia Wavelet Daubechies 6

Nivel de descomposición: Se realizaron las pruebas en los cinco primeros niveles.

Umbral: este valor fue calculado en cada nivel, se tomó la mediana del valor absoluto de los coeficientes del detalle horizontal.

3.3 Ejecución del Algoritmo

Para realizar la compresión/descompresión de imágenes en Matlab usando la DWT, empezamos creando los filtros pasa-bajos y pasa-altos para la wavelet seleccionada a través del comando `wfilters`.

Los coeficientes wavelet de los detalles obtenidos a través de la transformación discreta de la imagen (`dwt2`) para cada nivel se fueron guardando en un vector y finalmente se adjuntó la aproximación del último nivel.

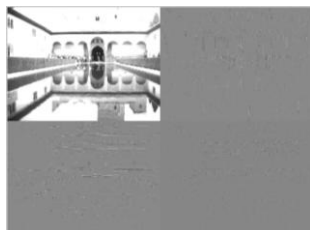


Figura 3.4: Estanque en su descomposición wavelet de nivel 1

Además, se generó una matriz donde se guardaron los tamaños (filas, columnas) correspondientes a los distintos detalles. Gracias a dicha matriz es que se pueden recuperar los coeficientes para efectuar el proceso de reconstrucción de la imagen.

A la par se definió una función de umbrado que fija un valor de referencia para cuantizar los valores de las matrices de detalles generando una gran cantidad de ceros para lograr tasas de compresión de margen considerable, sin disminuir la calidad de la imagen reconstruida.



Figura 3.5: Estanque en wavelet piramidal de Nivel 2 cuantizada

Para la reconstrucción de la imagen se realizó el proceso inverso, aplicando finalmente el algoritmo de la Transformada discreta Inversa.

3.4. Funcionalidad del programa

El programa está diseñado para cargar una imagen en grises, la cual se desea someter al análisis de compresión/descompresión de imágenes. Se podrá descomponer y reconstruir una imagen a través del uso de las wavelets y Fourier. Se puede ingresar el nivel de compresión deseado.

La interfaz presentará la descomposición en niveles de la imagen. Mostrará la imagen original y la reconstruida de tal forma que se realice un examen visual. Además se presentarán los cálculos del NMSE, la energía de las imágenes original y reconstruida y el número de ceros como medición del porcentaje de compresión realizado sobre la imagen. Finalmente generará los histogramas correspondientes a la Imagen Original y Reconstruida para evaluar el cambio que ha ocurrido.

4. Resultados

Luego de haber obtenido los resultados realizamos los siguientes análisis para establecer las diferencias en la aplicación de las dos transformadas en el proceso de compresión/descompresión.

Análisis Cuantitativo

Se tomaron los resultados para realizar las gráficas que se presentan a continuación y predecir el comportamiento del método de compresión aplicado en las imágenes.

A continuación se presentará el análisis comparativo del NMSE en las imágenes dentro de los cinco primeros niveles de descomposición entre las transformadas de estudio.

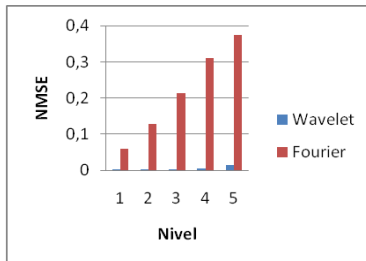


Figura 3.6: NMSE de la imagen de lena.jpg

Al observar las barras que describen el resultado del NMSE, podemos fijarnos que este valor en wavelet es muy pequeño relacionado con el valor obtenido al aplicar la transformada de Fourier en las imágenes. Recordemos que mientras mayor sea el NMSE mayor será el error.

Ahora presentaremos un análisis comparativo entre las Energías de la imagen original y su reconstruida con ambas transformadas dentro de los cinco primeros niveles de descomposición. Para ello hemos tomado datos de la imagen de escalera.jpg

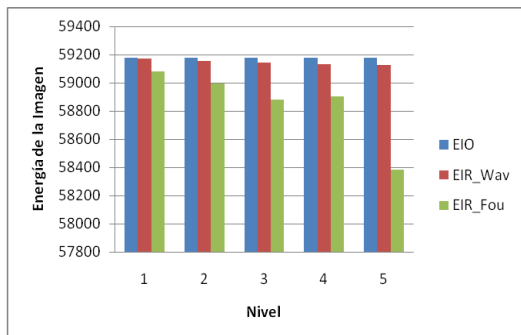


Figura 3.7: Energía de las imágenes de escalera.jpg

Con estas gráficas vemos que las imágenes reconstruidas con wavelets tienen una energía que difiere en un mínimo valor. En Fourier podemos argumentar que mientras más aumentamos el nivel de descomposición es mucho mayor la diferencia con respecto a la original. Podemos predecir entonces que la imagen reconstruida a ese nivel ha de tomar un gran cambio perceptible al ojo humano y lo comprobaremos en el análisis visual que describiremos más adelante.

Finalmente presentaremos el análisis comparativo de la Tasa de Compresión alcanzada en las imágenes dentro de los cinco primeros niveles de descomposición entre las transformadas.

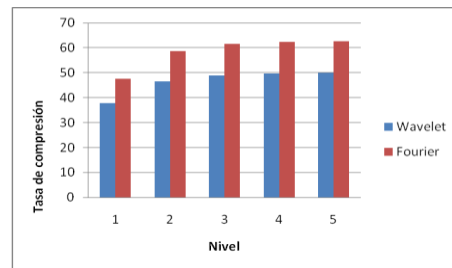


Figura 3.8: Tasa de compresión alcanzada en barbara.jpg

Encontramos que wavelet consigue una mayor tasa de compresión en imágenes asimétricas con respecto a Fourier y en imágenes sucede lo opuesto.

Análisis Cualitativo

Después de haber analizado cuantitativamente los cambios que han sufrido las imágenes al ser sometidas a la compresión/descompresión; habíamos predicho que mientras aumentamos el nivel de compresión la imagen va teniendo cambios que se van acentuando, los mismos que son más notorios en Fourier. Ahora vamos a tomar como muestra la imagen de Bárbara manipulada en nivel tres de compresión y procederemos a realizar un examen visual para corroborar nuestra predicción a nivel cuantitativo.



Figura 3.9: Bárbara original y Reconstruida desde el nivel 3 con wavelet

Al observar las imágenes arriba, no hemos notado diferencia entre las mismas. Bárbara tiene la característica de ser una imagen con muchos detalles, los mismos que se han conservado después de someterse a la compresión con wavelet según nuestra apreciación visual, si comparamos esto con el resultado obtenido del NMSE: 0.00241058; cuyo valor nos indica que la variación de la imagen a ese nivel es mínima con respecto a la original, de esta forma comprobamos que nuestros resultados cualitativos van a la par del análisis realizado previamente.

Ahora comprobaremos los resultados en Fourier.

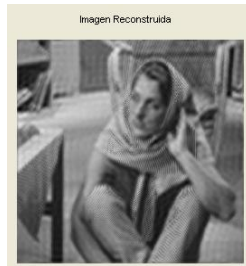


Figura 3.10: Barbara Reconstruida desde el nivel 3 con Fourier

A simple vista detectamos una distorsión de la imagen. Hemos notado la pérdida de detalles claramente en el mantel, pantalón y el manto sobre la cabeza de Bárbara.

Para tener una percepción general hemos realizado una encuesta a 30 personas, centrándonos básicamente en conocer cuál es la reacción de esta población al observar el resultado de cuatro imágenes sometidas al análisis de compresión/descompresión de nivel uno. Hemos tomado como estudio este nivel debido que hasta la evaluación que hemos realizado es en el que ambas transformadas se han desempeñado con mejor eficacia en mantener la información de las imágenes.

Particularmente, el 100% de los encuestados encontró que en las tres primeras imágenes era clara que la opción A era la más cercana a ser la original. En la cuarta imagen encontramos que al menos el 30% se inclinó por la opción B.

De manera notoria el 100% de los encuestados se inclinó por el uso de la opción A como mejor forma de compresión/descompresión después de haber analizado las cuatro imágenes.

Finalmente los factores que más afectan a este análisis según el criterio de los evaluadores fueron: Nivel de compresión, tamaño de la imagen y detalle de la imagen siendo este último el que más coincidencia alcanzó dentro de la población con un 77%.

5. Conclusiones

- Comprobamos que la reconstrucción de la imagen a través de wavelet se logra con un margen de error muy pequeño prácticamente imperceptible para el sistema de la visión humana.
- Destacamos que, si bien dentro del proceso está involucrada la cuantización, produciéndose como consecuencia la pérdida de información, la imagen que logra reconstruirse con wavelet posee poca pérdida

de detalle a las grandes razones de pérdida de Fourier.

- Aún cuando Fourier, en imágenes simétricas alcanza un mayor porcentaje de compresión no es la mejor vía debido a sus grandes pérdidas de información.
- Después de evaluar todos los resultados obtenidos hemos concluido que utilizar la transformada de wavelet es un método muy efectivo para la compresión/descompresión de imágenes debido a la calidad de la imagen que se puede obtener aún cuando se incrementa su nivel de compresión.
- El grado de compresión que alcanzó wavelet en los niveles analizados fue de un promedio del 50 %, de esta forma se puede transmitir imágenes ahorrando ancho de banda sin mayor pérdida de información.
- La fidelidad de la imagen dependerá de los niveles de compresión que se alcancen y del tamaño de la imagen y los detalles de la misma.

6. Recomendación

- Se deben considerar imágenes de gran detalle para la evaluación ya que esto permitirá realizar un análisis visual minucioso de los resultados.
- En la compresión mediante wavelet es importante considerar con que familia wavelet se va a implementar el algoritmo debido a que puede ser un factor que influya en obtener una mayor compresión en las imágenes, esto sería un análisis que se podría realizar posteriormente para entablar los beneficios que pueden brindar cada una en este estudio

7. Agradecimientos

A Dios y a todos quienes con su ayuda incondicional aportaron a la culminación de este trabajo, especialmente a la Ing. Patricia Chávez por su invaluable dirección y consejos.

8. Referencias

- [1] MADISETTI Vijay K., WILLIAMS Douglas B., "Digital Signal Processing Handbook", Chapman & Hall/CRCnetBase, 1999.
- [2] WOODS González., "Digital Processing Using MATLAB", Prentice Hall, 2004
- [3] BLANCHET Gerard, CHARBIT Maurice, "Digital Signal and Image Processing using Matlab", Iste, 2006.

[4] JAIN Anil K., “Fundamentals of Digital Image Processing”, Prentice Hall, 1989.

[5] WILEY John & Sons Ltda. MATLAB, “Image Processing Toolbox User’s Guide”, Mathworks Inc., 2008.