

Universidad de Camagüey, Cuba

Universidad Central Marta Abreu  
de Las Villas, Cuba.

Titulo: IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO  
EMBEDDED ZEROTREE WAVELET (EZW) PARA  
LA COMPRESIÓN DE IMÁGENES FIJAS

Autores:

Ing. Yumilka Bárbara Fernández Hernández1 Calle 6, Número 60,  
Reparto Vista Hermosa, Camaguey, Cuba. Teléfono: 053-32-281161.  
Correo electrónico: yumilka@gmail.com

Dr. Juan Lorenzo Ginori 2. Correo electrónico [juanl@uclv.edu.cu](mailto:juanl@uclv.edu.cu)

2007

## Resumen

La transmisión de imágenes médicas a través de redes de comunicación, así como su almacenamiento, constituyen un problema de gran importancia en la actualidad, dada la gran cantidad de imágenes producidas para propósitos de trabajo y de estudio en todas las esferas. En este trabajo se realiza un estudio del algoritmo Embedded Zerotree Wavelet (EZW) para lograr su implementación eficiente, en función de complementar herramientas de software para el manejo de imágenes que no ofrecen la posibilidad de comprimir la información. Como resultado se obtendrá un programa eficiente que brinda facilidades de explotación y la posibilidad de realizar la compresión de imágenes médicas en forma progresiva, con elevada tasa y baja distorsión, contribuyendo a minimizar los costos de tráfico en la red.

## 1. Introducción

Estamos ubicados en la llamada "sociedad de la información" donde nos rodean medios como redes de comunicaciones, multimedia, ordenadores, fax, televisión, sistemas de teleconferencia...

Por estos medios circula gran cantidad de información, de ella la mayoría se expresa en imágenes y en videos, de allí la importancia de mejorar la eficiencia de la transmisión de datos a través de redes y reducir el coste de almacenamiento. Consecuencia de ello ha sido la aparición de la compresión de datos y entre las distintas técnicas de compresión de datos disponibles en la actualidad, la de imágenes ha jugado un papel fundamental en el desarrollo de la tecnología computacional.

Las imágenes en un principio se codificaban en un formato muy simple, los ficheros de imágenes eran fáciles de codificar y de decodificar y por tanto eran procesos muy rápidos pero poco eficientes. A medida que las imágenes fueron siendo de mayor tamaño (mayor resolución) y de mayor profundidad de color, los ficheros que almacenaban imágenes crecían en tamaño de manera geométrica. Con el transcurso del tiempo y de las investigaciones se tuvo conocimiento de que había mucha información repetitiva en la mayoría de las imágenes (por ejemplo, grandes áreas donde el color de los píxeles era el mismo que el de sus vecinos), un alto grado de redundancia espacial, y una alta correlación entre los valores de los píxeles. Entonces se empezó a trabajar en el tema de la compresión, tan importante en la actualidad.

La compresión de las imágenes trata de aprovecharse de esta redundancia para reducir el número de bits necesarios para representar la imagen, consiguiendo de esta forma ahorrar recursos tanto de almacenamiento como de transmisión.

La compresión de las imágenes tiene como objetivo reducir el número de bits necesarios para representar una imagen [LIN00] [SAI96].

Existe una gran variedad de técnicas de compresión de datos, según el tipo de éstos y la aplicación particular.

Los sistemas de compresión de imágenes y vídeo aprovechan las propiedades estadísticas de este tipo de datos para conseguir la máxima compresión. Además, estos sistemas tienen en cuenta las características del sistema visual humano cuando el uso que se hace de las imágenes comprimidas es la visualización.

La mayoría de las técnicas de compresión de imágenes empleadas actualmente se basan en transformadas para conseguir la compresión [RAM93]. La transformada más ampliamente utilizada por los sistemas de compresión de imagen y vídeo es la Transformada del Coseno Discreta. Esta es la transformada empleada por los estándares JPEG y MPEG [IMP04].

Esta transformada posee ciertas propiedades que hicieron que se eligiese cuando se desarrollaron los estándares mencionados anteriormente. Sin embargo, existen otras muchas transformadas que pueden ser empleadas para la compresión de imágenes, y una de ellas es la Transformada Wavelet [RAM93] [CRE97] [ALA05]. En realidad por transformadas wavelet se conocen a una serie de transformadas que emplean diferentes núcleos, pero todos con algunas características comunes (son funciones oscilatorias, y de duración finita). Estas transformadas presentan unas características que las hacen más que adecuadas para ser empleadas en compresión de imágenes. Además, en la última década se han realizado grandes avances en este campo, especialmente con el desarrollo de una implementación rápida, equivalente a la Transformada Rápida de Fourier (FFT) para el caso de la Transformada de Fourier, que permite la implementación de la transformada wavelet en sistemas con unas capacidades de cálculo y de memoria limitadas.

Hay dos técnicas de compresión de imágenes: Reversibles (lossless o lossless) e Irreversibles (lossy o lossy).

La compresión reversible quiere decir sin pérdida y se refiere a que cuando se comprime una imagen y se almacena, cuando la recupero, la imagen obtenida coincide exactamente con la original hasta en el más pequeño detalle. En otras palabras, no se pierde información utilizando esta técnica de compresión.

La compresión irreversible quiere decir con pérdida y se refiere a que se puede suprimir cierta información de la imagen para hacerla más pequeña y sin que el ojo note la diferencia o permitiendo perder pequeños detalles no significativos. Es decir, al volver a descomprimir la imagen voy a recuperarla con alguna pequeña diferencia respecto a la original.

## 2. Transformada Wavelet Discreta

La teoría de las wavelets es utilizada con eficacia para diferentes aplicaciones dentro del procesamiento digital de señales y de imágenes, entre las que se encuentran: procesamiento de señales en multirresolución, visión por computadoras, desarrollos en series de wavelets en matemática aplicada, compresión de datos (señales, imágenes), reducción del ruido en señales e imágenes y el análisis espectral de señales no estacionarias, entre otras.

La wavelet prototipo puede ser considerada como una función de filtrado pasobanda. La propiedad de los diferentes filtros asociados a las funciones wavelets de poseer un factor de calidad  $Q$  constante, es una consecuencia de que ellos son versiones escaladas de la función prototipo.

La Transformada Wavelet Discreta (DWT) es el caso más común en el procesamiento digital de señales e imágenes; en ella se utiliza el procesamiento de señales con tasa múltiple (multirate), es decir, donde se combinan diferentes frecuencias de muestreo.

La codificación con empleo de la Transformada Wavelet es un ejemplo de los esquemas genéricos de compresión mediante transformadas, que constan de tres etapas en las que se utiliza una Transformada con el fin de decorrelacionar las partes mutuamente dependientes de la señal o

imagen, luego se realiza la cuantificación, seguido la reducción de la redundancia y la señal o imagen original es recuperada mediante un proceso inverso.

### 3. Algoritmo Embedded Zerotree Wavelet(EZW)

Este algoritmo posee la propiedad de que los bits de la cadena de bits son generados por orden de importancia, realizando así una codificación progresiva. Dicha cadena, representa una serie de decisiones, mediante las cuales podremos distinguir una imagen de la imagen nula. El algoritmo EZW ofrece la posibilidad de finalizar la codificación en el punto que se desee, pudiendo alcanzar así la compresión buscada. Esto se puede realizar empleando un contador de bits, de modo que en el momento en que se alcance el número de bits que se quiere almacenar, finaliza la codificación. Esto es similar a la representación de números reales en forma binaria, ya que con cada dígito añadido a la derecha de la cadena se consigue una mayor precisión.

En [SHA91] se observa que las etapas del algoritmo EZW son las siguientes:

1. Transformada wavelet discreta, con la cual se obtiene una representación compacta de la imagen;
2. Codificación de los zerotrees o árboles de ceros, que produce mapas binarios que indican la posición de los coeficientes más significativos;
3. Aproximaciones sucesivas, con las cuales se va obteniendo cada vez una mayor calidad de la imagen;
4. Un protocolo de prioridades, mediante el cual se determina el orden de importancia de los coeficientes.;
5. Codificador aritmético, con el que se puede codificar de forma rápida y eficiente las cadenas de símbolos sin necesidad de ninguna tabla;
6. el algoritmo se ejecuta secuencialmente hasta que satisfaga una condición de parada.

El algoritmo EZW, se basa en la hipótesis de que si un coeficiente correspondiente a una alta frecuencia es pequeño en valor absoluto, entonces es de esperar que todos los coeficientes de la misma orientación y localización espacial sean también pequeños, donde si un coeficiente

pertenece a  $HL_n$  (lo mismo para  $LH_n$  y  $HH_n$ ), los coeficientes con la misma orientación serán los pertenecientes a  $HL_j$ , de la misma manera si denotamos por  $f(HL_n)_{i;j}$  a los elementos de  $HL_n$ , entonces los coeficientes  $(HL_{n-1})_{2i;2j}$ ,  $(HL_{n-1})_{2i-1;2j}$ ,  $(HL_{n-1})_{2i;2j-1}$  y  $(HL_{n-1})_{2i-1;2j-1}$  tendrán la misma localización que  $(HL_n)_{i;j}$ .

En la Fig. 1 se puede ver la distribución de las frecuencias en la imagen.

Fig. 1. Descomposición multiescala en dos niveles.

Es necesario realizar el recorrido de la matriz comenzando por las frecuencias más bajas (LL), terminando por las más altas (HH), como se puede ver en la Fig.2.

(a) (b)

Fig. 2. (a) Dependencia entre los coeficientes (b) Manera de examinar los coeficientes

Después de aplicar la Transformada Wavelet a la imagen, se obtiene la matriz  $8 \times 8$  como se muestra en la Fig.3, la cual se analiza determinando un umbral que se aplicará secuencialmente

$T_0; T_1; \dots; T_{N-1}$ , de modo que  $T_i = T_{i-1}/2$ , donde  $T_0$  se elige de modo que  $|x_j| < 2T_0$ , para cualquier coeficiente  $x_j$  de la descomposición multiescala

Una vez codificados los coeficientes de la transformación multiescala, se dispone de un mapa de los coeficientes significativos, en forma de una cadena formada por los símbolos "z", "i", "p" y "n", la cual nos permite saber si un coeficiente de dicha transformada es insignificante o no respecto al umbral empleado.

Fig. 3. Matriz que se obtiene al aplicar la Transformada Wavelet discreta

Se definen los símbolos z, i, p, n como sigue

1. z: raíz del zerotree.
2. i: cero aislado, un coeficiente  $x$  será codificado como cero aislado si es insignificante respecto a  $T$ , pero posee algún descendiente significativo.
3. p: significativo positivo,  $x$  será codificado de esta manera si  $|x| > T$  y  $x > 0$ .
4. n: significativo negativo, en este caso tendremos que  $x$  es significativo ( $|x| > T$ ) y negativo.

Se debe notar, que si un coeficiente es codificado como raíz de un zerotree, no se necesita codificar sus descendientes, ya que estos también serán inferiores al umbral.

Después de haber clasificado cada uno de los componentes de la matriz, aplicando una serie de pasos dominantes y subordinados, según el umbral escogido, se obtienen listas para cada uno de los mismos, las cuales se utilizan para determinar los valores que serán utilizados en la reconstrucción de la imagen.

## 1. Resultados:

La implementación del algoritmo EZW y su aplicación a imágenes fijas se encuentra en estado de terminación. La utilización de Java como lenguaje de programación para lograr una aplicación que permita la compresión de imágenes, permite que el algoritmo se ejecute con mayor velocidad, obteniendo los resultados requeridos, que se muestran anteriormente, en breves segundos.

Las pruebas se realizaron en una PC con CPU Pentium IV, a 1 GHz, 128 MByte de memoria RAM. Haciendo posible de esta manera aplicar la transformada wavelet y su inversa a la imagen y a los ficheros que guardan la información, respectivamente, para obtener en un final la imagen luego de haber aplicado el algoritmo.

## 2. Conclusiones

En este trabajo se abordó el problema de implementar el algoritmo Embedded Zerotree Wavelet para la compresión de imágenes fijas en cualquier ámbito donde se haga necesario el almacenamiento de imágenes y la transmisión de las mismas a través de la red. El estudio demuestra que es posible implementar el algoritmo EZW utilizando como lenguaje de programación Java debido a todas las ventajas que el mismo nos brinda, obteniendo una aplicación con el máximo de seguridad requerida, una aplicación que podrá ejecutarse sobre cualquier sistema

operativo, realizando el tratamiento de imágenes y la ejecución del trabajo con gran velocidad y eficiencia.

### 3. Referencias

[LIN00] Lin Gang, Liu Ze-Min, The Application of Multiwavelet Transform to Image Coding. IEEE Transactions on image processing, vol. 9, no. 2, february 2000.

[SAI96] Said Amir, Pearlman William A., A New Fast and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 6, June 1996.

[RAM93] Ramchandran Kannan, Vetterli Martin (senior member, IEEE), Best wavelet packet bases in a rate-distorsion sense. IEEE Transactions on image processing, Vol. 2, No. 2, February 1993

[IMP04] Impoco Gaetano, JPEG2000 - A Short Tutorial. April 1, 2004

[CRE97] Creusere Charles D., A New Method of Robust Image Compression Based on the Embedded Zerotree Wavelet Algorithm. IEEE Transactions on image processing, vol. 6, no. 10, October 1997

[ALA05] Alarcón Roldán José M., Compresión de imágenes y vídeo mediante la transformada wavelet, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación, Málaga, 2005.

[SHA91] Shapiro Jerome M., Embedded Image Coding Using Zerotrees of Wavelet Coefficients. IEEE Transactions on signal processing Vol. 41 no I2 December 1993

