

# COMPRESIÓN SIN PÉRDIDAS DE IMÁGENES BIOMÉDICAS O MULTIESPECTRALES CON WAVELETS

*Jordi Cenzano Ferret  
Ferran Valldosera Piulachs*

UPC Barcelona

## ABSTRACT

En este documento se propone un esquema de compresión de imágenes biomédicas o multiespectrales mediante el uso de wavelets.

La secuencia de imágenes de entrada es tratada como un cubo ( $X, Y, Z$ ), se hace la transformada wavelet en las 3 dimensiones del cubo donde se obtiene un cubo con los coeficientes transformados y de las mismas proporciones que el de entrada. Sobre este cubo se aplica una codificación aritmética, la cual genera el bitstream final.

Se obtienen unos resultados bastante mejores que aplicando una codificación aritmética directamente sobre el cubo original. También se ha comprobado que este algoritmo puede ser mejorado incorporando otras técnicas en el momento de la codificación (ex.: SPIHT 3D).

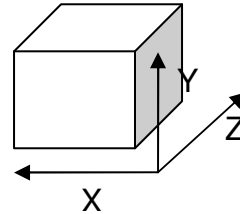


Figura 2. Secuencia de imágenes de entrada

En el primer paso del algoritmo implementado se aplica una transformada wavelet en 3 dimensiones (DWT 3D) sobre el cubo de entrada, ver Figura 3, la cual generará un cubo de coeficientes de igual tamaño que el de entrada, se cuantificaran estos coeficientes. Y finalmente serán codificados mediante un codificador aritmético generando el bitstream final.

Para reconstruir el cubo original se harán los pasos inversos, ver Figura 4.

## 1. INTRODUCCIÓN

Con este trabajo buscamos aprovechar la gran redundancia espacial presente en los 3 ejes ( $X, Y, Z$ ) de las imágenes biomédicas o multiespectrales. La secuencia de imágenes de entrada (Figura 1) se puede representar como un cubo, donde  $X, Y$  son el ancho y alto de las imágenes, y  $Z$  es el índice de éstas (Figura 2).

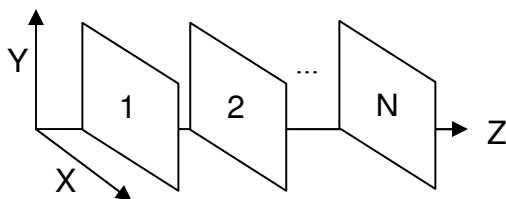


Figura 1. Secuencia de imágenes de entrada

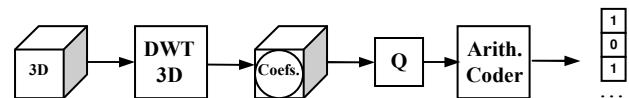


Figura 3. Proceso de compresión

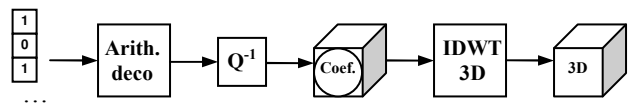
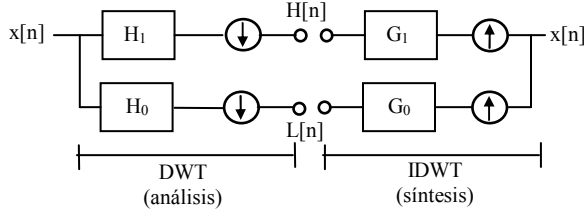


Figura 4. Proceso de descompresión

## 2. TRANSFORMADA WAVELET 3D

La transformada wavelet (DWT) [1] es una transformación no expansiva que permite una reconstrucción perfecta de la señal original (Figura 5).



$H_0, H_1$ : Filtros de análisis DWT  
 $G_0, G_1$ : Filtros de síntesis DWT

Figura 5. Proceso de descompresión

Aprovechando la propiedad de separabilidad [1][2] de la transformación wavelet se puede aplicar una transformación unidimensional de forma secuencial para X, Y y Z. Por lo tanto, el bloque de DWT 3D de la Figura 3 se puede implementar de la siguiente forma, ver Figura 6.

Iterando sobre el esquema de la Figura 6 se consigue un bloque de análisis multinivel [1][2][3], con ello se consigue compactar aun más la energía de los coeficientes. El máximo número de niveles que se puede descomponer un cubo, si utilizamos el mismo número de niveles para X, Y, Z, esta limitado por la expresión (1).

$$\text{MaxLevel} = \text{Min}(\log_2(X), \log_2(Y), \log_2(Z)) \quad (1)$$

Para implementar el bloque de reconstrucción IDWT 3D se puede utilizar el esquema inverso de la f6 cambiando los filtros de análisis por los de reconstrucción y los diezmadores por interpoladores de 0.

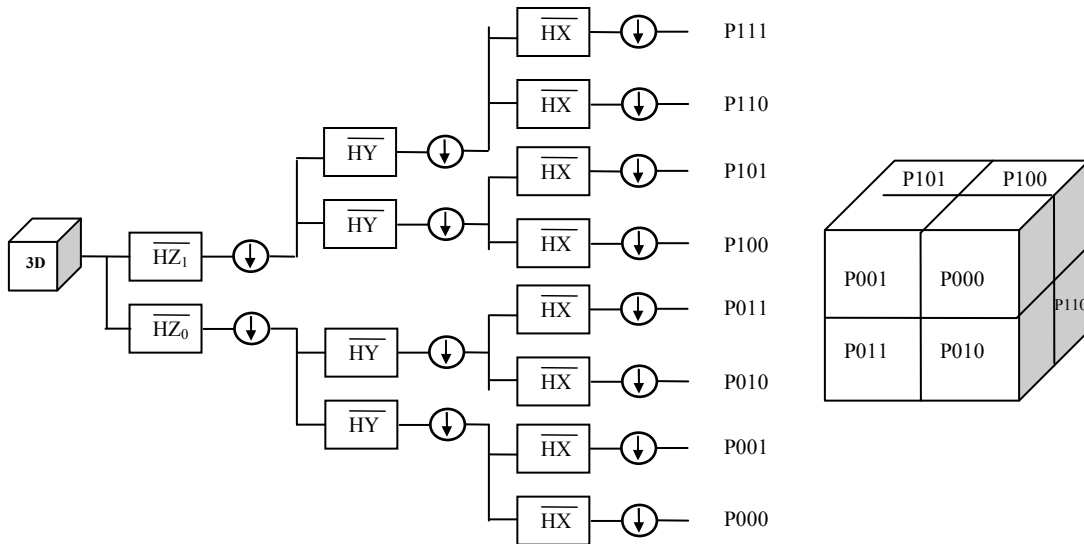


Figura 6. Proceso de descompresión

## 2. CUANTIFICADOR

El cuantificador que se ha implementado para el esquema de la Figura 3 se rige por la expresión (2).

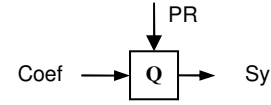


Figura 7. Proceso de cuantificación

$$\begin{aligned} \text{If } (Pr > 0) \\ & Sy = F(\text{round}(\text{coef} * Pr)) \\ \text{Else} \\ & Sy = F(\text{coef}) \end{aligned} \quad (2)$$

Donde **Pr** es la precisión que se quiere obtener, **Pr** = 0 significa no despreciar ningún decimal. **Coef** es el valor de entrada codificado en coma flotante, y **Sy** es el símbolo entero que se envía al codificador. **F** es una función que indexa los símbolos.

En este punto se tiene que advertir que valores bajos de **Pr** (menores a 3, comprobado empíricamente, haría falta un estudio más profundo para determinar exactamente **Pr**) pueden introducir pérdidas.

El proceso de cuantificación inverso, dada la expresión (2) es trivial.

## 3. CODIFICADOR ARITMÉTICO

Como codificador / decodificador aritmético se ha utilizado un bloque de matlab previamente implementado [5].

#### 4. METRICAS UTILIZADAS

Las medidas utilizadas han sido: Factor de compresión FC (3), la PSNR (4) y el factor de mejora sobre una codificación sin pérdidas estándar utilizando el algoritmo ZIP [6] (5).

$$FC = Lbstream / Lsrc \quad (3)$$

Lbstream: Tamaño en bits del bitstream final  
Lsrc:  $X * Y * Z$  (Bits por píxel)

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( MAX^2 \frac{X_N Y_N Z_N}{\sum_{x,y,z} (Bsrc(x,y,z) - Brc(x,y,z))^2} \right) \quad (4)$$

$$FM = Lbstream / Lbitstreamzip \quad (5)$$

Lbstream: Tamaño en bits del bitstream final  
Lbitstreamzip: Tamaño en bits del bitstream comprimido ZIP

#### 5. RESULTADOS

Como secuencia de test se ha usado una resonancia magnética nuclear de un cabeza [4]. La secuencia original consta de 108 imágenes de 256x256 píxel en niveles de gris a 16BPP, ver Figura 8.

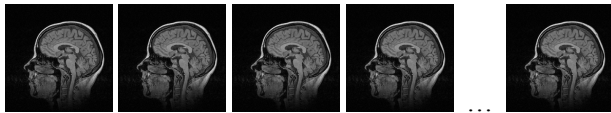


Figura 8. Imágenes de test

Las variables que se han tomado en cuenta han sido:

- 1.- Longitud en Z de la secuencia (profundidad del cubo): 4, 16.
- 2.- Wavelet madre: Haar, db3, db7
- 3.- N° de niveles de la descomposición wavelet
- 4.- Precisión del cuantificador

En las siguientes tablas se ven algunos de los resultados obtenidos:

<i>Zn: 4 Imágenes</i> <i>Niveles descomposición wavelet: 2 niveles</i> <i>Wavelet madre: Haar</i>			
<i>Pr</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>10</i>
<i>FC</i>	<b>0.88</b>	<b>0.52</b>	<b>0.65</b>
<i>PSNR</i>	<b>Inf</b>	<b>106.90</b>	<b>Inf</b>
<i>FM</i>	<b>1.24</b>	<b>0.74</b>	<b>0.91</b>

Tabla 1. Resultados 1

<i>Zn: 4 Imágenes</i> <i>Niveles descomposición wavelet: 2 niveles</i> <i>Wavelet madre: DB3</i>			
<i>Pr</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>10</i>
<i>FC</i>	<b>1.12</b>	<b>0.52</b>	<b>0.72</b>
<i>PSNR</i>	<b>Inf</b>	<b>106.92</b>	<b>Inf</b>
<i>FM</i>	<b>1.59</b>	<b>0.74</b>	<b>1.02</b>

Tabla 2. Resultados 2

<i>Zn: 4 Imágenes</i> <i>Niveles descomposición wavelet: 2 niveles</i> <i>Wavelet madre: DB7</i>			
<i>Pr</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>10</i>
<i>FC</i>	<b>1.12</b>	<b>0.52</b>	<b>0.72</b>
<i>PSNR</i>	<b>Inf</b>	<b>106.90</b>	<b>Inf</b>
<i>FM</i>	<b>1.59</b>	<b>0.73</b>	<b>1.02</b>

Tabla 3. Resultados 3

<i>Zn: 16 Imágenes</i> <i>Niveles descomposición wavelet: 4 niveles</i> <i>Wavelet madre: Haar</i>			
<i>Pr</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>10</i>
<i>FC</i>	<b>0.90</b>	<b>0.52</b>	<b>0.64</b>
<i>PSNR</i>	<b>Inf</b>	<b>106.90</b>	<b>Inf</b>
<i>FM</i>	<b>1.28</b>	<b>0.74</b>	<b>0.92</b>

Tabla 4. Resultados 4

<i>Zn: 16 Imágenes</i> <i>Niveles descomposición wavelet: 4 niveles</i> <i>Wavelet madre: DB3</i>			
<i>Pr</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>10</i>
<i>FC</i>	<b>1.25</b>	<b>0.52</b>	<b>0.72</b>
<i>PSNR</i>	<b>Inf</b>	<b>106.91</b>	<b>Inf</b>
<i>FM</i>	<b>1.79</b>	<b>0.74</b>	<b>1.03</b>

Tabla 5. Resultados 5

<i>Zn: 16 Imágenes</i> <i>Niveles descomposición wavelet: 4 niveles</i> <i>Wavelet madre: DB7</i>			
<i>Pr</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>10</i>
<i>FC</i>	<b>1.25</b>	<b>0.51</b>	<b>0.71</b>
<i>PSNR</i>	<b>Inf</b>	<b>106.92</b>	<b>Inf</b>
<i>FM</i>	<b>1.79</b>	<b>0.74</b>	<b>1.03</b>

**Tabla 6. Resultados 6**

Se ha observado que la wavelet madre que ha ofrecido mejores resultados a todos los niveles de precisión ha sido la wavelet de Haar, esto se debe a que no dispersa la energía de los contornos (respuesta impulsional corta), es decir que para el tipo de codificador sin pérdidas implementado se adapta mejor. Ya que los coeficientes transformados son de mayor magnitud que usando db3 y db7 pero hay más ceros. Para este caso se ha realizado un nuevo test con mayor rango para Pr, ver Tabla 7.

<i>Zn: 16 Imágenes</i> <i>Niveles descomposición wavelet: 4 niveles</i> <i>Wavelet madre: Haar</i>								
<i>Pr</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
<i>FC</i>	<b>0.57</b>	<b>0.61</b>	<b>0.62</b>	<b>0.63</b>	<b>0.63</b>	<b>0.64</b>	<b>0.64</b>	<b>0.64</b>
<i>PSNR</i>	<b>131.5</b>	<b>INF</b>	<b>INF</b>	<b>INF</b>	<b>INF</b>	<b>INF</b>	<b>INF</b>	<b>INF</b>
<i>FM</i>	<b>0.82</b>	<b>0.88</b>	<b>0.89</b>	<b>0.90</b>	<b>0.91</b>	<b>0.91</b>	<b>0.91</b>	<b>0.92</b>

**Tabla 7. Resultados 7**

Como resultado más significativo se ve que usando una wavelet de Haar, con una precisión (**Pr**) de **3** y una descomposición wavelet de **4 niveles** se consigue una **compresión de 0.61 sin pérdidas**, se logra **una ventaja sobre el algoritmo ZIP de 0.88**, nada despreciable si se habla de mass-storage.

## 6. CONCLUSIONES

Se ve que tal como se ha planteado este sistema ya aporta mayor compresión que el algoritmo de compresión de datos genéricos ZIP. Esto es debido a que el algoritmo implementado esta diseñado para comprimir imágenes con alta redundancia espacial (ejes X,Y,Z), como son las biomédicas y multiespectrales. Este algoritmo podría mejorar mucho sus resultados si cambiáramos el simple cuantificador-codificador utilizado por un SPITH 3D.

También se podría probar utilizar diferentes niveles de descomposición wavelet para X,Y,Z. Es decir utilizar niveles más altos para X,Y que para Z.

Otra característica importante en este algoritmo es la escalabilidad espacial, propiedad inherente de la DWT, no se requiere decodificar todo el archivo si se quiere ver

solo un thumbnail (o representación en baja calidad) del contenido del archivo.

Si se quisiera un algoritmo de compresión con pérdidas habría que considerar el uso de una dbX (wavelet de Daubechies) ya que se ha visto que consigue distribuir la energía en más coeficientes y más pequeños que la Haar, con lo cual conseguiríamos más coeficientes 0 al ponerle un umbral (compresión con pérdidas).

Otras pruebas que se pueden hacer serian utilizar bloques de imágenes mayores en profundidad (Z).

Por último también podríamos testear la extensión de este algoritmo a video, cambiar Z por t, i ver que resultados da.

## 11. REFERENCIAS

- [1] Philippe Salembier, *Wavelets: Theory and applications*, Apuntes, ETSETB / TSC / UPC, Barcelona, Primavera 2006.
- [2] Martin Vetterli y Jelena Kovacevic, *Wavelets and subband coding*, Prentice hall, Pages: 443 - 448New Jersey, 1995.
- [3] <http://www.nlm.nih.gov/research/visible/vhpconf98/AUTHORS/PARK/SECTION2.HTM> , National Library of Medicine, 20-04-2006.
- [4] <http://vis-www.cs.umass.edu/vislib/Medical/3dhead/images.html> , University of massachusetts, 20-04-2006
- [5] <http://www.mathworks.com> , MathWorks, 20-04-2006
- [6] <http://www.gzip.org/>. Gzip Org, 20-04-2006