

# Nueva propuesta de compresión para ecocardiogramas basada en modos de visualización

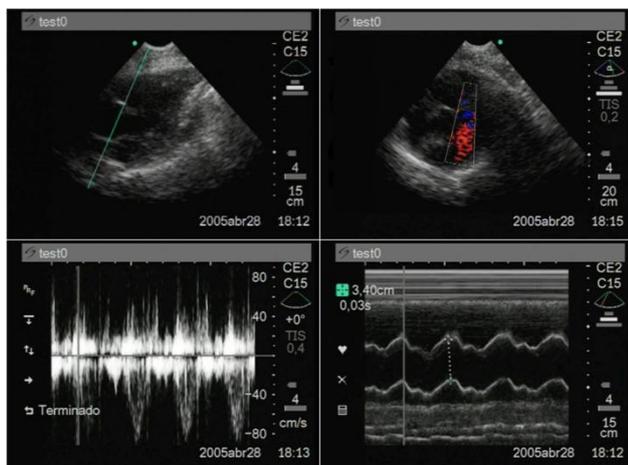
E. Cavero<sup>1</sup>, A. Alesanco<sup>1</sup>, J. García<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univ. Zaragoza/Instituto de Investigación en Ing. Aragón (I3A), c/ María de Luna, 3. 50018 – Zaragoza, España, {racaj, alesanco, jogarmo} @unizar.es

## Resumen

En este artículo se presenta una nueva propuesta de compresión para ecocardiogramas. De forma general, los modos de operación de los ecocardiogramas están divididos en dos grupos según las características particulares de la visualización del ultrasonido, los modos de barrido y los modos 2D. Para la compresión de los ecocardiogramas, generalmente, se usan compresores de video que comprimen todo el ecocardiograma de la misma forma, sin tener en cuenta las características particulares de los modos de visualización. Por esta razón, en nuestra propuesta se tienen en cuenta estas características y se aplican técnicas diferentes para cada modo. Esta nueva propuesta ha sido comparada con otros compresores ampliamente utilizados como Xvid y H264 para todos los modos de operación. Los resultados obtenidos muestran cómo con la nueva propuesta se ha logrado alcanzar con el mismo ratio de transmisión un mayor Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) para casi todos los casos estudiados.

## 1. Introducción



**Figura 1.** Arriba izquierda, modo B, arriba derecha, modo color Doppler, abajo izquierda, modo Pulsado Doppler y abajo derecha, modo M.

El ecocardiograma es ampliamente utilizado para obtener un diagnóstico de enfermedades cardiovasculares, así como para el seguimiento de pacientes con cardiopatías. Un ecocardiograma consiste en la adquisición continuada de imágenes de ultrasonido del corazón y presenta varias ventajas con respecto a otras técnicas de imágenes médicas: es no invasiva, no produce radiación ionizante y es barata. En una ecocardiografía estándar se distinguen cuatro modos de visualización: B, M, Doppler Color, Doppler Pulsado y Doppler Continuo, como puede verse en la Figura 1. El modo B visualiza una imagen de dos

dimensiones que representa el corazón y su movimiento. El modo M representa una sección cruzada que permite una medida aproximada de las cámaras. Juntos, el modo B y M permiten la medida del tamaño, grosor y movimiento del corazón. El modo Doppler Color permite estudiar la velocidad del flujo de sangre a través del corazón, y el modo Doppler Pulsado y Doppler Continuo permiten tomar medidas de velocidad en una zona determinada.

Los ecocardiógrafos digitales producen un elevado flujo de datos que puede causar una rápida saturación de los dispositivos de almacenamiento si los ecocardiogramas son guardados en su formato original, sin comprimir. Para los proyectos de tele-ecocardiografía donde los ecocardiogramas tienen que ser transmitidos en tiempo real, los flujos de datos sin tratar no son manejables fácilmente por líneas de comunicación habituales. Es por eso, por lo que la compresión debe ser aplicada tanto por los requerimientos de almacenaje como para la reducción del ancho de banda de transmisión. Los ratios alcanzados con la compresión sin pérdidas (aproximadamente 4:1) no son suficientes y no solucionan el problema. Por lo tanto, se debe utilizar la compresión con pérdidas que es capaz de reducir el flujo de datos considerablemente. En los últimos años, los algoritmos de compresión con pérdidas propuestos por Moving Picture Experts Group (MPEG) están muy extendidos y usados debido a su alta eficiencia. Actualmente, MPEG-4 es uno de los más usados para la compresión de secuencias de videos. El códec Xvid [1] es una implementación de código abierto del estándar MPEG-4 y H.264/MPEG-4 Parte 10 [2] es la elección más común para la compresión de video debido a su buen funcionamiento para ambos propósitos, transmisión en tiempo real y almacenamiento. Por ejemplo, Xvid ha sido utilizado en [3] y H264 en [4] para la compresión de vídeos de ultrasonido en aplicaciones de Telemedicina. Pero estos algoritmos comprimen todo el video de la misma forma y no tienen en cuenta las características particulares de cada modo de operación.

En este artículo se presenta una nueva técnica de compresión para ecocardiogramas que tiene en cuenta las características particulares de los modos de operación. En el nuevo método propuesto se usan diferentes técnicas de compresión, tanto de video como de imagen, dependiendo de las características del modo de visualización.

## 2. Compresión del ecocardiograma

En esta sección se detallan las características y técnicas de compresión para cada modo de visualización. En general y de acuerdo con las similitudes en la visualización de los modos de operación, éstos pueden ser divididos en dos grupos, los modos de barrido y los modos 2D.

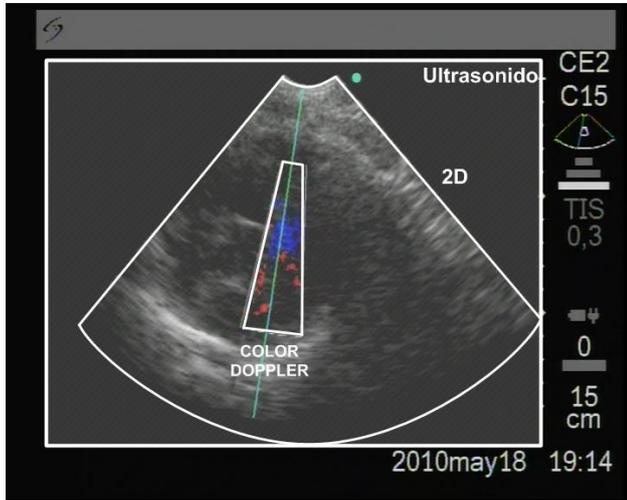


Figura 2. Partes del ultrasonido en los modos 2D.

De forma general, la visualización del ecocardiograma tiene dos partes, una con el ultrasonido y otra con información (como fecha, hora o modo de operación) alrededor del ultrasonido (ver Figura 2). En esta nueva propuesta se ha seguido la aproximación usada en varios trabajos previos (ver por ejemplo [5] y [6]) y sólo se comprime la parte del ultrasonido.

La imagen es codificada en formato YUV, el formato más común para representar el color de una forma apropiada para la compresión, donde la luma (Y) tiene la información de la escala de grises y las dos componentes croma (Cb, Cr) tienen la información de color.

### 2.1. Modos de barrido

Los modos de barrido son los modos M, Doppler Pulsado y Doppler Continuo. Estos modos presentan las siguientes características. Primero, la imagen es mostrada gradualmente, como se muestra en la Figura 3. Una nueva franja aparece en cada frame y cuando toda la imagen es barrida empieza otra vez desde el principio (ver Figura 3 (d)). Cuando el cardiólogo lo considera oportuno para el barrido mostrándose la misma imagen cada frame y así poder tomar medidas. Nuestra propuesta explota estas características y en cada frame sólo se comprime la nueva franja. Además, estos modos no tienen color, por lo que sólo se necesita la componente Y para la codificación de la imagen. Para la compresión de cada franja se han seleccionado dos algoritmos, Set Partitioning In Hierarchical Trees (SPIHT) [7] y JPEG2000 [8]. Estos son los algoritmos más comunes para la compresión de imagen debido a sus buenos resultados, están basados en transformada wavelet 2D y presenta las siguientes características: resolución múltiple, transmisión progresiva, y compresión con pérdidas y sin pérdidas. Además, JPEG2000 tiene resistencia a los errores y SPIHT ha demostrado que obtiene buenos resultados en la

compresión de imágenes de ultrasonidos [9]. El tamaño de la franja depende de la máquina de adquisición empleada y es un parámetro muy importante a tener en cuenta para la obtención de buenos resultados en la compresión, de forma que se deberá estimar un tamaño mínimo de franja. La altura de la franja es siempre suficiente, pero la anchura puede ser muy pequeña. Como se pudo ver en resultados experimentales previos, se aconseja una anchura mínima de 32 píxeles. Si la anchura de la franja es menor a 32 píxeles, se unen las franjas necesarias para alcanzar este valor y el resto de píxeles pasan a la siguiente franja. En el caso de que sea necesario unir franjas se introduce un retardo de visualización en aplicaciones en tiempo real, pero éste es siempre menor a 32 píxeles (el retardo en tiempo depende del dispositivo utilizado).

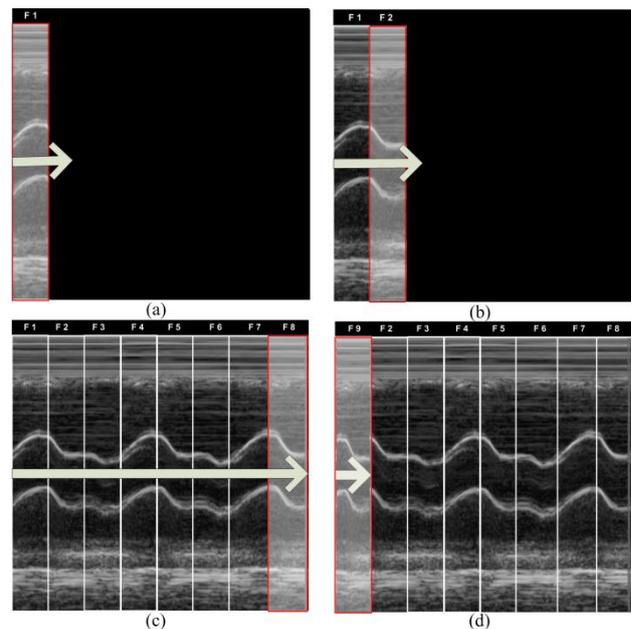


Figura 3. Ejemplos de frames en los modos de barrido, (a) frame 1, (b) frame 2, (c) frame 8, (d) frame 9. F es franja.

### 2.2. Modos 2D

Los modos 2D son el modo B y el modo Color Doppler. Como se puede ver en la Figura 2, estos modos pueden ser divididos en dos partes. La parte 2D (ver Figura 2, etiqueta 2D) es común para ambos modos 2D y no presenta información de color. El modo B sólo tiene esta parte, por lo que para su codificación sólo se necesita la componente Y. La parte color Doppler (ver Figura 2, etiqueta color Doppler) está localizada en una pequeña zona del ultrasonido y tiene información de color, así que las componentes Cb y Cr sólo cambian en esta región. Es por esto por lo que los algoritmos en los que se unen las tres componentes de color (como 3D SPIHT color-embebido) no son apropiados y, por lo tanto, se proponen diferentes técnicas de compresión para la componente Y y para las componentes Cb y Cr.

a) *Compresión de escala de grises*: para la compresión de la componente Y se propone 3D SPIHT [10]. Este algoritmo presenta buenos resultados en aplicaciones médicas de compresión de video [11]. 3D SPIHT es una

extensión de SPIHT de dos a tres dimensiones, dos espaciales y una temporal. La dimensión temporal que hemos seleccionado es de 16, por lo que se introduce un retardo de 16 frames en la visualización (el tiempo depende del ratio de frame). Se ha seleccionado este valor porque proporciona buenos resultados (ver por ejemplo [11]) y no introducen un retardo excesivo en aplicaciones de tiempo real.

b) *Compresión del color:* para la compresión de las componentes Cb y Cr se propone Run Length Encoding (RLE), porque es eficiente en datos que contienen un alto número de secuencias en el que se tiene el mismo valor en varios elementos consecutivos, y éste es lo que ocurre en las componentes de color, en donde todos los valores son iguales excepto en la parte color Doppler (ver Figura 2). Además, RLE es un algoritmo que no introduce pérdidas en la compresión.

### 3. Resultados y discusión

Los ecocardiogramas usados en este estudio fueron adquiridos por un cardiólogo experto en ecocardiogramas con un dispositivo portable, SonoSite SonoHeart Elite. Para este estudio inicial se han considerado un total de 60 minutos de ecocardiograma correspondiente a tres pacientes con distintas patologías. Cada uno de los 5 modos de operación se compone de 12 minutos suficientemente representativos. El ecocardiograma tiene un ratio de frame de 25 fps y una resolución de 720x576 pixeles. Cada pixel es codificado en formato YUV12 (12 bits por pixel). La visualización del ecocardiograma tiene 2 partes, una parte es el ultrasonido y la otra es la información alrededor de él (ver Figura 2). Como se ha discutido anteriormente, para la compresión sólo se utiliza la parte del ultrasonido, así que la resolución de los modos de barrido es de 480x440 pixeles y para los modos 2D es de 512x416 pixeles. Para el dispositivo utilizado, en los modos de barrido se necesitan 64 frames para barrer toda la pantalla. La anchura de la franja es menor a 32 pixeles, así que 14 franjas de 480x32 son comprimidas y a la última se le han añadido 480x8 pixeles negros. El retardo de visualización introducido es menor a 4 frames (0.14 segundos).

Para la evaluación de las técnica de compresión para cada modo de operación se calcula el Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) medio para diferentes ratios de transmisión y la técnica propuesta se compara para todos los modos de operación con los métodos tradicionales de compresión usados en aplicaciones de ultrasonidos, Xvid y H264, que comprimen todo el vídeo de la misma forma. Xvid y H264 han sido configurados con ratio de bit constante y codificación de una sola pasada. Las Figuras 4, 5 y 6 muestran los resultados para los modos M, Doppler Pulsado y Doppler Continuo respectivamente. En líneas verticales se representan los ratios de transmisión para los casos de no compresión y compresión sin pérdidas usando JPEG2000 para comparar las técnicas de compresión con pérdidas y sin pérdidas. La técnica propuesta mejora a XVID y H264 para todos los ratios de transmisión, siendo la ganancia más significativa para valores de PSNR superiores a 50 Kbps. Para los modos de barrido se han

probado dos algoritmos. SPIHT funciona mejor para ratios de transmisión inferiores a 50 Kbps y JPEG2000 funciona mejor para ratios de transmisión superiores a 50 Kbps, pero para el modo M todos los valores de PSNR son superiores con SPIHT. Es interesante el hecho de que para los modos de barrido (ver Figura 4 a 6) se alcanza un elevado PSNR (casi 45 dB, el cuál es prácticamente indistinguible de la compresión sin pérdidas) con ratios de transmisión muy bajos (100 Kbps) usando la técnica propuesta. La Figura 7 muestra el PSNR obtenido con Xvid, H264 y el método propuesto basado en 3D SPIHT para el modo B. Para este modo se ha conseguido con el método propuesto un PSNR superior para todos los ratios de transmisión. La Figura 8 muestra el PSNR obtenido para el método propuesto, H264 y Xvid para la componente Y. Se han obtenido muy buenos resultados con el método propuesto y sólo para valores de transmisión muy bajos (menores a 100 Kbps) H264 presenta valores más elevados de PSNR que el método propuesto. Los resultados para las componentes de color no se muestran, ya que para la técnica propuesta no hay pérdida de compresión (RLE) y con Xvid y H264 todos los valores de PSNR son mayores a 43 dB (excelente calidad de visualización).

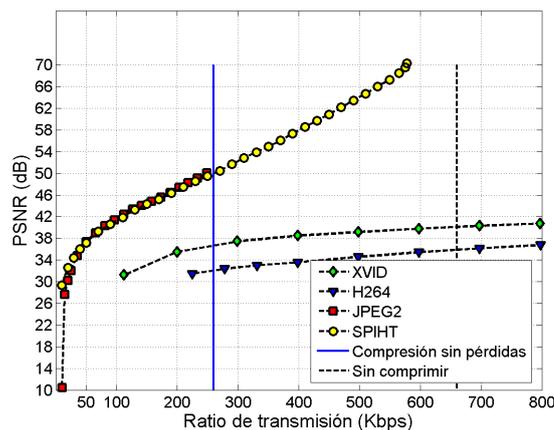


Figura 4. Curvas ratio-distorsión para el Modo M.

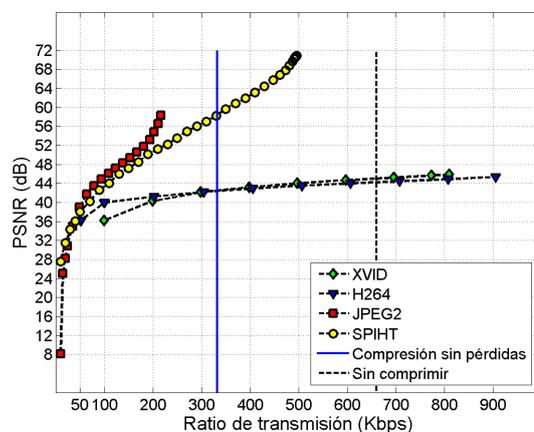


Figura 5. Curvas ratio-distorsión para el Modo Continuo.

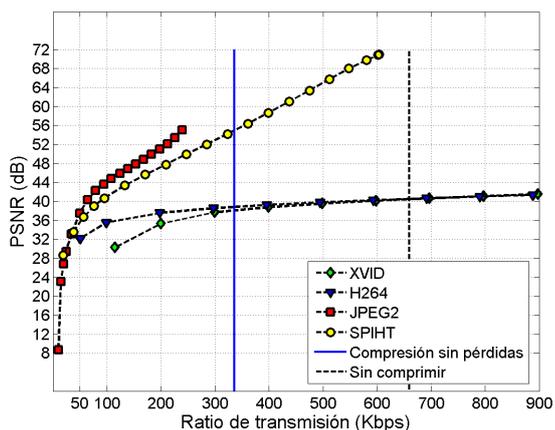


Figura 6. Curvas ratio-distorsión para el Modo Pulsado.

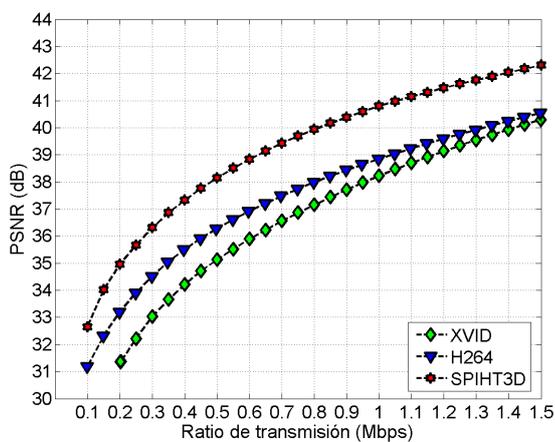


Figura 7. Curvas ratio-distorsión para el Modo B.

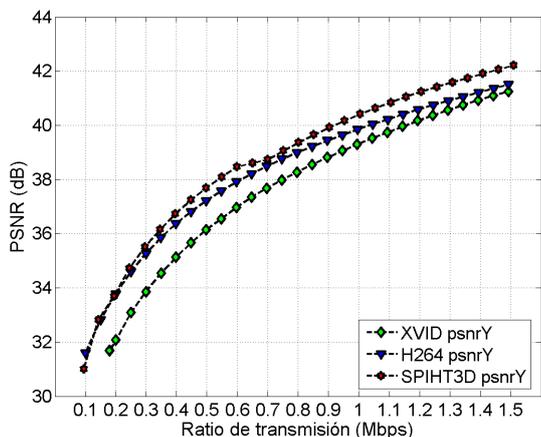


Figura 8. Curvas ratio-distorsión para el Modo Doppler Color.

#### 4. Conclusiones

En este artículo se presenta una nueva técnica para la compresión de ecocardiogramas en la que se tiene en cuenta las características particulares de cada modo de visualización y se utilizan diferentes métodos de compresión para cada uno. De forma general, hay dos modos de visualización, los modos de barrido y los 2D. En los primeros, sólo se comprime una pequeña franja cada frame y en los segundos se aplican diferentes

algoritmos para comprimir la escala de grises (3D SPIHT) y las componentes de color (RLE). Los resultados obtenidos con el método propuesto claramente muestran una mejora en términos de PSNR comparado con los métodos tradicionales para todos los modos de operación. En este estudio inicial sólo se presentan los resultados de un equipo de adquisición y tres pacientes diferentes. Actualmente, se está trabajando en la evaluación de otros vídeos y dispositivos de los que se espera obtener unos resultados similares.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por los proyectos TIN2008-00933/TSI de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) y European Regional Development Fund (ERDF), TSI-020302-2009-7/Plan Avanza I+D del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, PI029/09 del Gobierno de Aragón y una beca FPI a E. Cavero (res. 5-01-2009 en el Boletín Oficial del Estado (BOE)).

#### Referencias

- [1] Xvid 2001 Home of Xvid, <http://www.xvid.org/>.
- [2] H. Kalva, *The H.264 Video Coding Standard*, Multimedia, IEEE, vol.13, no.4, pp.86-90, Oct.-Dec. 2006.
- [3] C. Hernandez, A. Alesanco, V. Abadia, J. Garcia, *The Effects of Wireless Channel Errors on the Quality of Real Time Ultrasound Video Transmission*, Engineering in Medicine and Biology Society, 2006. EMBS '06. 28th Annual International Conference of the IEEE, pp.6457-6460, Aug. 30 2006-Sept. 3 2006.
- [4] P.C. Pedersen, B.W. Dickson, J. Chakareski, *Telemedicine applications of mobile ultrasound*, Multimedia Signal Processing, 2009. MMSP '09. IEEE International Workshop on, pp.1-6, 5-7 Oct. 2009.
- [5] E. Chiu, J. Vaisey, M.S. Atkins, *Wavelet-based space-frequency compression of ultrasound images*, Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on, vol.5, no.4, pp.300-310, Dec. 2001.
- [6] Xiaojuan Li; Guangshu Hu; Shangkai Gao; *Design and implementation of a novel compression method in a tele-ultrasound system*, Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on, vol.3, no.3, pp.205-213, Sept. 1999.
- [7] A. Said, W.A. Pearlman, *A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees*, Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on, vol.6, no.3, pp.243-250, Jun 1996.
- [8] D. Taubman, E. Ordentlich, M. Weinberger, G. Seroussi, I. Ueno, F. Ono, *Embedded block coding in JPEG2000*, Image Processing, 2000. Proceedings. 2000 International Conference on, vol.2, pp.33-36 vol.2, 10-13 Sept. 2000.
- [9] M.A. Ansari, R.S. Anand, Dept. of Electr. Eng., Indian Inst. of Technol., Roorkee; *Context based medical image compression with application to ultrasound images*, India Conference, 2008. INDICON 2008. Annual IEEE, IEEE Transactions on, vol.1, pp.28-33, Dec. 2008.
- [10] Beong-Jo Kim, W.A. Pearlman, *An embedded wavelet video coder using three-dimensional set partitioning in hierarchical trees (SPIHT)*, Data Compression Conference, 1997. DCC '97. Proceedings, pp.251-260, 25-27 Mar 1997.
- [11] D. Gibson, M. Spann, S.I. Woolley, *A wavelet-based region of interest encoder for the compression of angiogram video sequences*, Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on, vol.8, no.2, pp.103-113, June 2004.