

Diseño de Filtros de Imagen con Funciones de Transferencia de Dominio Romboidal.*

J. R. Casas, L. Torres

Dep. de Teoria del Senyal i Comunicacions (UPC)

Ap. 30 002. 08080-Barcelona.

Abstract:

When orthogonal sampling patterns are applied to digitize analogue images, some degree of spatial redundancy is introduced. Quincunx sampling patterns allow to remove this redundant visual information which consist of diagonal image frequencies. Such processing is usually done in the HD-MAC coding system for HDTV images.

In this paper we suggest one method to design the 2D-declatlon filters needed in quincunx subsampling processes. The advantages of the design based on frequency domain analysis are also pointed out. Finally, we show the performance of one of this filters.

• Introducción

Los sistemas digitales de procesado de imagen suelen tratar señales resultantes del muestreo ortogonal de imágenes analógicas. Este tipo de muestreo permite alcanzar resoluciones espaciales en dirección diagonal de valor máximo superior al que se alcanza en las direcciones horizontal y vertical. Por otra parte, no es frecuente encontrar imágenes reales que posean componentes frecuenciales significativas en valores elevados de las frecuencias horizontal y vertical, es decir, en la zona de alta frecuencia "diagonal".

Con objeto de aprovechar esta característica frecuencial y disminuir la redundancia en la representación digital de la imagen, se realizan filtrados espaciales como el de la figura 1. Seguidamente, se aplican estructuras de muestreo no ortogonales (con "offset de línea") de modo que en las líneas impares las muestras se tomen con un desplazamiento horizontal respecto de la posición correspondiente en las líneas pares. En el dominio

* Este trabajo se ha realizado gracias a la ayuda PRONTIC 105/88.

transformado, los alias espectrales resultantes del diezmado aparecen en posiciones también desplazadas, que permiten una nueva distribución de mayor eficiencia espectral. Este tipo de muestreo es especialmente útil en la compactación de señales de televisión de Alta Definición, particularmente en el Sistema HD-MAC.

• **Diseño espacio-temporal frente a diseño frecuencial**

El filtrado digital de las secuencias se puede realizar en el dominio espacio-temporal (mediante convolución) o bien en el dominio transformado (multiplicando por una máscara filtrante).

La primera de las técnicas exige el diseño de filtros FIR bidimensionales [1]. Dichos filtros son muy apropiados cuando se han fijado con exactitud las especificaciones pero resulta difícil obtener parámetros que relacionen los coeficientes del filtro con las características de la respuesta frecuencial. Cambiar la frecuencia de corte, por ejemplo, significa rediseñar completamente el filtro.

El inconveniente de la segunda técnica [2], el filtrado en frecuencia, es que resulta necesaria la transformación y antitransformación de la imagen para filtrarla, procesos de elevado coste computacional. A cambio, se obtiene un control mucho más sencillo de la función de transferencia del filtro, puesto que se trabaja directamente sobre ella. En un proceso de diseño provisional, se valoran mucho más estas posibilidades que el tiempo de cálculo para el proceso de filtrado. Cuando se haya decidido cuál es el filtro más adecuado, siempre será posible obtener la respuesta impulsional que le corresponde.

• **Generación de la función de transferencia bidimensional**

El filtrado más sencillo consiste en poner a cero un cierto número de coeficientes en la imagen transformada. El inconveniente de un filtrado de este tipo (paso bajo ideal) es el efecto que producen en la imagen filtrada los lóbulos secundarios de la respuesta impulsional del filtro (ver figura 2), provocando una distorsión considerable en el proceso de convolución (ringing). Es necesario encontrar otros perfiles de filtrado que consigan un compromiso más adecuado entre los efectos de ringing y aliasing. Se ha considerado óptimo aquel filtro que, sin introducir distorsión en la imagen (ringing), atenúe suficientemente las componentes de alta frecuencia para permitir que el submuestreo posterior de la imagen filtrada quede libre de solapamiento espectral (aliasing).

La elección del filtrado frecuencial frente al espacio-temporal permite controlar perfectamente las frecuencias de corte y la atenuación de los filtros, reduciéndose el diseño a modelar una "máscara" sobre un dominio bidimensional con un "perfil" (tercera dimensión) adecuado a las frecuencias de corte y atenuación requeridas en cada caso. Esta imagen de valores complejos se multiplica directamente por los valores correspondientes de la transformada bidimensional para realizar el filtrado. El dominio sobre el que toma sus valores la función de transferencia puede ser romboidal o cuadrado, y su perfil resulta del producto de perfiles unidimensionales aplicando separabilidad.

Se pueden conseguir, a partir de un filtro unidimensional normalizado a frecuencia de muestreo unidad, $H(f_n)$, máscaras para el filtrado 2D con perfil rectangular, gaussiano, Hamming o Hanning, y de característica paso alto, paso banda o paso bajo. Eligiendo nuevas funciones $H(f_n)$, podemos obtener cualquier tipo de máscara para el filtrado. Se han probado los siguientes perfiles de filtrado normalizados a la frecuencia de muestreo (a la derecha, entre paréntesis, se indica el nivel de lóbulo principal a secundario en la respuesta impulsional de cada uno):

- escalón ideal: (6 dB)

$$H_{st}(f) = u(f_c - f)$$
- triangular: (12 dB)

$$H_{tr}(f) = \left(1 - \frac{f}{f_c}\right) \cdot u(f_c - f)$$
- gaussiano:

$$H_G(f) = \exp\left(-\frac{\sigma f^2}{f_c}\right) \cdot u(f_c - f)$$
- Hamming: (18 dB)

$$H_{Hm}(f) = \left[0.54 + 0.46 \cos\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)\right] \cdot u(f_c - f)$$
- Hanning: (∞ dB)

$$H_{Hn}(f) = \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)\right] \cdot u(f_c - f)$$

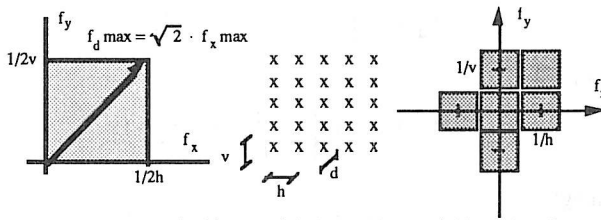
• Aplicación en codificación de Televisión de Alta Definición

En la codificación de imágenes para el sistema HD-MAC (algoritmo de compresión de imagen empleado en el proyecto europeo de HDTV EUREKA-95), el filtrado espacial influye decisivamente en la calidad final de la imagen final. Surge un compromiso entre un filtrado "severo", que resta definición a la imagen, o un filtrado "suave", que conserva la nitidez de los contornos pero puede introducir graves efectos de aliasing espacial. La calidad de imagen es la razón de ser de un sistema de Alta Definición, éste es el motivo que obliga a introducir en el diseño del codificador los parámetros necesarios para el control de los filtros de diezmado e interpolación a través de las frecuencias de corte y los perfiles de atenuación. El estudio de la atenuación de estos filtros y los fenómenos de ringing y aliasing, conducen a escoger como filtro óptimo un filtro de Hanning (figura 3). Este perfil es el que presenta menor atenuación en la banda de paso y mayor en la banda eliminada, sin producir distorsión apreciable; ello es debido a la no existencia de lóbulos secundarios en la respuesta impulsional. Cuando se hayan concretado las frecuencias de corte óptimas para cada uno de los estados del codificador, podrán obtenerse los coeficientes de la respuesta impulsional correspondiente (enventanada o mediante muestreo en frecuencia) para realizar el filtrado mediante convolución.

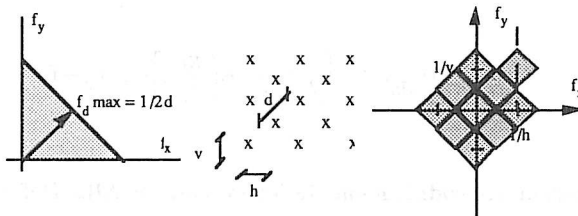
• Conclusiones y resultados

Se han analizado diferentes implementaciones de filtrado para la codificación de señal HDTV del sistema HD-MAC [4, 5] comparando sus ventajas e inconvenientes, de aquí han surgido propuestas originales en el diseño de filtros de imagen. La calidad de las imágenes filtradas es satisfactoria, pero está sujeta a la degradación introducida en el proceso de filtrado en tiempo real si se desprecia un número demasiado elevado de coeficientes de la respuesta impulsional del filtro por razones de coste computacional.

• Figuras



a) Muestreo *ortogonal* : Resolución espacial alcanzable y posición de los alias espectrales.



b) Muestreo *quincunx* . Observar que el número de muestras se reduce a la mitad, pero las resoluciones máxima horizontal y vertical se mantienen.

Figura 1: Comparación de una estructura de muestreo ortogonal con otra de tipo *quincunx* .

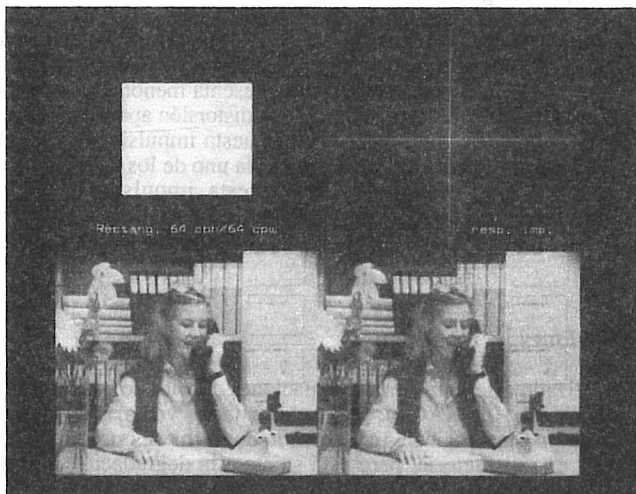


Figura 2: Función de transferencia de un filtro paso bajo ideal (a), su respuesta impulsional (b), y una imagen original (c) y filtrada (d) con el mismo filtro. (Obsérvense los lóbulos secundarios de la respuesta impulsional bidimensional)

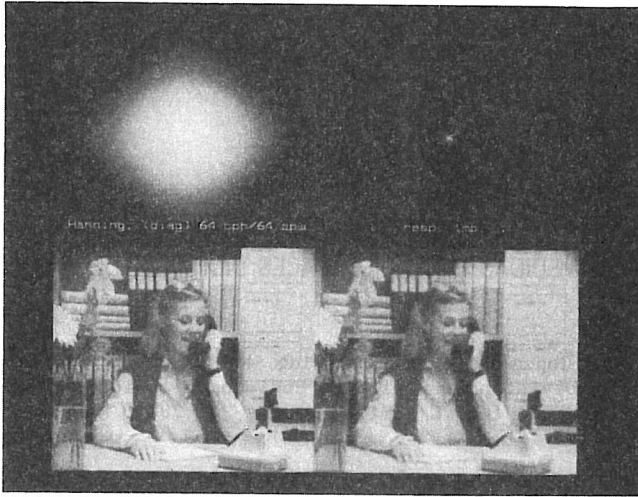


Figura 3: Función de transferencia de un filtro Hanning (a), su respuesta impulsional (b), y una imagen original (c) y filtrada (d) con el mismo filtro.

• Referencias

- [1] E. Dubois. "The Sampling and Reconstruction of Time Varying Imagery with Application in Video Systems". IEEE Proc. Vol. 73 N°4, Apr 1985, pp 502-522.
- [2] T.C. Chen, R.J.P. de Figueiredo. "Image Decimation and Interpolation Techniques based on Frequency Domain Analysis". IEEE Trans. Comm. Vol. COM-32, pp 479-484, Apr 1984.
- [3] A.K. Jain. "Fundamentals of Digital Image Processing". Prentice Hall, 1989.
- [4] F.W.P. Vreeswijk *et al* . "An HD-MAC Coding System". 2nd. Int. Workshop on Signal Processing of HDTV. L'Aquila, Italy, Feb 1988.
- [5] O.J. Morris, T.I.P. Trew. "Adaptive Spatial Sub-sampling for HD-MAC". 2nd. Int. Workshop on Signal Processing of HDTV. L'Aquila, Italy, Feb 1988.

CAMPAÑA DE MEDIDAS EN RADIOENLACES DIGITALES DE MICROONDAS

Juan Chazarra, Javier Bellido, M.Victoria Vargas
División Servicios de Radiocomunicación
TELEFONICA I+D, C/ Emilio Vargas, 6. 28043 MADRID

ABSTRACT

Distortion in the channel transfer function is the most important cause for propagation induced outages in high capacity radio relay systems. To accurately predict the performance of planned systems, outage probability has to be related to environmental link parameters such as path length, frequency, etc.

In order to fulfill these requirements, a ctf (channel transfer function) measurement campaign has been started.

1. INTRODUCCION

Las distorsiones de la función de transferencia del canal son la causa más frecuente de degradación de la calidad en los radioenlaces digitales de microondas. Los modernos métodos de modulación de gran número de estados son muy susceptibles a las distorsiones del canal a pesar del uso de ecualizadores adaptativos. En la literatura aparecen diversos métodos de cálculo de degradación de la calidad que tienen en cuenta, tanto las distorsiones del canal, como el comportamiento de los equipos ante éstas. El modelo de dos rayos se ajusta bien a la mayoría de los desvanecimientos registrados para un ancho de banda comparable a un radiocanal. Sin embargo, este modelo no es de aplicación para un sistema con diversidad de frecuencia.

Para evaluar el desempeño de sistemas con diversidad, pueden utilizarse dos enfoques diferentes:

- 1) Desarrollo de modelos de canal más completos (polinómico, tres rayos)
- 2) Correcciones empíricas a los resultados de canal único