(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 666 719**

(51) Int. Cl.:

G10L 19/02 (2013.01)
H04N 19/60 (2014.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.12.2008** **PCT/FR2008/052286**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **02.07.2009** **WO09081003**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2008** **E 08865193 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.02.2018** **EP 2232489**

(54) Título: **Codificación/decodificación por transformada, con ventanas adaptativas**

(30) Prioridad:

21.12.2007 FR 0760258

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.05.2018

(73) Titular/es:

ORANGE (100.0%)
78, rue Olivier de Serres
75015 Paris, FR

(72) Inventor/es:

PHILIPPE, PIERRICK y
VIRETTE, DAVID

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 666 719 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Codificación/decodificación por transformada, con ventanas adaptativas

La presente invención se refiere a la codificación/decodificación de señales digitales.

En un esquema de codificación por transformada, para obtener una reducción de flujo, se busca habitualmente reducir la precisión acordada a la codificación de las muestras, asegurándose de que se perciba un mínimo de degradación. Con esta finalidad, la reducción de precisión, efectuada por una operación de cuantificación, se controla a partir de ponderaciones perceptivas. Este modelo, basado en un conocimiento de las propiedades del ojo (por ejemplo, para codificación de vídeo) o del oído humano (para codificación de audio), permite dosificar el ruido de cuantificación en las bandas de frecuencia menos perceptibles.

Con el fin de utilizar las informaciones procedentes del modelo psicovisual o psicoacústico, sustancialmente dadas en el campo de frecuencia, es tradicional realizar una transformación tiempo/frecuencia, efectuándose la cuantificación en este campo de frecuencia.

La figura 1 ilustra esquemáticamente la estructura de un codificador por transformada, con:

- un banco BA de filtros de análisis FA1, …, FAn, que recibe una señal de entrada X,
- un bloque de cuantificación Q (que incluye unos módulos de cuantificación por bandas Ql, …, Qn), seguido de un bloque de codificación COD (que incluye unos módulos de codificación COD1, …, CODn),
- y un banco BS de filtros de síntesis FS1, …, FSn que suministra la señal codificada X'.

Para reducir también el flujo antes de transmisión, las muestras de frecuencia cuantificadas se codifican, a menudo con la ayuda de una codificación denominada "entrópica" (codificación sin pérdida). La cuantificación se realiza de forma tradicional por un cuantificador escalar, uniforme o no, o también por un cuantificador vectorial.

El ruido introducido en la etapa de cuantificación se conforma por el banco de filtros de síntesis (llamado, igualmente, "transformación inversa"). La transformación inversa, relacionada con la transformada de análisis, debe elegirse, por lo tanto, con el fin de concentrar bien el ruido de cuantificación, frecuencialmente o de manera temporal, con el fin de evitar que se vuelva perceptible.

La transformación de análisis debe concentrar de la mejor manera posible la energía de la señal, con el fin de que se permita una codificación fácil de las muestras en el campo transformado. Se habla de compactación de energía. En particular, la ganancia de codificación de la transformada de análisis, que depende de la señal de entrada, debe maximizarse en la medida de lo posible. Para ello se utiliza una relación (1) del tipo:

$$SNR = G_{TC} + K \cdot R$$

donde K es un término constante que puede valer ventajosamente 6,02.

De este modo, la proporción señal a ruido obtenida (anotada como SNR en la relación (1) de anteriormente) es proporcional al número de bits por muestra seleccionado (anotado como R en la relación (1) de anteriormente) aumentado con la componente G_{TC} que representa la ganancia de codificación de la transformada.

Cuanto más importante es la ganancia de codificación, mejor es la calidad de reconstrucción. Por lo tanto, se comprende la importancia que reviste la transformación en codificación. Asegura una codificación fácil de las muestras, gracias a su capacidad para concentrar a la vez la energía de la señal (por la parte de análisis) y el ruido de cuantificación (por la parte de síntesis).

Al ser las señales de audio o de vídeo notoriamente no estacionarias, es conveniente adaptar la transformación tiempo frecuencia en el transcurso del tiempo, en función de la naturaleza de la señal entrante en el banco de filtros.

A continuación, se describen algunas aplicaciones a unas técnicas de codificación habituales.

En el caso de transformadas moduladas, las técnicas de codificación de audio normalizadas integran unos bancos de filtros modulados en coseno que permiten implementar estas técnicas de codificación con la ayuda de algoritmos rápidos, basados en unas transformadas en coseno o unas transformadas de Fourier rápidas.

De entre las transformadas de este tipo, la transformada más comúnmente utilizada (en codificación MP3, MPEG-2 y MPEG-4 AAC, en particular) es la transformada MDCT (para "*Modified Discrete Cosine Transform*") cuya una expresión se presenta más abajo:

$$X_k^t = \sum_{n=0}^{2M-1} x_{n+tM}\, p_k(n) \quad 0 \le k < M$$

con las siguientes anotaciones:

- *M* representa el tamaño de la transformada,
- x_{n+tM} son las muestras de la señal digitalizada con un periodo $\frac{1}{F_e}$ (inverso de la frecuencia de muestreo) en el instante *n+tM*,
- *t* es un índice de trama,
- X_k^t son las muestras en el campo transformado para la trama t, $p_k(n) = h_a(n) C_{n,k} = \sqrt{\frac{2}{M}} h_a(n) \cos\left[\frac{\pi}{4M}(2n+1+M)(2k+1)\right]$ es una función de base de la transformada cuyo:
  - término $h_a(n)$ se llama filtro prototipo o "*ventana de ponderación de análisis*" y cubre *2M* muestras,
  - y cuyo término $C_{n,k}$ define la modulación.

Esta transformada se aplica al tratamiento del sonido. También se aplica al tratamiento del vídeo, en particular, en codificación de imágenes fijas, donde la transformada se aplica sucesivamente de forma tradicional sobre las líneas y las columnas. Este principio se extiende también a las señales de dimensión superior a dos.

Para restituir las muestras temporales iniciales, se aplica la transformación inversa siguiente, en la decodificación, con el fin de reconstituir las muestras $0 \le n < M$ que se sitúan entonces en una zona de recubrimiento de dos transformadas consecutivas. Las muestras decodificadas se dan entonces por:

$$\hat{x}_{n+tM+M} = \sum_{k=0}^{M-1} \left[X_k^{t+1} p_k^s(n) + X_k^t p_k^s(n+M) \right],$$

donde $p_k^s(n) = h_s(n) C_{n,k}$ define la transformada de síntesis, estando la ventana de ponderación de síntesis anotada como $h_s(n)$ y cubriendo, igualmente, 2*M* muestras.

La ecuación de reconstrucción que da las muestras decodificadas puede escribirse también de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \hat{x}_{n+tM+M} &= \sum_{k=0}^{M-1} \left[X_k^{t+1} h_s(n) C_{k,n} + X_k^t h_s(n+M) C_{k,n+M} \right] \\ &= h_s(n) \sum_{k=0}^{M-1} X_k^{t+1} C_{k,n} + h_s(n+M) \sum_{k=0}^{M-1} X_k^t C_{k,n+M} \end{aligned}$$

Esta otra presentación de la ecuación de reconstrucción equivale a considerar que pueden efectuarse dos transformadas en coseno inverso sucesivamente sobre las muestras en el campo transformado X_k^t y X_k^{t+1}, combinándose su resultado, a continuación, por una operación de ponderación y adición. Este procedimiento de reconstrucción se presenta en la figura 2 (estando las muestras en el campo transformado anotadas como $X_{t,k}$ y estando las muestras reconstruidas en el campo temporal anotadas como $\hat{x}_n$).

Habitualmente, una transformada MDCT utiliza unas ventanas idénticas en el análisis y en la síntesis y, de este modo, $h(n)=h_a(n)=h_s(n)$.

Con el fin de asegurar la reconstrucción exacta (denominada "*perfecta*") de la señal (según la condición $\hat{x}_{n+tM} = x_{n+tM}$), es conveniente elegir una ventana prototipo $h(n)$ que satisfaga algunas exigencias.

Las relaciones siguientes son satisfactorias, con el fin de que se permita una reconstrucción perfecta. Habitualmente, se opta por ellas para construir unas ventanas adaptadas para la transformada MDCT:

$$\begin{cases} h(2M-1-n) = h(n) \\ h^2(n) + h^2(n+M) = 1 \end{cases} \qquad (2)$$

Las ventanas son de simetría par con respecto a una muestra central, como se ilustra en los ejemplos presentados en la figura 3.

Es relativamente sencillo satisfacer estas dos exigencias sencillas y, a tal efecto, un filtro prototipo tradicional puede estar constituido por una ventana sinusoidal (en trazo continuo en la figura 3) que se escribe como sigue:

$$h(n) = \text{sen}\left[\frac{\pi}{2M}(n+0{,}5)\right]$$

Por supuesto, existen otras formas de filtro prototipo, tales como las ventanas definidas en la norma MPEG-4 con el nombre de KBD (para las *Derivadas de Kaiser Bessel"* que corresponden a las curvas en trazos con punteado en la figura 3) o también las ventanas de escaso recubrimiento (o *"Low Overlap*").

Teniendo en cuenta la necesidad de adaptar la transformada a la señal que hay que codificar, las técnicas de la técnica anterior permiten un cambio en el transcurso del tiempo de la transformada utilizada, lo que se llama a continuación una "*conmutación de ventana".* En este documento, se considera que los cambios de transformadas conservan, no obstante, el tamaño de las ventanas utilizadas, de modo que solo pueden cambiar los coeficientes de ponderación de las ventanas en el transcurso del tiempo.

Las expresiones presentadas más arriba para el caso de una ventana constante se recogen más abajo y se adaptan para el caso de un cambio de ventana. Sin pérdida de generalidad, al implicar el recubrimiento solo dos tramas consecutivas para la transformada MDCT, la transición para dos tramas consecutivas anotadas como T_1 y T_2 se explicita como sigue. La primera trama T_1 utiliza una ventana de análisis h_{a1} y la segunda trama T_2 utiliza una ventana de análisis h_{a2}. Las ventanas de síntesis utilizadas para la reconstrucción se eligen idénticas a las ventanas de análisis en las partes de recubrimiento entre las dos ventanas h_{a1} y h_{a2}. De este modo:

$$h_{a1}(n+M) = h_{s1}(n+M)$$

$$h_{a2}(n) = h_{s2}(n)$$

$$\text{para } 0 \le n < M$$

A diferencia del caso anterior donde una misma ventana se utiliza para varias tramas sucesivas, ya no existe relación directa entre la primera y la segunda mitad de las ventanas de análisis, lo que significa que el coeficiente de ponderación $h_{a1}(n+M)$ puede ser independiente del coeficiente $h_{a1}(n)$. De forma análoga, el coeficiente $h_{a2}(n)$ puede ser independiente del coeficiente $h_{a2}(n+M)$. De este modo, es posible hacer evolucionar en el transcurso del tiempo la forma de la ventana de análisis.

Las condiciones de reconstrucción *"perfecta"* se vuelven:

$$\begin{cases} h_{a1}^2(n+M) + h_{a2}^2(n) = 1 \\ h_{a1}(2M-1-n).h_{a1}(n+M) - h_{a2}(M-1-n).h_{a2}(n) = 0 \end{cases} \quad \text{para } 0 \le n < M$$

La solución tradicional consiste en elegir: $h_{a1}(n+M)=h_{a2}(M-1-n)$ $(0 \le n < M)$ para verificar muy sencillamente las condiciones de más arriba.

De este modo, con referencia a la figura 4, la ventana de análisis utilizada en la primera mitad de la trama T_2 (curva en trazos con punteado de la figura 4) es una versión "*espejo*" de la ventana de análisis utilizada en la segunda mitad de la trama T_1 (curva en trazo continuo de la figura 4). En otras palabras, con el fin de asegurar la reconstrucción perfecta, se recomiendan, en el sentido del estado de la técnica, unas transiciones progresivas que pasan por unos tramos que comparten, con la salvedad de un efecto espejo, las mismas ventanas de análisis.

Una realización de este tipo se describe en el documento D1: EDLER B: "CODIERUNG VON AUDIOSIGNALEN MIT UEBERLAPPENDER TRANSFORMATION UND ADAPTIVEN FENSTERFUNKTIONEN", FREQUENZ, SCHIELE UND SCHON, BERLIN, DE, vol. 43, n.º 9, 1 de septiembre de 1989 (1989-09-01), páginas 252-256 (XP000052987 - ISSN: 0016-1136).

Otro documento general del estado de la técnica es el D2:

SMART G Y AL: "Filter bank design based on time domain aliasing cancellation with non-identical windows" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP), ADELAIDE, ABR. 19 - 22, 1994, vol. iii, 19 de abril de 1994 (1994-04-19), páginas III-185-III-188 (XP010134248 - ISBN: 978-0-7803-1775-8).

Este efecto espejo se encuentra, igualmente, al nivel de las ventanas de síntesis debido a la igualdad impuesta entre ventanas de síntesis y de análisis.

Por el hecho del efecto espejo, cualquier inserción de *"ceros"* (coeficientes de ponderación con el valor 0) a continuación del coeficiente $h_{a1}(n+M)$ en la ventana h_{a1} tendrá como efecto insertar otros tantos ceros al inicio de la ventana h_{a2} (en $h_{a2}(n)$). Además, esta inserción de ceros implica imponer otros tantos coeficientes con el valor de 1 para las filas invertidas *M-n.* Más precisamente:

$$h_{a1}(n+M) = h_{a2}(M-1-n)$$

Por este hecho, el aspecto de una ventana de este tipo que incluye numerosos ceros es semejante al de una ventana rectangular, como se ilustra en la figura 5. Ahora bien, una ventana rectangular tiene una mala resolución de frecuencia y presenta una fuerte discontinuidad. Se trata en este caso de un primer problema inherente al funcionamiento de los codificadores/decodificadores de la técnica anterior.

En los codificadores/decodificadores normalizados conocidos, el codificador selecciona a menudo la transformada que hay que utilizar en el transcurso del tiempo. De este modo, en la norma AAC tal como se describe en el documento:

"Information technology - Coding of audio-visual objects - Part 3: Audio", ISO/IEC 14496-3 (2001),

el codificador selecciona y transmite la forma de ventana que corresponde a la segunda mitad de la ventana de análisis, induciéndose la primera mitad por la selección efectuada para la trama anterior. En la norma AAC, se transmite un bit al decodificador, con el fin de que se permita, en la síntesis, utilizar unas ventanas del mismo tipo.

Por lo tanto, el decodificador es esclavo del codificador y aplica fielmente los tipos de ventana decididos por el codificador.

Se comprenderá, entonces, que un inconveniente de la técnica anterior conocido reside en el hecho de que, para asegurar una transición del tipo de ventana que se utiliza en el transcurso del tiempo, es necesario introducir una semiventana intercalar, con el fin de asegurar la reconstrucción perfecta. De este modo, las ventanas de análisis h_{a1} y h_{a2} anteriormente citadas no pueden hacerse independientes la una de la otra sobre su soporte común.

La presente invención viene a mejorar la situación.

Propone para ello una transición entre ventanas sin exigencia entre las ventanas consecutivas.

A tal efecto, tiene como propósito, en primer lugar, un procedimiento de codificación de una señal digital, por transformada con recubrimiento que utiliza unas ventanas de ponderación, en el que se ponderan dos bloques de muestras de la señal, consecutivos y de mismo tamaño 2*M*, respectivamente por una primera y una segunda ventana de análisis. Al incluir estas ventanas cada una un frente ascendente y un frente descendente, el frente ascendente de la segunda ventana es diferente del frente descendente de la primera ventana retornada temporalmente.

Se comprenderá que se trata en este caso de una característica distintiva de la técnica anterior descrita anteriormente y que manifiesta, de este modo, el hecho de que las primera y segunda ventanas pueden elegirse completamente de manera independiente la una de la otra, por ejemplo, según un criterio propio para unas características de la señal determinadas sobre cada uno de los dos bloques.

De este modo, se prevén al menos dos tipos de ventana de ponderación, en concreto, para el análisis en la codificación, y es posible cambiar de tipo de ventana de ponderación para codificar un bloque corriente en el que se ha detectado un acontecimiento particular, por ejemplo. Este acontecimiento particular puede ser típicamente un cambio de comportamiento estadístico de la señal o también la aparición de un fenómeno particular, tal como un salto importante de energía en la señal digital que contiene la trama corriente.

Estas etapas se reiteran para un bloque siguiente, de modo que es posible, en el sentido de la invención, codificar un bloque dado utilizando una ventana de ponderación de un tipo dado y codificar un bloque que sigue inmediatamente al bloque dado utilizando directamente a continuación otro tipo de ventana de ponderación, sin

restricción y, en particular, sin restricción en el sentido de la técnica anterior que impone necesariamente una ventana intercalar.

Los bloques anteriormente citados pueden, a título de ejemplo, corresponder a unas tramas de señal como se ha indicado anteriormente.

Ofreciéndose la posibilidad de pasar directamente de un tipo de ventana a otro, sin transición, la invención permite ya realizar una codificación con unas ventanas adaptadas para cada una de las señales cubiertas por estas ventanas. De este modo, se obtiene una ganancia de codificación mejor sobre cada uno de los segmentos de señal cubiertos por las ventanas.

Con respecto al estado anterior, se obtendrá, de este modo, una calidad de codificación mejorada debido a la adaptación precisa de las ventanas a las propiedades de la señal.

La presente invención tiene como propósito de forma homóloga un procedimiento de decodificación de una señal digital, por transformada con recubrimiento que utiliza unas ventanas de ponderación, en el que se ponderan dos bloques de muestras de la señal, consecutivos y de mismo tamaño, respectivamente por una primera y una segunda ventana de síntesis, las cuales incluyen cada una un frente ascendente y un frente descendente con, en particular, el frente ascendente de la segunda ventana diferente del frente descendente de la primera ventana retornada temporalmente.

En un modo de realización, las ventanas de análisis de uno al menos de los dos tipos anteriormente citados de ventana de análisis incluyen al menos una porción de final que incluye unos coeficientes todos nulos. En la decodificación, las ventanas de síntesis incluyen, entonces, unos ceros al inicio de ventana. Esta implementación permite reducir un retardo de codificación/decodificación relacionado con las transformadas aplicadas.

Por lo tanto, la invención encuentra una aplicación ventajosa en las comunicaciones interactivas para las cuales es importante que el retardo sea lo más pequeño posible.

Otras características y ventajas de la invención se mostrarán con el examen de la descripción detallada a continuación y de los dibujos adjuntos en los cuales, además de las figuras 1 a 5 relativas a la técnica anterior y descritas anteriormente:

- la figura 6 ilustra un cambio de tipo de ventanas, con unas primera y segunda ventanas anteriormente citadas de formas diferentes en el sentido de la invención,
- la figura 7 ilustra unas ventanas de análisis que incluyen M_z coeficientes nulos en su terminación, en una realización ventajosa,
- la figura 8 ilustra la reducción del retardo de codificación/decodificación que implica una realización ventajosa de este tipo,
- la figura 9 ilustra un sistema de codificación/decodificación para la implementación de la invención,
- la figura 10A ilustra las etapas de un procedimiento de codificación en el sentido de la invención,
- la figura 10B ilustra las etapas de un procedimiento de decodificación y
- la figura 11 ilustra una forma de ventana de síntesis ventajosa (trazos con punteado).

A continuación, se describe una realización de la invención que permite pasar de una ventana de análisis a otra sin precaución particular y, en particular, sin ventana de transición. De este modo, las ventanas de análisis elegidas en la codificación son independientes la una de la otra, lo que contribuye a mejorar la calidad de la codificación.

Al considerar una trama corriente T_2, se hace como hipótesis en este documento que ya se ha efectuado previamente una elección particular de ventana de análisis para una trama inmediatamente anterior T_1. Para la trama T_2, se elige otra ventana de análisis, con el fin de facilitar la codificación en el campo de frecuencia de las muestras de la trama corriente T_2. Un criterio posible a título de ejemplo consiste en que la ventana h_{a2} elegida para la trama T_2 maximice la ganancia de codificación en el campo transformado dado por:

$$G_{TC} = \frac{\frac{1}{M}\sum_{k=0}^{M-1}\sigma_k^2}{\left[\prod_{k=0}^{M-1}\sigma_k^2\right]^{1/M}},$$

donde σ_k^2 representa una estimación de la varianza de las muestras transformadas X_k.

Otro criterio podría basarse también, como variante, en una minimización de la entropía de las muestras transformadas y expresarse, por ejemplo, en forma de:

$$J_H = -\sum_{k=0}^{M-1} X_k^2 \log\left[X_k^2\right]$$

Es posible considerar un criterio más complejo que defina un óptimo entre la distorsión realizada después de codificación/decodificación, por una parte, y el flujo requerido con esta codificación, por otra parte. Este criterio más complejo, para minimizar, puede escribirse, por ejemplo, en forma de:

$$J_{RD} = D(X) + \lambda R(X),$$

donde:

$D(X)$ es una medición de la distorsión efectuada sobre las muestras X_k para un flujo elegido y
$R(X)$ es este flujo elegido.

La determinación de la mejor ventana de análisis h_{a2}, condicionada por el criterio por el que se opta finalmente, se efectúa preferentemente en un conjunto restringido de combinaciones. De hecho, permanece impuesta una exigencia: el tipo de filtro de análisis utilizado (en concreto, el filtro prototipo de análisis que corresponde a la ventana de ponderación en la codificación) debe ser conocido por el decodificador y, por lo tanto, debe transmitirse al decodificador.

La elección de la ventana h_{a2} puede efectuarse, por lo tanto, de entre un diccionario de ventanas de análisis $\{h_0, h_1, h_2, \cdots, h_{N.º-1}\}$ donde N.º representa el número de elecciones posibles. Entonces, puede preverse codificar el índice de la forma de ventana elegida sobre un número de bit entero superior o igual a $\log_2$ (*N.º*) y transmitir, a continuación, este índice codificado al decodificador.

El conjunto de las ventanas definidas de este modo puede aplicarse para *M* muestras, construyéndose las ventanas de análisis utilizadas h_{a1} y/o h_{a2}, de longitud 2*M*, por ejemplo, como sigue:

$$\begin{cases} h_{a1}(M+n) = h_i(n) & 0 \le n < M \\ h_{a2}(n) = h_j(M-1-n) & 0 \le n < M \end{cases},$$ para los enteros *i* y *j* comprendidos entre 0 y N.º-1.

Las ventanas h_i y h_j se construyen, por ejemplo, con la ayuda de:

- ventanas KBD (trazos con punteado de la figura 3), parametrizadas con diferentes valores de coeficiente de forma (anotado a menudo como α),
- de ventanas sinusoidales,
- de ventanas de escaso recubrimiento tales como se describen en la norma AAC - "low delay",
- o también de ventanas optimizadas según diferentes criterios, por ejemplo, según un criterio de ganancia de codificación, como se describe en:

  "Bancs de Filtres et quantification vectorielle sur réseau - Etude conjointe pour la compression d'images", P. Onno, tesis de la Universidad de Rennes 1 (1996).

Es posible restringir la elección de ventana a una familia de ventanas parametrizables (tales como las ventanas KBD). En este caso, se pueden transmitir el conjunto de los parámetros en forma codificado (lo que se restringe en el caso de ventanas KBD con un valor cuantificado y codificado del factor de forma α).

En la decodificación, a la recepción del tipo de ventana de análisis h_{a2} utilizado en la codificación y después de decodificación de las muestras de frecuencia X_k, luego aplicación de una transformada DCT inversa, las ventanas de síntesis deben aplicarse, con el fin de reconstituir las muestras temporales. Con el fin de limitar las degradaciones sobre la señal reconstruida, se eligen preferentemente unas ventanas de síntesis que aseguren una reconstrucción "*perfecta*" al nivel de la transformada. En ausencia de cuantificación, esta transformada inversa que sucede a la transformación directa no conlleva distorsión. No obstante, en este documento, se optará como criterio por un error de reconstrucción de la transformada que permanezca desdeñable, perceptiblemente, con respecto a un umbral de percepción predeterminado.

Para reconstituir la parte común entre la trama T_1 y T_2, sin distorsión por el hecho de las transformadas, las porciones de ventana de síntesis que afectan a esta parte común ($h_{s2}(n)$ y $h_{s1}(n+M)$, con $0 \le n < M$) deberán estar unidas a las ventana de análisis sobre esta misma parte común ($h_{a1}(n+M)$ y $h_{a2}(n)$). La relación siguiente describe las condiciones que se tienen que respetar para asegurar una reconstrucción perfecta en esta parte común:

$$\begin{cases} h_{a1}(n+M).h_{s1}(n+M) & + & h_{a2}(n).h_{s2}(n) & = & 1 \\ h_{a1}(2M-1-n).h_{s1}(n+M) & - & h_{a2}(M-1-n).h_{s2}(n) & = & 0 \end{cases}, \quad \text{con } n = 0...M-1$$

Al resolver este sistema para las ventanas $h_{s2}(n)$ y $h_{s1}(n+M)$, se encuentra, con la condición de $D(n)=h_{a1}(n+M)\cdot h_{a2}(M-1-n)+h_{a2}(n)\cdot h_{a1}(2M-1-n)\neq 0$:

$$\begin{cases} h_{s1}(n+M) & = & \dfrac{h_{a2}(M-1-n)}{D(n)} \\ h_{s2}(n) & = & \dfrac{h_{a1}(2M-1-n)}{D(n)} \end{cases}$$

De este modo, por esta elección de ventana de síntesis $h_{s1}(n+M)$ y $h_{s2}(n)$, se asegura la reconstrucción "*perfecta*".

De este modo, en la síntesis:

- la ventana $h_{s1}(n+M)$ se aplica para llevar la transformada MDCT inversa de la segunda porción de la trama T_1, y
- la ventana $h_{s2}(n)$ se aplica para llevar la transformada MDCT inversa de la primera mitad de la trama T_2.

El resultado de las dos ponderaciones se suma término por término para obtener las muestras decodificadas.

Se observa que las ventanas $h_{s1}(n+M)$ y $h_{s2}(n)$ están construidas sencillamente por retorno temporal de las ventanas de análisis, luego por aplicación de un factor corrector anotado como $D'(n)=1/D(n)$. De este modo, la ventana $h_{s1}(n+M)$ está construida por inversión de los índices temporales de la ventana de análisis $h_{a2}(n)$ y, recíprocamente, la ventana $h_{s2}(n)$ está construida invirtiendo los índices temporales de la ventana de análisis $h_{a1}(n+M)$. El factor corrector (que corresponde a una ganancia que hay que aplicar sobre cada una de las ventanas) se define por $D'(n)=1/D(n)$. En este documento, se entiende por "retorno temporal" o "inversión de índice temporal" el hecho de definir la forma de una ventana en función de lo opuesto ($-n$) del índice corriente de tiempo n.

Se podrá aplicar una ventana de tipo $h_{a2}(M-1-n)$ a la segunda porción de la trama T_1 y una ventana de tipo $h_{a1}(2M-1-n)$ a la primera mitad de la trama T_2. El resultado de esta ponderación se suma entonces, a continuación, luego, finalmente, se pondera por la ponderación $D'(n)=1/D(n)$.

Aparece una propiedad destacable según la cual la ponderación $1/D(n)$ es un sencillo factor de ganancia que viene a corregir una distorsión de amplitud. De este modo, la operación de reconstrucción que pone en juego las ventanas $h_{a2}(M-1-n)$ y $h_{a1}(2M-1-n)$ da una señal reconstruida desprovista de componentes de repliegue temporal. Por lo tanto, la ganancia $D'(n)$ puede considerarse como un sencillo término corrector de amplitud.

Al observar la expresión de la ganancia $D(n)$, también aparece la propiedad destacable siguiente: $D(n)=D(M-1-n)$, lo que se traduce por el hecho de que solo $M/2$ coeficientes de ganancia $D(n)$ tienen necesidad de calcularse y/o almacenarse. Esta propiedad también se encuentra para la ganancia $D'(n)$ en la síntesis.

Por lo tanto, es posible, en una primera realización, almacenar en la decodificación todas las ventanas de síntesis que combinan el conjunto de las posibilidades de transición entre ventanas de análisis, esto es, por lo tanto, el resultado de:

$$\begin{cases} h_{s1,i,j}(n+M) & = & \dfrac{h_i(M-1-n)}{D_{i,j}(n)} \\ h_{s2,i,j}(n) & = & \dfrac{h_j(2M-1-n)}{D_{i,j}(n)} \end{cases}$$

con $D_{i,j}(n)=h_i(n+M)\cdot h_j(M-1-n)+h_j(n)\cdot h_i(2M-1-n)$

Esta implementación requiere, entonces, un tamaño de memoria sustancial.

En una segunda realización, es posible almacenar las ventanas de análisis ante el decodificador, tal cuales o con índice temporal retornado. Entonces, se calcula la ganancia $D_{i,j}(n)$, $0\leq n<M/2$, luego, se aplican para la reconstrucción las ventanas de análisis retornadas temporalmente. Por último, se pondera el resultado obtenido después de adición por la ganancia $D'_{i,j}(n)=1/D_{i,j}(n)$.

Para algunas combinaciones particulares de parejas (i,j) puede resultar que la ganancia $D_{i,j}(n)$=1 para un conjunto de muestras n. En este caso particular, se podrá uno librar de la ponderación final.

Es posible extender esta simplificación al caso donde la ganancia $D_{i,j}(n)$ está muy cerca de 1, en particular, en el caso donde la distorsión de amplitud que hay que corregir permanece inferior a 0,1 dB, por ejemplo, lo que puede, en la práctica, traducirse en una diferencia en valor absoluto entre la ganancia $D_{i,j}(n)$ y 1 inferior a un umbral elegido, por ejemplo, 0,01.

Las funciones de ganancia $D_{i,j}(n)$ y sus funciones inversas $D'_{i,j}(n)$ pueden calcularse en el momento de su utilización o almacenarse inicialmente para utilizarse cuando se necesiten, según una o la otra de las realizaciones anteriormente citadas.

Es conveniente anotar también que las funciones de ganancia $D_{i,j}(n)$ solo requieren $M/2$ elementos de almacenamiento para cada pareja (i,j). Además, no hay que almacenar todas las combinaciones, ya que se puede observar que $D_{i,j}(n)=D_{j,i}(n)$ sea la que sea la pareja (i,j).

A continuación, se describe una realización ventajosa aplicada para tener como propósito una reducción de retardo.

En esta realización particular, se imponen unas porciones enteras de ventanas de ponderación (valores contiguos de coeficientes de ponderación) en cero en la ventana de análisis $h_{a1}(n+M)$. Más particularmente, la ventana $h_{a1}(n+M)$ contendrá una porción de M_z ceros en el intervalo $2M-M_z \leq n < 2M$ con $M_z < M/2$, como se ilustra en la figura 7 que representa dos ventanas típicas en el sentido de esta realización.

De conformidad con el primer modo de realización, y por oposición al estado de la técnica, las ventanas h_{a1} y h_{a2} son independientes la una de la otra en el intervalo comprendido entre M y $2M$. La única condición en cuanto a la elección de las ventanas h_{a1} y h_{a2} es que el valor $D(n)$ no sea nulo para $0 \leq n < M$. Esta construcción particular de la ventana $h_{a1}(n+M)$ permite asegurar que la ventana de síntesis $h_{s2}(n)$ pueda contener unos ceros entre 0 y M_z-1. Este resultado es una consecuencia de la relación:

$$h_{s2}(n) = \frac{h_{a1}(2M-1-n)}{D(n)}$$

Se comprenderá entonces que, para una misma ventana asimétrica h_{a1} utilizada en el análisis, el respeto de la condición sobre la ganancia $D(n)$ dada por:

$$D(n) = h_{a1}(n+M) \cdot h_{a1}(M-1-n) + h_{a1}(n) \cdot h_{a1}(2M-1-n) \neq 0$$

impone que el número M_z de coeficientes nulos verifique $M_z < M/2$.

Esta puesta a cero de una porción de la ventana de análisis $h_{a1}(n+M)$ tiene una influencia ventajosa sobre el retardo de reconstrucción de las muestras, como se va a ver esto a continuación.

Con referencia a la figura 8, la trama T1 (que tiene un tamaño de $2M$ muestras) se trata por aplicación de la ventana h_{a1}. El resultado de esta ponderación se trata por la transformada DCT. Por el hecho de que la ventana h_{a1} contiene unos ceros, puede codificarse y emitirse sencillamente la trama T1 al cabo de $2M-M_z$ muestras. Efectivamente, no es necesario esperar el final de las $2M$ muestras de la trama T1 para enviar la trama codificada correspondiente, sino sencillamente esperar el tratamiento de sus $2M-M_z$ primeras muestras. De este modo, se gana un adelanto que corresponde al tiempo de tratamiento de M_z muestras de final de la trama T1 con respecto a la utilización de una ventana tradicional en el sentido del estado de la técnica.

En la síntesis, la ventana de síntesis homóloga h_{s1} incluye M_z primeros coeficientes en cero (tampoco al final, sino al inicio de ventana), lo que permite, de la misma forma, reconstruir las muestras decodificadas con un adelanto de M_z muestras. De hecho, las M_z muestras que corresponden al inicio de la ventana de síntesis, se reconstituyen en realidad, puesto que la influencia del inicio de ventana h_{s1} es nula, por la ventana anterior h_{s0} de la figura 8. De este modo, no es necesario esperar, tampoco aquí, las muestras siguientes procedentes de la DCT inversa para reconstruir eficazmente las M_z muestras decodificadas, lo que permite un adelanto de M_z muestras todavía en la síntesis.

De este modo, imponer M_z coeficientes sucesivos nulos al final de ventana de análisis permite reducir el retardo debido a las transformadas directa MDCT, luego inversa $MDCT^{-1}$ de $2M_z$ muestras. Por lo tanto, el retardo total es de $2M-2M_z$ muestras. Esta reducción de retardo se realiza con unas ventanas de longitud efectiva de $2M-M_z$, mientras que una solución en el sentido del estado de la técnica habría recomendado tradicionalmente unas ventanas de análisis y de síntesis idénticas (con la salvedad del retorno temporal) y de longitud efectiva de tamaño $2M-2M_z$ para una misma reducción de retardo. De este modo, gracias a esta implementación, pueden utilizarse unas ventanas

más largas y, por este hecho, las respuestas de frecuencia obtenidas son más ventajosas y la codificación es de mejor calidad.

Mientras que el estado de la técnica impone un valor de 1 a los coeficientes centrales de las ventanas de ponderación si se introducen unos ceros al final o al inicio de ventana, lo que penaliza las propiedades de codificación con este tipo de ventana (figura 5), la realización en el sentido de la invención no presenta este inconveniente. Además, como no hay exigencia sobre la elección de las ventanas de análisis sucesivas, podrán obtenerse unas propiedades satisfactorias de codificación.

De este modo, podrá seleccionarse una transformada de análisis, más adaptada que otras para la señal que hay que codificar, de entre unos filtros de análisis que contienen unos ceros en su terminación (por ejemplo, en un diccionario de filtros prototipos), que conlleva, entonces, una codificación/decodificación lo mejor adaptada posible para la señal y con retardo reducido de $2M_z$ con respecto al estado de la técnica.

A continuación, se describe una realización particular en la cual, en la codificación, se elige un par de ventanas h_{a1} y h_{a2} que permiten evitar una corrección $D'(n)$ en la síntesis. Se trata de modificar sustancialmente en este documento una ventana inicial de análisis para garantizar una función de ponderación $D'(n)$ constante e igual a uno en la síntesis.

A tal efecto, se determinan dos porciones de ventanas de análisis a partir de una ventana $h(n)$ definida sobre el intervalo $0 \leq n < 2M$ y que satisface para cualquier índice n una expresión de factor de normalización $\Delta(n)$ no nulo:

$$\Delta(n) = \sqrt{h(n)h(2M-1-n) + h(n+M)h(M-1-n)} \neq 0,$$

con $0 \leq n < M$ Entonces, se construye, para $0 \leq n < M$:

$$h_{a1}(n+M) = h(n+M)/\Delta(n) \quad \text{y} \quad h_{a2}(n) = h(n)/\Delta(n)$$

De esta manera, la ganancia $D'(n)$ en la decodificación es de 1 para cualquier n y la reconstrucción en la síntesis se efectúa por ponderación por las mismas ventanas de análisis h_{a1} y h_{a2} sencillamente retornadas temporalmente, estando esta ponderación seguida de una sencilla adición.

Un ejemplo de ventana $h(n)$ para $0 \leq n < 2M$, que contiene M_z ceros y que permite limitar el retardo de $2M_z$ muestras es:

$$h(n) = \text{sen}\left[\frac{\pi}{2M - M_z}\left(n + \frac{1}{2}\right)\right]$$

para $0 \leq n < 2M - M_z$ y $h(n)=0$ si no (es decir, para $2M - M_z \leq n < 2M$).

También se indica que otra elección posible, que permite una selectividad de frecuencia variable según un parámetro de forma α, consiste en una ventana de Kaiser Bessel definida por:

$$h(n,\alpha) = \frac{I_0\left[\pi\alpha\sqrt{1-\left(\frac{n-M'}{M'}\right)^2}\right]}{I_0\left[\pi\alpha\right]},$$

donde $M' = M - M_z/2$, para $0 \leq n < M - M_z/2$ con $h(2M - M_z - 1 - n, \alpha) = h(n, \alpha)$ para $0 \leq n < M - M_z/2$ y $h(n,\alpha)=0$ si no (para n tal que $2M - M_z \leq n < 2M$).

Se señalará que es posible determinar, de este modo, a partir de una ventana de inicialización elegida $h(n)$, las ventanas de análisis h_{a1} y h_{a2} y, a partir de ahí, las ventanas de síntesis por sencillo retorno temporal.

También es posible para las implementación de una decodificación en el sentido de la invención, determinar las dos porciones de ventana de síntesis h_{s1} y h_{s2} directamente a partir de una ventana de inicialización $h(n)$ que contiene M_z coeficientes nulos en su inicio.

Basándose en una ventana de inicialización sinusoidal (curva en trazo continuo de la figura 11) tal como, por ejemplo:

$$h(n)=0 \quad \text{para } 0 \le n < M_z \quad \text{y} \quad h(n+M_z)=\text{sen}\left[\frac{\pi}{2M-M_z}\left(n+\frac{1}{2}\right)\right]$$

para $0 \le n < 2M-M_z$, las porciones de ventanas de síntesis h_{s1} y h_{s2} se deducen, entonces, directamente como sigue:

$$h_{s1}(n+M)=h(n+M)/\Delta(n) \quad \text{y} \quad h_{s2}(n)=h(n)/\Delta(n) \quad 0 \le n < M$$

Con, como anteriormente:

$$\Delta(n)=\sqrt{h(n)h(2M-1-n)+h(n+M)h(M-1-n)} \neq 0,$$

con $0 \le n \le M$.

En la figura 11, se ha representado en trazos con punteado el aspecto de una ventana de síntesis global hs_i que resulta de las dos porciones de ventanas h_{s1} y h_{s2} obtenidas a partir de la ventana de inicialización $h(n)$ de expresión sinusoidal ilustrada en trazo continuo, según esta realización.

La presente invención también tiene como propósito un sistema de codificación/decodificación tal como se ilustra en la figura 9, en un modo de realización descrito en este documento a título de ejemplo. Un codificador COD recibe una señal digital S que hay que codificar y que incluye una sucesión de muestras X_n. Esta sucesión de muestras se trata por bloques sucesivos B_i, B_{i+1}, etc., de $2M$ muestras cada uno (etapa 101 de la figura 10A). Unos medios de tratamiento µP del codificador analizan el contenido de los bloques B_i uno por uno (etapa 102 de la figura 10A), por ejemplo, según un criterio dado (entropía, ganancia de codificación, distorsión/flujo u otros) y deducen de ello la ventana de análisis ha_i de un diccionario DIC del codificador, ventana que está lo más adaptada a este bloque B_i según el criterio anteriormente citado. La ventana de ponderación de análisis ha_i elegida de este modo se aplica al bloque corriente B_i (etapa 103 de la figura 10A), el cual se codifica (etapa 104), a continuación.

Un bloque B'_i resultante de esta codificación se envía, a continuación, al decodificador DECOD de la figura 9 en la señal codificada S', con un código en el diccionario DIC de la ventana de análisis seleccionada ha_i (etapa 105 de la figura 10A). Por supuesto, el decodificador DECOD ha recibido con un bloque anterior B'_{i-1} un código del diccionario DIC que designa una ventana de análisis utilizada anteriormente ha_{i-1}. El decodificador DECOD, a la recepción de la señal codificada S' que incluye una sucesión de bloques codificados B'_i, B'_{i+1}, etc. y unos códigos de ventanas ha_i que han servido para el análisis en la codificación de los bloques B_i (etapa 106 de la figura 10B), determina a partir de su propio diccionario DIC' (homólogo del diccionario DIC del codificador) las semiventanas $hs_{i-1}(n+M)$ y $hs_i(n)$ que deben servir para la síntesis (etapa 107).

En el ejemplo descrito, los medios de tratamiento µP del decodificador DECOD estiman el factor corrector $D(n)$ para cada índice temporal n en relación con la ventana ha_{i-1} utilizada anteriormente en el análisis (etapa 108). Si el factor corrector está cerca de 1 (con la salvedad de un umbral de 0,1 dB, por ejemplo, medido en valor absoluto), en el test 109 de la figura 10B, el decodificador no aplica corrección (flecha o a la salida del test 109). Si no (flecha n), los medios de tratamiento µP aplican la corrección $D'(n)=1/D(n)$ descrita anteriormente (etapa 110). El tratamiento se prosigue por la decodificación propiamente dicha de los bloques B'_i ponderados con las ventanas hs_i (corregidas, en caso necesario, por el factor D') en la etapa 111, para suministrar unos bloques decodificados $\hat{B}_i$, $\hat{B}_{i+1}$, etc. de la señal decodificada S cuyas muestras $\hat{X}_n$ (sin pérdida) valen las muestras iniciales X_n, puesto que está asegurada la reconstrucción perfecta.

La presente invención también tiene como propósito un codificador COD del tipo representado en la figura 9, así como un programa informático destinado a estar almacenado en memoria de un codificador de este tipo y cuyo un algoritmo puede representarse por el organigrama de la figura 10A. También tiene como propósito un decodificador DECOD del tipo representado en la figura 9, así como un programa informático destinado a estar almacenado en memoria de un decodificador de este tipo y cuyo un algoritmo puede representarse por el organigrama de la figura 10B.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de codificación de una señal digital, por transformada con recubrimiento que utiliza unas ventanas de ponderación, en el que se ponderan dos bloques de muestras de la señal, consecutivos y de mismo tamaño (2*M*), respectivamente por una primera (h_{a1}) y una segunda ventana (h_{a2}) de análisis y dichas primera y segunda ventanas que incluyen cada una un frente ascendente y un frente descendente, el frente ascendente de la segunda ventana (h_{a2}) es diferente del frente descendente de la primera ventana (h_{a1}) retornada temporalmente

2. Procedimiento de codificación según la reivindicación 1, en el que dichas primera y segunda ventanas se eligen de manera independiente la una de la otra, según un criterio propio para unas características de la señal determinadas sobre cada uno de los dos bloques.

3. Procedimiento de codificación según la reivindicación 2, en el que el criterio de elección de una ventana de ponderación es un elemento o una combinación de elementos de entre:

- una maximización (G_{TC}) de la ganancia de codificación,
- une minimización (J_H) de entropía de las muestras trasformadas,
- una optimización (J_{RD}) entre una distorsión debida a la codificación/decodificación y un flujo requerido por dicha codificación.

4. Procedimiento de codificación según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que cada ventana de ponderación elegida para la codificación de un bloque se selecciona en un diccionario de ventanas de ponderación posibles, estando un índice de ventana asociado a cada ventana de dicho diccionario,
y en el que el índice de la ventana seleccionada se transmite hacia un decodificador, para utilizar en la decodificación una ventana homóloga de la ventana seleccionada en la codificación.

5. Procedimiento de codificación según una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una parte de las ventanas de análisis incluye un número elegido (M_z) de coeficientes de ponderación sucesivos de valor nulo al final de ventana y dicho número elegido de coeficientes nulos (M_z) es inferior a un cuarto del número total de coeficientes (2*M*) de una ventana.

6. Procedimiento de decodificación de una señal digital, por transformada con recubrimiento que utiliza unas ventanas de ponderación,
en el que se ponderan dos bloques de muestras de la señal, consecutivos y de mismo tamaño (2*M*), respectivamente por una primera (h_{s1}) y una segunda ventana (h_{s2}) de síntesis, en el que, dichas primera y segunda ventanas que incluyen cada una un frente ascendente y un frente descendente, el frente ascendente de la segunda ventana (h_{s2}) es diferente del frente descendente de la primera ventana (h_{s1}) retornada temporalmente,
y en el que se reciben de un codificador unas informaciones (cod(ha_i)) sobre unas ventanas de análisis utilizadas sucesivamente en la codificación,
y dichas primera y segunda ventanas de síntesis (h_{s1}, h_{s2}) se deducen de primera y segunda ventanas de análisis (h_{a1}, h_{a2}) utilizadas sucesivamente en la codificación,
deduciéndose la primera y respectivamente la segunda ventana de síntesis de la segunda y respectivamente de la primera ventana de análisis por inversión de posiciones temporales de coeficientes de ponderación de la segunda y respectivamente de la primera ventana de análisis y por aplicación de un factor corrector (1/*D*(*n*)) a cada coeficiente de ponderación de la segunda y respectivamente de la primera ventana de análisis.

7. Procedimiento de decodificación según la reivindicación 6, en el que la primera ventana de síntesis anotada como h_{s1} y la segunda ventana de síntesis anotada como h_{s2} se deducen de las primera y segunda ventanas de análisis respectivamente anotadas como h_{a1} y h_{a2} por unas relaciones del tipo:

$$\begin{cases} h_{s1}(n+M) = \dfrac{h_{a2}(M-1-n)}{D(n)} \\ h_{s2}(n) = \dfrac{h_{a1}(2M-1-n)}{D(n)} \end{cases}$$

donde:

- el número *M* es tal que un bloque de muestras incluye 2*M* muestras,
- *n* es un índice de posición temporal comprendido entre 0 y *M*-1,
- la anotación *h(n)* designa el coeficiente de ponderación de la ventana *h* y de posición temporal de índice *n*,
- la anotación -*n* designa lo opuesto del índice *n*, que manifiesta dicha inversión de posiciones temporales,
- y *D*(*n*) designa dicho factor corrector que hay que aplicar a un coeficiente de posición temporal *n*, siendo este factor no nulo para *n* comprendido entre 0 y *M*-1 y dado por

$$D(n)=h_{a1}(n+M)\cdot h_{a2}(M-1-n)+h_{a2}(n)\cdot h_{a1}(2M-1-n).$$

8. Procedimiento de decodificación según una de las reivindicaciones 6 y 7, en el que las informaciones sobre las ventanas de análisis son unos índices de un diccionario (DIC) de ventanas utilizado en la codificación y en el que se prevé, en la decodificación, un diccionario homólogo (DIC') que incluye unas ventanas de síntesis homólogas de las ventanas de análisis utilizadas en la codificación y precorregidas por dicho factor corrector (1/D(n)), teniendo cada ventana del diccionario homólogo un índice de diccionario determinable a partir de dicho índice de ventana de análisis transmitido al decodificador.

9. Procedimiento de decodificación según una de las reivindicaciones 6 y 7, en el que las informaciones sobre las ventanas de análisis son unos índices de un diccionario (DIC) de ventanas utilizado en la codificación y en el que se prevé, en la decodificación, un mismo diccionario que incluye unas ventanas respectivas procedentes de filtros prototipos de un banco de filtros de análisis en la codificación y en el que, en la decodificación, se aplica:

- una inversión de posiciones temporales,
- y dicho factor corrector (1/D(n)) a los coeficientes de una ventana del diccionario si la estimación del factor corrector para un coeficiente es sustancialmente diferente de 1 con la salvedad de un umbral predeterminado.

10. Procedimiento de decodificación según una de las reivindicaciones 6 a 9, en el que al menos una parte de las ventanas de síntesis incluye un número elegido de coeficientes de ponderación sucesivos de valor nulo al inicio de ventana y dicho número elegido de coeficientes nulos (M_z) es inferior a un cuarto del número total de coeficientes (2M) de una ventana.

11. Procedimiento de decodificación según la reivindicación 10, en el que se prevé una operación de síntesis utilizando una ventana de ponderación que corresponde a dos porciones de ventanas de análisis retornadas temporalmente, prosiguiéndose la operación de ponderación por la ventana de síntesis por una adición, expresándose dichas porciones de ventanas de análisis, anotadas como h_{a1} y h_{a2} en función de una ventana de inicialización anotada como $h(n)$ según unas expresiones del tipo:

$h_{a1}(n+M)=h(n+M)/\Delta(n)$ y $h_{a2}(n)=h(n)/\Delta(n)$, donde el número M es tal que un bloque incluye 2M muestras y n es un índice temporal tal que $0\leq n<M$, siendo $\Delta(n)$ un factor de normalización no nulo definido para cualquier índice n tal que $0\leq n<M$.

12. Procedimiento de decodificación según una de las reivindicaciones 10 y 11, en el que se determinan dos porciones de ventana de síntesis anotadas como h_{s1} y h_{s2} directamente a partir de una ventana de inicialización anotada como $h(n)$ que contiene un número elegido (M_z) de coeficientes nulos en su inicio, según unas expresiones del tipo:

$$h_{s1}(n+M)=h(n+M)/\Delta(n) \quad \text{y} \quad h_{s2}(n)=h(n)/\Delta(n),\ 0\leq n<M\ ,$$

donde el número M es tal que un bloque incluye 2M muestras y n es un índice temporal tal que $0\leq n<M$, siendo $\Delta(n)$ un factor de normalización no nulo definido para cualquier índice n tal que $0\leq n<M$.

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 y 12, en el que dicho factor de normalización está definido por una expresión del tipo:

$$\Delta(n)=\sqrt{h(n)h(2M-1-n)+h(n+M)h(M-1-n)}$$

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 12 y 13, caracterizado por que la ventana de inicialización $h(n)$ se expresa por:

$h(n)=0$ para $0\leq n<M_z$ y $h(n+M_z)=\text{sen}\left[\frac{p}{2M-M_z}\left(n+\frac{1}{2}\right)\right]$ para $0\leq n<2M-M_z$, donde M_z es dicho número elegido de coeficientes nulos al inicio de ventana de inicialización.

15. Procedimiento de codificación de una señal digital, por transformada con recubrimiento que utiliza unas ventanas de ponderación, caracterizado por que está configurado para la implementación del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5.

16. Dispositivo de decodificación de una señal digital, por transformada con recubrimiento que utiliza unas ventanas de ponderación, caracterizado por que está configurado para la implementación del procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 14.

17. Programa informático destinado a estar almacenado en memoria de un dispositivo de codificación o de decodificación, caracterizado por que incluye unas instrucciones para la implementación del procedimiento de codificación según una de las reivindicaciones 1 a 5 o del procedimiento de decodificación según una de las reivindicaciones 6 a 14, cuando las instrucciones se ejecutan por un procesador del dispositivo.

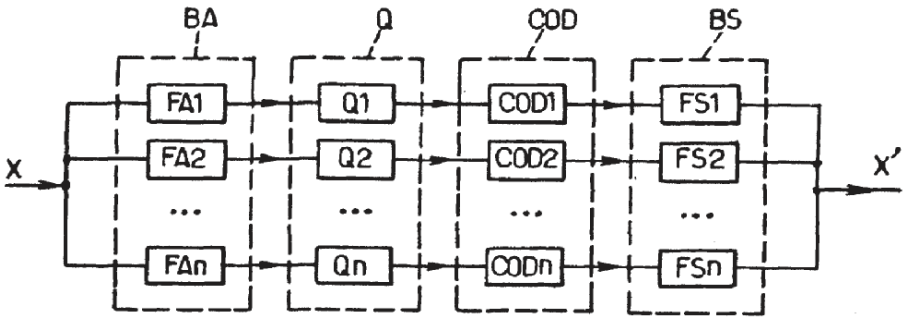

BA
Q
COD
BS
FA1
FA2
FAn
Q1
Q2
Qn
COD1
COD2
CODn
FS1
FS2
FSn
X
X'

FIG.1.

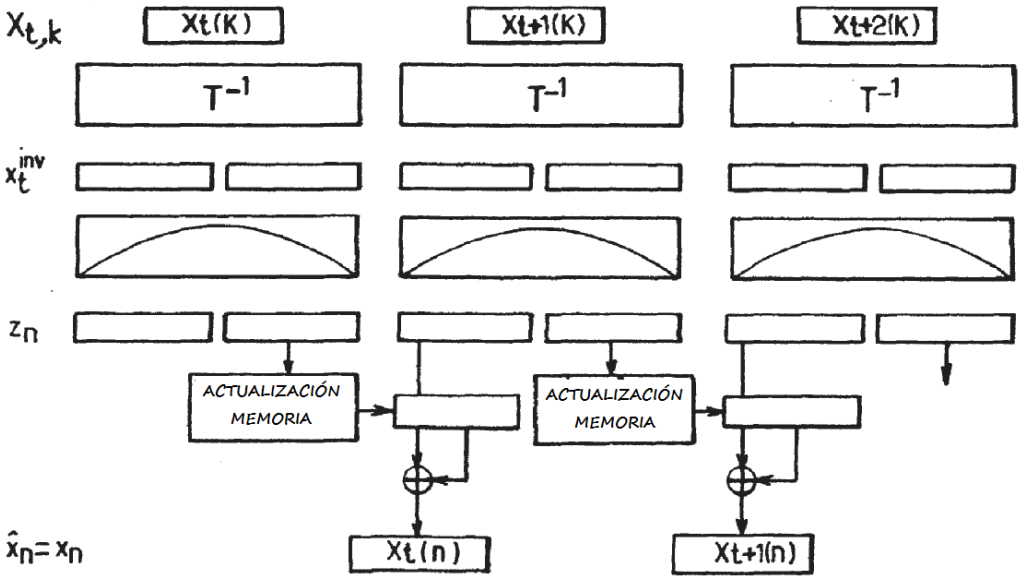

Xt,k
Xt(K)
Xt+1(K)
Xt+2(K)
T-1
T-1
T-1
xt inv
zn
ACTUALIZACIÓN MEMORIA
ACTUALIZACIÓN MEMORIA
x̂n= xn
Xt(n)
Xt+1(n)

FIG.2.

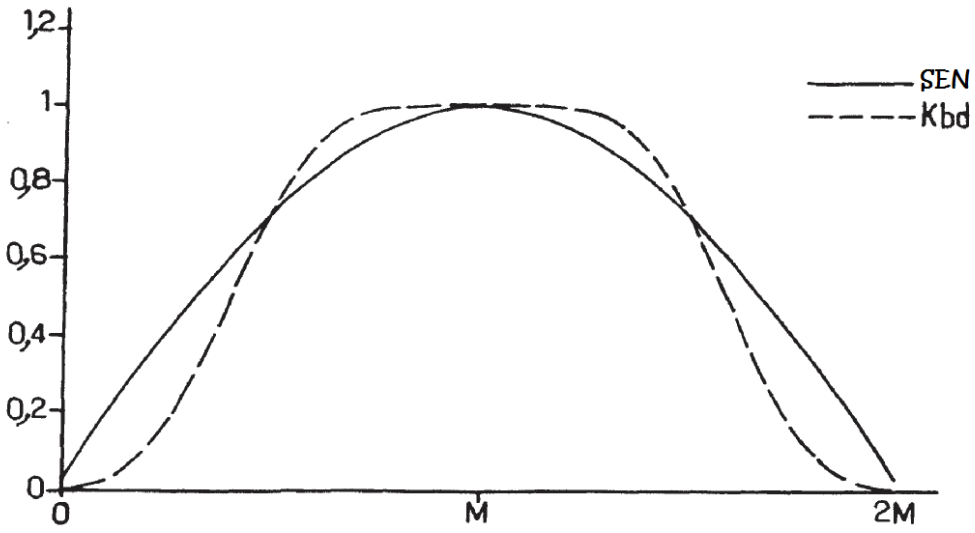

1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0
M
2M
SEN
Kbd

FIG.3.

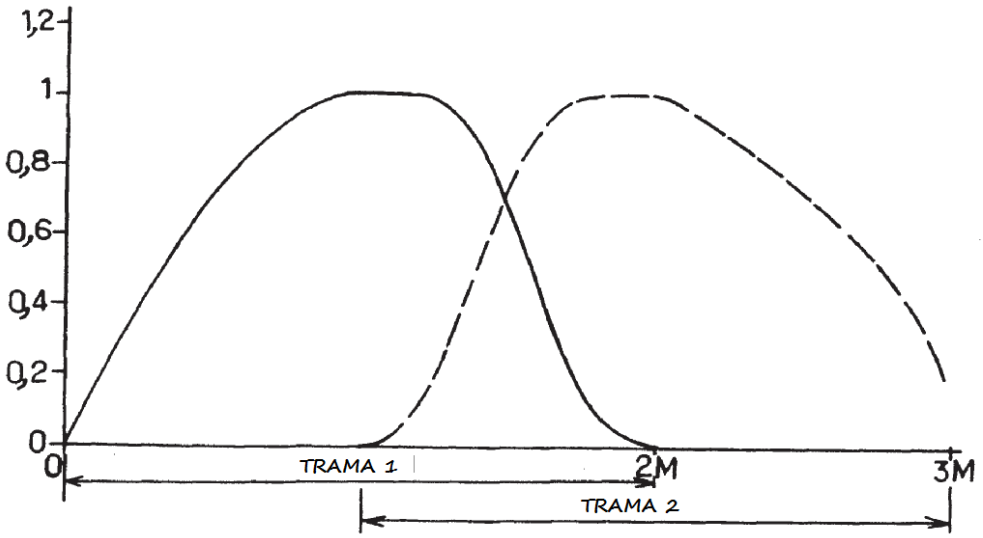

1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0
TRAMA 1
2M
3M
TRAMA 2

FIG.4.

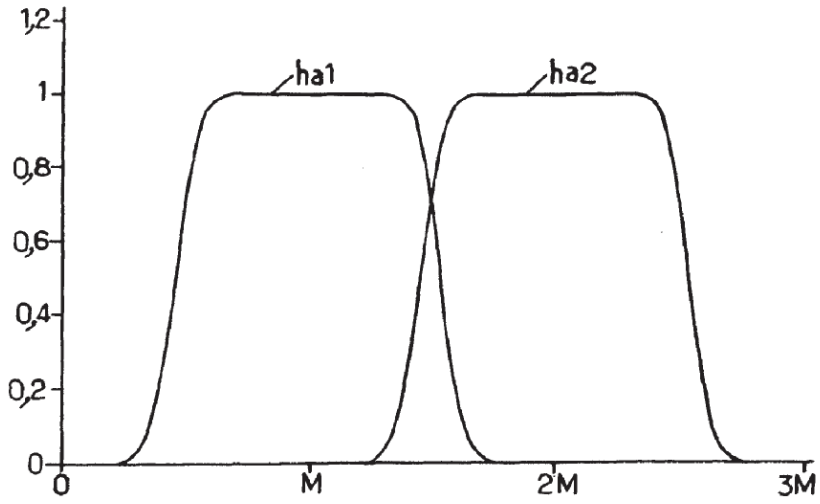

1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
ha1
ha2
0
M
2M
3M

FIG.5.

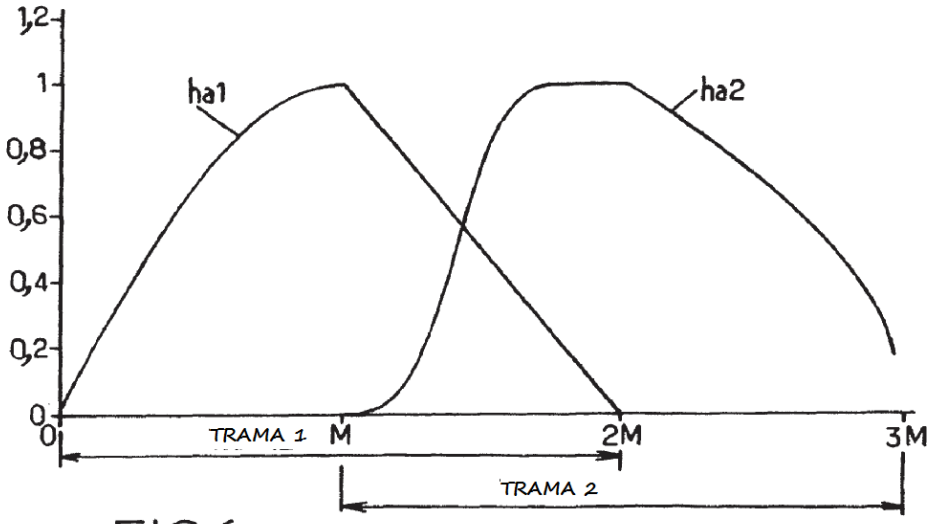

1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
ha1
ha2
0
TRAMA 1
M
2M
3M
TRAMA 2

FIG.6.

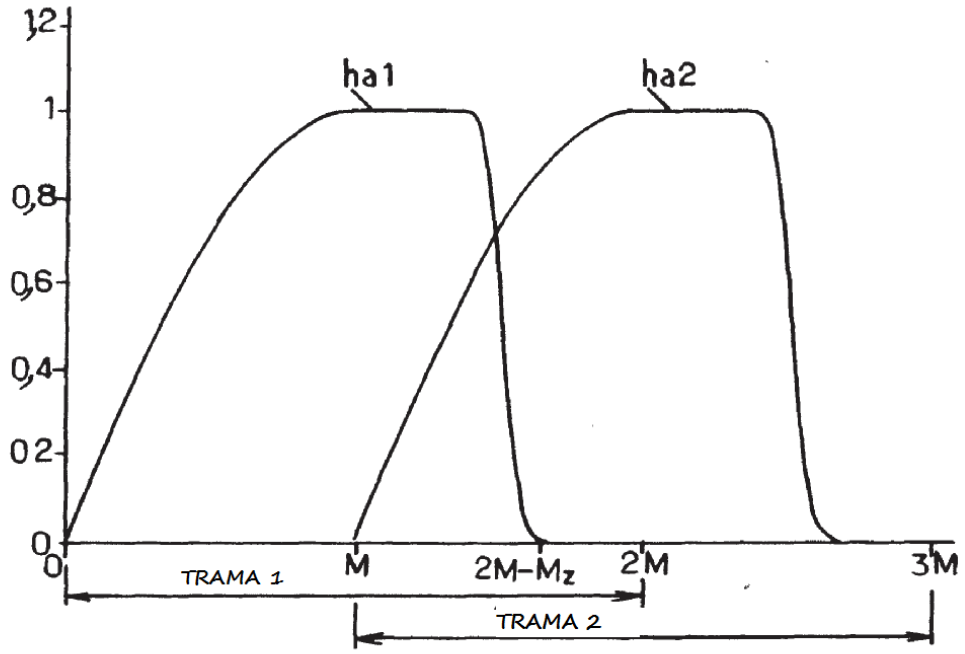

1,2
1
0,8
0,6
0,4
0 2
0
ha1
ha2
0
M
2M-Mz
2M
3M
TRAMA 1
TRAMA 2

FIG.7.

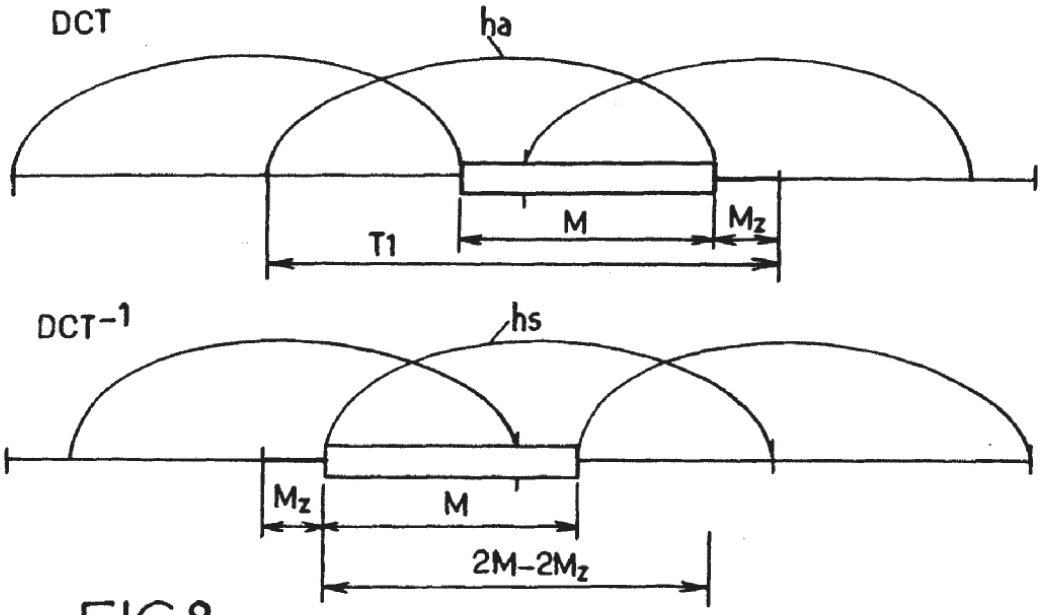

DCT
ha
M
Mz
T1
DCT-1
hs
Mz
M
2M-2Mz

FIG.8.

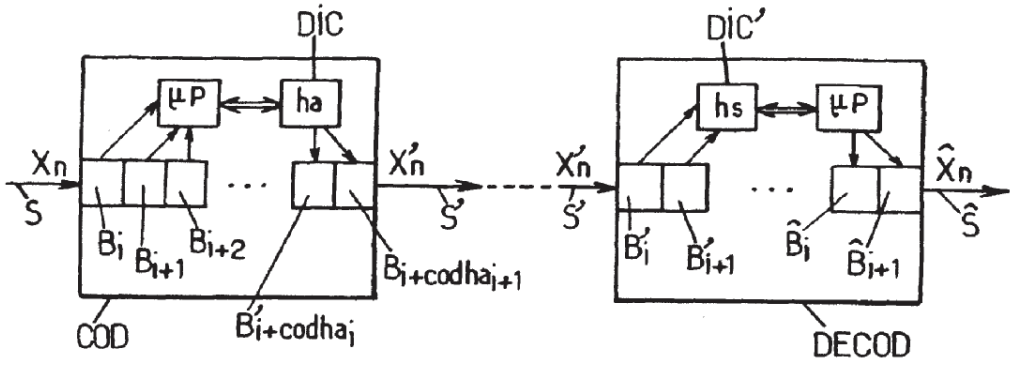


FIG.9.

FIG.10A.

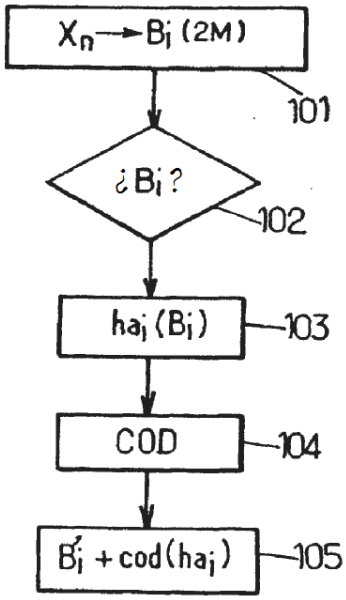
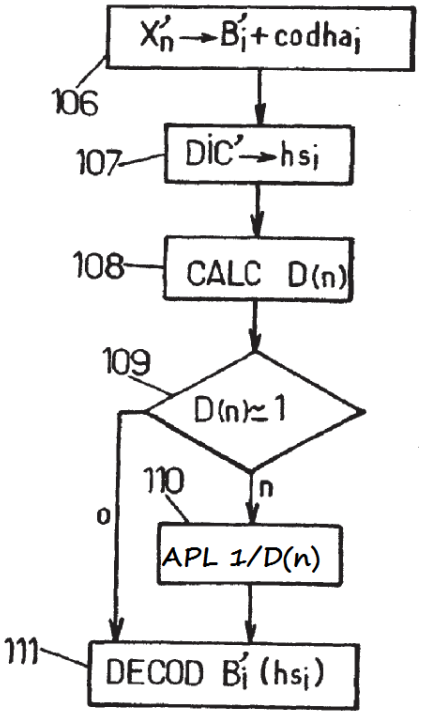


FIG.10B.



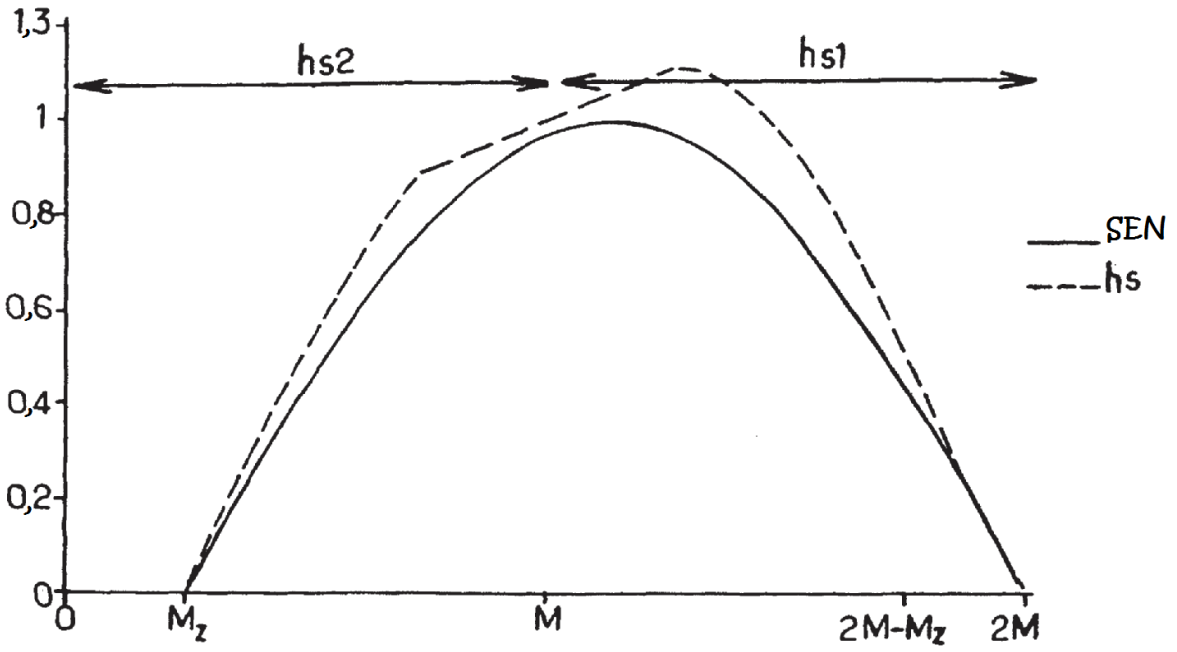


FIG.11.