

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 601 847**

51 Int. Cl.:

**G10L 19/022** (2013.01)

**G10L 25/45** (2013.01)

**G10L 19/02** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.03.2011 PCT/EP2011/053491**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.09.2011 WO111110572**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.03.2011 E 11707661 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2016 EP 2545550**

54 Título: **Procesador de señal, señal de medios codificada y método para procesar una señal**

30 Prioridad:

**02.09.2010 EP 10175141**

**11.03.2010 US 312775 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**16.02.2017**

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN  
FORSCHUNG E.V. (100.0%)  
Hansastraße 27c  
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**HELMRICH, CHRISTIAN y  
GEIGER, RALF**

74 Agente/Representante:

**ARIZTI ACHA, Monica**

**ES 2 601 847 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

Procesador de señal, señal de medios codificada y método para procesar una señal

5

**Campo de la invención**

Las realizaciones de acuerdo con la invención se refieren a un procesador de señal para proporcionar una versión procesada de una señal de entrada dependiente de la señal de entrada, a una señal de medios codificada y a un método para procesar una señal.

10

Una realización de acuerdo con la invención se refiere a un aparato para codificar o decodificar una señal de audio o de vídeo usando funciones de ventana variables. Otra realización de acuerdo con la invención se refiere a un método para codificar o decodificar una señal de audio o de vídeo usando funciones de ventana variables.

15

Las realizaciones de acuerdo con la presente invención generalmente se refieren a un análisis de señal y métodos de procesamiento, tales como aquellos que pueden utilizarse en sistemas de codificación de audio o de vídeo.

**Antecedentes de la invención**

20

La filtración de respuesta de impulsos finitos (FIR) de señales discretas, particularmente en el contexto de bancos de filtro, se emplea ampliamente en análisis espectral, procesamiento, síntesis y compresión de datos de medios, entre otras aplicaciones. Es bien sabido que la finitud temporal (o espacial) de un filtro de FIR y por lo tanto la finitud del intervalo de señal que puede procesarse en un instante en el tiempo o espacio, puede conducir a un fenómeno conocido como derivación o fuga. Cuando se modifica el intervalo filtrado, por ejemplo, al variar cambios de ganancia o cuantificación, pueden ocurrir artefactos de bloqueo o de zumbido después de la inversión de la operación de filtración. Se ha encontrado que la causa de estos artefactos puede atribuirse a discontinuidades entre los puntos terminales de la forma de onda de la señal del intervalo procesado (referido en lo sucesivo como segmento), así como también aquellas de sus diferenciales. Se ha encontrado que con objeto de reducir tales efectos indeseados de fuga, es por lo tanto útil o incluso necesario el reducir las discontinuidades en el segmento y algunos de sus diferenciales. Esto puede lograrse multiplicando cada muestra  $s(n)$ ,  $n=0, 1, \dots, N-1$ , del segmento de longitud- $N$  con un cierto peso  $w(n)$  antes de la filtración y, en el caso de manipulación de señal en el dominio filtrado, también después de la filtración inversa, de tal manera que los puntos terminales del segmento y de sus diferenciales se gradúen a cero. Un enfoque equivalente es aplicar los pesos a cada filtro de base del banco de filtro (Véase, por ejemplo, la referencia [2]). Ya que los factores de ponderación se describen con frecuencia mediante una expresión analítica, un conjunto de factores es comúnmente conocido como una función de ponderación o función de ventana.

25

30

35

40

45

50

En sistemas típicos de codificación de audio y vídeo, una forma de onda de origen se segmenta como anteriormente y cada segmento se cuantifica en una representación más basta para llevar a cabo una elevada compresión de datos, es decir, una baja tasa de bits necesaria para almacenar o transmitir la señal. En un intento por obtener ganancia de codificación por medio de compactación de energía en menos de  $N$  muestras (o, en otras palabras, para incrementar la calidad perceptual de la señal codificada para una tasa de bits dada), se han hecho conocidas las transformaciones de banco de filtros de los segmentos previas a la cuantificación. Los sistemas recientemente desarrollados usan transformación ortogonal solapada de tiempo-respecto-a-frecuencia en la forma de la transformación de coseno, discreta, modificada (MDCT), permitiendo a un banco de filtros que los segmentos adyacentes solapen mientras permiten aún el muestreo crítico. Para un rendimiento mejorado, las operaciones de MDCT directa e inversa, se combinan con la ponderación de cada segmento: en el lado central, se aplica una ventana de análisis  $w_a(n)$  antes de la MDCT directa y en el lado receptor, se emplea una ventana de síntesis  $w_s(n)$  después de la MDCT inversa. Desafortunadamente, no todas las funciones de ponderación son adecuadas para utilizarse con la MDCT. Suponiendo ventanas predeterminadas (no variantes en tiempo/espacio), se ha encontrado que con objeto de que la arquitectura completa produzca una perfecta reconstrucción de entrada en ausencia de errores de cuantificación o de transmisión,  $w_a(n)$  y  $w_s(n)$  deben seleccionarse como sigue:

55

$$w_a(n) \cdot w_s(n) + w_a(N/2+n) \cdot w_s(N/2+n) = 1, \quad n = 0, 1, \dots, N/2-1. \quad (1)$$

Si  $w_a(n)$  y  $w_s(n)$  son idénticas, es decir,  $w_a(n) = w_s(n) = w(n)$ , la ecuación (1) se reduce a la restricción mejor conocida

60

$$w(n)^2 + w(N/2+n)^2 = 1, \quad n = 0, 1, \dots, N/2-1, \quad (2)$$

publicada en la referencia [7]. Para mejor compactación de energía, se adopta normalmente  $w(n)$  que es simétrica alrededor de  $n=N/2-1/2$ , es decir

$$w(N-1-n) = w(n), \quad n = 0, 1, \dots, N/2-1, \quad (3)$$

En la norma de Codificación Avanzada de Audio (AAC) (referencia [8]), se encuentran disponibles dos funciones de ventana. Una es la ventana de seno, dada por

$$w_{\text{sen}}(n) = \text{sen}(\pi \cdot (n+1/2)/N), \quad n = 0, 1, \dots, N-1, \quad (4)$$

la otra es una ventana derivada de Kaiser-Bessel (KBD) descrita en las patentes de Fielder y Davidson, titulada "Codificador, decodificador y codificador/decodificador de transformación de baja tasa de bits para audio de elevada calidad", patentes de Estados Unidos 5109417 y 5142656. La última ventana también se utiliza en la norma de codificación AC-3 (Dolby Digital) (ATSC, Inc., "Norma de Compresión de Audio Digital (AC-3, E-AC-3), Revisión B", documento A/52B, Junio de 2005), aunque en una configuración diferente ( $\alpha=5$ ). La especificación Vorbis (referencia [9]) define la ventana

$$w_{\text{vorbis}}(n) = \text{sen}(\pi/2 \cdot \text{sen}^2(\pi \cdot (n+1/2)/N)), \quad n = 0, 1, \dots, N-1. \quad (5)$$

La Fig. 5 muestra las respuestas de frecuencia de la AAC y funciones de ventana Vorbis, obtenidas a través de la transformación de Fourier, de acuerdo con la referencia [4]. Puede observarse que la ventana de seno tiene una selectividad de frecuencia cercana relativamente elevada (lóbulo principal estrecho) y rechazo de banda eliminada relativamente bajo (atenuación de lóbulo lateral bajo). La ventana de KBD, por el contrario, tiene una elevada atenuación de banda eliminada y baja selectividad de frecuencia cercana. La ventana Vorbis radica aproximadamente a la mitad entre las primeras dos ventanas.

Se ha encontrado que para ciertas aplicaciones, puede ser deseable ejercer un control más preciso sobre la selectividad de banda de paso y el rechazo de la banda eliminada de una función de ponderación que satisface la ecuación (2). Más específicamente, se ha encontrado que para mejorar la eficiencia de codificación, puede ser necesario un parámetro de ventana que adapte continuamente las características de la ventana a aquellas del espectro de entrada. De las tres funciones anteriormente analizadas, solo la función de KBD ofrece un parámetro de este tipo,  $\alpha$ , que puede variar para lograr diferentes relaciones de selectividad/atenuación. Sin embargo, esta función incorpora matemática computacionalmente costosa (función Bessel, seno hiperbólico, raíz cuadrada y división), prohibiendo potencialmente su re-cálculo para cada segmento de señal en dispositivos de baja potencia o en sistemas en tiempo real. Lo mismo se aplica a la clase de funciones de ventana presentadas en el artículo de Sinha y Ferreira, titulado "Una Nueva Clase de Ventanas Complementarias de Potencia Uniforme y su Aplicación a Procesamiento de Señales de Audio", AES 119 Convención, Octubre de 2005, documento 6604, que requiere operaciones de valor complejo, factorización espectral y transformación de Fourier. También se ha encontrado que la interpolación entre dos funciones (por ejemplo, KBD y seno), más eficientemente por suma ponderada, puede utilizarse para controlar en cierto grado la respuesta de frecuencia, pero este enfoque ofrece solo flexibilidad limitada.

Una multitud de funciones de ventana, optimizadas hacia diferentes criterios, se ha documentado, por ejemplo, en las referencias [1], [2], [3], [4], [5]. Podría decirse que tres de las funciones más habituales en uso en la actualidad son las informadas por von Hann, Hamming y Blackman.

En lo sucesivo, se describirán algunas funciones clásicas de ventana. En otras palabras, en lo sucesivo, las funciones de ventana anteriormente mencionadas (por ejemplo, Hann, Hamming y Blackman) se revisarán y se identificará la ecuación de diseño general subyacente.

Por razones de consistencia y comparación con investigaciones básicas de funciones de ventana, la metodología y notación de Nuttall (véase, por ejemplo, la referencia [4]) se adoptará en el presente análisis. En particular, indicando  $L$  la duración (longitud) de una realización de ventana,  $t$  la ubicación (tiempo) dentro de la ponderación, y  $f$  la frecuencia dentro del espectro de densidad de potencia de la ventana, obtenidos por la transformación de Fourier de la función de ventana. Adicionalmente, todas las funciones de ventana se normalizarán hasta una amplitud pico de uno. Ya que solo se estudiarán en este punto las ventanas campaniformes, simétricas (preferentemente de longitud uniforme), esto implica que  $w(L/2)=1$ . La primera función de ponderación a considerarse se conoce como la función de Hann (o Hanning). Se especifica en la referencia [2] como

$$w_{\text{Hann}}(t) = \text{sen}^2\left(\pi \cdot \frac{t}{L}\right) \quad (11)$$

para aplicaciones de DSP (valores no negativos de  $t$ ). Como se muestra en la referencia [2] y es evidente a partir de

(11), la función de Hann es un caso especial de una clase de funciones seno con exponenciación:

$$w_a(t) = \text{sen}^a\left(\pi \cdot \frac{t}{L}\right), \quad a \geq 0. \quad (12)$$

5 En la práctica, los enteros positivos se asignan típicamente a a. Observe que (12) también puede escribirse como la suma de un desplazamiento y un coseno escalado:

$$w_{\text{Hann}}(t) = 0,5 - 0,5 \cos\left(2\pi \cdot \frac{t}{L}\right). \quad (13)$$

10 Esta formulación permite una optimización de espectro en particular de la ventana de Hann (véase el análisis a continuación con respecto a evaluación y optimización) cambiando el desplazamiento y el factor de escala. El resultado es la función de Hamming, cuya parametrización se da en la referencia [4] como

$$w_{\text{Hamming}}(t) = 0,53836 - 0,46164 \cos\left(2\pi \cdot \frac{t}{L}\right). \quad (14)$$

15 Según se señala por Nuttall (véase, por ejemplo, la referencia [4]), las ventanas de Hann y de Hamming son realizaciones de dos términos de una clase de funciones de (K+1)-términos que deberán referirse como las funciones de suma de cosenos. Al simplificar la notación de Nuttall, pueden escribirse como

$$w_b(t) = \sum_{k=0}^K (-1)^k b_k \cos\left(2k\pi \cdot \frac{t}{L}\right) \quad (15)$$

20 para uso en aplicaciones de DSP. Esto iguala a la ecuación 11 de la referencia [4] con 1/L escalar omitido. También son comunes las implementaciones de tres términos. Un caso simple es (15) con K=2 y factores

$$25 \quad b_0 = 0,375, \quad b_1 = 0,5, \quad b_2 = 0,125, \quad (16)$$

lo cual es equivalente a (12) con a=4. De manera similar al enfoque de Hamming, Blackman, (véase, por ejemplo, la referencia [1]) derivó la siguiente  $b_k$  optimizada:

$$30 \quad b_0 = 0,42, \quad b_1 = 0,5, \quad b_2 = 0,08. \quad (17)$$

Nuttall (véase, por ejemplo, la referencia [4]) perfeccionó aún más los valores de Blackman para una mejor respuesta espectral de campo cercano (primeros lóbulos laterales, véase el análisis a continuación con respecto a evaluación y optimización):

$$35 \quad b_0 = 0,40897, \quad b_1 = 0,5, \quad b_2 = 0,09103. \quad (18)$$

El lector interesado se invita a revisar la referencia [4] para otras ventanas optimizadas de suma de cosenos de 3 y de 4 términos. Una ventana alternativa se desvela en el párrafo [0093] del documento EP 1873753 A1.

40 En vista del análisis anterior, lo que se necesita es una función de ventana alternativa que tenga una complejidad computacional moderada, pero que proporcione una buena flexibilidad de diseño.

45 Por consiguiente, un objeto de la presente invención es crear un concepto para procesar las señales, que permita obtener una función de ventana con complejidad computacional moderada y buena flexibilidad de diseño.

**Sumario de la invención**

Una realización de acuerdo con la invención crea un procesador de señal para proporcionar una versión procesada de una señal de entrada dependiente de la señal de entrada, en la que la señal de entrada es una señal de audio o una señal de vídeo. El procesador de señal comprende un formador de ventanas configurado para hacer en  
 5 ventanas una porción de la señal de entrada, o de una versión pre-procesada de la misma, dependiente de una ventana de procesamiento de señal descrita por los valores de ventana de procesamiento de señal para una pluralidad de valores índice del valor de ventana, con objeto de obtener la versión procesada de la señal de entrada. El procesador de señal también comprende un proveedor de ventana para proporcionar los valores de ventana de procesamiento de señal para una pluralidad de valores índice del valor de ventana dependientes de uno o más  
 10 parámetros en forma de ventana. El proveedor de ventana se configura para evaluar una función seno para una pluralidad de valores de argumento asociados con los valores índice del valor de ventana, para obtener valores de ventana del procesamiento de señal. El proveedor de ventana se configura para calcular una suma ponderada de un término lineal, que es linealmente dependiente de los valores índice del valor de ventana y los valores de función de una o más funciones de conformación, cuya una o más funciones de conformación mapean los valores índice del  
 15 valor de ventana sobre valores de función correspondientes, y cuya una o más funciones de conformación son simétricas en puntos con respecto a un centro de una pendiente de ventana, para obtener los valores de argumento.

Las características de la ventana definidas por los valores de ventana de procesamiento de señal se ajustan modificando la ponderación de la una o más funciones de conformación dependientes del uno o más parámetros de  
 20 forma de ventana, de manera que pueden obtenerse ventanas de diferentes características.

Esta realización de acuerdo con la invención se basa en el hallazgo de que una formación de ventanas de una señal de entrada puede lograrse en una manera fácilmente ajustable determinando los valores de ventana del procesamiento de señal en la manera anteriormente descrita debido a una suma ponderada de un término lineal y  
 25 pueden llevarse a cabo una o más funciones de conformación con un muy bajo esfuerzo computacional. No obstante, también se ha encontrado que la simetría en puntos de la una o más funciones de conformación y la evaluación de una función seno para una pluralidad de valores de argumento trae consigo propiedades particularmente buenas de la ventana como, por ejemplo, buenas características de conservación de energía entre dos pendientes de ventana subsiguientes. Además es fácilmente posible ajustar las características de la ventana  
 30 definidas por los valores de ventana del procesamiento de señal modificando la ponderación de la una o más funciones de conformación dependientes del uno o más parámetros de forma de ventana, de tal manera que pueden obtenerse ventanas de diferentes características con un esfuerzo computacional comparativamente pequeño. Por ejemplo, el concepto definido en este punto permite obtener un gran número de formas de ventana diferentes, que tienen todas las buenas características mencionadas, variando la ponderación de la una o más funciones de  
 35 conformación.

Además debe observarse que usando el concepto anteriormente mencionado, un cálculo de ventanas que tiene diferentes características, que pueden ajustarse con muy elevada granularidad, no requiere cálculos particularmente  
 40 difíciles, sino meramente requiere la formación de una suma ponderada para obtener valores de argumento, y la evaluación de una función seno usando los valores de argumento.

Otra realización de acuerdo con la invención crea un procesador de señal para proporcionar una versión procesada de una señal de entrada dependiente de la señal de entrada, en la que la señal de entrada es una señal de audio o una señal de vídeo. El procesador de señal comprende un formador de ventanas configurado para hacer en  
 45 ventanas una porción de la señal de entrada, o de una versión pre-procesada de la misma, dependiente de una ventana de procesamiento de señal descrita por los valores de ventana de procesamiento de señal para una pluralidad de valores índice de valor de ventana, con objeto de obtener la versión procesada de la señal de entrada. Los valores de ventana del procesamiento de señal son valores de resultado de una evaluación de función de seno para una pluralidad de valores de argumento asociados con valores índice de valor de ventana, en el que los valores  
 50 de argumento son sumas ponderadas de un término lineal, que depende linealmente de los valores índice del valor de ventana, y valores de función de una o más funciones de conformación de tipo seno, cuyas una o más funciones de conformación de tipo seno mapean valores índice del valor de ventana sobre valores de función correspondientes y cuyas una o más funciones de conformación de tipo seno son simétricas por punto con respecto a un centro de una pendiente de ventana. Las características de la ventana definidas por los valores de ventana de procesamiento  
 55 de señal se ajustan modificando la ponderación de la una o más funciones de conformación dependientes del uno o más parámetros de forma de ventana, de manera que pueden obtenerse ventanas de diferentes características.

Esta realización de acuerdo con la invención se basa en las mismas ideas clave que la realización previamente analizada. También se ha encontrado que el uso de funciones de conformación de tipo seno trae consigo ventanas  
 60 de procesamiento de señal que tienen características particularmente buenas.

Esta realización de acuerdo con la invención se basa en las mismas ideas que las realizaciones anteriores.

Otra realización de acuerdo con la invención crea una señal de medios codificada. La señal de medios codificada

comprende una representación codificada de un contenido de medios y uno o más parámetros de forma de ventana. El uno o más parámetros de forma de ventana definen una forma de una ventana a aplicarse en una decodificación de la representación codificada del contenido de medios. El uno o más parámetros de forma de ventana describen pesos para calcular una suma ponderada de un término lineal, que es linealmente dependiente de un valor índice de valor de ventana y valores de función de una o más funciones de conformación, para obtener un valor de argumento para derivar valores de ventana del procesamiento de señal para una pluralidad de valores índice de valor de ventana evaluando una función seno para una pluralidad de valores de argumento. Las características de la ventana definidas por los valores de ventana de procesamiento de señal se ajustan modificando la ponderación de la una o más funciones de conformación dependientes del uno o más parámetros de forma de ventana, de manera que pueden obtenerse ventanas de diferentes características. Esta señal de medios codificados proporciona una elevada flexibilidad para la señalización de la formación de ventanas, debido a que es posible describir un gran número de tipos diferentes de ventanas, que pueden derivarse eficientemente por un decodificador, usando los parámetros de forma de ventana.

15 Otras realizaciones de acuerdo con la invención crean métodos de acuerdo con las reivindicaciones 25 y 26 y un programa de computadora de acuerdo con la reivindicación 27.

**Breve descripción de las figuras**

20 Las realizaciones de acuerdo con la invención se describirán posteriormente haciendo referencia a las figuras 1a a 16 anexas en las cuales:

Fig. 1a muestra un diagrama de bloques esquemático de un procesador de señal, de acuerdo con una realización de la invención;

25 Fig. 1b muestra un diagrama de bloques esquemático de un procesador de señal, de acuerdo con otra realización de la invención;

30 Fig. 2 muestra un diagrama de bloques esquemático de un procesador de señal, de acuerdo con otra realización de la invención;

Fig. 3 muestra un diagrama de bloques esquemático de un proveedor de ventana, de acuerdo con una realización de la invención;

35 Fig. 4 muestra una representación esquemática de una señal de medios codificada, de acuerdo con una realización de la invención;

Fig. 5 muestra una representación gráfica de respuestas de magnitud de frecuencia de las ventanas de Vorbis y AAC a una escala de ordenadas en dB;

40 Fig. 6 muestra una representación gráfica de las amplitudes de la función de ventana de KBD de AAC y una cierta instancia de la función inventiva;

45 Fig. 7 muestra una representación gráfica de la respuesta de magnitud de frecuencia de dicha instancia de la función de ventana inventiva en comparación con la de la ventana de KBD de AAC sobre una abscisa lineal y escala de ordenadas en dB;

50 Fig. 8 muestra una representación gráfica de la respuesta de magnitud de frecuencia de dicha instancia de la función de ventana inventiva en comparación con la de la ventana de KBD de AAC sobre una abscisa logarítmica y escala de ordenadas en dB;

55 Fig. 9 muestra una representación gráfica de las respuestas de magnitud de frecuencia de otras dos instancias de la función de ventana inventiva en comparación con aquellas de la KBD de AAC y las ventanas de Sinha-Ferreira de tercer orden;

Fig. 10 muestra, en un diagrama de bloques, el proceso de adaptación de señal para las funciones de ventana, inventivas y similares;

60 Fig. 11 muestra una representación gráfica de espectros de algunas funciones de seno con exponenciación de acuerdo con la ecuación (12);

Fig. 12 muestra una representación gráfica de espectros de funciones optimizadas de suma de cosenos de acuerdo con la ecuación (15);

Fig. 13 muestra una representación gráfica de las ventanas optimizadas de suma de senos, propuestas, de acuerdo con la ecuación (19);

Fig. 14 muestra una representación gráfica de espectros DFT de dos sinusoides con frecuencias de  $L_f=32$  y  $96,5$ , después de aplicar diferentes funciones de ventana; y

Fig. 15 muestra una representación gráfica de espectros de dos ventanas de PC y ventana propuesta.

Fig. 16 muestra una representación esquemática de una ventana.

## Descripción detallada de las realizaciones

### 1. Procesador de señal de acuerdo con la fig. 1a

La Fig. 1a muestra un diagrama de bloques esquemático de un procesador de señal 100 de acuerdo con una primera realización de la invención. El procesador de señal 100 se configura para recibir una señal de entrada 110 y proporcionar, en base a la misma, una versión procesada 112 de la señal de entrada. El procesador de señal 100 comprende un formador de ventana 120 configurado para hacer en ventanas una porción de la señal de entrada 110, o una versión pre-procesada 110' de la misma (la cual puede obtenerse mediante un pre-procesamiento opcional 111), dependiente de una ventana de procesamiento de señal descrito por los valores de ventana de procesamiento de señal 122 para una pluralidad de valores índice de valor de ventana  $n$ , con objeto de obtener la versión procesada 112 de la señal de entrada (o una versión 112' de la señal de entrada que experimenta post-procesamiento adicional en un post-procesador opcional 130).

Para este propósito, el formador de ventana 120 recibe los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$  a partir de un proveedor de ventana 130, que también es típicamente parte del procesador de señal 100. El proveedor de ventana 130 se configura para proporcionar los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$  para una pluralidad de valores índice de valor de ventana  $n$  dependientes de uno o más parámetros de forma de ventana 132. El proveedor de ventana se configura para evaluar una función seno para una pluralidad de valores de argumento  $c'(n)$  asociados con los valores índice de valor de ventana  $n$ , para obtener los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$ . El proveedor de ventana 130 también se configura para calcular una suma ponderada de un término lineal, por ejemplo, designado con  $c(n)$ , que es linealmente dependiente del valor índice de valor de ventana  $n$ , y valores de función de una o más funciones de conformación. La una o más funciones de conformación mapean valores índice de valor de ventana  $n$  sobre valores de función correspondientes. La una o más funciones de conformación son simétricas por puntos con respecto a un centro de una pendiente de ventana. Un cálculo de la suma ponderada se lleva a cabo para obtener los valores de argumento  $c'(n)$ .

Por consiguiente, el proveedor de ventana 130 proporciona valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$  que describen ventanas que tienen características particularmente buenas. La aplicación de una evaluación de función seno en el proveedor de ventana, con objeto de obtener el valor de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$ , permite obtener ventanas que tienen buenas características de conservación de energía para el caso en que se solapen dos pendientes de ventana correspondientes. Además, usando valores de argumento  $c'(n)$  para la evaluación de la función seno que no son una función lineal de los valores índice del valor de ventana (también designados brevemente como "valores índice"), sino en su lugar una superposición de un término lineal, que es linealmente dependiente de los valores índice y los valores de función de una o más funciones de conformación que no son lineales y son simétricas por puntos con respecto a un centro de una pendiente de ventana, es posible ajustar una forma de la ventana de procesamiento de señal descrita por los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$ .

Por ejemplo, es posible ajustar las contribuciones de las una o más funciones de conformación sobre los valores de argumento  $c'(n)$ , de tal manera que puedan obtenerse diferentes evoluciones de los valores de argumento (como una función del valor de índice  $n$ ) dependiendo del uno o más parámetros de forma de ventana 132. Por consiguiente, las características de la ventana de procesamiento de señal descritas por los valores de ventana de procesamiento de señal pueden ajustarse a las necesidades particulares dependientes del uno o más parámetros de forma de ventana 132. Además, se ha encontrado que la selección de una o más funciones de conformación, que son simétricas por puntos con respecto a un centro de una pendiente de ventana, ayuda a asegurar buena conservación de energía y características de compactación de la ventana de procesamiento de señal y también proporciona una oportunidad de reducir un esfuerzo computacional para calcular los valores de argumento.

Los detalles con respecto al cálculo de los valores de ventana de procesamiento de señal  $w_{nueva}(n)$ , que pueden tomar el lugar de los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$ , se describirán a continuación.

### 2. Procesador de señal de acuerdo con la Fig. 1b

La Fig. 1b muestra un diagrama de bloques esquemático de un procesador de señal 150, que es similar al procesador de señal 100. Por consiguiente, se designan medios y señales idénticos con números de referencia idénticos. Sin embargo, el procesador de señal 150 comprende un proveedor de ventana 180, que es diferente del proveedor de ventana 130. El proveedor de ventana 180 recibe uno o más parámetros de forma  $c_k'$  182 y proporciona, en base a los mismos, valores de ventana de procesamiento de señal  $w(t)$ , que se designan, por ejemplo, con  $w_c(t)$ . Debe observarse en este punto que la variable  $t$  es un valor índice de valor de ventana y también se designa brevemente como "valor índice".

El proveedor de ventana 180 se configura para proporcionar los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(t)$  para una pluralidad de valores índice de valor de ventana dependientes de uno o más parámetros de forma de ventana  $c_k$ . El proveedor de ventana 180 se configura para calcular una suma ponderada de valores de función de una pluralidad de funciones de conformación de tipo seno, que mapean valores índice del valor de ventana sobre valores de función correspondientes, para obtener los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(t)$ . La ponderación de los valores de función se determina por los parámetros de forma de ventana  $c_k$ .

Proporcionando los valores de ventana de procesamiento de señal utilizando el proveedor de ventana 180, pueden proporcionarse los valores de ventana de procesamiento de señal de tal manera que comprendan características suficientemente buenas en muchos casos. También es posible ajustar las características específicas usando el uno o más parámetros de forma de ventana  $c_k$ , de tal manera que puedan obtenerse diferentes ventanas de procesamiento de señal para una opción diferente de uno o más parámetros de forma de ventana.

Usando funciones de conformación de tipo seno y formando una suma ponderada de los valores de función de dichas funciones de ponderación de tipo seno, se obtienen las ventanas que tienen buenas características, según se analizará con mayor detalle a continuación.

Además, debe observarse que se analizarán a continuación los detalles con respecto al cálculo de los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(t)$ , que se proporcionan por el proveedor de ventana 180.

### 3. Procesador de señal de acuerdo con la Fig. 2

La Fig. 2 muestra un diagrama de bloques esquemático de un procesador de señal 200, de acuerdo con una realización de la invención. El procesador de señal 200 se configura para recibir una señal de entrada 210 y para proporcionar, en base a la misma, una versión procesada 212 de la señal de entrada.

El procesador de señal 200 comprende un formador de ventana 220 configurado para hacer en ventanas una porción de la señal de entrada 210, o una versión pre-procesada 210 de la misma, dependiente de una ventana de procesamiento de señal descrita por valores de ventana de procesamiento de señal para una pluralidad de valores índice de valor de ventana (designados brevemente como "valores índice"), con objeto de obtener la versión procesada 212 de la señal de entrada. El procesador de señal 200 puede comprender un pre-procesamiento opcional 211 y un post-procesamiento opcional 213.

Los valores de ventana de procesamiento de señal son valores de resultado de una evaluación de función seno para una pluralidad de valores de argumento asociados con valores índice de valor de ventana, en los que los valores de argumento son sumas ponderadas de un término lineal, que es linealmente dependiente de los valores índice de valores de ventana y valores de función de una o más funciones de conformación de tipo seno, cuyas una o más funciones de conformación de tipo seno mapean valores índice de valor de ventana sobre valores de función correspondientes. La una o más funciones de conformación de tipo seno son simétricas por puntos con respecto a un centro de una pendiente de ventana.

El formador de ventana 220 puede llevar a cabo, en consecuencia, una formación de ventana que es muy similar a la formación de ventana llevada a cabo por el formador de ventana 120. Por ejemplo, los valores de ventana de procesamiento de señal usados por el formador de ventana 220 pueden ser idénticos a los valores de ventana de procesamiento de señal usados por el formador de ventana 120. Los valores de ventana de procesamiento de señal usados por el formador de ventana 220 pueden almacenarse, por ejemplo, en una tabla de búsqueda o pueden obtenerse de otro modo.

En realizaciones alternativas, pueden utilizarse diferentes valores de ventana de procesamiento de señal. En una realización alternativa, los valores de ventana de procesamiento de señal son valores de resultado de una suma ponderada de valores de función de una pluralidad de funciones de conformación de tipo seno, que mapean valores índice de valor de ventana sobre valores de función correspondientes.

Para concluir, el formador de ventana 220 puede configurarse, por ejemplo, para aplicar una ventana descrita por valores de ventana de procesamiento de señal  $w_{nueva}(n)$  a la señal de entrada 210, o a la versión pre-procesada 211' de la misma. Sin embargo, como alternativa, el formador de ventana 220 puede aplicar los valores de ventana de

procesamiento de señal  $w_c(t)$  a la señal de entrada 210 o a la versión pre-procesada 210' de la misma.

Podrían describirse a continuación los detalles con respecto a las ventanas de procesamiento de señal aplicadas por el formador de ventana 220.

5

#### 4. Proveedor de ventana de acuerdo con la Fig. 3

La Fig. 3 muestra un diagrama de bloques esquemático de un proveedor de ventana 300 de acuerdo con una realización de la invención. El proveedor de ventana 300 se configura para recibir uno o más parámetros de forma de ventana 310, que son típicamente valores variables, y para proporcionar, en base a los mismos, un conjunto de valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$  312 para una pluralidad de valores índice de valor de ventana. El proveedor de ventana 300 se configura para evaluar una función seno para una pluralidad de valores de argumento asociados con los valores índice de valor de ventana, para obtener los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$ . El proveedor de ventana también se configura para calcular una suma ponderada de un término lineal, algunas veces designado con  $c(n)$ , que es linealmente dependiente de los valores índice de valor de ventana  $n$  y valores de función de una o más funciones de conformación. La una o más funciones de conformación mapean valores índice de valor de ventana  $n$  sobre valores de función correspondientes. La una o más funciones de conformación son simétricas por puntos con respecto a un centro de una pendiente de ventana.

10

15

20

Por consiguiente, el proveedor de ventana 300 cumple esencialmente la funcionalidad del proveedor de ventana 130. Sin embargo, debe observarse que el proveedor de ventana 300 puede ser un componente que es independiente del proveedor de ventana 130. Sin embargo, como alternativa, el proveedor de ventana 300 puede cumplir la funcionalidad del proveedor de ventana 180.

25

#### 5. Señal de medios codificada de acuerdo con la Fig. 4

En lo sucesivo, se describirá una señal de medios codificada. En la Fig. 4 se muestra una representación esquemática de una señal de medios codificada de este tipo. La señal de medios codificada 400 comprende una representación codificada de un contenido de medios y parámetros de forma de ventana. Los parámetros de forma de ventana se adaptan, por ejemplo, para servir como el uno o más parámetros de forma de ventana 132 para el proveedor de ventana 130 o para servir como el uno o más parámetros de forma de ventana 132 para el proveedor de ventana 180. Por consiguiente, los parámetros de forma de ventana en la señal de medios codificada 400 se seleccionan para producir valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$  o  $w(t)$  usando el proveedor de ventana 130 o el proveedor de ventana 180. También, la representación codificada del contenido de medios se codifica utilizando típicamente una formación de ventana de acuerdo con una ventana descrita por los parámetros de forma de ventana.

30

35

#### 6. Detalles con respecto a las ventanas proporcionadas por el proveedor de ventana 130 o usadas por el formador de ventana 220

40

##### 6.1 Vista general y definiciones

En lo sucesivo, se describirán algunos detalles con respecto a las ventanas proporcionadas por el proveedor de ventana 130, cuyas ventanas también pueden utilizarse por el formador de ventana 220. Debe observarse en este punto que las ventanas se definen mediante valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$ . Dichos valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$  se multiplican típicamente con la señal de entrada 110, o la versión pre-procesada 110' de la misma, para obtener una versión en ventanas de la señal de entrada, o de la versión pre-procesada 110' de la misma. Una ventana se describe típicamente por los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$ , en los que  $n$  es un valor índice (por ejemplo, un valor índice de tiempo) que designa los valores de ventana del procesador de señal.

45

50

Además, debe observarse que una ventana típicamente comprende una pendiente de ventana de lado izquierdo y una pendiente de ventana de lado derecho. Una ventana puede comprender además opcionalmente una porción central constante (o aproximadamente constante), de tal manera que un número de valores de ventana de procesamiento de señal central toman un valor predeterminado común. Sin embargo, debe observarse que una pendiente de ventana de lado izquierdo y una pendiente de ventana de lado derecho de una ventana pueden ser diferentes. Por consiguiente, debe señalarse que el siguiente análisis describe sustancialmente una forma de una sola pendiente de ventana, es decir, de una transición entre un pequeño valor de ventana (por ejemplo, un valor de ventana cero) y un valor de ventana grande (por ejemplo, un valor de ventana máximo de uno).

55

60

Tomando como referencia ahora la Fig. 16, que muestra una representación gráfica de una ventana, esta se explicará en más detalle en la representación gráfica de la Fig. 16, una abscisa 1610 describe el valor índice  $n$ , y una ordenada 1612 describe los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$  asociados con los valores índice  $n$ . Como puede observarse, la ventana 1600 comprende una porción de ventana de lado izquierdo 1620 y una porción

de ventana de lado derecho 1622. La porción de ventana de lado izquierdo comprende, como un elemento clave, una pendiente de ventana de lado izquierdo 1630. La pendiente de ventana de lado izquierdo 1630 se define, por ejemplo, por una pluralidad de valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$  para  $n=n_1$  hasta  $n=n_2$ . La porción de ventana de lado izquierdo 1620 puede comprender también, opcionalmente, una porción externa de lado izquierdo, para la cual los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$  toman un valor pequeño de, por ejemplo,  $w(n)=0$ . La porción de ventana de lado izquierdo opcionalmente comprende también una parte de una porción de ventana central, para la cual los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$  toman un valor predeterminado de, por ejemplo,  $w(n)=1$ . La ventana 1600 comprende una porción de ventana de lado derecho 1622, que comprende, como un elemento clave, una pendiente de ventana de lado derecho 1640. La porción de ventana de lado derecho puede comprender opcionalmente una parte de una porción de ventana central, para la cual los valores de ventana de procesamiento de señal toman un valor predeterminado de, por ejemplo,  $w(n)=1$ . La porción de ventana de lado derecho también puede comprender, opcionalmente, una porción externa de lado derecho, para la cual los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$  toman un valor pequeño de, por ejemplo,  $w(n)=0$ .

Debe observarse que la porción externa de lado izquierdo, la porción de ventana central y la porción de ventana externa de lado derecho deben considerarse como opcionales. También debe observarse que la ventana 1600 puede ser simétrica o asimétrica. Por lo tanto, la pendiente de ventana de lado izquierdo 1630 y la pendiente de ventana de lado derecho 1640 pueden ser iguales o pueden ser significativamente diferentes en algunas realizaciones.

Debe observarse en este punto que el siguiente análisis se refiere sustancialmente a la pendiente de ventana de lado izquierdo 1630, es decir, a una transición entre valores de ventana pequeños o cero y un valor de ventana grande o máximo. Sin embargo, debe observarse que una ventana general 1600 puede obtenerse del conocimiento de la pendiente de ventana de lado izquierdo 1630 al añadir opcionalmente una porción externa de lado izquierdo y al añadir opcionalmente una porción de ventana central y al añadir una pendiente de ventana de lado derecho y al añadir opcionalmente una porción externa de lado derecho. Debe observarse también que la pendiente de ventana de lado derecho 1640 puede obtenerse del mismo modo que una pendiente de ventana de lado izquierdo usando un simple proceso de reflejo, tal como el de la ecuación (3).

También debe observarse que de acuerdo con el siguiente análisis, la pendiente de ventana de lado izquierdo debe describirse por valores  $w(n)$  para  $n=0$  hasta  $n=N/2-1$ . Sin embargo, un uso de los diferentes valores índice es naturalmente posible.

### 6.2 Detalles de la ventana $w_{nueva}(n)$

Las realizaciones de acuerdo a la invención se dirigen a la falta de funciones de ventana computacionalmente eficientes y flexibles para aplicaciones de MDCT declarando una extensión hacia las funciones de ventana de seno de la ecuación (4).

Observe que la ecuación (4) puede considerarse como el seno de una función de ventana triangular simétrica aproximadamente a  $n=N/2-1/2$ . Dada la ecuación (3), esto implica

$$c(n) = (n+1/2) \cdot 2/N, \quad (6)$$

$$w_{sen}(n) = \text{sen}(\pi/2 \cdot c(n)), \quad n = 0, 1, \dots, N/2-1, \quad (7)$$

donde  $c(n)$  denota la función de núcleo de ventana, que puede calcularse por adelantado ya que se encuentra predeterminada. La extensión propuesta es añadir a  $c(n)$  en la ecuación (7) sinusoides ponderadas que tienen frecuencias angulares que son múltiplos enteros de  $2\pi$ :

$$c'(n) = c(n) + \sum a_f \cdot \text{sen}(2\pi \cdot f \cdot c(n)), \quad f = 1, 2, \dots, \quad (8)$$

$$w_{nueva}(n) = \text{sen}(\pi/2 \cdot c'(n)), \quad n = 0, 1, \dots, N/2-1. \quad (9)$$

Los términos seno en  $c'(n)$  también pueden calcularse por adelantado. Solo necesita adaptarse su ponderación, según se especifica por los factores  $a_f$ . Por lo tanto, cuando se ajusta la ventana propuesta a una señal sobre una base de transformación-por-transformación, solo la ecuación (9) y la ponderación en la ecuación (8) tienen que recalcularse, haciendo la adaptación computacionalmente menos compleja que la de las ventanas de Sinha-Ferreira y KBD.

Además, es importante mencionar que, debido a los términos seno en las ecuaciones (8) y (9), cada realización de la clase propuesta de funciones de ventana se atenúa completamente hasta cero en sus puntos terminales, lo cual

asegura una atenuación de nivel de lóbulo lateral de al menos 12 dB por octava en la respuesta de frecuencia de la ventana. Este no es el caso con la ventana de KBD y las ventanas publicadas en el artículo de Princen y Bradley, "Diseño de banco de filtro de análisis/síntesis en base a cancelación de solapamiento de dominio de tiempo", IEEE Trans. Acoustics, Speech and Signal Processing, Octubre de 1986, págs. 1153-1161 y en el artículo de Ferreira, "Efectos convolucionales en codificación de transformación con TDAC: una ventana óptima", IEEE Trans. Speech and Audio Processing, Marzo de 1996, págs. 104-114, cuyos lóbulos laterales de frecuencia lejana se atenúan por consiguiente hasta menos de 12 dB por octava. Para amplitudes de lóbulo principal iguales, esto significa que una ventana de acuerdo con las ecuaciones (8) y (9) potencialmente mejora las ventanas de la técnica anterior en términos de atenuación de lóbulo lateral de frecuencia lejana.

El cálculo o adaptación de una ventana de acuerdo con la presente invención comprende las siguientes etapas:

- Seleccionar el número de términos seno en  $c'(n)$  y los factores de ponderación adecuados en base a consideraciones de diseño.
- Determinar o definir la longitud de ventana  $N$  y calcular  $c'(n)$  con la  $a_f$  seleccionada y el número de términos seno.
- Calcular  $w_{nueva}(n)$  de la ecuación (9) para  $n = 0, 1, \dots, N/2-1$ , empleando entonces la ecuación (3) para obtener una instancia de ventana de longitud- $N$ .
- Si se utiliza una parametrización de ventana diferente para el segmento adyacente, precedente, satisfacer cualquier restricción de inversión perfecta ya sea mediante corrección de la mitad derecha de la instancia de ventana precedente o mediante corrección de la mitad izquierda de la instancia de ventana actual, o mediante corrección de ambas mitades, derecha de la instancia precedente e izquierda de la instancia actual.

En una realización preferida, la función de ventana es comparable con las ventanas de seno y Vorbis con respecto a complejidad computacional, excepto que proporciona al menos la flexibilidad de diseño de la ventana de KBD y Sinha-Ferreira.

Con respecto a lo anterior, debe observarse que los valores de  $c'(n)$  pueden considerarse como valores de argumento asociados con los valores índice de valor de ventana  $n$ . También, debe observarse que las funciones  $\text{sen}(2\pi \cdot f \cdot c(n))$  pueden considerarse como funciones de conformación.

También debe observarse que no es necesario utilizar funciones seno como las funciones de conformación. Más bien, puede ser suficiente seleccionar las funciones de conformación de tal manera que las funciones de conformación sean simétricas por puntos con respecto a un centro de una pendiente de ventana. El centro de la pendiente de ventana se define, por ejemplo, por un valor del término lineal  $c(n)=0.5$ . Por ejemplo, las funciones polinomiales simétricas por puntos pueden utilizarse en lugar de las funciones seno, lo cual puede facilitar la evaluación en algunos casos. También, las funciones de conformación deben tomar preferentemente un valor que sea lo suficientemente cercano a cero para  $c(n)=0$  y  $c(n)=1$ , es decir, en un entorno de un valor índice de ventana en el extremo izquierdo de la pendiente de ventana y en un entorno del valor índice de valor de ventana en el extremo derecho de la pendiente de ventana. En otras palabras, las funciones de conformación deben tener ceros, o deben tomar aproximadamente valores de cero, en los entornos (o inmediaciones) del valor índice de valor de ventana en el extremo izquierdo (por ejemplo,  $n=0$ ) y el valor índice de valor de ventana en el extremo derecho (por ejemplo,  $n=N/2-1$ ).

Además, debe observarse que las ecuaciones (6) y (7) pueden evaluarse, por ejemplo, mediante el cálculo de valor de argumento del proveedor de ventana 130 y que la ecuación (9) puede evaluarse mediante la evaluación de función seno del proveedor de ventana 130. Por consiguiente, los valores  $w_{nueva}(n)$  obtenidos por la evaluación de la función seno del proveedor de ventana 130 para  $n=0$  hasta  $n=N/2-1$  pueden describir, por ejemplo, una pendiente de ventana de lado izquierdo 1630.

El proveedor de ventana 130 puede configurarse, en consecuencia, para ensamblar una ventana entera 1610 en base a dichos valores de ventana de procesamiento de señal, asociados con una pendiente de ventana de lado izquierdo. Para este propósito, el proveedor de ventana puede añadir una porción externa de lado izquierdo, una porción de ventana central, una pendiente de ventana de lado derecho y una porción externa de lado derecho, como se muestra en la Fig. 16. La pendiente de ventana de lado derecho puede obtenerse mediante elaboración de un reflejo de la pendiente de ventana de lado izquierdo para el caso de una ventana simétrica. Sin embargo, como alternativa, la pendiente de ventana de lado derecho puede ser diferente de la pendiente de ventana de lado izquierdo y puede obtenerse mediante una elaboración de un reflejo de una pendiente de ventana, obtenido para parámetros de forma de ventana diferentes a los de la pendiente de ventana de lado izquierdo.

También debe observarse que puede asegurarse por el procesador de señal que una pendiente de transición de lado derecho, asociada con una porción precedente de la señal de entrada y una pendiente de transición de lado

izquierdo, asociada con una porción posterior de la señal de entrada, se igualan ya que se satisfacen las restricciones de inversión perfecta. Para este propósito, puede asegurarse que la pendiente de ventana de lado izquierdo asociada con la porción posterior de la señal de entrada se obtenga utilizando los mismos parámetros que se han aplicado a la obtención de la pendiente de ventana de lado derecho, asociada con la porción precedente de la señal de entrada.

Además, debe observarse que el algoritmo definido por las ecuaciones (6), (8) y (9) es muy adecuado para un cálculo en línea de las funciones de ventana en un aparato que tiene potencia computacional limitada.

No obstante, las ventanas según se definen por las ecuaciones (6), (8) y (9) pueden evaluarse una vez y los resultados de las mismas pueden almacenarse en una tabla de búsqueda para uso posterior en algunas realizaciones.

### 6.3 Comentarios sobre el diseño de ventana

En lo sucesivo, se analizarán algunas condiciones que dan como resultado ventanas que tienen características particularmente buenas. No obstante, debe observarse que la obediencia de las condiciones analizadas en lo sucesivo no debe considerarse esencial.

Como se mencionó en el análisis de la sección de Antecedentes, los codificadores de señal que emplean la MDCT necesitan imponer ciertas condiciones sobre la función de ventana aplicada a la señal con objeto de permitir que el sistema entero sea completamente invertible, es decir, ofrecen reconstrucción de entrada perfecta, cuando no se llevan a cabo manipulaciones de señal. Las funciones conforme a la ecuación (2), también conocidas como funciones complementarias de potencia, representan una categoría adecuada.

Todas las realizaciones de la presente clase de ventana pertenecen a esta categoría. Sin embargo, puede mostrarse que las realizaciones con  $c'(n)$  no negativos para toda  $n$  desplegada,

$$c'(n) \geq 0, \quad n = 0, 1, \dots, N/2-1, \quad (10)$$

producen selectividad de banda de paso particularmente buena y rechazo de banda eliminada de manera simultánea. Por consiguiente, el siguiente análisis se centrará en este subconjunto de la clase de ventana. En algunos casos, solo las realizaciones con  $c'(n)$  no negativo para toda  $n$  desplegada producen selectividad de banda de paso satisfactoria y rechazo de banda eliminada de manera simultánea.

Aunque en general es posible usar un número arbitrario de términos seno en la ecuación (8) para diseñar respuestas de frecuencia de ventana adaptadas al caso de uso dado, se descubrió que dos términos seno ( $f = 1, 2$ ) proporcionan una relación adecuada entre flexibilidad, complejidad y uso de memoria. En particular, usando dos términos seno, pueden derivarse parámetros que

- minimizan la amplitud del lóbulo principal, es decir, maximizan la selectividad de frecuencia cercana,
- minimizan el nivel máximo de lóbulo lateral por encima de una cierta frecuencia normalizada,
- maximizan la tasa de atenuación del lóbulo lateral, es decir, la atenuación de banda eliminada de frecuencia lejana,
- minimizan la diferencia máxima en una instancia de ventana de referencia existente

de una instancia de ventana. Cada una de estas consideraciones de diseño se examinará a continuación con la ayuda de ejemplos específicos.

#### 6.3.1 Ventanas con máxima selectividad de banda de paso

Aunque la condición de complementariedad de potencia de la ecuación (2) limita el rango de respuestas de frecuencia que pueden lograrse, especialmente con respecto a la amplitud y nivel de unos cuantos primeros lóbulos laterales, la función de ventana que conduce al lóbulo principal más estrecho puede obtenerse establecido todos los factores  $a_f$  en  $c'(n)$  a cero. La ventana resultante, como es fácilmente evidente, iguala la ventana seno de AAC de la ecuación (4). Su espectro se ilustra en la Fig. 5 junto con aquellos de las ventanas de Vorbis y KBD ( $\alpha = 4$ ).

Sin embargo, en resumen, debe observarse que preferentemente al menos uno de los parámetros de forma de ventana  $a_f$  debe fijarse en valor diferente de cero. No obstante, la estructura anteriormente descrita del proveedor de ventana 113 da la flexibilidad para obtener incluso la ventana de seno AAC sin señal específica alguna al establecer meramente los parámetros de forma de ventana  $a_f$ .

#### 6.3.2 Ventanas con máximo lóbulo lateral mínimo

Las configuraciones de la ecuación (9) que minimizan el máximo nivel de lóbulo lateral pueden adquirirse optimizando conjuntamente los parámetros  $a_r$ , ya sea mediante métodos de búsqueda exhaustivos o basados en gradientes. Sin embargo, respecto a la ecuación (2), es recomendable definir un límite de frecuencia inferior  $N_{\omega 0} > 1,5$  por encima del cual se lleva a cabo la optimización minimax. Se encontró que un valor de  $N_{\omega 0} = 4,5$  produce los parámetros  $a_1=0,1224$  y  $a_2=0,00523$ . La función de ventana así configurada se muestra en la Fig. 6. La similitud con la función de ventana de KBD de AAC, que también se ilustra, es evidente. Los espectros de ventana correspondientes se muestran en la Fig. 7. Es importante observar que el nivel inferior de los primeros dos lóbulos laterales de la ventana inventiva cuando se comparan con la ventana de KBD, así como también la reducción en el nivel de lóbulo lateral máximo por encima de  $N_{\omega 0} \approx 5$  (los primeros tres lóbulos laterales de la ventana propuesta por encima de esta frecuencia tienen un nivel de -66,8 dB, mientras que la ventana de KBD alcanza un nivel algo superior de -63,0 dB).

Debido al uso de términos seno en  $c'(n)$ , cada realización de la presente clase de ventana es continua y por lo tanto garantiza una atenuación uniforme hasta cero en sus puntos terminales. Esta ventaja se ilustra en la Fig. 8. Como puede observarse, los lóbulos laterales de la ventana previamente derivada caen a una tasa de 12 dB por octava. En contraste, la ventana de KBD muestra una menor tasa de caída, siendo la razón ligeras discontinuidades en los puntos terminales de la función de ponderación de KBD. Como resultado, la ventana propuesta logra mayor rechazo que la ventana de KBD por encima de  $N_{\omega} \approx 250$  aún cuando se mejora por la última entre  $N_{\omega 0} \approx 250$  y  $N_{\omega 0} \approx 7$ . En algunas aplicaciones de análisis o síntesis, esta característica puede ser beneficiosa.

### 6.3.3 Ventanas con máxima atenuación de lóbulo lateral

En ciertos casos, podría ser deseable utilizar ventanas cuyos lóbulos laterales se atenúen a tasas mayores de 12 dB por octava. La presente invención permite la construcción de, por ejemplo, una ventana que cae a 24 dB por octava. Esto se logra requiriendo un primer diferencial continuo de la función de ponderación, es decir, un diferencial de anulación en los límites de la instancia de ventana. La solución más intuitiva a este problema es la configuración  $a_1=0,1591$ ,  $a_2=0$ . La respuesta de ventana resultante se ilustra en la Fig. 9 junto con otras tres respuestas que se analizan en lo sucesivo.

### 6.3.4 Ventanas que se aproximan a ventanas de referencia

Para completar esta demostración de la flexibilidad de la clase de ventana propuesta, se hace un intento para crear dos realizaciones de ventana que asemejan estrechamente a dos ventanas existentes. Debido a su diversidad, las funciones de KBD ( $\alpha = 4$ ) y de Sinha-Ferreira de 3<sup>er</sup> orden se seleccionan como referencias. La reconstrucción a través de  $c'(n)$  y la ecuación (9) se enfoca en un sentido de mínimos cuadrados, es decir, minimizando la diferencia cuadrada entre referencia y aproximación (observe que también son posibles otros métodos). La Fig. 9 muestra el resultado. Puede observarse que las ventanas inventivas son casi idénticas a sus contrapartes de la técnica anterior y que las principales diferencias ocurren solo a niveles muy bajos. En entornos críticos de complejidad o de memoria, las ventanas de referencia podrían sustituirse, por consiguiente, por un dispositivo que use la presente clase de ventana mientras mantiene un alto grado de compatibilidad hacia atrás y, si es aplicable, la posibilidad de reconstrucción casi-perfecta.

## 7. Implementación en un sistema de señal adaptativa

Una ventaja adicional de la clase de ventana presentada surge cuando un sistema procesa segmentos de señal de diferentes longitudes, relacionándose las longitudes por potencias enteras de 2. En AAC, por ejemplo, este procedimiento, que también se conoce como conmutación de bloque, se realiza aplicando la MDCT ya sea una vez en 2048 (1920) u 8 veces en 256 (240) muestras por trama. En este punto, los subconjuntos de los términos individuales en la ecuación (8), por ejemplo,  $n = 0, 1, \dots, N/8-1$ , pueden re-utilizarse como funciones de núcleo para las ventanas de menor longitud o, en caso de los términos seno, incluso como las mismas funciones de ventana. Si una flexibilidad de diseño reducido para las ventanas de baja longitud es aceptable, esto puede aprovecharse para reducir aún más la capacidad de memoria requerida para almacenar las funciones de núcleo.

## 8. Aplicaciones adicionales de la invención

Las funciones de ventana complementaria de potencia tales como las informadas en el presente documento pueden ser bastante atractivas para varios escenarios de aplicación diferentes de la codificación de audio o de vídeo. Como se observó en el documento citado en el párrafo 6 de la sección de Antecedentes, las ventanas complementarias de potencia pueden emplearse en sistemas de conmutación o desvanecimiento cruzado de conservación de energía instantánea, así como también en dispositivos de análisis y procesamiento de señal que operan en una base de bloque-por-bloque con superposición entre bloques sucesivos. Hablando de manera más general, cualquier aparato que lleva a cabo labores de filtración sobre una señal de una o más dimensiones, puede usar las ventanas del presente informe en la construcción de su núcleo o núcleos de filtración, incluyendo, pero sin limitación,

- filtros de paso alto (diferenciación), paso bajo (integración) y paso banda,
- muestreadores descendentes (filtros de decimación) y muestreadores ascendentes (filtros de interpolación),
- ecualizadores de múltiple banda o de banda única, compresores, expansores y limitadores,
- algoritmos para reducción de ruido y mejora relacionada o herramientas de efectos.

5 Adoptando en tales sistemas la función de ventana inventiva presentada en el presente documento y adaptando sus características espectrales a requisitos de aplicación, preferentemente en una forma que se adapte a un segmento de señal, se espera que puedan lograrse incrementos en el rendimiento perceptual.

10 9. Codificador de señal de medios y decodificador de señal de medios de acuerdo con la Fig. 10

Las Fig. 10 muestra un diagrama de bloques esquemático de un codificador de señal de medios y de un decodificador de señal de medios. El codificador de señal de medios 1010 se configura para recibir una o más señales de canal  $s_1(n)$  a  $s_M(n)$  y para proporcionar, en base a las mismas, una representación codificada. La representación codificada de las señales de medios de entrada puede tomar la forma de coeficientes de MDCT  $S_1(k)$  a  $S_M(k)$ , o puede ser una representación codificada de tales coeficientes de MDCT. El codificador de señal 1010 comprende, por ejemplo, una pluralidad de trayectorias de señal idénticas 1012a-1012m, que pueden operar de manera independiente o que pueden acoplarse. Además, el codificador de señal 1010 también comprende un cálculo de parámetro de codificación 602, que determina uno o más de los parámetros de codificación como, por ejemplo, una longitud de bloque, un parámetro de conformación de ruido temporal (TNS), un parámetro de compensación de ganancia de sub-banda, una información de configuración y/o una información de modelo psicoacústico. En lo sucesivo, se analizará una trayectoria o ramificación 1012a, pero el análisis anterior también es aplicable a ramificaciones adicionales como, por ejemplo, la ramificación 1012m.

25 La ramificación 1012a comprende una detección de ventana 603, que recibe la señal de entrada  $s_1(n)$  del canal respectivo e información desde el determinador de parámetro de codificación 602. La detección de ventana 603 puede proporcionar, por ejemplo, una información de forma de ventana 603a, que describe una forma de una ventana deseada.

30 La información de forma de ventana puede determinarse, por ejemplo, a partir de la entrada al detector de ventana 603 de tal manera que se optimice o mejore el rendimiento objetivo (ganancia de codificación, selectividad de frecuencia o compactación de energía, compresión de datos, cantidad de solapamiento introducida) o rendimiento subjetivo (calidad perceptual de la salida codificada después de la transmisión y codificación libre de errores o errónea) del codificador 1010.

35 La ramificación 1012a también comprende una sincronización de ventana 604, que debiera considerarse como opcional y que puede combinar la información de forma de ventana proporcionada por la detección de ventana 603 de la presente ramificación 1012a con la información de forma de ventana proporcionada por detectores de ventana de diferentes ramificaciones. Por consiguiente, una información de forma de ventana sincronizada 604a puede proporcionarse opcionalmente por la sincronización de ventana 604. La trayectoria de señal 1012a también comprende una aplicación de reconstrucción perfecta 605, que se configura para recibir la información de forma de ventana 603a, o la información de forma de ventana sincronizada 604a, y para proporcionar, en base a lo mismo, una información de forma de ventana adaptada 605a. Por ejemplo, la aplicación de reconstrucción perfecta 605 puede asegurar que una pendiente de transición de lado derecho (también designada como pendiente de ventana) de una ventana asociada con una porción previa de la señal de entrada, sea una versión reflejada de una pendiente de ventana de una ventana asociada con una porción posterior de la señal de entrada. Por ejemplo, puede asegurarse que las pendientes de ventana de las ventanas asociadas con las porciones posteriores de una señal de entrada se definan por parámetros de forma de ventana idénticos. La trayectoria de señal 1012a también comprende un cálculo de ventana 606 que se configura para proporcionar valores de ventana de procesamiento de señal  $w_1(n)$  a un formador de ventana 1014. El formador de ventana 1014 se configura para multiplicar muestras de la señal de entrada  $s_1(n)$  con los valores de ventana de procesamiento de señal correspondientes  $w_1(n)$ , para obtener valores de señal en ventanas  $s_1'(n)$ , que se introducen en un transformador de coseno discreta modificada 607, para obtener los coeficientes de MDCT  $S_1(k)$ .

55 Debe observarse en este punto que el calculador de ventana 606 puede tomar el control de la funcionalidad del proveedor de ventana 130 o del proveedor de ventana 180, de tal manera que los valores de ventana de procesamiento de señal  $w_1(n)$  sean equivalentes a los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$  o a los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(t)$ . También, el formador de ventana 1014 puede tomar la funcionalidad del formador de ventana 120.

60 Por consiguiente, el codificador 1010 se configura para aplicar una pluralidad de diferentes ventanas para la formación de ventana de la señal de entrada  $s_1(n)$  dependiente de los parámetros de forma de ventana adaptados 605a, en los que el cálculo de ventana 606 proporciona valores de ventana de procesamiento de señal.

El codificador 1010 puede comprender opcionalmente etapas adicionales de codificación para codificar eficientemente los valores espectrales  $S_1(k)$  a  $S_M(k)$  proporcionados por la transformación de MDCT 607.

El decodificador de señal 1020 se configura para recibir valores espectrales decodificados  $Q_1(k)$  a  $Q_M(k)$ . Los valores espectrales decodificados  $Q_1(k)$  a  $Q_M(k)$  pueden extraerse de una corriente de bits, que puede proporcionarse por el codificador 1010 codificando los valores espectrales  $S_1(k)$  a  $S_M(k)$ . En otras palabras, los coeficientes espectrales  $Q_1(k)$  a  $Q_M(k)$  pueden ser idénticos, excepto por errores de cuantificación, a los valores espectrales  $S_1(k)$  a  $S_M(k)$ . En este punto,  $k$  es un índice de frecuencia y  $M \geq 1$  designa un número de canales (en el que se proporciona una ramificación por canal).

El decodificador 1020 también se configura para recibir valores de longitud de ventana  $N_1$  a  $N_M$  (que toman la función de la variable  $N$  como se ha descrito anteriormente) y uno o más parámetros de forma de ventana  $a_1$  a  $a_M$  (por ejemplo, uno por ramificación o canal). El decodificador 1020 comprende un transformador de coseno discreta modificada inversa 608 que se configura para recibir los coeficientes espectrales  $Q_1(k)$  a  $Q_M(k)$  y para proporcionar, en base a los mismos, señales inversamente transformadas  $q_1(n)$  a  $q_M(n)$ . El decodificador 1020 también comprende una selección de ventana 609, que opera en combinación con una aplicación de reconstrucción perfecta 605 para derivar parámetros de forma de ventana adaptados 605a a partir de los parámetros de forma de ventana de entrada  $a_1$  a  $a_M$ , en los que los parámetros de forma de ventana de entrada  $a_1$  a  $a_M$  pueden extraerse o derivarse de una corriente de bits que representa un contenido de medios. Por ejemplo, tanto los parámetros de forma de ventana de entrada  $a_1$  a  $a_M$  como los valores espectrales  $Q_1(k)$  a  $Q_M(k)$  pueden representarse en la señal de medios codificada.

El decodificador 1020 comprende además un cálculo de ventana 606, que recibe el parámetro de forma de ventana adaptada 605a (o, como alternativa, los parámetros de forma de ventana de entrada  $a_1$  a  $a_M$ ) y proporciona, en base al mismo, los valores de ventana de procesamiento de señal  $w_1(n)$  a  $w_M(n)$ . El cálculo de ventana 606 puede llevar a cabo la funcionalidad del proveedor de ventana 130 o del proveedor de ventana 180, en los que los parámetros de forma de ventana adaptada 605a pueden corresponder al uno o más parámetros de forma de ventana 132 o al uno o más parámetros de forma de ventana 182. De manera similar, los valores de ventana de procesamiento de señal  $w_1(n)$  a  $w_M(n)$  pueden ser equivalentes a los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$  o a los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(t)$ .

Por consiguiente, el cálculo de ventana 606 puede proporcionar ventanas de diferentes formas de acuerdo con los parámetros de forma de ventana adaptada 605a o los parámetros de forma de ventana de entrada  $a_1$  a  $a_M$ .

El valor de ventana de procesamiento de señal  $w_1(n)$  a  $w_M(n)$  proporcionado por el cálculo de ventana 606 del decodificador 1020 puede aplicarse, por ejemplo, por una operación de multiplicación 1024, a las señales inversamente transformadas  $q_1(n)$  a  $q_M(n)$  proporcionadas por la transformación de coseno discreta modificada inversa 608 para obtener una versión en ventanas  $q_1'(n)$  a  $q_M'(n)$  de los valores  $q_1(n)$  a  $q_M(n)$ .

El decodificador 1020 comprende además una superposición-y-adición 610, que se configura para recibir porciones de ventana posteriores  $q_1'(n)$  a  $q_M'(n)$  de las señales inversamente transformadas  $q_1(n)$  a  $q_M(n)$  y superponer-y-añadirles a dichas porciones posteriores, para obtener señales reconstruidas  $y_1(n)$  a  $y_M(n)$ . La superposición-y-adición 610 se coordina preferentemente con la formación de ventana 1024 de tal manera que las porciones de señal en ventanas  $q_1'(n)$  a  $q_M'(n)$  que se superponen por la superposición-y-adición 610 se hacen en ventanas con ventanas "complementarias", de tal manera que una pendiente de ventana de lado derecho de una primera ventana se superpone con una pendiente en ventanas de lado izquierdo de una ventana posterior, en la que las pendientes de ventana superpuestas comprenden la conservación de energía y/o las características de reconstrucción perfecta anteriormente analizadas.

Por lo tanto, el codificador 1010 y el decodificador 1020 pueden codificar y decodificar señales de medios como, por ejemplo, señales de audio, señales de voz, señales de vídeo, señales de imagen, etc.

Para concluir, las realizaciones anteriores de acuerdo con las presentes invenciones pueden implementarse en software y tanto en chips de hardware como en procesadores de señales digitales (DSP) para diversas clases de sistemas y almacenamiento análogo o digital o transmisión de señales.

Para resumir, la Fig. 10 ilustra cómo puede utilizarse la técnica de formación de ventana propuesta en un codificador-decodificador de audio como AAC que se adapta a un tipo diferente de codificador de señal o decodificador de señal. Las funciones de núcleo de ventana 601 para la construcción de  $c'(n)$  se almacenan en la memoria junto con una definición de configuraciones de parámetros disponibles. Estos datos se comparten por codificador y decodificador. El codificador, mostrado en la Fig. 10a), de referencia numérica 1010, segmenta para cada trama los  $M$  canales de entrada, y para cada uno de los  $M$  segmentos  $s(n)$ , datos de un modelo psicoacústico espectro-temporal 602 se analizan en un detector de ventana y selector 603 para determinar una forma de ventana adecuada y si es aplicable, longitud y número. Se selecciona una ventana adecuada en base a criterios tales como selectividad de frecuencia (compactación de energía) o baja superposición de trama (reducción de solapamiento

cuando se utiliza TNS o compensación de ganancia de sub-banda (SB)).

En otras palabras, el codificador 1010 (o cualquier otro procesador de señal) puede configurarse para determinar, variar o ajustar uno o más de los parámetros de forma de ventana  $a_r$  en una forma de señal adaptativa de tal manera que se optimice o mejore un rendimiento objetivo o un rendimiento subjetivo del procesador de señal. Por consiguiente, el uno o más parámetros de forma de ventana puede determinarse, variarse o ajustarse en una forma de señal de entrada adaptativa de tal manera que se optimice o mejore el rendimiento objetivo (es decir, numérico) o subjetivo (es decir, perceptual) del procesador de señal (por ejemplo, el codificador de audio 1010).

Después de la coincidencia opcional de los parámetros de forma de ventana de los canales a través de la unidad de sincronización 604, se asegura que se lleve a cabo la reconstrucción perfecta (PR) de las transformaciones usando las funciones de ventana seleccionadas, en una unidad de aplicación de PR 605 ajustando los parámetros para la superposición de mitades de ventana de la trama actual y previa. En base a los parámetros de forma de ventana modificados, usando las ecuaciones (8) y (9), los coeficientes de ventana reales se calculan 606 y se multiplican con el segmento de audio respectivo, formando un segmento en ventana  $s'(n)$  que se transforma finalmente en dominio de frecuencia por medio de una MDCT 607 para posterior cuantificación, codificación y transmisión. En el decodificador mostrado en la Fig. 10b), en la referencia numérica 1020, los parámetros de forma de ventana recibidos para cada trama y canal se decodifican y reenvían a un selector de ventana 609, que los mapea a la configuración de ventana correspondiente para uso después de la MDCT inversa 608 del espectro descuantificado  $Q(k)$ . Después de hacer cumplir PR de las secuencias de ventana y calcular los coeficientes de ventana análogos al codificador, los segmentos de salida  $q(n)$  que resultan de las MDCT inversas, se hacen ventanas  $y$ , por medio de superposición-adición 610, se reconstruyen las formas de onda de canal individual  $y(n)$ .

## 10. Cálculo alternativo de ventana

### 10.1. Vista general sobre el cálculo de una función de ventana de una clase de ventana alternativa

En lo sucesivo, se describirá una clase alternativa de funciones de ventana, que pueden usarse por un proveedor de ventana (por ejemplo, por el proveedor de ventana 180 o por el proveedor de ventana 300 o por el cálculo de ventana 606) para proporcionar valores de ventana de procesamiento de señal.

En otras palabras, en lo sucesivo, se darán los detalles con respecto a la definición de una clase alternativa de ventanas, que se basan en una modificación sustancial de algunas de las ecuaciones anteriores.

En una de las secciones precedentes, se observó que la ecuación (12) con  $a = 2$ , es decir,  $w_2(t)$ , es equivalente a la ecuación (15) con  $K = 1$ ,  $b_0 = 0,5$ ,  $b_1 = 0,5$ . Además, se estableció la equivalencia entre  $w_4(t)$  y (15) con  $K = 2$  y  $b_k$  de (16). Se ha investigado en cuanto a que  $b_k$  produce  $w_1(t)$ ,  $w_3(t)$ , o más generalmente cualquier  $w_a(t)$  con  $a$  impar. Observando las ecuaciones (12) y (15), se ha encontrado que es imposible construir una ventana de suma-de-cosenos que sea equivalente a una ventana de seno con exponenciación impar. Sin embargo, en algunas aplicaciones donde se requiere  $w_a(t)$  de  $a$  impar, puede ser deseable usar una formulación similar a la ecuación (15) para permitir optimizaciones de fuga espectral según se lleva a cabo por Hamming, Blackman y Nuttall.

Afortunadamente, se ha encontrado que las funciones de suma-de-senos

$$w_c(t) = \sum_{k=0}^K (-1)^k c_k \operatorname{sen}\left((2k+1)\pi \cdot \frac{t}{L}\right) \quad (19)$$

proporcionan los medios necesarios para optimización. Como puede observarse, los valores de ventana de procesamiento de señal  $w_c(t)$  pueden obtenerse formando una suma ponderada de funciones de conformación de tipo seno  $\operatorname{sen}((2k+1)\pi \cdot t/L)$ . Puede obtenerse una pendiente de ventana de señal para valores de  $t$  entre 0 y  $L/2$ .

También debe observarse que, preferentemente, se suman las funciones de seno, las frecuencias de las cuales son múltiplos impares de una frecuencia fundamental. Por ejemplo, las frecuencias angulares normalizadas pueden definirse como  $(2k+1)\pi/L$ . Puede observarse que las mayores frecuencias normalizadas son múltiplos impares de una frecuencia normalizada fundamental  $\pi/L$ .

También debe observarse que las funciones de conformación se ponderan de manera alternativa con pesos negativos y positivos  $(-1)^k c_k$  con índice de frecuencia creciente  $k$  (para  $k$  entre cero y un valor índice de frecuencia máximo  $K$ ).

Al seleccionar las constantes  $c_k$  adecuadamente, pueden adquirirse dos características.

En primer lugar, puede construirse una ventana correspondiente a una ventana de seno con exponenciación impar de (2). La  $c_k$  para  $a$  impar de tercer orden inferior  $w_a(t)$  se especificará en este punto. La ventana clásica de seno  $w_1(t)$  es trivial para construcción usando (19) estableciendo  $K = 0$  y  $c_0 = 1$ . Para  $w_3(t)$ ,  $K$  se incrementa a  $K = 1$ , y

$$c_0 = 0,75, c_1 = 0,25 . \quad (20)$$

Finalmente se obtiene  $w_5(t)$  de quinto orden usando  $K = 2$  y

$$c_0 = 0,625, c_1 = 0,3125, c_2 = 0,0625 . \quad (21)$$

En segundo lugar, como  $b_k$  en (15),  $c_k$  puede determinarse de tal manera que se logre el comportamiento espectral similar al de las ventanas de Blackman, Hamming y Nuttall. Aunque antes de derivar la respectiva  $c_k$  para  $K = 1$  y  $K = 2$ , es importante determinar exactamente cuál aspecto de una respuesta espectral de ventana debe optimizarse. Para este fin, son necesarias medidas objetivas del rendimiento espectral de una ventana. En la siguiente sección, se realiza un análisis de todas las funciones de ventana mencionadas hasta ahora por medio de algunas medidas habituales.

### 10.2. Evaluación y optimización

En lo sucesivo, se evaluará el rendimiento de las variantes de doble y triple término de esta clase de ventana y se comparará con otras ventanas que utilizan algunas de las figuras de mérito descritas en la referencia [2]. Motivadas por el resultado, se describirán específicamente las realizaciones optimizadas.

En lo sucesivo, se analizarán diferentes conjuntos de parámetros de forma de ventana  $c_k$ . Se mostrará que la combinación de los valores de ventana de procesamiento de señal de acuerdo con la ecuación (19) permite crear una amplia diversidad de ventanas diferentes que tienen diferentes características. Por consiguiente, puede resumirse que el proveedor de ventana configurado para proporcionar las ventanas de procesamiento de señal  $w_c(t)$  de acuerdo con la ecuación (19) puede configurarse de manera muy flexible y trae consigo una complejidad computacional muy baja, debido a que la función de conformación  $\text{sen}((2k+1)\pi \cdot t/L)$  puede pre-calcularse mientras la suma ponderada trae consigo una complejidad computacional comparativamente pequeña.

Está bien establecido que la multiplicación de una señal de tiempo por otra señal corresponde a la convolución de las transformaciones de frecuencia de las dos señales. Por lo tanto, al aplicar una función de ponderación a una señal, el espectro de señal se convoluciona con el espectro de la ponderación. Para evaluar el efecto de una función de ventana, es por consiguiente suficiente estudiar su espectro, por ejemplo, usando la transformación de Fourier.

Las Figuras 11 y 12 ilustran las magnitudes de los espectros de potencia de las ventanas anteriores, normalizadas en frecuencia y amplitud como en la referencia [4]. Debido a ceros espectrales recurrentes, todas las ventanas muestran un lóbulo principal a frecuencia cero y lóbulos laterales que se atenúan en amplitud con frecuencia creciente. La tasa de disminución de los lóbulos laterales se dicta por las discontinuidades en los límites de la función de ventana así como aquellos de sus diferenciales; cuanto más continuas son las derivadas de más bajo orden, más rápidas son las atenuaciones de ventana a cero para  $f$  grande. Véase también las referencias [2] y [4].

Para las funciones de seno con exponenciación  $w_a(t)$  de la Figura 11, puede establecerse que la disminución asintótica en dB por octava es proporcional a  $a$  (véase, por ejemplo, la referencia [6]):

$$\text{disminución}(w_a) = -6,02(a+1) \frac{\text{dB}}{\text{oct}} . \quad (22)$$

Esto parece aplicarse a toda  $a$  no negativa real, no solo a números enteros. Para las ventanas optimizadas de la Figura 12, puede observarse un comportamiento de lóbulo lateral diferente. La ventana Hamming, cuya amplitud de lóbulo principal iguala a la de  $w_2(t) = w_{\text{Hann}}(t)$ , disminuye a solo -6 dB por octava debido a que la función de ponderación no es continua. De manera similar, las ventanas de Blackman y Nuttall, que tienen la misma amplitud de lóbulo principal que  $w_4(t)$ , muestran una atenuación de solo -18 dB por octava; sus primeras derivadas de ponderación son continuas, pero sus terceras derivadas no lo son. Sin embargo, estas ventanas muestran niveles inferiores de lóbulo lateral máximo en comparación con sus contrapartes  $w_a(t)$ . Esto puede conducir a desviación espectral notablemente reducida en algunas aplicaciones y es la razón por la cual se desarrollan ventanas optimizadas.

Ya que se ha encontrado que el procedimiento de optimización usado para las ventanas de suma-de-cosenos en la Figura 12 también puede aplicarse a las funciones de suma-de-senos de (19), es posible modificar la ventana de doble término con (20) y la ventana de triple término con (21) para el nivel más bajo de lóbulo lateral máximo (la

5 ventana seno de un término con  $c_0 = 1$  no puede optimizarse de este modo). Se ha encontrado que debido al uso de sinusoides, cualquier realización de (15) se acerca a amplitud cero en sus puntos terminales; se garantiza por lo tanto una tasa de disminución de lóbulo lateral de -12 dB por octava ( $1/f^2$ , véase la referencia [2]). Si se permite que las derivadas sean discontinuas, se obtienen grados adicionales de libertad para determinar  $c_k$ , que puede emplearse para minimizar la magnitud pico del lóbulo lateral (véase, por ejemplo, la referencia [4]).

Para la ventana de suma-de-senos de doble término ( $K = 1$ ), la admisión de una primera derivada discontinua produce un grado extra de libertad en la opción de  $c_0$  y  $c_1$ . Se encuentra que

$$10 \quad c_0 = 0,79445, \quad c_1 = 0,20555 \quad (23)$$

produce el lóbulo lateral posible máximo más bajo de -54,3 dB (primer y tercer lóbulo lateral). La ventana de triple término ( $K = 2$ ) ofrece dos grados extra de libertad en la selección de  $c_k$ . El nivel mínimo de lóbulo lateral pico de -82,8 dB se alcanza usando

$$15 \quad c_0 = 0,69295, \quad c_1 = 0,2758, \quad c_2 = 0,03125 \quad (24)$$

20 La Figura 13 muestra el espectro de potencia de las ventanas (23) y (24). Para las diez ventanas presentadas, el máximo nivel de lóbulo lateral, la disminución asintótica, la amplitud de lóbulo principal (se da por la ubicación del primer cero), y la amplitud de banda de 6-dB (una medida de la resolución de una ventana, véase la referencia [2]) se mencionan en la Tabla 1. Observe cómo en términos de rendimiento espectral en general, la ventana (23) radica justo entre la ventana Hamming de doble término y Nuttall de triple término. Además, aunque se logra un pico de lóbulo lateral similar al de la ventana Blackman, la ventana (23) tiene un lóbulo principal más estrecho. La ventana (24) tiene el máximo lóbulo lateral más bajo de todas las ventanas en este análisis, pero junto con  $w_5(t)$ , también muestra el lóbulo principal más amplio.

25 Para concluir, un cálculo de los valores de ventana de procesamiento de señal de acuerdo con la ecuación (19), trae consigo la posibilidad de obtener ventanas de características muy diferentes al variar solo los parámetros  $c_k$  sin variar la regla de cálculo subyacente. Esto reduce el esfuerzo computacional y el esfuerzo de implementación. También, en algunas realizaciones, pueden usarse uno o más de los diferentes conjuntos de parámetros (20), (21), (23) o (24). El valor de ventana de procesamiento de señal puede calcularse y almacenarse en una tabla de búsqueda o puede calcularse en línea (siempre que se requiera), dependiendo de la implementación real.

### 35 10.3. Ventanas de suma-de-senos y la transformación de Fourier discreta (DFT) o MDCT

En lo sucesivo, se describirá una característica interesante de la clase de ventana propuesta cuando se utiliza en la Transformación de Fourier Discreta.

40 El lector observador habrá notado la diferencia en las ubicaciones de cero entre el espectro de las ventanas de suma-de-senos y la suma-de-cosenos. Como es evidente en las figuras, para las últimas ventanas, la mayoría o todos los ceros ocurren en múltiplos enteros de  $Lf$ , mientras que para las ventanas de suma-de-senos, los ceros radican a la mitad entre el entero  $Lf$ . En lo sucesivo, esta característica deberá aclararse con respecto a analizar el espectro de señales armónicas en ventanas que utilizan DFT.

45 Como se observó con anterioridad, la transformación de Fourier (FT) de un intervalo de señal  $s(t)$  ponderado por  $w(t)$  es equivalente a la convolución de las FT individuales de  $s(t)$  y  $w(t)$ . Las FT de la ventana seno  $w_1(t)$  y la ventana Hann  $w_2(t)$  se dan por

$$50 \quad W_1(f) = \frac{2 \cos(\pi f)}{\pi (1 - 4f^2)} \quad (25)$$

y

$$W_2(f) = \frac{\text{sen}(\pi f)}{2\pi f(1 - f^2)}, \quad (26)$$

55 respectivamente, (véase, por ejemplo, la referencia [3]). Por lo tanto,  $W_1(f) = 0$  para  $f = n + 0,5$ ,  $|n| \geq 1$ , y  $W_2(f) = 0$

para  $f = n$ ,  $|n| \geq 2$ , siendo  $n$  un entero. Las FT de las ventanas de mayor orden y optimizadas de la Tabla 1 difieren de (25) y (26), pero el término trigonométrico respectivo en el numerador ( $\cos()$  para las ventanas de suma-de-senos,  $\sin()$  para la de suma-de-cosenos) es común a todos. En el contexto de DFT, la implicación es que la máxima fuga espectral con una ventana de suma-de-cosenos coincide con la mínima fuga con una ventana de suma-de-senos y viceversa. Se da un ejemplo en la Figura 14 para la ventana de doble término propuesta (23) y la ventana de triple término de Nuttall (18) aplicadas en una DFT de 256 puntos.

En codificadores modernos de audio o vídeo, se divide una forma de onda de señal en segmentos y cada segmento se cuantifica en una representación más basta para obtener una elevada compresión de datos, es decir, una baja tasa de bits requerida para almacenamiento o transmisión de la señal. En un intento por lograr una ganancia de codificación por medio de compactación de energía (o en otras palabras, para incrementar la calidad perceptual de la señal codificada para una tasa de bits dada), se han vuelto habituales las transformaciones de banco de filtros (por ejemplo, transformaciones de MDCT 607) de los segmentos previo a la cuantificación. Los sistemas más recientemente desarrollados aplican transformación de tiempo-respecto-a-frecuencia en la forma de transformación de coseno discreta modificada (MDCT), permitiendo un banco de filtros que los segmentos adyacentes se superpongan mientras se proporciona muestreo crítico.

Para mejor rendimiento, las operaciones de MDCT directa e inversa (por ejemplo, transformación de MDCT 607 y transformación de MDCT inversa 608) se acompañan por ponderación de cada segmento: del lado del codificador, se emplea una ventana de análisis (por ejemplo, se emplea una ventana  $w_1(n)$ ) antes de la MDCT, y en el lado decodificador, se aplica una ventana de síntesis (por ejemplo, una ventana de síntesis  $w_1(n)$ ) después de la MDCT inversa.

Desafortunadamente, no toda función de ponderación es adecuada para uso con la MDCT. Suponiendo funciones de ventana de análisis y síntesis, simétricas, idénticas,

$$w(L-1-t) = w(t), \quad t = 0, 1, \dots, T-1, \quad (27)$$

el sistema entero puede producir solo la reconstrucción de entrada perfecta en ausencia de errores de cuantificación o de transmisión si

$$w^2(t) + w^2(T+t) = 1, \quad t = 0, 1, \dots, T-1, \quad (28)$$

con  $T=L/2$ . Esta es la llamada condición de complementariedad de potencia (PC) o Princen-Badley informada en [7]. Las ventanas de PC comunes son las ventanas de seno y KBD utilizadas en la norma AAC de MPEG-2/4 (véase, por ejemplo, las referencias [6] y [8]), dada la primera por

$$w_{\text{seno}}(t) = \sin\left(\pi \cdot \frac{t+0,5}{L}\right), \quad (29)$$

así como también la ventana de la especificación de codificador-decodificador Vorbis (véase, por ejemplo, la referencia [9]),

$$w_{\text{vorbis}}(t) = \sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot \sin^2\left(\pi \cdot \frac{t+0,5}{L}\right)\right). \quad (30)$$

Para investigar si la ecuación (19) puede usarse para crear ventanas de suma-de-senos que satisfacen (28), observamos que, dado (27),  $w_{\text{seno}}(t)$  puede considerarse como el seno de una función triangular:

$$\tau(L-1-t) = \tau(t) = \frac{t+0,5}{T}, \quad (31)$$

$$w_{\text{seno}}(t) = \sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot \tau(t)\right). \quad (32)$$

De igual modo,  $w_{\text{vorbis}}(t)$  puede escribirse como (32) con  $\tau(t)$  remplazado por

$$\tau'(t) = \text{sen}^2\left(\frac{\pi}{2} \cdot \tau(t)\right). \quad (33)$$

La complementariedad de amplitud acerca de  $T=L/4$  de (31) y (33) (o 31'),

$$\tau(t) + \tau(T-1-t) = 1, \quad t = 0, 1, \dots, L/4-1, \quad (34)$$

sugiere que las alternativas a estas funciones pueden diseñarse para optimizar la respuesta de frecuencia de la función de ventana sin sacrificar la propiedad de PC. De hecho, confirmando (27),

$$\tau_d(t) = \tau(t) + \sum_{k=1}^K d_k \text{sen}(2k\pi \cdot \tau(t)) \quad (35)$$

es una extensión de (31) conforme a (34), que emplea una modificación de la función de suma-de-senos de (19); se omite el término de signo alterno y en lugar de múltiplos impares de  $\pi$ , se consideran múltiplos pares. Los experimentos informales ejecutados por el presente autor indican que, aunque PC se obtiene incluso con  $d_k$  produciendo  $\tau_d(t) < 0$  para alguna  $t$ , solo las realizaciones con  $\tau_d(t)$  no negativo para toda  $t$  producen satisfactoriamente selectividad de banda de paso y rechazo de banda eliminada, simultáneamente.

Además, en la sección titulada "Evaluación y optimización" los coeficientes  $c_k$  de (19) se seleccionaron de tal manera que el máximo nivel de lóbulo lateral de la ventana resultante se minimiza. Puede seguirse en este punto un procedimiento similar. Sin embargo, respecto a la restricción de PC de (28), son más limitadas las posibilidades de diseño espectral, especialmente con respecto a los primeros dos o tres lóbulos laterales. En general, se debe especificar un límite frecuencia inferior  $Lf_0 > 1,5$  (o como alternativa, un lóbulo lateral de inicio) por encima del cual puede minimizarse el máximo lóbulo lateral en una cantidad razonable. Para dar un ejemplo, una búsqueda exhaustiva informal con  $Lf_0 = 4,5$  produce la parametrización de doble término

$$d_1 = 0,12241, \quad d_2 = 0,00523, \quad (36)$$

que produce una ventana cuyos primeros tres lóbulos laterales por encima de  $Lf_0$  tienen todos un nivel de -66,8 dB. Los lóbulos laterales de mayor frecuencia se atenúan desde ese valor a una tasa de -12 dB por octava, tal como aquellos de las ventanas optimizadas (23) y (24) de las secciones previas. La respuesta de frecuencia de la función de ponderación construida usando (27), (32), (35) y (36) se muestra en la Figura 15 junto con aquellas de  $w_{\text{seno}}(t)$  y  $w_{\text{vorbis}}(t)$ . Evidentemente, se logra un incremento sustancial en rechazo de lóbulo lateral en la ventana propuesta en comparación con la ventana de seno. Debido a la restricción (28), esta ventaja viene a costa de un lóbulo principal ligeramente más amplio y un primer lóbulo lateral superior. Una comparación con la ventana Vorbis muestra amplitudes casi idénticas de lóbulo principal y máximo de los dos primeros lóbulos laterales. Para  $4,5 < Lf_0 < 11,5$ , la ventana propuesta supera  $w_{\text{vorbis}}(t)$  en términos de atenuación de lóbulo lateral. Observe también que el espectro de ventana Vorbis cae a -18 dB por octava y tiene su magnitud cero a (o cerca) de múltiplos enteros de  $Lf$ . Por lo tanto, su comportamiento espectral se asemeja al de la ventana de suma-de-cosenos. De hecho, puede considerarse PC equivalente a la ventana Hann. De igual modo, la ventana de PC propuesta parece ser una contraparte de las ventanas de suma-de-senos optimizadas de la sección titulada "Evaluación y optimización". Una investigación más concienzuda, que incluye una evaluación de rendimiento en el contexto de codificación de audio, es un tema de futura investigación.

### 11. Implementación alternativa

Aunque se han descrito algunos aspectos en el contexto de un aparato, es evidente que estos aspectos también representan una descripción del método correspondiente, donde un bloque o dispositivo corresponde a una etapa de método o una característica de una etapa del método. De manera análoga, los aspectos descritos en el contexto de una etapa del método también representan una descripción de un bloque o elemento o característica correspondiente de un aparato correspondiente.

Algunas o todas las etapas del método pueden ejecutarse por (o usando) un aparato de hardware, como, por ejemplo, un microprocesador, una computadora programable o un circuito electrónico. En algunas realizaciones, una o más de las etapas de método más importantes pueden ejecutarse por tal aparato.

La señal de medios codificada inventiva, que puede ser una señal de audio o vídeo codificada, o secuencia de

funciones de ventana, puede almacenarse en un medio de almacenamiento digital o puede transmitirse sobre un medio de transmisión tal como un medio de transmisión inalámbrico o un medio de transmisión cableado tal como la Internet.

5 Dependiendo de ciertos requisitos de implementación, las realizaciones de la invención pueden implementarse en hardware o software. La implementación puede llevarse a cabo usando un medio de almacenamiento digital, por ejemplo, un disco flexible, un DVD, un disco de Blu-Ray, un CD, una ROM, una PROM, una EPROM o una memoria FLASH, que tenga señales de control electrónicamente legibles almacenadas en los mismos, que cooperen (o sean capaces de cooperar) con un sistema de computadora programable de tal manera que se lleve a cabo el método respectivo. Por consiguiente, el medio de almacenamiento digital puede ser legible por computadora.

10 Algunas realizaciones de acuerdo con la invención comprenden un portador de datos que tiene señales de control electrónicamente legibles, que son capaces de cooperar con un sistema de computadora programable, de tal manera que uno de los métodos descritos en este punto se lleva a cabo.

15 En general, las realizaciones de la presente invención pueden implementarse como un producto de programa de computadora con un código de programa, siendo operativo el código de programa para llevar a cabo uno de los métodos cuando el producto de programa de computadora se ejecuta en una computadora. El código de programa, por ejemplo, puede almacenarse en un portador legible por máquina.

20 Otras realizaciones comprenden un programa de computadora para llevar a cabo uno de los métodos descritos en el presente documento, almacenados en un portador legible por máquina.

25 En otras palabras, una realización del método inventivo es, por consiguiente, un programa de computadora que tiene un código de programa para llevar a cabo uno de los métodos descritos en el presente documento, cuando el programa de computadora se ejecuta en una computadora.

30 Una realización adicional de los métodos inventivos, por consiguiente es, un portador de datos (o un medio de almacenamiento digital, o un medio legible por computadora) que comprende, registrado en el mismo, el programa de computadora para llevar a cabo uno de los métodos descritos en el presente documento. El portador de datos, el medio de almacenamiento digital o el medio registrado son típicamente tangibles y/o no transitorios.

35 Una realización adicional del método inventivo es, por consiguiente, una corriente de datos o una secuencia de señales que representan el programa de computadora para llevar a cabo uno de los métodos descritos en el presente documento. La corriente de datos o la secuencia de señales pueden configurarse, por ejemplo, para transferirse a través de una conexión de comunicación de datos, por ejemplo, a través de la Internet.

40 Una realización adicional comprende un medio de procesamiento, por ejemplo, una computadora, o un dispositivo lógico programable, configurado o adaptado para llevar a cabo uno de los métodos descritos en el presente documento.

Una realización adicional comprende una computadora que tiene instalado en la misma el programa de computadora para llevar a cabo uno de los métodos descritos en el presente documento.

45 Una realización adicional de acuerdo con la invención comprende un aparato o un sistema configurado para transferir (por ejemplo, de manera electrónica u óptica) un programa de computadora para llevar a cabo uno de los métodos descritos en el presente documento en un receptor. El receptor puede ser, por ejemplo, una computadora, un dispositivo móvil, un dispositivo de memoria o lo similar. El aparato o sistema puede comprender, por ejemplo, un servidor de archivo para transferir el programa de computadora al receptor.

50 En algunas realizaciones, puede utilizarse un dispositivo de lógica programable (por ejemplo, un campo de matriz de puertas programables) para llevar a cabo algunas o todas las funcionalidades de los métodos descritos en el presente documento. En algunas realizaciones, un campo de matriz de puertas programables puede cooperar con un microprocesador con objeto de llevar a cabo uno de los métodos descritos en el presente documento. En general, los métodos se llevan a cabo preferentemente por cualquier aparato de hardware.

55 Las realizaciones anteriormente descritas son meramente ilustrativas de los principios de la presente invención. Se entiende que para otros expertos en la materia serán evidentes modificaciones y variaciones de las disposiciones y los detalles descritos en el presente documento. Por consiguiente, se intenta limitarse solo por el alcance de las reivindicaciones de patente siguientes y no por los detalles específicos presentados a manera de descripción y explicación de las realizaciones en el presente documento.

## 12. Conclusiones

A partir de lo anterior puede concluirse que un cálculo de la función de ventana según se explica con referencia a las ecuaciones (6), (8) y (9) produce una función de ventana que tiene características particularmente buenas.

5 Además, puede concluirse que un cálculo de las funciones de ventana según se explica con referencia a la ecuación (19) produce una función de ventana que tiene buenas características.

10 Para resumir lo anterior, las realizaciones de acuerdo con la presente invención se refieren en general a métodos de análisis y procesamiento de señal tal como aquellos que pueden utilizarse en sistemas de codificación de audio o vídeo. Algunas realizaciones de acuerdo con la invención pertenecen a aplicaciones que requieren de compactación de energía de señal por medio de transformación de banco de filtros variante de señal adaptativa o invariante, de la fuente. Pueden utilizarse para mejorar el rendimiento de compactación de energía mientras se permite una perfecta inversión de dicha transformación. Las realizaciones de acuerdo con la presente invención constituyen, por consiguiente, una solución a la necesidad de una función de ventana alternativa que tenga una complejidad computacional moderada, pero que proporcione una buena flexibilidad de diseño.

15 Algunas realizaciones de acuerdo con la presente invención, según se definen por las reivindicaciones adjuntas o esta descripción, se dirigen a la falta de funciones de ventana, flexibles y computacionalmente eficientes, para aplicaciones de MDCT declarando una extensión a la función de seno de la ecuación (4).

20 Sin embargo, otras realizaciones de acuerdo con la invención crean funciones de ventana mejoradas, que proporcionan una flexibilidad incrementada, pero no proporcionan la posibilidad de una reconstrucción perfecta en aplicaciones de MDCT. No obstante, tales funciones de ventana son útiles en muchas aplicaciones.

25 También debe señalarse que con objeto de facilitar el entendimiento de la presente invención, la invención se ha descrito por medio de ejemplos ilustrativos, que no limitan el alcance según se define mediante las reivindicaciones adjuntas. En otras palabras, las realizaciones descritas en el presente documento son meramente ilustrativas de los principios de la presente invención para una formación de ventana más flexible y/o compactación de energía de señal mejorada en aplicaciones de filtro. Se entiende que serán evidentes para los expertos en la materia variaciones y modificaciones de las disposiciones y los detalles descritos en el presente documento. Por consiguiente, se intenta limitarse solo por el alcance de las reivindicaciones de patente siguientes y no por los detalles particulares descritos a manera de descripción y explicación de las realizaciones en el presente documento. Hablando en general, la formación de ventana de señales discretas mediante ponderación temporal es una herramienta esencial para el análisis espectral en el procesamiento para reducir efectos de desviación. Muchas funciones habituales de ponderación (por ejemplo, Hann, Hamming, Blackman) se basan en una suma de cosenos a escala.

35 Las realizaciones de acuerdo con la invención presentan una clase alternativa de ventanas, construidas usando sumas de senos y mostrando comportamiento espectral modificado (o incluso único) con respecto a la ubicación de cero y una atenuación de lóbulo lateral de al menos -12 dB/octava debido a continuidad garantizada de la ponderación. Se proporcionan parámetros para las realizaciones de doble y de triple término con nivel de lóbulo lateral de pico mínimo. Algunas realizaciones de acuerdo con la invención se refieren al uso de las ventanas de suma-de-senos con la Transformación de Fourier Discreta y su adopción a transformaciones superpuestas tales como la Transformación de Coseno Discreta Modificada (MDCT).

45 En otras palabras, las realizaciones de acuerdo con la invención proponen alternativas a las funciones de ventana convencionales (por ejemplo, Hann, Hamming y Blackman), igualmente fáciles de calcular y con rendimientos similares o incluso únicos en términos de reducción de fuga.

50 Hablando muy en general, las realizaciones de acuerdo con la invención crean un aparato, un método o un programa de computadora para codificar o decodificar o procesar una señal de audio o de vídeo usando funciones de ventana variables.

55 Algunas realizaciones de acuerdo con la invención crean un aparato, un método o un programa de computadora para calcular una secuencia de funciones de ventana diferentes para una señal de audio o una señal de vídeo.

Las realizaciones adicionales de acuerdo con la invención crean una señal de audio o de vídeo codificada que comprende contenido codificado de audio o vídeo e información de ventana paramétrica con relación a ventanas variables, usadas para codificar una señal de audio o vídeo para obtener la señal codificada de audio o vídeo.

60 Realizaciones adicionales de acuerdo con la invención crean una secuencia de funciones de ventana variables que se determinan en una manera de señal adaptativa.

Realizaciones adicionales de acuerdo con la invención crean el aparato, métodos, programas de computadora, señales codificadas y secuencias de funciones de ventana variables en base a los cuales se deriva una ventana

( $w_{nueva}$ )

$$c(n) = (n+1/2) \cdot 2/N,$$

$$w_{sen}(n) = \text{sen}(\pi/2 \cdot c(n)), \quad n = 0, 1, \dots, N/2-1,$$

5 donde  $c(n)$  denota la función de núcleo de ventana que puede calcularse por adelantado ya que está predeterminada. La extensión propuesta es para añadir a  $c(n)$  en la ecuación (7) sinusoides ponderadas que tienen frecuencias angulares que son múltiplos enteros de  $2\pi$ :

$$c'(n) = c(n) + \sum a_f \cdot \text{sen}(2\pi f \cdot c(n)), \quad f = 1, 2, \dots,$$

$$w_{nueva}(n) = \text{sen}(\pi/2 \cdot c'(n)), \quad n = 0, 1, \dots, N/2-1.$$

10 Para concluir también, se han presentado alternativas matemáticamente simples a las ventanas de Hamming, Blackman y similares, generadas usando sumas de senos ponderados. El enfoque de suma-de-senos produce propiedades únicas tales como continuidad garantizada de la función de ventana y también puede aplicarse en la construcción de ventanas complementarias de potencia para codificar, por ejemplo, audio.

15 **Referencias**

[1] R.B. Blackman y J.W. Tukey. The Measurement of Power Spectra from the Point of View of Communications Engineering, Nueva York, NY, Estados Unidos: Dover Publications, 1958.

20 [2] F.J. Harris, "On the Use of Windows for Harmonic Analysis with the Discrete Fourier Transform", Proc. IEEE, vol. 66, n.º 1, págs. 51-83, enero de 1978.

[3] N.C. Geckinli y D. Yavuz, "Some Novel Windows and a Concise Tutorial Comparison of Window Families", IEEE Trans. Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. ASSP-26, n.º 6, págs. 501-507, diciembre de 1978.

25 [4] A.H. Nuttall, "Some Windows with Very Good Sidelobe Behavior", IEEE Trans. Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. ASSP-29, n.º 1, págs. 84-91, febrero de 1981.

[5] S.W.A. Bergen y A. Antoniou, "Design of Ultraspherical Window Functions with Prescribed Spectral Characteristics", EURASIP Journal on Applied Signal Processing, vol. 2004, n.º 13, págs. 2053-2065, 2004. Disponible en línea en <http://www.hindawi.com/GetArticle.aspx?doi=10.1155/S1110865704403114>.

30 [6] J.O. Smith III, Spectral Audio Signal Processing, marzo de 2009 Draft, Center for Computer Research in Music and Acoustics (CCRMA), Stanford University, CA, Estados Unidos. Disponible en línea en <http://ccrma.stanford.edu/~jos/sasp/> (accedido marzo de 2010).

35 [7] J.P. Princen, A.W. Johnson y A.B. Bradley, "Subband/Transform Coding Using Filter Bank Designs Based on Time Domain Aliasing Cancellation", Proc. IEEE 1987 ICASSP-12, págs. 2161-2164, mayo de 1987.

40 [8] ISO/IEC 14496-3:2009, "Information technology - Coding of audio-visual objects - Part 3: Audio", Geneva, agosto de 2009.

[9] Xiph.org Foundation, "Vorbis I specification", Feb. 2010. En línea en [http://www.xiph.org/vorbis/doc/Vorbis\\_I\\_spec.html](http://www.xiph.org/vorbis/doc/Vorbis_I_spec.html).

45

**REIVINDICACIONES**

1. Un procesador de señal (100; 1010; 1020) para proporcionar una versión procesada (112;  $s_1'(n)$ ;  $Q_1'(n)$ ) de una señal de entrada en dependencia de la señal de entrada (110;  $s_1(n)$ ;  $q_1(n)$ ), en el que la señal de entrada es una señal de audio o una señal de vídeo, comprendiendo el procesador de señal:

un formador de ventana (120; 1014; 1024), configurado para hacer en ventanas una porción de la señal de entrada, o de una versión pre-procesada de la misma, dependiente de una ventana de procesamiento de señal (1600) descrita por valores de ventana de procesamiento de señal ( $w(n)$ ;  $w_1(n)$ ) para una pluralidad de valores índice de valor de ventana ( $n$ ) con el fin de obtener la versión procesada de la señal de entrada; y

un proveedor de ventana (130; 603, 604, 605, 606; 609, 605, 606) para proporcionar los valores de ventana de procesamiento de señal para la pluralidad de valores índice de valor de ventana dependientes de uno o más parámetros de forma de ventana (132;  $a_1$ ); en el que el proveedor de ventana se configura para evaluar una función seno para una pluralidad de valores de argumento ( $c'(n)$ ) asociados con los valores índice de valor de ventana ( $n$ ), para obtener los valores de ventana de procesamiento de señal ( $w(n)$ ); en el que el proveedor de ventana se configura para calcular una suma ponderada de un término lineal ( $c(n)$ ), que es linealmente dependiente de los valores índice de valor de ventana ( $n$ ), y valores de función de una o más funciones de conformación, cuyas una o más funciones de conformación mapean los valores índice de valor de ventana ( $n$ ) sobre los valores de función correspondientes y cuyas una o más funciones de conformación son simétricas por puntos con respecto a un centro de una pendiente de ventana (1630), para obtener los valores de argumento; en el que las características de la ventana definidas por los valores de ventana de procesamiento de señal se ajustan modificando la ponderación de la una o más funciones de conformación dependientes del uno o más parámetros de forma de ventana, de manera que pueden obtenerse ventanas de diferentes características.

2. El procesador de señal de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la una o más funciones de conformación son funciones de conformación de tipo seno.

3. El procesador de señal de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el proveedor de ventana se configura para evaluar una función seno

$$w(n) = \text{sen}(\pi/2 \cdot c'(n))$$

para una pluralidad de valores de argumento

$$\pi/2 \cdot c'(n)$$

asociados con los valores índice de valor de ventana  $n$ , para obtener los valores de ventana de procesamiento de señal  $w(n)$ ; y en el que el proveedor de ventana se configura para calcular una suma ponderada

$$c'(n) = c(n) + \sum_{f=1, 2, \dots} a_f \text{sen}(2 \pi \cdot f \cdot c(n))$$

de un término lineal  $c(n)$ , que es linealmente dependiente de los valores índice de valor de ventana  $n$ , y valores de función de una o más funciones de conformación

$$\text{sen}(2 \pi \cdot f \cdot c(n)),$$

cuyas una o más funciones de conformación mapean los valores índice de valor de ventana  $n$  sobre valores de función correspondientes y cuyas una o más funciones de conformación son simétricas por puntos con respecto a un centro de una pendiente de ventana (1630), y en el que  $a_f$  son factores de ponderación, para obtener los valores de argumento  $\pi/2 \cdot c'(n)$ .

4. El procesador de señal de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el proveedor de ventana se configura para obtener  $c(n)$  de tal manera que  $c(n)$  tome valores entre 0 y 1 para una pendiente de ventana (1630).

5. El procesador de señal de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, en el que el proveedor de ventana se configura para obtener  $c(n)$  de acuerdo con

$$c(n)=(n+1/2) \cdot 2/N,$$

en el que  $n$  es un intervalo entre 0 y  $N/2-1$  para una pendiente de ventana (1630).

- 5 6. El procesador de señal de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 5, en el que el proveedor de ventana se configura para obtener  $c'(n)$  de manera que  $c'(n) \geq 0$  para  $n$  entre 0 y  $N/2-1$ .
7. El procesador de señal de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el proveedor de ventana se configura para evaluar funciones de conformación que son constantes o constantemente diferenciables.
- 10 8. El procesador de señal de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la una o más funciones de conformación ( $\text{sen}(2\pi \cdot f \cdot c(n))$ ) comprenden un valor cero dentro de una inmediación de no más de cinco por ciento la longitud de la pendiente de ventana (1630) a partir de un valor índice de valor de ventana más a la izquierda ( $n=0$ ) de la pendiente de ventana, y en el que la una o más funciones de conformación ( $\text{sen}(2\pi \cdot f \cdot c(n))$ ) comprenden un valor cero dentro de una inmediación de no más de cinco por ciento la longitud de una pendiente de ventana a partir de un valor índice de valor de ventana más a la derecha ( $n=N/2-1$ ) de la pendiente de ventana; o
- 15 en el que la una o más funciones de conformación comprenden un valor que no es mayor de cinco por ciento de un valor máximo de la función de conformación para un valor índice de valor de ventana más a la izquierda ( $n=0$ ) de la pendiente de ventana, y en el que la una o más funciones de conformación comprenden un valor, que no es mayor de cinco por ciento el valor máximo para un valor índice de valor de ventana más a la derecha ( $n=N/2-1$ ) de la pendiente de ventana.
- 20 9. El procesador de señal de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el procesador de señal es un codificador de señal de medios; en el que el formador de ventana (1014) se configura para hacer en ventanas una porción de una señal de medios ( $s_1(n)$ ), o una versión pre-procesada de la misma, dependiente de la ventana de procesamiento de señal (1600), para obtener una porción en ventanas ( $s_1'(n)$ ) de la señal de medios; y en el que el procesador de señal (1010) se configura para transformar una porción en ventanas ( $s_1'(n)$ ) de la señal de medios en un dominio de frecuencia.
- 25 10. El procesador de señal de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el codificador de señal de medios (1010) se configura para determinar uno o más parámetros de forma de ventana ( $a_1$ ) dependientes de características de la señal de medios ( $s_1(n)$ ); y
- 30 en el que el proveedor de ventana (603, 604, 605, 606) se configura para calcular la suma ponderada dependiente del uno o más parámetros de forma de ventana, de tal manera que el proveedor de ventana se configura para proporcionar una pluralidad de conjuntos diferentes de valores de ventana de procesamiento de señal ( $w_1(n)$ ) que describen ventanas que tienen diferentes formas de ventana dependientes del uno más parámetros de forma de ventana.
- 35 11. El procesador de señal de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, en el que el codificador de señal de medios (1010) se configura para adaptar uno o más parámetros de forma de ventana ( $a_1$ ) de una pendiente de ventana de lado derecho (1640) de una ventana asociada con una primera porción dada de la señal de medios y uno o más parámetros de forma de ventana de una pendiente de ventana de lado izquierdo (1630) de una ventana asociada con una segunda porción dada de la señal de medios que sigue a la primera porción dada de la señal de medios.
- 40 12. El procesador de señal de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el procesador de señal es un decodificador de señal de medios (1020), en el que el decodificador de señal de medios se configura para transformar una representación de dominio de frecuencia ( $Q_1(k)$ ) de la señal de medios en una representación de dominio de tiempo ( $q_1(n)$ ); y
- 45 en el que el formador de ventana se integra en un transformador para transformar la representación de dominio de frecuencia de la señal de medios en la representación de dominio del tiempo de la señal de medios, o en el que el formador de ventana se configura para hacer en ventanas una representación de dominio del tiempo ( $q_1(n)$ ) proporcionada por un transformador para transformar la representación de dominio de frecuencia ( $q_1(k)$ ) de la señal de medios en la representación de dominio del tiempo ( $q_1(n)$ ) de la señal de medios.
- 50 13. El procesador de señal de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el procesador de señal se configura para extraer el uno o más parámetros de forma de ventana ( $a_1$ ) de una corriente de bits que representa la señal de medios codificada o para derivar el uno o más parámetros de forma de ventana a partir de uno o más parámetros de corriente de bits de una corriente de bits que representa la señal de medios codificada.
- 55 14. El procesador de señal de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el procesador de señal se configura para llevar a cabo una operación de filtro de paso alto, una operación de filtro de paso bajo, una operación de filtro de paso banda, una operación de muestreo descendente, una operación de muestreo ascendente, una operación de compresor, una operación de expansor, una operación de limitador, una operación de reducción de
- 60

ruido, una operación de mejora de señal, una operación de efecto de señal o una operación de ecualizador usando la formación de ventana que se lleva a cabo por el formador de ventana.

5 15. El procesador de señal de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 14, en el que el proveedor de ventana (130; 603, 604, 605, 606; 609, 606, 606) se configura para escalar una versión pre-calculada de al menos una de las funciones de conformación de acuerdo con uno correspondiente de los parámetros de forma de ventana ( $a_i$ ) para obtener una contribución a la suma ponderada.

10 16. El procesador de señal de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 15, en el que el uno o más parámetros de forma de ventana ( $a_i$ ) son valores numéricos que describen contribuciones de la una o más funciones de conformación a la suma ponderada.

15 17. El procesador de señal de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 16, en el que el proveedor de ventana se configura para formar una suma ponderada de al menos el término lineal y dos funciones de forma diferentes, ponderadas de acuerdo con dos valores de parámetro de forma de ventana numérica ( $a_i$ ), de tal manera que al menos pueden obtenerse cuatro formas de ventana diferentes dependiendo de los dos o más valores de parámetro de forma de ventana.

20 18. El procesador de señal de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 16, en el que el procesador de señal se configura para determinar, variar o ajustar uno o más de los parámetros de forma de ventana ( $a_i$ ) en una manera de señal de entrada adaptativa de tal manera que se optimiza o mejora un rendimiento objetivo o un rendimiento subjetivo del procesador de señal.

25 19. Un procesador de señal (200) para proporcionar una versión procesada (212) de una señal de entrada (210) dependiente de la señal de entrada (210), en el que la señal de entrada es una señal de audio o una señal de vídeo, comprendiendo el procesador de señal:

30 un formador de ventana (220) configurado para hacer en ventanas una porción de la señal de entrada, o de una versión pre-procesada de la misma, dependiente de una ventana de procesamiento de señal descrita por valores de ventana de procesamiento de señal ( $w(n); w_i(n)$ ) para una pluralidad de valores índice de valor de ventana ( $n$ ), con objeto de obtener la versión procesada de la señal de entrada;

en el que los valores de ventana de procesamiento de señal son valores de resultado de una evaluación de la función seno para una pluralidad de valores de argumento ( $\pi/2 \cdot c'(n)$ ) asociados con los valores índice de valor de ventana ( $n$ ); y

35 en el que los valores de argumento ( $\pi/2 \cdot c'(n)$ ) son sumas ponderadas de un término lineal ( $c(n)$ ), que es linealmente dependiente de los valores índice de valor de ventana ( $n$ ), y valores de función de una o más funciones de conformación de tipo seno ( $\text{sen}(2\pi \cdot f \cdot c(n))$ ), cuyas una o más funciones de conformación de tipo seno ( $\text{sen}(2\pi \cdot f \cdot c(n))$ ) mapean valores índice de valor de ventana ( $n$ ) sobre los valores de función correspondientes, y cuyas una o más funciones de conformación de tipo seno son simétricas por puntos con respecto a un centro de una pendiente de ventana (1630);

40 en el que las características de la ventana definida por los valores de ventana de procesamiento de señal se ajustan modificando la ponderación de la una o más funciones de conformación dependientes de uno o más parámetros de forma de ventana; de manera que pueden obtenerse ventanas de diferentes características.

45 20. El procesador de señal de acuerdo con la reivindicación 19, en el que los valores de argumento se definen como

$$\pi/2 \cdot c'(n)$$

con

50 
$$c'(n) = c(n) + \sum_f a_f \text{sen}(2\pi \cdot f \cdot c(n)),$$

en el que

55 
$$c(n) = (n+1/2) \cdot 2/N,$$

en el que  $n$  se selecciona de tal manera que  $c(n)$  tome valores entre 0 y 1 para una pendiente de ventana (1630), y en el que  $f$  toma uno o más valores enteros.

60 21. El procesador de señal de acuerdo con la reivindicación 20, en el que  $f$  toma los valores 1 y 2.

22. El procesador de señal de acuerdo con la reivindicación 20 o 21, en el que

$a_1=0,1224$  con una tolerancia de  $\pm 1\%$ ; y  
 $a_2=0,00523$  con una tolerancia de  $\pm 1\%$ .

5

23. El procesador de señal de acuerdo con la reivindicación 20, en el que  $f$  solo toma el valor 1; y

$a_1=0,1591$  con una tolerancia de  $\pm 1\%$ ; y  
 $a_2=0$ .

10

24. Una señal de medios codificada (400), comprendiendo la señal de medios codificada:

una representación codificada ( $Q_1(k)$ ,  $Q_M(k)$ ) de un contenido de medios; y  
 uno o más parámetros de forma de ventana ( $a_i$ ) o uno o más parámetros de corriente de bits de los cuales  
 pueden derivarse parámetros de forma de ventana;  
 en el que el uno o más parámetros de forma de ventana definen una forma de una ventana a aplicarse en una  
 decodificación de la representación codificada del contenido de medios,  
 en el que el uno o más parámetros de forma de ventana describen pesos para calcular una suma ponderada de  
 un término lineal ( $c(n)$ ), que es linealmente dependiente de un valor índice de valor de ventana ( $n$ ) y valores de  
 función de una o más funciones de conformación, para obtener un valor de argumento para derivar valores de  
 ventana para una pluralidad de valores índice de valor de ventana ( $n$ ) evaluando una función seno para una  
 pluralidad de los valores de argumento;  
 en el que las características de la ventana definidas por los valores de ventana se ajustan modificando la  
 ponderación de la una o más funciones de conformación dependientes del uno o más parámetros de forma de  
 ventana, de manera que pueden obtenerse ventanas de diferentes características;  
 en el que la señal de medios codificada es una señal de audio codificada o una señal de vídeo codificada.

15

20

25

25. Un método para proporcionar una versión procesada de una señal de entrada dependiente de la señal de  
 entrada, en el que la señal de entrada es una señal de audio o una señal de vídeo, comprendiendo el método:

30

hacer en ventanas una porción de la señal de entrada, o de una versión pre-procesada de la misma, dependiente  
 de una ventana de procesamiento de señal descrita por valores de ventana de procesamiento de señal para una  
 pluralidad de valores índice de valor de ventana, con objeto de obtener la versión procesada de la señal de  
 entrada; y

35

proporcionar los valores de ventana de procesamiento de señal para la pluralidad de valores índice de valor de  
 ventana, dependientes de uno o más parámetros de forma de ventana,  
 en el que se evalúa una función seno para una pluralidad de valores de argumento asociados con los valores  
 índice de valor de ventana, para obtener los valores de ventana de procesamiento de señal, y

40

en el que una suma ponderada de un término lineal, que es linealmente dependiente de los valores índice de  
 valor de ventana, y valores de función de una o más funciones de conformación se calculan para obtener los  
 valores de argumento,

45

en el que la una o más funciones de conformación mapean los valores índice de valor de ventana sobre los  
 valores de función correspondientes y en el que la una o más funciones de conformación son simétricas por  
 puntos con respecto a un centro de una pendiente de ventana de la ventana de procesamiento de señal;

en el que las características de la ventana definidas por los valores de ventana de procesamiento de señal se  
 ajustan modificando la ponderación de la una o más funciones de conformación dependientes del uno o más  
 parámetros de forma de ventana, de manera que pueden obtenerse ventanas de diferentes características.

50

26. Un método para proporcionar una versión procesada de una señal de entrada, dependiente de la señal de  
 entrada, en el que la señal de entrada es una señal de audio o una señal de vídeo, comprendiendo el método:

55

hacer en ventanas una porción de la señal de entrada, o de una versión pre-procesada de la misma, dependiente  
 de una ventana de procesamiento de señal descrita por valores de ventana de procesamiento de señal para una  
 pluralidad de valores índice de valor de ventana, con objeto de obtener la versión procesada de la señal de  
 entrada;

60

en el que los valores de ventana de procesamiento de señal son valores de resultado de una evaluación de la  
 función seno para una pluralidad de valores de argumento asociados con los valores índice de valor de ventana,  
 en el que los valores de argumento son sumas ponderadas de un término lineal, que es linealmente dependiente  
 de los valores índice de valor de ventana, y valores de función de una o más funciones de conformación de tipo  
 seno, cuyas una o más funciones de conformación de tipo seno mapean los valores índice de valor de ventana  
 sobre los valores de función correspondientes, y en el que la una o más funciones de conformación de tipo seno  
 son simétricas por puntos con respecto a un centro de una pendiente de ventana de la ventana de  
 procesamiento de señal,

en el que las características de la ventana definidas por los valores de ventana de procesamiento de señal se

ajustan modificando la ponderación de la una o más funciones de conformación dependientes del uno o más parámetros de forma de ventana, de manera que pueden obtenerse ventanas de diferentes características.

- 5 27. Un programa de computadora configurado para realizar los métodos de acuerdo con una de las reivindicaciones 25 a 26 cuando el programa de computadora se ejecuta en una computadora.

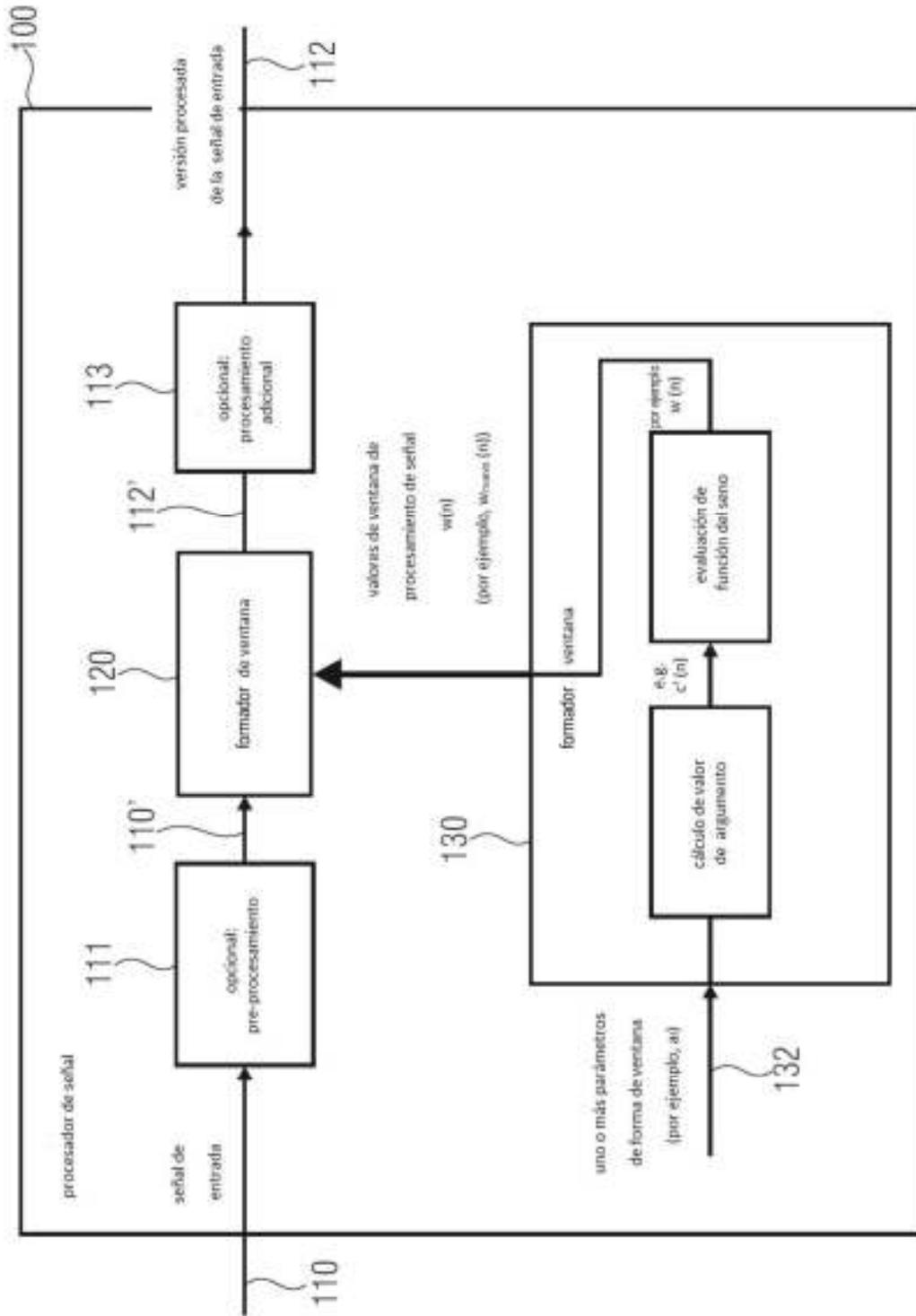


FIG 1A

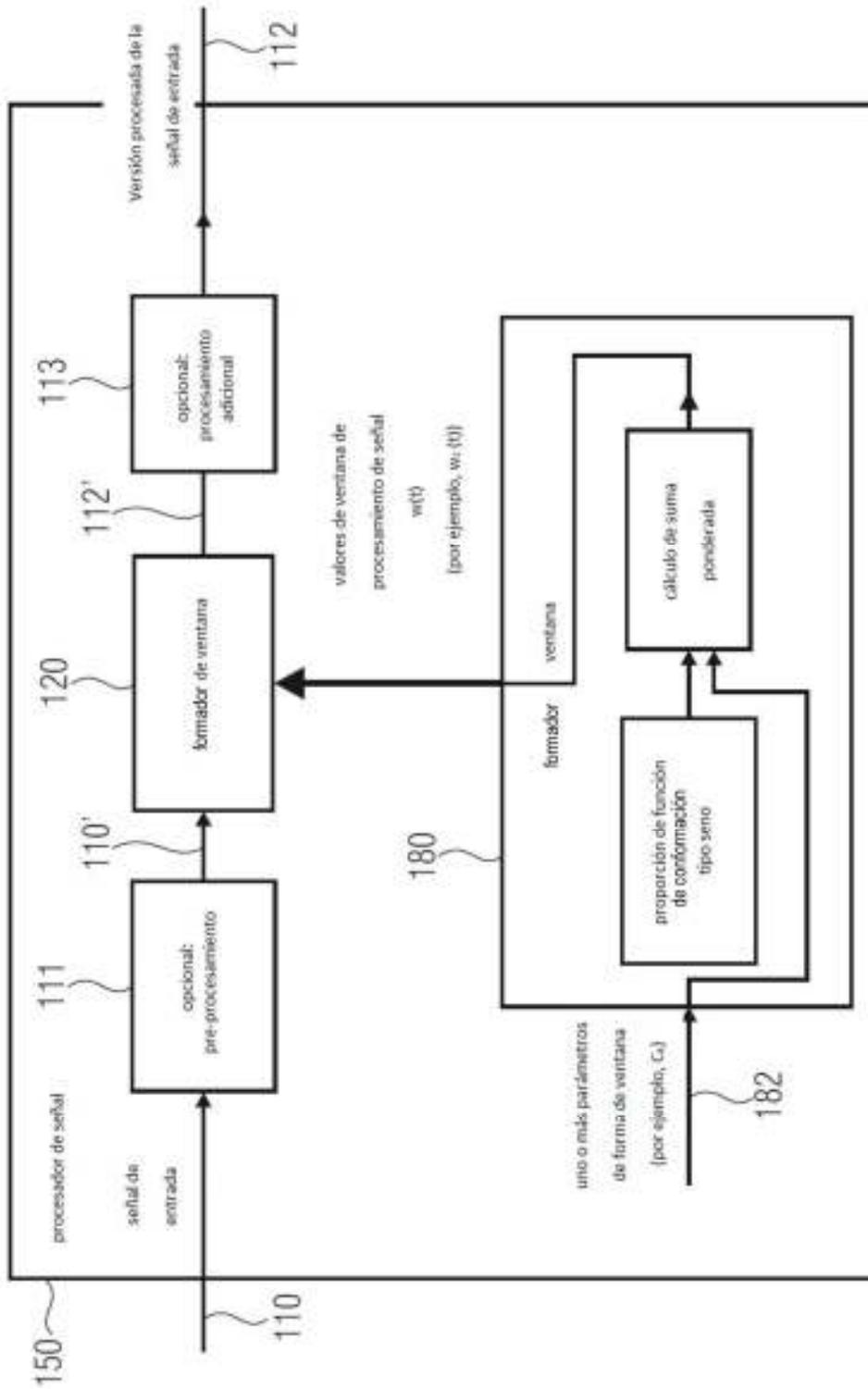


FIG 1B

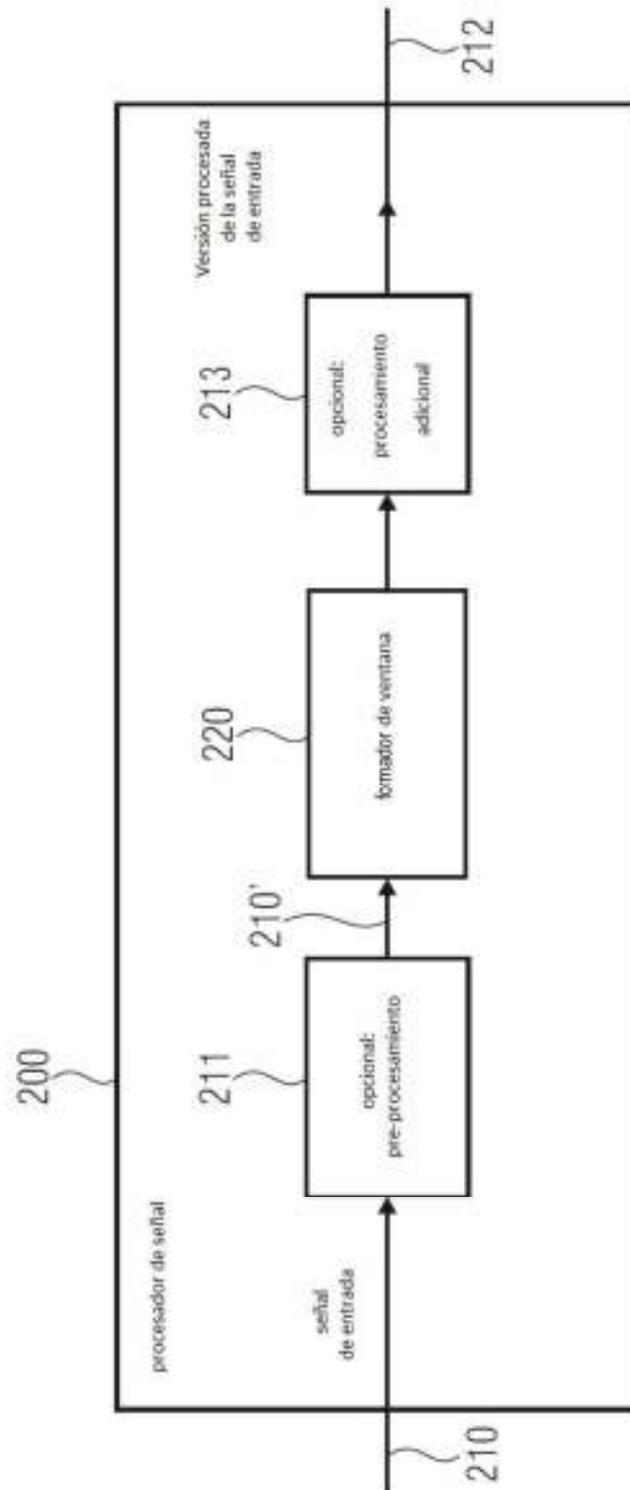


FIG 2

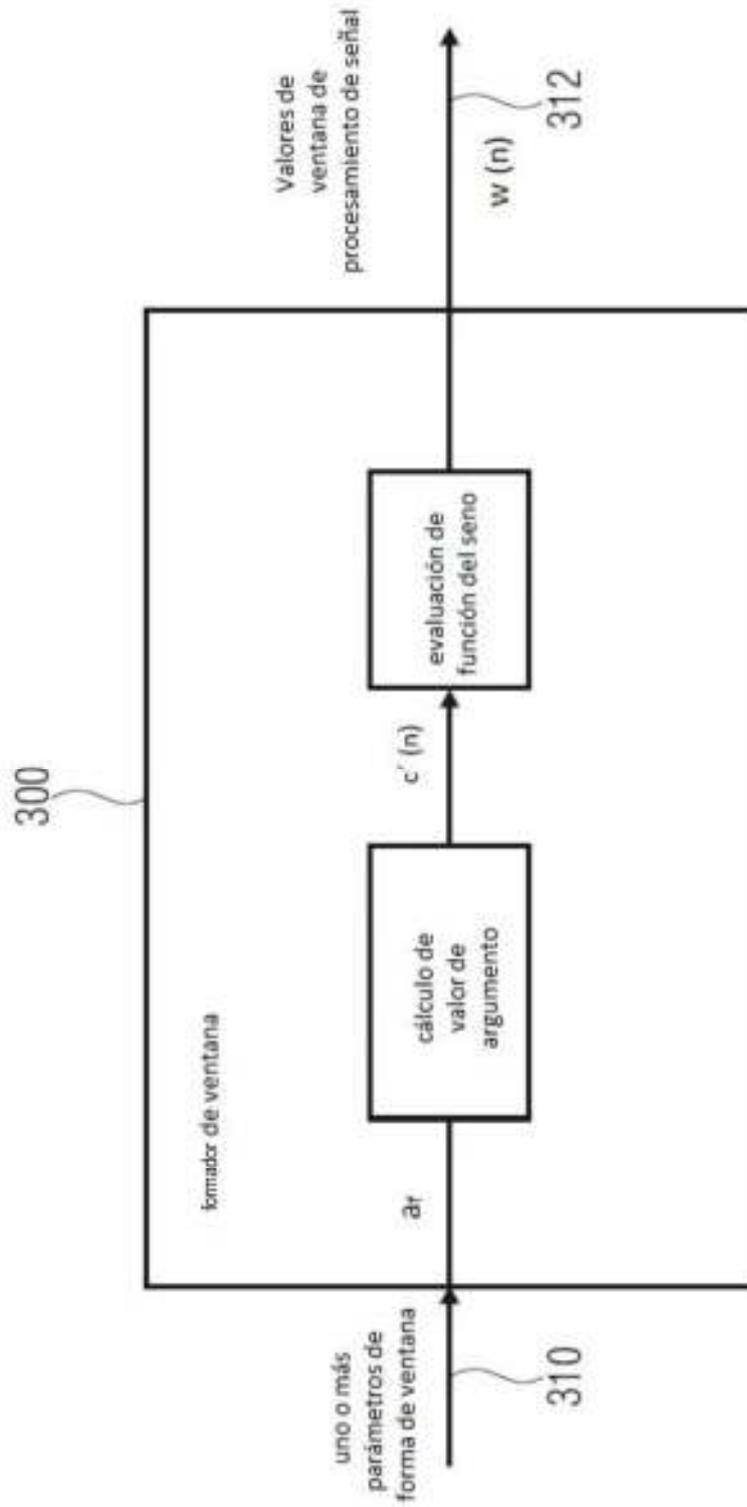


FIG 3

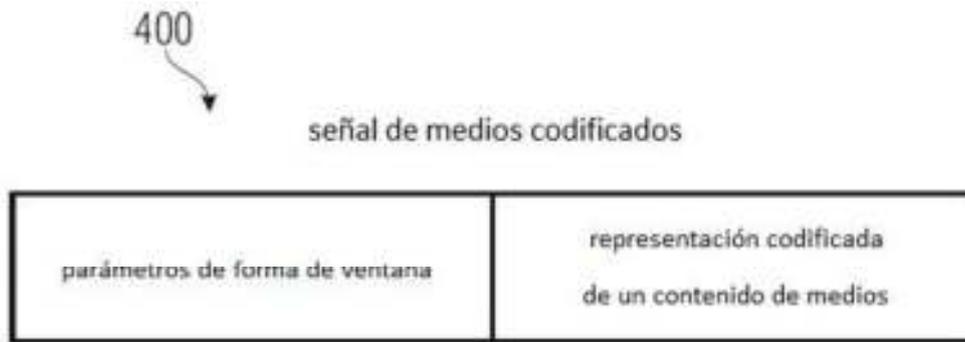


FIG 4

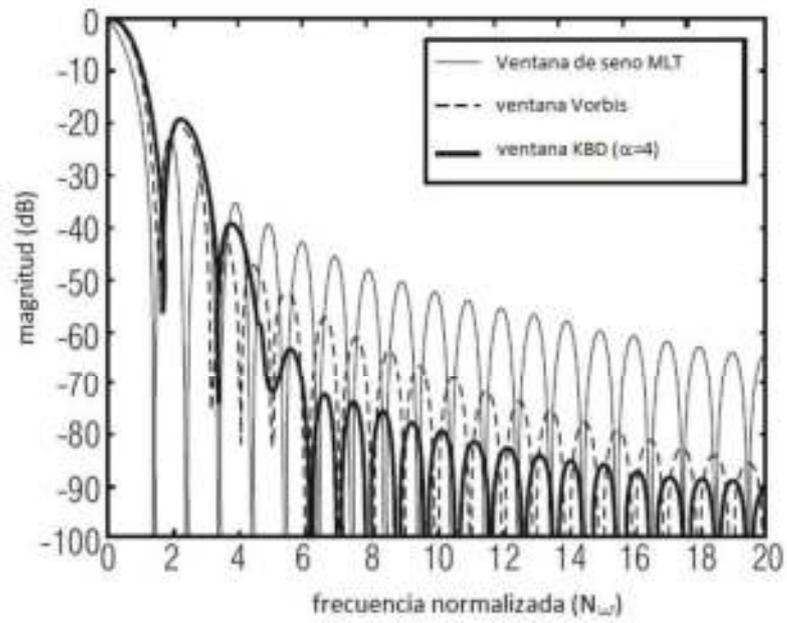


FIG 5

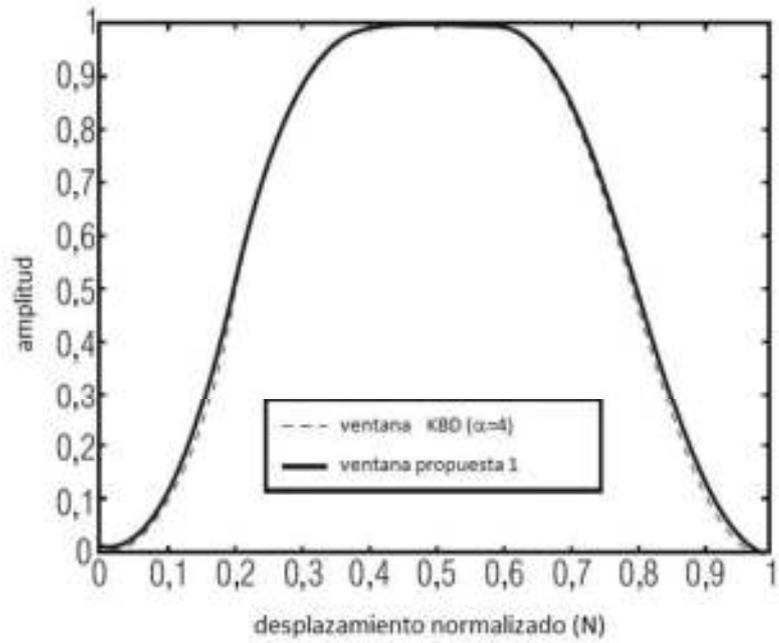


FIG 6

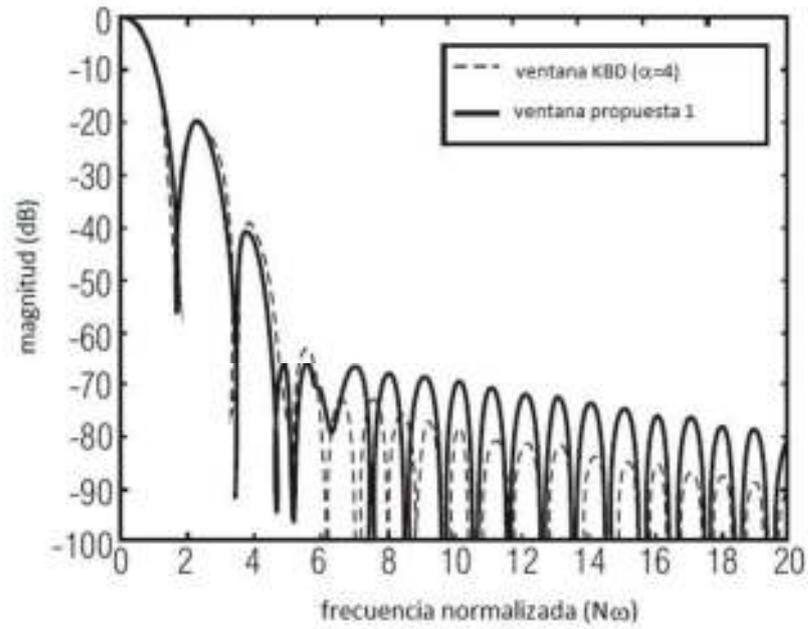


FIG 7

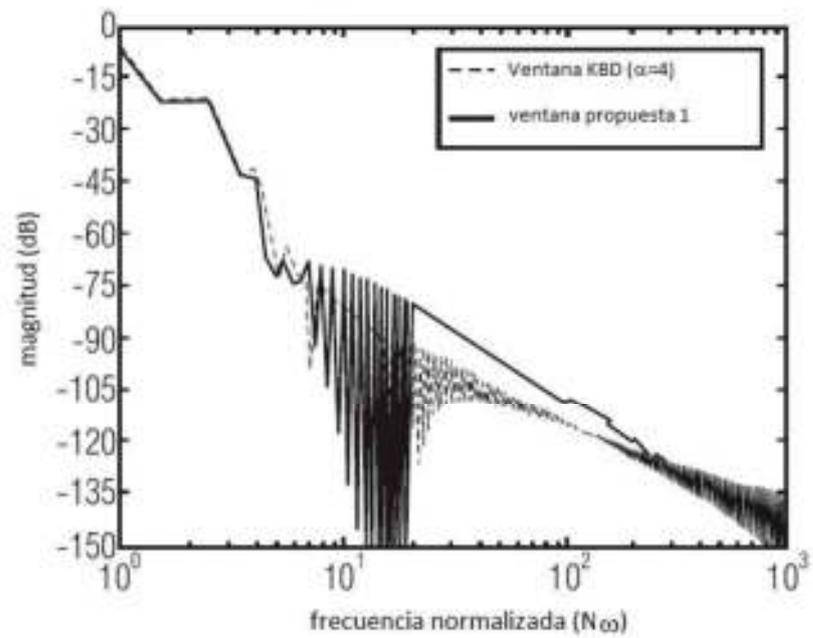


FIG 8

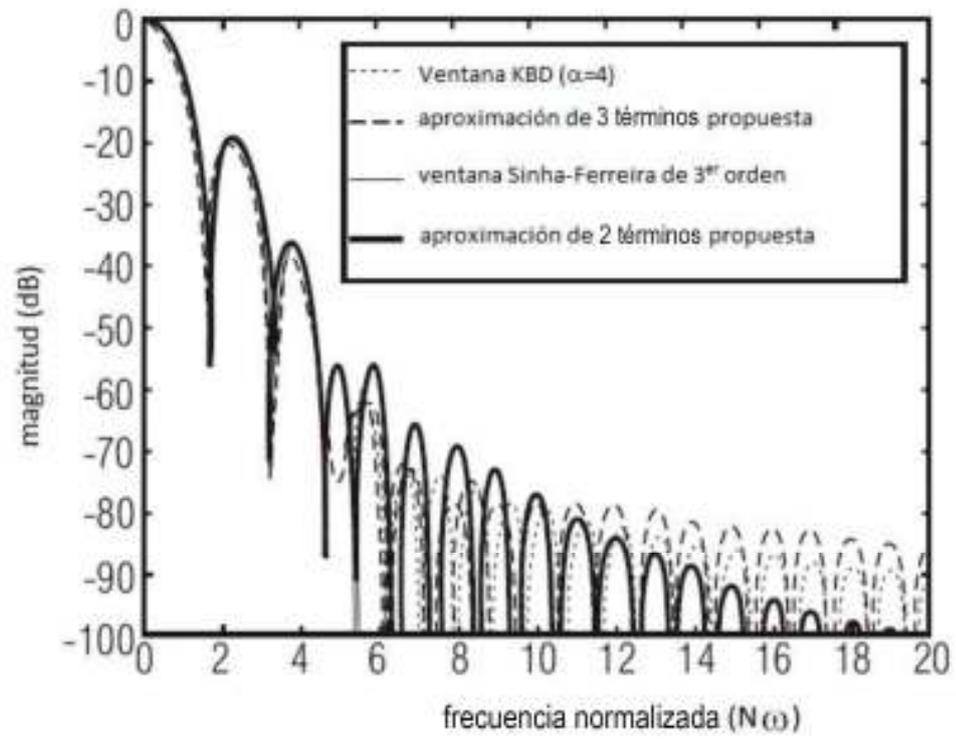


FIG 9

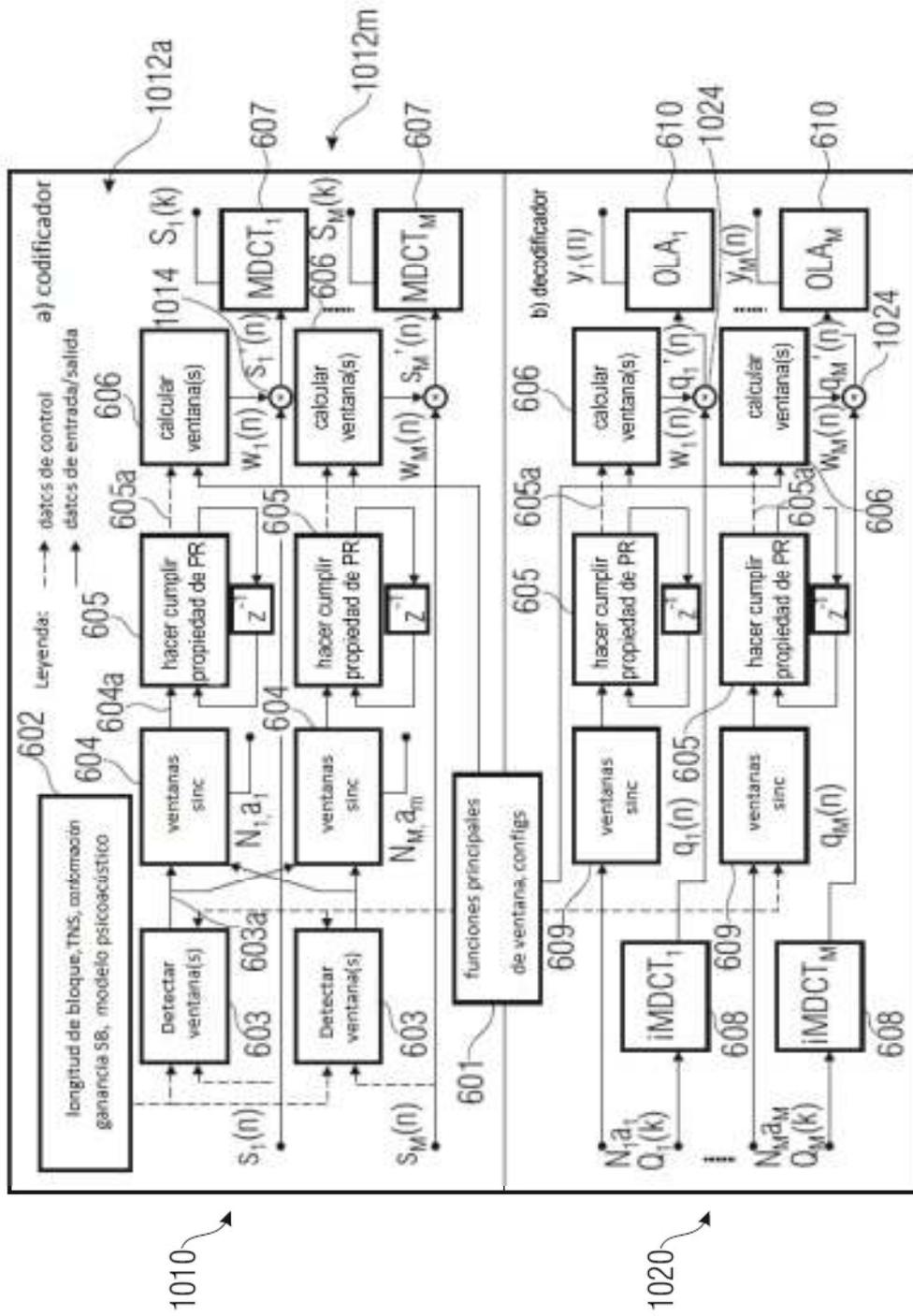


FIG 10

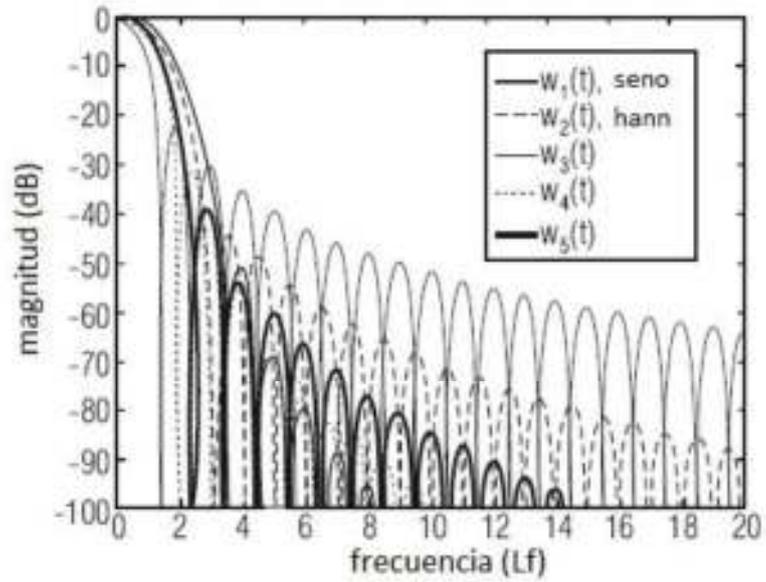


FIG 11

(ESPECTRO DE ALGUNAS FUNCIONES  
SENO CON EXPONENCIACIÓN (12))

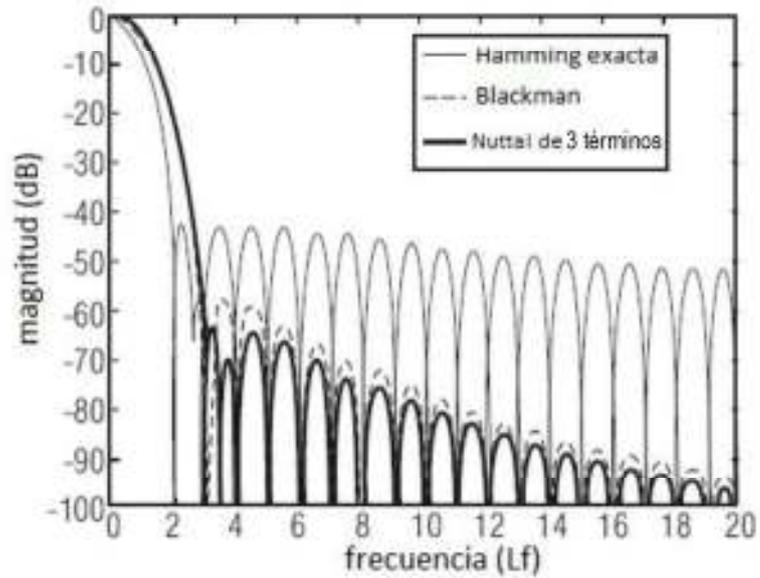


FIG 12

(ESPECTRO DE FUNCIONES DE SUMA  
DE COSENOS OPTIMIZADAS (15))

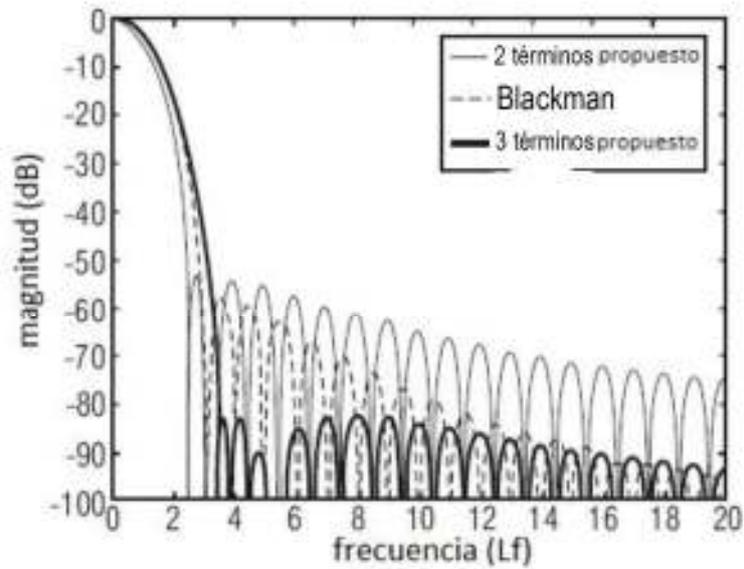
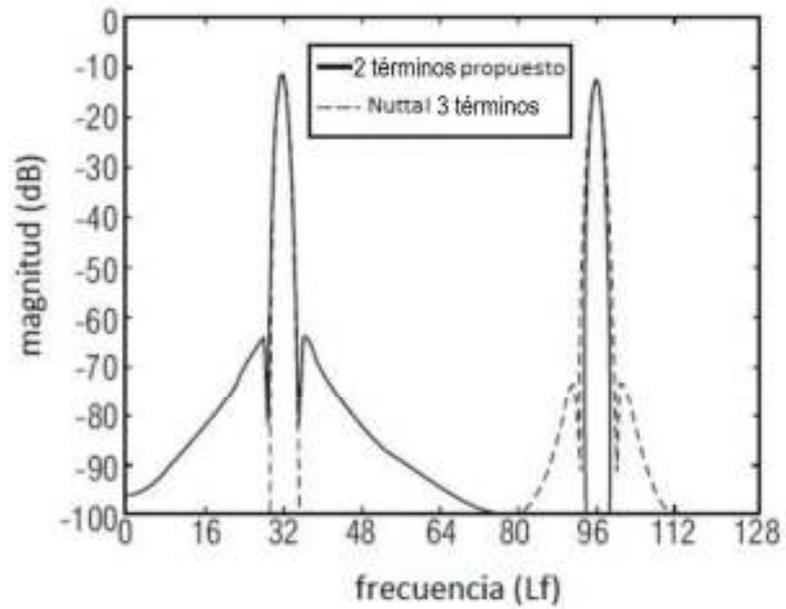


FIG 13

Función de ventana	Máximo lóbulo lateral (dB)	Atenuación de lóbulo lateral (dB/oct.)	Amplitud de lóbulo principal (Lf)	Amplitud de banda 6-dB (Lf)
$W_1(t)$ , seno de 1 término	-23,0	-12	3	1,64
$W_2(t)$ , hann	-31,5	-18	4	2,00
$W_3(t)$ , seno de 2 términos	-39,3	-24	5	2,31
$W_4(t)$ , coseno de 3 términos	-46,7	-30	6	2,59
$W_5(t)$ , seno de 3 términos	-53,9	-36	7	2,84
Hamming exacto	-43,2	-6	4	1,82
propuesto 2 términos	-54,3	-12	5	2,10
Blackman	-58,1	-18	6	2,30
Nuttall 3 términos	-64,2	-18	6	2,36
propuesto 3 términos	-82,8	-12	7	2,48

TABLA 1: FIGURAS DE MÉRITO PARA LAS VENTANAS PRESENTADAS



**FIG 14**  
(ESPECTRO DE DFT DE DOS SINUSOIDES  
CON FRECUENCIAS DE  $Lf=32$  Y  $96,5$ , DESPUÉS  
DE APLICAR DIFERENTES FUNCIONES DE VENTANA)

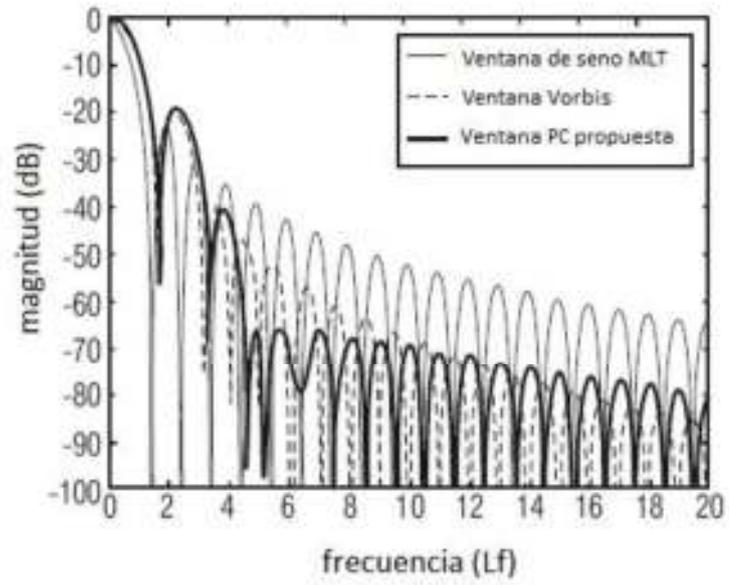


FIG 15

(ESPECTRO DE DOS VENTANAS DE PC Y VENTANA PROPUESTA)

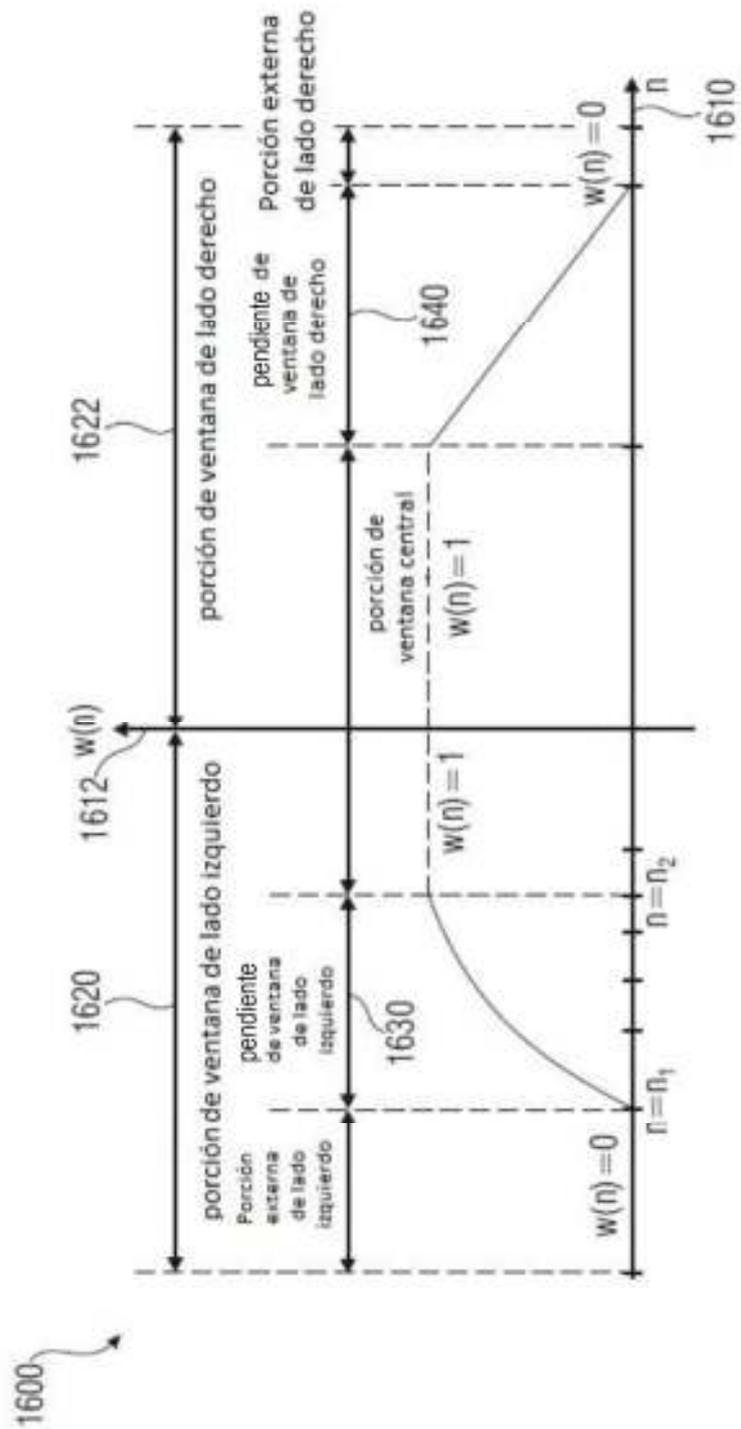


FIG 16