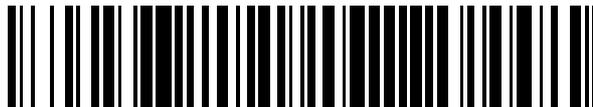


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 127**

51 Int. Cl.:

**G10L 19/035** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.04.2014 PCT/EP2014/056855**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.10.2014 WO14161994**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2014 E 14715894 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017 EP 2981961**

54 Título: **Cuantificador avanzado**

30 Prioridad:

**05.04.2013 US 201361808673 P**  
**10.09.2013 US 201361875817 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.08.2017**

73 Titular/es:

**DOLBY INTERNATIONAL AB (100.0%)**  
**Apollo Building, 3E, Herikerbergweg 1-35**  
**1101 CN Amsterdam, NL**

72 Inventor/es:

**KLEJSA, JANUSZ;**  
**VILLEMOS, LARS y**  
**HEDELIN, PER**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 628 127 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

Cuantificador avanzado.

Referencia a solicitudes relacionadas

5 La presente invención reclama prioridad sobre la solicitud de patente provisional de EE. UU. n.º 61/808.673, presentada el 5 de abril de 2013 y la solicitud de patente provisional de EE. UU. n.º 61/875.817, presentada el 10 de septiembre de 2013.

Campo técnico

10 El presente documento guarda relación con un sistema de codificación y descodificación de audio (al que se hace referencia como sistema códec de audio). En concreto, el presente documento guarda relación con un sistema códec de audio basado en transformadas que es especialmente adecuado para la codificación y descodificación de voz.

Antecedentes

15 Los codificadores de audio perceptuales para usos generales logran ganancias de codificación relativamente altas usando transformadas como la Transformada modificada de coseno discreto (MDCT, por su sigla en inglés) con tamaños de bloque en muestras que cubren varias décimas de milisegundo (p. ej. 20 ms). Un ejemplo de dicho sistema códec de audio basado en transformadas es Advanced Audio Coding (AAC) o High Efficiency (HE)-AAC. Sin embargo, cuando se usan dichos sistemas códec de audio basados en transformadas para señales de voz, la calidad de las señales de voz se degrada más rápido que la de las señales musicales hacia velocidades de transmisión más bajas, especialmente en el caso de señales vocales secas (no reverberantes).

20 El presente documento describe un sistema códec de audio basado en transformadas que es especialmente adecuado para la codificación de señales vocales. Además, el presente documento describe un esquema de cuantificación que puede usarse en dicho sistema códec de audio basado en transformadas. Pueden usarse diversos esquemas de cuantificación en conjunción con los sistemas códec de audio basados en transformadas. Ejemplos de ello son la cuantificación vectorial (p. ej. la cuantificación vectorial doble), distribución que preserva la  
25 cuantificación, cuantificación distorsionada, cuantificación escalar con compensación aleatoria, y cuantificación escalar combinada con un relleno de ruido (p. ej., el cuantificador descrito en el documento US7447631). Estos diferentes esquemas de cuantificación presentan diversas ventajas e inconvenientes por lo que respecta a una o más de las siguientes características:

- 30 • complejidad operativa (codificador), que normalmente incluye la complejidad computacional de la cuantificación y de generación del tren de bits (p. ej., codificación de longitud variable);
- rendimiento perceptual, que puede estimarse de acuerdo con consideraciones teóricas (rendimiento con distorsión de la velocidad) y con características del comportamiento de relleno de ruido (p. ej. a velocidades de transferencia de bits que se corresponden de hecho con la codificación de señales de voz con transformadas de baja velocidad);
- 35 • complejidad del proceso de asignación de velocidad de bits en presencia de una limitación de velocidad de bits global (por ejemplo, número máximo de bits); y/o
- flexibilidad por lo que se refiere a permitir diferentes velocidades de datos y diferentes niveles de distorsión.

40 En el presente documento, se describe un esquema de cuantificación que contempla al menos algunas de las características mencionadas. En concreto, se describe un esquema de cuantificación que ofrece rendimiento mejorado con respecto a todas las características mencionadas o parte de ellas.

45 La descripción de la patente US 2007/016404 (por ejemplo párrafos 0014 a 0016, 0063 y 0078 a 0080) muestra cómo se extraen importantes componentes espectrales que utilizan relaciones señal-marca (SMR) o relaciones señal-ruido, calculando y cuantificando coeficientes MDCT, proporcionando un conjunto de cuantificadores que están asociados a la SMR, seleccionando un primer cuantificador del conjunto, y cuantificando el primer coeficiente utilizando el primer cuantificador. La descripción de la patente EP2077550 (por ejemplo, párrafos 0015 a 0017, 0084, 0085, 0090 y 0109) muestra cómo se lleva a cabo la cuantificación usando un «paso de tamaño adaptable» basado en la «varianza de las señales de entrada», usando un cuantificador de relleno de ruido, la importancia del relleno de ruido a bajas velocidades de bits, seleccionando un cuantificador en el que cada cuantificador es compensado por  
50 su propio valor de compensación exclusivo, y la conmutación de la estrategia de cuantificación como función del tamaño del grupo de bits. La descripción de la patente WO 2006/111294 (p. ej. página 16, línea 29 a página 17, línea 16; página 18, línea 29 a página 19, línea 12; figuras 2a a 2c) muestra cómo se selecciona un cuantificador usando la relación entre la energía local de un canal de audio (o par de canales) y la energía total de una señal de audio multicanal, y usando cuantificación fina, media o gruesa de acuerdo con la relación entre energía local y total.

55

## Compendio

Según un aspecto, se describe una unidad de cuantificación (también referida en el presente documento como una unidad de cuantificación de coeficientes) configurada para cuantificar un primer coeficiente de un bloque de coeficientes. El bloque de coeficientes puede corresponder a o derivarse de un bloque de coeficientes residuales de predicción (también referido como un bloque de coeficientes de error de predicción). Como tal, la unidad de cuantificación puede ser parte de un codificador de audio basado en transformadas que emplea predicción de subbanda, como se describe con más detalle más adelante. En términos generales, el bloque de coeficientes puede comprender una pluralidad de coeficientes para una pluralidad de periodos de frecuencia correspondientes. El bloque de coeficientes puede derivarse de un bloque de coeficientes de transformadas, en el que el bloque de coeficientes de transformadas se ha determinado convirtiendo una señal de audio (p. ej. una señal vocal) del dominio temporal al dominio frecuencial usando una transformada de dominio temporal a dominio frecuencial (p. ej. una transformada modificada de coseno discreto, MDCT).

Debe señalarse que el primer coeficiente del bloque de coeficientes puede corresponder a uno o más de los coeficientes del bloque de coeficientes. El bloque de coeficientes puede comprender coeficientes  $K$  ( $K > 1$ , p. ej.  $K = 256$ ). El primer coeficiente puede corresponder a cualquiera de los coeficientes de frecuencia  $k = 1, \dots, K$ . Tal como se expondrá a continuación, la pluralidad de periodos de frecuencia  $K$  puede agruparse en una pluralidad de bandas de frecuencia  $L$ , con  $1 < L < K$ . Puede asignarse un coeficiente del bloque de coeficientes a una de las diversas bandas de frecuencia  $l$  ( $l = 1, \dots, L$ ). Los coeficientes  $q$ , con  $q = 1, \dots, Q$  y  $0 < Q < K$ , que están asignados a una banda de frecuencias concreta  $l$  pueden cuantificarse usando el mismo cuantificador. El primer coeficiente puede corresponder al coeficiente  $q^{\text{ésimo}}$  de la banda de frecuencias  $l^{\text{ésima}}$ , para cualquier  $q = 1, \dots, Q$ , y para cualquier  $l = 1, \dots, L$ .

La unidad de cuantificación puede configurarse de modo que proporcione un conjunto de cuantificadores. Dicho conjunto de cuantificadores puede comprender una pluralidad de cuantificadores diferentes asociados a una pluralidad de relaciones señal-ruido (SNR, por su sigla en inglés) diferentes o una pluralidad de niveles de distorsión diferentes, respectivamente. Como tales, los diferentes cuantificadores del conjunto de cuantificadores pueden producir SNR o niveles de distorsión respectivos. Los cuantificadores dentro del conjunto de cuantificadores pueden ordenarse de acuerdo con la pluralidad de SNR asociadas a la pluralidad de cuantificadores. En concreto, los cuantificadores pueden ordenarse de tal modo que la SNR que se obtiene usando un cuantificador concreto se incrementa en comparación con la SNR que se obtiene usando un cuantificador adyacente inmediatamente anterior.

Se puede hacer también referencia al conjunto de cuantificadores como un conjunto de cuantificadores admisible. Normalmente, el número de cuantificadores incluidos en el conjunto de cuantificadores se limita a un número  $R$  de cuantificadores. El número  $R$  de cuantificadores incluidos en el conjunto de cuantificadores puede seleccionarse en función de un abanico global de SNR que debe cubrir un conjunto de cuantificadores (p. ej. un abanico de SNR desde aprox. 0 dB a 30 dB). Además, el número  $R$  de cuantificadores depende normalmente de una diferencia objetivo de SNR entre cuantificadores adyacentes dentro de un conjunto de cuantificadores ordenado. El valor típico para el número  $R$  de cuantificadores oscila entre 10 y 20 cuantificadores.

La pluralidad de cuantificadores diferentes puede comprender un cuantificador de relleno de ruido, uno o más cuantificadores distorsionados, y/o uno o más cuantificadores no distorsionados. En un ejemplo preferido, la pluralidad de cuantificadores diferentes comprende un cuantificador de relleno de ruido único, uno más cuantificadores distorsionados y uno más cuantificadores no distorsionados. Tal como se expondrá en el presente documento, es beneficioso usar un cuantificador de relleno de ruido para una situación de velocidad de bits cero (p. ej. en lugar de usar un cuantificador distorsionado con un paso de cuantificación de tamaño grande). El cuantificador de relleno de ruido se asocia a la SNR relativamente más baja de la pluralidad de SNR, y el cuantificador o los cuantificadores distorsionados pueden asociarse a la SNR o las SNR relativamente más altas de la pluralidad de SNR. El cuantificador o los cuantificadores distorsionados pueden asociarse a una o más SNR intermedias, que son más altas que la SNR relativamente más baja y que son más bajas que la SNR o las SNR relativamente más altas de la pluralidad de SNR. Como tal, el conjunto de cuantificadores ordenado puede comprender un cuantificador de relleno de ruido para la SNR más baja (p. ej. inferior o igual a 0 dB), seguido de uno o más cuantificadores distorsionados para SNR intermedias, y seguido de uno o más cuantificadores no distorsionados para SNR relativamente altas. De este modo puede mejorarse la calidad perceptual de una señal de audio reconstruida (derivada del bloque de coeficientes cuantificados, cuantificados utilizando el conjunto de cuantificadores). En concreto, es posible reducir los artefactos audibles causados por agujeros espectrales, manteniendo al mismo tiempo elevado el rendimiento en MSE (error medio cuadrático) de la unidad de cuantificación.

El cuantificador de relleno de ruido puede incluir un generador de números aleatorios configurado para generar números aleatorios de acuerdo con un modelo estadístico predeterminado. El modelo estadístico predeterminado del generador de números aleatorios del cuantificador de relleno de ruido puede depender de la información adjunta (p. ej. un indicador de conservación de la varianza se encuentra en el codificador y en un descodificador correspondiente). El cuantificador de relleno de ruido puede configurarse para cuantificar el primer coeficiente (o cualquiera de los coeficientes del bloque de coeficientes) sustituyendo el primer coeficiente por un número aleatorio generado por el generador de números aleatorios. El generador de números aleatorios usados en la unidad de cuantificación (p. ej. en un descodificador local incluido en un codificador) puede estar en sincronización con un

generador de números aleatorios en una unidad de cuantificación inversa (en un descodificador correspondiente). Como tal, la salida del cuantificador de relleno de ruido puede ser independiente del primer coeficiente, de forma que la salida del cuantificador de relleno de ruido puede que no requiera la transmisión de ningún índice de cuantificación. El cuantificador de relleno de ruido puede asociarse a una SNR que tenga un valor próximo o similar a 0 dB. Durante el proceso de asignación de velocidad, puede considerarse que el cuantificador de relleno de ruido proporciona una SNR de 0 dB aunque en la práctica, su SNR pueda desviarse ligeramente de cero (p. ej. puede ser ligeramente inferior a 0 dB (debido a la síntesis de una señal que sea independiente de la señal de entrada)).

La SNR del cuantificador de relleno de ruido puede ajustarse en función de uno o más parámetros adicionales. Por ejemplo, la varianza del cuantificador de relleno de ruido puede ajustarse configurando la varianza de la señal sintetizada (es decir, la varianza de los coeficientes que se han cuantificado usando el cuantificador de relleno de ruido) de acuerdo con una función predefinida de la ganancia del predictor. Opcionalmente o además, la varianza de la señal sintetizada puede configurarse mediante un indicador que se transmite en el tren de bits. En concreto, la varianza del cuantificador de relleno de ruido puede ajustarse mediante una de las dos funciones predefinidas de la ganancia del predictor  $\rho$  (que se indica más adelante en este documento), donde una de estas funciones puede seleccionarse para hacer que la señal sintetizada sea dependiente del indicador (p. ej. dependiente del indicador de conservación de la varianza). A modo de ejemplo, la varianza de la señal generada por el cuantificador de relleno de ruido puede ajustarse de tal modo que la SNR del cuantificador de relleno de ruido corresponda al intervalo [-3,0 dB a 0 dB]. Una SNR de 0 dB es normalmente beneficiosa desde un punto de vista de MMSE (error medio cuadrático mínimo). Por otra parte, la calidad perceptual puede incrementarse cuando se utiliza SNR más bajas (p. ej. reducidas hasta -3,0 dB).

El cuantificador o los cuantificadores distorsionados son preferiblemente cuantificadores distorsionados sustractivos. En concreto, un cuantificador distorsionado del grupo de cuantificadores distorsionados puede comprender una unidad de aplicación de distorsión configurada para determinar un primer coeficiente distorsionado aplicando un valor de distorsión (también referido como número de distorsión) al primer coeficiente. Además, el cuantificador distorsionado puede comprender un cuantificador escalar configurado para determinar un primer índice de cuantificación asignando el primer coeficiente distorsionado a un intervalo del cuantificador escalar. Como tal, el cuantificador distorsionado puede generar un primer índice de cuantificación basado en el primer coeficiente. De modo similar, es posible cuantificar uno o más de los coeficientes del bloque de coeficientes.

Un cuantificador distorsionado del grupo de cuantificadores distorsionados puede comprender además un cuantificador escalar inverso configurado para asignar un primer valor de reconstrucción al primer índice de cuantificación. Además, el cuantificador distorsionado puede comprender una unidad de eliminación de distorsión configurada para determinar un primer coeficiente no distorsionado eliminando el valor de distorsión (es decir, el mismo valor de distorsión que ha sido aplicado por la unidad de aplicación de distorsión) del primer valor de reconstrucción.

Además, el cuantificador distorsionado puede comprender una unidad de aplicación de post-ganancia configurada para determinar un primer coeficiente distorsionado aplicando una post-ganancia de cuantificador y al primer coeficiente no distorsionado. Al aplicar la post-ganancia y al primer coeficiente no distorsionado, puede mejorarse el rendimiento en MSE del cuantificador distorsionado. La post-ganancia y del cuantificador puede expresarse mediante la fórmula

$$\gamma = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_x^2 + \frac{\Delta^2}{12}},$$

siendo  $\sigma_x^2 = E\{X^2\}$  una varianza de uno o más de los coeficientes del bloque de coeficientes, y siendo  $\Delta$  un tamaño de paso de cuantificador del cuantificador escalar del cuantificador distorsionado.

Como tal, el cuantificador distorsionado puede configurarse para efectuar cuantificación inversa a fin de producir un coeficiente cuantificado. Este puede usarse en el descodificador local de un codificador, lo que facilita una predicción de bucle cerrado, p. ej. aquella en que el bucle de predicción del codificador se mantiene en sincronía con el bucle de predicción del descodificador.

La unidad de aplicación de distorsión puede configurarse para sustraer el valor de distorsión del primer coeficiente, y la unidad de eliminación de distorsión puede configurarse para añadir el valor de distorsión al primer valor de reconstrucción. Opcionalmente, la unidad de aplicación de distorsión puede configurarse para añadir el valor de distorsión al primer coeficiente, y la unidad de eliminación de distorsión puede configurarse para sustraer el valor de distorsión del primer valor de reconstrucción.

La unidad de cuantificación puede comprender además un generador de distorsión configurado para generar un bloque de valores de distorsión. Para facilitar la sincronización entre el codificador y el descodificador, los valores de distorsión pueden ser números pseudoaleatorios. El bloque de valores de distorsión puede comprender una pluralidad

de valores de distorsión para la pluralidad de periodos de frecuencia, respectivamente. Como tal, el generador de distorsión puede configurarse para generar un valor de distorsión para cada uno de los coeficientes del bloque de coeficientes, que debe cuantificarse, independientemente de si un coeficiente en particular debe cuantificarse usando uno de los cuantificadores distorsionados o no. Esto es beneficioso para mantener la sincronización entre un generador de distorsión usado en un codificador y otro usado en un decodificador correspondiente.

El cuantificador escalar del cuantificador distorsionado tiene un tamaño de paso de cuantificador  $\Delta$  predeterminado. Como tal, el cuantificador escalar del cuantificador distorsionado puede ser un cuantificador uniforme. Los valores de distorsión pueden asumir valores de un intervalo de distorsión predeterminado. El intervalo de distorsión predeterminado puede tener una longitud igual o menor que el tamaño de paso de cuantificador  $\Delta$  predeterminado. Además, el bloque de valores de distorsión puede componerse de realizaciones de una variable aleatoria distribuida uniformemente dentro del intervalo de distorsión predeterminado. Por ejemplo, el generador de distorsión está configurado para generar un bloque de valores de distorsión que están extraídos de un intervalo de distorsión normalizado (p. ej.  $[0, 1]$  o  $[-0,5, 0,5]$ ). En ese sentido, la longitud de un intervalo de distorsión normalizado puede ser uno. El bloque de valores de distorsión puede a continuación multiplicarse por el tamaño de paso de cuantificador  $\Delta$  predeterminado del cuantificador distorsionado concreto. De este modo, puede obtenerse una realización de distorsión adecuada para usarse con el cuantificador que tiene un tamaño de paso  $\Delta$ . En concreto, de este modo se obtiene un cuantificador que cumple las así llamadas condiciones de Schuchman (L. Schuchman, "Dither signals and their effect on quantization noise", IEEE TCOM, pág. 162-165, dic. 1964).

El generador de distorsión puede configurarse para seleccionar una de  $M$  realizaciones de distorsión predeterminadas, donde  $M$  es un número entero mayor que uno. Además, el generador de distorsión puede configurarse para generar el bloque de valores de distorsión basado en la realización de la distorsión seleccionada. En concreto, en algunas implementaciones, el número de realizaciones de distorsión puede ser limitado. A modo de ejemplo, el número  $M$  de realizaciones de distorsión predeterminadas puede ser 10, 5, 4 o menor. Esto puede ser beneficioso con respecto a la subsiguiente codificación de entropía de los índices de cuantificación que se han obtenido usando el cuantificador o los cuantificadores distorsionados. En concreto, el uso de un número limitado  $M$  de realizaciones de distorsión permite entrenar un codificador entrópico para los índices de cuantificación basándose en el número limitado de realizaciones de distorsión. De este modo, puede usarse un código instantáneo (como, por ejemplo, la codificación Huffman multidimensional), en lugar de código aritmético, lo que puede ser ventajoso en términos de complejidad operativa.

Un cuantificador no distorsionado del grupo de cuantificadores no distorsionados puede ser un cuantificador escalar con un tamaño de paso de cuantificador uniforme predeterminado. En ese sentido, el grupo de cuantificadores no distorsionados puede consistir en cuantificadores deterministas, que no utilizan una distorsión (seudo)aleatoria.

Tal como se ha expuesto, el conjunto de cuantificadores puede ser ordenado, lo que puede resultar beneficioso, en vista de que el proceso de asignación de bits es eficiente. En concreto, la ordenación del conjunto de cuantificadores permite seleccionar un cuantificador del conjunto de cuantificadores basándose en un índice de números enteros. El conjunto de cuantificadores puede ordenarse de tal modo que el incremento en SNR entre cuantificadores adyacentes sea, al menos aproximadamente, constante. Dicho de otro modo, una diferencia de SNR entre dos cuantificadores puede venir de la diferencia de las SNR asociadas a un par de cuantificadores adyacentes del conjunto de cuantificadores ordenado. Las diferencias de SNR para todos los pares de cuantificadores adyacentes de la pluralidad de cuantificadores ordenados pueden corresponder a un intervalo de diferencias de SNR predeterminado centrado en torno a una diferencia objetivo de SNR predeterminada. Una longitud del intervalo de diferencia de SNR predeterminado puede ser inferior al 10 % o el 5 % de la diferencia objetivo de SNR predeterminada. La diferencia objetivo de SNR puede fijarse de tal modo que un conjunto de cuantificadores relativamente pequeño pueda operar en una gama de SNR global relativamente grande. Por ejemplo, en aplicaciones típicas el conjunto de cuantificadores puede facilitar el funcionamiento dentro de un intervalo entre 0 dB SNR y 30 dB SNR. La diferencia objetivo de SNR predeterminada puede fijarse en 1,5 dB o 3 dB, permitiendo así cubrir la gama de SNR global de 30 dB con un conjunto de cuantificadores que comprenden de 10 a 20 cuantificadores. En ese sentido, un incremento del índice de números enteros de un cuantificador del conjunto de cuantificadores ordenados se traduce directamente en un incremento de SNR correspondiente. Esta relación unívoca es beneficiosa para la implementación de un proceso de asignación de bits eficiente, que asigna un cuantificador con una SNR concreta a una banda de frecuencia concreta de acuerdo con una limitación de velocidad de transferencia de bits dada.

La unidad de cuantificación puede configurarse para determinar una indicación de SNR indicativa de una SNR atribuida al primer coeficiente. La SNR atribuida al primer coeficiente puede determinarse usando un proceso de asignación de velocidad (también referida como un proceso de asignación de bits). Tal como se ha indicado antes, la SNR atribuida al primer coeficiente puede identificar directamente un cuantificador del conjunto de cuantificadores. En cuanto tal, la unidad de cuantificación puede configurarse para seleccionar un primer cuantificador del conjunto de cuantificadores, basándose en la indicación de SNR. Además, la unidad de cuantificación puede configurarse para cuantificar el primer coeficiente usando el primer cuantificador. En concreto, la unidad de cuantificación puede configurarse para determinar un primer índice de cuantificación para el primer coeficiente. El primer índice de cuantificación puede tener codificación entrópica y puede transmitirse como datos de coeficientes dentro de un tren

de bits a una unidad de cuantificación inversa correspondiente (de un descodificador correspondiente). Además, la unidad de cuantificación puede configurarse para determinar un primer coeficiente cuantificado a partir del primer coeficiente. El primer coeficiente cuantificado puede usarse dentro de un indicador del codificador.

5 El bloque de coeficientes puede asociarse a una envolvente de bloque espectral (p.ej. una envolvente de corriente o una envolvente de corriente cuantificada, tal como se describe más adelante). En concreto, el bloque de coeficientes puede obtenerse suavizando un bloque de coeficientes de transformadas (derivado de un segmento de la señal de audio de entrada) usando la envolvente de bloque espectral. La envolvente de bloque espectral puede ser indicativa de una pluralidad de valores de energía espectral para la pluralidad de períodos de frecuencia. En concreto, la envolvente de bloque espectral puede ser indicativa de la importancia relativa de los coeficientes del bloque de coeficientes. En cuanto tal, la envolvente de bloque espectral (o una envolvente derivada de la envolvente de bloque espectral, como la envolvente de la asignación descrita más adelante) puede usarse a efectos de asignación de velocidad de transferencia. En concreto, la indicación de SNR puede depender de la envolvente de bloque espectral. La indicación de SNR puede depender además de un parámetro de compensación para compensar la envolvente de bloque espectral. Durante un proceso de asignación de velocidad de transferencia, el parámetro de compensación puede incrementarse/reducirse hasta que los datos de coeficientes generados a partir del bloque de coeficientes cuantificados y codificados cumpla un límite de transferencia de bits predeterminado (p. ej. el parámetro de compensación puede seleccionarse lo más grande posible de tal forma que el bloque de coeficientes codificado no exceda un número de bits predeterminado). Por lo tanto, el parámetro de compensación puede depender de un número predeterminado de bits disponible para codificar el bloque de coeficientes.

20 La señal SNR que es indicativa de la SNR atribuida al primer coeficiente puede determinarse compensando un valor derivado de la envolvente del bloque espectral asociada al período de frecuencia del primer coeficiente usando el parámetro de compensación. En concreto, puede usarse una fórmula de asignación de bits tal como se describe en el presente documento para determinar la señal SNR. La fórmula de asignación de bits puede ser una función de una envolvente de asignación derivada de la envolvente del bloque espectral y del parámetro de compensación.

25 Como tal, la señal SNR puede depender de una envolvente de asignación derivada de la envolvente de bloque espectral. La envolvente de asignación puede tener una resolución de asignación (p. ej. una resolución de 3 dB). La asignación de resolución preferiblemente depende de la diferencia de SNR entre cuantificadores adyacentes del conjunto de cuantificadores. En concreto, la resolución de asignación y la diferencia de SNR pueden corresponder a otro. En un ejemplo, la diferencia de SNR es 1,5 dB y la resolución de asignación es 3 dB. Al seleccionar la resolución de asignación y la diferencia de SNR correspondientes (p. ej. al seleccionar una resolución de asignación que sea el doble de la diferencia de SNR, en el dominio de decibelios), puede simplificarse el proceso de asignación de bits y/o el proceso de selección de cuantificador (usando por ejemplo la fórmula de asignación de bits descrita en el presente documento).

35 Puede asignarse la pluralidad de coeficientes del bloque de coeficientes a una pluralidad de bandas de frecuencias. Una banda de frecuencias puede comprender uno o más períodos de frecuencia. En ese sentido, puede asignarse más de uno de los coeficientes a la misma banda de frecuencias. Normalmente, el número de períodos de frecuencia por banda de frecuencias se incrementa con la frecuencia. En concreto, la estructura de bandas de frecuencias (p. ej. el número de períodos de frecuencia por banda de frecuencias) puede seguir consideraciones psicoacústicas. La unidad de cuantificación puede configurarse para seleccionar un cuantificador del conjunto de cuantificadores para cada una de las bandas de frecuencias, de forma que los coeficientes que se asignen a una misma banda de frecuencias se cuantifiquen usando el mismo cuantificador. El cuantificador que se use para cuantificar una banda de frecuencias concreta puede determinarse basándose en uno o más de los valores de energía espectral de la envolvente de bloque espectral dentro de la banda de frecuencias concreta. El uso de una estructura de banda de frecuencias a efectos de cuantificación puede ser beneficioso por lo que respecta al rendimiento psicoacústico del esquema de cuantificación.

40 La unidad de cuantificación puede configurarse para recibir información anexa indicativa de una propiedad del bloque de coeficientes. A modo de ejemplo, la información anexa puede incluir una ganancia predictiva determinada por un indicador incluido dentro de un codificador que incluye la unidad de cuantificación. La ganancia predictiva puede ser indicativa del contenido tonal del bloque de coeficientes. Opcionalmente o además, la información anexa puede incluir un coeficiente de reflexión espectral derivado basado en el bloque de coeficientes y/o en la envolvente del bloque espectral. El coeficiente de reflexión espectral puede ser indicativo del contenido fricativo del bloque de coeficientes. La unidad de cuantificación puede configurarse para extraer la información anexa de los datos, que está disponible tanto en el codificador como en el descodificador, y comprende la unidad de cuantificación en un descodificador correspondiente que incluye una unidad de cuantificación inversa correspondiente. Como tal, la transmisión de la información anexa desde el codificador al descodificador puede que no requiera bits adicionales.

50 La unidad de cuantificación puede configurarse para determinar el conjunto de cuantificadores en dependencia de la información anexa. En concreto, una serie de cuantificadores distorsionados dentro del conjunto de cuantificadores puede depender de la información anexa. Y más en concreto, el número de cuantificadores distorsionados comprendidos en el conjunto de cuantificadores puede disminuir al disminuir la ganancia predictiva, y viceversa. Al hacer que el conjunto de cuantificadores dependa de la información anexa, puede mejorarse el rendimiento perceptual del esquema de cuantificación.

La información anexa puede incluir un señalizador de conservación de la varianza. El señalizador de conservación de la varianza puede ser indicativo de cómo debe ajustarse una varianza del bloque de coeficientes. Dicho de otro modo, el señalizador de conservación de la varianza puede ser indicativo del procesamiento que debe realizar el descodificador, que afecta a la varianza del bloque de coeficientes que debe ser reconstruido por el cuantificador.

- 5 A modo de ejemplo, puede determinarse que el conjunto de cuantificadores dependa del señalizador de conservación de la varianza. En concreto, una ganancia de ruido del cuantificador de relleno de ruido puede depender del señalizador de conservación de la varianza. Opcionalmente o además, el o los cuantificadores distorsionados pueden cubrir una gama de SNR y puede determinarse que la gama de SNR dependa del  
 10 señalizador de conservación de la varianza. Además, la post-ganancia y puede depender del señalizador de conservación de la varianza. Opcionalmente o además, puede determinarse que la post-ganancia y del cuantificador distorsionado dependa de un parámetro que es una función predefinida de la ganancia predictiva.

- El señalizador de conservación de la varianza puede usarse para adaptar el grado de ruidosidad de los codificadores a la calidad de la predicción. A modo de ejemplo, puede determinarse que la post-ganancia y del cuantificador distorsionado dependa de un parámetro que es una función predefinida de la ganancia predictiva. Opcionalmente o  
 15 además, la post-ganancia y puede determinarse mediante una comparación de una post-ganancia que preserva la varianza escalada mediante una función predefinida de la ganancia predictiva a una post-ganancia óptima con error medio cuadrático y seleccionando la mayor de las dos ganancias. En concreto, la función predefinida de la ganancia predictiva puede reducir la varianza de la señal reconstruida a medida que se incrementa la ganancia predictiva. Como resultado de ello, puede mejorarse la calidad perceptual del códec.

- 20 Según un aspecto más, se describe una unidad de cuantificación inversa (también referida en el presente documento como un descodificador espectral) configurada para descodificar un primer índice de cuantificación de un bloque de índices de cuantificación. Dicho de otro modo, la unidad de cuantificación inversa puede configurarse para determinar valores de reconstrucción para un bloque de coeficientes, basándose en los datos de coeficientes (p. ej.  
 25 basándose en los índices de cuantificación). Debe señalarse que todas las características y aspectos que se han descrito en el presente documento en el contexto de una unidad de cuantificación son también aplicables a la unidad de cuantificación inversa correspondiente. En concreto, esto se aplica a las características relacionadas con la estructura y el diseño del conjunto de cuantificadores, a la dependencia del conjunto de cuantificadores de la información anexa, al proceso de asignación de bits, etc.

- Los índices de cuantificación pueden asociarse a un bloque de coeficientes que comprende una pluralidad de  
 30 coeficientes para una pluralidad de períodos de frecuencia correspondientes. En concreto, los índices de cuantificación pueden asociarse a coeficientes cuantificados (o valores de reconstrucción) de un bloque correspondiente de coeficientes cuantificados. Tal como se ha expuesto en el contexto de la unidad de cuantificación correspondiente, el bloque de coeficientes cuantificados puede corresponder a o derivarse de un bloque de coeficientes residuales de predicción. De modo más genérico, el bloque de coeficientes cuantificados puede haberse  
 35 derivado de un bloque de coeficientes de transformadas, que se ha obtenido de un segmento de una señal de audio usando una transformada de dominio temporal a dominio frecuencial.

- La unidad de cuantificación inversa puede configurarse para proporcionar un conjunto de cuantificadores. Como se ha expuesto antes, el conjunto de cuantificadores puede redactarse o generarse basándose en información anexa que está disponible en la unidad de cuantificación inversa y en la unidad de cuantificación correspondiente. El  
 40 conjunto de cuantificadores comprende normalmente una pluralidad de cuantificadores diferentes asociados a una pluralidad de relaciones señal-ruido (SNR) diferentes, respectivamente. Además, el conjunto de cuantificadores puede ordenarse según el aumento o disminución de la SNR tal como se ha expuesto. El incremento o disminución de la SNR entre cuantificadores adyacentes puede ser básicamente constante.

- La pluralidad de cuantificadores diferentes puede incluir un cuantificador de relleno de ruido que corresponde al  
 45 cuantificador de relleno de ruido de la unidad de cuantificación. En un ejemplo preferido, la pluralidad de cuantificadores diferentes incluye un cuantificador de relleno de ruido único. El cuantificador de relleno de ruido de la unidad de cuantificación inversa está configurado para proporcionar una reconstrucción del primer coeficiente usando una realización de una variable aleatoria generada de acuerdo con un modelo estadístico prescrito. En ese sentido, debe señalarse que el bloque de índices de cuantificación normalmente no incluye ningún índice de  
 50 cuantificación para los coeficientes que deben reconstruirse usando el cuantificador de relleno de ruido. Por lo tanto, los coeficientes que deben reconstruirse usando el cuantificador de relleno de ruido están asociados a una velocidad de transferencia de bits cero.

- Además, la pluralidad de cuantificadores diferentes puede incluir uno o más cuantificadores distorsionados. El o los  
 55 cuantificadores distorsionados pueden incluir uno o más cuantificadores escalares inversos respectivos configurados para asignar un primer valor de reconstrucción al primer índice de cuantificación. Además, el o los cuantificadores distorsionados pueden incluir una o más unidades de eliminación de distorsión respectivos configurados para determinar un primer coeficiente no distorsionado eliminando el valor de distorsión del primer valor de reconstrucción. El generador de distorsión de la unidad de cuantificación inversa está normalmente en sincronía con el generador de distorsión de la unidad de cuantificación. Tal como se ha expuesto en el contexto de la unidad de

cuantificación, el o los cuantificadores distorsionados preferiblemente aplican una post-ganancia de cuantificador, a fin de mejorar el rendimiento en MSE de los cuantificadores distorsionados.

Además, la pluralidad de cuantificadores puede incluir uno o más cuantificadores distorsionados. Estos pueden incluir cuantificadores escalares uniformes respectivos que están configurados para asignar valores de reconstrucción respectivos al primer índice de cuantificación (sin llevar a cabo una eliminación de distorsión subsiguiente ni aplicar una post-ganancia de cuantificador).

Además, la unidad de cuantificación inversa puede configurarse para determinar una señal SNR indicativa de una SNR atribuida a un primer coeficiente del bloque de coeficientes (o a un primer coeficiente cuantificado del bloque de coeficientes cuantificados). La señal SNR puede determinarse basándose en la envolvente de bloque espectral (que normalmente también está disponible en el descodificador que incluye la unidad de cuantificación inversa) y basándose en el parámetro de compensación (que se incluye normalmente en el tren de bits transmitido desde el codificador al descodificador). En concreto, la señal SNR puede ser indicativa de un número de índice de un cuantificador inverso (o un cuantificador) que debe seleccionarse del conjunto de cuantificadores. La unidad de cuantificación inversa puede proceder seleccionando un primer cuantificador del conjunto de cuantificadores, basándose en la señal SNR. Tal como se ha expuesto en el contexto de la unidad de cuantificación correspondiente, este proceso de selección puede implementarse de manera eficiente, al utilizar un conjunto de cuantificadores ordenado. Además, la unidad de cuantificación inversa puede configurarse para determinar un primer coeficiente cuantificado para el primer coeficiente usando el primer cuantificador seleccionado.

Según otro aspecto, se describe un codificador de audio basado en transformadas configurado para codificar una señal de audio en un tren de bits. El codificador puede incluir una unidad de cuantificación configurada para determinar una pluralidad de índices de cuantificación cuantificando una pluralidad de coeficientes de un bloque de coeficientes. La unidad de cuantificación puede incluir uno o más cuantificadores distorsionados. La unidad de cuantificación puede incluir cualquiera de las características relacionadas de la unidad de cuantificación que se describen en el presente documento.

La pluralidad de coeficientes puede asociarse a una pluralidad de períodos de frecuencia correspondientes. Como se ha expuesto antes, el bloque de coeficientes puede haberse obtenido de un segmento de la señal de audio. En concreto, el segmento de la señal de audio puede haberse transformado desde el dominio temporal al dominio frecuencial para producir un bloque de coeficientes de transformadas. El bloque de coeficientes que son cuantificados por la unidad de cuantificación puede haberse derivado del bloque de coeficientes de transformadas.

El codificador puede incluir además un generador de distorsión para seleccionar una realización de distorsión. Además, el codificador puede incluir un codificador entrópico configurado para seleccionar una palabra de código basada en un modelo estadístico predefinido de un coeficiente de transformadas, en el que el modelo estadístico (es decir, la función de distribución de probabilidad) de los coeficientes de transformadas puede condicionarse además a la realización de la distorsión. Tal modelo estadístico puede usarse entonces para calcular la probabilidad de un índice de cuantificación, especialmente una probabilidad del índice de cuantificación condicionado a la realización de la distorsión correspondiente al coeficiente. La probabilidad del índice de cuantificación puede usarse para generar una palabra de código binario que esté asociada a este índice de cuantificación. Además, puede codificarse conjuntamente una secuencia de índices de cuantificación basándose en sus probabilidades respectivas, donde las probabilidades respectivas pueden estar condicionadas a las realizaciones de distorsión respectivas. Por ejemplo, dicha codificación conjunta de una secuencia de índices de cuantificación puede llevarse a cabo mediante una codificación aritmética o codificación de intervalo.

Según otro aspecto, el codificador puede incluir un generador de distorsión configurado para seleccionar una realización de distorsión predeterminada de entre varias. La pluralidad de realizaciones de distorsión predeterminadas puede comprender M realizaciones de distorsión predeterminadas diferentes. Además, el generador de distorsión puede configurarse para generar una pluralidad de valores de distorsión para cuantificar la pluralidad de coeficientes, basándose en la realización de distorsión seleccionada. M puede ser un número entero superior a uno. En concreto, el número M de realizaciones de distorsión predeterminadas puede ser 10, 5, 4 o inferior. El generador de distorsión puede incluir cualquiera de las características relacionadas del generador de distorsión descritas en el presente documento.

Además, el codificador puede incluir un codificador entrópico configurado para seleccionar una lista de códigos de entre M listas de códigos predeterminadas. El codificador entrópico puede configurarse además para codificar entrópicamente la pluralidad de índices de cuantificación usando la lista de códigos seleccionada. Las M listas de códigos predeterminadas pueden asociarse a las M realizaciones de distorsión predeterminadas, respectivamente. En concreto, las M listas de códigos predeterminadas se pueden haber entrenado usando las M realizaciones de distorsión predeterminadas, respectivamente. Las M listas de códigos predeterminadas pueden incluir palabras de código Huffman de longitud variable.

El codificador entrópico puede configurarse para seleccionar la lista de códigos asociada a la realización de distorsión seleccionada por el generador de distorsión. Dicho de otro modo, el codificador entrópico puede seleccionar una lista de códigos para codificación entrópica, que se asocia a (p. ej. que ha sido entrenado para) la

realización de distorsión usada para generar la pluralidad de índices de cuantificación. De este modo, puede mejorarse (p. ej. al optimizarse) la ganancia de codificación del codificador entrópico, incluso al usar diferentes cuantificadores. Se ha observado por parte de los inventores que los beneficios perceptuales de utilizar diferentes cuantificadores pueden lograrse incluso al usar un número relativamente pequeño M de realizaciones de distorsión.

5 Consiguientemente, sólo debe proporcionarse un número relativamente pequeño M de listas de códigos para permitir una codificación entrópica optimizada.

Los datos de coeficientes indicativos de los índices de cuantificación codificada entrópica se insertan normalmente en el tren de bits, para su transmisión o suministro al descodificador correspondiente.

10 Según otro aspecto, se describe un descodificador de audio configurado para descodificar un tren de bits para proporcionar una señal de audio reconstruida. Debe señalarse que las características y aspectos descritos en el contexto del codificador de audio correspondiente son también aplicables al descodificador de audio. En concreto, los aspectos relativos al uso de un número limitado M de realizaciones distorsionadas y un número limitado M de listas de códigos correspondiente son también aplicables al descodificador de audio.

15 El descodificador de audio incluye un generador de distorsión configurado para seleccionar una de M realizaciones de distorsión predeterminadas. Las M realizaciones de distorsión predeterminadas son las mismas que las M realizaciones de distorsión predeterminadas usadas por el codificador correspondiente. Además, el generador de distorsión puede configurarse para generar una pluralidad de valores de distorsión basándose en la realización de distorsión seleccionada. M puede ser un número entero mayor que uno. A modo de ejemplo, M puede encontrarse en la escala de 10 o 5. La pluralidad de valores de distorsión puede ser usada por una unidad de cuantificación inversa que incluya uno o más cuantificadores distorsionados que están configurados para determinar una pluralidad correspondiente de coeficientes cuantificados basándose en una pluralidad correspondiente de índices de cuantificación. El generador de distorsión y la unidad de cuantificación inversa pueden incluir cualquiera de las características del generador de distorsión relacionado y la unidad de cuantificación inversa relacionada descritas en el presente documento, respectivamente.

20

25 Por otra parte, el descodificador de audio puede incluir un descodificador entrópico configurado para seleccionar una lista de códigos a partir de M listas de códigos predeterminadas. Las M listas de códigos predeterminadas son las mismas que las listas de códigos usadas por el codificador correspondiente. Además, el descodificador entrópico puede configurarse para descodificar entrópicamente datos de coeficientes del tren de bits usando la lista de códigos seleccionada, para proporcionar la pluralidad de índices de cuantificación. Las M listas de códigos predeterminadas pueden asociarse a las realizaciones de distorsión predeterminadas M, respectivamente. El descodificador entrópico puede configurarse para seleccionar la lista de códigos asociada a la realización de distorsión seleccionada por el generador de distorsión. La señal de audio reconstruida se determina basándose en la pluralidad de coeficientes cuantificados.

30

35 Según otro aspecto, se describe un codificador vocal basado en transformadas configurado para codificar una señal vocal en un tren de bits. Tal como se ha indicado antes, el codificador puede incluir cualquiera de las características y componentes relacionados con el codificador que se han descrito en el presente documento. En concreto, el codificador puede incluir una unidad de estructuración configurada para recibir una pluralidad de bloques secuenciales de coeficientes de transformadas. La pluralidad de los bloques secuenciales comprende un bloque actual y uno o más bloques anteriores. Por otra parte, la pluralidad de bloques secuenciales es indicativa de muestras de la señal vocal. En concreto, la pluralidad de bloques secuenciales puede haberse determinado usando una transformada de dominio temporal a dominio frecuencial, como la Transformada modificada de coseno discreto (MDCT). Como tal, un bloque de coeficientes de transformadas puede comprender coeficientes de MDCT. El número de coeficientes de transformadas puede ser limitado. A modo de ejemplo, un bloque de coeficientes de transformadas puede comprender 256 coeficientes de transformadas en 256 periodos de frecuencia.

40

45 Además, el codificador vocal puede incluir una unidad de nivelación configurada para determinar un bloque actual de coeficientes de transformadas planas suavizando el correspondiente bloque actual de coeficientes de transformadas usando una envolvente de bloque actual (espectral) correspondiente (p. ej. la envolvente ajustada correspondiente). Por otra parte, el codificador vocal puede incluir un predictor configurado para predecir un bloque actual de coeficientes de transformadas planas estimados basándose en uno o más parámetros del predictor. Además, el

50 codificador vocal puede incluir una unidad diferencial configurada para determinar un bloque actual de coeficientes de error de predicción basándose en el bloque actual de coeficientes de transformadas planas y en el bloque actual de coeficientes de transformadas planas estimados.

El predictor puede configurarse para determinar el bloque actual de coeficientes de transformadas planas estimados aplicando un criterio de error medio cuadrático ponderado (p. ej. minimizando un criterio de error medio cuadrático ponderado). El criterio de error medio cuadrático ponderado puede tener en cuenta la actual envolvente de bloque o alguna función predefinida de la actual envolvente de bloque como ponderaciones. En el presente documento, se describe diversos modos diferentes de determinar la ganancia del predictor aplicando un criterio de error cuadrático con medias ponderadas.

55

Además, el codificador vocal puede incluir una unidad de cuantificación configurada para cuantificar coeficientes derivados del bloque actual de coeficientes de error de predicción, usando un conjunto de cuantificadores predeterminados. La unidad de cuantificación puede incluir cualquiera de las características relacionadas con la cuantificación que se describen en el presente documento. En concreto, la unidad de cuantificación puede configurarse para determinar datos de coeficientes para el tren de datos basándose en los coeficientes cuantificados. En ese sentido, los datos de coeficientes pueden ser indicativos de una versión cuantificada del bloque actual de coeficientes de error de predicción.

El codificador vocal basado en transformadas puede incluir además una unidad de escalado configurada para determinar un bloque actual de coeficientes residuales de predicción reescalados (también referido como un bloque de coeficientes de error reescalados) basándose en el bloque actual de coeficientes de error de predicción aplicando una o más reglas de escalado. El bloque actual de coeficiente de error reescalado puede determinarse como la o las reglas de escalado de modo que en promedio una varianza de los coeficientes de error reescalados del bloque actual de coeficientes de error reescalados sea mayor que una varianza de los coeficientes de error de predicción del bloque actual de coeficientes de error de predicción. En concreto, la o las reglas de escalado pueden ser tales que la varianza de los coeficientes de error de predicción esté más cerca de la unidad para todos los periodos de frecuencia o bandas de frecuencias. La unidad de cuantificación puede configurarse para cuantificar los coeficientes residuales de predicción de error reescalados del bloque actual de coeficientes de error reescalados, con el fin de proporcionar los datos de coeficientes (es decir, índices de cuantificación para los coeficientes).

El bloque actual de coeficientes de error de predicción comprende normalmente una pluralidad de coeficientes de error de predicción para la pluralidad de periodos de frecuencia correspondiente. Las ganancias de escalado que aplica la unidad de escalado a los coeficientes de error de predicción de acuerdo con la regla de escalado pueden depender de los periodos de frecuencia de los coeficientes de error de predicción respectivos. Por otra parte, la regla de escalado puede depender del parámetro o los parámetros del predictor, p. ej. de la ganancia del predictor. Opcionalmente o además, la regla de escalado puede depender de la actual envolvente de bloque. En el presente documento se describe diversos modos diferentes de determinar una regla de escalado dependiente del periodo de frecuencia.

El codificador vocal basado en transformadas puede incluir además una unidad de asignación de bits configurada para determinar un vector de asignación basándose en la actual envolvente de bloque. El vector de asignación puede ser indicativo de un primer cuantificador del conjunto de cuantificadores que debe usarse para cuantificar un primer coeficiente derivado del bloque actual de coeficientes de error de predicción. En concreto, el vector de asignación puede ser indicativo de los cuantificadores que deben usarse para cuantificar todos los coeficientes derivados del bloque actual de coeficientes de error de predicción, respectivamente. A modo de ejemplo, el vector de asignación puede ser indicativo de un cuantificador diferente que debe usarse para cada banda de frecuencias ( $l = 1, \dots, L$ ).

Dicho de otro modo, la unidad de asignación de bits puede configurarse para determinar un vector de asignación basándose en la actual envolvente de bloque y partiendo de una limitación de velocidad de transferencia de bits máxima. La unidad de asignación de bits puede configurarse para determinar el vector de asignación basándose también en la regla o las reglas de escalado. La dimensionalidad del vector de asignación de velocidad es normalmente igual al número  $L$  de bandas de frecuencias. Una entrada del vector de asignación puede ser indicativa de un índice de un cuantificador del conjunto de cuantificadores que debe usarse para cuantificar los coeficientes pertenecientes a una banda de frecuencias asociada a la respectiva entrada del vector de asignación de velocidad. En concreto, el vector de asignación puede ser indicativo de los cuantificadores que deben usarse para cuantificar todos los coeficientes derivados del bloque actual de coeficientes de error de predicción, respectivamente.

La unidad de asignación de bits puede configurarse para determinar el vector de asignación de tal modo que el dato de coeficiente para el bloque actual de coeficientes de error de predicción no exceda un número de bits predeterminado. Además, la unidad de asignación de bits puede configurarse para determinar un parámetro de compensación indicativo de una compensación que debe aplicarse a una envolvente de asignación derivada de la actual envolvente de bloque (p. ej. derivada de una envolvente ajustada actual). El parámetro de compensación puede incluirse en el tren de bits para permitir al descodificador correspondiente identificar los cuantificadores que se han usado para determinar los datos de coeficiente.

El codificador vocal basado en transformadas puede incluir además un codificador entrópico configurado para codificar entrópicamente los índices de cuantificación asociados a los coeficientes cuantificados. El codificador entrópico puede configurarse para codificar los índices de cuantificación usando un codificador aritmético. Opcionalmente, el codificador entrópico puede configurarse para codificar los índices de cuantificación usando una pluralidad de listas de códigos predeterminadas  $M$  (tal como se describe en el presente documento).

Según otro aspecto, se describe un descodificador vocal basado en transformadas configurado para descodificar un tren de bits a fin de proporcionar una señal vocal reconstruida. El descodificador vocal puede incluir cualquiera de las características y/o componentes descritos en el presente documento. En concreto, el descodificador puede incluir un predictor configurado para determinar un bloque actual de coeficientes de transformadas planas estimados basándose en uno o más bloques anteriores de coeficientes de transformadas reconstruidos y en uno o más

5 parámetros del predictor derivados del tren de bits. Además, el descodificador vocal puede incluir una unidad de cuantificación inversa configurada para determinar un bloque actual de coeficientes de error de predicción cuantificados (o una versión reescalada del mismo) basándose en datos de coeficiente comprendidos dentro del tren de bits, usando un conjunto de cuantificadores. En concreto, la unidad de cuantificación inversa puede emplear un conjunto de cuantificadores (inversos) correspondiente al conjunto de cuantificadores usados por el codificador vocal correspondiente.

10 La unidad de cuantificación inversa puede configurarse para determinar que el conjunto de cuantificadores (y/o el conjunto de cuantificadores inversos correspondiente) dependa de información anexa derivada del tren de bits recibido. En concreto, la unidad de cuantificación inversa puede efectuar el mismo proceso de selección para el conjunto de cuantificadores que la unidad de cuantificación del codificador vocal correspondiente. Al hacer que el conjunto de cuantificadores dependa de la información anexa, la calidad perceptual de la señal vocal reconstruida puede mejorarse.

15 Según otro aspecto, se describe un método para cuantificar un primer coeficiente de un bloque de coeficientes. El bloque de coeficientes comprende una pluralidad de coeficientes para una pluralidad de períodos de frecuencia correspondientes. El método puede incluir la prestación de un conjunto de cuantificadores, en el que el conjunto de cuantificadores comprende una pluralidad de cuantificadores diferentes asociados a una pluralidad de relaciones señal-ruido (SNR) diferentes, respectivamente. La pluralidad de cuantificadores diferentes puede comprender un cuantificador de relleno de ruido, uno más cuantificadores distorsionados, y uno más cuantificadores no distorsionados. El método puede incluir además la determinación de una señal SNR indicativa de una SNR atribuida al primer coeficiente. Además, el método puede incluir la selección de un primer cuantificador del conjunto de cuantificadores, basándose en la señal SNR, y la cuantificación del primer coeficiente usando el primer cuantificador.

20 Según otro aspecto, se describe un método para descuantificar índices de cuantificación. Dicho de otro modo, el método puede estar dirigido a determinar valores de reconstrucción (también referidos como coeficientes cuantificados) para un bloque de coeficientes, que se han cuantificado usando un método de cuantificación correspondiente. Un valor de reconstrucción puede determinarse basándose en un índice de cuantificación. Debe señalarse, no obstante, que algunos de los coeficientes del bloque de coeficientes pueden haberse cuantificado usando un cuantificador de relleno de ruido. En este caso, los valores de reconstrucción para estos coeficientes pueden determinarse de forma independiente de un índice de cuantificación.

25 Como se ha señalado antes, los índices de cuantificación se asocian a un bloque de coeficientes que comprende una pluralidad de coeficientes para una pluralidad de períodos de frecuencia correspondientes. En concreto, los índices de cuantificación pueden corresponder en una relación unívoca a aquellos coeficientes del bloque de coeficientes que no se han cuantificado usando el cuantificador de relleno de ruido. El método puede incluir la prestación de un conjunto de cuantificadores (o cuantificadores inversos). El conjunto de cuantificadores puede comprender una pluralidad de cuantificadores diferentes asociados a una pluralidad de relaciones señal-ruido (SNR) diferentes, respectivamente. La pluralidad de cuantificadores diferentes puede incluir un cuantificador de relleno de ruido, uno o más cuantificadores distorsionados, y/o uno o más cuantificadores no distorsionados. El método puede incluir la determinación de una señal SNR indicativa de una SNR atribuida a un primer coeficiente del bloque de coeficientes. El método puede continuar seleccionando un primer cuantificador del conjunto de cuantificadores, basándose en la señal SNR, y determinando un primer coeficiente cuantificado (es decir, un valor de reconstrucción) para el primer coeficiente del bloque de coeficientes.

30 Según otro aspecto, se describe un método para codificar una señal de audio en un tren de bits. El método incluye determinar una pluralidad de índices de cuantificación cuantificando una pluralidad de coeficientes de un bloque de coeficientes usando un cuantificador distorsionado. La pluralidad de coeficientes puede asociarse a una pluralidad de períodos de frecuencia correspondientes. El bloque de coeficientes puede derivarse de la señal de audio. El método puede incluir seleccionar una de M realizaciones de distorsión predeterminadas, y generar una pluralidad de valores de distorsión para cuantificar la pluralidad de coeficientes, basándose en la realización de distorsión seleccionada; en el que M es un número entero mayor que uno. Además, el método puede incluir seleccionar una lista de códigos a partir de M listas de códigos predeterminadas, y codificar entrópicamente la pluralidad de índices de cuantificación usando la lista de códigos seleccionada. Las M listas de códigos predeterminadas pueden asociarse a las M realizaciones de distorsión predeterminadas, respectivamente, y la lista de códigos seleccionada puede asociarse a la realización de distorsión seleccionada. Además, el método puede incluir la inserción de datos de coeficientes indicativos de los índices de cuantificación codificados entrópicamente en el tren de bits.

35 Según otro aspecto, se describe un método para descodificar un tren de bits a fin de proporcionar una señal de audio reconstruida. El método puede incluir seleccionar una de M realizaciones de distorsión predeterminadas, y generar una pluralidad de valores de distorsión basándose en la realización de distorsión seleccionada; en el que M es un número entero mayor que uno. La pluralidad de valores de distorsión puede ser usada por una unidad de cuantificación inversa que incluye un cuantificador distorsionado para determinar una pluralidad de coeficientes cuantificados correspondiente basándose en una pluralidad de índices de cuantificación correspondiente. Como tal, el método puede incluir determinar la pluralidad de coeficientes cuantificados usando un cuantificador distorsionado (inverso). Además, el método puede incluir seleccionar una lista de códigos de M listas de códigos predeterminadas, y descodificar entrópicamente datos de coeficientes del tren de datos usando la lista de códigos seleccionada, para

proporcionar la pluralidad de índices de cuantificación. Las M listas de códigos predeterminadas pueden asociarse a las M realizaciones de distorsión predeterminadas, respectivamente, y la lista de códigos seleccionada puede asociarse a la realización de distorsión seleccionada. Además, el método puede incluir determinar la señal de audio reconstruida basándose en la pluralidad de coeficientes cuantificados.

5 Según otro aspecto, se describe un método para codificar una señal vocal en un tren de bits. El método puede incluir la recepción de una pluralidad de bloques secuenciales de coeficientes de transformadas que incluye un bloque actual y uno o más bloques anteriores. La pluralidad de bloques secuenciales puede ser indicativa de muestras de la  
 10 señal vocal. Además, el método puede incluir la determinación de un bloque actual de coeficientes de transformadas estimados basándose en uno o más bloques anteriores de coeficientes de transformadas reconstruidos y en un parámetro del predictor. El bloque o los bloques anteriores de coeficientes de transformadas reconstruidos puede haberse derivado del bloque o los bloques anteriores de coeficientes de transformadas. El método puede continuar determinando un bloque actual de coeficientes de error de predicción basándose en el bloque actual de coeficientes de transformadas y en el bloque actual de coeficientes de transformadas estimados. Además el método puede incluir la cuantificación de coeficientes derivados del bloque actual de coeficientes de error de predicción, usando un  
 15 conjunto de cuantificadores. El conjunto de cuantificadores puede tener algunas de las características descritas en el presente documento. Por otra parte, el método puede incluir la determinación de datos de coeficientes para el tren de bits basándose en los coeficientes cuantificados.

Según otro aspecto, se describe un método para descodificar un tren de bits para proporcionar una señal vocal reconstruida. El método puede incluir determinar un bloque actual de coeficientes de transformadas estimados basándose en uno o más bloques anteriores de coeficientes de transformadas reconstruidos y en un parámetro del predictor derivado del tren de bits. Por otra parte, el método puede incluir determinar un bloque actual de coeficientes residuales de predicción cuantificados basándose en datos de coeficientes incluidos en el tren de bits, usando un conjunto de cuantificadores. El conjunto de cuantificadores puede tener cualquiera de las características descritas en el presente documento. El método puede continuar determinando un bloque actual de coeficientes de transformadas reconstruidos basándose en el bloque actual de coeficientes de transformadas estimados y en el  
 20 bloque actual de coeficientes de error de predicción cuantificados. La señal vocal reconstruida puede determinarse basándose en el bloque actual de coeficientes de transformadas reconstruidos.

Según otro aspecto, se describe un programa informático. El programa informático puede adaptarse para ser ejecutado en un procesador y para llevar a cabo los pasos del método descritos en el presente documento al ejecutarse en el procesador.  
 30

Según otro aspecto, se describe un medio de almacenamiento. El medio de almacenamiento puede incluir un programa informático adaptado para ser ejecutado en un procesador y para llevar a cabo los pasos del método descritos en el presente documento al ejecutarse en el procesador.

Según otro aspecto, se describe un programa de ordenador. Dicho programa de ordenador puede comprender instrucciones ejecutables para llevar a cabo los pasos del método descritos en el presente documento al ejecutarse en un ordenador.  
 35

Debe señalarse que los métodos y sistemas, incluidos sus realizaciones preferidas tal como se describen en la presente solicitud de patente, pueden usarse de forma independiente o en combinación con los otros métodos y sistemas descritos en este documento. Además, todos los aspectos de los métodos y sistemas descritos en la presente solicitud de patente pueden combinarse de diversos modos. En concreto, las funciones descritas en las reivindicaciones pueden combinarse entre sí de manera arbitraria.  
 40

#### Breve descripción de las figuras

Se explica a continuación la invención de forma ejemplificativa haciendo referencia a los dibujos de acompañamiento, en la que

45 la figura 1a muestra un diagrama de bloque de un ejemplo de codificador de audio que proporciona un tren de bits a una velocidad de transferencia de bits constante;

la figura 1b muestra un diagrama de bloque de un ejemplo de codificador de audio que proporciona un tren de bits a una velocidad de transferencia de bits variable;

50 la figura 2 ilustra la generación de una envolvente tipo basada en una pluralidad de bloques de coeficientes de transformadas;

la figura 3a ilustra ejemplos de envolventes de bloques de coeficientes de transformadas;

la figura 3b ilustra la determinación de un ejemplo de envolvente interpolada;

la figura 4 ilustra ejemplos de conjuntos de cuantificadores;

la figura 5a muestra un diagrama de bloque de un ejemplo de descodificador de audio;

la figura 5b muestra un diagrama de bloque de un ejemplo de descodificador de envolvente del descodificador de audio de la figura 5a;

5 la figura 5c muestra un diagrama de bloque de un ejemplo de predictor de subbandas del descodificador de audio de la figura 5a;

la figura 5d muestra un diagrama de bloque de un ejemplo de descodificador de espectros del descodificador de audio de la figura 5a;

la figura 6a muestra un diagrama de bloque de un ejemplo de conjunto de cuantificadores admisibles;

la figura 6b muestra un diagrama de bloque de un ejemplo de cuantificador distorsionado;

10 la figura 6c ilustra un ejemplo de selección de cuantificadores basada en el espectro de un bloque de coeficientes de transformadas;

la figura 7 ilustra un ejemplo de esquema para determinar un conjunto de cuantificadores en un codificador y en un descodificador correspondiente;

15 la figura 8 muestra un diagrama de bloque de un ejemplo de esquema para descodificar índices de cuantificación codificados entrópicamente que se han determinado usando un cuantificador distorsionado;

las figuras 9a a 9c muestran ejemplos de resultados experimentales; y

la figura 10 ilustra un ejemplo de proceso de asignación de bits.

#### Descripción detallada

20 Tal como se ha expuesto en la sección de antecedentes, es deseable disponer de un códec de audio basado en transformadas que tenga ganancias de codificación relativamente altas para señales vocales. Dicho códec de audio basado en transformadas puede denominarse un códec vocal basado en transformadas o un códec de voz basado en transformadas. Un códec vocal basado en transformadas puede combinarse convenientemente con un códec de audio basado en transformadas genérico como puede ser AAC o HE-AAC, ya que también opera en el dominio de las transformadas. Por otra parte, la clasificación de un segmento (p. ej. una unidad de información) de una señal de audio de entrada en voz o no voz, y la subsiguiente conmutación entre el códec de audio genérico y el códec vocal específico puede simplificarse, debido a que ambos códecs operan en el dominio de las transformadas.

30 La figura 1a muestra un diagrama de bloque de un ejemplo de codificador vocal basado en transformadas 100. El codificador 100 recibe como entrada un bloque 131 de coeficientes de transformadas (referido también como una unidad de codificación). El bloque 131 de coeficientes de transformadas puede haberse obtenido por una unidad de transformadas configurado para transformar una secuencia de muestras de la señal de audio de entrada del dominio temporal en el dominio de las transformadas. La unidad de transformadas puede configurarse para llevar a cabo un MDCT. La unidad de transformadas puede formar parte de un códec de audio genérico como AAC o HE-AAC. Tal códec de audio genérico puede hacer uso de diferentes tamaños de bloque, p. ej. un bloque largo y un bloque corto. Como ejemplos de tamaños de bloque puede citarse 1024 muestras para un bloque largo y 256 muestras para un bloque corto. Partiendo de una velocidad de muestreo de 44,1 kHz y un solapamiento del 50 %, un bloque largo cubre aproximadamente 20 m de la señal de audio de entrada y un bloque corto aproximadamente 5 m de la señal de audio de entrada. Los bloques largos se suelen usar para segmentos fijos de la señal de audio de entrada y los bloques cortos para segmentos provisionales de la señal de audio de entrada.

40 Puede considerarse que las señales vocales son fijas en segmentos temporales de unos 20 m. En concreto, la envolvente espectral de una señal vocal puede considerarse que es fija en segmentos temporales de unos 20 m. Para poder extraer estadísticas significativas en el dominio de las transformadas para tales segmentos de 20 m, puede ser útil dotar al codificador 100 vocal basado en transformadas de bloques cortos 131 de coeficientes de transformadas (con una longitud de p. ej. 5 m). De este modo, puede usarse una pluralidad de bloques cortos 131 para extraer estadísticas sobre segmentos temporales de p. ej. 20 m (p. ej. el segmento temporal de un bloque largo). Esto además tiene la ventaja de ofrecer una resolución temporal adecuada para las señales vocales.

45 Por consiguiente, la unidad de transformadas puede configurarse para proporcionar bloques cortos 131 de coeficientes de transformadas, si un segmento actual de la señal de audio de entrada se clasifica como habla. El codificador 100 puede incluir una unidad de estructuración 101 configurada para extraer una pluralidad de bloques 131 de coeficientes de transformadas, referida como un conjunto 132 de bloques 131. El conjunto 132 de bloques puede referirse también como una unidad de información. A modo de ejemplo, el conjunto 132 de bloques 131 puede comprender cuatro bloques cortos de 256 coeficientes de transformadas, cubriendo por lo tanto aproximadamente un segmento de 20 m de la señal de audio de entrada.

El conjunto 132 de bloques puede proporcionarse para una unidad 102 de estimación de envolventes. La unidad 102 de estimación de envolventes puede configurarse para determinar una envolvente 133 basándose en el conjunto 132 de bloques. La envolvente 133 puede basarse en valores de media cuadrática de coeficientes de transformadas correspondientes de la pluralidad de bloques 131 comprendidos en el conjunto 132 de bloques. Un bloque 131 proporciona normalmente una pluralidad de coeficientes de transformadas (p. ej. 256 coeficientes de transformadas) en una pluralidad correspondiente de periodos 301 de frecuencia (véase la fig. 3a). La pluralidad de periodos 301 de frecuencia puede agruparse en una pluralidad de bandas 302 de frecuencias. La pluralidad de bandas 302 de frecuencias puede seleccionarse basándose en consideraciones psicoacústicas. A modo de ejemplo, los periodos 301 de frecuencia pueden agruparse en bandas 302 de frecuencias de acuerdo con una escala logarítmica o escala de Bark. La envolvente 134 que se ha determinado basándose en un conjunto 132 actual de bloques puede comprender una pluralidad de valores energéticos para la pluralidad de bandas 302 de frecuencias, respectivamente. Puede determinarse un valor energético concreto para una banda 302 de frecuencias basándose en los coeficientes de transformadas de los bloques 131 del conjunto 132, que corresponde a bandas 301 de frecuencias que se encuentran dentro de la banda 302 de frecuencias concreta. El valor energético concreto puede determinarse basándose en el valor de media cuadrática de estos coeficientes de transformadas. En cuanto tal, una envolvente 133 para un conjunto 132 actual de bloques (referido como una envolvente 133 actual) puede ser indicativa de una envolvente media de los bloques 131 de coeficientes de transformadas comprendidos en el conjunto 132 actual de bloques, o puede ser indicativa de una envolvente media de bloques 132 de coeficientes de transformadas usados para determinar la envolvente 133.

Debe señalarse que la envolvente 133 actual puede determinarse basándose en uno o más bloques 131 adicionales de coeficientes de transformadas adyacentes al conjunto 132 actual de bloques. Esto se ilustra en la fig. 2, donde la envolvente 133 actual (indicada por la envolvente 134 actual cuantificada) se determina basándose en los bloques 131 del conjunto 132 actual de bloques y basándose en el bloque 201 del conjunto de bloques que precede al conjunto 132 actual de bloques. En el ejemplo ilustrado, la envolvente 133 actual se determina basándose en cinco bloques 131. Al tener en cuenta bloques adyacentes a la hora de determinar la envolvente 133 actual, puede garantizarse una continuidad de las envolventes de conjuntos 132 adyacentes de bloques.

Al determinarse la envolvente 133 actual, puede ponderarse los coeficientes de transformadas de los diferentes bloques 131. En concreto, los bloques 201, 202 más externos que se tienen en cuenta para determinar la envolvente 133 actual pueden tener un peso inferior a los bloques 131 restantes. A modo de ejemplo, los coeficientes de transformadas de los bloques 201, 202 más externos pueden ponderarse con 0,5, en el que los coeficientes de transformadas de los otros bloques 131 pueden ponderarse con 1.

Debe señalarse que de modo similar a considerar los bloques 201 de un conjunto 132 precedente de bloques, puede considerarse uno o más bloques (así llamados bloques prospectivos) de un conjunto 132 de bloques directamente siguientes para determinar la envolvente 133 actual.

Los valores energéticos de la envolvente 133 actual pueden representarse en una escala logarítmica (p. ej. en una escala de decibelios). La envolvente 133 actual puede proporcionarse para una unidad 103 de cuantificación de envolventes que esté configurada para cuantificar los valores energéticos de la envolvente 133 actual. La unidad 103 de cuantificación de envolventes puede proporcionar una resolución de cuantificador predeterminado, p. ej. una resolución de 3 dB. Los índices de cuantificación de la envolvente 133 pueden proporcionarse como datos 161 de envolvente dentro de un tren de bits generado por el codificador 100. Además, la envolvente 134 cuantificada, es decir, la envolvente que comprende los valores energéticos cuantificados de la envolvente 133, puede proporcionarse a una unidad 104 de interpolación.

La unidad 104 de interpolación está configurada para determinar una envolvente para cada bloque 131 del conjunto 132 actual de bloques basándose en la envolvente 134 actual cuantificada y en la envolvente 135 anterior cuantificada (que se ha determinado para el conjunto 132 de bloques que precede directamente al conjunto 132 actual de bloques). El funcionamiento de la unidad 104 de interpolación se ilustra en las figuras 2, 3a y 3b. La figura 2 muestra una secuencia de bloques 131 de coeficientes de transformadas. La secuencia de bloques 131 se agrupa en conjuntos 132 sucesivos de bloques, en la que cada conjunto 132 de bloques se usa para determinar una envolvente cuantificada, p. ej. la envolvente 134 actual cuantificada y la envolvente 135 anterior cuantificada. La figura 3a muestra ejemplos de una envolvente 135 anterior cuantificada y una envolvente 134 actual cuantificada. Como se ha indicado antes, las envolventes pueden ser indicativas de energía 303 espectral (p. ej. en una escala de decibelios). Los valores 303 energéticos correspondientes de la envolvente 135 anterior cuantificada y de la envolvente 134 actual cuantificada para la misma banda 302 de frecuencias pueden interpolarse (p. ej. usando interpolación lineal) para determinar una envolvente 136 interpolada. Dicho de otro modo, los valores 303 energéticos de una banda 302 de frecuencias concreta pueden interpolarse para proporcionar el valor 303 energético de la envolvente 136 interpolada dentro de la banda 302 de frecuencias concreta.

Debe señalarse que el conjunto de bloques para los que se ha determinado y aplicado las envolventes 136 interpoladas puede diferir del conjunto 132 actual de bloques, basándose en cuál de las envolventes 134 actuales cuantificadas se determina. Esto se ilustra en la fig. 2, que muestra un conjunto 332 de bloques desplazado, que está desplazado en comparación con el conjunto 132 actual de bloques y que comprende los bloques 3 y 4 del conjunto 132 anterior de bloques (indicado con los números de referencia 203 y 201, respectivamente) y los bloques

1 y 2 del conjunto 132 actual de bloques (indicado con los números de referencia 204 y 205, respectivamente). De hecho, las envolventes 136 interpoladas determinadas en función de la envolvente 134 actual cuantificada y de la envolvente 135 anterior cuantificada pueden tener mayor relevancia para los bloques del conjunto 332 de bloques desplazado, en comparación con la relevancia de los bloques del conjunto 132 de bloques actual.

5 Por consiguiente, las envolventes 136 interpoladas mostradas en la figura 3b pueden usarse para nivelar los bloques 131 del conjunto 332 de bloques desplazado. Esto se muestra en la figura 3b en combinación con la figura 2. Puede verse que la envolvente 341 interpolada de la figura 3b puede aplicarse al bloque 203 de la figura 2, que la envolvente 342 interpolada de la figura 3b puede aplicarse al bloque 201 de la figura 2, que la envolvente 343 interpolada de la figura 3b puede aplicarse al bloque 204 de la figura 2, y que la envolvente 344 interpolada de la figura 3b (que en el ejemplo ilustrado corresponde a la envolvente 136 actual cuantificada) puede aplicarse al bloque 205 de la figura 2. Como tal, el conjunto 132 de bloques para determinar la envolvente 134 actual cuantificada puede diferir del conjunto 332 de bloques desplazado para el que se determina las envolventes 136 interpoladas y al que se aplica las envolventes 136 interpoladas (a efectos de nivelación). En concreto, la envolvente 134 actual cuantificada puede determinarse usando un determinado registro de anticipación con respecto a los bloques 203, 201, 204, 205 del conjunto 332 de bloques desplazado, que deben nivelarse usando la envolvente 134 actual cuantificada. Esto es beneficioso desde el punto de vista de la continuidad.

La interpolación de valores 303 energéticos para determinar envolventes 136 interpoladas se ilustra en la figura 3b. Puede verse que mediante interpolación entre un valor energético de la envolvente 135 anterior cuantificada al valor energético correspondiente de la envolvente 134 actual cuantificada pueden determinarse valores energéticos de las envolventes 136 interpoladas para los bloques 131 del conjunto 332 de bloques desplazado. En concreto, para cada bloque 131 del conjunto 332 desplazado puede determinarse una envolvente 136 interpolada, proporcionando por lo tanto una pluralidad de envolventes 136 interpoladas para la pluralidad de bloques 203, 201, 204, 205 del conjunto 332 de bloques desplazado. La envolvente 136 interpolada de un bloque 131 de coeficientes de transformadas (p. ej. cualquiera de los bloques 203, 201, 204, 205 del conjunto 332 de bloques desplazado) puede usarse para codificar el bloque 131 de coeficientes de transformadas. Debe señalarse que los índices 161 de cuantificación de la envolvente 133 actual se proporcionan a un descodificador correspondiente dentro del tren de bits. Consiguientemente, el descodificador correspondiente puede configurarse para determinar la pluralidad de envolventes 136 interpoladas de manera análoga a la unidad de interpolación 104 del codificador 100.

La unidad 101 de estructuración, la unidad 103 de estimación de envolvente, la unidad 103 de cuantificación de envolventes, y la unidad 104 de interpolación operan en un conjunto de bloques (es decir, el conjunto 132 de bloques actual y/o el conjunto 332 de bloques desplazado). Por otra parte, la actual codificación del coeficiente de transformadas puede llevarse a cabo bloque a bloque. A continuación, se hace referencia a la codificación de un bloque 131 actual de coeficientes de transformadas, que puede formar parte de la pluralidad del bloque 131 del conjunto 332 de bloques desplazado (o posiblemente el conjunto 132 de bloques actual en otras implementaciones del codificador 100 vocal basado en transformadas).

La envolvente 136 interpolada actual para el bloque 131 actual puede ofrecer una aproximación de la envolvente espectral de los coeficientes de transformadas del bloque 131 actual. El codificador 100 puede incluir una unidad 105 de prenivelación y una unidad 106 de determinación de ganancia de envolvente que están configurados para determinar una envolvente 139 ajustada para el bloque 131 actual, basándose en la envolvente 136 interpolada actual y en el bloque 131 actual. En concreto, puede determinarse una ganancia de envolvente para el bloque 131 actual de modo que se ajuste una varianza de los coeficientes de transformadas suavizados del bloque 131 actual.  $X(k)$ ,  $k = 1, \dots, K$  pueden ser los coeficientes de transformadas del bloque 131 actual (con p. ej.  $K = 256$ ), y  $E(k)$ ,  $k = 1, \dots, K$  puede ser los valores 303 energéticos espectrales medios de la envolvente 136 interpolada actual (siendo iguales los valores energéticos  $E(k)$  de una misma banda 302 de frecuencias). La ganancia de envolvente  $\alpha$  puede determinarse de tal modo que se ajuste la varianza de los coeficientes de transformadas suavizados

$\tilde{X}(k) = \frac{X(k)}{\alpha \sqrt{E(k)}}$ . En concreto, la ganancia de envolvente  $\alpha$  puede determinarse de tal modo que la varianza sea uno.

Debe señalarse que la ganancia de envolvente  $\alpha$  puede determinarse para una subgama de la gama de frecuencia completa del bloque 131 actual de coeficientes de transformadas. Dicho de otro modo, la ganancia de envolvente  $\alpha$  puede determinarse basándose sólo en un subconjunto de los periodos 301 de frecuencia y/o en un subconjunto de las bandas 302 de frecuencias. A modo de ejemplo, la ganancia de envolvente  $\alpha$  puede determinarse basándose en los periodos 301 de frecuencia superiores a un periodo 304 de frecuencia de inicio (siendo el periodo de frecuencia de inicio superior a 0 o 1). En consecuencia, la envolvente 139 ajustada para el bloque 131 actual puede determinarse aplicando la ganancia de envolvente  $\alpha$  sólo a los valores 303 energéticos espectrales medios de la envolvente 136 interpolada actual que se asocian a periodos 301 de frecuencia situados por encima del periodo 304 de frecuencia de inicio. Por lo tanto, la envolvente 139 ajustada para el bloque 131 actual puede corresponder a la envolvente 136 interpolada actual, para periodos 301 de frecuencia en y por debajo del periodo de frecuencia de inicio, y puede corresponder a la envolvente 136 interpolada actual compensada por la ganancia de envolvente  $\alpha$ , para periodos 301 de frecuencia por encima del periodo de frecuencia de inicio. Esto se ilustra en la Fig. 3a mediante la envolvente 339 ajustada (mostrada en líneas discontinuas).

La aplicación de la ganancia de envolvente  $\alpha$  137 (a la que también se denomina ganancia de corrección de nivel) a la envolvente 136 interpolada actual corresponde a un ajuste o una compensación de la envolvente 136 interpolada actual, produciendo por lo tanto una envolvente 139 ajustada, tal como ilustra la fig. 3a. La ganancia de envolvente  $\alpha$  137 puede codificarse como datos 162 de ganancia en el tren de bits.

5 El codificador 100 puede incluir además una unidad 107 de ajuste de envolventes que está configurada para determinar la envolvente 139 ajustada basándose en la ganancia de envolvente  $\alpha$  137 y en la envolvente 136 interpolada actual. La envolvente 139 ajustada puede usarse para procesamiento de señales del bloque 131 de coeficientes de transformadas. La ganancia de envolvente  $\alpha$  137 puede cuantificarse a una resolución mayor (p. ej. en pasos de 1 dB) en comparación con la envolvente 136 interpolada actual (que puede cuantificarse en pasos de 3 dB). Como tal, la envolvente 139 ajustada puede cuantificarse a la resolución mayor de la ganancia de envolvente  $\alpha$  137 (p. ej. en etapas de 1 dB).

10 Por otra parte, la unidad 107 de ajuste de envolventes puede configurarse para determinar una envolvente 138 de asignación. La envolvente 138 de asignación puede corresponder a una versión cuantificada de la envolvente 139 ajustada (p. ej. cuantificada a niveles de cuantificación de 3 dB). La envolvente 138 de asignación puede usarse con fines de asignación de bits. En concreto, la envolvente 138 de asignación puede usarse para determinar —para un coeficiente de transformadas concreto del bloque 131 actual— un cuantificador concreto de un conjunto de cuantificadores predeterminado, en el que el cuantificador concreto debe usarse para cuantificar el coeficiente de transformadas concreto.

15 El codificador 100 incluye una unidad 108 de nivelación configurada para nivelar el bloque 131 actual utilizando la envolvente 139 ajustada, produciendo por lo tanto el bloque 140 de coeficientes de transformadas suavizados  $\bar{X}(k)$ . El bloque 140 de coeficientes de transformadas suavizados  $\bar{X}(k)$  puede codificarse usando un bucle de predicción dentro del dominio de transformadas. Como tal, el bloque 140 puede codificarse usando un predictor 117 de subbandas. El bucle de predicción comprende una unidad 115 diferencial configurada para determinar un bloque 141 de coeficientes de predicción de error  $\Delta(k)$ , basándose en el bloque 140 de coeficientes de transformadas suavizados  $\bar{X}(k)$  y en un bloque 150 de coeficientes de transformadas estimados  $X(k)$ , p. ej.  $\Delta(k) = \bar{X}(k) - X(k)$ . Debe señalarse que debido al hecho de que el bloque 140 comprende coeficientes de transformadas suavizados es decir, coeficientes de transformadas que se han normalizado o suavizado usando los valores 303 energéticos de la envolvente 139 ajustada, el bloque 150 de coeficientes de transformadas estimados comprende también estimaciones de coeficientes de transformadas suavizados. Dicho de otro modo, la unidad 115 diferencial opera en el así denominado dominio plano. En consecuencia, el bloque 141 de coeficientes de error de predicción  $\Delta(k)$  está representado en el dominio plano.

20 El bloque 141 de coeficientes de error de predicción  $\Delta(k)$  puede mostrar una varianza que difiere de uno. El codificador 100 puede incluir una unidad 111 de reescalado configurada para reescalar los coeficientes de error de predicción  $\Delta(k)$  para producir un bloque 142 de coeficientes de error reescalados. La unidad 111 de reescalado puede hacer uso de una o más reglas heurísticas predeterminadas para efectuar el reescalado. Como resultado, el bloque 142 de coeficientes de error reescalados muestra una varianza que está (por término medio) más próxima a uno (comparado con el bloque 141 de coeficientes de error de predicción). Esto puede ser beneficioso para la posterior cuantificación y codificación.

25 El codificador 100 incluye una unidad 112 de cuantificación de coeficientes configurada para cuantificar el bloque 141 de coeficientes de error de predicción o el bloque 142 de coeficientes de error reescalados. La unidad 112 de cuantificación de coeficientes puede incluir o utilizar un conjunto de cuantificadores predeterminados. El conjunto de cuantificadores predeterminados puede proporcionar cuantificadores con diferentes grados de precisión o diferente resolución. Esto se ilustra en la figura 4, en la que se ilustra diferentes cuantificadores 321, 322, 323. Los diferentes cuantificadores pueden proporcionar diferentes niveles de precisión (indicados por los diferentes valores en decibelios). Un cuantificador concreto de la pluralidad de cuantificadores 321, 322, 323 puede corresponder a un valor concreto de la envolvente 138 de asignación. Como tal, un valor energético de la envolvente 138 de asignación puede apuntar a un cuantificador correspondiente de la pluralidad de cuantificadores. En ese sentido, la determinación de una envolvente 138 de asignación puede simplificar el proceso de selección de un cuantificador que debe usarse para un coeficiente de error concreto. Dicho de otro modo, la envolvente 138 de asignación puede simplificar el proceso de asignación de bits.

30 El conjunto de cuantificadores puede comprender uno o más cuantificadores 322 que emplea distorsión para aleatorizar el error de cuantificación. Esto se ilustra en la Figura 4, que muestra un primer conjunto 326 de cuantificadores predeterminados que comprende un subconjunto 324 de cuantificadores distorsionados y un segundo conjunto 327 de cuantificadores predeterminados que comprende un subconjunto 325 de cuantificadores distorsionados. Como tal, la unidad 112 de cuantificación de coeficientes puede utilizar diferentes conjuntos 326, 327 de cuantificadores predeterminados, en la que el conjunto de cuantificadores predeterminados, que debe usar la unidad 112 de cuantificación de coeficientes, puede depender de un parámetro 146 de control proporcionado por el predictor 117 y/o determinado de acuerdo con otra información lateral disponible en el codificador y en el descodificador correspondiente. En concreto, la unidad 112 de cuantificación de coeficientes puede configurarse para seleccionar un conjunto 326, 327 de cuantificadores predeterminados para cuantificar el bloque 142 de coeficiente de error reescalado, basándose en el parámetro 146 de control, en la que el parámetro 146 de control

puede depender de uno o más parámetros del predictor proporcionados por el predictor 117. Dichos parámetros del predictor pueden ser indicativos de la calidad del bloque 150 de coeficientes de transformadas estimados proporcionados por el predictor 117.

5 Los coeficientes de error cuantificados pueden codificarse entrópicamente, usando p. ej. un código de Huffman, produciendo por lo tanto datos 163 de coeficientes que deben incluirse en el tren de bits generado por el codificador 100.

10 Se describe a continuación detalles adicionales relativos a la selección o determinación de un conjunto 326 de cuantificadores 321, 322, 323. Un conjunto 326 de cuantificadores puede corresponder a una colección 326 ordenada de cuantificadores. La colección 326 ordenada de cuantificadores puede comprender  $N$  cuantificadores, en la que cada cuantificador puede corresponder a un nivel de distorsión diferente. Como tal, la colección 326 de cuantificadores puede proporcionar  $N$  niveles de distorsión posibles. Los cuantificadores de la colección 326 pueden ordenarse de acuerdo con la distorsión decreciente (o de forma equivalente según SNR creciente). Además, los cuantificadores pueden etiquetarse con etiquetas de números enteros. A modo de ejemplo, los cuantificadores pueden etiquetarse 0, 1, 2, etc., en el que una etiqueta de número entero creciente puede indicar una SNR creciente.

15 La colección 326 de cuantificadores puede ser de tal modo que una diferencia de SNR entre dos cuantificadores consecutivos sea al menos aproximadamente constante. Por ejemplo, la SNR del cuantificador con una etiqueta "1" puede ser 1,5 dB, y la SNR del cuantificador con una etiqueta "2" puede ser 3,0 dB. Por lo tanto, los cuantificadores de la colección ordenada 326 de cuantificadores pueden ser de tal modo que al cambiar de un primer cuantificador a un segundo cuantificador adyacente, la SNR (relación señal-ruido) se incrementa en un valor básicamente constante (p. ej. 1,5 dB), para todos los pares de primeros y segundos cuantificadores.

La colección 326 de cuantificadores puede comprender

- un cuantificador 321 de relleno de ruido que puede proporcionar una SNR que es ligeramente inferior o igual a 0 dB, que para el proceso de asignación de velocidad puede aproximarse a 0 dB;
- 25 •  $N_{dist}$  cuantificadores 322 que pueden utilizar distorsión sustractiva y que típicamente corresponden a niveles de SNR intermedios (p. ej.  $N_{dist} > 0$ ); y
- $N_{cc}$  cuantificadores 323 clásicos que no usan distorsión sustractiva y que típicamente corresponden a niveles de SNR relativamente altos (p. ej.  $N_{cc} > 0$ ). Los cuantificadores 323 no distorsionados pueden corresponder a cuantificadores escalares.

30 El número total  $N$  de cuantificadores se expresa como  $N = 1 + N_{dist} + N_{cc}$ .

En la figura 6a se muestra un ejemplo de una colección 326 de cuantificadores. El cuantificador 321 de relleno de ruido de la colección 326 de cuantificadores puede implementarse, por ejemplo, usando un generador de números aleatorios que produce una variable aleatoria de acuerdo con un modelo estadístico predefinido. Una posible implementación de tal generador de números aleatorios puede implicar el uso de una tabla fija con muestras aleatorias del modelo estadístico predefinido y posiblemente una renormalización subsiguiente. El generador de números aleatorios que se usa en el codificador 100 está en sincronía con el generador de números aleatorios del descodificador correspondiente. La sincronización de los generadores de números aleatorios puede obtenerse usando la semilla común para inicializar los generadores de números aleatorios, y/o restaurando estados de los generadores de números un número fijo de veces. Opcionalmente, los generadores pueden implementarse como tablas de consulta que contienen datos aleatorios generados de acuerdo con un modelo estadístico prescrito. En especial, si el predictor está activo, puede garantizarse que la salida del cuantificador 321 de relleno de ruido sea la misma en el codificador 100 y en el descodificador correspondiente.

45 Además, la colección 326 de cuantificadores puede comprender uno o más cuantificadores 322 distorsionados. Dichos cuantificadores distorsionados pueden generarse usando una realización de una señal 602 de distorsión de seudonúmeros tal como se muestra en la Figura 6a. La señal 602 de distorsión de seudonúmeros puede corresponder a un bloque 602 de valores de distorsión de seudonúmeros. El bloque 602 de números de distorsión puede tener la misma dimensionalidad que la dimensionalidad del bloque 142 de coeficientes de error reescalados, que debe cuantificarse. La señal 602 de distorsión (o el bloque 602 de valores de distorsión) puede generarse usando un generador 601 de distorsión. En concreto, la señal 602 de distorsión puede generarse usando una tabla de consulta que contiene muestras aleatorias uniformemente distribuidas.

50 Como se mostrará en el contexto de la Figura 6b, se aplica valores 632 de distorsión individuales del bloque 602 de valores de distorsión para aplicar una distorsión a un coeficiente correspondiente que debe cuantificarse (p. ej. a un coeficiente de error reescalado correspondiente del bloque 142 de coeficientes de error reescalados). El bloque 142 de coeficientes de error reescalados puede comprender un total de  $K$  coeficientes de error reescalados. De modo similar, el bloque 602 de valores de distorsión puede comprender  $K$  valores 632 de distorsión. El valor 632 de distorsión  $k^{\text{ésimo}}$ , con  $k = 1, \dots, K$  del bloque 602 de valores de distorsión puede aplicarse al coeficiente de error reescalado  $k^{\text{ésimo}}$  del bloque 142 de coeficientes de error reescalados.

Como se ha señalado antes, el bloque 602 de valores de distorsión pueden tener la misma dimensión que el bloque 142 de coeficientes de error reescalados, que deben cuantificarse. Esto es beneficioso, ya que permite usar un único bloque 602 de valores de distorsión para todos los cuantificadores 322 distorsionados de una colección 326 de cuantificadores. Dicho de otro modo, para cuantificar y codificar un bloque 142 de coeficientes de error reescalados determinado, la distorsión 602 pseudoaleatoria puede generarse sólo una vez para todas las colecciones 326, 327 de cuantificadores admisibles y para todas las posibles asignaciones para la distorsión. Esto facilita lograr la sincronización entre el codificador 100 el descodificador correspondiente, ya que el uso de la señal 602 de distorsión única no necesita señalizarse explícitamente al descodificador correspondiente. En concreto, el codificador 100 y el descodificador correspondiente pueden utilizar el mismo generador 601 de distorsión que está configurado para generar el mismo bloque 602 de valores de distorsión para el bloque 142 de coeficientes de error reescalados.

La composición de la colección 326 de cuantificadores se basa preferiblemente en consideraciones psicoacústicas. La codificación de transformadas de baja velocidad puede conducir a artefactos espectrales que incluyen agujeros espectrales y limitación de banda causados por la naturaleza del proceso de llenado de agua inverso que tiene lugar en esquemas de cuantificación convencionales que se aplican a los coeficientes de transformadas. La audibilidad de los agujeros espectrales puede reducirse inyectando ruido en aquellas bandas 302 de frecuencia que quedaron por debajo del nivel del agua durante un período de tiempo corto y a las que por lo tanto se les asignó una velocidad de transferencia de bits cero.

La cuantificación gruesa de coeficientes en el dominio frecuencial puede conducir a artefactos de codificación específicos (p. ej. agujeros espectrales profundos, llamados «señales espurias») que se generan en una situación en la que los coeficientes de una banda 302 de frecuencia concreta se cuantifican a cero (en el caso de los agujeros espectrales profundos) en una unidad de información y a valores de no cero en la siguiente unidad de información, y cuando todo el proceso se repite durante decenas de milisegundos. Cuanto más gruesos son los cuantificadores, más propensos son a producir tal comportamiento. Este problema técnico puede abordarse aplicando un relleno de ruido a los índices de cuantificación usados para la reconstrucción de señales en el nivel 0 (tal como se expone p. ej. en la patente US7447631). La solución descrita en la patente US7447631 facilita una reducción de los artefactos ya que reduce la audibilidad de los agujeros espectrales profundos asociados a la cuantificación de nivel 0; no obstante, los artefactos asociados a los agujeros espectrales más superficiales permanecen. Se podría aplicar también el método de relleno de ruido a los índices de cuantificación de cuantificador grueso. No obstante, esto degradaría significativamente el problema del rendimiento en MSE de estos cuantificadores. Los inventores han observado que este inconveniente puede abordarse mediante el uso de cuantificadores distorsionados. En el presente documento, se propone usar cuantificadores 322 con distorsión sustractiva para niveles bajos de SNR, a fin de abordar el problema del rendimiento en MSE. Además, el uso de cuantificadores 322 con distorsión sustractiva facilita las propiedades de relleno de ruido para todos los niveles de reconstrucción. Puesto que un cuantificador 322 distorsionado es analíticamente manejable en cualquier velocidad de transferencia de bits, es posible reducir (p. ej. minimizar) la pérdida de rendimiento debida a la distorsión obteniendo post-ganancias 614, que son útiles en niveles de alta distorsión (es decir, velocidades bajas).

En general, es posible lograr una velocidad de transferencia de bits arbitrariamente baja con un cuantificador 322 distorsionado. Por ejemplo, en el caso escalar se puede elegir usar un tamaño de paso de cuantificación muy grande. No obstante, el funcionamiento con velocidad de transferencia de bits cero no es factible en la práctica, porque impondría requisitos exigentes en cuanto a la precisión numérica necesaria para permitir el funcionamiento del cuantificador con un codificador de longitud variable. Esto proporciona la motivación para aplicar un cuantificador 321 de relleno de ruido genérico al nivel de distorsión de SNR de 0 dB, más que aplicar un cuantificador 322 distorsionado. La colección 326 propuesta de cuantificadores está diseñada de forma que los cuantificadores 322 distorsionados se usan para niveles de distorsión que están asociados a tamaños de paso relativamente pequeños, de forma que la codificación de longitud variable pueda incrementarse sin tener que abordar problemas relacionados con el mantenimiento de la precisión numérica.

Para el caso de la cuantificación escalar, los cuantificadores 322 con distorsión sustractiva pueden incrementarse usando post-ganancias que proporcionen un rendimiento en MSE cuasi óptimo. En la Figura 6b se muestra un ejemplo de un cuantificador 322 escalar distorsionado sustractivamente. El cuantificador 322 distorsionado comprende un cuantificador Q 612 escalar uniforme que se usa dentro de una estructura de distorsión sustractiva. La estructura de distorsión sustractiva comprende una unidad 611 de sustracción de distorsión que está configurada para sustraer un valor 632 de distorsión (del bloque 602 de valores de distorsión) de un coeficiente de error correspondiente (del bloque 142 de coeficientes de error reescalados). Además, la estructura de distorsión sustractiva incluye una unidad 613 de adición correspondiente que está configurada para añadir el valor 632 de distorsión (del bloque 602 de valores de distorsión) al coeficiente de error cuantificado escalar correspondiente. En el ejemplo ilustrado, la unidad 611 de sustracción de distorsión se coloca antes del cuantificador escalar Q 612 y la unidad 613 y adición de distorsión se coloca después del cuantificador escalar Q 612. Los valores 632 de distorsión del bloque 602 de valores de distorsión pueden corresponder a los valores del intervalo  $[-0,5,0,5)$  o  $[0,1)$  veces el tamaño de paso del cuantificador escalar 612. Debe señalarse que en una realización alternativa del cuantificador 322 distorsionado, la unidad 611 de sustracción de distorsión y la unidad 613 de adición de distorsión pueden intercambiarse.

La estructura de distorsión sustractiva puede ir seguida de una unidad 614 de escalado que está configurada para reescalar los coeficientes de error cuantificados mediante una post-ganancia  $\gamma$ . Tras el escalado de los coeficientes de error cuantificados, se obtiene el bloque 145 de coeficientes de error cuantificados. Debe observarse que la entrada  $X$  al cuantificador 322 distorsionado corresponde típicamente a los coeficientes del bloque 142 de coeficientes de error reescalados que corresponden a la banda de frecuencias concreta que debe cuantificarse usando el cuantificador 322 distorsionado. De modo similar, la salida del cuantificador 322 distorsionado corresponde típicamente a los coeficientes cuantificados del bloque 145 de coeficientes de error cuantificados que corresponden a la banda de frecuencias concreta.

Se puede suponer que la entrada  $X$  al cuantificador 322 distorsionado es de media cero y que la varianza

$\sigma_X^2 = E\{X^2\}$  de la entrada  $X$  se conoce. (Por ejemplo, la varianza de la señal puede determinarse a partir de la envolvente de la señal). Por otra parte, puede suponerse que un bloque Z 602 de distorsión pseudoaleatoria que comprende valores 632 de distorsión está disponible para el codificador 100 y para el decodificador correspondiente. Además, puede suponerse que los valores 632 de distorsión son independientes de la entrada  $X$ . Pueden usarse diversas distorsiones 602 diferentes, pero se parte por lo que se expone a continuación de que la distorsión Z 602 está uniformemente distribuida entre 0 y  $\Delta$ , lo que puede indicar  $U(0,\Delta)$ . En la práctica, puede usarse cualquier distorsión que cumpla las así llamadas condiciones de Schuchman (p. ej. una distorsión 602 que esté uniformemente distribuida entre  $[-0,5,0,5)$  veces el tamaño de paso  $\Delta$  del cuantificador escalar 612). El cuantificador Q 612 puede ser una retícula y la extensión de su célula Voronoi puede ser  $\Delta$ . En este caso, la señal de distorsión tendría una distribución uniforme por la extensión de la célula Voronoi de la retícula que se utiliza.

La post-ganancia  $\gamma$  del cuantificador puede obtenerse dada la varianza de la señal y el tamaño de paso de cuantificación, ya que el cuantificador de distorsión es analíticamente manejable para cualquier tamaño de paso (es decir, velocidad de transferencia de bits). En concreto, la post-ganancia puede obtenerse para mejorar el rendimiento en MSE de un cuantificador con una distorsión sustractiva. La post-ganancia puede expresarse como:

$$\gamma = \frac{\sigma_X^2}{\sigma_X^2 + \frac{\Delta^2}{12}}$$

Aunque aplicando la post-ganancia  $\gamma$ , el rendimiento en MSE del cuantificador distorsionado 322 puede mejorarse, un cuantificador 322 distorsionado normalmente tiene un rendimiento en MSE inferior a un cuantificador sin distorsión (si bien esta pérdida de rendimiento se desvanece a medida que aumenta la velocidad de transferencia de bits). En consecuencia, por lo general, los cuantificadores distorsionados son más ruidosos que sus versiones no distorsionadas. Por lo tanto, puede ser deseable usar cuantificadores 322 distorsionados sólo cuando la utilización de cuantificadores 322 distorsionados se justifique por la propiedad de relleno de ruido perceptualmente beneficiosa de los cuantificadores 322 distorsionados.

Por lo tanto, puede proporcionarse una colección 326 de cuantificadores que comprende tres tipos de cuantificadores. La colección 326 de cuantificadores ordenados puede incluir un cuantificador 321 de relleno de ruido único, uno o más cuantificadores 322 con distorsión sustractiva y uno o más cuantificadores 323 clásicos (no distorsionados). Los cuantificadores 321, 322, 323 consecutivos pueden proporcionar mejoras incrementales a la SNR. Las mejoras incrementales entre un par de cuantificadores adyacentes de la colección 326 de cuantificadores ordenados pueden ser básicamente constantes para algunos o la totalidad de los pares de cuantificadores adyacentes.

Una colección 326 concreta de cuantificadores puede definirse por el número de cuantificadores 322 distorsionados y por el número de cuantificadores 323 no distorsionados incluidos en la colección 326 concreta. Además, la colección 326 concreta de cuantificadores puede definirse por una realización concreta de la señal 602 de distorsión. La colección 326 puede diseñarse para proporcionar una cuantificación perceptualmente eficiente de la extracción de coeficientes de transformadas: relleno de ruido con velocidad cero (que produce una SNR ligeramente inferior o igual a 0 dB); relleno de ruido por distorsión sustractiva en nivel de distorsión intermedio (SNR intermedia); y ausencia de relleno de ruido con niveles de distorsión bajos (SNR elevada). La colección 326 proporciona un conjunto de cuantificadores admisibles que pueden seleccionarse durante un proceso de asignación de velocidad. Durante el proceso de asignación de velocidad se determina la aplicación de un cuantificador concreto de la colección 326 de cuantificadores a los coeficientes de una banda 302 de frecuencias concreta. Normalmente no se sabe a priori qué cuantificador se usará para cuantificar los coeficientes de una banda 302 de frecuencias concreta. No obstante, normalmente se sabe a priori cuál es la composición de la colección 326 de los cuantificadores.

El aspecto de usar diferentes tipos de cuantificadores para diferentes bandas 302 de frecuencias de un bloque 142 de coeficientes de error se ilustra en la Figura 6c, en la que se muestra un resultado a modo de ejemplo del proceso de asignación de velocidad. En dicho ejemplo, se parte de que la asignación de velocidad sigue el así llamado principio de llenado de agua inverso. La Figura 6c ilustra el espectro 625 de una señal de entrada (o la envolvente del bloque de coeficientes que debe cuantificarse). Puede verse que la banda 623 de frecuencias posee una energía espectral relativamente alta y está cuantificada usando un cuantificador 323 clásico que proporciona niveles de

distorsión relativamente bajos. Las bandas 622 de frecuencias muestran una energía espectral por encima del nivel 624 del agua. Los coeficientes en estas bandas 622 de frecuencias pueden cuantificarse usando los cuantificadores 322 distorsionados que proporcionan niveles de distorsión intermedio. Las bandas 621 de frecuencias muestran una energía espectral por debajo del nivel 624 del agua. Los coeficientes en estas bandas 621 de frecuencias pueden

5 cuantificarse usando relleno de ruido con velocidad cero. Los diferentes cuantificadores usados para cuantificar el bloque de coeficientes concreto (representados por el espectro 625) pueden formar parte de una colección 326 concreta de cuantificadores, que se ha determinado para el bloque de coeficientes concreto.

Por lo tanto, los tres diferentes tipos de cuantificadores 321, 322, 323 pueden aplicarse selectivamente (por ejemplo selectivamente en relación con la frecuencia). La decisión de la aplicación de un tipo de cuantificador en concreto puede determinarse en el contexto de un procedimiento de asignación de velocidad, que se describe a continuación.

10 El procedimiento de asignación de velocidad puede utilizar un criterio perceptual que puede extraerse de la envolvente RMS de la señal de entrada (o, por ejemplo, de la densidad espectral de potencia de la señal). El tipo de cuantificador que debe aplicarse en una banda 302 de frecuencias concreta no requiere señalizarse explícitamente al descodificador correspondiente. La necesidad de señalizar el tipo seleccionado de cuantificador se elimina, ya que

15 el descodificador correspondiente es capaz de determinar el conjunto 326 de cuantificadores concreto que se usó para cuantificar un bloque de la señal de entrada desde el criterio perceptual subyacente (p. ej. la envolvente 138 de asignación), a partir de la composición predeterminada de la colección de los cuantificadores (p. ej. un conjunto predeterminado de colecciones de cuantificadores diferentes), y a partir de un parámetro único de asignación de velocidad global (también referido como un parámetro de compensación).

20 La determinación en el descodificador de la colección 326 de cuantificadores, que se ha usado por parte del codificador 100, se facilita diseñando la colección 326 de los cuantificadores de tal forma que los cuantificadores estén ordenados según su distorsión (p. ej. SNR). Cada cuantificador de la colección 326 puede disminuir la distorsión (puede afinar la SNR) del cuantificador precedente en un valor constante. Además, una colección 326

25 concreta de cuantificadores puede asociarse a una realización única de una señal 602 de distorsión pseudoaleatoria, durante todo el proceso de asignación de velocidad. Consiguientemente, el resultado del procedimiento de asignación de velocidad no afecta a la realización de la señal 602 de distorsión. Esto es beneficioso para garantizar una convergencia del procedimiento de asignación de velocidad. Además, permite al descodificador llevar a cabo la descodificación si el descodificador conoce la realización única de la señal 602 de distorsión. El descodificador puede tener constancia de la realización de la señal 602 de distorsión mediante el uso del mismo generador 601 de

30 distorsión pseudoaleatoria en el codificador 100 y en el descodificador correspondiente.

Como se ha indicado antes, el codificador 100 puede configurarse para llevar a cabo un proceso de asignación de bits. Con este fin, el codificador 100 puede incluir unidades 109, 110 de asignación de bits. La unidad 109 de asignación de bits puede configurarse para determinar el número total de bits 143 que están disponibles para codificar el bloque 142 actual de coeficientes de error reescalados. El número total de bits 143 puede determinarse

35 basándose en la envolvente 138 de asignación. La unidad 110 de asignación de bits puede configurarse para proporcionar una asignación de bits relativa a los diferentes coeficientes de error reescalados, dependiendo del valor energético correspondiente en la envolvente 138 de asignación.

El proceso de asignación de bits puede hacer uso de un procedimiento de asignación iterativo. En el curso del procedimiento de asignación, la envolvente 138 de asignación puede compensarse aplicando un parámetro de compensación, por lo tanto seleccionando cuantificadores con resolución incrementada o disminuida. Como tal, el parámetro de compensación puede usarse para afinar o engrosar la cuantificación global. El parámetro de compensación puede determinarse de forma que los datos 163 de coeficientes, que se obtienen usando los cuantificadores determinados por el parámetro de compensación y la envolvente 138 de asignación, comprendan un número de bits que se corresponda con (o no supere) el número total de bits 143 asignado al bloque 131 actual. El

40 parámetro de compensación que ha utilizado el codificador 100 para codificar el bloque 131 actual se incluye como datos 163 de coeficientes en el tren de bits. En consecuencia, se hace posible que el descodificador correspondiente determine los cuantificadores que ha usado la unidad 112 de cuantificación de coeficientes para cuantificar el bloque 142 de coeficientes de error reescalados.

Como tal, el proceso de asignación de velocidad puede efectuarse en el codificador 100, y su objetivo es distribuir los bits 143 disponibles de acuerdo con un modelo perceptual. El modelo perceptual puede depender de una envolvente 138 de asignación extraída del bloque 131 de coeficientes de transformadas. El algoritmo de asignación de velocidad distribuye los bits 143 disponibles entre los diferentes tipos de cuantificadores, es decir, el relleno de ruido 321 con velocidad cero, el o los cuantificadores 322 distorsionados y el o los cuantificadores 323 no distorsionados clásicos. La decisión última sobre el tipo de cuantificador que debe usarse para cuantificar los

50 coeficientes de una banda 302 de frecuencias concreta del espectro puede depender del modelo de señal perceptual, de la realización de la distorsión pseudoaleatoria y de la limitación de la velocidad de transferencia de bits.

En el descodificador correspondiente, la asignación de bits (indicada por la envolvente 138 de asignación y por el parámetro de compensación) puede usarse para determinar las probabilidades de los índices de cuantificación a fin de facilitar la descodificación sin pérdidas. Puede usarse un método de computación de probabilidades de índices de cuantificación, que emplea el uso de una realización de la distorsión 602 pseudoaleatoria de banda completa, el

60 modelo perceptual parametrizado por la envolvente 138 de la señal y el parámetro de asignación de velocidad (es

decir, el parámetro de compensación). Utilizando la envolvente 138 de asignación, el parámetro de compensación y el conocimiento relativo al bloque 602 de valores de distorsión, la composición de la colección 326 de cuantificadores en el descodificador puede estar en sincronía con la colección 326 usada en el codificador 100.

5 Como se ha señalado antes, la limitación de velocidad de transferencia de bits puede especificarse en términos de un número máximo de bits permitido por unidad de información 143. Esto se aplica p. ej. a índices de cuantificación que se codifican entrópicamente posteriormente usando p. ej. un código de Huffman. En concreto, esto se aplica en supuestos de codificación en los que el tren de bits se genera de forma secuencial, donde se cuantifica un único parámetro de una sola vez y donde el índice de cuantificación correspondiente se convierte a una palabra de código binario, que se anexa al tren de bits.

10 Si se emplea codificación aritmética (o codificación de intervalo), el principio es diferente. En el contexto de la codificación aritmética, normalmente se asigna una palabra de código única a una secuencia larga de índices de cuantificación. Normalmente no es posible asociar exactamente una porción concreta del tren de bits a un parámetro concreto. En particular, en el contexto de la codificación aritmética, el número de bits que se requiere para codificar una realización aleatoria de una señal normalmente se desconoce. Esto es así incluso si el modelo estadístico de la  
15 señal se conoce.

Para abordar el mencionado problema técnico, se propone hacer que el codificador aritmético forme parte del algoritmo de asignación de velocidad. Durante el proceso de asignación de velocidad el codificador intenta cuantificar y codificar un conjunto de coeficientes de una o más bandas 302 de frecuencias. Para cada uno de estos  
20 intentos, es posible observar el cambio del estado del codificador aritmético y computar el número de posiciones que deben avanzarse en el tren de bits (en vez de computar un número de bits). Si se fija una limitación de velocidad de transferencia de bits máxima, dicha limitación de velocidad de transferencia de bits máxima puede usarse en el procedimiento de asignación de velocidad. El coste de los bits de terminación del código aritmético puede incluirse en el coste del último parámetro codificado y, en general, el coste de los bits de terminación variará en función del estado del codificador aritmético. No obstante, una vez que se disponga del coste de terminación, es posible  
25 determinar el número de bits necesario para codificar los índices de cuantificación correspondientes al conjunto de coeficientes de la banda o las bandas 302 de frecuencias.

Debe decirse que en el contexto de la codificación aritmética, una realización única de la distorsión 602 puede usarse para la totalidad del proceso de asignación de velocidad (de un bloque 142 de coeficientes concreto). Como se ha señalado antes, el codificador aritmético puede usarse para calcular el coste de velocidad de transferencia de bits de una selección de cuantificadores concreta dentro del procedimiento de asignación de velocidad. El cambio del estado del codificador aritmético puede observarse y dicho cambio de estado puede usarse para computar un número de bits necesario para llevar a cabo la cuantificación. Además, el proceso de terminación del código aritmético puede usarse dentro del proceso de asignación de velocidad.  
30

Como se ha indicado antes, los índices de cuantificación pueden codificarse usando un código aritmético o un código entrópico. Si los índices de cuantificación se codifican entrópicamente, la distribución de probabilidad de los índices de cuantificación puede tenerse en cuenta para asignar palabras de código de longitud variable a índices de cuantificación individuales o grupos de estos. El uso de distorsión puede repercutir en la distribución de probabilidad de los índices de cuantificación. Especialmente, la realización concreta de una señal 602 de distorsión puede repercutir en la distribución de probabilidad de los índices de cuantificación. Debido al número prácticamente ilimitado de realizaciones de la señal 602 de distorsión, en el caso general, no se conocen a priori las probabilidades de palabras de código y no es posible usar codificación Huffman.  
35 40

Los inventores han observado que es posible reducir el número de posibles realizaciones de distorsión a un conjunto de realizaciones de la señal 602 de distorsión relativamente pequeño y manejable. A modo de ejemplo, puede proporcionarse para cada banda 302 de frecuencias un conjunto limitado de valores de distorsión. Con este fin, el codificador 100 (así como el descodificador correspondiente) puede incluir un generador 801 de distorsión discreta configurado para generar la señal 602 de distorsión seleccionando una de M realizaciones de distorsión predeterminadas (véase la Figura 8). A modo de ejemplo, puede usarse M realizaciones de distorsión predeterminadas diferentes por cada banda 302 de frecuencias. El número M de realizaciones de distorsión predeterminadas puede ser  $M < 5$  (p. ej.  $M=4$  o  $M=3$ ).  
45

Debido al número limitado de M realizaciones de distorsión, es posible entrenar una lista de códigos de Huffman (posiblemente multidimensional) para cada realización de distorsión, produciendo una colección 803 de M listas de códigos. El codificador 100 puede incluir una unidad 802 de selección de listas de códigos que está configurada para seleccionar uno de la colección 803 de M listas de códigos predeterminadas, basándose en la realización de distorsión seleccionada. De ese modo, se garantiza que la codificación entrópica esté en sincronía con la generación de distorsión. La lista de códigos 811 seleccionado puede usarse para codificar índices de cuantificación individuales o grupos de estos que se han cuantificado usando la realización de distorsión seleccionada. En consecuencia, puede mejorarse la ejecución de la codificación entrópica, al utilizar cuantificadores distorsionados.  
50 55

La colección 803 de listas de códigos predeterminadas y el generador 801 de distorsión discreta pueden también usarse en el descodificador correspondiente (tal como se ilustra en la Figura 8). La descodificación es factible si se

usa una distorsión pseudoaleatoria y si el descodificador permanece en sincronía con el codificador 100. En este caso, el generador 801 de distorsión discreta y el codificador generan la señal 602 de distorsión, y la realización de distorsión concreta se asocia de modo exclusivo a una lista de códigos 811 de Huffman concreto de la colección 803 de listas de códigos. Dado el modelo psicoacústico (por ejemplo, representado por la envolvente 138 de asignación y el parámetro de asignación de velocidad) y la lista de códigos 811 seleccionada, el descodificador puede llevar a cabo la descodificación usando el descodificador 551 de Huffman para producir los índices 812 de cuantificación descodificados.

Como tal, puede usarse un conjunto 803 relativamente pequeño de listas de códigos de Huffman en vez de codificación aritmética. El uso de una lista de códigos 811 concreta del conjunto 813 de listas de códigos de Huffman puede depender de una realización predeterminada de la señal 602 de distorsión. Al mismo tiempo, puede usarse un conjunto limitado de valores de distorsión admisibles que forman M realizaciones de distorsión predeterminadas. El proceso de asignación de velocidad puede suponer entonces el uso de cuantificadores no distorsionados, de cuantificadores distorsionados y de codificación de Huffman.

Como resultado de la cuantificación de los coeficientes de error reescalados, se obtiene un bloque 145 de coeficientes de error cuantificados. El bloque 145 de coeficientes de error cuantificados corresponde al bloque de coeficientes de error que están disponibles en el descodificador correspondiente. Consiguientemente, el bloque 145 de coeficientes de error cuantificados puede usarse para determinar un bloque 150 de coeficientes de transformadas estimados. El codificador 100 puede incluir una unidad 113 de reescalado inverso configurado para efectuar la inversión de las operaciones de reescalado realizadas por la unidad 113 de reescalado, produciendo por lo tanto un bloque 147 de coeficientes de error cuantificados reescalados. Puede usarse una unidad 116 de adición para determinar un bloque 148 de coeficientes suavizados reconstruidos, añadiendo el bloque 150 de coeficientes de transformadas estimados al bloque 147 de coeficientes de error cuantificados escalados. Además, puede usarse una unidad 114 de aplanamiento inverso para aplicar la envolvente 139 ajustada al bloque 148 de coeficientes suavizados reconstruidos, produciendo por lo tanto un bloque 149 de coeficientes reconstruidos. El bloque 149 de coeficientes reconstruidos corresponde a la versión del bloque 131 de coeficientes de transformadas que está disponible en el descodificador correspondiente. En consecuencia, el bloque 149 de coeficientes reconstruidos puede usarse en el predictor 117 para determinar el bloque 150 de coeficientes estimados.

El bloque 149 de coeficientes reconstruidos se representa en el dominio no nivelado, es decir, el bloque 149 de coeficientes reconstruidos es también representativo de la envolvente espectral del bloque 131 actual. Como se expone más adelante, esto puede ser beneficioso para el rendimiento del predictor 117.

El predictor 117 puede configurarse para calcular el bloque 150 de coeficientes de transformadas estimados basándose en uno o más bloques 149 previos de coeficientes reconstruidos. En concreto, el predictor 117 puede configurarse para determinar uno o más parámetros del predictor de tal forma que se reduzca un criterio de error de predicción predeterminado (p. ej. se minimice). A modo de ejemplo, el o los parámetros del predictor pueden determinarse de tal forma que una energía, o una energía perceptualmente ponderada, del bloque 141 de coeficientes de error de predicción se reduzca (p. ej. se minimice). El o los parámetros del predictor pueden incluirse como datos 164 del predictor en el tren de bits generado por el codificador 100.

El predictor 117 puede emplear un modelo de señales, tal como se describe en la solicitud de patente US61750052 y en las solicitudes de patente que reclaman prioridad sobre esta, cuyo contenido se incorpora como referencia. El o los parámetros del predictor pueden corresponder a uno o más parámetros modelo del modelo de señales.

La Figura 1b muestra un diagrama de bloque de un ejemplo adicional de codificador 170 vocal basado en transformadas. El codificador 170 vocal basado en transformadas de la Figura 1b comprende muchos de los componentes del codificador 100 de la Figura 1a. No obstante, el codificador 170 vocal basado en transformadas de la Figura 1b está configurado para generar un tren de bits que tiene una velocidad de transferencia de bits variable. Con este fin, el codificador 170 incluye una unidad 172 de estado de frecuencia de bits media (ABR, por su sigla en inglés) configurada para hacer un seguimiento de la velocidad de transferencia de bits que ha consumido el tren de bits para los bloques 131 precedentes. La unidad 171 de asignación de bits usa esta información para determinar el número total de bits 143 que está disponible para codificar el bloque 131 actual de coeficientes de transformadas.

En general, los codificadores 100, 170 vocales basados en transformadas están configurados para generar un tren de bits que es indicativo de o que comprende

- Datos de envolvente 161 indicativos de una envolvente 134 actual cuantificada. La envolvente 134 actual cuantificada se usa para describir la envolvente de los bloques de un conjunto 132 actual o un conjunto 332 desplazado de bloques de coeficientes de transformadas.
- Datos de ganancia 162 indicativos de una ganancia  $\alpha$  de corrección de nivel para ajustar la envolvente 136 interpolada de un bloque 131 actual de coeficientes de transformadas. Típicamente se proporciona una ganancia  $\alpha$  diferente para cada bloque 131 del conjunto 132 o el conjunto 332 desplazado de bloques.
- Datos de coeficientes 163 indicativos del bloque 141 de coeficientes de error de predicción para el bloque 131 actual. En concreto, los datos 163 de coeficientes son indicativos del bloque 145 de

coeficientes de error cuantificados. Además, los datos 163 de coeficientes pueden ser indicativos de un parámetro de compensación que puede usarse para determinar los cuantificadores para llevar a cabo cuantificación inversa en el descodificador.

- Datos 164 de predictores indicativos de uno o más coeficientes de predictor que deben usarse para determinar un bloque 150 de coeficientes calculados de bloques 149 previos de coeficientes reconstruidos.

Se describe a continuación un descodificador 500 vocal basado en transformadas en el contexto de las figuras 5a a 5d. La fig. 5a muestra un diagramas de bloque de un ejemplo de descodificador 500 vocal basado en transformadas. El diagrama de bloque muestra un banco 504 de filtros de síntesis (referido también como una unidad de transformadas inversas) que se usa para convertir un bloque 149 de coeficientes reconstruidos del dominio de transformadas al dominio temporal, produciendo de ese modo muestras de la señal de audio descodificada. El banco 504 de filtros de síntesis puede emplear un MDCT inverso con un avance predeterminado (p. ej. un avance de aproximadamente 5 ms o 256 muestras).

El bucle principal del descodificador 500 opera en unidades de este avance. Cada paso produce un vector de dominio de transformadas (también referido como un bloque) con una longitud o dimensión que corresponde a una configuración de bando de ancha del sistema predeterminada. Con relleno cero al tamaño de transformadas del banco 504 de filtros, se usará el vector de dominio de transformadas para sintetizar una actualización de señal del dominio temporal de una longitud predeterminada (p. ej. 5 ms) al proceso de solapamiento/adición del banco 504 de filtros de síntesis.

Como se ha indicado antes, los códecs de audio basados en transformadas genéricos emplean típicamente unidades de información con secuencias de bloques cortos en el intervalo de 5 ms para manejo transitorio. Como tales, los códecs de audio basados en transformadas genéricos proporcionan las transformadas y las herramientas de conmutación de ventanas necesarias para una coexistencia perfecta de bloques cortos y largos. Un terminal de entrada espectral de voz definido por omisión del banco 504 de filtros de síntesis de la Fig. 5a puede por lo tanto integrarse convenientemente en el códec de audio basado en transformadas de uso general, sin necesidad de introducir herramientas de conmutación adicionales. Dicho de otro modo, el descodificador 500 vocal basado en transformadas de la Fig. 5a puede combinarse convenientemente con un descodificador de audio basado en transformadas genérico. En concreto, el descodificador 500 vocal basado en transformadas de la Fig. 5a puede utilizar el banco 504 de filtros de síntesis proporcionado por el descodificador de audio basado en transformadas genérico (p. ej. el descodificador AAC o HE-AAC).

Desde el tren de bits entrante (en concreto desde los datos 161 de envolvente y desde los datos 162 de ganancia incluidos en el tren de bits), puede determinarse una envolvente de señal mediante un descodificador 503 de envolvente. En concreto, el descodificador 503 de envolvente puede configurarse para determinar la envolvente 139 ajustada basándose en los datos 161 de envolvente y los datos 162 de ganancia). Como tal, el descodificador 503 de envolvente puede realizar tareas similares a la unidad 104 de interpolación y la unidad 107 de afinamiento de envolventes del codificador 100, 170. Como se ha señalado antes, la envolvente 109 ajustada representa un modelo de la varianza de señal en un conjunto de bandas 302 de frecuencias predefinidas.

Por otra parte, el descodificador 500 incluye una unidad 114 de aplanamiento inverso que está configurada para aplicar la envolvente 139 ajustada a un vector de dominio nivelado, cuyas entradas pueden ser nominalmente de varianza uno. El vector de dominio nivelado corresponde al bloque 148 de coeficientes suavizados reconstruidos descrito en el contexto del codificador 100, 170. En la salida de la unidad 114 de aplanamiento inverso, se obtiene el bloque 149 de coeficientes reconstruidos. El bloque 149 de coeficientes reconstruidos se proporciona al banco 504 de filtros de síntesis (para generar la señal de audio descodificada) y al predictor 517 de subbanda.

El predictor 517 de subbanda opera de modo similar al predictor 117 del codificador 100, 170. En concreto, el predictor 517 de subbanda está configurado para determinar un bloque 150 de coeficientes de transformadas estimados (en el dominio nivelado) basándose en uno o más bloques 149 previos de coeficientes reconstruidos (usando el parámetro o los parámetros del predictor señalizados dentro del tren de bits). Dicho de otro modo, el predictor 517 de subbanda está configurado para generar un vector de dominio nivelado predicho desde una memoria intermedia o vectores de salida descodificador previamente y envolventes de señal, basándose en los parámetros del predictor como puede ser un retardo del predictor y una ganancia del predictor. El descodificador 500 comprende un descodificador 501 del predictor configurado para descodificar los datos 164 del predictor a fin de determinar el parámetro o los parámetros del predictor.

El descodificador 500 comprende además un descodificador 502 espectral que está configurado para proporcionar una corrección aditiva al vector de dominio nivelado predicho, basado en típicamente la parte más grande del tren de bits (es decir, basado en los datos 163 de coeficiente). El proceso de descodificación del espectro es controlado principalmente por un vector de asignación, que se obtiene de la envolvente, y un parámetro de control de asignación transmitido (también referido como el parámetro de compensación). Tal como se ilustra en la Figura 5a, puede haber una dependencia directa del descodificador 502 espectral de los parámetros 520 del predictor. Como tal, el descodificador 502 espectral puede configurarse para determinar el bloque 147 de coeficientes de error cuantificados reescalados basándose en los datos 163 de coeficientes. Tal como se ha expuesto en el contexto del

codificador 100, 170, los cuantificadores 321, 322, 323 usados para cuantificar el bloque 142 de coeficientes de error reescalados dependen típicamente de la envolvente 138 de asignación (que puede obtenerse de la envolvente 139 ajustada) y del parámetro de compensación. Además, los cuantificadores 321, 322, 323 pueden depender de un parámetro 146 de control proporcionado por el predictor 117. El parámetro 146 de control puede ser obtenido por el descodificador 500 usando los parámetros 520 del predictor (de forma análoga al codificador 100, 170).

Como se ha indicado antes, el tren de bits recibido comprende datos 161 de envolvente y datos 162 de ganancia que pueden usarse para determinar la envolvente 139 ajustada. En concreto, la unidad 531 del descodificador 503 de envolventes puede configurarse para determinar la envolvente 134 actual cuantificada a partir de los datos 161 de envolvente. A modo de ejemplo, la envolvente 134 actual cuantificada puede tener una resolución de 3 dB en bandas 302 de frecuencias predefinidas (tal como se indica en la figura 3a). La envolvente 134 actual cuantificada puede actualizarse por cada conjunto 132, 332 de bloques (p. ej. cada cuatro unidades de codificación, es decir bloques, o cada 20 ms), en concreto por cada conjunto 332 desplazado de bloques. Las bandas 302 de frecuencias de la envolvente 134 actual cuantificada pueden comprender un número creciente de períodos 301 de frecuencia como una función de la frecuencia, para adaptarse a las propiedades del oído humano.

La envolvente 134 actual cuantificada puede interpolarse linealmente desde una envolvente 135 cuantificada en envolventes 136 interpoladas por cada bloque 131 del conjunto 332 desplazado de bloques (o posiblemente, del conjunto 132 actual de bloques). Las envolventes 136 interpoladas pueden determinarse en el dominio de 3 dB cuantificado. Esto significa que los valores 303 energéticos interpolados pueden redondearse al nivel de 3 dB más próximo. Un ejemplo de envolvente 136 interpolada se ilustra en el gráfico de puntos de la figura 3a. Para cada envolvente 134 actual cuantificada, se proporcionan cuatro ganancias  $\alpha$  137 de corrección de nivel (también referidas como ganancia de envolvente) a modo de datos 162 de ganancia. La unidad 532 de descodificación de la ganancia puede configurarse para determinar las ganancias  $\alpha$  137 de corrección de nivel a partir de los datos 162 de ganancia. Las ganancias de corrección de nivel pueden cuantificarse en pasos de 1 dB. Cada ganancia de corrección de nivel se aplica a la envolvente 136 interpolada correspondiente a fin de proporcionar las envolventes 139 ajustadas para los diferentes bloques 131. Debido a la resolución aumentada de las ganancias 137 de corrección de nivel, la envolvente 139 ajustada puede tener una resolución aumentada (p. ej. una resolución de 1 dB).

La Figura 3b muestra un ejemplo lineal de interpolación geométrica entre la envolvente 135 previa cuantificada y la envolvente 134 actual cuantificada. Las envolventes 135, 134 pueden separarse en una parte de nivel medio y una parte de forma del espectro logarítmico. Estas partes pueden interpolarse con estrategias independientes tales como una estrategia lineal, una geométrica o una armónica (resistores paralelos). En ese sentido, pueden usarse diferentes esquemas de interpolación para determinar las envolventes 136 interpoladas. El esquema de interpolación usado por el descodificador 500 corresponde típicamente al esquema de interpolación usado por el codificador 100, 170.

La unidad 107 de afinamiento de envolvente del descodificador 503 de envolventes puede configurarse para determinar una envolvente 138 de asignación a partir de la envolvente 139 ajustada cuantificando la envolvente 139 ajustada (p. ej. en etapas de 3 dB). La envolvente 138 de asignación puede usarse en conjunción con el parámetro de control de asignación o parámetro de compensación (incluido en los datos 163 de coeficientes) para crear un vector de asignación de número entero nominal usado para controlar la descodificación espectral, es decir, la descodificación de los datos 163 de coeficientes. En concreto, el vector de asignación de número entero nominal puede usarse para determinar un cuantificador para cuantificar inversamente los índices de cuantificación comprendidos en los datos 163 de coeficientes. La envolvente 138 de asignación y el vector de asignación de número entero nominal pueden determinarse de manera análoga en el codificador 100, 170 y en el descodificador 500.

La Figura 10 ilustra un ejemplo de proceso de asignación de bits basado en la envolvente 138 de asignación. Como se ha señalado antes, la envolvente 138 de asignación puede cuantificarse de acuerdo con una resolución predeterminada (p. ej. una resolución de 3 dB). Cada valor energético espectral cuantificado de la envolvente 138 de asignación puede asignarse a un valor de número entero correspondiente, en el que los valores de número entero adyacentes pueden representar una diferencia en la energía espectral correspondiente a la resolución predeterminada (p. ej. diferencia de 3 dB). El conjunto resultante de números enteros puede referirse como una envolvente 1004 de asignación de números enteros (referida como  $iEnv$ ). La envolvente 1004 de asignación de números enteros puede compensarse con el parámetro de compensación para producir el vector de asignación de número entero nominal (referido como  $iAsig$ ) que proporciona una indicación directa del cuantificador que debe usarse para cuantificar el coeficiente de una banda 302 de frecuencias concreta (identificada por un índice de banda de frecuencias,  $bandIdx$ ).

La Fig. 10 muestra en diagrama 1003 la envolvente de asignación de número entero 1004 como una función de las bandas 302 de frecuencia. Puede verse que por banda 1002 de frecuencia ( $bandIdx = 7$ ) la envolvente 1004 de asignación de número entero adopta el valor de número entero  $-17$  ( $iEnv[7]=-17$ ). La envolvente 1004 de asignación de número entero puede limitarse a un valor máximo (referido como  $iMax$ , p. ej.  $iMax = -15$ ). El proceso de asignación de bits puede emplear la fórmula de asignación de bits que proporcione un índice 1006 de cuantificador (referido como  $iAsig [bandIdx]$ ) como una función de la envolvente 1004 de asignación de número entero y del

parámetro de compensación (referido como *AsigCompensacion*). Como se ha señalado antes, el parámetro de compensación (es decir, *AsigCompensacion*) se transmite al descodificador 500 correspondiente, permitiendo por lo tanto al descodificador 500 determinar los índices 1006 de cuantificador usando la fórmula de asignación de bits. La fórmula de asignación de bits puede expresarse como

$$5 \quad iAsig[bandIdx] = IEnv[bandIdx] - (iMax - COMPENSACIÓN\_CONSTANTE) + AsigCompensación,$$

en la que *COMPENSACIÓN\_CONSTANTE* puede ser una compensación constante, p. ej. *COMPENSACIÓN\_CONSTANTE*=20. A modo de ejemplo, si el proceso de asignación de bits ha determinado que la limitación de velocidad de transferencia de bits puede lograrse usando un parámetro de compensación *AsigCompensación*=-13, el índice 1007 de cuantificador de la séptima banda de frecuencias puede obtenerse como

10  $iAsig[7] = -17 - (-15-20) - 13 = 5$ . Usando la fórmula de asignación de bits mencionada para todas las bandas 302 de frecuencias, pueden determinarse los índices 1006 de cuantificador (y en consecuencia los cuantificadores 321, 322, 323) para todas las bandas de frecuencias. Un índice de cuantificador inferior a cero puede redondearse a un índice de cuantificador cero. De modo similar, un índice de cuantificador superior al índice de cuantificador disponible máximo puede rebajarse al índice de cuantificador disponible máximo.

15 Por otra parte, la Figura 10 muestra un ejemplo de envolvente 1011 de ruido que puede lograrse usando el esquema de cuantificación descrito en el presente documento. La envolvente 1011 de ruido muestra la envolvente de ruido de cuantificación que se introduce durante la cuantificación. Si se traza juntamente con la envolvente de señal (representada por la envolvente 1004 de asignación de número entero en la Figura 10), la envolvente 1011 de ruido ilustra el hecho de que la distribución de ruido de cuantificación se optimiza perceptualmente con respecto a la

20 envolvente de señal.

Para permitir que un descodificador 500 se sincronice con un tren de bits recibido, puede transmitirse diferentes tipos de unidades de información. Una unidad de información puede corresponder a un conjunto 132, 332 de bloques, en concreto a un bloque 332 desplazado de bloques. En concreto, pueden transmitirse las así llamadas P-tramas, que se codifican de forma relativa con respecto a una trama previa. En la anterior descripción, se partía de que el descodificador 500 tiene constancia de la envolvente 135 previa cuantificada. La envolvente 135 previa cuantificada puede proporcionarse dentro de una trama anterior, de forma que el conjunto 132 actual o el conjunto 332 desplazado correspondiente pueda corresponder a una P-trama. Sin embargo, en un escenario de puesta en funcionamiento, el descodificador 500 normalmente no tiene constancia de la envolvente 135 previa cuantificada. Con ese fin, puede transmitirse una I-trama (p. ej. en el momento de la puesta en funcionamiento o con regularidad).

25 La I-trama puede constar de dos envolventes, una de las cuales se usa como la envolvente 135 previa cuantificada y la otra como la envolvente 134 actual cuantificada. Pueden usarse I-tramas para el caso de puesta en funcionamiento del terminal de entrada espectral de voz (es decir, del descodificador 500 vocal basado en transformadas), p. ej. cuando se sigue a una trama que emplea un modo de codificación de audio diferente y/o como herramienta para permitir de forma expresa un punto de empalme del tren de bits de audio.

30

35 El funcionamiento del predictor 517 de subbanda se ilustra en la Figura 5d. En el ejemplo ilustrado, los parámetros 520 del predictor son un parámetro de retardo y un parámetro *g* de ganancia del predictor. Los parámetros 520 del predictor pueden determinarse a partir de los datos 164 del predictor usando una tabla predeterminada de posibles valores para el parámetro de retardo y el parámetro de ganancia del predictor. Esto permite la transmisión eficaz en cuanto a velocidad de transferencia de bits de los parámetros 520 del predictor.

40 El o los vectores de coeficientes de transformadas descodificados previamente (es decir, el o los bloques 149 previos de coeficientes reconstruidos) pueden almacenarse en una memoria 541 intermedia de señales de subbanda (o MDCT). La memoria 541 intermedia puede actualizarse de acuerdo con el avance (p. ej. cada 5 ms). El extractor 543 del predictor puede configurarse para operar en la memoria 541 intermedia dependiendo de un parámetro de retardo *T* normalizado. El parámetro de retardo *T* normalizado puede determinarse normalizando el

45 parámetro 520 de retardo a unidades de avance (p. ej. a unidades de avance MDCT). Si el parámetro de retardo *T* es un número entero, el extractor 543 puede buscar y cargar una o más unidades de tiempo de vectores *T* de coeficientes de transformadas descodificados previamente en la memoria 541 intermedia. Dicho de otro modo, el parámetro de retardo *T* puede ser indicativo de cuáles de los bloques 149 previos de coeficientes reconstruidos deben usarse para determinar el bloque 150 de coeficientes de transformadas estimados. Se ofrece una exposición detallada acerca de una posible implementación del extractor 543 en la solicitud de patente US61750052 y en las solicitudes de patente que reclaman prioridad sobre esta, cuyo contenido se incorpora como referencia.

50

El extractor 543 puede operar en vectores (o bloques) que llevan envolventes de señal completas. Por otra parte, el bloque 150 de coeficientes de transformadas estimados (que debe proporcionar el predictor 517 de subbanda) se representa en el dominio nivelado. Consiguientemente, la salida del extractor 543 puede configurarse como un

55 vector de dominio nivelado. Esto puede lograrse usando un circuito 544 de formación que utilice las envolventes 139 ajustadas del bloque o los bloques 149 previos de coeficientes reconstruidos. Las envolventes 139 ajustadas del bloque o los bloques 149 previos de coeficientes reconstruidos pueden almacenarse en una memoria 542 intermedia de envolventes. La unidad formadora 544 puede configurarse para buscar y cargar una envolvente de señal retardada que debe usarse en el aplanamiento de  $T_0$  unidades de tiempo en la memoria intermedia 542 de

60 envolventes, donde  $T_0$  es el número entero más próximo a *T*. Luego, el vector de dominio nivelado puede ser

escalado por el parámetro de ganancia  $g$  para producir el bloque 150 de coeficientes de transformadas estimados (en el dominio nivelado).

Como alternativa, el proceso de aplanamiento retardado realizado por el circuito de formación 544 puede omitirse usando un predictor 517 de subbanda que opere en el dominio nivelado, p. ej. un predictor 517 de subbanda que opere en los bloques 148 de coeficientes suavizados reconstruidos. No obstante, se ha hallado que una secuencia de vectores de dominio nivelado (o bloques) no se transforma bien en señales de tiempo debido a los aspectos de solapamiento temporal de la transformada (p. ej. la transformada MDCT). Como consecuencia, el encaje con el modelo de señal subyacente del extractor 543 se reduce y se produce un nivel mayor de ruido de codificación desde la estructura alternativa. Dicho de otro modo, se ha hallado que los modelos de señal (p. ej. sinusoidal o modelos periódicos) usados por el predictor 517 de subbanda producen un mayor rendimiento en el dominio no nivelado (comparado con el dominio nivelado).

Debe señalarse que en un ejemplo alternativo, la salida del predictor 517 (es decir, el bloque 150 de coeficientes de transformadas estimados) puede añadirse a la salida de la unidad 114 de aplanamiento inverso (es decir, al bloque 149 de coeficientes reconstruidos) (véase la Figura 5a). La unidad formadora 544 de la Figura 5c puede entonces configurarse para llevar a cabo la operación combinada de aplanamiento retardado y aplanamiento inverso.

Unos elementos en el tren de bits recibido pueden controlar la descarga ocasional de la memoria 541 intermedia de subbanda y de la memoria 541 intermedia de la envolvente, por ejemplo en caso de una primera unidad de codificación (es decir, un primer bloque) de una I-trama. Esto permite la descodificación de una I-trama sin que se conozcan los datos previos. La primera unidad de codificación normalmente no podrá hacer uso de una contribución predictiva, pero no obstante podrá usar un número relativamente inferior de bits para trasladar la información 520 del predictor. La pérdida de ganancia de predicción puede compensarse asignando más bits a la codificación de error de predicción de esta primera unidad de codificación. Típicamente, la contribución del predictor es de nuevo básica para la segunda unidad de codificación (es decir, un segundo bloque) de una I-trama. Debido a estos aspectos, la calidad puede mantenerse con un aumento relativamente pequeño en la velocidad de transferencia de bits, incluso con un uso muy frecuente de I-tramas.

Dicho de otro modo, los conjuntos 132, 332 de bloques (también referidos como tramas) comprenden una pluralidad de bloques 131 que pueden codificarse usando codificación predictiva. Al codificar una I-trama, sólo el primer bloque 203 de un conjunto 332 de bloques no puede codificarse usando la ganancia de codificación lograda por un codificador predictivo, pero ya el bloque 201 directamente siguiente puede aprovechar los beneficios de la codificación predictiva. Esto significa que los inconvenientes de una unidad de información I con respecto a la eficiencia de la codificación se limitan a la codificación del primer bloque 203 de coeficientes de transformadas de la unidad 332 de información, y no son aplicables a los otros bloques 201, 204, 205 de la unidad de información 332. Por lo tanto, el esquema de codificación vocal basado en transformadas descrito en el presente documento permite un uso relativamente frecuente de I-tramas sin impacto significativo en la eficiencia de la codificación. Como tal, el esquema de codificación vocal basado en transformadas aquí descrito es especialmente adecuado para aplicaciones que requieren una sincronización relativamente rápida y/o relativamente frecuente entre el descodificador y el codificador.

La Figura 5d muestra un diagrama de bloque de un ejemplo de descodificador 502 espectral. El descodificador 502 espectral comprende un descodificador 551 sin pérdidas que está configurado para descodificar los datos 163 de coeficientes codificados entrópicamente. Además, el descodificador 502 espectral comprende un cuantificador 552 inverso que está configurado para asignar valores de coeficiente a los índices de cuantificación incluidos en los datos 163 de coeficientes. Como se ha señalado en el contexto del codificador 100, 170, puede cuantificarse diferentes coeficientes de transformadas usando diferentes cuantificadores seleccionados de un conjunto de cuantificadores predeterminado, p. ej. un conjunto finito de cuantificadores escalares basados en modelos. Tal como se muestra en la figura 4, un conjunto de cuantificadores 321, 322, 323 puede comprender diferentes tipos de cuantificadores. El conjunto de cuantificadores puede comprender un cuantificador 321 que proporciona síntesis de ruido (en caso de velocidad de transferencia de bits cero), uno o más cuantificadores 322 distorsionados (para relaciones señal-ruido, SNR, relativamente bajas y para velocidades de transferencia de bits intermedias) y/o uno o más cuantificadores 323 ordinarios (para SNR relativamente altas y para velocidades de transferencia de bits relativamente altas).

La unidad 107 de afinamiento de envolvente puede configurarse para proporcionar la envolvente 138 de asignación que puede combinarse con el parámetro de compensación incluido en los datos 163 de coeficientes para producir un vector de asignación. El vector de asignación contiene un valor de número entero para cada banda 302 de frecuencias. El valor de número entero para una banda 302 de frecuencias concreta señala al punto de distorsión de velocidad que debe usarse para la cuantificación inversa de los coeficientes de transformadas de la banda 302 concreta. Dicho de otro modo, el valor de número entero para la banda 302 de frecuencias concreta señala el cuantificador que debe usarse para la cuantificación inversa de los coeficientes de transformadas de la banda 302 concreta. Un aumento del valor de número entero en uno corresponde a un aumento de 1,5 dB en SNR. Para los cuantificadores 322 distorsionados y los cuantificadores 323 ordinarios, puede usarse un modelo de distribución de probabilidad laplaciano en la codificación sin pérdidas, que puede emplear codificación aritmética. Puede usarse uno o más cuantificadores 322 distorsionados para salvar la brecha de forma continuada entre los casos de baja y alta

velocidad de transferencia de bits. Los cuantificadores 322 distorsionados pueden ser beneficiosos a la hora de crear una calidad de audio de salida suficientemente uniforme para señales similares a ruido fijas.

5 Dicho de otro modo, el cuantificador 552 inverso puede configurarse para recibir los índices de cuantificación de coeficientes de un bloque 131 actual de coeficientes de transformadas. El índice o los índices de cuantificación de coeficientes de una banda 302 de frecuencias concreta se han determinado usando un cuantificador correspondiente de un conjunto de cuantificadores predeterminado. El valor del vector de asignación (que puede determinarse compensando la envolvente 138 de asignación con el parámetro de compensación) para la banda 302 de frecuencias concreta indica el cuantificador que se ha usado para determinar el índice o los índices de cuantificación de coeficientes de la banda 302 de frecuencias concreta. Una vez identificado el cuantificador, el índice o los índices de cuantificación de coeficientes pueden cuantificarse inversamente para producir el bloque 145 de coeficientes de error cuantificados.

15 Por otra parte, el descodificador 502 espectral puede incluir una unidad 113 de reescalado inverso para proporcionar el bloque 147 de coeficientes de error cuantificados escalados. Las herramientas e interconexiones adicionales en torno al descodificador 551 sin pérdidas y el cuantificador 552 inverso de la Figura 5d puede usarse para adaptar la descodificación espectral a su uso en el descodificador 500 general mostrado en la Figura 5a, donde la salida del descodificador 502 espectral (es decir, el bloque 145 de coeficientes de error cuantificados) se usa para proporcionar una corrección aditiva a un vector de dominio nivelado predicho (es decir, al bloque 150 de coeficientes de transformadas estimados). En concreto, las herramientas adicionales pueden garantizar que el procesamiento llevado a cabo por el descodificador 500 se corresponda con el procesamiento llevado a cabo por el codificador 100, 170.

20 En concreto, el descodificador 502 espectral puede incluir una unidad 111 de escalado heurístico. Tal como se muestra en conjunción con el codificador 100, 170, la unidad 111 de escalado heurístico puede tener efecto sobre la asignación de bits. En el codificador 100, 170, los bloques 141 actuales de coeficientes de error de predicción pueden escalarse a varianza unitaria mediante una regla heurística. Como consecuencia, la asignación predeterminada puede conducir a una cuantificación demasiado fina de la salida reducida final de la unidad 111 de escalado heurístico. Por lo tanto la asignación debería modificarse de manera similar a la modificación de los coeficientes de error de predicción.

25 Sin embargo, como se señala más adelante, puede ser beneficioso evitar la reducción de recursos de codificación para uno o más de los periodos de frecuencia baja (o bandas de frecuencia baja). En concreto, esto puede ser beneficioso para contrarrestar un artefacto de ruido sordo/ruido de baja frecuencia, que se suele dar más en situaciones de emisión de voz (es decir, para señales que tienen un parámetro 146 de control relativamente amplio, rfu). Como tal, la asignación de bits/selección de cuantificador en función del parámetro 146 de control, que se describe más adelante, puede considerarse que es un «reforzador de calidad en baja frecuencia adaptable a la voz humana».

30 El descodificador espectral puede depender de un parámetro 146 de control llamado rfu que puede ser una versión limitada de la ganancia  $g$  del predictor, p. ej.

$$\text{rfu} = \min(1, \max(g, 0)).$$

Pueden usarse métodos alternativos para determinar el parámetro 146 de control, rfu. En concreto, el parámetro 146 de control puede determinarse usando el seudocódigo que se muestra en la Tabla 1.

```
f_ganancia = f_pred_ganancia;
si (f_ganancia < -1,0)
    f_rfu = 1,0;
si (f_ganancia < 0,0)
    f_rfu = -f_ganancia;
si hay alguna (f_ganancia < 1,0)
    f_rfu = f_ganancia;
si hay alguna (f_ganancia < 2,0)
    f_rfu = 2,0 - f_ganancia;
alguna // f_ganancia >= 2,0
    f_rfu = 0,0.
```

Tabla 1

Las variables  $f_{\text{ganancia}}$  y  $f_{\text{pred\_ganancia}}$  pueden configurarse iguales. En concreto, la variable  $f_{\text{ganancia}}$  puede corresponder a la ganancia  $g$  del predictor. El parámetro 146 de control,  $r_{\text{fu}}$ , es referido como  $f_{\text{rfu}}$  en la Tabla 1. La ganancia  $f_{\text{ganancia}}$  puede ser un número real.

- 5 Comparado con la primera definición del parámetro 146 de control, esta última definición (según la Tabla 1) reduce el parámetro 146 de control,  $r_{\text{fu}}$ , para las ganancias del predictor por encima de 1 y aumenta el parámetro 146 de control,  $r_{\text{fu}}$ , para las ganancias del predictor negativas.

10 Usando el parámetro 146 de control, puede adaptarse el conjunto de cuantificadores usados en la unidad 112 de cuantificación de coeficientes del codificador 100, 170 y usados en el cuantificador 552 inverso. En concreto, la ruidosidad del conjunto de cuantificadores puede adaptarse basándose en el parámetro 146 de control. A modo de ejemplo, un valor del parámetro 146 de control,  $r_{\text{fu}}$ , próximo a 1, puede disparar una limitación del intervalo de niveles de asignación usando cuantificadores distorsionados y puede disparar una reducción de la varianza del nivel de síntesis de ruido. En un ejemplo, puede fijarse un umbral de decisión de distorsión en  $r_{\text{fu}} = 0,75$  y una ganancia de ruido igual a 1. La adaptación de distorsión puede afectar tanto a la descodificación sin pérdidas como al  
15 cuantificador inverso, mientras que la adaptación de ganancia de ruido normalmente sólo afecta al cuantificador inverso.

20 Puede suponerse que la contribución del predictor es básica para situaciones de voz o tonales. En ese sentido, una ganancia  $g$  del predictor relativamente alta (es decir, un parámetro 146 de control relativamente altos) puede ser indicativo de una señal vocal de voz o tonal. En tales situaciones, la adición de ruido relacionado con distorsión o ruido explícito (caso de asignación cero) ha demostrado empíricamente que es contraproducente para la calidad percibida de la señal codificada. Como consecuencia, el número de cuantificadores 322 distorsionados y/o el tipo de ruido usado para el cuantificador 321 de síntesis de ruido pueden adaptarse basándose en la ganancia  $g$  del predictor, mejorando así la calidad percibida de la señal vocal codificada.

25 Como tal, el parámetro 146 de control puede usarse para modificar el intervalo 324, 325 de relaciones señal-ruido para las que se usan cuantificadores 322 distorsionados. A modo de ejemplo, si el parámetro 146 de control  $r_{\text{fu}} < 0,75$ , puede usarse el intervalo 324 para cuantificadores distorsionados. Dicho de otro modo, si el parámetro 146 de control está por debajo de un umbral predeterminado, puede usarse el primer conjunto 326 de cuantificadores. Por otra parte, si el parámetro 146 de control  $r_{\text{fu}} \geq 0,75$ , puede usarse el intervalo 325 para cuantificadores distorsionados. Dicho de otro modo, si el parámetro 146 de control es superior o igual al umbral predeterminado,  
30 puede usarse el segundo conjunto 327 de cuantificadores.

35 Además, el parámetro 146 de control puede usarse para modificación de la varianza y la asignación de bits. La razón de ello es que normalmente una predicción con éxito requerirá una corrección más pequeña, especialmente en el intervalo de frecuencias más bajas desde 0-1 kHz. Puede ser ventajoso hacer que el cuantificador sea expresamente consciente de esta desviación del modelo de varianza unitario para liberar recursos de codificación a bandas 302 de frecuencias más altas. Esto se describe en el contexto de la figura 17c panel iii de WO2009/086918, cuyo contenido se incorpora como referencia. En el descodificador 500, esta modificación puede incrementarse modificando el vector de asignación nominal de acuerdo con la regla de escalado heurístico (aplicada usando la unidad 111 de escalado), y al mismo tiempo escalando la salida del cuantificador 552 inverso de acuerdo con una regla de escalado heurístico inverso usando la unidad 113 de escalado inverso. Siguiendo la teoría de  
40 WO2009/086918, la regla de escalado heurístico y la regla de escalado heurístico inverso deberían ser muy similares. Sin embargo, se ha hallado que es empíricamente ventajoso cancelar la modificación de asignación para la banda o las bandas 302 de frecuencias más bajas, para contrarrestar problemas ocasionales con ruido de baja frecuencia para componentes de señal de voz. La cancelación de la modificación de asignación puede llevarse a cabo en función del valor de la ganancia  $g$  del predictor y/o del parámetro 146 de control. En concreto, la cancelación de la modificación de asignación puede efectuarse sólo si el parámetro 146 de control excede el umbral de decisión de distorsión.  
45

50 Por lo tanto, el presente documento describe medios para ajustar la composición de la colección 326 de cuantificadores (p. ej. el número de cuantificadores 323 no distorsionados y/o el número de cuantificadores 322 distorsionados) basándose en información anexa (p. ej. el parámetro 146 de control) que está disponible en el codificador 100, 170 y en el descodificador 500 correspondiente. La composición de la colección 326 de cuantificadores puede ajustarse en presencia de la ganancia  $g$  del predictor (p. ej. basándose en el parámetro 146 de control). En concreto, el número  $N_{\text{dist}}$  de cuantificadores 322 distorsionados puede incrementarse y el número  $N_{\text{cc}}$  de cuantificadores 323 no distorsionados puede reducirse, si la ganancia  $g$  del predictor es relativamente baja. Además, el número de bits asignados puede reducirse seleccionando cuantificadores relativamente más gruesos.  
55 Por otra parte, el número  $N_{\text{dist}}$  de cuantificadores 322 distorsionados puede reducirse y el número  $N_{\text{cc}}$  de cuantificadores 323 no distorsionados puede incrementarse, si la ganancia  $g$  del predictor es relativamente grande. Además, el número de bits asignados puede reducirse seleccionando cuantificadores relativamente más gruesos.

Opcionalmente o además, la composición de la colección 326 de cuantificadores puede ajustarse en presencia de un coeficiente de reflexión espectral. En concreto, el número  $N_{\text{dist}}$  de cuantificadores 322 distorsionados puede

incrementarse en el caso de señales de siseo. Además, el número de bits asignados puede reducirse seleccionando cuantificadores relativamente más gruesos.

Se describe a continuación un esquema ejemplificativo para determinar un coeficiente de reflexión espectral  $Rfc$  indicativo de una propiedad de siseo del extracto actual de la señal de entrada. Debe señalarse que el coeficiente de reflexión espectral  $Rfc$  es diferente del «coeficiente de reflexión» usado en el contexto de la modelización de fuente autorregresiva. El bloque 131 de coeficientes de transformadas puede dividirse en bandas 302 de frecuencias  $L$ . Puede definirse un vector  $\mathbf{B}_w$   $L$ -dimensional, en el que la entrada  $f^{ésima}$  del vector  $\mathbf{B}_w$  puede ser igual al número de períodos 301 de transformadas que pertenecen a la banda 302 de frecuencias  $f^{ésima}$  ( $l = 1, \dots, L$ ). De modo similar, puede definirse un vector  $K$ -dimensional  $\mathbf{F}$ , en el que la entrada  $f^{ésima}$  puede ser igual al punto medio de la banda 302 de frecuencias  $f^{ésima}$ , que se obtiene computando la media del índice más pequeño de un período 301 de transformadas y el índice más largo de un período 301 de transformadas que pertenecen a la banda 302 de frecuencias  $f^{ésima}$ . Además, puede definirse un vector  $L$ -dimensional  $\mathbf{S}_{PSD}$ , en el que el vector  $\mathbf{S}_{PSD}$  puede comprender valores de la densidad espectral de potencia de la señal, que puede obtenerse convirtiendo los índices de cuantificación relacionados con la envolvente de la escala de decibelios a la escala lineal. Además, puede definirse un índice de períodos máximo  $N_{núcleo}$  que es el índice de períodos más amplio perteneciente a la banda 302 de frecuencias  $f^{ésima}$ . Puede determinarse un coeficiente de reflexión escalar  $Rfc$  como

$$Rfc = \frac{\sum_{l=1}^L -\mathbf{B}_w(l)\mathbf{S}_{PSD}(l) \cos\left(\frac{\pi\mathbf{F}(l)}{N_{núcleo}}\right)}{\sum_{l=1}^L \mathbf{B}_w(l)\mathbf{S}_{PSD}(l)},$$

Donde  $l$  designa una entrada  $f^{ésima}$  de un vector  $L$ -dimensional.

En general,  $Rfc > 0$  indica un espectro dominado por su parte de alta frecuencia, y  $Rfc < 0$  indica un espectro dominado por su parte de baja frecuencia. El parámetro  $Rfc$  puede usarse del modo siguiente: si el valor  $Rfu$  es bajo (es decir, si la ganancia de predicción es baja) y si el  $Rfc > 0$ , cero indica un espectro correspondiente a una fricativa (es decir, sibilante sin voz). En este caso, puede usarse un número relativamente mayor  $N_{dist}$  de cuantificadores 322 distorsionados dentro de la colección 326, 722 de cuantificadores.

En términos generales, la colección 326 de cuantificadores (y los cuantificadores inversos correspondientes) pueden ajustarse basándose en información anexa (p. ej. el parámetro 146 de control y/o el coeficiente de reflexión espectral) que está disponible en el codificador 100 y en el descodificador 500 correspondiente. La información anexa puede extraerse de los parámetros disponibles en el codificador 100 y el descodificador 500. Como se ha señalado antes, la ganancia  $g$  del predictor puede transmitirse al descodificador 500 y puede usarse antes de la cuantificación inversa de los coeficientes de transformadas, para seleccionar la colección 326 apropiada de cuantificadores inversos. Opcionalmente o además, puede calcularse el valor aproximado de un coeficiente de reflexión basándose en la envolvente espectral que se transmite al descodificador 500.

La Fig. 7 muestra un diagrama de bloque de un método ejemplificativo para determinar una colección 326 de cuantificadores /cuantificadores inversos en el codificador 100 y en el descodificador 500 correspondiente. La información 721 anexa relevante (como el parámetro  $g$  del predictor y/o el coeficiente de reflexión) pueden extraerse 701 del tren de bits. La información 721 anexa puede usarse para determinar 702 una colección 722 de cuantificadores que deben usarse para cuantificar los coeficientes del bloque actual y/o para cuantificar inversamente los índices de cuantificación correspondientes. Aplicando el proceso 703 de asignación de velocidad se usa un cuantificador concreto de la colección 722 de cuantificadores determinada para cuantificar los coeficientes de una banda 302 de frecuencias concreta y/o para cuantificar inversamente los índices de cuantificación correspondientes. La selección 723 de cuantificador resultante del proceso 703 de asignación de bits se usa dentro del proceso 703 de cuantificación para producir los índices de cuantificación y/o se usa dentro del proceso 713 de cuantificación inversa para producir los coeficientes cuantificados.

Las Figuras 9a a 9c muestran ejemplos de resultados experimentales que pueden lograrse usando el sistema de códecs basados en transformadas descrito en el presente documento. En concreto, las Figuras 9a a 9c ilustran los beneficios de usar una colección 326 de cuantificadores ordenada que comprende uno o más cuantificadores 322 distorsionados. La Figura 9a muestra el espectrograma 901 de una señal original. Puede verse que el espectrograma 901 incluye un contenido espectral de la gama de frecuencias identificadas por el círculo blanco. La Figura 9b muestra el espectrograma 902 de una versión cuantificada de la señal original (cuantificada a 22 kps). En el caso de la Figura 9b se usó relleno de ruido para la asignación con velocidad cero y cuantificadores escalares. Puede verse que el espectrograma 902 muestra bloques espectrales relativamente grandes en la gama de frecuencias identificadas con un círculo blanco que se asocian a agujeros espectrales superficiales (denominados «espurios»). Estos bloques normalmente producen artefactos audibles. La Figura 9c muestra el espectrograma 903

de otra versión cuantificada de la señal original (cuantificada a 22 kps). En el caso de la figura 9c se usó relleno de ruido para la asignación con velocidad cero, cuantificadores distorsionados y cuantificadores escalares (tal como se describe en el presente documento). Puede verse que el espectrograma 903 no muestra grandes bloques espectrales asociados a agujeros espectrales en la gama de frecuencias identificadas por el círculo blanco. Las personas familiarizadas con la técnica saben que la ausencia de tales bloques de cuantificación es un indicio del mejor rendimiento perceptual del sistema de códecs basados en transformadas descrito en el presente documento.

Se describe a continuación diversos aspectos adicionales de un codificador 100, 170 y/o un decodificador 500. Como se ha señalado antes, un codificador 100, 170 y/o un decodificador 500 pueden incluir una unidad 111 de reescalado que está configurada para reescalar los coeficientes de error de predicción  $\Delta(k)$  para producir un bloque 142 de coeficientes de error reescalados. La unidad 111 de reescalado puede emplear una o más reglas heurísticas predeterminadas para llevar a cabo el reescalado. En un ejemplo, la unidad 111 de reescalado puede emplear una regla heurística de escalado que incluye la ganancia  $d(f)$ , p. ej.

$$d(f) = 1 + \frac{7 \cdot rfu^2}{1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^3}$$

donde puede fijarse una frecuencia de ruptura  $f_0$  en p. ej. 1000 Hz. Por lo tanto, la unidad 111 de reescalado puede configurarse para aplicar una ganancia  $d(f)$  dependiente de la frecuencia a los coeficientes de error de predicción para producir el bloque 142 de coeficientes de error reescalados. La unidad 113 de reescalado inverso puede configurarse para aplicar una inversa de la ganancia  $d(f)$  dependiente de la frecuencia. La ganancia  $d(f)$  dependiente de la frecuencia puede depender del parámetro de control rfu 146. En el anterior ejemplo, la ganancia  $d(f)$  muestra un carácter de paso bajo, de forma que los coeficientes de error de predicción se atenúan más con frecuencias altas que con frecuencias más bajas y/o de forma que los coeficientes de error de predicción se enfatizan más con frecuencias más bajas que con frecuencias más altas. La ganancia  $d(f)$  antes mencionada es simple superior o igual a uno. Por lo tanto, en una realización preferida, la regla de escalado heurístico se aplica tal modo que los coeficientes de error de predicción se enfatizan mediante un factor uno o más (dependiendo de la frecuencia).

Debe señalarse que la ganancia dependiente de la frecuencia puede ser indicativa de una potencia o una varianza. En tales casos, la regla de escalado y la regla de escalado inverso deben obtenerse basándose en una raíz cuadrada de la ganancia dependiente de la frecuencia, p. ej. basándose en  $\sqrt{d(f)}$ .

El grado de énfasis y/o atenuación puede depender de la calidad de la predicción lograda por el predictor 117. La ganancia  $g$  del predictor y/o el parámetro de control rfu 146 pueden ser indicativos de la calidad de la predicción. En concreto, un valor relativamente bajo del parámetro de control rfu 146 (relativamente próximo a cero) puede ser indicativo de una baja calidad de la predicción. En tales casos, cabe esperar que los coeficientes de error de predicción tengan valores relativamente altos (absolutos) para todas las frecuencias. Un valor relativamente alto del parámetro de control rfu 146 (relativamente próximo a uno) puede ser indicativo de una predicción de alta calidad. En tales casos, se ha de esperar que los coeficientes de error de predicción tengan valores relativamente altos (absolutos) para frecuencias altas (que son más difíciles de predecir). Por lo tanto, para lograr la varianza unitaria en la salida de la unidad 111 de reescalado, la ganancia  $d(f)$  puede ser tal que en caso de una calidad de predicción relativamente baja, la ganancia  $d(f)$  es básicamente plana para todas las frecuencias, si bien en caso de una calidad de predicción relativamente alta, la ganancia  $d(f)$  tiene un carácter de paso bajo, para aumentar o potenciar la varianza en frecuencias bajas. Esto sucede así para la ganancia  $d(f)$  dependiente de rfu antes mencionada.

Como se ha señalado antes, la unidad 110 de asignación de bits puede configurarse para proporcionar una asignación de bits relativa a los diferentes coeficientes de error reescalados, dependiendo del valor energético correspondiente en la envolvente 138 de asignación. La unidad 110 de asignación de bits puede configurarse para tener en cuenta la regla de reescalado heurístico. La regla de reescalado heurístico puede depender de la calidad de la predicción. En caso de una calidad de predicción relativamente alta, puede ser beneficioso asignar un número de bits relativamente mayor a la codificación de los coeficientes de error de predicción (o el bloque 142 de coeficientes de error reescalados) en altas frecuencias que a la codificación de los coeficientes en bajas frecuencias. Esto puede deberse al hecho de que en caso de una predicción de alta calidad, los coeficientes de baja frecuencia están ya bien predichos, mientras que los coeficientes de alta frecuencia normalmente están peor predichos. Por otra parte, en caso de una calidad de predicción relativamente baja, la asignación de bits debería permanecer sin cambios.

El comportamiento señalado puede implementarse aplicando una inversa de las reglas heurísticas/ ganancia  $d(f)$  a la envolvente 139 ajustada actual, para determinar una envolvente 138 de asignación que tenga en cuenta la calidad de predicción.

La envolvente 139 ajustada, los coeficientes de error de predicción y la ganancia  $d(f)$  pueden representarse en el dominio de registro o de decibelios. En tal caso, la aplicación de la ganancia  $d(f)$  a los coeficientes de error de predicción puede corresponder a una operación de «añadir» y la aplicación de la inversa de la ganancia  $d(f)$  a la envolvente 139 ajustada puede corresponder a una operación de «sustraer».

Debe señalarse que son posibles diversas variantes de las reglas heurísticas / ganancia  $d(f)$ . En concreto, la curva

dependiente de frecuencia fija del carácter de paso bajo  $\left(1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^3\right)^{-1}$  puede reemplazarse por una función que depende de los datos de envolvente (p. ej. de la envolvente 139 ajustada para el bloque 131 actual). Las reglas heurísticas modificadas pueden depender tanto del parámetro de control  $r_{f_0}$  146 como de los datos de envolvente.

5 Se describe a continuación diferentes formas de determinar una ganancia  $\rho$  del predictor, que pueden corresponder a la ganancia  $g$  del predictor. La ganancia  $\rho$  del predictor puede usarse como indicio de la calidad de la predicción. El vector residual de predicción (es decir, el bloque 141 de coeficientes de error de predicción  $z$  puede expresarse como:  $z = x - \rho y$ , donde  $x$  es el vector objetivo (p. ej. el bloque 140 actual de coeficientes de transformadas suavizadas o el bloque 131 actual de coeficientes de transformadas), y  $y$  es un vector que representa el candidato elegido para la predicción (p. ej. un bloque 149 previo de coeficientes de transformadas), y  $\rho$  es la ganancia del predictor (escalar).

10  $w \geq 0$  puede ser un vector de ponderación usado para la determinación de la ganancia  $\rho$  del predictor. En algunas realizaciones, el vector de ponderación es una función de la envolvente de señal (p. ej. una función de la envolvente 139 ajustada, que puede calcularse en el codificador 100, 170 y luego transmitirse al descodificador 500). El vector de ponderación normalmente tiene la misma dimensión que el vector objetivo y el vector candidato. Una entrada  $i$ -ésima del vector  $x$  puede indicarse como  $x_i$  (p. ej.  $i=1, \dots, K$ ).

15 Hay diferentes modos de definir la ganancia  $\rho$  del predictor. En una realización, la ganancia  $\rho$  del predictor es una ganancia de MMSE (error medio cuadrático mínimo) definida según el criterio de error medio cuadrático mínimo. En este caso, la ganancia  $\rho$  del predictor puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{\sum_i x_i y_i}{\sum_i y_i^2}.$$

Esta ganancia  $\rho$  del predictor típicamente minimiza el error medio cuadrático definido como

$$D = \sum_i (x_i - \rho y_i)^2.$$

Suele ser (perceptualmente) beneficioso introducir ponderación en la definición del error medio cuadrático  $D$ . la ponderación puede usarse para enfatizar la importancia de una correspondencia entre  $x$  e  $y$  para partes perceptualmente importantes del espectro de la señal y desenfatar la importancia de una correspondencia entre  $x$  e  $y$  para partes del espectro de la señal que son relativamente menos importantes. Tal enfoque deriva en el

$$D = \sum_i (x_i - \rho y_i)^2 w_i,$$

siguiente criterio de error: que lleva a la siguiente definición de la ganancia del predictor óptima (en el sentido del error medio cuadrático ponderado):

$$\rho = \frac{\sum_i w_i x_i y_i}{\sum_i w_i y_i^2}.$$

30 La anterior definición de la ganancia del predictor típicamente da como resultado una ganancia que es ilimitada. Como se ha indicado antes, los coeficientes de ponderación  $w_i$  del vector de ponderación pueden determinarse basándose en la envolvente 139 ajustada. Por ejemplo, el vector de ponderación  $w$  puede determinarse usando una función predefinida de la envolvente 139 ajustada. La función predefinida puede conocerse en el codificador y el descodificador (lo que es el caso también para la envolvente 139 ajustada). Por lo tanto, el vector de ponderación puede determinarse de la misma manera en el codificador y en el descodificador.

Otra posible fórmula de ganancia del predictor se expresa como

$$\rho = \frac{2C}{E_x + E_y},$$

$$C = \sum_i w_i x_i y_i, E_x = \sum_i w_i x_i^2 \quad E_y = \sum_i w_i y_i^2.$$

35 donde Esta definición de la ganancia del predictor produce una ganancia que está siempre dentro del intervalo  $[-1, 1]$ . Una importante característica de la ganancia del predictor especificada por esta última fórmula es que la ganancia  $\rho$  del predictor facilita una relación manejable entre la

energía de la señal objetivo  $x$  y la energía de la señal residual  $z$ . La energía residual LTP puede expresarse como:

$$\sum_i w_i z_i^2 = E_x(1 - \rho^2).$$

5 El parámetro de control  $r_{fu}$  146 puede determinarse basándose en la ganancia  $g$  del predictor mediante las fórmulas antes mencionadas. La ganancia  $g$  del predictor puede ser igual a la ganancia  $\rho$  del predictor, determinada mediante cualquiera de las fórmulas antes mencionadas.

10 Como se ha señalado antes, el codificador 100, 170 está configurado para cuantificar y codificar el vector residual  $z$  (es decir, el bloque 141 de coeficientes de error de predicción). El proceso de cuantificación es orientado típicamente por la envolvente de señal (p. ej. la envolvente 138 de asignación) según un modelo perceptual subyacente para distribuir los bits disponibles entre los componentes espectrales de la señal de un modo perceptualmente significativo. El proceso de asignación de bits es guiado por la envolvente de señal (p. ej. por la envolvente 138 de asignación), que se obtiene de la señal de entrada (p. ej. del bloque 131 de coeficientes de transformadas). El funcionamiento del predictor 117 normalmente cambia la envolvente de señal. La unidad 112 de cuantificación típicamente utiliza cuantificadores que están diseñados partiendo de un funcionamiento en una fuente de varianza unitaria. Especialmente en el caso de predicción de alta calidad (es decir, cuando el predictor 117 tiene éxito), la propiedad de varianza unitaria puede no ser ya el caso, es decir, el bloque 141 de coeficientes de error de predicción puede que no muestre varianza unitaria.

20 Típicamente no resulta eficiente calcular la envolvente del bloque 141 de coeficientes de error de predicción (es decir, para la residual  $z$ ) y transmitir esta envolvente al descodificador (y reaplanar el bloque 141 de coeficientes de error de predicción usando la envolvente estimada). En vez de eso, el codificador 100 y el descodificador 500 pueden emplear una regla heurística para reescalar el bloque 141 de coeficientes de error de predicción (como se ha señalado antes). La regla heurística puede usarse para reescalar el bloque 141 de coeficientes de error de predicción, de forma que el bloque 142 de coeficientes reescalados se aproxime a la varianza unitaria. Como resultado de ello, pueden mejorarse los resultados de la cuantificación (usando cuantificadores que partan de varianza unitaria).

25 Además, como ya se ha señalado, la regla heurística puede usarse para modificar la envolvente 138 de asignación, que se usa para el proceso de asignación de bits. La modificación de la envolvente 138 de asignación y el reescalado del bloque 141 de coeficientes de error de predicción son realizados típicamente por el codificador 100 y por el descodificador 500 de la misma manera (aplicando la misma regla heurística).

30 Se ha descrito antes una posible regla heurística  $d(f)$ . Se describe a continuación otro enfoque para determinar una regla heurística. Puede expresarse una inversa de la ganancia de predicción energética de dominio ponderado con  $p \in [0,1]$ , de forma que  $\|z\|_w^2 = p\|x\|_w^2$ , en la que  $\|z\|_w^2$  indica la energía cuadrática del vector residual (es decir, el bloque 141 de coeficientes de error de predicción) en el dominio ponderado y en la que  $\|x\|_w^2$  indica la energía cuadrática del vector objetivo (es decir, el bloque 140 de coeficientes de transformadas suavizados) en el dominio ponderado.

35 Puede partirse de los siguientes supuestos:

1. Las entradas del vector objetivo  $x$  tienen varianza unitaria. Esto puede ser resultado del aplanamiento realizado por la unidad 108 de aplanamiento. Esta premisa se cumple dependiendo de la calidad del aplanamiento basado en la envolvente llevado a cabo por la unidad 108 de aplanamiento.

2. La varianza de las entradas del vector residual de predicción  $z$  tiene la forma de

$$40 \quad E\{z^2(i)\} = \min \left\{ \frac{t}{w(i)}, 1 \right\}$$

para  $i = 1, \dots, K$  y para algunos  $t \geq 0$ . Este supuesto se basa en la heurística de que una búsqueda del predictor orientada a mínimos cuadrados conduce a una contribución de error distribuido uniformemente en el dominio ponderado, de forma que el vector residual  $\sqrt{w}z$  es más o menos plano. Por otra parte, puede esperarse que el candidato del predictor sea próximo a plano, lo que conduce al límite razonable  $E\{z^2(i)\} \leq 1$ . Debe señalarse que pueden usarse diversas modificaciones de este segundo supuesto.

Para calcular el parámetro  $t$ , se puede insertar los dos supuestos mencionados en la fórmula de error de predicción

$$D = \sum_i (x_i - \rho y_i)^2 w_i$$

(p. ej. ) y proporcionar por lo tanto la ecuación de «tipo nivel del agua»

$$\sum_i \min \{t, w(i)\} = p \sum_i w(i)$$

Puede verse que existe una solución para la ecuación expuesta en el intervalo  $t \in [0, \max(w(i))]$ . La ecuación para encontrar el parámetro  $t$  puede resolverse usando rutinas de selección.

$$d(i) = \max \left\{ \frac{w(i)}{t}, 1 \right\}.$$

Esta regla heurística puede entonces expresarse como en la que  $i = 1, \dots, K$  identifica el

periodo de frecuencias. La inversa de la regla de escalado heurístico se expresa como  $\frac{1}{d(i)} = \min \left\{ \frac{t}{w(i)}, 1 \right\}$ . La inversa de la regla de escalado heurístico es aplicada por la unidad 113 de reescalado inverso. La regla de escalado dependiente de la frecuencia depende de los coeficientes de ponderación  $w(i) = w_i$ . Como se ha indicado antes, los coeficientes de ponderación  $w(i)$  pueden depender de o corresponder al bloque 131 actual de coeficientes de transformadas (p. ej. la envolvente 139 ajustada, o alguna función predefinida de la envolvente 139 ajustada).

$$\rho = \frac{2C}{E_x + E_y}$$

Puede verse que cuando se usa la fórmula para determinar la ganancia del predictor, se aplica la siguiente relación:  $\rho = 1 - \rho^2$ .

Por lo tanto, una regla de escalado heurístico puede determinarse de diversas maneras. Se ha demostrado experimentalmente que la regla de escalado que se determina basándose en los dos supuestos antes mencionados (referidos como método de escalado B) es ventajosa comparado con la regla de escalado fijo  $d(f)$ . En concreto, la regla de escalado que se determina basándose en los dos supuestos puede tener en cuenta el efecto de sopesado usado en el curso de una búsqueda de candidato del predictor. El método de escalado B se combina

$$\rho = \frac{2C}{E_x + E_y},$$

convenientemente con la definición de la ganancia debido a la relación analíticamente manejable entre la varianza de la residual y la varianza de la señal (que facilita la obtención de  $\rho$  como se ha señalado antes).

Se describe a continuación un aspecto más para mejorar el rendimiento del codificador de audio basado en transformadas. En concreto, se propone el uso de un así llamado indicador de conservación de varianza. El indicador de conservación de varianza puede determinarse y transmitirse por bloques 131. El indicador de conservación de varianza puede ser indicativo de la calidad de la predicción. En una realización, el indicador de conservación de varianza está desactivado en caso de una calidad de predicción relativamente alta, y está activado en caso de una calidad de predicción relativamente baja. El indicador de conservación de varianza puede ser determinado por el codificador 100, 170, p. ej. basándose en la ganancia  $\rho$  del predictor y/o basándose en la ganancia  $g$  del predictor. A modo de ejemplo, el indicador de conservación de varianza puede establecerse en «activado» si la ganancia  $\rho$  o  $g$  del predictor (o un parámetro derivado de estas) está por debajo de un umbral predeterminado (p. ej. 2 dB) y viceversa. Como se ha señalado antes, la inversa de la ganancia  $\rho$  de predicción energética de dominio ponderado depende normalmente de la ganancia del predictor, p. ej.  $\rho = 1 - \rho^2$ . La inversa del parámetro  $\rho$  puede usarse para determinar un valor del indicador de conservación de varianza. A modo de ejemplo,  $1/\rho$  (p. ej. expresado en decibelios) puede compararse con un umbral predeterminado (p. ej. 2 dB), para determinar el valor del indicador de conservación de varianza. Si  $1/\rho$  es superior al umbral predeterminado, el indicador de conservación de varianza puede establecerse en «desactivado» (lo que indica una calidad de predicción relativamente alta), y viceversa.

El indicador de conservación de varianza puede usarse para controlar diversas configuraciones del codificador 100 y del descodificador 500. En concreto, el indicador de conservación de varianza puede usarse para controlar el grado de ruidosidad de la pluralidad de cuantificadores 321, 322, 323. En concreto, el indicador de conservación de varianza puede afectar a una o más de las siguientes configuraciones:

- Ganancia de ruido adaptativa para asignación de bits cero. Dicho de otro modo, la ganancia de ruido del cuantificador 321 de síntesis de ruido puede verse afectada por el indicador de conservación de varianza.
- Intervalo de cuantificadores distorsionados. Dicho de otro modo, el intervalo 324, 325 de relaciones señal-ruido para el que se usa cuantificadores 322 distorsionados puede verse afectado por el indicador de conservación de varianza.
- Post-ganancia de los cuantificadores distorsionados. Puede aplicarse una post-ganancia a la salida de los cuantificadores distorsionados, para afectar al rendimiento en cuanto a error medio cuadrático de los cuantificadores distorsionados. La post-ganancia puede depender del indicador de conservación de varianza.
- Aplicación de escalado heurístico. El uso de escalado heurístico (en la unidad 111 de reescalado y en la unidad 113 de reescalado inverso) puede depender del indicador de conservación de varianza.

En la tabla 2 se proporciona un ejemplo de cómo el indicador de conservación de varianza puede cambiar una o más configuraciones del codificador 100 y/o el descodificador 500.

Tipo de configuración	Conservación de varianza desactivado	Conservación de varianza activado
Ganancia de ruido	$g_N = (1 - rfu)$	$g_N = \sqrt{(1 - rfu^2)}$
Intervalo de cuantificadores distorsionados	Depende del parámetro de control rfu	Está fijado a un intervalo relativamente amplio (p. ej. al intervalo más amplio posible )
Post-ganancia de los cuantificadores distorsionados.  $\gamma_o = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_x^2 + \frac{\Delta^2}{12}}; \gamma_1 = \sqrt{\gamma_o}$	$\gamma = \gamma_o.$	$\gamma = \max(\gamma_o, g_N \cdot \gamma_1)$
Regla de escalado heurístico	Activado	Desactivado

Tabla 2

En la fórmula para la post-ganancia,  $\sigma_x^2 = E\{X^2\}$  es una varianza de uno o más de los coeficientes del bloque 141 de coeficientes de error de predicción (que deben cuantificarse), y  $\Delta$  es un tamaño de paso de cuantificador de un cuantificador (612) escalar del cuantificador distorsionado al que se aplica la post-ganancia.

- 5 Como puede verse en el ejemplo de la Tabla 2, la ganancia  $g_N$  del cuantificador 321 de síntesis de ruido (es decir, la varianza del cuantificador 321 de síntesis de ruido) puede depender del indicador de conservación de varianza. Como se ha señalado antes, el parámetro de control rfu 146 puede encontrarse en el intervalo [0, 1], en el que un valor de rfu relativamente bajo indica una calidad de predicción relativamente baja y un valor de rfu relativamente alto indica una calidad de predicción relativamente alta. Para valores de rfu en el intervalo de [0, 1], la fórmula de la columna izquierda proporciona ganancias de ruido  $g_N$  más bajas que la fórmula de la columna derecha. Por lo tanto,
- 10 cuando el indicador de conservación de varianza está activado (lo que indica una calidad de predicción relativamente baja), se usa una ganancia de ruido más alta que cuando el indicador de conservación de varianza está desactivado (lo que indica una calidad de predicción relativamente alta). Se ha demostrado experimentalmente que esto mejora la calidad perceptual global.
- 15 Como se ha señalado antes, la gama de relaciones señal-ruido de 324, 325 de los cuantificadores 322 distorsionados puede variar dependiendo del parámetro de control rfu. Según la Tabla 2, cuando el indicador de conservación de variación está activado (lo que indica una calidad de predicción relativamente baja), se usa un intervalo amplio fijo de cuantificadores 322 distorsionados (p. ej. el intervalo 324). Por otra parte, cuando el indicador de conservación de varianza está desactivado (lo que indica una calidad de predicción relativamente alta), se usa
- 20 diferentes intervalos 324, 325, dependiendo del parámetro de control rfu.
- Como se ha señalado antes, la determinación del bloque 145 de coeficientes de error cuantificados puede implicar la aplicación de una post-ganancia  $\gamma$  a los coeficientes de error cuantificados, que se han cuantificado usando un cuantificador 322 distorsionado. La post-ganancia  $\gamma$  puede obtenerse para mejorar el rendimiento en MSE de un cuantificador 322 distorsionado (p. ej. un cuantificador con una distorsión sustractiva).
- 25 Se ha demostrado experimentalmente que la calidad de codificación perceptual puede mejorarse cuando se hace que la post-ganancia dependa del indicador de conservación de varianza. Se usa la post-ganancia óptima MSE antes mencionada, cuando el indicador de conservación de varianza está desactivado (lo que indica una calidad de predicción relativamente alta). Por otra parte, cuando el indicador de conservación de varianza está activado (lo que indica una calidad de predicción relativamente baja), puede ser beneficioso usar una post-ganancia más alta
- 30 (determinada de acuerdo con la fórmula del lado derecho de la Tabla 2).
- Como se ha señalado antes, puede usarse escalado heurístico para proporcionar bloques 142 de coeficientes de error reescalados que están más próximos a la propiedad de varianza unitaria que los bloques 141 de coeficientes de error de predicción. Las reglas de escalado heurístico pueden hacerse depender del parámetro 146 de control. Dicho de otro modo, las reglas de escalado heurístico pueden hacerse depender de la calidad de predicción. El
- 35 escalado heurístico puede ser especialmente beneficioso en caso de una calidad de predicción relativamente alta, mientras que los beneficios pueden ser limitados en caso de una calidad de predicción relativamente baja. En vista de esto, puede ser beneficioso usar únicamente escalado heurístico cuando el indicador de conservación de varianza esté desactivado (lo que indica una calidad de predicción relativamente alta).

En el presente documento, se ha descrito un codificador 100, 170 vocal basado en transformadas y un descodificador 500 vocal basado en transformadas correspondiente. El códec vocal basado en transformadas puede utilizar diversos aspectos que permiten mejorar la calidad de las señales vocales codificadas. En concreto, el códec vocal puede configurarse para crear una colección ordenada de cuantificadores que comprende cuantificadores clásicos (no distorsionado), cuantificadores con distorsión sustractiva, y relleno de ruido con «velocidad cero». La colección ordenada de cuantificadores puede crearse de tal modo que la colección ordenada facilite el proceso de asignación de velocidad de acuerdo con un modelo perceptual parametrizado por la envolvente de señal y por el parámetro de asignación de velocidad. La composición de la colección de cuantificadores puede configurarse en presencia de información anexa (p. ej. la ganancia del predictor) para mejorar el rendimiento perceptual del esquema de cuantificación. Puede usarse un algoritmo de asignación, que facilita el uso de la colección ordenada de cuantificadores sin necesidad de señalización adicional para el descodificador, p. ej. señalización adicional relacionada con una composición particular de la colección de cuantificadores que se usó en el codificador y/o relacionada con la señal de distorsión que se usó para implementar los cuantificadores distorsionados. Además, puede usarse un algoritmo de asignación de velocidad, que facilita el uso de un codificador aritmético (o un codificador de intervalos) en presencia de una limitación de velocidad de transferencia de bits (p. ej. una limitación en el número máximo permitido de bits y/o una limitación en la longitud máxima permisible del mensaje). Además, la colección ordenada de cuantificadores facilita el uso de cuantificadores distorsionados, mientras que permite la asignación de 0 bits a bandas de frecuencias concretas. Por otra parte, puede usarse un algoritmo de asignación de velocidad, que facilita el uso de la colección ordenada de cuantificadores en conjunción con codificación de Huffman.

Los métodos y sistemas descritos en el presente documento pueden implementarse como software, firmware y/o hardware. Determinados componentes pueden p. ej. implementarse como software ejecutable en un procesador o microprocesador de señales digitales. Otros componentes pueden p. ej. implementarse como hardware y como circuitos integrados específicos de aplicaciones. Las señales presentes en los métodos y sistemas descritos pueden almacenarse en medios tales como memoria de acceso aleatorio o medios de almacenamiento óptico. Pueden transferirse por redes, tales como redes de radio, redes satelitales, redes inalámbricas o redes cableadas, p. ej. Internet. Los dispositivos típicos que emplean los métodos y sistemas descritos en el presente documento son los dispositivos electrónicos portátiles u otros equipos de consumidores que se usan para almacenar y/o reproducir señales de audio.

30

**REIVINDICACIONES**

1. Una unidad (112) de cuantificación configurada para cuantificar un primer coeficiente de un bloque (141) de coeficientes; en la que el bloque (141) de coeficientes comprende una pluralidad de coeficientes para una pluralidad de períodos (301) de frecuencia correspondientes; en la que la unidad (112) de cuantificación está configurada para
- 5                   – proporcionar un conjunto (326, 327) de cuantificadores; en la que el conjunto (326, 327) de cuantificadores comprende un número limitado de cuantificadores (321, 322, 323) asociados a diferentes relaciones señal-ruido, referidas como SNR, respectivamente; en la que los diferentes cuantificadores del conjunto de cuantificadores están ordenados de acuerdo con su SNR; el conjunto (326, 327) de cuantificadores (321, 322, 323) incluye
- 10                   – un cuantificador (321) de relleno de ruido; en el que el cuantificador (321) de relleno de ruido está configurado para cuantificar el primer coeficiente reemplazando un valor del primer coeficiente por un valor aleatorio generado de acuerdo con un modelo estadístico predeterminado;
- uno o más cuantificadores (322) distorsionados; y
- uno o más cuantificadores (323) deterministas no distorsionados;
- 15                   – determinar una indicación de SNR indicativa de una SNR atribuida al primer coeficiente;
- seleccionar un primer cuantificador del conjunto (326, 327) de cuantificadores, basándose en la indicación de SNR; y
- cuantificar el primer coeficiente usando el primer cuantificador.
2. La unidad (112) de cuantificación de la reivindicación 1, en la que
- 20                   – el cuantificador (321) de relleno de ruido está asociado a la relación señal-ruido relativamente más baja de las diferentes SNR;
- el cuantificador o los cuantificadores (323) deterministas no distorsionados están asociados a una o más SNR relativamente más altas de las diferentes SNR; y
- 25                   – el cuantificador o los cuantificadores (322) distorsionados están asociados a una o más SNR intermedias, mayores que la SNR relativamente más baja y menores que la SNR o las SNR relativamente más altas de las diferentes SNR.
3. La unidad (112) de cuantificación de cualquier reivindicación anterior, en la que el conjunto de cuantificadores está ordenado de acuerdo con SNR crecientes asociadas a los diferentes cuantificadores.
4. La unidad (112) de cuantificación de la reivindicación 3, en la que
- 30                   – una diferencia de SNR viene dada por la diferencia de las SNR asociadas a un par de cuantificadores adyacentes del conjunto de cuantificadores ordenado; y
- las diferencias de SNR para todos los pares de cuantificadores adyacentes de los diferentes cuantificadores corresponden a un intervalo de diferencias de SNR predeterminado centrado alrededor de una diferencia objetivo de SNR predeterminada.
- 35                   5. La unidad (112) de cuantificación de cualquier reivindicación anterior, en la que un cuantificador (322) distorsionado concreto del cuantificador o los cuantificadores (322) distorsionados comprende
- una unidad (611) de aplicación de distorsión configurada para determinar un primer coeficiente distorsionado aplicando un valor de distorsión al primer coeficiente; y
- 40                   – un cuantificador (612) escalar configurado para determinar un primer índice de cuantificación asignando el primer coeficiente distorsionado a un intervalo del cuantificador (612) escalar.
6. La unidad (112) de cuantificación de la reivindicación 5, en la que el cuantificador (322) distorsionado concreto del cuantificador o los cuantificadores (322) distorsionados comprende además
- un cuantificador (612) escalar inverso configurado para asignar un primer valor de reconstrucción al primer índice de cuantificación;
- 45                   – una unidad (613) de eliminación de distorsión configurada para determinar un primer coeficiente no distorsionado eliminando el valor de distorsión del primer valor de reconstrucción.
7. La unidad (112) de cuantificación de cualquier reivindicación anterior, en la que

- el bloque (141) de coeficientes se asocia a una envolvente (136) de bloque espectral;
  - la envolvente (136) de bloque espectral es indicativa de una pluralidad de valores (303) energéticos espectrales para la pluralidad de períodos (301) de frecuencia; y
  - la indicación de SNR depende de la envolvente (136) de bloque espectral.
- 5 8. Una unidad (552) de cuantificación inversa configurada para descuantificar índices de cuantificación; en la que los índices de cuantificación están asociados a un bloque de coeficientes que comprende una pluralidad de coeficientes para una pluralidad de períodos (301) de frecuencia correspondientes; en la que la unidad (552) de cuantificación inversa está configurada para
- proporcionar un conjunto (326, 327) de cuantificadores; en la que el conjunto (326, 327) de cuantificadores comprende un número limitado de cuantificadores (321, 322, 323) diferentes asociados a diferentes relaciones señal-ruido, referidas como SNR, respectivamente; en la que los diferentes cuantificadores del conjunto (326, 327) de cuantificadores están ordenados de acuerdo con su SNR; el conjunto (326, 327) de cuantificadores (321, 322, 323) incluye
    - un cuantificador (321) de relleno de ruido; en el que el cuantificador (321) de relleno de ruido está configurado para cuantificar un coeficiente reemplazando un valor del coeficiente por un valor aleatorio generado de acuerdo con un modelo estadístico predeterminado;
    - uno o más cuantificadores (322) distorsionados; y
    - uno o más cuantificadores (323) deterministas no distorsionados;
  - determinar una indicación de SNR indicativa de una SNR atribuida a un primer coeficiente del bloque de coeficientes;
  - seleccionar un primer cuantificador del conjunto (326, 327) de cuantificadores, basándose en la indicación de SNR; y
  - decodificar un índice de cuantificación asociado a un primer coeficiente cuantificado para el primer coeficiente que utiliza el primer cuantificador.
- 10
- 15
- 20
- 25 9. Un codificador (100, 170) vocal basado en transformadas configurado para codificar una señal vocal en un tren de bits; el codificador (100, 170) comprende
- una unidad (101) de estructuración configurada para recibir una pluralidad de bloques (131) secuenciales de coeficientes de transformadas que comprende un bloque (131) actual y uno o más bloques (131) previos; en la que la pluralidad de bloques (131) secuenciales es indicativa de muestras de la señal vocal;
  - una unidad (108) de aplanamiento configurada para determinar un bloque (140) actual de coeficientes de transformadas suavizados aplanando el bloque (131) actual correspondiente de coeficientes de transformadas mediante una envolvente (136) del bloque actual correspondiente;
  - un predictor (117) configurado para determinar un bloque (150) actual de coeficientes de transformadas suavizados estimados basándose en uno o más bloques (149) previos de coeficientes de transformadas reconstruidos y en uno o más parámetros (520) del predictor; en el que el bloque o los bloques (149) previos de coeficientes de transformadas reconstruidos se han obtenido del bloque o los bloques (131) previos de coeficientes de transformadas;
  - una unidad (115) diferencial configurada para determinar un bloque (141) actual de coeficientes de error de predicción basándose en el bloque (140) actual de coeficientes de transformadas suavizados y basándose en el bloque (150) actual de coeficientes de transformadas suavizados estimados; y
  - una unidad (112) de cuantificación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, configurada para cuantificar
    - coeficientes obtenidos del bloque (141) actual de coeficientes de error de predicción; en la que los datos (163) de coeficiente para el tren de bits se determinan basándose en índices de cuantificación asociados a los coeficientes cuantificados, en la que opcionalmente
  - un bloque (131) de coeficientes de transformadas comprende coeficientes MDCT; y/o
  - un bloque (131) de coeficientes de transformadas comprende 256 coeficientes de transformadas en 256 períodos (301) de frecuencias.
- 30
- 35
- 40
- 45

10. El codificador (100, 170) vocal basado en transformadas de la reivindicación 9, que comprende además una unidad (111) de escalado configurada para determinar un bloque (142) actual de coeficientes de error reescalados basándose en el bloque (141) actual de coeficientes de error de predicción mediante una o más reglas de escalado, de tal forma que por término medio una varianza de los coeficientes de error reescalados del bloque (142) actual de coeficientes de error reescalados es mayor que una varianza de los coeficientes de error de predicción del bloque (141) actual de coeficientes de error de predicción, en el que
- el bloque (141) actual de coeficientes de error de predicción comprende una pluralidad de coeficientes de error de predicción para una correspondiente pluralidad de períodos (301) de frecuencia; y
  - Las ganancias de escalado que son aplicadas por la unidad (111) de escalado a los coeficientes de error de predicción de acuerdo con la regla o las reglas de escalado dependen de los períodos (301) de frecuencia de los coeficientes de error de predicción respectivos.
11. El codificador (100, 170) vocal basado en transformadas de cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10, en el que
- el predictor (117) está configurado para determinar el bloque (150) actual de coeficientes de transformadas suavizados estimados aplicando un criterio de error medio cuadrático ponderado; y
  - el criterio de error medio cuadrático ponderado tiene en cuenta la envolvente (136) del bloque actual como coeficientes de ponderación.
12. El codificador (100, 170) vocal basado en transformadas de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que
- el codificador (100, 170) vocal basado en transformadas comprende además una unidad (109, 110, 171, 172) de asignación de bits configurada para determinar un vector de asignación basado en la envolvente (136) del bloque actual; y
  - el vector de asignación es indicativo de un primer cuantificador del conjunto (326, 327) de cuantificadores predeterminados que deben usarse para cuantificar un primer coeficiente derivado del bloque (141) actual de coeficientes de error de predicción.
13. Un decodificador (500) vocal basado en transformadas configurado para decodificar un tren de bits para proporcionar una señal vocal reconstruida; el decodificador (500) comprende
- un predictor (517) configurado para determinar un bloque (150) actual de coeficientes de transformadas suavizados estimados basándose en uno o más bloques (149) previos de coeficientes de transformadas reconstruidos y basándose en uno o más parámetros (520) del predictor obtenidos del tren de bits;
  - una unidad (552) de cuantificación inversa de acuerdo con la reivindicación 8, configurada para determinar un bloque (147) actual de coeficientes de error de predicción cuantificados basándose en datos (163) de coeficiente incluidos en el tren de bits, usando un conjunto (326, 327) de cuantificadores predeterminados;
  - una unidad (116) de adición configurada para determinar un bloque (148) actual de coeficientes de transformadas suavizados reconstruidos basándose en el bloque (150) actual de coeficientes de transformadas suavizados estimados y basándose en el bloque (147) actual de coeficientes de error de predicción cuantificados; y
  - una unidad (114) de aplanamiento inverso configurada para determinar un bloque (149) actual de coeficientes de transformadas reconstruidos proporcionando al bloque (148) actual de coeficientes de transformadas suavizados reconstruidos una forma espectral, usando una envolvente (136) de bloque actual; en la que la señal vocal reconstruida se determina basándose en el bloque (149) actual de coeficientes de transformadas reconstruidos.
14. Un método para cuantificar un primer coeficiente de un bloque (141) de coeficientes; en el que el bloque (141) de coeficientes comprende una pluralidad de coeficientes para una pluralidad de períodos (301) de frecuencia correspondientes; en el que el método comprende
- proporcionar un conjunto (326, 327) de cuantificadores; en el que el conjunto (326, 327) de cuantificadores comprende una pluralidad de cuantificadores (321, 322, 323) diferentes asociados a una pluralidad de relaciones señal-ruido diferentes, referidas como SNR, respectivamente, y la pluralidad de cuantificadores (321, 322, 323) incluye
  - un cuantificador (321) de relleno de ruido; en el que el cuantificador (321) de relleno de ruido está configurado para cuantificar el primer coeficiente reemplazando un valor del primer coeficiente por un valor aleatorio generado de acuerdo con un modelo estadístico predeterminado;
  - uno o más cuantificadores (322) distorsionados; y

- uno o más cuantificadores (323) deterministas no distorsionados;
  - determinar una indicación de SNR indicativa de una SNR atribuida al primer coeficiente;
  - seleccionar un primer cuantificador del conjunto (326, 327) de cuantificadores, basándose en la indicación de SNR; y
- 5           – cuantificar el primer coeficiente usando el primer cuantificador.
15. Un método para descuantificar índices de cuantificación; en el que los índices de cuantificación se asocian a un bloque (141) de coeficientes que comprende una pluralidad de coeficientes para una pluralidad de períodos (301) de frecuencia correspondientes; en el que el método comprende
- 10           – proporcionar un conjunto (326, 327) de cuantificadores; en el que el conjunto (326, 327) de cuantificadores comprende una pluralidad de cuantificadores (321, 322, 323) diferentes asociados a una pluralidad de relaciones señal-ruido diferentes, referidas como SNR, respectivamente, y la pluralidad de cuantificadores (321, 322, 323) diferentes incluye
- 15           – un cuantificador (321) de relleno de ruido; en el que el cuantificador (321) de relleno de ruido está configurado para cuantificar un coeficiente reemplazando un valor del coeficiente por un valor aleatorio generado de acuerdo con un modelo estadístico predeterminado;
- uno o más cuantificadores (322) distorsionados; y
- uno o más cuantificadores (323) deterministas no distorsionados;
- determinar una indicación de SNR indicativa de una SNR atribuida a un primer coeficiente del bloque (141) de coeficientes;
- 20           – seleccionar un primer cuantificador del conjunto (326, 327) de cuantificadores, basándose en la indicación de SNR; y
- descuantificar un índice de cuantificación asociado a un primer coeficiente cuantificado para el primer coeficiente usando el primer cuantificador.

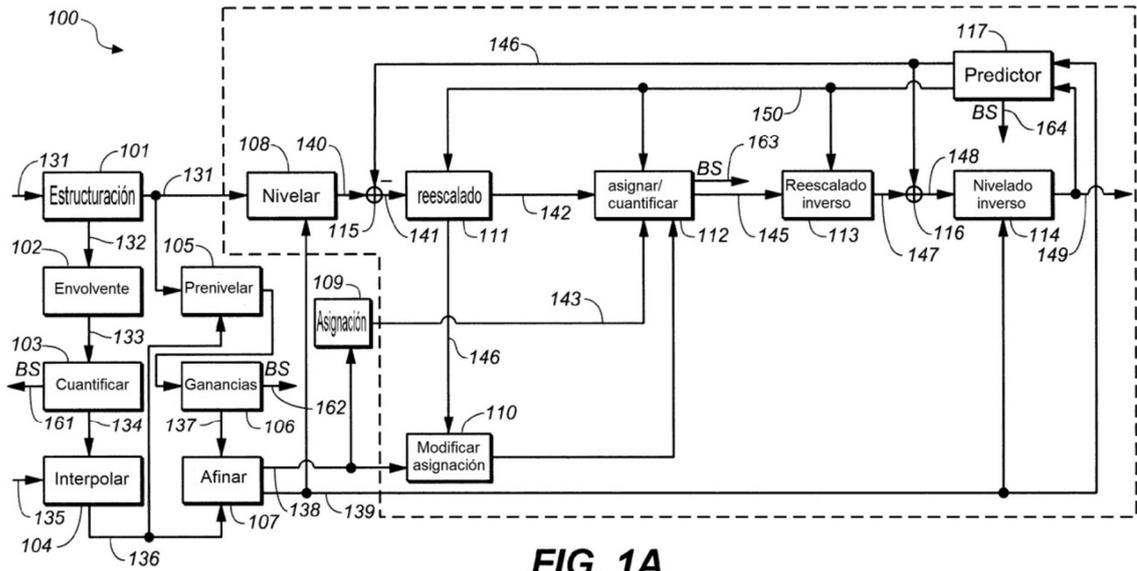
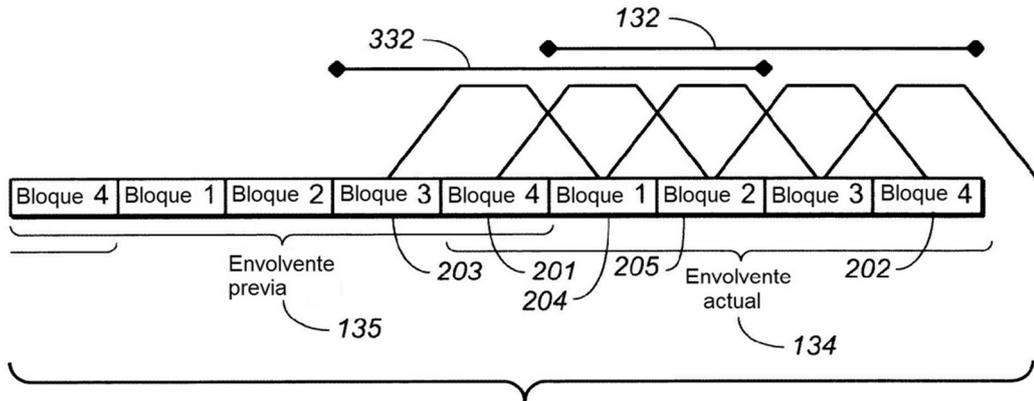
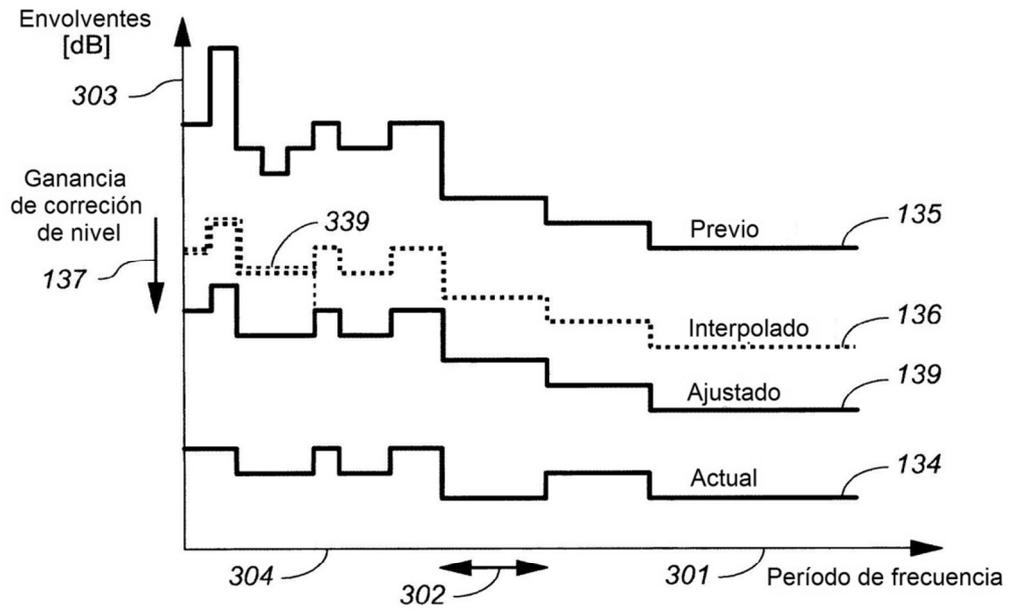


FIG. 1A

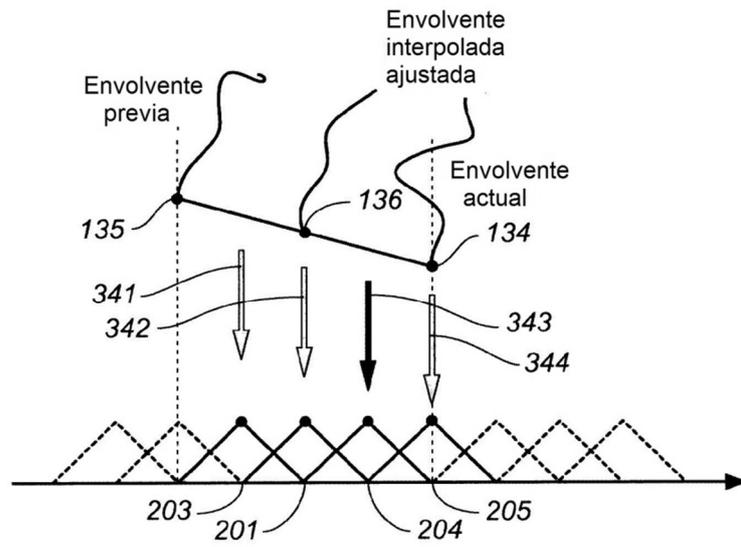




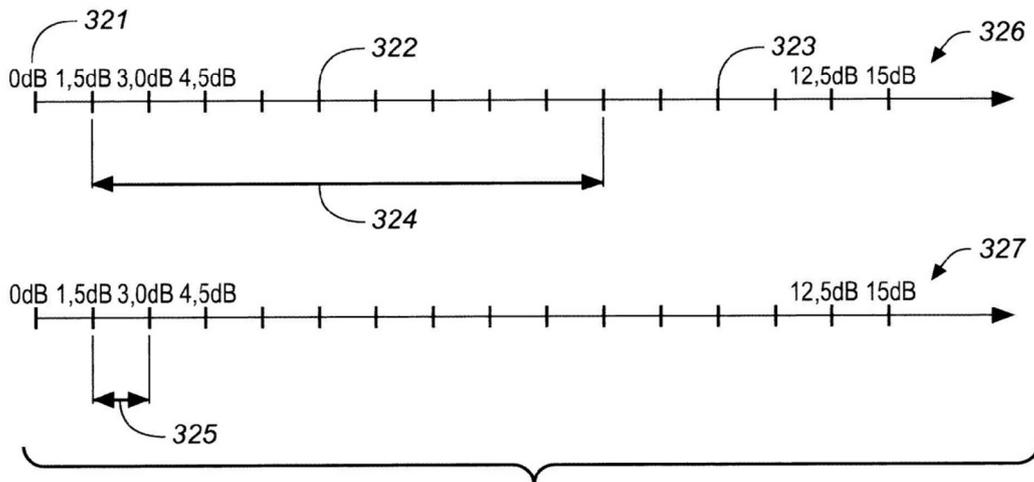
**FIG. 2**



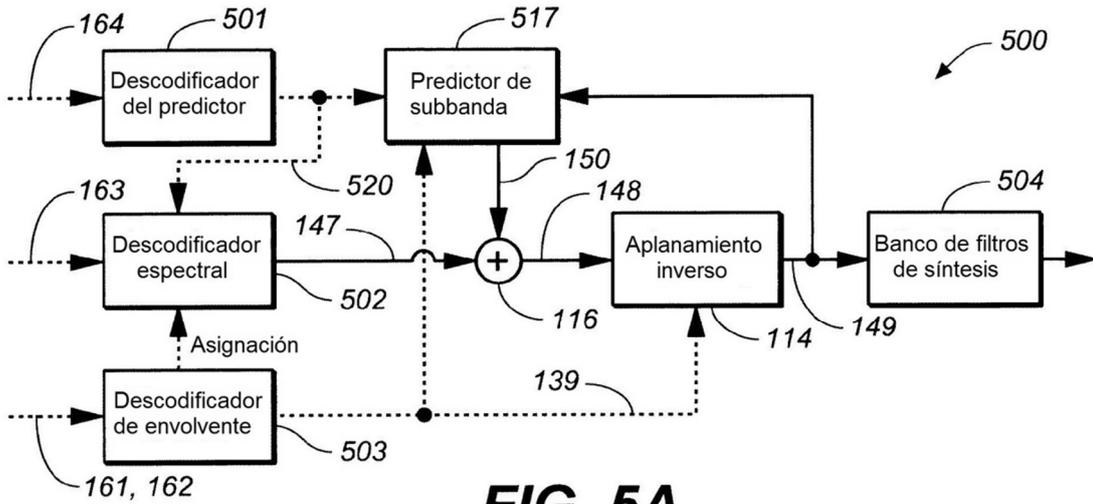
**FIG. 3A**



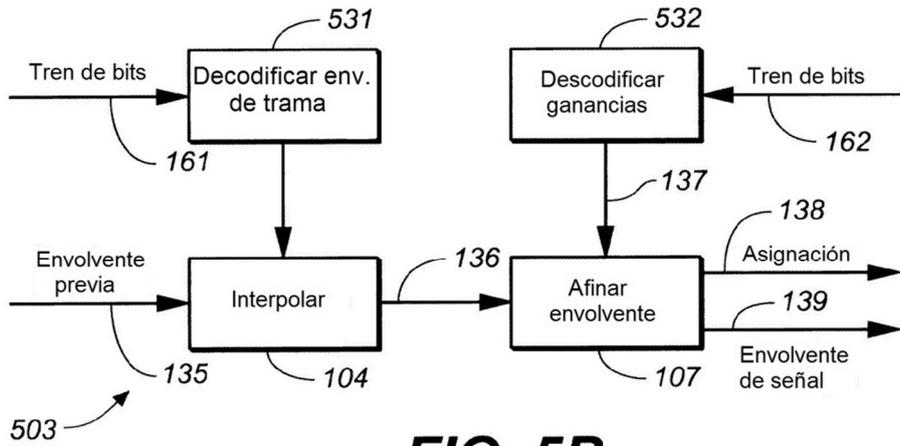
**FIG. 3B**



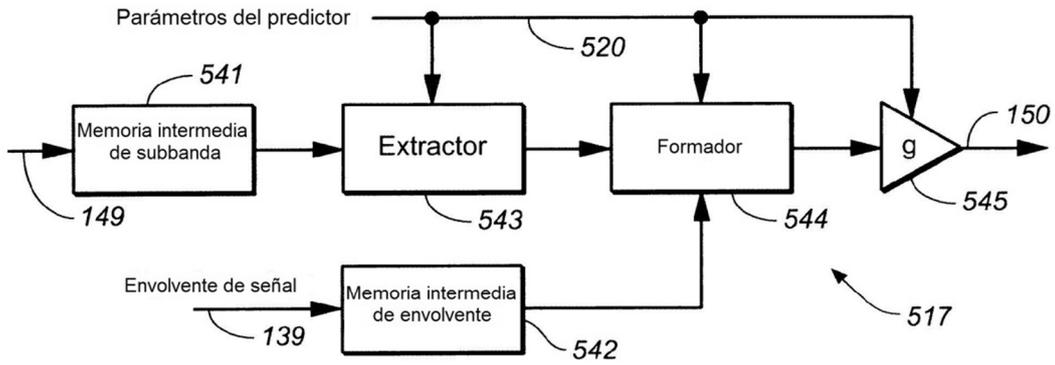
**FIG. 4**



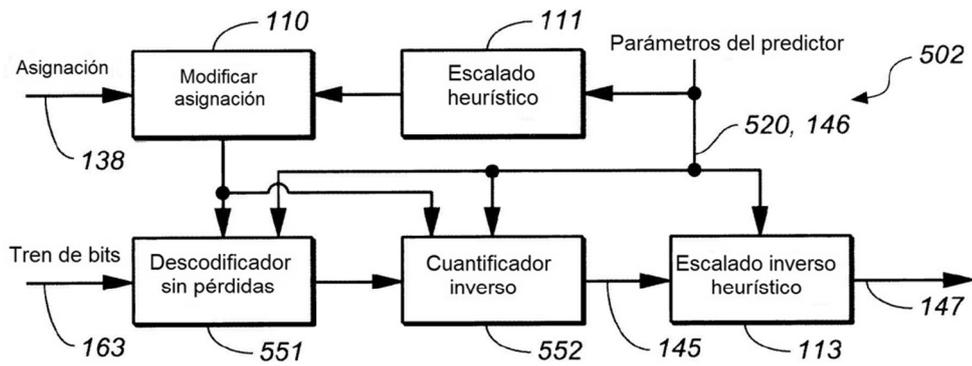
**FIG. 5A**



**FIG. 5B**



**FIG. 5C**



**FIG. 5D**

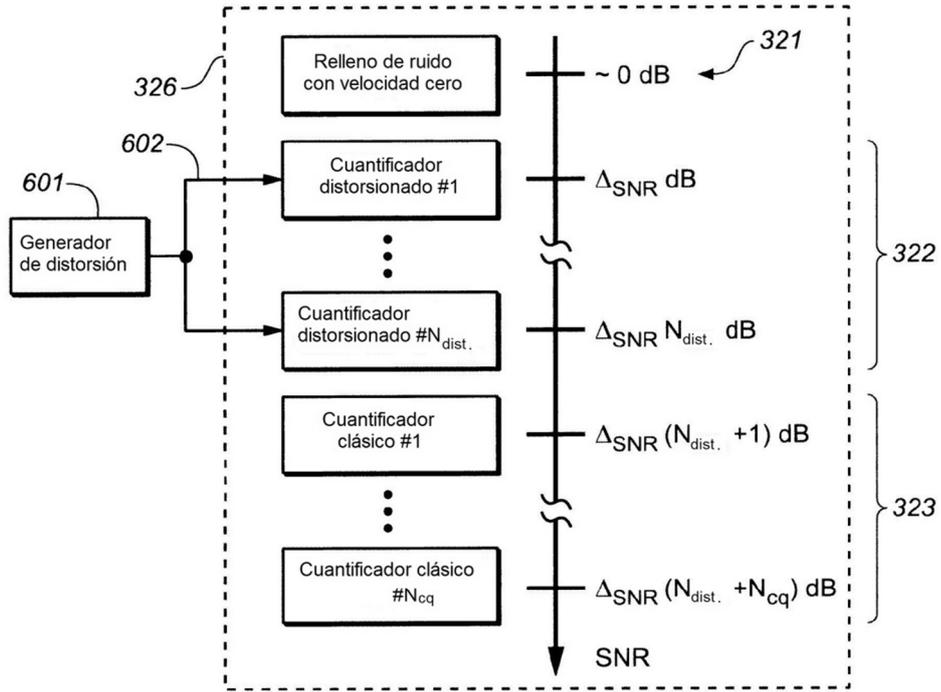


FIG. 6A

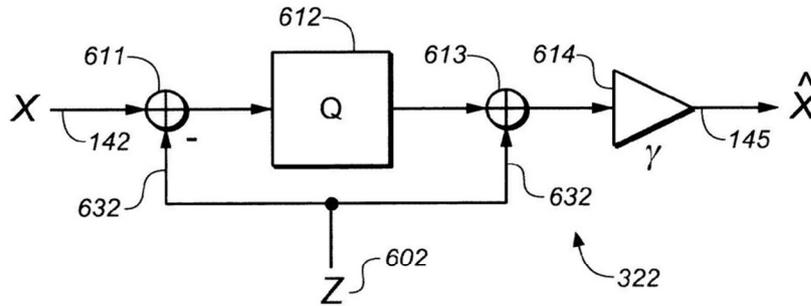
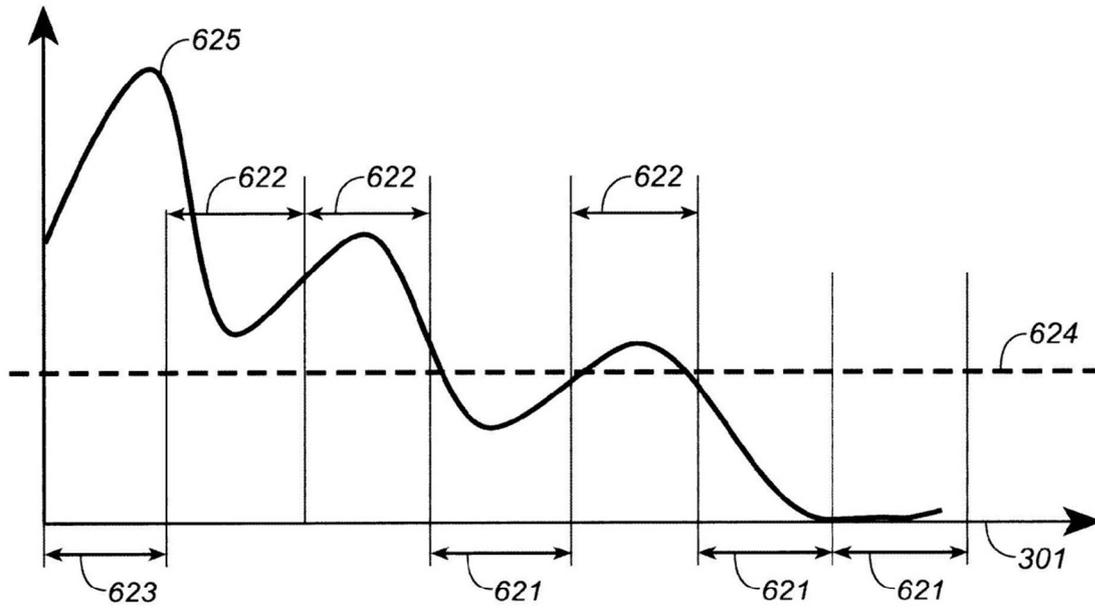
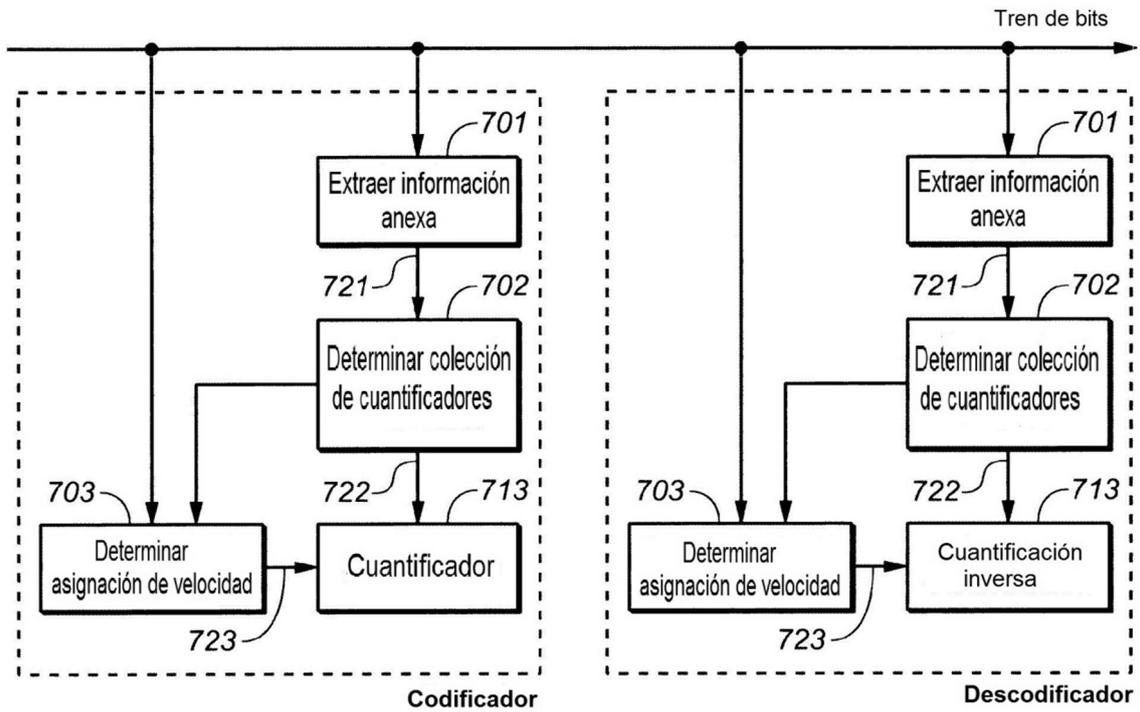


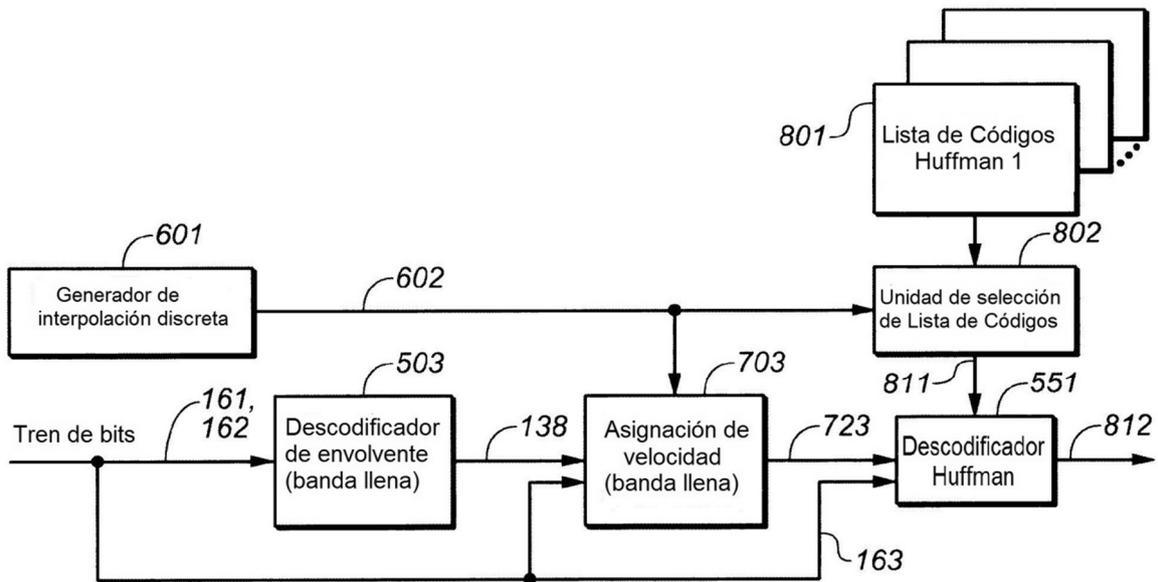
FIG. 6B



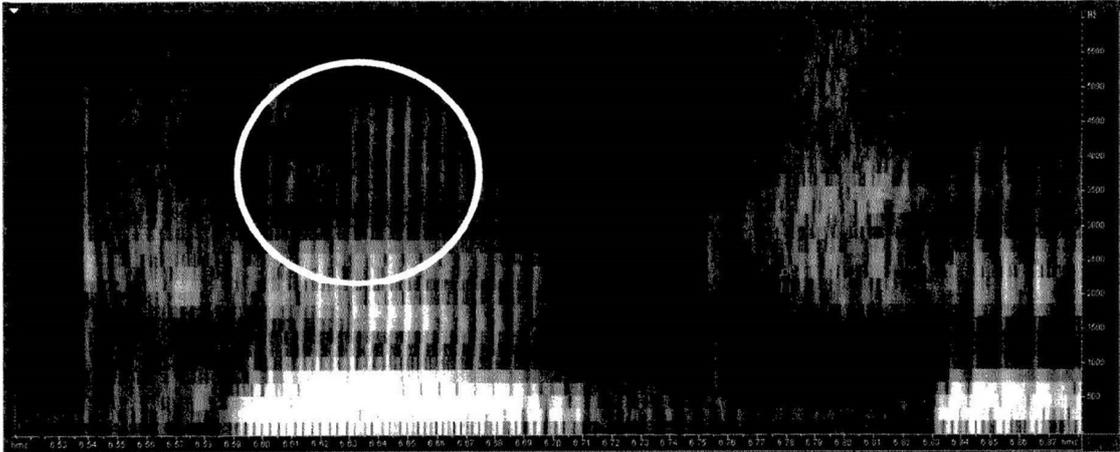
**FIG. 6C**



**FIG. 7**

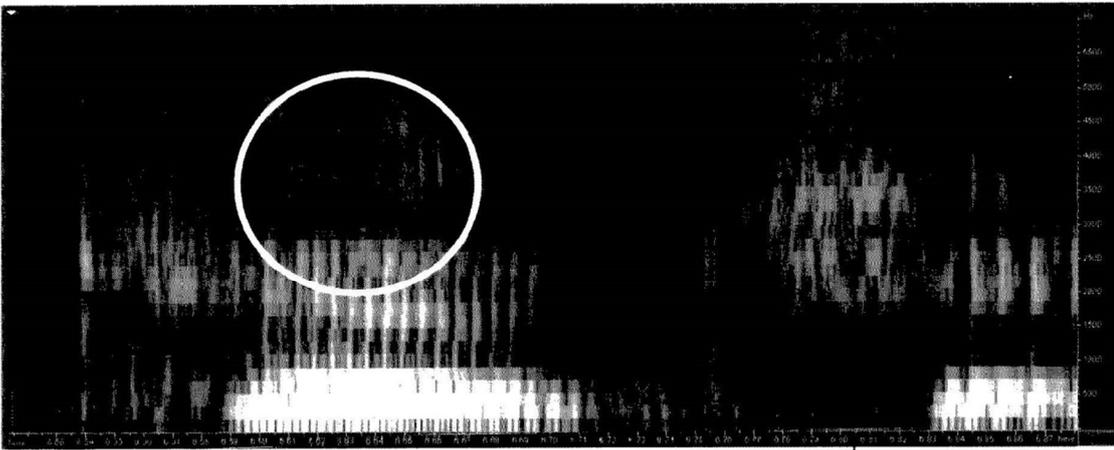


**FIG. 8**



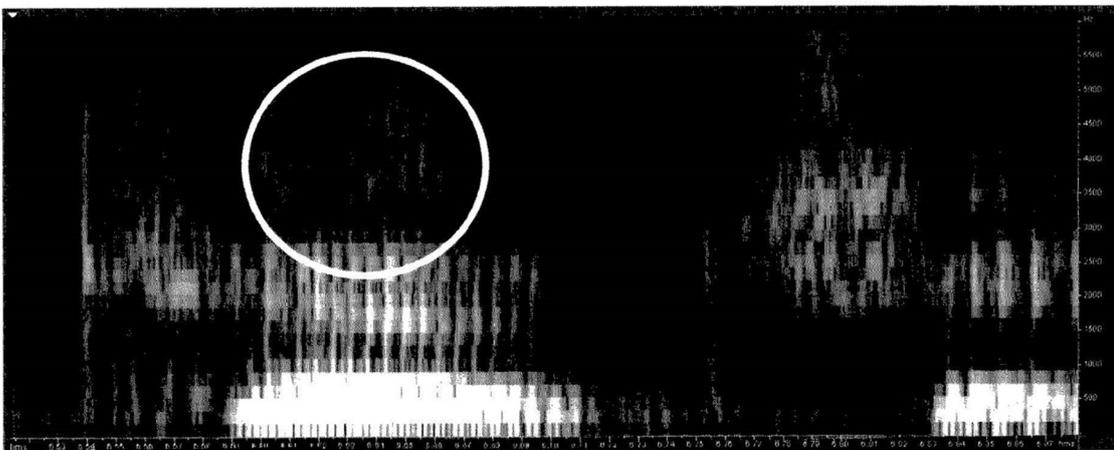
**FIG. 9A**

901



**FIG. 9B**

902



**FIG. 9C**

903

