

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 613 651**

51 Int. Cl.:

G10L 19/035 (2013.01)

G10L 19/02 (2013.01)

G10L 25/03 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.01.2014 PCT/EP2014/051624**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.08.2014 WO2014118171**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.01.2014 E 14701558 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016 EP 2939235**

54 Título: **Cuantificación de señales de audio adaptativas por tonalidad de baja complejidad**

30 Prioridad:

29.01.2013 US 201361758191 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.05.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**DIETZ, MARTIN;
FUCHS, GUILLAUME;
HELMRICH, CHRISTIAN y
MARKOVIC, GORAN**

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 613 651 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).

Quantificación de señales de audio adaptativas por tonalidad de baja complejidad
DESCRIPCIÓN

5 La invención se refiere a procesamiento de señales de audio digitales. Más particularmente la invención se refiere a cuantificación de señales de audio.

10 En la codificación de transformación de tasa de bits muy baja, el número de bits por trama generalmente no es suficiente para evitar artefactos en la señal decodificada. El ruido musical, en particular, puede aparecer en los espectros de ruido o música fija debido a líneas de transformación (rangos) que se “encienden y apagan”, es decir se cuantifican a cero o no se cuantifican a cero, a una cierta frecuencia de una trama a la siguiente. Dicho método de codificación no sólo proporciona a la región de señal decodificada un carácter más tonal que el que tiene la señal original (por lo tanto la expresión ruido musical), tampoco produce una ventaja notable sobre no codificar dicha región espectral en absoluto y aplicar en su lugar una técnica de reemplazo de rango como los algoritmos de relleno de ruido en los sistemas de codificación TCX o FD empleados en xHE-AAC [4]. De hecho, la codificación explícita aunque insuficiente de las regiones propensas al ruido de codificación musical requiere bits en la etapa de codificación por entropía del codificador de transformación, que sónicamente se usa mejor en las regiones espectrales, en especial a bajas frecuencias donde el sistema auditivo humano es sensible.

20 Un modo de reducir la aparición de ruido musical en codificación de audio de tasa de bits baja es pre-filtrar los coeficientes de MDCT como se publica en DAUDET, L. MDCT Analysis of Sinusoids: Exact Results and Applications to Coding Artifacts Reduction. IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, 2004, Vol. 12, N.º 3, páginas 302 a 312.

25 Otro modo de reducir la aparición de ruido musical en codificación de audio de tasa de bits baja es modificar el comportamiento del mapeo del cuantificador en las líneas espectrales de entrada a los índices de cuantificación de modo que se adapte a la característica de señal de entrada instantánea y consumo de bits del espectro cuantificado. Con mayor precisión, una zona muerta usada durante la cuantificación se altera en forma adaptativa de la señal. Se han publicado diversos enfoques [5, 6 y referencias citadas en los mismos]. En [5], la adaptación del cuantificador se realiza en el espectro completo a codificarse. El cuantificador adaptado por lo tanto se comporta idénticamente para todos los rangos espectrales de la trama dada. Más aún, en el caso de cuantificación con la zona muerta óptima Z_{opt} , 2 bits de información secundaria deben transmitirse al decodificador, que representan una tasa de bits y penalización de compatibilidad hacia atrás. En [6], el cuantificador se adapta en una base de banda por frecuencia, pero se realizan dos intentos de cuantificación por banda, y solamente el mejor intento (de acuerdo con una cierta decisión) se usa para la transmisión. Esto es complejo.

35 Un objetivo de la presente invención es proporcionar conceptos mejorados para procesamiento de señal de audio. Más particularmente, un objetivo de la presente invención es proporcionar conceptos mejorados para cuantificación de señales de audio adaptativas. El objetivo de la presente invención se logra por un codificador de audio de acuerdo con la reivindicación 1, por un sistema de acuerdo con la reivindicación 15, por un método de acuerdo con la reivindicación 16 y por un programa informático de acuerdo con la reivindicación 17.

40 En un aspecto la invención proporciona un codificador de audio para codificar una señal de audio con el objetivo de producir a partir de la misma una señal codificada, comprendiendo el codificador de audio:

45 un dispositivo de alineación de tramas configurado para extraer tramas de la señal de audio;

50 un cuantificador configurado para mapear líneas espectrales de una señal de espectro derivada de la trama de la señal de audio a los índices de cuantificación; en el que el cuantificador tiene una zona muerta, en la cual las líneas espectrales se mapean hasta el índice de cuantificación cero; y

un dispositivo de control configurado para modificar la zona muerta;

55 en el que el dispositivo de control comprende un dispositivo de cálculo de la tonalidad configurado para calcular al menos una tonalidad que indica el valor para al menos una línea espectral o para al menos un grupo de líneas espectrales,

en el que el dispositivo de control está configurado para modificar la zona muerta para la al menos una línea espectral o el al menos un grupo de líneas espectrales dependiendo del respectivo valor indicativo de tonalidad.

60 El dispositivo de alineación de tramas puede estar configurado para extraer tramas de la señal de audio por medio de la aplicación de una función de ventana a la señal de audio. En el procesamiento de la señal, una función de ventana (conocida también como función de apodización o función de reducción) es una función matemática que tiene valor cero fuera de algún intervalo elegido. Por medio de la aplicación de la función de ventana a la señal, la señal puede descomponerse en segmentos cortos, los cuales normalmente se llaman tramas.

Cuantificación, en el procesamiento de señales de audio digital, es el proceso de mapeo de un conjunto grande de valores de entrada a un conjunto más pequeño (contable) - tal como redondeo de valores hasta alguna unidad de precisión. Un dispositivo o función algorítmica que realiza la cuantificación se llama un cuantificador.

5 De acuerdo con la invención una señal de espectro se calcula para las tramas de la señal de audio. La señal del espectro puede contener un espectro de cada una de las tramas de la señal de audio, que es una señal de dominio de tiempo, en la que cada espectro es una representación de una de las tramas en el dominio de frecuencia. El espectro de frecuencia puede generarse por medio de una transformación matemática de la señal, y los valores resultantes se presentan normalmente como amplitud frente a frecuencia.

10 La zona muerta es una zona usada durante cuantificación, en la que las líneas espectrales (rangos de frecuencia) o grupos de líneas espectrales (bandas de frecuencia) se mapean a cero. La zona muerta tiene un límite inferior, que normalmente está a una amplitud de cero, y un límite superior, que puede variar para diferentes líneas espectrales o grupos de líneas espectrales.

15 De acuerdo con la invención la zona muerta puede modificarse por medio de un dispositivo de control. El dispositivo de control comprende un dispositivo de cálculo de la tonalidad que está configurado para calcular al menos un valor indicativo de tonalidad para al menos una línea espectral o para al menos un grupo de líneas espectrales.

20 El término "tonalidad" se refiere al carácter tonal de la señal del espectro. En general puede decirse que la tonalidad es alta en el caso que el espectro comprenda componentes predominantemente periódicos, lo que significa que el espectro de una trama comprende picos dominantes. El opuesto de un carácter tonal es un carácter con ruido. En el último caso el espectro de una trama es más plano.

25 Adicionalmente, el dispositivo de control está configurado para modificar la zona muerta para la al menos una línea espectral o el al menos un grupo de líneas espectrales dependiendo del respectivo valor indicativo de tonalidad.

30 La presente invención revela un esquema de cuantificación con una zona muerta adaptativa a la señal que

- no requiere ninguna información secundaria, lo que permite su uso en códec de medios existentes,
- decide antes de la cuantificación cuál zona muerta usar por rango o banda, ahorrando complejidad,
- puede determinar la zona muerta por banda o por rango basándose en la frecuencia de la banda y/o tonalidad de la señal.

35 La invención puede aplicarse en infraestructura de codificación existente dado que sólo se cambia el cuantificador de señal en el codificador; el correspondiente decodificador aún será capaz de leer el flujo de bits (sin modificar) producido a partir de la señal codificada y decodificar la salida. A diferencia de [6] y las referencias en el mismo, la zona muerta para cada grupo de líneas espectrales o para cada línea espectral se selecciona antes de la cuantificación, de modo que sólo es necesaria una operación de cuantificación por grupo o línea espectral. Finalmente, la decisión del cuantificador no se limita a elegir entre dos valores posibles de zona muerta, sino un rango entero de valores. La decisión se detalla a continuación. El esquema de cuantificación adaptativo a la tonalidad definido con anterioridad puede implementarse en la trayectoria de excitación de transformación (TCX) del codificador de LD-USAC, una variante de bajo retardo de xHE-AAC [4].

45 De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el dispositivo de control está configurado para modificar la zona muerta de tal manera que la zona muerta en una de las líneas espectrales es más grande que lo que la zona muerta es en una de las líneas espectrales que tiene una mayor tonalidad o de tal manera que la zona muerta en uno de los grupos de líneas espectrales es más grande que lo que es la zona muerta en uno de los grupos de líneas espectrales que tiene una mayor tonalidad. Por estas características las regiones espectrales no tonales tenderán a cuantificarse a cero, lo que significa que la cantidad de los datos puede reducirse.

50 De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el dispositivo de control comprende un dispositivo de cálculo del espectro de energía configurado para calcular un espectro de energía de la trama de la señal de audio, en el que el espectro de energía comprende valores de energía para las líneas espectrales o grupos de líneas espectrales, en el que el dispositivo de cálculo de la tonalidad está configurado para calcular el al menos un valor indicativo de tonalidad dependiendo del espectro de energía. Calculando el valor indicativo de la tonalidad basándose en el espectro de energía la complejidad computacional permanece bastante baja.

60 De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el valor indicativo de la tonalidad para una de las líneas espectrales se basa en una comparación del valor de energía para la respectiva línea espectral y la suma de un número predefinido de sus valores circundantes de energía del espectro de energía, o en el que el valor indicativo de la tonalidad para uno de los grupos de las líneas espectrales se basa en una comparación del valor de

energía para el respectivo grupo de líneas espectrales y la suma de un número predefinido de sus valores circundantes de energía del espectro de energía. Comparando un valor de energía con sus valores de energía vecinos las áreas pico de energía o áreas planas del espectro de energía pueden identificarse fácilmente de tal manera que el valor indicativo de la tonalidad puede calcularse de un modo fácil.

5 De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el valor indicativo de la tonalidad para una de las líneas espectrales se basa en el valor indicativo de la tonalidad de la línea espectral de una trama anterior de la señal de audio, o en el que el valor indicativo de la tonalidad para uno de los grupos de las líneas espectrales se basa en el valor indicativo de la tonalidad del grupo de líneas espectrales para una trama anterior de la señal de audio. Por medio de estas características la zona muerta se modificará con el transcurso del tiempo en un modo
10 suave.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el valor indicativo de la tonalidad se calcula por una fórmula

$$15 \quad T_{k,i} = f\left(\frac{P_{k-7,i} + \dots + P_{k-1,i} + P_{k+1,i} + \dots + P_{k+7,i}}{P_{k,i}}, \frac{P_{k-7,i-1} + \dots + P_{k-1,i-1} + P_{k+1,i-1} + \dots + P_{k+7,i-1}}{P_{k,i-1}}\right),$$

en la que i es un índice que indica una trama específica de la señal de audio, k es un índice que indica una línea espectral específica, $P_{k,i}$ es el valor de energía de la línea espectral k -ésima de la trama i -ésima, o en el que el valor indicativo de la tonalidad se calcula por una fórmula

$$20 \quad T_{m,i} = f\left(\frac{P_{m-7,i} + \dots + P_{m-1,i} + P_{m+1,i} + \dots + P_{m+7,i}}{P_{m,i}}, \frac{P_{m-7,i-1} + \dots + P_{m-1,i-1} + P_{m+1,i-1} + \dots + P_{m+7,i-1}}{P_{m,i-1}}\right),$$

en la que i es un índice que indica una trama específica de la señal de audio, m es un índice que indica un grupo específico de líneas espectrales, $P_{m,i}$ es el valor de energía del grupo m -ésimo de líneas espectrales de la trama i -ésima. Como se observará a partir de la fórmula el valor indicativo de la tonalidad se calcula a partir del valor de energía de la trama i -ésima, que es la trama actual, y a partir de la trama de orden $i-1$, que es la trama anterior. La fórmula puede cambiarse omitiendo la dependencia a partir de la trama de orden $i-1$. En este punto se calcula la suma de 7 valores de energía vecinos a la izquierda y 7 a la derecha del valor de energía k -ésima y se divide por el respectivo valor de energía. Usando esta fórmula un valor indicativo de tonalidad bajo indica una alta tonalidad.

30 De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el codificador de audio comprende un dispositivo de cálculo de frecuencia de inicio configurado para calcular una frecuencia de inicio para modificar la zona muerta, en el que la zona muerta sólo está modificada para las líneas espectrales que representan una frecuencia mayor que o igual a la frecuencia de inicio. Esto significa que la zona muerta es fija para bajas frecuencias y variable para
35 frecuencias más altas. Estas características conducen a una mejor calidad de audio ya que el sistema auditivo humano es más sensible a bajas frecuencias.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el dispositivo de cálculo de la frecuencia de inicio está configurado para calcular la frecuencia de inicio en base una tasa de muestreo de la señal de audio y/o basándose en la tasa de bits máxima prevista para un flujo de bits producido desde la señal codificada. Por medio de estas características se optimizará la calidad del audio.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el codificador de audio comprende un dispositivo de cálculo de la transformada del coseno discreta modificada configurado para calcular la transformada del coseno discreta modificada a partir de la trama de la señal de audio y un dispositivo de cálculo de la transformada del seno discreta modificada configurado para calcular una transformada del seno discreta modificada a partir de la trama de la señal de audio, en el que el dispositivo de cálculo del espectro de energía está configurado para calcular el espectro de energía basándose en la transformada del coseno discreta modificada y en la transformada del seno discreta modificada. La transformada del coseno discreta modificada tiene que calcularse de cualquier modo para los fines de codificación la señal de audio. Por lo tanto, sólo la transformada del seno discreta modificada tiene que calcularse adicionalmente para el fin de cuantificación adaptativa a la tonalidad. Por lo tanto, puede reducirse la complejidad. Sin embargo, pueden usarse otras transformaciones tales como la transformada de Fourier discreta o la transformada de Fourier discreta impar.

55 De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención dispositivo de cálculo del espectro de energía está configurado para calcular los valores de energía de acuerdo con la fórmula $P_{k,i} = (MDCT_{k,i})^2 + (MDST_{k,i})^2$, en la que i es un índice que indica una trama específica de la señal de audio, k es un índice que indica una línea espectral específica, $MDCT_{k,i}$ es el valor de la transformada del coseno discreta modificada en la línea espectral k -ésima de la trama i -ésima, $MDST_{k,i}$ es el valor de la transformada del seno discreta modificada en la línea espectral k -ésima de la trama i -ésima, y $P_{k,i}$ es el valor de energía de la línea espectral k -ésima de la trama i -ésima. La fórmula anterior
60

permite el cálculo de los valores de energía de un modo fácil.

5 De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el codificador de audio comprende un dispositivo de cálculo de una señal de espectro configurado para producir la señal del espectro, en el que el dispositivo de cálculo de la señal del espectro comprende un dispositivo de ajuste de amplitud configurado para establecer amplitudes de las líneas espectrales de la señal del espectro de tal manera que se compensa una pérdida de energía debido a la modificación de la zona muerta. Por medio de estas características la cuantificación puede realizarse en un modo que conserva la energía.

10 De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el dispositivo de ajuste de amplitud está configurado para establecer las amplitudes de la señal del espectro dependiendo de una modificación de la zona muerta en la respectiva línea espectral. Por ejemplo las líneas espectrales, para las cuales la zona muerta está ampliada, pueden amplificarse ligeramente para este fin.

15 De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el dispositivo de cálculo de la señal del espectro comprende un dispositivo de normalización. Por esta característica la etapa posterior de cuantificación puede realizarse de un modo fácil.

20 De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención la transformada del coseno discreta modificada a partir de la trama de la señal de audio calculada por el dispositivo de cálculo de la transformada del coseno discreta modificada se alimenta al dispositivo de cálculo de la señal del espectro. Por esta característica la transformada del coseno discreta modificada se usa para el fin de adaptación de la cuantificación y para el fin de calcular la señal codificada.

25 En un aspecto la invención proporciona un sistema que comprende un codificador y un decodificador, en el que el codificador está diseñado de acuerdo con la invención.

En un aspecto la invención proporciona un método para codificar una señal de audio con el objetivo de producir a partir de la misma una señal codificada, comprendiendo el método las etapas:

30 extraer las tramas desde la señal de audio;
 mapear las líneas espectrales de una señal de espectro derivadas de la trama de la señal de audio a los índices de cuantificación;
 en el que se usa una zona muerta, en la cual las líneas espectrales de entrada se mapean a cero; y
 35 modificar la zona muerta;

en el que se calcula al menos un valor indicativo de tonalidad para al menos una línea espectral o para al menos un grupo de líneas espectrales,
 en el que la zona muerta para la al menos una línea espectral o el al menos un grupo de líneas espectrales se modifica dependiendo del respectivo valor indicativo de tonalidad.

40 En un aspecto la invención proporciona un producto de programa informático para realizar, cuando se ejecuta en una computadora o un procesador, el método de acuerdo con la invención.

45 Las formas de realización preferidas de la invención se analizan posteriormente con respecto a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 ilustra una forma de realización de un codificador de acuerdo con la invención y
 La Figura 2 ilustra el principio de funcionamiento de un codificador de acuerdo con la invención.

50 La Figura 1 representa un codificador de audio 1 para codificar una señal de audio AS con el objetivo de producir a partir de la misma una señal codificada ES de acuerdo con la invención. El codificador de audio 1 comprende:

55 un dispositivo de alineación de tramas 2 configurado para extraer tramas F de la señal de audio AS;
 un cuantificador 3 configurado para mapear las líneas espectrales SL_{1-32} (véase la Figura 2) de una señal de espectro SPS derivada a partir de la trama F de la señal de audio AS a los índices de cuantificación l_0, l_1 ; en el que las líneas espectrales SL_{1-32} se mapean hasta el índice de cuantificación cero l_0 ; y

60 un dispositivo de control 4 configurado para modificar la zona muerta DZ;

en el que el dispositivo de control 4 comprende un dispositivo de cálculo de la tonalidad 5 configurado para calcular al menos un valor indicativo de tonalidad TI_{5-32} para al menos una línea espectral SL_{1-32} o para al menos un grupo de

líneas espectrales SL_{1-32} ,

en el que el dispositivo de control 4 está configurado para modificar la zona muerta DZ para la al menos una línea espectral SL_{1-32} o el al menos un grupo de líneas espectrales SL_{1-32} dependiendo del respectivo valor indicativo de tonalidad TI_{5-32} .

5 El dispositivo de alineación de tramas 2 puede estar configurado para extraer tramas F de la señal de audio AS por medio de la aplicación de una función de ventana a la señal de audio AS. En el procesamiento de la señal, una función de ventana (conocida también como función de apodización o función de reducción) es una función matemática que tiene valor cero fuera de algún intervalo elegido. Por medio de la aplicación de la función de ventana a la señal AS, la señal AS puede descomponerse en segmentos cortos, los cuales normalmente se llaman tramas F. Cuantificación, en el procesamiento de señales de audio digital, es el proceso de mapeo de un conjunto grande de valores de entrada a un grupo de menor tamaño (contable) - tal como redondeo de valores hasta alguna unidad de precisión. Un dispositivo o función algorítmica que realiza cuantificación se llama un cuantificador.

15 De acuerdo con la invención una señal de espectro SPS se calcula para las tramas F de la señal de audio AS. La señal del espectro SPS puede contener un espectro de cada una de las tramas F de la señal de audio AS, que es una señal de dominio de tiempo, en el que cada espectro es una representación de una de las tramas F en el dominio de frecuencia. El espectro de frecuencia puede generarse por medio de una transformación matemática de la señal AS, y los valores resultantes se presentan normalmente como amplitud frente a frecuencia.

20 La zona muerta DZ es la zona usada durante cuantificación, en la que las líneas espectrales SL_{1-32} (rangos de frecuencia) o grupos de líneas espectrales SL_{1-32} (bandas de frecuencia) se mapean hasta el índice de cuantificación cero. La zona muerta DZ tiene un límite inferior, que normalmente está a una amplitud de cero, y un límite superior, que puede variar para diferentes líneas espectrales SL_{1-32} o grupos de líneas espectrales SL_{1-32} .

25 De acuerdo con la invención la zona muerta DZ puede modificarse por medio de un dispositivo de control 4. El dispositivo de control 4 comprende un dispositivo de cálculo de la tonalidad 5 que está configurado para calcular al menos un valor indicativo de tonalidad TI_{5-32} para al menos una línea espectral SL_{1-32} o para al menos un grupo líneas espectrales SL_{1-32} .

30 El término "tonalidad" se refiere al carácter tonal de la señal del espectro SPS. En general puede decirse que la tonalidad es alta en el caso de que el espectro o una de sus partes comprenda componentes predominantemente periódicos, que significa que el espectro o la parte del mismo de una trama F comprende picos dominantes. El opuesto de un carácter tonal es un carácter con ruido. En el último caso el espectro o la parte del mismo de una trama F es más plano.

35 Adicionalmente, el dispositivo de control 4 está configurado para modificar la zona muerta DZ para la al menos una línea espectral SL_{1-32} o el al menos un grupo de líneas espectrales SL_{1-32} dependiendo del respectivo valor indicativo de tonalidad TI_{5-32} .

40 La presente invención revela un esquema de cuantificación con una zona muerta DZ adaptativa a la señal que

- no requiere ninguna información secundaria, permitiendo su uso en códec de medios existentes,
- decide antes de la cuantificación qué zona muerta DZ usar por rango o banda, ahorrando complejidad,
- 45 • puede determinar la zona muerta DZ por banda o por rango basándose en la frecuencia de la banda y/o tonalidad de la señal.

50 La invención puede aplicarse en infraestructura de codificación existente dado que sólo se cambia el cuantificador de señal 3 en el codificador 1; el correspondiente decodificador será capaz aún de leer el flujo de bits (sin modificar) producido a partir de la señal codificada y decodificar la salida. A diferencia de [6] y las referencias en el mismo, la zona muerta DZ para cada grupo de líneas espectrales SL_{1-32} o para cada línea espectral SL_{1-32} se selecciona antes de la cuantificación, de modo que sólo es necesaria una operación de cuantificación por grupo o línea espectral SL_{1-32} . Finalmente, la decisión del cuantificador no se limita a elegir entre dos valores posibles de zona muerta, sino un intervalo entero de valores. El esquema de cuantificación adaptativo a la tonalidad definido con anterioridad puede implementarse en la trayectoria de excitación codificada de transformación (TCX) del codificador de LD-USAC, una variante de bajo retardo de xHE-AAC [4].

60 De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el dispositivo de control 4 está configurado para modificar la zona muerta DZ de tal manera que la zona muerta DZ en una de las líneas espectrales SL_{1-32} es más grande que la zona muerta DZ que está en una de las líneas espectrales SL_{1-32} que tiene una mayor tonalidad o de tal manera que la zona muerta DZ en uno de los grupos de líneas espectrales SL_{1-32} es más grande que la zona muerta DZ que está en uno de los grupos de líneas espectrales SL_{1-32} que tiene una mayor tonalidad. Por estas características las regiones espectrales no tonales tenderán a cuantificarse a cero, que significa que la cantidad de

los datos puede reducirse.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el dispositivo de control 4 comprende un dispositivo de cálculo del espectro de energía 6 configurado para calcular un espectro de energía PS (véase también la Figura 2) de la trama F de la señal de audio AS, en el que el espectro de energía PS comprende valores de energía PS₅₋₃₂ para las líneas espectrales SL₁₋₃₂ o grupos de líneas espectrales SL₁₋₃₂, en el que el dispositivo de cálculo de la tonalidad 5 está configurado para calcular el al menos un valor indicativo de tonalidad TI₅₋₃₂ dependiendo del espectro de energía PS. Calculando la tonalidad que indica un valor TI₅₋₃₂ basándose en el espectro de energía PS la complejidad informática permanece bastante baja. Adicionalmente, la exactitud puede potenciarse.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el valor indicativo de la tonalidad TI₅₋₃₂ para una de las líneas espectrales SL₁₋₃₂ se basa en una comparación del valor de energía PS₅₋₃₂ para la respectiva línea espectral SL₁₋₃₂ y la suma de un número predefinido de sus valores circundantes de energía PS₅₋₃₂ del espectro de energía PS, o en el que el valor indicativo de la tonalidad para uno de los grupos de las líneas espectrales SL₁₋₃₂ se basa en una comparación del valor de energía PS₅₋₃₂ para el respectivo grupo de líneas espectrales y la suma de un número predefinido de sus valores circundantes de energía PS₅₋₃₂ del espectro de energía. Comparando un valor de energía PS₅₋₃₂ con sus valores circundantes de energía PS₅₋₃₂ pueden identificarse fácilmente áreas pico o áreas planas del espectro de energía SP de tal manera que el valor indicativo de la tonalidad TI₅₋₃₂ puede calcularse de un modo fácil.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el valor indicativo de la tonalidad TI₅₋₃₂ para una de las líneas espectrales SL₁₋₃₂ se basa en el valor indicativo de la tonalidad TI₅₋₃₂ de la línea espectral SL₁₋₃₂ de una trama anterior F de la señal de audio AS, o en el que el valor indicativo de la tonalidad TI₅₋₃₂ para uno de los grupos de las líneas espectrales SL₁₋₃₂ se basa en el valor indicativo de la tonalidad TI₅₋₃₂ del grupo de líneas espectrales SL₁₋₃₂ para una trama anterior F de la señal de audio AS. Por medio de estas características la zona muerta DZ se modificará con el transcurso del tiempo en un modo suave.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el valor indicativo de la tonalidad TI₅₋₃₂ se calcula por una fórmula

$$T_{k,i} = f\left(\frac{P_{k-7,i} + \dots + P_{k-1,i} + P_{k+1,i} + \dots + P_{k+7,i}}{P_{k,i}}, \frac{P_{k-7,i-1} + \dots + P_{k-1,i-1} + P_{k+1,i-1} + \dots + P_{k+7,i-1}}{P_{k,i-1}}\right),$$

en la que *i* es un índice que indica una trama específica F de la señal de audio AS, *k* es un índice que indica una línea espectral específica SL₁₋₃₂, *P_{k,i}* es el valor de energía PS₅₋₃₂ de la línea espectral *k*-ésima SL₁₋₃₂ de la trama *i*-ésima, o en el que el valor indicativo de la tonalidad TI₅₋₃₂ se calcula por una fórmula

$$T_{m,i} = f\left(\frac{P_{m-7,i} + \dots + P_{m-1,i} + P_{m+1,i} + \dots + P_{m+7,i}}{P_{m,i}}, \frac{P_{m-7,i-1} + \dots + P_{m-1,i-1} + P_{m+1,i-1} + \dots + P_{m+7,i-1}}{P_{m,i-1}}\right),$$

en la que *i* es un índice que indica una trama específica F de la señal de audio AS, *m* es un índice que indica un grupo específico de líneas espectrales SL₁₋₃₂, *P_{m,i}* es el valor de energía PS₅₋₃₂ del grupo *m*-ésimo de líneas espectrales SL₁₋₃₂ de la trama *i*-ésima. Como se observará a partir de la fórmula el valor indicativo de la tonalidad TI₅₋₃₂ se calcula a partir del valor de energía PS₅₋₃₂ de la trama *i*-ésima, que es la trama actual F, y a partir de la trama de orden *i-1* F, que es la trama anterior F. La fórmula puede cambiarse omitiendo la dependencia a partir de la trama de orden *i-1* F. En este punto se calcula la suma de 7 valores de energía vecinos a la izquierda y 7 a la derecha PS₅₋₃₂ del valor de energía *k*-ésimo PS₅₋₃₂ de una cierta línea espectral SL₁₋₃₂ o se calcula el valor de la energía *m*-ésimo del grupo de líneas espectrales SL₁₋₃₂ y se divide por el respectivo valor de energía PS₅₋₃₂. Usando esta fórmula un valor indicativo de tonalidad bajo TI₅₋₃₂ indica una alta tonalidad.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el codificador de audio 1 comprende un dispositivo de cálculo de frecuencia de inicio 7 configurado para calcular una frecuencia de inicio SF para modificar la zona muerta DZ, en el que la zona muerta DZ sólo se modifica para las líneas espectrales SL₅₋₃₂ que representan una frecuencia mayor que o igual a la frecuencia de inicio SF. Esto significa que la zona muerta DZ es fija para bajas frecuencias y variable para frecuencias más altas. Estas características conducen a una mejor calidad de audio ya que el sistema auditivo humano es más sensible a bajas frecuencias.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el dispositivo de cálculo de frecuencia de inicio 7 está configurado para calcular la frecuencia de inicio SF basándose en una tasa de muestreo de la señal de audio AS y/o basándose en una tasa de bits máxima prevista para un flujo de bits producido a partir de la señal codificada ES. Por medio de estas características se optimizará la calidad del audio.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el codificador de audio 1 comprende un dispositivo de cálculo de la transformada del coseno discreta modificada 8 configurado para calcular una transformada del coseno discreta modificada CT a partir de la trama F de la señal de audio AS y un dispositivo de cálculo de la transformada del seno discreta modificada 9 configurado para calcular una transformada del seno discreta modificada ST a partir de la trama F de la señal de audio AS, en el que el dispositivo de cálculo del espectro de energía 6 está configurado para calcular el espectro de energía PS basándose en la transformada del coseno discreta modificada CT y en la transformada del seno discreta modificada ST. La transformada del coseno discreta modificada CT tiene que calcularse de cualquier modo en muchos casos para el fin de codificación de la señal de audio AS. Por lo tanto, sólo la transformada del seno discreta modificada ST tiene que calcularse adicionalmente para el fin de cuantificación adaptativa a la tonalidad. Por lo tanto, puede reducirse la complejidad. Sin embargo, pueden usarse otras transformaciones tales como la transformada de Fourier discreta o la transformada de Fourier discreta impar.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención dispositivo de cálculo del espectro de energía 6 está configurado para calcular los valores de energía de acuerdo con la fórmula $P_{k,i} = (MDCT_{k,i})^2 + (MDST_{k,i})^2$, en la que i es un índice que indica una trama específica F de la señal de audio, k es un índice que indica una línea espectral específica SL_{1-32} , $MDCT_{k,i}$ es el valor de la transformada del coseno discreta modificada CT en la línea espectral k -ésima de la trama i -ésima, $MDST_{k,i}$ es el valor de la transformada del seno discreta modificada ST en la línea espectral k -ésima de la trama i -ésima, y $P_{k,i}$ es el valor de energía PS_{5-32} de la línea espectral k -ésima de la trama i -ésima. La fórmula anterior permite el cálculo de los valores de energía PS_{5-32} de un modo fácil.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el codificador de audio 1 comprende un dispositivo de cálculo de una señal de espectro 10 configurado para producir la señal del espectro SPS, en el que el dispositivo de cálculo de la señal del espectro 10 comprende un dispositivo de ajuste de amplitud 11 configurado para establecer amplitudes de las líneas espectrales SL_{1-32} de la señal del espectro SPS de tal manera que se compensa una pérdida de energía debido a la modificación de la zona muerta DZ. Por medio de estas características la cuantificación puede realizarse en un modo que conserva la energía.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el dispositivo de ajuste de amplitud 11 está configurado para establecer las amplitudes de la señal del espectro SPS dependiendo de una modificación de la zona muerta DZ en la respectiva línea espectral SL_{1-32} . Por ejemplo las líneas espectrales SL_{1-32} , para las que la zona muerta DZ está ampliada, pueden amplificarse ligeramente para este fin.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención el dispositivo de cálculo de la señal del espectro 10 comprende un dispositivo de normalización 12. Por esta característica la siguiente etapa de cuantificación puede realizarse de un modo fácil.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención la transformada del coseno discreta modificada CT a partir de la trama F de la señal de audio AS calculada por el dispositivo de cálculo de la transformada del coseno discreta modificada 8 se alimenta al dispositivo de cálculo de la señal del espectro 10. Por esta característica la transformada del coseno discreta modificada CT se usa para el fin de adaptación de la cuantificación y para el fin de calcular la señal codificada ES.

La Figura 1 representa el flujo de datos e información de control en el codificador adaptativo inventivo 1. Debe reiterarse que las regiones espectrales no tonales por encima de una cierta frecuencia SF tenderán a cuantificarse a cero en forma bastante extensiva a bajas tasas de bits. Esto, sin embargo, tiene como finalidad: inserción de ruido aplicada sobre rangos cero en el decodificador reconstruirán suficientemente los espectros similares a ruido, y la cuantificación cero ahorrará bits, que pueden usarse para cuantificar rangos de frecuencia baja de forma más precisa.

La Figura 2 ilustra el principio de funcionamiento de un codificador de acuerdo con la invención. En este documento, la zona muerta DZ de un codificador de audio 1 de acuerdo con la invención, el espectro de energía PS con sus valores de energía PS_{5-32} de una trama F de una señal de audio AS, los valores indicativos de tonalidad TI_{5-32} y las líneas espectrales SL_{1-32} del espectro SP se muestran en un sistema de coordenadas común, en el que el eje x indica una frecuencia y el eje y indica amplitudes. Debe observarse que los índices de mapeo mayores que 1 no se muestran en la Figura 2 por simplificación.

Por debajo de una frecuencia de inicio SF, que se ha calculado por el dispositivo de cálculo de frecuencia de inicio 7, la zona muerta tiene un tamaño fijo. En el ejemplo la línea espectral SL_1 finaliza fuera de la zona muerta de tal manera que se mapeará hasta el índice uno I_1 , mientras que la línea espectral SL_7 finaliza dentro de la zona muerta DZ de tal manera que puede mapearse hasta el índice 0 I_0 . Sin embargo, comenzando con la frecuencia de inicio SF y subiendo a frecuencias superiores, el tamaño de la zona muerta DZ puede modificarse por el dispositivo de control

4. Para ese fin, los valores de energía PS_{5-32} se calculan como se describió con anterioridad. Adicionalmente, los valores indicativos de tonalidad TI_{5-32} se calculan a partir de los valores de energía PS_{5-32} .

5 En el área desde $k=20$ hasta $k=23$ el espectro de energía PS tiene un pico que da como resultado valores indicadores de tonalidad bajos TI_{20-23} que indican una tonalidad alta. En las otras áreas por encima de la frecuencia de inicio SF para el espectro de energía PS son más planas de tal manera que los valores indicativos de tonalidad TI_{12-19} y TI_{24-32} son comparablemente superiores, que indica una tonalidad inferior en sus áreas respectivas. Como resultado la zona muerta DZ se amplía en el área desde $k=12$ a $k=19$ y en el área desde $k=24$ a $k=32$. Este aumento de la zona muerta DZ da como resultado que, por ejemplo, la línea espectral SL_{12} y la línea espectral SL_{25} , que sin
10 cuantificación adaptativa a la tonalidad se habrían mapeado al índice uno ahora se mapean al índice cero. Esta cuantificación a cero reduce la cantidad de los datos que se transmitirán al decodificador.

En una implementación preferida de la invención, la operación del codificador se resume de la siguiente manera:

15 1. Durante la etapa de transformación de tiempo a frecuencia, tanto una MDCT (parte del coseno) y una MDST (parte del seno) se calculan a partir de la señal de entrada en ventana para la trama dada.

20 2. La MDCT de la trama de entrada se usa para cuantificación, codificación y transmisión. La MDST se utiliza adicionalmente para calcular un espectro de energía por rango $P_k = MDCT_k^2 + MDST_k^2$.

3. Con P_k se calcula una medida de uniformidad espectral o tonalidad por banda de codificación o preferentemente por rango. Varios métodos para lograr esto se documentan en la bibliografía [1, 2, 3]. Preferentemente, se emplea una versión de baja complejidad con sólo algunas operaciones por rango. En el presente caso, se realiza una comparación entre P_k y la suma de su $P_{k-7} \dots P_{k+7}$ circundantes y se potencia con una histéresis similar al rastreador de nacimiento/muerte descrito en [3]. Además, los rangos por debajo de una
25 cierta frecuencia dependiente de la tasa de bits se consideran siempre tonales.

4. Como una etapa opcional, la medida de tonalidad o uniformidad puede utilizarse para realizar una leve amplificación del espectro antes de la cuantificación para compensar la pérdida de energía debido a una zona muerta de cuantificador grande. Con mayor precisión, los rangos para los cuales se aplica una zona muerta grande del cuantificador se amplifican un bit, mientras que los rangos para los cuales se usa una zona muerta normal o cerca de lo normal (es decir una que tiende a conservar la energía) no se modifican.
30

5. La medida de tonalidad o uniformidad de la etapa 3 ahora controla la elección de la zona muerta usada para cuantificar cada rango de frecuencia. Los rangos determinados como aquellos que tienen una alta tonalidad, lo que significa varios valores de $P_{k-7} \dots P_{k+7} / P_k$, se cuantifican con una zona muerta por defecto (es decir escasamente conservadora de energía), y los rangos con baja tonalidad se cuantifican con una nueva zona muerta ampliada. Un rango de baja tonalidad de este modo tiende a cuantificarse a cero con mayor frecuencia que un rango de alta tonalidad. Opcionalmente, el tamaño de una zona muerta del rango puede definirse como una función continua de tonalidad de rangos, con un rango entre el tamaño de la zona muerta por defecto (la más pequeña) y un tamaño de zona muerta máximo.
40

Aunque algunos aspectos se han descrito en el contexto de un aparato, es claro que estos aspectos también representan una descripción del método correspondiente, donde un bloque o dispositivo corresponde a una etapa del método o una característica de una etapa del método. De manera análoga, los aspectos descritos en el contexto de una etapa del método también representan una descripción de un bloque correspondiente o elemento o característica de un aparato correspondiente. Algunas o la totalidad de las etapas del método pueden ejecutarse por (o con el uso de) un aparato de hardware, como por ejemplo, un microprocesador, una computadora programable o un circuito electrónico. En algunas formas de realización, alguna o la totalidad de las etapas del método más importantes pueden ejecutarse mediante un aparato de este tipo.
45

50 Dependiendo de ciertos requerimientos de implementación, las formas de realización de la invención pueden implementarse en hardware o en software. La implementación puede realizarse con el uso de un medio de almacenamiento no transitorio tal como un medio de almacenamiento digital, por ejemplo un disco flexible, un DVD, un Blu-Ray, un CD, una ROM, una PROM y EPROM, una EEPROM o una memoria FLASH, que tienen señales de control electrónicamente legibles almacenadas en ellos, que cooperan (o son capaces de cooperar) con un sistema informático programable de tal manera que se realiza el respectivo método. Por lo tanto, el medio de almacenamiento digital puede ser legible por computadora.
55

60 Algunas de las formas de realización de acuerdo con la invención comprende un soporte de datos que tiene señales de control electrónicamente legibles, que son capaces de cooperar con un sistema informático programable, de tal manera que se realiza uno de los métodos descritos en el presente documento.

En general, las formas de realización de la presente invención pueden implementarse como un producto de

programa informático con un código de programa, siendo el código de programa operativo para realizar uno de los métodos cuando el producto del programa informático se ejecuta en una computadora. El código de programa puede almacenarse, por ejemplo, en un soporte legible por máquina.

- 5 Otras formas de realización comprenden el programa informático para realizar uno de los métodos descritos en el presente documento, almacenado en un soporte legible por máquina.

10 En otras palabras, una forma de realización del método inventivo es, por lo tanto, un programa informático que tiene un código de programa para realizar uno de los métodos descritos en el presente documento, cuando el programa informático se ejecuta en una computadora.

15 Una forma de realización adicional del método de la invención es, por lo tanto, un soporte de datos (o un medio de almacenamiento digital, o un medio legible por computadora) que comprende, registrado en el mismo, el programa informático para realizar uno de los métodos descritos en el presente documento. El soporte de datos, el medio de almacenamiento digital o el medio registrado son típicamente tangibles y/o no transitorios.

20 Una forma de realización adicional del método de la invención es, por lo tanto, un flujo de datos o una secuencia de señales que representan el programa informático para realizar uno de los métodos descritos en el presente documento. El flujo de datos o la secuencia de señales pueden configurarse, por ejemplo, para transferirse por medio de una conexión de comunicación de datos, por ejemplo, a través de internet.

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

Una forma de realización adicional comprende una computadora que tiene instalada en la misma el programa informático para realizar uno de los métodos descritos en el presente documento.

30 Una forma de realización adicional de acuerdo con la invención comprende un aparato o un sistema configurado para transferir (por ejemplo, electrónicamente u ópticamente) un programa informático para realizar uno de los métodos descritos en el presente documento a un receptor. El receptor puede ser, por ejemplo, una computadora, un dispositivo móvil, un dispositivo de memoria o similar. El aparato o sistema puede comprender, por ejemplo, un servidor de archivos para transferir el programa informático al receptor.

35 En algunas formas de realización, un dispositivo lógico programable (por ejemplo, un campo de matrices de puertas programables) puede usarse para realizar algunas o todas las funcionalidades de los métodos que se describen en el presente documento. En algunas formas de realización, un campo de matrices de puertas programables puede cooperar con un microprocesador para realizar uno de los métodos descritos en el presente documento. En general, los métodos se realizan preferentemente mediante cualquier aparato de hardware.

40 Las formas de realización descritas con anterioridad son simplemente ilustrativas para los principios de la presente invención. Se entenderá que las modificaciones y variaciones de las disposiciones y los detalles descritos en el presente documento resultarán obvias para otros expertos en la materia. Se pretende, por lo tanto, que únicamente estén limitadas por el alcance de las reivindicaciones de la patente y no por los detalles específicos presentados a modo de descripción y explicación de las formas de realización en este documento.

Signos de referencia:

- | | |
|-------|--|
| 1 | codificador de audio |
| 50 2 | dispositivo de alineación de tramas |
| 3 | cuantificador |
| 4 | dispositivo de control |
| 5 | dispositivo de cálculo de la tonalidad |
| 6 | dispositivo de cálculo del espectro de energía |
| 55 7 | dispositivo de cálculo de frecuencia de inicio |
| 8 | dispositivo de cálculo de transformada de coseno discreta modificada |
| 9 | dispositivo de cálculo de transformada de seno discreta modificada |
| 10 | dispositivo de cálculo de la señal de espectro |
| 11 | dispositivo de ajuste de amplitud |
| 60 12 | dispositivo de normalización |
| AS | señal de audio |
| ES | señal codificada |
| F | trama |

	SL ₁₋₃₂	línea espectral
	SPS	señal de espectro
	I	índice
	DZ	zona muerta
5	TI ₅₋₃₂	valor indicativo de tonalidad
	PS	espectro de energía
	PS ₅₋₃₂	valor de energía
	SF	frecuencia de inicio
	CT	transformada del coseno discreta modificada
10	ST	transformada del seno discreta modificada

Referencias:

- 15 [1] L. Daudet, "Sparse and Structured Decomposition of Signals with the Molecular Matching Pursuit," IEEE Trans. on Audio, Speech, and Lang. Processing, Vol. 14, N.º 5, septiembre de 2006.
- [2] F. Keiler, "Survey on Extraction of Sinusoids in Stationary Sounds," in Proc. DAFX, 2002.
- 20 [3] R.J. McAulay y T.F. Quatieri, "Speech Analysis/Synthesis based on a Sinusoidal Representation," IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Sig. Processing, Vol. 34, No. 4, agosto de 1986.
- [4] M. Neuendorf et al., "MPEG Unified Speech and Audio Coding - The ISO/MPEG Standard for High-Efficiency Audio Coding de All Content Types," in Proc. 132nd Convention of the AES, Budapest, Hungría, abril de 2012. También aparece en el diario de la AES, 2013.
- 25 [5] M. Oger et al., "Model-Based Deadzone Optimization for Stack-Run Audio Coding con Uniform Scalar Cuantification," in Proc. ICASSP 2008, Las Vegas, Estados Unidos, abril de 2008.
- [6] M. Schug, documento EP2122615, "Apparatus and method for coding an information signal", 2007.

REIVINDICACIONES

1. Codificador de audio para codificar una señal de audio (AS) para producir a partir de la misma una señal codificada (ES), comprendiendo el codificador de audio (1):

- 5 un dispositivo de alineación de tramas (2) configurado para extraer tramas (F) de la señal de audio (AS);
- un cuantificador (3) configurado para mapear líneas espectrales (SL₁₋₃₂) de una señal de espectro (SPS) derivada desde la trama (F) de la señal de audio (AS) a los índices de cuantificación (I₀, I₁), en el que el cuantificador (3) tiene una zona muerta (DZ), en la que se mapean las líneas espectrales (SL₁₋₃₂) hasta el índice
- 10 de cuantificación cero (I₀); y
- un dispositivo de control (4) configurado para modificar la zona muerta (DZ);

en el que el dispositivo de control (4) comprende un dispositivo de cálculo de la tonalidad (5) configurado para calcular al menos un valor indicativo de tonalidad (TI₅₋₃₂) para al menos una línea espectral (SL₁₋₃₂) o para al menos un grupo de líneas espectrales (SL₁₋₃₂), en el que el dispositivo de control (4) está configurado para modificar la zona muerta (DZ) para la al menos una línea espectral (SL₁₋₃₂) o el al menos un grupo de líneas espectrales (SL₁₋₃₂) dependiendo del respectivo valor indicativo de tonalidad (TI₅₋₃₂).

2. Codificador de audio de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que el dispositivo de control (4) está configurado para modificar la zona muerta (DZ) de tal manera que la zona muerta (DZ) en una de las líneas espectrales (SL₁₋₃₂) es más grande que la zona muerta (DZ) que está en una de las líneas espectrales (SL₁₋₃₂) que tiene una mayor tonalidad o de tal manera que la zona muerta (DZ) en uno de los grupos de líneas espectrales (SL₁₋₃₂) es más grande que la zona muerta (DZ) que está en uno de los grupos de líneas espectrales (SL₁₋₃₂) que tiene una mayor tonalidad.

3. Codificador de audio de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de control (4) comprende un dispositivo de cálculo del espectro de energía (6) configurado para calcular un espectro de energía (PS) de la trama (F) de la señal de audio (AS), en el que el espectro de energía (PS) comprende valores de energía (PS₅₋₃₂) para las líneas espectrales (SL₁₋₃₂) o grupos de líneas espectrales (SL₁₋₃₂), en el que el dispositivo de cálculo de la tonalidad (4) está configurado para calcular el al menos un valor indicativo de tonalidad (T₅₋₃₂) dependiendo del espectro de energía (PS).

4. Codificador de audio de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que el valor indicativo de la tonalidad (TI₅₋₃₂) para una de las líneas espectrales (SL₁₋₃₂) se basa en una comparación del valor de energía (PS₅₋₃₂) para la respectiva línea espectral (SL₁₋₃₂) y la suma de un número predefinido de sus valores circundantes de energía (P₅₋₃₂) del espectro de energía (PS), o en el que el valor indicativo de la tonalidad (TI₅₋₃₂) para uno de los grupos de las líneas espectrales (SL₁₋₃₂) se basa en una comparación del valor de energía (PS₅₋₃₂) para el respectivo grupo de líneas espectrales (SL₁₋₃₂) y la suma de un número predefinido de sus valores circundantes de energía (PS₅₋₃₂) del espectro de energía (PS).

5. Codificador de audio de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el valor indicativo de la tonalidad (TI₅₋₃₂) para una de las líneas espectrales (SL₁₋₃₂) se basa en el valor indicativo de la tonalidad (TI₅₋₃₂) de la línea espectral de una trama anterior (F) de la señal de audio (AS), o en el que el valor indicativo de la tonalidad (TI₅₋₃₂) para uno de los grupos de las líneas espectrales (SL₁₋₃₂) se basa en el valor indicativo de la tonalidad (TI₅₋₃₂) del grupo de líneas espectrales (SL₁₋₃₂) para una trama anterior (F) de la señal de audio (AS).

6. Codificador de audio de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 5, en el que el valor indicativo de la tonalidad (TI₅₋₃₂) se calcula por una fórmula

$$T_{k,i} = f\left(\frac{P_{k-7,i} + \dots + P_{k-1,i} + P_{k+1,i} + \dots + P_{k+7,i}}{P_{k,i}}, \frac{P_{k-7,i-1} + \dots + P_{k-1,i-1} + P_{k+1,i-1} + \dots + P_{k+7,i-1}}{P_{k,i-1}}\right),$$

en la que *i* es un índice que indica una trama específica (F) de la señal de audio (AS), *k* es un índice que indica una línea espectral específica, *T_{k,i}* es el valor indicativo de la tonalidad (TI₅₋₃₂) de la línea espectral *k*-ésima de la trama *i*-ésima (F), *P_{k,i}* es el valor de energía (PS₅₋₃₂) de la línea espectral *k*-ésima de la trama *i*-ésima (F), o en el que el valor indicativo de la tonalidad (TI₅₋₃₂) se calcula por una fórmula

$$T_{m,l} = f\left(\frac{P_{m-7,l} + \dots + P_{m-1,l} + P_{m+1,l} + \dots + P_{m+7,l}}{P_{m,l}}, \frac{P_{m-7,l-1} + \dots + P_{m-1,l-1} + P_{m+1,l-1} + \dots + P_{m+7,l-1}}{P_{m,l-1}}\right),$$

en la que i es un índice que indica una trama específica (F) de la señal de audio (AS), m es un índice que indica un grupo específico de líneas espectrales (SL₁₋₃₂), $P_{m,i}$ es el valor de energía del grupo m -ésimo de líneas espectrales (SL₁₋₃₂) de la trama i -ésima.

5 7. Codificador de audio de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el codificador de audio (1) comprende un dispositivo de cálculo de frecuencia de inicio (7) configurado para calcular una frecuencia de inicio (SF) para modificar la zona muerta (DZ), en el que la zona muerta (DZ) sólo está modificada para las líneas espectrales (SL) que representan una frecuencia mayor que o igual a la frecuencia de inicio (SF).

10 8. Codificador de audio de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que el dispositivo de cálculo de la frecuencia de inicio (7) está configurado para calcular la frecuencia de inicio (SF) basándose en una tasa de muestreo de la señal de audio (AS) y/o basándose en una tasa de bits máxima prevista para un flujo de bits producido a partir de la señal codificada (ES).

15 9. Codificador de audio de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 8, en el que el codificador de audio (1) comprende un dispositivo de cálculo de la transformada del coseno discreta modificada (8) configurado para calcular una transformada del coseno discreta modificada (CT) a partir de la trama (F) de la señal de audio (AS) y un dispositivo de cálculo de la transformada del seno discreta modificada (9) configurado para calcular una transformada del seno discreta modificada (ST) a partir de la trama (F) de la señal de audio (AS), en el que el dispositivo de cálculo del espectro de energía (6) está configurado para calcular el espectro de energía (PS) basándose en la transformada del coseno discreta modificada (CT) y en la transformada del seno discreta modificada (ST).

25 10. Codificador de audio de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 9, en el que el dispositivo de cálculo del espectro de energía (6) está configurado para calcular los valores de energía (PS₅₋₃₂) de acuerdo con una fórmula $P_{k,i} = (MDCT_{k,i})^2 + (MDST_{k,i})^2$, en la que i es un índice que indica una trama específica de la señal de audio, k es un índice que indica una línea espectral específica, $MDCT_{k,i}$ es el valor de la transformada del coseno discreta modificada (CT) en la línea espectral k -ésima de la trama i -ésima, $MDST_{k,i}$ es el valor de la transformada del seno discreta modificada (ST) en la línea espectral k -ésima de la trama i -ésima, y $P_{k,i}$ es el valor de energía (PS₅₋₃₂) de la línea espectral k -ésima de la trama i -ésima.

30 11. Codificador de audio de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el codificador de audio (1) comprende un dispositivo de cálculo de una señal de espectro (10) configurado para producir la señal del espectro (SPS), en el que el dispositivo de cálculo de la señal del espectro (10) comprende un dispositivo de ajuste de amplitud (11) configurado para establecer amplitudes de las líneas espectrales (SL₁₋₃₂) de la señal del espectro (SPS) de tal manera que se compensa una pérdida de energía debido a la modificación de la zona muerta (DZ).

35 12. Codificador de audio de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que el dispositivo de ajuste de amplitud (11) está configurado para establecer las amplitudes de la señal del espectro (SPS) dependiendo de una modificación de la zona muerta (DZ) en la respectiva línea espectral.

40 13. Codificador de audio de acuerdo con la reivindicación 11 o 12, en el que el dispositivo de cálculo de la señal del espectro (10) comprende un dispositivo de normalización (12).

45 14. Codificador de audio de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 13, en el que la transformada del coseno discreta modificada (CT) a partir de la trama (F) de la señal de audio (AS) calculada por el dispositivo de cálculo de la transformada del coseno discreta modificada (8) se alimenta al dispositivo de cálculo de la señal del espectro (10).

50 15. Un sistema que comprende un codificador (1) y un decodificador, en el que el codificador (1) está diseñado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 14.

55 16. Método para codificar una señal de audio (AS) para producir a partir de la misma una señal codificada (ES), comprendiendo el método las etapas:

extraer tramas (F) de la señal de audio (AS);
 mapear las líneas espectrales (SL₁₋₃₂) de una señal de espectro (SPS) derivada desde la trama (F) de la señal de audio (AS) a los índices de cuantificación (l_0, l_1), en el que se usa una zona muerta (DZ), en la que las líneas espectrales de entrada (SL₁₋₃₂) se mapean hasta el índice de cuantificación cero (l_0); y
 60 modificar la zona muerta (DZ);

en el que se calcula al menos un valor indicativo de tonalidad (TI₅₋₃₂) para al menos una línea espectral o para al menos un grupo de líneas espectrales (SL₁₋₃₂),

en el que se modifica la zona muerta (DZ) para la al menos una línea espectral o el al menos un grupo de líneas espectrales (SL₁₋₃₂) dependiendo del respectivo valor indicativo de tonalidad (TI₅₋₃₂).

- 5 17. Producto de programa informático para realizar, cuando se ejecuta en una computadora o un procesador, el método de la reivindicación 16.

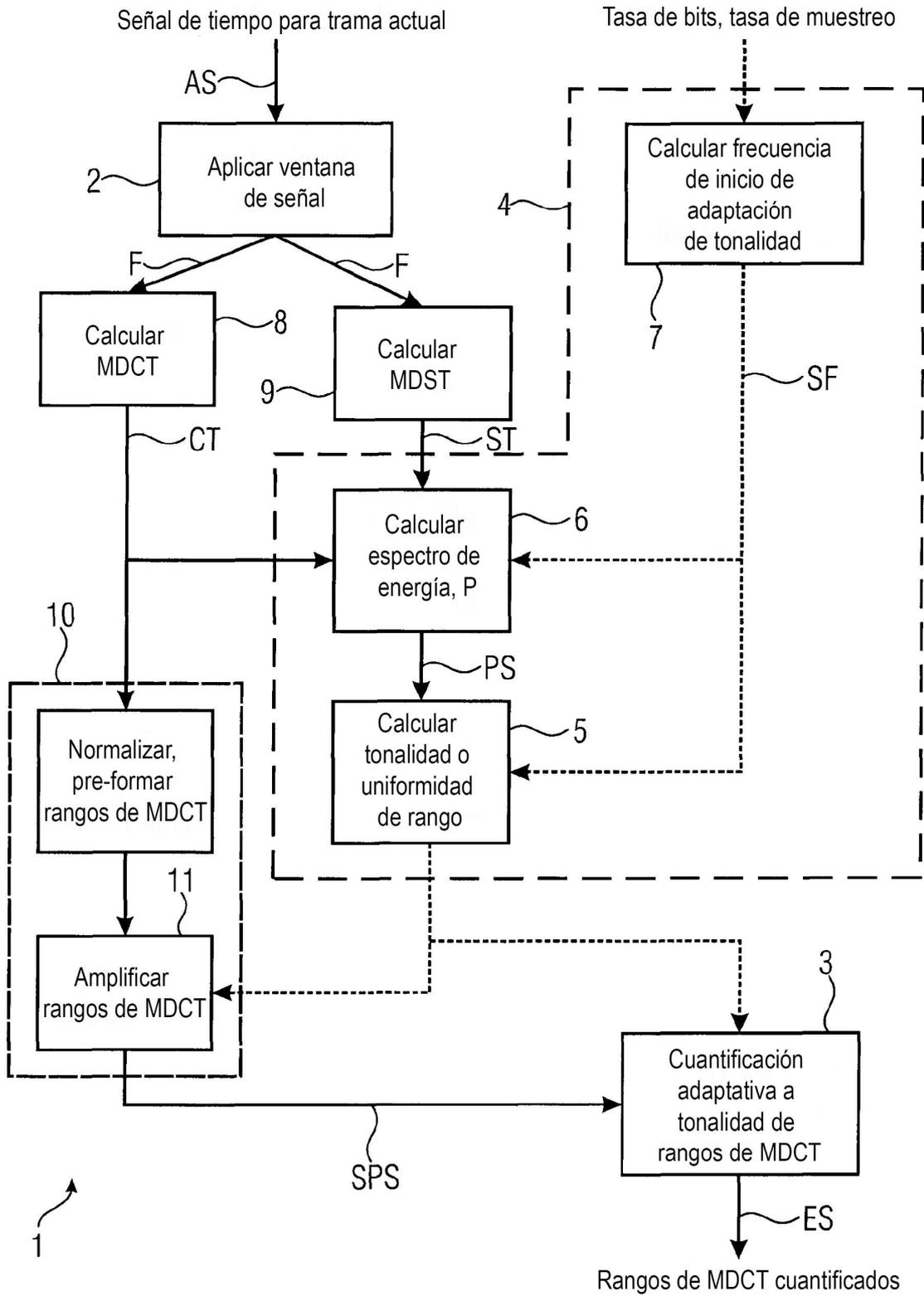


FIGURA 1

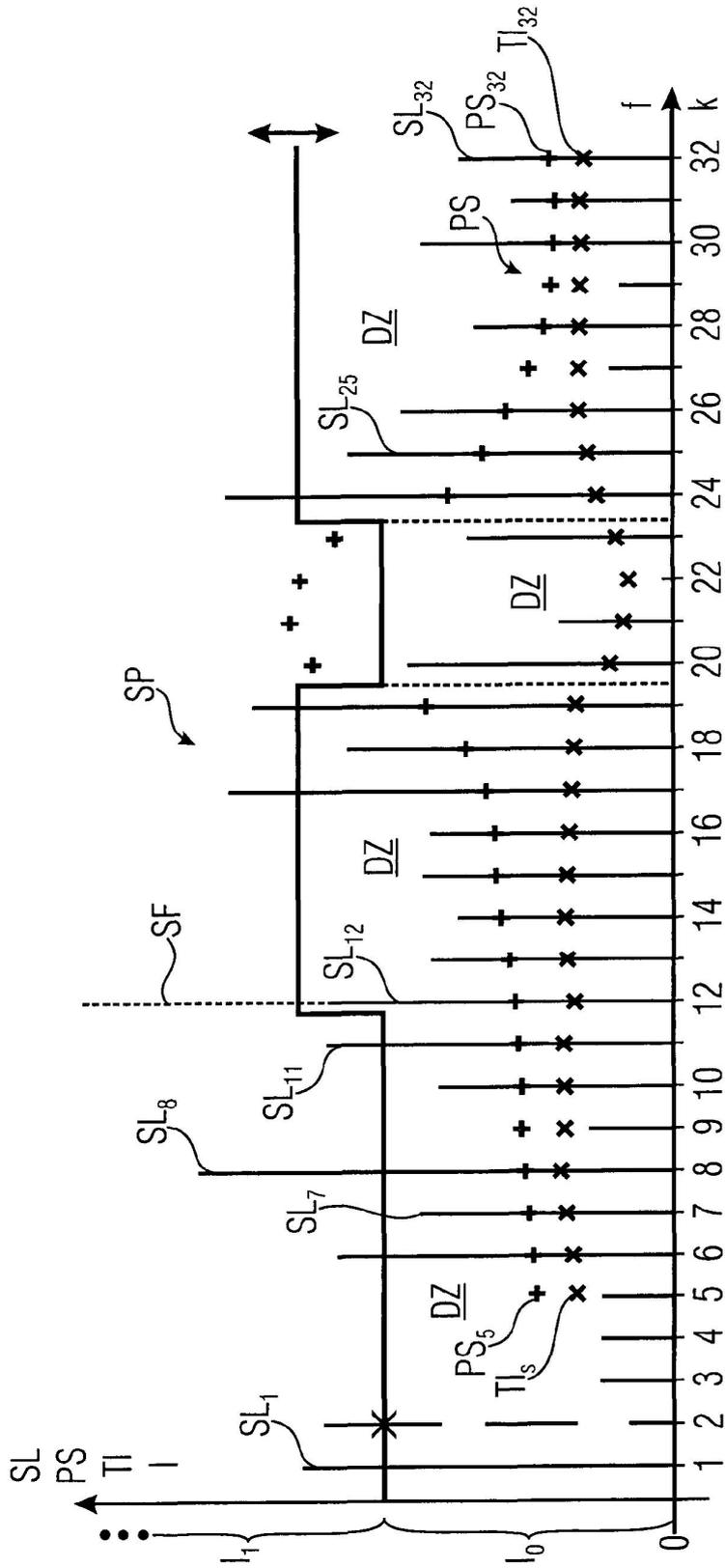


FIGURA 2