

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 386**

51 Int. Cl.:

G10L 21/038 (2013.01)

G10L 19/00 (2013.01)

G10L 19/24 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2009 E 15167199 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.03.2018 EP 2945159**

54 Título: **Codificador de audio y decodificador de extensión de ancho de banda**

30 Prioridad:

15.12.2008 US 122552 P

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

29.06.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**NAGEL, FREDERIK;
FUCHS, GUILLAUME;
DISCH, SASCHA;
HERRE, JÜRGEN y
GRIEBEL, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 674 386 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

Codificador de audio y decodificador de extensión de ancho de banda

5

[0001] Las realizaciones según la invención se refieren al procesamiento de señales de audio y, en particular, a un codificador de audio, un procedimiento para proporcionar una señal de salida, un decodificador de extensión de ancho de banda y un procedimiento para proporcionar una señal de audio extendida en ancho de banda.

10 **[0002]** La codificación adaptada a la audición de señales de audio para reducción de datos para un almacenamiento y transmisión eficiente de estas señales ha ganado aceptación en muchos campos. Algoritmos de codificación son conocidos, por ejemplo, tales como MPEG ½ CAPA 3, "MP3" o MPEG 4 AAC. El algoritmo de codificación usado para esto, en particular cuando se obtienen proporciones de bits más bajas, conduce a la reducción de la calidad de audio que es frecuentemente provocada principalmente por una limitación lateral del codificador del ancho de banda de la señal de audio que se va a transmitir. Una señal filtrada en paso de bajos es codificada utilizando un llamado codificador de núcleo o codificador central y la región con frecuencias más altas es parametrizada, de tal manera que pueden ser reconstruidas aproximadamente a partir de la señal filtrada en paso de bajos.

20 **[0003]** Se conoce a partir del documento WO 98 57436 el hecho de someter la señal de audio a una limitación de banda en tal situación en el lado del codificador y codificar solamente una banda más baja de la señal de audio por medio de un codificador de audio de alta calidad. La banda superior, sin embargo, se caracteriza únicamente de forma muy brusca, es decir, por un conjunto de parámetros que permiten la reproducción de la envolvente espectral original de la banda superior. En el lado del decodificador, la banda superior se sintetiza a continuación. Para este propósito, se propone una transposición armónica, en la que la banda inferior de la señal de audio decodificada es suministrada a un banco de filtros. Canales de banco de filtros de la banda inferior están conectados a canales de banco de filtros de la banda superior, o son "parcheados" (interconectados), y cada señal de paso de banda parcheada es sometida a un ajuste de envolvente. El banco de filtros de síntesis que pertenece a un banco de filtros de análisis especial recibe aquí señales de paso de banda de la señal de audio en la banda inferior y señales de paso de banda ajustadas a la envolvente de la banda inferior que fueron parcheadas armónicamente a la banda superior. La señal de salida del banco de filtros de síntesis es una señal de audio extendida con respecto a su ancho de banda de audio que fue transmitida del lado del codificador al lado del decodificador con una proporción de datos muy baja. En particular, los cálculos de banco de filtros y parcheo en el dominio de banco de filtros se puede convertir en un esfuerzo computacional alto.

35 **[0004]** Procedimientos de complejidad reducida para una extensión de ancho de banda de señales de audio de banda limitada en lugar de esto utilizan una función de copia de ofrecerles la señal de baja frecuencia (LS) al intervalo de alta frecuencia (HF), con el fin de aproximar información perdida debido a la limitación de banda. Tales procedimientos son descritos en M. Dietz, L. Liljeryd, K. Kjörling y O. Kunz, "Spectral Band Replication, a novel approach in audio coding," en la 112a Convención AES, Munich, Mayo de 2002; S. Meltzer, R. Böhm y F. Henn, "SBR enhanced audio codecs for digital broadcasting such as "Digital Radio Mondiale" (DRM)," 112a Convención AES, Munich, Mayo de 2002; T. Ziegler, A. Ehret, P. Ekstrand y M. Lutzky, "Enhancing mp3 with SBR: Features and Capabilities of the new mp3PRO Algorithm," en 112a Convención AES, Munich, Mayo de 2002; International Standard ISO/IEC 14496-3:2001/FPDAM I, "Bandwidth Extension," ISO/IEC, 2002, o "Speech bandwidth extension method and apparatus", Vasu lyengar et al. Patente estadounidense No. 5,455,888.

45

[0005] En estos procedimientos, no se efectúa ninguna transposición armónica, pero los canales del banco de filtros de fase de banda adyacentes de la banda inferior son introducidos artificialmente a canales del banco de filtros adyacentes de la banda superior. Esto conduce a una aproximación burda de la banda superior de la señal de audio. Esta aproximación burda de la señal es reclinada a continuación, en una etapa adicional, al definir parámetros de control adicionales deducidos de la señal original. Como un ejemplo, el estándar de MPEG-4 utiliza factores de escala para ajustar la envolvente espectral, una combinación de filtración inversa y adición de un piso de ruido para adaptar la tonalidad e inserciones de porciones de señal sinusoidales para complementación de componentes tonales.

55 **[0006]** Aparte de esto, existen procedimientos adicionales tales como la llamada "extensión de ancho de banda ciega", descrita en E. Larsen, R.M. Aarts y M. Danessis, "Efficient high-frequency bandwidth extension of music and speech", en 112a Convención AES, Munich, Alemania, Mayo de 2002 en la que no se usa ninguna información del intervalo de HF original. Además, también existe el procedimiento de la llamada "extensión de ancho de banda artificial" que es descrito en K. Käyhkö, A Robust Wideband Enhancement for Narrowband Speech Signal; Research Report, Helsinki University of Technology, Laboratory of Acoustics and Audio signal Processing, 2001.

60

[0007] En J. Makinen et al.: AMR-WB+: a new audio coding standard for 3rd generation mobile audio services Broadcasts, IEEE, ICASSP '05 se describe un procedimiento para extensión de ancho de banda, en el que la operación de copia de componentes de baja frecuencia a la banda alta es efectuada por una operación de reflejo o espejo obtenida, por ejemplo, mediante toma de muestras ascendentes de la señal filtrada en paso de bajos.

65

[0008] Como una alternativa, se puede emplear una modulación de banda lateral individual que es básicamente

equivalente a una operación de copia en el dominio de banco de filtros. Procedimientos que habilitan una extensión de ancho de banda armónica emplean usualmente una etapa de determinación del paso (rastreo de paso), una etapa de distorsión no lineal (véase, por ejemplo, "U. Kornagel, Spectral widening of the excitation signal for telephone-band speech enhancement, en: Proceedings of the IWAENC, Darmstadt, Alemania, Septiembre de 2001, pp. 215 – 218") o hacen uso de vocodificadores de fase tales como por ejemplo como se muestran por la solicitud de patente estadounidense provisional "F.Nagel, S. Disch: "Apparatus and method of harmonic bandwidth extension in audio signals"" con el número de solicitud US 61/025129.

[0009] El documento WO 02/41302 A1, por ejemplo, muestra un procedimiento para mejorar el desempeño de sistemas de codificación que usan procedimientos de reconstrucción de alta frecuencia. Muestra cómo mejorar el desempeño global de tales sistemas por medio de una adaptación sobre el tiempo de la frecuencia de cruce entre la banda baja codificada por un codificador central y la banda alta codificada por un sistema de reconstrucción de alta frecuencia. Para este procedimiento, el codificador de núcleo o codificador central debe ser capaz de trabajar con diferentes frecuencias de cruce en el lado del codificador, así como en el lado del decodificador. Por consiguiente, se incrementa la complejidad del codificador del núcleo o codificador central.

[0010] Tecnologías adicionales para extensiones de ancho de banda se describen, por ejemplo, en "R. M. Aarts, E. Larsen y O. Ouweltjes, A unified approach to low- and high-frequency bandwidth extension. En 115a Convention AES, Nueva York, EUA, Octubre de 2003", E. Larsen y R. M. Aarts: Audio Bandwidth Extension - Application to psychoacoustics, Signal Processing and Loudspeaker Design. John Wiley e hijos, Ltd, 2004", E. Larsen, R. M. Aarts y M. Danessis: Efficient high-frequency bandwidth extension of music and speech. En 112a Convención AES 112th, Munich, Alemania, Mayo de 2002", "J. Makhoul: Spectral Analysis of Speech by Linear Prediction. IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics, AU-21(3), Junio de 1973", "Solicitud de patente estadounidense 08/951,029, Ohmori et al.: Audio band width extending system and method" and "patente estadounidense 6895375, Malah, D y Cox, R. VS.: System for bandwidth extension of Narrow-band speech".

[0011] Los procedimientos de extensión de ancho de banda armónicos frecuentemente exhiben una alta complejidad, mientras que los procedimientos de extensión de ancho de banda de complejidad reducida muestran pérdidas de calidad. En el caso particular en donde una baja proporción de bits es combinada con un ancho de banda pequeño de la banda baja, se pueden presentar artefactos tales como rugosidad o aspereza y un timbre percibido como desagradable. Una razón para esto es el hecho de que la porción de HF aproximada está basada en una operación de copia que no mantiene ni las relaciones armónicas entre las porciones de señal tonales. Esto se aplica tanto a la relación armónica entre LF y HF y también a la relación armónica entre interconexiones subsecuentes dentro de la porción de HF misma. Por ejemplo, dentro de SBR, la yuxtaposición de los componentes codificados y los componentes replicados, que se presenta en la frontera entre las bandas baja y alta puede provocar impresiones de sonido áspero o rugoso. La razón es ilustrada en la figura 18 en donde porciones tonales copiadas del intervalo LF al intervalo de HF son espectralmente adyacentes densamente a porciones tonales del intervalo de LF.

[0012] La figura 18a muestra el espectrograma original 1800a de una señal constituido por tres tonos. De conformidad, la figura 18b muestra un diagrama 1800b de la señal extendida del ancho de banda correspondiente a la señal original de la figura 18a. La abscisa indica el tiempo y la ordenada indica la frecuencia. En particular, en el último tono, se pueden observar problemas potenciales 1810 (líneas discontinuas 1810).

[0013] Si las relaciones armónicas son consideradas mediante procedimientos conocidos, esto siempre se hace en base a una estimación de F_0 , según se muestra, entre otros, en US2004/028244A1. En estos casos, el éxito de estos procedimientos depende principalmente de la fiabilidad de esta estimación.

[0014] En general, los procedimientos de extensión de ancho de banda conocidos proporcionan señales de audio a una baja proporción de bits, pero con calidad de audio deficiente o una calidad de audio buena a altas proporciones de bits.

[0015] Es un objeto de la presente invención proporcionar un esquema de codificación mejorado para señales de audio.

[0016] Este objeto es obtenido por un codificador de audio según la reivindicación 1, un decodificador de extensión de ancho de banda según la reivindicación 5 o un procedimiento según las reivindicaciones 10 u 11.

[0017] Algunas realizaciones según la invención se refieren a un comparador mediante el uso de una correlación cruzada para la comparación de la señal de audio de entrada y la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada para calcular el parámetro de comparación.

[0018] Algunas realizaciones adicionales según la invención se refieren a un generador de parche, que genera la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda en el dominio de tiempo basada en una única modulación de banda lateral.

[0019] Es una ventaja de realizaciones preferidas de la invención que un esquema de codificación mejorado

para señales de audio que permite incrementar la calidad de audio y/o disminuir la proporción de bits para transmisión o almacenamiento es proporcionado.

[0020] Realizaciones según la invención serán detalladas subsecuentemente en referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 es un diagrama de bloques de un codificador de audio;

La figura 2 es una ilustración esquemática de una generación de señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda, una comparación de la señal de audio de entrada y una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada y una adaptación de energía de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda;

La figura 3 es una ilustración esquemática de una generación de señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda, una comparación de la señal de audio de entrada y una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda y una adaptación de potencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda;

La figura 4 es un diagrama de bloques de un codificador de extensión de ancho de banda;

La figura 5 es un diagrama de bloques de un decodificador de extensión de ancho de banda;

La figura 6 es un diagrama de bloques de un decodificador de extensión de ancho de banda;

La figura 7 es un diagrama de flujo de un procedimiento para proporcionar una señal de salida en base a una señal de audio de entrada;

La figura 8 es un diagrama de flujo de un procedimiento para proporcionar una señal de audio extendida en ancho de banda;

La figura 9 es un diagrama de flujo de un procedimiento para proporcionar una señal de salida en base a una señal de audio de entrada;

La figura 10 es un diagrama de flujo de un procedimiento para calcular un parámetro de comparación;

La figura 11 es una ilustración esquemática de una interpolación de la frecuencia de desplazamiento;

La figura 12 es un diagrama de bloques de un decodificador de extensión de ancho de banda;

La figura 13 es un diagrama de flujo de un procedimiento para proporcionar una señal de audio extendida de ancho de banda;

La figura 14 es un diagrama de bloques de un procedimiento para proporcionar una señal de audio extendida en ancho de banda;

La figura 15 es un diagrama de bloques de un codificador de extensión de ancho de banda;

La figura 16a es un espectrograma de tres tonos mediante el uso de una frecuencia de cruce variable;

La figura 16b es un espectrograma de la señal de audio original de tres tonos;

La figura 17 es un diagrama del espectro de potencia de una señal de audio original, una señal de audio extendida en ancho de banda mediante el uso de la frecuencia de cruce constante y una señal de audio extendida en ancho de banda mediante el uso de una frecuencia de cruce variable;

La figura 18a es un espectrograma de tres tonos mediante el uso de un procedimiento de extensión de ancho de banda conocido; y

La figura 18b es un espectrograma de la señal de audio original de tres tonos.

[0021] En lo sucesivo, los mismos números de referencia se utilizan parcialmente para objetos y unidades funcionales que tienen las mismas propiedades funcionales o propiedades funcionales similares y la descripción de las mismas con respecto a una figura también se aplicará a otras figuras con el fin de reducir redundancia en la descripción de las realizaciones.

[0022] La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un codificador de audio 100 para proporcionar una señal de salida 132 según una realización de la invención, mediante el uso de una señal de audio de entrada 102. La señal de salida es apropiada para una extensión de ancho de banda en un decodificador. Por consiguiente, el codificador de audio se denomina también codificador de extensión de ancho de banda. El codificador de extensión de ancho de banda 100 comprende un generador de parche 110, un comparador 120 y una interfaz de salida 130. El generador de parche 110 está conectado al comparador 120 y el comparador 120 está conectado a la interfaz de salida 130.

[0023] El generador de parche 110 genera al menos una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112. Una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 comprende una banda de alta frecuencia, en la que la banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 está basada en una banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada 102. Si se generan diferentes señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112, las diferentes señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 comprenden diferentes frecuencias dentro de sus bandas de alta frecuencia.

[0024] El comparador 120 calcula una pluralidad de parámetros de comparación. Un parámetro de comparación es calculado en base a una comparación de la señal de audio de entrada 102 y una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada 112. Cada parámetro de comparación de la pluralidad de parámetros de comparación es calculado en base a una frecuencia de desplazamiento diferente entre la señal de audio de entrada 102 y una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada 112. Además, el comparador 120 determina un parámetro de comparación de la pluralidad de parámetros de comparación, en el que el parámetro de comparación determinado satisface un criterio predefinido.

[0025] La interfaz de salida 130 proporciona la señal de salida 132 para transmisión o almacenamiento. La señal de salida 132 comprende una indicación de parámetro basada en una frecuencia de desplazamiento correspondiente al parámetro de comparación determinado.

5 **[0026]** Al calcular una pluralidad de parámetros de comparación para diferentes frecuencias de desplazamiento, se puede encontrar una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 que se ajusta bien a la señal de audio de entrada original 102. Esto se puede hacer al generar una pluralidad de señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 cada una con una frecuencia de desplazamiento diferente o al generar una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda y desplazar la banda de alta frecuencia de la señal de
10 alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 por diferentes frecuencias de desplazamiento. También, una combinación de generación de una pluralidad de señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 con diferentes frecuencias de desplazamiento y desplazamiento de la banda de alta frecuencia de ellas por otras frecuencias de desplazamiento diferentes puede ser posible. Por ejemplo, se generan cinco señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda diferentes 112 y cada una de ellas es desplazada cinco veces por un desplazamiento
15 de frecuencia constante.

[0027] La figura 2 muestra una ilustración esquemática 200 de la generación de señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda, la comparación de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda y la señal de audio de entrada y una adaptación de potencia opcional de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho
20 de banda para el caso en que solamente se genera una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda y desplazada por diferentes frecuencias de desplazamiento.

[0028] El primer diagrama esquemático de "energía contra frecuencia" 210 muestra esquemáticamente una señal de audio de entrada 102. En base a esta señal de audio de entrada 102, el generador de parche 110 puede
25 generar la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112, por ejemplo, al desplazar 222 una banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada 102 a frecuencias más altas (como se indica por el número de referencia). Por ejemplo, la banda de baja frecuencia es desplazada por una frecuencia igual a una frecuencia de cruce de un codificador de núcleo, no ilustrado en la figura 1, que puede ser una parte del codificador de extensión de ancho de banda 100 u otra frecuencia predefinida.
30

[0029] La señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada 112 puede ser desplazada a continuación por diferentes frecuencias de desplazamiento 232 y para cada frecuencia de desplazamiento 232 (como se indica por el número de referencia 230), se puede calcular un parámetro de comparación por el comparador 120. La frecuencia de desplazamiento 232 puede ser, por ejemplo, definida en relación con una frecuencia de cruce de un
35 codificador de núcleo, en relación con otra frecuencia específica o puede ser definida como un valor de frecuencia absoluto.

[0030] A continuación, el comparador 120 determina un parámetro de comparación que satisface el criterio predefinido. De esta manera, una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 con una frecuencia de desplazamiento 242 correspondiente al parámetro de comparación determinado puede ser determinada (como se muestra con el número de referencia 240).
40

[0031] Adicionalmente, también un parámetro de densidad de energía 252 puede ser determinado (como se indica por el número de referencia 250). El parámetro de densidad de energía 252 puede indicar la proporción de la
45 banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda con la frecuencia de desplazamiento correspondiente al parámetro de comparación determinado y una banda de frecuencia correspondiente de la señal de audio de entrada. Por ejemplo, la proporción se puede relacionar con una proporción de densidad de energía, una proporción de energía u otra proporción de una cantidad relacionada con la densidad de energía de una banda de frecuencia.
50

[0032] Alternativamente, la figura 3 muestra una ilustración esquemática 300 de la generación de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda, la comparación de las señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generadas y la señal de audio de entrada y la adaptación de energía opcional de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda para el caso en que una pluralidad de señales de alta frecuencia de
55 extensión de ancho de banda con diferentes frecuencias de desplazamiento son generadas.

[0033] A diferencia de la secuencia mostrada en la figura 2, el generador de parche 110 genera una pluralidad de señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 con frecuencias de desplazamiento diferentes 232 (como se indica por el número de referencia 320). Esto se puede hacer de nuevo por un desplazamiento de frecuencia
60 222 de una banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada 102 a frecuencias más altas. La banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada 102 puede ser desplazada por una frecuencia constante más la frecuencia de desplazamiento individual 232 de cada señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112. La frecuencia constante puede ser igual a la frecuencia de cruce del codificador del núcleo u otra frecuencia específica.

65 **[0034]** Un parámetro de comparación para cada señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada 112 puede ser calculado a continuación y el parámetro de comparación que satisface el criterio predefinido

puede ser determinado 240 por el comparador 120.

[0035] El parámetro de densidad de energía puede ser determinado 250 como se describe anteriormente.

5 **[0036]** Los conceptos mostrados en las figuras 2 y 3 pueden ser combinados también.

[0037] La comparación de la señal de audio de entrada 102 y la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada 112 se puede hacer por una correlación cruzada de ambas señales. En este caso, un parámetro de comparación puede ser, por ejemplo, el resultado de una correlación cruzada para una frecuencia de desplazamiento específica entre la señal de audio de entrada 102 y una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada 112.

10 **[0038]** La indicación de parámetro de la señal de salida 132 puede ser la frecuencia de desplazamiento en sí misma, una frecuencia de desplazamiento cuantificada u otra cantidad basada en la frecuencia de desplazamiento.

15 **[0039]** Mediante la transmisión o el almacenamiento solamente de la indicación del parámetro en lugar de la banda de alta frecuencia de la señal de audio de entrada 102, la proporción de bits para transmisión o almacenamiento puede ser reducida. Al escoger el parámetro en base a la frecuencia de desplazamiento correspondiente a un parámetro de comparación que satisface un criterio predefinido, esto puede producir una mejor calidad de audio que la decodificación solamente de la señal de audio limitada en banda o de banda limitada.

[0040] Un criterio predefinido puede ser para determinar un parámetro de comparación de la pluralidad de parámetros de comparación que indican, por ejemplo, una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 con una frecuencia de desplazamiento correspondientes que coincide con la señal de audio de entrada 102 mejor que el 70 % de las señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 con otras frecuencias de desplazamiento, indicando una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 con una frecuencia de desplazamiento correspondiente que es una de las tres mejores coincidencias con la señal de audio de entrada 102 o que indica una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda que coincide mejor 112 con una frecuencia de desplazamiento correspondiente. Esto se relaciona con el caso en donde una pluralidad de señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 con diferentes frecuencias de desplazamiento son generadas, también como el caso en donde solamente una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 es generada y desplazada por diferentes frecuencias de desplazamiento o una combinación de estos dos casos.

25 **[0041]** Un parámetro de comparación puede ser el resultado de una correlación cruzada u otra cantidad que indica cómo de bien coincide una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 con una frecuencia de desplazamiento específica coincide con la señal de audio de entrada 102.

[0042] El codificador de extensión de ancho de banda 100 puede comprender un codificador de núcleo para codificar una banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada 102. Este codificador de núcleo puede comprender una frecuencia de cruce que puede corresponder a la frecuencia de corte superior de la banda de baja frecuencia codificada de la señal de audio de entrada 102. La frecuencia de cruce del codificador del núcleo puede ser constante o variable con el tiempo. La implementación de una frecuencia de cruce variable puede incrementar la complejidad del codificador de núcleo, pero puede también incrementar la flexibilidad para codificación.

40 **[0043]** El procedimiento mostrado en la figura 2 y/o figura 3 puede ser repetido para bandas de frecuencia más altas o interconexiones. Por ejemplo, la banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada 102 comprende una frecuencia de corte superior de 4 kHz. Por consiguiente, si la banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada 102 es desplazada por la frecuencia de corte superior de la banda de baja frecuencia para generar la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112, la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 comprende una banda de alta frecuencia con una frecuencia de corte inferior de 4 KHz y una frecuencia de corte superior de 8 kHz. El proceso puede ser repetido al desplazar una banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada 102 por dos veces la frecuencia de corte superior de la banda de baja frecuencia. Así, la nueva señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada 112 comprende una banda de alta frecuencia con una frecuencia de corte inferior de 8 KHz y una frecuencia de corte superior de 12 kHz. Esto puede ser repetido hasta que se alcanza una frecuencia más alta deseada.

[0044] Alternativamente, esto puede ser realizado también al generar una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda con una pluralidad de bandas de alta frecuencia diferentes.

50 **[0045]** Como se ilustra en este ejemplo, el ancho de banda de la banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada y el ancho de banda de una banda de alta frecuencia de una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda pueden ser los mismos. Alternativamente, la banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada puede ser esparcida y desplazada para generar la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda.

65 **[0046]** La determinación de una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 con una frecuencia de desplazamiento 232 correspondiente al parámetro de comparación determinado puede dejar un espacio

o separación entre la banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada 102 y la banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 dependiendo de la frecuencia de desplazamiento 242. Este espacio o separación puede ser completado al generar porciones de frecuencia que se ajustan en este espacio que contienen por ejemplo ruido limitado en banda o de banda limitada. Alternativamente, el espacio se puede dejar vacío, puesto que la calidad de audio puede no verse afectada drásticamente.

[0047] La figura 4 muestra un diagrama de bloques de un codificador de extensión de ancho de banda 400 para proporcionar una señal de salida 132 mediante el uso de una señal de audio de entrada 102 según una realización preferida de la invención. El codificador de extensión de ancho de banda 400 comprende un generador de parche 110, un comparador 120, una interfaz de salida 130, un codificador de núcleo 410, un filtro de paso de banda 420 y una unidad de extracción de parámetros 430. El codificador del núcleo 410 está conectado a la interfaz de salida 130 y el generador de parche 110, el generador de parche 110 está conectado al comparador 120, el comparador 120 está conectado a la unidad de extracción de parámetros 430, la unidad de extracción de parámetros 430 está conectada a la interfaz de salida 130 y el filtro de paso de banda 420 está conectado al comparador 120.

[0048] El generador de parche 110 puede ser realizado como un modulador para generar la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 en base a la señal de audio de entrada 102. El comparador 120 puede efectuar la comparación de la señal de audio de entrada 102 filtrada por el filtro de paso de banda 420 y la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada 112 por una correlación cruzada de ellas. La determinación del parámetro de comparación que satisface el criterio predefinido puede también ser llamada estimación de retraso.

[0049] La interfaz de salida 130 puede incluir también una funcionalidad de un formateador de corriente de bits y puede comprender un combinador para combinar una señal de baja frecuencia proporcionada por el codificador del núcleo 410 y una señal de parámetro 432 que comprende la indicación de parámetro basada en la frecuencia de desplazamiento proporcionada por la unidad de extracción de parámetros 430. Además, la interfaz de salida 130 puede comprender un codificador de entropía o un codificador diferencial para reducir la proporción de bits de la señal de salida 132. El combinador y el codificador de entropía o codificador diferencial puede ser parte de la interfaz de salida 130 como se muestra en este ejemplo o pueden ser unidades independientes.

[0050] La señal de audio 102 puede ser dividida en una parte de baja frecuencia y una parte de alta frecuencia. Esto puede ser realizado por un filtro de paso de bajos del codificador del núcleo 410 y el filtro de paso de banda 420. El filtro de paso de bajos puede ser parte del codificador del núcleo 410 o un filtro de paso de bajos independiente conectado al codificador del núcleo 410.

[0051] La parte de baja frecuencia es procesada por un codificador de núcleo 410 que puede ser un codificador de audio, por ejemplo, de conformidad con el estándar MPEG1/2 Capa 3 "MP3" o MPEG 4 AAC o un codificador de voz.

[0052] La parte de baja frecuencia puede ser desplazada por un valor fijo, por ejemplo, por medio de una modulación de banda lateral o una transformación de Fourier rápida (FFT) en el dominio de frecuencia, de tal manera que está ubicada por encima de la región de baja frecuencia original en el área objetivo de la interconexión o parte correspondiente. Opcionalmente, la parte de baja frecuencia puede ser obtenida directamente de la señal de entrada 102. Esto puede ser realizado por un filtro de paso de bajos independiente conectado al generador de parche 110.

[0053] A intervalos de tiempo regulares, la correlación cruzada entre espectros de amplitud de secciones de señal transformadas en ventana entre la parte de alta frecuencia original (de la señal de audio de entrada) y la parte de alta frecuencia obtenida (la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda) puede ser calculada. De esta manera, el retraso (la frecuencia de desplazamiento) para correlación máxima puede ser determinado. Este retraso puede tener el significado de un factor de corrección en términos de la modulación de banda lateral individual original, es decir, la única modulación de banda lateral puede ser corregida adicionalmente por el retraso para maximizar la correlación de cruce. En otras palabras, la frecuencia de desplazamiento, que es también llamada retraso, correspondiente al parámetro de comparación que satisface el criterio predefinido puede ser determinada, en la que el parámetro de comparación corresponde a la correlación de cruce y el criterio predefinido puede ser encontrar la correlación máxima.

[0054] Además, se pueden determinar las proporciones de los valores absolutos de los espectros de amplitud. Mediante esto, puede ser derivado por cuyo factor la señal de alta frecuencia obtenida debe ser atenuada o amplificada. En otras palabras, se puede determinar un parámetro de densidad de energía que indica la proporción de energía, las densidades de energía, los valores absolutos de los espectros de amplitud u otro valor relacionado con la proporción de densidad de energía entre la banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 y una banda de frecuencia correspondiente de la señal de audio de entrada original 102. Esto puede ser realizado por un comparador de densidad de energía que puede ser parte de la unidad de extracción de parámetros 430 como en el ejemplo mostrado o una unidad independiente. Para determinar el parámetro de densidad de energía, por ejemplo, la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 que fue generada al desplazar la banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada 102 por una frecuencia constante o la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 correspondiente al parámetro de comparación determinado u otra

señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada 112 puede ser usada. Una banda de frecuencia correspondiente en este caso significa, por ejemplo, una banda de frecuencia con el mismo intervalo de frecuencia. Por ejemplo, si la banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda comprende frecuencias de 4 kHz a 8 kHz, entonces la banda de frecuencia correspondiente de la señal de audio de entrada
5 comprende también el intervalo de 4 kHz a 8 kHz.

[0055] Los factores de corrección obtenidos (frecuencia de desplazamiento, parámetro de densidad de energía) correspondientes al retraso y correspondientes al valor absoluto de la amplitud pueden ser interpolados en el tiempo. En otras palabras, un parámetro determinado para una sección de señal en ventana (para un marco de tiempo) puede
10 ser interpolado por cada paso de tiempo de la sección de señal.

[0056] Esta señal (señal de parámetro) de modulación (control) o una representación parametrizada de la misma puede ser almacenada o transmitida a un decodificador. En otras palabras, la señal de parámetro 432 puede ser combinada con la banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada 102 procesada por el codificador del
15 núcleo 410 para obtener la señal de salida 132 que puede ser almacenada o transmitida a un decodificador.

[0057] Adicionalmente, parámetros adicionales para adaptar, por ejemplo, un nivel de ruido y/o la tonalidad pueden ser determinados. Esto se puede hacer por la unidad de extracción de parámetros 430. Los parámetros adicionales pueden ser agregados a la señal de parámetro 432.
20

[0058] El ejemplo mostrado en la figura 4 ilustra un cálculo del lado codificador de una modulación variable en el tiempo. La modulación variable en el tiempo en este caso se relaciona con las señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 con diferentes frecuencias de desplazamiento. La frecuencia de desplazamiento correspondiente al parámetro de comparación determinado que satisface el criterio predefinido puede variar con el
25 tiempo.

[0059] La figura 5 muestra un diagrama de bloques de un decodificador de extensión de ancho de banda 500 para probar una señal de audio extendida en ancho de banda 532 basada en una señal de audio de entrada 502 y una señal de parámetro 504 según una realización de la invención. La señal de parámetro 504 comprende una
30 indicación de una frecuencia de desplazamiento y una indicación de un parámetro de densidad de energía. El decodificador de extensión de ancho de banda 500 comprende un generador de parche 510, un combinador 520 y una interfaz de salida 530. El generador de parche 510 está conectado al combinador 520 y el combinador 520 está conectado a la interfaz de salida 530.

[0060] El generador de parche 510 genera una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 512 que comprende una banda de alta frecuencia basada en la señal de audio de entrada 502. La banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 512 se genera basada en un desplazamiento de frecuencia de una banda de frecuencia de la señal de audio de entrada 502, en la que el desplazamiento de frecuencia está basado en la frecuencia de desplazamiento.
35

[0061] Además, el generador de parche 510 amplifica o atenúa la banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 512 por un factor igual al valor del parámetro de densidad de energía o igual al valor recíproco del parámetro de densidad de energía.
40

[0062] El combinador 520 combina la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 512 y la señal de audio de entrada 502 para obtener la señal de audio extendida en ancho de banda 532 y la interfaz de salida 530 proporciona la señal de audio extendida en ancho de banda 532.
45

[0063] La generación de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 112 basada en la frecuencia de desplazamiento puede permitir una continuación mejorada del intervalo de frecuencia de la señal de audio de entrada en la región de alta frecuencia, por ejemplo, si la frecuencia de desplazamiento es determinada como se describe anteriormente. Esto puede incrementar la calidad de audio de la señal de audio extendida en ancho de banda 532.
50

[0064] Adicionalmente, la densidad de energía de la continuación de alta frecuencia de la señal de audio de entrada 502 se puede hacer de una manera muy eficiente al amplificar o atenuar la banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 512 por el parámetro de densidad de energía. De esta manera, una normalización puede no ser necesaria.
55

[0065] El generador de parche 510 puede generar la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 512 al desplazar la banda de frecuencia de la señal de audio de entrada 512 por una frecuencia constante más la frecuencia de desplazamiento. El combinador está configurado para ignorar una parte de la banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 512 que comprende frecuencias más bajas que una frecuencia de corte superior de la señal de audio de entrada 502.
60

[0066] El generador de parche 510 puede generar la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda
65

512 en el dominio de tiempo o en el dominio de frecuencia. En el dominio de tiempo, el generador de parche 510 puede generar la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 512 basada en una sola modulación de banda lateral.

5 **[0067]** Adicionalmente, la interfaz de salida puede amplificar la señal de salida antes de proporcionarla.

[0068] La figura 6 muestra un diagrama de bloques de un decodificador de extensión de ancho de banda 600 para proporcionar una señal de audio extendida en ancho de banda 532 basada en una señal de audio de entrada 502 y una señal de parámetro 504 según una realización de la invención. El decodificador de extensión de ancho de banda 600 comprende un generador de parche 510, un combinador 520, una interfaz de salida 530, un decodificador de núcleo 610 y una unidad de extracción de parámetros 620. El decodificador de núcleo 610 está conectado al generador de parche 510 y el combinador 520, la unidad de extracción de parámetros 620 está conectada al generador de parche 510 y a la interfaz de salida 530, el generador de parche 510 está conectado al combinador 520 y el combinador 520 está conectado a la interfaz de salida 530.

15 **[0069]** El decodificador de núcleo 610 puede decodificar la corriente de bits recibida 602 y proporciona la señal de audio de entrada 502 al generador de parche 510 y el combinador 520. La señal de audio de entrada 502 puede comprender una frecuencia de corte superior igual a una frecuencia de cruce del decodificador de núcleo 610. Esta frecuencia de cruce puede ser constante o variable en el tiempo. Variable en el tiempo significa, por ejemplo, variable para intervalos de tiempo diferentes o cuadros de tiempo diferentes, pero constante para un intervalo de tiempo o cuadro de tiempo.

20 **[0070]** La unidad de extracción de parámetros 620 puede separar la señal de parámetro 504 de la corriente de bits recibida 602 y proporcionarla al generador de parche 510. Adicionalmente, la señal de parámetro 504 o un parámetro de ruido y/o tonalidad extraído puede ser proporcionado a la interfaz de salida 530.

30 **[0071]** El generador de parche 510 puede modular la señal de audio de entrada 502 en base a la frecuencia de desplazamiento para obtener la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 512 y puede amplificar o atenuar la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 512 en base al parámetro de densidad de energía comprendida en la señal de parámetro 504. Esta señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 512 se proporciona al combinador 530. En otras palabras, el generador de parche 510 puede modular la señal de audio de entrada 502 basado en la frecuencia de desplazamiento y el parámetro de densidad de energía para obtener una señal de alta frecuencia. Esto se puede hacer, por ejemplo, en el dominio de tiempo por una sola modulación de banda lateral 634 con una interpolación y/o filtración 632 para cada paso de tiempo.

35 **[0072]** El combinador 520 combina la señal de audio de entrada 502 y la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada 512 para obtener la señal de audio de extensión de ancho de banda 532.

40 **[0073]** La interfaz de salida 530 proporciona la señal de audio extendida en ancho de banda 532 y puede comprender adicionalmente una unidad de corrección. La unidad de corrección puede llevar a cabo una corrección de tonalidad y/o corrección de ruido basada en los parámetros proporcionados por la unidad de extracción de parámetros 620. La unidad de corrección puede ser parte de la interfaz de salida 530 como se muestra en la figura 6 o puede ser una unidad independiente. La unidad de corrección puede estar dispuesta también entre el generador de parche 510 y el combinador 520. De esta manera, la unidad de corrección puede corregir solamente la tonalidad y/o ruido de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada 512. Una corrección de tonalidad y ruido de la señal de audio de entrada 512 no es necesaria puesto que la señal de audio de entrada 502 corresponde a la señal de audio original.

50 **[0074]** Resumido en algunas palabras, el decodificador de extensión de ancho de banda 600 puede sintetizar y formar espectralmente una señal de alta frecuencia de una señal de salida del decodificador de audio o decodificador de núcleo (la señal de audio de entrada) por medio de la función de modulación transmitida. Función de modulación transmitida, por ejemplo, significa una función de modulación basada en la frecuencia de desplazamiento y en el parámetro de densidad de energía. Luego, la señal de alta frecuencia y la señal de baja frecuencia pueden ser combinadas y parámetros adicionales para adaptar el nivel de ruido y tonalidad pueden ser aplicados.

55 **[0075]** La figura 7 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento 700 para proporcionar una señal de salida basada en una señal de audio de entrada según una realización de la invención. El procedimiento comprende la generación 710 de al menos una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda, el cálculo 720 de una pluralidad de parámetros de comparación, la determinación 730 de un parámetro de comparación a partir de la pluralidad de parámetros de comparación y el suministro 740 de la señal de salida para transmisión o almacenamiento.

60 **[0076]** Una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada comprende una banda de alta frecuencia. La banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda está basada en una banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada. Diferentes señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda comprenden diferentes frecuencias dentro de sus bandas de alta frecuencia, si se generan diferentes señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda.

[0077] Un parámetro de comparación se calcula en base a una comparación de la señal de audio de entrada y una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada. Cada parámetro de comparación de la pluralidad de parámetros de comparación se calcula en base a una frecuencia de desplazamiento diferente entre la señal de audio de entrada y una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada.

[0078] El parámetro de comparación determinado satisface un criterio predefinido.

[0079] La señal de salida comprende una indicación de parámetro basada en una frecuencia de desplazamiento correspondiente al parámetro de comparación determinado.

[0080] La figura 8 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento 800 para proporcionar una señal de audio extendida en ancho de banda basada en una señal de audio de entrada y una señal de parámetro según una realización de la invención. La señal de parámetro comprende una indicación de una frecuencia de desplazamiento y una indicación de un parámetro de densidad de energía. El procedimiento comprende la generación 810 de una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda, la amplificación 820 o atenuación de la banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda, la combinación 830 de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda y la señal de audio de entrada para obtener la señal de audio extendida en ancho de banda y el suministro 840 de la señal de audio extendida en ancho de banda.

[0081] La señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda comprende una banda de alta frecuencia. La banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda se genera 810 basada en un desplazamiento de frecuencia de una banda de frecuencia de la señal de audio de entrada. El desplazamiento de frecuencia está basado en la frecuencia de desplazamiento.

[0082] La banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda es amplificada 820 o atenuada por un factor igual al valor del parámetro de densidad de energía o igual al valor recíproco del parámetro de densidad de energía.

[0083] La figura 9 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento 900 para proporcionar una señal de salida basada en una señal de audio de entrada. Se ilustra una posibilidad para la secuencia del algoritmo en el codificador. Esto puede ser también formal matemáticamente descrito en lo sucesivo. Las señales en tiempo real pueden ser indicadas por letras minúsculas latinas, las señales transformadas de Hilbert con griego correspondiente y las señales transformadas de Fourier con letras mayúsculas latinas o alternativamente griegas.

[0084] La señal de entrada puede ser llamada $f(n)$, la señal de salida $o(n)$. $f_{HFk} = f * \text{filt}_{BRk}$; $1 < k < k_{\max}$ indica la transformada de Fourier, j indica el número imaginario y la transformación de Hilbert $\mathcal{H}(\cdot)$ se define como de costumbre:

$$\varphi(m) := \mathcal{H}(f(n)) = \mathcal{F}^{-1}(-j \cdot \text{sgn}(\omega) \cdot F(j\omega))$$

40 con

$$F(j\omega) := \mathcal{F}(f(n))$$

[0085] x_{Over} puede ser la frecuencia de corte del codificador del núcleo, $n \in \mathbb{N}$ puede indicar un tiempo. $k_{\max} > k \in \mathbb{N}$ puede indicar la k -ésima extensión o parche. α_k describe un borde de banda de bandas perceptuales relacionadas con x_{Over} , por ejemplo, según la escala de Bark o la escala de ERB. Alternativamente, la α_k se puede incrementar por ejemplo linealmente, es decir $\alpha_{k+1} - \alpha_k \equiv \text{constante}$. La transformación de Hilbert puede ser calculada también computacionalmente eficiente mediante la filtración de la señal con un filtro de paso de bajos modulado.

[0086] En primer lugar, una función de modulador analítico 902 con las frecuencias de modulación α_k y los

incrementos de fase resultantes $\gamma_k := \frac{\alpha_k}{F_s}$ con el incremento de tiempo $\frac{1}{F_s}$ (F_s indica la velocidad de toma de muestras) pueden ser generados. Esto se puede describir de forma matemática en las siguientes fórmulas:

$$\mu_k(n) := e^{2\pi j \sum_{m=1}^n \gamma_k} = e^{2\pi j \gamma_k n}$$

$$\mu(n) := \sum_{k=1}^{k_{\max}} e^{2\pi j \sum_{m=1}^n \gamma_k} = \sum_{k=1}^{k_{\max}} e^{2\pi j \gamma_k n}$$

[0087] La suma puede ser reemplazada únicamente por n, si γ_k es independiente de n.

5 **[0088]** La señal de audio de entrada 102 o señal de audio real f puede ser filtrada por paso de banda a un ancho de banda de $\alpha_{k+1}-\alpha_k$ que puede ser expresado por:

$$f_{LF} = f * \text{filt}_{LF}$$

10 **[0089]** En este caso, cada parche comprenderá el mismo ancho de banda.

[0090] Alternativamente, la señal de audio de entrada f 102 puede ser filtrada por paso de banda a anchos de banda de α_k con anchos de banda diferentes que pueden ser descritos por:

$$f_{LF_k} = f * \text{filt}_{LF_k}$$

15

[0091] A continuación, se pueden determinar las áreas de la señal original que deben ser reconstruidas por este procedimiento. Estas regiones limitadas en banda pueden ser indicadas como:

$$f_{HF_k} = f * \text{filt}_{BF_k}; 1 < k < k_{\max}$$

20

y están ubicadas en los intervalos (α_k, α_{k+1}) .

[0092] La modulación de la señal de entrada filtrada por paso de bajos 904 se puede realizar en el dominio de frecuencia o el dominio de tiempo.

[0093] En el dominio de frecuencia, las señales de entrada pueden ser aplicadas en ventana primero, lo que puede ser descrito por:

$$f_{\xi}(n) = f(\xi \cdot \frac{NFFT}{2} + \text{mod}(n, NFFT) + 1) \cdot \text{win}(\text{mod}(n, NFFT) + 1)$$

30

en la que NFFT es el número de bins de transformación de Fourier rápida (por ejemplo 512 bins), ξ es el número de ventana y win(.) es una función de ventana. Las ventanas o cuadros de tiempo pueden comprender una superposición temporal. Por ejemplo, la fórmula dada anteriormente describe una superposición temporal de la mitad de una ventana.

35 Así, $N \in \mathbb{N}$ bloques de la señal original y con la misma conectada con tantos espectros de amplitud $F_{\xi}(\omega)$ con $\xi \leq N$ como valores absolutos de la transformada de Fourier

$$\hat{\gamma}_k := \lfloor \gamma_k \cdot NFFT \rfloor$$

40 describe el índice del borde de banda k en la transformada de Fourier.

[0094] A continuación, la señal es modulada en el dominio de frecuencia mediante el desplazamiento de los bins de FFT (bins de transformación de Fourier rápida). La transformación de Hilbert implícita no es aquí necesaria, pero hace una descripción formal igual de las siguientes etapas posibles:

45

$$\Psi_{\xi}(\omega + \hat{\gamma}_k) := F_{\xi}(\omega); \Phi_{\xi}(\omega) := F_{\xi}(\omega)$$

para $\omega \geq 0$ y

$$\Phi_{\xi}(\omega) := \Psi_{\xi}(\omega) \equiv 0 \forall \omega < 0$$

5

[0095] En el dominio de tiempo, se realiza primero una transformación de Hilbert 906 de la señal de audio de entrada f 102 para generar una señal analítica 908.

$$\varphi := f + j\mathcal{H}(f)$$

10

y

$$\varphi_{L_{F_k}} := f_{L_{F_k}} + j\mathcal{H}(f_{L_{F_k}})$$

15 a continuación, la señal analítica $\varphi_{L_{F_k}}$, es modulada por banda lateral individual 710 con un modulador $\mu(n)$ 902:

$$\psi(n) = \sum_{k=1}^{k_{\max}} \varphi_{L_{F_k}}(n) \cdot \mu_k(n)$$

o

20

$$\psi(n) = \varphi_{L_F}(n) \cdot \mu(n)$$

[0096] De esta manera, se puede generar una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda que se denomina también señal modulada 910.

25

[0097] A continuación, una formación de ventana (también posible con superposición) de la señal de entrada 912 y de la señal extendida 914 y una transformación de Fourier 916 son efectuados:

$$\varphi_{\xi}(n) = \varphi_{L_F}\left(\xi \cdot \frac{NFFT}{2} + n\right)$$

30

y

$$\psi_{\xi}(n) = \varphi_{\xi}\left(\xi \cdot \frac{NFFT}{2} + \text{mod}(n, NFFT) + 1\right) \cdot \text{win}(\text{mod}(n, NFFT) + 1)$$

35 en la que una NFFT es una vez más el número de bins de transformación de Fourier rápida (por ejemplo 256, 512, 1024 bins u otro número entre 2^4 y 2^{32}), ξ es el número de ventana y $\text{win}(\cdot)$ es una función de ventana. Así, $N \in \mathbb{N}$ bloques 914 son creados de la señal original y en relación con tantos espectros de amplitud $\Phi_{\xi}(\omega)$, $\Psi_{\xi}(\omega)$ con $\xi \leq N$ como valores absolutos de la transformada de Fourier 916.

40

$$\hat{\gamma}_k := \lfloor \gamma_k \cdot NFFT \rfloor$$

pueden describir el índice del borde de banda k en la transformada de Fourier.

[0098] El proceso en el dominio de tiempo se muestra en la figura 9.

45

[0099] La siguiente etapa es el cálculo 720 de la correlación cruzada $R_{\xi,k}$ (el parámetro de comparación puede ser igual al resultado de la correlación cruzada) de los espectros de amplitud parciales de la señal original y la señal extendida lo que puede ser expresado matemáticamente por:

$$R_{\xi,k}(v) = \begin{cases} \frac{1}{\hat{\gamma}_{k+1} - \hat{\gamma}_k - \beta \cdot v + \delta} \sum_{\omega = \hat{\gamma}_k - \delta/2}^{\hat{\gamma}_{k+1} + \delta/2} |\Phi_{\xi}(\omega + v)| \cdot |\Psi_{\xi}(\omega)| & v \geq 0 \\ R_{\xi,k}(-v) & v < 0 \end{cases}$$

50

con

$$\Phi_{\xi}(\omega) \equiv \Psi_{\xi}(\omega) \equiv 0 \forall \omega < 0; \nu \leq \Lambda$$

5

[0100] δ puede indicar el retraso máximo (la frecuencia de desplazamiento máxima) para el cual se calcula una correlación cruzada. Si la correlación cruzada debe ser calculada con una predisposición, es decir, retrasos pequeños y así se deberían preferir grandes superposiciones, así que se debe seleccionar $\beta=0$. Por el contrario, si se debe compensar que menos bins de FFT (bins de transformación de Fourier rápida) están superpuestos para retrasos más grandes que pequeños, se debe escoger $\beta=1$. En general, se puede escoger $0 \leq \beta \in P$ de forma arbitraria. Alternativa o

adicionalmente, se puede escoger $2 < \delta \in \mathbb{N}; \text{mod}(\delta, 2) = 0$ para seleccionar una región de la correlación cruzada que es un poco más grande que una interconexión parche. Con esto la región que es considerada por la correlación cruzada

$$\frac{\delta}{2}$$

puede ser extendida por $\frac{\delta}{2}$ en ambos extremos espectrales del parche particular.

15 **[0101]** En base a estos resultados de la correlación cruzada, un máximo de la correlación cruzada 730

$$m_{\xi,k} := \max_{\nu} (R_{\xi,k}(\nu))$$

y el retraso $d_{\xi,k}$ de la correlación máxima

20

$$R_{\xi,k}(d_{\xi,k}) = m_{\xi,k}$$

pueden ser determinados.

25 **[0102]** Adicionalmente, las proporciones 920 de las energías o potencias en las interconexiones o parches pueden ser determinadas por los espectros de densidad de energía:

$$c_{\xi,k} := \sqrt{\frac{\sum_{\omega=\nu_k}^{\nu_{k+1}} |\Phi_{\xi}(\omega)|^2}{\sum_{\omega=\nu_k}^{\nu_{k+1}} |\Psi_{\xi}(\omega)|^2}}$$

30 **[0103]** Si no se puede determinar ningún máximo claro 924, el retraso se vuelve a poner a 0 (como se muestra en el número de referencia 922). De otra manera el retraso estimado 918 puede ser el retraso correspondiente a la correlación cruzada máxima. Para esto, un criterio de umbral, $d_{\xi,k} > \tau$ con τ que se va a seleccionar puede ser determinado. Alternativamente, se puede observar la curvatura o una planura espectral (SFN) de la correlación cruzada $R_{\xi,k}$, por ejemplo:

35

$$\frac{R''_{\xi,k}(\nu)}{(1 + (R'_{\xi,k}(\nu))^2)^{3/2}} > \tau; |\nu| \leq \Lambda$$

o

$$\frac{1}{2\Lambda + 1} \sum_{\nu=1}^{2\Lambda+1} R_{\xi,k}(\nu) > \tau \cdot \sqrt[2\Lambda+1]{\prod_{\nu=1}^{2\Lambda+1} R_{\xi,k}(\nu)}$$

40

con

$$R'_{\xi,k}(v) := \frac{\partial R_{\xi,k}(v)}{\partial v}; R''_{\xi,k}(v) := \frac{\partial R'_{\xi,k}(v)}{\partial v}$$

[0104] Los retrasos $d_{\xi,k}$ y los parámetros de densidad de energía $\zeta_{\xi,k}$ pueden ser interpolados 926 para obtener un valor para cada paso de tiempo:

5

$$\zeta_k(n) := \text{interp}(\zeta_{\xi,k}); \lambda_k(n) = \text{interp}(d_{\xi,k})$$

[0105] A continuación, se puede generar la función de modulación global modulada en amplitud modificada y desplazada en frecuencia:

10

$$\tilde{\mu}_k(n) = \zeta_k(n) e^{2\pi j \sum_{m=1}^n (\gamma_k(m) + \lambda_k(m))}$$

$$\tilde{\mu}(n) = \sum_{k=1}^{k_{\max}} \zeta_k(n) e^{2\pi j \sum_{m=1}^n (\gamma_k(m) + \lambda_k(m))}$$

[0106] Esta función de modulación global o los parámetros de la función de modulación global se pueden proporcionar 740 con la señal de salida para almacenamiento o transmisión.

15

[0107] Adicionalmente, se pueden determinar parámetros adicionales para corrección de fluido y/o corrección de tonalidad.

[0108] La modulación en el decodificador puede ser realizada por:

20

$$\tilde{\psi}(n) = \varphi_{LF}(n) \cdot \tilde{\mu}(n)$$

y además de las k modulaciones parciales (si hay más de un parche o interconexión). Para esta función de modulación global $\mu_k(n)$ o $\mu(n)$ o los parámetros $\zeta_k(n)$ y $\lambda_k(n)$ o $c_{\xi,k}$ y $d_{\xi,k}$ de la función de modulación global pueden ser codificados 25 apropiadamente, por ejemplo mediante cuantificación. Opcionalmente, la velocidad de toma de muestras puede ser reducida y se puede introducir una histéresis.

[0109] El cálculo de los retrasos puede ser omitido, si no hay ninguna señal tonal, por ejemplo, en silencio, transitorios o ruido. En estos casos, el retraso puede ser ajustado a cero.

30

[0110] La figura 10 muestra en más detalle un ejemplo 1000 para determinar el retraso.

[0111] Para un cuadro de tiempo o ventana $\xi=i$ 1010 el retraso v es ajustado a menos λ como valor de partida. A continuación, la correlación cruzada $R_{\xi,k}(v)$ es calculada 720. Si v es más pequeño que Λ 1030, entonces v es incrementado 1032 y el siguiente parámetro de comparación en términos de la correlación cruzada es calculado 720. Si v es mayor o igual que Λ 1030, entonces el retraso correspondiente a la correlación cruzada calculada máxima puede ser determinado 730. Si el máximo es claramente identificable 924 el retraso determinado es usado como parámetro $d_{\xi,k}$ 918. De otra manera, el retraso es ajustado a 0 y usado como parámetro $d_{\xi,k}=0$ 922.

[0112] A continuación, todo el proceso se repite 1040 para el siguiente cuadro de tiempo $\xi=\xi+1$ 1050. Los retrasos determinados pueden ser interpolados 926 para obtener un parámetro para cada paso de tiempo N.

[0113] El cálculo de la pluralidad de parámetros de comparación, por ejemplo, el resultado de la correlación cruzada se puede hacer también en paralelo si se usan una pluralidad de comparadores. También, el procesamiento de diferentes cuadros de tiempo se puede hacer en paralelo, si los elementos físicos necesarios están disponibles varias veces. El bucle para calcular la correlación cruzada puede también iniciar en $+\Lambda$ y puede ser disminuido cada bucle hasta $v \leq \Lambda$.

[0114] La figura 11 muestra una ilustración esquemática de la interpolación 926 de las frecuencias de desplazamiento de diferentes cuadros de tiempo, intervalos de tiempo o ventanas. La figura 11a muestra la interpolación 1100, si los cuadros de tiempo no se traslapan o superponen. Se determina un retraso $d_{\xi,k}$ para todo un cuadro de tiempo 1110. La manera más fácil para interpolar un parámetro para cada paso de tiempo 1120 se puede

50

realizar al ajustar los parámetros de todos los pasos de tiempo 1120 de un cuadro de tiempo 1110 igual al retraso correspondiente $d_{\xi,k}$. En los bordes de un cuadro de tiempo, se puede seleccionar el retraso del cuadro de tiempo previo o siguiente. Por ejemplo, los parámetros $\lambda_k(n)$ a $\lambda_k(n+3)$ son igual a $d_{\xi,k}$ y los parámetros $\lambda_k(n+4)$ a $\lambda_k(n+7)$ son iguales a $d_{\xi+1,k}$.

5

[0115] Alternativamente, los retrasos de los cuadros de tiempo 1110 pueden ser interpolados linealmente entre los cuadros de tiempo. Por ejemplo:

$$\lambda_k(n) = \frac{d_{\xi,k} + d_{\xi-1,k}}{2}$$

$$\lambda_k(n+1) = \frac{3 \cdot d_{\xi,k} + d_{\xi-1,k}}{4}$$

$$\lambda_k(n+2) = d_{\xi,k}$$

$$\lambda_k(n+3) = \frac{3 \cdot d_{\xi,k} + d_{\xi+1,k}}{4}$$

$$\lambda_k(n+4) = \frac{d_{\xi,k} + d_{\xi+1,k}}{2}$$

10

[0116] De manera conveniente, la figura 11B muestra un ejemplo 1150 para cuadros de tiempo superpuestos 1110. En este caso, un paso de tiempo 1120 está asociada a más de un cuadro de tiempo 1110. Por consiguiente, más de un retraso determinado se puede asociar a un paso de tiempo 1120. Así, los retrasos determinados pueden ser interpolados 926 para obtener un parámetro para cada paso de tiempo 1120. Por ejemplo, los retrasos 15 determinados correspondientes a un paso de tiempo 1120 pueden ser interpolados linealmente. Por ejemplo, una interpolación posible puede ser:

$$\lambda_k(n) = d_{\xi-1,k}$$

$$\lambda_k(n+1) = \frac{d_{\xi-1,k} + d_{\xi,k}}{2}$$

$$\lambda_k(n+2) = d_{\xi,k}$$

$$\lambda_k(n+3) = \frac{d_{\xi,k} + d_{\xi+1,k}}{2}$$

20

[0117] Alternativamente, la interpolación también se puede hacer, por ejemplo, mediante una filtración mediana.

[0118] La interpolación se puede realizar por medio de interpolación. Los medios de interpolación pueden ser 25 parte de la unidad de extracción de parámetros o la interfaz de salida o pueden ser una unidad separada.

[0119] En el lado del decodificador, la extensión de ancho de banda se puede hacer mediante:

$$\tilde{\psi}(n) = \varphi_{LF}(n) \cdot \tilde{\mu}(n)$$

30

[0120] Después de la decodificación de $\tilde{\mu}(n)$ y $\varphi_{LF}(N)$ como salida del codificador del núcleo. Adicionalmente, $\tilde{\Psi}(n)$ puede ser adaptado con los parámetros previamente de los parámetros obtenidos de la señal original para el nivel de tonalidad y/o ruido.

[0121] El cálculo de la función de modulación global en el decodificador se hace según una o ambas de las siguientes fórmulas:

$$\psi(n) = \sum_{k=1}^{k_{\max}} \varphi_{L_F k}(n) \cdot \mu_k(n) + \text{noise}(n)$$

5 y

$$\psi(n) = \varphi_{L_F}(n) \cdot \mu(n) + \text{noise}(n)$$

[0122] La parte imaginaria de la señal puede ser ignorada:

10

$$o(n) = \text{Re}(\psi(n))$$

[0123] A continuación, como se menciona anteriormente, puede seguir una corrección de tonalidad, por ejemplo, mediante filtración inversa.

15

[0124] La figura 12 muestra un diagrama de bloques de un decodificador de extensión de ancho de banda 1200 para proporcionar una señal de audio extendida en ancho de banda 532 basada en una señal de audio de entrada 502 según una realización de la invención. El decodificador de extensión de ancho de banda 1200 comprende un generador de parche 1210, un comparador 1220, un combinador 1230 y una interfaz de salida 1240. El generador de parche 1210 está conectado al comparador 1220, el comparador 1220 está conectado al combinador 1230 y el combinador 1230 está conectado a la interfaz de salida 1240.

20

[0125] El generador de parche 1210 genera al menos una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 1212 que comprende una banda de alta frecuencia basada en la señal de audio de entrada 502, en la que una frecuencia de corte inferior de la banda de alta frecuencia de una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 1212 es más baja que una frecuencia de corte superior de la señal de audio de entrada 502. Diferentes señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 1212 comprenden diferentes frecuencias dentro de sus bandas de alta frecuencia, si se generan diferentes señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 1212.

25

[0126] El comparador 1220 calcula una pluralidad de parámetros de comparación. Un parámetro de comparación se calcula en base a una comparación de la señal de audio de entrada 502 y una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada 1212. Cada parámetro de comparación de la pluralidad de parámetros de comparación se calcula en base a una frecuencia de desplazamiento diferente entre la señal de audio de entrada 502 y una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada 1212. Además, el comparador determina un parámetro de comparación de la pluralidad de parámetros de comparación, en el que el parámetro de comparación determinado satisface un criterio predefinido.

30

35

[0127] Un combinador 1230 combina la señal de audio de entrada 502 y la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 1212 para obtener la señal de audio extendida en ancho de banda 532, en la que la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 1212 está basada en una frecuencia de desplazamiento correspondiente al parámetro de comparación determinado.

40

[0128] La interfaz de salida 1240 proporciona la señal de audio extendida en ancho de banda 532.

[0129] En comparación con el decodificador mostrado en la figura 5 el decodificador descrito 1200 determina la frecuencia de desplazamiento por sí mismo. Por consiguiente, no es necesario recibir este parámetro con la señal de audio de entrada 502. De esta manera, la proporción de bits para transmisión o almacenamiento de señales de audio puede ser reducida adicionalmente.

45

[0130] Como se describe para la figura 1, el generador de parche 1210 puede generar una pluralidad de señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda con diferentes frecuencias de desplazamiento o solamente una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda que es desplazada por diferentes frecuencias de desplazamiento. De nuevo, también se puede usar una combinación de estas dos posibilidades.

50

[0131] La figura 13 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento 1300 para proporcionar una señal de audio extendida en ancho de banda según una realización de la invención. El procedimiento 1300 comprende la generación 1310 de al menos una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda, el cálculo 1320 de una pluralidad de parámetros de comparación, la determinación 1330 de un parámetro de comparación de la pluralidad de parámetros de comparación, la combinación 1340 de la señal de audio de entrada y una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda y el suministro 1350 de la señal de audio extendida en ancho de banda.

55

60

- [0132]** Una señal de alta frecuencia extendida en ancho de banda comprende una banda de alta frecuencia basada en la señal de audio de entrada. Una frecuencia de corte inferior de la banda de alta frecuencia de una señal de alta frecuencia extendida en ancho de banda es más baja que una frecuencia de corte superior de la señal de audio de entrada. Diferentes señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda comprenden diferentes frecuencias dentro de sus bandas de alta frecuencia, si se generan diferentes señales de alta frecuencia de extensión de ancho de banda.
- [0133]** Se calcula un parámetro de comparación en base a la comparación de la señal de audio de entrada y la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada. Cada parámetro de comparación de la pluralidad de parámetros de comparación es calculado en base a una frecuencia de desplazamiento diferente entre la señal de audio de entrada y la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada.
- [0134]** El parámetro de comparación determinado cumple un criterio predefinido.
- [0135]** La señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda que es combinada con la señal de audio de entrada para obtener la señal de audio de ancho de banda está basada en una frecuencia de desplazamiento correspondiente al parámetro de comparación determinado.
- [0136]** La figura 14 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento 1400 para proporcionar una señal de audio extendida en ancho de banda según una realización de la invención.
- [0137]** Después de recibir 1402 una corriente de bits que comprende la señal de audio de entrada, un decodificador de núcleo decodifica 1410 la señal de audio de entrada. En base a la señal de audio de entrada, se genera una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda 1310 y la pluralidad de parámetros de comparación en términos de una correlación cruzada entre la señal de audio de entrada y una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada con diferentes frecuencias de desplazamiento son calculadas 1320. A continuación, se determina el parámetro de comparación que cumple el criterio predefinido 1330 que se denomina también estimación de retraso.
- [0138]** En base a la frecuencia de desplazamiento correspondiente al parámetro de comparación determinado, un modulador puede modular 1420 la señal de audio de entrada. Adicionalmente, un parámetro puede ser extraído 1430 de la corriente de bits recibida 1402 para adaptar, por ejemplo, la densidad de energía de la señal modulada. La señal modulada se combina a continuación 1340 con la señal de audio de entrada. Adicionalmente, la tonalidad y el ruido de la señal de audio extendida en ancho de banda pueden ser corregidos 1440. Esto también se puede hacer antes de la combinación con la señal de audio de entrada. A continuación, los datos de audio en términos de la señal de audio extendida en ancho de banda se proporcionan 1350, por ejemplo, para reproducción acústica.
- [0139]** De esta manera, el cálculo de la modulación variable en el tiempo se hace en el lado del decodificador.
- [0140]** Alternativamente al modulador que modula 1420 la señal de audio de entrada para generar una interconexión o parche, por ejemplo, se puede utilizar la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda ya generada previamente o el generador de parche puede generar una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda (parche) en base a la frecuencia de desplazamiento correspondiente al parámetro de comparación determinado.
- [0141]** En otras palabras, si la velocidad de datos baja es más importante que una complejidad baja del lado del decodificador, la determinación de la modulación de frecuencia de los moduladores también se puede hacer en el lado del decodificador. Para esto, se puede ejecutar el algoritmo mostrado en la figura 9 en el decodificador con solo algunos cambios. Puesto que la señal original no está disponible para el cálculo de la correlación cruzada en el decodificador, las correlaciones pueden ser calculadas entre la señal original (señal de audio de entrada) y una señal original desplazada (señal de audio de entrada) dentro de un intervalo de superposición. Por ejemplo, la señal puede ser desplazada entre cero y α_k , por ejemplo, α_k dividido por 2, α_k dividido por 3 o α_k dividido por 4. α_k indica otra vez el k-ésimo borde de banda, por ejemplo, α_1 indica la frecuencia de cruce del codificador de núcleo.
- [0142]** Por ejemplo, esto puede suceder de la misma manera en el codificador como en el decodificador. En el codificador, los parámetros para formación espectral, corrección de ruido y/o corrección de tonalidad pueden ser extraídos y transmitidos al decodificador.
- [0143]** De manera conveniente, la figura 15 muestra un diagrama de bloques de un codificador de extensión de ancho de banda 1500 para proporcionar una señal de salida utilizando una señal de audio de entrada. El codificador 1500 corresponde al codificador mostrado en la figura 4. Sin embargo, el codificador 1500 no proporciona la señal de salida 132 con una indicación de parámetro basada en la frecuencia de desplazamiento misma. Puede determinar solamente un parámetro de densidad de energía y parámetros opcionales para corrección de tonalidad y corrección de ruido e incluye una indicación de parámetro de estos parámetros a la señal de salida 132. Sin embargo, el parámetro de densidad de energía (y también los otros parámetros, si son determinados) se determina en base a la frecuencia de desplazamiento correspondiente al parámetro de comparación determinado.

- [0144]** Por ejemplo, el parámetro de densidad de energía puede indicar la proporción entre la señal de audio de entrada 102 y la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda con una frecuencia de desplazamiento correspondiente al parámetro de comparación determinado. Por consiguiente, la indicación de parámetro que está relacionada con el parámetro de densidad de energía y opcional a los parámetros para corrección de tonalidad y/o corrección de ruido está basada en la frecuencia de desplazamiento correspondiente al parámetro de comparación determinado.
- [0145]** Una diferencia adicional entre el codificador 1500 y el codificador mostrado en la figura 4 es que el generador de parche 110 genera una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda de la misma manera en que el generador de parche del decodificador 1400 lo hace. De esta manera, el codificador 1500 y el decodificador pueden obtener las mismas frecuencias de desplazamiento y por consiguiente, los parámetros extraídos por el codificador 1500 son válidos para las interconexiones generadas por el decodificador.
- [0146]** Algunas realizaciones según la invención se refieren a un dispositivo y un procedimiento para extensión de ancho de banda de señales de audio en el dominio de tiempo mediante el uso de moduladores variables de tiempo. En otras palabras, un parche puede ser generado con frecuencia de corte variable, por ejemplo, para cada paso de tiempo, cada marco de tiempo, una parte de un marco de tiempo o para grupos de marcos de tiempo.
- [0147]** El procedimiento descrito para extensión del ancho de banda de una señal de audio se puede utilizar en el lado del codificador y el lado del decodificador así como solo en el lado del decodificador. Por el contrario, para procedimientos conocidos, el nuevo procedimiento descrito puede llevar a cabo una extensión denominada armónica del ancho de banda sin la necesidad de información exacta sobre la frecuencia fundamental de la señal de audio. Además, en contraste con las extensiones de ancho de banda denominadas armónicas como, por ejemplo, mostradas por la solicitud de patente provisional de EE.UU. "F.Nagel, S. Disch: "Apparatus and method of harmonic bandwidth extension in audio signals"" con el número de solicitud US 61/025129 que son realizadas por medio de vocodificadores de fase, el espectro puede no ser esparcido y por consiguiente, también la densidad puede no ser cambiada. Para asegurar la armonía, se aprovechan correlaciones entre la banda extendida y la banda base. Esta correlación puede ser calculada en el codificador, así como en el decodificador, dependiendo de la demanda para cómputo y complejidad de memoria y velocidad de datos.
- [0148]** Por ejemplo, la extensión de ancho de banda en sí misma se puede hacer mediante el uso de una modulación de amplitud (AM) y un desplazamiento de frecuencia por medio de una sola modulación de banda lateral (SSB) con una pluralidad de portadores variables en el tiempo lentos, adaptables únicos. Un post-procesamiento siguiente según parámetros adicionales puede intentar aproximar la envolvente espectral y el nivel de ruido, así como otras propiedades de las señales originales.
- [0149]** El nuevo procedimiento para transformación de señales puede evitar los problemas que aparecen debido a una operación de copia simple o reflejo por una continuación correcta armónica del espectro por medio de una frecuencia de corte variable en el tiempo XOver entre la región de baja frecuencia (LF) y la región de alta frecuencia (HF) también como entre las siguientes regiones de alta frecuencia, los llamados parches o interconexiones. Estas frecuencias de corte son escogidas de tal manera que los parches generados reparan una trama armónica existente ya que era existente en el original tan bueno como sea posible.
- [0150]** La figura 16 muestra un modulador con 3 amplitudes variables en el tiempo y frecuencias de corte mediante los cuales 3 parches pueden ser generados mediante la modulación individual de banda lateral de las bandas base. La figura 16a muestra un diagrama 1600a del espectro de la señal extendida en ancho de banda mediante el uso de frecuencias de corte variables en el tiempo 1610. La figura 16b ilustra un diagrama 1600b del espectro de la señal de audio de los tres tonos. En comparación con el espectrograma ilustrado en la figura 18b las líneas 1620 son significativamente menos discontinuas.
- [0151]** La figura 17 ilustra el efecto por medio de un diagrama 1700 del período. El espectro de densidad de energía de los terceros tonos de la señal de audio es mostrado como original 1710, con una frecuencia de corte constante 1720 y con una frecuencia de corte variable 1730. En contraste con el uso de la frecuencia de corte constante 1720, la estructura armónica permanece mediante el uso de la frecuencia de corte variable 1730.
- [0152]** Mediante la continuación armónica del espectro, se pueden evitar problemas en los puntos de transición entre ambos, la banda base (codificador del núcleo) y la banda extendida, y entre parches subsecuentes. Sin una estimación de F_0 como requisito para la función del sistema, señales arbitrarias pueden ser armónicas continuadas, sin la existencia de artefactos audibles, ni por violar la armonía ni por eventos de sonido transitorios.
- [0153]** Algunas realizaciones según la invención se refieren a un procedimiento apropiado para todas las aplicaciones de audio, en donde el ancho de banda completo no está disponible. Por ejemplo, para la difusión de contenido de audio como, por ejemplo, con radio digital, la corriente o flujo de Internet o en aplicaciones de comunicación de audio, se puede usar el procedimiento descrito.

[0154] Realizaciones adicionales según la invención se refieren a un decodificador de extensión de ancho de banda para proporcionar una señal de audio extendida en ancho de banda basada en una señal de audio de entrada y una señal de parámetro, en el que la señal de parámetro comprende una indicación de un parámetro de densidad de energía. El decodificador de extensión de ancho de banda comprende un generador de parche, un combinador y una interfaz de salida. El generador de parche está configurado para generar una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda que comprende una banda de alta frecuencia, en la que la banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda se genera basada en un desplazamiento de frecuencia de una banda de desplazamiento y en la que el generador de parche está configurado para amplificar o atenuar la banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda por un factor igual al valor del parámetro de densidad de energía o igual al valor recíproco del parámetro de densidad de energía. El combinador está configurado para combinar la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda y la señal de audio de entrada para obtener la señal de audio extendida de ancho de banda. La interfaz de salida está configurada para proporcionar la señal de audio extendida de ancho de banda.

[0155] Algunas realizaciones preferidas adicionales según la invención se refieren a un decodificador de extensión de ancho de banda como se describe anteriormente, en el que el generador de parche está configurado para amplificar o atenuar la banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda por un factor igual al valor de un parámetro de densidad de energía o igual al valor recíproco del parámetro de densidad de energía, en el que una indicación del parámetro de densidad de energía está contenido por la señal de audio de entrada.

[0156] En particular, se indica que, dependiendo de las condiciones, el esquema de la invención puede ser implementado también en software. La implementación se puede hacer por un medio de almacenamiento digital, particularmente un disco flexible o un CD con señales de control que se pueden leer electrónicamente capaces de cooperar con un sistema de ordenador programable de tal manera que se ejecute el procedimiento correspondiente. En general, la invención también consiste de este modo en un producto de programa de ordenador con códigos de programa almacenados en un soporte que se puede leer por la máquina para efectuar el procedimiento de la invención, cuando el producto de programa de ordenador es ejecutado en un ordenador. En otras palabras, la invención puede ser realizada también de este modo como un programa de ordenador con un código de programa para efectuar el procedimiento, cuando el programa de ordenador es ejecutado en un ordenador.

REIVINDICACIONES

1. Un codificador de audio para proporcionar una señal de salida (132) mediante el uso de una señal de audio de entrada (102), que comprende:
- 5 un generador de parche (110) configurado para generar una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda (112), en el que la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda (112) comprende una banda de alta frecuencia, en el que la banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda (112) se deriva de una banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada (102) mediante el desplazamiento de la
- 10 parte de baja frecuencia por un valor fijo mediante el uso de una modulación de banda lateral, de tal manera que la banda de alta frecuencia esté localizada por encima de la banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada (102);
- un comparador (120) configurado para llevar a cabo una comparación de la señal de audio de entrada filtrada por un
- 15 filtro de paso de banda (420) y la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda (112) mediante el uso de un cálculo de correlación cruzada en intervalos de tiempo regulares entre espectros de amplitud de secciones de señal en ventana de la señal de audio de entrada filtrada por el filtro de paso de banda (420) y la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda (112) para determinar un retraso para una correlación máxima para una sección de señal; y
- 20 una interfaz de salida (130) configurada para proporcionar la señal de salida (132) para transmisión o almacenamiento, en la que la señal de salida (132) comprende una indicación de parámetro basada en el retraso para la correlación máxima.
- 25 2. Codificador de audio según la reivindicación 1, que comprende un comparador de densidad de energía (430) configurado para comparar un parámetro basado en una densidad de energía de la banda de alta frecuencia de una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada (112) y una banda de frecuencia correspondiente de la señal de audio de entrada (102) para obtener un parámetro de densidad de energía, en el que el parámetro de densidad de energía indica una proporción basada en la densidad de energía de la banda de alta
- 30 frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda generada (112) y la banda de frecuencia correspondiente de la señal de audio de entrada (102), y en el que la interfaz de salida (130) está configurada para proporcionar la señal de salida de forma que la indicación del parámetro de la señal de salida (132) esté basada en el parámetro de densidad de energía.
- 35 3. Codificador de audio según la reivindicación 1, en el que la modulación de banda lateral es una modulación de banda lateral única.
4. Codificador de audio según la reivindicación 1 o 2, que se ha configurado para interpolar en el que el retraso para la correlación máxima determinada para una sección de señal en ventana se interpola para cada paso de
- 40 tiempo de la sección de señal en ventana.
5. Un decodificador de extensión de ancho de banda para proporcionar una señal de audio extendida en ancho de banda (532) basada en una señal de audio de entrada (502) y una señal de parámetro (504), en el que la señal de parámetro (504) comprende una indicación de una frecuencia de desplazamiento y una indicación de un
- 45 parámetro de densidad de energía, en el que el decodificador de extensión de ancho de banda comprende:
- un generador de parche (510) configurado para generar una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda (512) que comprende una banda de alta frecuencia, en el que la banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda (512) es generada por una modulación de banda lateral única de la señal de audio
- 50 de entrada (502) en base a la frecuencia de desplazamiento y al parámetro de densidad de energía para obtener la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda, en el que el generador de parche (501) está configurado para llevar a cabo la modulación de banda lateral única en un dominio de tiempo con una interpolación y/o filtrado para cada paso de tiempo;
- 55 un combinador (529) configurado para combinar la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda (512) y la señal de audio de entrada (502) para obtener la señal de audio extendida en ancho de banda (532); y
- una interfaz de salida (530) configurada para proporcionar la señal de audio extendida en ancho de banda (532).
- 60 6. Decodificador de extensión de ancho de banda según la reivindicación 5, que comprende un medio de interpolación, en el que un marco de tiempo comprende una pluralidad de pasos de tiempo, en el que cada marco de tiempo comprende una frecuencia de desplazamiento correspondiente, en el que los medios de interpolación están configurados para interpolar una frecuencia de desplazamiento de un marco de tiempo o una pluralidad de frecuencias de desplazamiento de diferentes marcos de tiempo para cada paso de tiempo de un marco de tiempo para obtener
- 65 una frecuencia de desplazamiento interpolada para cada paso de tiempo.

7. Decodificador de extensión de ancho de banda según una de las reivindicaciones 5 o 6, en el que el generador de parche está configurado para calcular la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda (512) basándose en las siguientes ecuaciones:

$$\psi(n) = \sum_{k=1}^{k_{\max}} \varphi_{LF_k}(n) \cdot \mu_k(n) + \text{noise}(n)$$

5

o

$$\psi(n) = \varphi_{LF}(n) \cdot \mu(n) + \text{noise}(n),$$

10

y

$$o(n) = \text{Re}(\psi(n))$$

15 donde n es un índice de tiempo, k es un índice de parche, ψ es una señal compleja de dominio de tiempo, φ es la señal de audio de entrada (502), μ es una función de modulación, noise es una señal de ruido, o es la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda, y Re es una función para tomar la parte real.

8. Decodificador de extensión de ancho de banda según una de las reivindicaciones 5 a 7, en el que el generador de parche está configurado para utilizar una función de modulación que va a ser multiplicada por la señal de audio de entrada (502), en el que la función de modulación está basada en la siguiente ecuación:

$$\tilde{\mu}_k(n) = \zeta_k(n) e^{2\pi j \sum_{m=1}^n (\gamma_k(m) + \lambda_k(m))}$$

25 en el que k es un índice de parche, n es un índice de tiempo, $\tilde{\mu}(n)$ es un valor de una función de modulación para un índice de tiempo n, $\zeta_k(n)$ es un parámetro de densidad de energía interpolada para un índice de tiempo n y un índice de parche k, m es un índice de número entero, j es el número complejo, $\gamma_k(m)$ es un incremento de fase para el índice de parche k y el índice de número entero m, y $\lambda_k(m)$ es un valor de retraso interpolado para el índice de parche k y el índice de número entero m, estando el valor de retraso interpolado derivado de la señal de parámetro (504) que comprende una indicación de una frecuencia de desplazamiento.

9. Decodificador de extensión de ancho de banda según una de las reivindicaciones 5 a 8, en el que el generador de parche está configurado para utilizar una función de modulación que va a ser multiplicada por la señal de audio de entrada (502), en el que la función de modulación está basada en la siguiente ecuación:

35

$$\tilde{\mu}(n) = \sum_{k=1}^{k_{\max}} \zeta_k(n) e^{2\pi j \sum_{m=1}^n (\gamma_k(m) + \lambda_k(m))}$$

40 donde k es un índice de parche, k_{\max} es un número máximo de parches, n es un índice de tiempo, $\tilde{\mu}(n)$ es un valor de una función de modulación para un índice de tiempo n, $\zeta_k(n)$ es un parámetro de densidad de energía interpolada para un índice de tiempo n y un índice de parche k, m es un índice de número entero, j es el número complejo, $\gamma_k(m)$ es un incremento de fase para el índice de parche k y el índice de número entero m, y $\lambda_k(m)$ es un valor de retraso interpolado para el índice de parche k y el índice de número entero m, estando el valor de retraso interpolado derivado de la señal de parámetro (504) que comprende una indicación de una frecuencia de desplazamiento.

45 10. Procedimiento (700) para proporcionar una señal de salida mediante el uso de una señal de audio de entrada, comprendiendo el procedimiento:

la generación (710) de una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda (112), en el que la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda (112) comprende una banda de alta frecuencia, en el que la banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda (112) se deriva de una banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada (102) por medio del desplazamiento de la parte de baja frecuencia por un valor fijo mediante el uso de una modulación de banda lateral, de forma que la banda de alta frecuencia esté localizada por encima de la banda de baja frecuencia de la señal de audio de entrada (102);

55 la realización (720) de una comparación de la señal de audio de entrada filtrada por un filtro de paso de banda (420)

y la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda (112) mediante el uso de un cálculo de correlación cruzada en intervalos de tiempo regulares entre espectros de amplitud de secciones de señal en ventana de la señal de audio de entrada filtrada por el filtro de paso de banda (420) y la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda (112) para determinar un retraso para una correlación máxima para una sección de señal; y

5

el suministro (740) de la señal de salida (132) para transmisión o almacenamiento, en el que la señal de salida (132) comprende una indicación de parámetro basada en el retraso para la correlación máxima.

11. Procedimiento (800) para proporcionar una señal de audio extendida en ancho de banda en base a una
10 señal de audio de entrada y una señal de parámetro, en el que la señal de parámetro comprende una indicación de una frecuencia de desplazamiento y una indicación de un parámetro de densidad de energía, comprendiendo el procedimiento:

la generación (810) de una señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda que comprende una banda de
15 alta frecuencia, en el que la banda de alta frecuencia de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda es generada por una modulación de banda lateral única de la señal de audio de entrada (502) en base a la frecuencia de desplazamiento y el parámetro de densidad de energía para obtener la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda, en el que el generador de parche (501) está configurado para llevar a cabo la modulación de banda lateral única en un dominio de tiempo con una interpolación y/o filtración para cada paso de tiempo;

20

la combinación (830) de la señal de alta frecuencia de extensión de ancho de banda y la señal de audio de entrada (502) para obtener una señal de audio extendida en ancho de banda; y

el suministro (840) de la señal de audio extendida en ancho de banda.

25

12. Un programa informático con un código de programa para efectuar el procedimiento según una de las reivindicaciones 10 u 11, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador o un microcontrolador.

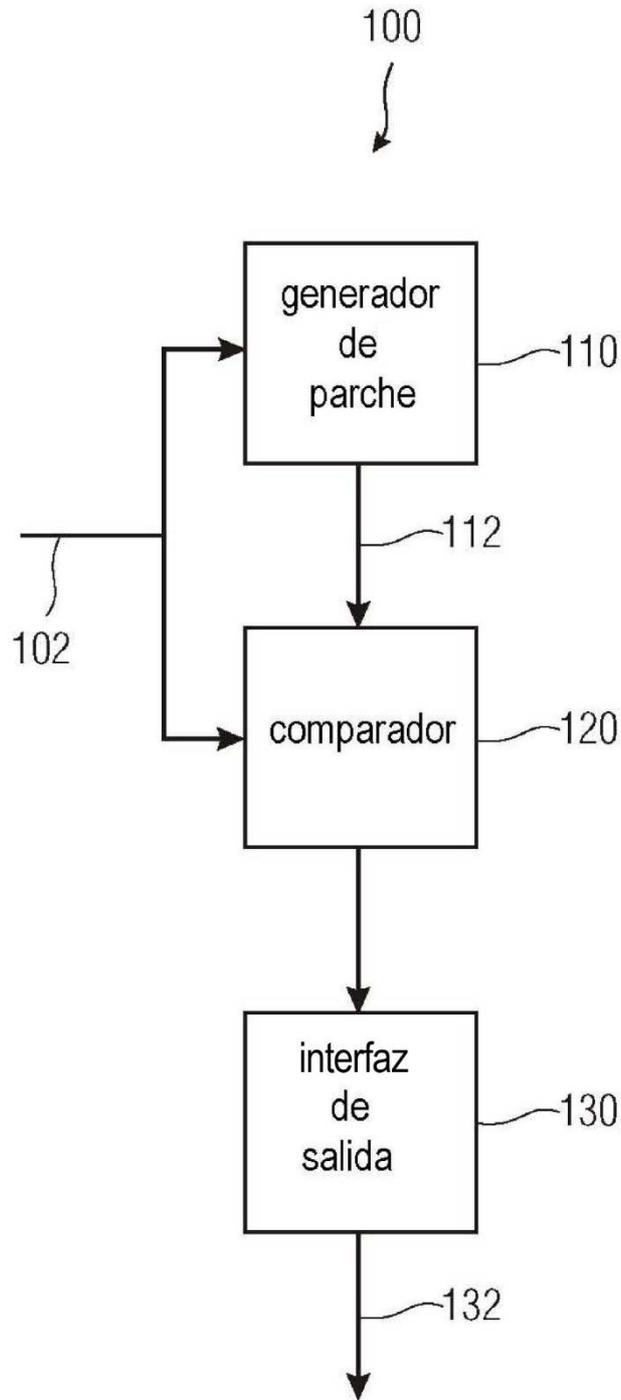


FIG 1

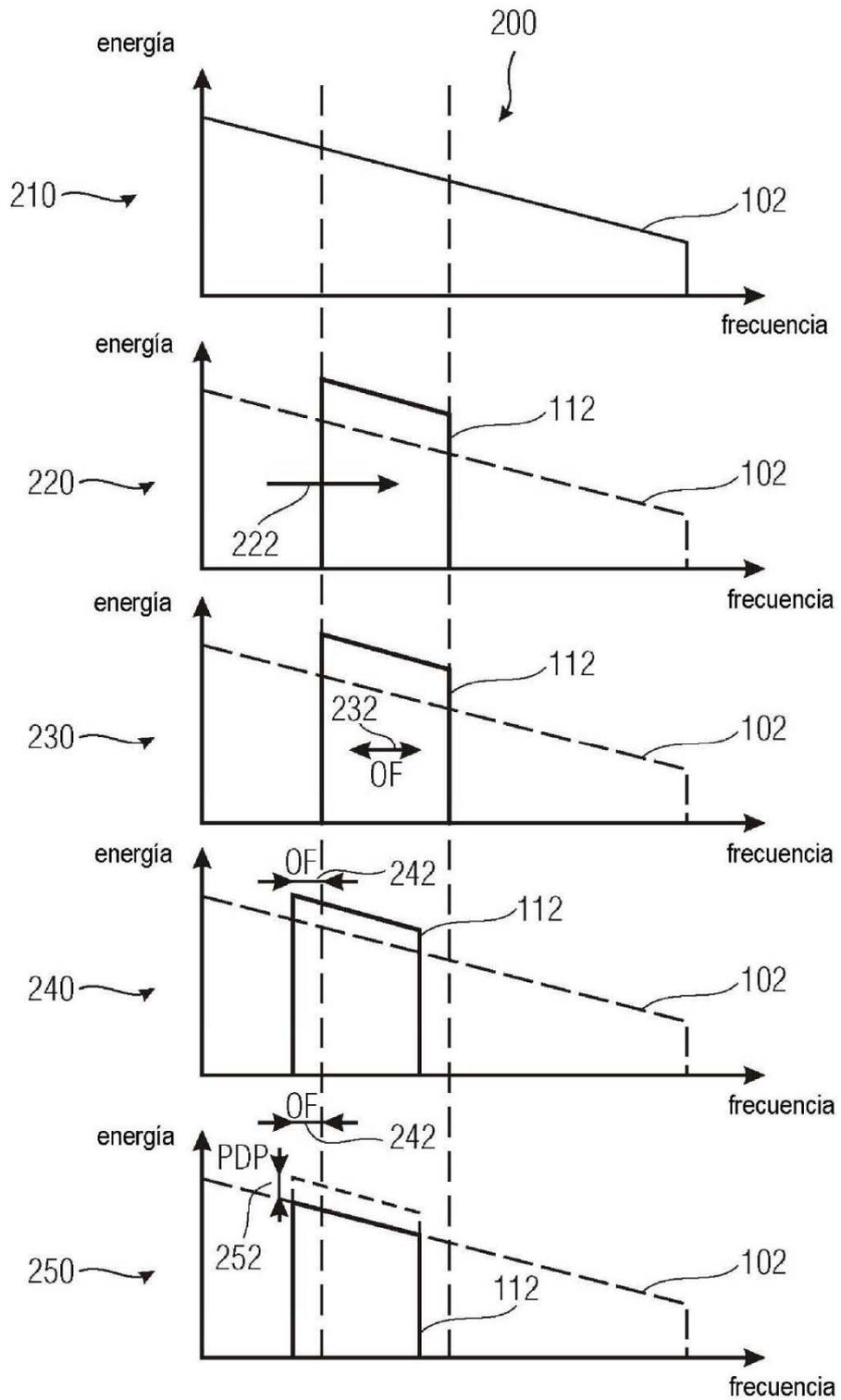


FIG 2

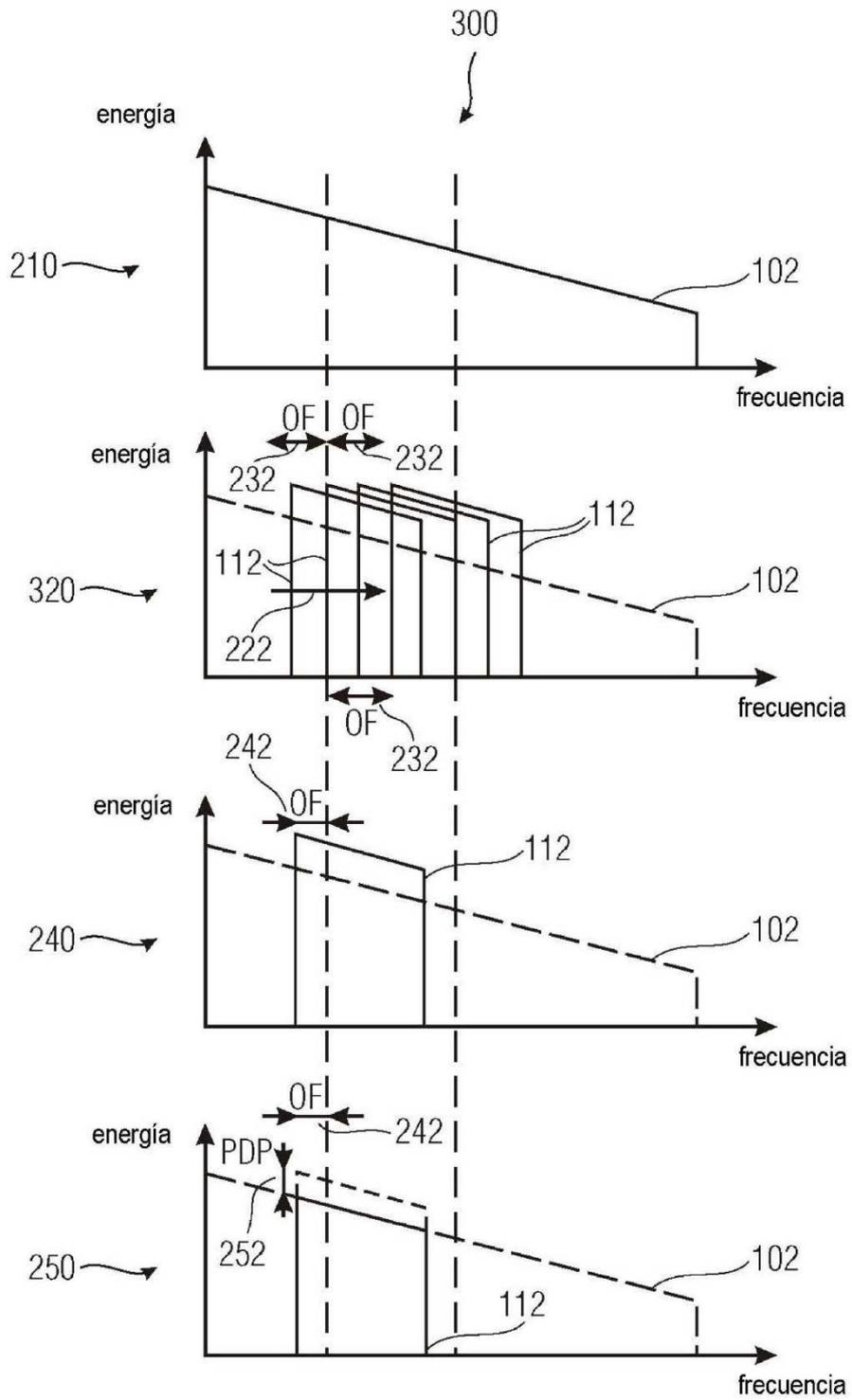


FIG 3

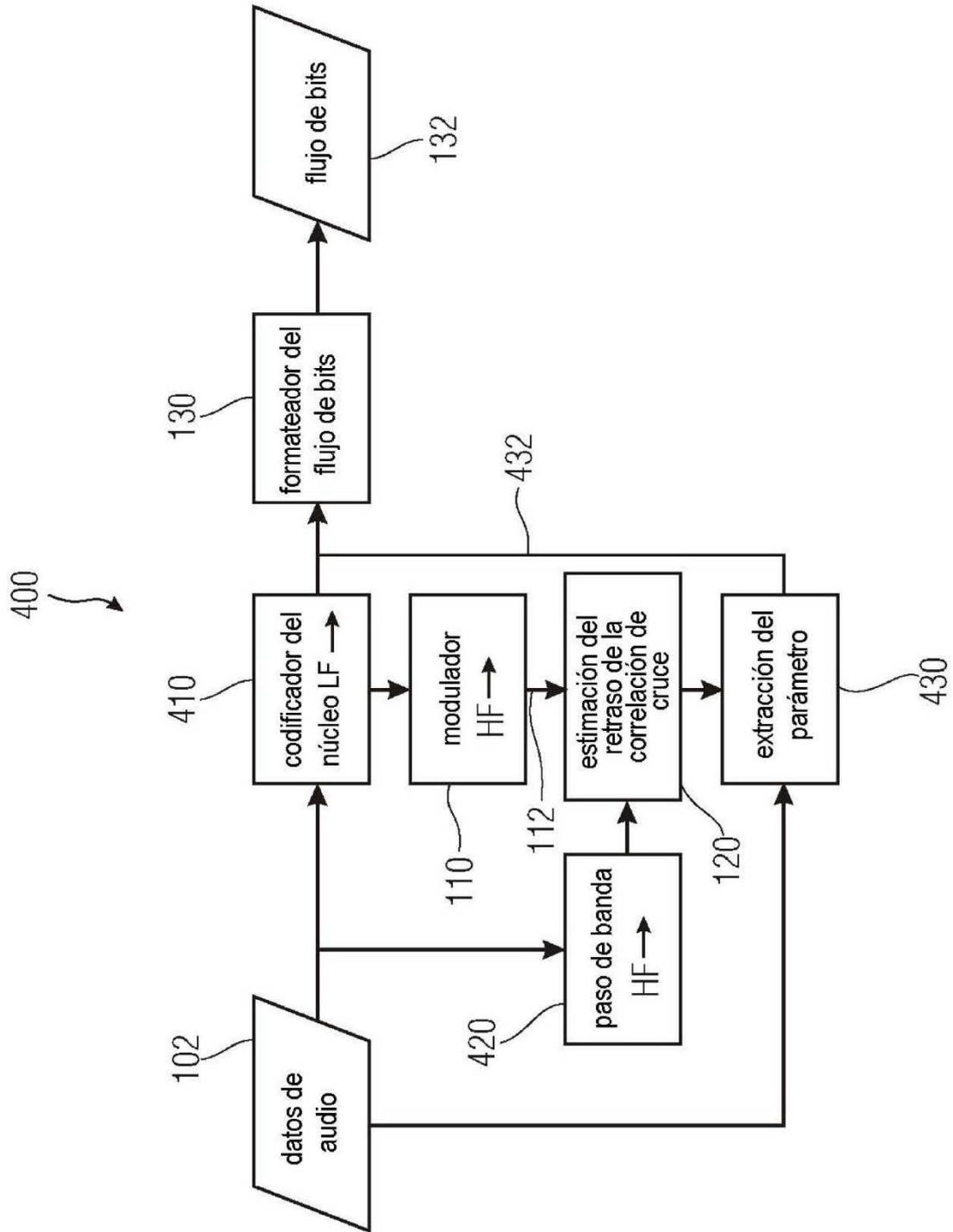


FIG 4

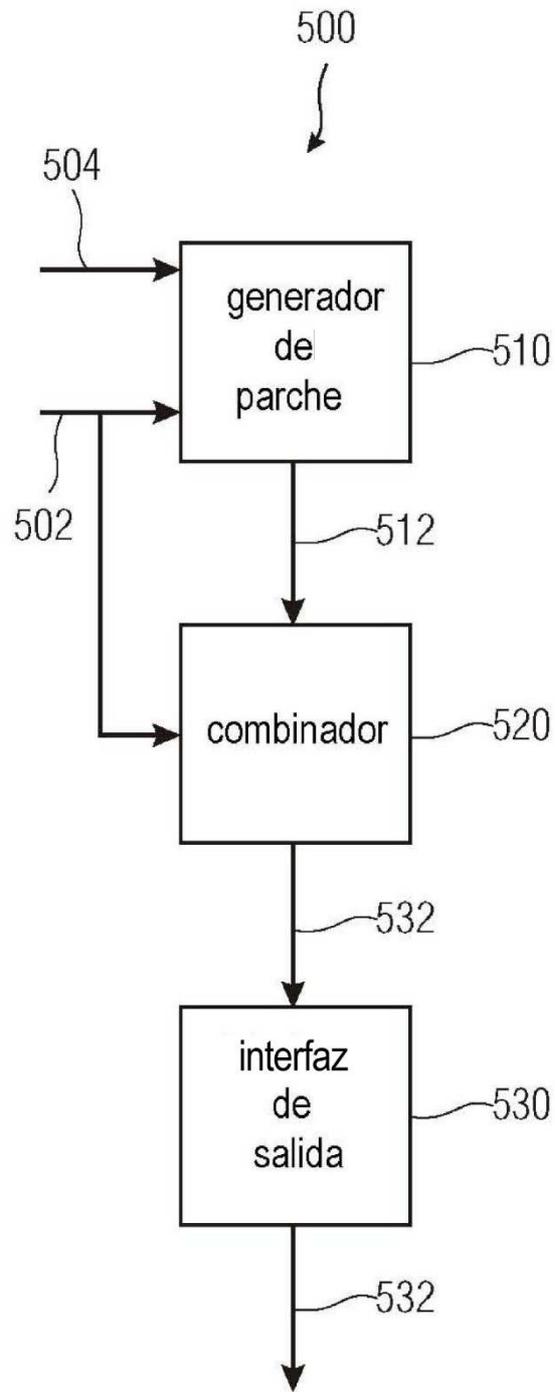


FIG 5

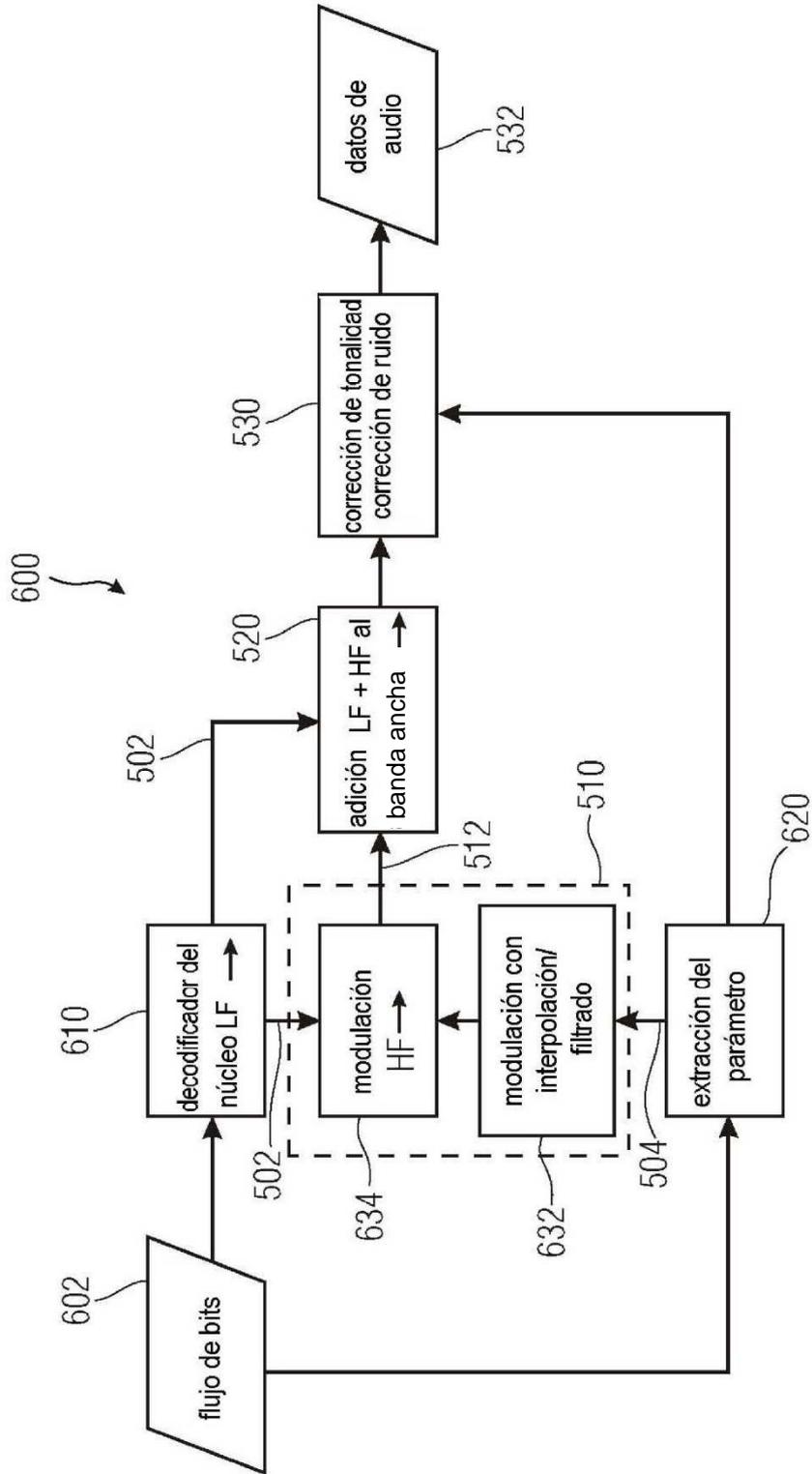


FIG 6

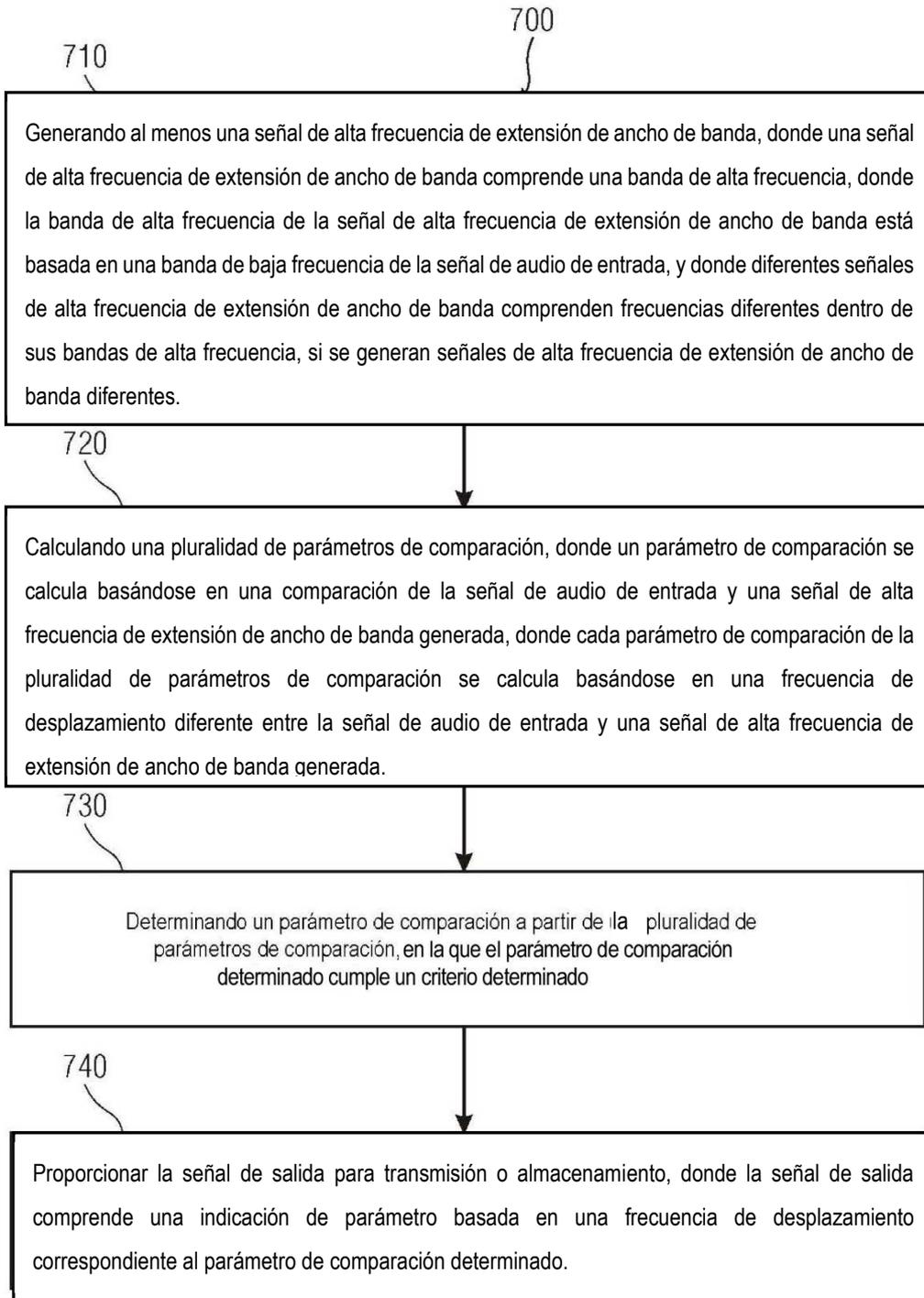


FIG 7

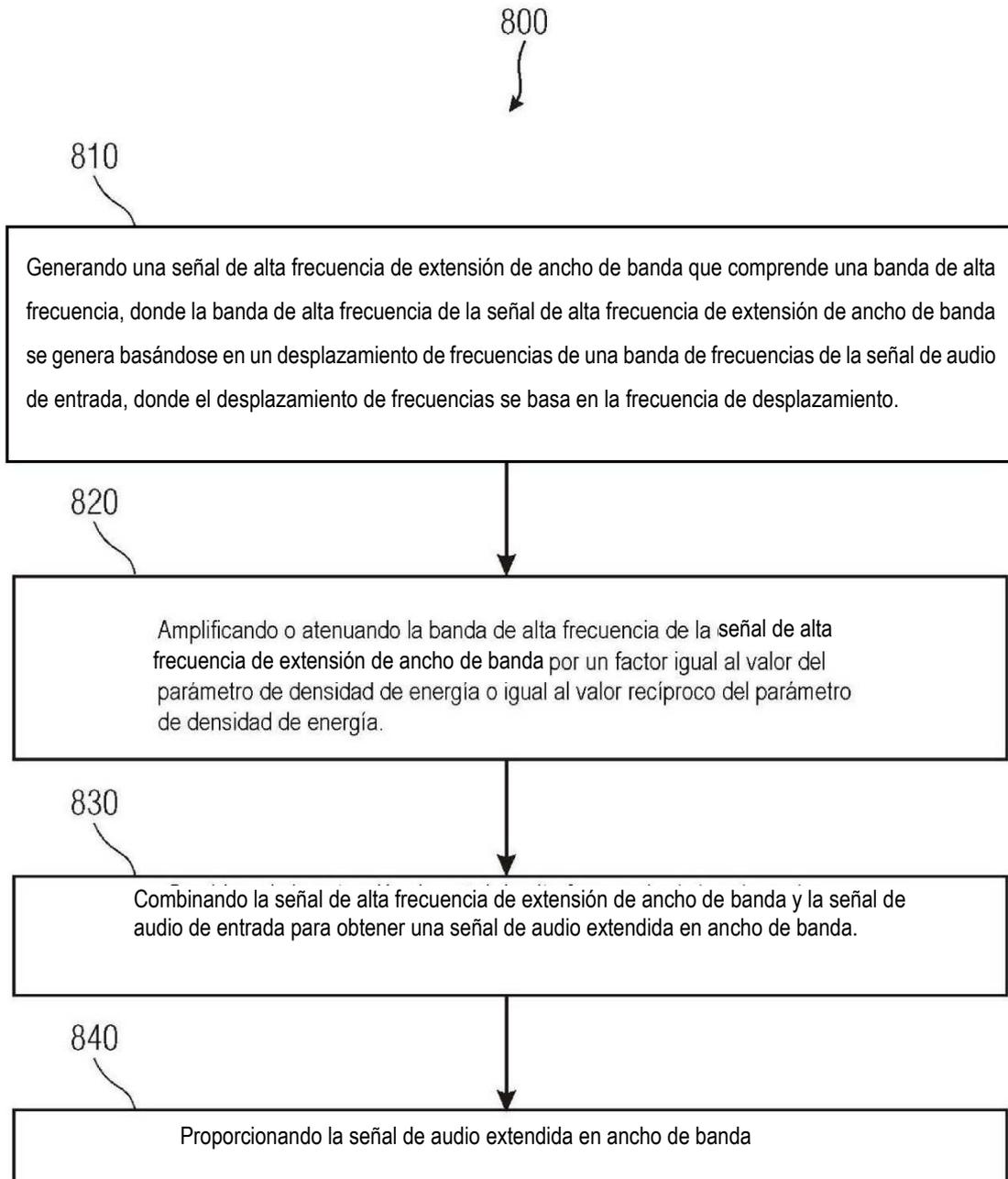


FIG 8

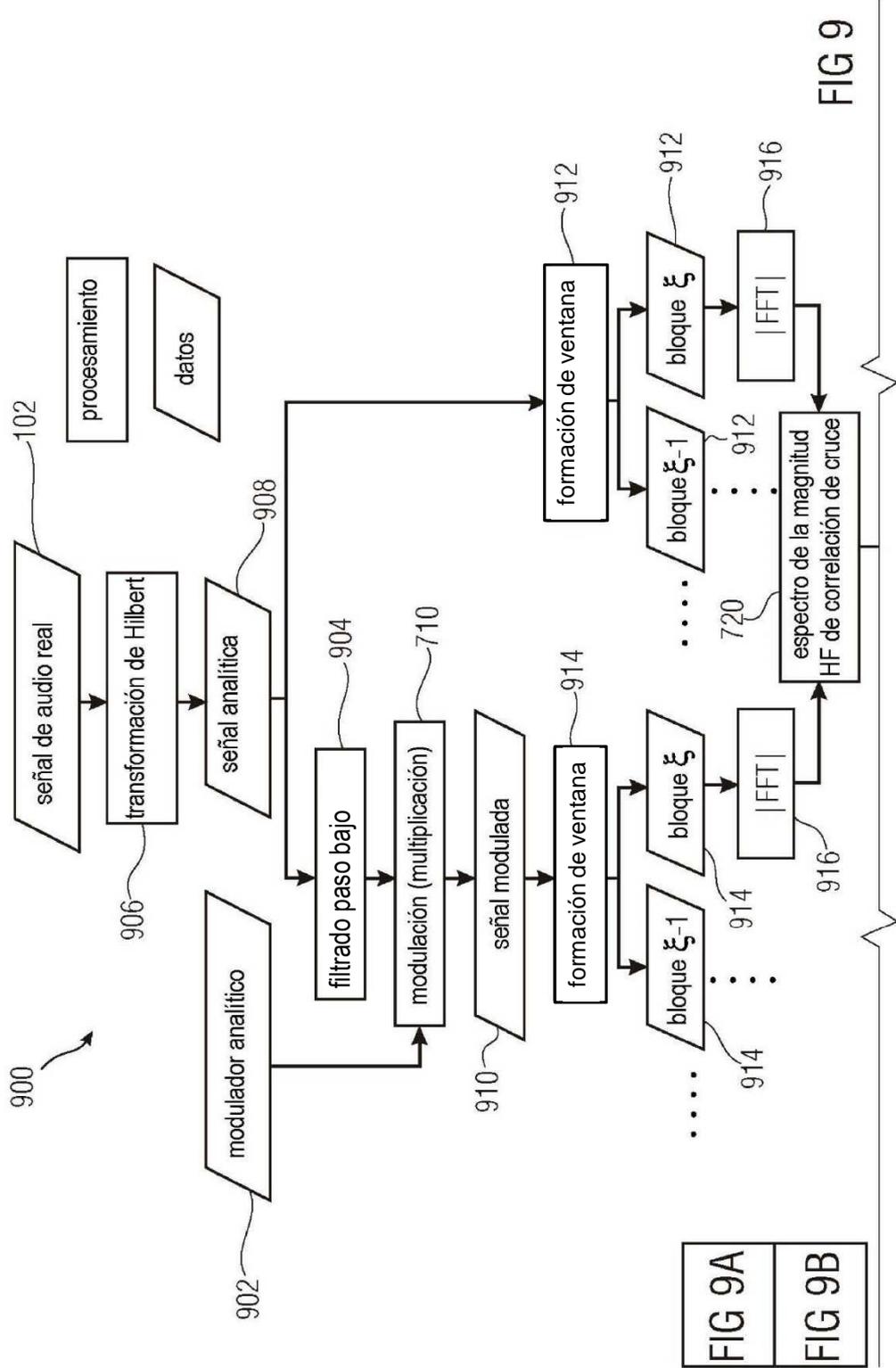


FIG 9

FIG 9A
FIG 9B

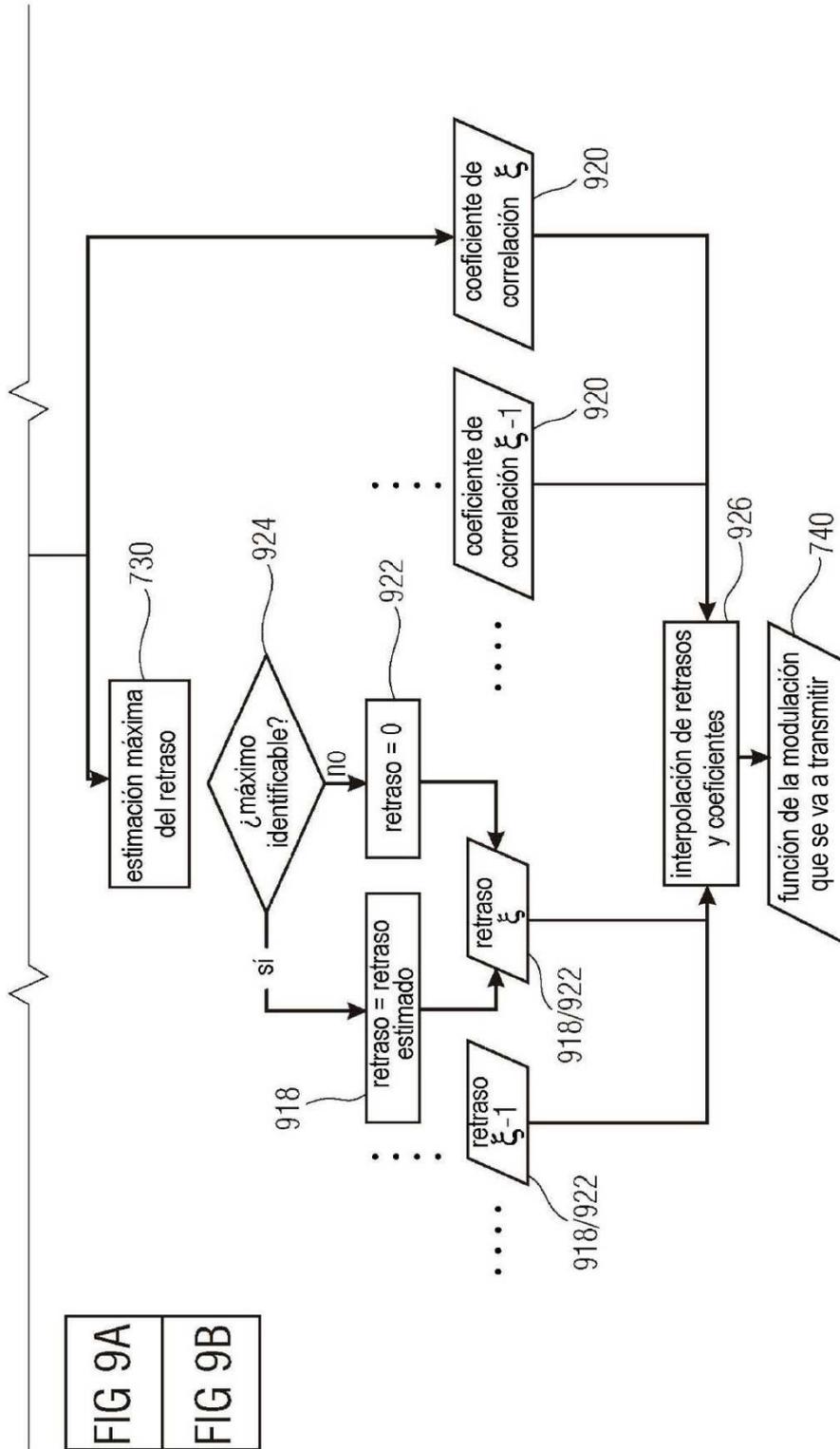


FIG 9B

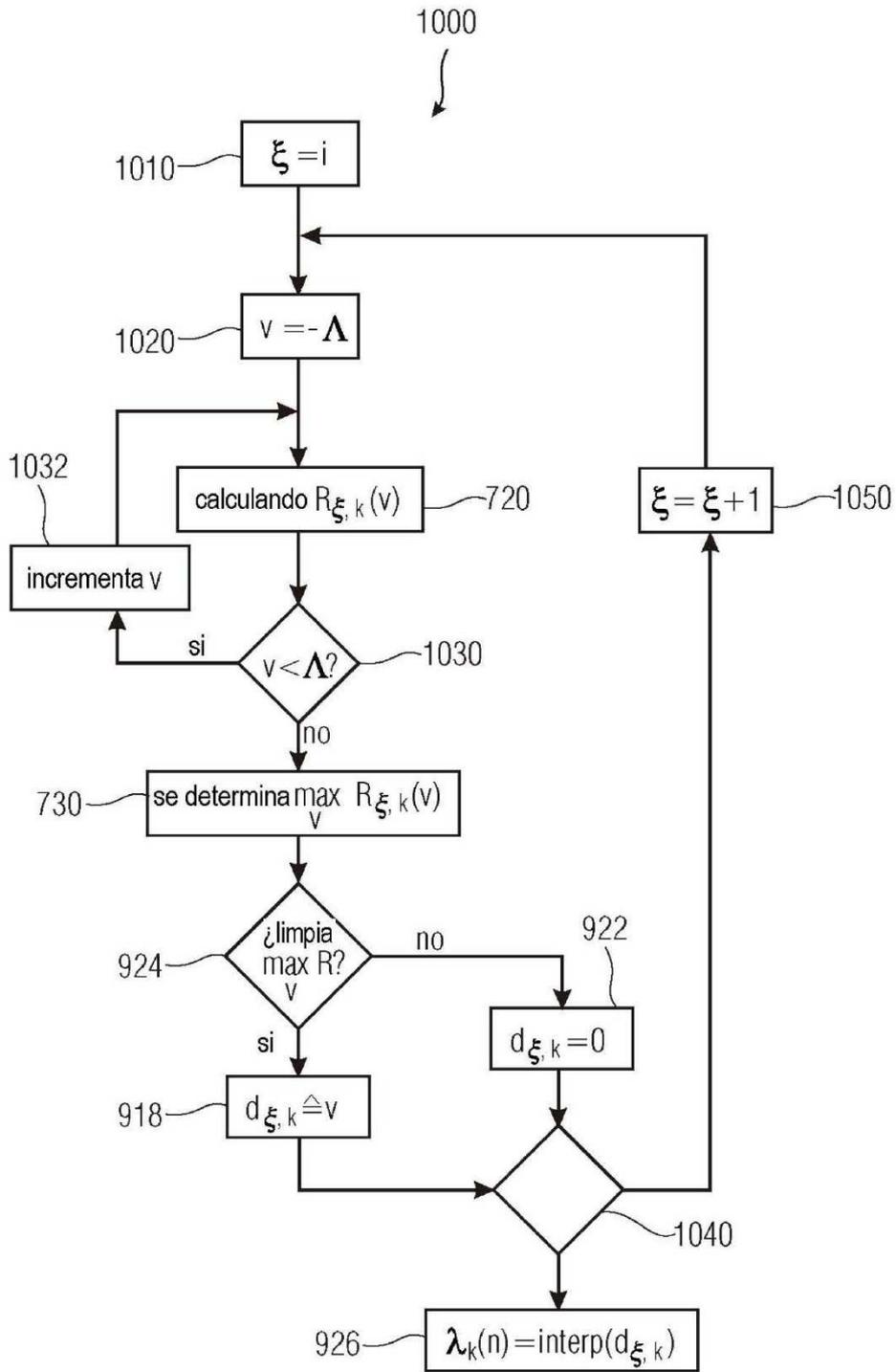


FIG 10

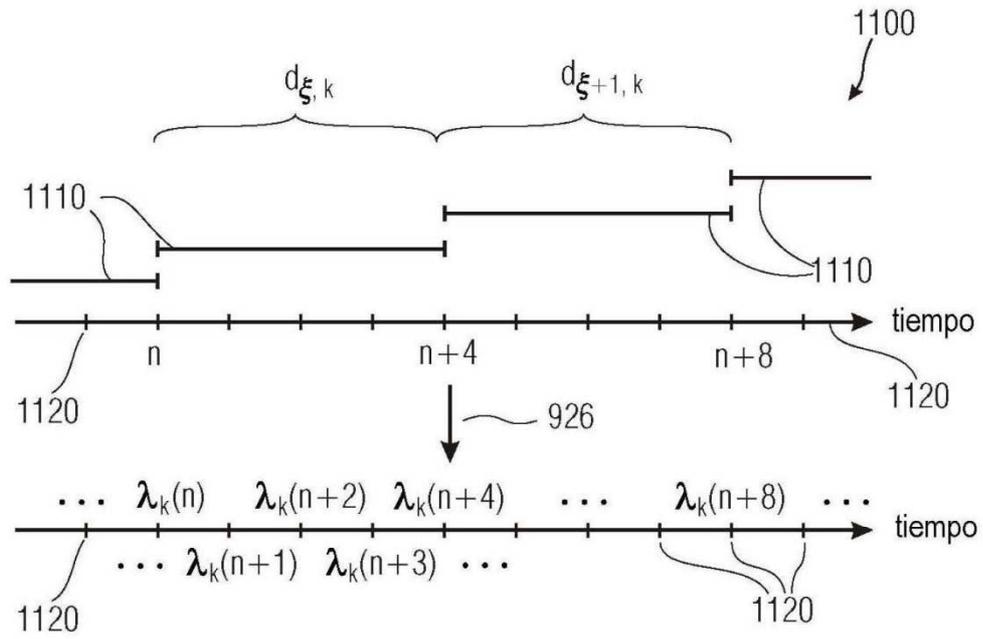


FIG 11A

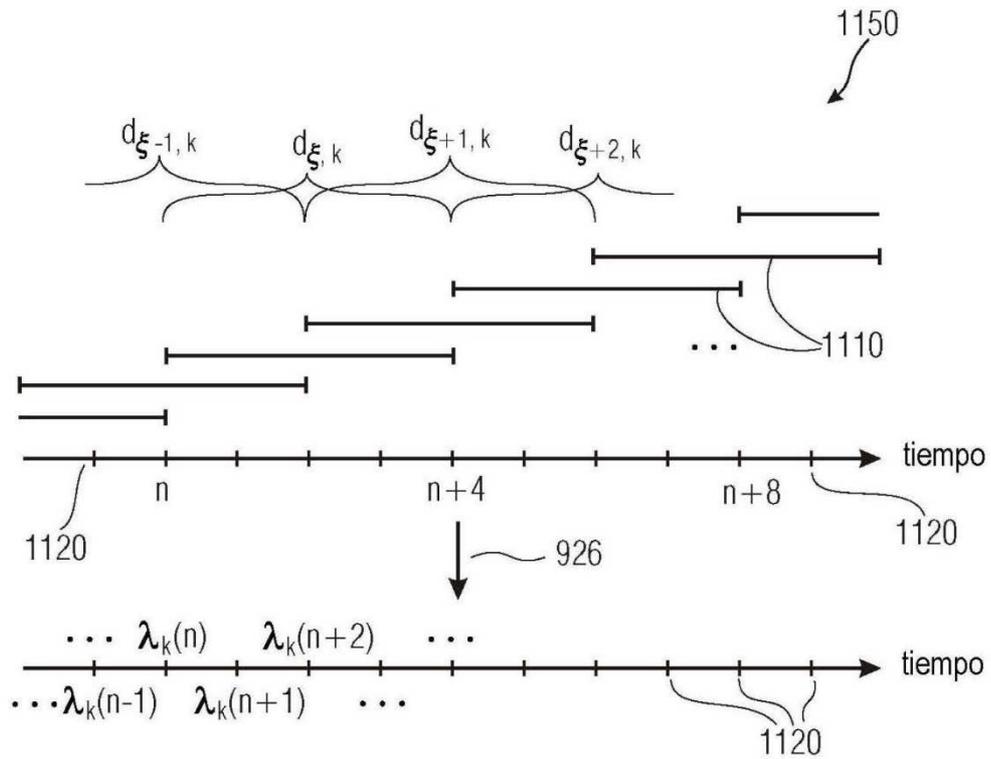


FIG 11B

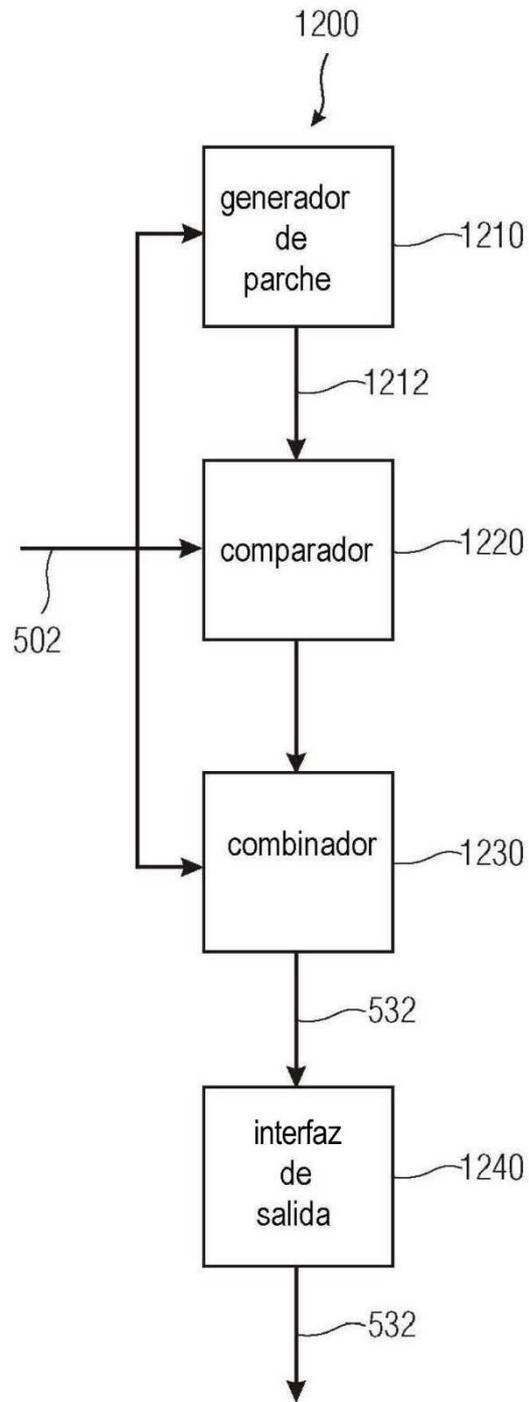


FIG 12

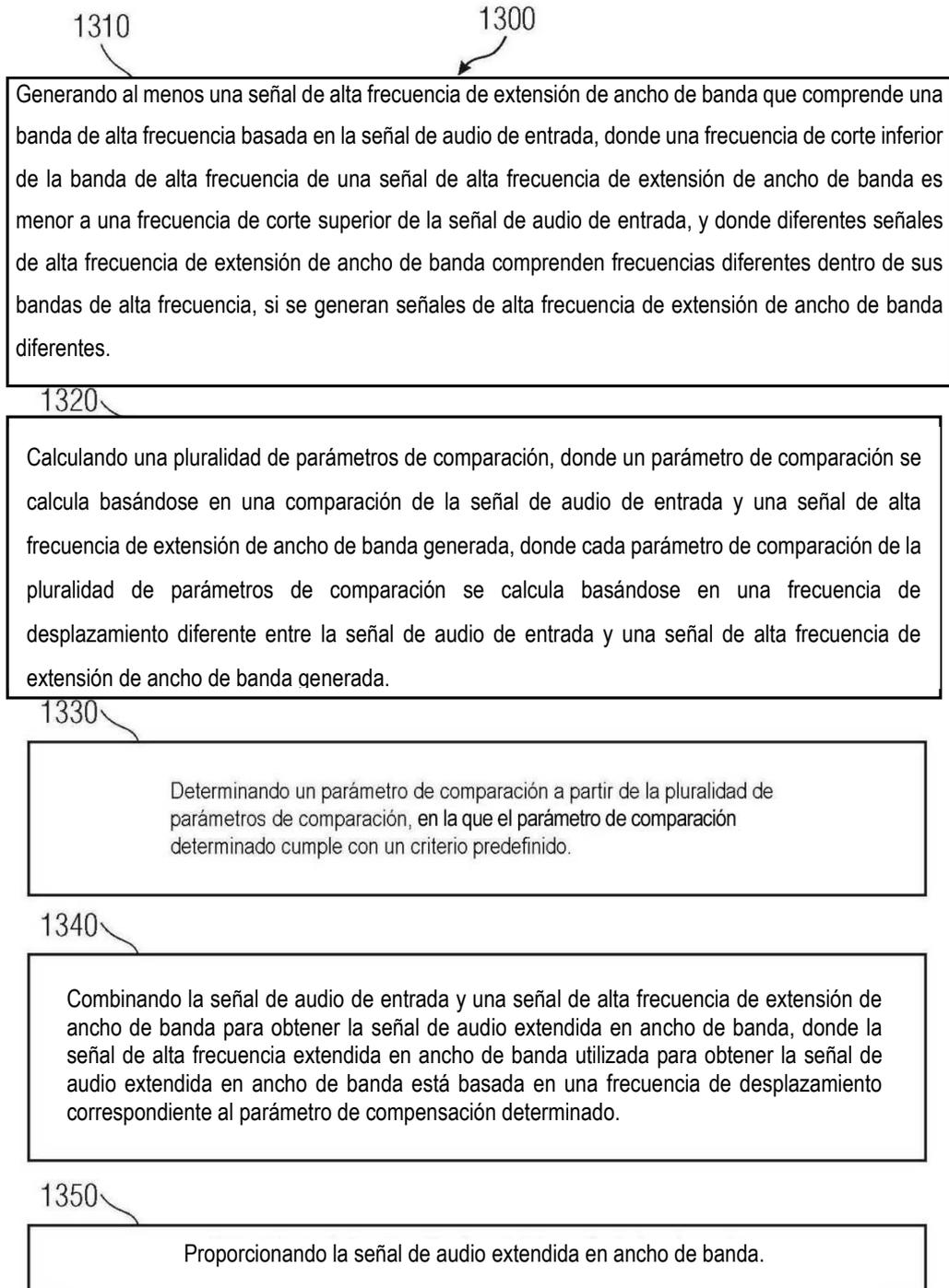


FIG 13

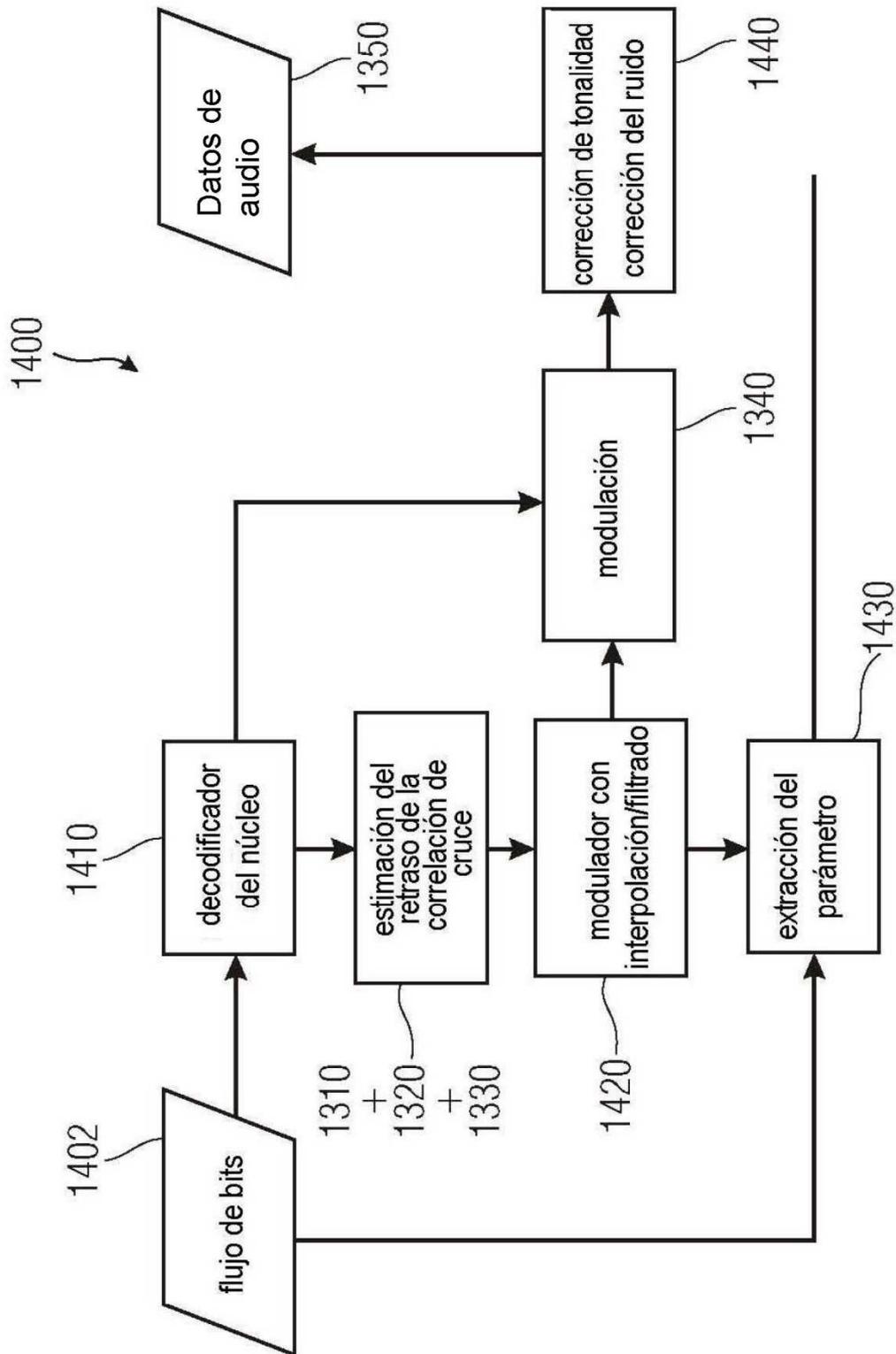


FIG 14

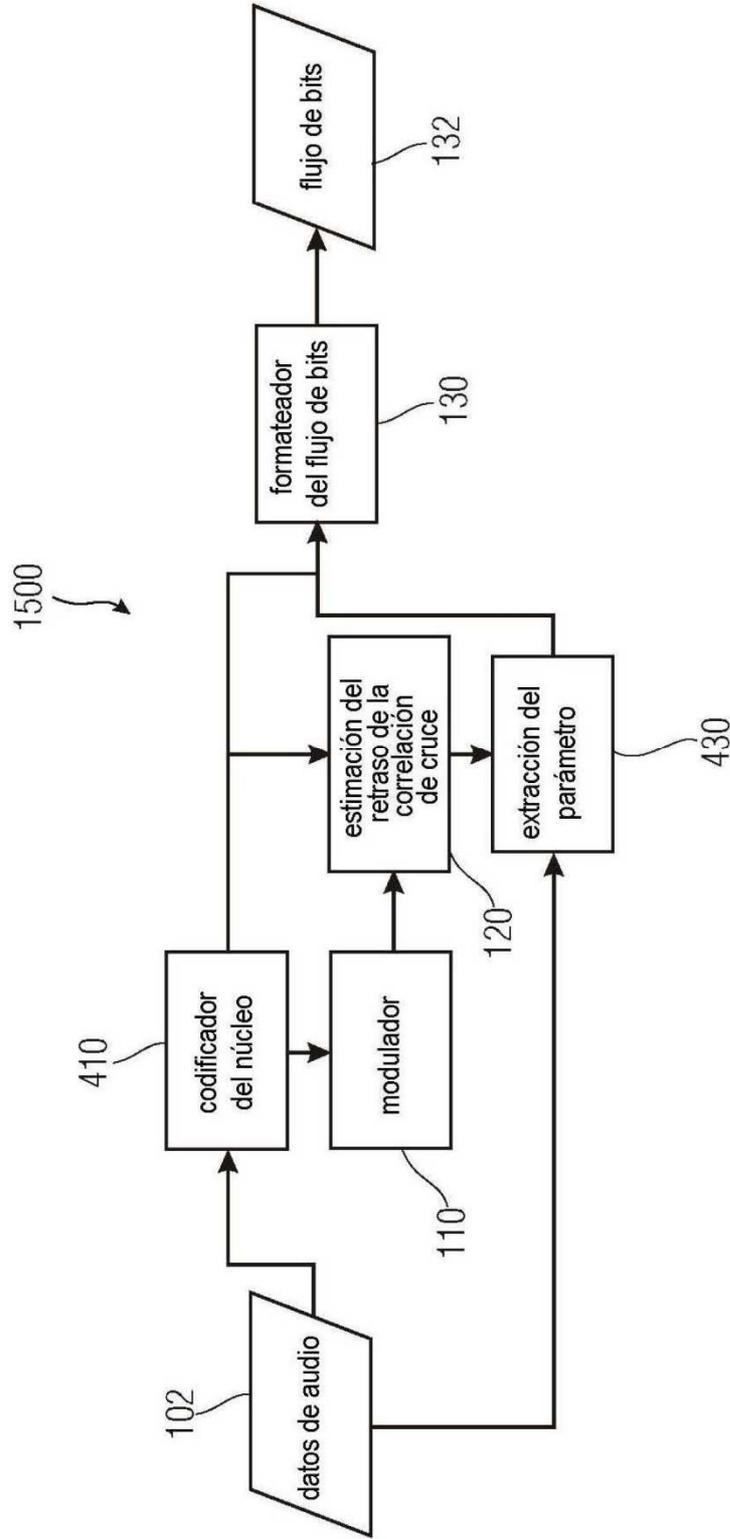


FIG 15

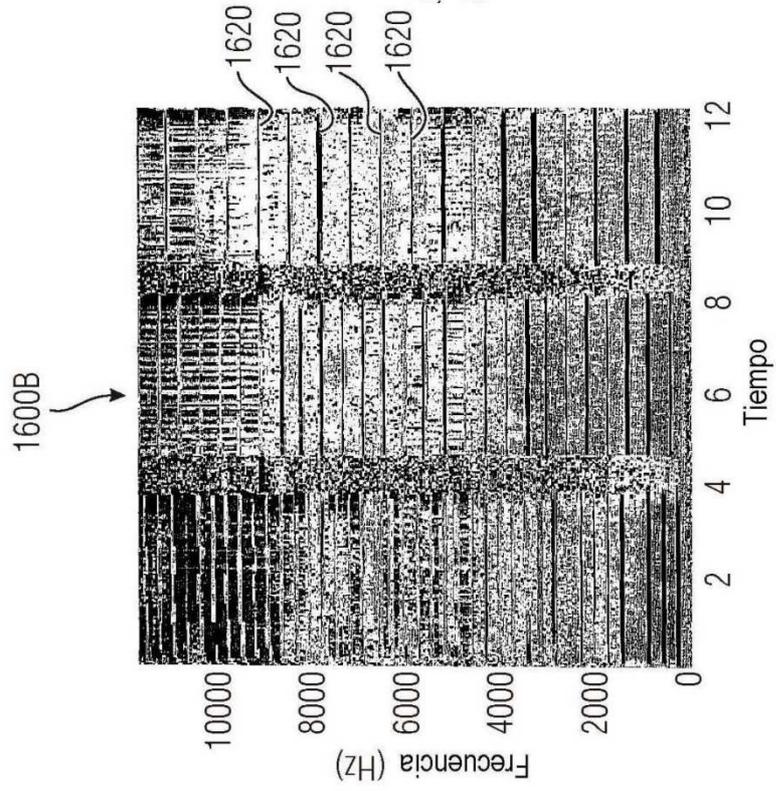


FIG 16B

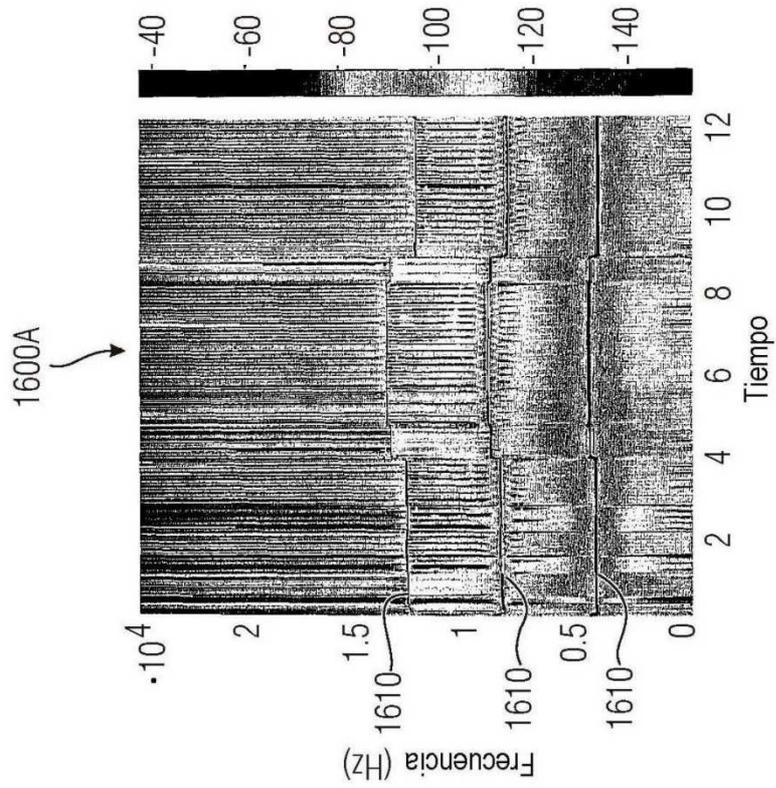


FIG 16A

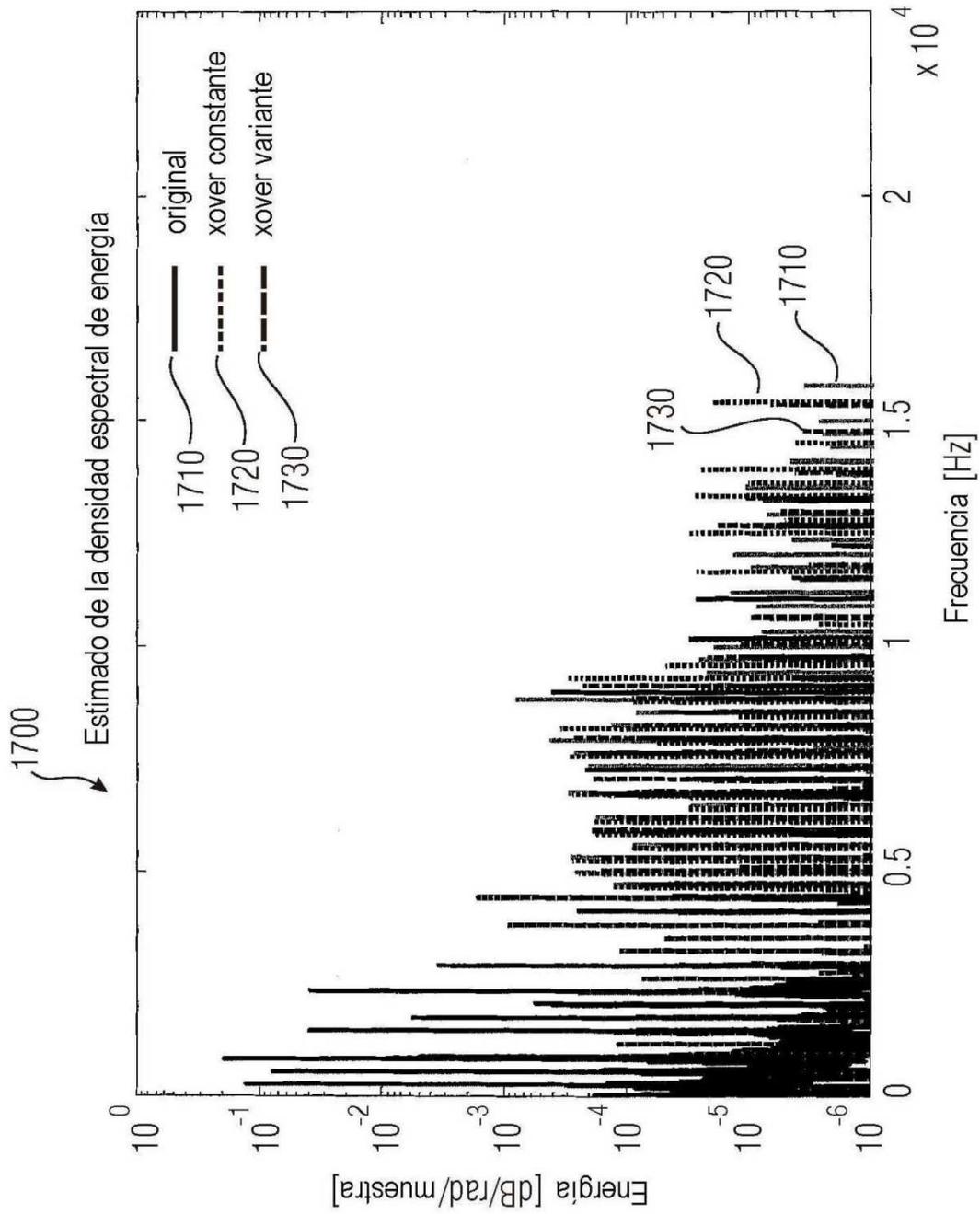


FIG 17

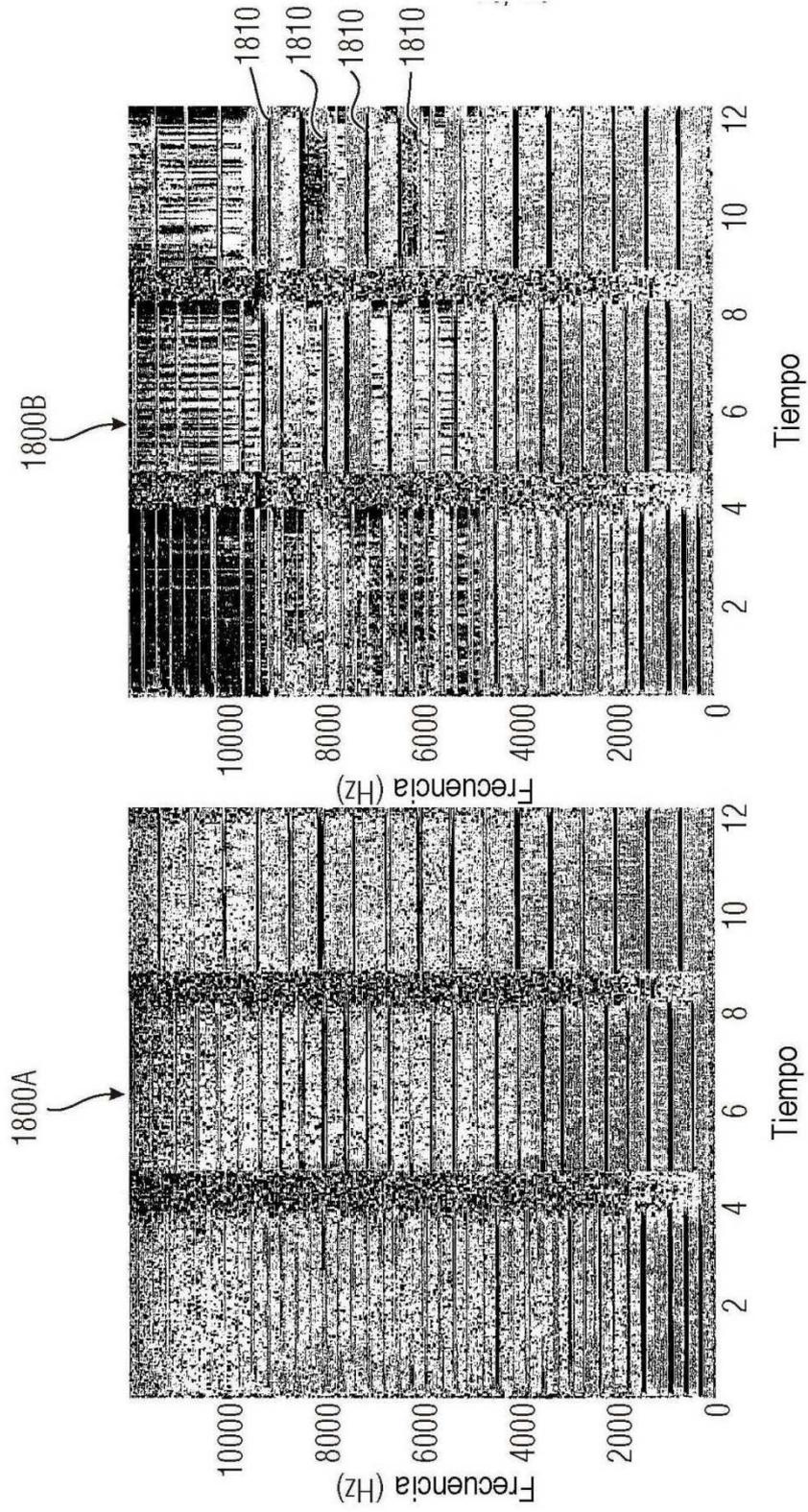


FIG 1800A

FIG 1800B