

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 977**

51 Int. Cl.:

G10L 19/12 (2013.01)

G10L 19/26 (2013.01)

G10L 19/06 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.01.2014 PCT/EP2014/051592**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.08.2014 WO14118156**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.01.2014 E 14702511 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.03.2017 EP 2951819**

54 Título: **Aparato, procedimiento y medio informático para sintetizar una señal de audio**

30 Prioridad:

29.01.2013 US 201361758098 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.07.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FUCHS, GUILLAUME;
BÄCKSTRÖM, TOM;
GEIGER, RALF;
JAEGERS, WOLFGANG y
RAVELLI, EMMANUEL**

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 626 977 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

Aparato, procedimiento y medio informático para sintetizar una señal de audio

5 **[0001]** La presente invención se refiere al campo de la codificación de audio, más específicamente al campo de sintetizar una señal de audio. Las realizaciones se refieren a la codificación de voz, particularmente a la técnica de codificación de voz denominada codificación predictiva lineal excitada por código (CELP). Las realizaciones proporcionan una estrategia para la compensación de inclinación adaptable en la conformación de los códigos de una CELP en un libro de códigos innovador o fijo.

10 **[0002]** El esquema de codificación CELP es ampliamente utilizado en comunicaciones de habla y es una manera eficaz de codificar el habla. La CELP sintetiza una señal de audio transportando a un filtro predictivo lineal (por ejemplo, un filtro de síntesis LPC $1/A(z)$) la suma de dos excitaciones. Una excitación procede del pasado decodificado, que se llama el libro de códigos adaptable, y la otra contribución procede de un libro de códigos fijo o
 15 innovador que está poblado de códigos fijos. Un problema con el esquema de codificación CELP es que a velocidades de bits bajas el libro de códigos innovador no está suficientemente poblado para modelar eficazmente la estructura fina de la voz de modo que la calidad perceptual se degrada y la señal de salida sintetizada suena ruidosa.

20 **[0003]** Para mitigar los artefactos de la codificación ya se han propuesto diferentes soluciones que se describen en la referencia [1] y en la referencia [2]. En estas referencias, los códigos del libro de códigos innovador son conformados adaptablemente y espectralmente mejorando las regiones espectrales correspondientes a los formantes de la trama actual de la señal de audio. Las posiciones formantes y las formas pueden deducirse directamente de los coeficientes LPC que son coeficientes disponibles tanto en el codificador como en el
 25 descodificador. La mejora del formante de los códigos $c(n)$ del libro de códigos innovador se realiza mediante una simple operación de filtrado:

$$c(n) * f_e(n).$$

30 **[0004]** En este proceso de filtrado $f_e(n)$ es la respuesta a un impulso del filtro que tiene la siguiente función de transferencia:

$$F_e(z) = \frac{A(1/w1)}{A(1/w2)}$$

35 donde $w1$ y $w2$ son dos constantes de ponderación que enfatizan más o menos la estructura formánica de la función de transferencia $F_e(z)$. Los códigos conformados resultantes del libro de códigos innovador heredan una característica de la señal de voz y la señal sintetizada suena menos ruidosa.

[0005] En el esquema de codificación CELP también es habitual añadir una inclinación espectral a los
 40 códigos del libro de códigos innovador, lo cual se hace filtrando los códigos del libro de códigos innovador como sigue:

$$F_t(z) = 1 - \beta z^{-1}.$$

45 **[0006]** El factor β está relacionado con la sonorización de la trama de audio anterior, y la sonorización puede estimarse a partir de la contribución de energía desde el libro de códigos adaptable. Por ejemplo, si la trama anterior es de voz, se espera que la trama actual también será de voz y que los códigos tendrán más energía en las frecuencias bajas, es decir, el espectro tiene una inclinación negativa.

50 **[0007]** Es un objetivo de la presente invención proporcionar una estrategia mejorada para sintetizar una señal de audio.

[0008] Este objetivo se consigue mediante un aparato según la reivindicación 1 con un procedimiento según

la reivindicación 15.

[0009] La presente invención proporciona un aparato para sintetizar una señal de audio que comprende una unidad de procesamiento configurada para aplicar una inclinación espectral al código del libro de códigos usado para sintetizar una trama actual de la señal de audio, en la que la inclinación espectral se basa en la inclinación espectral de la trama actual de la señal de audio.

[0010] La presente invención proporciona un aparato para sintetizar una señal de audio que comprende una unidad de procesamiento configurada para aplicar una inclinación espectral al código del libro de códigos usado para sintetizar una trama actual de la señal de audio, en la que la inclinación espectral se basa en la inclinación espectral de la trama actual de la señal de audio.

[0011] La inclinación espectral de la trama actual de la señal de audio se determina sobre la base de la información de la envolvente espectral para la trama actual de la señal de audio en la que la información de la envolvente espectral puede definirse mediante coeficientes LPC. Esto es ventajoso ya que permite determinar la inclinación espectral de la trama actual en base a la información fácilmente disponible tanto en el codificador como en el decodificador, concretamente, los coeficientes LPC.

[0012] La inclinación espectral determinada se aplica al código respectivo filtrando el código del libro de códigos en base a una función de transferencia que incluye la inclinación espectral. Esto es ventajoso ya que mediante un simple proceso de filtrado se puede conseguir la mejora.

[0013] Los inventores de la presente solicitud descubrieron que la síntesis de una señal de audio se puede mejorar adicionalmente tanto a bajas como a altas velocidades de bits aprovechando la naturaleza de la inclinación espectral de la señal de audio al sintetizar la señal para mejorar la ganancia de la codificación alcanzable. Según realizaciones, la presente invención proporciona una codificación de voz, por ejemplo utilizando la técnica de codificación de voz CELP, que permite aumentar la ganancia de codificación de la CELP, mejorando de este modo la calidad perceptual de la señal descodificada o sintetizada. La estrategia de la invención se basa en que los inventores han encontrado que esta mejora se puede lograr adaptando la inclinación espectral de los códigos de un libro de códigos, por ejemplo, los códigos del libro de códigos innovador de la CELP, como una función de la inclinación espectral de la señal de entrada real actualmente procesada. La estrategia de la invención es ventajosa ya que, además de la ganancia de codificación mejorada, a velocidades de bits bajas, en las que el libro de códigos innovador no está suficientemente poblado para modelar eficazmente la estructura fina del habla, también permite una mejora adicional del formante. A velocidades de bits más altas, en las que el libro de códigos innovador está suficientemente poblado, la aplicación de la estrategia de la invención aumentará la ganancia de codificación. Más específicamente, a velocidades de bits más altas, la mejora del formante puede no ser necesaria, ya que el libro de códigos innovador es lo suficientemente grande para modelar adecuadamente la estructura fina del habla y mejorar aún más el formante hará que el sonido de la señal sintetizada sea demasiado sintético. Sin embargo, los códigos óptimos no son espectralmente planos y añadir una inclinación espectral aumentará la ganancia de codificación. Según realizaciones, la inclinación óptima para aplicar a los códigos del libro de códigos innovador se estima con mayor precisión, más específicamente está correlacionada con la inclinación de la trama actual de la señal de entrada.

[0014] Según realizaciones adicionales, la inclinación espectral de la trama actual de la señal de audio, sobre la base de los coeficientes LPC, puede determinarse sobre la base de una respuesta a un impulso infinito truncado del filtro de síntesis LPC. Según realizaciones, el truncamiento puede determinarse por el tamaño del libro de códigos innovador, es decir, por el número de códigos en el libro de códigos innovador. Esta estrategia es ventajosa ya que permite relacionar directamente la determinación de la inclinación espectral con el tamaño real del libro de códigos innovador.

[0015] Según otras realizaciones, la respuesta a un impulso infinito puede ser de un filtro de síntesis de LPC que tiene una función de transferencia no ponderada o una función de transferencia ponderada. El uso de la función de transferencia no ponderada permite una determinación simplificada de la inclinación espectral, mientras que la utilización de la función de transferencia ponderada es ventajosa ya que permite una inclinación espectral que tiene una pendiente más próxima a la inclinación óptima.

[0016] Según otra realización más, la inclinación espectral de la trama actual puede combinarse con un factor relacionado con la sonorización de la trama anterior de la señal de audio, por ejemplo filtrando el código del libro de códigos en base a una función de transferencia que incluye la inclinación espectral y el factor. Esta estrategia es

ventajosa ya que proporciona la posibilidad de obtener una estimación aún mejor de la inclinación óptima.

[0017] La presente invención proporciona un descodificador de audio que comprende el aparato de la invención para sintetizar una señal de audio.

[0018] La presente invención proporciona un descodificador de audio para descodificar una señal de audio en la que el descodificador de audio está configurado para aplicar una inclinación espectral al código del libro de códigos usado para sintetizar una trama actual de la señal de audio, en la que la inclinación espectral se basa en la inclinación espectral de la trama actual de la señal de audio.

[0019] La presente invención proporciona un codificador para codificar una señal de audio, en el que el codificador de audio está configurado para determinar, a partir de una inclinación espectral de una trama actual de la señal de audio, una inclinación espectral para un código de un libro de códigos que representa una trama actual de la señal de audio.

[0020] La presente invención proporciona un sistema que comprende el descodificador de audio de la invención y el codificador de audio de la invención.

[0021] La presente invención proporciona un medio informático no transitorio que almacena instrucciones para llevar a cabo, cuando se ejecutan en un ordenador, el procedimiento de la invención y sintetizar una señal de audio. Las realizaciones de la presente invención se describirán más en detalle con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La Fig. 1 muestra una representación esquemática del aparato de la invención para sintetizar una señal de audio según una primera realización;

la Fig. 2 muestra un diagrama de bloques simplificado de un sintetizador de señales según una segunda realización de la invención y que funciona en base al esquema CELP;

la Fig. 3 muestra un diagrama de bloques simplificado de un sintetizador de señales según una realización adicional de la presente invención, aplicando de nuevo el esquema de codificación CELP que incorpora la sonorización de una trama anterior;

la Fig. 4 muestra una realización de un descodificador, por ejemplo un descodificador del habla que funciona según las enseñanzas de la presente invención; y

la Fig. 5 muestra una realización de un codificador, por ejemplo un codificador del habla que funciona según las enseñanzas de la presente invención; y

[0022] A continuación, se describirán las realizaciones de la estrategia de la invención. Se observa que, en la descripción subsiguiente, los elementos / etapas similares son referidos con los mismos signos de referencia.

[0023] La Fig. 1 muestra una representación esquemática del aparato de la invención para sintetizar una señal de audio según una primera realización. El aparato 100 recibe en una entrada 102 una señal codificada, por ejemplo una señal de audio codificada como una señal de voz. Para decodificar la señal de audio, el aparato 100 comprende un libro de códigos 104 que incluye una pluralidad de códigos. Para sintetizar la señal, al procesar una trama actual, sobre la base de la señal codificada recibida en la entrada 102, se selecciona un código o palabra de código apropiado del libro de códigos 104 y se suministra hacia el sintetizador o filtro de síntesis 106. Según la presente invención, el aparato comprende la unidad de procesamiento 108 que determina, en base a la inclinación espectral de la trama actual de la señal de audio, es decir, la trama de la señal de audio procesada actualmente por el aparato 100, una inclinación espectral aplicada al código $c(n)$ leído del libro de códigos 104, tal como se representa esquemáticamente en 110. El código modificado $c(n) \cdot Y$ se aplica al filtro de síntesis 106 que genera, sobre la base del código modificado, una señal sintetizada que se proporciona a la salida 112 del aparato 100. La unidad de procesamiento 108 determina la inclinación espectral en base a la información de la envolvente espectral de la trama actual, por ejemplo, los coeficientes de filtro para el filtro de síntesis 106 que están disponibles en el aparato 100.

[0024] Según otras realizaciones, se describirá una compensación de inclinación adaptable para los códigos de conformación de un libro de códigos innovador CELP. La Fig. 2 muestra un diagrama de bloques simplificado de un sintetizador de señales 200 según una segunda realización de la invención y que funciona en base al esquema CELP; Según el esquema CELP, el sintetizador 200 incluye un libro de códigos 202 fijo o innovador y un libro de códigos adaptable 204. En función de la señal codificada, para una trama actual que se procesa actualmente con el sintetizador 200, se emite un código a partir de los respectivos libros de códigos 202 y 204. El sintetizador 200 comprende un sumador o combinador 206 que combina los códigos recibidos de los respectivos libros de códigos 202 y 204. La salida del sumador 206 está conectada a un filtro de síntesis LPC 208 para sintetizar la señal de audio real y emitirla en una salida 210. Según las realizaciones, el sintetizador 200 puede incluir un primer amplificador 212 que multiplica una contribución del libro de códigos fijos 202 por una ganancia de código deseada. Adicionalmente, se puede proporcionar un segundo amplificador 214 que multiplica la contribución del libro de códigos adaptable 204 de acuerdo con una ganancia de tono como la contribución del libro de códigos adaptable que modela el tono del habla. Según otra realización también se puede proporcionar un almacenamiento de los coeficientes LPC 216, como una memoria o similar, para almacenar los coeficientes LPC que están disponibles en el decodificador que incluye el sintetizador 200. Los coeficientes LPC se suministran al filtro de síntesis 208 para proporcionar el filtro de síntesis LPC deseado.

[0025] El sintetizador 200 incluye el filtro 218 que está conectado entre el libro de códigos fijos 202 y el primer amplificador 212. El filtro 218 recibe del almacenamiento 216 los coeficientes LPC para la trama actual. Mediante la estructura de la invención, la inclinación de la trama de audio que se procesa actualmente se recupera de los coeficientes LPC ya transmitidos y que se almacenan en el almacenamiento 216. Según la realización de la Fig. 2, se supone que $f_s(n)$ es la respuesta a un impulso del filtro de síntesis LPC 208 que tiene la función de transferencia $F_s(z) = 1/A(z)$, y la inclinación se determina de la siguiente manera con el filtro 218:

$$\gamma = - \sum_{n=0}^N \frac{f_s(n+1)f_s(n)}{f_s^2(n)}$$

donde N es el tamaño del truncamiento de la respuesta a un impulso infinito $f_s(n)$. Según una realización, N es igual al tamaño del libro de códigos innovador, es decir, N es igual al número de códigos o palabras de código almacenados en el libro de códigos innovador. La inclinación espectral se aplica, según la realización de la Fig. 2, al código $c(n)$ recuperado del libro de códigos fijos 202 mediante una operación de filtrado proporcionada en el filtro 218. La operación de filtrado se define de la siguiente manera:

$$c(n) * f_{t1}(n),$$

donde $f_{t1}(n)$ es la respuesta a un impulso de la siguiente función de transferencia:

$$F_{t1}(z) = 1 - \gamma z^{-1}.$$

[0026] La realización de la Fig. 2 es ventajoso ya que permite mejorar la calidad perceptiva de la señal decodificada mejorando la ganancia de codificación. La mejora de la ganancia de codificación se consigue filtrando una palabra de código o código recuperado del libro de códigos fijos 202 mediante una función de transferencia que incluye una inclinación espectral que se determina en base a la respuesta a un impulso de la función de transferencia del filtro de síntesis LPC 208.

[0027] Según una tercera realización, para mejorar aún más la inclinación espectral y estar más cerca de una inclinación óptima, es decir, estar más cerca de la inclinación real de la trama actual de la señal de entrada, el filtro de síntesis LPC 208 tiene la siguiente función de transferencia:

$$F_e(z) = \frac{A(1/w1)}{A(1/w2)}$$

con $w1 = 0,8$ y $w2 = 0,9$. En este caso, la inclinación espectral se define de la siguiente manera:

$$\gamma = - \sum_{n=0}^N \frac{f_e(n+1)f_e(n)}{f_e^2(n)}$$

5

[0028] Las constantes de ponderación $w1$ y $w2$ se utilizan para controlar la dinámica de la envolvente espectral. Por ejemplo, si $w1 = 0$ y $w2 = 1$, entonces $F_e(z)$ sigue muy de cerca la envolvente de señal verdadera. La inclinación espectral resultante y presentará una dinámica alta y puede fluctuar demasiado. Esto puede ser una solución para velocidades de bits muy bajas en las que el libro de códigos carece definitivamente de una estructura inclinada. Sin embargo, se encontró que perceptivamente es mejor deducir la inclinación espectral y a partir de una versión suave de la envolvente espectral. Se encontró que se conseguía un buen suavizado con los valores anteriores $w1 = 0,8$ y $w2 = 0,9$, lo que muestra ser una buena solución intermedia para un amplio intervalo de velocidades de bits. Según las realizaciones, $w1$ y $w2$ son dependientes de la velocidad de bits. A velocidades muy altas si el libro de códigos es suficientemente grande y es capaz de modelar cualquier inclinación espectral γ , se puede desactivar la influencia de la inclinación espectral γ estableciendo $w1 = w2 = 1$.

[0029] Cuando se compara con la segunda realización, que produce una inclinación que tiene una inclinación más pronunciada que la inclinación óptima, la tercera realización que usa la función de transferencia "ponderada" proporciona una inclinación que está más próxima a la inclinación real de la trama actual.

[0030] La Fig. 3 muestra un diagrama de bloques simplificado de un sintetizador de señales 200' según una cuarta realización de la presente invención, aplicando de nuevo el esquema de codificación CELP; Cuando se compara con las realizaciones descritas con respecto a la Fig. 2, la realización descrita con respecto a la Fig. 3 aplica adicionalmente el factor mencionado anteriormente relacionado con la sonorización de una trama anterior. Como puede verse en la Fig. 3, la estructura del sintetizador 200' es sustancialmente la misma que la estructura del sintetizador 200 de la Fig. 2, excepto que además se proporciona un estimador de la sonorización 220 que recibe la salida del amplificador 214 y las contribuciones combinadas de los libros de códigos innovadores y adaptables emitidos con el sumador 206. El estimador de la sonorización emite una señal al filtro 280 de modo que el código o palabra de código obtenidos a partir del libro de códigos innovador 202 se modifica en base a una inclinación determinada (véase la Fig. 2 y la descripción anterior) combinada con un factor de sonorización. Más específicamente, según la realización de la Fig. 3, la inclinación espectral determinada se combina con el factor β que se relaciona con la sonorización de la trama anterior. La estrategia descrita con respecto a la Fig. 3 es ventajosa ya que permite obtener una estimación aún mejor de la inclinación para aplicar a la palabra de código cuando se compara con las realizaciones descritas con respecto a las Figs. 1 y 2. La modificación del código o de la conformación del código puede considerarse de nuevo como una operación de filtrado usando una función de transferencia de la siguiente manera:

$$F_{t2}(z) = 1 - (a \cdot \beta + b \cdot \gamma)z^{-1}$$

40

donde a y b son constantes. En una realización preferida $a = 0,5$ y $b = 0,25$. El factor β puede deducirse de la sonorización de una trama anterior de la siguiente manera:

$$\text{sonorización} = \frac{\text{energía (contribución del libro de códigos adaptable)} - \text{energía (contribución del libro de códigos fijos)}}{\text{energía (suma de las contribuciones)}}$$

45

y el factor real β se puede determinar de la siguiente manera:

$$\beta = \text{constante} \cdot (1 + \text{sonorización})$$

[0031] Las constantes a y b se aplican para controlar la mezcla de la inclinación de la sonorización β y la inclinación espectral Y . Tal como se ha mencionado anteriormente con respecto a las constantes de ponderación w_1 y w_2 , para velocidades de bits bajas y medias, puede ser relevante conformar el libro de códigos agudizando las frecuencias bajas o altas en base a la inclinación espectral y . También se observó que, cuanto más se sonoriza la señal, mejor es agudizar las altas frecuencias. Las constantes a y b pueden usarse para normalizar los factores de inclinación β y Y , y ponderar sus fuerzas a fin de combinar los dos efectos como se desee. Según las realizaciones, las constantes a y b pueden encontrarse empíricamente evaluando la calidad perceptiva. Esto da aproximadamente la misma fuerza a ambos factores: Y está acotado entre -1 y 1, por lo que $b \cdot Y$ está entre -0,25 y 0,25 y β está acotado entre 0 y 0,5, de modo que $a \cdot \beta$ está acotado entre 0 y 0,25. En cuanto a las constantes de ponderación w_1 y w_2 , también las constantes a y b pueden hacerse dependientes de la velocidad de bits.

[0032] Según la cuarta realización, la síntesis de audio como se muestra en la Fig. 3 es tal que la contribución de libro de códigos adaptable se multiplica por una ganancia llamada ganancia de tono a medida que la contribución modela el tono del habla. El código innovador se filtra primero con $Ft_2(z)$ para añadir la inclinación espectral al código, en el que la inclinación, como se ha descrito anteriormente, está correlacionada con la inclinación de la trama actual de señal a sintetizar. La salida del filtro 218 se multiplica por la ganancia de código y las dos contribuciones, la contribución multiplicada del libro de códigos adaptable y la contribución modificada multiplicada del libro de códigos innovador se suman con el sumador 206 antes de ser filtradas por el filtro de síntesis y generar la señal de salida sintetizada en la salida 210.

[0033] La Fig. 4 muestra una realización de un descodificador, por ejemplo un descodificador del habla que funciona según las enseñanzas de la presente invención. El descodificador 300 incluye un sintetizador 100, 200, 200' según una de las realizaciones descritas anteriormente. El descodificador tiene una entrada 302 que recibe una señal codificada que es procesada mediante el descodificador y el sintetizador para generar en una salida 304 del decodificador 300 una señal descodificada.

[0034] La Fig. 5 muestra una realización de un codificador, por ejemplo un codificador del habla que funciona según las enseñanzas de la presente invención. El codificador 400 incluye una unidad de procesamiento 402 que codifica una señal de audio. Además, la unidad de procesamiento determina a partir de una inclinación espectral de una trama actual de la señal de audio (por ejemplo, a partir de los coeficientes LPC disponibles en el codificador) la información que representa una inclinación espectral para un código de un libro de códigos en el descodificador que representa una trama actual de la señal de audio. Esta información puede ser transmitida junto con la señal de audio codificada al lado del descodificador, donde se puede aplicar al sintetizar la señal de audio. La inclinación espectral se puede determinar en el codificador de una manera como se ha descrito anteriormente con respecto a las Figs. 1 a 3 y puede aplicarse en el descodificador como se ha descrito anteriormente con respecto a las Figs. 1 a 3. De este modo, las realizaciones de la invención proporcionan el codificador de audio anterior como se muestra en la Fig. 5 junto con un descodificador de audio para descodificar una señal de audio, en el que el descodificador de audio no necesita necesariamente determinar la inclinación espectral, sino que está configurado para aplicar la inclinación espectral recibida desde el codificador al código de un libro de códigos utilizado para sintetizar una señal de audio de la trama actual. Por ejemplo, el descodificador puede tener un sintetizador como el de las Figs. 1 a 3, excepto que la unidad de procesamiento 108 o el filtro 218 reciben la inclinación calculada en, y transmitida desde, el codificador. La inclinación recibida puede almacenarse, por ejemplo, en el almacenamiento 216 o en otro almacenamiento.

[0035] Aunque se han descrito algunos aspectos en el contexto de un aparato, es evidente que estos aspectos también representan una descripción del procedimiento correspondiente, donde un bloque o dispositivo se corresponde con una etapa del procedimiento o una característica de una etapa del procedimiento. De forma análoga los aspectos que se describen en el contexto de una etapa del procedimiento también representan una descripción de un bloque correspondiente o un elemento o característica del aparato correspondiente. Algunos o todas las etapas del procedimiento se pueden ser ejecutar con (o usando) un aparato de hardware, como por ejemplo, un microprocesador, un ordenador programable o un circuito electrónico. En algunas realizaciones, una o más de las etapas más importantes del procedimiento se pueden ejecutar con dicho aparato.

[0036] En función de ciertos requisitos de implementación, las realizaciones de la invención se pueden implementar en hardware o en software. La implementación puede realizarse utilizando un medio de

almacenamiento no transitorio como un medio de almacenamiento digital, por ejemplo un disquete, un DVD, un Blu-Ray, un CD, una ROM, una PROM, una EPROM, una EEPROM o una memoria FLASH, que tiene señales de control legibles electrónicamente y almacenadas en el mismo, que coopera (o es capaz de cooperar) con un sistema informático programable de manera que se lleve a cabo el procedimiento respectivo. Por lo tanto, el medio de almacenamiento digital puede ser legible mediante ordenador.

5 **[0037]** Algunas realizaciones según la invención comprenden un soporte de datos que tiene señales de control legibles electrónicamente y que son capaces de cooperar con un sistema informático programable, de manera que se lleve a cabo uno de los procedimientos descritos en este documento.

10 **[0038]** En general las realizaciones de la presente invención se pueden implementar como un producto de programa informático con un código de programa, siendo el código de programa operativo para llevar a cabo uno de los procedimientos cuando el producto de programa informático se ejecuta en un ordenador. El código de programa se puede almacenar, por ejemplo, en un soporte legible por máquina.

15 **[0039]** Otras realizaciones comprenden el programa de ordenador para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en este documento almacenado en un soporte legible por máquina.

20 **[0040]** En otras palabras, una realización del procedimiento de la invención es, por lo tanto, un programa informático que tiene un código de programa para realizar uno de los procedimientos descritos en este documento cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

25 **[0041]** Una realización adicional del procedimiento de la invención es, por lo tanto, un soporte de datos (o un medio de almacenamiento digital o un medio legible por ordenador) que comprende, grabado en el mismo, el programa informático para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en este documento. El soporte de datos, el medio de almacenamiento digital o el medio grabado son normalmente tangibles y/o no transitorios.

30 **[0042]** Una realización adicional del procedimiento de la invención es, por lo tanto, un flujo de datos o una secuencia de señales que representan el programa informático para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en este documento. El flujo de datos o la secuencia de señales pueden, por ejemplo, estar configurados para ser transferidos a través de una conexión de comunicación de datos, por ejemplo, a través de Internet.

35 **[0043]** Una realización adicional comprende además un medio de procesamiento, por ejemplo, un ordenador o un dispositivo lógico programable, configurado o programado para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en este documento.

[0044] Una realización adicional comprende un ordenador que tiene instalado en el mismo el programa informático para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en este documento.

40 **[0045]** Una realización adicional según la invención comprende un aparato o un sistema configurado para transferir (por ejemplo, electrónicamente u ópticamente) un programa informático con el fin de llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en el presente documento a un receptor. El receptor puede ser, por ejemplo, un ordenador, un dispositivo móvil, un dispositivo de memoria o algo similar. El aparato o sistema puede, por ejemplo, comprender un servidor de archivos para transferir el programa informático al receptor.

45 **[0046]** En algunas realizaciones se puede utilizar un dispositivo lógico programable (por ejemplo, una matriz de puertas programables por campo) para llevar a cabo algunas o todas las funcionalidades de los procedimientos descritos en este documento. En algunas realizaciones una matriz de puertas programables por campo podrá cooperar con un microprocesador a fin de llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en este documento. En general los procedimientos se llevan a cabo, preferentemente, mediante cualquier aparato de hardware.

50 **[0047]** Las realizaciones anteriormente descritas son meramente ilustrativas de los principios de la presente invención. Se entiende que las modificaciones y variaciones de las disposiciones y los detalles descritos en este documento serán evidentes para otros expertos en la técnica. Es la intención, por lo tanto, de estar limitado solo por el alcance de las reivindicaciones de patente inminentes y no por los detalles específicos presentados a modo de descripción y las explicaciones de las realizaciones de este documento.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para sintetizar una señal de audio que comprende:

5 una unidad de procesamiento (108, 110, 218) configurada para aplicar una inclinación espectral al código de un libro de códigos (104, 202) utilizado para sintetizar una trama actual de la señal de audio, en el que la inclinación espectral se basa en la inclinación espectral de la trama actual de la señal de audio, en el que el aparato está configurado para determinar la inclinación espectral de la trama actual de la señal de audio sobre la base de la información de la envolvente espectral para la trama actual de la señal de audio, y
 10 en el que la unidad de procesamiento (108, 110, 218) está configurada para aplicar la inclinación espectral filtrando el código del libro de códigos (104, 202) en base a una función de transferencia que incluye la inclinación espectral.

2. El aparato de la reivindicación 1, en el que la información de la envolvente espectral está definida por coeficientes LPC y en el que la inclinación espectral γ de la trama actual de la señal de audio se define de la
 15 siguiente manera:

$$\gamma = - \sum_{n=0}^N \frac{f_s(n+1)f_s(n)}{f_s^2(n)}$$

con:

20 $f_s(n)$ la respuesta a un impulso infinito de un filtro de síntesis LPC (106, 208) que tiene la función de transferencia $F_s(z)=1/A(z)$, y N es el tamaño del truncamiento de la respuesta a un impulso infinito $f_s(n)$.

25 3. El aparato de la reivindicación 1 en el que la información de la envolvente espectral está definida por coeficientes LPC y en el que la inclinación espectral y de la trama actual de la señal de audio se define de la siguiente manera:

$$\gamma = - \sum_{n=0}^N \frac{f_e(n+1)f_e(n)}{f_e^2(n)}$$

30 con:

$f_e(n)$ la respuesta a un impulso infinito de un filtro de síntesis LPC (106, 208) que tiene la función de transferencia

35
$$F_e(z) = \frac{A(1/w1)}{A(1/w2)}$$

N es el tamaño del truncamiento de la respuesta a un impulso infinito $f_s(n)$ y $w1, w2$ constantes de ponderación que definen la estructura formánica de la función de transferencia $F_e(z)$.

40 4. El aparato de la reivindicación 2 o 3, en el que N es igual al número de códigos en el libro de códigos (104, 202).

5. El aparato de la reivindicación 1 en el que la función de transferencia que incluye la inclinación
 45 espectral se define de la siguiente manera:

$$F_{t1}(z) = 1 - \gamma z^{-1},$$

con:

γ Inclinación espectral.

5

6. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la unidad de procesamiento (108, 110, 218) está configurada además para combinar la inclinación espectral determinada de la trama actual de la señal de audio con un factor relacionado con la sonorización de la trama anterior de la señal de audio.

10 7. El aparato de la reivindicación 6 en el que el factor relacionado con la sonorización de la trama anterior de la señal de audio se define de la siguiente manera:

$$\beta = \text{constante} \cdot (1 + \text{sonorización})$$

15 con:

$$\text{sonorización} = \frac{\text{energía (contribución del libro de códigos adaptable)} - \text{energía (contribución del libro de códigos fijos)}}{\text{energía (suma de las contribuciones)}}$$

8. El aparato de la reivindicación 6 o 7 en el que la unidad de procesamiento (108, 110, 218) está
20 configurada para aplicar la inclinación espectral filtrando el código del libro de códigos (104, 202) en base a una función de transferencia que incluye la inclinación espectral y el factor relacionado con la sonorización de la trama anterior de la señal de audio.

9. El aparato de la reivindicación 8 en el que la función de transferencia, que incluye la inclinación
25 espectral, se define de la siguiente manera:

$$F_{t2}(z) = 1 - (a \cdot \beta + b \cdot \gamma)z^{-1},$$

con:

30

a, b constantes.

10. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la señal de audio es una señal de voz, en el que la unidad de procesamiento para aplicar la inclinación espectral comprende un filtro (218) y en el que
35 el aparato comprende además:

un libro de códigos adaptable (204),

un libro de códigos fijos (202),

40 el filtro (218) acoplado al libro de códigos fijos (202), estando el filtro (218) configurado para aplicar la inclinación espectral determinada al código del libro de códigos fijos (202) para obtener un código filtrado del libro de códigos fijos (202),

un sumador (206) acoplado al libro de códigos adaptable (204) y al filtro (218), el sumador (206) configurado para combinar un código del libro de códigos adaptable (204) y el código filtrado del libro de códigos fijos (202) para obtener un código combinado, y

45 un filtro de síntesis LPC (208) acoplado al sumador (206).

11. El aparato de la reivindicación 10 que comprende además:

50 un amplificador de ganancia de tono (214) acoplado entre el libro de códigos adaptable (204) y el sumador (206), el amplificador de ganancia de tono (214) configurado para multiplicar el código del libro de códigos adaptable (204) con una ganancia de tono y un amplificador de ganancia de código (212) acoplado entre el filtro (218) y el sumador (206), el amplificador de ganancia de código (212) configurado para multiplicar el código filtrado del libro de códigos fijos (202) con una ganancia de código.

12. El aparato de la reivindicación 10 u 11 que comprende además:

un estimador de la sonorización (220) acoplado al libro de códigos adaptable (204) y al sumador (206), el estimador
5 de la sonorización (220) configurado para emitir un factor relacionado con la sonorización de la trama anterior de la
señal de audio al filtro (218) y
un almacenamiento (216) configurado para almacenar coeficientes LPC que describen información de la envolvente
espectral para la trama actual de la señal de audio, estando el almacenamiento (216) acoplado al filtro (218).

10 13. Un decodificador de audio que comprende un aparato para sintetizar una señal de audio según una
cualquiera de las reivindicaciones 1 o 12.

14. Un sistema que comprende:

15 un decodificador de audio según la reivindicación 13 y
un codificador de audio configurado para determinar, a partir de una inclinación espectral de una trama actual de la
señal de audio, una inclinación espectral para un código de un libro de códigos (104, 202) que representa una trama
actual de la señal de audio.

20 15. Un procedimiento para sintetizar una señal de audio, el procedimiento que comprende:

aplicar una inclinación espectral al código de un libro de códigos (104, 202) utilizado para sintetizar una trama actual
de la señal de audio,
en el que la inclinación espectral se determina en base a la inclinación espectral de la trama actual de la señal de
25 audio, en el que la inclinación espectral de la trama actual de la señal de audio se determina en base a la
información de la envolvente espectral para la trama actual de la señal de audio, y
en el que aplicar la inclinación espectral comprende filtrar el código del libro de códigos (104, 202) en base a una
función de transferencia que incluye la inclinación espectral.

30 16. El procedimiento de la reivindicación 15 en el que la información de la envolvente espectral está
definida por coeficientes LPC y en el que la inclinación espectral y, de la trama actual de la señal de audio se define
de la siguiente manera:

$$\gamma = - \sum_{n=0}^N \frac{f_s(n+1)f_s(n)}{f_s^2(n)}$$

35

con:

$f_s(n)$ la respuesta a un impulso infinito de un filtro de síntesis LPC (106, 208) que tiene la función de transferencia
 $F_s(z) = 1/A(z)$, y

40 N es el tamaño del truncamiento de la respuesta a un impulso infinito $f_s(n)$.

17. El procedimiento de la reivindicación 15 en el que la información de la envolvente espectral está
definida por coeficientes LPC y en el que la inclinación espectral y, de la trama actual de la señal de audio se define
de la siguiente manera:

45

$$\gamma = - \sum_{n=0}^N \frac{f_e(n+1)f_e(n)}{f_e^2(n)}$$

con:

$f_e(n)$ la respuesta a un impulso infinito de un filtro de síntesis LPC (106, 208) que tiene la función de transferencia

50

$$F_e(z) = \frac{A(1/w1)}{A(1/w2)}$$

N es el tamaño del truncamiento de la respuesta a un impulso infinito $f_s(n)$ y

$w1, w2$ constantes de ponderación que definen la estructura formánica de la función de transferencia $F_e(z)$.

5

18. El procedimiento de la reivindicación 16 o 17 en el que N es igual al número de códigos en el libro de códigos (104, 202).

19. El procedimiento de la reivindicación 15 en el que la función de transferencia que incluye la inclinación espectral se define de la siguiente manera:

10

$$F_{t1}(z) = 1 - \gamma z^{-1},$$

con:

15 γ Inclinación espectral.

20. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 19 que además comprende combinar la inclinación espectral determinada de la trama actual de la señal de audio con un factor relacionado con la sonorización de la trama anterior de la señal de audio.

20

21. El procedimiento de la reivindicación 20 en el que el factor relacionado con la sonorización de la trama anterior de la señal de audio se determina de la siguiente manera:

$$\beta = \text{constante} \cdot (1 + \text{sonorización})$$

25

con:

$$\text{sonorización} = \frac{\text{energía (contribución del libro de códigos adaptable)} - \text{energía (contribución del libro de códigos fijos)}}{\text{energía (suma de las contribuciones)}}$$

30 22. El procedimiento de la reivindicación 20 o 21 en el que aplicar la inclinación espectral comprende filtrar el código del libro de códigos (104, 202) en base a una función de transferencia que incluye la inclinación espectral y el factor relacionado con la sonorización de la trama anterior de la señal de audio.

23. El procedimiento de la reivindicación 22 en el que la función de transferencia que incluye la inclinación espectral y se determina de la siguiente manera:

35

$$F_{t2}(z) = 1 - (a \cdot \beta + b \cdot \gamma)z^{-1},$$

con:

40

a, b constantes.

24. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 23, en el que la señal de audio es una señal de voz y en el que la síntesis de la señal de audio para una trama de la señal de audio comprende:

45

aplicar la inclinación espectral determinada al código de un libro de códigos fijos (202) para obtener un código filtrado del libro de códigos fijos (202),

combinar un código de un libro de códigos adaptable (204) y el código filtrado del libro de códigos fijos (202) para obtener un código combinado, y

50 filtrar el código combinado mediante un filtro de síntesis LPC (208).

25. El procedimiento de la reivindicación 24 que comprende además multiplicar el código del libro de códigos adaptable (204) con una ganancia de tono y multiplicar el código filtrado del libro de códigos fijos (202) con una ganancia de código.

5

26. El procedimiento de la reivindicación 24 o 25 que comprende además:

en base al código del libro de códigos adaptable (204) y el código combinado, generar un factor relacionado con la sonorización de la trama anterior de la señal de audio, y

10 almacenar coeficientes LPC que describen información de la envolvente espectral para la trama actual de la señal de audio.

27. Un medio informático no transitorio que almacena instrucciones para llevar a cabo, cuando se ejecutan en un ordenador, un procedimiento para sintetizar una señal de audio tal como se define en cualquiera de las

15 reivindicaciones 15 a 26.

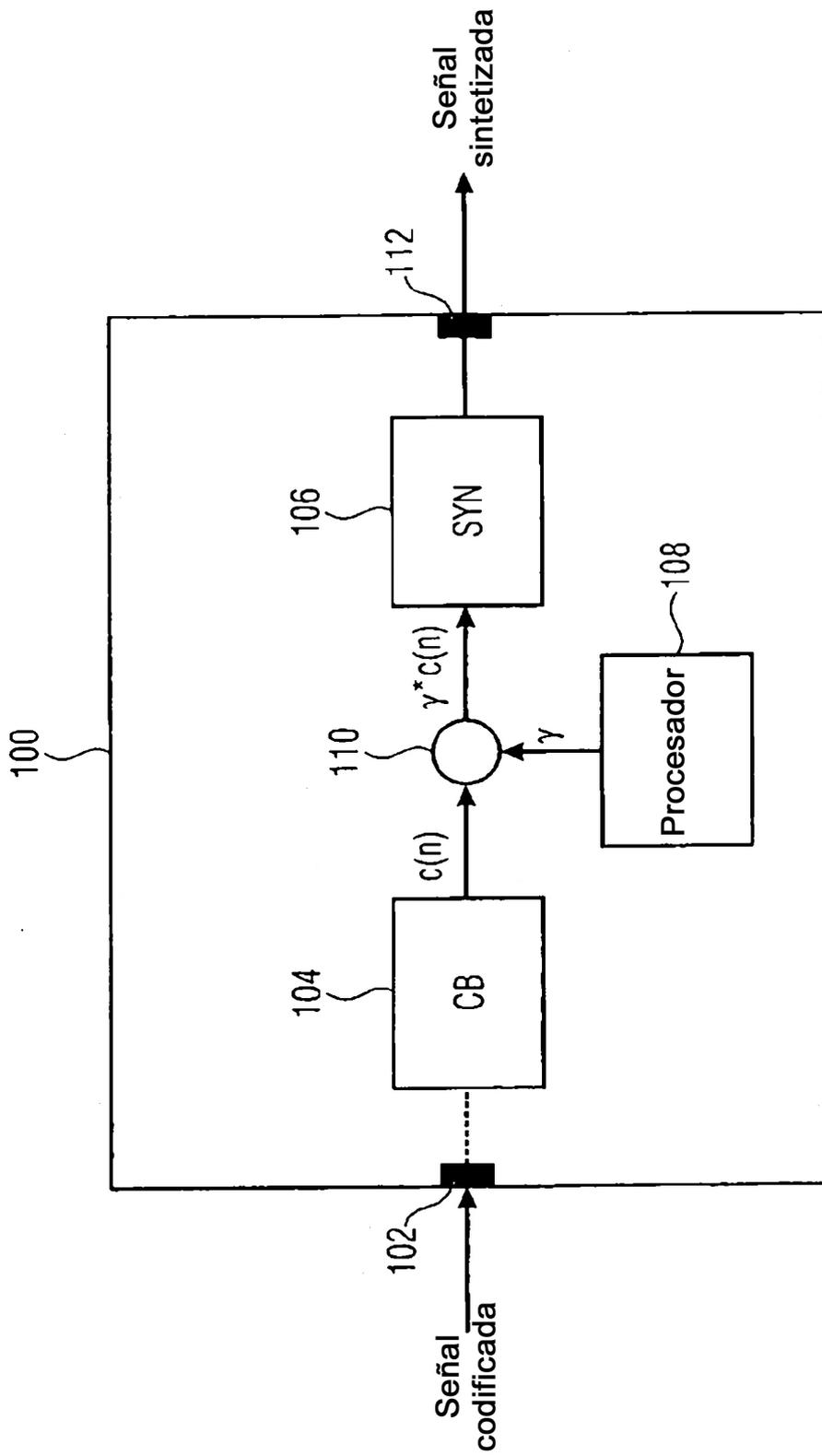


FIG 1

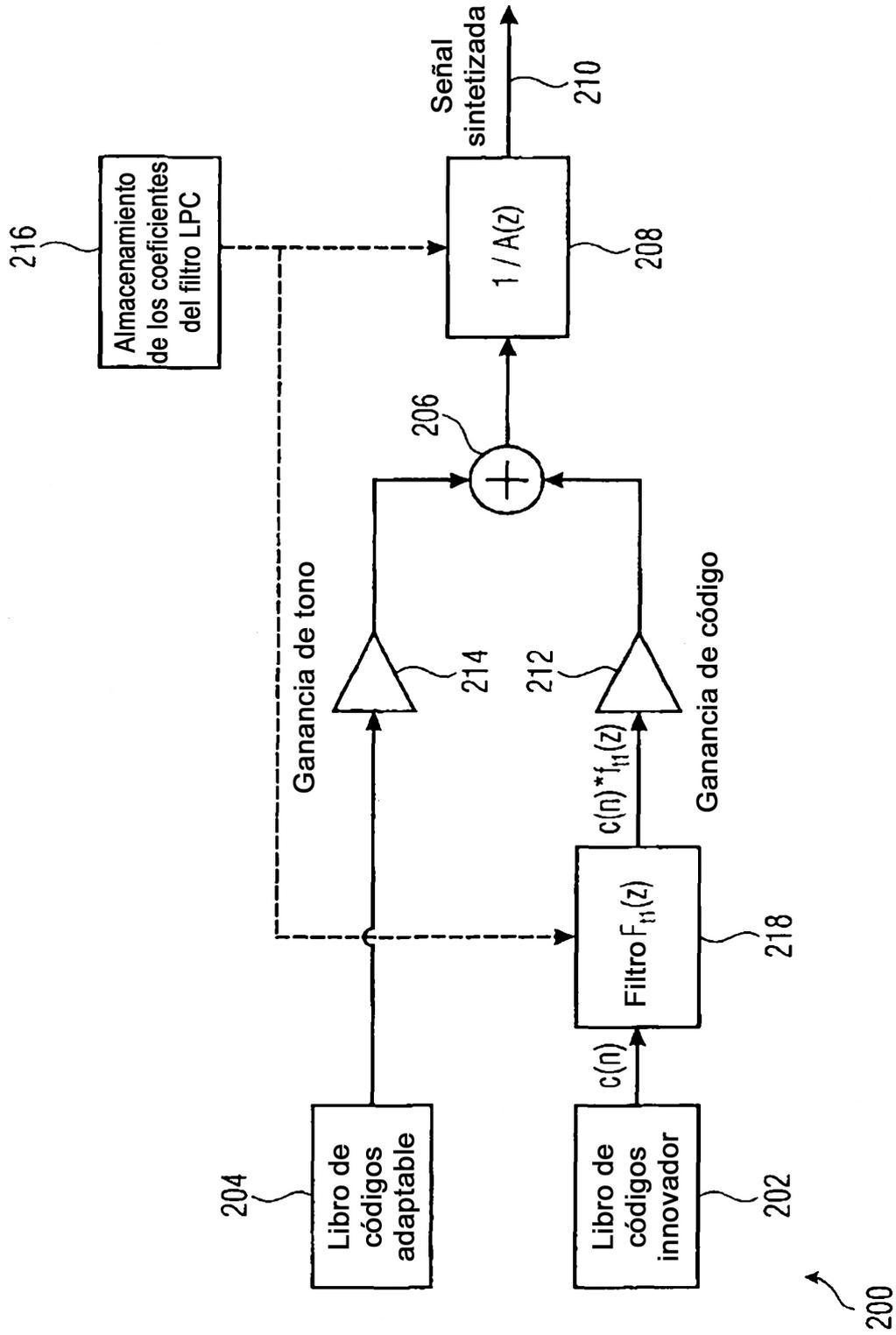


FIG 2

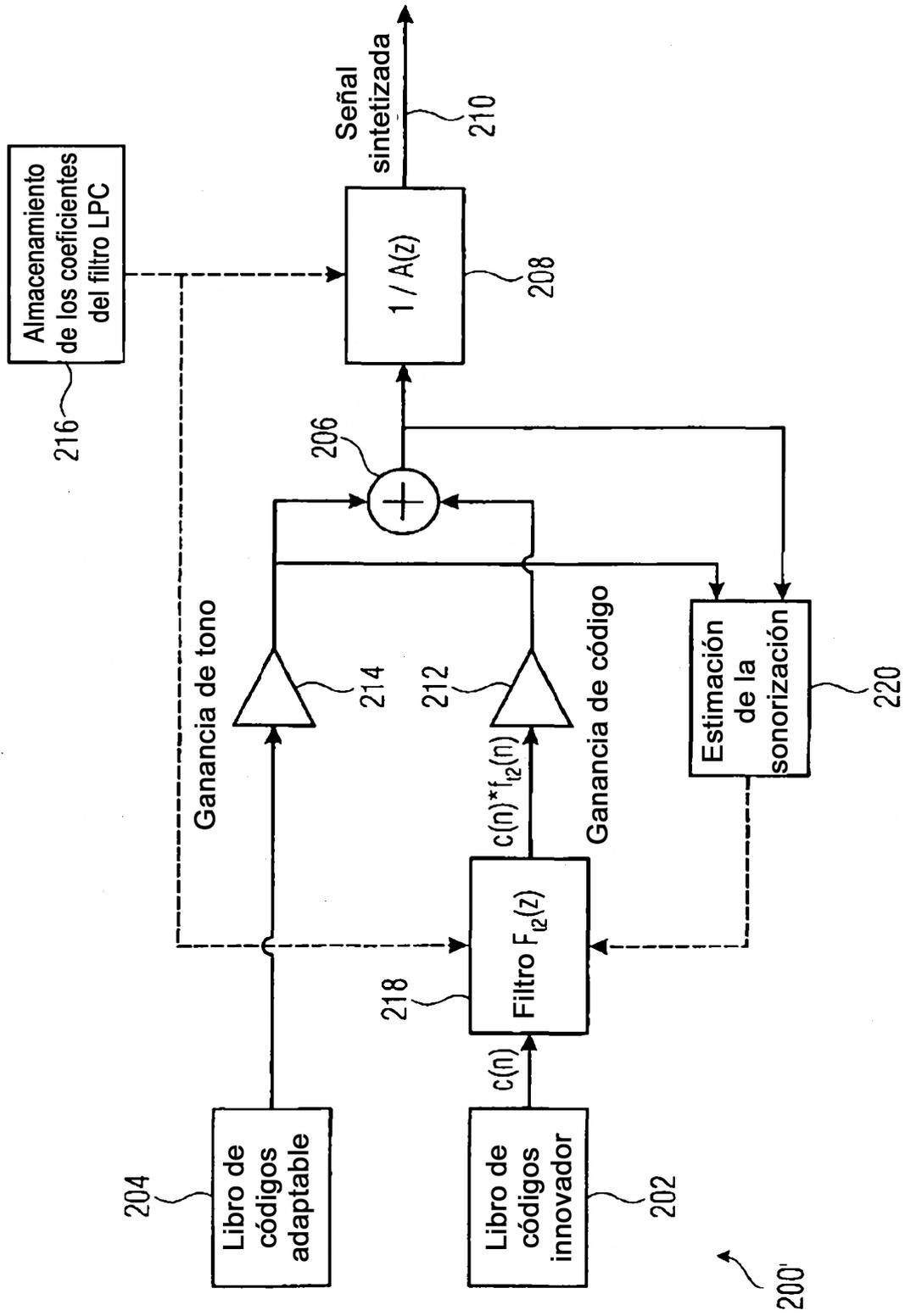


FIG 3

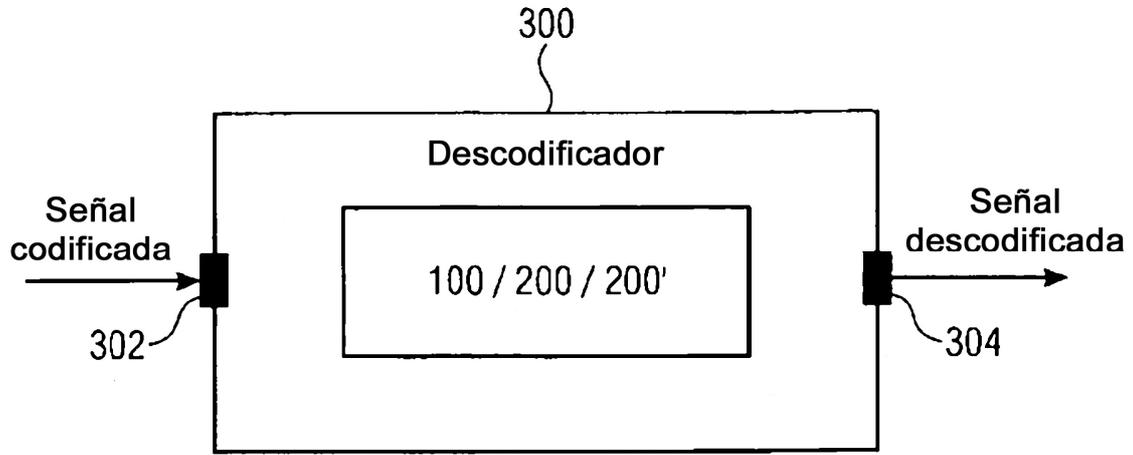


FIG 4

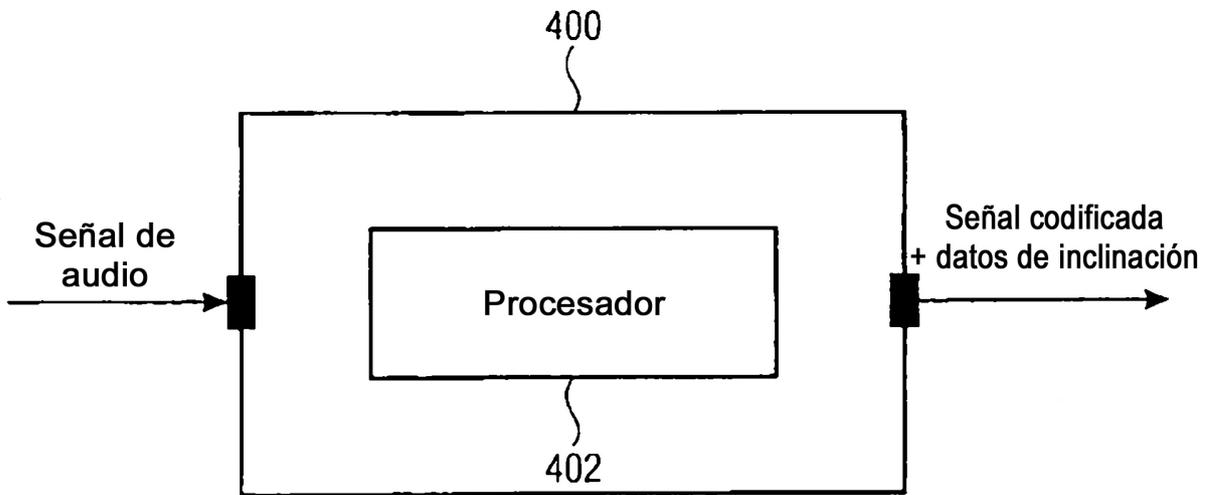


FIG 5