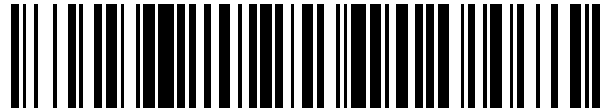


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 581**

51 Int. Cl.:

**G10L 19/12** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.07.2013 PCT/CN2013/080268**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.08.2014 WO14124577**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.07.2013 E 13874853 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2017 EP 2805324**

54 Título: **Sistema y método para la excitación de libro de códigos mixto para la codificación de la voz**

30 Prioridad:

**15.02.2013 US 201313768814**

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

**28.07.2017**

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)  
Huawei Administration Building Bantian,  
Longgang District  
Shenzhen, Guangdong 518129, CN**

72 Inventor/es:

**GAO, YANG**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 627 581 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

Sistema y método para la excitación de libro de códigos mixto para la codificación de la voz.

Campo técnico

5 La presente invención se refiere, en general, al campo de la codificación de señales. En particular, la presente invención se refiere al campo de la codificación de la voz de baja velocidad de bits.

Antecedentes

10 Tradicionalmente, todos los métodos paramétricos de codificación de la voz usan la redundancia inherente a la señal de voz para reducir la cantidad de información que se debe enviar y para calcular los parámetros de muestras de voz de una señal en intervalos cortos. Dicha redundancia surge, principalmente, de la repetición de formas de onda de la voz a una velocidad cuasiperiódica y la baja envolvente espectral cambiante de la señal de voz.

15 La redundancia de formas de onda de la voz se puede considerar con respecto a varios tipos diferentes de señal de voz como, por ejemplo, sonora y no sonora. Para la voz sonora, la señal de voz es, esencialmente, periódica; sin embargo, dicha periodicidad puede ser variable a lo largo de la duración de un segmento de voz y la forma de la onda periódica cambia, en general, de forma gradual de segmento a segmento. Una codificación de la voz de baja velocidad de bits se puede beneficiar ampliamente de la exploración de dicha periodicidad. El período de voz sonora se conoce también como tono y la predicción de tono se conoce, con frecuencia, como Predicción a Largo Plazo (LTP, por su sigla en inglés). En cuanto a la voz no sonora, la señal es más como un ruido aleatorio y tiene una cantidad más pequeña de predictibilidad.

20 En cualquier caso, la codificación paramétrica se puede usar para reducir la redundancia de los segmentos de voz separando el componente de excitación de la señal de voz del componente de la envolvente espectral. La envolvente espectral que cambia lentamente se puede representar por una Codificación de Predicción Lineal (LPC, por su sigla en inglés), también conocida como Predicción a Corto Plazo (STP, por su sigla en inglés). Una codificación de la voz de baja velocidad de bits se puede beneficiar también de la exploración de dicha Predicción a Corto Plazo. La ventaja de la codificación surge de la baja velocidad de transmisión a la que cambian los parámetros. Sin embargo, es raro que los parámetros sean significativamente diferentes de los valores contenidos dentro de unos pocos milisegundos. Por consiguiente, a la velocidad de muestra de 8 kHz, 12,8 kHz o 16 kHz, el algoritmo de codificación de la voz es tal que la duración de la trama nominal se encuentra en el rango de diez a treinta milisegundos, donde una duración de trama de veinte milisegundos es la más común. En estándares conocidos más recientes como, por ejemplo, G.723.1, G.729, G.718, EFR, SMV, AMR, VMR-WB o AMR-WB, se ha adoptado la Técnica de Predicción Lineal Excitada por Código ("CELP", por su sigla en inglés), la cual se entiende comúnmente como una combinación técnica de Excitación por Código, Predicción a Largo Plazo y Predicción a Corto Plazo. La Codificación de la Voz por Predicción Lineal Excitada por Código (CELP) es un principio de algoritmo muy popular en el área de compresión de la voz aunque los detalles de CELP para diferentes CÓDEC difieren de manera significativa.

35 La Figura 1 ilustra un codificador CELP convencional donde el error ponderado 109 entre la voz sintetizada 102 y la voz original 101 se minimiza, con frecuencia, mediante el uso del así llamado enfoque de análisis por síntesis.  $W(z)$  es un filtro de ponderación de error 110,  $1/B(z)$  es un filtro de predicción lineal a largo plazo 105 y  $1/A(z)$  es un filtro de predicción lineal a corto plazo 103. La excitación codificada 108, la que también se llama excitación de libro de códigos fijo, se escalona por la ganancia  $G$ , 106 antes de atravesar los filtros lineales. El filtro lineal a corto plazo 103 se obtiene analizando la señal original 101 y se representa por un conjunto de coeficientes:

$$A(z) = \sum_{i=1}^P 1 + a_i \cdot z^{-i}, \quad i=1,2,\dots,P \quad (1)$$

El filtro de ponderación 110 se relaciona, de algún modo, con el filtro de predicción a corto plazo de más arriba. Una forma típica del filtro de ponderación es:

$$W(z) = \frac{A(z/\alpha)}{A(z/\beta)}, \quad (2)$$

45 donde  $\beta < \alpha$ ,  $0 < \beta < 1$ ,  $0 < \alpha \leq 1$ . En el códec estándar ITU-T G.718, el filtro de ponderación perceptual tiene la siguiente forma:

$$W(z) = A(z/\gamma_1)H_{de\ enf}(z) = A(z/\gamma_1)/(1 - \beta_1 z^{-1}), \quad (3)$$

donde,

$$H_{de\ enf}(z) = \frac{1}{1 - \beta_1 z^{-1}} \quad (4)$$

y  $\beta_1$  es igual a 0,68.

- 5 La predicción a largo plazo 105 depende del tono y de la ganancia de tono. Un tono se puede calcular, por ejemplo, a partir de la señal original, señal residual o señal original ponderada. La función de predicción a largo plazo se puede expresar, en principio, como

$$B(z) = 1 - \beta \cdot z^{-Tono} \quad (5)$$

- 10 La excitación codificada 108 comprende, normalmente, una señal tipo pulso o señal tipo ruido, las cuales se construyen matemáticamente o se guardan en un libro de códigos. Finalmente, el índice de excitación codificada, índice de ganancia cuantificada, el índice de parámetro de predicción a largo plazo cuantificado y el índice de parámetro de predicción a corto plazo cuantificado se transmiten al descodificador.

- 15 La Figura 2 ilustra un descodificador inicial que añade un bloque posterior al procesamiento 207 después de la voz sintetizada 206. El descodificador es una combinación de varios bloques que constituyen la excitación codificada 201, ganancia de excitación 202, predicción a largo plazo 203, predicción a corto plazo 205 y posprocesamiento 207. Cada bloque, excepto el bloque de posprocesamiento 207, tiene la misma definición descrita en el codificador de la Figura 1. El bloque de posprocesamiento 207 puede incluir también un posprocesamiento a corto plazo y un posprocesamiento a largo plazo.

- 20 La Figura 3 muestra un codificador CELP básico que realiza la predicción lineal a largo plazo usando el libro de códigos adaptativo 307 que contiene una excitación sintetizada pasada 304 o que repite un ciclo de tono de excitación pasado en el período de tono. El retardo del tono se puede codificar en un valor entero cuando es grande o largo. Y el retardo de tono se puede codificar en un valor fraccionario más preciso cuando es pequeño o corto. La información periódica del tono se emplea para generar el componente adaptativo de la excitación. Dicho componente de excitación se escalona luego por la ganancia  $G_t$  305 (también llamada ganancia de tono). El segundo componente de excitación se genera por el bloque de excitación codificada 308, el cual se escalona por la ganancia  $G_l$  306. También se hace referencia a  $G_l$  como una ganancia de libro de códigos fijo, dado que la excitación codificada proviene, con frecuencia, de un libro de códigos fijo. Los dos componentes de excitación escalonada se adicionan juntos antes de atravesar el filtro de predicción lineal a corto plazo 303. Las dos ganancias ( $G_t$  y  $G_l$ ) se cuantifican y luego envían a un descodificador.

- 30 La Figura 4 ilustra un descodificador convencional correspondiente al codificador en la Figura 3, el cual añade un bloque de posprocesamiento 408 después de una voz sintetizada 407. Dicho descodificador es similar a la Figura 2 con el agregado de un libro de códigos adaptativo 307. El descodificador es una combinación de varios bloques, los cuales son excitación codificada 402, libro de códigos adaptativo 401, predicción a corto plazo 406 y posprocesamiento 408. Cada bloque, excepto el bloque de posprocesamiento 408, tiene la misma definición descrita en el codificador de la Figura 3. El bloque de posprocesamiento 408 puede incluir además un posprocesamiento a corto plazo y un posprocesamiento a largo plazo.

La Predicción a Largo Plazo juega un papel muy importante para la codificación de voz sonora ya que la voz sonora tiene una fuerte periodicidad. Los ciclos de tono adyacentes de la voz sonora son similares entre sí, lo cual significa, matemáticamente, que la ganancia de tono  $G_t$  en la siguiente expresión de excitación es alta o cercana a 1,

$$e(n) = G_t \cdot e_p(n) + G_l \cdot e_c(n), \quad (6)$$

- 40 donde  $e_p(n)$  es una subtrama de una serie de muestra indexada por  $n$ , la cual proviene del libro de códigos adaptativo 307 que comprende la excitación pasada 304;  $e_p(n)$  se puede filtrar de manera adaptativa de paso bajo ya que un área de frecuencia baja es, con frecuencia, más periódica o más armónica que un área de frecuencia alta;  $e_c(n)$  proviene del libro de códigos de excitación codificada 308 (también llamado libro de códigos fijo) que es una contribución de excitación actual; y  $e_c(n)$  se puede mejorar también usando una mejora de filtrado de paso alto, mejora de tono, mejora de dispersión, mejora de los formantes y similares. Para la voz sonora, la contribución de  $e_p(n)$  del libro de códigos adaptativo puede ser dominante y la ganancia de tono  $G_t$  305 puede ser un valor de

alrededor de 1. La excitación se actualiza, normalmente, para cada subtrama. Un tamaño de trama típico es de 20 milisegundos y el tamaño de subtrama típico es de 5 milisegundos.

5 DE LAMARE R C Y OTROS: "*Strategies to improve the performance of very low bit rate speech coders and application to a variable rate 1.2 kb/s codex*", IEE PROCEEDINGS: VISION, IMAGE AND SIGNAL PROCESSING, INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS, GB, vol. 152, no. 1 28 febrero de 2005 (2005-02-28), páginas 74-86, XP006023467, ISSN:1350-245X, DOI: 10.1049/IP-VIS:20051189, describe una excitación multibanda mixta. Un filtro de análisis de subbanda divide el espectro de la voz en las siguientes bandas de frecuencia: 0-1KHz, 1-2KHz y 2-4 KHz y las subbandas divididas se determinan como sonoras o no sonoras. Un libro de códigos de excitación propuesto comprende cuatro excitaciones sonoras mixtas (0-3) y cuatro entradas de excitación no sonora (4-7) diferentes. Una excitación mixta  $m(n)$  usada en el presente trabajo consiste en la aplicación de una excitación de pulsos  $p(n)$  filtrada en las subbandas elegidas y adicionada a la excitación filtrada de ruido blanco  $w(n)$  en las subbandas restantes.

Compendio de la invención

15 Según una realización, un método de codificación CELP de una señal de audio/voz incluye determinar un vector de libro de códigos mixto según una señal de audio/voz entrante, el vector de libro de códigos mixto comprende una suma de una primera entrada del libro de códigos de un primer libro de códigos y una segunda entrada del libro de códigos de un segundo libro de códigos. El método además incluye generar una señal de audio codificada basada en el vector de libro de códigos mixto determinado y transmitir un índice de excitación codificada del vector de libro de códigos mixto determinado.

20 Según un primer aspecto, una realización de la presente invención provee un método de codificación CELP de una señal de audio/voz, el método comprende:

determinar un vector de libro de códigos mixto según una señal de audio/voz entrante, el vector de libro de códigos mixto comprende una suma de una primera entrada del libro de códigos de un primer libro de códigos y una segunda entrada del libro de códigos de un segundo libro de códigos, en donde el primer libro de códigos comprende 25 entradas tipo pulso y el segundo libro de códigos comprende entradas tipo ruido;

generar una señal de audio codificada basada en el vector de libro de códigos mixto determinado; y

transmitir un índice de excitación codificada del vector de libro de códigos mixto determinado, en donde la determinación y generación se llevan a cabo usando un codificador de audio basado en hardware, en donde el primer y segundo libros de códigos son libros de códigos fijos.

30 En una primera manera de implementación posible del primer aspecto, en donde determinar el vector de libro de códigos mixto comprende:

calcular primeras correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas filtradas en el primer libro de códigos, en donde el vector objetivo filtrado se basa en la señal de audio entrante;

determinar un primer grupo de primeras correlaciones más altas;

35 calcular correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas filtradas en el segundo libro de códigos;

determinar un segundo grupo de segundas correlaciones más altas; y

40 calcular una primera función de criterio de combinaciones del primer y segundo grupos, en donde la primera función de criterio comprende una función de una del primer grupo de primeras correlaciones más altas, una del segundo grupo de segundas correlaciones más altas y una energía de entradas correspondientes del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos.

Con referencia a la primera manera de implementación posible del primer aspecto, en una segunda manera de implementación posible, que además comprende:

determinar un tercer grupo de correlaciones candidatas según las primeras funciones de criterio calculadas más altas; y

45 seleccionar el vector de libro de códigos mixto según la aplicación de una segunda función de criterio al tercer grupo, en donde el vector de libro de códigos mixto corresponde a entradas del libro de códigos del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos asociadas a un valor más alto de la segunda función de criterio.

Con referencia a la segunda manera de implementación posible del primer aspecto, en una tercera manera de implementación posible, en donde:

50 la primera función de criterio es

$$Q(i, j) = \frac{[R_{CB1}(i) + R_{CB2}(j)]^2}{E_{CB1}(i) + E_{CB2}(j)} ; i = 0, 1, \dots, K_{CB1}^0 - 1 ; j = 0, 1, \dots, K_{CB2}^0 - 1$$

donde  $R_{CB1}(i)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $i^{\text{ésima}}$  primera entrada del primer libro de códigos,  $R_{CB2}(j)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $E_{CB1}(i)$  es una energía de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $E_{CB2}(j)$  es una energía de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $K_{CB1}^0$  es un número de entradas del primer libro de códigos en el primer grupo y  $K_{CB2}^0$  es un número de entradas del segundo libro de códigos en el segundo grupo; y

la segunda función de criterio es

$$Q_k = \frac{[R_{CB1}(i_k) + R_{CB2}(j_k)]^2}{E_{CB1}(i_k) + 2 \mathbf{z}_{CB1}(i_k)^T \mathbf{z}_{CB2}(j_k) + E_{CB2}(j_k)} , k = 0, 1, \dots, K-1$$

donde  $\mathbf{z}_{CB1}(i_k)$  es un vector filtrado de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $\mathbf{z}_{CB2}(j_k)$  es un vector filtrado de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos, y  $K$  es un número de entradas en el tercer grupo.

Con referencia a la primera manera de implementación posible del primer aspecto, en una cuarta manera de implementación posible, en donde seleccionar el vector de libro de códigos mixto según una primera función de criterio calculada más alta.

Con referencia a la cuarta manera de implementación posible del primer aspecto, en una quinta manera de implementación posible, en donde la primera función de criterio es

$$Q(i, j) = \frac{[R_{CB1}(i) + R_{CB2}(j)]^2}{E_{CB1}(i) + E_{CB2}(j)} ; i = 0, 1, \dots, K_{CB1}^0 - 1 ; j = 0, 1, \dots, K_{CB2}^0 - 1$$

donde  $R_{CB1}(i)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $i^{\text{ésima}}$  primera entrada del primer libro de códigos,  $R_{CB2}(j)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $E_{CB1}(i)$  es una energía de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $E_{CB2}(j)$  es una energía de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos, y  $K_{CB1}^0$  es un número de entradas del primer libro de códigos en el primer grupo y  $K_{CB2}^0$  es un número de entradas del segundo libro de códigos en el segundo grupo.

Con referencia a la primera manera de implementación posible del primer aspecto, en una sexta manera de implementación posible, que además comprende calcular energías de las entradas correspondientes del primer libro de códigos y segundo libro de códigos.

Con referencia a la primera manera de implementación posible del primer aspecto, en una séptima manera de implementación posible, en donde la energía de las entradas correspondientes del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos se almacenan en una memoria.

Con referencia a la primera manera de implementación posible del primer aspecto, en una octava manera de implementación posible, en donde el primer grupo comprende más entradas que el segundo grupo.

En una novena manera de implementación posible del primer aspecto, que además comprende:

aplicar una primera función de énfasis a la primera entrada del libro de códigos; y

aplicar una segunda función de énfasis a la segunda entrada del libro de códigos.

Con referencia a la novena manera de implementación posible del primer aspecto, en una décima manera de implementación posible, en donde:

la primera función de énfasis comprende una función de filtrado de paso bajo; y

la segunda función de énfasis comprende una función de filtrado de paso alto.

En una undécima manera de implementación posible del primer aspecto, en donde el codificador de audio basado en hardware comprende un procesador.

En una duodécima manera de implementación posible del primer aspecto, en donde el codificador de audio basado en hardware comprende un hardware dedicado.

Según un segundo aspecto, una realización de la presente invención provee un sistema de codificación CELP de una señal de audio/voz, el sistema comprende:

5 un codificador de audio basado en hardware configurado para:

determinar un vector de libro de códigos mixto basado en una señal de audio/voz entrante, el vector de libro de códigos mixto comprende una suma de una primera entrada del libro de códigos de un libro de códigos tipo pulso y una segunda entrada del libro de códigos de un libro de códigos tipo ruido, en donde el primer libro de códigos y el segundo libro de códigos son libros de códigos fijos;

10 generar una señal de audio/voz codificada basada en el vector de libro de códigos mixto determinado; y

transmitir un índice de excitación codificada del vector de libro de códigos mixto determinado.

En una primera manera de implementación posible del segundo aspecto, en donde el codificador de audio basado en hardware se configura además para:

15 calcular primeras correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas en el libro de códigos tipo pulso, en donde el vector objetivo filtrado se basa en la señal de audio entrante;

determinar un primer grupo de primeras correlaciones más altas;

calcular correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas en el libro de códigos tipo ruido;

determinar un segundo grupo de segundas correlaciones más altas; y

20 calcular una primera función de criterio de combinaciones del primer y segundo grupos, en donde la primera función de criterio comprende una función de una del primer grupo de primeras correlaciones más altas, una del segundo grupo de segundas correlaciones más altas y una energía de entradas correspondientes del libro de códigos tipo pulso y del libro de códigos tipo ruido.

25 Con referencia a la primera manera de implementación posible del segundo aspecto, en una segunda manera de implementación posible, que además comprende una memoria configurada para almacenar valores de la energía de entradas correspondientes del libro de códigos tipo pulso y del libro de códigos tipo ruido.

Con referencia a la primera manera de implementación posible del segundo aspecto, en una tercera manera de implementación posible, en donde el codificador de audio basado en hardware se configura además para seleccionar el vector de libro de códigos mixto basado en una primera función de criterio calculada más alta.

30 Con referencia a la primera manera de implementación posible del segundo aspecto, en una cuarta manera de implementación posible, en donde la primera función de criterio es

$$Q(i, j) = \frac{[R_{CB1}(i) + R_{CB2}(j)]^2}{E_{CB1}(i) + E_{CB2}(j)} ; i = 0, 1, \dots, K_{CB1}^0 - 1 ; j = 0, 1, \dots, K_{CB2}^0 - 1$$

donde  $R_{CB1}(i)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $i^{\text{ésima}}$  primera entrada del primer libro de códigos,  $R_{CB2}(j)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $E_{CB1}(i)$  es una energía de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $E_{CB2}(j)$  es una energía de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del

35 segundo libro de códigos, y  $K_{CB1}^0$  es un número de primeras entradas del libro de códigos en el primer grupo y  $K_{CB2}^0$  es un número de segundas entradas del libro de códigos en el segundo grupo.

En una quinta manera de implementación posible del segundo aspecto, en donde el codificador de audio basado en hardware comprende un procesador.

40 En una sexta manera de implementación posible del segundo aspecto, en donde el codificador de audio basado en hardware comprende hardware dedicado.

Según un tercer aspecto, una realización de la presente invención provee un método de búsqueda rápida de un libro de códigos mixto para la codificación CELP de una señal de audio/voz, el método comprende:

determinar un vector de libro de códigos mixto basado en una señal de audio/voz entrante, el vector de libro de códigos mixto comprende una suma de una primera entrada del libro de códigos de un primer libro de códigos y una

segunda entrada del libro de códigos de un segundo libro de códigos, en donde el primer y segundo libros de códigos son libros de códigos fijos;

calcular primeras correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas filtradas en el primer libro de códigos, en donde el vector objetivo filtrado se basa en la señal de audio entrante;

5 determinar un primer grupo de primeras correlaciones más altas;

calcular correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas filtradas en el segundo libro de códigos;

determinar un segundo grupo de segundas correlaciones más altas;

10 calcular una primera función de criterio de combinaciones del primer y segundo grupos, en donde la primera función de criterio comprende una función de una del primer grupo de primeras correlaciones más altas, una del segundo grupo de segundas correlaciones más altas y una energía de entradas correspondientes del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos;

determinar un tercer grupo de correlaciones candidatas según las primeras funciones de criterio calculadas más altas;

15 seleccionar el vector de libro de códigos según la aplicación de una segunda función de criterio al tercer grupo, en donde el vector de libro de códigos mixto corresponde a entradas del libro de códigos del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos asociadas a un valor más alto de la segunda función de criterio;

generar una señal de audio codificada según el vector de libro de códigos mixto determinado; y

transmitir un índice de excitación codificada del vector de libro de códigos mixto determinado, en donde la determinación y generación se llevan a cabo usando un codificador de audio basado en hardware.

20 En una primera manera de implementación posible del tercer aspecto, en donde:

la primera función de criterio es

$$Q(i, j) = \frac{[R_{CB1}(i) + R_{CB2}(j)]^2}{E_{CB1}(i) + E_{CB2}(j)} ; \quad i = 0, 1, \dots, K_{CB1}^0 - 1 ; \quad j = 0, 1, \dots, K_{CB2}^0 - 1$$

25 donde  $R_{CB1}(i)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $i^{\text{ésima}}$  primera entrada del primer libro de códigos,  $R_{CB2}(j)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $E_{CB1}(i)$  es una energía de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $E_{CB2}(j)$  es una energía de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $K_{CB1}^0$  es un número de primeras entradas del libro de códigos en el primer grupo y  $K_{CB2}^0$  es un número de segundas entradas del libro de códigos en el segundo grupo; y

la segunda función de criterio es

$$Q_k = \frac{[R_{CB1}(i_k) + R_{CB2}(j_k)]^2}{E_{CB1}(i_k) + 2 \mathbf{z}_{CB1}(i_k)^T \mathbf{z}_{CB2}(j_k) + E_{CB2}(j_k)} , \quad k = 0, 1, \dots, K - 1$$

30 donde  $\mathbf{z}_{CB1}(i_k)$  es un vector filtrado de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $\mathbf{z}_{CB2}(j_k)$  es un vector filtrado de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos y  $K$  es un número de entradas en el tercer grupo.

En una segunda manera de implementación posible del tercer aspecto, en donde el primer libro de códigos comprende un libro de códigos tipo pulso y el segundo libro de códigos comprende un libro de códigos tipo ruido.

Breve descripción de los dibujos

35 Para una comprensión más completa de la presente invención y sus ventajas, ahora se hará referencia a las siguientes descripciones tomadas en conjunto con los dibujos anexos, en los cuales:

la Figura 1 ilustra un codificador de voz CELP convencional;

la Figura 2 ilustra un decodificador de voz CELP convencional;

la Figura 3 ilustra un codificador CELP convencional que utiliza un libro de códigos adaptativo;

- la Figura 4 ilustra un decodificador de voz CELP convencional que utiliza un libro de códigos adaptativo;
- la Figura 5 ilustra una estructura FCB que contiene vectores candidatos tipo ruido para construir una excitación codificada;
- 5 la Figura 6 ilustra una estructura FCB que contiene vectores candidatos tipo pulso para construir una excitación codificada;
- la Figura 7 ilustra una estructura de la realización del FCB mixto pulso-ruido;
- la Figura 8 ilustra una estructura de la realización de un FCB mixto pulso-ruido;
- la Figura 9 ilustra una estructura general de un FCB mixto pulso-ruido de la realización;
- la Figura 10 ilustra una estructura general adicional de un FCB mixto pulso-ruido de la realización;
- 10 la Figura 11 ilustra una estructura general adicional de un FCB mixto pulso-ruido de la realización;
- la Figura 12 ilustra una estructura más general de un FCB mixto de la realización;
- la Figura 13 ilustra un diagrama de bloques de un sistema de codificación de excitación;
- la Figura 14 ilustra un diagrama de bloques de un sistema de codificación de excitación basado en un libro de códigos mixto de la realización;
- 15 las Figuras 15a-b ilustran diagramas de flujo de métodos de las realizaciones; y
- la Figura 16 ilustra un sistema de comunicaciones de la realización.

Los numerales y símbolos correspondientes en las diferentes figuras se refieren, en general, a las partes correspondientes a menos que se indique lo contrario. Las figuras se dibujan para ilustrar de manera clara los aspectos relevantes de las realizaciones preferidas y no se dibujan necesariamente a escala. Con el fin de ilustrar ciertas realizaciones de manera más clara, una letra que indica variaciones de la misma estructura, material o etapa de proceso puede seguir a un número de la figura.

#### Descripción detallada de realizaciones ilustrativas

La realización y el uso de las realizaciones actualmente preferidas se describen en detalle más abajo. Se debe apreciar, sin embargo, que la presente invención provee muchos conceptos ingeniosos aplicables que se pueden realizar en una amplia variedad de contextos específicos. Las realizaciones específicas descritas son meramente ilustrativas de maneras específicas para llevar a cabo y usar la invención y no limitan el alcance de la invención.

La presente invención se describirá con respecto a realizaciones en un contexto específico, a saber, un codificador y decodificador de audio basado en CELP. Se debe comprender que las realizaciones de la presente invención se pueden dirigir hacia otros sistemas.

30 Como ya se ha mencionado, CELP se usa, principalmente, para codificar una señal de voz beneficiándose de las características específicas de la voz humana o de un modelo humano de producción de voz vocal. El algoritmo CELP es una tecnología muy popular que se ha usado en varios estándares ITU-T, MPEG, 3GPP y 3GPP2. Con el fin de codificar la señal de voz de manera más eficiente, una señal de voz se puede clasificar en diferentes clases y cada clase se codifica de manera diferente. Por ejemplo, en algunos estándares como, por ejemplo, G.718, VMR-WB o AMR-WB, una señal de voz se clasifica en NO SONORA, TRANSICIÓN, GENÉRICA, SONORA y RUIDO.

35 Para cada clase, siempre se usa un filtro LPC o STP para representar la envolvente espectral; pero la excitación para el filtro LPC puede ser diferente. NO SONORA y RUIDO se pueden codificar con una excitación de ruido y una mejora de excitación. TRANSICIÓN se puede codificar con una excitación de pulso y una mejora de excitación sin usar el libro de códigos adaptativo o LTP. GENÉRICA se puede codificar con un enfoque CELP tradicional como, por ejemplo, CELP Algebraico, usado en G.729 o AMR-WB, en el cual una trama de 20 ms contiene cuatro subtramas de 5 ms, tanto el componente de excitación del libro de códigos adaptativo como el componente de excitación del libro de códigos fijo se producen con mejoras de excitación para cada subtrama, los retardos de tono para el libro de códigos adaptativo en la primera y tercera subtramas se codifican en un rango total desde un límite de tono mínimo TON\_MIN hasta un límite de tono máximo TON\_MAX, y los retardos de tono para el libro de códigos adaptativo en la

40 segunda y cuarta subtramas se codifican de manera diferente respecto del retardo de tono codificado previo. Una señal de clase SONORA se puede codificar de manera ligeramente diferente respecto de GENÉRICA, en la cual el retardo de tono en la primera subtrama se codifica en un rango total desde un límite de tono mínimo TON\_MIN hasta un límite de tono máximo TON\_MAX y los retardos de tono en las otras subtramas se codifican de manera diferente respecto del retardo de tono codificado previo.

45



El bloque de Excitación de Código 402 en la Figura 4 y 308 en la Figura 3 muestra la ubicación del Libro de Códigos Fijo (FCB, por su sigla en inglés) para una codificación CELP general; un vector de código seleccionado del FCB se escalona por una ganancia que se advierte, con frecuencia, como  $G_i$ . Para la señal de clase RUIDO o NO SONORA, un FCB que contiene vectores tipo ruido puede ser la mejor estructura desde el punto de vista de calidad perceptual, ya que la contribución del libro de códigos adaptativo o la contribución LTP serían pequeñas o inexistentes y la principal contribución de excitación reside en el componente FCB para la señal de clase RUIDO o NO SONORA. En el presente caso, si se usa un FCB tipo pulso como el que se muestra en la Figura 6, la señal de voz sintetizada de salida podría sonar filosa debido a los muchos ceros encontrados en el vector de código seleccionado de un FCB tipo pulso diseñado para una codificación de baja velocidad de bits. La Figura 5 ilustra una estructura FCB que contiene vectores candidatos tipo ruido para construir una excitación codificada. 501 es un FCB tipo ruido; 502 es un vector de código tipo ruido; y un vector de código seleccionado se escalona por una ganancia 503.

Para una señal de clase SONORA, un FCB tipo pulso produce un resultado de calidad más alta que un FCB tipo ruido desde el punto de vista perceptual, ya que la contribución del libro de códigos adaptativo o la contribución LTP es dominante para la altamente periódica señal de clase SONORA y la principal contribución de excitación no reside en el componente FCB para la señal de clase SONORA. En el presente caso, si se usa un FCB tipo ruido, la señal de voz sintetizada de salida puede sonar ruidosa o menos periódica, dado que es más difícil tener una buena concordancia de forma de onda usando el vector de código seleccionado del FCB tipo ruido diseñado para la codificación de baja velocidad de bits. La Figura 6 ilustra una estructura FCB que contiene vectores candidatos tipo pulso para construir una excitación codificada. 601 representa un FCB tipo pulso y 602 representa un vector de código tipo pulso. Un vector de código seleccionado se escalona por una ganancia 603.

La mayoría de los códec CELP funcionan bien para señales de voz normales; sin embargo, los códec CELP de baja velocidad de bits pueden fallar ante la presencia de una señal de voz especialmente ruidosa o para una señal de clase GENÉRICA. Como ya se ha descrito, un FCB tipo ruido puede ser la mejor elección para la señal de clase RUIDO o NO SONORA y un FCB tipo pulso puede ser la mejor elección para una señal de clase SONORA. La clase GENÉRICA se encuentra entre la clase SONORA y la clase NO SONORA. Estadísticamente, la ganancia LTP o la ganancia de tono para la clase GENÉRICA puede ser más baja que la clase SONORA pero más alta que la clase NO SONORA. La clase GENÉRICA puede contener tanto una señal de componente tipo ruido como una señal de componente periódico. A bajas velocidades de bits, si se usa un FCB tipo pulso para la señal de clase GENÉRICA, la señal de voz sintetizada de salida puede aún sonar filosa dado que existen muchos ceros en el vector de código seleccionado del FCB tipo pulso diseñado para la codificación de baja velocidad bits. Por ejemplo, cuando un códec de 6800 bps o 7600 bps codifica una señal de voz que se muestra a 12,8 kHz, un vector de código del libro de códigos tipo pulso solo puede permitirse tener dos pulsos diferentes a cero y así causar un sonido filoso para la voz ruidosa. Si se usa un FCB tipo ruido para la señal de clase GENÉRICA, la señal de voz sintetizada de salida puede no tener una concordancia de forma de onda lo suficientemente buena para generar un componente periódico y así causar un sonido ruidoso para una voz limpia. Por lo tanto, una nueva estructura FCB entre tipo ruido y tipo pulso se puede necesitar para la codificación de clase GENÉRICA a bajas velocidades de bits.

Una de las soluciones para tener una mejor codificación de voz a bajas velocidades de bits para la señal de clase GENÉRICA es usar un FCB mixto pulso-ruido en lugar de un FCB tipo pulso o un FCB tipo ruido. La Figura 7 ilustra una estructura de la realización del FCB mixto pulso-ruido. 701 indica todo el FCB mixto pulso-ruido. El vector de código seleccionado 702 se genera combinando (adicionando) un vector de un sublibro de códigos tipo pulso 704 y un vector de un sublibro de códigos tipo ruido 705. El vector de código seleccionado 702 se escalona entonces por la ganancia FCB  $G_i$  703. Por ejemplo, 6 bits se asignan al sublibro de códigos tipo pulso 704, en el cual 5 bits son para codificar una posición de pulso y 1 bit es para codificar una señal de los vectores tipo pulso; 6 bits se asignan al sublibro de códigos tipo ruido 705, en el cual 5 bits son para codificar 32 vectores tipo ruido diferentes y 1 bit es para codificar una señal de los vectores tipo ruido.

La Figura 8 ilustra una estructura de la realización de un FCB mixto pulso-ruido 801. Dado que un vector de código de un FCB mixto pulso-ruido es una combinación de un vector de un sublibro de códigos tipo pulso y un vector de un sublibro de códigos tipo ruido, diferentes mejoras se pueden aplicar respectivamente al vector del sublibro de códigos tipo pulso y al vector del sublibro de códigos tipo ruido. Por ejemplo, un filtro de paso bajo se puede aplicar al vector del sublibro de códigos tipo pulso; ello es porque el área de frecuencia baja es, con frecuencia, más periódica que el área de frecuencia alta y el área de frecuencia baja necesita más excitación tipo pulso que el área de frecuencia alta; un filtro de paso alto se puede aplicar al vector del sublibro de códigos tipo ruido; ello es porque el área de frecuencia alta es, con frecuencia, más ruidosa que el área de frecuencia baja y el área de frecuencia alta necesita más excitación tipo ruido que el área de frecuencia baja. El vector de código seleccionado 802 se genera combinando (adicionando) un vector filtrado de paso bajo de un sublibro de códigos tipo pulso 804 y un vector filtrado de paso alto de un sublibro de códigos tipo ruido 805. 806 indica el filtro de paso bajo que puede ser fijo o adaptativo. Por ejemplo, un filtro de primer orden ( $1 + 0,4 Z^{-1}$ ) se usa para una trama de voz GENÉRICA cercana a la señal de voz sonora y un filtro de orden uno ( $1 + 0,3 Z^{-1}$ ) se usa para una trama de voz GENÉRICA cercana a la señal de voz no sonora. 807 indica el filtro de paso alto que puede ser fijo o adaptativo; por ejemplo, un filtro de orden uno ( $1 + 0,4 Z^{-1}$ ) se usa para una trama de voz GENÉRICA cercana a la señal de voz no sonora y un filtro de orden uno ( $1 + 0,3 Z^{-1}$ ) se usa para una trama de voz GENÉRICA cercana a la señal de voz sonora. Los filtros de

mejora 806 y 807 no gastan, en general, bits para codificar los coeficientes de filtro y los coeficientes de los filtros de mejora pueden ser adaptativos a los parámetros disponibles en el codificador y descodificador. El vector de código seleccionado 802 se escala entonces por la ganancia FCB  $G_i$  803. Como el ejemplo dado para la Figura 8, si 12 bits se encuentran disponibles para codificar el FCB mixto pulso-ruido, en la Figura 8, 6 bits se pueden asignar al sublibro de códigos tipo pulso 804, en el cual 5 bits son para codificar una posición de pulso y 1 bit es para codificar una señal de los vectores tipo pulso. Por ejemplo, 6 bits se pueden asignar al sublibro de códigos tipo ruido 805, en el cual 5 bits son para codificar 32 vectores tipo ruido diferentes y 1 bit es para codificar una señal de los vectores tipo ruido.

La Figura 9 ilustra una estructura más general de un FCB mixto pulso-ruido de la realización 901. Dado que un vector de código del FCB mixto pulso-ruido en la Figura 9 es una combinación de un vector de un sublibro de códigos tipo pulso y un vector de un sublibro de códigos tipo ruido, diferentes mejoras se pueden aplicar respectivamente al vector del sublibro de códigos tipo pulso y al vector del sublibro de códigos tipo ruido. Por ejemplo, una mejora que incluye filtro de paso bajo, filtro de paso alto, filtro de tono y/o filtro de los formantes se puede aplicar al vector del sublibro de códigos tipo pulso; de manera similar, una mejora que incluye filtro de paso bajo, filtro de paso alto, filtro de tono y/o filtro de los formantes se puede aplicar al vector del sublibro de códigos tipo ruido. El vector de código seleccionado 902 se genera combinando (adicionando) un vector mejorado de un sublibro de códigos tipo pulso 904 y un vector mejorado de un sublibro de códigos tipo ruido 905. 906 indica la mejora para los vectores tipo pulso, los cuales pueden ser fijos o adaptativos. 907 indica la mejora para los vectores tipo ruido, los cuales pueden ser también fijos o adaptativos. Las mejoras 906 y 907 no gastan, en general, bits para codificar los parámetros de mejora. Los parámetros de las mejoras pueden ser adaptativos a los parámetros disponibles en el codificador y descodificador. El vector de código seleccionado 902 se escala entonces por la ganancia FCB  $G_i$  903. Como en el ejemplo dado para la Figura 9, si 12 bits se encuentran disponibles para codificar el FCB mixto pulso-ruido en la Figura 9, 6 bits se pueden asignar al sublibro de códigos tipo pulso 904, en el cual 5 bits son para codificar una posición de pulso y 1 bit es para codificar una señal de los vectores tipo pulso; y 6 bits se pueden asignar al sublibro de códigos tipo ruido 905, en el cual 5 bits son para codificar 32 vectores tipo ruido diferentes y 1 bit es para codificar una señal de los vectores tipo ruido.

La Figura 10 ilustra una estructura general adicional de un FCB mixto pulso-ruido de la realización. Dado que un vector de código del FCB mixto pulso-ruido en la Figura 10 es una combinación de un vector de un sublibro de códigos tipo pulso y un vector de un sublibro de códigos tipo ruido, diferentes mejoras se pueden aplicar respectivamente al vector del sublibro de códigos tipo pulso y al vector del sublibro de códigos tipo ruido. Por ejemplo, una primera mejora que incluye filtro de paso bajo, filtro de paso alto, filtro de tono y/o filtro de los formantes se puede aplicar al vector del sublibro de códigos tipo pulso; de manera similar, una segunda mejora que incluye filtro de paso bajo, filtro de paso alto, filtro de tono y/o filtro de los formantes se puede aplicar al vector del sublibro de códigos tipo ruido. 1001 indica todo el FCB mixto pulso-ruido. El vector de código seleccionado 1002 se genera combinando (adicionando) un primer vector mejorado de un sublibro de códigos tipo pulso 1004 y un segundo vector mejorado de un sublibro de códigos tipo ruido 1005. 1006 indica la primera mejora para los vectores tipo pulso, los cuales pueden ser fijos o adaptativos. 1007 indica la segunda mejora para los vectores tipo ruido, los cuales pueden ser también fijos o adaptativos. 1008 indica la tercera mejora para los vectores combinados pulso-ruido, los cuales pueden ser también fijos o adaptativos. Las mejoras 1006, 1007 y 1008 no gastan, en general, bits para codificar los parámetros de mejora, ya que los parámetros de las mejoras pueden ser adaptativos a los parámetros disponibles en el codificador y descodificador. El vector de código seleccionado 1002 se escala entonces por la ganancia FCB  $G_i$  1003. Como ejemplo dado para la Figura 10, si 12 bits se encuentran disponibles para codificar el FCB mixto pulso-ruido en la Figura 10, 6 bits se pueden asignar al sublibro de códigos tipo pulso 1004, en el cual 5 bits son para codificar una posición de pulso y 1 bit es para codificar una señal de los vectores tipo pulso; 6 bits se pueden asignar al sublibro de códigos tipo ruido 1005, en el cual 5 bits son para codificar 32 vectores tipo ruido diferentes y 1 bit es para codificar una señal de los vectores tipo ruido. Si la ganancia FCB  $G_i$  se señaliza, solamente una de la señal para los vectores tipo pulso y la señal para los vectores tipo ruido necesita codificarse.

La Figura 11 ilustra una estructura general adicional de un FCB mixto pulso-ruido de la realización. Dado que un vector de código del FCB mixto pulso-ruido en la Figura 11 es una combinación de un vector de un sublibro de códigos tipo pulso y un vector de un sublibro de códigos tipo ruido, diferentes mejoras se pueden aplicar respectivamente al vector del sublibro de códigos tipo pulso y al vector del sublibro de códigos tipo ruido. Por ejemplo, una primera mejora  $H1(z)$  que incluye filtro de paso bajo, filtro de paso alto, filtro de tono y/o filtro de los formantes se puede aplicar al vector del sublibro de códigos tipo pulso; de manera similar, una segunda mejora  $H2(z)$  que incluye filtro de paso bajo, filtro de paso alto, filtro de tono y/o filtro de los formantes se puede aplicar al vector del sublibro de códigos tipo ruido. 1101 indica todo el FCB mixto pulso-ruido. El vector de código seleccionado 1102 se genera combinando (adicionando) un primer vector mejorado de un sublibro de códigos tipo pulso 1104 y un segundo vector mejorado de un sublibro de códigos tipo ruido 1105. 1106 indica la primera mejora  $H1(z)$  para los vectores tipo pulso, los cuales pueden ser fijos o adaptativos. 1107 indica la segunda mejora  $H2(z)$  para los vectores tipo ruido, los cuales pueden ser también fijos o adaptativos. 1108 indica la tercera mejora  $H3(z)$  para los vectores combinados pulso-ruido, los cuales pueden ser también fijos o adaptativos. En general, no se gastan bits para codificar los parámetros de mejora de las mejoras 1106, 1107 y 1108, dado que los parámetros de las mejoras pueden ser adaptativos a los parámetros disponibles en el codificador y descodificador. El vector de código

seleccionado 1102 se escala entonces por la ganancia FCB  $G_i$  1103. Como ejemplo dado para la Figura 11, si 12 bits se encuentran disponibles para codificar el FCB mixto pulso-ruido en la Figura 11, 6 bits se pueden asignar al sublibro de códigos tipo pulso 1104, en el cual 5 bits son para codificar una posición de pulso y 1 bit es para codificar una señal de los vectores tipo pulso; 6 bits se pueden asignar al sublibro de códigos tipo ruido 1105, en el cual 5 bits son para codificar 32 vectores tipo ruido diferentes y 1 bit es para codificar una señal de los vectores tipo ruido. Si la ganancia FCB  $G_i$  1103 se señala, solamente una de la señal para los vectores tipo pulso y la señal para los vectores tipo ruido necesita codificarse.

La Figura 12 muestra una estructura más general de un FCB mixto de la realización. La principal diferencia entre la Figura 12 y la Figura 11 es que el Libro de Códigos 1 en el bloque 1204 puede contener vectores tipo pulso o tipo ruido y el Libro de Códigos 2 en el bloque 1205 también puede contener vectores tipo pulso o tipo ruido; ello significa que el libro de códigos mixto puede ser cualquier combinación de vectores tipo pulso y/o tipo ruido. Dado que un vector de código del FCB mixto en la Figura 12 es una combinación de un vector del Libro de Códigos 1 y un vector del Libro de Códigos 2, diferentes mejoras se pueden aplicar respectivamente al vector del Libro de Códigos 1 y al vector del Libro de Códigos 2. Por ejemplo, una mejora  $H_1(z)$  que incluye filtro de paso bajo, filtro de paso alto, filtro de tono y/o filtro de los formantes se puede aplicar al vector del Libro de Códigos 1. De manera similar, una mejora  $H_2(z)$  que incluye filtro de paso bajo, filtro de paso alto, filtro de tono y/o filtro de los formantes se puede aplicar al vector del Libro de Códigos 2. 1201 indica todo el FCB mixto. El vector de código seleccionado 1202 se genera combinando (adicionando) un vector mejorado del Libro de Códigos 1 y un vector mejorado del Libro de Códigos 2. 1206 indica la mejora  $H_1(z)$  para los vectores del Libro de Códigos 1, los cuales pueden ser fijos o adaptativos. 1207 indica la mejora  $H_2(z)$  para los vectores del Libro de Códigos 2, los cuales pueden ser fijos o adaptativos. 1208 indica la tercera mejora  $H_3(z)$  para los vectores combinados, los cuales pueden también ser fijos o adaptativos. Las mejoras 1206, 1207 y 1208 no gastan, en general, bits para codificar los parámetros de mejoras, ya que los parámetros de las mejoras pueden ser adaptativos a los parámetros disponibles en el codificador y descodificador. El vector de código seleccionado 1202 se escala entonces por la ganancia FCB  $G_i$  1203.

Supongamos que la estructura del libro de códigos fijo es como se muestra en la Figura 11 y la señal de excitación se codifica por subtramas de 64 muestras, a saber, cuatro veces por subtrama; esta sección provee un enfoque de búsqueda rápida para un libro de códigos mixto pulso-ruido. El principio de codificación de excitación se muestra en un diagrama esquemático en la Figura 13, el cual es en realidad similar al principio que se muestra en la Figura 3. En teoría, la Figura 3 permite una optimización conjunta del componente de excitación del libro de códigos adaptativo y del componente de excitación del libro de códigos fijo (a saber, el componente de excitación de código). En la práctica, por razones de simplicidad, el componente de excitación del libro de códigos adaptativo se determina, con frecuencia, primero y luego se determina el componente de excitación del libro de códigos fijo.

Para cada subtrama, el LP residual se da por

$$r(n) = s(n) + \sum_{i=0}^P a_i \cdot s(n-i) \quad , \quad n = 0,1,\dots,63 \quad (7)$$

donde  $s(n)$  es una señal de entrada 1301 que, con frecuencia, se preenfatisa y se usa para la codificación de la voz de banda ancha pero no para la codificación de la voz de banda estrecha. Por ejemplo, el filtro de preénfasis puede ser

$$H_{enf}(z) = 1 - \beta_1 z^{-1} \quad (8)$$

y  $\beta_1$  es igual a 0,68. De manera alternativa,  $\beta_1$  puede tomar valores diferentes.

La señal objetivo 1303  $x(n)$  para la búsqueda del libro de códigos adaptativo 1307 se puede calcular restando una respuesta de entrada cero (no se muestra en la Figura 13) del filtro de síntesis ponderada  $W(z)/A(z)$  de la señal de entrada preenfatisada ponderada que se obtiene filtrando la señal de entrada 1301  $s(n)$  a través del filtro ponderado 1302. Ello se lleva a cabo sobre una base de subtrama. Un procedimiento equivalente para calcular la señal objetivo es filtrar la señal residual  $r(n)$  a través de la combinación del filtro de síntesis  $1/A(z)$  y el filtro de ponderación  $W(z)$ .

La respuesta impulsiva  $h(n)$  del filtro de síntesis ponderada  $W(z)/A(z)$  se calcula para cada subtrama. En la ecuación de más arriba,  $A(z)$  es el filtro LP cuantificado. La respuesta impulsiva  $h(n)$  se necesita para la búsqueda de libros de códigos adaptativos y fijos. La búsqueda de libro de código adaptativo incluye llevar a cabo una búsqueda de tono en bucle cerrado y luego calcular el vector de código adaptativo,  $e_p(n)$ , interpolando la excitación pasada en un retardo de tono fraccionario seleccionado  $P$ .  $e_p(n)$  se puede mejorar, por ejemplo, aplicando un filtro de paso bajo adaptativo. Los parámetros del libro de códigos adaptativo (o parámetros de tono) son el tono en bucle cerrado  $P$  y la ganancia de tono 1305  $g_t$  (ganancia del libro de códigos adaptativo), calculados para cada subtrama.  $y(n)$  indica la contribución del libro de códigos adaptativo filtrado antes de aplicar la ganancia de tono 1305. Los detalles sobre el

cálculo de los parámetros del libro de códigos adaptativo no se describirán en la presente memoria ya que la presente sección se centra en describir la búsqueda de FCB mixto (libro de códigos mixto).

Después de restar la contribución del libro de códigos adaptativo ganada y filtrada de la señal objetivo  $x(n)$ , la señal de diferencia obtenida  $x_2(n)$  1304 se convierte en la segunda señal objetivo para determinar la contribución de excitación de código. La excitación de código  $e_c(n)$  1308 y la ganancia correspondiente  $G_i$  1306 se determinan a través de la minimización 1309 del error ponderado 1310.

La Figura 14 muestra una estructura similar a la de la Figura 13, excepto que el libro de códigos fijo o la excitación de código en la Figura 14 es, ahora, específicamente, una estructura de libro de códigos mixto. La señal objetivo 1403  $x(n)$  para la búsqueda del libro de códigos adaptativo 1407 se calcula restando una respuesta de entrada cero (no se muestra en la Figura 14) del filtro de síntesis ponderada  $W(z)/A(z)$  de la señal de entrada preenfatzada ponderada; y la señal de entrada preenfatzada ponderada se obtiene filtrando la señal de entrada  $s(n)$  1401 a través del filtro de ponderación 1402. Los parámetros del libro de códigos adaptativo (o parámetros de tono) son el tono en bucle cerrado  $P$  y la ganancia de tono 1405  $g_t$  (ganancia del libro de códigos adaptativo), calculados para cada subtrama.  $y(n)$  indica la contribución del libro de códigos adaptativo filtrado antes de aplicar la ganancia de tono 1405. Después de restar la contribución del libro de códigos adaptativo ganada y filtrada de la señal objetivo 1403  $x(n)$ , la señal de diferencia obtenida  $x_2(n)$  1404 se convierte en la segunda señal objetivo para determinar la contribución de excitación de libro de códigos mixto. La excitación de libro de códigos mixto 1408  $e_c(n)$  y la ganancia correspondiente 1406  $G_i$  se determinan a través de la minimización 1409 del error ponderado 1410.  $z(n)$  indica la contribución del libro de códigos mixto filtrado antes de aplicar la ganancia 1406  $G_i$ .

Supongamos que CB 1 en el libro de códigos mixto 1408 es un libro de códigos tipo pulso y CB 2 en el libro de códigos mixto 1408 es un libro de códigos tipo ruido.  $H_1(z)$  en 1408 indica el filtro de mejora para los vectores CB 1,  $H_2(z)$  en 1408 indica el filtro de mejora para los vectores CB 2 y  $H_3(z)$  en 1408 indica el filtro de mejora para los vectores CB 1 y CB 2. Para facilitar la siguiente descripción, la respuesta impulsiva de  $H_1(z)$ ,  $H_2(z)$  o  $H_3(z)$  se indica como  $h_1(n)$ ,  $h_2(n)$  o  $h_3(n)$ , respectivamente.

El índice de libro de códigos tipo pulso CB 1, o palabra de código, representa las posiciones de pulso y señales. Por consiguiente, no se necesita ningún almacenamiento de libro de códigos dado que el vector de código se puede construir en el descodificador a través de la información contenida en el propio índice (sin tablas de consulta). Los diferentes libros de códigos tipo pulso se pueden construir colocando cierto número de pulsos señalizados en cierto número de pistas. La búsqueda independiente o temporal del libro de códigos tipo pulso se puede llevar a cabo combinando, en primer lugar, los filtros de mejora  $H_1(z)$  y  $H_3(z)$  con el filtro de síntesis ponderada  $W(z)/A(z)$  anterior a la búsqueda del libro de códigos. Por consiguiente, la respuesta impulsiva  $h(n)$  del filtro de síntesis ponderada se debe modificar para incluir los filtros de mejora  $H_1(z)$  y  $H_3(z)$ . Es decir,

$$h_p(n) = h_1(n) * h_3(n) * h(n) \quad (9)$$

El índice de libro de códigos tipo ruido CB 2, o palabra de código, representa los vectores de ruido y señales. El libro de códigos tipo ruido se guarda, en general, en un almacenamiento de memoria. Con el fin de reducir el tamaño de la memoria, los vectores de ruido se pueden superponer y generar cambiando una posición del vector de ruido. La búsqueda independiente o temporal del libro de códigos tipo ruido se puede llevar a cabo combinando, en primer lugar, los filtros de mejora  $H_2(z)$  y  $H_3(z)$  con el filtro de síntesis ponderada  $W(z)/A(z)$  anterior a la búsqueda del libro de códigos. Por consiguiente, la respuesta impulsiva  $h(n)$  del filtro de síntesis ponderada se debe modificar para incluir los filtros de mejora  $H_2(z)$  y  $H_3(z)$ . Es decir,

$$h_r(n) = h_2(n) * h_3(n) * h(n) \quad (10)$$

Dado que  $H_3(z)$  se usa comúnmente para los vectores tipo pulso y los vectores tipo ruido, la respuesta impulsiva de la combinación del filtro de síntesis  $1/A(z)$ , el filtro de ponderación  $W(z)$  y el filtro de mejora  $H_3(z)$  se indica, específicamente, como

$$hh(n) = h_3(n) * h(n)$$

(11)

El libro de códigos mixto se busca minimizando el error entre una señal objetivo actualizada 1404  $x_2(n)$  y un vector de código filtrado escalonado. La señal objetivo actualizada se da por

$$x_2(n) = x(n) - G_t \cdot y(n) \quad , \quad n = 0,1,\dots,63$$

(12)

donde  $y(n) = e_p(n) * h(n)$  es el vector de código adaptativo filtrado y  $G_t$  es la ganancia del libro de códigos adaptativo. Es preciso dejar que la matriz  $H$  se defina como una matriz de convolución triangular inferior Toeplitz con la diagonal principal  $hh(0)$  y diagonales inferiores  $hh(1), \dots, hh(63)$ , y  $d = HTx_2$  (también conocido como el vector objetivo filtrado hacia atrás) como la correlación entre la señal actualizada  $x_2(n)$  y la respuesta impulsiva  $hh(n)$ . Además, es preciso que  $\Phi = HTH$  sea la matriz de las correlaciones de  $hh(n)$ . En teoría, los elementos del vector  $d(n)$  se pueden calcular por

$$d(n) = \sum_{i=n}^{63} x_2(i) \cdot hh(i-n) \quad , \quad n = 0,1,\dots,63,$$

(13)

y los elementos de la matriz simétrica  $\Phi$  se pueden calcular por

$$\varphi(i, j) = \sum_{n=j}^{63} hh(n-i) \cdot hh(n-j) \quad , \quad i = 0,1,\dots,63; \quad j = i,\dots,63. \quad (14)$$

En algunas realizaciones, la ecuación (13) se puede calcular usando un filtrado hacia atrás más simple y la ecuación (14) puede no necesitarse en el caso actual para la búsqueda rápida del libro de códigos mixto pulso-ruido.

Es preciso dejar que  $c_k(n)$  sea un vector de código mixto que es

$$c_k(n) = c_p(n) * h_1(n) + c_r(n) * h_2(n) \quad , \quad n = 0,1,\dots,63.$$

(15)

Aquí,  $c_p(n)$  es un vector candidato del libro de códigos tipo pulso y  $c_r(n)$  es un vector candidato del libro de códigos tipo ruido. La excitación del libro de códigos mixto  $c_k(n)$  o  $e_c(n) = c_k(n) * h_3(n)$  y la ganancia correspondiente  $1103 G_t$  de la excitación del libro de códigos mixto se pueden determinar a través de la minimización  $1109$  del error ponderado  $1110$ :

$$Err = \sum_{n=0}^{63} |x_2(n) - G_t \cdot z(n)|^2$$

(16)

La minimización de (16) es equivalente a la maximización del siguiente criterio:

$$Q_k = \frac{(\mathbf{x}_2^T \mathbf{z}_k)^2}{\mathbf{z}_k^T \mathbf{z}_k} = \frac{(\mathbf{x}_2^T \mathbf{H} \mathbf{c}_k)^2}{\mathbf{c}_k^T \mathbf{H}^T \mathbf{H} \mathbf{c}_k} = \frac{(\mathbf{d}^T \mathbf{c}_k)^2}{\mathbf{c}_k^T \Phi \mathbf{c}_k} = \frac{(R_k)^2}{E_k}$$

(17)

En (17),  $z_k$  es la contribución filtrada del libro de códigos de excitación mixto:

$$\mathbf{z}_k = \mathbf{H} \mathbf{c}_k \quad (18)$$

En algunas realizaciones, el vector  $d(n)$  y la matriz  $\Phi$  se calculan antes de la búsqueda del libro de códigos. En algunas realizaciones, el cálculo de la matriz  $\Phi$  puede no necesitarse y, por lo tanto, puede omitirse.

La correlación en el numerador de ecuación (17) se da por

$$\begin{aligned}
 R_k &= \mathbf{d}^T \mathbf{c}_k \\
 &= \mathbf{d}^T (\mathbf{H}_1 \mathbf{c}_p + \mathbf{H}_2 \mathbf{c}_n) \\
 &= \mathbf{d}^T \mathbf{H}_1 \mathbf{c}_p + \mathbf{d}^T \mathbf{H}_2 \mathbf{c}_n \\
 &= (\mathbf{H}_1^T \mathbf{d})^T \mathbf{c}_p + (\mathbf{H}_2^T \mathbf{d})^T \mathbf{c}_n \\
 &= \mathbf{d}_1^T \mathbf{c}_p + \mathbf{d}_2^T \mathbf{c}_n.
 \end{aligned}$$

(19)

5 En (19),  $\mathbf{d}_1 = \mathbf{H}_1^T \mathbf{d}$  y  $\mathbf{d}_2 = \mathbf{H}_2^T \mathbf{d}$  se pueden precalcular mediante un simple filtrado hacia atrás  $\mathbf{d}(n)$  a través del filtro  $H_1(z)$  y  $H_2(z)$ . Si  $H_1(z)$  y  $H_2(z)$  se implementan usando filtros de primer orden, los procesos de filtrado hacia atrás son simples. La energía en el denominador de ecuación (17) se da por

$$\begin{aligned}
 E_k &= \mathbf{c}_k^T \Phi \mathbf{c}_k \\
 &= (\mathbf{H}_1 \mathbf{c}_p + \mathbf{H}_2 \mathbf{c}_n)^T \mathbf{H}^T \mathbf{H} (\mathbf{H}_1 \mathbf{c}_p + \mathbf{H}_2 \mathbf{c}_n) \\
 &= (\mathbf{H}_1 \mathbf{c}_p)^T (\mathbf{H}_1 \mathbf{c}_p) + 2(\mathbf{H}_1 \mathbf{c}_p)^T (\mathbf{H}_2 \mathbf{c}_n) + (\mathbf{H}_2 \mathbf{c}_n)^T (\mathbf{H}_2 \mathbf{c}_n) \\
 &= (\mathbf{c}_p^T \mathbf{H}_p^T) (\mathbf{H}_p \mathbf{c}_p) + 2(\mathbf{c}_p^T \mathbf{H}_p^T) (\mathbf{H}_n \mathbf{c}_n) + (\mathbf{c}_n^T \mathbf{H}_n^T) (\mathbf{H}_n \mathbf{c}_n) \\
 &= \mathbf{z}_p^T \mathbf{z}_p + 2 \mathbf{z}_p^T \mathbf{z}_n + \mathbf{z}_n^T \mathbf{z}_n.
 \end{aligned}$$

(20)

En (20),  $H_p = \mathbf{H}_1 \mathbf{H}_1^T$  y  $H_n = \mathbf{H}_2 \mathbf{H}_2^T$  se pueden precalcular por los siguientes procesos de filtrado o convoluciones:

$$h_p(n) = h_1(n) * h_1(n) \leftrightarrow H_p(z) = H_1(z) H_1^*(z) / A(z)$$

(21)

$$h_n(n) = h_2(n) * h_2(n) \leftrightarrow H_n(z) = H_2(z) H_2^*(z) / A(z)$$

10 (22)

En algunas realizaciones,  $H_1(z)$  y  $H_2(z)$  se pueden implementar usando filtros de primer orden; entonces, el procesamiento de filtrado en (21) o (22) es simple dado que  $h_1(n)$  ya se ha calculado en (11).

En (20),  $\mathbf{z}_p$  es la contribución de pulso filtrada:

$$\mathbf{z}_p = \mathbf{H}_p \mathbf{c}_p$$

(23)

15 y  $\mathbf{z}_n$  es la contribución de ruido filtrada:

$$\mathbf{z}_n = \mathbf{H}_n \mathbf{c}_n$$

(24)

La ecuación (20) se puede expresar además como,

$$E_k = \mathbf{z}_p^T \mathbf{z}_p + 2 \mathbf{z}_p^T \mathbf{z}_r + \mathbf{z}_r^T \mathbf{z}_r$$

$$= E_p + 2 \mathbf{z}_p^T \mathbf{z}_r + E_r$$

(25)

donde

$$E_p = \mathbf{z}_p^T \mathbf{z}_p$$

(26)

es la energía de la contribución de pulso filtrada y

$$E_r = \mathbf{z}_r^T \mathbf{z}_r$$

5 (27)

es la energía de la contribución de ruido filtrada.

Supongamos que el vector de código  $c_p(n)$  en (15) del sublibro de códigos de pulso es un vector señalizado:

$$c_p = s_p \cdot v_p(i_p)$$

(28)

y el vector de código  $c_n(n)$  en (15) del sublibro de códigos de ruido también es un vector señalizado:

$$c_n = s_r \cdot v_r(i_r)$$

10 (29)

donde  $v_p(i_p)$  denota el vector de pulso  $i_p$ - de dimensión 64 (el tamaño de la subtrama), el cual consiste en uno o varios pulsos;  $v_r(i_r)$  denota el  $i_r$ -ésimo vector de ruido de dimensión 64 (el tamaño de la subtrama), leyendo de una tabla de ruido;  $s_p$  y  $s_r$  son las señales, iguales a -1 o 1, e  $i_p$  e  $i_r$  son los índices que definen los vectores.

15 El objetivo del procedimiento de búsqueda es encontrar los índices  $i_p$  e  $i_r$  de los dos mejores vectores y sus señales correspondientes,  $s_p$  y  $s_r$ . Ello se logra maximizando el criterio de búsqueda (17) donde el numerador se calcula usando la ecuación (19) y el denominador se calcula usando la ecuación (25). Cuando se observan el numerador

$$\mathbf{z}_p^T \mathbf{z}_r$$

(19) y el denominador (25), el cálculo más complejo proviene del término medio del denominador (25), el cual contiene todas las combinaciones posibles de las correlaciones cruzadas. Por ejemplo, si  $c_p$  tiene  $K_p$

$$\mathbf{z}_p^T \mathbf{z}_r$$

posibilidades y  $c_r$  tiene  $K_r$  posibilidades, el término medio, puede tener hasta  $(K_p \cdot K_r)$  posibilidades.

20 La Figura 15a ilustra un diagrama de flujo 1500 de un método de la realización de una búsqueda rápida del libro de códigos mixto. En la etapa 1502, se calcula una correlación entre un vector de libro de códigos y cada vector objetivo filtrado para el libro de códigos de pulso y para el libro de códigos de ruido. En un ejemplo, después de calcular los

vectores  $d_1$  y  $d_2$  en (19), un proceso de predeterminación se usa para identificar  $K_p^0 \leq K_p$  de todos los vectores de

pulso posibles  $K_p$  y  $K_r^0 \leq K_r$  de todos los vectores de ruido posibles  $K_r$  de modo que el proceso de búsqueda se

25 limitará a aquellos vectores de pulso posibles  $K_p^0$  y vectores de ruido posibles  $K_r^0$ .

La predeterminación de pulso se lleva a cabo probando  $R_p(i) = \mathbf{d}_1^T \mathbf{c}_p(i)$  en (19) para los vectores de pulso  $K_p$  que tienen el producto escalar absoluto más grande (o producto escalar cuadrado) entre  $\mathbf{d}_1$  y  $\mathbf{c}_p$ . Es decir, los índices de los vectores de pulso  $K_p^0$  que resultan en los valores  $K_p^0$  más grandes de  $|R_p(i)|$  se retienen. Dichos índices se

5 almacenan en el vector de índice  $m_i, i=0, \dots, K_p^0 - 1$ . Para simplificar la búsqueda, la información de señal correspondiente a cada vector predeterminado también se preestablece. La señal correspondiente a cada vector predeterminado se da por la señal de  $R_p(i)$  para dicho vector. Dichas señales preestablecidas se almacenan en el vector de señal  $s_p(i), i=0, \dots, K_p^0 - 1$ . Dado que los vectores candidatos  $\mathbf{c}_p$  contienen muchos ceros, la predeterminación de más arriba puede ser computacionalmente simple en algunas realizaciones.

10 La predeterminación de ruido se lleva a cabo probando  $R_r(j) = \mathbf{d}_2^T \mathbf{c}_r(j)$  en (19) para los vectores de ruido  $K_r$  que tienen el producto escalar absoluto más grande (o producto escalar cuadrado) entre  $\mathbf{d}_2$  y  $\mathbf{c}_r$ . Es decir, los

índices de los vectores de ruido  $K_r^0$  que resultan en los valores  $K_r^0$  más grandes de  $|R_r(j)|$  se retienen.

15 Dichos índices se almacenan en el vector de índice  $n_j, j=0, \dots, K_r^0 - 1$ . Para simplificar la búsqueda, la información de señal correspondiente a cada vector predeterminado también se preestablece. La señal correspondiente a cada vector predeterminado se da por la señal de  $R_r(j)$  para dicho vector. Dichas señales preestablecidas se almacenan en el vector de señal  $s_r(j), j=0, \dots, K_r^0 - 1$ .

20 Dado que el libro de códigos de excitación mixto se usa, con frecuencia, para la codificación de la voz de baja velocidad de bits,  $K_p$  o  $K_r$  no es grande; en el presente caso, el proceso de predeterminación simplemente toma todos los vectores de pulso posibles  $K_p^0 = K_p$  como candidatos y todos los vectores de ruido posibles  $K_r^0 = K_r$  como candidatos.

En la etapa 1504, la energía de cada vector de libro de códigos filtrado se determina para el libro de códigos de pulso y para el libro de códigos de ruido. Por ejemplo, el término de la energía

$$E_p(i) = \mathbf{z}_p^T \mathbf{z}_p$$

de los valores de pulso filtrados en la ecuación (25) se calcula para los posibles vectores de pulso  $K_p^0$  limitados de la Etapa 1502 y

25 almacenados con el vector de índice  $m_i, i=0, \dots, K_p^0 - 1$ . En algunas realizaciones, los vectores de pulso contienen solamente unos pocos pulsos diferentes a cero y hacen así el cálculo de  $\mathbf{z}_p$  en la ecuación (23) relativamente simple. Por ejemplo, si los vectores de pulso contienen solamente un pulso, dicho cálculo del término de la energía se puede llevar a cabo simplemente usando una manera recursiva y cambiando la posición de pulso de izquierda a derecha.

$$E_r(j) = \mathbf{z}_r^T \mathbf{z}_r$$

El término de la energía de los vectores de ruido filtrados en (25) se calcula para los

30 posibles vectores de ruido  $K_r^0$  limitados de la Etapa 1502 y almacenados con el vector de índice  $n_j, j=0, \dots, K_r^0 - 1$

\* Si todos los vectores de ruido se almacenan en una tabla de manera superpuesta, el cálculo de  $\mathbf{z}_r$  en la ecuación (24) se puede llevar a cabo de manera recursiva y cambiando la posición del vector de ruido en la tabla de ruido.

35 A continuación, en la etapa 1506, se calcula un primer grupo de correlaciones más altas de vectores objetivo filtrados y vectores de libro de códigos de pulso filtrados y, en la etapa 1508, se calcula un segundo grupo de correlaciones más altas de vectores objetivo filtrados y vectores de pulso ruido filtrados. Por ejemplo, en una realización, se calculan y eligen las posibles combinaciones  $K$  de las contribuciones mixtas pulso-ruido que



proviene de las combinaciones posibles  $(K_p^0 \cdot K_r^0)$  que se obtienen de la etapa 1502 y de la etapa 1504. En una

realización,  $K$  es mucho más pequeño que  $(K_p^0 \cdot K_r^0)$ , es decir  $K < (K_p^0 \cdot K_r^0)$ . En algún ejemplo, cuatro vectores de ruido y seis vectores de pulso se eligen para que sean las combinaciones posibles  $K$  y hacer, así, que se pruebe un total de 24 combinaciones. En otros ejemplos, se pueden seleccionar otros números de vectores de ruido y vectores de pulso. En una realización, el número de vectores de pulso candidatos puede superar el número de vectores de ruido candidatos dado que los cálculos de vectores de pulso pueden ser computacionalmente más eficientes que llevar a cabo cálculos de vectores de ruido debido a la naturaleza dispersa de algunos vectores de pulso. (A saber, muchos de los elementos dentro de los vectores de pulso pueden establecerse en cero).

A continuación, una primera función de criterio se aplica a dichas combinaciones del primer y segundo grupos en la etapa 1510. En una realización, la selección de las combinaciones posibles  $K$  se puede lograr maximizando el siguiente criterio simplificado de (17),

$$Q(i, j) = \frac{[R_p(i) + R_r(j)]^2}{E_p(i) + E_r(j)} ; \quad i = 0, 1, \dots, K_p^0 - 1 ; \quad j = 0, 1, \dots, K_r^0 - 1$$

(30)

$$MAX \{ Q(i, j) , \quad i = 0, 1, \dots, K_p^0 - 1 ; \quad j = 0, 1, \dots, K_r^0 - 1 \}$$

(31)

En la expresión de más arriba,  $R_p(i)$  y  $R_r(j)$  se han calculado en la etapa 1502;  $E_p(i)$  y  $E_r(j)$  se han calculado en la etapa 1504.

A continuación, en la etapa 1512, un primer grupo de combinaciones de vectores de pulso y vectores de ruido se determina según las primeras funciones de criterio más altas. Por ejemplo, en una realización, los índices de las combinaciones  $K$  que resultan en los valores  $K$  más grandes de  $Q(i, j)$  se retienen. Dichos índices se almacenan en la matriz del índice  $[i_k, j_k]$ ,  $k = 0, 1, \dots, K-1$ .  $K$  es mucho más pequeño que el número de las combinaciones posibles totales de los vectores de pulso y ruido.

A continuación, una segunda función de criterio se aplica al tercer grupo de combinaciones de vectores de pulso y vectores de ruido en la etapa 1514 y los índices del vector de pulso y vector de ruido que determinan el segundo criterio más alto se selecciona. Por ejemplo, en una realización, una vez que las combinaciones  $K$  más prometedoras de los vectores de pulso y ruido y sus señales correspondientes se predeterminan en las Etapas 1502, 1504, 1506, 1508, 1510 y 1512 de más arriba, la búsqueda procede con la selección de un vector de pulso y un vector de ruido entre dichas combinaciones  $K$ , las cuales maximizarán el criterio de búsqueda total  $Q_k$  de (17):

$$Q_k = \frac{(R_k)^2}{E_k} = \frac{[R_p(i_k) + R_r(j_k)]^2}{E_p(i_k) + 2 \mathbf{z}_p(i_k)^T \mathbf{z}_n(j_k) + E_n(j_k)} , \quad k = 0, 1, \dots, K-1.$$

(32)

$$MAX \{ Q_k , \quad k = 0, 1, \dots, K-1 \}$$

(33)

En (32),  $R_p(i_k)$ ,  $R_r(j_k)$ ,  $E_p(i_k)$  y  $E_r(j_k)$  se han obtenido en las etapas 1502 y 1504,  $\mathbf{z}_p(i_k)$  y  $\mathbf{z}_r(j_k)$  se han calculado en la etapa 1504. En caso de que los vectores de pulso contengan solamente un pulso, el vector de pulso filtrado  $\mathbf{z}_p(i_k)$  en (32) podría tener ceros del primer elemento del vector hasta la posición de pulso, lo cual puede además simplificar el cálculo.

En algunas realizaciones de la presente invención, las etapas 1510 y 1512 se pueden omitir en las realizaciones que tienen un número relativamente pequeño de entradas de libro de códigos. En dicha realización, las combinaciones candidatas del primer y segundo grupos se aplican directamente a la segunda función de criterio, por ejemplo, las ecuaciones (32) y (33) y los índices correspondientes al valor máximo de la segunda función de criterio se seleccionan.

5 Si no hay limitación respecto a que CB 1 contenga vectores de pulso y CB 2 contenga vectores de ruido, el libro de códigos mixto general se puede buscar rápidamente de la siguiente manera similar a la descripción de más arriba con respecto a un libro de códigos que usa vectores de pulso y ruido. La respuesta impulsiva para la excitación CB 1 es,

$$h_{CB1}(n) = h_1(n) * h_3(n) * h(n)$$

10 (34)

La respuesta impulsiva para la excitación CB 2 es,

$$h_{CB2}(n) = h_2(n) * h_3(n) * h(n)$$

(35)

Es preciso dejar que  $c_k(n)$  sea un vector de código mixto que es

$$c_k(n) = c_{CB1}(n) * h_1(n) + c_{CB2}(n) * h_2(n) \quad , \quad n = 0, 1, \dots, 63.$$

(36)

15 La excitación del libro de códigos mixto  $c_k(n)$  o  $e_c(n) = c_k(n) * h_3(n)$  y la ganancia correspondiente  $1406 G_i$  se pueden determinar a través de la minimización del criterio:

$$Q_k = \frac{(R_k)^2}{E_k} = \frac{[d_1^T c_{CB1} + d_2^T c_{CB2}]^2}{E_{CB1} + 2 \mathbf{z}_{CB1}^T \mathbf{z}_{CB2} + E_{CB2}}$$

(37)

donde

$$\mathbf{z}_{CB1} = \mathbf{H}_{CB1} \mathbf{c}_{CB1}$$

(38)

20

$$\mathbf{z}_{CB2} = \mathbf{H}_{CB2} \mathbf{c}_{CB2}$$

(39)

$$E_{CB1} = \mathbf{z}_{CB1}^T \mathbf{z}_{CB1}$$

(40)

$$E_{CB2} = \mathbf{z}_{CB2}^T \mathbf{z}_{CB2}$$

25 (41)

Supongamos que los vectores de código  $c_{CB1}$  y  $c_{CB2}$  son vectores señalizados:

$$\mathbf{c}_{CB1} = s_{CB1} \cdot \mathbf{v}_{CB1}(i_{CB1})$$

(42)

$$\mathbf{c}_{CB2} = s_{CB2} \cdot \mathbf{v}_{CB2}(i_{CB2})$$

(43)

5 El objetivo del procedimiento de búsqueda es encontrar los índices  $i_{CB1}$  e  $i_{CB2}$  de los dos mejores vectores y sus correspondientes señales,  $s_{CB1}$  y  $s_{CB2}$ .

La Figura 15b ilustra un método 1550 de la realización para llevar a cabo una búsqueda rápida de un libro de códigos mixto general. Se debe apreciar que dicho método 1500 de la Figura 15a descrito más arriba se puede considerar un caso especial del método 1550 en algunas realizaciones.

10 En una realización, en la etapa 1552, después de calcular los vectores  $d_1$  y  $d_2$  en (37), un proceso de predeterminación se usa para identificar  $K_{CB1}^0 \leq K_{CB1}$  de todos los vectores posibles  $K_{CB1}$  CB 1 y  $K_{CB2}^0 \leq K_{CB2}$  de todos los vectores posibles  $K_{CB2}$  CB 2. La predeterminación CB 1 se lleva a cabo probando  $R_{CB1}(i) = \mathbf{d}_1^T \mathbf{c}_{CB1}(i)$  en la ecuación (37) para los vectores  $K_{CB1}$  CB 1 que tienen el producto escalar absoluto más grande (o producto escalar cuadrado) entre  $d_1$  y  $K_{CB1}$ . Es decir, los índices de los  $K_{CB1}^0$  vectores CB 1 que resultan en los valores  $K_{CB1}^0$  más grandes de  $|R_{CB1}(i)|$  se retienen. Dichos índices se almacenan en el vector de índice  $m_i$ ,  $i=0, \dots, K_{CB1}^0 - 1$ . Para simplificar la búsqueda, la información de señal correspondiente a cada vector predeterminado también se preestablece. La señal correspondiente a cada vector predeterminado se da por la señal de  $R_{CB1}(i)$  para dicho vector. Dichas señales preestablecidas se almacenan en el vector de señal  $s_{CB1}(i)$ ,  $i = 0, \dots, K_{CB1}^0 - 1$ .

20 En una realización, la predeterminación CB 2 se lleva a cabo probando  $R_{CB2}(j) = \mathbf{d}_2^T \mathbf{c}_{CB2}(j)$  en la ecuación (37) para los vectores  $K_{CB2}$  CB 2 que tienen el producto escalar absoluto más grande (o producto escalar cuadrado) entre  $d_2$  y  $K_{CB2}$ . Es decir, los índices de los vectores CB 2  $K_{CB2}^0$  que resultan en los valores más grandes  $K_{CB2}^0$  de  $|R_{CB2}(j)|$  se retienen. Dichos índices se almacenan en el vector de índice  $n_j$ ,  $j=0, \dots, K_{CB2}^0 - 1$ . Para simplificar la búsqueda, la información de señal correspondiente a cada vector predeterminado también se preestablece. La señal correspondiente a cada vector predeterminado se da por la señal de  $R_{CB2}(j)$  para dicho vector. Dichas señales preestablecidas se almacenan en el vector de señal  $s_{CB2}(j)$ ,  $j=0, \dots, K_{CB2}^0 - 1$ .

25 Dado que con frecuencia se usa un libro de códigos de excitación mixto para la codificación de la voz de bajas velocidades de bits,  $K_{CB1}$  o  $K_{CB2}$  no son grandes. En el presente caso, el proceso de predeterminación simplemente toma todos los  $K_{CB1}^0 = K_{CB1}$  vectores posibles CB 1 como candidatos y todos los  $K_{CB2}^0 = K_{CB2}$  vectores posibles CB 2 como candidatos.

30 A continuación, en la etapa 1554, se calculan los términos de la energía  $E_{CB1}$  y  $E_{CB2}$ . En una realización, el término  $E_{CB1}(i) = z_{CB1}^T z_{CB1}$  de los vectores filtrados CB 1 en la ecuación (40) se calcula para los  $K_{CB1}^0$  posibles vectores CB 1 limitados de la Etapa 1552, almacenados con el vector de índice  $m_i$ ,  $i=0, \dots, K_{CB1}^0 - 1$ .

El término de la energía  $E_{CB2}(j) = z_{CB2}^T z_{CB2}$  de los vectores filtrados CB 2 en la ecuación (41) se calcula también para los  $K_{CB2}^0$  posibles vectores limitados CB 2 de la Etapa 1552, almacenados con el vector de índice,  $n_j$ ,  $j=0, \dots,$

35  $K_{CB2}^0 - 1$ . En algunas realizaciones, los términos de la energía  $E_{CB1}$  y  $E_{CB2}$  se pueden precalcular y almacenar en la memoria.

En la etapa 1556, calcular y elegir las posibles combinaciones K de las contribuciones del libro de códigos mixto de las  $(K_{CB1}^0 \cdot K_{CB2}^0)$  combinaciones posibles que se obtienen de la etapa 1552 y la etapa 1554 se calculan y eligen. En algunas realizaciones, K es más pequeño que  $(K_{CB1}^0 \cdot K_{CB2}^0)$ , es decir  $K < (K_{CB1}^0 \cdot K_{CB2}^0)$ . La selección de las combinaciones posibles K se logra maximizando el siguiente criterio simplificado de (37),

$$Q(i, j) = \frac{[R_{CB1}(i) + R_{CB2}(j)]^2}{E_{CB1}(i) + E_{CB2}(j)} ; i = 0, 1, \dots, K_{CB1}^0 - 1 ; j = 0, 1, \dots, K_{CB2}^0 - 1$$

5 (44)

$$MAX \{ Q(i, j) , i = 0, 1, \dots, K_{CB1}^0 - 1 ; j = 0, 1, \dots, K_{CB2}^0 - 1 \}$$

(45)

10 En la expresión de más arriba,  $R_{CB1}(i)$  y  $R_{CB2}(j)$  se han calculado en la Etapa 1552, y  $E_{CB1}(i)$  y  $E_{CB2}(j)$  se han calculado en la Etapa 1554. Los índices de las combinaciones K que resultan en los valores K más grandes de  $Q(i, j)$  se retienen. Dichos índices se almacenan en la matriz del índice  $[i_k, j_k]$ ,  $k = 0, 1, \dots, K-1$ . K es mucho más pequeño que el número de las combinaciones posibles totales de los vectores del libro de códigos mixto.

15 A continuación, en la etapa 1558, un vector se selecciona de las combinaciones posibles K determinadas en la etapa 1556. Por ejemplo, una vez que las combinaciones K más prometedoras de los vectores del libro de códigos mixto y sus señales correspondientes se predeterminan en la Etapa 1552, Etapa 1554 y Etapa 1556 de más arriba, la búsqueda procede con la selección de un vector CB 1 y un vector CB 2 entre dichas combinaciones K, las cuales maximizarán el criterio de búsqueda total  $Q_k$  de (37):

$$Q_k = \frac{[R_{CB1}(i_k) + R_{CB2}(j_k)]^2}{E_{CB1}(i_k) + 2 \mathbf{z}_{CB1}(i_k)^T \mathbf{z}_{CB2}(j_k) + E_{CB2}(j_k)} , k = 0, 1, \dots, K-1.$$

(46)

$$MAX \{ Q_k , k = 0, 1, \dots, K-1 \}$$

(47)

En (46),  $R_{CB1}(i_k)$ ,  $R_{CB2}(j_k)$ ,  $E_{CB1}(i_k)$  y  $E_{CB2}(j_k)$  se han obtenido en la etapa 1556,  $\mathbf{z}_{CB1}(i_k)$  y  $\mathbf{z}_{CB2}(j_k)$  se han calculado en la Etapa 1554.

20 En algunas realizaciones de la presente invención, el cálculo de las ecuaciones (44) y (45) se puede omitir y las ecuaciones (46) y (47) se pueden usar para determinar el vector del libro de códigos mixto seleccionado directamente para las realizaciones que tienen un libro de códigos de tamaño relativamente pequeño.

25 Las etapas 1510 y 1512 se pueden omitir en realizaciones que tienen un número relativamente pequeño de entradas del libro de códigos. En dicha realización, las combinaciones candidatas del primer y segundo grupos se aplican directamente a la segunda función de criterio, por ejemplo, las ecuaciones (32) y (33) y los índices correspondientes al valor máximo de la segunda función de criterio se seleccionan y evalúan de la siguiente manera:

$$Q(i, j) = \frac{[R_{CB1}(i) + R_{CB2}(j)]^2}{E_{CB1}(i) + 2 \mathbf{z}_{CB1}(i)^T \mathbf{z}_{CB2}(j) + E_{CB2}(j)}$$

$$i = 0, 1, \dots, K_{CB1}^0 - 1 ; j = 0, 1, \dots, K_{CB2}^0 - 1$$

(48)

$$MAX \{ Q(i, j) , i = 0, 1, \dots, K_{CB1}^0 - 1 ; j = 0, 1, \dots, K_{CB2}^0 - 1 \}$$

(49)

Las ecuaciones (48) y (49) se pueden aplicar también al método 1500 descrito más arriba en algunas realizaciones.

5 La relación señal/ruido (SNR, por su sigla en inglés) es uno de los métodos de medición de prueba objetiva para la codificación de la voz. La SNR Segmental Ponderada (WsegSNR, por su sigla en inglés) es otra medición objetiva. WsegSNR podría acercarse ligeramente más a la medición de calidad perceptual real que SNR. Una pequeña diferencia en SNR o WsegSNR puede no ser audible. Una diferencia grande en SNR o WsegSNR puede ser, obviamente, audible. Para una señal de voz limpia, la SNR o WsegSNR obtenida con el FCB mixto pulso-ruido puede ser equivalente a la obtenida usando un FCB tipo pulso con el mismo tamaño FCB. Para una señal de voz ruidosa, la SNR o WsegSNR obtenida con el FCB mixto pulso-ruido puede ser ligeramente más alta que la obtenida usando un FCB tipo pulso con el mismo tamaño FCB. Además, para todos los tipos de señales de voz, la SNR o WsegSNR obtenida con la búsqueda rápida de FCB mixto es muy cercana a la obtenida con la búsqueda de FCB mixto total.

15 En algunas realizaciones, los resultados de la prueba de audio indican que la calidad perceptual de la señal de voz ruidosa se mejora claramente usando el FCB mixto pulso-ruido en lugar de un FCB tipo pulso, el cual suena más suave, más natural y menos filoso. Además, los resultados de la prueba muestran que la calidad perceptual con la búsqueda rápida de FCB mixto es equivalente a la obtenida con la búsqueda de FCB mixto total.

20 La Figura 16 ilustra un sistema de comunicaciones 10 según una realización de la presente invención. El sistema de comunicaciones 10 tiene dispositivos de acceso a audio 6 y 8 acoplados a la red 36 mediante enlaces de comunicación 38 y 40. En una realización, los dispositivos de acceso a audio 6 y 8 son dispositivos de protocolo de transmisión de la voz por internet (VOIP, por su sigla en inglés) y la red 36 es una red de área amplia (WAN, por su sigla en inglés), red telefónica pública conmutada (PTSN, por su sigla en inglés) y/o internet. Los enlaces de comunicación 38 y 40 son conexiones de banda ancha alámbrica y/o inalámbrica. En una realización alternativa, los dispositivos de acceso a audio 6 y 8 son teléfonos celulares o móviles, los enlaces 38 y 40 son canales telefónicos móviles inalámbricos y la red 36 representa una red telefónica móvil.

25 El dispositivo de acceso a audio 6 usa un micrófono 12 para convertir el sonido, como, por ejemplo, música o la voz de una persona, en una señal de entrada de audio analógica 28. La interfaz de micrófono 16 convierte la señal de entrada de audio analógica 28 en una señal de audio digital 32 para la entrada en el codificador 22 del CÓDEC 20.

30 El codificador 22 produce una señal de audio codificada TX para la transmisión a una red 26 mediante una interfaz de red 26 según las realizaciones de la presente invención. El descodificador 24 dentro del CÓDEC 20 recibe la señal de audio codificada RX de la red 36 mediante la interfaz de red 26 y convierte la señal de audio codificada RX en una señal de audio digital 34. La interfaz de altavoz 18 convierte la señal de audio digital 34 en una señal de audio 30 apropiada para dirigir los altavoces 14.

35 En las realizaciones de la presente invención, donde el dispositivo de acceso a audio 6 es un dispositivo VOIP, algunos o todos los componentes dentro del dispositivo de acceso a audio 6 se implementan dentro de un microteléfono. En algunas realizaciones, sin embargo, el Micrófono 12 y el altavoz 14 son unidades separadas y la interfaz de micrófono 16, la interfaz de altavoz 18, el CÓDEC 20 y la interfaz de red 26 se implementan dentro de un ordenador personal. El CÓDEC 20 se puede implementar en software que se ejecuta en un ordenador o un procesador dedicado o mediante hardware dedicado, por ejemplo, en un circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC, por su sigla en inglés). La interfaz de micrófono 16 se implementa por un convertidor analógico a digital (A/D), así como otros circuitos de interfaz ubicados dentro del microteléfono y/o dentro del ordenador. Asimismo, la interfaz de altavoz 18 se implementa por un convertidor digital a analógico y otros circuitos de interfaz ubicados dentro del microteléfono y/o dentro del ordenador. En realizaciones adicionales, el dispositivo de acceso a audio 6 se puede implementar y dividir de otras maneras conocidas en la técnica.

45 En las realizaciones de la presente invención donde el dispositivo de acceso a audio 6 es un teléfono celular o móvil, los elementos dentro del dispositivo de acceso a audio 6 se implementan dentro de un microteléfono celular. El CÓDEC 20 se puede implementar por software que se ejecuta en un procesador dentro del microteléfono o por hardware dedicado. En realizaciones adicionales de la presente invención, el dispositivo de acceso a audio se puede

implementar en otros dispositivos como, por ejemplo, sistemas de comunicaciones digitales alámbricos e inalámbricos entre pares como, por ejemplo, interfonos y microteléfono para radio. En aplicaciones como, por ejemplo, dispositivos de audio para el consumidor, el dispositivo de acceso a audio puede contener un CÓDEC con un codificador 22 o decodificador 24 solamente, por ejemplo, en un sistema de micrófono digital o dispositivo de reproducción musical. En otras realizaciones de la presente invención, el CÓDEC 20 se puede usar sin micrófono 12 y altavoz 14, por ejemplo, en estaciones base celulares que acceden a la PTSN.

Según una realización, un método de codificación de una señal de audio/voz incluye determinar un vector de libro de códigos mixto según una señal de audio/voz entrante, el vector de libro de códigos mixto comprende una suma de una primera entrada del libro de códigos de un primer libro de códigos y una segunda entrada del libro de códigos de un segundo libro de códigos. El método además incluye generar una señal de audio codificada basada en el vector de libro de códigos mixto determinado y transmitir un índice de excitación codificada del vector de libro de códigos mixto determinado. En una realización, el primer libro de códigos incluye entradas tipo pulso y el segundo libro de códigos incluye entradas tipo ruido. En algunas realizaciones, el primer y segundo libros de códigos incluyen libros de códigos fijos. Las etapas de determinar y generar se pueden llevar a cabo usando un codificador de audio basado en hardware. El codificador de audio basado en hardware puede incluir un procesador y/o hardware dedicado.

En una realización, determinar el vector del libro de códigos mixto incluye calcular primeras correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas filtradas en el primer libro de códigos, determinar un primer grupo de primeras correlaciones más altas, calcular correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas filtradas en el segundo libro de códigos, determinar un segundo grupo de segundas correlaciones más altas y calcular una primera función de criterio de combinaciones del primer y segundo grupos. La primera función de criterio incluye una función de una del primer grupo de primeras correlaciones más altas, una del segundo grupo de segundas correlaciones más altas y una energía de entradas correspondientes del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos. El vector objetivo filtrado se basa en la señal de audio entrante.

En una realización, el método además incluye determinar un tercer grupo de correlaciones candidatas basadas en funciones del primer criterio calculadas más altas y seleccionar el vector del libro de códigos mixto según la aplicación de una segunda función de criterio al tercer grupo. El vector del libro de códigos mixto corresponde a entradas del libro de códigos del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos asociadas a un valor más alto de la segunda función de criterio.

En una realización, la primera función de criterio es

$$Q(i, j) = \frac{[R_{CB1}(i) + R_{CB2}(j)]^2}{E_{CB1}(i) + E_{CB2}(j)} ; i = 0, 1, \dots, K_{CB1}^0 - 1 ; j = 0, 1, \dots, K_{CB2}^0 - 1$$

donde  $R_{CB1}(i)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $i^{\text{ésima}}$  primera entrada del primer libro de códigos,  $R_{CB2}(j)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $E_{CB1}(i)$  es una energía de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $E_{CB2}(j)$  es una energía de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $K_{CB1}^0$  es un número de primeras entradas del libro de códigos en el primer grupo y  $K_{CB2}^0$  es un número de segundas entradas del libro de códigos en el segundo grupo. El segundo criterio se puede expresar como

$$Q_k = \frac{[R_{CB1}(i_k) + R_{CB2}(j_k)]^2}{E_{CB1}(i_k) + 2 \mathbf{z}_{CB1}(i_k)^T \mathbf{z}_{CB2}(j_k) + E_{CB2}(j_k)} , k = 0, 1, \dots, K - 1$$

donde  $\mathbf{z}_{CB1}(i_k)$  es un vector filtrado de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $\mathbf{z}_{CB2}(j_k)$  es un vector filtrado de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos, y  $K$  es un número de entradas en el tercer grupo.

En algunas realizaciones, el método incluye seleccionar el vector del libro de códigos mixto según una primera función de criterio calculada más alta. La primera función de criterio calculada más alta puede ser

$$Q(i, j) = \frac{[R_{CB1}(i) + R_{CB2}(j)]^2}{E_{CB1}(i) + E_{CB2}(j)} ; i = 0, 1, \dots, K_{CB1}^0 - 1 ; j = 0, 1, \dots, K_{CB2}^0 - 1$$

donde  $R_{CB1}(i)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $i^{\text{ésima}}$  primera entrada del primer libro de códigos,  $R_{CB2}(j)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $E_{CB1}(i)$  es una energía de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $E_{CB2}(j)$  es una energía de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del

segundo libro de códigos,  $K_{CB1}^0$  es un número de primeras entradas del libro de códigos en el primer grupo y  $K_{CB2}^0$  es un número de segundas entradas del libro de códigos en el segundo grupo.

5 En una realización, el método además incluye calcular energías de las entradas correspondientes del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos. En algunos casos, la energía de las entradas correspondientes del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos se almacenan en la memoria. Además, el primer grupo puede incluir más entradas que el segundo grupo.

10 En una realización, el método además incluye aplicar una primera función de énfasis a la primera entrada del libro de códigos y aplicar una segunda función de énfasis a la segunda entrada del libro de códigos. La primera función de énfasis puede incluir una función de filtrado de paso bajo y la segunda función de énfasis puede incluir una función de filtrado de paso alto.

15 Según una realización adicional, un sistema para codificar una señal de audio/voz que incluye un codificador de audio basado en hardware configurado para determinar un vector del libro de códigos mixto basado en una señal de audio/voz entrante, generar una señal de audio/voz codificada según el vector del libro de códigos mixto determinado, transmitir un índice de excitación codificada del vector del libro de códigos mixto determinado. El vector del libro de códigos mixto incluye una suma de una primera entrada del libro de códigos de un libro de códigos tipo pulso y una segunda entrada del libro de códigos de un libro de códigos tipo ruido. El codificador de audio basado en hardware puede incluir un procesador y/o hardware dedicado.

20 En una realización, el codificador de audio basado en hardware se configura además para calcular primeras correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas en el libro de códigos tipo pulso, determinar un primer grupo de primeras correlaciones más altas, calcular correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas en el libro de códigos tipo ruido, determinar un segundo grupo de segundas correlaciones más altas y calcular una primera función de criterio de combinaciones del primer y segundo grupos. La primera función de criterio incluye una función de una del primer grupo de primeras correlaciones más altas, una del segundo grupo de segundas correlaciones más altas y una energía de entradas correspondientes del libro de códigos tipo pulso y del libro de códigos tipo ruido. Además, el vector objetivo filtrado se basa en la señal de audio entrante. En algunas realizaciones, el sistema además incluye una memoria configurada para almacenar valores de la energía de entradas correspondientes del libro de códigos tipo pulso y del libro de códigos tipo ruido.

25 En una realización, el codificador de audio basado en hardware se puede configurar además para seleccionar el vector del libro de códigos mixto según una primera función de criterio calculada más alta. Dicha primera función de criterio se puede expresar como

$$Q(i, j) = \frac{[R_{CB1}(i) + R_{CB2}(j)]^2}{E_{CB1}(i) + E_{CB2}(j)} ; \quad i = 0, 1, \dots, K_{CB1}^0 - 1 ; \quad j = 0, 1, \dots, K_{CB2}^0 - 1$$

donde  $R_{CB1}(i)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $i^{\text{ésima}}$  primera entrada del primer libro de códigos,  $R_{CB2}(j)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $E_{CB1}(i)$  es una energía de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $E_{CB2}(j)$  es una energía de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del

35 segundo libro de códigos, y  $K_{CB1}^0$  es un número de primeras entradas del libro de códigos en el primer grupo y  $K_{CB2}^0$  es un número de segundas entradas del libro de códigos en el segundo grupo.

40 Según una realización adicional, un método de búsqueda rápida de un libro de códigos mixto para codificar una señal de audio/voz incluye determinar un vector del libro de códigos mixto según una señal de audio/voz entrante, donde el vector del libro de códigos mixto incluye una suma de una primera entrada del libro de códigos de un primer libro de códigos y una segunda entrada del libro de códigos de un segundo libro de códigos. El método además incluye calcular primeras correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas filtradas en el primer libro de códigos, determinar un primer grupo de primeras correlaciones más altas, calcular correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas filtradas en el segundo libro de códigos, determinar un segundo grupo de segundas correlaciones más altas y calcular una primera función de criterio de combinaciones del primer y segundo grupos. La primera función de criterio incluye una función de una del primer grupo de primeras correlaciones más altas, una del segundo grupo de segundas correlaciones más altas y una energía de entradas correspondientes del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos y el vector objetivo filtrado se basa en la señal de audio entrante. El método además incluye determinar un tercer grupo de correlaciones candidatas según las primeras funciones de criterio calculadas más altas, seleccionar el vector del libro de códigos mixto basado en la aplicación de una segunda función de criterio al tercer grupo, en donde el vector del libro de códigos mixto corresponde a entradas del libro de códigos del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos asociadas a un valor más alto de la segunda función de criterio. Asimismo, el método además incluye generar una señal de audio codificada según el vector del libro de

códigos mixto determinado y transmitir un índice de excitación codificada del vector del libro de códigos mixto determinado, en donde la determinación y la generación se llevan a cabo usando un codificador de audio basado en hardware. El codificador de audio basado en hardware puede incluir un procesador y/o hardware dedicado.

En una realización, la primera función de criterio es

$$5 \quad Q(i, j) = \frac{[R_{CB1}(i) + R_{CB2}(j)]^2}{E_{CB1}(i) + E_{CB2}(j)} ; \quad i = 0, 1, \dots, K_{CB1}^0 - 1 ; \quad j = 0, 1, \dots, K_{CB2}^0 - 1,$$

donde  $R_{CB1}(i)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $i^{\text{ésima}}$  primera entrada del primer libro de códigos,  $R_{CB2}(j)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $E_{CB1}(i)$  es una energía de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $E_{CB2}(i)$  es una energía de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del

10 segundo libro de códigos,  $K_{CB1}^0$  es un número de primeras entradas del libro de códigos en el primer grupo y  $K_{CB2}^0$  es un número de segundas entradas del libro de códigos en el segundo grupo. La segunda función de criterio es

$$Q_k = \frac{[R_{CB1}(i_k) + R_{CB2}(j_k)]^2}{E_{CB1}(i_k) + 2 \mathbf{z}_{CB1}(i_k)^T \mathbf{z}_{CB2}(j_k) + E_{CB2}(j_k)} , \quad k = 0, 1, \dots, K - 1,$$

15 donde  $\mathbf{z}_{CB1}(i_k)$  es un vector filtrado de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $\mathbf{z}_{CB2}(j_k)$  es un vector filtrado de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos y  $K$  es un número de entradas en el tercer grupo. En algunas realizaciones, el primer libro de códigos puede ser un libro de códigos tipo pulso y el segundo libro de códigos comprende un libro de códigos tipo ruido.

20 Una ventaja de los sistemas de la realización que usan excitación mixta pulso-ruido incluye la capacidad de producir una mejor calidad perceptual de señal de audio GENÉRICA que al usar excitación solo por pulso o excitación solo por ruido. Además, en algunas realizaciones, un enfoque de búsqueda rápida de la excitación pulso-ruido resulta en un sistema de baja complejidad, haciendo, por consiguiente, el algoritmo de excitación pulso-ruido más atractivo.

Mientras la presente invención se ha descrito con referencia a realizaciones ilustrativas, la presente descripción no pretende interpretarse en un sentido restrictivo.



**REIVINDICACIONES**

1. Un método de codificación CELP de una señal de audio/voz, el método comprende:

determinar un vector del libro de códigos mixto según una señal de audio/voz entrante, el vector del libro de códigos mixto comprende una suma de una primera entrada del libro de códigos de un primer libro de códigos y una segunda entrada del libro de códigos de un segundo libro de códigos, en donde el primer libro de códigos comprende entradas tipo pulso y el segundo libro de códigos comprende entradas tipo ruido;

generar una señal de audio codificada según el vector del libro de códigos mixto determinado; y

transmitir un índice de excitación codificada del vector del libro de códigos mixto determinado, en donde la determinación y generación se llevan a cabo usando un codificador de audio basado en hardware;

en donde el primer y segundo libros de códigos son libros de códigos fijos.

2. El método de la reivindicación 1, en donde determinar el vector del libro de códigos mixto comprende:

calcular primeras correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas filtradas en el primer libro de códigos, en donde el vector objetivo filtrado se basa en la señal de audio entrante;

determinar un primer grupo de primeras correlaciones más altas;

calcular correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas filtradas en el segundo libro de códigos;

determinar un segundo grupo de segundas correlaciones más altas; y

calcular una primera función de criterio de combinaciones del primer y segundo grupos, en donde la primera función de criterio comprende una función de una del primer grupo de primeras correlaciones más altas, una del segundo grupo de segundas correlaciones más altas y una energía de entradas correspondientes del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos.

3. El método de la reivindicación 2, que además comprende:

determinar un tercer grupo de correlaciones candidatas basadas en primeras funciones de criterio calculadas más altas; y

seleccionar el vector del libro de códigos mixto según la aplicación de una segunda función de criterio al tercer grupo, en donde el vector del libro de códigos mixto corresponde a entradas del libro de códigos del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos asociadas a un valor más alto de la segunda función de criterio.

4. El método de la reivindicación 3, en donde:

la primera función de criterio es

$$Q(i, j) = \frac{[R_{CB1}(i) + R_{CB2}(j)]^2}{E_{CB1}(i) + E_{CB2}(j)} ; i = 0, 1, \dots, K_{CB1}^0 - 1 ; j = 0, 1, \dots, K_{CB2}^0 - 1$$

donde  $R_{CB1}(i)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $i^{\text{ésima}}$  primera entrada del primer libro de códigos,  $R_{CB2}(j)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $E_{CB1}(i)$  es una energía de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $E_{CB2}(j)$  es una energía de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $K_{CB1}^0$  es un número de primeras entradas del libro de códigos en el primer grupo y  $K_{CB2}^0$  es un número de segundas entradas del libro de códigos en el segundo grupo; y

la segunda función de criterio es

$$Q_k = \frac{[R_{CB1}(i_k) + R_{CB2}(j_k)]^2}{E_{CB1}(i_k) + 2 \mathbf{z}_{CB1}(i_k)^T \mathbf{z}_{CB2}(j_k) + E_{CB2}(j_k)} , k = 0, 1, \dots, K - 1$$

donde  $\mathbf{z}_{CB1}(i_k)$  es un vector filtrado de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $\mathbf{z}_{CB2}(j_k)$  es un vector filtrado de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos y  $K$  es un número de entradas en el tercer grupo.

5. El método de la reivindicación 4, en donde seleccionar el vector del libro de códigos mixto se basa en una primera función de criterio calculada más alta.

6. El método de la reivindicación 5, en donde la primera función de criterio es

$$Q(i, j) = \frac{[R_{CB1}(i) + R_{CB2}(j)]^2}{E_{CB1}(i) + E_{CB2}(j)} ; i = 0, 1, \dots, K_{CB1}^0 - 1 ; j = 0, 1, \dots, K_{CB2}^0 - 1$$

5 donde  $R_{CB1}(i)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $i^{\text{ésima}}$  primera entrada del primer libro de códigos,  $R_{CB2}(j)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $E_{CB1}(i)$  es una energía de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $E_{CB2}(j)$  es una energía de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos, y  $K_{CB1}^0$  es un número de primeras entradas del libro de códigos en el primer grupo y  $K_{CB2}^0$  es un número de segundas entradas del libro de códigos en el segundo grupo.

7. El método de la reivindicación 2, que además comprende calcular energías de las entradas correspondientes del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos.

10 8. El método de la reivindicación 2, en donde la energía de las entradas correspondientes del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos se almacenan en una memoria.

9. El método de la reivindicación 2, en donde el primer grupo comprende más entradas que el segundo grupo.

10. El método de la reivindicación 1, que además comprende:

aplicar una primera función de énfasis a la primera entrada del libro de códigos; y

15 aplicar una segunda función de énfasis a la segunda entrada del libro de códigos.

11. El método de la reivindicación 10, en donde:

la primera función de énfasis comprende una función de filtrado de paso bajo; y

la segunda función de énfasis comprende una función de filtrado de paso alto.

20 12. El método de la reivindicación 1, en donde el codificador de audio basado en hardware comprende un procesador.

13. El método de la reivindicación 1, en donde el codificador de audio basado en hardware comprende hardware dedicado.

14. Un sistema de codificación CELP de una señal de audio/voz, el sistema comprende:

un codificador de audio basado en hardware configurado para:

25 determinar un vector del libro de códigos mixto según una señal de audio/voz entrante, el vector del libro de códigos mixto comprende una suma de una primera entrada del libro de códigos de un libro de códigos tipo pulso y una segunda entrada del libro de códigos de un libro de códigos tipo ruido, en donde el primer libro de códigos y el segundo libro de códigos son libros de códigos fijos;

generar una señal de audio/voz codificada basada en el vector del libro de códigos mixto determinado; y

30 transmitir un índice de excitación codificada del vector del libro de códigos mixto determinado.

15. El sistema de la reivindicación 14, en donde el codificador de audio basado en hardware se configura además para:

calcular primeras correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas en el libro de códigos tipo pulso, en donde el vector objetivo filtrado se basa en la señal de audio entrante;

35 determinar un primer grupo de primeras correlaciones más altas;

calcular correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas en el libro de códigos tipo ruido;

determinar un segundo grupo de segundas correlaciones más altas; y

calcular una primera función de criterio de combinaciones del primer y segundo grupos, en donde la primera función de criterio comprende una función de una del primer grupo de primeras correlaciones más altas, una del segundo

grupo de segundas correlaciones más altas y una energía de entradas correspondientes del libro de códigos tipo pulso y del libro de códigos tipo ruido.

16. El sistema de la reivindicación 15, que además comprende una memoria configurada para almacenar valores de la energía de entradas correspondientes del libro de códigos tipo pulso y del libro de códigos tipo ruido.

5 17. El sistema de la reivindicación 15, en donde el codificador de audio basado en hardware se puede configurar además para seleccionar el vector del libro de códigos mixto según una primera función de criterio calculada más alta.

18. El sistema de la reivindicación 15, en donde la primera función de criterio es

$$Q(i, j) = \frac{[R_{CB1}(i) + R_{CB2}(j)]^2}{E_{CB1}(i) + E_{CB2}(j)} ; i = 0, 1, \dots, K_{CB1}^0 - 1 ; j = 0, 1, \dots, K_{CB2}^0 - 1$$

10 donde  $R_{CB1}(i)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $i^{\text{ésima}}$  primera entrada del primer libro de códigos,  $R_{CB2}(j)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $E_{CB1}(i)$  es una energía de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $E_{CB2}(j)$  es una energía de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos y  $K_{CB1}^0$  es un número de primeras entradas del libro de códigos en el primer grupo y  $K_{CB2}^0$  es un número de segundas entradas del libro de códigos en el segundo grupo.

15 19. El sistema de la reivindicación 14, en donde el codificador de audio basado en hardware comprende un procesador.

20. El sistema de la reivindicación 14, en donde el codificador de audio basado en hardware comprende hardware dedicado.

20 21. Un método de búsqueda rápida de un libro de códigos mixto para una codificación CELP de una señal de audio/voz, el método comprende:

determinar un vector del libro de códigos mixto según una señal de audio/voz entrante, el vector del libro de códigos mixto comprende una suma de una primera entrada del libro de códigos de un primer libro de códigos y una segunda entrada del libro de códigos de un segundo libro de códigos, en donde el primer y el segundo libros de códigos son libros de códigos fijos;

25 calcular primeras correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas filtradas en el primer libro de códigos, en donde el vector objetivo filtrado se basa en la señal de audio entrante;

determinar un primer grupo de primeras correlaciones más altas;

calcular las correlaciones entre un vector objetivo filtrado y entradas filtradas en el segundo libro de códigos;

determinar un segundo grupo de segundas correlaciones más altas;

30 calcular una primera función de criterio de combinaciones del primer y segundo grupos, en donde la primera función de criterio comprende una función de una del primer grupo de primeras correlaciones más altas, una del segundo grupo de segundas correlaciones más altas y una energía de entradas correspondientes del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos;

35 determinar un tercer grupo de correlaciones candidatas basadas en las primeras funciones de criterio calculadas más altas;

seleccionar el vector del libro de códigos mixto basado en la aplicación de una segunda función de criterio al tercer grupo, en donde el vector del libro de códigos mixto corresponde a entradas del libro de códigos del primer libro de códigos y del segundo libro de códigos asociadas a un valor más alto de la segunda función de criterio;

generar una señal de audio codificada según el vector del libro de códigos mixto determinado; y

40 transmitir un índice de excitación codificada del vector del libro de códigos mixto determinado, en donde la determinación y generación se llevan a cabo usando un codificador de audio basado en hardware;

en donde el primer libro de códigos comprende un libro de códigos tipo pulso y el segundo libro de códigos comprende un libro de códigos tipo ruido.

22. El método de la reivindicación 21, en donde:

la primera función de criterio es

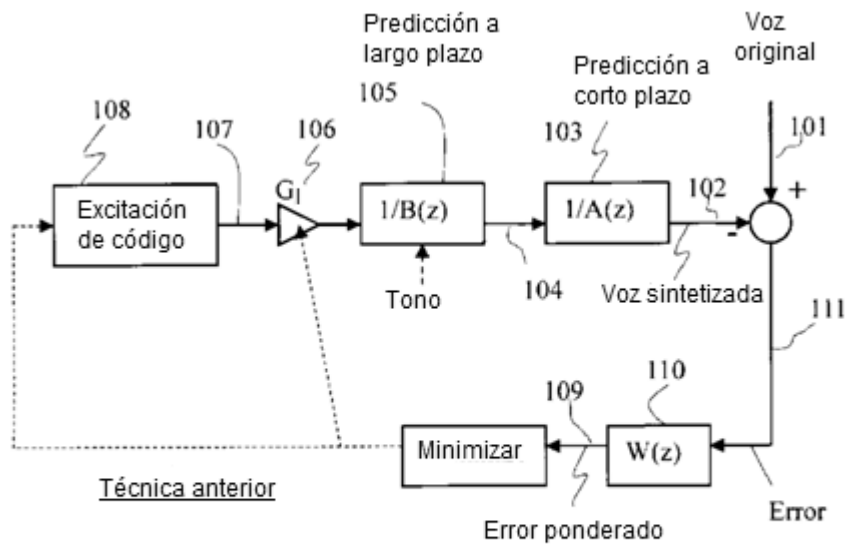
$$Q(i, j) = \frac{[R_{CB1}(i) + R_{CB2}(j)]^2}{E_{CB1}(i) + E_{CB2}(j)} ; \quad i = 0, 1, \dots, K_{CB1}^0 - 1 ; \quad j = 0, 1, \dots, K_{CB2}^0 - 1$$

- 5 donde  $R_{CB1}(i)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $i^{\text{ésima}}$  primera entrada del primer libro de códigos,  $R_{CB2}(j)$  es una correlación entre el vector objetivo filtrado y una  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $E_{CB1}(i)$  es una energía de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $E_{CB2}(j)$  es una energía de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos,  $K_{CB1}^0$  es un número de primeras entradas del libro de códigos en el primer grupo y  $K_{CB2}^0$  es un número de segundas entradas del libro de códigos en el segundo grupo; y

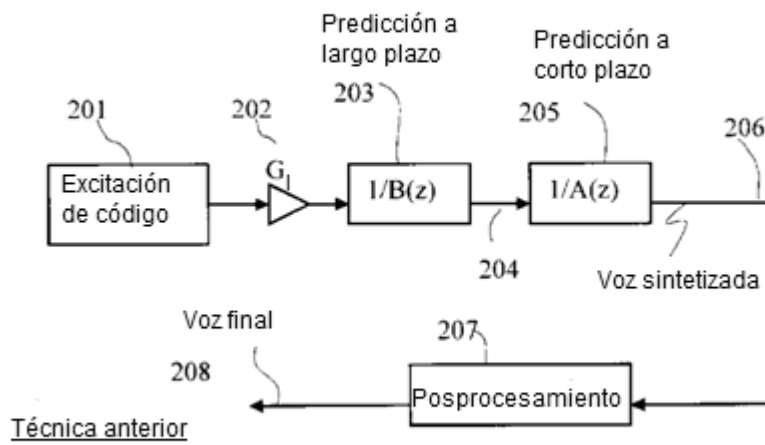
la segunda función de criterio es

$$Q_k = \frac{[R_{CB1}(i_k) + R_{CB2}(j_k)]^2}{E_{CB1}(i_k) + 2 \mathbf{z}_{CB1}(i_k)^T \mathbf{z}_{CB2}(j_k) + E_{CB2}(j_k)} , \quad k = 0, 1, \dots, K - 1$$

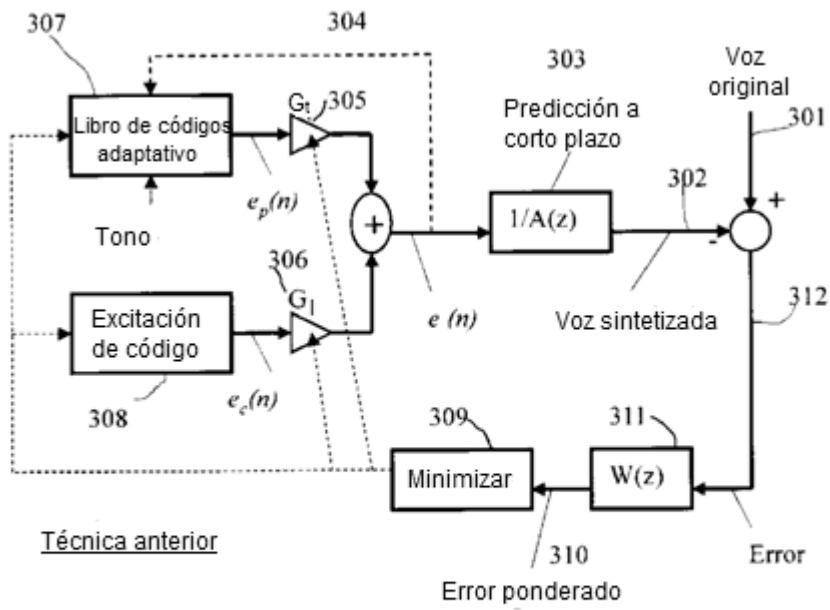
- 10 donde  $\mathbf{z}_{CB1}(i_k)$  es un vector filtrado de la  $i^{\text{ésima}}$  entrada del primer libro de códigos y  $\mathbf{z}_{CB2}(j_k)$  es un vector filtrado de la  $j^{\text{ésima}}$  entrada del segundo libro de códigos y  $K$  es un número de entradas en el tercer grupo.



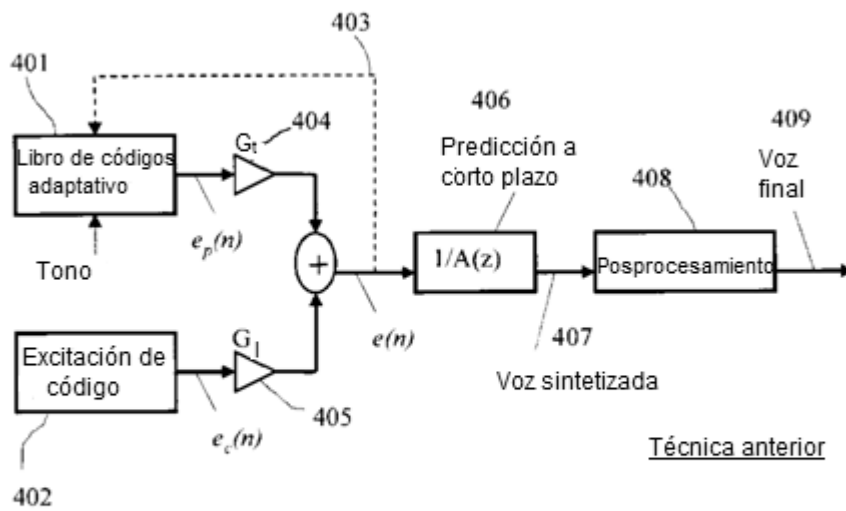
**FIG. 1**



**FIG. 2**

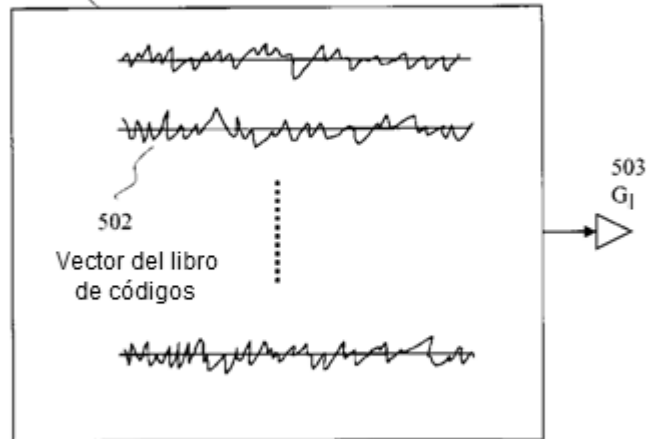


**FIG. 3**



**FIG. 4**

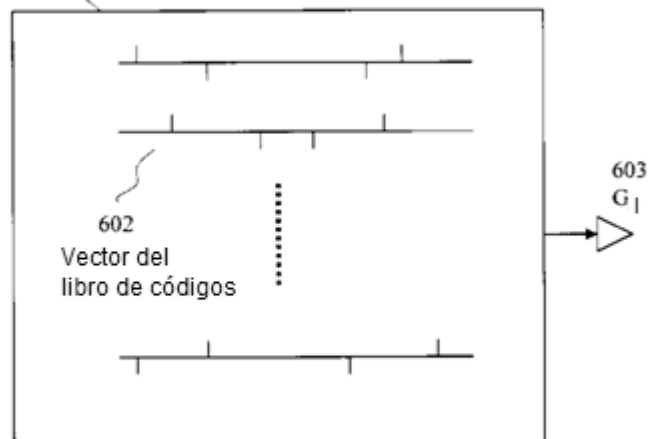
Libro de códigos de excitación codificada o Libro de códigos fijo para codificación CELP ...  
501



**FIG. 5**

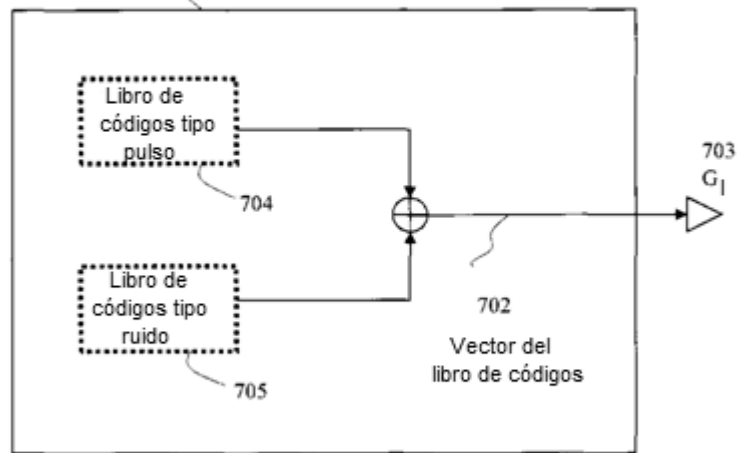
Libro de códigos de excitación codificada o Libro de códigos fijo para codificación CELP

601



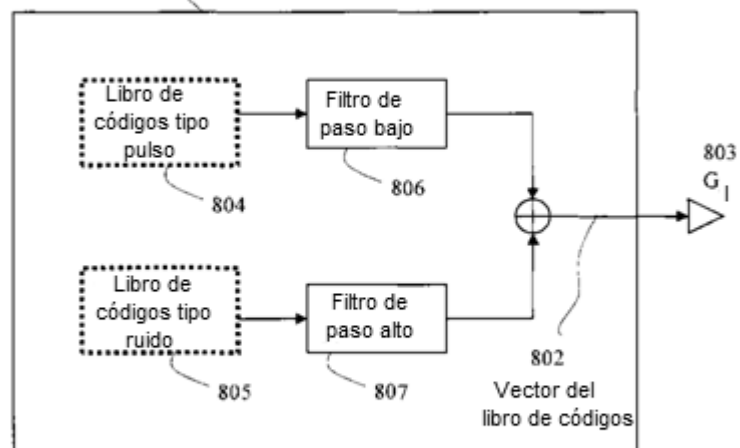
**FIG. 6**

Libro de códigos de excitación codificada o Libro de códigos fijo para codificación CELP  
701



**FIG. 7**

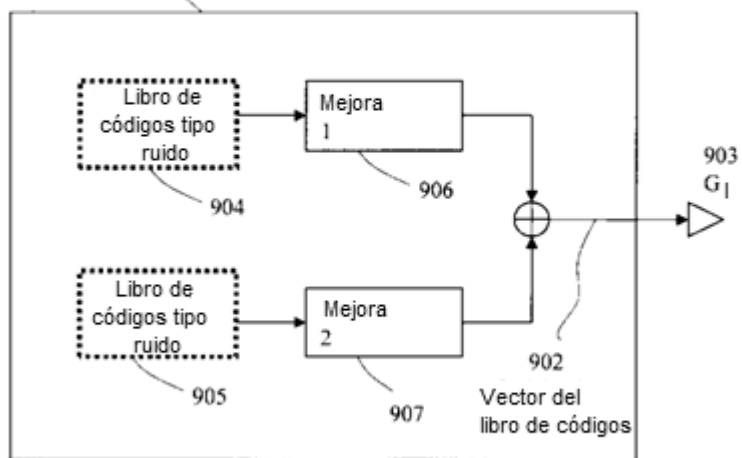
Libro de códigos de excitación codificada o Libro de códigos fijo para codificación CELP  
801



**FIG. 8**

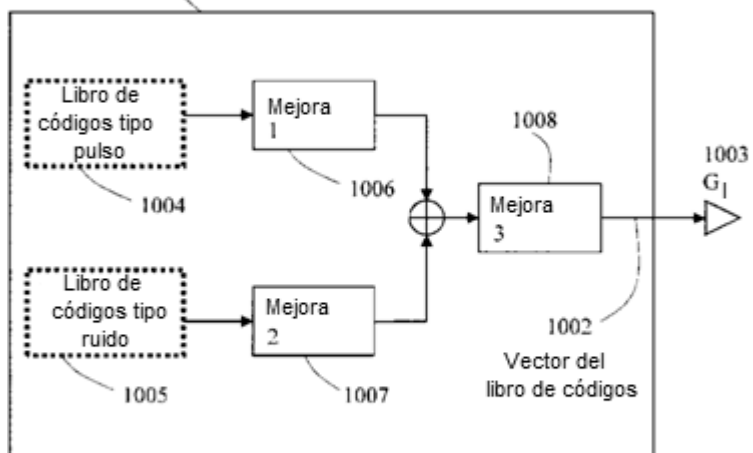


Libro de códigos de excitación codificada o Libro de códigos fijo para codificación CELP  
901



**FIG. 9**

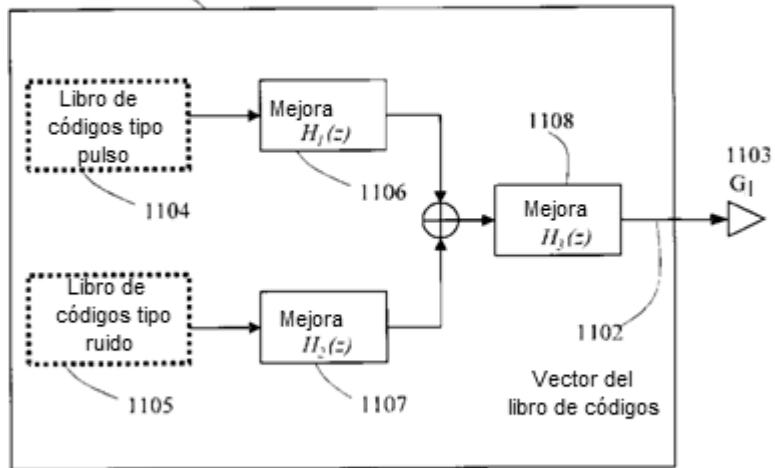
Libro de códigos de excitación codificada o Libro de códigos fijo para codificación CELP  
1001



**FIG. 10**

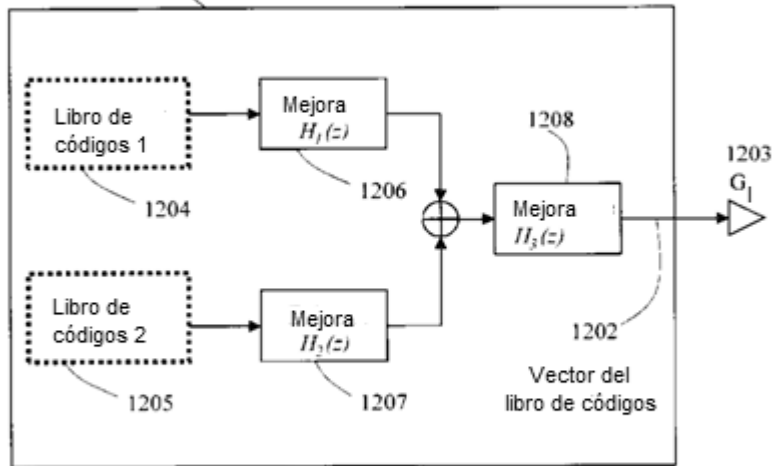


Libro de códigos de excitación codificada o Libro de códigos fijo para codificación CELP  
1101

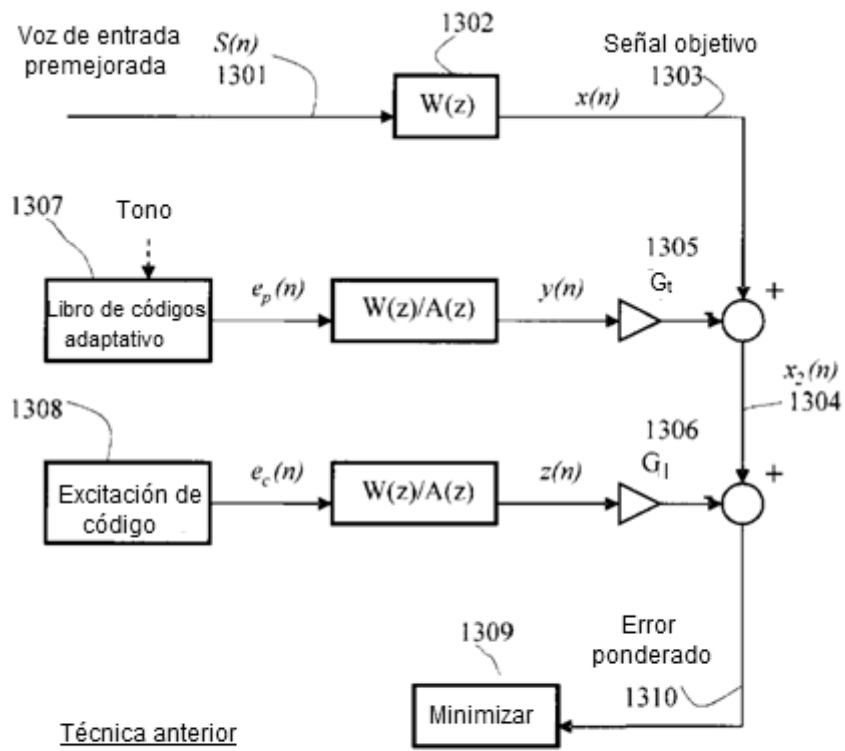


**FIG. 11**

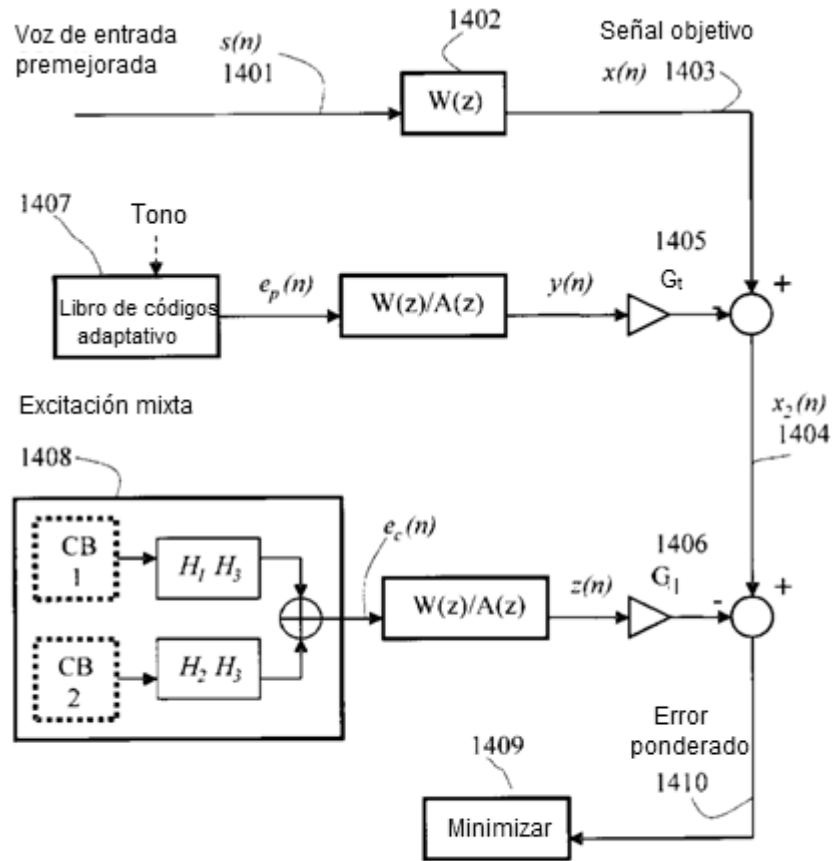
Libro de códigos de excitación codificada o Libro de códigos fijo para codificación CELP  
1201



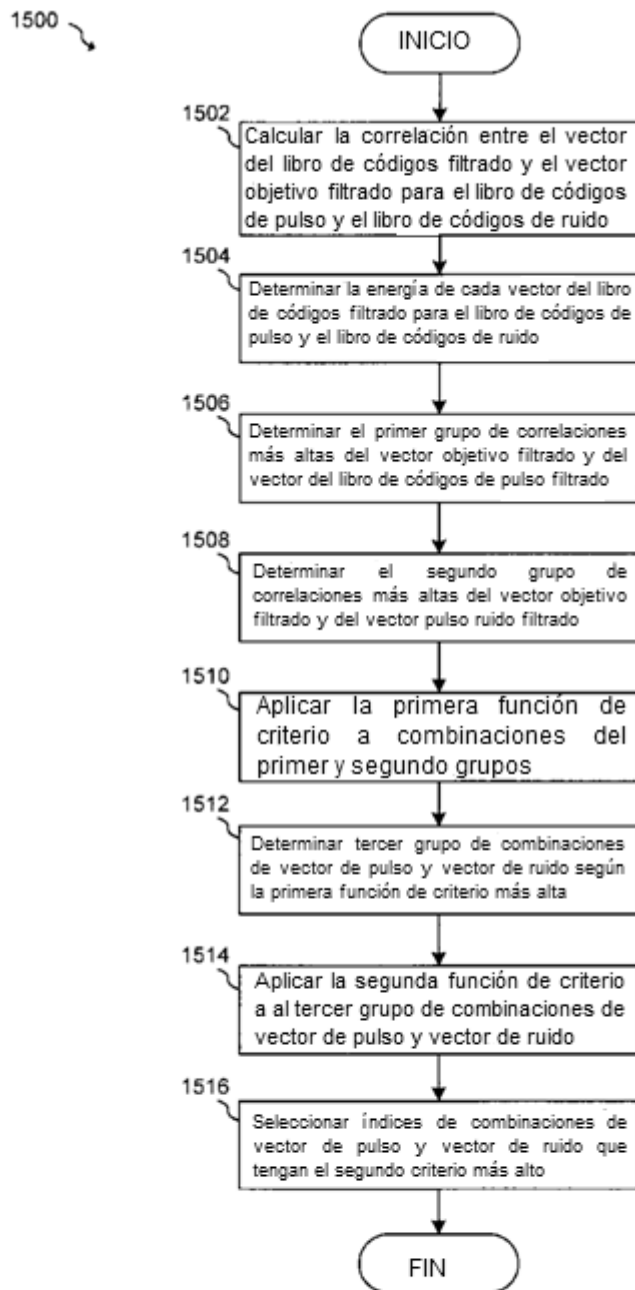
**FIG. 12**

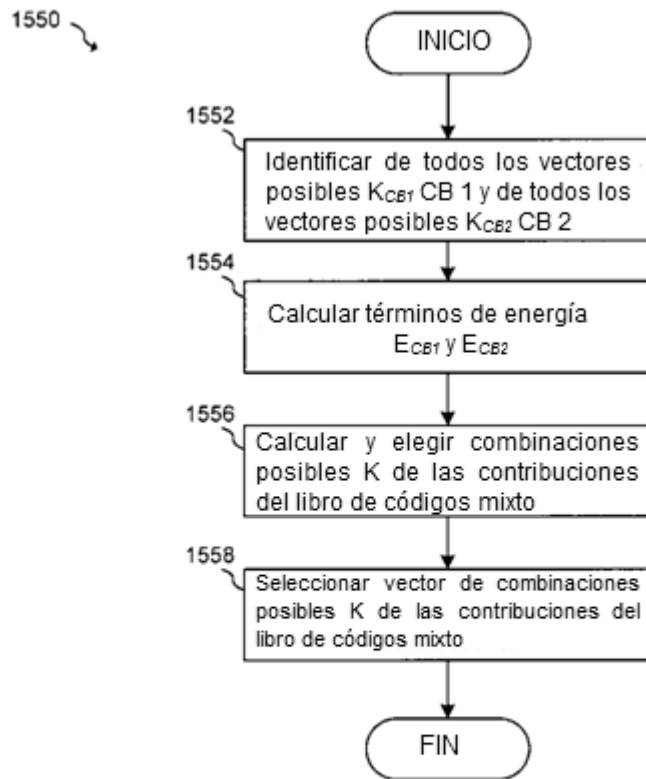


**FIG. 13**

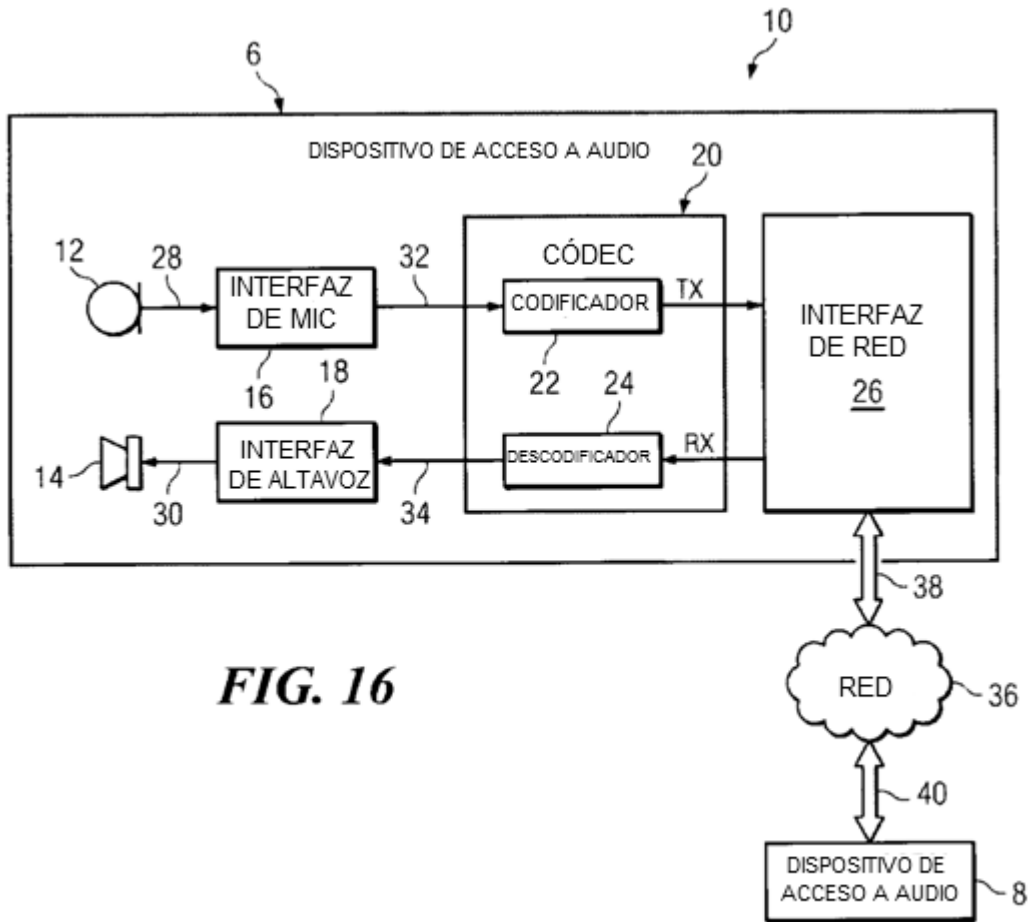


**FIG. 14**

**FIG. 15a**



**FIG. 15b**



**FIG. 16**