



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 329 198**

51 Int. Cl.:
G10L 19/10 (2006.01)
G10L 19/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08005995 .9**
96 Fecha de presentación : **12.03.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1942488**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.07.2008**

54 Título: **Aparato para búsqueda en el libro de codificación hijo.**

30 Prioridad: **10.03.2006 JP 2006-65399**
06.02.2007 JP 2007-27408

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.11.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.11.2009

73 Titular/es: **Panasonic Corporation**
1006, Oaza Kadoma
Kadoma-shi, Osaka 571-8501, JP

72 Inventor/es: **Ehara, Hiroyuki y**
Yoshida, Koji

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 329 198 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato para búsqueda en el libro de codificación fijo.

5 **Antecedentes de la invención****Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un aparato para búsqueda en un libro de codificación fijo para usarlo en el momento de la codificación por medio de un aparato de codificación de voz que realiza la Predicción Lineal de Excitación por Códigos (CELP, del inglés "Code excited linear prediction") de las señales de voz.

Descripción de la técnica relacionada

Dado que el procesamiento de la búsqueda en el libro de codificación fijo en un aparato de codificación de voz del tipo CELP representa generalmente la mayor carga de procesamiento en el proceso de la codificación de voz, se han desarrollado convencionalmente varias configuraciones del libro de codificación fijo y de los métodos de busca de un libro de codificación fijo.

Los libros de codificación fijos que usan un libro de codificación algebraico, lo que se adopta ampliamente en los códecs de normas internacionales tales como las recomendaciones ITU-T G.729 y G.723.1 o la norma 3GPP AMR, o similares, reducen relativamente la carga de procesamiento para la búsqueda (véase, por ejemplo, los documentos no de patente 1 a 3). Con estos libros de codificación fijos, a través de hacer escaso el número de pulsos generados desde el libro de codificación algebraico, puede reducirse la carga de procesamiento requerida para la búsqueda en el libro de codificación fijo. Sin embargo, dado que hay un límite en las características de la señal que puede representarse por medio de la excitación de pulsos escasos, hay casos en los que surge un problema en la calidad de la codificación. Para tratar este problema, se ha propuesto una técnica por medio de la cual se aplica un filtro para caracterizar al pulso de excitación generado desde el libro de codificación algebraico (véase el documento no de patente 4, por ejemplo).

Documento no de patente 1: Recomendación ITU-T G.729, "Coding of Speech at 8 kbit/s using Conjugate-structure Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction (CS-ACELP)", marzo de 1996.

Documento no de patente 2: Recomendación ITU-T G.723.1, "Dual Rate Speech Coder for Multimedia Communications Transmitting at 5.3 and 6.3 kbit/s", marzo de 1996.

Documento no de patente 3: 3GPP TS 26.090, "AMR speech codec; Trans-coding functions" V4.0.0, marzo de 2001.

Documento no de patente 4: R. Hagen y otros, "Removal of sparse-excitation artifacts in CELP", IEEE ICASSP '98, páginas 145 a 148, 1998.

Sin embargo, en el caso de que el filtro aplicado al pulso de excitación no pueda representarse por una matriz de Toeplitz triangular inferior (por ejemplo, en el caso de un filtro que tenga valores en los tiempos negativos en casos tales como el del procesamiento de convolución cíclico como se describe en el documento no de patente 4), se requieren una memoria y unas cargas de cálculo extra para las operaciones de matriz.

45 **Sumario de la invención**

Es por tanto un objeto de la presente invención proporcionar un aparato de codificación de voz que minimice el aumento en las cargas de cálculo, incluso si el filtro aplicado al pulso de excitación tiene la característica de que no puede ser representado por una matriz triangular inferior, y realizar una búsqueda casi óptima en el libro de codificación fijo.

La presente invención alcanza el objetivo mencionado anteriormente usando un aparato de búsqueda en el libro de codificación fijo como se indica en la reivindicación independiente 1.

De acuerdo con la presente invención, la función de transferencia del filtro aplicado al pulso de excitación que no puede representarse por la matriz de Toeplitz se aproxima mediante una matriz creada mediante el corte de algunos elementos de fila de una matriz de Toeplitz triangular inferior, de forma que se pueda realizar el procesamiento de la codificación de las señales de voz con casi los mismos requisitos de memoria y cargas de cálculo que en el caso de un filtro causal representado por una matriz de Toeplitz triangular inferior.

60 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra un aparato de generación del vector del libro de codificación fijo de un aparato de codificación de voz de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 2 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de un aparato de búsqueda en el libro de codificación fijo de un aparato de codificación de voz de acuerdo con una realización de la presente invención; y

La Figura 3 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de un aparato de codificación de voz de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada de la realización preferida

Las características de la presente invención incluyen una configuración para realizar la búsqueda en el libro de codificación fijo usando una matriz creada mediante el truncado de una matriz de tipo Toeplitz triangular inferior por la eliminación de algunos elementos de fila.

De aquí en adelante, se dará una descripción detallada sobre la realización de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

Realización

La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un aparato de generación del vector del libro de codificación fijo 100 de un aparato de codificación de voz de acuerdo con una realización de la presente invención. En la presente realización, el aparato de generación del vector del libro de codificación fijo 100 se usa como un libro de codificación fijo de un aparato de codificación de voz del tipo CELP para ser montado y empleado en un aparato terminal de comunicaciones tal como un teléfono móvil, o similar.

El aparato de generación del vector del libro de codificación fijo 100 tiene un libro de codificación algebraico 101 y una sección de operación de convolución 102.

El libro de codificación algebraico 101 genera el vector de excitación de pulso c_k formado mediante la disposición de los pulsos de excitación en una forma algebraica en las posiciones designadas por índice k del libro de codificación que se han introducido, y obtiene el vector de excitación de pulsos generado para la sección de operación de convolución 102. La estructura del libro de codificación algebraico puede tomar cualquier forma. Por ejemplo, puede tomar la forma descrita en la recomendación ITU-T G.729.

La sección de operación de convolución 102 realiza la convolución de un vector de respuesta de impulso, que se introduce por separado y que tiene uno o más valores distintos de cero en los tiempos negativos, con el vector de excitación de pulsos introducido desde el libro de codificación algebraico 101, y obtiene un vector, que es el resultado de la convolución, como un vector del libro de codificación fijo. El vector de respuesta de impulso que tiene uno más valores en los tiempos negativos puede tomar cualquier configuración. Sin embargo, una configuración preferible del vector tiene el elemento de amplitud más grande en el punto de tiempo 0, y la mayor parte de la energía de todo el vector se concentra en el punto de tiempo 0. También, es preferible que la longitud del vector de la parte no causal (esto es, los elementos del vector en los tiempos negativos) sea más corta que la parte causal que incluye el punto de tiempo 0 (esto es, los elementos del vector en los tiempos distintos de cero no negativos). El vector de respuesta de impulso que tiene uno o más valores distintos de cero en los tiempos negativos puede almacenarse por adelantado en una memoria como vector fijo, o puede ser también un vector variable que se determina mediante el cálculo cuando es necesario. De aquí en adelante, en la presente realización, se dará una descripción completa de un ejemplo donde una respuesta de impulso que tiene uno o más valores distintos de cero en tiempos negativos, tiene valores desde el tiempo “-m” (en otras palabras, todos los valores son 0 antes del tiempo “-m”).

En la Figura 1, la señal s de síntesis ponderada perceptivamente, que se obtiene pasando el vector de excitación de pulso c_k generado desde el libro de codificación fijo por referencia al índice k introducido del libro de codificación fijo, a través del filtro de convolución F (correspondiente a la sección de operación de convolución 102 de la Figura 1) y un filtro H de síntesis ponderado perceptivamente no ilustrado, puede escribirse como la siguiente ecuación (1):

$$s = HFc_k$$

$$= \begin{bmatrix} h(0) & 0 & \dots & \dots & 0 \\ h(1) & h(0) & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \ddots & 0 \\ h(N-1) & h(N-2) & \dots & \dots & h(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f(0) & \dots & f(-m) & 0 & 0 \\ f(1) & f(0) & \vdots & \ddots & 0 \\ \vdots & f(1) & f(0) & & f(-m) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ f(N-1) & f(N-2) & \dots & f(1) & f(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_k(0) \\ c_k(1) \\ \vdots \\ \vdots \\ c_k(N-1) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \sum_{n=0}^0 f(n)h(0-n) & \dots & \sum_{n=-m}^{-m} f(n)h(-m-n) & 0 & 0 \\ \sum_{n=0}^1 f(n)h(1-n) & \ddots & \vdots & \ddots & 0 \\ \vdots & & \sum_{n=-m}^0 f(n)h(0-n) & \sum_{n=-m}^{-m} f(n)h(-m-n) & \vdots \\ \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{n=0}^{N-1} f(n)h(N-1-n) & \dots & \sum_{n=-m}^{N-1-m} f(n)h(N-1-m-n) & \dots & \sum_{n=-m}^0 f(n)h(0-n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_k(0) \\ c_k(1) \\ \vdots \\ \vdots \\ c_k(N-1) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} h^{(m)}(0) & \cdots & h^{(0)}(-m) & 0 & 0 \\ h^{(m)}(1) & \ddots & \vdots & \ddots & 0 \\ \vdots & & h^{(0)}(0) & h^{(0)}(-m) & \\ \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ h^{(m)}(N-1) & \cdots & h^{(0)}(N-1-m) & \cdots & h^{(0)}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_k(0) \\ c_k(1) \\ \vdots \\ \vdots \\ c_k(N-1) \end{bmatrix} = H'' c_k \quad (\text{Ecuación 1})$$

Aquí, $h(n)$, donde $n = 0, \dots, N-1$, muestra la respuesta de impulso del filtro de síntesis ponderada perceptivamente, $f(n)$, donde $n = -m, \dots, N-1$, muestra la respuesta de impulso del filtro no causal (esto es, la respuesta de impulso que tiene uno o más valores distintos de cero en tiempos negativos), y $c_k(n)$, donde $n = 0, \dots, N-1$, muestra el vector de excitación de pulso designado por el índice k , respectivamente.

La búsqueda en el libro de codificación fijo se realiza encontrando la k que maximiza la siguiente ecuación (2). En la ecuación (2) c_k es el producto escalar (o la correlación cruzada) de la señal s de síntesis ponderada perceptivamente obtenida por el paso del vector de excitación de pulso (vector del libro de codificación fijo) c_k designado por el índice k a través del filtro F de convolución y del filtro H de síntesis ponderada perceptivamente, y el vector objetivo x que será descrito a continuación, y E_k es la energía de la señal s de síntesis ponderada perceptivamente obtenida pasando a través del filtro F de convolución y del filtro H de síntesis ponderada perceptivamente (esto es, $|s|^2$).

$$\frac{C_k^2}{E_k^2} = \frac{|x'H''c_k|^2}{c_k'H''^tH''c_k} = \frac{|d'c_k|^2}{c_k'\Phi c_k} = \frac{\left(\sum_{n=0}^{N-1} d(n)c_k(n)\right)^2}{c_k'\Phi c_k} \quad (\text{Ecuación 2})$$

x se denomina vector objetivo en la codificación de voz CELP y se obtiene eliminando la respuesta a entrada cero del filtro de síntesis ponderada perceptivamente de una señal de voz de entrada ponderada perceptivamente. La señal de voz de entrada ponderada perceptivamente es una señal obtenida mediante la aplicación del filtro ponderado perceptivamente a la señal de voz de entrada que es el objeto de la codificación. El filtro ponderado perceptivamente es un filtro todo polos o del tipo polo cero configurado mediante el uso de coeficientes predictivos lineales obtenidos generalmente llevando a cabo un análisis de predicción lineal de la señal de voz de entrada, y se usa ampliamente en los aparatos de codificación de voz de tipo CELP. El filtro de síntesis ponderada perceptivamente es un filtro en el que el filtro de predicción lineal configurado mediante el uso de coeficientes de predicción lineal cuantificados por el aparato de codificación de voz de tipo CELP (esto es, el filtro de síntesis) y el filtro ponderado perceptivamente anteriormente descrito se conectan en cascada. Aunque estos componentes no se ilustran en la presente realización, son comunes en los aparatos de codificación de voz de tipo CELP. Por ejemplo, se describen en la recomendación ITU-T G.729 como "vector objetivo", "filtro de síntesis ponderado" y "respuesta con entrada nula del filtro de síntesis ponderado". El sufijo "t" presenta la matriz transpuesta.

Sin embargo, como puede comprenderse a partir de la ecuación (1), la matriz H'' , que realiza la convolución de la respuesta de impulso del filtro de síntesis ponderado perceptivamente con la respuesta de impulso que tiene uno o más valores distintos de cero en los tiempos negativos, no es una matriz de Toeplitz. Dado que las primeras m columnas de la matriz H'' se calculan usando columnas en las que se truncan parte o todos los componentes no causales de la respuesta de impulso sobre la que se realiza la convolución, son distintos a los componentes de las columnas posteriores a la columna $(m+1)$ que se calculan usando todos los componentes no causales de la respuesta de impulso sobre la que se realiza la convolución, y por tanto la matriz H'' no es una matriz de Toeplitz. Por esta razón, deben calcularse m tipos de respuestas de impulso, desde $h^{(1)}$ a $h^{(m)}$, y almacenarse por separado, lo que da como resultado un aumento en los requerimientos de carga de cálculo y memoria para el cálculo de d y Φ .

Aquí, la ecuación (2) se aproxima mediante al ecuación (3).

$$\frac{C_k^2}{E_k^2} = \frac{|x'H''c_k|^2}{c_k'H''^tH''c_k} \approx \frac{|x'H'c_k|^2}{c_k'H'^tH'c_k} = \frac{|d'^t c_k|^2}{c_k'\Phi' c_k} = \frac{\left(\sum_{n=0}^{N-1} d'(n)c_k(n)\right)^2}{c_k'\Phi' c_k} \quad (\text{Ecuación 3})$$

ES 2 329 198 T3

Aquí, d' se muestra por medio de la siguiente ecuación (4).

$$\begin{aligned}
 c'^k &= x' H^k \\
 &= [x(0) \ x(1) \ \dots \ \dots \ x(N-1)] \begin{bmatrix} h^{(0)}(0) & \dots & h^{(0)}(-m) & 0 & 0 \\ h^{(0)}(1) & \ddots & \vdots & \ddots & 0 \\ \vdots & & h^{(0)}(0) & & h^{(0)}(-m) \\ \vdots & \vdots & & \ddots & \vdots \\ h^{(0)}(N-1) & \dots & h^{(0)}(N-1-m) & \dots & h^{(0)}(0) \end{bmatrix}
 \end{aligned}
 \tag{Ecuación 4}$$

En otras palabras, $d'(i)$ se muestra mediante la siguiente ecuación (5).

$$d'(i) = \begin{cases} \sum_{n=-i}^{N-1-i} x(n+i)h^{(0)}(n), & \text{donde } i = 0, \dots, m-1 \\ \sum_{n=-m}^{N-1-i} x(n+i)h^{(0)}(n), & \text{donde } i = m, \dots, N-1 \end{cases}
 \tag{Ecuación 5}$$

Aquí, $x(n)$ muestra el n -ésimo elemento del vector objetivo ($n = 0, 1, \dots, N-1$; siendo N la longitud del marco o sub marco que es la unidad de tiempo para la codificación de la señal de excitación), $h^{(0)}(n)$ indica el elemento n ($n = -m, 0, \dots, N-1$) del vector obtenido mediante la convolución de la respuesta de impulso que tiene uno o más valores en los tiempos negativos con una respuesta de impulso del filtro ponderado perceptivamente, respectivamente. El vector objetivo es un vector que se emplea comúnmente en la codificación CELP y se obtiene mediante la eliminación de la respuesta a entrada cero del filtro de síntesis ponderado perceptivamente a partir de la señal de voz de entrada ponderada perceptivamente. $h^{(0)}(n)$ es un vector obtenido mediante la aplicación de un filtro no causal (respuesta de impulso $f(n)$, $n = -m, \dots, 0, \dots, N-1$) a la respuesta de impulso $h(n)$ ($n = 0, 1, \dots, N-1$) del filtro de síntesis ponderado perceptivamente, y se muestra mediante la siguiente ecuación (6). $h^{(0)}(n)$ también se convierte en la respuesta de impulso de un filtro no causal ($n = -m, \dots, 0, \dots, N-1$).

$$h^{(0)}(i) = \sum_{n=-m}^1 f(n)h(i-n), \quad i = -m, \dots, N-1
 \tag{Ecuación 6}$$

También, la matriz Φ' se indica mediante la siguiente ecuación (7).

$$\Phi' = \begin{bmatrix} h^{(0)}(0) & \dots & h^{(0)}(m) & \dots & h^{(0)}(N-1) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h^{(0)}(-m) & \dots & h^{(0)}(0) & \dots & h^{(0)}(N-1-m) \\ 0 & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & h^{(0)}(-m) & \dots & h^{(0)}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h^{(0)}(0) & \dots & h^{(0)}(-m) & 0 & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & 0 \\ h^{(0)}(m) & \dots & h^{(0)}(0) & \dots & h^{(0)}(-m) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h^{(0)}(N-1) & \dots & h^{(0)}(N-1-m) & \dots & h^{(0)}(0) \end{bmatrix}
 \tag{Ecuación 7}$$

ES 2 329 198 T3

En otras palabras, cada elemento $\varphi'(i, j)$ de la matriz Φ' se indica mediante la siguiente ecuación (8).

$$\varphi'(i, j) = \begin{cases} \sum_{n=-i}^{N-1-i} h^{(0)}(n)h^{(0)}(n), & \text{donde } i = j = 0, \dots, m-1 \\ \varphi'(j, i) = \sum_{n=-m}^{N-1-j} h^{(0)}(n+j-i)h^{(0)}(n), & \text{donde } i = m, \dots, N-1, j = i, \dots, N-1 \end{cases}$$

(Ecuación 8)

Más específicamente, la matriz H' se convierte en la matriz H mediante la aproximación del elemento de la columna p-ésimo $h^{(p)}(n)$, $p = 1$ a m , con otro elemento de columna $h^{(0)}(n)$. Esta matriz H es una matriz de Toeplitz, en la que se han truncado los elementos de fila de una matriz de tipo Toeplitz triangular inferior. Incluso si se introduce tal aproximación, cuando la energía de los elementos no causales (componentes en los tiempos negativos) es suficientemente pequeña cuando se compara con la energía de los elementos causales (componentes en los tiempos no negativos, en otras palabras, en los tiempos positivos, incluyendo el tiempo 0) en el vector de respuesta de impulso que tiene uno o más valores en los tiempos negativos, la influencia de la aproximación es insignificante. También, dado que la aproximación se introduce solo en los elementos de la primera columna a la columna m-ésima de la matriz H' (aquí m es la longitud de los elementos no causales), cuanto más corto se hace m más insignificante se convierte la influencia de la aproximación.

Por otro lado, hay una gran diferencia entre la matriz Φ' y la matriz Φ en las cargas de cálculo cuando se las calcula, esto es, aparece una gran diferencia dependiendo de si se usa o no se usa la aproximación de la ecuación (3). Por ejemplo, en comparación con el caso de la determinación de la matriz $\Phi_0 = H' H$ (H es la matriz de Toeplitz triangular inferior que convoluciona la respuesta de impulso del filtro ponderado perceptivamente en la ecuación (1)) en un libro de codificación algebraico común que realiza la convolución de la respuesta de impulso que no tiene valores en los tiempos negativos, las operaciones m veces de producto-suma básicamente aumentan la carga de cálculo en el cálculo de la matriz Φ' mediante el uso de la aproximación de la ecuación (3), como se entiende a partir de la ecuación (8). También, como se realiza con el código C de la recomendación ITU-T G.729, $\varphi'(i, j)$ puede calcularse recursivamente para los elementos donde $(j-i)$ es constante (por ejemplo, $\varphi'(N-2, N-1)$, $\varphi'(N-3, N-2)$, ..., $\varphi'(0, 1)$). Esta característica especial realiza cálculos eficientes de los elementos de la matriz Φ' , lo que significa que las operaciones m veces de producto-suma no se añaden siempre a los elementos de cálculo de la matriz Φ' .

Por otro lado, en el cálculo de la matriz Φ , en el que no se usa la aproximación de la ecuación (3), se necesita realizar cálculos de correlación únicos para el cálculo de los elementos $\varphi(p, k) = \varphi(k, p)$, donde $p = 0, \dots, m$, $k = 0, \dots, N-1$. Esto es, los vectores de respuesta de impulso usados para estos cálculos difieren de los vectores de respuesta de impulso usados para los cálculos de otros elementos de la matriz Φ (en otras palabras ha de determinarse, no la correlación de $h^{(0)}$ y $h^{(0)}$, sino la correlación de $h^{(0)}$ y $h^{(p)}$, $p = 1$ a m). Estos elementos son elementos cuyos resultados de cálculo se obtienen hacia el final de la determinación recursiva. En otras palabras, se pierde la ventaja de que "los elementos pueden determinarse recursivamente, y por tanto los elementos de la matriz Φ pueden calcularse de modo eficiente", como se ha descrito anteriormente. Esto significa que la cantidad de operaciones aumenta aproximadamente en proporción al número de elementos no causales del vector de respuesta de impulso que tiene uno o más valores en los tiempos negativos (por ejemplo, la cantidad de operaciones casi se dobla incluso en el caso de que $m = 1$).

La Figura 2 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de un aparato 150 de búsqueda del libro de codificación fijo que realiza el método de búsqueda del libro de codificación fijo anteriormente descrito.

El vector de respuesta de impulso que tiene uno o más valores en los tiempos negativos y el vector de respuesta de impulso del filtro de síntesis ponderado perceptivamente se introducen en la sección de operación de convolución 151. La sección de operación de convolución 151 calcula $h^{(0)}(n)$ por medio de la ecuación (6), y obtiene el resultado para la sección de generación de la matriz 152.

La sección de generación de la matriz 152 genera la matriz H' usando $h^{(0)}(n)$, introducida por la sección de operación de convolución 151, y obtiene el resultado para la sección de operación de convolución 153.

La sección de operación de convolución 153 realiza la convolución del elemento $h^{(0)}(n)$ de la matriz H' introducido por la sección de generación de la matriz 152 con un vector excitación de pulso c_k introducido por el libro de codificación algebraico 101, y obtiene el resultado para el sumador 154.

El sumador 154 calcula una señal diferencial de la señal de síntesis ponderada perceptivamente introducida desde la sección de operación de convolución 153 y un vector objetivo que se introduce por separado, y obtiene el resultado para la sección de minimización del error 155.

ES 2 329 198 T3

La sección de minimización del error 155 especifica el índice k del libro de codificación para la generación del vector de excitación de pulso c_k en el que la energía de la señal diferencial introducida desde el sumador 154 se hace mínima.

5 La Figura 3 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de un aparato de codificación de voz del tipo CELP genérico 200 que se dota con el aparato de generación del vector del libro de codificación fijo 100 mostrado en la Figura 1, como una sección de generación del vector del libro de codificación fijo 100a.

10 La señal de voz de entrada se introduce en la sección de pre-procesamiento 201. La sección de pre-procesamiento 201 realiza el pre-procesamiento de forma que elimina los componentes de corriente continua, y obtiene la señal procesada para la sección de análisis de predicción lineal 202 y el sumador 203.

15 La sección de análisis de predicción lineal 202 realiza el análisis de predicción lineal de la señal introducida desde la sección de pre-procesamiento 201, y obtiene los coeficientes de predicción lineal, que son el resultado del análisis, para la sección de cuantificación LPC 204 y para el filtro ponderado perceptivamente 205.

20 El sumador 203 calcula una señal diferencial de la señal de voz de entrada, que se obtiene tras el pre-procesamiento y que se introduce desde la sección de pre-procesamiento 201, y una señal de voz de síntesis introducida desde el filtro de síntesis 206, y obtiene el resultado para el filtro ponderado perceptivamente 205.

25 La sección de cuantificación LPC 204 realiza la cuantificación y el procesamiento de la codificación de los coeficientes de predicción lineal introducidos desde la sección de análisis de predicción lineal 202, y obtiene respectivamente la LPC cuantificada para el filtro de síntesis 206, y los resultados de codificación para la sección de generación del flujo de bits 212.

30 El filtro ponderado perceptivamente 205 es un filtro del tipo polo cero que se configura usando los coeficientes de predicción lineales introducidos desde la sección de análisis de predicción lineal 202, y realiza el procesamiento del filtrado de la señal diferencial de la señal de voz de entrada, que se obtiene tras el pre-procesamiento y se introduce desde el sumador 203, y la señal de síntesis de voz, y obtiene el resultado para la sección de minimización del error 207.

35 El filtro de síntesis 206 es un filtro de predicción lineal construido mediante el uso de coeficientes de predicción lineal cuantificados introducidos por la sección de cuantificación LPC 204 y recibe como entrada una señal controladora desde el sumador 211, realiza el procesamiento de la síntesis de predicción lineal, y obtiene la señal de voz de síntesis resultante para el sumador 203.

40 La sección de minimización del error 207 decide los parámetros relacionados con la ganancia con respecto a la sección de generación del vector del libro de codificación adaptable 208, la sección de generación del vector del libro de codificación fijo 100a, el vector del libro de codificación adaptable y el vector del libro de codificación fijo, de forma que la energía de la señal introducida por el filtro ponderado perceptivamente 205 se hace mínima, y obtiene estos resultados de codificación para la sección de generación de flujo de bits 212. En este diagrama de bloques, los parámetros relativos a la ganancia se supone que son cuantificados y dan como resultado la obtención de una información codificada dentro de la sección de minimización del error 207. Sin embargo, una sección de cuantificación de la ganancia puede estar fuera de la sección de minimización del error 207.

45 La sección de generación del vector del libro de codificación adaptable 208 tiene un libro de codificación adaptable que almacena en la memoria intermedia las señales controladoras introducidas desde el sumador 211 en el pasado, genera un vector de libro de codificación adaptable y obtiene el resultado para el amplificador 209. El vector del libro de codificación adaptable se especifica de acuerdo con las instrucciones de la sección de minimización del error 207.

50 El amplificador 209 multiplica la ganancia del libro de codificación adaptable introducida desde la sección de minimización del error 207 por el vector del libro de codificación adaptable introducido desde la sección de generación del vector del libro de codificación adaptable 208 y obtiene el resultado para el sumador 211.

55 La sección de generación del vector del libro de codificación fijo 100a tiene la misma configuración que la del aparato de generación del vector del libro de codificación fijo 100 mostrado en la Figura 1, y recibe como entrada información relativa al índice del libro de codificación y la respuesta de impulso del filtro no causal desde la sección de minimización del error 207, genera un vector del libro de codificación fijo y obtiene el resultado para el amplificador 210.

60 El amplificador 210 multiplica la ganancia del libro de codificación fijo introducida desde la sección de minimización del error 207 por el vector del libro de codificación fijo introducido desde la sección de generación del vector del libro de codificación fijo 100a y obtiene el resultado para el sumador 211.

65 El sumador 211 suma la ganancia multiplicada del vector del libro de codificación adaptable y el vector del libro de codificación fijo, que se introduce desde los amplificadores 209 y 210, y obtiene el resultado, como una señal controladora del filtro, para el filtro de síntesis 206.

ES 2 329 198 T3

La sección de generación del flujo de bits 212 recibe como entrada el resultado de la codificación de los coeficientes de predicción lineal (esto es, LPC del inglés, "Linear Prediction Coefficients") introducidos por la sección de cuantificación LPC 204, y recibe los resultados de codificación del vector del libro de codificación adaptable y del vector del libro de codificación fijo y la información de ganancias para ellos, que se ha introducido desde la sección de minimización del error 207, y las convierte en un flujo de bits y obtiene el flujo de bits.

Cuando se deciden los parámetros del vector del libro de codificación fijo en la sección de minimización del error 207, se ha usado el método de búsqueda del libro de codificación fijo descrito anteriormente, y se ha usado un dispositivo tal como el descrito en la Figura 2 como el aparato real de búsqueda del libro de codificación fijo.

De esta forma, en la presente realización, en el caso de que se aplique un filtro que tiene una respuesta de impulso característica de que tiene uno o más valores en tiempos negativos (generalmente denominado filtro no causal) a un vector de excitación generado desde un libro de codificación algebraico, la matriz correspondiente a la función de transferencia del bloque de procesamiento en el que el filtro no causal y el filtro de síntesis ponderado perceptivamente se conectan en cascada se aproxima por una matriz de Toeplitz triangular inferior en la que los elementos de la matriz se truncan sólo por el número de filas de la longitud de la parte no causal. Esta aproximación hace posible suprimir un aumento en las cargas de cálculo requeridas para la búsqueda en el libro de codificación algebraico. También, en el caso de que el número de elementos no causales sea menor que el número de elementos causales, y/o si la energía de los elementos no causales es menor que la energía de los elementos causales, puede suprimirse la influencia de la aproximación anteriormente mencionada sobre la calidad de la codificación.

La presente realización puede modificarse o usarse como se describe a continuación.

El número de componentes causales en la respuesta de impulso del filtro no causal puede limitarse a un número especificado dentro de un rango en el que es mayor el número de componentes no causales.

En la presente realización, se ha dado una descripción sólo sobre el procesamiento en el momento de la búsqueda del libro de codificación fijo.

En el aparato de codificación de voz del tipo CELP, la cuantificación de la ganancia se realiza normalmente tras la búsqueda del libro de codificación fijo.

Dado que el vector del libro de codificación de excitación fijo que ha pasado a través del filtro de síntesis ponderado perceptivamente (esto es, la señal de síntesis obtenida mediante el paso del vector del libro de codificación de excitación fijo seleccionado a través del filtro de síntesis ponderado perceptivamente) se requiere en este momento, es común calcular este "vector del libro de codificación de excitación fijo que ha pasado a través del filtro de síntesis ponderado perceptivamente" después de que se acabe la búsqueda del libro de codificación fijo. La matriz de convolución de la respuesta de impulso a usarse en este momento no es la matriz de convolución de respuesta de impulso $H^{(0)}$ por aproximación, que se ha usado en el momento de la búsqueda, sino, preferiblemente, la matriz H' en la que sólo los elementos de las primeras m columnas (= a el caso en que el número de elementos no causales es m) difieren de los otros elementos.

También, en la presente realización, se ha descrito que la longitud del vector en la parte no causal (esto es, los elementos del vector en los tiempos negativos) es preferiblemente más corto que la parte no causal que incluye el tiempo 0 (esto es, los elementos del vector en los tiempos no negativos). Sin embargo, la longitud de la parte no causal se fija en menor que $N/2$ (N es la longitud del vector de excitación de pulso).

En lo anterior, se ha dado una descripción de la realización de la presente invención.

El aparato de búsqueda del libro de codificación fijo y el aparato de codificación de voz de acuerdo con la presente invención no se limitan a la realización descrita anteriormente, y pueden modificarse y realizarse de varias maneras.

El aparato de búsqueda del libro de codificación fijo y el aparato de codificación de voz de acuerdo con la presente invención pueden montarse en un aparato terminal de comunicaciones y en un aparato de estación base en un sistema de comunicaciones móviles, y esto hace posible proporcionar una comunicación del aparato terminal, del aparato de la estación base y el sistema de comunicaciones móviles que tienen los mismos efectos operativos que los descritos anteriormente.

También, aunque se ha descrito aquí un ejemplo de un caso donde la presente invención se configura sobre un equipo, la presente invención puede realizarse también por medio de programación. Por ejemplo, el algoritmo del método de búsqueda del libro de codificación fijo y el método de codificación de voz de acuerdo con la presente invención pueden describirse mediante un lenguaje de programación, y almacenando este programa en una memoria y ejecutando el programa por medio de una sección de procesamiento de información, es posible implementar las mismas funciones que las del aparato de búsqueda del libro de codificación fijo y del aparato de codificación de voz de la presente invención.

ES 2 329 198 T3

Los términos “libro de codificación fijo” y “libro de codificación adaptable” usados en la realización anteriormente descrita pueden denominarse también como “libro de codificación de excitación fijo” y “libro de codificación de excitación adaptable”.

5 Cada bloque de función utilizado en la descripción de cada una de las realizaciones mencionadas anteriormente puede implementarse típicamente como un LSI formado por un circuito integrado. Éstos pueden ser chips individuales o parcial o totalmente contenidos en un chip único.

10 Se adoptó aquí “LSI” pero puede denominarse también como “IC”, “sistema LSI”, “súper LSI” o “ultra LSI” dependiendo de los diferentes grados de integración.

15 Adicionalmente, el método de la integración del circuito no se limita a los LSI, y es posible también la implementación usando circuitos especializados o procesadores de propósito general. Tras la fabricación del LSI, es posible también la utilización de un FPGA (del inglés, “Field Programmable Gate Array”; “Matriz de Puertas Programable en Campo”) o de un procesador reconfigurable donde las conexiones que los ajustes de las células de un circuito dentro de un LSI pueden reconfigurarse.

20 Adicionalmente, si surge una tecnología de circuitos integrados para reemplazar a los LSI como resultado de los avances de la tecnología de semiconductores o como una derivación de otra tecnología, es posible naturalmente también realizar la integración del bloque funcional usando esta tecnología. Es posible también la aplicación en biotecnología.

25 El aparato de búsqueda del libro de codificación fijo de la presente invención tienen el efecto de que, en el aparato de codificación de voz del tipo CELP que busca un libro de codificación algebraico como un libro de codificación fijo, es posible añadir las características del filtro no causal al vector de excitación de pulso generado desde el libro de codificación algebraico, sin un aumento en el tamaño de la memoria ni una gran carga de cálculo, y es útil en la búsqueda del libro de codificación fijo del aparato de codificación de voz empleado en los aparatos de terminales de comunicación tales como teléfonos móviles donde el tamaño de memoria disponible está limitado y donde la comunicación por radio se realiza forzosamente a baja velocidad.

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de búsqueda del libro de codificación fijo (150) que comprende:

5 una sección de operación de convolución (151) adaptada para realizar la convolución de una respuesta de impulso de un filtro de síntesis ponderado perceptivamente con un vector de respuesta de impulso que tiene valores distintos de cero en tiempos negativos, para generar un segundo vector de respuesta de impulso (h) que tiene valores distintos de cero en tiempos negativos;

10 una sección de generación de la matriz (152) adaptada para generar una matriz de convolución del tipo de Toeplitz (H') usando el segundo vector de respuesta de impulso generado por la sección de operación de convolución;

15 una sección de búsqueda adaptada para realizar una búsqueda en el libro de codificación fijo maximizando un término usando la matriz de convolución del tipo de Toeplitz.

2. El aparato de búsqueda del libro de codificación fijo de la reivindicación 1, en el que la matriz de convolución del tipo de Toeplitz se indica por la matriz H'

20

$$H' = \begin{bmatrix} h^{(0)}(0) & \cdots & h^{(0)}(-m) & 0 & 0 \\ h^{(0)}(1) & \ddots & \vdots & \ddots & 0 \\ \vdots & \cdots & h^{(0)}(0) & \cdots & h^{(0)}(-m) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h^{(0)}(N-1) & \cdots & h^{(0)}(N-1-m) & \cdots & h^{(0)}(0) \end{bmatrix}$$

30

donde $h^{(0)}$ con los elementos $h^{(0)}(n)$, $n = -m, \dots, 0, \dots, N-1$, es el segundo vector de respuesta de impulso que tiene valores distintos de cero en los tiempos negativos n.

35

3. El aparato de búsqueda del libro de codificación fijo de la reivindicación 1, en el que la sección de búsqueda implementa una función para minimizar un error entre un vector objetivo para la búsqueda del libro de codificación fijo y una señal de síntesis ponderada perceptivamente obtenida multiplicando un vector de pulso generado desde el libro de codificación algebraico mediante la matriz de convolución del tipo de Toeplitz.

40

4. El aparato de búsqueda del libro de codificación fijo de la reivindicación 1, en el que el término que usa la matriz de convolución se muestra mediante las siguientes expresiones

45

$$\frac{C_k^2}{E_k^2} = \frac{\left(\sum_{n=0}^{N-1} d(n)c_k(n)\right)^2}{c_k' \Phi c_k}$$

50

$$d'(i) = \begin{cases} \sum_{n=-i}^{N-1-i} x(n+i)h^{(0)}(n), & \text{donde } i = 0, \dots, m-1 \\ \sum_{n=-m}^{N-1-i} x(n+i)h^{(0)}(n), & \text{donde } i = m, \dots, N-1 \end{cases}$$

55

60

65

ES 2 329 198 T3

$$\varphi'(i, j) = \begin{cases} \sum_{n=-i}^{N-1-i} h^{(0)}(n)h^{(0)}(n), \text{ donde } i = j = 0, \dots, m-1 \\ \varphi'(j, i) = \sum_{n=-m}^{N-1-j} h^{(0)}(n+j-i)h^{(0)}(n), \text{ donde } i = m, \dots, N-1, j = i, \dots, N-1 \end{cases}$$

donde:

c_k es un vector de excitación de pulso especificado por un índice k ;

$c_k(n)$ es un elemento n -ésimo de un vector c_k ;

$x(n)$ es un elemento n -ésimo del vector objetivo;

$h^{(0)}(n)$ es un elemento n -ésimo del segundo vector de respuesta de impulso; y

$\varphi'(i, j)$ es un elemento de la fila i -ésima columna j -ésima (un elemento i - j) de una matriz Φ' .

100

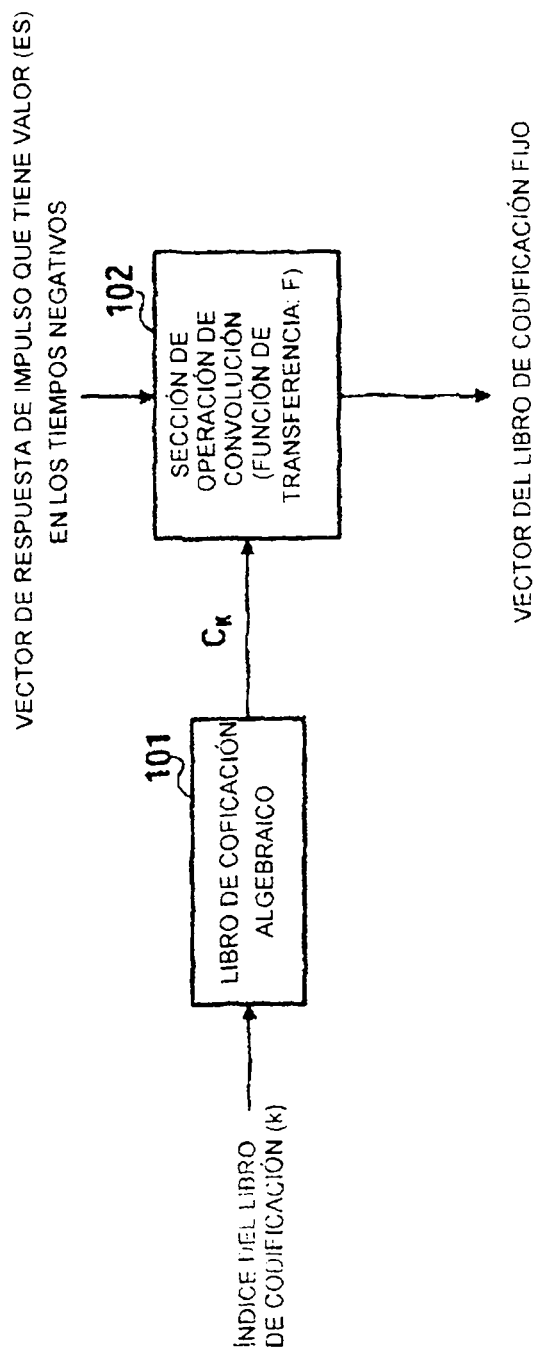


FIG.1

150

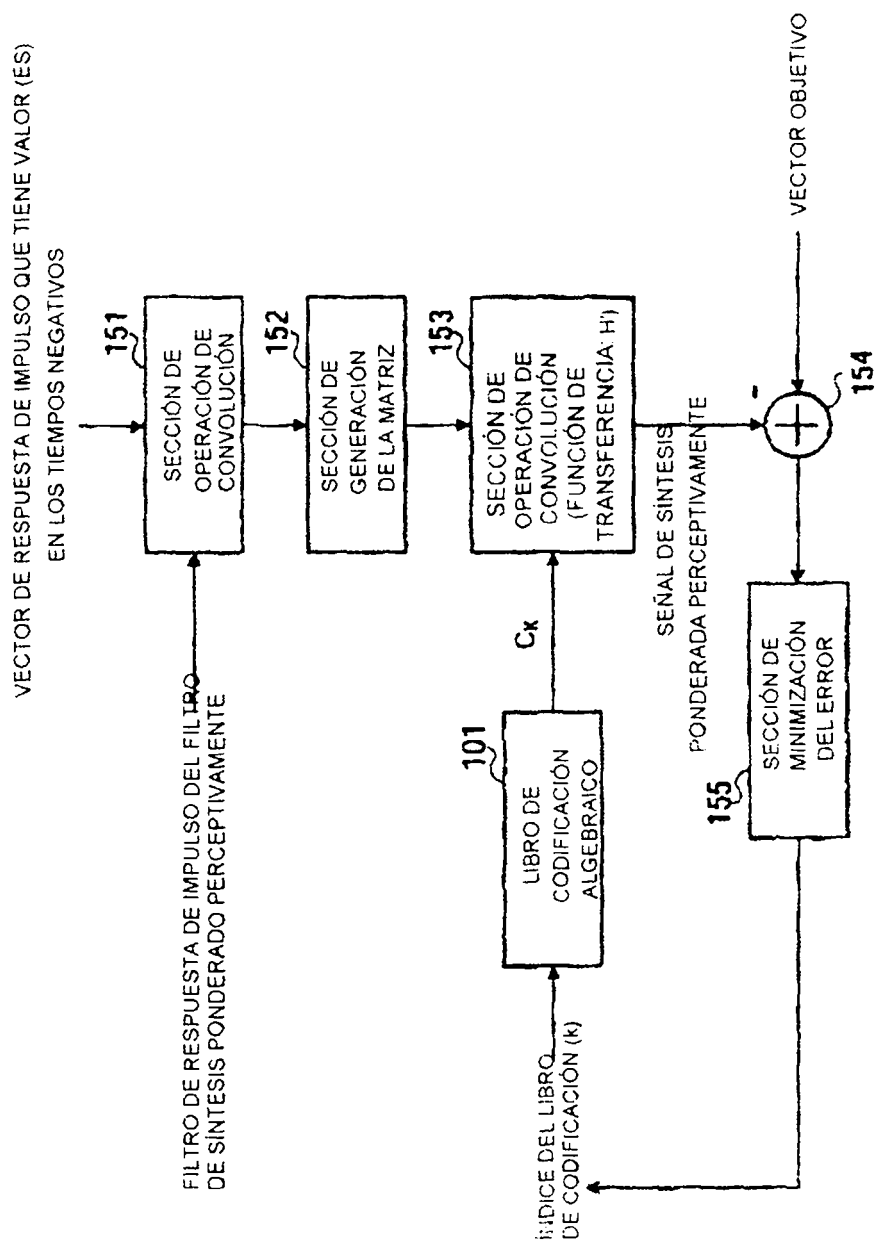


FIG.2

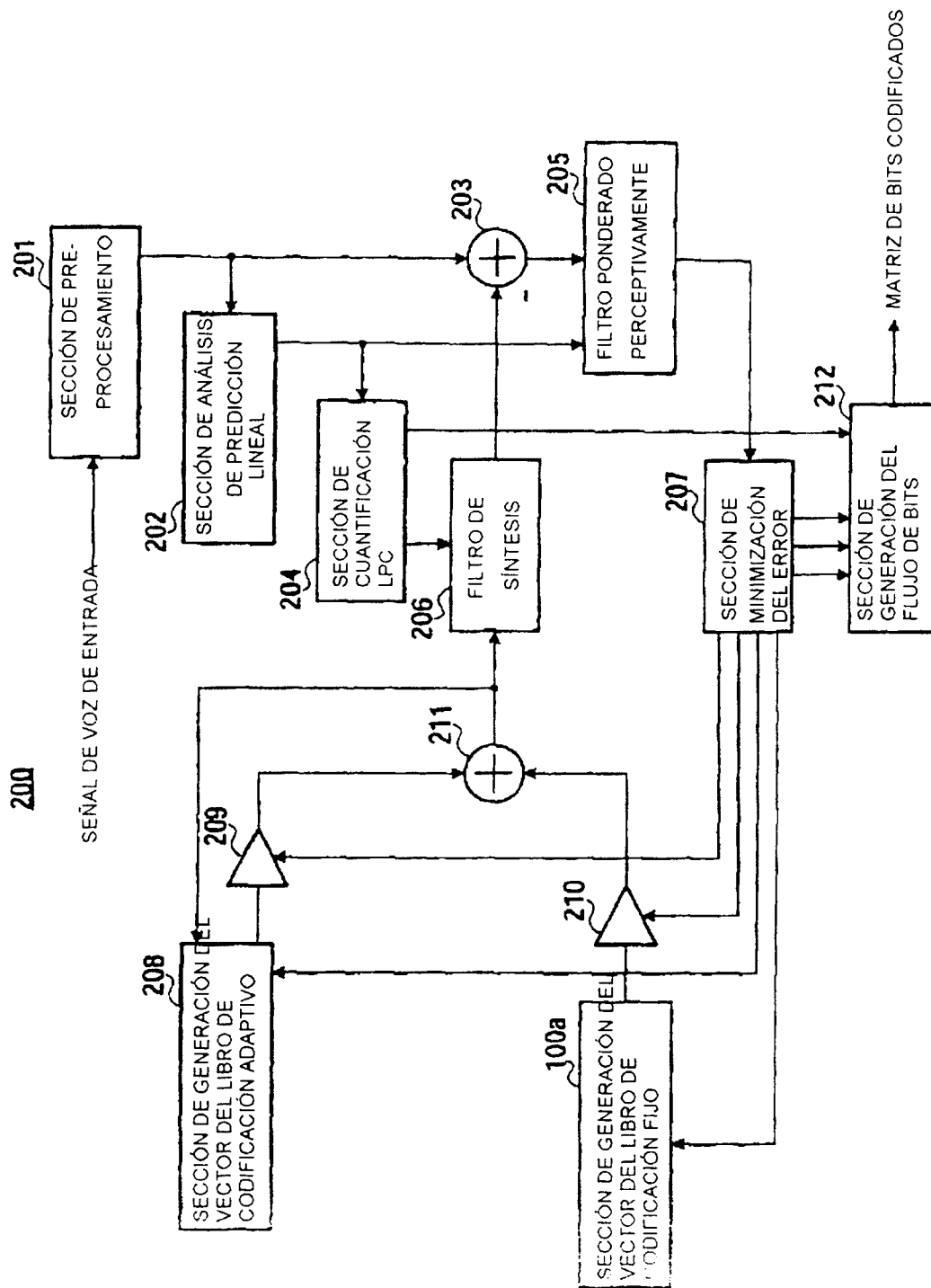


FIG.3