

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 649 237**

51 Int. Cl.:

G10L 19/07 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.05.2002 PCT/IB2002/01608**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.11.2002 WO02093551**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.05.2002 E 02730559 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2017 EP 1388144**

54 Título: **Método y aparato para la cuantificación de vector de frecuencia espectral en línea en códec de voz**

30 Prioridad:

16.05.2001 US 859225

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

11.01.2018

73 Titular/es:

**NOKIA TECHNOLOGIES OY (100.0%)
KEILALAHDENTIE 4
02150 ESPOO, FI**

72 Inventor/es:

RÄMÖ, ANSSI

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 649 237 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

Método y aparato para la cuantificación de vector de frecuencia espectral en línea en códec de voz

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a la codificación de señales de audio y de voz y, en particular, a la cuantificación de coeficientes de predicción lineal en el dominio de frecuencia espectral en línea.

10 Antecedentes de la invención

Los algoritmos de codificación de voz y audio tienen una amplia variedad de aplicaciones en sistemas de comunicación, multimedia y almacenamiento. El desarrollo de los algoritmos de codificación está impulsado por la necesidad de ahorrar capacidad de transmisión y almacenamiento mientras se mantiene la alta calidad de la señal sintetizada. La complejidad del codificador está limitada por la potencia de procesamiento de la plataforma de aplicación. En algunas aplicaciones, por ejemplo, almacenamiento de voz, el codificador puede ser muy complejo, mientras que el decodificador debe ser lo más simple posible.

En un codificador típico de voz, la señal de voz de entrada se procesa en segmentos, que se denominan tramas. Usualmente, la longitud de la trama es de 10-30 ms, y un segmento de anticipación de 5-15 ms de la trama siguiente también está disponible. La trama también puede estar dividida en una serie de subtramas. Para cada trama, el codificador determina una representación paramétrica de la señal de entrada. Los parámetros se cuantifican y transmiten a través de un canal de comunicación o se almacenan en un medio de almacenamiento en una forma digital. En el extremo de recepción, el decodificador construye una señal sintetizada basada en los parámetros recibidos.

La mayoría de los codificadores de voz actuales incluyen un filtro de predicción lineal (LP), para lo cual se genera una señal de excitación. El filtro de LP generalmente tiene una estructura de polo total, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{A(z)} = \frac{1}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_p z^{-p}}, \quad (1)$$

donde $A(z)$ es un filtro inverso con coeficientes LP no cuantificados a_1, a_2, \dots, a_p y p es el orden del predictor, que generalmente es 8-12. Farvardin et al: "Efficient encoding of speech LSP parameters using the discrete cosine transformation" divulga parámetros LSF de cuantificación y predicción. La señal de voz de entrada se procesa en tramas. Para cada trama de voz, el codificador determina los coeficientes LP utilizando, por ejemplo, el algoritmo de Levinson-Durbin. (ver "AMR Speech Codec; Transcoding functions" 3G TS 26.090 v3.1.0 (1999-12)). La representación de frecuencia espectral de línea (LSF) u otras representaciones similares, como el par espectral de línea (LSP), frecuencia espectral de inmitancia (ISF) y par espectral de inmitancia (ISP), donde el filtro estable resultante se representa mediante un vector de orden, se emplean para cuantificación de los coeficientes, porque tienen buenas propiedades de cuantificación. Para las subtramas intermedias, los coeficientes se interpolan linealmente utilizando la representación LSF.

Para definir las LSF, el polinomio de filtro $A(z)$ LP inverso se utiliza para construir dos polinomios:

$$P(z) = A(z) + z^{-(p+1)} A(z^{-1}),$$

$$= (1 - z^{-1}) \prod_{i=2, 4, \dots, p} (1 - 2 z^{-1} \cos \omega_i + z^{-2}), \quad (2)$$

y

$$Q(z) = A(z) - z^{-(p+1)} A(z^{-1})$$

$$= (1 - z^{-1}) \prod_{i=1, 3, \dots, p-1} (1 - 2 z^{-1} \cos \omega_i + z^{-2}), \quad (3)$$

Las raíces de los polinomios $P(z)$ y $Q(z)$ se denominan coeficientes LSF. Todas las raíces de estos polinomios están en el círculo unitario $e^{j\omega_i}$ con $i = 1, 2, \dots, p$. Los polinomios $P(z)$ y $Q(z)$ tienen las siguientes propiedades: 1) todos los ceros (raíces) de los polinomios están en el círculo unitario 2) los ceros de $P(z)$ y $Q(z)$ están entrelazados entre sí. Más específicamente, la siguiente relación siempre se cumple:

$$0 = \omega_0 < \omega_1 < \omega_2 < \dots < \omega_{p-1} < \omega_p < \omega_{p+1} = \pi \quad (4)$$

Este orden ascendente garantiza la estabilidad del filtro, que a menudo se requiere en las aplicaciones de codificación de voz. Debe tenerse en cuenta que el primer y último parámetros son siempre 0 y π , respectivamente, y solo deben transmitirse valores de p .

5 Aunque en los codificadores de voz se necesita una representación eficiente para almacenar la información LSF, las LSF se cuantifican usando cuantificación vectorial (VQ), a menudo junto con predicción (véase la figura 1). Usualmente, los valores predichos se estiman basándose en los valores de salida previamente decodificados (AR (auto-regresivo)-predictor) o valores previamente cuantificados (MA(promedio móvil)-predictor).

$$10 \quad pLSF_k = mLSF + \sum_{j=1}^m A_j (qLSF_{k-j} - mLSF) + \sum_{i=1}^n B_i CB_{k-i}, \quad (5)$$

donde A_j s y B_i s son las matrices de predicción, y m y n las órdenes de los predictores. $pLSF_k$, $qLSF_k$ y CB_k son, respectivamente, el LSF predicho, el LSF cuantificado y el vector de libro de códigos para la trama k . $mLSF$ es el vector LSF medio.

15 Después se calcula el valor previsto, se puede obtener el valor LSF cuantificado:

$$qLSF_k = pLSF_k + CB_k, \quad (6)$$

20 donde CB_k es la entrada óptima del libro de códigos para la trama k .

En la práctica, cuando se usa la cuantificación predictiva o VQ limitada, la estabilidad del $qLSF_k$ resultante tiene que comprobarse antes de la conversión a los coeficientes de LP. Solo en caso de VQ directo (no predictivo, de una sola etapa, sin división), el libro de códigos puede diseñarse de modo que el vector cuantificado resultante esté siempre en orden.

En soluciones de la técnica anterior, la estabilidad del filtro está garantizada ordenando el vector LSF después de la selección de cuantificación y del libro de códigos.

30 En la búsqueda del mejor vector del libro de códigos, a menudo todos los vectores se ponen a prueba (búsqueda completa) y alguna medida de bondad perceptualmente importante se calcula para cada instancia. El diagrama de bloques de un procedimiento de búsqueda comúnmente utilizado se muestra en la figura 1a.

De manera óptima, la selección se basa en la distorsión espectral SD^j de la siguiente manera:

$$35 \quad SD = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} [\log S(\omega) - \log \hat{S}(\omega)]^2 d\omega, \quad (7)$$

donde $\hat{S}(\omega)$ y $S(\omega)$ son los espectros de la trama de voz con y sin cuantificación, respectivamente. Esto es computacionalmente muy intensivo y, por lo tanto, se usan métodos más simples.

40 Un método usado comúnmente es ponderar el error LSF ($RLSF_k$) con la ponderación (W_k). Por ejemplo, se utiliza la siguiente ponderación (ver "AMR Speech Codec; Transcoding functions" 3G TS 26.090 v3.1.0 (1999-12)):

$$45 \quad \begin{aligned} W_k &= 3,347 - \frac{1,547}{450} d_k \quad \text{para } d_k < 450 \text{ Hz} \\ &= 1,8 - \frac{0,8}{1050} (450 - d_k) \quad \text{de otra manera,} \end{aligned} \quad (8)$$

donde $d_k = LSF_{k+1} - LSF_{k-1}$ con $LSF_0 = 0$ Hz y $LSF_{11} = 4000$ Hz.

Básicamente, esta medida de distorsión depende de las distancias entre las frecuencias de LSF. Cuanto más cerca se encuentren los LSF, más ponderación tendrán. Perceptualmente, esto significa que las regiones formantes se cuantifican con mayor precisión.

En base al valor de distorsión, el vector de libro de códigos que da el valor más bajo se selecciona como el mejor índice del libro de códigos. Normalmente, el criterio es

$$\min_i \{SD^i\} = \sum_{k=1}^p (LSF_k - pLSF_k - CB_k^i)^2 W_k^2, \quad (9)$$

5 Como se puede ver en la figura 1a, la diferencia entre unos coeficientes LSF objetivo LSF_k y respectivos coeficientes LSF $pLSF_k$ predichos se determina en primer lugar en un dispositivo sumador 12, y la diferencia se ajusta adicionalmente mediante un vector de libro de códigos residual respectivo CB_{1k}^i de la j -ésima entrada del libro de códigos en otro dispositivo sumador 14. La ecuación 9 puede reducirse a

$$\min \{SD^i\} = \sum_{k=1}^p (LSF_k - qLSF_k^i)^2 W_k^2, \quad (10)$$

10 y también reducirse a

$$\min_i \{SD^i\} = \sum_{k=1}^p (rLSF_k^i)^2 W_k^2 \quad (11)$$

15 Las etapas de reducción, como se muestra en las Ecuaciones 10 y 11, se pueden visualizar más fácilmente en un codificador, como se muestra en la figura 1b. Como se muestra en la figura 1b, se usa un dispositivo sumador 16 para calcular los coeficientes LSF cuantificados. Posteriormente, el error LSF se calcula mediante el dispositivo sumador 18 a partir de los coeficientes LSF cuantificados y los coeficientes LSF objetivo.

20 Las soluciones de la técnica anterior no encuentran necesariamente el índice de libro de códigos óptimo si los coeficientes LSF cuantificados $qLSF_k^i$ no están en orden ascendente con respecto a k . Las figuras 2a-2e ilustran tal problema. Para simplificar, solo se muestran los primeros tres coeficientes LSF ($k = 1, 2, 3$). Sin embargo, esta demostración simplificada representa adecuadamente la primera división bastante habitual en el caso de VQ dividida. El vector LSF objetivo está marcado con $LSF_1 \dots LSF_3$, y los valores predichos, basados en el LSF de las tramas anteriores, también se muestran ($pLSF_1 \dots pLSF_3$). Como se muestra en la figura 2a, aunque algunos valores predichos son mayores que los respectivos vectores objetivo, algunos son más pequeños. La primera entrada del libro de códigos en el libro de códigos residuales del cuantificador vectorial podría parecerse a los vectores del libro de códigos, como se muestra en la figura 2b. Con $qLSF_{1-3}^1 = pLSF_{1-3} + CB_{1-3}^1$, los coeficientes LSF cuantificados se calculan y se muestran en la figura 2c. Por simplicidad, no se utiliza ninguna ponderación, o $W_k = 1$, y la distorsión espectral es directamente proporcional a la distancia al cuadrado o absoluta entre el objetivo y el valor de cuantificación (el coeficiente LSF cuantificado). La distancia entre el objetivo y el valor de cuantificación es $rLSF_k$. La distorsión total para la primera división es, por lo tanto

$$SD^1 = \sum_{k=1}^3 SD_k^1. \quad (12)$$

35 La segunda entrada del libro de códigos (no mostrada) podría producir el vector LSF cuantificado ($qLSF_{1-3}^2$) y la distorsión espectral (SD_{1-3}^2), como se muestra en la figura 2d. Cuando se compara la figura 2d con la figura 2c, los vectores $qLSF$ resultantes son bastante diferentes, pero las distorsiones totales son casi las mismas, o ($SD^1 \approx SD^2$). Con las dos primeras entradas del libro de códigos, los vectores LSF cuantificados resultantes están en orden.

40 Para mostrar el problema asociado con el método de la técnica de cuantificación anterior, se supone que los coeficientes cuantificados LSF ($qLSF_{1-3}^3$) y las correspondientes distorsiones espectrales (SD_{1-3}^3), el resultado de la tercera entrada del libro de códigos (no se muestra) se distribuyen, como se muestra en la figura 2e. La distorsión

total ($SD^3 = \sum_{k=1}^3 SD_k^3$), de acuerdo con la distorsión espectral, como se muestra en la figura 2e, es un valor muy grande. Esto significa que, de acuerdo con el método de la técnica anterior, el mejor índice de libro de códigos de esta primera división es el menor de SD^1 y SD^2 . Sin embargo, este índice de libro de códigos "mejor" seleccionado, como se ilustrará más adelante en la figura 4a, no proporciona el vector de código óptimo. Esto se debe a que los vectores LSF cuantificados resultantes están desordenados con respecto a la tercera entrada del libro de códigos.

50 En general, los codificadores de voz requieren que el filtro de predicción lineal (LP) utilizado en el mismo sea estable. La rutina de búsqueda del libro de códigos de la técnica anterior, tal como la ilustrada en la figura 1a, podría hacer que los vectores LSF cuantificados resultantes estén fuera de servicio y se vuelvan inestables. En la técnica anterior, la estabilización del vector se logra clasificando los vectores LSF después de la cuantificación. Sin embargo, el vector de código obtenido puede no ser óptimo.

55 Hay que señalar que vectores de parámetros (par) espectrales, tales como la línea de par espectral de vectores (LSP), los vectores de frecuencia espectral de inmitancia (ISF), y los vectores de par espectral de inmitancia (ISP),

que representan los coeficientes predictivos lineales, deben ser también ordenarse para ser estables.

Es ventajoso y deseable proporcionar un método y un sistema para la cuantificación del parámetro espectral (o representación), en el que el vector de código obtenido se optimiza.

5

Sumario de la invención

Es un objetivo primario de la presente invención proporcionar un método y un aparato para la cuantificación de parámetros espectrales, en el que un vector de código optimizado se selecciona para mejorar el rendimiento de cuantificación de parámetros espectrales en términos de distorsión espectral, mientras se mantiene la asignación de bits original. Este objetivo se puede lograr reorganizando los vectores de parámetros espectrales cuantificados de manera ordenada en el dominio de la frecuencia antes de que se seleccione el vector de código en función de la distorsión espectral, como se reivindica mediante la reivindicación independiente 1 de método y la reivindicación 9 de aparato. Por tanto, de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método de cuantificación de vectores de parámetros espectrales en un codificador de voz, en el que se usa un filtro predictivo lineal para calcular una pluralidad de coeficientes de parámetros espectrales en un dominio de frecuencia, y en el que se utilizan una pluralidad de valores de parámetros espectrales basados en valores de salida previamente decodificados, y una pluralidad de vectores de libro de códigos residuales, junto con dicha pluralidad de coeficientes de parámetros espectrales, para estimar la distorsión espectral, y el vector de código óptimo se selecciona basándose en la distorsión espectral. El método se caracteriza por obtener una pluralidad de coeficientes de parámetros espectrales cuantificados a partir de los respectivos valores de parámetros espectrales predichos y los vectores de libros de códigos residuales; reorganizar los coeficientes de parámetro espectral cuantificado en el dominio de la frecuencia de una manera ordenada; y obtener la distorsión espectral a partir de los coeficientes del parámetro espectral cuantificado reorganizado y los respectivos coeficientes de frecuencia espectral de línea.

10

15

20

25

30

Preferiblemente, la distorsión espectral se calcula basándose en un error indicativo de una diferencia entre cada uno de los coeficientes de los parámetros espectrales cuantificados reorganizados y el coeficiente de parámetro espectral respectivo, en el que el error se pondera antes de calcular la distorsión espectral basándose en los coeficientes de los parámetros espectrales.

35

El método, de acuerdo con la presente invención, es aplicable cuando la reorganización de los coeficientes de los parámetros espectrales cuantificados se realiza en una sola división.

El método, de acuerdo con la presente invención, también es aplicable cuando la reorganización de los coeficientes de los parámetros espectrales cuantificados se realiza en una pluralidad de divisiones. En ese caso, se selecciona un vector de código óptimo en función de la distorsión espectral en cada división.

40

El método, de acuerdo con la presente invención, también es aplicable cuando la reorganización de los coeficientes de los parámetros espectrales cuantificados se realiza en una o más etapas en caso de cuantificación de múltiples etapas. En ese caso, se selecciona un vector de código óptimo en función de la distorsión espectral en cada etapa. Cada etapa puede ser ordenada o no ordenada. Se prefiere que la selección en cuanto a qué etapas se ordenan y cuáles no se determine de antemano. De lo contrario, la información de clasificación debe enviarse al receptor como información adicional.

45

El método, de acuerdo con la presente invención, es aplicable cuando la reorganización de los coeficientes de parámetros espectrales cuantificados se realiza como una etapa de optimización para una cantidad de vectores preseleccionada. Los vectores proponentes se clasifican y la selección del índice final se realiza a partir de este conjunto de vectores preseleccionados usando el método divulgado.

50

El método, de acuerdo con la presente invención, es aplicable en el que la reorganización de los coeficientes de los parámetros espectrales cuantificados se realiza como una etapa de optimización, en el que los índices iniciales al libro de códigos (por etapas o divisiones) se seleccionan sin reorganizar y la selección final se realiza basándose únicamente en la selección de los mejores vectores preseleccionados con el método de clasificación divulgado.

55

El parámetro espectral puede ser la frecuencia de línea espectral, par espectral de línea, frecuencia espectral de inmitancia, par espectral de inmitancia, y similares.

60

De acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato para la cuantificación de vectores de parámetros espectrales en un codificador de voz, en el que un filtro de predicción lineal se utiliza para calcular una pluralidad de coeficientes de los parámetros espectrales en un dominio de frecuencia, y en el que una pluralidad de valores de parámetros espectrales predichos basados en valores de salida decodificados previamente, y una pluralidad de vectores de libro de códigos residuales, junto con dicha pluralidad de coeficientes de parámetros espectrales, se utilizan para estimar la distorsión espectral para permitir seleccionar el vector de código óptimo basándose en la distorsión espectral. El aparato se caracteriza por

65

medios, para obtener una pluralidad de coeficientes de parámetros espectrales cuantificados a partir de los respectivos valores de parámetros espectrales predichos y los vectores de libros de códigos residuales para proporcionar una serie de primeras señales indicativas de los coeficientes de parámetros espectrales cuantificados; medios, que responden a las primeras señales, para reordenar los coeficientes del parámetro espectral cuantificado en el dominio de frecuencia de una manera ordenada para proporcionar una serie de segundas señales indicativas de los coeficientes del parámetro espectral cuantificado reordenado; y medios, que responden a las segundas señales, para obtener la distorsión espectral a partir de los coeficientes de parámetros espectrales cuantificados reorganizados y los respectivos coeficientes de parámetros espectrales.

El parámetro espectral puede ser la frecuencia de línea espectral, par espectral de línea, frecuencia espectral de inmitancia, par espectral de inmitancia y similares.

De acuerdo con el tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un codificador de voz para proporcionar un flujo de bits a un decodificador, en el que el flujo de bits contiene una primera señal de transmisión indicativa de parámetros de código, parámetros de ganancia y parámetros de tono y una segunda señal de transmisión indicativa de parámetros de representación espectral, en el que se usa un módulo de búsqueda de excitación para proporcionar los parámetros de código, los parámetros de ganancia y los parámetros de tono, y un módulo de análisis de predicción lineal para proporcionar una pluralidad de coeficientes de representación espectral en un dominio de frecuencia, una pluralidad de valores de representación espectral predichos basados en valores de salida decodificados previamente, y una pluralidad de vectores de libro de códigos residuales. El codificador se caracteriza por

medios, para obtener una pluralidad de coeficientes de representación espectrales cuantificados basados en los respectivos valores de representación espectrales predichos y los vectores de libros de códigos residuales para proporcionar una serie de primeras señales indicativas de los coeficientes de representación espectrales cuantificados;

medios, que responden a las primeras señales, para reorganizar los coeficientes de representación espectral cuantificado en el dominio de frecuencia de una manera ordenada para proporcionar una serie de segundas señales indicativas de los coeficientes de representación espectral cuantificado reorganizado;

medios, que responden a las segundas señales, para obtener la distorsión espectral de los coeficientes de representación espectral cuantificados reorganizados y los respectivos coeficientes de representación espectral para proporcionar una serie de terceras señales; y

medios, que responden a las terceras señales, para seleccionar una pluralidad de vectores de códigos óptimos representativos de los parámetros de representación espectral basados en la distorsión espectral y para proporcionar la segunda señal de transmisión indicativa de vectores de códigos óptimos.

De acuerdo con el cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona una estación móvil capaz de recibir y preprocesar voz de entrada para proporcionar un flujo de bits para al menos una estación base en una red de telecomunicaciones, en el que el flujo de bits contiene una primera señal de transmisión indicativa de parámetros de código, parámetros de ganancia y parámetros de tono, y una segunda señal de transmisión indicativa de parámetros de representación espectral, en el que se utiliza un módulo de búsqueda de excitación para proporcionar la primera señal de transmisión desde la señal de entrada preprocesada, y un módulo de predicción lineal basado en la señal de entrada preprocesada, una pluralidad de coeficientes de representación espectral en un dominio de frecuencia, una pluralidad de valores de representación espectral predichos basados en valores de salida decodificados previamente, y una pluralidad de vectores de libro de códigos residuales. La estación móvil se caracteriza por

medios, para obtener una pluralidad de coeficientes de representación espectrales cuantificados a partir de los respectivos valores de representación espectrales predichos y los vectores de libros de códigos residuales para proporcionar una serie de primeras señales indicativas de los coeficientes de representación espectrales cuantificados;

medios, que responden a la serie de primeras señales, para reorganizar los coeficientes de representación espectral cuantificado en el dominio de frecuencia de una manera ordenada para proporcionar una serie de segundas señales indicativas de los coeficientes de representación espectral cuantificado reorganizado;

medios, que responden a la serie de segundas señales, para obtener la distorsión espectral de los coeficientes de representación espectral cuantificados reorganizados y la respectiva representación espectral para proporcionar una serie de terceras señales;

medios, para seleccionar a partir de la distorsión espectral una pluralidad de vectores de código óptimos representativos de los parámetros de representación espectral para proporcionar la segunda señal de transmisión.

La presente invención se hará evidente al leer la descripción tomada en conjunción con las figuras 3 a 6.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1a es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de cuantificación LSF de la técnica anterior.

La figura 1b es un diagrama de bloques que ilustra el sistema de cuantificación LSF de la técnica anterior con una disposición diferente de los componentes del sistema.

La figura 2a es una representación esquemática que ilustra la distribución del vector LSF objetivo y los valores LSF predichos en el dominio de frecuencia.

La figura 2b es una representación esquemática que ilustra la primera entrada del libro de códigos en el libro de códigos residual del cuantificador vectorial.

La figura 2c es una representación esquemática que ilustra los coeficientes LSF cuantificados en comparación con el vector LSF objetivo, y la distorsión espectral resultante con la primera entrada del libro de códigos.

La figura 2d es una representación esquemática que ilustra los coeficientes LSF cuantificados y la distorsión espectral resultante con la segunda entrada del libro de códigos.

La figura 2e es una representación esquemática que ilustra los coeficientes LSF cuantificados y la distorsión espectral resultante con la tercera entrada del libro de códigos.

La figura 2f es una representación esquemática que ilustra los coeficientes LSF cuantificados y la distorsión espectral resultante con la cuarta entrada del libro de códigos.

La figura 2g es una representación esquemática que ilustra los coeficientes LSF cuantificados y la distorsión espectral resultante con una entrada del libro de códigos diferente a la mostrada en la figura 2c.

La figura 2h es una representación esquemática que ilustra los coeficientes LSF cuantificados y la distorsión espectral resultante con una segunda entrada diferente de la mostrada en la figura 2d.

La figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra el sistema de cuantificación LSF, de acuerdo con la presente invención.

La figura 4a es una representación esquemática que ilustra los coeficientes LSF cuantificados y la distorsión espectral resultante con la tercera entrada del libro de códigos, como se muestra en la figura 2e, después de ser reorganizados mediante el sistema de cuantificación LSF, según la presente invención.

La figura 4b es una representación esquemática que ilustra los coeficientes LSF cuantificados y la distorsión espectral resultante con la cuarta entrada del libro de códigos, como se muestra en la figura 2f, después de ser reorganizados mediante el sistema de cuantificación LSF, según la presente invención.

La figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra un códec de voz que comprende un codificador y un decodificador para codificación de voz, de acuerdo con la presente invención.

La figura 6 es una representación esquemática que ilustra una estación móvil para su uso en una red de telecomunicaciones móviles, de acuerdo con la presente invención.

Mejor modo para realizar la invención

El vector de parámetro espectral (par) es el vector que representa los coeficientes predictivos lineales de manera que el vector espectral estable (par) siempre se ordena. Dichas representaciones incluyen frecuencia espectral de línea (LSF), par espectral de línea (LSP), frecuencia espectral de inmitancia (ISF), par espectral de inmitancia (ISP) y similares. Para simplificar, la presente invención se describe en términos de la representación LSF.

El sistema de cuantificación LSF **40**, de acuerdo con la presente invención, se muestra en la figura 3. Además de los componentes del sistema, como se muestra en la figura 1a, se implementa un mecanismo de clasificación **20** entre el dispositivo sumador **16** y el dispositivo sumador **18**. El mecanismo de clasificación **20** se usa para reorganizar los coeficientes de LSF cuantificados $qLSF_k^i$ de modo que se distribuyan en un orden ascendente con respecto a la frecuencia. Por ejemplo, los coeficientes LSF cuantificados $qLSF_k^1$ y $qLSF_k^2$, como se muestran en las figuras 2a y 2b, ya están en orden ascendente, o $qLSF_k^1 < qLSF_k^2 < qLSF_k^3$, y la función del mecanismo de clasificación **20** no afecta a la distribución de estos coeficientes LSF cuantificados. En este caso, se dice que el vector LSF cuantificado $qLSF^i$ está en el orden correcto. Sin embargo, el vector LSF cuantificado $qLSF^3$, como se muestra en la figura 2e, está fuera de servicio, porque $qLSF_k^3 < qLSF_k^2 < qLSF_k^1$. Después de disponerse, los coeficientes LSF cuantificados se distribuyen en un orden ascendente, como se muestra en la figura 4a.

Después de la orden del vector, la distorsión espectral total de SD^3 (figura 4a) es menor que cualquiera de los dos SD^1 o SD^2 . En consecuencia, el mejor índice de libro de códigos de la primera división que contiene las primeras tres tramas para seleccionarse es $i = 3$. El orden correcto del libro de códigos decodificado (1 3 2) también se encuentra automáticamente en el decodificador debido a la clasificación y no se necesita información adicional.

La función de clasificación, tal como la realiza el mecanismo de clasificación **20**, se puede expresar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \min \{SD^i\} &= \sum_{k=1}^p (LSF_k - \text{clasificar}(pLSF_k + CB_k^i))^2 W_k^2 \\ &= \sum_{k=1}^p (LSF_k - \text{clasificar}(qLSF_k^i))^2 W_k^2, \end{aligned} \quad (13)$$

La ecuación 13 puede reducirse también a

$$\begin{aligned} \min \{SD^i\} &= \sum_{k=1}^p (LSF_k - qLSF_{s(k)}^i)^2 W_k^2 \\ &= \sum_{k=1}^p (rLSF_{s(k)}^i)^2 W_k^2, \end{aligned} \quad (14)$$

5 donde $s(k)$ es una función de permutación que da la ordenación correcta para los k -ésimos componentes LSF actuales, de modo que todos los LSF_k^i están en orden ascendente antes del cálculo SD^i . De acuerdo con la presente invención, el valor de distorsión espectral se calcula después de poner en orden el vector cuantificado, en lugar de comparar vectores residuales, lo que podría dar como resultado un vector LSF ordenado inválido.

10 Hay que señalar que, en algunos casos, es posible utilizar el método de búsqueda de la técnica anterior para obtener la distorsión espectral más baja SD^i a partir de los coeficientes LSF cuantificado que no están dispuestos en orden ascendente. Por ejemplo, la primera y la segunda entradas del libro de códigos producen dos conjuntos diferentes de coeficientes LSF cuantificados $qLSF_k^1$ y $qLSF_k^2$, como se muestra en la figura 2f y la figura 2g, mientras que los terceros coeficientes LSF cuantificados $qLSF_k^3$ son los mismos que se muestran en la figura 2e. En ese caso, la menor distorsión espectral es el resultado de la tercera entrada del libro de códigos, aunque los coeficientes LSF cuantificados $qLSF_k^3$ no están en un orden ascendente. Por lo tanto, el vector LSF cuantificado que se selecciona basándose en la distorsión espectral total más bajo es inestable. En el codificador de la técnica anterior, el vector LSF cuantificado inestable puede estabilizarse clasificando los coeficientes LSF cuantificados después de la selección del libro de códigos. En este caso particular, el resultado del códec de voz de la técnica anterior y del códec de voz, de acuerdo con la presente invención, es el mismo.

20 En general, el resultado de acuerdo con el método de la técnica anterior podría no ser óptimo, porque podría ser otro vector cuantificado que también está en el orden equivocado. Por ejemplo, si la cuarta entrada del libro de códigos produce un conjunto de coeficientes LSF cuantificados $qLSF_k^4$, como se muestra en la figura 2h, este vector LSF cuantificado tiene la mayor distorsión espectral entre los vectores cuantificados como se muestra en las figuras 2e, 2f, 2g y 2h. Con las rutinas de búsqueda del libro de códigos de la técnica anterior, la menor distorsión espectral total es el resultado de la tercera entrada del libro de códigos (figura 2g).

30 De acuerdo con el método de cuantificación LSF, de acuerdo con la presente invención, los coeficientes LSF cuantificados en la figura 2e y la figura 2h se reorganizan mediante el mecanismo de clasificación 20. Después de que los coeficientes LSF cuantificados $qLSF_k^4$, como se muestra en la figura 2h, se reorganizan para poner los coeficientes LSF cuantificados en un orden ascendente, con el resultado que se muestra en la figura 4b. Comparado con los vectores LSF cuantificados, como se muestra en las figuras 2f, 2g y 4a, el vector LSF cuantificado, como se muestra en la figura 4b, tiene la menor distorsión espectral total.

35 Los ejemplos anteriores han demostrado que el vector de estabilización después de la cuantificación (mediante el vector LSF de clasificación), de acuerdo con rutinas de búsqueda de libro de códigos de la técnica anterior, no siempre resulta en el mejor vector, en términos de distorsión espectral.

40 Con el método de cuantificación LSF, según la presente invención, los vectores LSF se ponen en orden antes de que se seleccionen para la transmisión. Este método siempre encuentra los mejores vectores. Si el libro de códigos del cuantificador vectorial está en una división y la selección del mejor vector se realiza en una sola etapa, el vector encontrado es el óptimo global. Esto significa que siempre se encuentra el índice mínimo global que proporciona errores i para la trama. Si se utiliza un cuantificador de vector restringido, no se encuentra necesariamente el óptimo global. Sin embargo, incluso si el presente método se usa solo dentro de una división o etapa, el rendimiento aún mejora. Para encontrar el aún más óptimo global para el VQ de división, se pueden usar los siguientes enfoques:

- 45
- 1) Encontrar el mejor índice de libro de códigos para la primera división usando el método de ordenación previa, según la presente invención, y
 - 2) buscar por separado el mejor índice de libro de códigos para la segunda división, tercera división, etc., de la misma manera.
- 50

Sin embargo, para encontrar una solución más óptima, en lugar de guardar solo el mejor índice cuantificador de división para cada división, pueden guardarse una serie de mejores índices. A continuación, se prueban todas las combinaciones de índices para divisiones basadas en los índices guardados y se genera el vector LSF cuantificado clasificado resultante ($qLSF_1 \dots qLSF_p$) y se calcula SD^i . Finalmente, se selecciona la mejor combinación de índices del libro de códigos.

55

Un enfoque similar se puede utilizar para cuantificadores de vectores de múltiples etapas como sigue: Varios de los mejores cuantificadores de primera etapa se seleccionan en la llamada búsqueda M-mejor y las etapas posteriores se agregan sobre las mismas. En cada etapa, el $qLSF$ resultante se ordena, si así se desea, y se calcula SD^i . De nuevo, la mejor combinación de índices del libro de códigos se envía al receptor. La clasificación puede usarse para

60

una o más etapas internas. En ese caso, el decodificador tiene que hacer la clasificación en las mismas etapas para decodificar correctamente (las etapas donde hay clasificación se pueden determinar durante la etapa de diseño).

Para el cuantificador de vector de división, puede usarse el siguiente procedimiento:

- 5 1) Para la primera división, realizar la búsqueda del libro de códigos óptima;
- 2) Ponderar el error del último coeficiente ligeramente menos de lo que se hace normalmente;
- 3) Memorizar varios de los mejores índices para usarlos en la siguiente fase;
- 10 4) Ir a la siguiente división - en lugar de calcular el error dentro de la división, calcular el error incluyendo todas las combinaciones de los valores de la primera división y el vector actual (después de ordenar, por supuesto); y
- 5) Repetir el mismo procedimiento hasta que se hayan calculado todas las divisiones.

15 Este método intenta incluir continuamente alguna selección de los valores cuantificados, que son los mejores valores encontrados hasta el momento. Después de añadir la nueva división, se ordena el vector más largo resultante y, en función de la distorsión, se puede resolver el índice de la división anterior. Por lo tanto, el efecto restrictivo del orden sobre las divisiones se tiene en cuenta de alguna manera. El significado de una menor ponderación en el último coeficiente es que el último coeficiente podría reemplazarse con un valor de una división posterior después de que se realice la orden.

20 La figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra el códec de voz **1**, de acuerdo con la presente invención. El códec de voz **1** comprende un codificador **4** y un decodificador **6**. El codificador **4** comprende una unidad de preprocesamiento **22** para el filtrado de paso alto de la señal de voz de entrada. En base a la señal de entrada preprocesada, se usa una unidad de análisis **26** del coeficiente predictivo lineal (LPC) para realizar la estimación de los coeficientes del filtro LP. Los coeficientes LP son cuantificados por una unidad de cuantificación LPC **28**. Una
 25 unidad de búsqueda de excitación **30** se usa para proporcionar los parámetros de código, los parámetros de ganancia y los parámetros de tono al descodificador **6**, también basado en la señal de entrada preprocesada. La unidad de preprocesamiento **22**, la unidad de análisis de LPC **26**, la unidad de cuantificación de LPC **28** y la unidad de búsqueda de excitación **30** y sus funciones son conocidas en la técnica. La característica única del codificador **4** de la presente invención es el mecanismo de clasificación **20**, que se usa para reorganizar los coeficientes de LSF
 30 cuantificados para su uso en la estimación de distorsión espectral antes de enviar los parámetros de LSF al decodificador **6**. De forma similar, la unidad de cuantificación LPC **40** en el decodificador **6** tiene un mecanismo de clasificación **42** para reorganizar los coeficientes LSF recibidos antes de la interpolación LPC mediante una unidad de interpolación LPC **44**. La unidad de interpolación LPC **44**, la unidad de generación de excitación **46**, la unidad de síntesis LPC **48** y la unidad de postprocesamiento **50** también son conocidas en la técnica.

35 La figura 6 es una representación esquemática que ilustra un teléfono móvil **2** de la presente invención. Como se muestra en la figura 6, el teléfono móvil tiene un micrófono **60** para recibir la voz de entrada y transmitir la voz de entrada al codificador **4**. El codificador **4** tiene medios (no mostrados) para convertir los parámetros de código, parámetros de ganancia, parámetros de tono y parámetros LSF (figura 5) en un flujo de bits **82** para la transmisión a
 40 través de una antena **80**. El teléfono móvil **2** tiene un mecanismo de clasificación **20** para ordenar vectores cuantificados.

45 En resumen, la presente invención proporciona un método y un aparato para proporcionar vectores LSF cuantificados, que son siempre estables. El método y el aparato, de acuerdo con la presente invención, mejoran el rendimiento de cuantificación de LSF en términos de distorsión espectral, mientras se evita la necesidad de cambiar la asignación de bits. El método y el aparato se pueden extender tanto a cuantificadores de vectores divididos (partidos) predictivos y no predictivos y cuantificadores de vectores de múltiples etapas. El método y el aparato, de acuerdo con la presente invención, son más efectivos para mejorar el rendimiento de un codificador de voz cuando se usan modelos LPC de orden superior ($p > 10$) porque, en esos casos, los LSF están más cercanos entre sí y una
 50 orden inválida es más probable que suceda. Sin embargo, el mismo método y aparato también se pueden usar en codificadores de voz basados en modelos de LPC de orden inferior ($p \leq 10$).

55 Hay que señalar que el método/aparato de cuantificación, como se describe de acuerdo con LSF es también aplicable a otro tipo de representación de los coeficientes predictivos lineales, tal como LSP, ISF, ISP y otros parámetros espectrales similares o representaciones espectrales.

60 Por lo tanto, aunque la invención se ha descrito con respecto a una realización preferida de la misma, se entenderá por parte de los expertos en la técnica que lo anterior y varios otros cambios, omisiones y desviaciones en la forma y detalle de la misma pueden realizarse sin apartarse del alcance de esta invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para cuantificar vectores de frecuencia espectral de línea en un codificador de voz (4), un vector de frecuencia espectral de línea comprende una pluralidad de coeficientes de frecuencia espectral de línea, en donde se usa un predictor de media autorregresivo o móvil para predecir una pluralidad de coeficientes de frecuencia espectral de línea predichos, comprendiendo dicho método:
- 5
- obtener una pluralidad de coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificados a partir de los respectivos coeficientes de frecuencia espectral de línea predichos y una pluralidad de vectores de libro de códigos residuales para formar una representación de frecuencia espectral de línea cuantificada, teniendo la representación una pluralidad de elementos indicativos de dicha pluralidad de coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificada;
- 10
- reorganizar los coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificada en el dominio de frecuencia de forma ordenada, de modo que los elementos en la representación se distribuyan en un orden ascendente; y
- 15
- estimar una distorsión espectral ponderada en el dominio de frecuencia basándose en una diferencia entre cada uno de los coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificados reorganizados y los coeficientes de frecuencia espectral de línea respectivos, seleccionándose un vector de libro de códigos residual óptimo de la pluralidad de vectores de libro de códigos residuales para minimizar la distorsión espectral ponderada estimada.
- 20
2. El método de la reivindicación 1, en el que la reorganización de los coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificados se realiza en una única división.
3. El método de la reivindicación 1, en el que la reorganización de los coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificada se realiza en una pluralidad de divisiones y el vector de libro de códigos residual óptimo se selecciona basándose en la distorsión espectral en cada división.
- 25
4. El método de la reivindicación 1, en el que la reorganización de los coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificada se realiza en una sola etapa.
- 30
5. El método de la reivindicación 1, en el que la reorganización de los coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificada se realiza en una de una pluralidad de etapas para la selección de vector de libro residual óptimo, en donde dicha etapa está predeterminada y la selección del vector de libro de códigos residual óptimo se basa en la distorsión espectral en dicha una etapa.
- 35
6. El método de la reivindicación 1, en el que la reorganización de los valores de los parámetros de los coeficientes de frecuencia espectral de línea se realiza en algunas de una pluralidad de etapas para la selección del vector de libro de códigos residual óptimo, en donde dichas etapas están predeterminadas y la selección del vector de libro de códigos residual óptimo se basa en la distorsión espectral en dichas algunas etapas.
- 40
7. El método de la reivindicación 1, en el que la reorganización de los coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificados se realiza en una pluralidad de etapas para la selección del vector de libro de códigos residual óptimo, en donde dicha pluralidad de etapas está predeterminada y la selección del vector de libro de códigos residual óptimo se basa en la distorsión espectral en dicha pluralidad de etapas.
- 45
8. El método de la reivindicación 1, en el que la reorganización de los coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificada se realiza como una etapa de optimización para una cantidad de vectores preseleccionados para la selección de vector óptimo basada en los vectores preseleccionados.
- 50
9. Un aparato (2) configurado para cuantificar un parámetro espectral en un codificador de voz (4), comprendiendo un vector de frecuencia espectral de línea una pluralidad de coeficientes de frecuencia espectral de línea, en donde se usa un predictor de media autorregresivo o móvil para predecir una pluralidad de coeficientes de frecuencia espectrales de línea predichos, comprendiendo dicho aparato:
- 55
- medios para obtener una pluralidad de coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificados a partir de los respectivos coeficientes de frecuencia espectral de línea predichos y una pluralidad de vectores de libro de códigos residuales para formar una representación de frecuencia espectral de línea cuantificada que tiene una pluralidad de elementos indicativos de dicha pluralidad de coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificada, proporcionando dichos medios de obtención además una serie de primeras señales indicativas de los coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificados;
- 60
- medios que responden a las primeras señales, para reorganizar los coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificada en el dominio de frecuencia de una manera ordenada, de manera que los elementos en la representación se distribuyan en un orden ascendente, proporcionando además dichos medios de reorganización una serie de segundas señales indicativas de coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificados reorganizados; y
- 65
- medios, que responden a las segundas señales, para estimar una distorsión espectral ponderada en el dominio de frecuencia basada parcialmente en una diferencia entre cada uno de los coeficientes de frecuencia espectral

de línea cuantificados reorganizados y los coeficientes de frecuencia espectral de línea respectivos, en donde se selecciona un vector de libro de códigos residual óptimo de la pluralidad de vectores de libro de códigos residuales para minimizar la distorsión espectral ponderada estimada.

5 10. El aparato (2) de la reivindicación 9, en el que la reorganización de los coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificados se realiza en una única división.

10 11. El aparato (2) de la reivindicación 9, en el que la reorganización de los coeficientes de frecuencia espectral de línea cuantificada se realiza en una pluralidad de divisiones y el vector de libro de códigos residual óptimo se selecciona basándose en la distorsión espectral en cada división.

15 12. Un codificador de voz (4) configurado para proporcionar a un decodificador un flujo de bits que contiene una primera señal de transmisión indicativa de parámetros de código, parámetros de ganancia y parámetros de tono y una segunda señal de transmisión indicativa de parámetros de representación de frecuencia espectral de línea, en donde un módulo de búsqueda de excitación (30) se utiliza para proporcionar los parámetros de código, los parámetros de ganancia y los parámetros de tono, y se usa un módulo de análisis de predicción lineal (26) para proporcionar una pluralidad de coeficientes de representación de frecuencia espectral de línea en un dominio de frecuencia, una pluralidad de coeficientes de representación de frecuencia espectral de línea predichos basados en valores de salida decodificados previamente, y una pluralidad de vectores de libro de códigos residuales, en donde dicho codificador comprende un aparato de acuerdo con la reivindicación 9.

20

25 13. Una estación móvil configurada para recibir y preprocesar voz de entrada para proporcionar un flujo de bits a al menos una estación base en una red de telecomunicaciones, en donde el flujo de bits contiene una primera señal de transmisión indicativa de parámetros de código, parámetros de ganancia y parámetros de tono y una segunda señal de transmisión indicativa de parámetros de representación de frecuencia espectral de línea, en donde se utiliza un módulo de búsqueda de excitación para proporcionar la primera señal de transmisión desde la señal de entrada preprocesada, y se usa un módulo de predicción lineal para proporcionar, en función de la señal de entrada preprocesada, un módulo de predicción lineal utilizado para proporcionar una pluralidad de coeficientes de representación de frecuencia espectral de línea en un dominio de frecuencia, una pluralidad de coeficientes de representación de frecuencia espectral de línea predichos en valores de salida decodificados previamente, y una pluralidad de vectores de libro de códigos residuales, en donde dicha estación móvil comprende un aparato según la reivindicación 9.

30

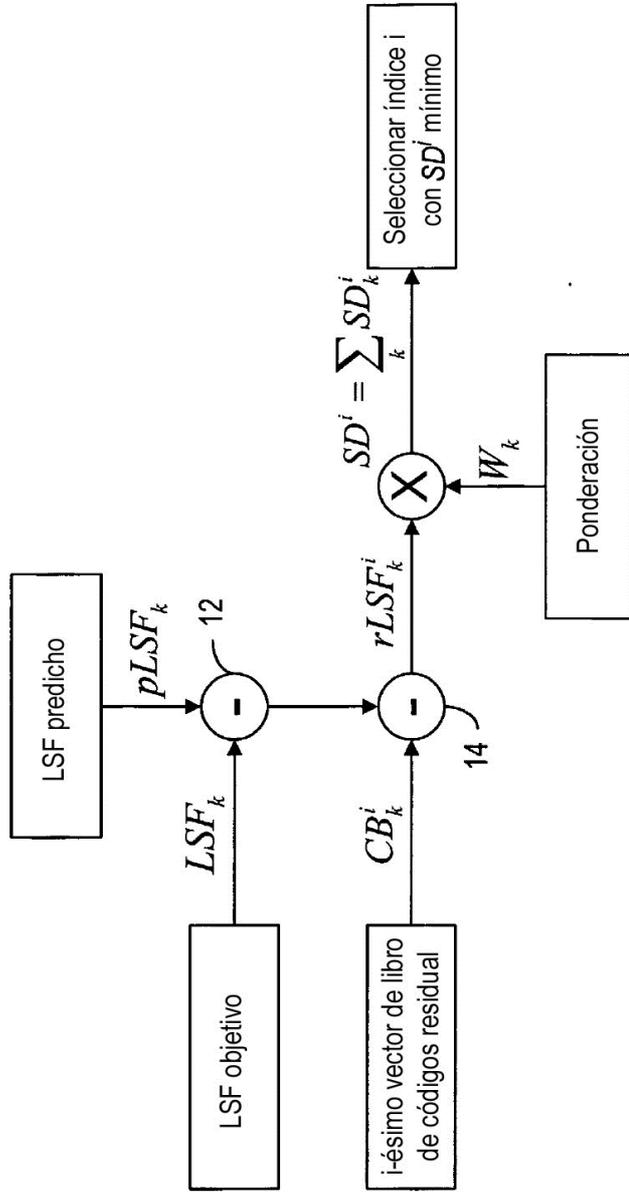


FIG. 1a

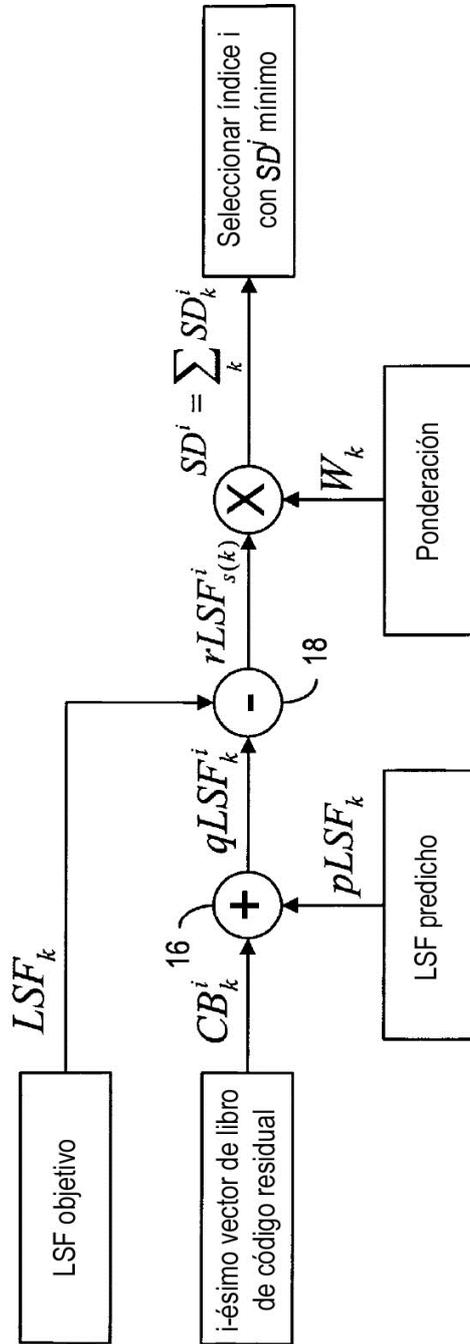


FIG. 1b

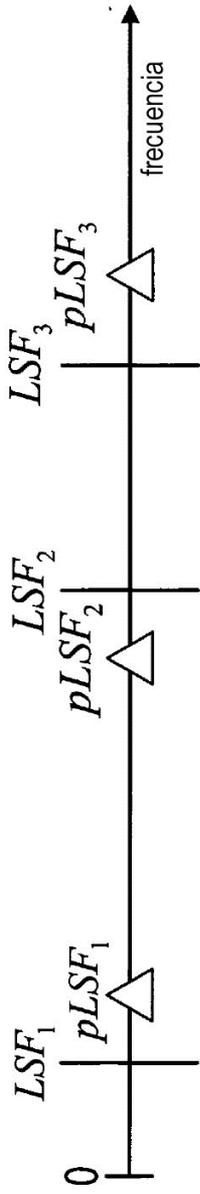


FIG. 2a

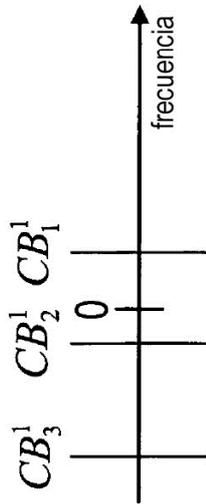


FIG. 2b

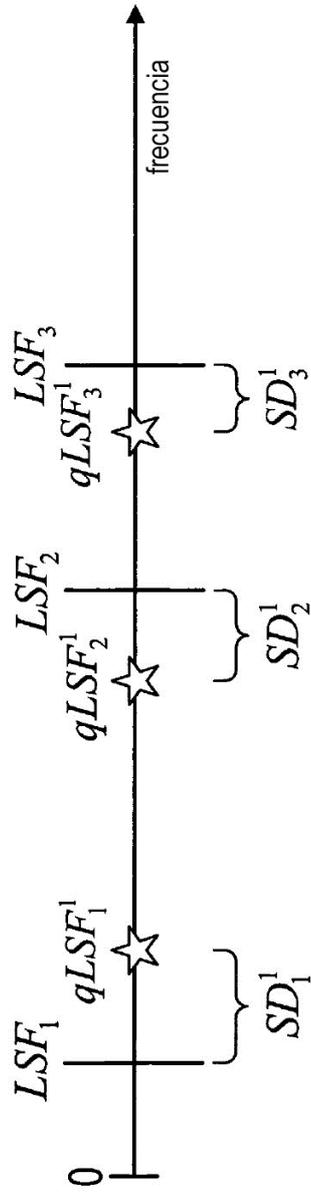


FIG. 2c

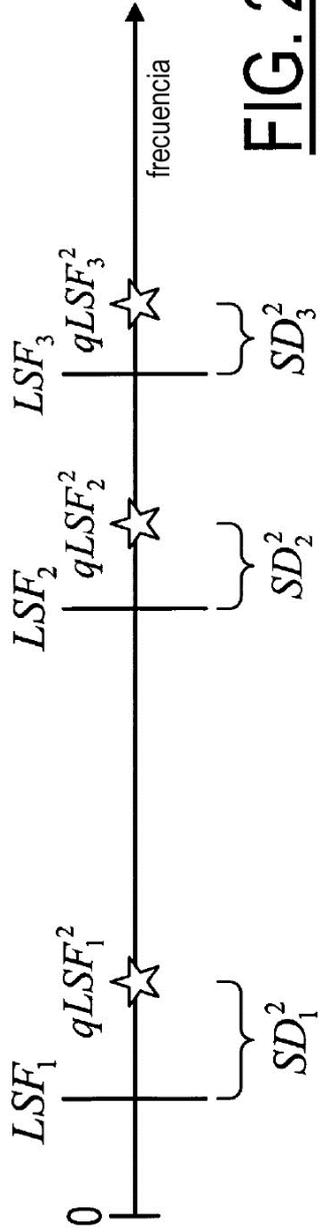


FIG. 2d

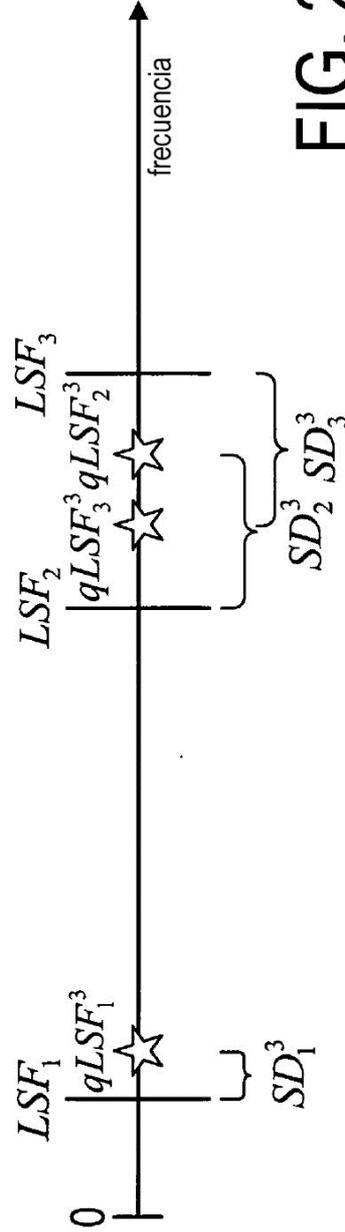
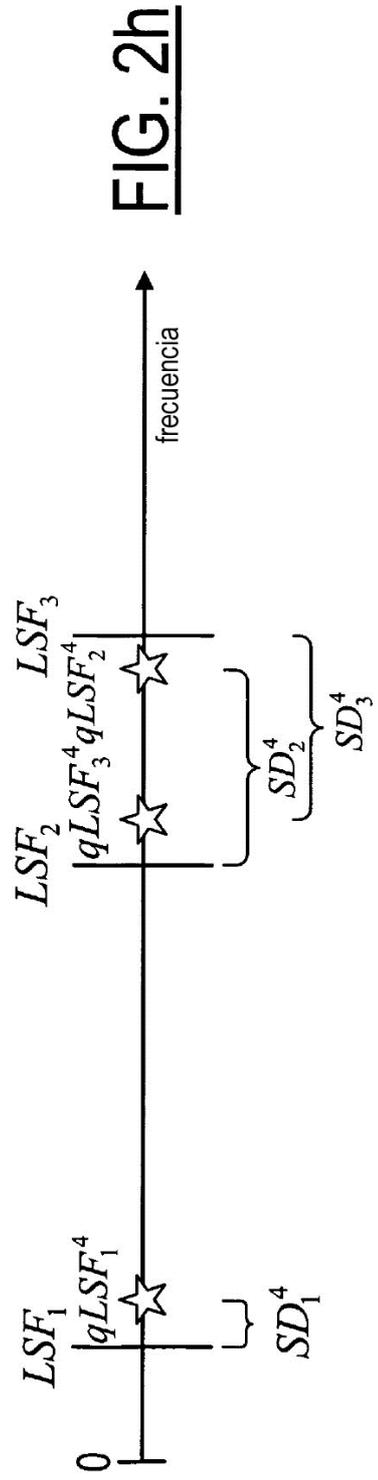
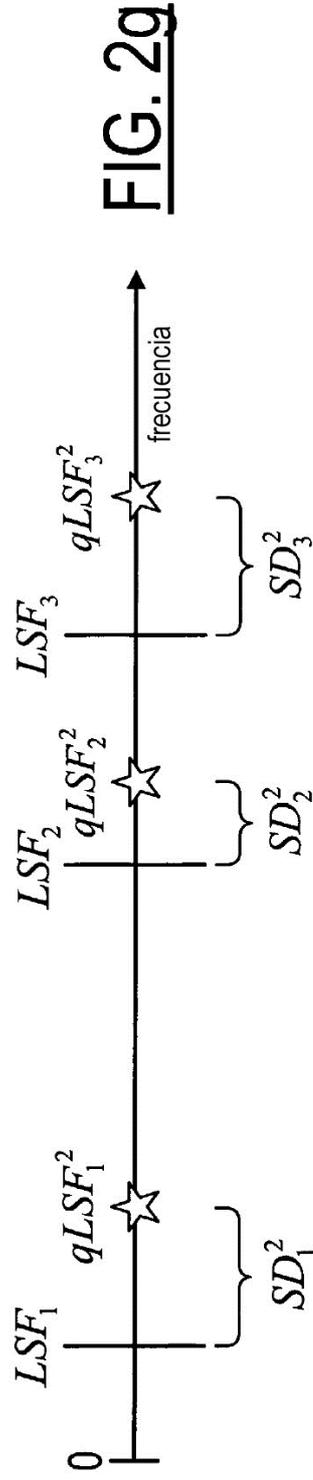
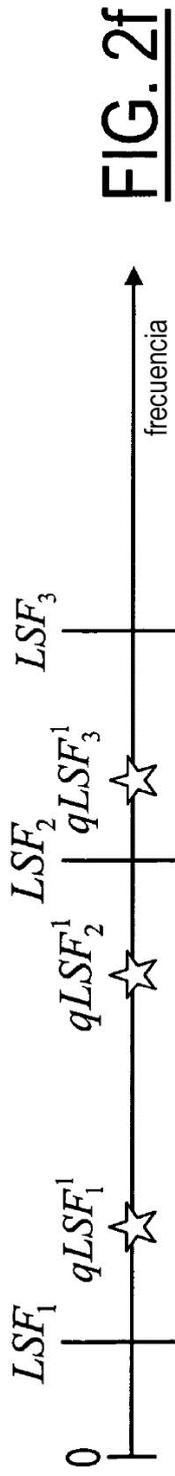


FIG. 2e



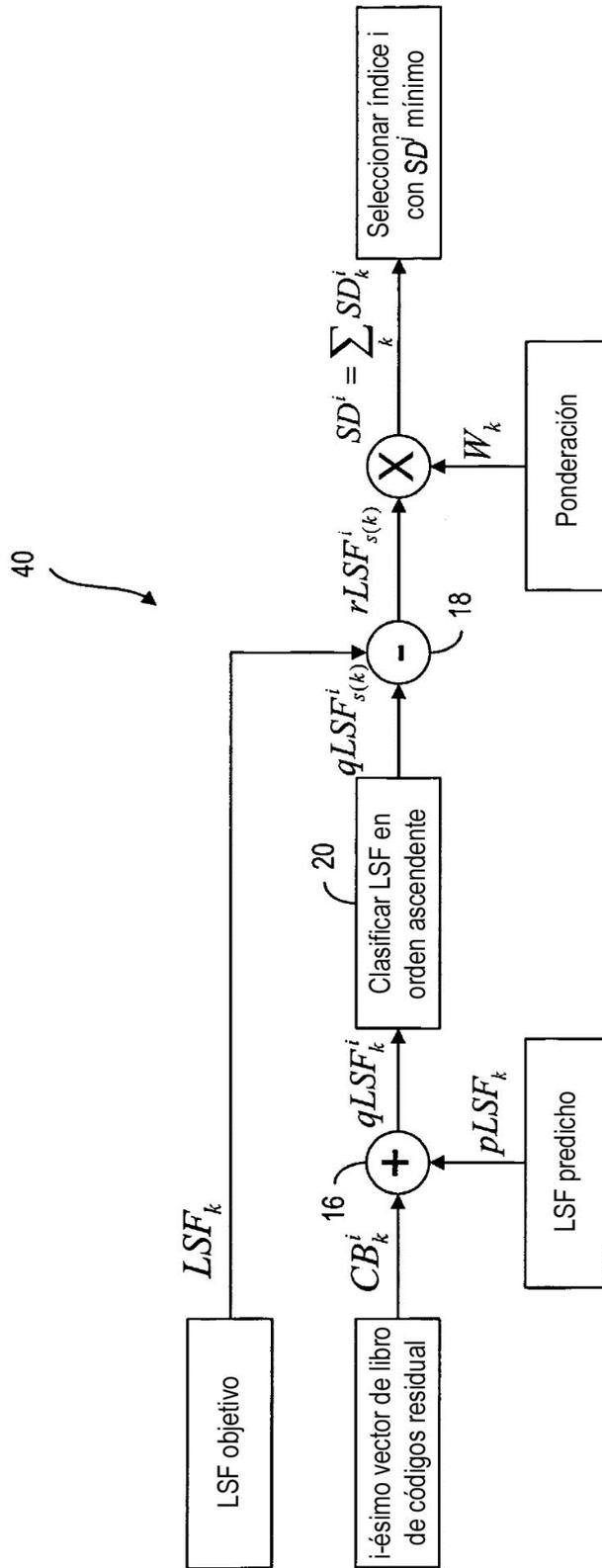


FIG. 3

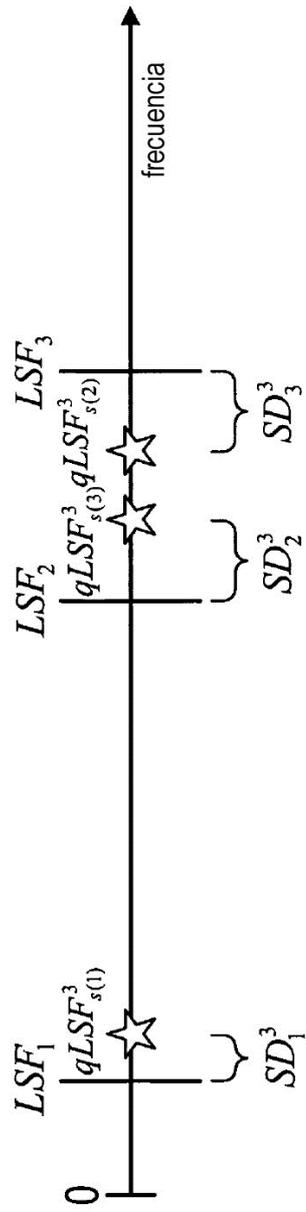


FIG. 4a

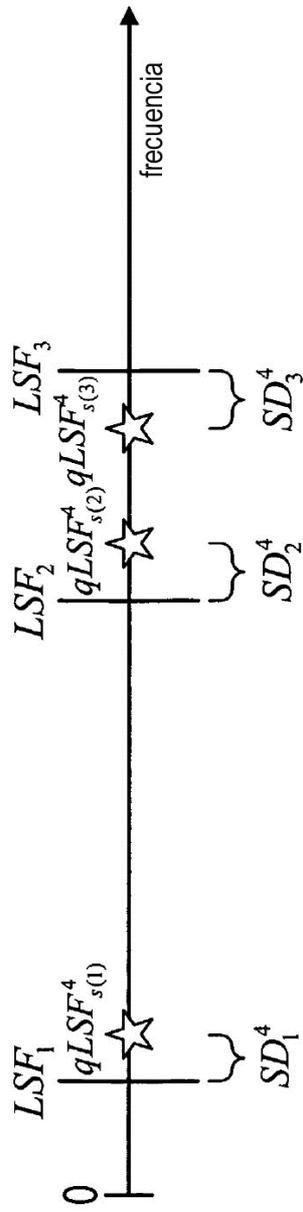


FIG. 4b

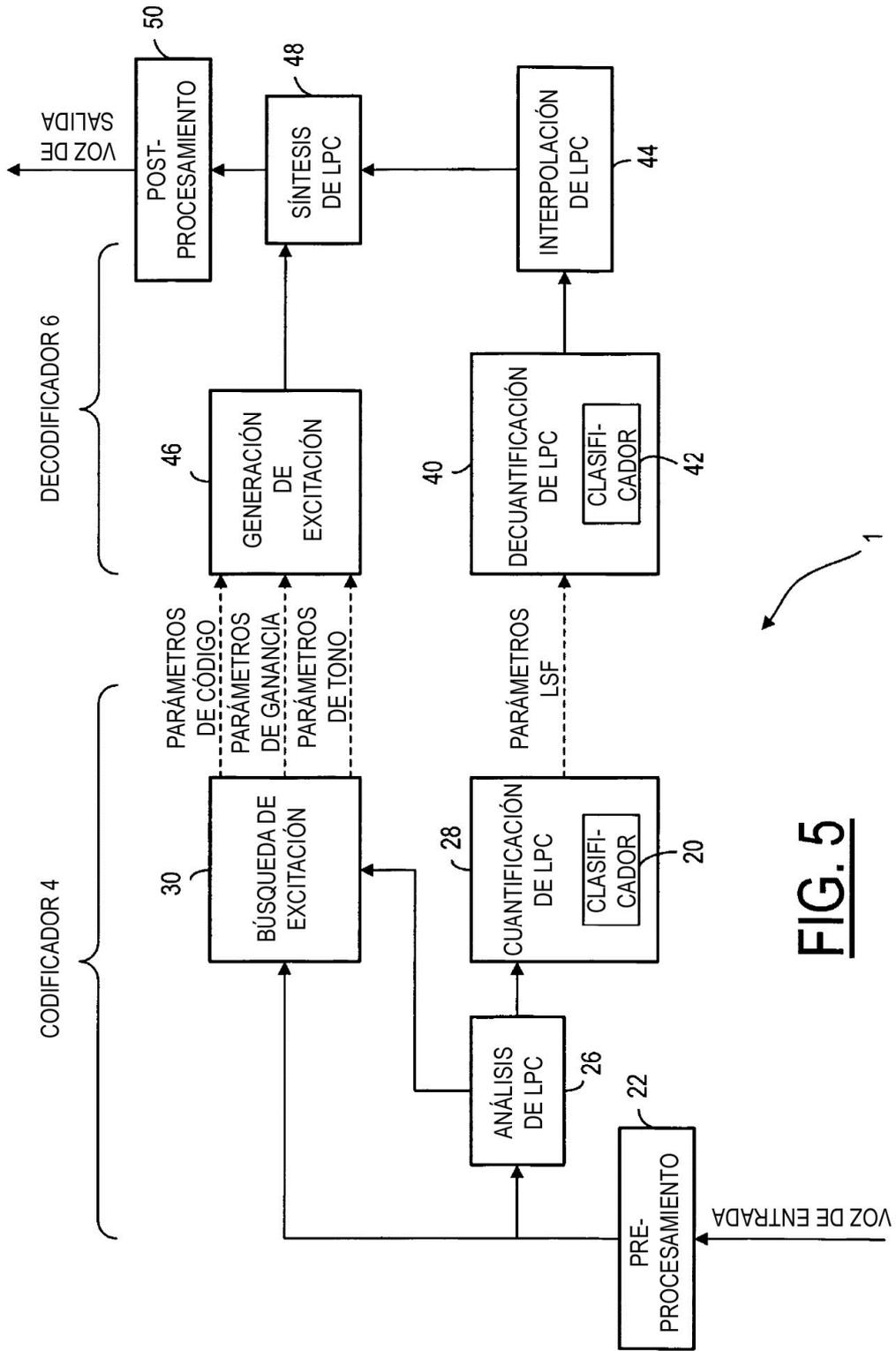


FIG. 5

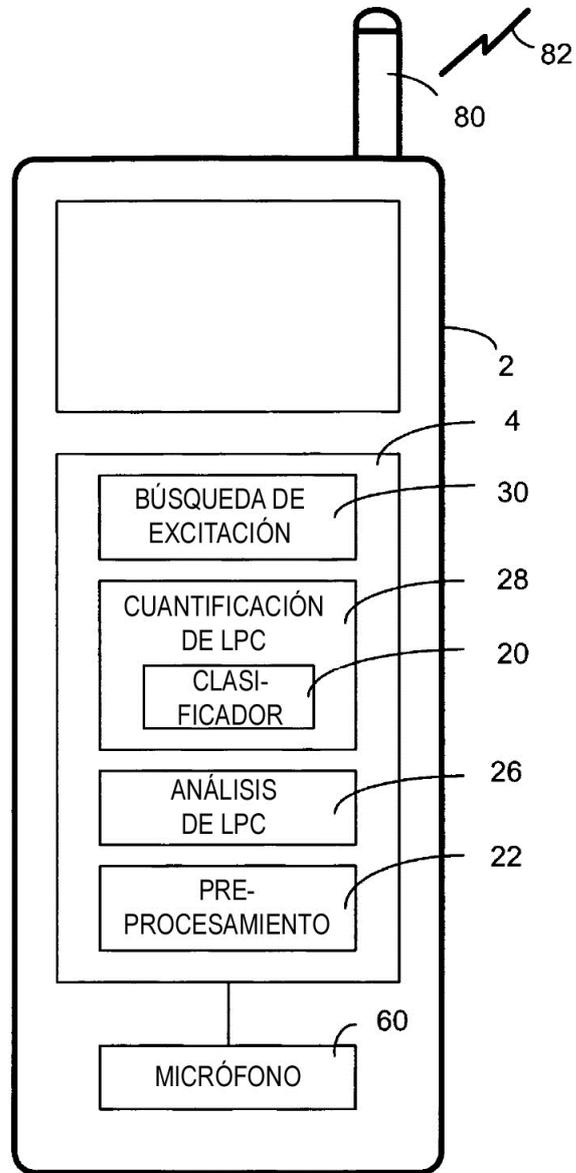


FIG.6