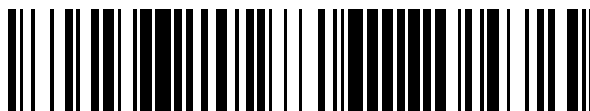


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 747**

51 Int. Cl.:

**G10L 19/06** (2013.01)

**H03M 7/30** (2006.01)

**G10L 19/18** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.07.2009 PCT/CA2009/000979**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.01.2010 WO10003252**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.07.2009 E 09793768 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2301021**

54 Título: **Dispositivo y método para cuantificar filtros de LPC en una súper-trama**

30 Prioridad:

**10.07.2008 US 129669 P**  
**27.01.2009 US 202075 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.10.2017**

73 Titular/es:

**VOICEAGE CORPORATION (100.0%)**  
**750 Lucerne Road, Suite 250**  
**Town of Mount Royal, Quebec H3R 2H6, CA**

72 Inventor/es:

**GOURNAY, PHILIPPE;**  
**BESSETTE, BRUNO y**  
**SALAMI, REDWAN**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 639 747 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

Dispositivo y método para cuantificar filtros de LPC en una súper-trama

## 5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a la codificación de una señal de sonido, por ejemplo, una señal de audio. Más específicamente, la presente invención se refiere a un dispositivo y método para cuantificar filtros de LPC (Coeficientes de Predicción Lineal), por ejemplo, en una súper-trama.

10

## Antecedentes de la invención

La demanda de técnicas de codificación de voz y de audio digital eficaces con un buen equilibrio entre calidad subjetiva y tasa de bits está creciendo en diversas áreas de aplicación tales como teleconferencia, multimedia y comunicación inalámbrica.

15

Un codificador de voz convierte una señal de voz en un flujo de bits digital que se transmite a través de un canal de comunicación o se almacena en un medio de almacenamiento. La señal de voz a codificarse está digitalizada, que está muestreada y cuantificada usando por ejemplo 16 bits por muestra. Un desafío del codificador de voz es representar las muestras digitales con un número menor de bits mientras que se mantiene una buena calidad de voz subjetiva. Un decodificador o sintetizador de voz convierte el flujo de bits transmitido o almacenado de vuelta a una señal de sonido.

20

La codificación de *Predicción Lineal Excitada por Código* (CELP) es una de las mejores técnicas para conseguir un buen compromiso entre calidad subjetiva y tasa de bits. La técnica de codificación de CELP es una base para varias normas de codificación de voz tanto en aplicaciones inalámbricas como alámbricas. En codificación de CELP, la señal de voz se muestrea y procesa en bloques sucesivos de  $L$  muestras normalmente denominadas *tramas*, donde  $L$  es un número predeterminado de muestras que corresponden típicamente a 10-30 ms de voz. Un filtro de predicción lineal (LP) se calcula y transmite cada trama; el filtro de LP también se conoce como filtro de LPC (Coeficientes de Predicción Lineal). El cálculo del filtro de LPC típicamente usa un segmento de voz anticipado de, por ejemplo, 5-15 ms desde la trama posterior. La trama de muestra  $Z$  se divide en bloques más pequeños denominados subtramas. En cada subtrama, normalmente se obtiene una señal de excitación desde dos componentes, una excitación pasada y una excitación de libro de códigos fijo innovadora. La excitación pasada a menudo se denomina como la excitación de libro de códigos adaptativo o de libro de códigos de tono. Los parámetros que caracterizan la señal de excitación se codifican y transmiten al decodificador, donde la señal de excitación se reconstruye y se usa como la entrada del filtro de LPC.

25

30

35

En aplicaciones tales como flujo continuo y difusión multimedia, puede requerirse codificar voz, música y contenido mixto a baja tasa de bits. Para ese fin, se han desarrollado modelos de codificación que combinan una codificación de CELP optimizada para señales de voz con codificación de transformada optimizada para señales de audio. Un ejemplo de tales modelos es el AMR-WB+ [1], que conmuta entre CELP y TCX (excitación Codificada por Transformada). Para mejorar la calidad de música y contenido mixto, se usa un retardo largo para permitir resolución de frecuencia más precisa en el dominio de la transformada. En AMR-WB+, se usa una denominada súper-trama que consiste en cuatro tramas de CELP (típicamente 80 ms).

40

45

Aunque los parámetros de codificación de CELP se transmiten una vez cada 4 tramas en AMR-WB+, la cuantificación del filtro de LPC se realiza de manera separada en cada trama. También, el filtro de LPC se cuantifica con un número fijo de bits por trama en el caso de tramas de CELP.

50

El documento US 7.315.815 B1 desvela un método y aparato de codificación y decodificación de voz. Los vectores de LSF (frecuencia espectral lineal) residuales  $r_1$  y  $r_2$  para las tramas 1 y 2 respectivamente se calculan como una diferencia entre un vector de LSF original para una trama  $l_1$  y un valor previsto (interpolado) de la misma, menos el vector de LSF cuantificado, y como una diferencia entre un vector de LSF original para una trama  $l_2$  y un valor previsto (interpolado) del mismo, menos el vector de LCF cuantificado. El documento WO 2004/008437 A2 describe un método de codificación para una señal de audio. Se definen tiempos de LSF como equivalentes de dominio de tiempo de frecuencias espectrales lineales. El documento WO 2004/008437 A2 desvela codificar los elementos del equivalente del dominio de tiempo del vector de LSF, en el que cada elemento menos el primero se codifica de manera diferencial a su predecesor.

55

60

Para superar la desventaja anteriormente indicada, existe una necesidad de una técnica que use cuantificación de tasa de bits variable de los filtros de LPC que aproveche la estructura de súper-trama para reducir el número de bits implicados en la cuantificación de los filtros de LPC. También, una técnica de este tipo será relevante para los modelos de codificación de voz o de audio que usan tanto una súper-trama como una estructura de multi-modo tal como el AMR-WB+ [1] y USAC que se desarrollan en MPEG.

65

Sumario de la invención

De acuerdo con dos aspectos de la presente invención, se proporciona un método y un dispositivo como en las reivindicaciones independientes 1 y 7, respectivamente.

5 Los anteriores y otros objetos, ventajas y características de la presente invención se harán más evidentes tras la lectura de la siguiente descripción no restrictiva de realizaciones ilustrativas de la misma, dadas a modo de ejemplo únicamente con referencia a los dibujos adjuntos.

10 Breve descripción de los dibujos

En los dibujos adjuntos:

15 la Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un cuantificador de filtro de LPC diferencial absoluto y de múltiples referencias y método de cuantificación;

la Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra un esquema de cuantificación de bucle abierto;

20 la Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra un dispositivo y método para determinar filtros de LPC a transmitirse en una configuración en la que se usan cuatro (4) filtros de LPC y se transmiten en una súper-trama;

la Figura 4a es una ventana de análisis de LPC típico y posición central de análisis de LPC típico cuando se estima un filtro de LPC por trama (o súper-trama) en un códec basado en LPC, en el que LPC0 corresponde a un último filtro de LPC calculado durante la trama anterior (o súper-trama);

25 la Figura 4b es una ventana de análisis de LPC típico cuando se estiman cuatro (4) filtros de LPC por trama (o súper-trama) en un códec basado en LPC, en el que la ventana de análisis de LPC se centra en el extremo de la trama;

30 la Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un esquema de cuantificación fuera del bucle;

la Figura 6 es un diagrama de bloques esquemático de un cuantificador de LPC algebraico ponderado y método de cuantificación;

35 la Figura 7 es un diagrama de bloques esquemático de un cuantificador inverso de LPC algebraico ponderado y método de cuantificación inversa;

la Figura 8 es un diagrama de bloques esquemático de un cuantificador y método de cuantificación; y

40 la Figura 9 es un diagrama de bloques esquemático de un decodificador y método de decodificación.

Descripción detallada

45 Cuantificación diferencial con una elección de posibles referencias

Se usa la cuantificación diferencial con una elección entre varias posibles referencias. Más específicamente, un filtro de LPC se cuantifica de manera diferencial con relación a varias posibles referencias.

50 Los filtros de LPC consecutivos se conoce que muestran un cierto grado de correlación. Para aprovecharse de esta correlación, los cuantificadores de LPC en general hacen uso de la predicción. En lugar de cuantificar el vector de Coeficientes de Predicción Lineal (vector de LPC) que representa el filtro de LPC directamente, un cuantificador diferencial (o predictivo) calcula en primer lugar un valor previsto de este vector de LPC y, a continuación, cuantifica la diferencia (a menudo denominado predicción residual) entre el vector de LPC original y el vector de LPC previsto.

55 La predicción normalmente está basada en valores anteriores del filtro de LPC. Normalmente se usan dos tipos de predictores: predictores de media móvil (MA) y auto-regresivos (AR). Aunque los predictores AR son a menudo más eficaces al reducir la norma L2 (media cuadrática) de los datos a cuantificarse que los predictores MA, los últimos en ocasiones son útiles puesto que son menos propensos a propagación de error en caso de errores de transmisión [2].

60 Puesto que la norma L2 de la predicción residual es de media inferior a la norma L2 del vector de LPC original (la proporción entre los dos dependiendo del grado de capacidad de predicción del filtro de LPC), un cuantificador diferencial (o predictivo) puede conseguir el mismo grado de rendimiento que un cuantificador absoluto, sino a una tasa de bits inferior.

65 De media, la predicción es de hecho eficaz al reducir la norma L2 de los datos a cuantificar. Sin embargo, este comportamiento no es constante; la predicción es mucho más eficaz durante segmentos estables de señal que

durante segmentos transitorios. La predicción puede conducir a valores de norma L2 aumentados cuando los filtros de LPC cambian rápido. Puede conseguirse alguna mejora de rendimiento considerando dos predictores diferentes, uno para segmentos altamente predictivos y el otro para segmentos menos predictivos [3, 4]. Como se ha mencionado en la descripción anterior, esta técnica usa únicamente valores pasados del filtro de LPC.

5 Para superar este problema, se propone cuantificar de manera diferencial un filtro de LPC con relación a una referencia, por ejemplo, un filtro de referencia, elegido entre un número de posibles referencias. Los posibles filtros de referencia ya son filtros de LPC cuantificados pasados o futuros (por lo tanto, disponibles en el decodificador como en el codificador), o los resultados de diversas operaciones de extrapolación o interpolación aplicadas a filtros de LPC pasados o futuros ya cuantificados. Se selecciona el filtro de referencia que proporciona la distorsión más baja a una tasa dada, o la tasa de bits más baja para un nivel de distorsión objetivo dado.

15 La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un dispositivo y método de cuantificación de filtro de LPC de múltiples referencias. Un filtro de LPC 101 dado representado por un vector de Coeficientes de Predicción Lineal se introduce en el dispositivo y método de cuantificación de filtro de LPC de múltiples referencias. El filtro de LPC de entrada 101 se cuantifica de manera diferencial con respecto a una referencia elegida entre un número de posibles referencias 1, 2, ... ,  $n$ . Las posibles referencias comprenden:

- 20 - filtros de LPC cuantificados pasados o futuros;
- el resultado de las operaciones de extrapolación o interpolación aplicadas a los filtros de LPC cuantificados pasados o futuros; o
- 25 - cualquier valor cuantificado disponible tanto en el codificador como en el decodificador.

Como un ejemplo no limitativo, el filtro de LPC de entrada 101 puede cuantificarse de manera diferencial con respecto al filtro de LPC cuantificado anterior, el siguiente filtro de LPC cuantificado, o un valor medio de aquellos dos anteriores y siguientes filtros de LPC cuantificados. Una referencia puede ser también un filtro de LPC cuantificado usando un cuantificador absoluto, o el resultado de cualquier clase de interpolación, extrapolación o predicción (AR o MA) aplicada a filtros de LPC ya cuantificados.

35 Las operaciones 102 y 103<sub>1</sub>, 103<sub>2</sub>, ... , 103 <sub>$n$</sub> : Hacen referencia aún a la Figura 1, el filtro de LPC de entrada 101 se suministra a un cuantificador absoluto (operación 102) y a cuantificadores diferenciales (operaciones 103<sub>1</sub>, 103<sub>2</sub>, ... , 103 <sub>$n$</sub> ). El cuantificador absoluto (operación 102) cuantifica el valor absoluto (no una diferencia) del filtro de LPC de entrada 101. Los cuantificadores diferenciales (operaciones 103<sub>1</sub>, 103<sub>2</sub>, ... , 103 <sub>$n$</sub> ) están diseñados para cuantificar de manera diferencial el filtro de LPC de entrada 101 con respecto a respectivas referencias 1, 2, ... ,  $n$ .

40 Operación 104: el dispositivo y método de cuantificación de filtro de LPC de múltiples referencias de la Figura 1 comprenden un selector para seleccionar una referencia entre las referencias 1, 2, ... ,  $n$  que proporciona el nivel de distorsión más bajo a una tasa de bits dada, o la tasa de bits más baja para un nivel de distorsión objetivo dado. Más específicamente, el selector (operación 104) usa un criterio de selección que minimiza la tasa de bits para conseguir un cierto nivel objetivo de distorsión, o que minimiza el nivel de distorsión producido a una tasa de bits dada.

45 En la operación 104, la selección de una referencia entre las referencias 1, 2, ... ,  $n$  que se va a usar realmente en el proceso de cuantificación diferencial puede realizarse en bucle cerrado o en bucle abierto.

50 En bucle cerrado, se intentan todas las posibles referencias y se elige la referencia que optimiza un cierto criterio de distorsión o tasa de bits. Por ejemplo, la sección de bucle cerrado puede basarse en minimizar un error de media cuadrática ponderada entre el vector de LPC de entrada y el vector de LPC cuantificado que corresponde a cada referencia. También, puede usarse la distorsión espectral entre el vector de LPC de entrada y el vector de LPC cuantificado. Como alternativa, puede realizarse la cuantificación usando las posibles referencias mientras se mantiene una distorsión bajo un cierto umbral, y se elige la referencia que cumple tanto con este criterio como que usa el número de bits más pequeño. Como se explicará en la siguiente descripción, un cuantificador de vector algebraico de tasa de bits variable puede usarse para cuantificar el vector residual escalado (diferencia entre el vector de LPC de entrada y la referencia) que usa un cierto presupuesto de bits basándose en la energía del vector residual escalado. En este caso, se elige la referencia que produce el número de bits más pequeño.

60 En bucle abierto, el selector de la operación 104 predetermina la referencia basándose en el valor de los coeficientes de predicción lineal del filtro de LPC de entrada a cuantificarse y de los coeficientes de predicción lineal de los filtros de LPC de referencia disponibles. Por ejemplo, se calcula la norma L2 del vector residual para todas las referencias y se elige la referencia que produce el valor más pequeño.

65 Operación 105: siguiendo la selección de una de las referencias 1, 2, ... ,  $n$  por la operación 104, un transmisor (operación 105) comunica o señala al decodificador (no mostrado) el filtro de LPC cuantificado (no mostrado) y un índice indicativo del modo de cuantificación (sub-operación 105<sub>1</sub>), por ejemplo, cuantificación absoluta o diferencial. También, cuando se usa la cuantificación diferencial, el transmisor (operación 105) comunica o señala al

decodificador índices representativos de la referencia seleccionada y el cuantificador diferencial asociado de las operaciones  $103_1, 103_2, \dots, 103_n$  (sub-operación 105<sub>2</sub>). Algunos bits específicos se transmiten al decodificador para tal señalización.

- 5 Usar un número de diferentes posibles referencias hace la cuantificación diferencial más eficaz en términos de reducción de la norma L2 de predicción residual en comparación con restringir a valores pasados únicamente como en la predicción convencional. También, para un nivel de distorsión objetivo dado, esta técnica es más eficaz en términos de tasa de bits media.

10 Cuantificación absoluta o diferencial conmutada

De acuerdo con un segundo aspecto, se usa la cuantificación absoluta / diferencial (o predictiva) conmutada. La Figura 1 ilustra un ejemplo de un esquema absoluto/diferencial que selecciona entre un cuantificador absoluto (operación 102) y  $n$  cuantificadores diferenciales (operaciones  $103_1, 103_2, \dots, 103_n$ ) usando respectivas diferentes referencias  $1, 2, \dots, n$ . De nuevo, la selección de un cuantificador puede realizarse por el selector de la operación 104 entre los cuantificadores absolutos y diferenciales (operaciones 102 y  $103_1, 103_2, \dots, 103_n$ ), en el que el cuantificador seleccionado minimizará, de acuerdo con el criterio de selección, el nivel de distorsión producido por una tasa de bits dada o minimizará la tasa de bits para conseguir un nivel objetivo de distorsión.

- 20 Algunos filtros de LPC pueden codificarse usando el cuantificador absoluto (operación 102). Los otros filtros de LPC se codifican de manera diferencial con respecto a uno o varios filtros de LPC de referencia en los cuantificadores diferenciales (operaciones  $103_1, 103_2, \dots, 103_n$ ).

25 El cuantificador absoluto (operación 102) puede usarse como una solución de mecanismo de seguridad para los filtros de LPC cuantificados de otra manera de manera diferencial, por ejemplo, en el caso de grandes desviaciones de LPC o cuando el cuantificador absoluto (operación 102) es más eficaz que los cuantificadores diferenciales (operaciones  $103_1, 103_2, \dots, 103_n$ ) en términos de tasa de bits. El filtro o filtros de LPC de referencia pueden estar todos dentro de la misma súper-trama para evitar introducir dependencias entre súper-tramas que normalmente plantean problemas en caso de errores de transmisión (pérdidas de paquetes o borrados de trama).

30 Como se ha explicado en la descripción anterior, el uso de predicción en cuantificación de LPC conduce a norma L2 reducida de los datos a cuantificarse y en consecuencia a una reducción en la tasa de bits promedio para conseguir un cierto nivel de rendimiento. Sin embargo, la predicción no siempre es igualmente eficaz. En LPC conmutado [3, 4], se realiza una pre-clasificación del filtro de LPC y se usan diferentes predictores dependiendo de la capacidad de predicción del filtro de LPC a cuantificarse. Sin embargo, esta técnica se ha desarrollado en el contexto de una tasa de bits fija, requiriendo los dos cuantificadores diferenciales un mismo número de bits para codificar un filtro de LPC.

35 También, puede proporcionarse uno o varios cuantificadores absolutos (operación 102). Además, puede proporcionarse uno o varios cuantificadores diferenciales (predictivos), (operaciones  $103_1, 103_2, \dots, 103_n$ ). Varios cuantificadores diferenciales (operaciones  $103_1, 103_2, \dots, 103_n$ ) implican varias posibles referencias tales como  $1, 2, \dots, n$  y/o varios tamaños y/o estructuras de cuantificador diferencial.

40 Como se ha descrito en la descripción anterior, cuando se usan varios cuantificadores diferenciales (operaciones  $103_1, 103_2, \dots, 103_n$ ), la selección del cuantificador diferencial real a usarse puede realizarse en un proceso de selección de bucle abierto o de bucle cerrado.

45 Cuando la cuantificación diferencial falla al conseguir un nivel objetivo de distorsión, o cuando la cuantificación absoluta requiere un número menor de bits que la cuantificación diferencial para conseguir ese nivel de distorsión, se usa cuantificación absoluta como una solución de mecanismo de seguridad. Uno o varios bits, dependiendo del número de posibles cuantificadores absolutos diferenciales se transmite (transmiten) a través del transmisor (operación 105) para indicar al decodificador (no mostrado) el cuantificador real que se está usando.

50 La cuantificación absoluta / diferencial combina las ventajas de la cuantificación predictiva (reducción en tasa de bits asociada con la reducción de la norma L2 de los datos a cuantificarse) con la generalidad de cuantificación absoluta (que se usa como un mecanismo de seguridad en caso de que la cuantificación diferencial (o predictiva) no consiga un objetivo, por ejemplo, nivel de distorsión no perceptible).

55 Cuando se incluyen varios cuantificadores diferenciales (operaciones  $103_1, 103_2, \dots, 103_n$ ), estos cuantificadores diferenciales pueden hacer uso de cualquiera o un mismo predictor o diferentes predictores. En particular, pero no exclusivamente, estos varios cuantificadores diferenciales pueden usar los mismos coeficientes de predicción o diferentes coeficientes de predicción.

60 El decodificador comprende medios para recibir y extraer a partir del flujo de bits, por ejemplo, un demultiplexor, (a) el filtro de LPC cuantificado y (b) el índice (índices) o información:

65

- acerca del modo de cuantificación para determinar si el filtro de LPC se ha cuantificado usando cuantificación absoluta o cuantificación diferencial; y
- acerca de la referencia entre la pluralidad de posibles referencias que se han usado para cuantificar el filtro de LPC.

Si la información acerca del modo de cuantificación indica que el filtro de LPC se ha cuantificado usando cuantificación absoluta, se proporciona un cuantificador inverso absoluto (no mostrado) para cuantificación inversa del filtro de LPC cuantificado. Si la información acerca del modo de cuantificación indica que el filtro de LPC se ha cuantificado usando cuantificación diferencial, un cuantificador inverso diferencial (no mostrado) a continuación cuantifica de manera inversa diferencialmente el filtro de LPC cuantificado de manera diferencial de múltiples referencias usando la referencia que corresponde a la información de referencia extraída.

Esquema de cuantificación fuera del bucle

El códec AMR-WB+ es un códec híbrido que conmuta entre un modelo de codificación de dominio de tiempo basado en el esquema de codificación de ACELP, y un modelo de codificación de dominio de transformada denominado TCX. El AMR-WB+ continúa como sigue [1]:

- La señal de entrada se segmenta en súper-tramas de cuatro (4) tramas;
- Cada súper-trama se codifica usando una combinación de cuatro (4) posibles modos de codificación, cubriendo cada modo de codificación una duración diferente:
  - ACELP (que cubre una duración de una (1) trama);
  - TCX256 (que cubre una duración de una (1) trama);
  - TCX512 (que cubre una duración de dos (2) tramas); y
  - TCX1024 (que cubre una duración de cuatro (4) tramas).

Hay por lo tanto 26 posibles combinaciones de modo para codificar cada súper-trama.

Para una súper-trama dada, la combinación de modos que minimiza un error ponderado total se determina por un procedimiento de selección de modo de "bucle cerrado". Más específicamente, en lugar de probar las 26 combinaciones, la selección del modo se realiza a través de once (11) pruebas diferentes (búsqueda de árbol, véase la Tabla 1). En códec de AMR-WB+, la sección de bucle cerrado es basándose en minimizar el error mínimo cuadrático entre la entrada y la señal de códec en un dominio ponderado (o maximizar la señal a relación de ruido de cuantificación).

Intento	Trama 1	Trama 2	Trama 3	Trama 4
1	ACELP			
2	TCX256			
3		ACELP		
4		TCX256		
5	TCX512			
6			ACELP	
7			TCX256	
8				ACELP
9				TCX256

10			TCX512
11	TCX1024		

Tabla 1 - Los 11 intentos para selección de modo de bucle cerrado en AMR-WB+

5 Los filtros de LPC son uno de los diversos parámetros transmitidos por el códec AMR-WB+. A continuación, hay algunos elementos clave con respecto a la cuantificación y transmisión de estos filtros de LPC.

10 Aunque los diferentes modos de codificación no cubren el mismo número de tramas, el número de filtros de LPC transmitidos al decodificador es el mismo para todos los modos de codificación e igual a 1. Únicamente se transmite el filtro de LPC que corresponde al extremo del segmento cubierto. Más específicamente, en el caso de TCX1024, se calcula un (1) filtro de LPC y se transmite para una duración de cuatro (4) tramas. En el caso de TCX512, se calcula un (1) filtro de LPC y se transmite para una duración de dos (2) tramas. En el caso de TCX256 o ACELP, se calcula un (1) filtro de LPC y se transmite para la duración de una (1) trama.

15 El códec AMR-WB+ usa un cuantificador de LPC predictivo (media móvil de primer orden). La operación del último cuantificador depende del filtro de LPC previamente transmitido, y en consecuencia del modo de codificación previamente seleccionado. Por lo tanto, puesto que la combinación exacta de modos no es conocida hasta que se codifica toda la súper-trama, algunos filtros de LPC se codifican varias veces antes de que se determine la combinación final de los modos.

20 Por ejemplo, el filtro de LPC localizado en el extremo de la trama 3 se transmite al decodificador únicamente cuando se codifica la tercera trama como ACELP o TCX256. No se transmite cuando las tramas 3 y 4 se codifican conjuntamente usando TCX512. Con respecto al filtro de LPC localizado en el extremo de la trama 2, se transmite en todas las combinaciones de modos excepto en TCX1024. Por lo tanto, la predicción realizada cuando se cuantifica el último filtro de LPC de la súper-trama depende de la combinación de modos para toda la súper-trama.

25 El principio de la técnica desvelada es que el orden en el que se cuantifican los filtros de LPC se elige de modo que, una vez que se finaliza la decisión de bucle cerrado, la información de cuantificación que corresponde a los filtros innecesarios de LPC puede omitirse de la transmisión sin ningún efecto en la manera en la que los otros filtros se transmitirán y decodificarán en el decodificador. Para cada filtro de LPC a cuantificarse usando la estrategia de cuantificación diferencial anteriormente descrita, esto impone algunas restricciones sobre los posibles filtros de LPC de referencia.

30 El siguiente ejemplo se proporciona con referencia a la Figura 2.

35 Operación 1 de la Figura 2: para evitar cualquier dependencia inter súper-trama, se cuantifica al menos un filtro de LPC usando un cuantificador de LPC absoluto. Puesto que el filtro LPC4 de la trama 4 de la súper-trama siempre se transmite sea cual sea la combinación de modo de codificación determinada por el procedimiento de sección de bucle cerrado, es conveniente cuantificar ese filtro LPC4 usando un cuantificador absoluto.

40 Operación 2 de la Figura 2: el siguiente filtro de LPC a cuantificarse es el filtro LPC2 de la trama 2 de la súper-trama que se transmite para todas las combinaciones de modos excepto para TCX1024. Un cuantificador diferencial puede usarse, por ejemplo, para codificar la diferencia entre filtro LPC2 y la versión cuantificada absoluta del filtro LPC4. El mismo cuantificador absoluto que se usa para codificar el filtro LPC4 puede usarse también como una solución de mecanismo de seguridad, por ejemplo, en el caso de desviaciones de LPC grandes o cuando el cuantificador de LPC absoluto sea más eficaz que el cuantificador diferencial en términos de tasa de bits y/o nivel de distorsión.

45 Operación 3 de la Figura 2: los restantes dos filtros de LPC (filtro LPC1 de la trama 1 de la súper-trama y filtro LPC3 de la trama 3 de la súper-trama) se cuantifican también usando la misma estrategia de cuantificación diferencial/absoluta. Ambos filtros de LPC pueden cuantificarse con relación a la versión cuantificada del filtro LPC2. Algunas estrategias alternativas se proporcionan en el presente documento a continuación.

50 La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra en más detalle un ejemplo de un esquema de cuantificación fuera del bucle.

55 Operación 501: un cuantificador absoluto cuantifica el filtro LPC4.

60 Operación 502: la operación 512 es opcional y se usa en una primera trama de codificación basada en LPC después de una trama de codificación no basada en LPC. Un cuantificador absoluto cuantifica el filtro LPC0 o un cuantificador diferencial cuantifica de manera diferencial el filtro LPC0 con relación al filtro cuantificado LPC4. El

filtro LPC0 es el último filtro de LPC (LPC4) de la súper-trama anterior y puede usarse como una posible referencia para cuantificar los filtros LPC1 a LPC4.

5 Operación 503: un cuantificador absoluto cuantifica el filtro LPC2 o un cuantificador diferencial cuantifica de manera diferencial el filtro LPC2 con relación al filtro cuantificado LPC4 usado como referencia.

10 Operación 504: un cuantificador absoluto cuantifica el filtro LPC1, un cuantificador diferencial cuantifica de manera diferencial el filtro LPC1 con relación al filtro cuantificado LPC2 usado como referencia, o un cuantificador diferencial cuantifica de manera diferencial el filtro LPC1 con relación a (filtro cuantificado LPC2+filtro cuantificado LPC0)/2) usado como referencia.

15 Operación 505: un cuantificador absoluto cuantifica el filtro LPC3, un cuantificador diferencial cuantifica de manera diferencial el filtro LPC3 con relación al filtro cuantificado LPC2 usado como referencia, un cuantificador diferencial cuantifica de manera diferencial el filtro LPC3 con relación al filtro cuantificado LPC4 usado como referencia, o un cuantificador diferencial cuantifica de manera diferencial el filtro LPC3 con relación a (filtro cuantificado LPC2+filtro cuantificado LPC4)/2) usado como referencia.

20 La Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra la determinación de los filtros de LPC a transmitirse en una configuración cuando pueden calcularse cuatro (4) filtros de LPC y transmitirse en una súper-trama.

En primer lugar, debería tenerse en cuenta que el filtro cuantificado LPC1 se transmite únicamente cuando se selecciona ACELP y/o TCX256 para la primera mitad de la súper-trama. De manera similar, el filtro LPC3 se transmite únicamente cuando se usa ACELP y/o TCX256 para la segunda mitad de esa súper-trama.

25 Operación 301: el filtro LPC1 de la trama 1 de la súper-trama, el filtro LPC2 de la trama 2 de la súper-trama, el filtro LPC3 de la trama 3 de la súper-trama, y el filtro LPC4 de la trama 4 de la súper-trama se cuantifican usando, por ejemplo, la estrategia de cuantificación ilustrada y descrita en relación con las Figuras 2 y 5. Por supuesto, son posibles otras estrategias de cuantificación.

30 Operación 302: se realiza la selección de bucle cerrado de los modos de codificación como se ha descrito en el presente documento anteriormente.

35 Operación 303: el filtro cuantificado LPC4 se transmite al decodificador, por ejemplo, a través del transmisor 105 de la Figura 1. El decodificador comprende:

- medios para recibir y extraer desde el flujo de bits recibido, por ejemplo, un demultiplexor, el filtro cuantificado LPC4; y
- un cuantificador inverso absoluto suministrado con el filtro cuantificado LPC4 para cuantificación inversa del filtro cuantificado LPC4.

Operación 304: si la súper-trama se codifica usando el modo TCX1024, no se requiere transmisión adicional.

45 Operación 305: si la primera, segunda, tercera y cuarta tramas de la súper-trama no se codifican usando el modo TCX1024, el filtro cuantificado LPC2 y un índice indicativo de uno del modo de cuantificación absoluta y el modo de cuantificación diferencial se transmiten al decodificador, por ejemplo, a través del transmisor 105 de la Figura 1. El decodificador comprende:

- 50 - medios para recibir y extraer desde el flujo de bits recibido, por ejemplo, un demultiplexor, el filtro cuantificado LPC2 y el índice indicativo de uno del modo de cuantificación absoluta y el modo de cuantificación diferencial; y
- 55 - un cuantificador inverso absoluto suministrado con el filtro cuantificado LPC2 y el índice indicativo del modo de cuantificación absoluta para cuantificación inversa del filtro cuantificado LPC2, o un cuantificador inverso diferencial suministrado con el filtro cuantificado LPC2 y el índice indicativo del modo de cuantificación diferencial para cuantificación inversa del filtro cuantificado LPC2.

60 Operación 306: si las tramas 1 y 2 de la súper-trama se codifican usando el modo TCX512, el filtro cuantificado LPC1 no se transmite al decodificador.

65 Operación 307: si tramas 1 y 2 de la súper-trama no se codifican usando el modo TCX512, es decir si las tramas 1 y 2 de la súper-trama se codifican usando ACELP o TCX256, el filtro cuantificado LPC1, y un índice indicativo de uno del modo de cuantificación absoluta, el modo de cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC2 usado como referencia, y el modo de cuantificación diferencial con relación a (filtro cuantificado LPC2+filtro cuantificado LPC0)/2 usado como referencia se transmiten al decodificador, por ejemplo, a través del transmisor 105 de la Figura 1. El decodificador comprende:



5 - medios para recibir y extraer desde el flujo de bits recibido, por ejemplo, un demultiplexor, el filtro cuantificado LPC1, y el índice indicativo de uno del modo de cuantificación absoluta, el modo de cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC2 usado como referencia, y el modo de cuantificación diferencial con relación a (filtro cuantificado LPC2+filtro cuantificado LPC0)/2 usado como referencia; y

10 - un cuantificador inverso absoluto suministrado con el filtro cuantificado LPC1 y el índice indicativo de uno del modo de cuantificación absoluta, el modo de cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC2 usado como referencia, y el modo de cuantificación diferencial con relación a (filtro cuantificado LPC2+filtro cuantificado LPC0)/2 usado como referencia para cuantificación inversa del filtro cuantificado LPC 1.

Operación 308: si tramas 3 y 4 de la súper-trama se codifican usando el modo TCX512, el filtro cuantificado LPC3 no se transmite al decodificador.

15 Operación 309: si tramas 3 y 4 de la súper-trama no se codifican usando el modo TCX512, es decir si las tramas 3 y 4 de la súper-trama se codifican usando ACELP o TCX256, el filtro cuantificado LPC3 y el índice indicativo de uno del modo de cuantificación absoluta, el modo de cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC2 usado como referencia, el modo de cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC4 usado como referencia, y el modo de cuantificación diferencial con relación a (filtro cuantificado LPC2+filtro cuantificado LPC4)/2 usado como referencia se transmiten al decodificador, por ejemplo, a través del transmisor 105 de la Figura 1. El decodificador comprende:

25 - medios para recibir y extraer desde el flujo de bits recibido, por ejemplo un demultiplexor, el filtro cuantificado LPC3, y el índice indicativo de uno del modo de cuantificación absoluta, el modo de cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC2 usado como referencia, el modo de cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC4 usado como referencia, y el modo de cuantificación diferencial con relación a (filtro cuantificado LPC2+filtro cuantificado LPC4)/2 usado como referencia; y

30 - un cuantificador inverso absoluto suministrado con el filtro cuantificado LPC3 y el índice indicativo de uno del modo de cuantificación absoluta, el modo de cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC2 usado como referencia, el modo de cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC4 usado como referencia, y el modo de cuantificación diferencial con relación a (filtro cuantificado LPC2+filtro cuantificado LPC4)/2 usado como referencia para cuantificación inversa del filtro cuantificado LPC3.

35 Algunos beneficios de la solución anterior descrita comprenden:

- Cuantificar el conjunto total de los filtros de LPC antes de la sección de bucle cerrado de los modos de codificación ahorra complejidad;

40 - Usar un cuantificador diferencial en el esquema de cuantificación global conserva algo del ahorro de la tasa de bits que se obtiene por, por ejemplo, el cuantificador predictivo en el esquema de cuantificación de AMR-WB+ original.

45 Las siguientes variantes pueden usarse para crear los filtros de LPC de referencia que se usan en los cuantificadores diferenciales (operaciones tales como 103<sub>1</sub>, 103<sub>2</sub>, ... , 103<sub>n</sub>):

- Si la dependencia inter súper-trama no es un problema, el último filtro de LPC (LPC4) de la súper-trama anterior (LPC0) puede usarse como una posible referencia para codificar los filtros LPC1 a LPC4;

50 - Cuando están disponibles diferentes filtros de LPC de referencia, por ejemplo, el filtro LPC0 y LPC4 cuando se codifica el filtro LPC2, puede transmitirse un patrón de bits específico al decodificador para indicar cuál de las referencias se usa realmente. Por ejemplo, la selección de la referencia puede realizarse como se ha descrito en el presente documento anteriormente con referencia a la Figura 1, por ejemplo, basándose en una distancia o una medición de tasa de bits.

55 - Cuando están disponibles diferentes filtros de LPC de referencia, pueden obtenerse filtros de LPC de referencia secundarios adicionales aplicando diversos esquemas de extrapolación o interpolación a los filtros de LPC de referencia ya disponibles. Un patrón de bits específico puede transmitirse para indicar la estrategia de interpolación o extrapolación real seleccionada por el codificador. Por ejemplo, el filtro LPC3 puede cuantificarse de manera diferencial con respecto a las versiones cuantificadas de cualquiera del filtro LPC2 o LPC4, o incluso con respecto a un valor interpolado (por ejemplo, promedio) entre estos dos filtros cuantificados LPC2 y LPC4 (véase la Operación 505 de la Figura 5).

65 El esquema de cuantificación "fuera del bucle" anteriormente descrito puede ampliarse a codificar más de cuatro (4) filtros de LPC: por ejemplo, para cuantificar y transmitir el filtro LPC0 junto con la súper-trama. En ese caso, el filtro LPC0 que corresponde al último filtro de LPC (LPC4) calculado durante la súper-trama anterior podría cuantificarse,

como un ejemplo no limitativo, con relación al filtro LPC4 puesto que este filtro LPC4 siempre está disponible como una referencia. El filtro cuantificado LPC0 se transmite al decodificador junto con un índice indicativo de uno del modo de cuantificación absoluta y el modo de cuantificación diferencial. El decodificador comprende:

- 5 - medios para recibir y extraer desde el flujo de bits recibido, por ejemplo, un demultiplexor, el filtro cuantificado LPC0, y el índice indicativo de uno del modo de cuantificación absoluta y el modo de cuantificación diferencial; y
- un cuantificador inverso absoluto suministrado con el filtro cuantificado LPC0 y el índice indicativo del modo de cuantificación absoluta para cuantificación inversa del filtro cuantificado LPC0, o un cuantificador inverso diferencial suministrado con el filtro cuantificado LPC0, y el índice indicativo del modo de cuantificación diferencial para cuantificación inversa del filtro cuantificado LPC0.

Transmitir el filtro LPC0 al decodificador es útil para inicializar un códec basado en LPC en el caso de conmutar desde un modo de codificación no basada en LPC a un modo de codificación basada en LPC. Ejemplos de modos de codificación no basados en LPC son: modulación por impulsos codificados (PCM), y codificación por transformada usada por ejemplo por MP3 y por el códec de audio avanzado AAC. Ejemplos de modos de codificación basados en LPC son: Predicción Lineal con Excitación por Código (CELP) y CELP algebraica (ACELP) usados por el códec AMR-WB+ [1].

En códecs basados en LPC, uno o varios filtros de LPC por trama (o por súper-trama) se estiman y transmiten al decodificador. Cuando se estima y transmite un único filtro de LPC por trama, este filtro de LPC se estima más a menudo usando una ventana de análisis de LPC centrada al final de la trama como se representa en la Figura 4a. Cuando se estiman varios filtros de LPC por trama (o por súper-trama como en el códec AMR-WB+), se estiman más a menudo en posiciones regularmente espaciadas a través de la longitud de la trama como se representa en la Figura 4b. El filtro LPC0 en las Figuras 4a y 4b es de hecho el último filtro de LPC de la trama anterior (o súper-trama) que se cuantifica y transmite al decodificador.

Los códecs basados en LPC típicos generalmente usan valores interpolados para los filtros de LPC. En el ejemplo de la Figura 4a, por ejemplo, el códec basado en LPC dividiría típicamente la trama en cuatro (4) sub-tramas y usaría un filtro de LPC interpolado diferente para cada sub-trama, estando el filtro de LPC de la primera sub-trama más cerca del filtro LPC0 y estando el filtro de LPC de la 4ª sub-trama más cerca del filtro LPC1.

En un códec que conmuta de un modo de codificación no basada en LPC a un modo de codificación basada en LPC, el filtro LPC0 usado para operar el códec basado en LPC normalmente no está disponible en la primera trama después de la conmutación desde el modo de codificación no basada en LPC al modo de codificación basada en LPC.

En ese contexto, se propone proporcionar un valor para el filtro LPC0 que esté disponible tanto en el codificador como el decodificador cuando se codifica y decodifica la primera trama después de conmutar desde el modo de codificación no basada en LPC al modo de codificación basada en LPC. Más específicamente, el valor del filtro LPC0 se obtiene en el decodificador desde los parámetros transmitidos desde el codificador.

De acuerdo con una primera solución, el filtro LPC0 se determina en el codificador (usando análisis de LPC bien conocido para los expertos en la materia), cuantificado y transmitido al decodificador después de que se haya decidido la conmutación desde el modo de codificación no basada en LPC al modo de codificación basada en LPC. El decodificador usa el valor cuantificado transmitido y el filtro LPC0. Para cuantificar el filtro LPC0 de manera eficaz, puede usarse el esquema de cuantificación fuera del bucle como se ha descrito anteriormente, ampliado a más de cuatro (4) filtros de LPC.

Lo siguiente describe la segunda y tercera soluciones para estimar el filtro LPC0 en el decodificador desde parámetros transmitidos:

- La estimación del filtro LPC0 de los otros filtros transmitidos de LPC usando, por ejemplo, extrapolación; y
- La estimación del filtro LPC0 de los otros parámetros transmitidos. Por ejemplo, el filtro LPC0 puede estimarse aplicando el procedimiento de análisis de LPC convencional a la señal decodificada pasada, más específicamente la salida del decodificador conmutado antes de la conmutación desde el modo de codificación no basada en LPC al modo de codificación basada en LPC.

Cuantificación con un cuantificador de vector algebraico uniforme

El principio de cuantificación de vector estocástico es buscar un libro de códigos de vectores para el vecino más cercano (generalmente en términos de distancia Euclídea o distancia Euclídea ponderada) del vector a cuantificarse. Cuando se cuantifican los filtros de LPC en los dominios de LSF (Frecuencia Espectral Lineal) o ISF (Frecuencia Espectral de Inmitancia), generalmente se usa una distancia Euclídea de ponderación, ponderándose cada componente del vector de manera diferencial dependiendo de su valor y del valor de los otros componentes [5]. El

fin de esa ponderación es hacer que la minimización de la distancia Euclídea se comporte tan estrechamente posible a una minimización de la distorsión espectral. A diferencia de un cuantificador estocástico, un cuantificador de vector algebraico uniforme no realiza una búsqueda exhaustiva de un libro de códigos. Es por lo tanto difícil introducir una función de ponderación en el cálculo de distancia.

5 En la solución propuesta en el presente documento, se cuantifican los filtros de LPC, como un ejemplo no limitativo, en el dominio de LSF. Se proporcionan por lo tanto los medios apropiados para convertir el filtro de LPC en el dominio de cuantificación de LSF para formar el vector de LSF de entrada. Más específicamente, el vector residual de LSF, es decir la diferencia entre el vector de LSF de entrada y una aproximación de primera etapa de este vector de LSF de entrada, se deforma usando una función de ponderación calculada desde la aproximación de primera etapa, en el que la aproximación de la primera etapa usa un cuantificador absoluto estocástico del vector de LSF de entrada, un cuantificador diferencial del vector de LSF de entrada, un interpolador del vector de LSF de entrada, u otro elemento que proporcione una estimación del vector de LSF de entrada a cuantificarse. Deformar significa que se aplican diferentes pesos a los componentes del vector residual de LSF. Puesto que la aproximación de primera etapa está también disponible en el decodificador, los pesos inversos pueden calcularse también en el decodificador y la deformación inversa puede aplicarse también al vector residual de LSF cuantificado. Deformar el vector residual de LSF de acuerdo con un modelo que minimiza la distorsión espectral es útil cuando el cuantificador es uniforme. Los LSF cuantificados recibidos en el decodificador son una combinación de la aproximación de primera etapa con una cuantificación de tasa de bits variable, por ejemplo, perfeccionamiento AVQ (Cuantificación Algebraica de Vector), que se deforma a la inversa en el decodificador.

Algunos beneficios de la solución propuesta son los siguientes:

- 25 - Con una buena función de ponderación, un cuantificador uniforme puede proporcionar una distorsión espectral relativamente uniforme.
- 30 - Las ventajas de cuantificación de vector de tasa de bits variable, por ejemplo, AVQ (Cuantificación Algebraica de Vector), sobre SVQ (Cuantificación de Vector Estocástico) son un número menor de tablas (memoria), menos complejidad y granularidad de tasa de bits superior.
- Otra ventaja a favor de la cuantificación de vector de tasa de bits variable, por ejemplo, AVQ (Cuantificación Algebraica de Vector), es su tamaño de libro de códigos ilimitado; esto garantiza la misma distorsión espectral para cualquier tipo de señal.

35 El principio general para la cuantificación de un filtro de LPC dado se proporciona en la Figura 6. En este ejemplo no limitativo, el filtro de LPC se cuantifica en el dominio de LSF.

Operación 601: un calculador calcula una aproximación de primera etapa 608 del vector de LSF de entrada 607.

40 Operación 602: un restador resta la aproximación de primera etapa 608 de la operación 601 desde el vector de LSF de entrada 607 para producir un vector de LSF residual 609.

45 Operación 603: un calculador deriva una función de ponderación de LSF 610 de la aproximación de primera etapa 608 de la operación 601.

Operación 604: un multiplicador, o deformador, aplica la función de ponderación de LSF 610 desde la operación 603 al vector de LSF residual 609 desde la operación 602.

50 Operación 605: un cuantificador de tasa de bits variable, por ejemplo, un cuantificador de vector algebraico (AVQ) cuantifica el vector de LSF residual ponderado resultante 611 para suministrar un vector de LSF residual ponderado resultante 612.

55 Operación 606: un multiplexor es sensible a la aproximación de primera etapa 608 desde la operación 601 y al vector de LSF residual ponderado resultante 612 desde la operación 605 para multiplexar y transmitir los correspondientes índices codificados 613.

60 La aproximación de primera etapa (operación 601) puede calcularse de diferentes maneras. Como un ejemplo no limitativo, el calculador de la aproximación de primera etapa 608 puede ser un cuantificador de vector estocástico absoluto del vector de LSF de entrada 607 con un número de bits pequeño, o un cuantificador diferencial del vector de LSF de entrada 607 usando una referencia como se ha explicado anteriormente donde la aproximación de primera etapa es la propia referencia. Por ejemplo, cuando se cuantifica el vector LPC1 como en la Figura 5, operación 504, el calculador de la aproximación de primera etapa 608 puede ser un cuantificador absoluto con 8 bits, o filtro cuantificado LPC2 o (filtro cuantificado LPC2+filtro cuantificado LPC0)/2.

65 El cálculo y fin de la función de ponderación (operación 603) se describe en el presente documento a continuación.

El correspondiente cuantificador inverso se ilustra en la Figura 7.

Operación 701: los índices codificados 707 desde el codificador se demultiplexan por un demultiplexor.

5 Operación 702: los índices codificados demultiplexados incluyen la aproximación de primera etapa 708.

Operación 703: puesto que la aproximación de primera etapa está disponible en el decodificador como en el codificador (operación 702), un calculador puede usarse para calcular la función de ponderación de LSF inversa 709.

10 Operación 704: los índices decodificados 710 representativos del vector de LSF residual ponderado resultante se suministran a un cuantificador de vector inverso de tasa de bits variable, por ejemplo, un cuantificador de vector inverso algebraico (AVQ inverso) para recuperar el vector de LSF residual ponderado 711.

15 Operación 705: Un multiplicador multiplica el vector de LSF residual ponderado 711 de la operación 704 por la función de ponderación de LSF inversa 709 de la operación 703 para recuperar el vector de LSF residual 712.

20 Operación 706: Un sumador añade la aproximación de primera etapa 708 de la operación 702 con el vector de LSF residual 712 de la operación 705 para formar el vector de LSF decodificado 713. El vector de LSF decodificado 713 es una combinación de la aproximación de primera etapa de la operación 702 con el perfeccionamiento de cuantificación inversa de tasa de bits variable (operación 704) que se pondera a la inversa (operación 705) en el decodificador.

*Aproximación de primera etapa*

25 Como se ha explicado anteriormente, un filtro de LPC dado puede cuantificarse usando varios modos de cuantificación incluyendo cuantificación absoluta y cuantificación diferencial usando varias referencias. La aproximación de primera etapa depende del modo de cuantificación. En el caso de cuantificación absoluta, la aproximación de primera etapa puede usar un cuantificador de vector con un número pequeño de bits (por ejemplo 8 bits). En el caso de cuantificación diferencial, la aproximación de primera etapa constituye la propia referencia. Por ejemplo, cuando se cuantifica el vector LPC3 como se ilustra en la Figura 5 (operación 505), la aproximación de primera etapa puede ser una de las siguientes:

- 35 - VQ de 8 bits (cuantificación absoluta);
- Filtro cuantificado LPC2 (cuantificación diferencial usando el filtro cuantificado LPC2 como referencia);
- Filtro cuantificado LPC4 (cuantificación diferencial usando filtro cuantificado LPC4 como referencia); o
- Promedio de filtros cuantificados LPC2 y LPC4 (cuantificación diferencial usando (filtro cuantificado LPC2+filtro cuantificado LPC4)/2 como referencia).

40 Como un ejemplo no limitativo, en el caso de un filtro de LPC de orden  $p$  expresado con parámetros de LSF, en el modo de cuantificación absoluta, la aproximación de primera etapa se calcula usando un cuantificador de vector estocástico de 8 bits de  $p$  dimensiones aplicado al vector de LSF de entrada. Una búsqueda de libro de códigos usa una distancia Euclídea ponderada en la que cada componente de la diferencia cuadrada entre el vector de LSF de entrada y la entrada del libro de códigos se multiplica por el peso  $wt(i)$ . Por ejemplo, el peso  $wt(i)$  puede proporcionarse por la siguiente expresión:

$$wt(i) = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_{i+1}}, \quad i = 0, \dots, p-1$$

con:

$$50 \quad d_0 = f(0)$$

$$d_p = SF/2 - f(p-1)$$

$$55 \quad d_i = f(i) - f(i-1), \quad i = 1, \dots, p-1$$

donde  $f(i)$ ,  $i = 0, \dots, p-1$  es el vector de LSF de entrada a cuantificarse,  $p$  es el orden de análisis de LP, y  $SF$  es la frecuencia de muestreo interna del códec basado en LPC (en Hz).

60 En los modos de cuantificación diferencial, la aproximación de primera etapa es basándose en filtros de LPC ya cuantificados.

Como se explica con referencia a la Figura 5, el conjunto de los filtros de LPC se cuantifica en el siguiente orden: LPC4, LPC2, LPC 1 y a continuación LPC3. Cuando se requiere, el filtro opcional LPC0 se cuantifica después del filtro LPC4. Por lo tanto, la cuantificación diferencial del filtro LPC2 puede hacerse únicamente con respecto a LPC4, mientras que la cuantificación diferencial del filtro LPC3 puede hacerse con respecto a LPC2, LPC4 o una combinación de tanto LPC2 como LPC4; LPC1 no se considera una buena elección porque no es adyacente a LPC3.

Para cada aproximación de primera etapa  $f_{1a}(i)$ , el vector de LSF residual se calcula como:

$$r(i) = f(i) - f_{1a}(i), \quad i = 0, \dots, p-1$$

Como se muestra en la Figura 6, el vector de LSF residual 609 de la operación 602 se pondera (operación 604) con la función de ponderación 610 de la operación 603 calculada basándose en la aproximación de primera etapa  $f_{1a}(i)$  para obtener un vector de LSF residual deformado 611 (operación 604). El vector de LSF residual deformado 611 se cuantifica a continuación usando un cuantificador de tasa de bits variable, por ejemplo, un cuantificador de vector algebraico (operación 605).

Por ejemplo, los pesos aplicados a los componentes del vector de LSF residual de orden  $p$  pueden proporcionarse mediante la siguiente relación:

$$w(i) = \frac{1}{W} * \frac{400}{\sqrt{d_i \cdot d_{i+1}}}, \quad i = 0, \dots, p-1$$

con:

$$d_0 = f_{1a}(0)$$

$$d_p = SF / 2 - f_{1a}(p-1)$$

$$d_i = f_{1a}(i) - f_{1a}(i-1), \quad i = 1, \dots, p-1$$

donde  $f_{1a}(i)$  es la aproximación de primera etapa,  $SF$  es la frecuencia de muestreo interna en Hz del códec basado en LPC, y  $W$  es un factor de cambio de escala que depende del modo de cuantificación. El valor de  $W$  se elige para obtener una cierta distorsión espectral objetivo y/o una cierta tasa de bits promedio objetivo una vez que se cuantifica el vector de LSF residual deformado con el cuantificador de tasa de bits variable. Como un ejemplo no limitativo, el cuantificador de vector de tasa de bits variable elige la tasa de bits para un cierto vector basándose en su energía promedio.

En un ejemplo ilustrativo, los cuatro (4) filtros de LPC en una súper-trama, así como el filtro LPC0 opcional se cuantifican de acuerdo con la Figura 5. La Tabla 2 muestra el factor de cambio de escala usado para cada modo de cuantificación, y la codificación del índice de modo usada en este ejemplo. Obsérvese que el modo de cuantificación especifica cuál de la cuantificación absoluta o diferencial se usa, y en caso de cuantificación diferencial especifica el filtro de referencia usado. Como se ha explicado anteriormente el filtro de referencia usado en la cuantificación diferencial es la aproximación de primera etapa real para la cuantificación de tasa de bits variable.

Tabla 2 - Posibles modos de cuantificación absoluta y relativa y señalización de flujo de bits correspondiente, y el factor de cambio de escala y la función de ponderación

Filtro	Modo de cuantificación	Aproximación de primera etapa	Modo codificado	$W$
LPC4	Absoluto	VQ de 8 bits	(ninguno)	60
LPC0	Absoluto	VQ de 8 bits	0	60
	LPC4 relativo	LPC4 cuantificado	1	63
LPC2	Absoluto	VQ de 8 bits	0	60
	LPC4 relativo	LPC4 cuantificado	1	63
LPC1	Absoluto	VQ de 8 bits	00	60
	(LPC0+LPC2)/2 relativo (Nota 1)	(LPC0+LPC2)/2 cuantificado	01	65

	LPC2 relativo	LPC2 cuantificado	10	64
LPC3	Absoluto	VQ de 8 bits	10	60
	(LPC2+LPC4)/2 relativo	(LPC2+LPC4)/2 cuantificado	0	65
	LPC2 relativo	LPC2 cuantificado	110	64
	LPC4 relativo	LPC4 cuantificado	111	64
Nota 1: en este modo, no hay cuantificador de AVQ de segunda etapa				

La Figura 8 es un diagrama de bloques esquemático que explica el procedimiento de cuantificación como se describe en el presente documento anteriormente.

5 Operaciones 801, 801<sub>1</sub>, 801<sub>2</sub>, ... , 801<sub>n</sub>; el vector de LSF de entrada 800 se suministra a un cuantificador absoluto (operación 801) para realizar, por ejemplo, una cuantificación de vector absoluta de 8 bits del vector de LSF de entrada 800. El vector de LSF de entrada se suministra también a cuantificadores diferenciales (operaciones 801<sub>1</sub>, 801<sub>2</sub>, ... , 801<sub>n</sub>) para realizar cuantificación diferencial del vector de LSF de entrada 800. Los cuantificadores diferenciales usan respectivas referencias diferentes como se explica en la descripción anterior con referencia a la figura 1. VQ de 8 bits en la operación 801 y las referencias en las operaciones 801<sub>1</sub>, 801<sub>2</sub>, ... , 801<sub>n</sub> representan la aproximación de primera etapa.

10 En las operaciones 802, 802<sub>1</sub>, 802<sub>2</sub>, ... , 802<sub>n</sub>, un calculador calcula un vector de LSF residual desde el vector de aproximación de primera etapa desde las operaciones 801, 801<sub>1</sub>, 801<sub>2</sub>, ... , 801<sub>n</sub>, respectivamente. El vector residual se calcula como la diferencia entre el vector de entrada y la aproximación de primera etapa. Esto corresponde a las operaciones 601 y 602 de la Figura 6.

15 En las operaciones 803, 803<sub>1</sub>, 803<sub>2</sub>, ... , 803<sub>n</sub>, un calculador calcula una función de ponderación para deformar el vector de LSF residual desde las operaciones 802, 802<sub>1</sub>, 802<sub>2</sub>, ... , 802<sub>n</sub>, respectivamente. Esto corresponde a las operaciones 601 y 603 de la Figura 6.

20 En las operaciones 804, 804<sub>1</sub>, 804<sub>2</sub>, ... , 804<sub>n</sub>, un deformador multiplica el vector de LSF residual desde las operaciones 802, 802<sub>1</sub>, 802<sub>2</sub>, ... , 802<sub>n</sub>, respectivamente, por la función de ponderación desde las operaciones 803, 803<sub>1</sub>, 803<sub>2</sub>, ... , 803<sub>n</sub>, respectivamente.

25 En las operaciones 805, 805<sub>1</sub>, 805<sub>2</sub>, ... , 805<sub>n</sub>, un cuantificador de tasa de bits variable, por ejemplo, un cuantificador de vector algebraico (AVQ) cuantifica el vector de LSF residual ponderado resultante desde las operaciones 804, 804<sub>1</sub>, 804<sub>2</sub>, ... , 804<sub>n</sub>, respectivamente, para suministrar un vector de LSF residual ponderado resultante.

30 En la operación 806, la selección de un modo de cuantificación se realiza mediante un selector entre cuantificación absoluta (operación 801) y cuantificación diferencial usando una de las referencias 1, 2, ... , n (operaciones 801<sub>1</sub>, 801<sub>2</sub>, ... , 801<sub>n</sub>). Por ejemplo, la operación 806 podría seleccionar el modo de cuantificación (operaciones 801, 801<sub>1</sub>, 801<sub>2</sub>, ... , 801<sub>n</sub>) que produce una distorsión inferior para una tasa de bits dada o la tasa de bits inferior para un nivel objetivo de distorsión. Con respecto a la selección entre VQ de 8 bits y las referencias 1, 2, ... , n, la selección puede realizarse en bucle cerrado o en bucle abierto. En bucle cerrado, se prueban todas las posibles referencias y se elige la referencia que optimiza un cierto criterio de distorsión o tasa de bits, por ejemplo, la distorsión más baja para una tasa de bits dada o la tasa de bits más baja para un nivel objetivo de distorsión. En bucle abierto, la operación 806 predetermina la referencia basándose en el valor de los coeficientes de predicción lineal del filtro de LPC a cuantificarse y de los coeficientes de predicción lineal de los filtros de LPC de referencia disponibles.

Operación 807: después de la selección en la operación 806, un transmisor (operación 807) comunica o señala al decodificador (no mostrado) un índice indicativo de:

- 45 - el modo de cuantificación (sub-operación 807<sub>1</sub>), por ejemplo, cuantificación absoluta o diferencial; y
- en el caso de cuantificación diferencial, de la referencia seleccionada y cuantificador diferencial asociado de las operaciones 801<sub>1</sub>, 801<sub>2</sub>, ... , 801<sub>n</sub> (sub-operación 807<sub>2</sub>).

50 Algunos bits específicos se transmiten al decodificador para tal señalización.

*Cuantificador de vector algebraico*

55 Un posible cuantificador de vector algebraico (AVQ) usado por ejemplo en la operación 605 de la Figura 6 y las operaciones 805, 805<sub>1</sub>, 805<sub>2</sub>, ... , 805<sub>n</sub> de la Figura 8 está basado en el cuantificador de vector de malla de RE8 de 8 dimensiones usado para cuantificar el espectro en los modos de TCX de AMR-WB+ [1].

Para un LPC de orden 16, cada vector de LSF residual ponderado se divide en dos sub-vectores de 8 dimensiones  $B_1$  y  $B_2$ . Cada uno de estos dos sub-vectores se cuantifica usando el enfoque de tres operaciones descrito a continuación.

5 Los vectores de LSF no tienen la misma sensibilidad a error de cuantificación, mediante la cual un cierto error de cuantificación aplicado a un vector de LSF puede tener más impacto en distorsión espectral que el mismo error de cuantificación aplicado a otro vector de LSF. La operación de ponderación proporciona la misma sensibilidad relativa a todos los vectores de LSF ponderados. La AVQ tiene la particularidad de introducir el mismo nivel de error de cuantificación a los vectores de LSF ponderados (error de cuantificación uniforme). Cuando se realiza la  
10 cuantificación inversa, la ponderación inversa que se aplica a los vectores de LSF ponderados cuantificados a la inversa se aplica también de manera evidente al error de cuantificación. Por lo tanto, el error de cuantificación originalmente uniforme se distribuye entre los vectores de LSF cuantificados, adquiriendo los vectores de LSF más sensibles un error de cuantificación más pequeño y adquiriendo los vectores de LSF menos sensibles un error de cuantificación más grande. Como consecuencia, el impacto de error de cuantificación en distorsión espectral se  
15 minimiza.

Como se explica en la Referencia [1], el cuantificador de RE8 usa una cuantificación fija y predeterminada. Como consecuencia, la tasa de bits requerida para codificar un subvector aumenta con la amplitud de este subvector.

20 El factor de cambio de escala  $W$  controla la amplitud de los vectores de LSF ponderados. Por lo tanto, el factor de cambio de escala  $W$  también controla tanto la tasa de bits necesaria para cuantificar el vector de LSF como la distorsión espectral promedio.

*Primera operación: hallar vecino más cercano en malla  $RE_8$*

25 En esta primera operación, un sub-vector de 8 dimensiones  $B_k$  se redondea como un punto en la malla  $RE_8$ , para producir su versión cuantificada  $\hat{B}_k$ . Antes de buscar en el procedimiento de cuantificación, merece la pena buscar las propiedades de esta malla. La malla  $RE_8$  se define como sigue:

$$30 \quad RE_8 = 2D_8 \cup \{2D_8 + (1, \dots, 1)\}$$

que es la unión de una malla  $2D_8$  y una versión de la malla  $2D_8$  desplazada por el vector  $(1,1,1,1,1,1,1,1)$ . Por lo tanto, la búsqueda para el siguiente vecino más cercano en la malla  $RE_8$  es equivalente a buscar el vecino más cercano en la malla  $2D_8$ , a continuación, buscar el vecino más cercano en la malla  $2D_8 + (1,1,1,1,1,1,1,1)$ , y finalmente seleccionar el mejor de estos dos puntos de malla. La malla  $2D_8$  es la malla  $D_8$  cambiada de escala por un factor de 2, con la malla  $D_8$  definida como:

$$D_8 = \{(x_1, \dots, x_8) \in Z^8 \mid x_1 + \dots + x_8 \text{ es par}\}$$

40 Es decir, los puntos en la malla  $D_8$  son todos enteros, con la restricción de que la suma de todos los componentes sea par. Esto implica también que la suma de los componentes de un punto en la malla  $2D_8$  es un número entero múltiplo de 4.

45 A partir de esta definición de malla  $RE_8$ , es fácil desarrollar un algoritmo rápido para buscar el siguiente vecino más cercano de un sub-vector de 8 dimensiones  $B_k$  entre todos los puntos de malla en la malla  $RE_8$ . Esto puede hacerse aplicando las siguientes operaciones. Los componentes del sub-vector  $B_k$  son valores de punto flotante, y el resultado de la cuantificación  $\hat{B}_k$ , será un vector de números enteros.

1.  $z_k = 0,5 * B_k$

50 2. Redondear cada componente de  $z_k$  al entero más cercano, para generar  $\bar{z}_k$

3.  $y1_k = 2\bar{z}_k$

4. Calcular  $S$  como la suma de los componentes de  $y1_k$

5. Si  $S$  no es un número entero múltiplo de 4 (son posibles valores negativos), entonces modificar uno de sus componentes como sigue:

- 55
- hallar la posición  $l$  donde  $\text{abs}(z_k(l) - y1_k(l))$  es el más alto
  - si  $z_k(l) - y1_k(l) < 0$ , entonces  $y1_k(l) = y1_k(l) - 2$
  - si  $z_k(l) - y1_k(l) > 0$ , entonces  $y1_k(l) = y1_k(l) + 2$

60 6.  $z_k = 0,5 * (B_k - 1,0)$  donde 1,0 indica un vector en el que todos los componentes son 1

7. Redondear cada componente de  $z_k$  al entero más cercano, para generar  $\bar{z}_k$

8.  $y2_k = 2\bar{z}_k$

9. Calcular  $S$  como la suma de los componentes de  $y2_k$

10. Si  $S$  no es un número entero múltiplo de 4 (son posibles valores negativos), entonces modificar uno de sus componentes como sigue:

- 5
- hallar la posición  $l$  donde  $\text{abs}(z_k(l) - y2_k(l))$  es el más alto
  - si  $z_k(l) - y2_k(l) < 0$ , entonces  $y2_k(l) = y2_k(l) - 2$
  - si  $z_k(l) - y2_k(l) > 0$ , entonces  $y2_k(l) = y2_k(l) + 2$

11.  $y2_k = y2_k + 1,0$

10 12. Calcular  $e1_k = (B_k - y1_k)^2$  y  $e2_k = (B_k - y2_k)^2$

13. Si  $e1_k > e2_k$ , entonces el mejor punto de malla (vecino más cercano en la malla) es  $y1_k$  de otra manera el mejor punto de malla es  $y2_k$ .

$\hat{B}_k = c_k$  donde  $c_k$  es el mejor punto de malla como se ha seleccionado anteriormente.

15 *Segunda operación: cálculo de los índices*

En la primera operación, cada sub-vector de 8 dimensiones  $B_k$  se redondeó como un punto en la malla  $RE_8$ . El resultado es  $\hat{B}_k = c_k$ , la versión cuantificada de  $B_k$ . En la presente segunda operación se calcula un índice para cada  $c_k$  para transmisión al decodificador. El cálculo de este índice se realiza como sigue.

20

El cálculo de un índice para un punto dado en la malla  $RE_8$  está basado en dos principios básicos:

25

1. Todos los puntos en la malla  $RE_8$  radican en esferas concéntricas de radio  $\sqrt{8m}$  con  $m = 0, 1, 2, 3$ , etc., y cada punto de malla en una esfera dada puede generarse permutando las coordenadas de los puntos de referencia denominados *líderes*. Hay unos pocos líderes en una esfera, en comparación con el número total de puntos de malla que radican en la esfera. Pueden construirse libros de códigos de diferentes tasas de bits que incluyen únicamente esferas hasta un número dado  $m$ . Véase la Referencia [6] para más detalles, donde los libros de códigos  $Q_0, Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$  y  $Q_5$  se construyen con respectivamente 0, 4, 8, 12, 16 y 20 bits. Por lo tanto, el libro de códigos  $Q_n$  requiere  $4_n$  bits para indexar cualquier punto en ese libro de códigos.

30

2. A partir de un libro de códigos de base  $C$  (es decir un libro de códigos que contiene todos los puntos de malla a partir de un conjunto dado de esferas hasta un número  $m$ ), un libro de códigos extendido puede generarse multiplicando los elementos del libro de códigos de base  $C$  por un factor  $M$ , y añadiendo un libro de códigos de segunda etapa denominado la extensión *Voronoi*. Esta construcción se proporciona por  $y = Mz + v$ , donde  $M$  es el factor de escala,  $z$  es un punto en el libro de códigos de base y  $v$  es la extensión Voronoi. La extensión se calcula de tal manera que cualquier punto  $y = Mz + v$  es también un punto en la malla  $RE_8$ . El libro de códigos extendido incluye los puntos de malla que se extienden más allá del origen que el libro de códigos de base.

35

40

En el presente caso, el libro de códigos de base  $C$  en el cuantificador de LPC puede ser cualquier libro de códigos  $Q_0, Q_2, Q_3$  o  $Q_4$  de la Referencia [6]. Cuando un punto de malla dado  $c_k$  no se incluye en estos libros de código de base, se aplica la extensión Voronoi, usando esta vez únicamente el libro de códigos  $Q_3$  o  $Q_4$ . Obsérvese que en este punto,  $Q_2 \subset Q_3$  pero  $Q_3 \not\subset Q_4$ .

45

Entonces, el cálculo del índice para cada punto de malla  $c_k$ , obtenido en la primera operación, se realiza de acuerdo con las siguientes operaciones.

Verificar si  $c_k$  está en el libro de códigos de base  $C$ . Esto implica verificar si  $c_k$  es un elemento de los libros de códigos  $Q_0, Q_2, Q_3$  o  $Q_4$  de la Referencia [6].

50

- Si  $c_k$  es un elemento del libro de códigos de base  $C$ , el índice usado para codificar  $c_k$  es por lo tanto el número de libro de códigos  $n_k$  más el índice  $l_k$  del vector de código  $c_k$  en el libro de códigos  $Q_{n_k}$ . El número de libro de códigos  $n_k$  se codifica como se describe en una tercera operación. El índice  $l_k$  indica la clasificación del vector de código  $c_k$ , es decir la permutación a aplicarse a un líder específico para obtener  $c_k$  (véase la Referencia [7]). Si  $n_k = 0$ , entonces  $l_k$  no usa bits. De otra manera, el índice  $l_k$  usa  $4n_k$  bits.

55

- Si  $c_k$  no está en el libro de códigos de base, entonces aplicar la extensión Voronoi a través de las siguientes sub-operaciones, usando esta vez únicamente el libro de códigos  $Q_3$  o  $Q_4$  como el libro de códigos de base.

V0 Establecer el orden de extensión  $r = 1$  y el factor de escala  $M = 2^r = 2$ .

60

V1 Calcular el índice Voronoi  $k$  del punto de malla  $c_k$ . El índice Voronoi  $k$  depende del orden de extensión  $r$  y el factor de escala  $M$ . El índice Voronoi se calcula mediante operaciones módulo de manera que  $k$  depende únicamente de la posición relativa de  $c_k$  en una región Voronoi escalada y traducida:

$$k = \text{mod}_M(c_k G^{-1}).$$



donde  $G$  es la matriz generadora y  $\text{mod}_M(\cdot)$  es la operación modulo- $M$  a nivel de componente. Por lo tanto, el índice Voronoi  $k$  es un vector de números enteros con cada componente comprendido en el intervalo de 0 a  $M-1$ .

- 5 V2 Calcular el vector de código Voronoi  $v$  desde el índice Voronoi  $k$ . Esto puede implementarse usando un algoritmo como se describe en la referencia [8].
- V3 Calcular el vector de diferencia  $w = c_k - v$ . Este vector de diferencia  $w$  siempre pertenece a la malla escalada  $m\Lambda$ , donde  $\Lambda$  es la malla  $RE_B$ . Calcular  $z = w/M$ , es decir, aplicar el cambio de escala inverso al vector de diferencia  $w$ . El vector de código  $z$  pertenece a la malla  $\Lambda$  puesto que  $w$  pertenece a  $M\Lambda$ .
- 10 V4 Verificar si  $z$  está en el libro de códigos de base  $C$  (es decir en  $Q_3$  o  $Q_4$ ). Si  $z$  no está en el libro de códigos de base  $C$ , incrementar el orden de extensión  $r$  por 1, multiplicar el factor de escala  $M$  por 2, y retroceder a la sub-operación V1. De otra manera, si  $z$  está en el libro de códigos de base  $C$ , entonces se ha hallado un orden de extensión  $r$  y un factor de cambio de escala  $M = 2^r$  suficientemente grande para codificar el índice de  $c_k$ . El índice está formado de tres partes: 1) el número de libro de códigos  $n_k$  como un código unario definido a continuación; 2) la clasificación  $l_k$  de  $z$  en el libro de códigos de base correspondiente (cualquiera de  $Q_3$  o  $Q_4$ ); y 3) los 8 índices del vector de índice Voronoi  $k$  calculados en la sub-operación V1, donde cada índice requiere exactamente  $r$  bits ( $r$  es el orden de extensión Voronoi establecido en la sub-operación V0). El número de libro de códigos  $n_k$  se codifica como se describe en la tercera operación.

El punto de malla  $c_k$  se describe entonces como:

20

$$c_k = Mz + v.$$

Tercera operación: codificación de longitud variable de los números de libro de códigos

- 25 Los números de libro de códigos  $n_k$  se codifican usando un código de longitud variable que depende de la posición del filtro de LPC y del modo de cuantificación, como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3 - Modos de codificación para números de libro de códigos  $n_k$

Filtro	Modo de cuantificación	modo $n_k$
LPC4	Absoluto	0
LPC0	Absoluto	0
	LPC4 relativo	3
LPC2	Absoluto	0
	LPC4 relativo	3
LPC1	Absoluto	0
	(LPC0+LPC2)/2 relativo	1
	LPC2 relativo	2
LPC3	Absoluto	0
	(LPC2+LPC4)/2 relativo	1
	LPC2 relativo	2
	LPC4 relativo	2

- 30 modos  $n_k$  0 y 3:

El número de libro de códigos  $n_k$  se codifica como un código de longitud variable, como sigue:

- 35  $Q_2 \rightarrow$  el código para  $n_k$  es 00
- $Q_3 \rightarrow$  el código para  $n_k$  es 01
- $Q_4 \rightarrow$  el código para  $n_k$  es 10

Otros: el código para  $n_k$  es 11 seguido por:

- 40  $Q_5 \rightarrow$  0
- $Q_6 \rightarrow$  10
- $Q_0 \rightarrow$  110
- $Q_7 \rightarrow$  1110
- $Q_8 \rightarrow$  11110

etc.

modo  $n_k$  1:

5 El número de libro de códigos  $n_k$  se codifica como un código unario, como sigue:

- $Q_0 \rightarrow$  código unario para  $n_k$  es 0
- $Q_2 \rightarrow$  código unario para  $n_k$  es 10
- $Q_3 \rightarrow$  código unario para  $n_k$  es 110
- 10  $Q_4 \rightarrow$  código unario para  $n_k$  es 1110 etc.

modo  $n_k$  2:

El número de libro de códigos  $n_k$  se codifica como un código de longitud variable, como sigue:

- 15  $Q_2 \rightarrow$  el código para  $n_k$  es 00
- $Q_3 \rightarrow$  el código para  $n_k$  es 01
- $Q_4 \rightarrow$  el código para  $n_k$  es 10
- Otros: el código para  $n_k$  es 11 seguido por:

- 20  $Q_0 \rightarrow$  0
- $Q_5 \rightarrow$  10
- $Q_6 \rightarrow$  110
- etc.

25 *Decisión de modo de cuantificación*

Para cada vector de LSF, se intentan cada uno de todos los posibles modos de cuantificación absoluta y diferencial como se describe en la Tabla 2 y, por ejemplo, se selecciona el modo de cuantificación que requiere el número mínimo de bits. El modo de cuantificación codificado y el correspondiente conjunto de índices de cuantificación se transmite al decodificador.

Como se ha mencionado en la descripción anterior, el número real de filtros de LPC cuantificados transmitidos desde el codificador al decodificador no está fijado, sino que en su lugar depende de la decisión de ACELP/TCX tomada en el codificador. Por ejemplo, TCX largo (TCX1024) requiere únicamente la transmisión del filtro cuantificado LPC4 mientras que cualquier combinación que implique ACELP o TCX corto (TCX256) requiere la transmisión de todos los cuatro (4) filtros de LPC cuantificados LPC1 a LPC4. Únicamente se transmiten realmente los filtros de LPC cuantificados que se requieren por la configuración de modo ACELP/TCX.

40 *Proceso de decodificación de cuantificador de vector algebraico*

Como se ha mencionado en el presente documento anteriormente, el número real de filtros de LPC cuantificados codificados en el flujo de bits depende de la combinación de modo de ACELP/TCX de la súper-trama. La combinación de modo de ACELP/TCX se extrae desde el flujo de bits y determina los modos de codificación,  $\text{mod}[k]$  para  $k=0$  a 3, de cada una de las cuatro (4) tramas que componen la súper-trama. El valor de modo es 0 para ACELP, 1 para TCX256, 2 para TCX512, 3 para TCX1024.

Además del uno (1) a cuatro (4) filtros de LPC cuantificados de la súper-trama, lo anteriormente descrito, se transmite el filtro cuantificados LPC0 opcional para la primera súper-trama de cada segmento codificado usando el códec basado en predicción lineal.

El orden en el que se hallan normalmente los filtros de LPC cuantificados en el flujo de bits es: LPC4, el opcional LPC0, LPC2, LPC1 y LPC3.

La condición para la presencia de un filtro de LPC dado en el flujo de bits se resume en la Tabla 4.

55 Tabla 4 - Condición para la presencia de un filtro de LPC dado en el flujo de bits

Filtro de LPC	Presente si
LPC0	1ª súper-trama codificada usando LP
LPC1	$\text{mod}[0] < 2$
LPC2	$\text{mod}[2] < 3$
LPC3	$\text{mod}[2] < 2$
LPC4	Siempre

La Figura 9 es un diagrama de bloques esquemático que resume el proceso de decodificación.

Operaciones 901 y 902: el decodificador comprende medios para recibir y extraer, por ejemplo, un demultiplexor, desde el flujo de bits recibido los índices de cuantificación que corresponden a cada uno de los filtros de LPC cuantificados requeridos por la combinación de modo ACELP/TCX. Para un filtro de LPC cuantificado dado, un 5  
determinador de modo de cuantificación extrae desde el flujo de bits recibido desde el codificador el índice o información relacionada con el modo de cuantificación, y determina si el modo de cuantificación es el modo de cuantificación absoluta o diferencial como se indica en la Tabla 2.

Operaciones 903 y 905: cuando las operaciones 901 y 902 determinan que el modo de cuantificación es el modo de 10  
cuantificación absoluta, un restador extrae del flujo de bits el índice o índices que corresponden a la aproximación de primera etapa cuantificada VQ estocástica (operación 903). Un calculador a continuación calcula la aproximación de primera etapa a través de la cuantificación inversa (operación 905).

Operaciones 904 y 905: cuando las operaciones 901 y 902 determinan que el modo de cuantificación es el modo de 15  
cuantificación diferencial (no el modo de cuantificación absoluta), un restador extrae del flujo de bits los índices o información representativa de la referencia entre la pluralidad de posibles referencias, por ejemplo, el vector de referencia de LPC (operación 904). El calculador a continuación calcula desde esta información la aproximación de primera etapa como se describe con referencia a la Tabla 2 (operación 905).

En la operación 906, un restador de información de VQ extrae desde el flujo de bits recibido desde el codificador la 20  
información de VQ de tasa de bits variable del codificador, por ejemplo, información de AVQ. Más específicamente, como un ejemplo no limitativo, la información de AVQ para los dos sub-vectores de LSF residuales  $\hat{B}_k$  se extrae desde el flujo de bits. La información de AVQ normalmente comprende dos números de libro de códigos codificados y los correspondientes índices de AVQ. La única excepción es cuando el filtro LPC1 se cuantifica de manera 25  
diferencial con relación a (filtro cuantificado LPC0+filtro cuantificado LPC2)/2, puesto en este caso no hay información de AVQ presente en el flujo de bits. En el caso de la última excepción, el vector de LSF cuantificado 909 se emite como la aproximación de primera etapa de la operación 905.

Operación 907: un cuantificador de vector algebraico inverso recibe la información de AVQ extraída de la operación 30  
906 para cuantificar a la inversa, o ponderar a la inversa y recuperar la contribución de AVQ.

#### *Decodificación de índices de AVQ*

Decodificar los filtros de LPC implica decodificar la información de AVQ extraída, por ejemplo, los parámetros de 35  
AVQ que describen cada sub-vector cuantificado  $\hat{B}_k$  del vector de LSF residual ponderado. En el ejemplo anterior, cada sub-vector  $\hat{B}_k$  tiene una dimensión de 8. Los parámetros de AVQ para cada sub-vector  $B_k$  se describen en la segunda operación de la cuantificación algebraica de vector anteriormente descrita. Para cada sub-vector cuantificado  $\hat{B}_k$ , se envían tres conjuntos de índices binarios por el codificador al decodificador:

a) el número de libro de códigos  $n_k$ , transmitido usando un código de entropía como se describe en la tercera 40  
operación de la cuantificación algebraica de vector anteriormente descrita;

b) la clasificación  $l_k$  de un punto de malla seleccionado  $z$  en un libro de códigos de base, que indica qué 45  
permutación se ha de aplicar a un líder específico (véase la segunda operación de la cuantificación algebraica de vector anteriormente descrita) para obtener un punto de malla  $z$ ; y

c) si el sub-vector cuantificado  $\hat{B}_k$  (un punto de malla en la malla  $RE_\beta$ ) no estaba en el libro de códigos de base, 50  
los 8 índices del vector de índice de extensión Voronoi  $k$  calculados en la sub-operación V1 de la segunda operación de la cuantificación algebraica de vector anteriormente descrita; desde los índices de extensión Voronoi, un vector de extensión  $v$  puede calcularse como se conoce por la Referencia [8]. El número de bits en cada componente de vector de índice  $k$  se proporciona por el orden de extensión  $r$ , que puede obtenerse a partir del valor de código del índice  $n_k$ . El factor de cambio de escala  $M$  de la extensión Voronoi se proporciona por  $M = 2^r$ .

A continuación, desde el factor de cambio de escala  $M$ , el vector de extensión Voronoi  $v$  (un punto de malla en la 55  
malla  $RE_\beta$ ) y el punto de malla  $z$  en el libro de códigos de base (también un punto de malla en la malla  $RE_\beta$ ), cada sub-vector escalado cuantificado  $\hat{B}_k$  puede calcularse usando la siguiente relación:

$$\hat{B}_k = Mz + v.$$

Cuando no hay extensión de Voronoi (es decir  $n_k < 5$ ,  $M=1$  y  $z=0$ ), el libro de códigos de base es cualquier libro de 60  
códigos  $Q_0$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  o  $Q_4$  de la Referencia [6]. Entonces no se requieren bits para transmitir el vector  $k$ . De otra manera, cuando se usa la extensión Voronoi puesto que  $\hat{B}_k$  es lo suficientemente grande, entonces únicamente se usa  $Q_3$  o  $Q_4$  de la Referencia [6] como un libro de códigos de base. La selección de  $Q_3$  o  $Q_4$  es implícita en el valor

de número de libro de códigos  $n_k$ , como se describe en la segunda operación de la cuantificación algebraica de vector anteriormente descrita.

5 Operación 908: un sumador suma la aproximación de primera etapa de la operación 905 a la contribución de AVQ ponderada inversa de la operación 907 para reconstruir y recuperar el vector de LSF cuantificado 909.

Aunque la presente invención se ha definido en la descripción anterior por medio de realizaciones ilustrativas de la misma, estas realizaciones pueden modificarse a voluntad, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

10 *Referencias*

- [1] 3GPP Technical Specification TS 26.290, "Audio Codec Processing Functions; Extended Adaptive Multi-Rate - Wideband (AMR-WB+) Codec; Transcoding Functions", junio de 2005.
- 15 [2] J. Skoglund, J. Linden, "Predictive VQ for Noisy Channel Spectrum Coding: AR Or MA?," IEEE 1997 International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP'97), págs. 1351-1354, Múnich, Alemania, 21-24 de abril de 1997.
- [3] H. Zarrinkoub, P. Mermelstein, "Switched Prediction and Quantization of LSP Frequencies", IEEE 1996 International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP'96), Vol. 2, págs. 757-760, 7-10 de mayo de 1996.
- 20 [4] A. V. McCree, "Method for Switched-Predictive Quantization", Patente de Estados Unidos N.º 6.122.608.
- [5] R. Laroia, N. Phamdo y N. Farvardin, "Robust and Efficient Quantization of Speech LSP Parameters Using Structured Vector Quantizers", IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP'1991), págs. 641-644, Washington, DC, 14-17 de abril de 1991.
- 25 [6] M. Xie y J.-P. Adoul, "Embedded Algebraic Vector Quantization (EAVQ) with Application to Wideband Audio Coding", IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), Atlanta, GA, Estados Unidos, Vol. 1, págs. 240-243, 1996.
- [7] P. Rault, C. Guillemot, "Indexing Algorithm for  $Z_n$ ,  $A_n$ ,  $D_n$  and  $D_{n++}$  Lattice Vector Quantizers, IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 3, N.º 4 de diciembre de 2001.
- 30 [8] J.H. Conway y N.J.A. Sloane, "A Fast Encoding Method for Lattice Codes and Quantizers", IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. IT-29, N.º 6, págs. 820-824, noviembre de 1983.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para cuantificar, en una súper-trama que incluye una secuencia de tramas de un códec de banda ancha de múltiple tasa adaptativo extendido (AMR-WB+) o un códec de codificador de habla y audio unificado (USAC), filtros de LPC calculados durante las tramas de la secuencia, en el que el método de cuantificación del filtro de LPC comprende:
- 5
- cuantificar (501) en primer lugar uno de los filtros de LPC usando cuantificación absoluta;
- caracterizado por que dicho método comprende adicionalmente cuantificar (503, 504, 505) los otros filtros de
- 10
- LPC usando un modo de cuantificación seleccionado a partir del grupo que consiste en cuantificación absoluta y cuantificación diferencial con relación a al menos un filtro previamente cuantificado de entre los filtros de LPC, en el que:
- la secuencia de tramas consiste en cuatro tramas con una primera trama durante la cual se calcula un filtro
- 15
- LPC1, una segunda trama durante la cual se calcula un filtro LPC2, una tercera trama durante la cual se calcula un filtro LPC3 y una cuarta trama durante la cual se calcula un filtro LPC4;
- cuantificar el primer filtro de LPC cuantificado comprende cuantificar (501) el filtro LPC4 usando cuantificación absoluta; y
- 20
- cuantificar los otros filtros de LPC comprende:
- cuantificar el filtro LPC2 (503) usando un modo de cuantificación seleccionado a partir del grupo que consiste en cuantificación absoluta y cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC4;
  - cuantificar el filtro LPC1 (504) usando un modo de cuantificación seleccionado a partir del grupo que
  - 25
  - cuantificar el filtro LPC3 (505) usando un modo de cuantificación seleccionado a partir del grupo que consiste en cuantificación absoluta, cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC2, cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC4 y cuantificación diferencial con relación a ambos de los filtros cuantificados LPC2 y LPC4.
2. Un método para cuantificar filtros de LPC como se define en la reivindicación 1, en el que el primer filtro de LPC cuantificado se selecciona a partir del grupo que consiste en uno de los filtros de LPC (LPC4) que siempre se transmite a un decodificador, y el filtro de LPC (LPC4) calculado durante una última trama de la secuencia.
3. Un método para cuantificar filtros de LPC como se define en la reivindicación 1, que comprende usar un conjunto de modos de codificación para codificar la súper-trama, que incluye al menos un primer modo de codificación que cubre una duración de una trama, un segundo modo de codificación que cubre una duración de dos tramas y un tercer modo de codificación que cubre una duración de cuatro tramas.
4. Un método para cuantificar filtros de LPC como se define en la reivindicación 3, que comprende:
- 40
- transmitir (303) el filtro cuantificado LPC4 a un decodificador;
- si la primera, segunda, tercera y cuarta tramas de la súper-trama no se codifican usando el tercer modo de codificación, transmitir (305) el filtro cuantificado LPC2 al decodificador;
- 45
- si la primera y segunda tramas de la súper-trama se codifican usando el al menos un primer modo de codificación, transmitir (307) el filtro cuantificado LPC1 al decodificador; y
- si la tercera y cuarta tramas de la súper-trama se codifican usando el al menos un primer modo de codificación, transmitir (309) el filtro cuantificado LPC3 al decodificador.
5. Un método para cuantificar filtros de LPC como se define en la reivindicación 1, en el que cuantificar el filtro LPC3 usando cuantificación diferencial con relación a ambos de los filtros cuantificados LPC2 y LPC4 comprende cuantificar (305) de manera diferencial el filtro LPC3 con relación a  $(LPC2+LPC4)/2$ .
6. Un método para cuantificar filtros de LPC como se define en la reivindicación 1, que comprende adicionalmente cuantificar un filtro LPCO (502) que corresponde a un último filtro de LPC calculado durante una súper-trama anterior, en el que cuantificar el filtro LPC1 (504) comprende usar un modo de cuantificación seleccionado a partir del grupo que consiste en cuantificación absoluta, cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC2 y cuantificación diferencial con relación a ambos de los filtros cuantificados LPCO y LPC2.
7. Un dispositivo para cuantificar, en una súper-trama que incluye una secuencia de tramas de un códec de banda ancha de múltiple tasa adaptativo extendido (AMR-WB+) o un códec de codificador de habla y audio unificado (USAC), filtros de LPC calculados durante las tramas de la secuencia, en el que el dispositivo de cuantificación de filtro de LPC comprende:
- 60
- medios para cuantificar (501) en primer lugar uno de los filtros de LPC (LPC4) usando cuantificación absoluta;
- 65
- caracterizado por que dicho dispositivo comprende adicionalmente medios para cuantificar (503, 504, 505) los otros filtros de LPC (LPC2, LPC1, LPC3) usando un modo de cuantificación seleccionado a partir del grupo que

consiste en cuantificación absoluta y cuantificación diferencial con relación a al menos un filtro previamente cuantificado de entre los filtros de LPC, en el que:

5 la secuencia de tramas consiste en cuatro tramas con una primera trama durante la cual se calcula un filtro LPC1, una segunda trama durante la cual se calcula un filtro LPC2, una tercera trama durante la cual se calcula un filtro LPC3 y una cuarta trama durante la cual se calcula un filtro LPC4; los medios para cuantificar el primer filtro de LPC cuantificado comprenden medios para cuantificar (501) el filtro LPC4 usando cuantificación absoluta; y  
 10 los medios para cuantificar los otros filtros de LPC comprenden:

- medios para cuantificar (503) el filtro LPC2 usando un modo de cuantificación seleccionado a partir del grupo que consiste en cuantificación absoluta y cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC4;
- 15 - medios para cuantificar (504) el filtro LPC1 usando un modo de cuantificación seleccionado a partir del grupo que consiste en cuantificación absoluta y cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC2; y
- medios para cuantificar (505) el filtro LPC3 usando un modo de cuantificación seleccionado a partir del grupo que consiste en cuantificación absoluta, cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC2, cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC4 y cuantificación diferencial con  
 20 relación a ambos de los filtros cuantificados LPC2 y LPC4.

8. Un dispositivo para cuantificar filtros de LPC como se define en la reivindicación 7, en el que el primer filtro de LPC cuantificado (LPC4) se selecciona a partir del grupo que consiste en uno de los filtros de LPC que siempre se transmite a un decodificador, y el filtro de LPC (LPC4) calculado durante una última trama de la secuencia.  
 25

9. Un dispositivo para cuantificar filtros de LPC como se define en la reivindicación 7, que comprende medios para codificar la súper-trama usando un conjunto de modos de codificación que incluye al menos un primer modo de codificación que cubre una duración de una trama, un segundo modo de codificación que cubre una duración de dos tramas y un tercer modo de codificación que cubre una duración de cuatro tramas.  
 30

10. Un dispositivo para cuantificar filtros de LPC como se define en la reivindicación 9, que comprende:  
 35 medios para transmitir (303) el filtro cuantificado LPC4 a un decodificador; si la primera, segunda, tercera y cuarta tramas de la súper-trama no se codifican usando el tercer modo de codificación, medios para transmitir (305) el filtro cuantificado LPC2 al decodificador; si la primera y segunda tramas de la súper-trama se codifican usando el al menos un primer modo de codificación, medios para transmitir (307) el filtro cuantificado LPC1 al decodificador; y  
 40 si la tercera y cuarta tramas de la súper-trama se codifican usando el al menos un primer modo de codificación, medios para transmitir (309) el filtro cuantificado LPC3 al decodificador.

11. Un dispositivo para cuantificar filtros de LPC como se define en la reivindicación 9, en el que los medios para cuantificar el filtro LPC3 usando cuantificación diferencial con relación a ambos de los filtros cuantificados LPC2 y LPC4 comprenden medios para cuantificar (505) de manera diferencial el filtro LPC3 con relación a  $(LPC2+LPC4)/2$ .  
 45

12. Un dispositivo para cuantificar filtros de LPC como se define en la reivindicación 7, que comprende adicionalmente medios para cuantificar (502) un filtro LPCO que corresponde a un último filtro de LPC calculado durante una súper-trama anterior, en el que los medios para cuantificar (504) el filtro LPC1 comprenden medios para usar un modo de cuantificación seleccionado a partir del grupo que consiste en cuantificación absoluta, cuantificación diferencial con relación al filtro cuantificado LPC2 y cuantificación diferencial con relación a ambos de los filtros cuantificados LPCO y LPC2.  
 50

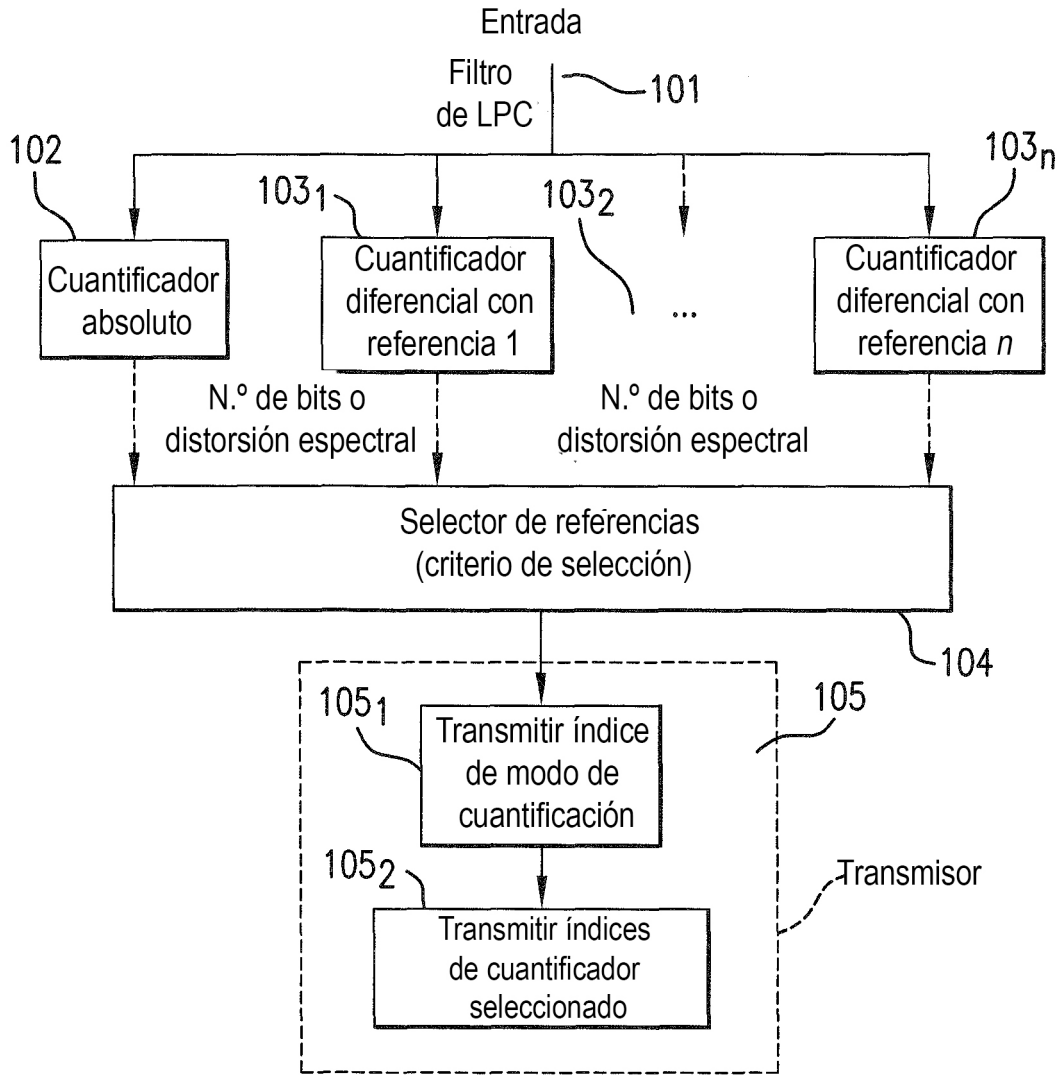


FIG. 1

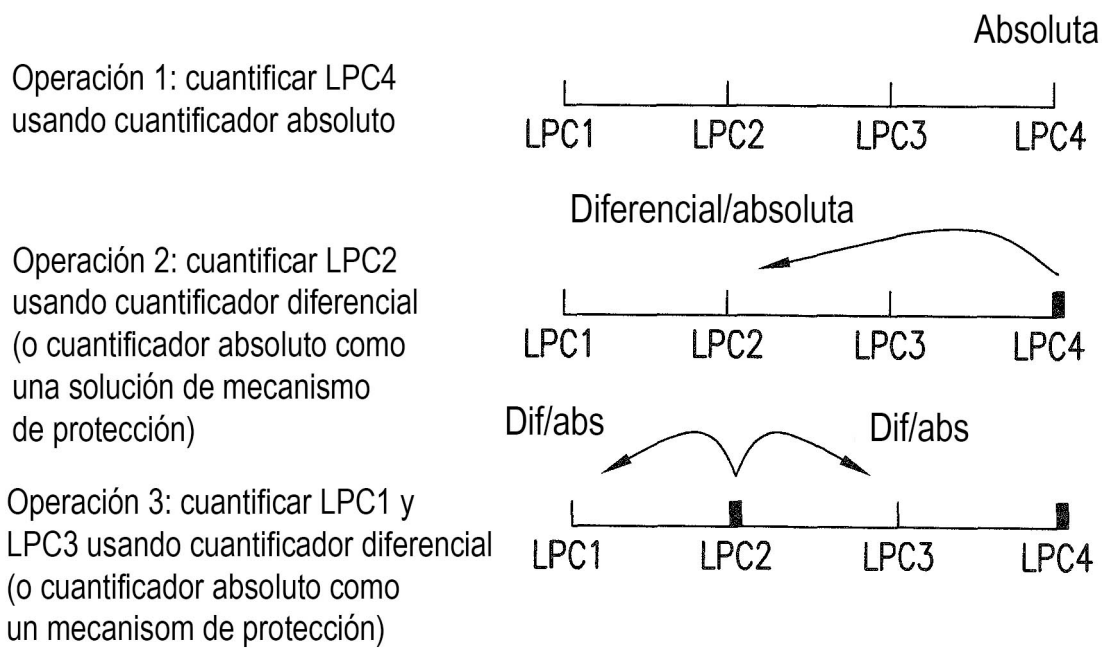


FIG.2



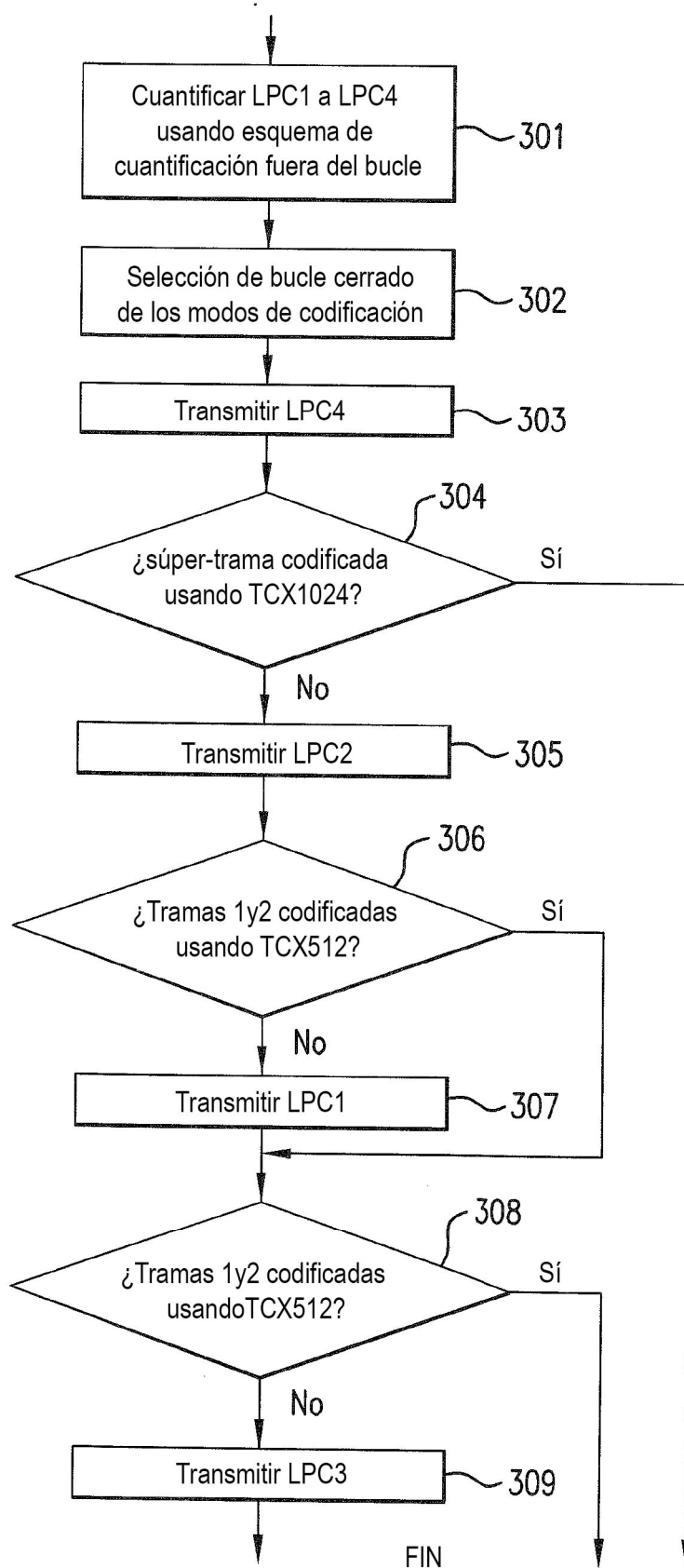


FIG.3

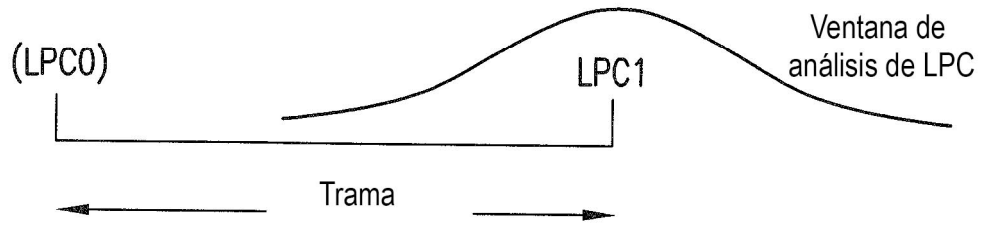


FIG.4A

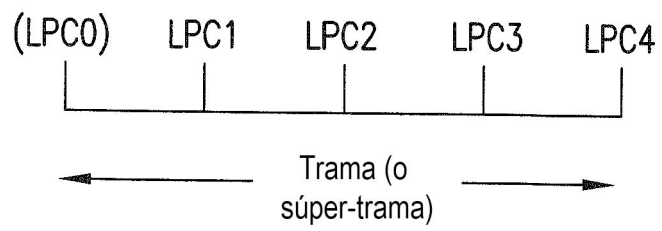


FIG.4B

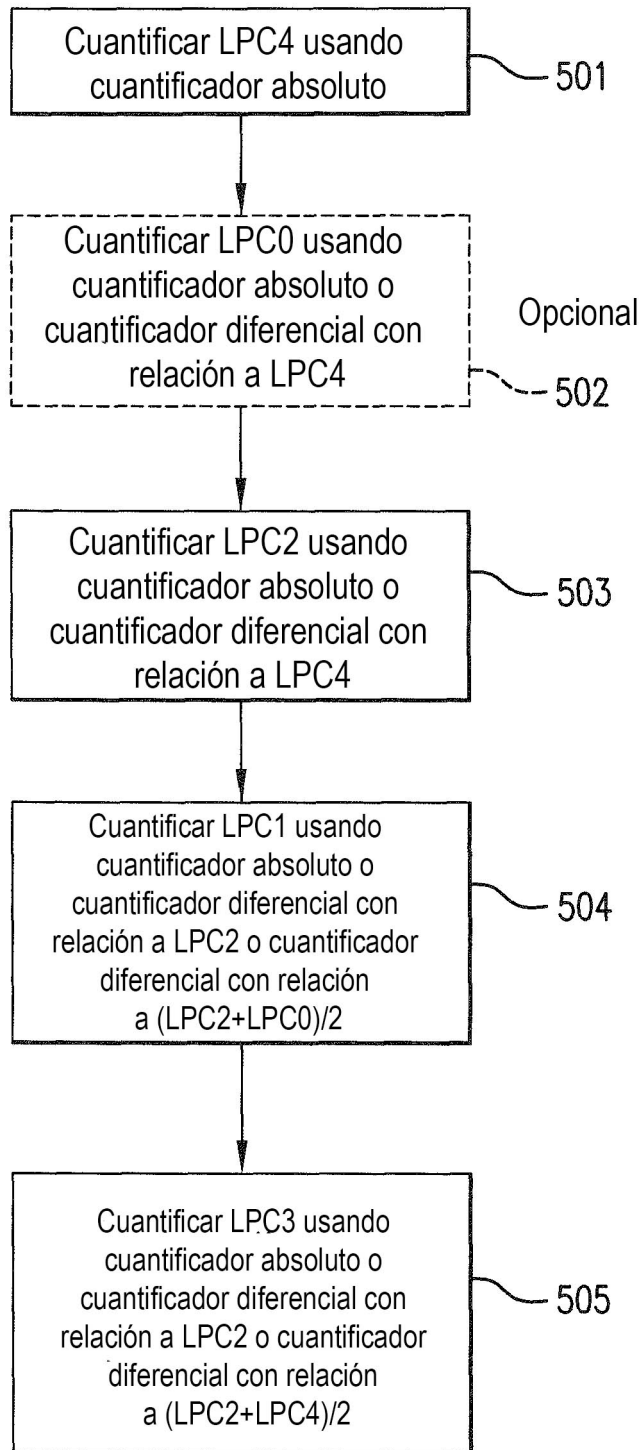


FIG.5

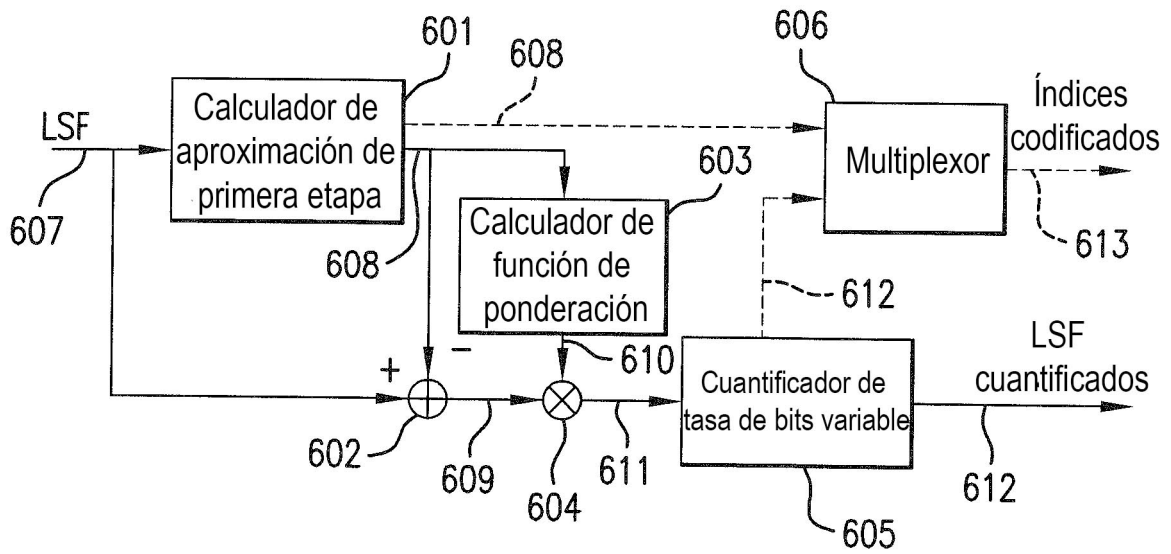


FIG. 6

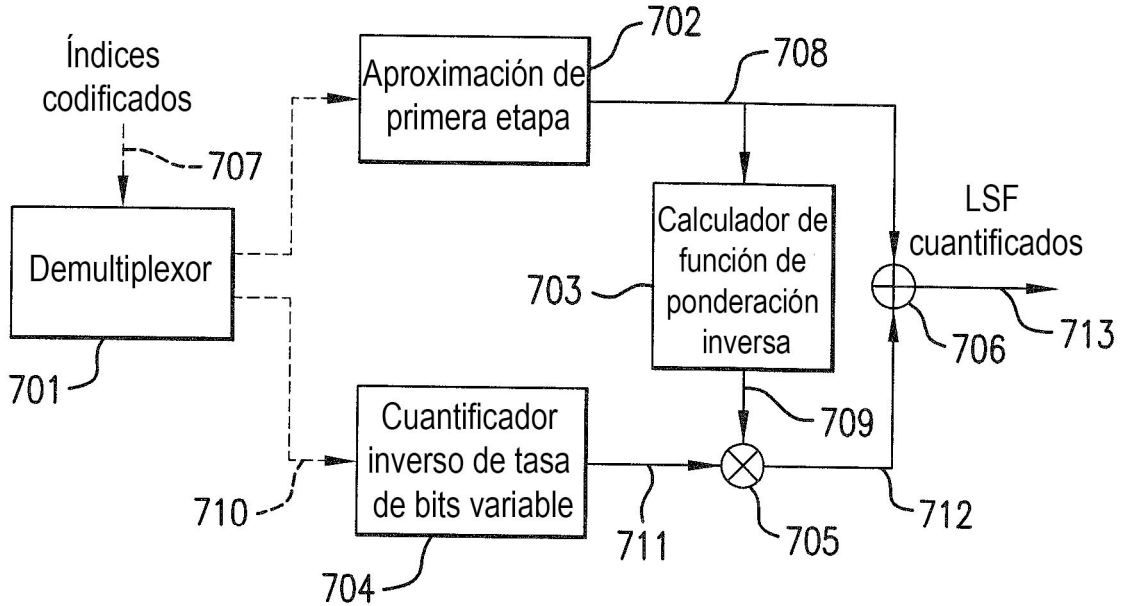


FIG. 7

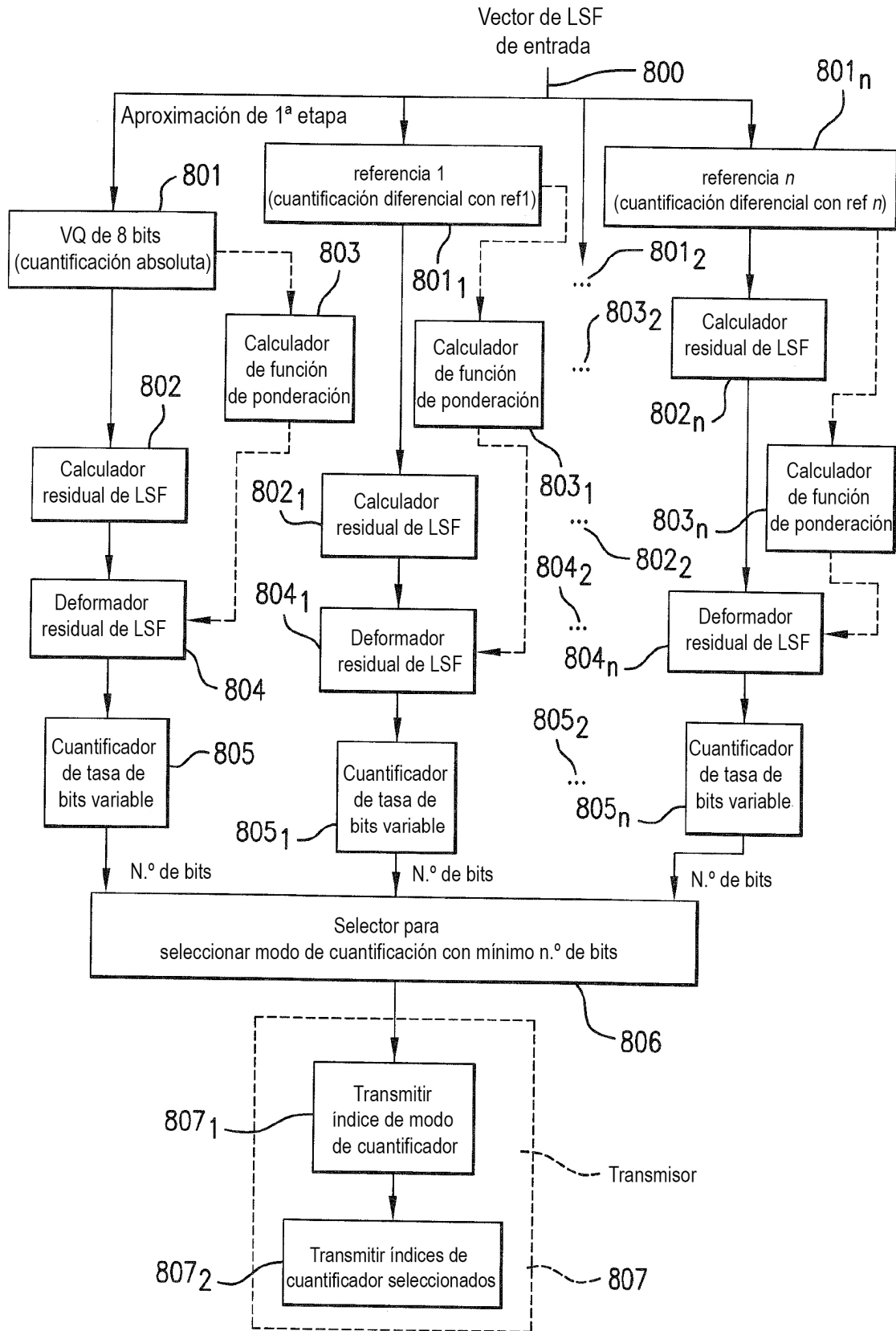


FIG. 8

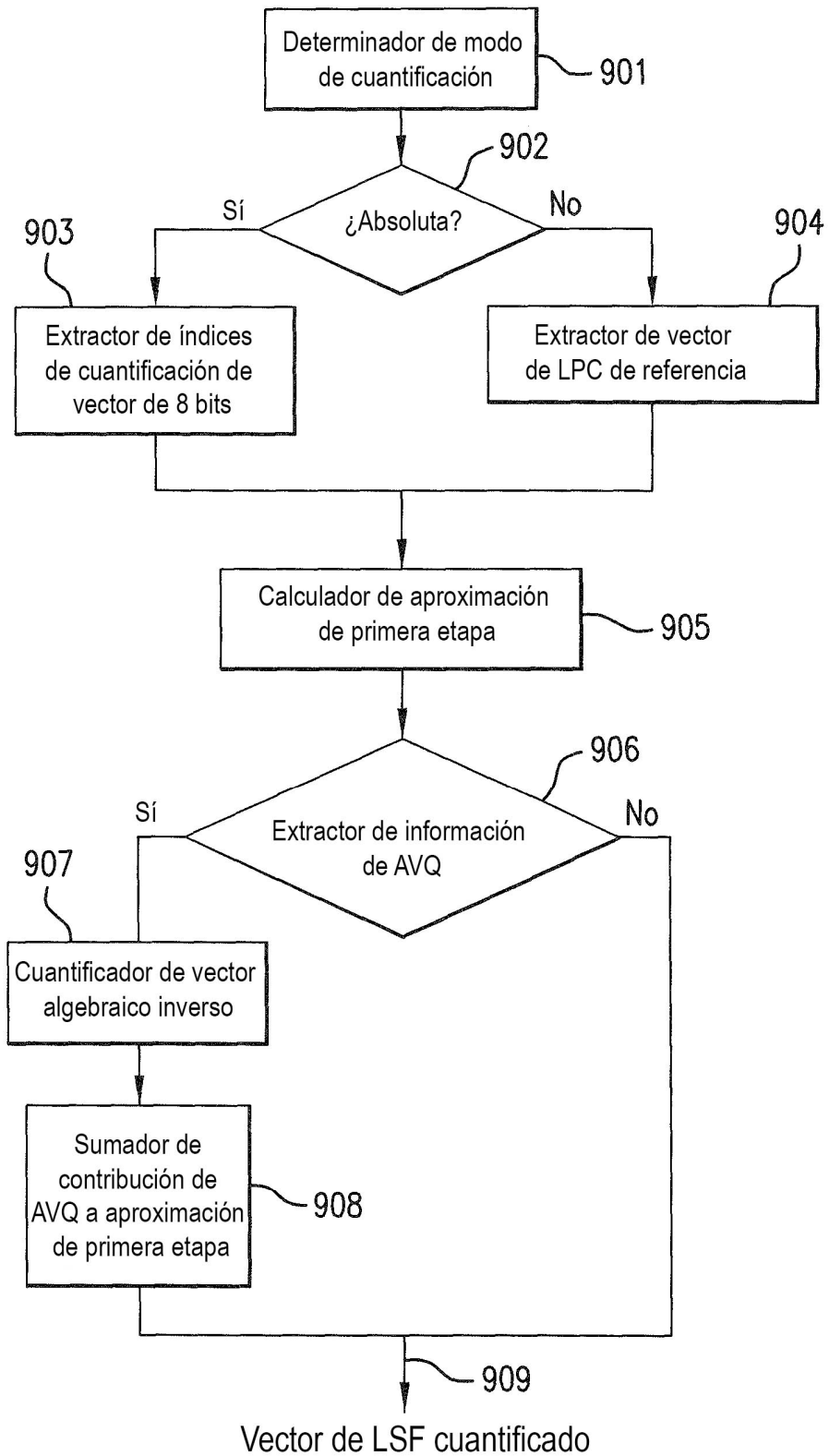


FIG. 9