

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 492**

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/CA2009/000981**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.01.2010 WO10003254**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.07.2009 E 09793770 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2017 EP 2301022**

54 Título: **Dispositivo y método de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias**

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:
18.01.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

GOURNAY, PHILIPPE;
BESSETTE, BRUNO y
SALAMI, REDWAN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 650 492 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 de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a codificación y decodificación de una señal de sonido, por ejemplo, una señal de audio. Más específicamente, la presente invención se refiere a cuantificación de filtro LPC (Coeficientes de Predicción Lineal) de múltiples referencias y dispositivo de cuantificación inversa y método.

10

Antecedentes de la invención

La demanda para técnicas de codificación de voz digital y audio con una buena compensación entre calidad subjetiva y tasa de bits está aumentando en diversas áreas de aplicación tal 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 por un canal de comunicación o almacena en un medio de almacenamiento. La señal de voz a codificar se digitaliza, que se muestrea y cuantifica usando por ejemplo 16 bits por muestra. Un reto del codificador de voz es representar las muestras digitales con un menor número de bits mientras mantiene una buena calidad de voz subjetiva. Un codificador de voz o sintetizador convierte el flujo de bits transmitido o almacenado de vuelta a una señal de sonido.

20

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

25

30

35

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

40

45

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

50

El documento WO 2007/040349 A1 divulga un método y aparato para procesamiento de señales. En el mismo, la codificación de datos y la codificación se realizan con correlación y en el que se usa agrupamiento para aumentar eficiencia de codificación. Una señal recibida por una red IP se desencapsula y se determinan un valor de referencia piloto que corresponde a una pluralidad de datos y un valor de diferencia piloto que corresponde al valor de referencia piloto. Los datos se obtienen a continuación usando ambos valores.

55

El documento US 5859932 A divulga un método para transmitir y grabar un patrón de entrada dividiendo el patrón de entrada en un índice de cuantificación de vector y su señal de diferencia.

60

Para superar los inconvenientes indicados anteriormente, existe una necesidad para una técnica usando cuantificación de tasa de bits variable de los filtros LPC para reducir el número de bits implicados en la cuantificación de los filtros LPC. También, una técnica de este tipo será pertinente para modelos de codificación de voz o audio que usan tanto una supertrama como una estructura de múltiples modos tales como la AMR-WB+ [1] y USAC que se desarrollan en MPEG.

Sumario de la invención

65

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo de cuantificación de

múltiples referencias de acuerdo con reivindicación independiente 1.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método de cuantificación de múltiples referencias de acuerdo con reivindicación independiente 9.

5 Aspectos adicionales de la presente invención se cubren mediante las reivindicaciones dependientes.

10 Los objetivos anteriores y otros, ventajas y características de la presente invención serán más evidentes tras la lectura de la siguiente descripción no restrictiva de realizaciones ilustrativas de la misma, dada únicamente a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos adjuntos:

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

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

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

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

30 la Figura 4b es una ventana de análisis LPC típica cuando se estiman cuatro (4) filtros LPC por trama (o supertrama) en un códec basado en LPC, en el que la ventana 1254723.1 de análisis LPC se centra en el extremo de la trama;

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

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

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

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

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 cuantificación diferencial con una elección entre varias posibles referencias. Más específicamente, un filtro LPC se cuantifica diferencialmente en relación con varias posibles referencias.

50 Se sabe que filtros LPC consecutivos muestran un cierto grado de correlación. Para tomar ventaja de esta correlación, cuantificadores de LPC generalmente hacen uso de predicción. En lugar de cuantificar el vector de Coeficientes de Predicción Lineal (vector LPC) que representa el filtro LPC directamente, un cuantificador diferencial (o predictivo) primero calcula un valor predicho de este vector LPC y, a continuación, cuantifica la diferencia (a menudo llamada predicción residual) entre el vector LPC original y el vector LPC predicho.

60 Predicción normalmente se basa en valores anteriores del filtro LPC. Dos tipos de predictores se usan comúnmente: predictores de media móvil (MA) y autorregresivos (AR). Aunque predictores AR a menudo son más eficientes reduciendo la norma L2 (cuadrado medio) de los datos a cuantificar que predictores MA, en ocasiones los últimos son útiles porque son menos propensos a propagación de error en caso de transmisiones de errores [2].

Ya que la norma L2 de la predicción residual es en promedio más baja que la norma L2 del vector LPC original (la relación entre los dos dependiendo del grado de previsibilidad del filtro LPC), un cuantificador diferencial (o predictivo) puede lograr el mismo grado de rendimiento que un cuantificador absoluto, pero a una tasa de bits más baja.

De media, predicción es de hecho eficiente reduciendo la norma L2 de los datos a cuantificar. Sin embargo, este comportamiento no es constante; predicción es mucho más eficiente durante segmentos estables de señal que durante segmentos transicionales. Predicción puede incluso conducir a valores de norma L2 aumentados cuando los filtros LPC cambian rápido. Puede lograrse alguna mejora de rendimiento considerando dos predictores diferentes, uno para segmentos altamente predictivos, el otro para segmentos menos predictivos [3, 4]. Como se ha mencionado en la anterior descripción, esta técnica usa únicamente valores pasados del filtro LPC.

Para superar este problema, se propone cuantificar diferencialmente un filtro LPC con respecto a una referencia, por ejemplo, un filtro de referencia, elegido entre un número de posibles referencias. Los posibles filtros de referencia son filtros LPC pasados o futuros ya cuantificados (por lo tanto, disponibles en el decodificador como en el codificador) o los resultados de diversas operaciones de extrapolación o interpolación aplicadas a filtros 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 dado.

La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un dispositivo de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias y método. Un filtro LPC 101 dado representado mediante un vector de Coeficientes de Predicción Lineal se introduce al dispositivo de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias y método. El filtro LPC de entrada 101 se cuantifica diferencialmente con respecto a una referencia elegida entre un número de posibles referencias 1, 2, ..., n . Posibles referencias comprenden:

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

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

Operaciones 102 y 103₁, 103₂, ..., 103 _{n} : todavía haciendo referencia a la Figura 1, el filtro LPC de entrada 101 se suministra a un cuantificador absoluto (Operación 102) y a cuantificadores diferenciales (Operaciones 103₁, 103₂, ..., 103 _{n}). El cuantificador absoluto (Operación 102) cuantifica el valor absoluto (no una diferencia) del filtro LPC de entrada 101. Los cuantificadores diferenciales (Operaciones 103₁, 103₂, ..., 103 _{n}) se diseñan para cuantificar diferencialmente el filtro LPC de entrada 101 con respecto a respectivas referencias 1, 2, ..., n .

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

En la Operación 104, la selección de una referencia entre referencias 1, 2, ..., n a usarse realmente en el proceso de cuantificación diferencial 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 selección de bucle cerrado puede basarse en minimizar un error cuadrático medio ponderado entre el vector LPC de entrada y el vector LPC cuantificado que corresponde a cada referencia. También, puede usarse la distorsión espectral entre el vector LPC de entrada y el vector LPC cuantificado. Como alternativa, puede realizarse la cuantificación usando las posibles referencias mientras se mantiene una distorsión por debajo de cierto umbral y se elige la referencia que cumple tanto con este criterio como usa el número más pequeño de bits. Como se explicará en la siguiente descripción, puede usarse un cuantificador de vector algebraico de tasa de bits variable para cuantificar el vector residual escalado (diferencia entre el vector 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 más pequeño de bits.

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

Operación 105: a continuación de la selección de una de las referencias 1, 2, ..., n mediante la Operación 104, un transmisor (Operación 105) comunica o señala al decodificador (no mostrado) el filtro LPC cuantificado (no mostrado) y un índice indicativo del modo de cuantificación (sub-Operación 105₁), por ejemplo, cuantificación absoluta o diferencial. También, cuando se usa cuantificación diferencial, el transmisor (Operación 105) comunica o

señaliza al decodificador índices representativos de la referencia seleccionada y cuantificador diferencial asociado de Operaciones 103₁, 103₂, ..., 103_n (sub-Operación 105₂). Algunos bits específicos se transmiten al decodificador para tal señalización.

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

10 Cuantificación absoluta o diferencial conmutada

De acuerdo con un segundo aspecto, se usa 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 103₁, 103₂, ..., 103_n) usando respectivas referencias diferentes 1, 2, ..., n . De nuevo, la selección de un cuantificador puede hacerse mediante el selector de la Operación 104 entre los cuantificadores absolutos y diferenciales (Operaciones 102 y 103₁, 103₂, ..., 103_n), en el que el cuantificador seleccionado, de acuerdo con el criterio de selección, minimizará el nivel de distorsión producido a una tasa de bits dada o minimizará la tasa de bits para lograr un nivel objetivo de distorsión.

- 20 Algunos filtros LPC pueden codificarse usando el cuantificador absoluto (Operación 102). Los otros filtros LPC se codifican diferencialmente con respecto a uno o varios filtros LPC de referencia en los cuantificadores diferenciales (Operaciones 103₁, 103₂, ..., 103_n).

25 El cuantificador absoluto (Operación 102) puede usarse como una solución de red de seguridad para los filtros LPC cuantificados diferencialmente de otra manera, por ejemplo, en el caso de grandes desviaciones de LPC o cuando el cuantificador absoluto (Operación 102) es más eficiente que los cuantificadores diferenciales (Operaciones 103₁, 103₂, ..., 103_n) en términos de tasa de bits. El filtro(s) LPC de referencia pueden estar todos dentro de la misma supertrama para evitar introducir dependencias entre supertramas que habitualmente plantean problemas en caso de errores de transmisión (pérdidas de paquetes o borrados de tramas).

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

40 También, pueden haberse proporcionado uno o varios cuantificadores absolutos (Operación 102). Además, pueden haberse proporcionado uno o varios cuantificadores diferenciales (predictivos) (Operaciones 103₁, 103₂, ..., 103_n). Varios cuantificadores diferenciales (Operaciones 103₁, 103₂, ..., 103_n) implican varias posibles referencias tales como 1, 2, ..., n y/o varios tamaños de cuantificador diferencial y/o estructuras.

45 Como se describe en la descripción anterior, cuando se usan varios cuantificadores diferenciales (Operaciones 103₁, 103₂, ..., 103_n), selección del cuantificador diferencial actual a usar puede realizarse en un proceso de selección de bucle abierto o de bucle cerrado.

50 Cuando cuantificación diferencial falla en lograr un nivel objetivo de distorsión, o cuando cuantificación absoluta requiere un número más pequeño de bits que cuantificación diferencial para lograr ese nivel de distorsión, se usa cuantificación absoluta como una solución de red de seguridad. Uno o varios bits, dependiendo del número de posibles cuantificadores absolutos y diferenciales se transmite(n) a través del transmisor (Operación 105) para indicar al decodificador (no mostrado) el cuantificador actual que se usa.

55 Cuantificación absoluta / diferencial combina las ventajas de cuantificación predictiva (reducción en tasa de bits asociada con la reducción de la norma L2 de los datos a cuantificar) con la generalidad de cuantificación absoluta (que se usa como una red de seguridad en caso de que cuantificación diferencial (o predictiva) no logre un objetivo, por ejemplo, nivel de distorsión imperceptible).

60 Cuando se incluyen varios cuantificadores diferenciales (Operaciones 103₁, 103₂, ..., 103_n), estos cuantificadores diferenciales pueden hacer uso de o bien un mismo predictor o diferentes predictores. En particular, pero no exclusivamente, estos varios cuantificadores diferenciales pueden usar los mismos coeficientes predicción o diferentes coeficientes predicción.

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

- 65 - acerca del modo de cuantificación para determinar si el filtro 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 LPC.

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

10

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 basándose en el esquema de codificación ACELP y un modelo de codificación de dominio de transformada llamado TCX. El AMR-WB+ procede como se indica a continuación [1]:

15

- La señal de entrada se segmenta en supertramas de cuatro (4) tramas;
- Cada supertrama se codifica usando una combinación de cuatro (4) posibles modos de codificación, cubriendo cada modo de codificación una duración diferente:

20

- ACELP (cubriendo una duración de una (1) trama);
- TCX256 (cubriendo una duración de una (1) trama);
- TCX512 (cubriendo una duración de dos (2) tramas); y
- TCX1024 (cubriendo una duración de cuatro (4) tramas).

25

Existen por lo tanto 26 posibles combinaciones de modos para codificar cada supertrama.

Para una supertrama dada, la combinación de modos que minimiza un error ponderado total se determina mediante 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) diferentes ensayos (búsqueda en árbol, véase la Tabla 1). En el códec AMR-WB+, la selección de bucle cerrado se basa en minimizar el error cuadrático medio entre la entrada y señal de códec en un dominio ponderado (o maximizar la señal a relación de ruido de cuantificación).

30

Ensayo	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			

35

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

Los filtros LPC son uno de los diversos parámetros transmitidos mediante el códec AMR-WB+. A continuación se indican algunos elementos clave respecto de la cuantificación y transmisión de esos filtros LPC.

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

El códec AMR-WB+ usa un cuantificador de LPC predictivo (media móvil de primer orden). La Operación del último cuantificador depende del filtro LPC anteriormente transmitido y en consecuencia del modo de codificación anteriormente seleccionado. Por lo tanto, porque no se conoce la combinación exacta de modos hasta que toda la supertrama se codifica, algunos filtros LPC se codifican varias veces antes de que se determine la combinación final de modos.

Por ejemplo, el filtro LPC ubicado en el extremo de trama 3 se transmite al decodificador únicamente cuando se codifica la tercera trama como ACELP o TCX256. No se transmite cuando tramas 3 y 4 se codifican conjuntamente usando TCX512. Con respecto al filtro LPC ubicado en el extremo de 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 LPC de la supertrama depende de la combinación de modos para toda la supertrama.

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

El siguiente ejemplo se proporciona con referencia a la figura 2.

Operación 1 de la Figura 2: para evitar cualquier dependencia entre supertramas, al menos se cuantifica un filtro LPC usando un cuantificador de LPC absoluto. Ya que filtro LPC4 de trama 4 de la supertrama siempre se transmite independientemente de la combinación de modo de codificación mediante el procedimiento de selección de bucle cerrado, es conveniente cuantificar ese filtro LPC4 usando un cuantificador absoluto.

Operación 2 de la Figura 2: El siguiente filtro LPC a cuantificar es filtro LPC2 de trama 2 de la supertrama 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 de filtro LPC4. El mismo cuantificador absoluto usado para codificar filtro LPC4 también puede usarse como una solución de red de seguridad, por ejemplo, en el caso de grandes desviaciones de LPC o cuando el cuantificador de LPC absoluto es más eficiente que el cuantificador diferencial en términos de tasa de bits y/o nivel de distorsión.

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

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

Operación 501: un cuantificador absoluto cuantifica el filtro LPC4.

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 diferencialmente el filtro LPC0 con relación al filtro LPC4 cuantificado. El filtro LPC0 es el último filtro LPC (LPC4) de la anterior supertrama y puede usarse como una posible referencia para cuantificar los filtros LPC1 a LPC4.

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

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

Operación 505: un cuantificador absoluto cuantifica el filtro LPC3, un cuantificador diferencial cuantifica diferencialmente el filtro LPC3 con relación al filtro LPC2 cuantificado usado como referencia, un cuantificador diferencial cuantifica diferencialmente el filtro LPC3 con respecto a filtro LPC4 cuantificado usado como referencia o

un cuantificador diferencial cuantifica diferencialmente el filtro LPC3 con respecto a (filtro LPC2 cuantificado + filtro LPC4 cuantificado)/2) usado como referencia.

5 La Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra determinación de filtros LPC a transmitir en una configuración donde cuatro (4) filtros LPC pueden calcularse y transmitirse en una supertrama.

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

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

15 Operación 302: se realiza selección de bucle cerrado de los modos de codificación como se describe anteriormente en el presente documento.

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

- medio para recibir y extraer del flujo de bits recibido, por ejemplo un demultiplexor, el filtro LPC4 cuantificado; y
- un cuantificador inverso absoluto suministrado con el filtro LPC4 cuantificado para cuantificar inversamente el filtro LPC4 cuantificado.

25 Operación 304: si la supertrama se codifica usando modo TCX1024, no se requiere transmisión adicional.

30 Operación 305: si la primera, segunda, tercera y cuarta tramas de la supertrama no se codifican usando modo TCX1024, el filtro LPC2 cuantificado 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:

- medio para recibir y extraer del flujo de bits recibido, por ejemplo un demultiplexor, el filtro LPC2 cuantificado y el índice indicativo de uno del modo de cuantificación absoluta y el modo de cuantificación diferencial; y
- 35 - un cuantificador inverso absoluto suministrado con el filtro LPC2 cuantificado y el índice indicativo del modo de cuantificación absoluta para cuantificar inversamente el filtro LPC2 cuantificado o un cuantificador inverso diferencial suministrado con el filtro LPC2 cuantificado y el índice indicativo del modo de cuantificación diferencial para cuantificar inversamente el filtro LPC2 cuantificado.

40 Operación 306: si tramas 1 y 2 de la supertrama se codifican usando modo TCX512, el filtro LPC1 cuantificado no se transmite al decodificador.

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

- 50 - medio para recibir y extraer del flujo de bits recibido, por ejemplo un demultiplexor, el filtro LPC1 cuantificado y el índice indicativo de uno del modo de cuantificación absoluta, el modo de cuantificación diferencial con respecto a filtro LPC2 cuantificado usado como referencia y el modo de cuantificación diferencial con respecto a (filtro LPC2 cuantificado + filtro LPC0 cuantificado)/2 usado como referencia; y
- 55 - un cuantificador inverso absoluto suministrado con el filtro LPC1 cuantificado y el índice indicativo de uno del modo de cuantificación absoluta, el modo de cuantificación diferencial con respecto a filtro LPC2 cuantificado usado como referencia y el modo de cuantificación diferencial con respecto a (filtro LPC2 cuantificado + filtro LPC0 cuantificado)/2 usado como referencia para cuantificar inversamente el filtro LPC1 cuantificado.

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

65 Operación 309: si tramas 3 y 4 de la supertrama no se codifican usando modo TCX512, es decir si tramas 3 y 4 de la supertrama se codifican usando ACELP o TCX256, el filtro LPC3 cuantificado y el índice indicativo de uno del modo de cuantificación absoluta, el modo de cuantificación diferencial con respecto a filtro LPC2 cuantificado usado como referencia, el modo de cuantificación diferencial con respecto a filtro LPC4 cuantificado usado como referencia y el modo de cuantificación diferencial con respecto a (filtro LPC2 cuantificado + filtro LPC4 cuantificado)/2 usado como

referencia se transmiten al decodificador por ejemplo a través del transmisor 105 de la Figura 1. El decodificador comprende:

- 5 - medio para recibir y extraer del flujo de bits recibido, por ejemplo un demultiplexor, el filtro LPC3 cuantificado y el índice indicativo de uno del modo de cuantificación absoluta, el modo de cuantificación diferencial con respecto a filtro LPC2 cuantificado usado como referencia, el modo de cuantificación diferencial con respecto a filtro LPC4 cuantificado usado como referencia, y el modo de cuantificación diferencial con respecto a (filtro LPC2 cuantificado + filtro LPC4 cuantificado)/2 usado como referencia; y
- 10 - un cuantificador inverso absoluto suministrado con el filtro LPC3 cuantificado y el índice indicativo de uno del modo de cuantificación absoluta, el modo de cuantificación diferencial con respecto a filtro LPC2 cuantificado usado como referencia, el modo de cuantificación diferencial con respecto a filtro LPC4 cuantificado usado como referencia y el modo de cuantificación diferencial con respecto a (filtro LPC2 cuantificado + filtro LPC4 cuantificado)/2 usado como referencia para cuantificar inversamente el filtro LPC3 cuantificado.

15 Algunos beneficios de la solución anteriormente descrita comprenden:

- Cuantificar todo el conjunto de filtros LPC antes de la selección de bucle cerrado de los modos de codificación ahorra complejidad;
- 20 - Usando un cuantificador diferencial en el esquema de cuantificación global conserva parte del ahorro de tasa de bits que se ganó mediante, por ejemplo, el cuantificador predictivo en el esquema de cuantificación AMR-WB+.

Las siguientes variantes pueden usarse para construir los filtros LPC de referencia que se usan en los cuantificadores diferenciales (Operaciones tales como $103_1, 103_2, \dots, 103_n$):

- 25 - Si dependencia entre supertramas no es un problema, el último filtro LPC (LPC4) de la anterior supertrama (LPC0) puede usarse como una posible referencia para codificar los filtros LPC1 a LPC4;
- Cuando están disponibles diferentes filtros LPC de referencia, por ejemplo filtro LPC0 y LPC4 cuando se codifica filtro LPC2, puede transmitirse un patrón de bits específico al decodificador para indicar cuál de las referencias se usa realmente. Por ejemplo, selección de la referencia puede realizarse como se describe anteriormente en el presente documento con referencia a la figura 1, por ejemplo basándose en una distancia o una medida de tasa de bits.
- 30 - Cuando diferentes filtros LPC de referencia están disponibles, pueden obtenerse filtros LPC de referencia secundarios adicionales aplicando diversos esquemas de extrapolaciones o interpolaciones a los filtros LPC de referencia ya disponibles. Un patrón de bits específico puede transmitirse para indicar la estrategia de interpolación o extrapolación actual seleccionada por el codificador. Por ejemplo, filtro LPC3 puede cuantificarse diferencialmente con respecto a las versiones cuantificadas de o bien filtro LPC2 o LPC4, o incluso con respecto a un valor interpolado (por ejemplo, promedio) entre estos dos filtros LPC2 y LPC4 cuantificados (véase la Operación 505 de la Figura 5).

40 En esquema de cuantificación "fuera del bucle" anteriormente descrito puede extenderse para codificar más de cuatro (4) filtros LPC: por ejemplo para cuantificar y transmitir filtro LPC0 junto con la supertrama. En ese caso, filtro LPC0 que corresponde al último filtro LPC (LPC4) calculado durante la trama anterior podría, como un ejemplo no limitante, cuantificarse con respecto a filtro LPC4, ya que este filtro LPC4 siempre está disponible como una referencia. Filtro LPC0 cuantificado 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:

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

55 Transmitir filtro LPC0 al decodificador es útil para inicializar un códec basado en LPC en el caso de conmutar desde un modo de codificación no basado en LPC a un modo de codificación basado en LPC. Ejemplos de modos de codificación no basados en LPC son: modulación por impulsos codificados (PCM) y codificación por transformación usados 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].

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

cuantifica y transmite al decodificador.

Códecs típicos basados en LPC generalmente usan valores interpolados para los filtros LPC. En el ejemplo de la Figura 4a, por ejemplo, el códec basado en LPC habitualmente dividiría la trama en cuatro (4) subtramas y usaría un filtro LPC interpolado diferente para cada subtrama, estando el filtro LPC de la primera subtrama más cerca de filtro LPC0 y estando el filtro LPC de la 4ª subtrama más cerca de filtro LPC1.

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

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

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

Lo siguiente describe segunda y tercera soluciones para estimar el filtro LPC0 en el decodificador a partir de los parámetros transmitidos:

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

Cuantificación con un cuantificador de vector algebraico uniforme

El principio de cuantificación de vector estocástica es buscar un libro de códigos de vectores para el vecino más próximo (generalmente en términos de distancia Euclidiana o distancia Euclidiana ponderada) del vector a cuantificar. Cuando se cuantifican filtros LPC en los dominios LSF (Frecuencia Espectral de Línea) o ISF (Frecuencia Espectral de Inmitancia), se usa generalmente una distancia Euclidiana de ponderación, siendo cada componente del vector ponderado diferentemente dependiendo de su valor y el valor de los otros componentes [5]. El propósito de esa ponderación es hacer que la minimización de la distancia Euclidiana se comporte lo más cerca 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. Por lo tanto, es difícil introducir una función de ponderación en el cálculo de distancia.

En la solución propuesta en este documento, los filtros LPC se cuantifican, como un ejemplo no limitante, en el dominio LSF. Por lo tanto, se proporcionan medios apropiados para convertir el filtro LPC en el dominio de cuantificación LSF para formar el vector LSF de entrada. Más específicamente, el vector residual LSF, es decir la diferencia entre el vector LSF de entrada y una aproximación de primera fase de este vector LSF de entrada, se deforma usando una función de ponderación calculada a partir de la aproximación de primera fase, en el que la aproximación de primera fase usa un cuantificador estocástico absoluto del vector LSF de entrada, un cuantificador diferencial del vector LSF de entrada, un interpolador del vector LSF de entrada u otro elemento que proporciona una estimada del vector LSF de entrada a cuantificar. Deformar significa que se aplican diferentes pesos a los componentes del vector residual LSF. Porque la aproximación de primera fase también está disponible en el decodificador, los pesos inversos también pueden calcularse en el decodificador y la deformación inversa puede aplicarse al vector residual LSF cuantificado. Deformar el vector residual LSF de acuerdo con un modelo que minimiza la distorsión espectral es útil cuando el cuantificador es uniforme. Las LSF cuantificadas recibidas en el decodificador son una combinación de la aproximación de primera fase con una cuantificación de tasa de bits variable, por ejemplo refinamiento AVQ (Cuantificación de Vector Algebraica), que se deforma inversamente en el decodificador.

Algunos beneficios de la solución propuesta son los siguientes:

- Con una buena función de ponderación, un cuantificador uniforme puede proporcionar una distorsión espectral relativamente uniforme.
- Las ventajas de cuantificación de vector de tasa de bits variable, por ejemplo AVQ (Cuantificación de Vector

Algebraica), sobre SVQ (Cuantificación de Vector Estocástica) son un número más pequeño de tablas (memoria), menos complejidad y mayor granularidad de tasa de bits.

- otra ventaja a favor de cuantificación de vector de tasa de bits variable, por ejemplo AVQ (Cuantificación de Vector Algebraica), es su ilimitado tamaño de libro de códigos; esto garantiza la misma distorsión espectral para cualquier tipo de señal.

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

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

Operación 602: un sustractor sustrae la aproximación de primera fase 608 de la Operación 601 del vector LSF de entrada 607 para producir un vector LSF residual 609.

15 Operación 603: un calculador obtiene una función de ponderación LSF 610 de la aproximación de primera fase 608 de la Operación 601.

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

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

25 Operación 606: un multiplexor es receptivo a la aproximación de primera fase 608 de la Operación 601 y el vector LSF residual ponderado residual 612 de la Operación 605 para multiplexar y transmitir los correspondientes índices codificados 613.

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

El cálculo y propósito de la función de ponderación (Operación 603) se describe en este documento a continuación.

El correspondiente cuantificador inverso se ilustra en la Figura 7.

40 Operación 701: los índices codificados 707 del codificador se demultiplexan mediante un demultiplexor.

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

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

50 Operación 704: índices decodificados 710 representativos del vector LSF residual ponderado residual 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 LSF residual ponderado 711.

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

55 Operación 706: un sumador suma la aproximación de primera fase 708 de la Operación 702 con el vector LSF residual 712 de la Operación 705 para formar el vector LSF decodificado 713. El vector LSF decodificado 713 es una combinación de la aproximación de primera fase de la Operación 702 con el refinamiento de cuantificación inversa de tasa de bits variable (Operación 704) que se pondera inversamente (Operación 705) en el decodificador.

60 *Aproximación de primera fase*

65 Como se ha explicado anteriormente un filtro LPC dado puede cuantificarse usando varios modos de cuantificación que incluyen cuantificación absoluta y cuantificación diferencial usando varias referencias. La aproximación de primera fase depende del modo de cuantificación. En el caso de cuantificación absoluta, la aproximación de primera fase 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 fase 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 fase puede ser una de las siguientes:

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

10 Como un ejemplo no limitante, en el caso de un filtro LPC de p -ésimo orden expresado con parámetros LSF, en el modo de cuantificación absoluta, la aproximación de primera fase se calcula usando un cuantificador de vector estocástico de 8 bits de p dimensiones aplicado al vector LSF de entrada. Una búsqueda de libro de códigos usa una distancia Euclidiana ponderada en la que cada componente de la diferencia al cuadrado entre el vector LSF de entrada y la entrada de libro de códigos se multiplica por el peso $w(i)$. Por ejemplo, el peso $w(i)$ puede
15 proporcionarse mediante la siguiente expresión:

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

con:

20

$$d_0 = f(0)$$

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

25

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

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

30 En los modos de cuantificación diferencial, la aproximación de primera fase se basa en filtros LPC ya cuantificados.

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

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

40

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

Como se muestra en la figura 6, el vector 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 fase $f_{1ra}(i)$ para obtener un vector LSF residual deformado 611 (Operación 604). El vector LSF residual deformado 611 se
45 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 p -ésimo vector LSF residual pueden proporcionarse mediante la siguiente relación:

50

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

con:

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

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

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

- 5 donde $f_{1ra}(i)$ es la aproximación de primera fase, 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 el vector LSF residual deformado se cuantifica con el cuantificador de tasa de bits variable. Como un ejemplo no limitante, el cuantificador de vector de tasa de bits variable elige la tasa de bits para un cierto vector basándose en su energía promedio.
- 10 En un ejemplo ilustrativo, los cuatro (4) filtros LPC en una supertrama, así como el filtro LPC0 opcional se cuantifican de acuerdo con la Figura 5. La Tabla 2 muestra el factor de escalado usado para cada modo de cuantificación y la codificación del índice de modo usado en este ejemplo. Obsérvese que el modo de cuantificación especifica cuál se usa de la cuantificación absoluta o diferencial y en caso de cuantificación diferencial especifica el filtro de referencia usado. Como se ha explicado anteriormente el filtro de referencia usando en cuantificación diferencial es la
- 15 aproximación de primera fase actual para cuantificación de tasa de bits variable.

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

Filtro	Modo de cuantificación	Aproximación de primera fase	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 existe cuantificador AVQ de segunda fase

- 20 La Figura 8 es un diagrama de bloques esquemático que explica el procedimiento de cuantificación como se describe anteriormente en el presente documento.
- Operaciones 801, 801₁, 801₂, ..., 801_n: el vector LSF de entrada 800 se suministra a un cuantificador absoluto (Operación 801) para realizar, por ejemplo, una cuantificación de vector absoluto de 8 bits del vector LSF de entrada 800. El vector LSF de entrada también se suministra a cuantificadores diferenciales (Operaciones 801₁, 801₂, ..., 801_n) para realizar cuantificación diferencial del vector LSF de entrada 800. Los cuantificadores diferenciales usan respectivas referencias diferentes como se explica en la descripción anterior con referencia a la figura 1. La VQ de 8 bits en la Operación 801 y referencias en las Operaciones 801₁, 801₂, ..., 801_n representan la aproximación de primera fase.
- 30 En las Operaciones 802, 802₁, 802₂, ..., 802_n, un calculador calcula un vector LSF residual desde el vector de aproximación de primera fase de las Operaciones 801, 801₁, 801₂, ..., 801_n, respectivamente. El vector residual se calcula como la diferencia entre el vector de entrada y la aproximación de primera fase. Esto corresponde a las Operaciones 601 y 602 de la Figura 6.
- 35 En las Operaciones 803, 803₁, 803₂, ..., 803_n, un calculador calcula una función de ponderación para deformar el vector LSF residual de las Operaciones 802, 802₁, 802₂, ..., 802_n, respectivamente. Esto corresponde a las Operaciones 601 y 603 de la Figura 6.
- 40 En las Operaciones 804, 804₁, 804₂, ..., 804_n, un deformador multiplica el vector LSF residual de las Operaciones 802, 802₁, 802₂, ..., 802_n, respectivamente, por la función de ponderación de las Operaciones 803, 803₁, 803₂, ...,

803_n, respectivamente.

En las Operaciones 805, 805₁, 805₂, ..., 805_n, un cuantificador de tasa de bits variable, por ejemplo un cuantificador de vector algebraico (AVQ) cuantifica el vector LSF residual ponderado resultante de las Operaciones 804, 804₁, 804₂, ..., 804_n, respectivamente, para suministrar un vector LSF residual ponderado residual.

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 801₁, 801₂, ..., 801_n). Por ejemplo, la Operación 806 podría seleccionar el modo de cuantificación (Operaciones 801, 801₁, 801₂, ..., 801_n) que produce una distorsión más baja para tasa de bits dada o la tasa de bits más baja para un nivel objetivo de distorsión. Respecto a la selección entre VQ de 8 bits y referencias 1, 2, ..., n, la selección puede realizarse en bucle cerrado o en bucle abierto. En bucle cerrado, todas las posibles referencias se prueban 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 LPC a cuantificar y de los coeficientes de predicción lineal de los filtros LPC de referencia disponibles.

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

- el modo de cuantificación (sub-operación 807₁), por ejemplo cuantificación absoluta o diferencial; y
- en el caso de cuantificación diferencial, de la referencia seleccionada y cuantificador diferencial asociado de Operaciones 801₁, 801₂, ..., 801_n (sub-operación 807₂).

Algunos bits específicos se transmiten al decodificador para tal señalización.

Cuantificador de vector algebraico

Un posible cuantificador de vector algebraico (AVQ) usado por ejemplo en la Operación 605 de la Figura 6 y Operaciones 805, 805₁, 805₂, ..., 805_n de la Figura 8 se basa en el cuantificador de vector reticular RE_8 de 8 dimensiones usado para cuantificar el espectro en modos TCX de AMR-WB+ [1].

Para un LPC de 16º orden, cada vector LSF residual ponderado se divide en dos sub-vectores de 8 dimensiones B1 y B2. Cada uno de estos dos sub-vectores se cuantifica usando el enfoque de tres operaciones descrito a continuación.

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

Como se explica en la Referencia [1], el cuantificador RE_8 usa una cuantificación fija y predeterminada. Como consecuencia, la tasa de bits requerida para codificar un sub-vector aumenta con la amplitud de este sub-vector.

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

Primera operación: encontrar vecino más próximo en RE_8 reticular

En esta primera operación, un sub-vector de 8 dimensiones B_k se redondea como un punto en el RE_8 reticular, para producir su versión cuantificada, \hat{B}_k . Antes de mirar al procedimiento de cuantificación, merece la pena mirar a las propiedades de esta retícula. El RE_8 reticular se define como se indica a continuación:

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

es decir como la unión de un $2D_8$ reticular y una versión del $2D_8$ reticular desplazada mediante el vector (1,1,1,1,1,1,1,1). Por lo tanto, buscar el vecino más próximo en el RE_8 reticular es equivalente a buscar el vecino

más próximo en el $2D_8$ reticular, a continuación buscar el vecino más próximo en el $2D_8$ reticular + (1,1,1,1,1,1,1,1) y finalmente seleccionar el mejor de esos dos puntos reticulares. El $2D_8$ reticular en el D_8 reticular escalado por un factor de 2, con el D_8 reticular definido como:

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

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

A partir de esta definición de RE_8 reticular, es sencillo desarrollar un algoritmo rápido para buscar el vecino más próximo de un sub-vector B_k de 8 dimensiones entre todos los puntos reticulares en RE_8 reticular. Esto puede hacerse aplicando las siguientes operaciones. Los componentes de sub-vector B_k valores de punto flotantes y el resultado de la cuantificación, \hat{B}_k , serán un vector de enteros.

$$1. z_k = 0,5 * B_k$$

2. Redondear cada componente de z_k al entero más próximo, 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 entero múltiplo de 4 (son posibles valores negativos), entonces modificar uno de sus componentes como se indica a continuación:

- encontrar la posición l donde $\text{abs}(z_k(l) - y1_k(l))$ es el más elevado

- 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 $y1_k(l) = y1_k(l) + 2$

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 próximo, 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 entero múltiplo de 4 (son posibles valores negativos), entonces modificar uno de sus componentes como se indica a continuación:

- encontrar la posición l donde $\text{abs}(z_k(l) - y2_k(l))$ es el más elevado

- 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 $y2_k(l) = y2_k(l) + 2$

$$11. y2_k = y2_k + 1,0$$

$$12. \text{Calcular } e1_k = (B_k - y1_k)^2 \text{ y } e2_k = (B_k - y2_k)^2$$

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

$\hat{B}_k = c_k$ donde c_k es el mejor punto reticular como se selecciona anteriormente.

Segunda operación: cálculo de los índices

En la primera operación, cada sub-vector de 8 dimensiones B_k se redondeó como un punto en el RE_8 reticular. 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 se indica a continuación.

El cálculo de un índice para un punto dado en el RE_8 reticular se basa en dos principios básicos:

1. Todos los puntos en el RE_8 reticular se encuentran en esferas concéntricas de radio $\sqrt{8m}$ con $m = 0, 1, 2, 3$, etc., y cada punto reticular en una esfera dada puede generarse permutando las coordenadas de puntos de referencia llamados líderes. Hay muy pocos líderes en una esfera, en comparación al número total de puntos reticulares que se encuentran en la esfera. Libros de códigos de diferente tasa de bits pueden construirse incluyendo únicamente esferas hasta un número dado m . Véase la Referencia [6] para más detalles, donde 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, libro de códigos Q_n requiere $4n$ bits para indexar cualquier punto en ese libro de códigos.

2. A partir de un libro de códigos base C (es decir un libro de códigos que contiene todos los puntos reticulares

de un conjunto dado de esferas hasta un número m), puede generarse un libro de códigos extendido multiplicando los elementos del libro de códigos base C por un factor M y añadiendo un libro de códigos de segunda fase llamado la extensión de Voronoi. Esta construcción se proporciona mediante $y = Mz + v$, donde M es el factor de escala, z es un punto en el libro de códigos base y v es la extensión de Voronoi. La extensión se calcula de tal forma que cualquier punto $y = Mz + v$ es también un punto en el RE_B reticular. El libro de códigos extendido incluye puntos reticulares que se extienden adicionalmente fuera desde el origen que el libro de códigos base.

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

A continuación, el cálculo del índice para cada punto reticular 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 base C . Esto implica verificar si c_k es un elemento de libros de códigos Q_0, Q_2, Q_3 o Q_4 de la Referencia [6].

- Si c_k es un elemento del libro de códigos 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 códigos 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 categoría del vector de códigos c_k , es decir la permutación a aplicar a un líder específico para obtener c_k (véase la Referencia [7]). Si $n_k = 0$, entonces l_k no usa ningún bit. De otra manera, el índice l_k usa $4n_k$ bits.
- Si c_k no está en el libro de códigos base, entonces aplica la extensión de 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 base.

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

V1 Calcular el índice de Voronoi k del punto reticular c_k . El índice de Voronoi k depende del orden de extensión r y el factor de escala M . El índice de Voronoi se calcula a través de modulo operaciones de tal forma que k depende únicamente de la posición relativa de c_k en una región de Voronoi escalada y trasladada:

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

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

V2 Calcular el vector de códigos de Voronoi v a partir del índice de 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 retícula escalada $m\Delta$, donde Δ es el RE_B reticular. Calcular $z = w/M$, es decir, aplicar el escalado inverso al vector de diferencia w . El vector de códigos z pertenece a la retícula Δ ya que w pertenece a $M\Delta$.

V4 Verificar si z está en el libro de códigos base C (es decir en Q_3 o Q_4). Si z no está en el libro de códigos base C , incrementar el orden de extensión r en 1, multiplicar el factor de escala M por 2 y volver a sub-operación V1. De otra manera, si z está en el libro de códigos base C , entonces se ha encontrado una orden de extensión r y un factor de cambio de escala $M = 2^r$ suficientemente grandes para codificar el índice de c_k . El índice se forma de tres partes: 1) el número de libro de códigos n_k como un código unario definido a continuación; 2) la categoría l_k de z en el correspondiente libro de códigos base (ya sea Q_3 o Q_4); y 3) los 8 índices del vector de índice de Voronoi k calculado en sub-operación V1, donde cada índice requiere exactamente r bits (r es el orden de extensión de Voronoi establecido en sub-operación V0). El número de libro de códigos n_k se codifica como se describe en la tercera operación.

El punto reticular c_k se describe entonces como:

$$c_k = Mz + v.$$

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

Los números de libro de códigos n_k se codifican usando un código de longitud variable que depende de la posición del filtro 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

modos n_k 0 y 3:

El número de libro de códigos n_k se codifica como un código de longitud variable, como se indica a continuación:

5

$Q_2 \rightarrow$ 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:

10

$Q_5 \rightarrow$ 0
 $Q_6 \rightarrow$ 10
 $Q_7 \rightarrow$ 110
 $Q_8 \rightarrow$ 1110
 etc.

15

modo n_k 1:

20 El número de libro de códigos n_k se codifica como un código unario, como se indica a continuación:

$Q_0 \rightarrow$ 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
 $Q_4 \rightarrow$ código unario para n_k es 1110
 etc.

25

modo n_k 2:

30 El número de libro de códigos n_k se codifica como un código de longitud variable, como se indica a continuación:

$Q_2 \rightarrow$ 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:

35

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

40

Decisión de modo de cuantificación

45 Para cada vector LSF, se prueba cada uno de todos los posibles modos de cuantificación absoluto 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 transmiten al decodificador.

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

55

Proceso de decodificación de cuantificador de vector algebraico

Como se mencionó anteriormente en este documento, el número actual de filtros LPC cuantificados codificados dentro del flujo de bits depende de la combinación de modo ACELP/TCX de la supertrama. La combinación de modo ACELP/TCX se extrae del 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 supertrama. 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 LPC cuantificados de la supertrama, lo anteriormente descrito, filtro LPC0 opcional cuantificado se transmite para la primera supertrama de cada segmento codificado usando el códec basado en predicción lineal.

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

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

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

Filtro LPC	Presente si
LPC0	1ra supertrama codificada usa 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 medio para recibir y extraer, por ejemplo un demultiplexor, del flujo de bits recibido los índices de cuantificación que corresponden a cada uno de los filtros LPC cuantificados requeridos mediante la combinación de modo ACELP/TCX. Para un filtro LPC cuantificado dado, un determinador de modo de cuantificación extrae del 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 cuantificación absoluta, un restador extrae del flujo de bits el índice o índices que corresponden a la aproximación de primera fase de VQ cuantificado estocástico (Operación 903). Un calculador a continuación calcula aproximación de primera fase a través de cuantificación inversa (Operación 905).

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

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

Operación 907: un cuantificador de vector algebraico inverso recibe la información AVQ extraída de la Operación 906 para cuantificar inversamente o ponderar inversamente y recuperar la contribución AVQ.

Decodificación de AVQ índices

Decodificar los filtros LPC implica decodificar la información AVQ extraída, por ejemplo los parámetros AVQ que describen cada sub-vector cuantificado \hat{B}_k del vector LSF residual ponderado. En el ejemplo anterior, cada sub-vector B_k tiene una dimensión de 8. Los parámetros AVQ para cada sub-vector B_k se describen en la segunda

Operación de la anteriormente descrita cuantificación de vector algebraico. Para cada sub-vector cuantificado \hat{B}_k , se envían tres conjuntos de índices binario por el codificador al decodificador:

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

b) la categoría l_k de un punto reticular seleccionado z en un libro de códigos base, que indica qué permutación ha de aplicarse a un líder específico (véase la segunda Operación de la anteriormente descrita cuantificación de vector algebraica) para obtener un punto reticular z ; y

c) si el sub-vector cuantificado \hat{B}_k (un punto reticular en RE_β reticular) no estaba en el libro de códigos base, los 8 índices del vector de índice de extensión de Voronoi k calculados en sub-operación **V1** de la segunda Operación de la anteriormente descrita cuantificación de vector algebraica; a partir de los índices de extensión de Voronoi, puede calcularse un vector de extensión v como se muestra mediante 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 del valor de código de índice n_k . El factor de cambio de escala M de la extensión de Voronoi se proporciona mediante $M=2^r$.

A continuación, a partir del factor de cambio de escala M , el vector de extensión de Voronoi v (un punto reticular en RE_β reticular) y el punto reticular z en el libro de códigos base (también un punto reticular en RE_β reticular), puede calcularse cada sub-vector escalado cuantificado \hat{B}_k 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 base es cualquiera de libro de códigos Q_0 , Q_2 , Q_3 o Q_4 de la Referencia [6]. Entonces no se requieren bits para transmitir vector k . De otra manera, cuando se usa extensión de Voronoi porque \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 base. La selección de Q_3 o Q_4 está implícita en el valor de número de libro de códigos n_k , como se describe en la segunda Operación de la anteriormente descrita cuantificación de vector algebraica.

Operación 908: un sumador suma la aproximación de primera fase de la Operación 905 a la contribución AVQ inversamente ponderada de la Operación 907 para reconstruir y recuperar el vector 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, sin alejarse de la presente invención.

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.
- [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 mayo de 1996.
- [4] A. V. McCree, "Method for Switched-Predictive Quantization," Patente de Estados Unidos N.º 6.122.608.
- [5] R. Laroia, N. Phamdo, and 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.
- [6] M. Xie and 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 Zn, An, Dn and Dn++ Lattice Vector Quantizers, IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 3, N.º 4, diciembre de 2001.
- [8] J.H. Conway and 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, nov. 1983.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de cuantificación de múltiples referencias para cuantificar un filtro LPC de entrada (101) en un códec de voz o audio que usa tanto una supertrama como una estructura de múltiples modos, comprendiendo el dispositivo de cuantificación de múltiples referencias:
- una pluralidad de cuantificadores diferenciales (103₁, 103₂, ... 103_n) que usan respectivos filtros de referencia diferentes (1, 2, ..., n), **caracterizado por que:**
- los filtros de referencia diferentes se basan en respectivos filtros LPC pasados o futuros ya cuantificados, comprendiendo el dispositivo además:
- medio (104) para seleccionar un filtro de referencia entre los filtros de referencia diferentes de los cuantificadores diferenciales usando un criterio de selección de filtro de referencia seleccionado para minimizar una tasa de bits para lograr un nivel objetivo de distorsión o para minimizar el nivel de distorsión producido a una tasa de bits dada, en donde el filtro LPC de entrada se cuantifica diferencialmente mediante el cuantificador diferencial (103₁, 103₂, ... 103_n) usando el filtro de referencia seleccionado; y medio (105₂) para transmitir a un decodificador índices representativos del filtro de referencia seleccionado y del cuantificador diferencial usando el filtro de referencia seleccionado.
2. Un dispositivo de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias como se define en la reivindicación 1, que comprende medio (105₁) para transmitir al decodificador el filtro LPC diferencialmente cuantificado producido por el cuantificador diferencial usando el filtro de referencia seleccionado.
3. Un dispositivo de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias como se define en la reivindicación 1, en el que al menos uno de los filtros de referencia se basa en un valor seleccionado del grupo que consiste en:
- un filtro LPC anteriormente cuantificado;
un filtro LPC cuantificado futuro;
un valor medio de los filtros LPC anteriormente cuantificados y cuantificados futuros;
un filtro LPC cuantificado usando un cuantificador absoluto;
un resultado de una operación de extrapolación aplicada a un filtro LPC cuantificado pasado;
un resultado de una operación de extrapolación aplicada a un filtro LPC cuantificado futuro;
un resultado de una operación de interpolación aplicada a un filtro LPC cuantificado pasado;
un resultado de una operación de interpolación aplicada a un filtro LPC cuantificado futuro;
un resultado de una predicción autorregresiva aplicada a un filtro LPC cuantificado;
un resultado de una predicción de media móvil aplicada a un filtro LPC cuantificado; y
un valor de filtro cuantificado conocido tanto para un codificador como para un decodificador.
4. Un dispositivo de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias como se define en la reivindicación 1, en el que el medio de selección de filtro de referencia comprende un selector de bucle cerrado (302) en el que todos los filtros de referencia diferentes se prueban en los respectivos cuantificadores diferenciales y se elige el filtro de referencia que optimiza el criterio de selección de referencia.
5. Un dispositivo de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias como se define en la reivindicación 1, en el que el medio de selección de filtro de referencia comprende un selector de bucle abierto que realiza una predeterminación del filtro de referencia basándose en valores de coeficientes del filtro LPC de entrada a cuantificar y en valores de coeficientes de filtros que forman los filtros de referencia diferentes.
6. Un dispositivo de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias como se define en la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:
- al menos un cuantificador absoluto (102); y
medio (104) para seleccionar uno de modo de cuantificación absoluta y modos de cuantificación diferencial para cuantificar el filtro LPC de entrada usando un criterio de selección de modo de cuantificación.
7. Un dispositivo de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias como se define en la reivindicación 6, que comprende medio (105₁) para transmitir al decodificador un índice representativo del modo de cuantificación absoluta o diferencial seleccionado.
8. Un dispositivo de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias como se define en la reivindicación 6, en el que el criterio de selección de modo de cuantificación se selecciona del grupo que consiste en:
- un primer criterio que minimiza una tasa de bits para lograr un nivel objetivo de distorsión; y
un segundo criterio que minimiza el nivel de distorsión producido a una tasa de bits dada.

9. Un método de cuantificación de múltiples referencias para cuantificar un filtro LPC de entrada (101) en un códec de voz o audio que usa tanto una supertrama como una estructura de múltiples modos, comprendiendo el método de cuantificación de múltiples referencias:

5 proporcionar una pluralidad de cuantificadores diferenciales (103₁, 103₂, ... 103_n) que usan respectivos filtros de referencia diferentes (1, 2, ..., n), **caracterizado por que:**

los filtros de referencia diferentes se basan en respectivos filtros LPC pasados o futuros ya cuantificados, comprendiendo el método además:

10 seleccionar (104) un filtro de referencia entre los filtros de referencia diferentes usando un criterio de selección de filtro de referencia seleccionado para minimizar una tasa de bits para lograr un nivel objetivo de distorsión o para minimizar el nivel de distorsión producido a una tasa de bits dada;

15 cuantificar el filtro LPC de entrada con el cuantificador diferencial (103₁, 103₂, ... 103_n) usando el filtro de referencia seleccionado; y

transmitir (105₂) a un decodificador índices representativos del filtro de referencia seleccionado y del cuantificador diferencial usando el filtro de referencia seleccionado.

20 10. Un método de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias como se define en la reivindicación 9, que comprende transmitir (105₁) al decodificador el filtro LPC diferencialmente cuantificado producido por el cuantificador diferencial usando el filtro de referencia seleccionado.

11. Un método de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias como se define en la reivindicación 9, en el que al menos uno de los filtros de referencia se basa en un valor seleccionado del grupo que consiste en:

25 un filtro LPC anteriormente cuantificado;

un filtro LPC cuantificado futuro;

un valor medio de los filtros LPC anteriormente cuantificados y cuantificados futuros;

un filtro LPC cuantificado usando un cuantificador absoluto;

30 un resultado de una operación de extrapolación aplicada a un filtro LPC cuantificado pasado;

un resultado de una operación de extrapolación aplicada a un filtro LPC cuantificado futuro;

un resultado de una operación de interpolación aplicada a un filtro LPC cuantificado pasado;

un resultado de una operación de interpolación aplicada a un filtro LPC cuantificado futuro;

35 un resultado de una predicción autorregresiva aplicada a un filtro LPC cuantificado;

un resultado de una predicción de media móvil aplicada a un filtro LPC cuantificado; y

un valor de filtro cuantificado conocido tanto para un codificador como para un decodificador.

40 12. Un método de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias como se define en la reivindicación 9, en el que seleccionar el filtro de referencia comprende una selección de bucle cerrado (302) que incluye intentar todos los filtros de referencia diferentes en los respectivos cuantificadores diferenciales y elegir la referencia que optimiza el criterio de selección de filtro de referencia.

45 13. Un método de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias como se define en la reivindicación 9, en el que seleccionar el filtro de referencia comprende una selección de bucle abierto que incluye realizar una predeterminación del filtro de referencia basándose en valores de coeficientes del filtro LPC de entrada a cuantificar y en valores de coeficientes de filtros que forman los filtros de referencia diferentes.

50 14. Un método de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias como se define en la reivindicación 9, que comprende adicionalmente:

proporcionar al menos un cuantificador absoluto (102); y

seleccionar (104) uno de modo de cuantificación absoluta y modos de cuantificación diferencial para cuantificar el filtro LPC de entrada usando un criterio de selección de modo de cuantificación.

55 15. Un método de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias como se define en la reivindicación 14, que comprende transmitir (105₁) al decodificador un índice representativo de los modos de cuantificación absoluta o diferencial seleccionados.

60 16. Un método de cuantificación de filtro LPC de múltiples referencias como se define en la reivindicación 14, en el que el criterio de selección de modo de cuantificación se selecciona del grupo que consiste en:

un primer criterio que minimiza una tasa de bits para lograr un nivel objetivo de distorsión; y

un segundo criterio que minimiza el nivel de distorsión producido a una tasa de bits dada.

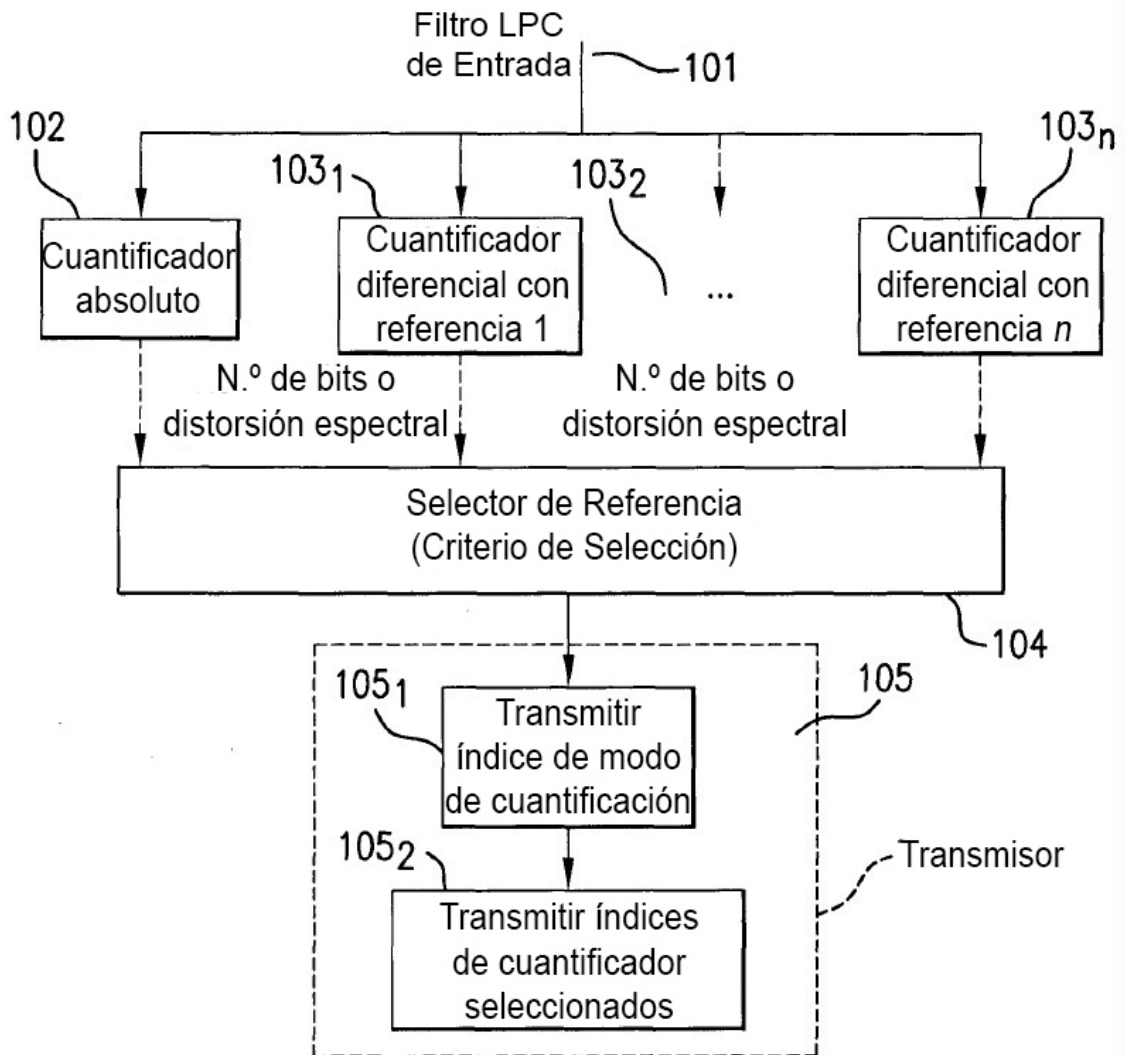


FIG. 1

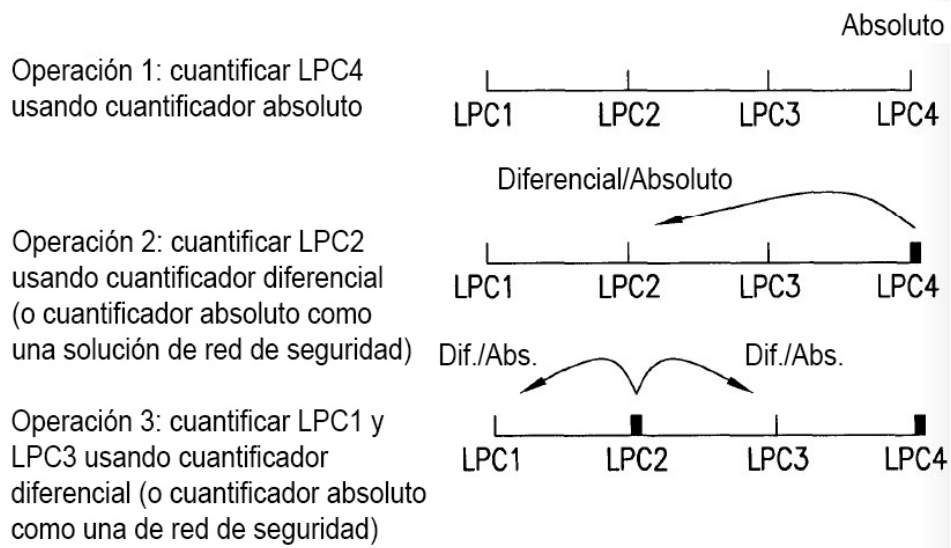


FIG.2

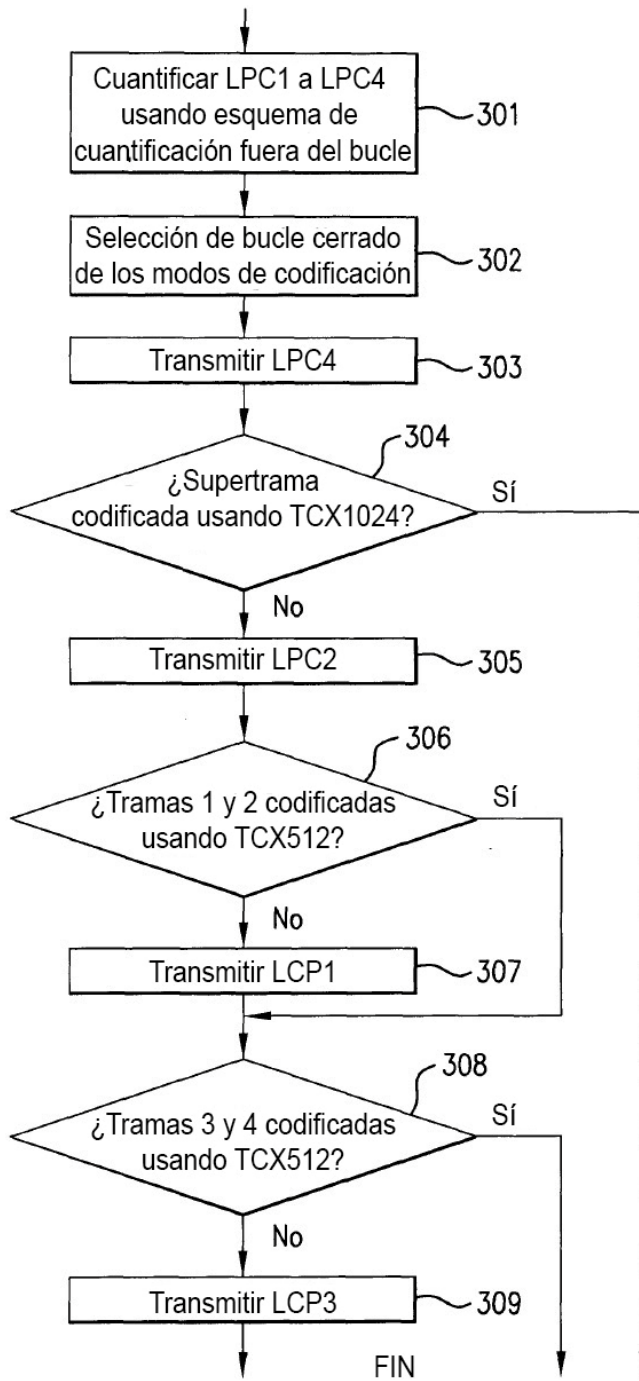


FIG.3

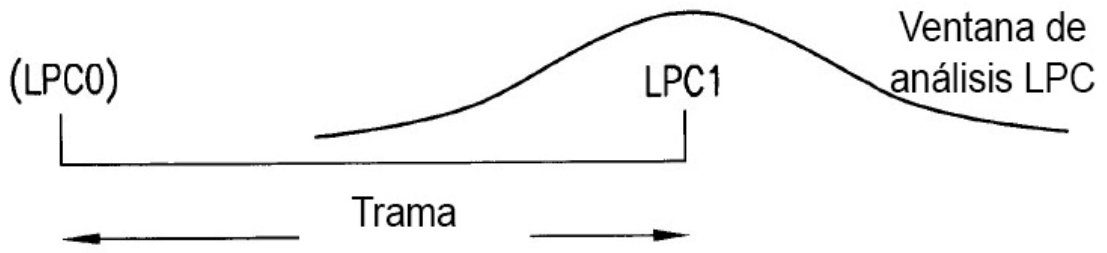


FIG.4A

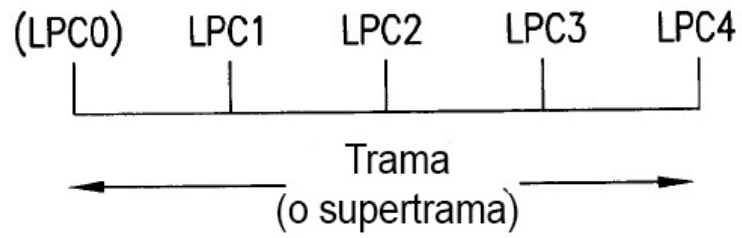


FIG.4B

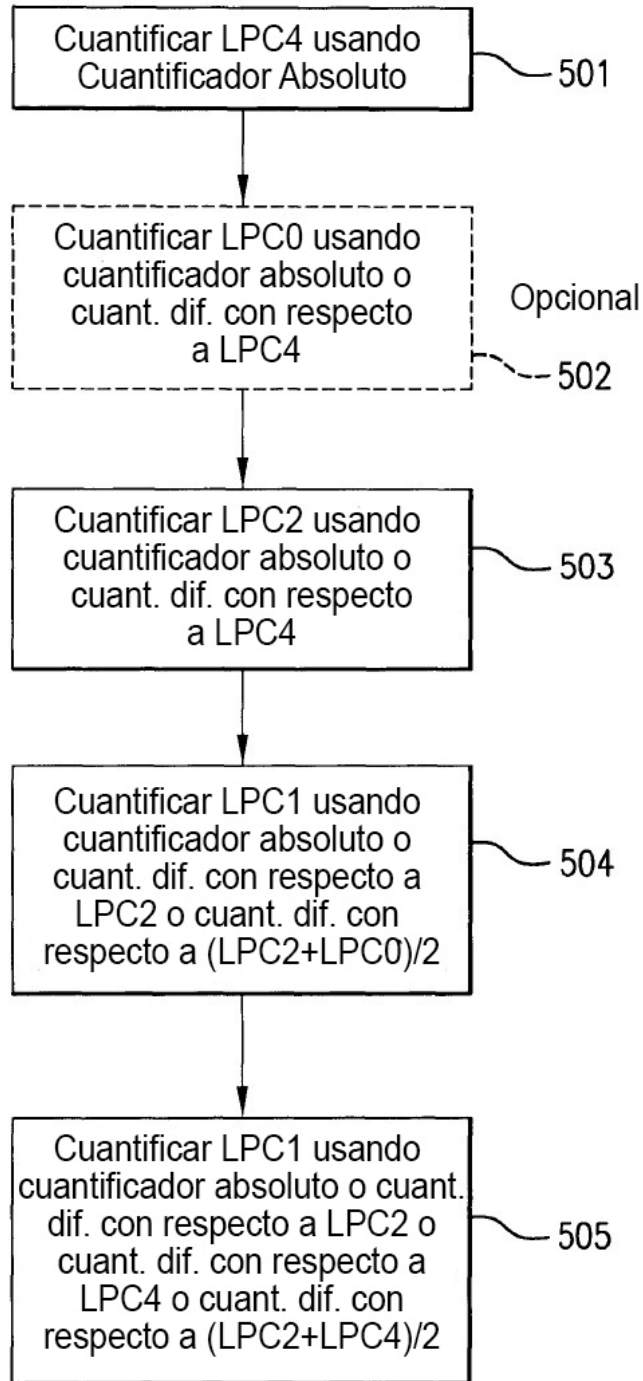


FIG.5

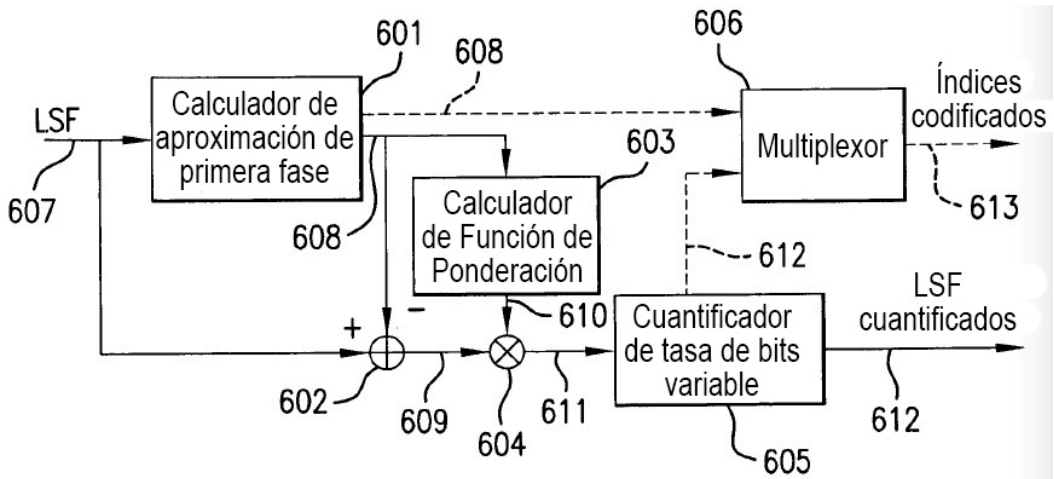


FIG. 6

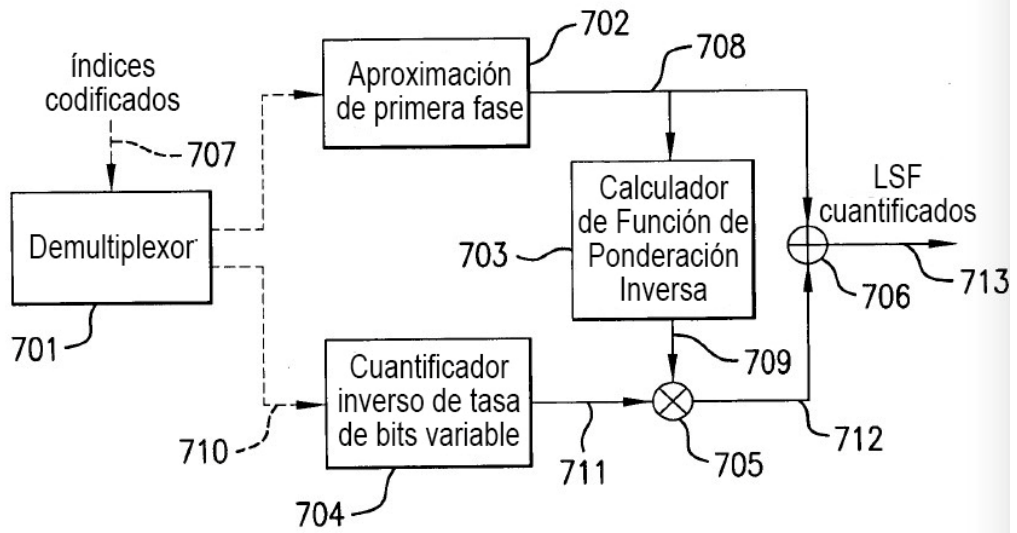


FIG. 7

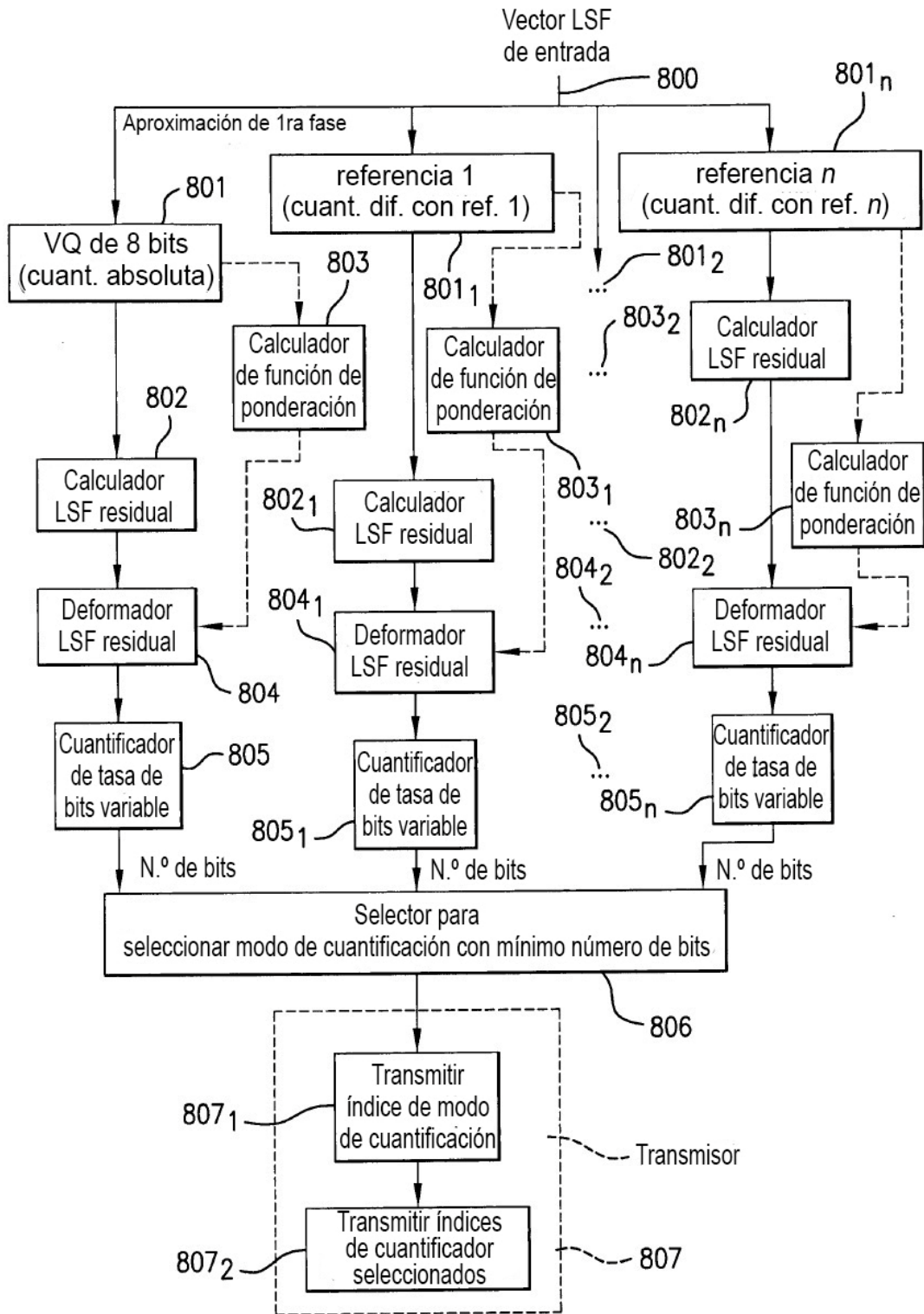


FIG. 8

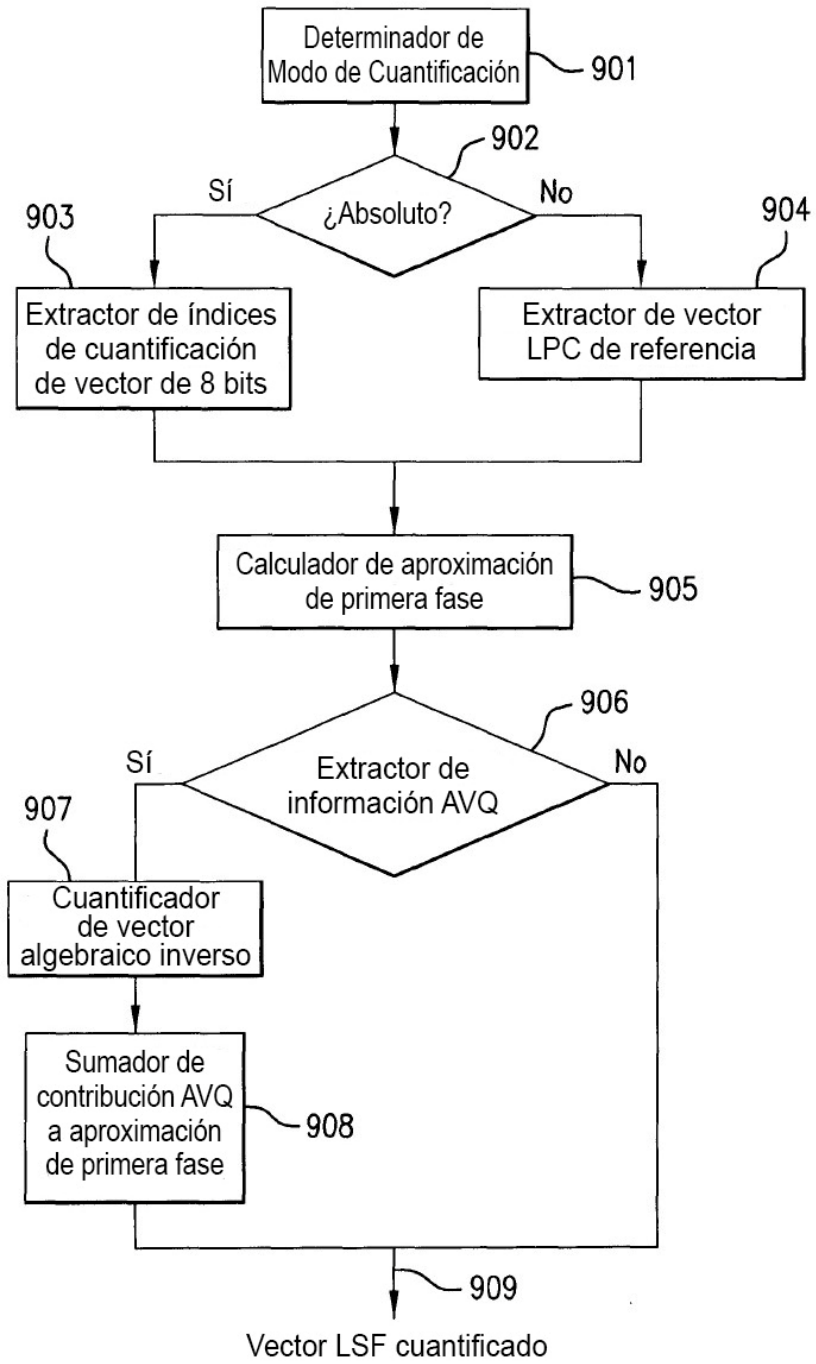


FIG. 9