

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 173**

51 Int. Cl.:

**G10L 21/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2009 E 09790384 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2012 EP 2347412**

54 Título: **Método y sistema para post-filtrado en el dominio frecuencia de datos de audio codificados en un decodificador**

30 Prioridad:

**18.07.2008 US 81800 P**

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

**19.02.2013**

73 Titular/es:

**DOLBY LABORATORIES LICENSING  
CORPORATION (100.0%)  
100 Potrero Avenue  
San Francisco, CA 94103-4813, US**

72 Inventor/es:

**YU, RONGSHAN**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 396 173 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Método y sistema para post-filtrado en el dominio frecuencia de datos de audio codificados en un decodificador

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a métodos y sistemas para la decodificación de datos de audio codificados (por ejemplo, datos de voz codificados predictivos lineales (LPC) u otros datos codificados de voz u otros datos de audio).

10

**Antecedentes de la invención**

A lo largo de toda esta divulgación, incluyendo en las reivindicaciones, la expresión “datos codificados” (o “datos cifrados”) denota datos que han sido generados codificando otros datos (denominados “datos de entrada”), y en los cuales por lo menos se debe realizar un paso de decodificación para recuperar los datos de entrada (o una versión ruidosa de los datos de entrada) a partir de ellos. Por ejemplo, los datos que han sido generados codificando datos de entrada y después han experimentado por lo menos un paso de decodificación son “datos codificados” si se debe realizar por lo menos un paso adicional de decodificación sobre ellos para recuperar los datos de entrada a partir de ellos.

15

A lo largo de toda esta divulgación, incluyendo en las reivindicaciones, el término “post-filtro” denota un filtro configurado para filtrar datos de audio, para reducir o eliminar ruido audible en los datos de audio, o (en el caso que el post-filtro se emplee para filtrar datos de audio codificados) para reducir o para eliminar ruido audible en una versión decodificada de los datos de audio codificados.

20

Los sistemas digitales de compresión de audio se han utilizado extensamente en sistemas de telecomunicación por módem o sistemas audio-visuales personales/caseros para reducir las tasas de datos de las señales digitales de audio. La mayor parte de estos sistemas confían en técnicas de codificación de audio predictivas o por transformada para reducir la redundancia de la señal de audio, generando mediante ello una representación compacta de la señal con pérdida mínima en calidad perceptiva. En un codificador de audio predictivo, un filtro LPC (codificación predictiva lineal) del dominio tiempo se aplica para eliminar la correlación entre la señal de entrada, y la salida de señal residual blanca del filtro LPC es comprimida adicionalmente, generalmente usando un cuantificador de vector. En un codificador de audio por transformada, la señal de entrada primero se convierte del dominio tiempo al dominio frecuencia usando una transformada (por ejemplo, la MDCT o la FFT), y los valores de los datos del dominio frecuencia que resultan son entonces cuantificados y codificados.

25

Se ha encontrado que la codificación predictiva proporciona una eficacia mejor de codificación para las señales de voz puras en comparación con la codificación de transformada puesto que el filtro LPC / modelo residual usado en la codificación predictiva se asemeja mucho al mecanismo del sistema humano de articulación. Por otra parte, también se ha encontrado que los esquemas de codificación por transformada superan a menudo a los esquemas de codificación predictivos para codificar muchas señales de audio (por ejemplo, música u otras señales de audio que no sean señales de voz puras) que incluyen muchas componentes sinusoidales que se pueden representar de manera más compacta en el dominio transformada (el dominio frecuencia).

30

El paradigma de codificación predictiva por transformada combina los méritos de las dos arquitecturas ya mencionadas de codificación para proporcionar una herramienta que puede codificar con eficacia voz, audio genérico y mezclas (por ejemplo, señales mezcladas de voz y de música) en un marco unificado sencillo. Ejemplos de métodos y sistemas de codificación predictivos por transformada se describen en el documento de Juin-Hwey Chen y D. Wang, “Transform Predictive Coding of Wideband Speech Signals” Proc. ICASSP 1996, pp. 275-278.

35

La figura 1 es un diagrama de bloques de un codificador convencional predictivo por transformada. En el codificador de voz/audio predictivo por transformada de la figura 1, se muestrea la señal de audio de entrada, y las muestras (muestras de audio digitales del dominio tiempo) se imponen a un filtro de análisis LPC. El filtro de análisis LPC quita la estructura gruesa del formador de la señal de entrada (los formadores de una señal de voz son las componentes de frecuencia de la señal en las frecuencias resonantes de la zona vocal del altavoz) para generar una señal residual LPC, y también genera un conjunto de parámetros LPC. La señal residual LPC se transforma entonces en el dominio frecuencia (en la etapa etiquetada “transformada” en la figura 1) para explotar adicionalmente cualquier correlación de la señal que permanece en la señal residual LPC. Entonces, la señal residual LPC transformada (que consiste en valores de datos del dominio frecuencia) es cuantificada y codificada (en la etapa etiquetada “cuantificador” en la figura 1) para alcanzar la reducción de tasa de datos. Los parámetros LPC usados en el filtro de análisis LPC se multiplexan entonces con la residual LPC transformada cuantificada (en la etapa etiquetada “demux de corriente de bits” en la figura 1) para producir una corriente de bits de audio comprimido. Un decodificador convencional conveniente puede utilizar los parámetros LPC de la corriente de bits de audio comprimido para reconstruir la estructura del formador de la señal de audio decodificada.

40

45

50

55

60

La salida de corriente de bits de audio comprimido procedente del codificador (la residual LPC transformada cuantificada multiplexada con una secuencia de conjuntos de parámetros LPC) se envía al decodificador. El decodificador de un codificador de voz/audio predictivo por transformada realiza el procesamiento inverso de señal del codificador. La figura 2 es un diagrama de bloques de un decodificador convencional para decodificar la salida del codificador predictivo por transformada de la figura 1. La primera etapa (etiquetada "demux de corriente de bits") de la figura 2 demultiplexa los parámetros LPC usados en el filtro de análisis LPC y la residual LPC transformada cuantificada. La residual LPC transformada cuantificada es descuantificada (en la etapa etiquetada "Descuantificador" en la figura 2), y la residual LPC transformada descuantificada (que consiste en datos de audio del dominio frecuencia) se transforma inversamente de vuelta al dominio tiempo (en la etapa etiquetada "transformada inversa" en la figura 2) para generar una residual LPC recuperada (indicativa de la residual LPC generada originalmente en el filtro de análisis LPC del codificador de la figura 1). Un filtro de síntesis LPC procesa la residual LPC recuperada con los parámetros LPC recuperados (en el dominio tiempo) para generar muestras de audio digital en el dominio tiempo recuperadas indicativas de la señal de audio introducida originalmente al codificador de la figura 1.

Uno de los desafíos de un sistema de codificación de audio, ya sea que esté basado en codificación por transformada o codificación predictiva, es controlar el ruido audible que se introduce típicamente cuando la señal de entrada original es cuantificada y codificada. En esquemas de codificación de audio por módem se emplea típicamente una cierta clase de tecnología perceptiva de codificación para controlar tal ruido de codificación de modo que el ruido sea enmascarado por otros acontecimientos prominentes en la señal original. Desafortunadamente, tales técnicas son eficaces solamente cuando el codificador de audio está trabajando en tasas de bits por encima de cierto límite. Cuando el codificador de audio está trabajando por debajo de ese límite, el ruido de la codificación puede llegar a ser audible (después de que se decodifican los datos codificados ruidosos). En este caso, se tienen que hacer ciertas compensaciones de modo que solamente las partes esenciales de la señal de audio están representadas con buena fidelidad. Con codificadores de voz de baja tasa de bits, es práctica común sacrificar las regiones espectrales de valle de la voz y preservar los formadores (las componentes de frecuencia de la voz en regiones cerca de, y que incluyen, las frecuencias del formador) puesto que estos últimos son perceptiblemente más importantes en la percepción de voz.

Reconociendo que se puede introducir un exceso de ruido de la cuantificación durante la codificación de muestras de voz para generar datos de voz codificados (para una decodificación subsecuente en un decodificador), se ha propuesto suprimir el exceso de ruido de cuantificación en el decodificador usando un post-filtro adaptativo que atenúa la señal de voz y el ruido en los valles espectrales de la señal de voz decodificada. Ejemplos de tal supresión de ruido usando un post-filtro adaptativo se describen en el documento de J. - H. Chen y A. Gersho, "Adaptive Postfilter for Quality Enhancement of Coded Speech", IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, vol. 3, nº 1, enero 1995.

Se ha propuesto suprimir exceso de ruido de cuantificación usando un post-filtro adaptativo en un decodificador de audio/voz predictivo por transformada. La figura 3 es un diagrama de bloques de un decodificador convencional de audio/voz predictivo por transformada que incluye tal post-filtro. Las primeras cuatro etapas del decodificador de la figura 3 son idénticas a las etapas idénticamente etiquetadas del sistema de la figura 2. En el decodificador de la figura 3, la etapa de post-filtro recibe y funciona (en el dominio tiempo) en las muestras descomprimidas (decodificadas) recuperadas de datos de audio del dominio tiempo generados en el filtro de síntesis LPC, para suprimir adicionalmente exceso de ruido de codificación en las regiones espectrales de valle de la señal de audio recuperada si cualquier ruido de este tipo está presente. En el decodificador de la figura 3, los parámetros LPC usados convencionalmente en el filtro de síntesis LPC también se utilizan en el post-filtro para construir el post-filtro correctamente de acuerdo con la envolvente espectral de la señal decodificada. Es conocido implementar un post-filtro (en un decodificador del tipo mostrado en la figura 3) para implementar dos funciones de filtrado (por ejemplo, cada una en una etapa diferente del post-filtro): un post-filtro a corto plazo que suprime exceso de ruido de codificación en las regiones espectrales de valle de la señal de audio recuperada en mayor medida que en regiones de frecuencia cerca de y que incluyen las frecuencias de formador de la señal de audio recuperada; y un post-filtro adaptativo a largo plazo que atenúa ruido de cuantificación entre los armónicos de altura.

Se ha propuesto implementar un post-filtrado adaptativo en el dominio frecuencia para realzar datos de audio ruidosos. Por ejemplo, el documento de Wang y otros, "Frequency Domain Adaptive Postfiltering for Enhancement of Noisy Speech" Speech Communication, vol. 12, pp. 41-56, 1993, describe tal post-filtrado usando un filtro de análisis LPC y una etapa de DFT (transformada de Fourier discreta), acoplado y configurado cada uno para recibir datos de audio de entrada. La etapa de DFT realiza una transformada de Fourier discreta en el audio de entrada para generar datos de audio del dominio frecuencia. La salida del filtro de análisis LPC se emplea para determinar el post-filtro, y el post-filtro se aplica (en el dominio frecuencia) a una versión modificada de los datos de audio del dominio frecuencia. Sin embargo, Wang y otros no explican ni sugieren implementar un post-filtro en un decodificador para funcionar en el dominio frecuencia en datos de audio codificados en el decodificador (por ejemplo, datos de audio codificados generados en un codificador predictivo por transformada u otro codificador de datos de audio) o cómo implementar tal post-filtro.

La patente de EE.UU. 6.941.263, concedida el 6 de septiembre de 2005, describe un post-filtro para filtrar (en el dominio frecuencia) datos de voz decodificados (sintetizados) en un decodificador. El decodificador realiza síntesis LPC en datos codificados de voz (que han experimentado codificación en un filtro de análisis LPC en un codificador predictivo) para generar una señal de voz sintetizada (que comprende muestras del dominio tiempo de datos de voz), después realiza una transformada de dominio de tiempo a frecuencia en la señal de voz sintetizada para generar datos de dominio frecuencia indicativos de la señal de voz sintetizada, después realiza post-filtrado en el dominio frecuencia en los datos de dominio frecuencia, y después realiza una transformada de dominio de frecuencia a tiempo en los datos post-filtrados para generar una señal sintetizada post-filtrada de voz.

Los documentos US 2007/0210785 y US 5.890.108 describen ambos el post-filtrado en el dominio frecuencia implementado en un decodificador. En el documento US 2007/0210785, el post-filtrado se aplica a la señal decodificada, donde el post-filtro está acoplado y configurado para filtrar los coeficientes MDCT decodificados. En el documento US 5.890.108 el post-filtro se aplica a los datos codificados, pero utiliza una transformada de tiempo a frecuencia para hacer el filtrado.

Sería deseable implementar un post-filtrado en el dominio frecuencia en un decodificador sin realizar ninguna transformada de dominio de tiempo a frecuencia en el decodificador para elaborar datos para el post-filtrado, implementar un post-filtrado en datos codificados en un decodificador, e implementar un post-filtrado en el dominio frecuencia en datos codificados en un decodificador de una forma que produce audio de salida de una mejor calidad percibida de lo que es alcanzable con el post-filtrado convencional del dominio frecuencia.

#### Breve descripción de la invención

En una clase de realizaciones, la invención es un decodificador configurado para generar datos de audio decodificados (por ejemplo, datos decodificados de voz) decodificando los datos de audio codificados (por ejemplo, datos codificados de voz). El decodificador incluye un post-filtro (por ejemplo, un post-filtro adaptativo del dominio frecuencia) acoplado y configurado para filtrar datos de audio codificados (por ejemplo, datos de audio codificados de entrada que se han generado en un codificador y se han impuesto como entrada al decodificador, o una versión parcialmente decodificada de tales datos de audio codificados de entrada) en el dominio frecuencia. El decodificador se configura para decodificar datos de audio codificados de entrada sin realizar ninguna transformada de dominio de tiempo a frecuencia en datos de audio codificados (por ejemplo, datos de audio codificados de entrada o una versión parcialmente decodificada de ellos) para elaborar datos para filtrarse en el post-filtro.

En otra clase de realizaciones, la invención es un decodificador configurado para generar datos de audio decodificados (por ejemplo, datos decodificados de voz) decodificando datos de audio codificados (por ejemplo, datos codificados de voz) que se han generado en un codificador predictivo por transformada (por ejemplo, un codificador de voz/audio predictivo por transformada). El decodificador incluye un post-filtro (por ejemplo, un post-filtro adaptativo del dominio frecuencia) acoplado y configurado para filtrar datos de audio codificados (por ejemplo, datos de audio codificados de entrada que se han generado en el codificador predictivo por transformada, o una versión parcialmente decodificada de tales datos de audio codificados de entrada) en el dominio frecuencia nativo del codificador predictivo por transformada.

En realizaciones típicas en cualquier clase según la reivindicación 1, el post-filtrado realizado por el post-filtro mejora la calidad de la señal de audio decodificada atenuando regiones espectrales de valle de la misma para quitar exceso de ruido de cuantificación presente en el audio codificado de entrada (cuando un exceso de ruido de cuantificación está presente en el audio codificado de entrada), mientras que preserva formadores de la señal de audio decodificada para evitar introducir distorsión innecesaria. En realizaciones típicas, el post-filtro es particularmente útil cuando los datos de audio codificados de entrada son indicativos de voz o una señal de audio similar a la voz, y se han generado en un codificador de audio que trabaja en una tasa de datos baja. En realizaciones típicas, el post-filtro es también útil y ventajoso cuando los datos de audio codificados de entrada son indicativos de una señal de audio mezclada que contiene tanto voz como música.

El post-filtro del decodificador inventivo se puede implementar en hardware, firmware o software. En realizaciones típicas, el decodificador inventivo es o incluye un procesador digital programable de señales o un sistema informático general o de propósito especial, y el post-filtro se implementa en software o firmware ejecutados por el procesador digital de señales o el sistema informático. En otras realizaciones, el decodificador inventivo es o incluye un procesador digital de señales (por ejemplo, un procesador digital de señales canalizado), y el post-filtro se implementa en hardware en el procesador digital de señales.

En algunas realizaciones preferidas, un post-filtro del decodificador inventivo está acoplado y configurado para recibir datos residuales LPC y para filtrar los datos residuales LPC en el dominio frecuencia. En algunos casos, el decodificador incluye un descuantificador (por ejemplo, un subsistema que incluye un descuantificador) y los datos residuales LPC se generan en el descuantificador y son indicativos de una residual LPC transformada descuantificada. En otros casos, el decodificador incluye un descuantificador y un post-filtro combinados, y los datos residuales LPC son indicativos de una residual LPC transformada cuantificada. El descuantificador y el post-filtro

combinados reciben y funcionan en el dominio frecuencia sobre los datos residuales LPC para generar una residual LPC post-filtrada posteriormente y descuantificada.

5 En algunas realizaciones preferidas, un post-filtro del decodificador inventivo tiene la función de transferencia  $G \cdot H$  ( $e^{j\omega}$ ), donde  $\omega$  es la frecuencia (por ejemplo,  $\omega$  es la frecuencia de un segmento de señal de audio que incluye un valor de datos a ser post-filtrados, o cada valor de datos a ser post-filtrado es una componente de frecuencia que tiene frecuencia  $\omega$ ) y donde:

$$H(z) = (1 - \mu z^{-1}) \frac{1 - P(z/\beta)}{1 - P(z/\alpha)}, z = e^{j\omega},$$

10

a,  $\beta$  y  $\mu$  son los parámetros que satisfacen  $0 < \beta < \alpha < 1$  y  $0 < \mu < 1$ ,

$P(z) = \sum_{i=1}^M a_i z^{-i}$  es el predictor LPC del segmento de señal de audio, donde  $a_i$ ,  $i = 1, \dots, M$  son los coeficientes LPC y  $M$  es el orden de predicción LPC, y

15

$G$  es un filtro de ganancia (una función del  $e^{j\omega}$ ).

En realizaciones típicas, el filtro  $G$  de ganancia es:

$$G(e^{j\omega}) = G = \left[ \frac{1}{\int_0^\pi |H(e^{j\omega})|^2 d\omega} \right]^{1/2}$$

20

En algunas realizaciones preferidas en las cuales el post-filtro del decodificador inventivo tiene la función de transferencia  $G \cdot H$  ( $e^{j\omega}$ ), y el post-filtro multiplica cada valor de datos (asociado a la frecuencia  $\omega$ ) de una señal residual LPC transformada descuantificada por el valor  $G \cdot H$  ( $e^{j\omega}$ ). Así, el valor post-filtrado de cada valor de datos (asociado a la frecuencia  $\omega$ ) se da simplemente por:  $P(\omega) = |G \cdot H(e^{j\omega})|$ . Después de tal post-filtrado, la señal residual LPC post-filtrada se transforma inversamente (al dominio tiempo).

25

Otros aspectos de la invención son métodos para post-filtrar datos de audio codificados en el dominio frecuencia en cualquier realización del decodificador inventivo. Otros aspectos de la invención son métodos para decodificar datos de audio codificados (por ejemplo, datos codificados de voz) en cualquier realización del decodificador inventivo, incluyendo cada método de decodificación mencionado un paso de post-filtrar datos de audio codificados en el dominio frecuencia en el decodificador.

30

### Breve descripción de los dibujos

35

La figura 1 es un diagrama de bloques de un codificador convencional predictivo por transformada.

La figura 2 es un diagrama de bloques de un decodificador convencional para decodificar la salida del codificador de la figura 1.

40

La figura 3 es un diagrama de bloques de otro decodificador convencional para decodificar la salida del codificador de la figura 1, incluyendo un post-filtro (por ejemplo, un post-filtro adaptativo) que funciona (en el dominio tiempo) sobre muestras recuperadas descomprimidas (decodificadas) de datos de audio del dominio tiempo generados en un filtro de síntesis LPC.

45

La figura 4 es un diagrama de bloques de una realización del decodificador inventivo, configurada para decodificar la salida de un codificador del tipo mostrado en la figura 1.

La figura 5 es un diagrama de bloques de otra realización del decodificador inventivo, configurada para decodificar la salida de un codificador del tipo mostrado la figura 1.

50

### Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Muchas realizaciones de la presente invención son tecnológicamente posibles. Será evidente para los expertos en la técnica a partir de la presente divulgación cómo implementarlas.

55

Una primera realización del decodificador inventivo será descrita con referencia a la figura 4. Las primeras dos etapas del decodificador de la figura 4 pueden ser idénticas a las etapas idénticamente etiquetadas del decodificador convencional de la figura 3, y las etapas cuarta y quinta del decodificador de la figura 4 pueden ser idénticas respectivamente a las etapas tercera y cuarta idénticamente etiquetadas del decodificador de la figura 3. En el

60

5 decodificador de la figura 4, el post-filtro (la tercera etapa del decodificador) recibe y funciona en el dominio frecuencia de la residual LPC transformada descuantificada generada en la segunda etapa (descuantificador) para generar una residual LPC transformada post-filtrada ("realzada"). La residual LPC transformada realzada (que consiste en datos de audio del dominio frecuencia) se transforma inversamente al dominio tiempo en la cuarta etapa (etiquetada "transformada inversa" en la figura 4) para generar una residual LPC realzada.

10 El post-filtro de la figura 4 usa los parámetros LPC recuperados (demultiplexados de la residual LPC transformada cuantificada en la primera etapa del decodificador e impuestos al post-filtro) para determinar adaptativamente los parámetros actuales de post-filtro para generar la residual LPC realzada. El filtro de síntesis LPC (la quinta etapa del decodificador) procesa la residual LPC realzada en el dominio tiempo con los parámetros LPC recuperados para generar muestras de audio digitales del dominio tiempo recuperadas indicativas de la señal de audio introducida originalmente al codificador.

15 Una segunda realización del decodificador inventivo será descrita con referencia a la figura 5. La primera etapa del decodificador de la figura 5 puede ser idéntica a la etapa idénticamente etiquetada del decodificador convencional de la figura 3, y las etapas tercera y cuarta del decodificador de la figura 5 pueden ser idénticas respectivamente a las etapas tercera y cuarta idénticamente etiquetadas del decodificador de la figura 3. En el decodificador de la figura 5, un descuantificador y post-filtro combinados (la segunda etapa del decodificador) reciben y funcionan en el dominio frecuencia sobre la residual LPC transformada cuantificada que se ha separado (demultiplexado) a partir de los parámetros LPC en la primera etapa del decodificador para generar una residual LPC transformada post-filtrada y descuantificada ("realzada"). La residual LPC transformada realzada (que consisten en datos de audio del dominio frecuencia) se transforma inversamente al dominio tiempo en la tercera etapa (etiquetada "transformada inversa" en la figura 5) para generar una residual LPC realzada.

25 El post-filtro de la figura 5 usa los parámetros LPC recuperados (demultiplexados a partir de la residual LPC transformada cuantificada en la primera etapa del decodificador e impuestos al post-filtro) para determinar adaptativamente los parámetros actuales del post-filtro para generar la residual LPC realzada. El filtro de síntesis LPC (la cuarta etapa del decodificador) procesa la residual LPC realzada en el dominio tiempo con los parámetros LPC recuperados para generar muestras de audio digitales del dominio tiempo recuperadas indicativas de la señal de audio introducida originalmente al codificador.

35 El decodificador de cada una de las figuras 4 y 5 se configura para decodificar datos de audio codificados de entrada sin realizar ninguna transformada de dominio de tiempo a frecuencia en datos de audio codificados (por ejemplo, datos de audio codificados de entrada o una versión parcialmente decodificada de datos de audio codificados de entrada) para elaborar datos para post-filtrado en el post-filtro. También, el decodificador de cada una de las figuras 4 y 5 se configura para generar datos de audio decodificados (por ejemplo, datos decodificados de voz) decodificando datos de audio codificados (por ejemplo, datos codificados de voz) que se han generado en un codificador de voz/audio predictivo por transformada, y el post-filtro del decodificador se acopla y se configura para filtrar datos de audio codificados de entrada que se han generado en el codificador predictivo por transformada (o una versión parcialmente decodificada de tales datos de audio codificados de entrada) en el dominio frecuencia nativo del codificador predictivo por transformada.

45 El post-filtro del dominio frecuencia del decodificador inventivo (por ejemplo, el post-filtro de la figura 4 y el de la figura 5) proporciona preferiblemente respuesta plana y unitaria en los formadores de la señal de audio decodificada (los formadores son las componentes de la frecuencia de la señal decodificada en regiones cerca de, y que incluyen, las frecuencias del formador) y atenúa preferiblemente solamente las regiones espectrales de valle de la señal decodificada. El post-filtro es preferiblemente adaptativo a lo largo del tiempo con el fin de adaptarse a las características cambiantes de la señal de audio.

50 Para cualquier segmento dado de la señal de audio a ser decodificada, el post-filtro se puede implementar para tener la respuesta deseada de una forma a ser descrita más adelante. La descripción se referirá al siguiente filtro de polo cero:

$$H(z) = (1 - \mu z^{-1}) \frac{1 - P(z/\beta)}{1 - P(z/\alpha)}, \quad 0 < \beta < \alpha < 1, \quad 0 < \mu < 1$$

55 En este filtro de polo cero,  $P(z) = \sum_{i=1}^M a_i z^{-i}$  es el predictor LPC del segmento relevante de la señal de audio donde  $a_i, i = 1, \dots, M$  son los coeficientes LPC y  $M$  es el orden de predicción LPC. En un decodificador predictivo por transformada, los coeficientes LPC  $a_i$  están fácilmente disponibles a partir de la corriente de bits comprimida (la corriente de bits de audio codificado impuesta como entrada al decodificador). Los parámetros  $\alpha, \beta$  y  $\mu$  controlan la inclinación total (pendiente total o promediada del espectro de frecuencia-amplitud de la señal de audio) y el nivel de atenuación del post-filtro y juegan un papel importante en la determinación de la calidad del post-filtro. Se encontró que los siguientes parámetros dan resultados satisfactorios en implementaciones típicas del post-filtro de la figura 4 (y el post-filtro de la figura 5):  $\alpha = 0,8, \beta = 0,5, \mu = 0,5$ .

Para evitar cambiar la intensidad total de la salida decodificada, preferiblemente la ganancia del post-filtro es normalizada adicionalmente. Esto se hace multiplicando el filtro H del dominio frecuencia por un filtro de ganancia (denominado a veces en el presente documento factor de corrección de ganancia) G. En realizaciones típicas, el valor de G (para el segmento relevante de la señal de audio en la posición de frecuencia  $\omega$ ) es:

$$G = \left[ \frac{1}{\int_0^\pi |H(e^{j\omega})|^2 d\omega} \right]^{1/2}$$

Se describen seguidamente dos métodos para implementar el post-filtro del dominio frecuencia en realizaciones de la invención en las que el decodificador inventivo es un codificador de voz/audio predictivo por transformada:

1. En el primer método (que se denominará algunas veces en el presente documento método “explícito”), el post-filtro  $G \cdot H(e^{j\omega})$ , donde  $\omega$  es la frecuencia asociada a cada valor de datos a ser post-filtrados y el símbolo “ $\cdot$ ” denota la multiplicación simple, se implementa como viene a continuación. Cada valor de datos (asociado a la frecuencia  $\omega$ ) de la señal residual LPC transformada descuantificada del descuantificador es multiplicado por el valor  $G \cdot H(e^{j\omega})$ , antes de que la señal residual LPC post-filtrada sea transformada inversamente. Así, el valor post-filtrado de cada valor de datos (asociado a la frecuencia  $\omega$ ) se da simplemente por:  $P(\omega) = |G \cdot H(e^{j\omega})|$ . Típicamente, hay un valor de datos (a ser post-filtrado) para cada frecuencia,  $\omega$ , pero en algunas realizaciones cada valor de datos en un conjunto de dos o más valores de datos (todo a ser post-filtrados) se asocia a una sola frecuencia,  $\omega$  (por ejemplo, la frecuencia central de las frecuencias asociadas al conjunto de valores de datos). El post-filtro de la figura 4 se puede implementar de acuerdo con el método explícito.

2. En el segundo método (que se denominará algunas veces en el presente documento método “implícito”), el post-filtrado en el dominio frecuencia de cada valor de datos asociado a una frecuencia  $\omega$  (por ejemplo, por el post-filtro  $G \cdot H(\omega)$ , donde el símbolo “ $\cdot$ ” denota la multiplicación simple) se combina con una operación de descuantificación de cada tal valor de datos (también en el dominio frecuencia). La operación combinada de post-filtrado y descuantificación se implementa de acuerdo con el diseño del descuantificador usado realmente. Por ejemplo, si se utiliza un descuantificador reticulado, los puntos de reconstrucción del descuantificador se hacen preferiblemente en función de la respuesta de amplitud del post-filtro (preferiblemente el post-filtro  $G \cdot H(\omega)$ ), de modo que las salidas de variaciones más pequeñas se producen en las posiciones de frecuencia donde es más pequeña la respuesta de amplitud del post-filtro. El post-filtro de la figura 5 se puede implementar de acuerdo con el método implícito.

Aunque en el presente documento se han descrito realizaciones específicas de la presente invención y aplicaciones de la invención, será evidente para los expertos en la técnica que son posibles muchas variaciones en las realizaciones y aplicaciones descritas en el presente documento sin salir del alcance de la invención descrita y reivindicada en el presente documento. Se debe entender que aunque se han mostrado y descrito ciertas formas de la invención, la invención no se debe limitar a las realizaciones específicas descritas y mostradas o los métodos específicos descritos.

**REIVINDICACIONES**

1. Un decodificador configurado para generar datos de audio decodificados en respuesta a un audio de entrada indicativo de datos de audio de entrada codificados generados en un codificador predicativo por transformada que tiene un dominio frecuencia nativo, incluyendo dicho decodificador: un post-filtro de dominio frecuencia acoplado y configurado para filtrar datos de audio codificados en el dominio frecuencia nativo del codificador predicativo por transformada.

2. El decodificador de la reivindicación 1, en el cual el post-filtro es un post-filtro adaptativo del dominio frecuencia.

3. El decodificador de la reivindicación 1, que también incluye: un primer subsistema acoplado para recibir el audio de entrada y configurado para generar datos de audio en respuesta al audio de entrada, y en el cual el post-filtro está acoplado y configurado para filtrar los datos de audio descuantificados en el dominio frecuencia nativo del codificador predictivo por transformada.

4. El decodificador de la reivindicación 1, en el cual el audio de entrada es indicativo de los datos de audio de entrada codificados y el ruido de cuantificación, los datos de audio decodificados son indicativos de una señal de audio decodificada, y el post-filtro está configurado para filtrar los datos de audio codificados para mejorar la calidad de la señal de audio decodificada atenuando regiones de valle espectral de la misma para eliminar al menos una parte del ruido de cuantificación, preservando al mismo tiempo los formadores de la señal de audio decodificada.

5. El decodificador de la reivindicación 1, en el cual los datos de audio de entrada codificados incluyen datos residuales LPC, y el post-filtro está acoplado y configurado para recibir los datos residuales LPC y para filtrar los datos residuales LPC en el dominio frecuencia.

6. El decodificador de la reivindicación 1, en el cual los datos de audio de entrada codificados incluyen datos residuales LPC cuantificados, y en el cual dicho decodificador también incluye un subsistema que incluye un descuantificador, el subsistema está configurado para generar datos residuales LPC descuantificados en respuesta al audio de entrada, y el post-filtro está acoplado al subsistema y configurado para recibir los datos residuales LPC descuantificados y filtrar dichos datos residuales LPC descuantificados en el dominio frecuencia.

7. El decodificador de la reivindicación 1, en el cual los datos de audio de entrada codificados incluyen datos residuales LPC cuantificados, y el decodificador también incluye: un primer subsistema configurado para extraer los datos residuales LPC cuantificados desde el audio de entrada, y en el cual el post-filtro es un subsistema de descuantificación y post-filtrado combinados del decodificador, acoplado y configurado para generar datos residuales LPC descuantificados post-filtrados en respuesta a los datos residuales LPC cuantificados incluyendo por filtrado de dichos datos residuales LPC cuantificados en el dominio frecuencia.

8. El decodificador de la reivindicación 1, en el cual el post-filtro tiene una función de transferencia  $G \cdot H (e^{j\omega})$ , donde  $\omega$  es la frecuencia, y dónde:

$$H(z) = (1 - \mu z^{-1}) \frac{1 - P(z/\beta)}{1 - P(z/\alpha)}, z = e^{j\omega},$$

a,  $\beta$  y  $\mu$  son los parámetros que satisfacen  $0 < \beta < \alpha < 1$  y  $0 < \mu < 1$ ,

$P(z) = \sum_{i=1}^M a_i z^{-i}$  es el predictor LPC del segmento de señal de audio, donde  $a_i, i = 1, \dots, M$  son los coeficientes LPC y M es el orden de predicción LPC, y

G es un filtro de ganancia.

9. El decodificador de la reivindicación 8, en el cual el filtro de ganancia G es:

$$G(e^{j\omega}) = G = \left[ \frac{1}{\int_{\beta}^{\alpha} |H(e^{j\omega})|^2 d\omega} \right]^{1/2}$$

10. El decodificador de la reivindicación 8, que también incluye un subsistema configurado para generar una residual LPC transformado descuantificado en respuesta al audio de entrada, y en el cual el post-filtro está acoplado al subsistema y configurado para multiplicar cada valor de datos asociado a la frecuencia  $\omega$  de la residual LPC transformada descuantificada por el valor  $|G \cdot H (e^{j\omega})|$ .

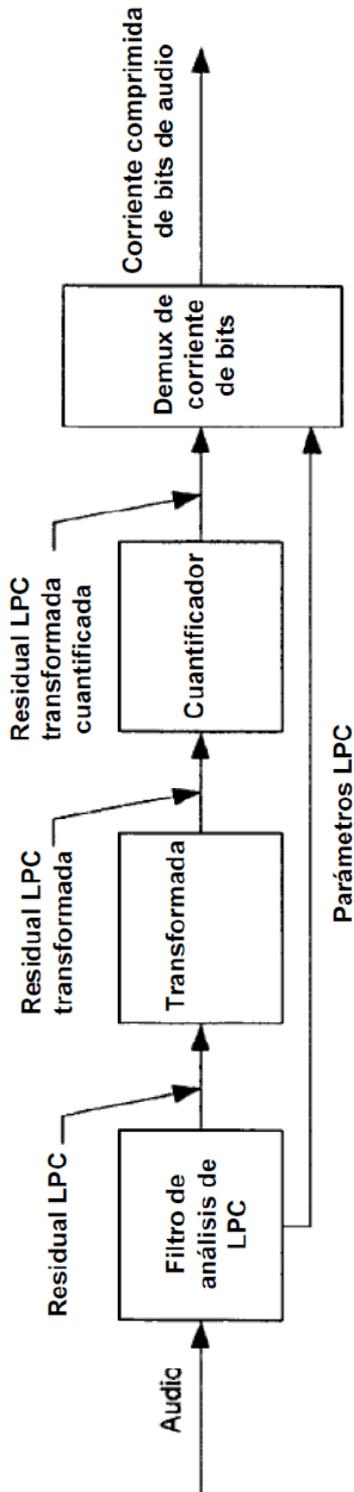


Figura 1 (TÉCNICA ANTERIOR)

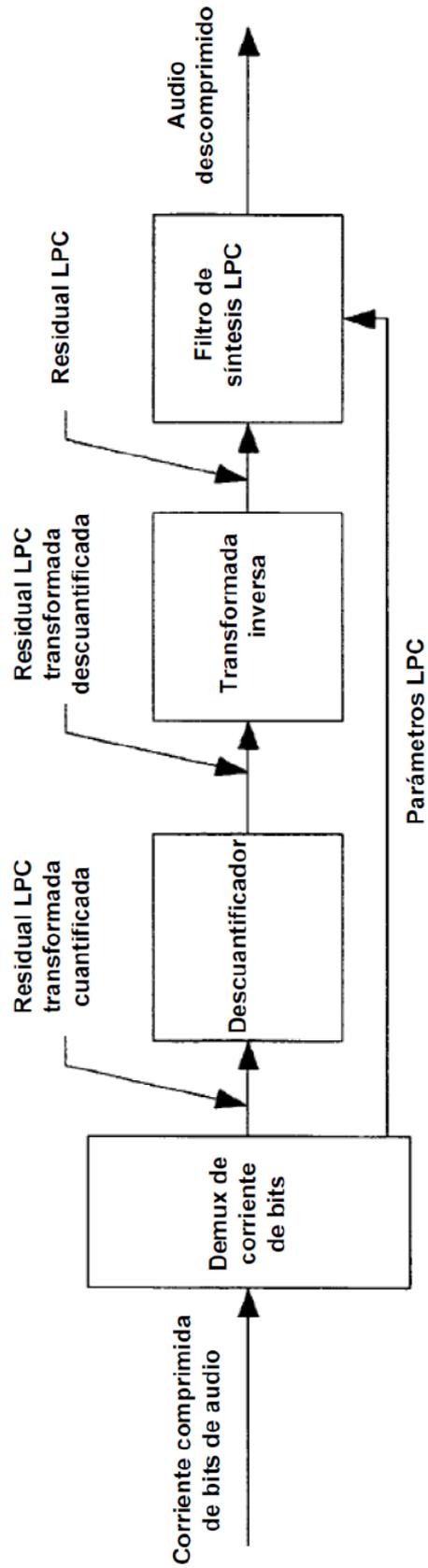


Figura 2 (TÉCNICA ANTERIOR)

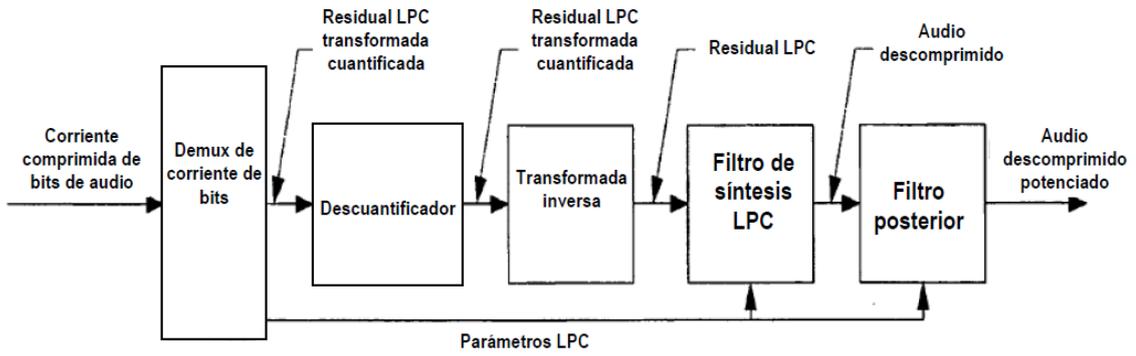


Figura 3 (TÉCNICA ANTERIOR)

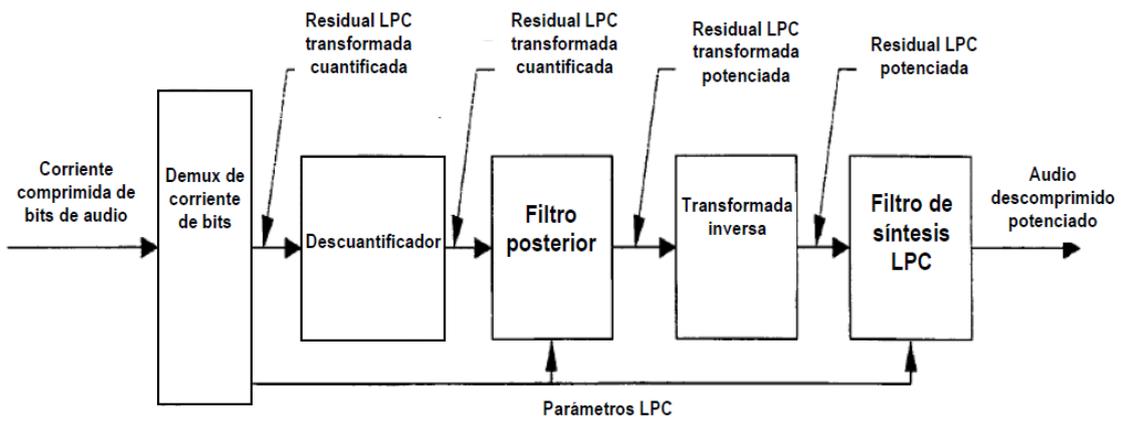


Figura 4

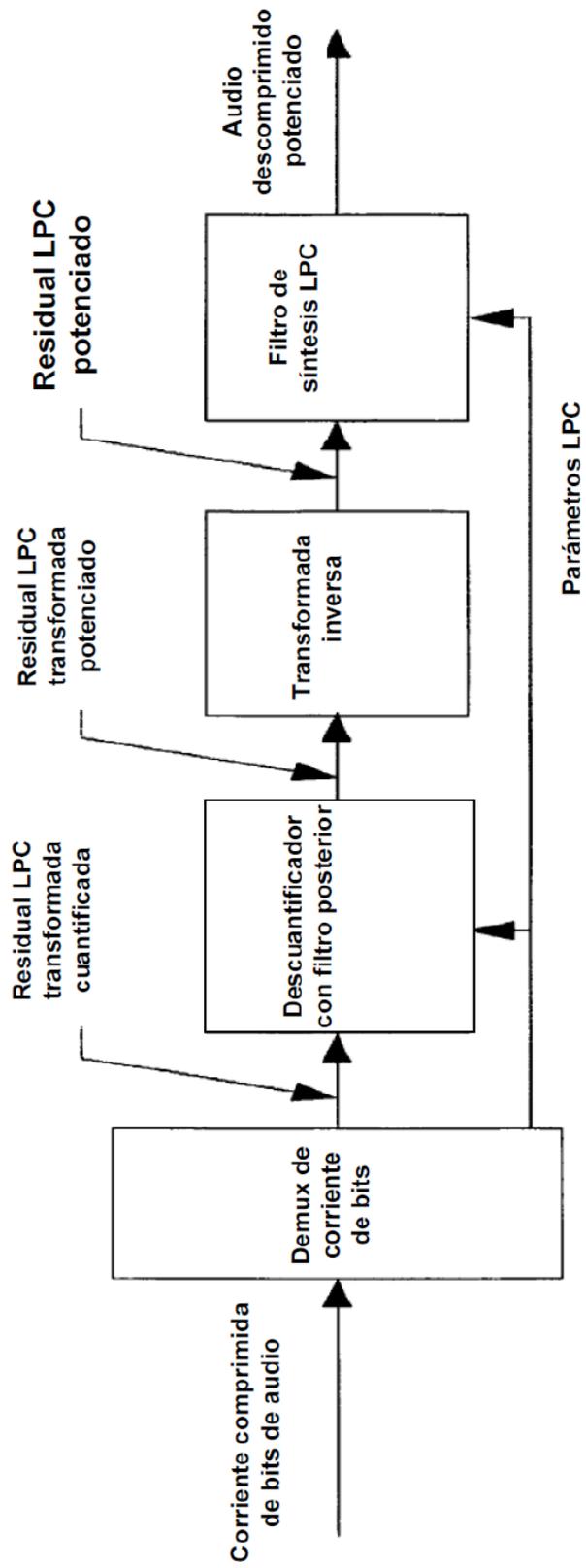


Figura 5