

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 651 988**

51 Int. Cl.:

G10L 19/20 (2013.01)

G10L 19/04 (2013.01)

G10L 19/02 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.11.2014 PCT/FR2014/052923**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.05.2015 WO15071613**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2014 E 14821711 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2017 EP 3069340**

54 Título: **Transición desde una codificación/decodificación por transformada hacia una codificación/decodificación predictiva**

30 Prioridad:

15.11.2013 FR 1361243

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

30.01.2018

73 Titular/es:

**ORANGE (100.0%)
78, rue Olivier de Serres
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**FAURE, JULIEN y
RAGOT, STÉPHANE**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 651 988 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

Transición desde una codificación/decodificación por transformada hacia una codificación/decodificación predictiva

5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere al dominio de la codificación de las señales digitales.

10 La codificación según la invención está adaptada, en particular, para la transmisión y/o el almacenamiento de señales de audio digitales tales como señales de audiofrecuencias (palabra, música u otras).

15 La invención se aplica ventajosamente a la codificación unificada de las señales de palabra, música y contenido mixto, por intermedio de técnicas multimodales que alternan al menos dos modos de codificación y cuyo retardo algorítmico está adaptado a las aplicaciones conversacionales (normalmente ≤ 40 ms).

20 Para codificar eficazmente los sonidos vocales, las técnicas de tipo CELP ("Code Excited Linear Prediction") o su variante ACELP (por "Algebraic Code Excited Linear Prediction") son preconizadas, siendo igualmente propuestas más recientemente alternativas a la codificación CELP tales como los codificadores BV16, BV32, iLBC o SILK. Para codificar eficazmente los sonidos musicales, se preconiza más bien las técnicas de codificación por transformada.

25 Los codificadores por predicción lineal, y más en particular, los del tipo CELP, son codificadores predictivos. Tienen por objeto modelizar la producción de la palabra a partir de al menos una parte de los elementos siguientes: una predicción lineal a corto plazo para modelizar el conducto vocal, una predicción a largo plazo para modelizar la vibración de las cuerdas vocales en periodo sonoro, y una excitación derivada de un diccionario de cuantificación vectorial en general calificado de diccionario fijo (ruido blanco, excitación algebraica) para representar la "innovación" que no ha podido ser modelizada mediante predicción.

30 Los codificadores por transformada más utilizados (codificador MPEG AAC o ITU-T G.722.1 Anexo C a modo de ejemplo) utilizan transformadas de muestreo crítico de tipo MDCT (por "Modified Discrete Transform") con el fin de compactar la señal en el dominio transformado. Se denomina "transformada de muestreo crítico", una transformada para la cual el número de coeficientes en el dominio transformado es igual al número de muestras temporales analizadas.

35 Una solución para codificar eficazmente una señal que contiene estos dos tipos de contenido consiste en seleccionar en el curso del tiempo (trama por trama) la mejor técnica. Esta solución ha sido preconizada, en particular, por el organismo de normalización 3GPP ("3rd Generation Partnership Project") mediante una técnica denominada AMR WB+ (o Enhanced AMR-WB) y más recientemente, por el códec MPEG-H USAC (por "Unified Speech Audio Coding" en inglés). Las aplicaciones consideradas por AMR-WB+ y USAC no son conversacionales, sino que corresponden a servicios de difusión y almacenamiento, sin limitaciones fuertes sobre el retardo algorítmico.

40 La norma USAC está publicada en el documento ISO/IEC 23003-3:2012, Tecnología de la información --Tecnologías de audio MPEG --Parte 3: Codificación unificada de la voz y audio.

45 A título ilustrativo, la versión inicial del códec, USAC, denominada RM0 (Modelo de Referencia 0), se describe en el artículo de M. Neuendorf et al, titulado: Un sistema nuevo para la codificación unificada de la voz y audio de baja tasa binaria – MPEG RM0, 7-10 mayo 2009, 126th AES Convention. Este códec (codificador-decodificador) alterna entre al menos dos modos de codificación:

- Para las señales de tipo palabra: modos LPD (por "Linear Predictive Domain") que utiliza una técnica ACELP.

50 - Para las señales de tipo música: modo FD (por "Frequency Domain") que utiliza una técnica MDCT (por "Transformada Discreta Modificada").

Se recuerda, a continuación, los principios de las codificaciones ACELP y MDCT.

55 De un lado, la codificación CELP – y su variante ACELP – es una codificación predictiva fundada en el modelo de fuente-filtro. El filtro corresponde, en general, a un filtro de todos polos de función de transferencia $1/A(z)$ obtenido por predicción lineal (LPC por Linear Predictive Coding). En la práctica, la síntesis utiliza la versión cuantificada, $1/\hat{A}(z)$, del filtro $1/A(z)$. La fuente – es decir, la excitación del filtro lineal predictivo $1/\hat{A}(z)$ – es, en general, la combinación de una excitación obtenida por predicción a largo plazo que modeliza la vibración de las cuerdas vocales, y de una

excitación estocástica (o innovación) descrita bajo la forma de códigos algebraicos (ACELP), de diccionarios de ruido, etc. La búsqueda de la excitación (óptima) se realiza mediante la minimización de un criterio de error cuadrático en el dominio de la señal ponderada mediante un filtro de función de transferencia $W(z)$ en general derivada del filtro de predicción lineal $A(z)$, de la forma $W(z) = A(z/\gamma_1)/A(z/\gamma_2)$. Se hace constar que numerosas variantes del modelo CELP han sido propuestas y se considerará aquí el ejemplo de la codificación CELP de la norma UIT-T G.718 en donde dos filtros LPC son cuantificados por trama y la excitación LPC se codifica en función de una clasificación, con vocalizados modos adaptados a los sonidos, no vocalizados, transitorios, etc. Además, se han propuesto, asimismo, alternativas a la codificación CELP, tales como los codificadores BV16, BV32, iLBC o SILK que permanecen sobre la base de la predicción lineal. En general, la codificación predictiva, tal como la codificación CELP, funciona a frecuencias de muestra limitadas (≤ 16 kHz) por razones históricas y otras (límites de la predicción lineal en banda ancha, complejidad algorítmica para frecuencias elevadas, etc.). De este modo para funcionar con frecuencias de normalmente 16 a 48 kHz se utilizan igualmente operaciones de re-muestreo (mediante un filtro FIR, bancos de filtro o filtro IIR) y ocasionalmente, una codificación separada de la banda alta que puede ser una extensión de banda paramétrica – estas operaciones de re-muestreo y de codificación de banda alta no son aquí objeto de revisión.

De otro lado, la codificación por transformación MDCT se divide entre tres etapas para el codificador:

1. Ponderación de la señal mediante una ventana aquí denominada “ventana MDCT” en una longitud correspondiente a 2 bloques.
2. Repliegue temporal (o “time-domain aliasing” en inglés) para formar un bloque reducido (de longitud dividida por 2).
3. Transformación DCT-IV (“Discrete cosine Transform”) del bloque reducido.

Se hace constar que variantes de cálculo de tipo de transformación TDAC pueden utilizar, a modo de ejemplo, una transformada de Fourier (FFT) en lugar de una transformada DCT.

La ventana MDCT se divide, en general, en 4 partes adyacentes de longitudes iguales denominadas “cuartos”.

La señal se multiplica por la ventana de análisis y luego se realizan los repliegues: el primer cuarto (en ventana) es replegado (es decir, invertido en el tiempo y puesto en solapamiento) sobre el segundo y el cuarto de los cuartos se repliega sobre el tercero.

Más concretamente, el repliegue de un cuarto sobre otro se realiza de la forma siguiente: la primera muestra del primer cuarto es objeto de adición (o sustracción) a la última muestra del segundo cuarto, la segunda muestra del primer cuarto se añade (o sustrae) a la antepenúltima muestra del segundo cuarto y así sucesivamente, hasta la última muestra del primer cuarto que es objeto de adición (o sustracción) a la primera muestra del segundo cuarto.

Se obtiene, por lo tanto, a partir de 4 cuartos, 2 cuartos replegados en donde cada muestra es el resultado de una combinación lineal de 2 muestras de la señal a codificar. Esta combinación lineal se denomina repliegue temporal. Se hace constar que el repliegue temporal (también denominado “temporal aliasing” en inglés) corresponde a mezclar dos segmentos temporales y el nivel relativo de dos segmentos temporales en cada “cuarto replegado” en función de las ventanas de análisis/síntesis.

Estos 2 cuartos replegados se codifican, a continuación, conjuntamente después de la transformación DCT. Para la trama siguiente se desplaza en una mitad de ventana (o sea, un 50% de solapamiento), el tercer y cuarto de los cuartos de la trama precedente se convierten en el primer y segundo cuartos de la trama en curso. Después del repliegue, se envía una segunda combinación lineal de los mismos pares de muestras como en la trama precedente, pero con pesos distintos.

En el decodificador, después de la transformación DCT inversa, se obtiene, por lo tanto, la versión decodificada de estas señales replegadas. Dos tramas consecutivas contienen el resultado de 2 repliegues distintos de los mismos 2 cuartos, es decir, para cada par de muestras se tiene el resultado de 2 combinaciones lineales con pesos diferentes pero conocidos: un sistema de ecuaciones se resuelve, por lo tanto, para obtener la versión decodificada de la señal de entrada, el repliegue temporal puede ser así suprimido utilizando 2 tramas decodificadas sucesivas.

La resolución de los sistemas de ecuaciones mencionados se realiza, en general, mediante un despliegue, la multiplicación por una ventana de síntesis adecuadamente elegida y luego la adición-solapamiento de las partes comunes. Esta adición-solapamiento asegura al mismo tiempo la transición suave (sin discontinuidad debida a los errores de cuantificación) entre 2 tramas decodificadas consecutivas; en efecto, esta operación se comporta como un fundido encadenado. Cuando la ventana para el primer cuarto o el cuarto de los cuartos se pone a cero para cada

muestra, se denomina una transformación MDCT sin despliegue temporal en esta parte de la ventana. En este caso, la transición suave no está asegurada por la transformación MDCT, debiendo efectuarse por otros medios como, a modo de ejemplo, una fundición encadenada exterior.

5 La codificación por transformada (tal como la codificación de tipo MDCT) puede, en teoría, adaptarse fácilmente a diferentes frecuencias de muestreo de entrada y de salida, tal como se ilustra en la puesta en práctica combinada en el Anexo C de G.722.1 que incluye la codificación G.722.1; sin embargo, se puede utilizar también la codificación por transformada con operaciones de pre/post-procesamiento con el re-muestreo (mediante un filtro FIR, bancos de filtro o filtro IIR), con ocasionalmente una codificación separada de la banda alta que puede ser una extensión de banda
10 paramétrica. Estas operaciones de re-muestreo y de codificación de banda alta no son aquí objeto de revisión, pero el codificador 3GPP e-AAC+ proporciona un ejemplo de realización de una tal combinación (re-muestreo, codificación por transformada en banda baja y extensión de banda).

15 Conviene señalar que la banda acústica codificada por los diferentes modos (LPD temporal con base de predicción lineal, FD frecuencial con base de transformada) puede variar según el modo seleccionado y la magnitud del flujo. Por otro lado, la decisión de modo es posible que se realice en bucle abierto (u “open-loop” en inglés) para cada trama, es decir, que la decisión se toma a priori en función de los datos y de las observaciones disponibles o en bucle cerrado como en la codificación AMR-WB+.

20 En los códecs que utilizan al menos dos modos de codificaciones, las transiciones entre los modos LPD y FD son importantes para asegurar una calidad suficiente sin defecto de conmutación, sabiendo que los modos FD y LPD son de naturaleza diferente – uno se basa en una codificación por transformada en el dominio frecuencial de la señal mientras que el otro utiliza una codificación lineal predictiva (temporal) con memorias de filtros que son actualizadas en cada trama. Un ejemplo de gestión de conmutaciones intermodos que corresponde al códec USAC RM0, se detalla en el artículo de J. Lecomte et al, titulado: “Ventanas de desvanecimiento cruzado eficiente para transiciones entre
25 codificación de audio basada en LPC y no basada en LPC”, 7-10 mayo 2009, 126th AES Convention. Según se explica en este artículo, la dificultad principal reside en las transiciones entre modos LDP hacia FD y viceversa.

30 Para tratar el problema de transición entre un núcleo de tipo FD a un núcleo de tipo LPD, la solicitud de patente publicada bajo el número WO2013/016262 (ilustrada en la Figura 1) propone actualizar las memorias de los filtros del códec de tipo LPD (130) que codifica la trama $m+1$ utilizando la síntesis del codificador y del decodificador de tipo FD (140) que codifica la trama m . La actualización de las memorias resulta necesaria solamente durante la codificación de las tramas de tipo FD. Esta técnica permite, de este modo, en el momento de la selección en 110 del modo de codificación y de la conmutación (en 150) de la codificación de tipo FD hacia la de tipo LPD, hacer esta operación sin defecto de transición (artefactos operativos) puesto que en el momento de codificar la trama con la técnica LPD, las memorias (o estados) del codificador CELP (LPD) han sido ya objeto de actualización por el generador 160 a partir de la señal reconstruida $\hat{S}_a(n)$ de la trama m . En el caso en que los dos núcleos (FD y LDP) no funcionen a la misma frecuencia de muestreo, la técnica descrita en la solicitud de patente WO2013/016262 propone una etapa de re-muestreo de las memorias del codificador de tipo FD.
40

Esta técnica tiene por inconveniente, de una parte, que necesita tener acceso a la señal decodificada en el codificador y por lo tanto, forzar una síntesis local en el codificador. De otra parte, necesita realizar operaciones de actualización de las memorias de los filtros (que puede comprender una etapa de re-muestreo) en el momento de la codificación y de la decodificación de tipo FD, así como un conjunto de operaciones que vienen a realizar un análisis/codificación de tipo
45 CELP en la trama precedente de tipo FD. Estas operaciones pueden ser complejas y llegar a superponerse a las operaciones de codificación/decodificación clásicas en la trama de transición de tipo LPD, lo que ocasiona un máximo de complejidad en la codificación “multimodal”.

50 Por lo tanto, existe una necesidad de obtener una transición eficaz entre una codificación o decodificación por transformada y una codificación o decodificación predictiva que no necesitan un aumento en complejidad de los codificadores o decodificadores previstos para aplicaciones conversacionales de codificación de audio que presentan alternancias de palabra y de música.

55 La presente invención está destinada a mejorar la situación operativa.

Propone, a este efecto, un método de decodificación de una señal de audio digital, que incluye las etapas de:

- decodificación según una decodificación por transformada inversa de una trama precedente de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación por transformada;
60

- decodificación según una decodificación predictiva de una trama en curso de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación predictiva. El método es tal como la decodificación predictiva de la trama en curso y una decodificación predictiva de transición que no utiliza diccionario adaptativo procedente de la trama precedente y que incluye, además:

5 - una etapa de reinicialización de al menos un estado de la decodificación predictiva a un valor por defecto predeterminado;

10 - una etapa de adición-solapamiento que combina un segmento de señal sintetizado mediante decodificación predictiva de la trama en curso y un segmento de señal sintetizado por decodificación por transformada inversa, que corresponde a un segmento memorizado de la decodificación de la trama precedente.

15 De este modo, la reinicialización de los estados se efectúa sin que exista ninguna necesidad de la señal decodificada de la trama precedente, efectuándose de forma muy simple mediante valores constantes nulos o predeterminados. La complejidad del decodificador es así disminuida con respecto a las técnicas de actualización de las memorias de estados que necesitan el análisis u otros cálculos. Los artefactos de transición se evitan, entonces, mediante la puesta en práctica de la etapa de adición-solapamiento que permite establecer el enlace con la trama precedente.

20 Con la decodificación predictiva de transición, no es necesario reiniciar las memorias del diccionario adaptativo para esta trama en curso puesto que no se utiliza. Esto simplifica tanto más la puesta en práctica de la transición.

25 En una forma de realización particular, la decodificación por transformada inversa tiene un retardo de procesamiento inferior al que tiene la decodificación predictiva y el primer segmento de trama en curso decodificada por decodificación predictiva se sustituye por un segmento resultado de la decodificación de la trama precedente que corresponde al desplazamiento de retardo y se memoriza en el momento de la decodificación de la trama precedente.

Esto permite utilizar ventajosamente este desplazamiento de retardo para mejorar la calidad de la transición.

30 En una forma de realización particular, el segmento de señal simplificado mediante decodificación por transformada inversa se corrige antes de la etapa de adición-solapamiento mediante la aplicación de una ventana inversa que compensa la disposición en ventanas previamente aplicada al segmento.

De este modo, la trama en curso decodificada tiene una energía que es próxima a la que tiene la señal original.

35 En una variante de realización, el segmento de señal sintetizado por decodificación por transformada inversa es previamente re-muestreado a la frecuencia de muestreo correspondiente al segmento de señal decodificado de la trama en curso.

40 Lo que antecede permite efectuar una transición sin defecto en el caso en que la frecuencia de muestreo de la decodificación por transformada sea diferente de la que tiene la decodificación predictiva.

En una forma de realización de la invención, un estado de decodificación predictiva está incluido en la lista de los estados siguientes:

45 - la memoria de estado de un filtro de re-muestreo a la frecuencia interna de la decodificación predictiva;

- las memorias de estado de filtros de pre-énfasis/de-énfasis;

50 - los coeficientes del filtro de predicción lineal;

- la memoria de estado del filtro de síntesis (en el dominio pre-accentuado);

- la memoria del diccionario adaptativo (excitación transmitida);

55 - la memoria de estado de un post-filtro de baja frecuencia (BPF);

- la memoria de cuantificación de la ganancia del diccionario fijo.

60 Estos estados se utilizan para poner en práctica la decodificación predictiva. La mayor parte de estos estados se reinician a un valor nulo o un valor constante predeterminado, lo que simplifica tanto más la puesta en práctica de

esta etapa. Esta lista no es, sin embargo, exhaustiva y evidentemente, otros estados pueden tenerse en cuenta en esta etapa de reinicialización.

5 En una forma de realización particular de la invención, el cálculo de los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama en curso se realiza mediante la decodificación de los coeficientes de un filtro único y atribuyendo coeficientes idénticos al filtro de predicción lineal de final, intermedio y de inicio de la trama.

10 En efecto, como se han reinicializado los coeficientes del filtro de predicción lineal, no se conocen los coeficientes de inicio de trama. Los valores decodificados son, entonces, utilizados para obtener los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama completa. Esto se realiza, por lo tanto, de forma simple, sin aportar una importante degradación a la señal de audio decodificada.

15 En una variante de realización, el cálculo de los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama en curso incluye las etapas siguientes:

- determinación de los valores decodificados de los coeficientes del filtro de la parte intermedia de la trama utilizando los valores decodificados de los coeficientes del filtro del final de trama y un valor predeterminado de reinicialización de los coeficientes del filtro de inicio de trama;

20 - sustitución de los valores decodificados de los coeficientes del filtro de inicio de trama por los valores decodificados de los coeficientes del filtro de la parte intermedia de la trama;

25 - determinación de los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama en curso utilizando los valores así decodificados de los coeficientes del filtro de final, de parte intermedia y de inicio de trama.

De este modo, los coeficientes que corresponden al filtro de parte intermedia de trama se decodifican con un error más pequeño.

30 En otra variante de realización, los coeficientes del filtro de predicción lineal de inicio de trama son reinicializados a un valor predeterminado que corresponde a un valor medio de los coeficientes del filtro de predicción a largo plazo y los coeficientes de predicción lineal de la trama en curso se determinan utilizando los valores así predeterminados y los valores decodificados de los coeficientes del filtro de final de trama.

35 De este modo, los coeficientes de inicio de trama se consideran como conocidos con el valor predeterminado. Esto permite encontrar los coeficientes de la trama completa de manera más exacta y estabilizar, con mayor rapidez, la decodificación predictiva.

En una forma de realización posible, un valor por defecto predeterminado depende del tipo de trama a decodificar.

40 De este modo, la decodificación está bien adaptada a la señal a decodificar.

La invención se refiere, asimismo, a un método de codificación de una señal de audio digital, que incluye las etapas de:

45 - codificación de una trama precedente de muestras de la señal digital según una codificación por transformada;

- recepción de una trama en curso de muestras de la señal digital a codificar según una codificación predictiva. El método es tal que la codificación predictiva de la trama en curso es una codificación predictiva de transición que no utiliza diccionario adaptativo precedente de la trama precedente y que incluye, además:

50 - una etapa de reinicialización de al menos un estado de la codificación predictiva a un valor por defecto predeterminado.

55 De este modo, la reinicialización de los estados se realiza sin que haya necesidad de reconstrucción de la señal de la trama precedente, y por lo tanto, de decodificación local. Se realiza de forma muy simple mediante valores constantes nulos o predeterminados. La complejidad de la codificación es así disminuida con respecto a las técnicas de actualización de las memorias de estados que necesitan el análisis u otros cálculos.

Con la codificación predictiva de transición, no es necesario reinicializar las memorias del diccionario adaptativo para esta trama en curso puesto que no se utiliza. Esto simplifica tanto más la puesta en práctica de la transición.

60 En una forma de realización particular, los coeficientes del filtro de predicción lineal forman parte de al menos un estado de codificación predictiva y el cálculo de los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama en curso se realiza

mediante la determinación de los valores codificados de los coeficientes de un solo filtro de predicción, bien sea de parte intermedia, bien sea de final de trama y la atribución de valores codificados idénticos para los coeficientes del filtro de predicción de inicio de trama y de final o parte intermedia de trama.

5 En efecto, como se han reinicializado los coeficientes del filtro de predicción lineal, no son conocidos los coeficientes de inicio de trama. Los valores codificados son entonces utilizados para obtener los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama completa. Esto, se realiza, por lo tanto, de forma simple, sin aportar ninguna degradación importante a la señal sonora codificada.

10 De este modo, ventajosamente, al menos un estado de la codificación predictiva está codificado de manera directa.

En efecto, los bits normalmente reservados a la codificación del juego de coeficientes del filtro de parte intermedia de trama o de inicio de trama se utilizan, a modo de ejemplo, para codificar de manera directa al menos un estado de codificación predictiva, a modo de ejemplo, la memoria del filtro de de-énfasis.

15 En una variante de realización, los coeficientes del filtro de predicción lineal forman parte de al menos un estado de la codificación predictiva y el cálculo de los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama en curso incluye las etapas siguientes:

20 - determinación de los valores codificados de los coeficientes del filtro de la parte intermedia de trama utilizando los valores codificados de los coeficientes del filtro de final de trama y los valores predeterminados de reinicialización de los coeficientes del filtro de inicio de trama;

25 - sustitución de los valores codificados de los coeficientes del filtro de inicio de trama por los valores codificados de los coeficientes del filtro de parte intermedia de trama;

- determinación de los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama en curso utilizando los valores así codificados de los coeficientes del filtro de final, de parte intermedia y de inicio de trama.

30 De este modo, los coeficientes que corresponden al filtro de parte intermedia de trama son codificados con un porcentaje de error más pequeño.

35 En una variante de realización, los coeficientes del filtro de predicción lineal forman parte de al menos un estado de codificación predictiva, los coeficientes del filtro de predicción lineal de inicio de trama son reinicializados a un valor predeterminado que corresponde a un valor medio de los coeficientes del filtro de predicción a largo plazo y los coeficientes de predicción lineal de la trama en curso se determinan utilizando los valores así predeterminados y los valores codificados de los coeficientes del filtro de final de trama.

40 De este modo, los coeficientes de inicio de trama son considerados como conocidos con el valor predeterminado. Esto permite obtener una buena estimación de los coeficientes de predicción de la trama precedente, sin análisis suplementario, para calcular los coeficientes de predicción de la trama completa.

En una forma de realización posible, un valor por defecto predeterminado depende del tipo de trama a codificar.

45 La invención se refiere, asimismo, a un decodificador de señal de audio digital, que comprende:

- una entidad de decodificación por transformada inversa adecuada para decodificar una trama precedente de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación por transformada;

50 - una entidad de decodificación predictiva adecuada para decodificar una trama en curso de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación predictiva. El decodificador es tal que la decodificación predictiva de la trama en curso es una decodificación predictiva de transición que no utiliza diccionario adaptativo procedente de la trama precedente y que incluye, además:

55 - un módulo de reinicialización adecuado para reinicializar al menos un estado de decodificación predictiva por un valor por defecto predeterminado;

60 - un módulo de procesamiento adecuado para efectuar una adición-solapamiento que combina un segmento de señal sintetizado por decodificación predictiva de la trama en curso y un segmento de señal sintetizado por decodificación por transformada inversa, que corresponde a un segmento memorizado de la decodificación de la trama precedente.

La misma invención se refiere a un codificador de señal de audio digital, que comprende:

- 5 - una entidad de codificación por transformada adecuada para codificar una trama precedente de muestras de la señal digital;
- 5 - una entidad de codificación predictiva adecuada para codificar una trama en curso de muestras de la señal digital. El codificador es tal que la codificación predictiva de la trama en curso es una codificación predictiva de transición que no utiliza diccionario adaptativo procedente de la trama precedente y que incluye, además:
- 10 - un módulo de reinicialización adecuado para reinicializar al menos un estado de la codificación predictiva mediante un valor por defecto predeterminado.

15 El decodificador y el codificador aportan las mismas ventajas que los métodos de decodificación y de codificación que ponen en práctica respectivamente.

15 Por último, la invención se refiere a un programa informático que contiene instrucciones de código para la puesta en práctica de las etapas del método de decodificación tal como se describió con anterioridad y/o de codificación tal como se describió también con anterioridad, cuando estas instrucciones son ejecutadas por un procesador.

20 La invención se refiere también a un medio de almacenamiento, legible por un procesador, integrado o no con el decodificador o el codificador, ocasionalmente extraíble, que memoriza un programa informático que pone en práctica un método de decodificación y/o un método de codificación tales como fueron descritos con anterioridad.

25 Otras características y ventajas de la invención aparecerán en el examen de la descripción detallada adjunta, y las Figuras adjuntas entre las cuales:

- la Figura 1 ilustra un método de transición, entre una codificación por transformada y una codificación predictiva, de la técnica anterior y descrita con anterioridad;
- 30 - la Figura 2 ilustra la transición al codificador entre una trama codificada según una codificación por transformada y una trama codificada según una codificación predictiva, según una puesta en práctica de la invención;
- la Figura 3 ilustra una forma de realización del método de codificación y del codificador según la invención;
- 35 - la Figura 4 ilustra en forma de organigrama las etapas puestas en práctica en una forma de realización particular, para determinar los coeficientes del filtro de predicción lineal en el momento operativo de la codificación predictiva de la trama en curso, habiendo sido la trama precedente codificada según una codificación por transformada;
- la Figura 5 ilustra la transición al decodificador entre una trama decodificada según una decodificación por transformada inversa y una trama decodificada según una decodificación predictiva, según una puesta en práctica de la invención;
- 40 - la Figura 6 ilustra una forma de realización del método de decodificación y del decodificador según la invención;
- 45 - la Figura 7 ilustra en forma de organigrama las etapas puestas en práctica en una forma de realización de la invención, para determinar los coeficientes del filtro de predicción lineal en el momento operativo de la decodificación predictiva de la trama en curso, habiendo sido la trama precedente decodificada según una decodificación por transformada inversa;
- la Figura 8 ilustra la etapa de adición-solapamiento puesta en práctica en la decodificación según una forma de realización de la invención;
- 50 - la Figura 9 ilustra un modo particular de puesta en práctica de la transición entre la decodificación por transformada y la decodificación predictiva cuando tienen retardos diferentes; y
- 55 - la Figura 10 ilustra una forma de realización material del codificador o del decodificador según la invención.

La Figura 2 ilustra, de forma esquemática, el principio de codificación en el momento operativo de una transición entre una codificación por transformada y una codificación predictiva según la invención.

60 Se considera, en este caso, una sucesión de tramas de audio a codificar bien sea con un codificador por transformada (FD) a modo de ejemplo de tipo MDCT, bien sea con un codificador predictivo (LPD) a modo de ejemplo, de tipo ACELP;

se hace constar que modos suplementarios de codificación son posibles sin afectar a la invención. El codificador por transformada (FD) utiliza, en este ejemplo, ventanas de pequeño retardo del tipo "Tukey" (la invención es independiente del tipo de ventana utilizado) y cuya longitud total es igual a dos tramas (valores a cero incluidos) según se representa en la figura.

5

En el momento de la codificación, las ventanas del codificador FD están sincronizadas de manera que la última parte no nula de la ventana (a la derecha) corresponda con el fin de una nueva trama de la señal de entrada. Se hace constar que la división en tramas ilustrada en la Figura 2 incluye la denominada "lookahead" (o señal futura) y la trama realmente codificada está, por lo tanto, normalmente desplazada en el tiempo (retardada) según se explica más adelante haciendo referencia a la Figura 5. Cuando no existe transición, el codificador realiza el procedimiento de repliegue y de transformación por DCT, tal como se describe en la técnica anterior (MDCT). En el momento operativo de la llegada de la trama antes de ser codificada por un codificador de tipo LPD, la ventana no es aplicada, siendo los estados o memorias correspondientes a los filtros del codificador LPD reinicializados a valores predeterminados.

10

15 Se considera aquí que el codificador LPD es derivado del codificador UIT-T G.718 cuya codificación CELP funciona a una frecuencia interna de 12.8 kHz. El codificador LPD según la invención puede funcionar con dos frecuencias internas 12.8 kHz o 16 kHz según la magnitud del flujo operativo.

Por el término de estado de la codificación predictiva (LPD), se entiende al menos los estados siguientes:

20

- La memoria de estado del filtro de re-muestreo de la frecuencia de entrada f_s a la frecuencia interna de la codificación CELP (12.8 o 16 kHz). Se considera, en este caso, que el re-muestreo se puede efectuar en función de las frecuencias de entrada e interna mediante el filtro FIR, un banco de filtros o el filtro IIR, habida cuenta que una realización de tipo FIR simplifica la utilización de la memoria de estado que corresponde a la señal de entrada transmitida.

25

- Las memorias de estado de los filtros de pre-énfasis ($1-az^{-1}$ con normalmente $\alpha=0.68$) y de de-énfasis ($1/(1-az^{-1})$).

- Los coeficientes del filtro de predicción lineal al final de la trama precedente o su versión equivalente dentro de los dominios tales como los dominios LSF ("Line Spectral Frequencies") o ISF ("Imittance Spectral Frequencies").

30

- La memoria de estado del filtro de síntesis LPC normalmente del orden de magnitud de 16 (dentro del dominio pre-acentuated).

- La memoria del diccionario adaptativo (excitación CELP transmitida).

35

- La memoria de estado del post-filtro de baja frecuencia (BPF) según se define en la norma UIT-G.718 (ver cláusula 7.14.1.1 de la norma UIT-T G.718).

- La memoria de cuantificación de la ganancia del diccionario fijo (cuando esta cuantificación se realiza con memoria).

40

La Figura 3 ilustra una forma de realización de un codificador y de un método de codificación según la invención.

El modo particular de realización se sitúa dentro del marco de transición entre un códec por transformada FD que utiliza una MDCT y un códec predictivo de tipo ACELP.

45

Después de una primera etapa clásica de puesta en trama (E301) por un módulo 301, un módulo de decisión (dec.) determina si la trama a procesar debe codificarse en codificación predictiva ACELP o en codificación por transformada FD.

50

En el caso de la codificación por transformada, se realiza una etapa completa de transformada MDCT (E302) mediante la entidad de codificación por transformada 302. Esta etapa comprende, entre otras, una disposición en ventanas con una ventana de bajo retardo alineada según se ilustra en la Figura 2, una etapa de repliegue y una etapa de transformación dentro del dominio de DCT. La trama FD se cuantifica, a continuación, en una etapa (E303) mediante un módulo de cuantificación 303 y luego, los datos así codificados son objeto de escritura en el flujo binario (bitstream) en la etapa E305, por el módulo 305 de construcción de flujo binario.

55

El caso de la transición desde una codificación predictiva hacia una codificación por transformada no se trata en este ejemplo, puesto que ya no es el objeto de la presente invención.

60

Si la etapa de decisión (dec.) elige la codificación predictiva ACELP, en tal caso:

5 - Si la trama precedente (última ACELP) se hubiera codificado también por la entidad de codificación ACELP 304, la codificación ACELP (E304) se prosigue entonces actualizando las memorias o estados de codificación predictiva. No se trata, en este caso, del problema de conmutación de frecuencias de muestreo internas de la codificación CELP (de 12.8 a 16 kHz y viceversa). Las informaciones codificadas y cuantificadas son objeto de escritura dentro del flujo binario en una etapa E305.

10 - Si la trama precedente (última MDCT) hubiera sido codificada por la entidad de codificación por transformada 302, en la etapa E302, en este caso, las memorias o estados de la codificación predictiva ACELP son reinicializadas en una etapa (E306) a valores por defecto predeterminados por anticipado (no necesariamente nulos). Esta etapa de reinicialización se pone en práctica por el módulo de reinicialización 306, para al menos un estado de codificación predictiva.

15 Una etapa de codificación predictiva para la trama en curso se pone en práctica entonces en la etapa E308 mediante una entidad de codificación predictiva 308.

Las informaciones codificadas y cuantificadas son objeto de escritura en el flujo binario en la etapa E305.

20 Esta codificación predictiva E308 puede, en una forma de realización particular, ser una codificación de transición tal como se define bajo el nombre de "modo TC" en la norma UIT-T G.718, en donde la codificación de la excitación es directa y no utiliza ningún diccionario adaptativo procedente de la trama precedente. Se realiza, entonces, una codificación de la excitación independiente de la trama precedente. Esta realización permite a los codificadores predictivos de tipo LPD estabilizarse con mucha mayor rapidez (con respecto a una codificación CELP clásica que utilizaría un diccionario adaptativo o sería puesta a cero. Lo que antecede simplifica tanto más la puesta en práctica de la transición según la invención.

30 En una variante de la invención, la codificación de la excitación podrá no estar en un modo de transición sino que utilizará una codificación CELP de forma similar a G.718 y pudiendo utilizar un diccionario adaptativo (sin forzar ni limitar la clasificación) o una codificación CELP clásica con diccionarios adaptativo y fijo. Esta variante es, sin embargo, menos ventajosa puesto que al no haberse recalculado el diccionario adaptativo y habiendo sido puesto a cero, la codificación será sub-óptima.

35 En otra variante, la codificación CELP en la trama de transición mediante el modo TC podrá sustituirse por cualquier otro tipo de codificación independiente de la trama precedente, a modo de ejemplo, utilizando el modelo de codificación de tipo iLBC.

En una forma de realización particular, una etapa E307 de cálculo de los coeficientes del filtro de predicción lineal, para la trama en curso, se realiza por el módulo de cálculo 307.

40 Varios modos de cálculo de los coeficientes del filtro de predicción lineal son posibles para la trama en curso. Se considera, en este caso, que la codificación predictiva (bloque 304) realiza dos análisis de predicción lineal por trama como en la norma G.718, con una codificación de los coeficientes LPC bajo la forma de ISF (o LSF de forma equivalente) obtenidos al final de la trama (NEW) y una codificación del flujo operativo muy reducido de los coeficientes LPC obtenidos en la parte intermedia de la trama (MID), con una interpolación por subtrama entre los coeficientes LPC del final de trama precedente (OLD) y los de la trama en curso (MID y NEW).

50 En una primera forma de realización, los coeficientes de predicción en la trama precedente (OLD) de tipo FD no son conocidos puesto que ningún coeficiente LPC está codificado en el codificador FD. Se elige, entonces, codificar un solo juego de coeficientes del filtro de predicción lineal que corresponde bien sea a la parte intermedia de la trama (MID), bien sea al final de la trama (NEW). Esta elección puede realizarse, a modo de ejemplo, según una clasificación de la señal a codificar. Para una señal estable, el filtro de parte intermedia de la trama se podrá elegir. Una elección arbitraria puede realizarse también; en el caso en donde la elección se aplica sobre los coeficientes LPC en la parte intermedia de la trama, en una variante, la interpolación de los coeficientes LPC (dentro del dominio ISP ("Imittance Spectral Pairs") o LSP ("Line Spectral Pairs")) podrá modificarse en la segunda trama LPD que sigue a la trama LPD de transición.

55 A partir de estos valores codificados obtenidos, se atribuye valores codificados idénticos para los coeficientes de filtro de predicción del inicio de trama (OLD) y de final o parte intermedia de la trama según la elección que se haya efectuado. En efecto, al no ser conocidos los coeficientes LPC de la trama precedente (OLD), no es posible codificar los coeficientes LPC de la parte intermedia de la trama (MID) como en G.718. Se hace constar que, en esta variante, la reinicialización de los coeficientes LPC (OLD) no es forzosamente necesaria, puesto que estos coeficientes no son

utilizados. En este caso, los coeficientes utilizados en cada subtrama se fijan de forma idéntica al valor codificado dentro de la trama.

5 Ventajosamente, los bits que podrían reservarse para la codificación del juego de coeficientes LPC de la parte intermedia de la trama (MID) o del inicio de la trama se utilizan, a modo de ejemplo, para codificar de manera directa al menos un estado de la codificación predictiva, a modo de ejemplo, la memoria del filtro de de-énfasis.

10 En una segunda forma de realización posible, las etapas ilustradas en la Figura 4 son puestas en práctica. Una primera etapa E401 es la inicialización de los coeficientes del filtro de predicción y de las representaciones equivalentes ISF o LSF según la puesta en práctica de la etapa E306 de la Figura 3, es decir, a valores predeterminados, a modo de ejemplo, según el valor medio a largo plazo sobre una base de conocimiento a priori de los coeficientes LSP. La etapa E402 codifica los coeficientes del filtro de final trama (LSP NEW) y los valores codificados obtenidos (LEP NEW Q) así como los valores predeterminados de reinicialización de los coeficientes del filtro de inicio de trama (LSP OLD) se utilizan en la etapa E403 para codificar los coeficientes del filtro de predicción de la parte intermedia de la trama (LSP MID). Una etapa de sustitución E404 de los valores de coeficientes de inicio de trama (LSP OLD) por los valores codificados de los coeficientes de la parte intermedia de la trama (LSP MID Q) es realizada. La etapa E405 permite determinar los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama en curso a partir de estos valores así codificados (LSP OLD, LSP MID Q, LSP NEW Q).

20 En una tercera forma de realización posible, los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama precedente (LSP OLD) se inicializan a un valor que está ya disponible "gratuitamente" en una variante de codificador FD que utiliza una envolvente espectral de tipo LPC. En este caso, una codificación "normal", tal como se utiliza en G.718, podrá ser utilizada, siendo los coeficientes de predicción lineales por subtrama calculados como una interpolación entre los valores de los filtros de predicción OLD, MID y NEW, con lo que esta operación permite de este modo al codificador LPD obtener, sin análisis suplementario, una estimación adecuada de los coeficientes LPC en la trama precedente.

25 En otras variantes de la invención, la codificación LPD podrá, por defecto, solamente codificar un juego de coeficientes LPC (NEW), estando las variantes de realización precedentes simplemente adaptadas para tener en cuenta que algún juego de coeficientes no está disponible en la parte intermedia de la trama (MID).

30 En una variante de realización de la invención, la inicialización de los estados de la codificación predictiva puede realizarse con valores por defecto predeterminados por anticipado que pueden, a modo de ejemplo, corresponder a diferentes tipos de trama a codificar (a modo de ejemplo, los valores de inicialización pueden ser diferentes si la trama incluye una señal de tipo sonoro o no sonoro).

35 La Figura 5 ilustra, de forma esquemática, el principio de decodificación de una transición entre una decodificación por transformada y una decodificación predictiva según la invención.

40 Se considera, en este caso, una sucesión de tramas de audio a decodificar bien sea con un decodificador por transformada (FD), a modo de ejemplo, de tipo MDCT, bien sea con un decodificador predictivo (LPD) a modo de ejemplo de tipo ACELP. El decodificador por transformada (FD) utiliza, en este ejemplo, ventanas de síntesis con pequeño retardo de tipo "Tukey" (la invención es independiente del tipo de ventana utilizado) y cuya longitud total es igual a dos tramas (valores a cero incluidos) según se representa en la figura.

45 En conformidad con la invención, después de la decodificación de una trama codificada con un codificador FD, una transformación DCT inversa se aplica a la trama decodificada. Esta última es desplegada y luego, la ventana de síntesis se aplica sobre la señal desplegada. Las ventanas de síntesis del codificador FD están sincronizadas de manera que la parte no nula de la ventana (a la izquierda) corresponda con una nueva trama. De este modo, la trama puede decodificarse hasta el punto A, puesto que la señal no tiene ningún repliegue temporal ("d'aliasing") antes de este punto.

50 En el momento de la llegada de la trama LPD, como al codificador, los estados o memorias de decodificación predictiva se reinician a valores predeterminados.

55 Por estado de decodificación predictiva (LPD), se entiende al menos los estados siguientes:

- La memoria de estado del filtro de re-muestreo de la frecuencia interna de la decodificación CELP (12.8 o 16 kHz) a la frecuencia de salida f_s . Se considera, en este caso, que el re-muestreo puede realizarse en función de la frecuencia de entrada e interna mediante un filtro FIR, un banco de filtros o un filtro IIR, habida cuenta que una realización de tipo FIR simplifica la utilización de la memoria de estado que corresponde a la señal de entrada transmitida.

60 - Las memorias de estado del filtro de de-énfasis ($1/(1-\alpha z^{-1})$).

- Los coeficientes del filtro de predicción lineal al final de la trama precedente o su versión equivalente dentro de los dominios tales como los dominios LSF (Line Spectral Frequencies) o ISF (Imittance Spectral Frequencies).
- 5 - La memoria de estado del filtro de síntesis LPC normalmente del orden de magnitud de 16 (dentro del dominio de pre-énfasis).
- La memoria del diccionario adaptativo (excitación transmitida).
- 10 - La memoria de estado del post-filtro de baja frecuencia (BPF) según se define en la norma UIT-G.718 (ver cláusula 7.14.1.1 de la norma UIT-T G.718).
- La memoria de cuantificación de la ganancia del diccionario fijo (cuando esta cuantificación se realiza con memoria).
- 15 La Figura 6 ilustra una forma de realización de un decodificador y de un método de decodificación según la invención.
- El modo particular de realización se sitúa dentro del marco de transición entre un códec por transformada FD que utiliza una MDCT y un códec predictivo de tipo ACELP.
- 20 Después de una primera etapa clásica de lectura en el denominado tren binario (E601), mediante un módulo 601, un módulo de decisión (dec.) determina si la trama a procesar debe decodificarse en decodificación predictiva ACELP o en decodificación por transformada FD.
- 25 En el caso de una decodificación por transformada MDCT, una etapa de decodificación E602 por la entidad de decodificación por transformada 602, permite obtener la trama en el dominio transformado. La etapa puede contener, asimismo, una etapa de re-muestreo a la frecuencia de muestreo del decodificador ACELP. Esta etapa es seguida de una transformación MDCT inversa E603 que comprende una transformación DCT inversa, un despliegue temporal y la aplicación de una ventana de síntesis y de una etapa de adición-solapamiento con la trama precedente según se describe, más adelante, haciendo referencia a la Figura 8.
- 30 La parte para la que el repliegue temporal ha sido anulado es puesta en trama en una etapa E605 por el módulo de puesta en trama 605. La parte que comprende un repliegue temporal se guarda en la memoria (Mem. MDCT) para obtener una etapa de adición-solapamiento en E609 por el módulo de procesamiento 609 con la posible próxima trama decodificada por el núcleo FD. En una variante, la parte memorizada de la decodificación MDCT que se utiliza para la
- 35 etapa de adición-solapamiento, no incluye ningún repliegue temporal, a modo de ejemplo, en el caso en donde existe un desplazamiento temporal suficientemente importante entre la decodificación MDCT y la decodificación CELP.
- Esta etapa se ilustra en la Figura 8. Se constata en esta Figura que existe una discontinuidad temporal entre la decodificación resultado del FD y la de resultado del LPD. La etapa E609 utiliza la memoria del codificador por
- 40 transformada (Mem. MDCT), tal como se describió con anterioridad, es decir, la señal decodificada después del punto A pero que incluye un repliegue temporal (en el caso ilustrado).
- Preferentemente, la señal se utiliza hasta el punto B que es el punto de repliegue de la transformada. En una forma de realización particular, se compensa previamente esta señal por la inversa de la ventana previamente aplicada sobre el
- 45 segmento AB. De este modo, antes de la etapa de adición-solapamiento, el segmento AB es corregido por la aplicación de una ventana inversa que compensa el efecto de la disposición en ventanas previamente aplicada al segmento. Por lo tanto, el segmento ya no es objeto de disposición "en ventana" y su energía está próxima a la que tenía la señal original.
- Los dos segmentos AB, el procedente de la decodificación por transformada y el procedente de la decodificación predictiva son, a continuación, ponderados y sumados con el fin de obtener la señal AB final. Las funciones de ponderación tienen preferentemente una suma igual a 1 (del tipo lineal o sinusoidal cuadrático, a modo de ejemplo). De este modo, la etapa de adición-solapamiento combina un segmento de señal sintetizado por decodificación predictiva de la trama en curso y un segmento de señal sintetizado por decodificación por transformada inversa, que corresponde a un
- 50 segmento memorizado de la decodificación de la trama precedente.
- 55 En otra forma de realización particular, en el caso en que el re-muestreo no haya sido todavía efectuado (en E602 a modo de ejemplo), el segmento de señal sintetizado por decodificación por transformada inversa de tipo FD es previamente re-muestreado a la frecuencia de muestreo correspondiente al segmento de señal decodificado de la trama en curso de tipo LPD. Este re-muestreo de la memoria MDCT podrá hacerse con o sin retardo con la aplicación de las
- 60 técnicas clásicas por filtro de tipo FIR, banco de filtros, filtro IIR e incluso utilizando las denominadas "splines".

- En el caso contrario, si los modos de codificación FD y LPD funcionan a frecuencias de muestreo internas diferentes, se podrá en una alternativa re-muestrear la síntesis de la codificación CELP (posiblemente post-tratada con, en particular, la adición de una banda alta estimada o codificada) y aplicar la invención. Este re-muestreo de la síntesis del codificador LPD podrá hacerse con o sin retardo aplicando las técnicas clásicas por filtro de tipo FIR, banco de filtros, filtro IIR e incluso utilizando las denominadas "splines".
- Esto permite efectuar una transición sin defecto en el caso en que la frecuencia de muestro de la decodificación por transformada sea diferente de la frecuencia de la decodificación predictiva.
- En una forma de realización particular, es posible aplicar una etapa intermedia de retardo (E604) con el fin de alinear temporalmente los dos decodificadores si el decodificador FD tiene menos retardo que el decodificador CELP (LPD). Una parte de señal cuya magnitud corresponde al retardo entre los dos decodificadores es entonces almacenada en memoria (Mem. Retard).
- La Figura 9 ilustra este caso de figura. La forma de realización, en este caso, propone sacar partido ventajosamente de esta diferencia de retardo D para sustituir el primer segmento D procedimiento de la decodificación predictiva LPD por el precedente de la decodificación por transformada FD y proceder luego a la etapa de adición-solapamiento (E609) tal como se describió con anterioridad, sobre el segmento AB. De este modo, cuando la decodificación por transformada inversa tiene un retardo de procesamiento inferior al de la decodificación predictiva, el primer segmento de trama en curso decodificada por decodificación predictiva se sustituye por un segmento precedente de la decodificación de la trama precedente que corresponde al desplazamiento de retardo y puesta en memoria en el momento de la decodificación de la trama precedente.
- En la Figura 6, si la decisión (dec.) indica que es preciso realizar una decodificación predictiva ACELP, entonces:
- Si la última trama decodificada, trama precedente (última ACELP), fue también decodificada según una decodificación predictiva ACELP por la entidad de decodificación ACELP 603, la decodificación predictiva se prosigue entonces en una etapa (E603), siendo así la trama de audio obtenida en la etapa E605.
 - Si la trama precedente (última MDCT) fue decodificada por la entidad de decodificación por transformada 602, en E602, en este caso, una etapa de reinicialización (E606) de los estados de la decodificación predictiva ACELP se aplica a este respecto. Esta etapa de reinicialización se pone en práctica por el módulo de reinicialización 606, para al menos un estado de la decodificación predictiva. Los valores de reinicialización son valores por defecto predeterminados por anticipado (no necesariamente nulos).
- La inicialización de los estados de decodificación LPD puede realizarse con valores por defecto predeterminados por anticipado que pueden, a modo de ejemplo, corresponder a diferentes tipos de trama a decodificar en función de la operación realizada en el momento de la codificación.
- Una etapa de decodificación predictiva para la trama en curso es entonces puesta en práctica en E608 mediante una entidad de decodificación predictiva 608, antes de la etapa de adición-solapamiento (E609) descrita con anterioridad. La etapa puede contener, asimismo, una etapa de re-muestreo a la frecuencia de muestreo del decodificador MDCT.
- Esta codificación predictiva E608 puede, en una forma de realización particular, ser una decodificación predictiva de transición, si esta solución fue elegida en el codificador, en donde la decodificación de la excitación es directa y no utiliza un diccionario adaptativo. En este caso, la memoria del diccionario adaptativo no tiene necesidad de ser reinicializada.
- Se realiza, entonces, una decodificación no predictiva de la excitación. Esta realización permite a los decodificadores predictivos de tipo LPD estabilizarse con mucha mayor rapidez puesto que, en este caso, no utilizan la memoria del diccionario adaptativo que había sido previamente reinicializada. Lo que antecede simplifica tanto más la puesta en práctica de la transición según la invención. En el momento de la decodificación de la trama en curso, la decodificación predictiva de la excitación a largo plazo se sustituye por una decodificación no predictiva de la excitación.
- En una forma de realización particular, una etapa E607 de cálculo de los coeficientes del filtro de predicción lineal para la trama en curso se realiza por el módulo de cálculo 607.
- Varios modos de cálculo de los coeficientes del filtro de predicción lineal son posibles para la trama en curso.
- En una primera forma de realización, los coeficientes de predicción en la trama precedente (OLD) de tipo FD no son conocidos puesto que ningún coeficiente LPC está codificado en el codificador FD y los valores han sido reinicializados a cero. Se elige, entonces, decodificar coeficientes de un filtro de predicción lineal único, bien sea el que corresponde al

filtro de predicción de final de trama (NEW), bien sea el que corresponde al filtro de predicción de parte intermedia de la trama (MID). Se atribuyen, a continuación, coeficientes idénticos al filtro de predicción lineal del final, de parte intermedia y del inicio de trama.

5 En una segunda forma de realización posible, las etapas ilustradas en la Figura 7 son puestas en práctica. Una primera etapa E701 es la inicialización de los coeficientes del filtro de predicción (LSP OLD) según la puesta en práctica de la etapa E606 de la Figura 6. La etapa E702 decodifica los coeficientes del filtro de final de trama (LSP NEW) y los valores decodificados obtenidos (LSP NEW) así como los valores predeterminados de reinicialización de los coeficientes del filtro de inicio de trama (LSP OLD) se utilizan conjuntamente en la etapa E703 para decodificar los coeficientes del filtro de predicción de la parte intermedia de trama (LSP MID). Una etapa de sustitución E704 de los valores de coeficientes de inicio de trama (LSP OLD) por los valores decodificados de los coeficientes de parte intermedia de la trama (LSP MID), es realizada en este momento operativo. La etapa E705 permite determinar los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama en curso a partir de estos valores así decodificados (LSP OLD, LSP MID, LSP NEW).

15 En una tercera forma de realización posible, los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama precedente (LSP OLD) se inicializan a un valor predeterminado, a modo de ejemplo, según el valor medio a largo plazo de los coeficientes LSP. En este caso una decodificación "normal", tal como se utiliza en G.718, podrá ser utilizada, siendo los coeficientes de predicción lineales por subtrama calculados como una interpolación entre los valores de los filtros de predicción OLD, MID y NEW. Esta operación permite así al codificador LPD estabilizarse con mayor rapidez.

20 Haciendo referencia a la Figura 10, se describe un dispositivo material adaptado para realizar un codificador o un decodificador según una forma de realización de la presente invención.

25 Este codificador o decodificador puede integrarse en un terminal de comunicación, una pasarela de comunicación o cualquier tipo de equipo tal como un decodificador de sala (set top box) o lector de flujo de audio.

Este dispositivo DISP incluye una entrada para recibir una señal digital que, en el caso del codificador, es una señal de entrada $x(n)$ y en el caso del decodificador, el tren binario bst.

30 El dispositivo incluye, asimismo, un procesador PROC de señales digitales adaptado para realizar operaciones de codificación/decodificación, en particular, en una señal procedente de la entrada E.

35 Este procesador está conectado a una o varias unidades de memoria MEM adaptadas para almacenar informaciones necesarias para el control del dispositivo para la codificación/decodificación. A modo de ejemplo, estas unidades de memoria incluyen instrucciones para la puesta en práctica del método de decodificación descrito con anterioridad y en particular, para poner en práctica las etapas de decodificación según una decodificación por transformada inversa de una trama precedente de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación por transformada, de decodificación según una decodificación predictiva de una trama en curso de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación predictiva, una etapa de reinicialización de al menos un estado de la decodificación predictiva a un valor por defecto predeterminado y una etapa de adición-solapamiento que combina un segmento de señal sintetizado mediante decodificación predictiva de la trama en curso y un segmento de señal sintetizado mediante decodificación por transformada inversa, que corresponde a un segmento memorizado de la decodificación de la trama precedente.

45 Cuando el dispositivo es de tipo codificador, estas unidades de memoria contienen instrucciones para la puesta en práctica del método de codificación anteriormente descrito y en particular, para poner en práctica las etapas de codificación de una trama precedente de muestras de la señal digital según una condición por transformada, de recepción de una trama en curso de muestras de la señal digital a codificar según una codificación predictiva, una etapa de reinicialización de al menos un estado de la codificación predictiva a un valor por defecto predeterminado.

50 Estas unidades de memoria pueden incluir, asimismo, parámetros de cálculo u otras informaciones.

55 De manera más general, un medio de almacenaje, legible por un procesador, integrado, o no, con el codificador o decodificador, posiblemente extraíble, memoriza un programa informático que pone en práctica un método de decodificación y/o un método de codificación según la invención. Las Figuras 3 y 6 pueden, a modo de ejemplo, ilustrar el algoritmo de un tal programa informático.

60 El procesador está también adaptado para almacenar resultados en estas unidades de memoria. Por último, el dispositivo incluye una salida S conectada al procesador para proporcionar una señal de salida que, en el caso del codificador, es una señal bajo la forma de un tren binario bst y en el caso del decodificador, una señal de salida $\hat{x}(n)$.

REVINDICACIONES

1. Método de decodificación de una señal de audio digital, que comprende las etapas de:

- 5 - decodificación (E602) según una decodificación por transformada inversa de una trama precedente de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación por transformada;
- decodificación (E608), según una decodificación predictiva de una trama en curso de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación predictiva,
- 10 estando el método caracterizado por cuanto que la decodificación predictiva de la trama en curso es una decodificación predictiva de transición que no utiliza un diccionario adaptativo procedente de la trama precedente y que incluye, además:
- una etapa de reinicialización (E606) de al menos un estado de decodificación predictiva a un valor por defecto predeterminado;
- una etapa de adición-solapamiento (E609) que combina un segmento de señal sintetizado mediante decodificación predictiva de la trama en curso y un segmento de señal sintetizado por decodificación por transformada inversa, que corresponde a un segmento memorizado de la decodificación de la trama precedente.

20 2. Método de decodificación según la reivindicación 1, caracterizado por cuanto que la decodificación por transformada inversa tiene un retardo de procesamiento inferior al que tiene la decodificación predictiva y por cuanto que el primer segmento de trama en curso decodificada por decodificación predictiva se sustituye por un segmento procedente de la decodificación de la trama precedente que corresponde a un desplazamiento de retardo y puesta en memoria en el momento de la decodificación de la trama precedente.

30 3. Método de decodificación según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por cuanto que el segmento de señal sintetizado por decodificación por transformada inversa es corregido antes de la etapa de adición-solapamiento mediante la aplicación de una ventana inversa que compensa la disposición en ventanas previamente aplicada al segmento.

4. Método de decodificación según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por cuanto que el segmento de señal sintetizado por decodificación por transformada inversa es previamente re-muestreado a la frecuencia de muestreo correspondiente al segmento de señal decodificado de la trama en curso.

35 5. Método de decodificación según la reivindicación 1, caracterizado por cuanto que un estado de la decodificación predictiva está incluido dentro de la lista de los estados siguientes:

- 40 - la memoria de estado de un filtro de re-muestreo a la frecuencia interna de la decodificación predictiva;
- las memorias de estado de los filtros de pre-énfasis/de-énfasis;
- los coeficientes del filtro de predicción lineal;
- 45 - la memoria de estado del filtro de síntesis;
- la memoria del diccionario adaptativo;
- 50 - la memoria de estado de un post-filtro de baja frecuencia;
- la memoria de cuantificación de la ganancia del diccionario fijo.

6. Método de decodificación según la reivindicación 5, caracterizado por cuanto que el cálculo de los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama en curso se realiza mediante la decodificación de los coeficientes de un filtro único y atribuyendo coeficientes idénticos al filtro de predicción lineal de final, de parte intermedia y de inicio de trama.

7. Método de decodificación según la reivindicación 5, caracterizado por cuanto que el cálculo de los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama en curso incluye las etapas siguientes:

- 5 - determinación de los valores decodificados de los coeficientes del filtro de la parte intermedia de trama utilizando los valores decodificados de los coeficientes del filtro de final de trama y un valor predeterminado de reinicialización de los coeficientes del filtro de inicio de trama;
- sustitución de los valores decodificados de los coeficientes del filtro de inicio de trama por los valores decodificados de los coeficientes del filtro de parte intermedia de trama;
- 10 - determinación de los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama en curso utilizando los valores así decodificados de los coeficientes del filtro de final, de parte intermedia y de inicio de trama.

8. Método de decodificación según la reivindicación 5, caracterizado por cuanto que los coeficientes del filtro de predicción lineal de inicio de trama son reinicializados a un valor predeterminado que corresponde a un valor medio de los coeficientes del filtro de predicción a largo plazo y por cuanto que los coeficientes de predicción lineal de la trama en curso se determinan utilizando los valores así predeterminados y los valores decodificados de los coeficientes del filtro de final de trama.

9. Método de codificación de una señal de audio digital, que comprende las etapas de:

- la codificación (E302) de una trama precedente de muestras de la señal digital según una codificación por transformada;
- recepción (E308) de una trama en curso de muestras de la señal digital a codificar según una codificación predictiva,
- 25 estando el método caracterizado por cuanto que la codificación predictiva de la trama en curso es una codificación predictiva de transición que no utiliza un diccionario adaptativo procedente de la trama precedente y que incluye, además:
- una etapa de reinicialización (E306) de al menos un estado de la codificación predictiva a un valor por defecto predeterminado.
- 30

10. Método de codificación según la reivindicación 9, caracterizado por cuanto que los coeficientes del filtro de predicción lineal forman parte de al menos un estado de codificación predictiva y por cuanto que el cálculo de los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama en curso se realiza mediante la determinación de los valores codificados de los coeficientes de un solo filtro de predicción, bien sea de la parte intermedia, bien sea del final de trama y la atribución de valores codificados idénticos para los coeficientes del filtro de predicción de inicio de trama y de final o parte intermedia de la trama.

11. Método de codificación según la reivindicación 10, caracterizado por cuanto que al menos un estado de la codificación predictiva se codifica de manera directa.

12. Método de codificación según la reivindicación 9, caracterizado por cuanto que los coeficientes del filtro de predicción lineal forman parte de al menos un estado de codificación predictiva y por cuanto que el cálculo de los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama en curso incluye las etapas siguientes:

- 45 - determinación de los valores codificados de los coeficientes del filtro de la parte intermedia de trama utilizando los valores codificados de los coeficientes del filtro de final de trama y los valores predeterminados de reinicialización de los coeficientes del filtro de inicio de trama;
- sustitución de los valores codificados de los coeficientes del filtro de inicio de trama por los valores codificados de los coeficientes del filtro de parte intermedia de trama;
- 50 - determinación de los coeficientes del filtro de predicción lineal de la trama en curso utilizando los valores así codificados de los coeficientes del filtro de final, de parte intermedia y de inicio de trama.
- 55

13. Método de codificación según la reivindicación 9, caracterizado por cuanto que los coeficientes del filtro de predicción lineal forman parte de al menos un estado de codificación predictiva, por cuanto que los coeficientes del filtro de predicción lineal de inicio de trama son reinicializados a un valor predeterminado correspondiente a un valor medio de los coeficientes del filtro de predicción a largo plazo y por cuanto que los coeficientes de predicción lineal de la trama en curso se determinan utilizando los valores así predeterminados y los valores codificados de los coeficientes del filtro de final de trama.

60

14. Decodificador de señal de audio digital, que comprende:

5 - una entidad de decodificación (602) por transformada inversa adecuada para decodificar una trama precedente de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación por transformada;

- una entidad de decodificación (608) predictiva adecuada para decodificar una trama en curso de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación predictiva,

10 estando el decodificador caracterizado por cuanto que la decodificación predictiva de la trama en curso es una decodificación predictiva de transición que no utiliza un diccionario adaptativo procedente de la trama precedente y por cuanto que incluye, además:

15 - un módulo de reinicialización (606) adecuado para reinicializar al menos un estado de decodificación predictiva por un valor por defecto predeterminado;

20 - un módulo de procesamiento (609) adecuado para efectuar una operación de adición-solapamiento que combina un segmento de señal sintetizado por decodificación predictiva de la trama en curso y un segmento de señal sintetizado por decodificación por transformada inversa, que corresponde a un segmento memorizado de la decodificación de la trama precedente.

15. Codificador de señal de audio digital, que comprende:

25 - una entidad de codificación por transformada (302) adecuada para codificar una trama precedente de muestras de la señal digital;

- una entidad de codificación predictiva (308) adecuada para codificar una trama en curso de muestras de la señal digital;

30 estando el codificador caracterizado por cuanto que la codificación predictiva de la trama en curso es una codificación predictiva de transición que no utiliza un diccionario adaptativo procedente de la trama precedente y por cuanto que incluye, además:

- un módulo de reinicialización (306) adecuado para reinicializar al menos un estado de codificación predictiva por un valor por defecto predeterminado.

35 16. Medio de almacenamiento legible por un procesador, que memoriza un programa informático que incluye instrucciones para la ejecución de las etapas del método de decodificación según una de las reivindicaciones 1 a 8 y/o del método de codificación según una de las reivindicaciones 9 a 13.

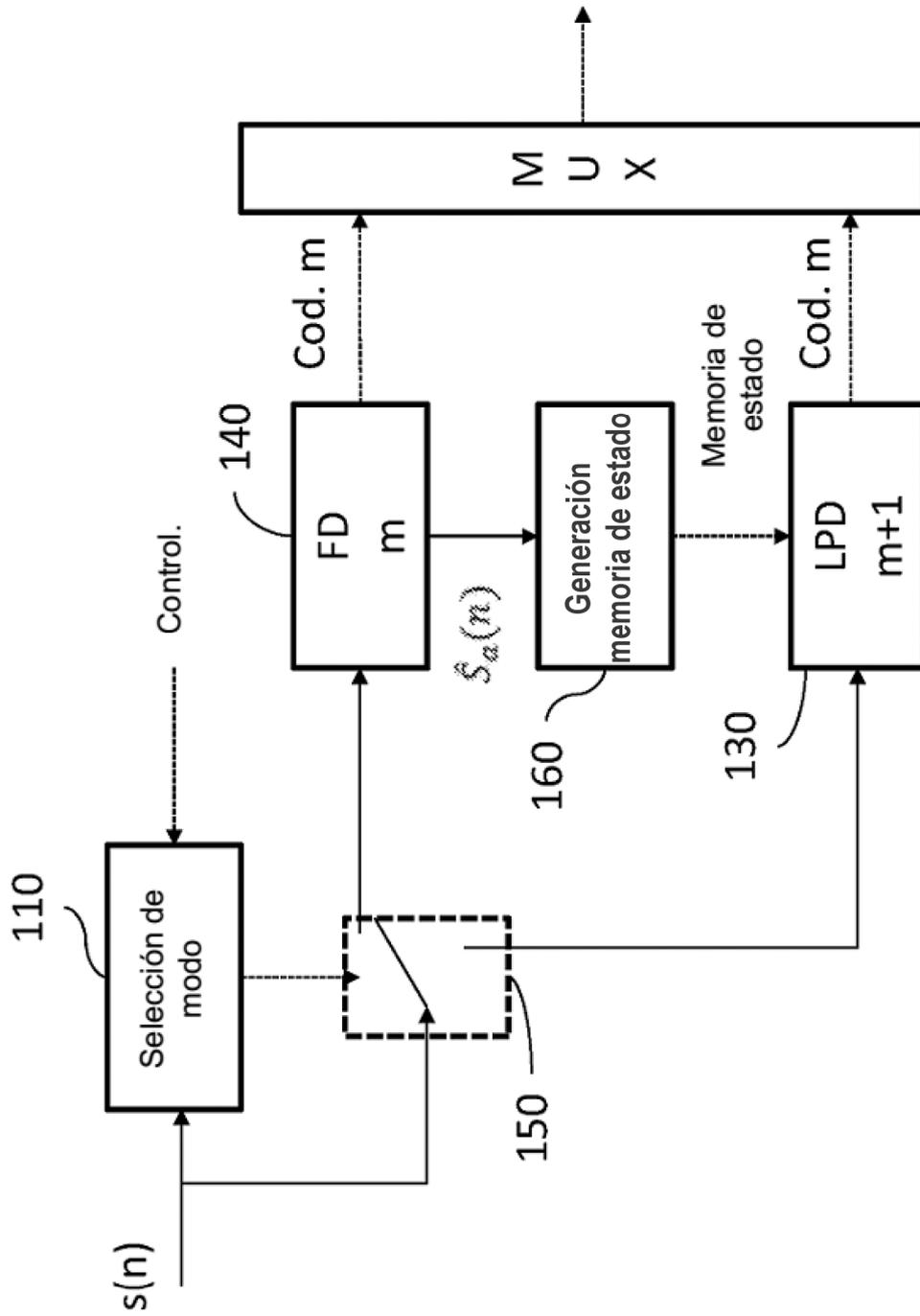


Fig. 1 (técnica anterior)

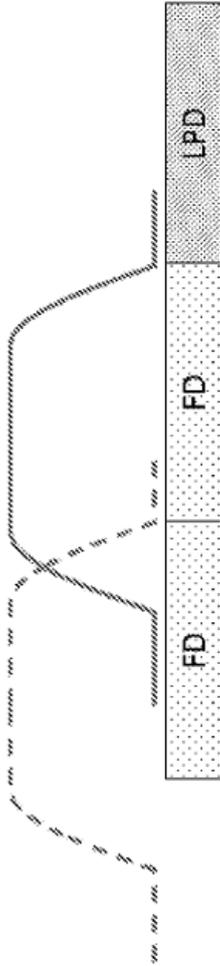


Fig.2

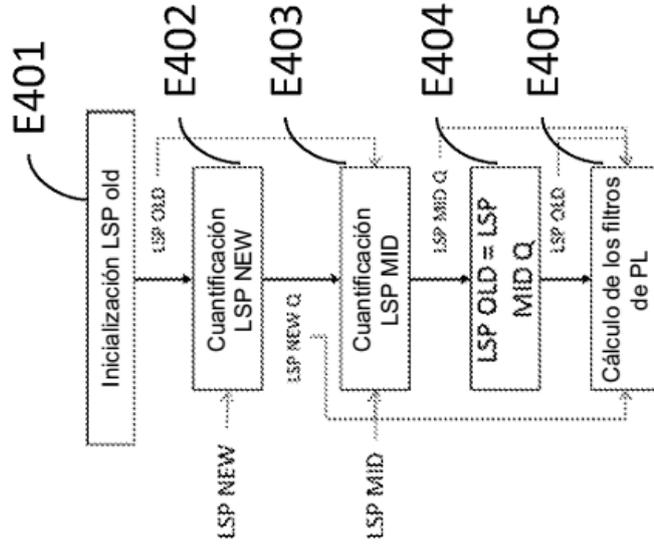


Fig.4

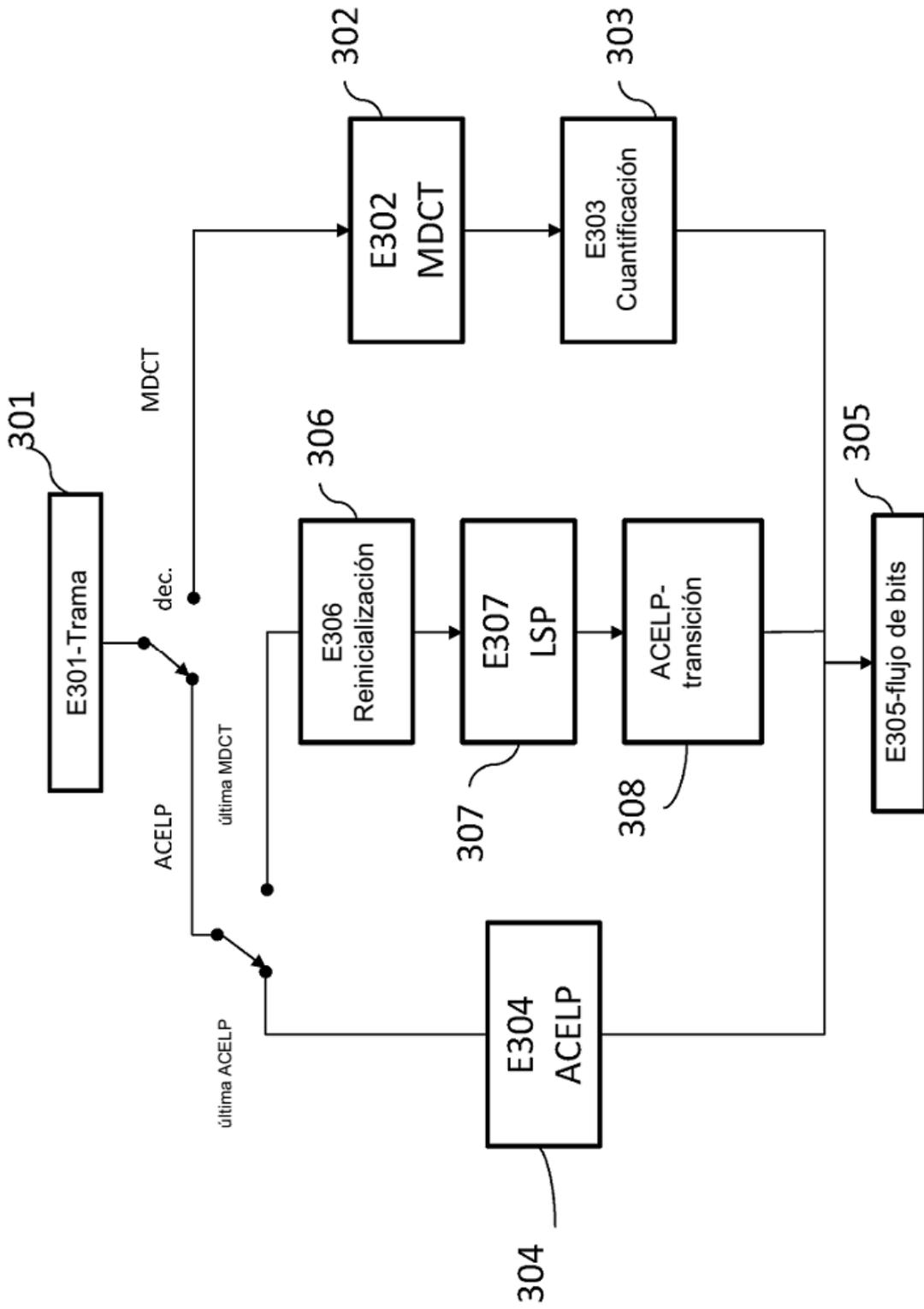


Fig.3

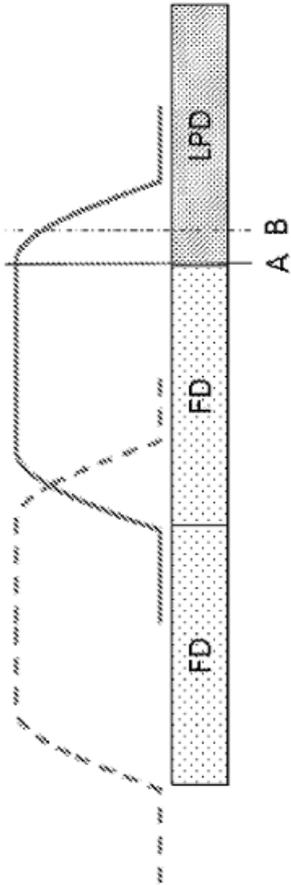


Fig.5

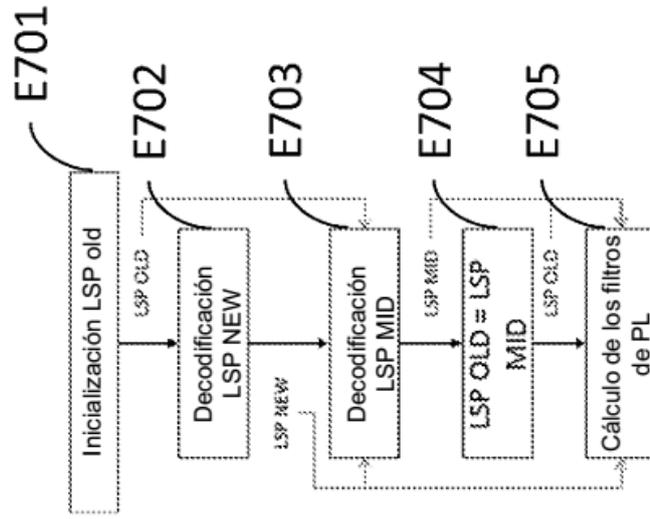


Fig.7

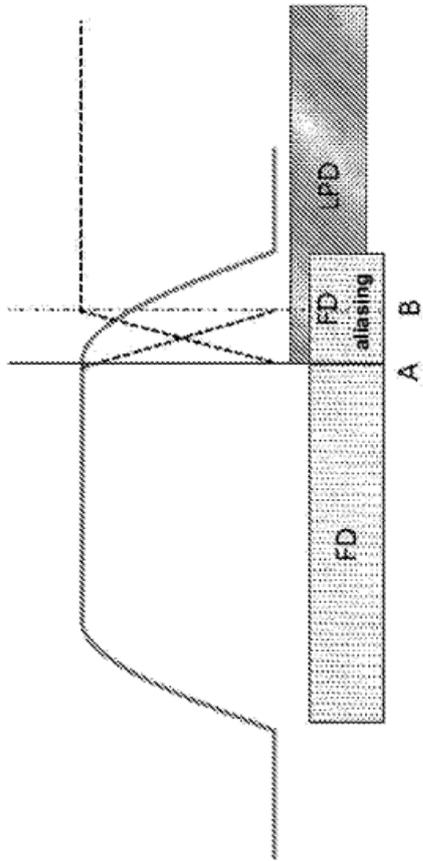


Fig. 8

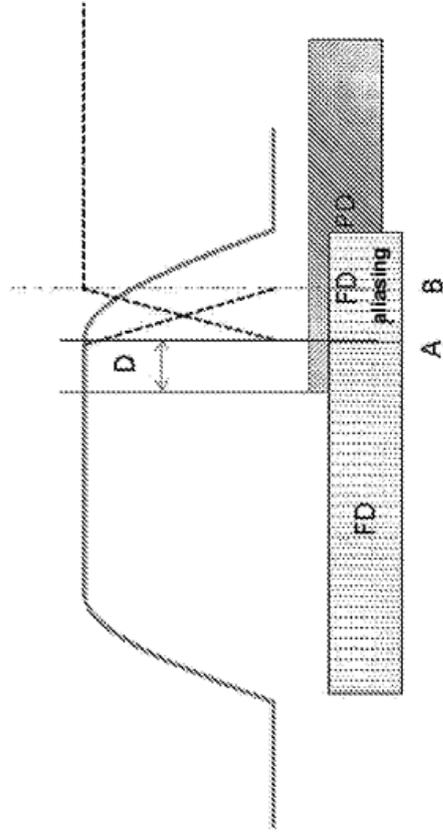


Fig. 9

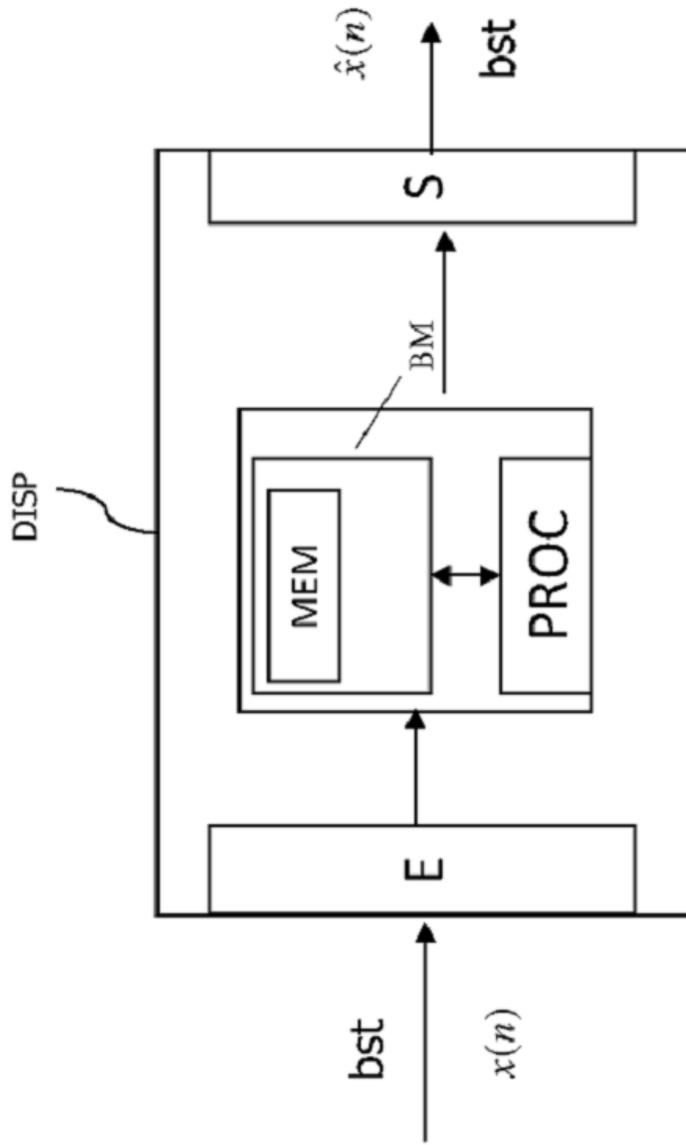


Fig.10