

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 529 221**

51 Int. Cl.:

G10L 19/022 (2013.01)

G10L 19/12 (2013.01)

G10L 19/18 (2013.01)

G10L 19/02 (2013.01)

G10L 19/04 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2011 E 11815474 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.11.2014 EP 2656343**

54 Título: **Codificación de sonido con bajo retardo que alterna codificación predictiva y codificación por transformada**

30 Prioridad:

23.12.2010 FR 1061203

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

18.02.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**RAGOT, STÉPHANE;
KOVESI, BALAZS y
BERTHET, PIERRE**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 529 221 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

Codificación de sonido con bajo retardo que alterna codificación predictiva y codificación por transformada

5 La presente invención se refiere al ámbito de la codificación de señales digitales.

La invención se aplica ventajosamente a la codificación de sonidos que presentan alternancias de voz y de música.

10 Para codificar eficazmente los sonidos de voz, se preconizan las técnicas de tipo CELP (“Code Excited Linear Prediction”). Para codificar eficazmente los sonidos musicales, se preconizan más bien las técnicas de codificación por transformada.

15 Los codificadores de tipo CELP son codificadores predictivos. Tiene por objeto modelizar la producción de la voz a partir de diversos elementos: 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 fijo (ruido blanco, excitación algebraica) para representar la innovación que no se ha podido modelizar

20 Los codificadores por transformada más utilizados (codificador MPEG AAC o ITU-T G.722.1 Anexo C por ejemplo) utilizan transformadas de muestreo crítico con el fin de compactar la señal en el campo transformada. Se denomina “transformada del muestreo crítico”, una transformada para la que el número de coeficientes en el campo de transformada es igual al número de muestras temporales analizadas.

25 Una solución para codificar eficazmente una señal que contiene estos dos tipos de contenido, consiste en seleccionar a lo largo del tiempo la mejor técnica. Esta solución ha sido especialmente preconizada por el organismo de estandarización 3GPP (“3rd Generation Partnership Project”) y se ha propuesto una técnica denominada AMR WB+.

30 Esta técnica está basada en una tecnología CELP de tipo AMR-WB, más específicamente de tipo ACELP (por “Algebraic Code Excited Linear Prediction” en inglés) y una codificación por transformada basada en una transformada de Fourier de recubrimiento en un modelo de tipo TCX (por Transform Coded eXcitation” en inglés).

35 La codificación ACELP y la codificación TCX son ambas técnicas de tipo lineal predictivo. Cabe señalar que el código AMR-WB+ se ha desarrollado para los servicios 3GPP PSS (por Packet Switched Streaming” en inglés), MBMS (por “Multimedia Broadcast/Multicast Service” en inglés) y MMS (por “Multimedia Messaging Service” en inglés), dicho de otro modo para servicios de difusión y almacenamiento, sin grandes condicionantes sobre el retardo algorítmico.

40 Esta solución está afectada por una calidad insuficiente respecto de la música. Esta insuficiencia procede en particular de la codificación por transformadas. En particular, la transformada de Fourier de recubrimiento no es una transformación de muestreo crítico, y por ello es sub-óptima.

Además, las ventanas utilizadas en este codificador no son óptimas respecto de la concentración de energía: las formas frecuenciales de estas ventanas casi-rectangulares son sub-óptimas.

45 Una mejora de la codificación AMR-WB+ combinada con los principios de la codificación MPEG AAC (por “Advanced Audio Coding” en inglés) es proporcionada por el código MPEG USAC (por “Unified Speech Audio Coding” en inglés), que sigue desarrollándose en el ISO/MPEG. Las aplicaciones apuntadas por MPEG USAC no son convencionales, sino que responden a servicios de difusión y almacenamiento sin grandes condicionantes sobre el retardo algorítmico.

50 La versión inicial del códec USAC, denominada RM0 (Reference Model 0), se describe en el artículo de M. Neuendorf et ál. A Novel Scheme for Low Bitrate Unified Speech and Audio Coding – MPEG RM0, 7-10 may 2009, 12th AES Convention. Este códec RM0 alterna entre varios modos de codificación:

- 55
- Para las señales de tipo de voz: modos LPD (por “linear Predictive Domain” en inglés) que comprenden dos modos diferentes derivados de la codificación AMR-WB+:
 - Un modo ACELP
 - Un modo TCX denominado wLPT (por “wighted Linear Predictive Transform” en inglés) que utiliza una transformada de tipo MDCT (contrariamente al códec AMR-WB+).
 - 60 • Para las señales de tipo música: modo FD (por “Frequency Domain” en inglés) que utiliza una codificación por transformada MDCT (por “Modified Discrete Cosine Transform” en inglés) de tipo MPEG AAC (por “Advanced Audio Coding” en inglés) en 1024 muestras.

65 En comparación con el códec AMR-WB+, las diferencias principales aportadas por la codificación USAC RM0 para la parte mono son la utilización de una transformada con decimación crítica de tipo MDCT para la codificación por transformada y la cuantificación del espectro MDCT por cuantificación escalar con codificación aritmética. Cabe

- señalar que la banda acústica codificada por los diferentes modos (LPD, FD) depende del modo seleccionado, lo cual no es el caso en el códec AMR-WB+ donde los modos ACELP y TCX operan en la misma frecuencia de muestreo interna. Además, la decisión de modo en el códec USAC RM0 se realiza en bucle abierto (u “open loop” en inglés) para cada trama de 1024 muestras. Se recuerda que se denomina decisión de bucle cerrado (“closed loop” en inglés) aquella que se efectúa ejecutando los diferentes modos de codificación en paralelo y eligiendo a posteriori el modo que proporciona el mejor resultado según un criterio predefinido. En el caso de una decisión de bucle abierto, la decisión es tomada a priori en función de los datos y de las observaciones disponibles pero sin probar si esta decisión es óptima o no.
- 10 En el códec USAC, las transiciones entre modos LPD y FD son cruciales para garantizar una calidad suficiente sin fallo de conmutación, sabiendo que cada modo (ACELP, TCX, FD) tiene una “firma específica” “en términos de artefactos) y que los modos FD y LPD son de naturaleza diferentes – el modo FD se basa en una codificación por transformada en el campo de la señal, mientras que los modos LPD utilizan una codificación lineal predictiva en el campo perceptualmente ponderado con memorias de filtro que se han de gestionar correctamente. La gestión de las conmutaciones intermodo en el códec USCA RM0 se detalla en el artículo de J. Lecomte et ál., “Efficient cross-fade Windows for transitions between LPC-based and non-LPC based audio coding”. 7-10 May 2009, 126th AES Convention. Como se ha explicado en este artículo, la dificultad principal reside en las transiciones entre modos LPD hacia FD y viceversa. Solo se tiene en cuenta aquí el caso de las transiciones de ACELP hacia FD.
- 20 Para entender correctamente el funcionamiento, se recuerda aquí el principio de la codificación por transformada MDCT a través de un ejemplo típico de realización.
- En el codificador la transformación MDCT se divide en tres etapas:
- 25 • Ponderación de la señal por una ventana denominada aquí “ventana MDCT” de longitud 2M.
 - Solape temporal (o “time-domain aliasing” en inglés) para formar un bloque de longitud M.
 - Transformación DCT (por “Discrete Cosine Transform” en inglés) de longitud M.
- La ventana MDCT está dividida en 4 porciones adyacentes de longitud iguales M/2, denominadas “cuartos”.
- 30 La señal se multiplica por la ventana de análisis y a continuación se efectúan los solapes: el primer cuarto (de ventana) está solapado (es decir invertido en el tiempo y puesto en modo de recubrimiento) en el segundo cuarto y el cuarto cuarto está solapado en el tercero.
- 35 Más concretamente, el solape de un cuarto sobre otro se efectúa de la siguiente manera: la primera muestra del primer cuarto se añade (o resta) a la última muestra del segundo cuarto, la segunda muestra del primer cuarto se suma (o resta) a la penúltima muestra del segundo cuarto, y así sucesivamente hasta la última muestra del primer cuarto que se suma (o resta) a la primera muestra del segundo cuarto.
- 40 De este modo se obtiene, a partir de 4 cuartos, 2 cuartos solapados donde cada muestra es el resultado de una combinación lineal de 2 muestras de la señal a codificar. Esta combinación lineal se denomina solape temporal.
- Estos 2 cuartos solapados se codifican a continuación conjuntamente después de la transformación DCT. En la siguiente trama, se realiza un desfase de una media ventana (es decir el 50 % de recubrimiento), el tercer y el cuarto cuartos de la trama anterior se convierten entonces en el primer y segundo cuarto de la trama actual. Después del solape, se envía una segunda combinación lineal de los mismos pares de muestras como en la trama anterior, pero con pesos diferentes.
- 45 En el decodificador, después de la transformación DCT inversa, se obtiene por lo tanto la versión descodificada de estas señales solapadas. Dos tramas consecutivas contienen el resultado de 2 solapes diferentes de los mismos cuartos, es decir para cada par de muestras se tiene el resultado de 2 combinaciones lineales con pesos diferentes pero conocidos; un sistema de ecuación y por lo tanto resuelto para obtener la versión descodificada de la señal de entrada. El solape temporal puede de este modo suprimirse utilizando 2 tramas descodificadas consecutivas.
- 50 La resolución de los sistemas de ecuaciones mencionadas, es por lo general realizada por solape, multiplicación por una ventana de síntesis juiciosamente elegida y a continuación adición-recubrimiento de las partes comunes. Esta adición-recubrimiento garantiza al mismo tiempo la transición suave (sin discontinuidad debida a errores de cuantificación) entre 2 tramas descodificadas consecutivas, en efecto esta operación se comporta como un fundido encadenado. Cuando la ventana para el primer cuarto o el cuarto cuarto está en cero para cada muestra, se habla de una transformación MDCT sin solape temporal en esta parte de la ventana. En este caso, la transición suave no está garantizada por la transformación MDCT, debe ser realizada por otros medios como por ejemplo un fundido encadenado exterior.
- 55 Cabe señalar que existen variantes de aplicación de la transformación MDCT, en particular en la definición de la transformación DCT, en la manera de solapar temporalmente el bloque a transformar (por ejemplo, se puede invertir los signos aplicados a los cuartos solapados a la izquierda y a la derecha, o solapar el segundo y tercer cuarto sobre
- 65

respectivamente el primero y cuarto cuartos), etc. Estas variantes no cambian el principio del análisis-síntesis MDCT con la reducción del bloque de muestras por división en ventanas, solape temporal y a continuación transformación y finalmente división en ventanas, solape y adición-recubrimiento.

5 En el caso del codificador USAC RMO descrito en el artículo de Lecomte et ál., la transición entre una trama codificada por una codificación ACELP y una trama codificada por una codificación FD, se efectúa de la siguiente manera.

10 Se utiliza una ventana de transición para el modo FD con un recubrimiento a la izquierda de 128 muestras, como se ilustra en la figura 1. El solape temporal sobre esta zona de recubrimiento se anula introduciendo un solape temporal "artificial" a la derecha de la trama ACELP reconstruida. La ventana MDCT que sirve para la transición, tiene una dimensión de 2304 muestras y la transformación DCT opera en 1152 muestras mientras que normalmente las tramas del modo FD son codificadas con una ventana de dimensión de 2048 muestras y una transformación DCT de 1024 muestras. De este modo la transformación MDCT del modo FD normal no se puede utilizar directamente para la ventana de transición, el codificador debe integrar asimismo una versión modificada de esta transformación, lo cual vuelve más compleja la aplicación de la transición para el modo FD.

20 Estas técnicas de codificación del estado de la técnica AMR-WB+ donde USAC tienen retardos algorítmicos del orden de 100 a 200 ms. Estos retardos son incompatibles con aplicaciones convencionales para las cuales, el retardo de codificación es en general del orden de 20-25 ms para los codificadores de voz para las aplicaciones móviles (ejemplo, GSM EFR, 3GPP AMR y AMR-WB) y del orden de 40 ms para los codificadores por transformada convencionales para la videoconferencia (ejemplo: UIT-T G.722.1 Anexo C y G 719).

25 Por lo tanto, existe una necesidad de una codificación que alterne las técnicas de codificación predictiva y por transformada para aplicaciones de codificación de sonidos que presentan alternancias de voz y de música con una buena calidad de codificación a la vez de la voz y de la música y un retardo algorítmico compatible con aplicaciones de conversación, típicamente del orden de 20 a 40 ms para tramas de 20 ms.

30 La presente invención viene a mejorar la situación.

Con este fin, la presente invención propone un procedimiento de codificación de una señal de sonido digital, que incluye las etapas de:

- 35 – codificación de una trama anterior de muestras de la señal digital según una codificación predictiva;
- codificación de una trama actual de muestras de la señal digital según una codificación por transformada.

40 El procedimiento es tal que una primera parte de la trama actual es codificada por una codificación predictiva restringida respecto de la codificación predictiva de la trama anterior reutilizando al menos un parámetro de la codificación predictiva de la trama anterior y codificando solo los parámetros no reutilizados de esta primera parte de la trama actual.

45 De este modo, para una codificación que alterna codificaciones de tipo predictivo y codificaciones por transformada, durante el paso de una trama codificada, según una codificación predictiva y una trama codificada según una codificación por transformada, se prevé entonces una trama de transición. El hecho de que la primera parte de la trama actual esté asimismo codificada por una codificación predictiva permite recuperar términos de solape que no sería posible recuperar únicamente por una codificación por transformada ya que la memoria de la codificación por transformada para esta trama de transición no está disponible, no habiendo sido codificada la trama anterior por transformada.

50 El hecho de utilizar además una codificación predictiva restringida permite limitar el impacto sobre la tasa de codificación de esta parte. En efecto, solo los parámetros no reutilizados de la trama anterior, son codificados para la parte de la trama actual por la codificación predictiva restringida.

55 Asimismo, la codificación de esta parte de trama no induce el retardo adicional ya que esta primera parte se sitúa al principio de la trama de transición.

60 Finalmente, este tipo de codificación permite permanecer en una dimensión de ventana de ponderación de longitud idéntica para la codificación por transformada ya sea para la codificación de la trama de transición o para la codificación de las otras tramas codificadas por transformada. Por lo tanto la complejidad del procedimiento de codificación se ve reducida.

Los diferentes modos particulares de realización mencionados en lo sucesivo pueden añadirse independientemente de manera combinada los unos con los otros, a las etapas del procedimiento definido anteriormente.

65 En un modo de realización particular, la codificación predictiva restringida utiliza un filtro de predicción copiado de la trama anterior de codificación predictiva.

5 La utilización de la codificación por transformada se selecciona por lo general cuando los segmentos codificados son casi estacionarios. De este modo, el parámetro de envoltura espectral de la señal se puede reutilizar de una trama a otra para una duración de una parte de la trama, por ejemplo, una subtrama, sin que haya un impacto importante sobre la calidad de la codificación. La utilización del filtro de predicción utilizado para la trama anterior no impacta por lo tanto sobre la cualidad de la codificación y permite liberarse de bits adicionales para la transmisión de sus parámetros.

10 En una variante de realización, la codificación predictiva restringida utiliza, además, un valor descodificado del tono y/o de su ganancia asociada de la trama anterior de codificación predictiva.

15 Estos parámetros evolucionan poco de una trama a otra. La utilización de estos mismos parámetros de una trama a otra tendrá poco impacto sobre la calidad de codificación y simplificará en consecuencia la codificación predictiva de la subtrama.

En otra variante de realización, algunos parámetros de codificación predictiva utilizados para la codificación predictiva restringida son cuantificados en modo diferencial respecto de los parámetros descodificados de la trama anterior de codificación predictiva.

20 De este modo, esto permite seguir simplificando la codificación predictiva de la subtrama de transición.

Según un modo de realización particular, el procedimiento incluye una etapa de obtención de las señales reconstruidas procedentes de las codificaciones y descodificaciones locales predictiva y por transformada de la primera subtrama actual y de combinaciones por un fundido encadenado de estas señales reconstruidas.

25 De este modo, la transición de codificación en la trama actual es suave y no induce artefactos molestos.

30 Según un modo de realización particular, dicho fundido encadenado de las señales reconstruidas se realiza en una porción de la primera parte de la trama actual en función de la forma de la ventana de ponderación de codificación por transformada.

Esto, para una mejor adaptación de la codificación por transformada.

35 Según un modo de realización particular, dicho fundido encadenado de las señales reconstruidas se realiza en una porción de la primera parte de la trama actual, no conteniendo dicha porción ningún solape temporal.

40 Esto permite realizar una reconstrucción perfecta de las señales en ausencia de error de cuantificación en el caso en que la señal reconstruida procedente de la codificación por transformada de la primera parte de la trama actual no comprenda ningún solape temporal.

En un modo particular de realización, para una codificación de retardo reducido, la codificación por transformada utiliza una ventana de ponderación que incluye un número elegido de coeficientes de ponderación de valor nulo al final y al principio de ventana.

45 En otro modo particular de realización, para mejorar la codificación de retardo reducido, la codificación por transformada utiliza una ventana de ponderación asimétrica que incluye un número elegido de coeficientes de ponderación sucesivos de valor nulo en al menos un extremo de la ventana.

50 La presente invención se refiere asimismo a un procedimiento de descodificación de una señal de sonido digital, que incluye las etapas de:

- descodificación predictiva de una trama anterior de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación predictiva;
- descodificación por transformada inversa de una trama actual de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación por transformada;

El procedimiento es tal que incluye, además, una etapa de descodificación por una descodificación predictiva restringida respecto de la descodificación predictiva de la trama anterior de una primera parte de la trama actual.

60 El procedimiento de descodificación es el pendiente del procedimiento de codificación y aporta las mismas ventajas que los descritos para el procedimiento de codificación.

65 De este modo, en un modo particular de realización, el procedimiento de descodificación incluye una etapa de combinación por un fundido encadenado de las señales descodificadas por transformada inversa y por descodificación predictiva restringida para al menos una porción de la primera parte de la trama actual recibida y codificada según una codificación predictiva restringida reutilizando al menos un parámetro de la descodificación

predictiva de la trama anterior y descodificando solo los parámetros recibidos para esta primera parte de la trama actual.

5 Según un modo privilegiado, la descodificación predictiva restringida utiliza un filtro de predicción descodificado y utilizado por la descodificación predictiva de la trama anterior.

En una variante de realización, la descodificación predictiva restringida utiliza, además, un valor descodificado del tono y/o de su ganancia asociada de la descodificación predictiva de la trama anterior.

10 La presente invención se refiere asimismo a un codificador de señal de sonido digital, que incluye:

- un módulo de codificación predictiva para codificar una trama anterior de muestras de la señal digital;
- un módulo de codificación por transformada para codificar una trama actual de muestras de la señal digital.

15 El codificador incluye, además, un módulo de codificación predictiva restringida respecto de la codificación predictiva de la trama anterior para codificar una primera parte de la trama actual, reutilizando al menos un parámetro de la codificación predictiva de la trama anterior y codificando solo los parámetros no reutilizados de esta primera parte de la trama actual.

Asimismo la invención se refiere a un descodificador de señal de sonido digital que incluye:

20 - un módulo de descodificación predictiva para descodificar una trama anterior de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación predictiva;

- un módulo de descodificación por transformada inversa para descodificar una trama actual de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación por transformada. El descodificador es tal que incluye,

25 además, un módulo de descodificación predictiva restringida respecto de la descodificación predictiva de la trama anterior para descodificar una primera parte de la trama actual recibida y codificada según una codificación predictiva restringida, reutilizando al menos un parámetro de la descodificación predictiva de la trama anterior y descodificando solo los parámetros recibidos para esta primera parte de la trama actual.

30 Finalmente, la invención se refiere a un programa informático que incluye instrucciones de código para la aplicación de las etapas del procedimiento de codificación tal como se ha descrito anteriormente y/o de descodificación tal como se ha descrito anteriormente, cuando estas instrucciones son ejecutadas por un procesador.

35 La invención se refiere también a un medio de almacenamiento, legible por un procesador, integrado o no en el codificador o en el descodificador, eventualmente amovible, que memoriza un programa informático que aplica un procedimiento de codificación y/o un procedimiento de descodificación tales como los descritos anteriormente.

Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto al examinar la siguiente descripción detallada, y las figuras adjuntas entre las que:

40 la figura 1 ilustra un ejemplo de ventana de transición del estado de la técnica para la transición entre la codificación CELP y la codificación FD del códec MPEG USAC, descrito anteriormente;

la figura 2 ilustra, en forma de diagrama de bloques, un codificador y un procedimiento de codificación según un modo de realización de la invención;

45 la figura 3a ilustra un ejemplo de ventana de ponderación utilizado para la codificación por transformada de la invención;

la figura 3b ilustra el modo de codificación por transformada de recubrimiento utilizado por la invención;

la figura 4a ilustra la transición entre una trama codificada con una codificación predictiva y una trama codificada por transformada según un modo de realización del procedimiento de la invención;

50 las figuras 4b, 4c y 4d ilustran la transición entre una trama codificada con una codificación predictiva y una trama codificada por transformada según dos variantes de realización del procedimiento de la invención;

la figura 4e ilustra la transición entre una trama codificada con una codificación predictiva y una trama codificada por transformada según una de las variantes de realización del procedimiento de la invención para el caso en que la transformación MDCT utiliza ventanas asimétricas;

55 la figura 5 ilustra un descodificador y un procedimiento de descodificación según un modo de realización de la invención;

las figuras 6a y 6b ilustran en forma de organigrama las principales etapas del procedimiento de codificación, respectivamente del procedimiento de descodificación según la invención; y

60 la figura 7 ilustra un modo posible de realización material de un codificador y de un descodificador según la invención.

La figura 2 representa un codificador multimodo CELP/MDCT en el que se aplica el procedimiento de codificación según la invención.

65 Esta figura representa las etapas de codificación efectuadas para cada trama de señal. La señal de entrada, escrita $x(n')$, se muestra a 16 kHz y la longitud de trama es de 20 ms. La invención se generaliza a los casos donde se

utilizan otras frecuencias de muestreo, por ejemplo para señales en banda superancha muestreadas a 32 kHz, con eventualmente un corte en dos subbandas para aplicar la invención en la banda baja. La longitud de trama se elige aquí para que corresponda con la de los codificadores móviles tales como 3GPP AMR y AMR-WB, sin embargo también son posibles otras longitudes (ejemplo: 10 ms).

5 Por convención, las muestras de la trama actual corresponden a $x(n')$, $n'=0, \dots, 319$. Esta señal de entrada es filtrada en primer lugar por un filtro de paso alto (bloque 200), para atenuar las frecuencias inferiores a 50 Hz y eliminar la componente continua, a continuación se submuestra a la frecuencia interna de 12,8 kHz (bloque 201) para obtener una trama de la señal, $s(n)$ de 256 muestras. Se considera que el filtro de decimación (bloque 201) se realiza con retardo reducido mediante un filtro de respuesta impulsional acabada (típicamente del orden 60).

10 En el modo de codificación CELP, la trama actual, $s(n)$ de 256 muestras se codifica según el modo de realización privilegiado de la invención por un codificador CELP inspirado en la codificación ACELP multitasa (de 6,6 a 23,05 kbits/s) a 12,8 kHz descrito en la norma 3GPP TS 26.190 o de manera equivalente UIT-T G.722.2, este algoritmo se denomina AMR-WB (por "Adaptative Multirate – WideBand" en inglés).

15 La señal $s(n)$ en primer lugar se preacentúa (bloque 201) por $1 - \alpha z^{-1}$ con $\alpha=0,68$, y a continuación se codifica (bloque 211) con el algoritmo ACELP (tal como se describe en la sección 5 de la norma 3GPP TS 26.190).

20 Las tramas sucesivas de 20 ms contienen 256 muestras temporales a 12,8 kHz. La codificación CELP utiliza una memoria (o búfer) $\text{buf}(n)$, $n=-64, \dots, 319$, de 30 ms de señal: 5 ms de señal pasada ("lookback" en inglés), 20 ms de trama actual y 5 ms de señal futura ("lookahead" en inglés)

25 La señal obtenida después de la preacentuación de $s(n)$ se copia en este búfer en las posiciones $n=64, \dots, 319$ de manera que la trama actual que corresponde a las posiciones $n=0, \dots, 255$ incluye 5 ms de señal pasada ($n=0, \dots, 63$) y 15 ms de la "nueva" señal a codificar ($n=64, \dots, 225$) – es en esta definición del búfer que la codificación CELP aplicada aquí se diferencia de la codificación ACELP de la norma AMR-WB ya que el "lookahead" es aquí exactamente de 5 ms sin compensación del retardo de filtro de submuestreo (bloque 201).

30 A partir de este búfer, la codificación CELP (bloque 211) comprende varias etapas aplicadas de manera similar a la codificación ACELP de la norma AMR-WB; las principales etapas se ofrecen aquí a modo de ejemplo de realización:

a) Análisis LPC: una ventana asimétrica de 30 ms pondera el búfer $\text{buf}(n)$, a continuación se calcula una autocorrelación. A continuación se calculan los coeficientes de predicción lineal (para un orden 16) mediante el algoritmo de Levinson-Durbin. De este modo se obtiene el filtro de predicción lineal LPC $A(z)$.

35 Se efectúa una conversión de los coeficiente LPC en coeficientes espectrales ISP ("Immittance spectral pairs" en inglés) así como una cuantificación (que proporciona el filtro cuantificado $\hat{A}(z)$).

40 Finalmente se calcula un filtro LPC para cada subtrama por interpolación por subtrama entre el filtro de la trama actual y el filtro de la trama anterior. En esta etapa de interpolación se supone que la trama pasada ha sido codificada por el modo CELP, en caso contrario se supone que los estados del codificador CELP se han actualizado.

b) Ponderación perceptual de la señal: la señal preacentuada es ponderada a continuación por el filtro definido por $W(z)=A(z/\gamma)/(1-\alpha z^{-1})$ donde α 0,68 y $\gamma=0,92$.

c) Cálculo del tono en bucle abierto buscando el máximo de la función de autocorrelación de la señal ponderada (eventualmente submuestreada para reducir la complejidad).

50 d) Búsqueda de la "excitación adaptativa" en bucle cerrado por el análisis por síntesis entre los valores cercano al tono obtenido en bucle abierto para cada una de las subtramas de la trama actual. Asimismo se efectúa o no un filtrado de paso bajo de la excitación adaptativa. Se produce entonces un bit para indicar la aplicación o no del filtro. Esta búsqueda proporciona la componente escrita $v(n)$. El tono y el bit asociado al filtro de tono se codifican en el tren binario.

55 e) Búsqueda de la innovación o excitación fija escrita $c(n)$, en bucle cerrado igualmente por análisis por síntesis. Esta excitación se compone de ceros e impulsos firmados, las posiciones y signos de estos impulsos se codifican en el tren binario.

60 f) Las ganancias de la excitación adaptativa y la excitación algebraica, \hat{g}_p, \hat{g}_c respectivamente, se codifican conjuntamente en el tren binario.

En este ejemplo de realización, el codificador CELP divide cada trama de 20 ms en 4 subtramas de 5 ms y el filtro LPC cuantificado corresponde a la última (cuarta) subtrama.

65 La señal reconstruida $\hat{s}_{\text{CELP}}(n)$ es obtenida por el descodificador local incluido en el bloque 211, por reconstrucción de

la excitación $u(n) = \hat{g}_p v(n) + \hat{g}_c c(n)$, eventualmente post-tratamiento de $u(n)$, y filtración por el filtro de síntesis cuantificado $1/\hat{A}(z)$ (como se describe en la Sección 5.10 de la norma 3GPP TS 26.190). Finalmente esta señal es desacentuada (bloque 212) por el filtro de función de transferencia $1/(1-\alpha z^{-1})$ para obtener la señal descodificada CELP $\hat{s}_{CELP}(n)$.

5 Evidentemente, se pueden utilizar otras variantes de la codificación CELP distintas del modo de realización descrito anteriormente sin afectar a la naturaleza de la invención.

10 En una variante, el bloque 211 corresponde a la codificación CELP a 8 kbit/s descrita en la norma UIT-T G.718 según uno de los 4 modos de codificación CELP posibles: modo no sonoro (UC), modo sonoro (VC), modo transición (TC) o modo genérico (GC). En otra variante se elige otra realización de la codificación CELP, por ejemplo la codificación ACELP en el modo interoperable con la codificación AMR-WB de la norma UIT-T G.718. La representación de los coeficientes LPC en forma de ISF puede ser sustituida por los pares de rayas espectrales (LSF) u otras representaciones equivalentes.

15 En caso de selección del modo CELP, el bloque 211 proporciona los índices CELP codificados I_{CELP} a multiplexar en el tren binario.

20 En el modo de codificación MDCT de la figura 2, la trama actual, $s(n)$, $n=0, \dots, 255$, se transforma en primer lugar (bloque 220) según un modo de realización privilegiado para obtener los siguientes coeficientes transformados:

$$S(k) = \sqrt{\frac{2}{M}} \sum_{n=M_z}^{2M-M_z-1} w(n) \cdot s(n-M_z) \cdot \cos\left(\frac{\pi}{M} \left(n + \frac{M}{2} + \frac{1}{2}\right) \left(k + \frac{1}{2}\right)\right), k = 0, \dots, M-1$$

25 donde $M=256$ es la longitud de trama y $M_z=96$ es el número de ceros a la izquierda y a la derecha en la ventana $w(n)$. La ventana $w(n)$ se elige en el modo de realización privilegiado como una ventana "retardo reducido" simétrica de la forma:

$$w_{shift}(m) = \begin{cases} 0 & 0 \leq m < \frac{M}{2} - \frac{L_{ov}}{2} \\ \sin\left(\frac{\pi}{2L_{ov}} \left(m - \left(\frac{M}{2} - \frac{L_{ov}}{2}\right) + \frac{1}{2}\right)\right) & \frac{M}{2} - \frac{L_{ov}}{2} \leq m < \frac{M}{2} + \frac{L_{ov}}{2} \\ 1 & \frac{M}{2} + \frac{L_{ov}}{2} \leq m < 3\frac{M}{2} - \frac{L_{ov}}{2} \\ \sin\left(\frac{\pi}{2L_{ov}} \left(m - 3\frac{M}{2} + 3\frac{L_{ov}}{2} + \frac{1}{2}\right)\right) & 3\frac{M}{2} - \frac{L_{ov}}{2} \leq m < 3\frac{M}{2} + \frac{L_{ov}}{2} \\ 0 & 3\frac{M}{2} + \frac{L_{ov}}{2} \leq m < 2M \end{cases}$$

30 Esta ventana de retardo reducido $w_{shift}(m)$, $(m)=0, \dots, 511$, para $M=256$ y $L_{ov}=64$, se aplica a la trama actual que corresponde a los índices $n=0, \dots, 255$ tomando $w(n)=w_{shift}(n+96)$, lo cual supone un recubrimiento de 64 muestras (5 ms).

35 Esta ventana es ilustrada en la figura 3a. Se observa que la ventana tiene $2(M-M_z)=320$ muestras no nulas, es decir 25 ms a 12,8 kHz. La figura 3b ilustra la manera de aplicar la ventana $w(n)$ a cada trama temporal de 20 ms tomando $(w(n)=w_{shift}(n+96))$.

40 Esta ventana se aplica a la trama actual de 20 ms así como a una señal futura "lookahead" de 5 ms. Se observará que la codificación MDCT se sincroniza entonces con la codificación CELP en la medida en que el descodificador MDCT puede reconstruir por adición-recubrimiento la integridad de la trama actual, gracias al recubrimiento a la izquierda y al "plano" intermedio de la ventana MDCT, y dispone asimismo de un recubrimiento sobre la trama futura de 5 ms. Cabe señalar para esta ventana que la trama MDCT actual induce un solape temporal sobre la primera parte de la trama (de hecho sobre los 5 primeros ms) donde se efectúa el recubrimiento.

45 Es importante señalar que las tramas reconstruidas por los codificadores/descodificadores CELP y MDCT tienen soportes temporales coincidentes. Esta sincronización temporal de las reconstrucciones facilita la conmutación de

modelos de codificación.

En variantes de la invención, son asimismo posibles otras ventanas MDCT distintas de $w(n)$. Aquí no se detalla la aplicación del bloque 220. Se proporciona un ejemplo en la norma UIT-T G.718 (Cláusulas 6.11.2 y 7.10.6).

5 Los coeficientes $S(k)$, $K=0,\dots,255$, son cedidos por el bloque 221 que está inspirado, en un modo de realización privilegiado, en la codificación "TDAC" (por "Time Domain Aliasing Cancellation" en inglés) de la norma UIT-T G.729.1. Aquí se escribe B_{tot} el presupuesto de bits total asignado en cada trama a la codificación MDCT. El espectro discreto $S(k)$ se divide en subbandas, a continuación una envoltura espectral, que corresponde a la r.m.s (por "root mean square" en inglés), es decir la raíz cuadrada de la media de la energía) por subbanda, se cuantifica en el campo logarítmico por paso de 3 dB y se codifica por una codificación entrópica. El presupuesto de bits utilizado por esta codificación de envoltura se escribe aquí B_{env} ; es variable debido a la codificación entrópica.

15 A diferencia de la codificación "TDAC" de la norma G.729.1, un número de bits predeterminado escrito B_{inj} (función del presupuesto B_{tot}) se reserva para la codificación de niveles de inyección de ruido con el fin de "rellenar" los coeficientes codificados con un valor nulo por ruido y enmascarar los artefactos de "ruido musical" que serían de otro modo audibles. A continuación las subbandas del espectro $S(k)$ se codifican por cuantificación vectorial esférica con el presupuesto restante de $B_{\text{tot}} - B_{\text{env}} - B_{\text{inj}}$ bits. Esta cuantificación no se detalla, así como la asignación adaptativa de los bits para subbandas, ya que estos detalles sobrepasan el marco de la invención. En caso de selección del modo MDCT o del modo de transición, el bloque 221 proporciona los índices MDCT codificados I_{MDCT} a multiplexar en el tren binario.

25 El bloque 222 descodifica el tren binario producido por el bloque 221 con el fin de reconstruir el espectro descodificado $\hat{S}(k)$, $k=0,\dots,255$. Finalmente el bloque 223 reconstruye la trama actual para encontrar la señal $\hat{s}_{\text{MDCT}}(n)$, $n=0,\dots,255$.

Debido a la naturaleza de la codificación por transformada MDCT (recubrimiento entre las tramas), se han de considerar dos casos de figura en la codificación MDCT de una trama actual:

30 – Primer caso: la trama anterior ha sido codificada por un modo MDCT. En este caso, la memoria (o estados) necesaria para la síntesis MDCT en el descodificador local (y distante) está disponible y la operación de adición/recubrimiento utilizada por la MDCT para anular el solape temporal es posible. La trama MDCT es descodificada correctamente en toda la trama. Se trata aquí del funcionamiento "normal" de la codificación/descodificación MDCT.

35 – Segundo caso: la trama anterior ha sido codificada por un modo CELP. En este caso, la reconstrucción de la trama en el descodificador (local y distante) no es completa. Como se ha explicado anteriormente, la MDCT utiliza para la reconstrucción una operación de adición/recubrimiento entre la trama actual y la trama anterior (con estados almacenados en memoria) para suprimir el solape temporal de la trama a descodificar y asimismo evitar los efectos de bloques y aumentar la resolución frecuencial por la utilización de ventanas más largas que una trama. Con las 40 ventanas MDCT más habitualmente utilizadas (tipo sinusoidal) la distorsión de la señal debida al solape temporal es más fuerte en el extremo de la ventana, y casi nula en el medio de la ventana. En este preciso caso, si la trama anterior es del tipo CELP, la memoria MDCT no está disponible ya que la última trama no ha sido descodificada por transformada MDCT.

45 La zona solapada del inicio de la trama corresponde a la zona de la señal en la trama MDCT que está perturbada por el solape temporal inherente a la transformación MDCT.

50 De este modo, cuando la trama actual es codificada por el modo MDCT (bloque 220 a 223) y que la trama anterior ha sido codificada por el modo CELP (bloques 210 a 212), es necesario un tratamiento específico de transición de CELP a MDCT.

55 En este caso, como se indica en la figura 4a, la primera trama es codificada por el modo CELP y puede ser íntegramente reconstruida por el descodificador CELP (local o distante). Sin embargo, la segunda trama es codificada por el modo MDCT; se considera que esta segunda trama es la trama actual. La zona de recubrimiento a la izquierda de la ventana MDCT plantea un problema ya que la parte complementaria (con solape temporal) de esta ventana no está disponible puesto que la trama anterior no ha sido codificada por MDCT. El solape en esta parte izquierda de la ventana MDCT no puede por lo tanto suprimirse.

60 Para esta transición, el procedimiento de codificación según la invención incluye una etapa de codificación de un bloque de muestras de longitud inferior o igual a la longitud de la trama, elegido por ejemplo como una subtrama adicional de 5 ms, en la trama actual codificada por transformada (MDCT), que representa la zona de solape a la izquierda de la trama actual, por un codificador predictivo de transición o codificación predictiva restringida. Cabe señalar que el tipo de codificación en la trama anterior, la trama MDCT de transición podría ser otro tipo de codificación distinto de la codificación CELP, por ejemplo una codificación MICDA o una codificación TCX. La 65 invención se aplica en el caso general donde la trama anterior ha sido codificada por una codificación que no actualiza las memorias MDCT en el campo de la señal y la invención implica la codificación de un bloque de

muestras que corresponde a una parte de la trama actual por una codificación de transición que utiliza las informaciones de la codificación de la trama anterior.

5 La codificación predictiva de transición es restringida respecto de la codificación predictiva de la trama anterior. Esta consiste en utilizar los parámetros estables de la trama anterior codificada por una codificación predictiva y solo codificar algunos parámetros mínimos para la subtrama adicional en la trama actual de transición.

10 De este modo esta codificación predictiva restringida reutiliza al menos un parámetro de la codificación predictiva de la trama anterior y por lo tanto solo codifica los parámetros no reutilizados. En este sentido, se puede hablar de una codificación restringida (por la restricción de los parámetros codificados).

15 Los modos de realización ilustrados en las figuras 4a a 4e, suponen que el recubrimiento a la izquierda de la primera ventana MDCT es inferior o igual a la longitud de la subtrama (5 ms). En el caso contrario, una o varias subtrama(s) CELP adicional(es) debe(n) también ser codificada(s), debiéndose utilizar diccionarios de excitación adaptativos y/o fijos de dimensión adaptada a la longitud de recubrimiento.

20 En las figuras 4a a 4e, el trazo mixto (líneas que alternan puntos y rayas) corresponden a las líneas de solape de codificación MDCT y a las líneas de solape de descodificación MDCT. Arriba en esta figuras, las líneas gruesas separan las tramas a la llegada del codificador, se puede empezar la codificación de una nueva trama cuando una trama así definida está totalmente disponible. Es importante subrayar que estas líneas gruesas en el codificador no corresponden a la trama actual sino al bloque de nuevas muestras que llevan para cada trama, la trama actual está de hecho retardada en 5 ms. Abajo, las líneas gruesas, separan las tramas descodificadas a la salida del descodificador.

25 El procesamiento específico de la trama de transición corresponde a los bloques 230 a 232 y al bloque 240 de la figura 2. Este procesamiento se efectúa cuando el modo anterior, escrito modo_{pre} , es decir el tipo de codificación de la trama anterior (CELP o MDCT), es del tipo CELP.

30 La codificación de la trama actual de transición entre la codificación CELP y MDCT (segunda trama de las figuras 4a a 4e), se basa en varias etapas aplicadas por el bloque 231:

- Codificación MDCT de la trama: en el ejemplo de realización ilustrado arriba en la figura 4a, la ventana elegida para esta codificación es la ventana $w(n)$ definida anteriormente, con una longitud efectiva de 25 ms. Otras formas de ventanas para sustituir $w(n)$ en la trama MDCT de transición (primera trama MDCT según una trama CELP) son ilustradas en las figuras 4b, 4c, 4d y 4e con una misma longitud efectiva que puede ser diferente de 25 ms. Para el caso de la figura 4a, los 20 ms de la trama actual se sitúan al inicio de la porción no nula de la ventana, mientras que los 5 ms restantes son los 5 primeros milisegundos de la trama futura ("lookahead"). Después del cálculo de la MDCT (por solape y transformada en coseno discreto (DCT)), se obtienen por lo tanto las 256 muestras del espectro MDCT. La cuantificación de estos coeficientes se realiza aquí por transmisión de la envoltura espectral y cuantificación vectorial esférica para cada subbanda normalizada de la envoltura. La diferencia con la descripción anterior de la codificación MDCT "normal" es que el presupuesto asignado a la cuantificación vectorial en la trama de transición ya no es de $B_{\text{tot}} - B_{\text{env}} - B_{\text{inj}}$ sino $B_{\text{tot}} - B_{\text{env}} - B_{\text{inj}} - B_{\text{trans}}$, representando B_{trans} el número de bits necesarios para la transmisión de las informaciones que faltan para generar la excitación de entrada del filtro $1/\hat{A}(z)$ en el codificador de transición. Este número de bits, B_{trans} , es variable en función de la tasa total del codificador.

45 - Descodificación del espectro cuantificado (abajo en las figuras 4a a 4e): después de la reconstrucción del espectro cuantificado y la operación de transformación MDCT inversa parcial (por solape y multiplicación por la ventana de síntesis pero sin adición-recubrimiento ya que las memorias MDCT no están disponibles a partir de la trama anterior), se obtiene la señal temporal en la que los 5 primeros milisegundos (primera subtrama) contienen solape temporal, y a continuación 15 ms de la señal reconstruida, sirviendo los 5 últimos milisegundos finalmente para alimentar la memoria MDCT necesaria para la reconstrucción de la próxima trama; si ésta es de tipo MDCT; en el caso en que la próxima trama sea de tipo CELP, esta memoria es generalmente inútil.

- Codificación de la primera subtrama (zona sombreada marcada "TR" de las figuras 4a a 4e) por la codificación de transición que incluye una codificación predictiva restringida.

55 Esta codificación predictiva restringida incluye las etapas siguientes.

El filtro $\hat{A}(z)$ de la primera subtrama se obtiene por ejemplo por copia del filtro $\hat{A}(z)$ de la cuarta subtrama de la trama anterior. Se ahorra de este modo el cálculo de este filtro y se ahorra el número de bits asociado a su codificación en el tren binario.

60 Esta elección está justificada puesto que en un códec que alterna CELP y MDCT, el modo MDCT se selecciona generalmente en los segmentos cuasi estacionarios donde la codificación en el campo frecuencia es más eficiente que en el campo temporal. En el momento de la conmutación entre los modos: ACELP y MDCT, esta estacionariedad ya está normalmente establecida, se puede suponer que algunos parámetros como la envoltura espectral evoluciona muy poco de trama a trama. De este modo el filtro de síntesis cuantificado $1/\hat{A}(z)$ transmitido durante la trama anterior, que representa la envoltura espectral de la señal, puede reutilizarse de manera eficaz.

El tono (que permite reconstruir la excitación adaptativa por utilización de la excitación pasada) se calcula en bucle cerrado para esta última subtrama de transición. El mismo se codifica en el tren binario, eventualmente de manera diferencial respecto del tono de la última subtrama CELP. De ello se deduce la excitación adaptativa $v(n)$ ($n=0,\dots,63$).

5 En una variante, el valor de tono de la última trama CELP puede también reutilizarse, sin transmitirlo.

Un bit es asignado para indicar si la excitación adaptativa $v(n)$ ha sido filtrada o no por un filtro de paso bajo de coeficientes (0,18, 0,64, 0,18). Sin embargo, el valor de este bit podría ser recuperado de la última trama CELP anterior.

10 La búsqueda de la excitación algebraica de la subtrama se efectúa en bucle cerrado únicamente para esta subtrama de transición y la codificación de las posiciones y signos de las pulsaciones de la excitación se codifican en el tren binario, también con un número de bits que depende de la tasa del codificador.

15 Las ganancias \hat{g}_p, \hat{g}_c respectivamente asociadas a la excitación adaptativa y algebraica se codifican en el tren binario. El número de bits asignados a esta codificación depende de la tasa del codificador.

A modo de ejemplo, para una tasa total de 12,65 kbit/s, 9 bits son reservados para la codificación en modo absoluto del tono de la subtrama, 6 bits son reservados para la codificación de la ganancia, 52 bits son reservados para la codificación de la excitación fija, y un bit indica si la excitación adaptativa ha sido filtrada o no. Se reserva por lo tanto $B_{tr}=69$ bits (3,4 kbit/s) para la codificación de esta subtrama de transición, quedan por lo tanto 9,25 kbit/s para la codificación MDCT en la trama de transición.

25 Una vez obtenidos y codificados todos los parámetros, se puede generar la subtrama que falta por excitación del filtro $1/\hat{A}(z)$ con la excitación obtenida. El bloque 231 proporciona asimismo los parámetros de la codificación predictiva restringida, I_{TR} , a multiplexar en el tren binario. Es importante señalar que el bloque 231 utiliza informaciones, escritas Mem, en la figura, de la codificación (bloque 211) efectuada en la trama anterior a la trama de transición. Por ejemplo, las informaciones incluyen los parámetros LPC y de tono de la última subtrama.

30 La señal obtenida es desacentuada a continuación (bloque 232) por el filtro $1/(1-\hat{A}z^{-1})$, para obtener la señal reconstruida $\tilde{s}_{TR}(n)$, $n=0,\dots,63$ en la primera subtrama de la trama actual de transición CELP a MDCT.

Finalmente queda por combinar las señales reconstruidas $\tilde{s}_{TR}(n)$, $n=0,\dots,63$, y $\tilde{s}_{MDCT}(n)$, $n=0,\dots,255$. Para ello, se efectúa una mezcla progresiva lineal (fundido encadenado o "crossfade" en inglés) entre las dos señales y proporciona la siguiente señal de salida (bloque 240). Por ejemplo, en un primer modo de realización, este fundido encadenado se efectúa en los primeros 5 ms de la siguiente manera como se ha ilustrado en la figura 4a:

35

$$\hat{s}_{MDCT}(n) = \begin{cases} \left(1 - \frac{n}{64}\right) \tilde{s}_{TR}(n) + \frac{n}{64} \tilde{s}_{MDCT}(n) & n = 0, \dots, 63 \\ \tilde{s}_{MDCT}(n) & n = 64, \dots, 255 \end{cases}$$

40 Cabe señalar que el fundido encadenado entre las dos señales es aquí de 5 ms, pero puede ser de dimensión inferior. En la hipótesis en que el codificador CELP y el codificador MDCT son de reconstrucción perfecta o casi perfecta, se puede incluso obviar el fundido encadenado, en efecto los 5 primeros milisegundos de la trama se codifican perfectamente (por el CELP restringido), y los siguientes 15 ms también están perfectamente codificados (por el codificador MDCT). La atenuación de los artefactos por el fundido encadenado ya no es teóricamente

45 necesaria. En este caso, la señal $\hat{s}_{MDCT}(n)$ se escribe más simplemente:

$$\hat{s}_{MDCT}(n) = \begin{cases} \tilde{s}_{TR}(n) & n=0,\dots,63 \\ \tilde{s}_{MDCT}(n) & n=64,\dots,255 \end{cases}$$

50 En la variante de la figura 4b la ventana es sustituida por una ventana idéntica al análisis y a la síntesis con una forma rectangular sin solape a la izquierda

$$w(n) = \begin{cases} 0 & n = 0, \dots, 31 \\ 1 & n = 32, \dots, 255 \end{cases}$$

55 Aquí no se especifica para $n < 0$ y $n > 255$. Para $n < 0$ el valor de $w(n)$ es nulo y para $n > 255$ las ventanas son determinadas por las ventanas de análisis y síntesis MDCT utilizadas para la codificación MDCT "normal".

El fundido encadenado en la figura 4b se efectúa de la siguiente manera:

$$\hat{s}_{MDCT}(n) = \begin{cases} \tilde{s}_{TR}(n) & n = 0, \dots, 31 \\ \left(1 - \frac{n-32}{32}\right) \tilde{s}_{TR}(n) + \frac{n-32}{32} \tilde{s}_{MDCT}(n) & n = 32, \dots, 63 \\ \tilde{s}_{MDCT}(n) & n = 64, \dots, 255 \end{cases}$$

5 En la variante de las figuras 4c, la ventana es sustituida por una ventana idéntica al análisis y a la síntesis con una forma que incluye una primera parte de valor nulo a lo largo de 1,25 ms, y a continuación un frente ascendente sinusoidal a lo largo de 2,5 ms, y un plano de valor unitario a lo largo de 1,25 ms:

$$w(n) = \begin{cases} 0 & n = 0, \dots, 15 \\ \sin\left(\frac{n-15,5}{32}\pi\right) & n = 16, \dots, 47 \\ 1 & n = 48, \dots, 255 \end{cases}$$

10 No se especifica aquí para $n < 0$ y $n > 255$. Para $n < 0$ el valor de $w(n)$ es nulo y para $n > 255$ las ventanas son determinadas por las ventanas de análisis y síntesis MDCT utilizadas para la codificación MDCT "normal".

El fundido encadenado en la figura 4c se efectúa de la siguiente manera:

$$\hat{s}_{MDCT}(n) = \begin{cases} \tilde{s}_{TR}(n) & n = 0, \dots, 37 \\ \left(1 - \frac{n-48}{16}\right) \tilde{s}_{TR}(n) + \frac{n-48}{16} \tilde{s}_{MDCT}(n) & n = 48, \dots, 63 \\ \tilde{s}_{MDCT}(n) & n = 64, \dots, 255 \end{cases}$$

15

Lo cual muestra que la zona en que se efectúa el fundido encadenado está libre de solape temporal.

20 En la variante de las figuras 4d y 4e, se supone que la ventana de ponderación MDCT de análisis y de síntesis en la trama actual de transición ($n=0, \dots, 255$) es proporcionada por

$$w(n) = \begin{cases} 0 & n = 0, \dots, 31 \\ \sin\left(\frac{n-31,5}{64}\pi\right) & n = 32, \dots, 63 \\ 1 & n = 64, \dots, 255 \end{cases}$$

25 Cabe señalar que no se especifica para $n < 0$ y $n > 255$. Para $n < 0$ el valor de $w(n)$ es nulo y para $n > 255$ las ventanas son determinadas por las ventanas de análisis y de síntesis MDCT utilizadas para la codificación MDCT "normal".

El fundido encadenado en la figura 4c se efectúa de la siguiente manera:

$$\hat{s}_{MDCT}(n) = \begin{cases} \tilde{s}_{TR}(n) & n = 0, \dots, 31 \\ \cos^2\left(\frac{n-31,5}{64}\pi\right) \tilde{s}_{TR}(n) + \tilde{s}_{MDCT}(n) & n = 32, \dots, 63 \\ \tilde{s}_{MDCT}(n) & n = 64, \dots, 255 \end{cases}$$

30

Cabe señalar que el fundido encadenado de las figuras 4b a 4d podría utilizarse también en la configuración de la figura 4a. La ventaja de proceder de este modo es que el fundido encadenado se efectúa sobre la parte descodificada MDCT donde el error debido al solape es el menos importante. Con la estructura representada en la figura 4a nos aproximamos más a la reconstrucción perfecta.

35

Se considera en el ejemplo de realización que el codificador función con una decisión de modo de bucle cerrado.

A partir de la señal original a 12,8 kHz, $s(n)$, ($n=0, \dots, 255$), y de las señales reconstruidas por cada uno de los dos modos, CELP y MDCT, $\hat{s}_{CELP}(n)$ y $\hat{s}_{MDCT}(n)$, $n=0, \dots, 255$, la decisión de modo para la trama actual es tomada (bloque

254) calculando (bloques 250, 252) los errores de codificación $s(n) - \hat{s}_{CELP}(n)$ y $s(n) - \hat{s}_{MDCT}(n)$, a continuación aplicando por subtramas de 64 muestras (5 ms) una ponderación perceptual por el filtro $W(z) = A(z/\gamma)/(1 - \alpha z^{-1})$ con $\gamma=0,92$ cuyos coeficientes son extraídos de los estados de la codificación CELP (bloque 211), y finalmente calculando un criterio de relación de señal/ruido por relación segmentaria (con 5 ms de unidad temporal). No se describe más en detalle el funcionamiento de la decisión en bucle cerrado (bloque 254). La decisión del bloque 554 se codifica (I_{SEL}) y multiplexa en el tren binario.

El multiplexor 260 combina la decisión codificada I_{SEL} y los diferentes bits que proceden de los módulos de codificación en el tren binario bst en función de la decisión del módulo 254: Para una trama CELP, se envían los bits I_{CELP} , para una trama puramente MDCT los bits I_{MDCT} y para una trama de transición CELP hacia MDCT los bits I_{TR} e I_{MDCT} .

Cabe señalar que la decisión de modo podría también realizarse en bucle abierto o especificarse de manera externa al codificador, sin cambiar a naturaleza de la invención.

El descodificador según un modo de realización de la invención, se ilustra en la figura 5. El desmultiplexor (bloque 511) recibe el tren binario bst y extrae en primer lugar el índice de modo I_{SEL} . Este índice controla el funcionamiento de los módulos de descodificación el conmutador 509. Si el índice I_{SEL} indica una trama CELP, el descodificador CELP 501 se activa y descodifica los índices CELP I_{CELP} . La señal reconstruida $\tilde{s}_{CELP}(n)$ por el descodificador CELP 501 por reconstrucción de la excitación $u(n) = \hat{g}_p v(n) + \hat{g}_c c(n)$, eventualmente post-tratamiento de $u(n)$, y filtrado, el filtro de síntesis cuantificado $1/\hat{A}(z)$ es desacentuado por el filtro en función de transferencia $1/(1 - \alpha z^{-1})$ (bloque 502) para obtener la señal descodificada CELP $\hat{s}_{CELP}(n)$. El conmutador 509 elige esta señal $\hat{s}_{CELP}(n)$ como señal de salida a 12,8 kHz $\hat{s}(n) = \hat{s}_{CELP}(n)$. Si el índice I_{MDCT} indica una trama "puramente" MDCT o trama de transición, el descodificador MDCT 503 se activa; él mismo descodifica los índices MDCT I_{MDCT} . A partir de los índices I_{MDCT} transmitidos, el bloque 503 reconstruye el espectro descodificado $\hat{S}(k)$, $k=0, \dots, 255$, a continuación el bloque 504 reconstruye la trama actual para encontrar la señal $\tilde{s}_{MDCT}(n)$, $n=0, \dots, 255$. En una trama de transición, los índices I_{TR} también son descodificados por el módulo 505. Es importante señalar que el bloque 505 utiliza informaciones, escritas Mem en la figura, de la descodificación (bloque 501) efectuada en la trama anterior, la trama de transición. Por ejemplo, las informaciones incluyen los parámetros LPC y el tono de la última subtrama.

De este modo, el descodificador reutiliza al menos un parámetro de descodificación predictiva de la trama anterior para descodificar una primera parte de la trama de transición. Utiliza asimismo los únicos parámetros recibidos para esta primera parte que corresponden a los parámetros no reutilizados.

La salida del bloque 505 es desacentuada por el filtro de función de transferencia $1/(1 - \alpha z^{-1})$ (bloque 506) para obtener la señal reconstruida por la codificación predictiva restringida $\tilde{s}_{TR}(n)$. Este procesamiento (bloque 505 a 507) se efectúa cuando el modo anterior escrito $modo_{pre}$, es decir el tipo de descodificación de la trama anterior (CELP o MDCT), es de tipo CELP.

En una trama de transición, las señales $\tilde{s}_{TR}(n)$ y $\tilde{s}_{MDCT}(n)$ son combinadas por el bloque 507, típicamente una operación de fundido encadenado, tal como se ha descrito anteriormente para el codificador que aplica la invención, se efectúa en la primera parte de la trama para obtener la señal $\tilde{s}_{MDCT}(n)$. En el caso de una trama "puramente" MDCT, es decir si las tramas actuales y anteriores son codificadas por MDCT, $\hat{s}_{MDCT}(n) = \tilde{s}_{MDCT}(n)$. El conmutador 509 elige esta señal $\hat{s}_{MDCT}(n)$ como señal de salida a 12,8 kHz $\hat{s}(n) = \hat{s}_{MDCT}(n)$. A continuación la señal reconstruido $\hat{x}(n)$ a 16 kHz es obtenida por sobremuestreo de 12,8 kHz a 16 kHz (bloque 510). Se considera que este cambio de cadencia se realiza con la ayuda de un filtro de respuesta impulsional acabada en modo polifásico (de orden 60).

De este modo, según el procedimiento de codificación de la invención, las muestras correspondientes a la primera subtrama de la trama actual codificada por codificación por transformada, son codificadas por un codificador predictivo restringido en detrimento de los bits disponibles en la codificación por transformada (caso de tasa constante) o aumentando la tasa transmitida (caso de tasa variable).

En un modo de realización de la invención ilustrada en la figura 4a, la zona solapada se utiliza únicamente para hacer un fundido encadenado que garantiza una transición suave y sin discontinuidad entre la reconstrucción CELP y la reconstrucción MDCT.

Cabe señalar que en una variante, este fundido encadenado se puede realizar en la segunda parte de la zona solapada donde el efecto de solape es menos fuerte. En esta variante ilustrada en la figura 4a aumentando la tasa no se converge hacia la reconstrucción perfecta ya que una parte de la señal utilizada para el fundido encadenado es perturbada por el solape temporal.

Esta variante no puede ser transparente incluso si esta perturbación de tasa reducida es completamente aceptable y

en general casi inaudible respecto de la degradación intrínseca de la codificación de tasa reducida.

En otra variante, en la trama MDCT que sigue inmediatamente a una trama CELP (trama de transición) (caso ilustrado en la figura 4b) se puede utilizar una transformación MDCT sin solape a la izquierda con una ventana rectangular que empieza en medio de la subtrama en la línea de solape.

En la parte enmarcada y sombreada de la figura, se puede observar la evolución de los pesos de los componentes CELP y MDCT en el fundido encadenado. Durante los primeros 2,5 ms de la trama de transición, la salida es idéntica a la señal descodificada de la codificación predictiva restringida y a continuación la transición se lleva a cabo durante los siguientes segundos 2,5 ms disminuyendo progresivamente el peso de la componente CELP y aumentando el peso de la componente MDCT en función de la definición exacta de la ventana MDCT. La transición se lleva a cabo entonces utilizando la señal descodificada MDCT sin solape. De este modo se puede obtener una codificación transparente aumentando la tasa. Sin embargo, la división en ventanas rectangular puede ocasionar efectos de bloque en presencia de ruido de codificación MDCT.

La figura 4c ilustra otra variante donde la parte ascendente de la ventana (con solape temporal) a la izquierda está recortada (por ejemplo a 2,5 ms) y de este modo los 5 primeros milisegundos de la señal reconstruida por el modo MDCT contienen una parte (1,25 ms) sin solape a la derecha en esta primera subtrama de 5 ms. De este modo, el "plano" (es decir, el valor constante a 1 sin solape) de la ventana MDCT se extiende a la izquierda en la subtrama codificada por la codificación predictiva restringida en comparación con la configuración de la figura 4a.

De nuevo en la parte enmarcada y sombreada de la figura 4c se puede observar la evolución de los pesos de los componentes CELP y MDCT en el fundido encadenado para esta variante. Según el ejemplo dado, durante los 3,75 primeros milisegundos la salida es idéntica a la señal reconstruida por la descodificación predictiva restringida. Para esa zona, la componente MDCT no debe ser descodificada ya que no se utiliza. Por consiguiente, la forma de la ventana de ponderación no tiene importancia para esta zona. La transición se realiza durante los últimos 1,25 ms disminuyendo progresivamente el peso de la componente CELP y aumentando el peso de la componente MDCT. Procediendo de este modo la reconstrucción perfecta de tasa elevada -por consiguiente en ausencia de error de cuantificación- está garantizada ya que la zona perturbada por el solape no interviene en el fundido encadenado. El fundido encadenado de estas señales reconstruidas se realiza en la parte de la ventana donde la señal reconstruida procedente de la codificación por transformada de la primera parte de la trama actual no incluye solape temporal. La ventaja de esta variante respecto de la ilustrada en la figura 4b es el mejor propiedad espectral de la ventana utilizada y la disminución de los efectos de bloque, sin la parte rectangular.

Cabe señalar que la variante de la figura 4b es un caso extremo de la variante de la figura 4c donde la parte ascendente de la ventana (con solape temporal) a la izquierda se recorta a 0. En otra variante de la invención, la longitud de la parte ascendente de la ventana (con solape temporal) a la izquierda depende de la tasa: por ejemplo se acorta con el aumento de la tasa. Los pesos del fundido encadenado en este caso pueden adaptarse a la ventana elegida.

En las figuras 4a, 4b y 4c se han representado ventanas MDCT de retardo reducido ("low delay"), las mismas incluyen un número elegido de coeficientes de ponderación sucesivos de valor nulo a final e inicio de ventana. La invención se aplica asimismo para el caso en que se utilizan las ventanas de ponderación MDCT clásica (sinusoidal).

El fundido encadenado se ha presentado en los ejemplos dados anteriormente con pesos lineales. Evidentemente se puede utilizar también otras funciones de variación de los pesos como el frente ascendente de una función sinusoidal por ejemplo. En general, el peso de la otra componente se elige siempre de manera que la suma de los 2 pesos sea siempre igual a uno.

Cabe señalar que el peso del fundido encadenado de la componente MDCT puede integrarse en la ventana de ponderación de síntesis MDCT de la trama de transición para todas las variantes presentadas, multiplicando la ventana de ponderación de síntesis MDCT por los pesos de fundido encadenado, lo cual reduce de este modo la complejidad de cálculo.

En este caso, la transición entre la componente de codificación predictiva restringida y la componente de codificación por transformada se realiza sumando por una parte la componente de codificación predictiva multiplicada por el peso de fundido encadenado y por otra parte por la componente de codificación por transformada así obtenida, sin ponderación adicional por los pesos. Además, en el caso de la variante presentada en la figura 4b, la integración de los pesos del fundido encadenado puede realizarse en la ventana de ponderación de análisis. Esto se puede realizar ventajosamente en la variante de la figura 4b ya que la zona del fundido encadenado está totalmente en la parte sin solape de la trama y la ventana de ponderación de análisis de origen era de valor nulo para las muestras anteriores a la zona de solape.

Este enfoque es cada vez más interesante, si se utilizan los pesos del fundido encadenado sinusoidal ya que de este modo se mejoran sensiblemente las propiedades espectrales de la ventana de ponderación de análisis respecto de

la ventana rectangular (lado izquierda) de la figura 4b o respecto de una ventana triangular con pesos lineales. De manera todavía más ventajosa, la misma ventana puede reutilizarse como ventana de análisis y de síntesis MDCT, lo cual reduce el almacenamiento. Esta variante se ilustra en la figura 4d.

5 Se observa que la parte ascendente de la ventana de ponderación de análisis/síntesis de transición está en la zona sin solape (después de la línea de solape). Esta parte ascendente está definida aquí como un cuarto de ciclo sinusoidal, aunque el efecto combinado de las ventanas de análisis/síntesis da implícitamente pesos de fundido encadenado en forma de un seno al cuadrado. Esta parte ascendente sirve a la vez para la división en ventanas MDCT y para el fundido encadenado. Los pesos del fundido encadenado para la componente de codificación predictiva restringida son complementarios respecto de la parte ascendente de las ventanas de ponderación de análisis/síntesis combinadas, de manera que la suma de los dos pesos da siempre 1 en la zona donde se efectúa el fundido encadenado. Para el ejemplo de las ventanas de análisis/síntesis con una parte ascendente definida como un cuarto de ciclo sinusoidal, los pesos del fundido encadenado para la componente de codificación predictiva restringida están por lo tanto en forma de un coseno al cuadrado (1 menos seno al cuadrado). De este modo los pesos del fundido encadenado se integran a la vez en la ventana de ponderación de análisis y de síntesis de la trama de transición. La variante ilustrada en la figura 4d permite alcanzar la reconstrucción perfecta de tasa elevada porque el fundido encadenado se efectúa en una zona sin solape temporal.

20 La invención se aplica asimismo al caso en que unas ventanas MDCT son asimétricas y al caso en que las ventanas MDCT de análisis y de síntesis no son idénticas como en la zona UIT-T G.718. Tal ejemplo se ofrece en la figura 4e. En este ejemplo, el lado izquierdo de la ventana MDCT de transición (en trazo grueso en la figura) y los pesos del fundido encadenado son idénticos a los de la figura 4d. Evidentemente, la ventana y el fundido encadenado que corresponden a otros modos de realización ya presentados (por ejemplo los de las figuras 4a a 4c) podrían utilizarse igualmente en la parte izquierda de la ventana de transición.

25 Se observa en la figura 4e, para ventanas MDCT asimétricas, que en el codificador, la parte derecha de la ventana de análisis de transición, es idéntica a la parte derecha de la ventana de análisis MDCT normalmente utilizada y, que en el descodificador, la parte derecha de la ventana de síntesis MDCT de transición es idéntica a la parte derecha de la ventana de síntesis MDCT normalmente utilizada. En cuanto al lado izquierdo de la ventana de ponderación MDCT de transición, se utiliza la parte izquierda de una de las ventanas de transición MDCT ya presentadas en las figuras 4a a 4d (en el ejemplo de la figura 4e se utiliza la de la figura 4d).

30 Los pesos del fundido encadenado se eligen en función de la ventana utilizada, como se detalla en las variantes de realización de la invención descritas anteriormente (por ejemplo en las figuras 4a a 4d)

35 Generalizando, según la invención, para la componente MDCT en la trama de transición, la mitad izquierda de la ventana de ponderación de análisis MDCT utilizada se elige de tal manera que la parte derecha de la zona correspondiente a esta mitad de ventana no incluye solape temporal (por ejemplo según uno de los ejemplos de las figuras 4a a 4e) y la mitad izquierda de la ventana de ponderación de síntesis MDCT correspondiente se elige de tal manera que después del efecto combinado de las ventanas de análisis y síntesis, esta zona sin solape tiene un peso 1 al menos del lado derecho (sin ninguna atenuación). Las figuras 4a a 4e muestran ejemplos de pares de ventanas de análisis y de síntesis que verifican estos criterios. Según estos ejemplos, la mitad izquierda de la ventana de ponderación MDCT de transición es idéntica al análisis y a la síntesis pero esto no es necesariamente el caso en todas las realizaciones de la invención. Cabe señalar por ejemplo que la forma de ventana de síntesis en la zona donde el peso de la componente MDCT en el fundido encadenado es nulo no tiene importancia ya que estas muestras no se utilizarán, no debe ni siquiera calcularse. Por otra parte, la contribución de las ventanas de análisis y de síntesis en los pesos del fundido encadenado puede estar asimismo repartida de manera no equilibrada, lo cual daría ventanas de análisis y de síntesis diferentes en la mitad izquierda de la ventana de ponderación MDCT de transición. En cuanto a la mitad derecha de las ventanas de análisis y de síntesis de transición, son idénticas a las de las ventanas de ponderación MDCT normalmente utilizadas en las zonas únicamente codificadas por codificación por transformada. Para asegurar una reconstrucción perfecta en ausencia de error de cuantificación (de tasa muy elevada) el fundido encadenado entre la señal reconstruida por el descodificador predictivo restringido y la señal reconstruida por el descodificador por transformada debe realizarse en una zona sin solape temporal. El efecto combinado de las ventanas de análisis y de síntesis puede integrar implícitamente los pesos del fundido encadenado de la componente reconstruida por el descodificador por transformada.

60 Para limitar el impacto sobre la tasa asignada a la codificación MDCT, es interesante utilizar el menor número de bits posible para esta codificación predictiva restringida al tiempo que se garantiza una buena calidad. En un códec que alterna CELP y MDCT, el modo MDCT se selecciona en general en los segmentos casi estacionarios donde la codificación en el campo frecuencial es más eficiente que en el campo temporal. Sin embargo, se pueden considerar asimismo casos donde la decisión de modo se toma en bucle abierto o controlada de manera externa al codificador, sin garantía de que la hipótesis de estacionariedad sea verificada.

65 En el momento de la conmutación entre los modos ACELP y MDCT esta estacionariedad ya está normalmente establecida, se puede suponer que algunos parámetros como la envoltura espectral evolucionan muy poco de una trama a otra. De este modo el filtro de síntesis cuantificado $1/A(z)$ transmitido durante la trama anterior, que

representa la envoltura espectral de la señal, se puede reutilizar con el fin de ahorrar bits para la codificación MDCT. Se utiliza el último filtro de síntesis transmitido en el modo CELP (el más cercano a la señal a codificar).

5 Las informaciones utilizadas para codificar la señal en la trama de transición son: el tono (asociado a la excitación a largo plazo), el vector de excitación (o innovación) así como la(s) ganancia(s) asociada(s) a la excitación.

10 En otro modo de realización de la invención el valor descodificado del tono y/o su ganancia asociada a la última subtrama pueden también reutilizarse ya que estos parámetros evolucionan también lentamente en las zonas estacionarias. Se disminuye de este modo aún más la cantidad de informaciones a transmitir durante una transición de CELP a MDCT.

15 Asimismo es posible, en una variante de realización, cuantificar estos parámetros en modo diferencial a lo largo de pocos bits respecto de los parámetros descodificados en la última subtrama de la trama CELP anterior. En este caso, se codifica de este modo únicamente la corrección que representa la evolución lenta de estos parámetros.

20 Una de las propiedades deseadas de la transición de CELP a MDCT es que a una tasa asintóticamente elevada, cuando los codificadores CELP y MDCT son casi de reconstrucción perfecta, la codificación efectuada en la trama de transición (trama MDCT que sigue a una trama CELP) debe ella misma ser de reconstrucción casi perfecta. Las variantes ilustradas en las figuras 4b y 4c garantizan una reconstrucción casi perfecta a una tasa muy alta.

Para conseguir una homogeneidad de calidad, el número de bits asignados a estos parámetros de la codificación predictiva restringida puede ser variable y proporcional a la tasa total.

25 Con el fin de limitar los efectos de transición de un tipo de codificación a otro, una transición progresiva entre la parte de la señal codificada por la codificación predictiva y el resto de la trama codificada por transformada (fundido encadenado, "fade-in" para la componente por transformada, "fade out" para la componente predictiva). Para lograr la calidad transparente, este fundido encadenado debe realizarse sobre una señal descodificada MDCT sin solape.

30 Además de las variantes de las figuras 4b y 4c en una variante adicional, para asegurar la posible transparencia de tasa alta, el principio de la codificación MDCT se modifica de manera que no se utiliza ningún solape temporal a la izquierda en la ventana MDCT de la trama de transición. Esta variante implica utilizar una versión modificada de la transformación DCT en el centro de la transformación MDCT ya que la longitud de la señal solapada es diferente, dado que el solape temporal (que reduce la dimensión del bloque) solo se efectúa a la derecha.

35 Cabe señalar que la invención está descrita en las figuras 4a a 4d para el caso simplificado de ventanas de análisis y de síntesis MDCT idénticas en cada trama (excepto la trama de transición) codificada por el modo MDCT. En variantes de la invención, la ventana MDCT podrá ser asimétrica como se ilustra en la figura 4e. Además, la codificación MDCT podrá utilizar una conmutación de ventanas entre al menos una ventana "larga" de típicamente 20-40 ms y una serie de ventanas cortas de típicamente 5-10 ms ("window switching" en inglés).

40 Por otra parte, otras variantes se definen asimismo en el caso en que la selección de modos CELP/MDCT no es óptima y la hipótesis de estacionariedad de la señal en la trama de transición no se verifica y la reutilización de los parámetros de la última trama CELP (LPC, tono) puede causar degradaciones audibles. Para tales casos, la invención prevé la transición de al menos un bit para indicar un modo de transición diferente del procedimiento descrito anteriormente, con el fin de mantener más parámetros CELP y/o de subtramas CELP codificar en la trama de transición de CELP a MDCT. Por ejemplo, un primer bit puede señalar si en la serie del tren binario, el filtro LPC está codificado o la última versión recibida puede utilizarse en el descodificador, y otro bit podría señalar lo mismo para el valor del tono. En el caso en que la codificación de un parámetro es juzgada necesaria, esto puede realizarse en modo diferencial respecto del valor transmitido en la última trama.

50 De este modo, de manera general, según los modos de realización descritos anteriormente, el procedimiento de codificación según la invención puede ilustrarse en forma de organigrama como se ha representado en la figura 6a.

55 Para la señal a codificar $s(n)$, se verifica en la etapa E601 que está en el caso en que la trama actual se ha de codificar según una codificación por transformada y en el que la trama anterior ha sido codificada según una codificación de tipo predictivo. De este modo, la trama actual es una trama de transición entre la codificación predictiva y la codificación por transformada.

60 En la etapa E602, una codificación predictiva restringida se aplica sobre una primera parte de la trama actual. Esta codificación predictiva es restringida respecto de la codificación predictiva utilizada para la trama anterior.

Al final de esta etapa de codificación predictiva restringida, se obtiene la señal $\tilde{s}_{TR}(n)$.

La codificación MDCT de la trama actual se efectúa en la etapa E603, en paralelo para toda la trama actual.

65

Al final de esta etapa de codificación por transformada, se obtiene la señal $\tilde{s}_{MDCT}(n)$.

Según los modos de realización descritos para la invención, el procedimiento incluye una etapa de combinación por fundido encadenado en la etapa E604, después de la reconstrucción de las señales, permitiendo efectuar una transición suave entre la codificación predictiva y la codificación por transformada en la trama de transición. Al final de esta etapa se obtiene una señal reconstruida $\hat{s}_{MDCT}(n)$.

Asimismo, de manera general, el procedimiento de descodificación según la invención se ilustra con referencia a la figura 6b.

10 Cuando en la descodificación, una trama anterior ha sido descodificada según un procedimiento de descodificación de tipo predictivo y la trama actual se ha de descodificar según un procedimiento de descodificación de tipo transformada (verificación en E605), el procedimiento de descodificación incluye una etapa de descodificación por una descodificación predictiva restringida de una primera parte de la trama actual, en E606. Incluye asimismo una etapa de descodificación por transformada en E607 de la trama actual.

15 A continuación se efectúa una etapa E608, según los modos de realización descritos anteriormente, para efectuar una combinación de las señales descodificadas obtenidas, respectivamente $\tilde{s}_{TR}(n)$ y $\tilde{s}_{MDCT}(n)$, por fundido encadenado en toda o parte de la trama actual y de este modo obtener la señal descodificada $\hat{s}_{MDCT}(n)$ de la trama actual.

20 Finalmente la invención ha sido presentada en el caso específico de una transición CELP a MDCT. Es evidente que esta invención se aplica asimismo al caso en que la codificación CELP es sustituida por otro tipo de codificación, tal como MICDA, TCX, y en el que se efectúa una codificación de transición sobre una parte de la trama de transición utilizando las informaciones de la codificación de la trama anterior MDCT de transición.

25 Con referencia a la figura 7, se describe un dispositivo material adaptado para realizar un codificador o un descodificador según un modo de realización de la presente invención.

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

El dispositivo incluye asimismo un procesador PROC de señales digitales adaptado para realizar operaciones de codificación/descodificación especialmente sobre una señal procedente de la entrada E.

35 Este procesador está conectado a una o más unidades de memoria MEM adaptadas para almacenar informaciones necesarias para el control del dispositivo para la codificación/descodificación. Por ejemplo, estas unidades de memoria incluyen instrucciones para la aplicación del procedimiento de codificación descrito en lo que antecede y especialmente para aplicar las etapas de codificación de una trama anterior de muestras de la señal digital según una codificación predictiva, codificación de una trama actual de muestras de la señal digital según una codificación por transformada, de tal manera que una primera parte de la trama actual está codificada por una codificación predictiva restringida respecto de la codificación predictiva de la trama anterior, cuando el dispositivo es de tipo codificador.

40 Cuando el dispositivo es de tipo descodificador, estas unidades de memoria incluyen instrucciones para la aplicación del procedimiento de descodificación descrito en lo que antecede y especialmente para aplicar las etapas de descodificación predictiva de una trama anterior de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación predictiva, descodificación por transformada inversa de una trama actual de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación por transformada, y además, una etapa de descodificación por una descodificación predictiva restringida respecto de la descodificación predictiva de la trama anterior de una primera parte de la trama actual

Estas unidades de memoria pueden asimismo incluir parámetros de cálculo o de otras informaciones.

55 De manera más general, un medio de almacenamiento, legible por un procesador, integrado o no en el codificador o en el descodificador, eventualmente amovible, memoriza un programa informático que aplica un procedimiento de codificación y/o un procedimiento de descodificación según la invención. Las figuras 6a y 6b pueden por ejemplo ilustrar el algoritmo de tal programa informático.

60 El procesador está asimismo adaptado para almacenar resultados en estas unidades de memoria. Finalmente, el dispositivo incluye una salida S conectada al procesador para proporcionar una señal de salida SIG* que, en el caso del codificador, es una señal en forma de tren binario bst y en 1 y, en el caso del descodificador, una señal de salida $\hat{x}(n')$.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento de codificación de una señal de sonido digital, que incluye las etapas de:
- 5 - codificación (E601) de una trama anterior de muestras de la señal digital según una codificación predictiva,
- codificación (E603) de una trama actual de muestras de la señal digital según una codificación por transformada;
caracterizándose el procedimiento porque una primera parte de la trama actual está codificada (E602) por una
10 codificación predictiva restringida respecto de la codificación predictiva de la trama anterior reutilizando al menos un
parámetro de la codificación predictiva de la trama anterior y codificando solo los parámetros no reutilizados de esta
primera parte de la trama actual.
- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la codificación predictiva restringida utiliza un filtro
15 de predicción copiado de la trama anterior de codificación predictiva.
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque la codificación predictiva restringida utiliza,
además, un valor descodificado del tono y/o de su ganancia asociada de la trama anterior de codificación predictiva.
- 20 4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque algunos parámetros de codificación predictiva
utilizados para la codificación predictiva restringida son cuantificados en modo diferencial respecto de los parámetros
descodificados de la trama anterior de codificación predictiva.
- 5.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye una etapa de obtención de las señales
25 reconstruidas procedentes de las codificaciones y descodificaciones locales predictiva y por transformada de la
primera parte de la trama actual y de combinaciones (E604) por un fundido encadenado de estas señales
reconstruidas.
- 6.- Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque dicho fundido encadenado de las señales
30 reconstruidas se realiza en una porción de la primera parte de la trama actual en función de la forma de la ventana
de la codificación por transformada.
- 7.- Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque dicho fundido encadenado de las señales
35 reconstruidas se realiza en una porción de la primera parte de la trama actual, no conteniendo dicha porción ningún
solape temporal.
- 8.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la codificación por transformada utiliza una
ventana de ponderación que incluye un número elegido de coeficientes de ponderación sucesivos de valor nulo al
40 final y al principio de ventana.
- 9.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la codificación por transformada utiliza una
ventana de ponderación asimétrica que incluye un número elegido de coeficientes de ponderación sucesivos de
valor nulo en al menos un extremo de la ventana.
- 45 10.- Procedimiento de descodificación de una señal de sonido digital, que incluye las etapas de:
- descodificación (E605) predictiva de una trama anterior de muestras de la señal digital recibida y codificada según
una codificación predictiva,
- 50 - descodificación (E607) por transformada inversa de una trama actual de muestras de la señal digital recibida y
codificada según una codificación por transformada;
caracterizándose el procedimiento porque incluye, además, una etapa de descodificación (E606) por una
descodificación predictiva restringida respecto de la descodificación predictiva de la trama anterior de una primera
55 parte de la trama actual recibida y codificada según una codificación predictiva restringida, reutilizando al menos un
parámetro de la descodificación predictiva de la trama anterior y descodificando solo los parámetros recibidos para
esta primera parte de la trama actual.
- 11.- Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado porque incluye una etapa de combinación (E608) por un
60 fundido encadenado de las señales descodificadas por transformada inversa y por descodificación predictiva
restringida para al menos una porción de la primera parte de la trama actual.
- 12.- Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado porque la codificación predictiva restringida utiliza un
filtro de predicción descodificado y utilizado por la descodificación predictiva de la trama anterior.
- 65 13.- Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado porque la descodificación predictiva restringida utiliza,

además, un valor descodificado del tono y/o de su ganancia asociada de la descodificación predictiva de la trama anterior.

14.- Codificador de señal de sonido digital, que incluye:

- 5
- un módulo (211) de codificación predictiva para codificar una trama anterior de muestras de la señal digital,
 - un módulo (221) de codificación por transformada para codificar una trama actual de muestras de la señal digital;
- 10
- caracterizado porque incluye, además, un módulo (231) de codificación predictiva restringida respecto de la codificación predictiva de la trama anterior para codificar una primera parte de la trama actual, reutilizando al menos un parámetro de la codificación predictiva de la trama anterior y codificando solo los parámetros no reutilizados de esta primera parte de la trama actual.
- 15
- 15.- Descodificador de señal de sonido digital que incluye:
- un módulo (501) de descodificación predictiva para descodificar una trama anterior de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación predictiva,
- 20
- un módulo (503) de descodificación por transformada inversa para descodificar una trama actual de muestras de la señal digital recibida y codificada según una codificación por transformada;
- 25
- caracterizado porque incluye, además, un módulo (505) de descodificación predictiva restringida respecto de la descodificación predictiva de la trama anterior para descodificar una primera parte de la trama actual recibida y codificada según una codificación predictiva restringida, reutilizando al menos un parámetro de la descodificación predictiva de la trama anterior y descodificando solo los parámetros recibidos para esta primera parte de la trama actual.
- 30
- 16.- Programa informático que incluye instrucciones de código para la aplicación de las etapas del procedimiento de codificación según una de las reivindicaciones 1 a 9 y/o de descodificación según una de las reivindicaciones 10 a 13, cuando estas instrucciones son ejecutadas por un procesador.

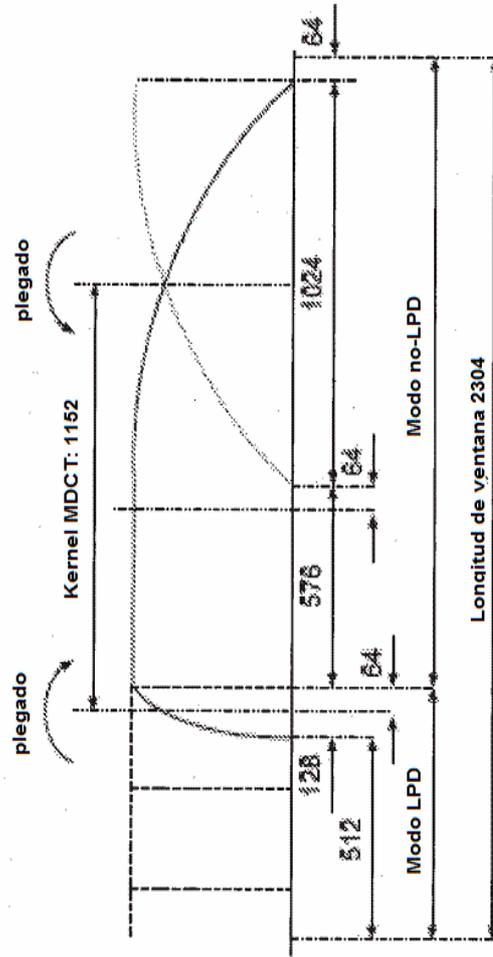


Fig.1 (Estado de la Técnica)

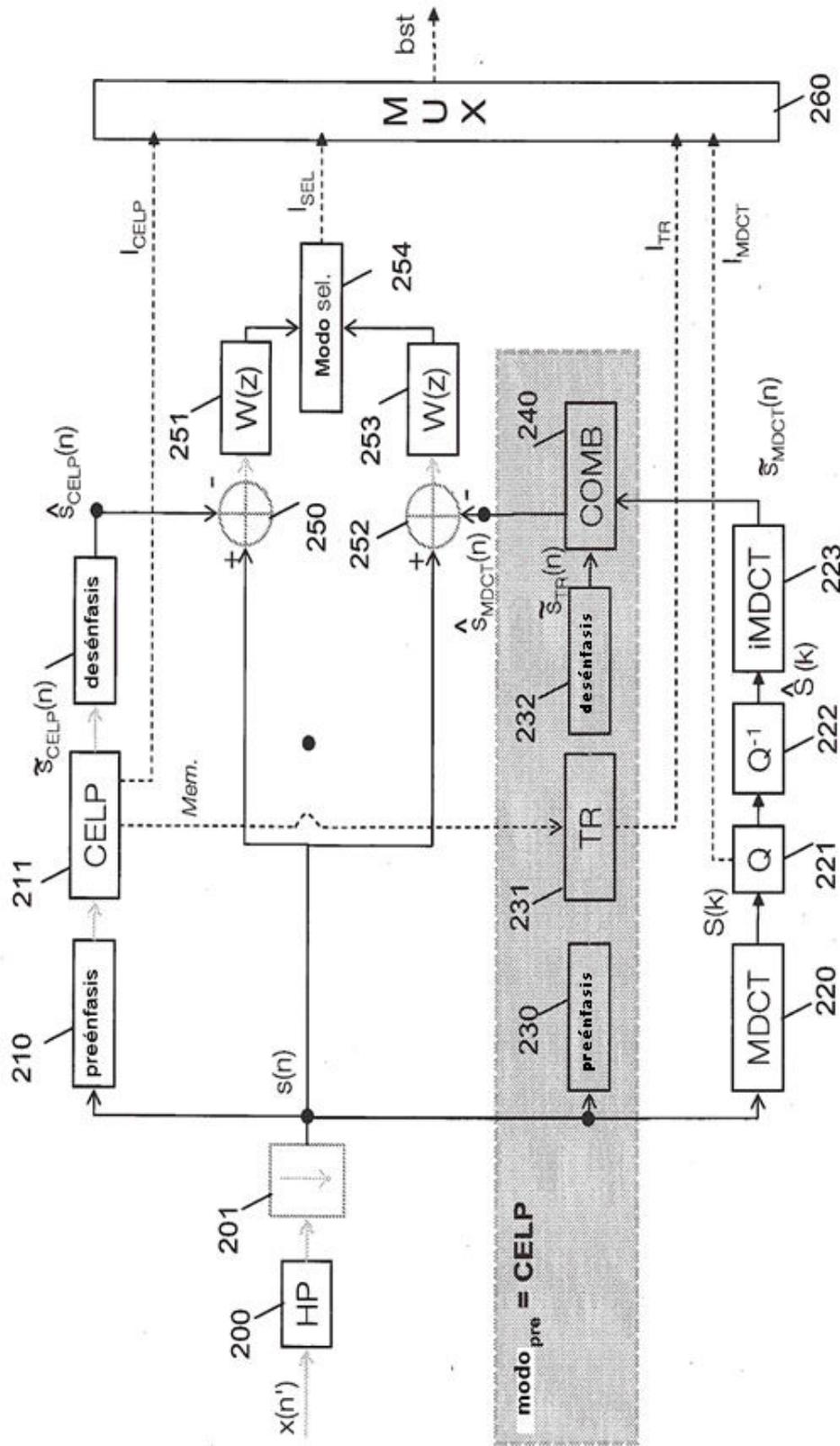


Fig.2

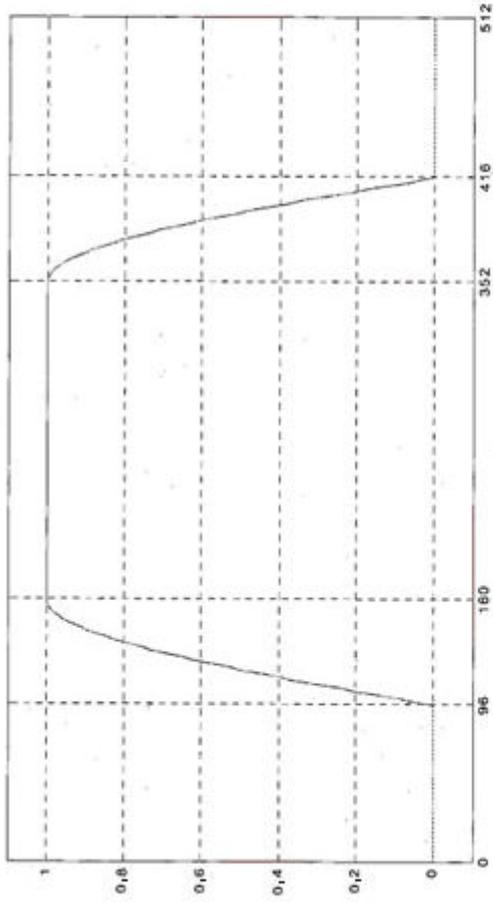


Fig3a

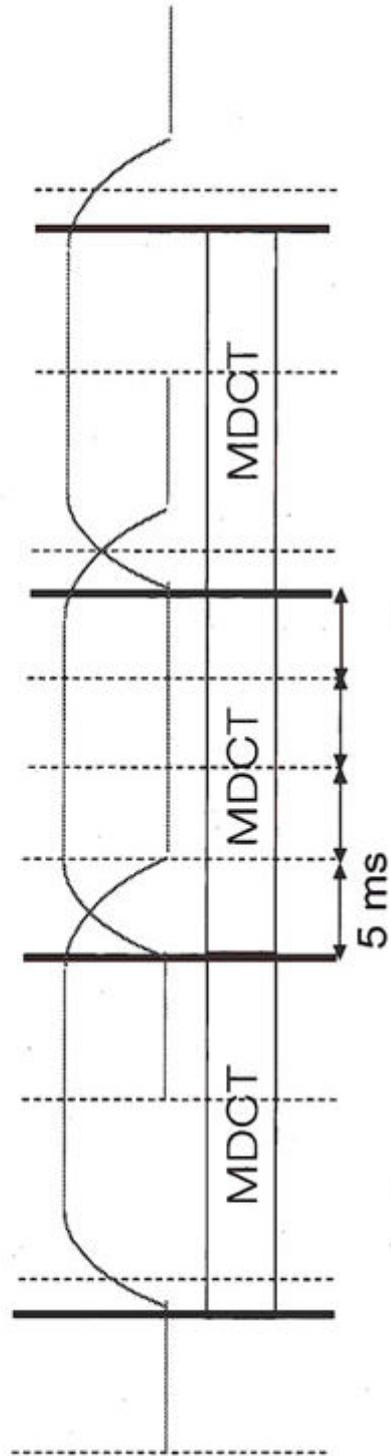


Fig.3b

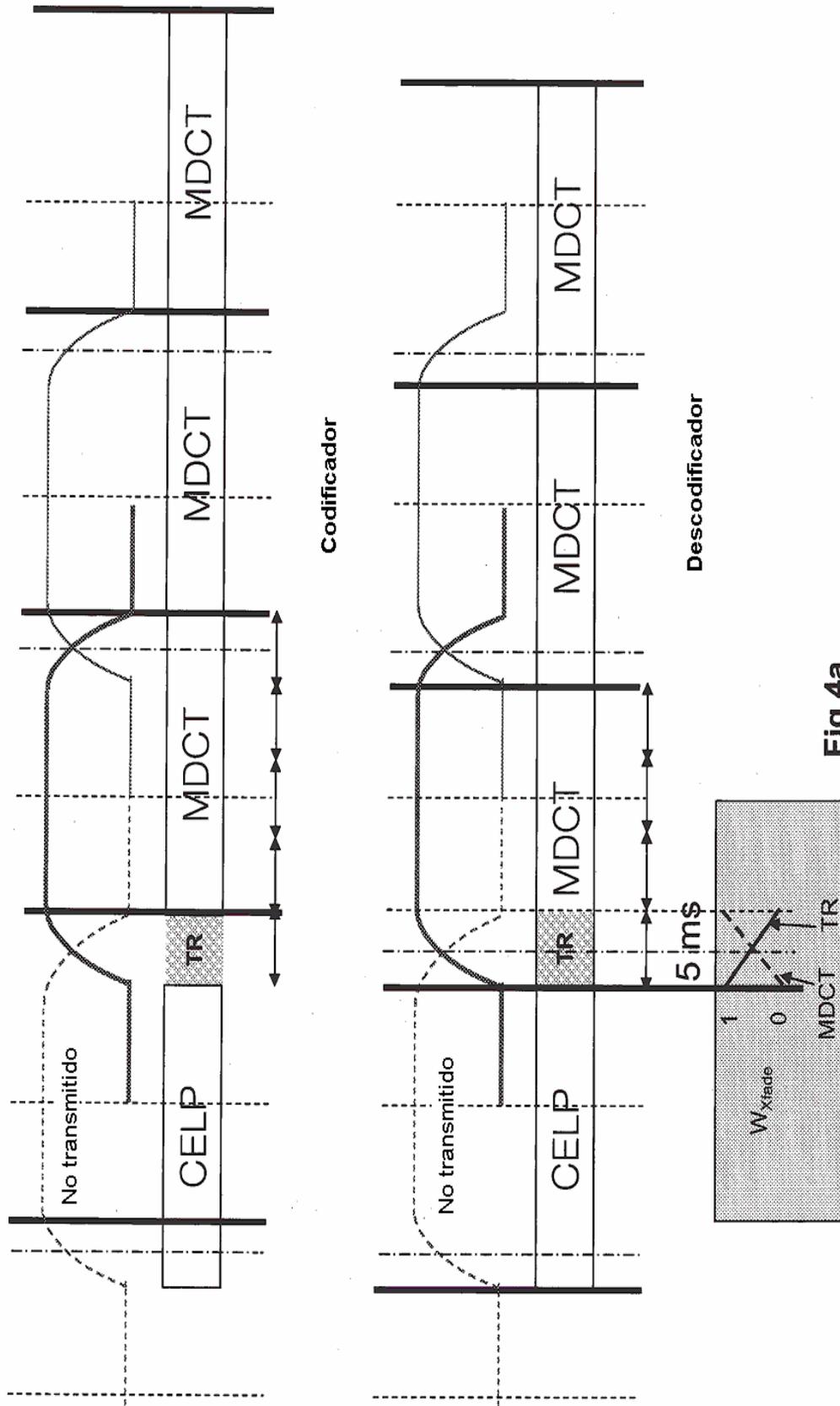


Fig.4a

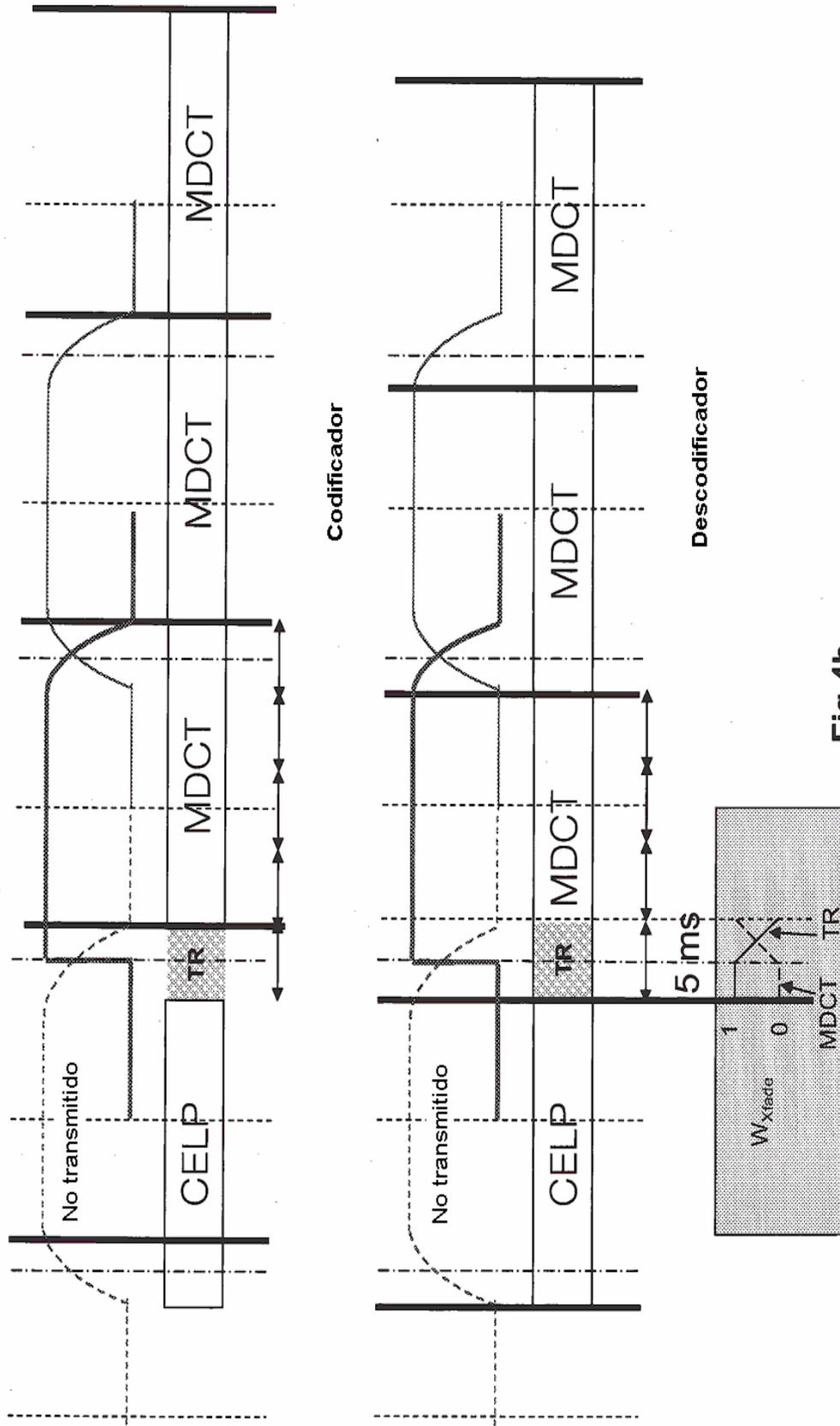


Fig.4b

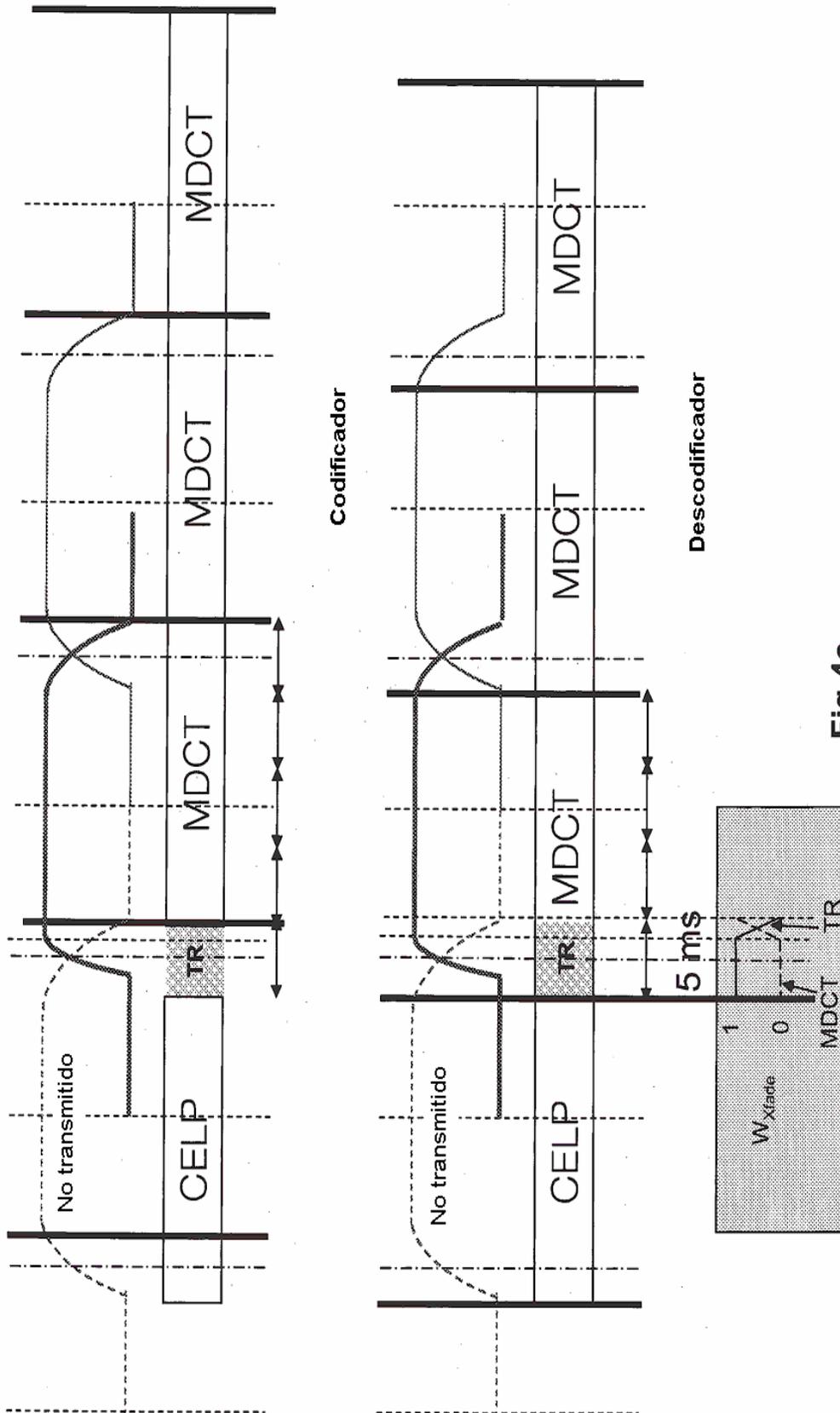


Fig.4c

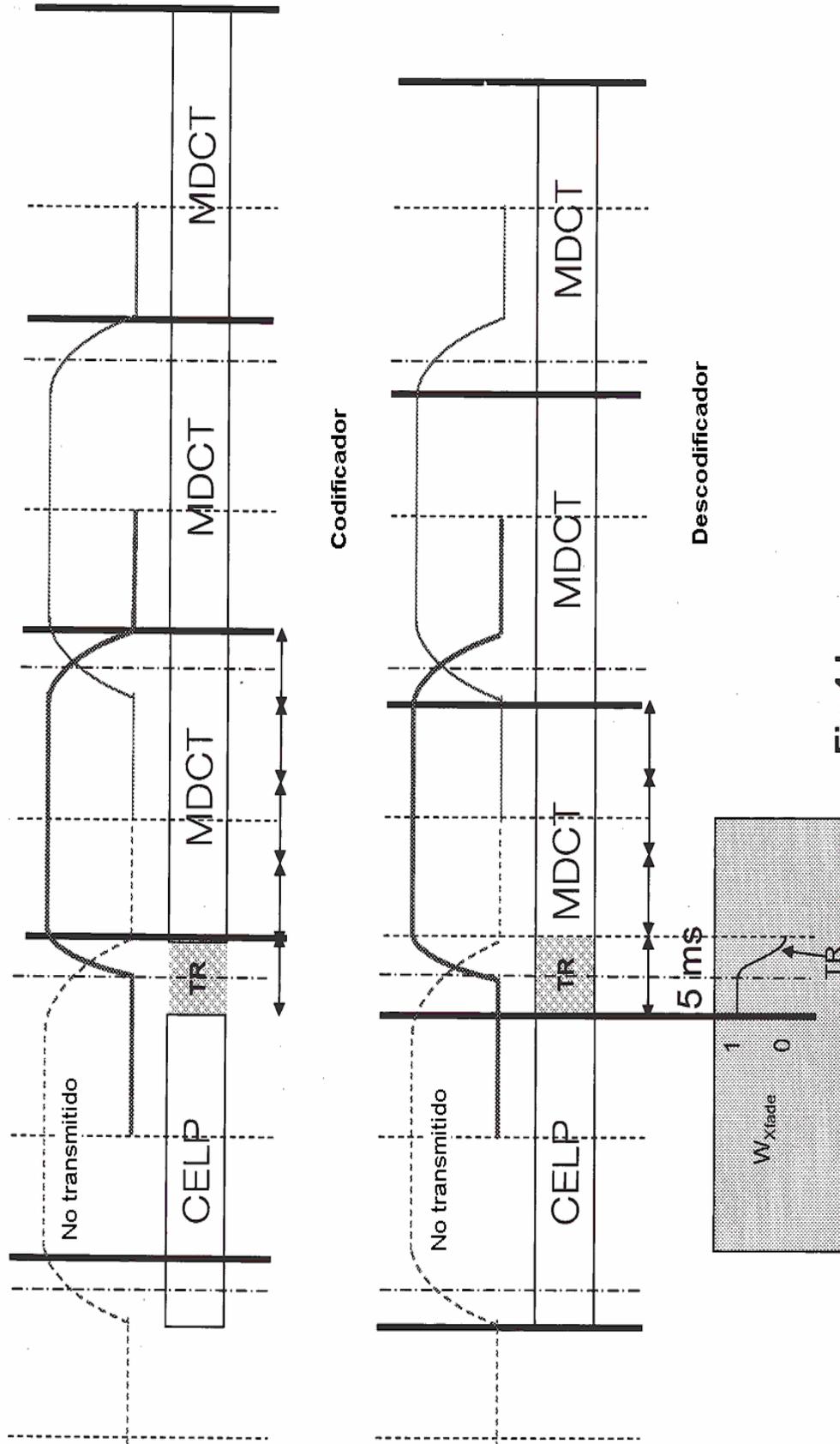


Fig.4d

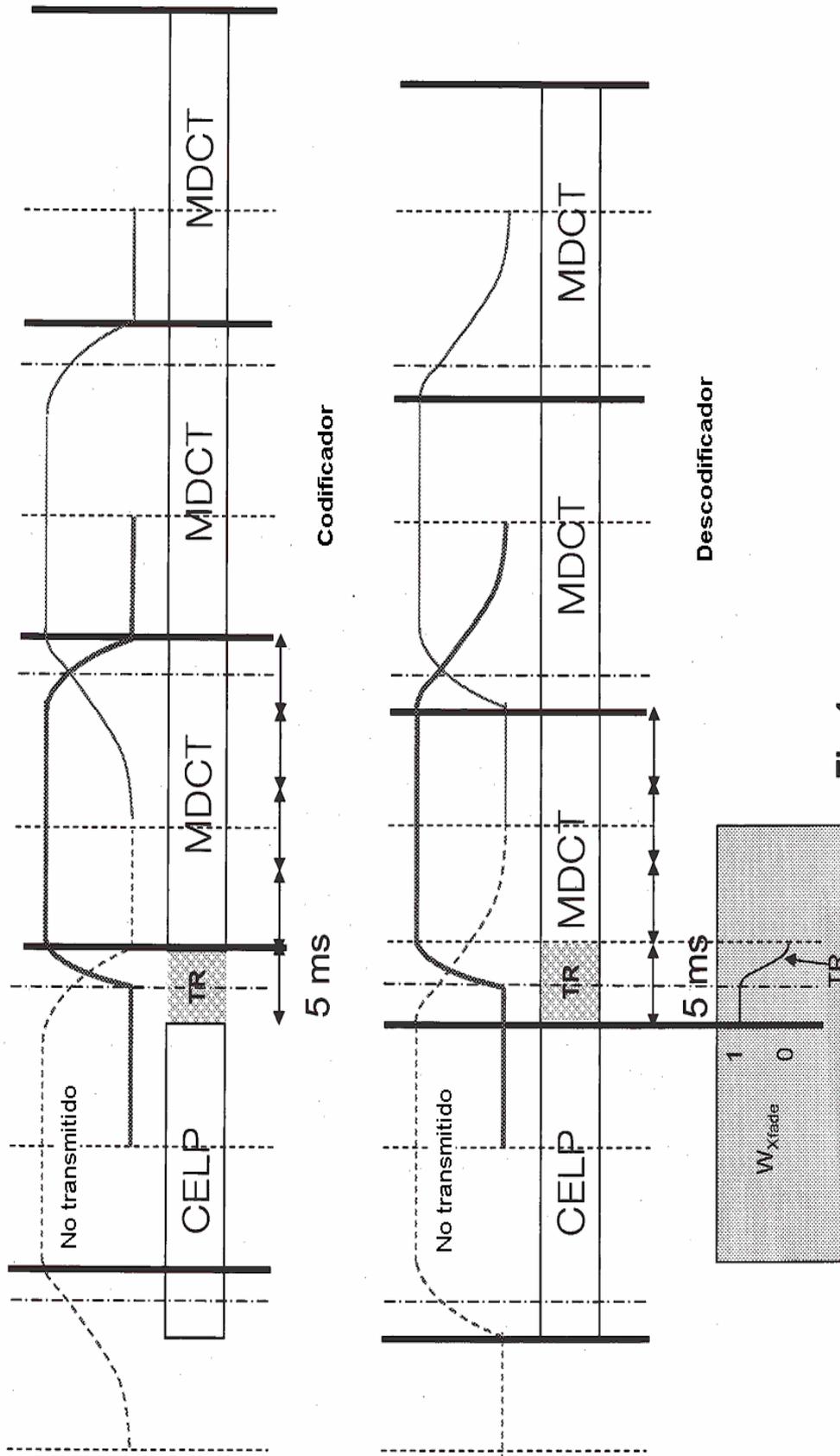


Fig.4e

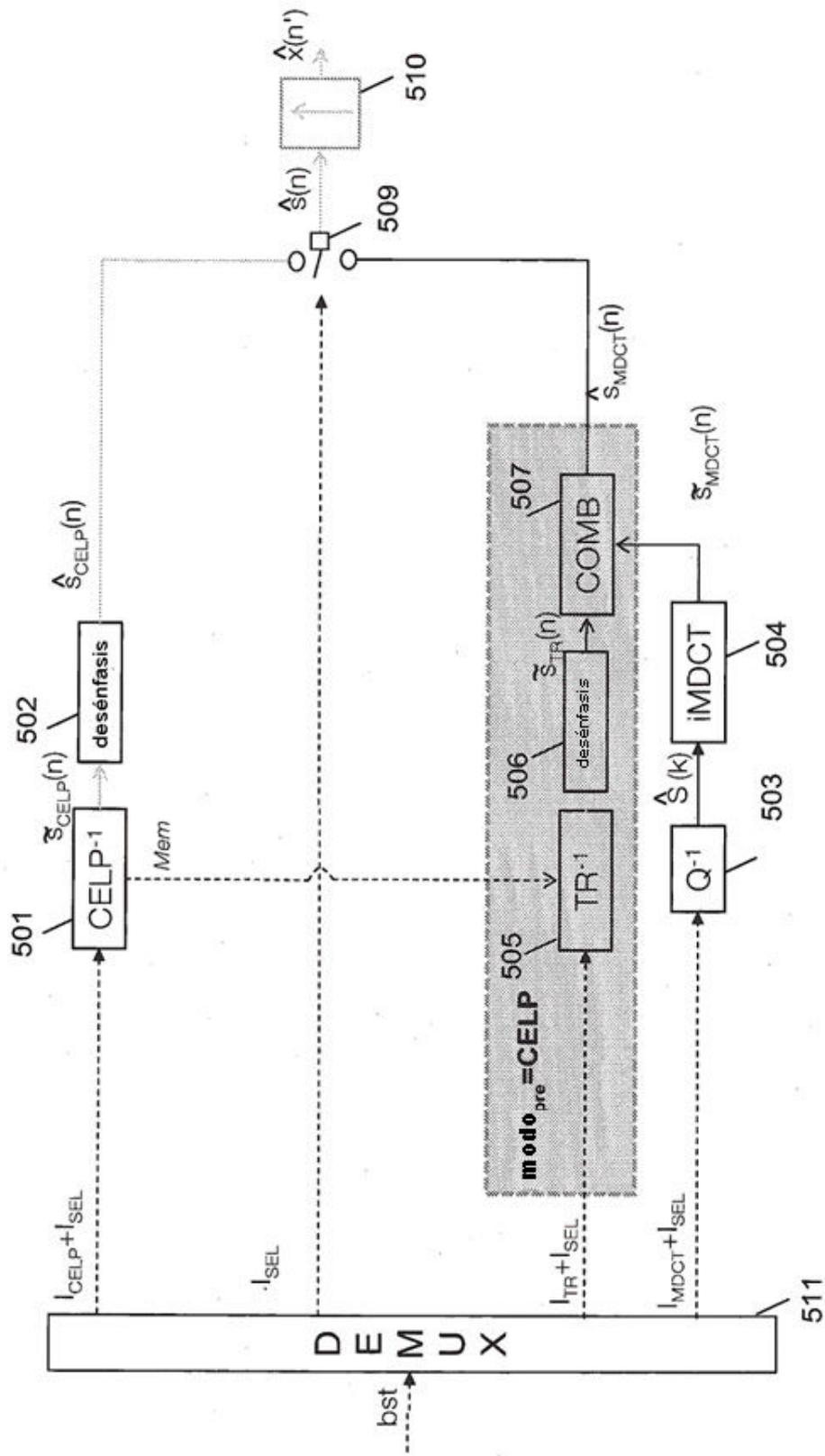


Fig.5

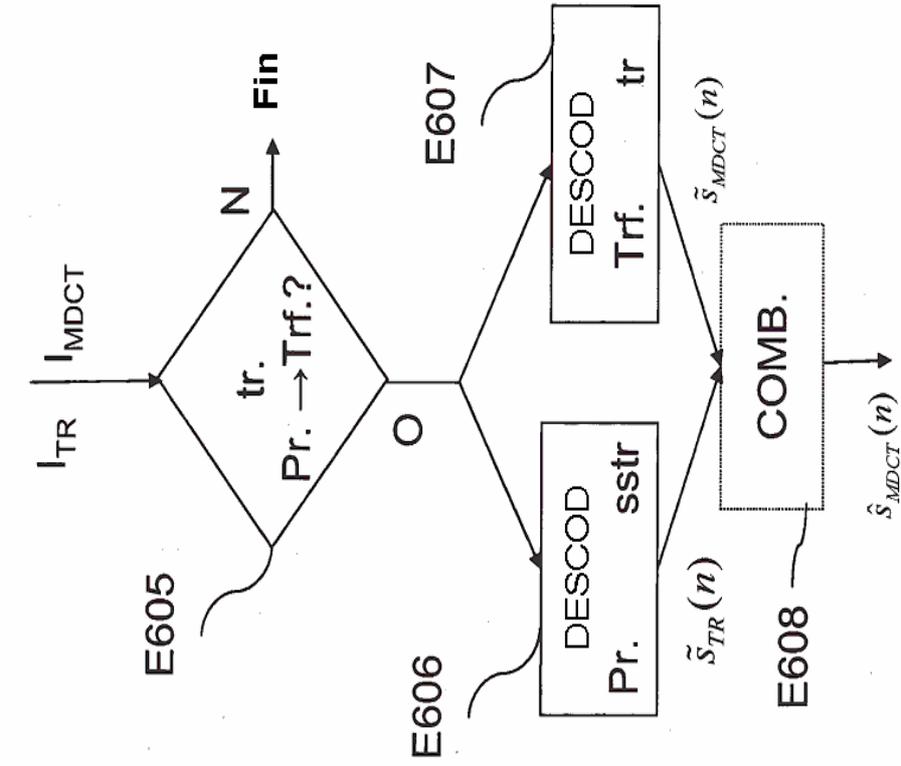


Fig.6a

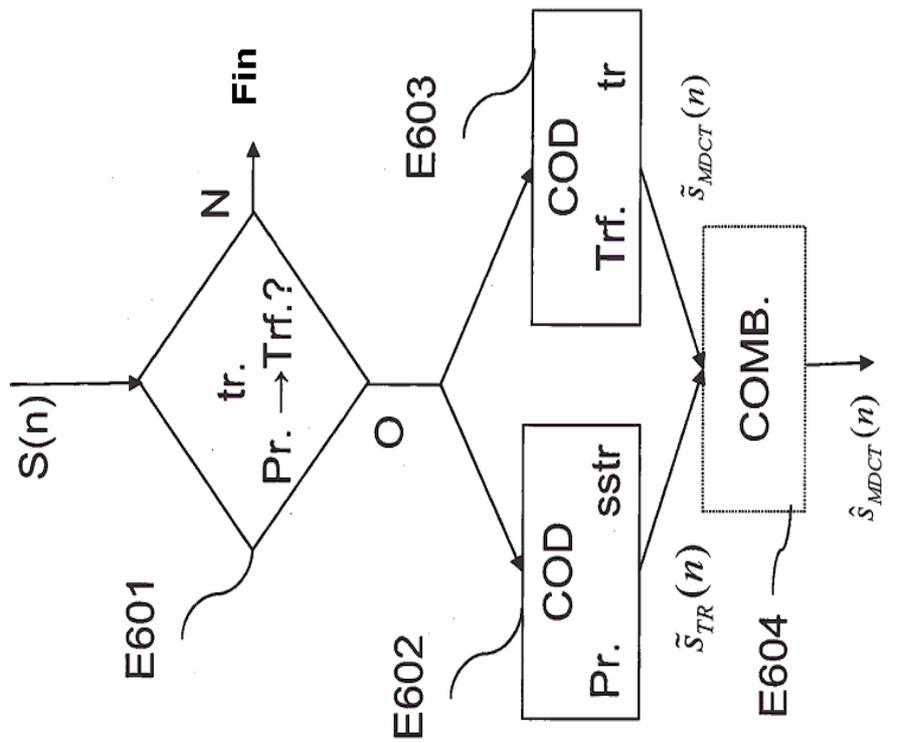


Fig.6b

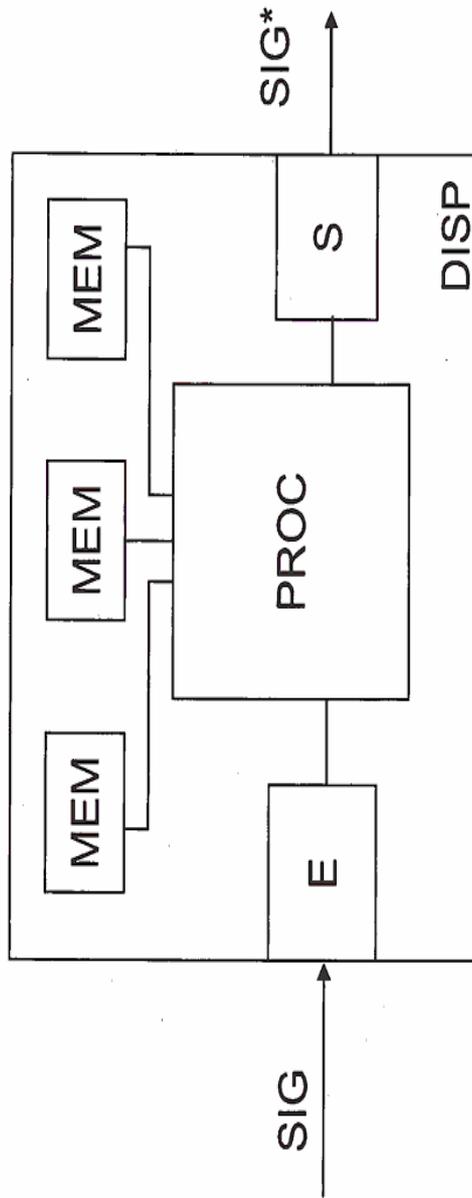


Fig.7