

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 274**

51 Int. Cl.:

H04N 19/463 (2006.01)
H04N 19/467 (2006.01)
H04N 19/48 (2006.01)
H04N 19/117 (2006.01)
H04N 19/147 (2006.01)
H04N 19/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.11.2012** E 16207516 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2018** EP 3209021

54 Título: **Soporte de registro que memoriza un flujo de datos de imágenes codificadas**

30 Prioridad:

07.11.2011 FR 1160114

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

08.02.2019

73 Titular/es:

**DOLBY INTERNATIONAL AB (100.0%)
Apollo Building, 3E, Herikerbergweg 1-35
1101 CN Amsterdam Zuid-Oost, NL**

72 Inventor/es:

**HENRY, FELIX y
GORDON, CLARE**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 699 274 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).

DESCRIPCION

Soporte de registro que memoriza un flujo de datos de imágenes codificadas

Ámbito de la invención

5 La presente invención se refiere de forma general al ámbito del tratamiento de imágenes, y más precisamente a la codificación y a la decodificación de imágenes digitales y de secuencias de imágenes digitales.

La invención puede así, en particular, aplicarse a la codificación de video realizada en los codificadores de video actuales (MPEG, H.264, etc.) o futuros (ITU-T/VCEG (H.265) o ISO/MPEG (HEVC)).

Antecedentes de la invención

10 Los codificadores de vídeo actuales (MPEG, H.264, ...) utilizan una representación por bloques de la secuencia de video. Las imágenes se dividen en macrobloques, dividiéndose cada macrobloque propiamente dicho en bloques y cada bloque, o macrobloque, se codifica por predicción intra-imágenes o inter-imágenes. Así, algunas imágenes se codifican por predicción espacial (predicción intra), mientras que otras imágenes se codifican por predicción temporal (predicción inter) con relación a una o varias imágenes de referencia codificadas-decodificadas, con la ayuda de una compensación en movimiento conocida por el experto en la materia.

15 Para cada bloque se codifica un bloque residual, también llamado residuo de predicción, correspondiente al bloque original restado por una predicción. Los bloques residuales son transformados por una transformada de tipo transformada de coseno discreta (DCT), y luego cuantificados con la ayuda de una cuantificación por ejemplo de tipo escalar. Los coeficientes de los cuales algunos son positivos y otros negativos se obtienen al término de la etapa de cuantificación. A continuación son recorridos en un orden de lectura generalmente en zigzag (como en la norma
20 JPEG), lo cual permite utilizar el número importante de coeficientes nulos en las altas frecuencias. Al término del recorrido antes citado, se obtiene una lista monodimensional de coeficientes, la cual se denominará «residuo cuantificado». Los coeficientes de esta lista se codifican entonces mediante un codificado entrópico.

El codificado entrópico (por ejemplo de tipo codificación aritmética o codificación de Huffman) se realiza del modo siguiente:

- 25 - una información se codifica de forma entrópica para indicar el emplazamiento del último coeficiente no nulo de la lista,
- para cada coeficiente situado antes del último coeficiente no nulo, una información es objeto de codificación entrópica para indicar si el coeficiente es nulo o no,
- 30 - para cada coeficiente no nulo indicado anteriormente, una información es objeto de codificación entrópica para indicar si el coeficiente es igual a uno o no,
- para cada coeficiente no nulo y no igual a uno situado antes del último coeficiente no nulo, una información de amplitud (valor absoluto del coeficiente restado por dos) es objeto de codificación entrópica,
- para cada coeficiente no nulo, el signo que le es asignado es codificado por un '0' (para el signo +) o un '1' (para el signo -).

35 Según la técnica H.264 por ejemplo, cuando un macrobloque se divide en bloques, una señal de datos, correspondiente a cada bloque, se transmite al decodificador. Una señal de este tipo comprende:

- los residuos cuantificados contenidos en la lista anteriormente citada,
- informaciones representativas del modo de codificado utilizado, en particular:
 - 40 ● el modo de predicción (predicción intra, predicción inter, predicción por defecto realizando una predicción para la que no se transmite ninguna información al decodificador («en inglés «skip»));
 - informaciones que precisan el tipo de predicción (orientación, imagen de referencia,...);
 - el tipo de particionado;
 - el tipo de transformada, por ejemplo DCT 4x4, DCT 8x8, etc...
 - 45 ● las informaciones de movimiento si es necesario;
 - etc.

La decodificación se realiza imagen por imagen, y para cada imagen, macrobloque por macrobloque. Para cada partición de un macrobloque, los elementos correspondientes del flujo son leídos. La cuantificación inversa y la transformación inversa de los coeficientes de los bloques se realizan para generar el residuo de predicción decodificado. A continuación, la predicción de la partición se calcula y la partición se reconstruye añadiendo la
50 predicción al residuo de predicción decodificado.

La codificación intra o inter por competición, tal como se realiza en la norma H.264, se basa así en la puesta en competición de diferentes informaciones de codificación tales como las antes citadas, con el fin de seleccionar el

mejor modo, es decir el modo que optimizará la codificación de la partición considerada según un criterio de rendimiento predeterminado, por ejemplo el coste flujo/distorsión bien conocido del experto en la materia.

5 Las informaciones representativas del modo de codificación seleccionado están contenidas en la señal de datos transmitida por el codificador al decodificador. El decodificador es así capaz de identificar el modo de codificación seleccionado al codificador y luego, aplicar la predicción conforme a este modo.

En el documento «Data Hiding of Motion Information in Chroma and Luma Samples for Video Compression», J.-M. Thiesse, J. Jung and M. Antonini, International workshop on multimedia signal processing, 2011, se presenta un procedimiento de ocultación de datos (traducción inglesa de «Data Hiding») utilizada en el transcurso de una compresión de video.

10 Más concretamente, se propone evitar incluir en la señal a transmitir al decodificador al menos un índice de competición tal como resultas de una pluralidad de índices de competición a transmitir. Un índice de este tipo es por ejemplo el índice MVComp que representa una información que permite identificar el predictor de vector de movimiento utilizado para un bloque objeto de predicción en el modo Inter. Un índice de este tipo que puede valer 0 o 1, no está inscrito directamente en la señal de datos codificados, sino transportado por la paridad de la suma de los coeficientes del residuo cuantificado. Una asociación se crea entre la paridad del residuo cuantificado y el índice MVComp. A título de ejemplo, el valor par del residuo cuantificado está asociado con el índice MVComp de valor 0, mientras que el valor impar del residuo cuantificado está asociado con el índice MVComp de valor 1. Dos casos pueden presentarse. En un primer caso, si la paridad del residuo cuantificado corresponde ya a la del índice MVComp, que se desea transmitir, el residuo cuantificado es codificado de forma clásica. En un segundo caso, si la paridad del residuo cuantificado es diferente de la del índice MVComp que se desea transmitir, se procede a una modificación del residuo cuantificado de forma que su paridad sea la misma que la del índice MVComp. Una modificación de este tipo consiste en aumentar o disminuir uno o varios coeficientes del residuo cuantificado en un valor impar (por ejemplo: +1, -1, +3, -3, +5, -5...) y retener solo la modificación que optimiza un criterio predeterminado, en este caso el coste flujo-distorsión anteriormente citado.

25 En el decodificador, el índice MVComp no es leído en la señal. El decodificador se contenta simplemente con determinar clásicamente el residuo. Si el valor de este residuo es par, el índice MVComp se fija en 0. Si el valor de este residuo es impar, el índice MVComp se fija en 1.

30 Conforme a la técnica que acaba de ser presentada, los coeficientes que experimentan la modificación no son siempre elegidos de forma óptima, por lo que la modificación aplicada produce perturbaciones en la señal transmitida al decodificador. Tales perturbaciones perjudican inevitablemente la eficacia de la compresión de vídeo.

35 Por otro lado, el índice MVComp no constituye la información más interesante a ocultar pues las probabilidades de que este índice sea igual a 0 o a 1 no son iguales. En consecuencia, si este índice es codificado de forma clásica por una codificación entrópica, se representará en el archivo comprimido a transmitir al decodificador, por una cantidad de datos inferior a un bitio por índice MVComp transmitido. En consecuencia, si el índice MVComp es transmitido dentro de la paridad del residuo cuantificado, la cantidad de datos así economizada es inferior a un bitio por índice MVComp, mientras que la paridad del residuo podría permitir transportar una información de un bitio por índice.

Por consiguiente, la reducción del coste de señalización, al igual que la eficacia de la compresión, no son óptimas.

Objeto y resumen de la invención

Uno de los fines de la invención es remediar los inconvenientes del estado de la técnica anteriormente citado.

40 A este respecto, un objeto de la presente invención se refiere a un procedimiento de codificación de al menos una imagen dividida en particiones, una partición corriente a codificar que contiene datos de los cuales al menos un dato se le asigna un signo.

El procedimiento según la invención se caracteriza por que utiliza para la partición corriente anteriormente citada, las etapas siguientes:

- 45
- cálculo del valor de una función representativa de los datos de la indicada partición corriente con exclusión del signo,
 - comparación del valor calculado con un valor predeterminado del signo,
 - en función del resultado de la comparación, modificación o no de al menos uno de los datos de la partición corriente,
- 50
- en caso de modificación, codificación del al menos un dato modificado.

Una disposición de este tipo permite aplicar ventajosamente la técnica de ocultación de datos a los signos de los datos de una partición a codificar. En efecto, un signo es una información particularmente pertinente a ocultar debido al hecho de que la probabilidad de aparición de un signo positivo o negativo es equiprobable. Por esto, dado que un

signo es codificado necesariamente sobre un bitio, es así posible, ocultando esta información, economizar un bitio en la señal a transmitir al decodificador, lo cual reduce sustancialmente el coste de la señalización.

5 Conviene señalar que entre las informaciones (signo, amplitud, etc..) asociadas con un dato de imagen, existen muy pocas que sean equiprobables. El signo al ser una información equiprobable, existe por consiguiente un interés específico en ocultar este tipo de información, lo cual permite aumentar los rendimientos de compresión.

En un modo de realización particular, en el caso en que una pluralidad de signos sea considerada en el transcurso de la etapa de comparación anteriormente citada, esta última consiste en comparar el valor calculado de una función representativa de los datos de la partición corriente con el valor de una función representativa de la pluralidad de signos.

10 Una tal disposición permite optimizar los rendimientos de compresión del codificador aritmético optimizando la reducción del coste de señalización, ya que permite ocultar varios signos en la señal a transmitir al decodificador.

De forma correspondiente, la invención se refiere a un dispositivo de codificación de al menos una imagen dividida en particiones, conteniendo una partición corriente a codificar datos de los cuales al menos un dato se le ha asignado un signo.

15 Un dispositivo de codificación de este tipo se caracteriza por que comprende medios de tratamiento que, para la partición corriente a codificar, son aptos para:

- calcular el valor de una función representativa de los datos de la partición corriente con la exclusión del signo,
 - comparar el valor calculado con un valor predeterminado del signo,
 - 20 - modificar o no al menos uno de los datos de la partición corriente en función del resultado de la comparación,
- y por que comprende medios de codificación del al menos un dato modificado en caso de modificación por los medios de tratamiento.

25 De forma correspondiente, la invención se refiere también a un procedimiento de decodificación de una señal de datos representativa de al menos una imagen dividida en particiones que ha sido anteriormente codificada, conteniendo una partición corriente a decodificar datos de los cuales al menos un dato se le ha asignado un signo.

Un procedimiento de decodificación de este tipo se caracteriza por que comprende, para la partición corriente, las etapas siguientes:

- decodificación de los datos de la partición corriente, con exclusión del signo,
- 30 - cálculo del valor de una función representativa de los datos decodificados de la partición corriente,
- obtención, a partir del valor calculado, del valor del signo.

En un modo de realización particular, una pluralidad de valores asociados respectivamente con una pluralidad de signos es obtenida a partir del valor calculado.

35 De forma correspondiente, la invención se refiere a un dispositivo de decodificado de una señal de datos representativa de al menos una imagen dividida en particiones que ha sido anteriormente codificada, conteniendo una partición corriente a decodificar datos de los cuales al menos un dato se le ha asignado un signo.

Un dispositivo de decodificación de este tipo se caracteriza por que comprende medios de tratamiento que, para la partición corriente a decodificar, son aptos para:

- decodificar los datos de la partición corriente, con la exclusión del signo,
- 40 - calcular el valor de una función representativa de los datos decodificados de la partición corriente,
- obtener, a partir del valor calculado, el valor del signo.

La invención se refiere igualmente a un programa de ordenador que comprende instrucciones para la ejecución de las etapas del procedimiento de codificación o de decodificación indicado anteriormente, cuando el programa es ejecutado por un ordenador.

45 Un programa de este tipo puede utilizar cualquier lenguaje de programación, y encontrarse en forma de código fuente, código objeto, o de código intermedio entre el código fuente y el código objeto, tal como en una forma parcialmente compilada, o en cualquier otra forma deseable.

Todavía otro objeto de la invención se refiere también a un soporte de registro legible por un ordenador, y que comprende instrucciones de programa de ordenador tal como se ha mencionado anteriormente.

El soporte de registro puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de almacenar el programa. Por ejemplo, un soporte de este tipo puede comprender un medio de almacenado, tal como una memoria ROM, por ejemplo un CD ROM o una ROM de circuito microelectrónico, o también un medio de registro magnético, por ejemplo un disquete (floppy disc) o un disco duro.

- 5 Por otra parte, un soporte de registro de este tipo puede tratarse de un soporte transmisible tal como una señal eléctrica u óptica, que puede ser conducida por un cable eléctrico u óptico, por radio o por otros medios. El programa según la invención puede ser en particular telecargado en una red tipo Internet.

10 Alternativamente, un soporte de registro de este tipo puede ser un circuito integrado en el cual el programa está incorporado, estando el circuito adaptado para ejecutar el procedimiento en cuestión o para ser utilizado en la ejecución de este último.

El dispositivo de codificación, el procedimiento de decodificación, el dispositivo de decodificación y los programas de ordenador anteriormente citados presentan al menos las mismas ventajas que las conferidas por el procedimiento de codificado según la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

- 15 Otras características y ventajas aparecerán con la lectura de dos modos de realización preferidos descritos con referencia a las figuras en las cuales:

- la figura 1 representa las etapas generales del procedimiento de codificación según la invención,
- la figura 2 representa un dispositivo de codificado según la invención que es apto para realizar las etapas del procedimiento de codificación de la figura 1,
- 20 - la figura 3 representa un modo de realización particular del procedimiento de codificado según la invención,
- la figura 4 representa un modo de realización particular de un dispositivo de codificación según la invención,
- la figura 5 representa las etapas generales del procedimiento de decodificación según la invención,
- la figura 6 representa un dispositivo de decodificación según la invención que es apto para realizar las etapas del procedimiento de decodificado de la figura 5,
- 25 - la figura 7 representa un modo de realización particular del procedimiento de decodificación según la invención,
- la figura 8 representa un modo de realización particular de un dispositivo de decodificación según la invención.

Descripción detallada de la parte de codificación

30 Un modo de realización general de la invención será ahora descrito, en el cual el procedimiento de codificación según la invención se utiliza para codificar una secuencia de imágenes según un flujo binario parecido al que se obtiene por una codificación según la norma H.264/MPEG-4 AVC. En este modo de realización, el procedimiento de codificación según la invención es por ejemplo implementado de forma logicial o material mediante modificaciones de un codificador inicialmente conforme a la norma H.264/MPEG-4 AVC.

35 El procedimiento de codificación según la invención está representado en forma de un algoritmo que comprende las etapas S1 a S40, representadas en la figura 1.

Según el modo de realización de la invención, el procedimiento de codificación según la invención se utiliza en un dispositivo de codificación o codificador CO del cual un modo de realización se representa en la figura 2.

40 Conforme a la invención, se procede, previamente al codificado propiamente dicho, a una división de una imagen IE de una secuencia de imágenes a codificar en un orden predeterminado, en una pluralidad Z de particiones $B_1, B_2, \dots, B_i, \dots, B_z$, como se ha representado en la figura 2.

Conviene señalar que en el sentido de la invención, el término «partición» significa unidad de codificación (del inglés «coding unit»). Esta última terminología se utiliza particularmente en la norma HEVC/H.265 en curso de elaboración, por ejemplo en el documento accesible en la dirección Internet siguiente:

45 http://phenix.int-evry.fr/jct/doc_end_user/current_document.php?id=3286

En particular, una unidad de codificación de este tipo reagrupa conjuntos de pixeles de forma rectangular o cuadrada, también llamados bloques, macrobloques, o bien conjuntos de pixeles que presentan otras formas geométricas.

50 En el ejemplo representado en la figura 2, las indicadas particiones son bloques que tienen una forma cuadrada y tienen todos el mismo tamaño. En función del tamaño de la imagen que no es forzosamente un múltiplo del tamaño de los bloques, los últimos bloques a la izquierda y los últimos bloques en la parte inferior pueden no ser cuadrados.

En un modo alternativo de realización, los bloques pueden ser por ejemplo de forma rectangular y/o no alineados los unos con los otros.

Cada bloque o macrobloque puede por otro lado estar así mismo dividido en sub-bloques que son por si mismos subdivisibles.

5 Una división de este tipo se realiza mediante un módulo PCO de particionado representado en la figura 2 que utiliza por ejemplo un algoritmo de particionamiento bien conocido como tal.

A continuación de la indicada etapa de particionado, se procede a la codificación de cada una de las particiones corrientes B_i (siendo i un número entero tal como $1 \leq i \leq Z$) de la indicada imagen IE.

10 En el ejemplo representado en la figura 2, dicha codificación se aplica sucesivamente a cada uno de los bloques B_1 a B_Z de la imagen corriente IE. Los bloques se codifican según por ejemplo un recorrido tal como el recorrido «raster scan» bien conocido del experto en la materia.

La codificación según la invención se realiza en un módulo logicial de codificación MC_CO del codificador CO, tal como se ha representado en la figura 2.

15 En el transcurso de una etapa S1 representada en la figura 1, el módulo de codificación MC_CO de la figura 2 selecciona como bloque corriente B_i el primer bloque B_1 a codificar de la imagen corriente IE. Como se ha representado en la figura 2, se trata del primer bloque de la izquierda de la imagen IE.

20 En el transcurso de una etapa S2 representada en la figura 1, se procede a la extracción de datos del bloque corriente B_1 en forma de una lista $D_1 = (a_1, a_2, \dots, a_P)$. Una extracción de este tipo se realiza por un módulo logicial de EX_CO tal como se ha representado en la figura 2. Tales datos son por ejemplo datos pixélicos, siendo los datos pixélicos no nulos asignados cada uno bien sea por un signo positivo, o bien por un signo negativo.

Cada uno de los datos de la lista D_1 está asociado con diferentes informaciones digitales que están destinadas para experimentar una codificación entrópica. Tales informaciones digitales se describen a continuación a título de ejemplo.

- 25 - por cada dato situado antes del último dato no nulo de la lista D_1 , una información digital, tal como un bitio, está destinada para ser codificada entrópicamente para indicar si el dato es nulo o no: si el dato es nulo, es por ejemplo el bitio de valor 0 el que se codificará, mientras que si el dato es no nulo, es el bitio de valor 1 el que se codificará;
- 30 - por cada dato no nulo, una información digital, tal como un bitio, está destinada para ser codificada entrópicamente para indicar si el valor absoluto del dato es igual a uno o no: si es igual a 1, es por ejemplo el bitio de valor 1 el que se codificará, mientras que si es igual a 0, es el bitio de valor 0 el que se codificará;
- por cada dato no nulo cuyo valor absoluto sea no igual a uno y que esté situado antes del último dato no nulo, una información de amplitud se codifica entrópicamente,
- por cada dato no nulo, el signo que le es asignado es codificado por una información digital, tal como un bitio por ejemplo puesto a '0' (para el signo +) o a '1' (para el signo -).

35 Se describirán a continuación, con referencia a la figura 1, las etapas específicas de codificación según la invención.

Conforme a la invención, se ha decidido evitar codificar entrópicamente al menos un signo de uno de los indicados datos de la lista D_1 .

40 Conforme al modo de realización preferido, es el signo del primer dato no nulo el que está destinado para ser ocultado. Un signo de este tipo es por ejemplo positivo y es asignado al primer dato no nulo, tal como por ejemplo el dato a_2 .

En el transcurso de una etapa S3 representada en la figura 1, el módulo de tratamiento MTR_CO calcula el valor de una función 1 que es representativa de los datos de la lista D_1 .

En el modo preferido de realización donde un solo signo está destinado para ser ocultado en la señal a transmitir al decodificador, la función f es la paridad de la suma de los datos de la lista D_1 .

45 En el transcurso de una etapa S4 representada en la figura 1, el módulo de tratamiento MTR_CO comprueba si la paridad del valor del signo a ocultar corresponde a la paridad de la suma de los datos de la lista D_1 , en virtud de una convención definida previamente en el codificador CO.

En el ejemplo propuesto, la indicada convención es tal que un signo positivo está asociado con un bitio de valor igual a cero, mientras que un signo negativo está asociado con un bitio de valor igual a uno.

Si, después de la convención adoptada en el codificador CO según la invención, el signo es positivo, lo cual corresponde a un valor de bitio de codificación de cero y cuando la suma de los datos de la lista D_1 es par, se procede a una etapa S20 de codificación entrópica de los datos de la lista D_1 anteriormente citada, a excepción del signo del primer dato no nulo a_2 . Una etapa S20 de este tipo se representa en la figura 1.

5 Si, siempre de acuerdo con la convención adoptada en el codificador CO según la invención, el signo es negativo, lo cual corresponde a un valor de bitio de codificación de uno, y cuando la suma de los datos de la lista D_1 es impar, se procede igualmente a la etapa S20 de codificación entrópica de los datos de la lista D_1 anteriormente citada, a excepción del signo del primer dato no nulo a_2 .

10 Si, por la convención adoptada en el codificador CO según la invención, el signo es positivo, lo cual corresponde a un valor de bitio de codificación de cero, y cuando la suma de los datos de la lista D_1 es impar, se procede, en el transcurso de una etapa S5 representada en la figura 1, a una modificación de al menos un dato modificable de la lista D_1 .

15 Si, siempre de acuerdo con la convención adoptada en el codificador CO según la invención, el signo es negativo, lo cual corresponde a un valor de bitio de codificación de uno, y cuando la suma de los datos de la lista D_1 es par, se procede igualmente a la etapa S5 de modificación de al menos un dato modificable de la lista D_1 .

Según la invención, un dato es modificable si la modificación de su valor no provoca desincronización en el decodificador, una vez que este dato modificado es tratado por el decodificador. Así, el módulo de tratamiento MTR_CO es configurado inicialmente para no modificar:

- 20 - el o los datos nulos situados antes del primer dato no nulo, con el fin de que el decodificador no asigne el valor del signo oculto a este o estos datos nulos,
- y por motivos de complejidad de cálculo, el o los datos nulos situados después del último dato no nulo.

Una operación de modificación de este tipo es realizada por el módulo de tratamiento MTR_CO de la figura 2.

25 En el ejemplo de realización propuesto, se supone que la suma total de los datos de la lista D_1 es igual a 5, y es por consiguiente impar. Con el fin de que el decodificador pueda reconstruir el signo positivo asignado al primer dato no nulo a_2 , sin que el codificador CO tenga que transmitir este dato al decodificador, es preciso que la paridad de la suma se vuelva par. En consecuencia, el módulo de tratamiento MTR_CO comprueba, en el transcurso de la indicada etapa S5, diferentes modificaciones de datos de la lista D_1 , tratando todas de cambiar la paridad de la suma de los datos. En el modo preferido de realización, se procede al aporte de +1 o -1 a cada dato modificable y a la selección, según un criterio predeterminado, de una modificación entre todas aquellas que son realizadas.

30 Se obtiene entonces, al término de la etapa S5, una lista modificada $D_{m1}=(a'_1, a'_2, \dots, a'_P)$.

35 Conviene señalar que en el transcurso de esta etapa, algunas modificaciones están prohibidas. Así, en el caso en que el primer dato no nulo tenga un valor de +1, no sería posible añadirle -1, pues se volvería nulo, y perdería entonces su característica de primer dato no nulo de la lista D_1 . El decodificador atribuiría entonces ulteriormente el signo decodificado (mediante cálculo de la paridad de la suma de los datos) a otro dato, y se tendría entonces un error de decodificación.

A continuación se procede a la etapa S20 de codificación entrópica de los datos de la lista D_{m1} anteriormente citada, a excepción del signo positivo del primer dato no nulo a_2 , cuyo signo es ocultado en la paridad de la suma de los datos.

40 Conviene señalar que el conjunto de las amplitudes de los datos de la lista D_1 o de la lista modificada D_{m1} se codifica antes del conjunto de los signos, con exclusión del signo del primer dato no nulo que no se codifica como ha sido explicado anteriormente.

En el transcurso de una etapa siguiente S30 representada en la figura 1, el módulo de codificación MC_CO de la figura 2 verifica si el bloque corriente codificado es el último bloque de la imagen IE.

45 Si el bloque corriente es el último bloque de la imagen IE, en el transcurso de una etapa S40 representada en la figura 1, se pone fin al procedimiento de codificado.

Si tal no es el caso, se procede a la selección del bloque siguiente B_i que se codifica entonces conforme al orden de recorrido raster scan anteriormente citado, mediante iteración de las etapas S1 a S20, para $1 \leq i < Z$.

Una vez realizado el codificado entrópico de todos los bloques B_1 a B_Z , se procede a la construcción de una señal F que representa, en forma binaria, los indicados bloques codificados.

La construcción de la señal binaria F se realiza en un módulo de software CF de construcción de flujo, tal como se ha representado en la figura 2.

El flujo F es seguidamente transmitido por una red de comunicación (no representada), a un terminal distante. Este comprende un decodificador que se describirá con más detalle en lo que sigue de la descripción.

5 Ahora se describirá, principalmente en referencia a la figura 1, otro modo de realización de la invención.

Este otro modo de realización se distingue del anterior únicamente por el número de signos a ocultar que es N, siendo N un número entero tal como $N \geq 2$.

10 A este respecto, la función f es el resto de módulo 2^N de la suma de los datos de la lista D_1 . Se supone que en el ejemplo propuesto, $N=2$, los dos signos a ocultar son los dos primeros signos de los dos primeros datos no nulos de la lista D_1 , por ejemplo a_2 y a_3 .

En el transcurso de la etapa S4 representada en la figura 1, el módulo de tratamiento MTR_CO verifica si la configuración de los N signos, o sea 2^N configuraciones posibles, corresponde al valor del resto de módulo 2^N de la suma de los datos de la lista D_1 .

En el ejemplo propuesto donde $N=2$, existen $2^2=4$ configuraciones de signos diferentes.

15 Estas cuatro configuraciones obedecen a una convención en el codificador CO, la cual es por ejemplo determinada del modo siguiente:

- un resto igual a cero corresponde a dos signos positivos consecutivos: +, +;
- un resto igual a uno corresponde a un signo positivo y un signo negativo consecutivos: +, -;
- un resto igual a dos corresponde a un signo negativo y un signo positivo consecutivos: -, +;
- 20 - un resto igual a tres corresponde a dos signos negativos consecutivos: -, -.

Si la configuración de los N signos corresponde al valor del resto de módulo 2^N de la suma de los datos de la lista D_1 , se procede a la etapa S20 de codificación entrópica de los datos de la lista D_1 anteriormente citada, a la excepción del signo respectivo de los dos primeros datos no nulos a_2 y a_3 , cuyos signos son ocultados en la paridad de la suma de módulo 2^N de los datos de la lista D_1 .

25 Si tal no es el caso, se procede a la etapa S5 de modificación de al menos un dato modificable de la lista D_1 . Una modificación de este tipo es realizada por el módulo de tratamiento MTR_CO de la figura 2 de tal forma que el resto del módulo 2^N de la suma de los datos modificables de la lista D_1 , alcance el valor de cada uno de los dos signos a ocultar.

Una lista modificada $D_{m1} = (a'_1, a'_2, \dots, a'_p)$ es entonces obtenida.

30 Seguidamente se procede a la etapa S20 de codificación entrópica de los datos de la lista D_{m1} anteriormente citada, a excepción del signo del primer dato no nulo a_2 y del signo del segundo dato no nulo a_3 , cuyos signos son ocultados en la paridad de la suma de módulo 2^N de los datos.

35 Un modo de realización particular de la invención se describirá ahora, en el cual el procedimiento de codificación según la invención es utilizado siempre para codificar una secuencia de imágenes según un flujo binario parecido al que se obtiene mediante un codificado según la norma H.264/MPEG-4 AVC. En este modo de realización, el procedimiento de codificado según la invención es por ejemplo implementado de forma logicial o material por modificaciones de un codificador inicialmente conforme a la norma H.264/MPEG-4 AVC.

El procedimiento de codificado según la invención está representado en forma de un algoritmo que comprende las etapas C1 a C40, tales como las representadas en la figura 3.

40 Según el modo de realización de la invención, el procedimiento de codificación es utilizado en un dispositivo de codificación o codificador CO1 del cual un modo de realización está representado en la figura 4.

Conforme a la invención, y como se ha descrito en los ejemplos anteriores, se procede, previamente al codificado propiamente dicho, a una división de una imagen IE de una secuencia de imágenes a codificar en un orden predeterminado, en una pluralidad Z de particiones $B'_1, B'_2, \dots, B'_i, \dots, B'_z$, como se ha representado en la figura 4.

45 En el ejemplo representado en la figura 4, las indicadas particiones son bloques que tienen una forma cuadrada y tienen todos el mismo tamaño. En función del tamaño de la imagen que no es forzosamente un múltiplo del tamaño de los bloques, los últimos bloques de la izquierda y los últimos bloques de la parte inferior pueden no ser cuadrados. En un modo alternativo de realización, los bloques pueden ser por ejemplo de tamaño rectangular y/o no alineados los unos con los otros.

Cada bloque o macrobloque puede por otro lado ser así mismo dividido en sub-bloques que son por si mismos subdivisibles.

Una división de este tipo se realiza mediante un módulo logicial PCO1 de particionamiento representado en la figura 4 que es idéntico al módulo de particionamiento PCO representado en la figura 2.

- 5 A continuación de la indicada etapa de división, se procede al codificado de cada una de las particiones corrientes B'_i (siendo i un número entero tal como $1 \leq i \leq Z$) de la indicada imagen IE.

En el ejemplo representado en la figura 4, una codificación de este tipo se aplica sucesivamente a cada uno de los bloques B'_1 a B'_z de la imagen corriente IE. Los bloques se codifican según un recorrido tal como por ejemplo el recorrido «raster scan» bien conocido por el experto en la materia.

- 10 La codificación según la invención se realiza en un módulo logicial de codificado MC_CO1 del codificador CO1, tal como se ha representado en la figura 4.

En el transcurso de una etapa C1 representada en la figura 3, el módulo de codificado MC_CO1 de la figura 4 selecciona como bloque corriente B'_i el primer bloque B'_1 a codificar de la imagen corriente IE. Como se ha representado en la figura 4, se trata del primer bloque de la izquierda de la imagen IE.

- 15 En el transcurso de una etapa C2 representada en la figura 3, se procede a la codificación predictiva del bloque corriente B'_i mediante técnicas conocidas de predicción intra y/o inter, en el transcurso de la cual el bloque B'_i es predictivo con relación a al menos un bloque anteriormente codificado y decodificado. Una predicción de este tipo es realizada por un módulo de software de predicción PRED_CO1 tal como se ha representado en la figura 4.

Se entiende que otros modos de predicción intra tales como los propuestos en la norma H.264 son posibles.

- 20 El bloque corriente B'_i puede ser igualmente sometido a una codificación predictiva en el modo inter, en el transcurso de la cual el bloque corriente es predictivo con relación a un bloque procedente de una imagen anteriormente codificada y decodificada. Otros tipos de predicción se pueden, bien entendido, considerar. Entre las predicciones posibles para un bloque corriente, la predicción óptima se selecciona según un criterio de flujo distorsión bien conocido por el experto en la materia.

- 25 La mencionada etapa de codificación predictiva anteriormente citada permite construir un bloque predictivo B'_{p1} que es una aproximación del bloque corriente B'_i . Las informaciones relativas a esta codificación predictiva están destinadas para ser inscritas en una señal a transmitir al decodificador. Tales informaciones comprenden particularmente el tipo de predicción (inter o intra), y llegado el caso, el modo de predicción intra, el tipo de posicionamiento de un bloque o macrobloque si este último ha sido subdividido, el índice de imagen de referencia y el vector de desplazamiento utilizados en el modo de predicción inter. Estas informaciones son comprimidas por el codificador CO1.

- 30 En el transcurso de una etapa siguiente C3 representada en la figura 3, el módulo de predicción PRED_CO1 compara los datos relativos al bloque corriente B'_i con los datos del bloque predictivo B'_{p1} . Más precisamente, en el transcurso de esta etapa, se procede clásicamente a la sustracción del bloque predictivo B'_{p1} del bloque corriente B'_i para producir un bloque residuo B'_{r1} .

En el transcurso de una etapa siguiente C4 representada en la figura 3, se procede a la transformación del bloque residuo B'_{r1} según una operación clásica de transformación directa, tal como por ejemplo una transformación en coseno discreta de tipo DCT, para producir un bloque transformado B'_{t1} . Una operación de este tipo se realiza mediante un módulo de software MT_CO1 de transformada, tal como se ha representado en la figura 4.

- 40 En el transcurso de una etapa siguiente C5 representada en la figura 3, se procede a la cuantificación del bloque transformado B'_{t1} según una operación clásica de cuantificación, tal como por ejemplo una cuantificación escalar. Un bloque B'_{q1} de coeficientes cuantificados es entonces obtenido. Una etapa de este tipo es realizada por medio de un módulo logicial de cuantificación MQ_CO1, tal como se ha representado en la figura 4.

- 45 En el transcurso de una etapa siguiente C6 representada en la figura 3, se procede a un recorrido, en un orden predefinido, de los coeficientes cuantificados del bloque B'_{q1} . En el ejemplo representado se trata de un recorrido en zigzag clásico. Una etapa de este tipo se realiza mediante un módulo de software de lectura ML_CO1, tal como se ha representado en la figura 4. Al término de la etapa C6, se obtiene una lista monodimensional $E_1=(\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_L)$ de coeficientes, más conocida bajo la denominación «residuo cuantificado», donde L es un número entero superior o igual a 1. Cada uno de los coeficientes de la lista E_1 está asociado con diferentes informaciones digitales que están destinadas para experimentar una codificación entrópica. Tales informaciones digitales se describen a continuación a título de ejemplo.

Suponiendo que en el ejemplo representado, $L=16$ y que la lista E_1 contiene los dieciséis coeficientes siguientes: $E_1=(0, +9, -7, 0, 0, +1, 0, -1, +2, 0, 0, +1, 0, 0, 0, 0)$.

En este caso:

- 5 - para cada coeficiente situado antes del último coeficiente no nulo de la lista E_1 , una información digital, tal como un bitio, está destinada para ser codificada entrópicamente para indicar si el coeficiente es nulo o no: si el coeficiente es nulo, es por ejemplo el bitio de valor 0 el que se codificará, mientras que si el coeficiente es no nulo, es el bitio de valor 1 el que se codificará;
- 10 - para cada coeficiente no nulo $+9, -7, +1, -1, +2, +1$, una información digital, tal como un bitio, está destinada para ser codificada entrópicamente para indicar si el valor absoluto del coeficiente es igual a uno o no: si es igual a 1, es por ejemplo el bitio de valor 1 el que se codificará, mientras que si es igual a 0, es el bitio de valor 0 el que se codificará;
- 15 - para cada coeficiente no nulo y cuyo valor absoluto no sea igual a uno y situado antes del último coeficiente no nulo, tales como los coeficientes de valor $+9, -7, +2$, una información de amplitud (valor absoluto del coeficiente al cual se resta el valor dos) es codificada entrópicamente,
- para cada coeficiente no nulo, el signo que le es asignado se codifica mediante una información digital, tal como un bitio por ejemplo puesto a '0' (para el signo +) o a '1' (para el signo -).

A continuación se describirán, con referencia a la figura 3, las etapas específicas de codificación según la invención.

Conforme a la invención, se ha decidido evitar codificar entrópicamente al menos una de las informaciones digitales anteriormente citadas, la cual es al menos un signo de uno de los indicados coeficientes de la lista E_1 .

- 20 A este respecto, en el transcurso de una etapa C7 representada en la figura 3, se procede a la elección del número de signos a ocultar en el transcurso de la etapa ulterior de codificación entrópica. Una etapa de este tipo es realizada por un módulo de software de tratamiento MTR_CO1, tal como se ha representado en la figura 4.

- 25 En el modo preferido de realización, el número de signos a ocultar es uno o cero. Además, conforme al indicado modo de realización preferido, es el signo del primer coeficiente no nulo el que está destinado para ser ocultado. En el ejemplo representado, se trata por consiguiente de ocultar el signo del coeficiente $\epsilon_2=+9$.

En un modo de realización alternativo, el número de signos a ocultar es bien sea cero, o uno, o dos, o tres, o más.

- 30 Conforme al modo de realización preferido de la etapa C7, se procede, en el transcurso de una primera subetapa C71 representada en la figura 3, a la determinación, a partir de la indicada lista E_1 , de una sub-lista SE_1 que contiene coeficientes aptos para ser modificados $\epsilon'_1, \epsilon'_2, \dots, \epsilon'_M$ donde $M < L$. Tales coeficientes se llamarán coeficientes modificables en lo que sigue de la descripción.

Según la invención, un coeficiente es modificable si la modificación de su valor cuantificado no provoca desincronización en el decodificador, una vez que este coeficiente modificado es tratado por el decodificador. Así, el módulo de tratamiento MTR_CO1 está configurado inicialmente para no modificar:

- 35 - el o los coeficientes nulos situados antes del primer coeficiente no nulo, de forma que el decodificador no asigne el valor del signo ocultado a este o estos coeficientes nulos,
- y por motivos de complejidad de cálculo, el o los coeficientes nulos situados después del último coeficiente no nulo.

En el ejemplo representado, al término de la subetapa C71, la sub-lista SE_1 obtenida es tal como $SE_1=(9,-7,0,0,1,0,-1,2,0,0,1)$. Consecuentemente, once coeficientes modificables son obtenidos.

- 40 En el transcurso de una subetapa siguiente C72 representada en la figura 3, el módulo de tratamiento MTR_CO1 procede a la comparación del número de coeficientes modificables con un umbral predeterminado TSIG. En el modo preferido de realización, TSIG equivale a 4.

- 45 Si el número de coeficientes modificables es inferior al umbral TSIG, se procede, en el transcurso de una etapa C20 representada en la figura 3, a una codificación entrópica clásica de los coeficientes de la lista E_1 , tal como el realizado por ejemplo en un codificador CABAC, designado por la referencia CE_CO1 en la figura 4. A este respecto, el signo de cada coeficiente no nulo de la lista E_1 se codifica entrópicamente.

Si el número de coeficientes modificables es superior al umbral TSIG, en el transcurso de una etapa C8 representada en la figura 3, el módulo de tratamiento MTR_CO1 calcula el valor de una función f que es representativa de los coeficientes de la sub-lista SE_1 .

- 50 En el modo preferido de realización donde un solo signo está destinado para ser ocultado en la señal a transmitir al decodificador, la función f es la paridad de la suma de los coeficientes de la sub-lista SE_1 .

En el transcurso de una etapa C9 representada en la figura 3, el módulo de tratamiento MTR_CO1 comprueba si la paridad del valor del signo a ocultar corresponde a la paridad de la suma de los coeficientes de la sub-lista SE₁, en virtud de una convención definida previamente en el codificador CO1.

5 En el ejemplo propuesto, la indicada convención es tal que un signo positivo está asociado con un bitio de valor igual a cero, mientras que un signo negativo está asociado con un bitio de valor igual a uno.

Si, por la convención adoptada en el codificador CO1 según la invención, el signo es positivo, lo cual corresponde a un valor de bitio de codificado a cero, y si la suma de los coeficientes de la sub-lista SE₁ es par, se procede a la etapa C20 de codificación entrópica de los coeficientes de la lista E₁ anteriormente citada, a excepción del signo del coeficiente ε₂.

10 Si, siempre por la convención adoptada en el codificador CO1 según la invención, el signo es negativo, lo cual corresponde a un valor de bitio de codificación a uno, y si la suma de los coeficientes de la sub-lista SE₁ es impar, se procede igualmente a la etapa C20 de codificación entrópica de los coeficientes de la lista E₁ anteriormente citada, a excepción del signo del coeficiente ε₂.

15 Si, por la convención adoptada en el codificador CO1 según la invención, el signo es positivo, lo cual corresponde a un valor de bitio de codificación a cero, y si la suma de los coeficientes de la sub-lista SE₁ es impar, se procede, en el transcurso de una etapa C10 representada en la figura 3, a una modificación de al menos un coeficiente modificable de la sub-lista SE₁.

20 Si, siempre por la convención adoptada en el codificador CO1 según la invención, el signo es negativo, lo cual corresponde a un valor de bitio de codificación a uno, y si la suma de los coeficientes de la sub-lista SE₁, es par, se procede igualmente a la etapa C10 de modificación de al menos un coeficiente modificable de la sub-lista SE₁.

Una operación de modificación de este tipo se realiza por el módulo de tratamiento MTR_CO1 de la figura 4.

25 En el ejemplo de realización donde SE₁=(+9,-7,0,0,+1,0,-1,+2,0,0,+1), la suma total de los coeficientes es igual a 5, y es por consiguiente impar. Con el fin de que el decodificador pueda reconstruir el signo positivo asignado al primer coeficiente no nulo, ε₂=+9 sin que el codificador CO1 tenga que transmitir este coeficiente al decodificador, es preciso que la paridad de la suma se vuelva par. En consecuencia, el módulo de tratamiento MTR_CO1 somete a ensayo, en el transcurso de la indicada etapa C10, diferentes modificaciones de coeficientes de la sub-lista SE₁, tratando todas de cambiar la paridad de la suma de los coeficientes. En el modo preferido de realización, se procede a la adición de +1 o -1 a cada coeficiente modificable y a la selección de una modificación entre todas las que son efectuadas.

30 En el modo preferido de realización, una selección de este tipo constituye la predicción óptima según un criterio de rendimiento que es por ejemplo el criterio de flujo de distorsión bien conocido por el experto en la materia. Un criterio de este tipo se expresa por la ecuación (1) dada a continuación:

$$(1) J=D+\lambda R \text{ donde}$$

35 D representa la distorsión entre el macrobloque original y el macrobloque reconstruido, R representa el coste en bitios del codificado de las informaciones de codificación y λ representa un multiplicador de Lagrange, cuyo valor puede ser fijado previamente al codificado.

En el ejemplo propuesto, la modificación que produce una predicción óptima según el criterio flujo-distorsión anteriormente citado es el aporte del valor 1 al segundo coeficiente -7 de la sub-lista SE₁.

Se obtiene entonces, al término de la etapa C10, una sub-lista modificada SEm₁=(+9,+6,0,0,+1,0,-1,+2,0,0,+1).

40 Conviene señalar que en el transcurso de esta etapa, algunas modificaciones están prohibidas. Así, en el caso en que el primer coeficiente no nulo ε₂ hubiera valido +1, no habría sido posible añadirle -1, pues se haría nulo, y habría entonces perdido su característica de primer coeficiente no nulo de la lista E₁. El decodificador habría entonces atribuido ulteriormente el signo decodificado (por cálculo de la paridad de la suma de los coeficientes) a otro coeficiente, y se hubiera tenido entonces un error de decodificación.

45 En el transcurso de una etapa C11 representada en la figura 3, el módulo de tratamiento MTR_CO1 procede a una modificación correspondiente de la lista E₁. La lista modificada siguiente Em₁= (0,+9,-6,0,0,+1,0,-1,+2,0,0,+1,0,0,0,0) es entonces obtenida.

50 Seguidamente se procede a la etapa C20 de codificación entrópica de los coeficientes de la lista Em₁ anteriormente citada, a excepción del signo del coeficiente ε₂, que es el signo + del coeficiente 9 en el ejemplo propuesto, cuyo signo es ocultado en la paridad de la suma de los coeficientes.

Conviene señalar que el conjunto de las amplitudes de los coeficientes de la lista E_1 o de la lista modificada Em_1 es codificado antes del conjunto de signos, con exclusión del signo del primer coeficiente no nulo ϵ_2 que no es codificado, como se ha explicado más arriba.

5 En el transcurso de una etapa siguiente C30 representada en la figura 3, el módulo de codificado MC_CO1 de la figura 4 comprueba si el bloque corriente codificado es el último bloque de la imagen IE.

Si el bloque corriente es el último bloque de la imagen IE, en el transcurso de una etapa C40 representada en la figura 3, se pone fin al procedimiento de codificado.

Si no fuese el caso, se procede a la selección del bloque siguiente B'_i que es entonces codificado conforme al orden de recorrido raster scan anteriormente citado, por iteración de las etapas C1 a C20, para $1 \leq i \leq Z$.

10 Una vez realizada la codificación entrópica de todos los bloques B'_1 a B'_Z , se procede a la construcción de una señal F' que representa, en forma binaria, los indicados bloques codificados.

La construcción de la señal binaria F' se utiliza en un módulo logicial CF1 de construcción de flujo, tal como se ha representado en la figura 4.

15 El flujo F' es seguidamente transmitido por una red de comunicación (no representada), a un terminal distante. Este comprende un decodificador que se describirá con más detalle en lo que sigue de la descripción.

Se describirá ahora, principalmente con referencia a la figura 3, otro modo de realización de la invención.

Este otro modo de realización se distingue del precedente únicamente por el número de coeficientes a ocultar que es bien sea 0, o N, siendo N un número entero tal como $N \geq 2$.

20 A este respecto, la subetapa de comparación C72 anteriormente citada es sustituida por la sub-etapa C72a representada con líneas de trazo interrumpido en la figura 3, en el transcurso de la cual se procede a la comparación del número de coeficientes modificables con varios umbrales predeterminados $0 < \text{TSIG}_1 < \text{TSIG}_2 < \text{TSIG}_3 \dots$, de tal forma que si el número de coeficientes modificables está comprendido entre TSIG_N y TSIG_{N+1} , N signos están destinados para ser ocultados.

25 Si el número de coeficientes modificables es inferior al primer umbral TSIG_1 , se procede, en el transcurso de la etapa C20 anteriormente citada, al codificado entrópico clásico de los coeficientes de la lista E_1 . A este respecto, el signo de cada coeficiente no nulo de la lista E_1 se codifica entrópicamente.

Si el número de coeficientes modificables está comprendido entre el umbral TSIG_N y TSIG_{N+1} , en el transcurso de una etapa C8 representada en la figura 3, el módulo de tratamiento MTR_CO1 calcula el valor de una función f que es representativa de los coeficientes de la sub-lista SE_1 .

30 En este otro modo de realización, la decisión en el codificador al ser ocultar N signos, la función f es el resto de módulo 2^N de la suma de los coeficientes de la sub-lista SE_1 . Se supone que en el ejemplo propuesto, $N=2$, los dos signos a ocultar son los dos primeros signos de los dos primeros coeficientes no nulos respectivamente, a saber ϵ_2 y ϵ_3 .

35 En el transcurso de la etapa siguiente C9 representada en la figura 3, el módulo de tratamiento MTR_CO1 comprueba si la configuración de los N signos, o sea 2^N configuraciones posibles, corresponde al valor del resto de módulo 2^N de la suma de los coeficientes de la sub-lista SE_1 .

En el ejemplo propuesto donde $N=2$, existen $2^2=4$ configuraciones de signos diferentes.

Estas cuatro configuraciones obedecen a una convención en el codificador CO1, la cual es por ejemplo determinada del modo siguiente:

- 40
- un resto igual a cero corresponde a dos signos positivos consecutivos: +, +;
 - un resto igual a uno corresponde a un signo positivo y un signo negativo consecutivos: +, -;
 - un resto igual a dos corresponde a un signo negativo y un signo positivo consecutivos: -, +;
 - un resto igual a tres corresponde a dos signos negativos consecutivos: -, -.

45 Si la configuración de los N signos corresponde al valor del resto de módulo 2^N de la suma de los coeficientes de la sub-lista SE_1 , se procede a la etapa C20 de codificación entrópica de los coeficientes de la lista E_1 anteriormente citada, a excepción del signo del coeficiente ϵ_2 y del coeficiente ϵ_3 , cuyos signos son ocultados en la paridad de la suma de módulo 2^N de los coeficientes.

Si tal no fuera el caso, se procede a la etapa C10 de modificación de al menos un coeficiente modificable de la sub-lista SE_1 . Una modificación de este tipo es realizada por el módulo de tratamiento MTR_CO1 de la figura 4, de tal forma que el resto de módulo 2^N de la suma de los coeficientes modificables de la sub-lista SE_1 alcance el valor de cada uno de los dos signos a ocultar.

- 5 En el transcurso de la etapa C11 anteriormente citada, el módulo de tratamiento MTR_CO1 procede a una modificación correspondiente de la lista E_1 . Una lista modificada Em_1 es entonces obtenida.

Seguidamente se procede a la etapa C20 de codificación entrópica de los coeficientes de la lista Em_1 anteriormente citada, a excepción del signo del coeficiente ϵ_2 y del signo del coeficiente ϵ_3 , cuyos signos son ocultados en la paridad de la suma de módulo 2^N de los coeficientes.

10 Descripción detallada de la parte de decodificación

Un modo de realización general del procedimiento de decodificación según la invención se describirá ahora, en el cual el procedimiento de decodificación es implementado en forma de software o material por modificaciones de un decodificador inicialmente conforme a la norma H.264/MPEG-4 AVC.

- 15 El procedimiento de decodificación según la invención está representado en forma de un algoritmo que comprende las etapas SD1 a SD7 representadas en la figura 5.

Según el modo de realización general de la invención, el procedimiento de decodificación según la invención es implementado en un dispositivo de decodificación o decodificador DO, tal como se ha representado en la figura 6, que está adaptado para recibir el flujo F proporcionado por el codificador CO de la figura 2.

- 20 En el transcurso de una etapa preliminar no representada en la figura 5, se procede a la identificación, en la señal de datos F recibida, de las particiones B_1 a B_z que han sido codificadas anteriormente por el codificador CO. En el modo preferido de realización, las indicadas particiones son bloques que tienen una forma cuadrada y tienen todos el mismo tamaño. En función del tamaño de la imagen que no es forzosamente un múltiplo del tamaño de los bloques, los últimos bloques de la izquierda y los últimos bloques de la parte inferior pueden no ser cuadrados. En un modo alternativo de realización, los bloques pueden ser por ejemplo de tamaño rectangular y/o no alineados los unos con los otros.

Cada bloque o macrobloque puede por otro lado ser por si mismo dividido en sub-bloques que son por si mismos subdivisibles.

Una identificación de este tipo es realizada por un módulo lógico EX_DO de análisis de flujo, tal como se ha representado en la figura 6.

- 30 En el transcurso de una etapa SD1 representada en la figura 5, el módulo EX_DO de la figura 6 selecciona como bloque corriente B_i , el primer bloque B_1 a decodificar. Una selección de este tipo consiste por ejemplo en colocar un puntero de lectura en la señal F al principio de los datos del primer bloque B_1 .

Seguidamente se procede al decodificado de cada uno de los bloques codificados seleccionados.

- 35 En el ejemplo representado en la figura 5, un decodificado de este tipo es aplicado sucesivamente a cada uno de los bloques codificados B_1 a B_z . Los bloques se decodifican según por ejemplo un recorrido «raster scan» bien conocido por el experto en la materia.

La decodificación según la invención se realiza en un módulo de software de decodificado MD_DO del decodificador DO, tal como se ha representado en la figura 6.

- 40 En el transcurso de una etapa SD2 representada en la figura 5, se procede primeramente al decodificado entrópico del primer bloque corriente B_1 , que ha sido seleccionado. Una operación de este tipo se realiza mediante un módulo de decodificado entrópico DE_DO representado en la figura 6, por ejemplo de tipo CABAC. En el transcurso de esta etapa, el módulo DE_DO realiza un decodificado entrópico de las informaciones digitales que corresponden a la amplitud de cada uno de los datos codificados de la lista D_1 o de la lista modificada Dm_1 . En esta fase, solo los signos de los datos de la lista D_1 o de la lista modificada Dm_1 no son decodificados.

- 45 En el caso en que el módulo de tratamiento MTR_DO reciba la lista $D_1 = (a_1, a_2, \dots, a_p)$, se procede, en el transcurso de una etapa SD3 representada en la figura 5, a un decodificado entrópico clásico de todos los signos de los datos de la lista D_1 . Un decodificado de este tipo es realizado por el decodificador CABAC, designado por la referencia DE_DO en la figura 6. A este respecto, el signo de cada dato no nulo de la lista D_1 es decodificado entrópicamente.

En el caso en que el módulo de tratamiento MTR_DO reciba la lista modificada $Dm_1=(a'_1, a'_2, \dots, a'_p)$, se procede, en el transcurso de la mencionada etapa SD3, al decodificado entrópico clásico de todos los signos de los datos de la lista Dm_1 , a excepción del signo del primer dato no nulo a_2 .

5 En el transcurso de una etapa SD4 representada en la figura 5, el módulo de tratamiento MTR_DO calcula el valor de una función f que es representativa de los datos de la lista Dm_1 , con el fin de determinar si el valor calculado es par o impar.

En el modo preferido de realización donde un solo signo es ocultado en la señal F , la función f es la paridad de la suma de los datos de la lista Dm_1 .

10 Conforme a la convención utilizada en el codificador CO, que es la misma en el codificador DO, un valor par de la suma de los datos de la lista Dm_1 significa que el signo del primer dato no nulo de la lista modificada Dm_1 es positivo, mientras que un valor impar de la suma de los datos de la lista Dm_1 , significa que el signo del primer dato no nulo de la lista modificada Dm_1 es negativo.

En el ejemplo de realización, la suma total de los datos es par. Consecuentemente, al término de la etapa SD4, el módulo de tratamiento MTR_DO deduce que el signo ocultado del primer dato no nulo a_2 es positivo.

15 En el transcurso de una etapa SD5 representada en la figura 5, se procede a la construcción del bloque decodificado BD_1 . Una operación de este tipo es realizada por un módulo de software de reconstrucción MR_DO representado en la figura 6.

En el transcurso de una etapa SD6 representada en la figura 5, el módulo de decodificado MD_DO comprueba si el bloque corriente decodificado es el último bloque identificado en la señal F .

20 Si el bloque corriente es el último bloque de la señal F , en el transcurso de una etapa SD7 representada en la figura 5, se pone fin al procedimiento de decodificación.

Si tal no es el caso, se procede a la selección del bloque siguiente B_i a decodificar, conforme a la orden de recorrido raster scan anteriormente citado, por iteración de las etapas SD1 a SD5, para $1 \leq i \leq Z$.

Ahora se describirá, principalmente con referencia a la figura 5, otro modo de realización de la invención.

25 Este otro modo de realización se distingue del anterior únicamente por el número de signos ocultados que es ahora igual a N , siendo N un número entero tal como $N \geq 2$.

A este respecto, en el transcurso de la etapa SD3 anteriormente citada, se procede al decodificado entrópico clásico de todos los signos de los datos de la lista Dm_1 , a excepción de los N signos respectivos de los primeros datos no nulos de la indicada lista modificada Dm_1 , siendo los indicados N signos ocultados.

30 En este otro modo de realización, el módulo de tratamiento MTR_DO calcula, en el transcurso de la etapa SD4, el valor de la función f que es el resto de módulo 2^N de la suma de los datos de la lista Dm_1 . Se supone que en el ejemplo propuesto, $N=2$.

35 El módulo de tratamiento MTR_DO deduce entonces la configuración de los dos signos ocultados que son asignados respectivamente a cada uno de los dos primeros datos no nulos a_2 y a_3 , según la convención utilizada en el codificado.

Una vez estos dos signos reconstruidos, se procede a la realización de las etapas SD5 a SD7 descritas anteriormente.

40 Un modo de realización particular del procedimiento de decodificado según la invención será ahora descrito, en el cual el procedimiento de decodificación es implementado en forma de software o material por modificaciones de un decodificador inicialmente conforme a la norma H.264/MPEG-4 AVC.

El procedimiento de decodificado según la invención está representado en forma de un algoritmo que comprende las etapas D1 a D12 representadas en la figura 7.

45 Según el modo de realización de la invención, el procedimiento de decodificado según la invención se utiliza en un dispositivo de decodificado o decodificador DO1, tal como se ha representado en la figura 8, el cual es apto para tratar la señal F' proporcionada por el codificador CO1 de la figura 4.

En el transcurso de una etapa preliminar no representada en la figura 7, se procede a la identificación, en la señal de datos F' recibida, de las particiones B'_1 a B'_2 que han sido codificadas anteriormente por el codificador CO1. En el modo preferido de realización, las indicadas particiones son bloques que tienen una forma cuadrada y tienen todos

el mismo tamaño. En función del tamaño de la imagen que no es forzosamente un múltiplo del tamaño de los bloques, los últimos bloques de la izquierda y los últimos bloques de la parte baja pueden no ser cuadrados. En un modo alternativo de realización, los bloques pueden ser por ejemplo de tamaño rectangular y/o no alineados los unos con los otros.

- 5 Cada bloque o macrobloque puede por otro lado ser así mismo dividido en sub-bloques que son por si mismos subdivisibles.

Una identificación de este tipo es realizada por un módulo logicial EX_DO1 de análisis de flujo, tal como se ha representado en la figura 8.

- 10 En el transcurso de una etapa D1 representada en la figura 7, el módulo EX_DO1 de la figura 8 selecciona como bloque corriente B'_i el primer bloque B'_1 a decodificar. Una selección de este tipo consiste por ejemplo en colocar un puntero de lectura en la señal F' al principio de los datos del primer bloque B'_1 .

Seguidamente se procede al decodificado de cada uno de los bloques codificados seleccionados.

- 15 En el ejemplo representado en la figura 7, se aplica dicho decodificado sucesivamente a cada uno de los bloques codificados B'_1 a B'_z . Los bloques se decodifican según por ejemplo un recorrido «raster scan» bien conocido del experto en la materia.

El decodificado según la invención se realiza en un módulo de software de decodificado MD_DO1 del decodificador DO1, tal como se ha representado en la figura 8.

- 20 En el transcurso de una etapa D2 representada en la figura 7, se procede primeramente al decodificado entrópico del primer bloque corriente B'_1 que ha sido seleccionado. Una operación de este tipo es realizada por un módulo de decodificado entrópico DE_DO1 representado en la figura 8, por ejemplo de tipo CABAC. En el transcurso de esta etapa, el módulo DE_DO1 realiza un decodificado entrópico de las informaciones digitales que corresponden a la amplitud de cada uno de los coeficientes codificados de la lista E_1 o de la lista modificada Em_1 . En esta fase, solo los signos de los coeficientes de la lista E_1 o de la lista modificada Em_1 no son decodificados.

- 25 En el transcurso de una etapa D3 representada en la figura 7, se procede a la determinación del número de signos susceptibles de haber sido ocultados en el transcurso de la etapa precedente de codificado entrópico C20. Una etapa D3 de este tipo es realizada por un módulo logicial de tratamiento MTR_DO1, tal como se ha representado en la figura 8. La etapa D3 es similar a la etapa C7 anteriormente citada de determinación del número de signos a ocultar.

- 30 En el modo preferido de realización, el número de signos ocultados es uno o cero. Además, conforme al indicado modo de realización preferido, es el signo del primer coeficiente no nulo el que se oculta. En el ejemplo representado, se trata por consiguiente del signo positivo del coeficiente $\epsilon_2=+9$.

En un modo de realización alternativo, el número de signos ocultados es bien sea cero, o uno, o dos, o tres, o más.

- 35 Conforme al modo de realización preferido de la etapa D3, se procede en el transcurso de una primera subetapa D31 representada en la figura 7, a la determinación, a partir de la indicada lista E_1 o de la lista modificada Em_1 , de una sub-lista que contiene los coeficientes $\epsilon'_1, \epsilon'_2, \dots, \epsilon'_M$ donde $M < L$ son susceptibles de haber sido modificados en el codificado.

Una determinación de este tipo es realizada de la misma manera que en la etapa de codificado C7 anteriormente citada.

- 40 Como el módulo de tratamiento MTR_CO1 anteriormente citado, el módulo de tratamiento MTR_DO1 está configurado inicialmente para no modificar:

- el o los coeficientes nulos situados antes del primer coeficiente no nulo,
- y por razones de complejidad de cálculo, el o los coeficientes nulos situados después del último coeficiente no nulo.

- 45 En el ejemplo representado, al término de la subetapa D31, se trata de la sub-lista SEm_1 , tal como $SEm_1 = (9, -6, 0, 0, 1, 0, -1, 2, 0, 0, 1)$. En consecuencia, se obtienen once coeficientes susceptibles de haber sido modificados.

En el transcurso de una subetapa siguiente D32 representada en la figura 7, el módulo de tratamiento MTR_DO1 procede a la comparación del número de coeficientes susceptibles de haber sido modificados con un umbral predeterminado TSIG. En el modo preferido de realización, TSIG equivale a 4.

- 5 Si el número de coeficientes susceptible de haber sido modificados es inferior al umbral TSIG, se procede, en el transcurso de una etapa D4 representada en la figura 7, a un decodificado entrópico clásico de todos los signos de los coeficientes de la lista E_1 . Un decodificado de este tipo es realizado por el decodificador CABAC, designado por la referencia DE_DO1 en la figura 8. A este respecto, el signo de cada coeficiente no nulo de la lista E_1 se decodifica entrópicamente.
- Si el número de coeficientes susceptibles de haber sido modificados es superior al umbral TSIG, se procede, en el transcurso de la mencionada etapa D4, al decodificado entrópico clásico de todos los signos de los coeficientes de la lista Em_1 , a excepción del signo del primer coeficiente no nulo ϵ_2 .
- 10 En el transcurso de una etapa D5 representada en la figura 7, el módulo de tratamiento MTR_DO1 calcula el valor de una función f que es representativa de los coeficientes de la sub-lista SEm_1 con el fin de determinar si el valor calculado es par o impar.
- En el modo preferido de realización donde un solo signo es ocultado en la señal F' , la función f es la paridad de la suma de los coeficientes de la sub-lista SEm_1 .
- 15 Conforme a la convención utilizada en el codificador CO1, que es la misma en el decodificador DO1, un valor par de la suma de los coeficientes de la sub-lista SEm_1 significa que el signo del primer coeficiente no nulo de la lista modificada Em_1 es positivo, mientras que un valor impar de la suma de los coeficientes de la sub-lista SEm_1 significa que el signo del primer coeficiente no nulo de la lista modificada Em_1 es negativo.
- En el ejemplo de realización donde $SEm_1=(+9, -6, 0, 0, +1, 0,-1, +2, 0, 0, +1)$, la suma total de los coeficientes es igual a 6, y es por consiguiente par. En consecuencia, al término de la etapa D5, el módulo de tratamiento MTR_DO1 deduce que el signo ocultado del primer coeficiente no nulo ϵ_2 es positivo.
- 20 En el transcurso de una etapa D6 representada en la figura 7, y con la ayuda de todas las informaciones digitales reconstruidas en el transcurso de las etapas D2, D4 y D5, se procede a la reconstrucción de los coeficientes cuantificados del bloque $B'q_1$ en un orden predefinido. En el ejemplo representado, se trata de un recorrido en zigzag inverso al recorrido en zigzag realizado en el transcurso de la etapa de codificado C6 anteriormente citada. Una etapa de este tipo es realizada por un módulo de software de lectura ML_DO1, tal como se ha representado en la figura 8. Más precisamente, el módulo ML_DO1 procede a la inscripción de los coeficientes de la lista E_1 (monodimensional) en el bloque $B'q_1$ (bidimensional), utilizando el indicado orden de recorrido en zigzag inverso.
- 25 En el transcurso de una etapa D7 representada en la figura 7, se procede a la descuantificación del bloque residuo cuantificado $B'q_1$, según una operación clásica de descuantificación que es la operación inversa de la cuantificación realizada en el codificado en la etapa C5 anteriormente citada, para producir un bloque descuantificado decodificado $BD'q_1$. Una etapa de este tipo es realizada por medio de un módulo logicial de descuantificación MDQ_DO1, tal como se ha representado en la figura 8.
- 30 En el transcurso de una etapa D8 representada en la figura 7, se procede a la transformación inversa del bloque descuantificado $BD'q_1$ que es la operación inversa de la transformación directa realizada en el codificado en la etapa C4 anteriormente citada. Un bloque residuo decodificado $BD'r_1$ es entonces obtenido. Una operación de este tipo es realizada por un módulo de software MTI_DO1 de transformada inversa, tal como se ha representado en la figura 8.
- 35 En el transcurso de la etapa D9 representada en la figura 7, se procede al decodificado predictivo del bloque corriente B'_i . Un decodificado predictivo de este tipo es realizado clásicamente mediante técnicas conocidas de predicción intra y/o inter, en el transcurso del cual el bloque B'_i es predictivo con relación a al menos un bloque anteriormente decodificado. Una operación de este tipo es realizada mediante un módulo de decodificado predictivo PRED_DO1 tal como se ha representado en la figura 8.
- 40 Se entiende que otros modos de predicción intra tales como los propuestos en la norma H.264 son posibles.
- En el transcurso de esta etapa, el decodificado predictivo es realizado con la ayuda de los elementos de sintaxis decodificados en la etapa precedente y que comprenden particularmente el tipo de predicción (inter o intra), y llegado el caso, el modo de predicción intra, el tipo de particionamiento de un bloque o macrobloque si este último ha sido subdividido, el índice de imagen de referencia y el vector de desplazamiento utilizados en el modo de predicción inter.
- 45 La indicada etapa de decodificación predictiva anteriormente citada permite construir un bloque predictivo $B'p_1$.
- En el transcurso de una etapa D10 representada en la figura 7, se procede a la construcción del bloque decodificado BD'_1 añadiendo al bloque de predicción $B'p_1$ el bloque residuo decodificado $BD'r_1$. Una operación de este tipo es realizada por un módulo de software de reconstrucción MR_DO1 representado en la figura 8.
- 50

En el transcurso de una etapa D11 representada en la figura 7, el módulo de decodificación MD_DO1 comprueba si el bloque corriente decodificado es el último bloque identificado en la señal F'.

Si el bloque corriente es el último bloque de la señal F', en el transcurso de una etapa D12 representada en la figura 7, se pone fin al procedimiento de decodificación.

- 5 Si tal no fuese el caso, se procede a la selección del bloque siguiente B_i a decodificar conforme al orden de recorrido raster scan anteriormente citado, por iteración de las etapas D1 a D10, para $1 \leq i \leq Z$.

Se describirá ahora, principalmente en referencia a la figura 7, otro modo de realización de la invención.

Este otro modo de realización se distingue del anterior únicamente por el número de coeficientes ocultados que es bien sea 0, o bien N, siendo N un número entero tal como $N \geq 2$.

- 10 A este respecto, la subetapa de comparación D32 anteriormente citada es sustituida por la subetapa D32a representada con líneas de trazo interrumpido en la figura 7, en el transcurso de la cual se procede a la comparación del número de coeficientes susceptibles de haber sido modificados con varios umbrales predeterminados $0 < \text{TSIG}_1 < \text{TSIG}_2 < \text{TSIG}_3 \dots$, de tal forma que si el número de los indicados coeficientes está comprendido entre TSIG_N y TSIG_{N+1} , N signos han sido ocultados.

- 15 Si el número de los indicados coeficientes es inferior al primer umbral TSIG_1 , se procede, en el transcurso de la etapa D4 anteriormente citada, al decodificado entrópico clásico de todos los signos de los coeficientes de la lista E₁. A este respecto, el signo de cada coeficiente no nulo de la lista E₁ se decodifica entrópicamente.

- 20 Si el número de los indicados coeficientes está comprendido entre el umbral TSIG_N y TSIG_{N+1} , se procede, en el transcurso de la etapa D4 anteriormente citada, al decodificado entrópico clásico de todos los signos de los coeficientes de la lista E₁, a excepción de los N signos respectivos de los primeros coeficientes no nulos de la indicada lista modificada Em₁, siendo los indicados N signos ocultados.

En este otro modo de realización, el módulo de tratamiento MTR_DO1 calcula, en el transcurso de la etapa D5, el valor de la función f que es el resto de módulo 2^N de la suma de los coeficientes de la sub-lista SE_{m1}. Se supone que en el ejemplo propuesto, $N=2$.

- 25 El módulo de tratamiento MTR_DO1 deduce entonces la configuración de los dos signos ocultados que son asignados respectivamente a cada uno de los dos primeros coeficientes no nulos ϵ_2 y ϵ_3 , según la convención utilizada en el codificado.

Una vez reconstruidos estos dos signos, se procede a la realización de las etapas D6 a D12 descritas más arriba.

- 30 Se entiende que los modos de realización que han sido descritos anteriormente han sido dados a título puramente indicativo y en modo alguno limitativo y que numerosas modificaciones pueden ser fácilmente aportadas por el experto en la materia sin salirse por ello del marco de la invención.

- 35 Así por ejemplo, según un modo de realización simplificado con relación al representado en la figura 4, el codificador CO1 podría estar configurado para ocultar al menos N' signos predeterminados, con $N' \geq 1$, en lugar de ser cero, o uno o N signos predeterminados. En este caso, la etapa de comparación C72 o C72a se suprimiría. De forma correspondiente, según un modo de realización simplificado con relación al representado en la figura 8, el decodificador DO1 se configuraría para reconstruir N' signos predeterminados en lugar de ser cero, o uno o N signos predeterminados. En este caso, la etapa de comparación D32 o D32a se suprimiría. Además, el criterio de decisión aplicado en la etapa de codificación C72 y en la etapa de decodificación D32 podría ser sustituido por otro tipo de criterio. A este respecto, en lugar de comparar con un umbral el número de coeficientes modificables o el número de coeficientes susceptible de haber sido modificados, el módulo de tratamiento MTR_CO1 o MTR_DO1 podría aplicar un criterio de decisión que fuese respectivamente función de la suma de las amplitudes de los coeficientes modificables o susceptibles de haber sido modificados, o también del número de ceros presentes entre los coeficientes modificables o susceptibles de haber sido modificados.
- 40

REIVINDICACIONES

1. Soporte legible por ordenador que comprende un flujo de datos representativos de al menos una imagen dividida en particiones, que ha sido previamente codificada, comprendiendo el flujo de datos:
- 5 - a) datos de las particiones (Bi) de esta imagen codificada, siendo los datos de una partición (Bi) los coeficientes de una transformación directa de cada partición, conteniendo los indicados datos de la mencionada partición (Bi) los signos de los coeficientes a excepción del signo del primer coeficiente no nulo de esta partición que puede ser ocultado;
 - 10 - b) el número de coeficientes entre el primero y el último coeficiente no nulo comprendidos el primero y el último coeficiente no nulo de la mencionada partición (Bi) que indica si el signo del primer coeficiente no nulo de esta partición está ocultado, y
 - c.1) si el indicado número de coeficientes entre el primero y el último coeficiente no nulo comprendidos el primero y el último coeficiente no nulo es inferior a un umbral predefinido (TSIG), el signo del primer coeficiente no nulo no está ocultado pero está contenido en los datos de la indicada partición (Bi);
 - 15 - c.2) si el indicado número de coeficientes entre el primero y el último coeficiente no nulo comprendidos el primero y el último coeficiente no nulo es superior o igual al umbral predefinido (TSIG), el signo del primer coeficiente no nulo es ocultado y la paridad de la suma de los indicados coeficientes entre el primero y el último coeficiente no nulo indica el valor de dicho signo ocultado, y
 - d) si la indicada paridad es par, el indicado signo ocultado es positivo y si la indicada paridad es impar, el indicado signo ocultado es negativo.
- 20 **2.** Soporte legible por ordenador según la reivindicación 1, en el cual la paridad de la suma de los indicados coeficientes es la paridad de la suma de los valores absolutos de los coeficientes.
- 3.** Soporte legible por ordenador según la reivindicación 1 o 2, en el cual el umbral (TSIG) está predefinido en 5.

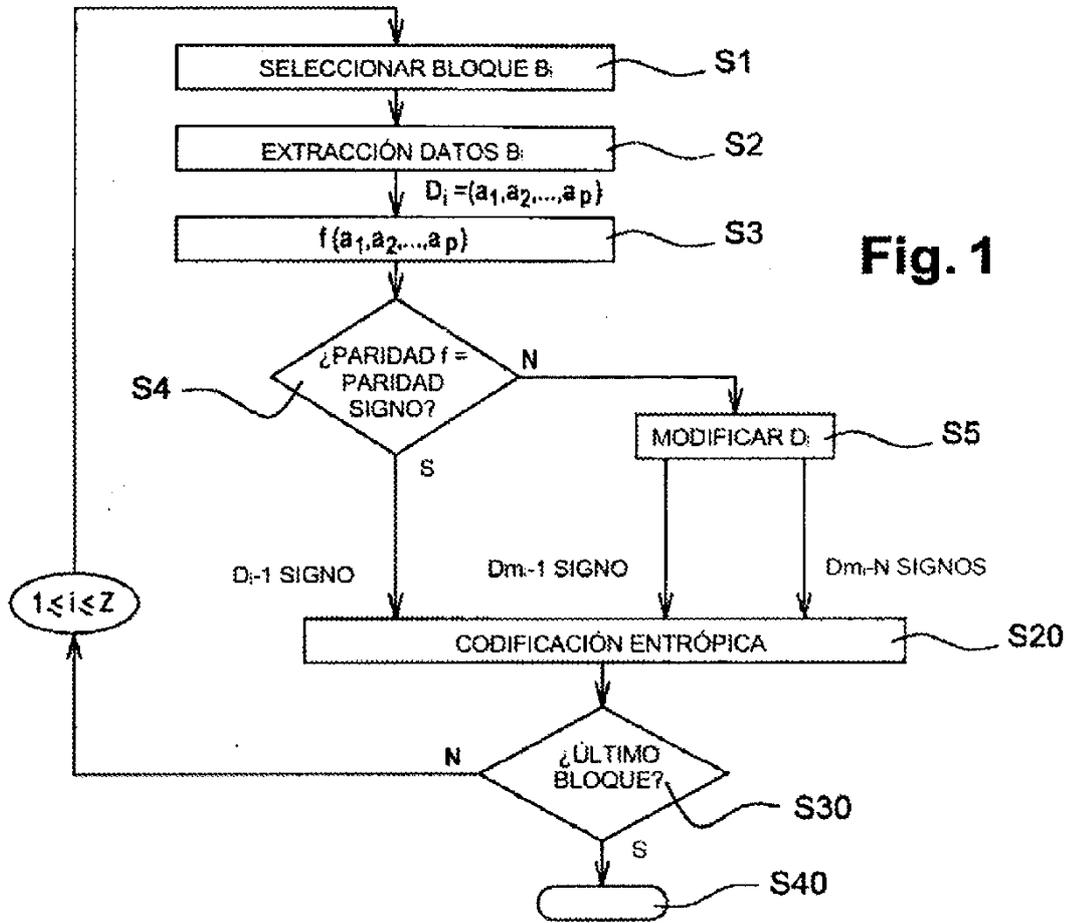


Fig. 1

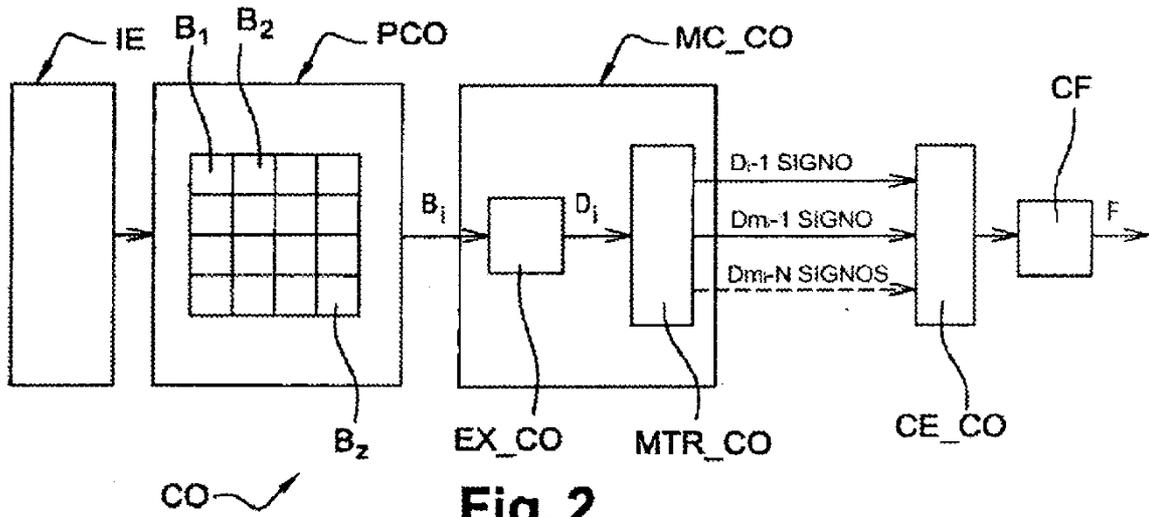


Fig. 2

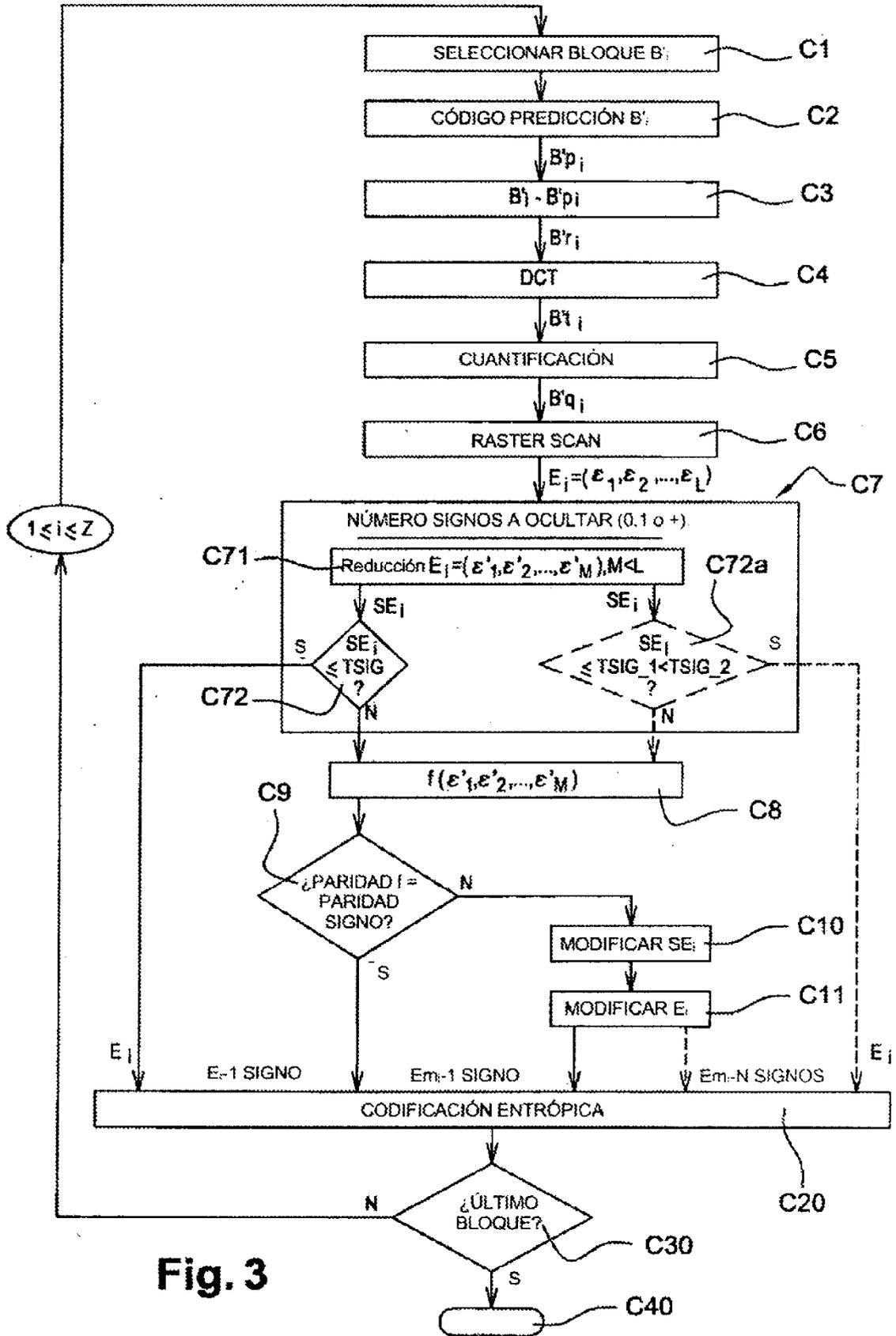


Fig. 3

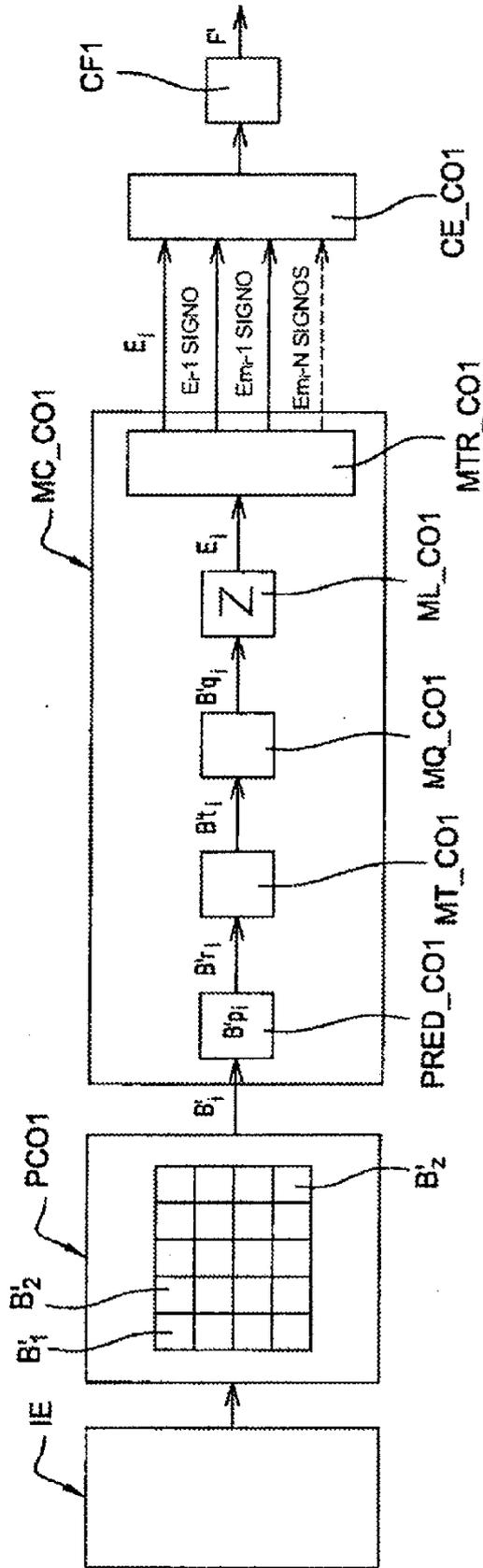


Fig. 4

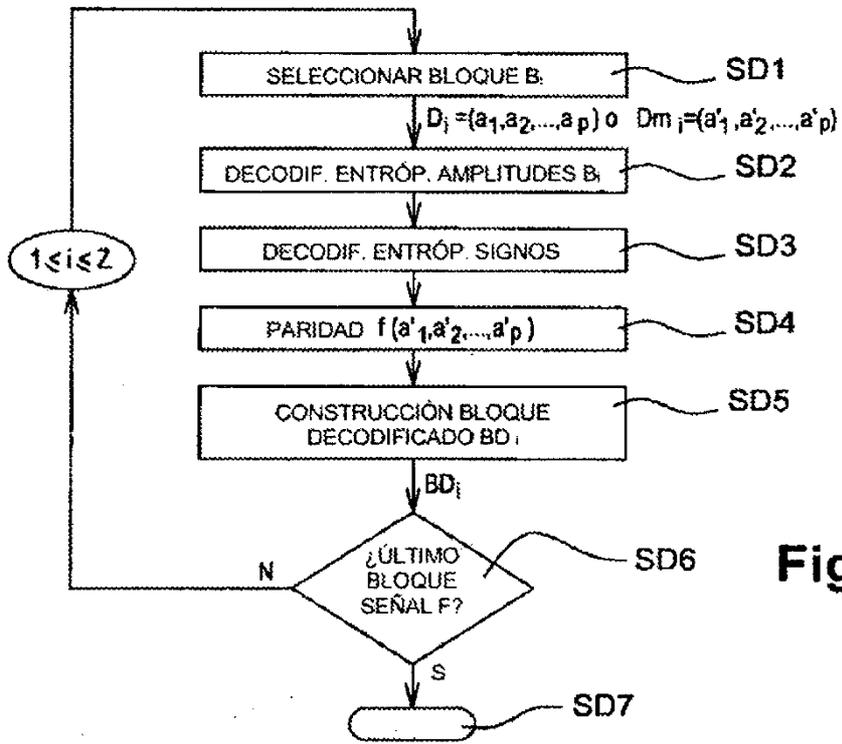


Fig. 5

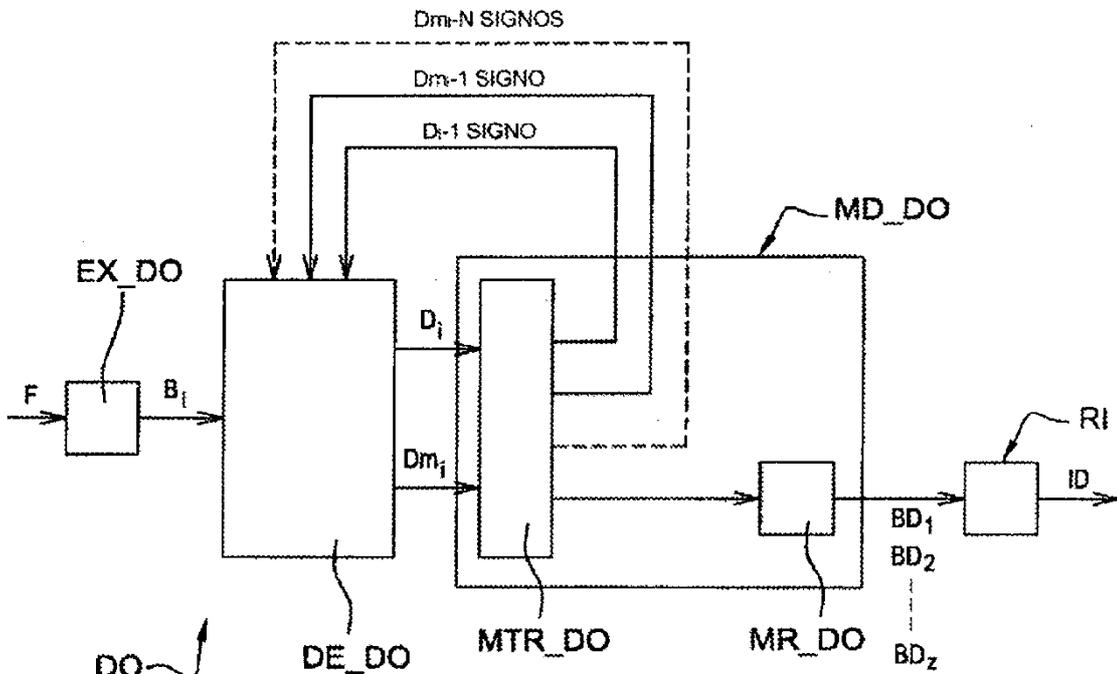


Fig. 6

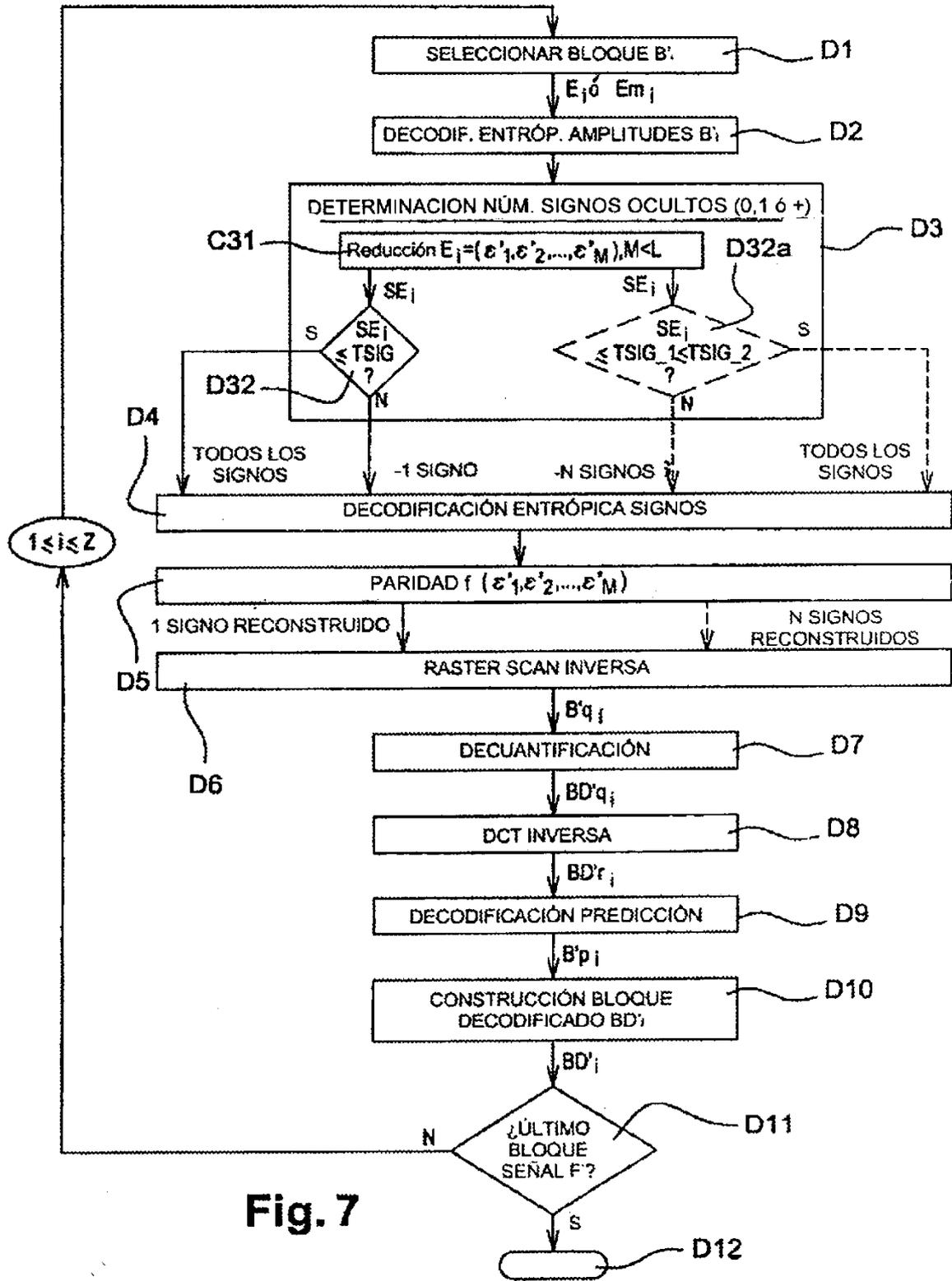


Fig. 7

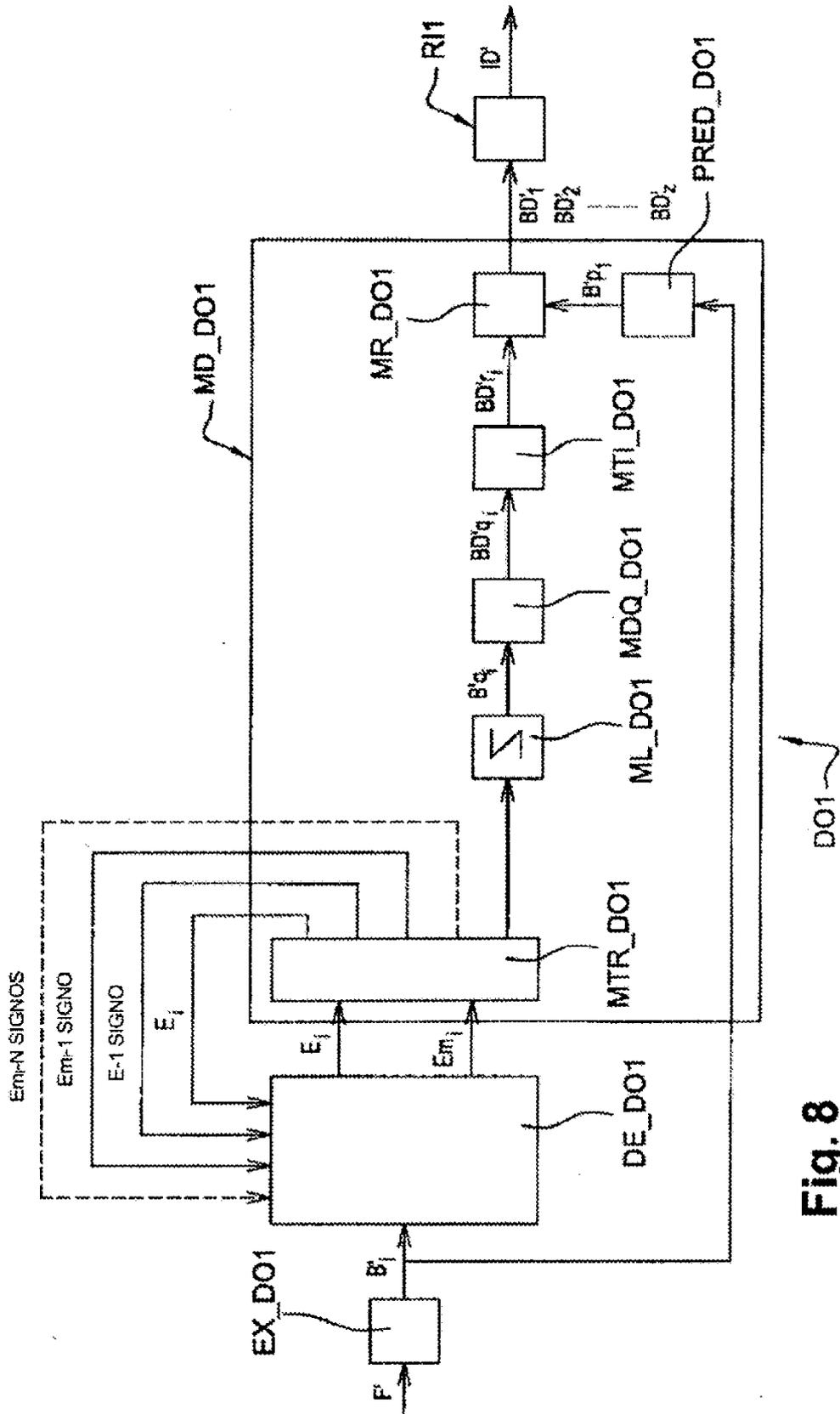


Fig. 8