

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 907 382**

51 Int. Cl.:

H04N 19/103	(2014.01) H04N 19/567	(2014.01)
H04N 19/105	(2014.01) H04N 19/61	(2014.01)
H04N 19/12	(2014.01)	
H04N 19/147	(2014.01)	
H04N 19/176	(2014.01)	
H04N 19/19	(2014.01)	
H04N 19/196	(2014.01)	
H04N 19/46	(2014.01)	
H04N 19/513	(2014.01)	
H04N 19/547	(2014.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.05.2012** **PCT/FR2012/051158**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **29.11.2012** **WO12160313**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2012** **E 12731046 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.12.2021** **EP 2716045**

54 Título: **Procedimiento de codificación y decodificación de imágenes, dispositivo de codificación y decodificación de imágenes y programas de ordenador correspondientes**

30 Prioridad:

26.05.2011 FR 1154595

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.04.2022

73 Titular/es:

ORANGE (100.0%)
111, quai du Président Roosevelt
92130 Issy-les-Moulineaux, FR

72 Inventor/es:

THIESSE, JEAN-MARC;
JUNG, JOËL y
ANTONINI, MARC

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 907 382 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

Procedimiento de codificación y decodificación de imágenes, dispositivo de codificación y decodificación de imágenes y programas de ordenador correspondientes

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere de manera general al campo del procesamiento de imágenes, y más precisamente a la codificación y decodificación por competencia de imágenes digitales y de secuencias de imágenes digitales.

Más precisamente, la invención se aplica a la compresión de imágenes o secuencias de video que utilizan una representación por bloques de la secuencia de video.

10 La invención puede aplicarse especialmente, pero no exclusivamente, a la codificación de video implementada en los codificadores de video actuales y sus modificaciones (MPEG, H.264, H.264 SVC, H.264 MVC, etc.) o futuros (ITU-T/VCEG (H.265) o ISO/MPEG (HVC)), y a la decodificación correspondiente.

Técnica anterior

15 Las imágenes y secuencias de imágenes digitales ocupan mucho espacio en términos de memoria, lo que requiere, cuando se transmiten estas imágenes, comprimirlas con el fin de evitar problemas de congestión en la red de comunicación utilizada para esta transmisión, la velocidad que se puede utilizar en el mismo es en general limitada. Esta compresión también es deseable para el almacenamiento de estos datos.

20 Ya se conocen numerosas técnicas de compresión de datos de vídeo. Entre estas, numerosas técnicas de codificación de video, especialmente la técnica H.264, utilizan técnicas de predicción espacial o temporal de grupos de bloques de píxeles de una imagen actual con respecto a otros grupos de bloques de píxeles pertenecientes a la misma imagen o a una imagen anterior o siguiente.

Más precisamente, según la técnica H.264, las imágenes I se codifican por predicción espacial (predicción intra), y las imágenes P y B se codifican por predicción temporal (predicción inter) con respecto a otras imágenes I, P o B codificadas/decodificadas con la ayuda de una compensación de movimiento.

25 Tales imágenes se cortan en general en macrobloques, que a su vez se cortan en particiones que comprenden un conjunto de píxeles (por ejemplo, 8×8). Para cada partición se codifica una partición residual, también llamada residuo de predicción, que corresponde a la partición original menos una predicción. Después de esta codificación predictiva, las particiones residuales se transforman a través de una transformada de tipo transformado en coseno discreto (DCT), y luego se cuantifican. Los coeficientes de las particiones residuales cuantificadas se recorren luego en un orden de lectura que permite explotar el gran número de coeficientes nulos en las altas frecuencias, y luego se codifican a través
30 de una codificación de entropía.

De acuerdo con la invención, una partición puede consistir en un bloque de forma generalmente cuadrada o rectangular, o bien tener otras formas, tales como lineal, en forma de L, etc.... Una partición según la invención también puede tener una forma completamente arbitraria.

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

- datos residuales que son los coeficientes de los bloques residuales cuantificados y posiblemente, durante una codificación en modo Inter, datos residuales de los vectores de movimiento,

- parámetros de codificación que son representativos del modo de codificación utilizado, en particular:

40 • el modo de predicción (predicción intra, predicción inter, predicción por defecto que realiza una predicción para la cual no se transmite ninguna información al decodificador («en inglés «skip»);

• las informaciones que precisan el tipo de predicción (orientación, imagen de referencia, ...);

• el tipo de partición;

• el tipo de transformada, por ejemplo, DCT 4x4, DCT 8x8, etc...

• las informaciones de movimiento si es necesario;

45 • etc.

La decodificación se realiza imagen por imagen, y para cada imagen, macrobloque por macrobloque. Para cada partición de un macrobloque, se leen los elementos correspondientes de la señal. Se efectúa la cuantificación y la transformación inversas de los coeficientes de los bloques. Luego, se calcula la predicción de la partición y se reconstruye la partición agregando la predicción al residuo de predicción decodificado.

La codificación intra o inter por competencia, tal como se implementa en el estándar H264, se basa así en la puesta en competencia de diferentes parámetros de codificación, tales como los mencionados anteriormente, con el fin de seleccionar el mejor modo de codificación, es decir, el que optimizará la codificación de la partición considerada según un criterio de rendimiento predeterminado, por ejemplo, el coste de velocidad/distorsión bien conocido por los expertos en la técnica.

Los parámetros de codificación relacionados con el modo de codificación seleccionado están contenidos en la señal de datos transmitida por el codificador al decodificador, en forma de identificadores en general denominados índices de competencia. Por tanto, el decodificador puede identificar el modo de codificación seleccionado en el codificador, y luego aplicar la predicción de acuerdo con este modo.

El ancho de banda asignado a estos índices de competencia no es insignificante, ya que alcanza como mínimo el 30%. Por otra parte, tiende a aumentar debido a la aportación cada vez mayor de nuevos parámetros de codificación, tales como las nuevas dimensiones de particiones, las nuevas formas de particiones, los nuevos parámetros de predicción intra, etc....

Se han propuesto varias soluciones en un intento de reducir el coste de señalización de tales índices.

En el documento J.-M. Thiesse, J. Jung, M. Antonini, "*Data Hiding of motion informations in chroma and luma samples*", ICIP, Hong Kong, Sep. 2010, se propone utilizar técnicas de etiquetado con el fin de reducir el coste de codificación de las informaciones de señalización resultantes de una mejora de la codificación Inter. La idea principal es ocultar los índices de señalización de codificación en los coeficientes transformados y cuantificados de crominancia y luminancia cuidadosamente seleccionados. Con el fin de minimizar el error de predicción, la modificación se realiza con la ayuda de una optimización de velocidad y distorsión. La ventaja de una tal solución radica en que agrega una baja complejidad al decodificador. Sin embargo, el número de índices de señalización ocultos está limitado con el fin de no provocar una degradación demasiado importante de la predicción.

En el documento Jingjing Dai; Au, O.C.; Wen Yang; Chao Pang; Feng Zou; Yu Liu; "*Motion vector coding based on predictor selection and boundary-matching estimation*", *Multimedia Signal Processing*, 2009-MMSP '09. páginas 1-5, 5-7 de octubre de 2009, se propone, durante la codificación de una partición actual, seleccionar mediante competencia al menos un predictor de vector de movimiento utilizando la técnica de *«template matching»*. Esta técnica se implementa luego en el decodificador, con el fin de no transmitir en el flujo codificado de informaciones de movimiento, cuyo coste de señalización es elevado. La técnica de *«template matching»* consiste en comparar la intensidad de los píxeles de la partición actual con la intensidad de los píxeles de una o más particiones causales ya codificadas y luego decodificadas, seleccionando el vector de movimiento que apunta hacia la partición causal cuya intensidad de píxeles es la más cercana de la intensidad de píxeles de la partición actual, y luego predecir el vector de movimiento así seleccionado. Un inconveniente de esta técnica es que el emparejamiento efectuado entre la partición actual y la partición causal seleccionada se limita a una comparación de la intensidad de los píxeles y no tiene en cuenta, por ejemplo, una incompatibilidad de tamaño o forma, que podría existir entre la partición actual por codificar (respectivamente por decodificar) y la partición causal. Además, las particiones causales puestas en competencia según esta técnica son siempre aquellas ubicadas en determinadas direcciones predeterminadas con respecto a la partición actual por codificar, es decir, en general por encima y a la izquierda de la partición actual. Esto da como resultado una predicción poco precisa de la partición actual que provoca errores no despreciables durante la codificación (respectivamente la decodificación) de la partición actual.

En el documento Laroche, G.; Jung, J.; Pesquet-Popescu, B.; "*Intra Coding with Prediction Mode Information Inference*", *Circuits and Systems for Video Technology*, IEEE Transactions on circuits and Systems for video technology, volumen 20, número 12, páginas 1786-1796, diciembre de 2010, se propone, durante la codificación Intra de una partición actual eliminar, antes de la puesta en competencia de un conjunto de predictores Intra predeterminados, uno o más predictores Intra redundantes de este conjunto. Una tal eliminación responde a un criterio de eliminación predeterminado que no depende de la imagen original por codificar y que, por consecuencia, es reproducible al nivel del decodificador. Ciertamente, un tal procedimiento permite utilizar menos predictores Intra para la codificación de una partición actual, pero, sin embargo, no permite anular completamente el coste de señalización, ni tener en cuenta la agregación de nuevos predictores.

El documento Peng Yin et al: "*Localized Weighted Prediction for Video Coding*", *Conférence Proceedings/IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*, 23 de mayo de 2005 (2005-05-23), páginas 4365-4368, XP010816640, IEEE Service Center Piscataway, NJ, Estados Unidos DOI: 10.1109/ISCAS.2005.1465598 ISBN: 978-0-7803-8834-5 describe un procedimiento de codificación y decodificación basado en una predicción de movimiento enriquecida por un *«warping»*. Varias imágenes de referencia que resultan de una deformación (*warping*) de la imagen previamente codificada y decodificada (por lo tanto, causal) son generadas por el codificador. Los modelos de movimiento afines se utilizan como parámetros de deformación, y una estimación de movimiento de un bloque de la imagen actual se efectúa con la ayuda de una puesta en conexión de bloques.

Objeto y resumen de la invención

Uno de los objetivos de la invención es remediar los inconvenientes del estado de la técnica antes mencionada.

Para este efecto, un objeto de la presente invención se refiere a un procedimiento de codificación según la reivindicación 1.

Una tal disposición permite así, durante una codificación por competencia, ya sea de tipo Intra o de tipo Inter, evitar incluir en la señal por transmitir al decodificador, el o los índices de competencia calculados después de la puesta en competencia de múltiples parámetros de codificación. Por tanto, esto da como resultado una reducción no despreciable del coste de la señalización, en la medida en que una tal disposición sea reproducible al nivel del decodificador.

Una tal disposición permite, además, para un parámetro de codificación de un tipo fijo, aumentar el número de parámetros del mismo tipo o de un tipo similar susceptibles de ser puestos en competencia. En el caso, por ejemplo, de la codificación Intra 8x8 o 4x4 según el estándar H.264, para el cual se pueden poner en competencia nueve predictores espaciales, la invención permite agregar fácilmente otros predictores espaciales durante la puesta en competencia, sin por esto deteriorar la velocidad y, en consecuencia, mejorar la reconstrucción de la imagen.

Según otro modo de realización particular, la etapa de selección de partición causal consiste en:

- determinar una pluralidad de particiones causales,
- calcular al menos un parámetro de codificación óptimo asociado con cada una de las particiones causales según el criterio de rendimiento de codificación predeterminado,
- calcular al menos un parámetro de codificación óptimo asociado con la partición actual según el criterio de rendimiento de codificación predeterminado,
- comparar el parámetro de codificación óptimo determinado en asociación con la partición actual con cada uno de los parámetros de codificación óptimos determinados respectivamente en asociación con cada una de las particiones causales,
- seleccionar la partición causal cuyo parámetro de codificación óptimo tenga el valor más cercano al del parámetro de codificación óptimo de la partición actual.

Una tal disposición permite realizar una selección de partición causal más rigurosa y precisa que la selección predeterminada de la técnica anterior que utiliza un algoritmo de puesta en conexión de bloques basado únicamente en las correlaciones de los píxeles.

Gracias a una tal disposición, es posible seleccionar una partición causal lo más similar posible a la partición actual no solo en términos de textura, sino también en términos de modo de codificación u otros criterios representativos.

Una tal partición causal puede ubicarse en la imagen actual o bien en otra imagen previamente codificada y luego decodificada.

De manera más general, la partición causal se puede encontrar en cualquier capa disponible en el momento de la codificación de la partición actual. Especialmente, la partición causal se puede encontrar en una capa de calidad base, denominada «*baselayer*» en inglés, o bien una capa de refinamiento de calidad, denominada «*enhancement layer*» en inglés, en el caso de la codificación de video escalable (en inglés «*Scalable Video Coding*»). También se puede encontrar en una capa correspondiente a otra vista en el caso de codificación de video de múltiples vistas (en inglés «*Multiview Video Coding*»).

Cabe señalar que después de seleccionar al menos una partición causal, se procede a la determinación de un parámetro de movimiento que define el movimiento entre la partición actual por codificar y la partición causal seleccionada.

Según un modo de realización preferido de la invención, un tal parámetro de movimiento no se transmite necesariamente en el flujo codificado destinado al decodificador, en particular en el caso de que este sea capaz de recalcular por sí mismo este parámetro.

Como variante, un tal parámetro de movimiento se transmite en el flujo codificado al decodificador, que sólo tendrá que leerlo.

Un tal parámetro de movimiento consiste, por ejemplo, en un vector de movimiento que apunta hacia la partición causal seleccionada. Un tal vector se calcula, por ejemplo, a partir de al menos un vector de movimiento asociado con otra partición causal que está cerca de la partición causal seleccionada.

Según aún otro modo de realización particular, la partición actual se codifica con la ayuda de al menos dos parámetros de codificación óptimos de diferente tipo.

Una tal disposición permite codificar con más precisión la partición actual, ya que utiliza dos parámetros de codificación de tipo diferente, ambos seleccionados de manera óptima. Por ejemplo, podría tratarse de un primer parámetro que

optimiza la predicción Intra de una partición causal y un segundo parámetro que optimiza el submuestreo de los residuos transformados y cuantificados de la predicción de otra partición causal.

El número de parámetros de codificación óptimos susceptibles de ser determinados puede, por supuesto, ser superior a dos, siendo la precisión de la codificación de una partición actual incrementada con base en el número de parámetros de codificación óptimos utilizados.

Según otro modo de realización particular, el criterio de rendimiento de codificación se elige entre al menos un criterio perteneciente al grupo que comprende:

- un criterio de velocidad y distorsión, en el que la velocidad se calcula a través de la simulación,
- un criterio de distorsión.

Según aún otro modo de realización particular, la partición causal seleccionada resulta de una transformación geométrica previa, siendo entonces un índice asociado codificado con esta transformación.

Una tal disposición tiene por objetivo deformar una partición causal previamente seleccionada según la invención de manera que optimice la adecuación del tamaño y la forma de esta última con la partición actual por codificar.

Una tal transformación consiste, por ejemplo, en la aplicación de una rotación, de una simetría, etc... a la partición causal, estando el tipo de transformación geométrica asociado a un índice destinado para ser transmitido en el flujo de datos destinados al decodificador.

Por tanto, una tal disposición permite perfeccionar aún más la optimización de la predicción, lo que conduce a un aumento de la calidad de la imagen por reconstruir, gracias a un bajo aumento en el coste de codificación (en inglés "*bitrate*"), ya que en general solo se asigna un bit al índice de transformación geométrica.

La invención también se refiere a un dispositivo de codificación según la reivindicación 5.

La invención también se refiere a un procedimiento de decodificación según la reivindicación 8.

Una ventaja de un tal procedimiento de decodificación reside en el hecho de que las operaciones de determinación del parámetro de movimiento y de cálculo del parámetro de codificación óptimo que tienen lugar en la codificación son reproducibles en la decodificación. Por tanto, es posible no transmitir en la señal de datos recibida en el decodificador, ni el índice asociado con el parámetro de movimiento, ni el índice asociado con el parámetro de codificación óptimo, lo que reduce especialmente el coste de señalización de tales índices. Como se mencionó más arriba en relación con el procedimiento de codificación, las ventajas de la puesta en competencia con cualquier tipo de parámetros de codificación aplicado a la partición causal decodificada son las mismas que las proporcionadas en la codificación y permiten en la decodificación obtener una reconstrucción de la partición actual y, al final, de la imagen, que es de mejor calidad.

Según un modo de realización particular, la determinación del parámetro de movimiento se efectúa a través del cálculo o también a través de la lectura este último en la señal de datos.

Según una primera alternativa para la cual no se agrega ningún índice de parámetro de movimiento a la señal por transmitir al decodificador, se procede de manera autónoma a la decodificación de un cálculo del parámetro de movimiento asociado a la partición actual por reconstruir que es idéntico al efectuado en la codificación.

Según una segunda alternativa, ligeramente más costosa en términos de señalización que la primera alternativa y para la cual se agrega al menos un índice de parámetro de movimiento a la señal por transmitir al decodificador, se procede a la decodificación con la lectura del parámetro de movimiento asociado con la partición actual por reconstruir a través de simple extracción del parámetro de movimiento contenido en la señal recibida.

Según otro modo de realización particular, el parámetro de movimiento es un vector de movimiento que apunta hacia la partición causal, siendo un tal vector de movimiento calculado a partir de al menos un vector de movimiento de referencia que está asociado con otra partición causal que está cerca de la partición causal.

En la aplicación del estándar H264/AVC, la otra partición causal es la más cercana a la partición causal señalada por el vector de movimiento. Se habla entonces de partición cúbica. En este caso, el dicho vector de movimiento es igual al vector de movimiento de referencia asociado con esta otra partición causal. Según una variante, el dicho vector de movimiento es igual a una mediana de una pluralidad de vectores de movimiento asociados respectivamente con una pluralidad de particiones causales seleccionadas como las más cercanas de la partición causal señalada por el movimiento.

Según aún otro modo de realización particular, la partición actual se reconstruye con la ayuda de al menos dos parámetros de codificación óptimos de diferente tipo que se utilizan como parámetros de decodificación de la partición actual.

Según aún otro modo de realización particular, el criterio de rendimiento de codificación se elige entre al menos un criterio perteneciente al grupo que comprende:

- un criterio de velocidad y distorsión, en el que la velocidad se calcula a través de la simulación,
- un criterio de distorsión.

5 La elección de tales criterios de rendimiento de codificación permite optimizar la calidad de la reconstrucción de la imagen.

Según aún otro modo de realización particular, la partición causal resulta de una transformación geométrica previa, siendo la decodificación de la dicha partición causal efectuada a través de la lectura en la señal de un índice relativo con la transformación geométrica.

10 Como se ha mencionado más arriba en relación con el procedimiento de codificación, una tal disposición permite optimizar la elección de la partición causal utilizada durante la reconstrucción de la partición actual y, por lo tanto, aumentar la calidad de la imagen por reconstruir, gracias a un bajo aumento del coste de codificación (en inglés "*bitrate*"), ya que en general solo se asigna un bit al índice de transformación geométrica.

15 De manera correspondiente, la invención también se refiere a un dispositivo de decodificación según la reivindicación 13.

La invención también se refiere a un programa de ordenador que comprende instrucciones para implementar uno de los procedimientos según la invención, cuando se ejecuta en un ordenador.

20 Este programa puede utilizar cualquier lenguaje de programación, y estar 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.

La invención también se refiere a un soporte de grabación legible por un ordenador en el cual se graba un programa de ordenador, comprendiendo este programa instrucciones adaptadas a la implementación de uno de los procedimientos según la invención, tales como los descritos anteriormente.

25 El soporte de informaciones puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de almacenar el programa. Por ejemplo, el soporte puede incluir un medio de almacenamiento, tal como una ROM, por ejemplo, un CD ROM o una ROM de circuito microelectrónico, o incluso un medio de grabación magnética, por ejemplo, un disquete (*floppy disc*) o un disco duro.

30 Por otro lado, el soporte de informaciones puede ser un soporte transmisible tal como una señal eléctrica u óptica, que puede ser transmitida a través de un cable eléctrico u óptico, por radio o por otros medios. El programa según la invención puede ser, en particular, descargado en una red de tipo Internet.

De manera alternativa, el soporte de informaciones puede ser un circuito integrado en el cual se incorpora el programa, estando el circuito adaptado para ejecutar o para ser utilizado en la ejecución del procedimiento en cuestión.

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

Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas resultarán evidentes con la lectura de un modo de realización preferido descrito con referencia a las figuras en las cuales:

- La Figura 1 representa las etapas del procedimiento de codificación según la invención,
- 40 - La Figura 2 representa un modo de realización de un dispositivo de codificación según la invención,
- La Figura 3 representa un modo de realización de un dispositivo de decodificación según la invención,
- La Figura 4 representa las etapas del procedimiento de decodificación según la invención,
- La Figura 5A representa un ejemplo de determinación de predictores Intra óptimos,
- La Figura 5B representa un ejemplo de determinación de predictores Inter óptimos,
- 45 - La Figura 6 representa diferentes predictores espaciales,
- La Figura 7 representa un ejemplo de determinación de dos parámetros de codificación de diferente tipo.

Descripción detallada del principio general de la invención.

A continuación, se describirá un modo de realización de la invención, en el cual el procedimiento de codificación según la invención se utiliza para codificar una secuencia de imágenes según un flujo binario cercano al obtenido mediante una codificación según el estándar H.264/MPEG-4 AVC. En este modo de realización, el procedimiento de codificación según la invención se implementa, por ejemplo, de manera de software o hardware mediante modificaciones de un codificador inicialmente conforme con el estándar H.264/MPEG-4 AVC. El procedimiento de codificación según la invención se representa en forma de un algoritmo que comprende las etapas C1 a C8, representadas en la Figura 1.

Según el modo de realización de la invención, el procedimiento de codificación según la invención se implementa en un dispositivo de codificación CO representado en la Figura 2.

A lo largo de una primera etapa C1, se procede al corte previo de un macrobloque MB_c actual de una imagen I_N en una pluralidad de particiones $PA_1, PA_2, \dots, PA_n$ como se representa en la Figura 2. Una tal etapa se efectúa de manera convencional a través de un módulo de software de partición, no representado.

Un tal módulo de partición utiliza, por ejemplo, un método de elección por competencia exhaustiva o incluso un método de elección con la ayuda de un algoritmo a priori. Tales métodos son bien conocidos por los expertos en la técnica (véase: G.J. Sullivan y T. Wiegand, "Rate-distortion optimization for video compression", IEEE Signal Proc. Mag., Páginas 74-90, 1998). Por lo tanto, no se describirán con más detalle.

Los diferentes tipos de posibles algoritmos de partición se reagrupan en una base de datos (no representada) del codificador CO. Permiten obtener un corte de la imagen o de los macrobloques de esta imagen en una pluralidad de particiones ya sea de forma rectangular o cuadrada, o de otras formas geométricas, tales como, por ejemplo, formas sustancialmente lineales, o de forma completamente arbitraria.

En el ejemplo representado en la Figura 2, un macrobloque MB_c actual de la imagen I_N actual se corta en dieciséis particiones $PA_1, PA_2, \dots, PA_{16}$. Las dichas particiones obtenidas, tienen todas, por ejemplo, la forma de un bloque cuadrado y todas son del mismo tamaño.

A lo largo de una etapa C2 representada en la Figura 1, se procede a la selección de al menos una partición PA_i , causal entre una pluralidad K de particiones $PA_{1r}, PA_{2r}, \dots, PA_{ir}, \dots, PA_{Kr}$ causales disponibles, ($1 \leq i \leq K$) es decir, una partición previamente codificada y luego decodificada, en vista de la codificación de una partición PA_c actual ($1 \leq c \leq n$) de la imagen I_N actual.

Para este efecto, un módulo de software de emparejamiento APP_CO representado en la Figura 2 es adecuado para seleccionar, entre todas las particiones causales mencionadas anteriormente, una primera partición causal que sea lo más similar posible a la partición PA_c actual, a través de un criterio convencional de puesta en conexión de bloques (en inglés «*block matching*») realizado en el dominio del píxel, o bien a través de una función característica de la partición PA_c actual tal como una proyección en un dominio transformado o incluso en el dominio del modo de codificación de este último como se describirá más adelante.

La partición PA_i causal seleccionada pertenece a una imagen codificada y luego decodificada previamente a la imagen I_N , o a la dicha imagen I_N .

Con el fin de optimizar la adecuación del tamaño y la forma de la partición PA_i causal seleccionada con la partición PA_c actual por codificar, se procede, a lo largo de una etapa C21 opcional, a una deformación geométrica de la dicha partición causal, aplicando a esta última una transformación geométrica tal como una rotación, una simetría, etc.... a través de un módulo de software de transformación geométrica MTG_CO bien conocido en sí mismo y tal como se representa en la Figura 2. Al final de una tal etapa, se obtiene una partición PA_{tr} causal transformada.

A lo largo de una etapa C3, se procede al cálculo de un parámetro de movimiento que define el movimiento entre la partición PA_c actual y la partición PA_i causal seleccionada. Un tal parámetro de movimiento es, por ejemplo, un vector MV_c de movimiento.

Una tal etapa es efectuada por un primer submódulo de software de cálculo CAL1_CO que pertenece a un módulo de software de procesamiento TR_CO, como se representa en la Figura 2.

Siendo el dicho parámetro de movimiento una información costosa de señalar al decodificador, se puede utilizar cualquier método convencional de reducción del coste de esta información (*Skip*, predicción de movimiento, ...).

A lo largo de una etapa C4 representada en la Figura 1, se procede según la invención al cálculo de al menos un parámetro de codificación óptimo asociado con la dicha partición PA_i causal seleccionada o bien con la dicha partición PA_{tr} causal seleccionada transformada, según un criterio de rendimiento de codificación predeterminado, a través de la puesta en competencia de una pluralidad de parámetros de codificación asociados con la dicha partición PA_i o PA_{tr} causal seleccionada.

En el sentido de la invención, los parámetros de codificación son representativos del modo de codificación utilizado y son, de manera no exhaustiva, del tipo que se define a continuación:

- el modo de predicción (predicción intra, predicción inter, predicción por defecto que realizan una predicción para la cual no se transmite ninguna información al decodificador («en inglés» «skip»);
- las informaciones que especifican el tipo de predicción (orientación, imagen de referencia, ...);
- el tipo de partición;

- 5
- el tipo de transformada, por ejemplo, DCT 4x4, DCT 8x8, ondículas, etc...
 - etc.

Para este efecto, a lo largo de una subetapa C41, la partición PA_{i_r} causal seleccionada en la etapa C2 antes mencionada o bien la partición PAT_{i_c} causal transformada en la etapa C21 antes mencionada se transmite a un submódulo TEST_CO de prueba de modos de codificación que se representa en la Figura 2.

- 10
- A lo largo de una subetapa C42 representada en la Figura 1, el submódulo TEST_CO calcula los diferentes modos de codificación posibles de la partición PA_{i_r} causal o la partición PAT_{i_r} causal transformada considerada.

Una vez que los diferentes modos de codificación posibles han sido probados por el submódulo de prueba TEST_CO, a lo largo de una subetapa C43 representada en la Figura 1, un submódulo de decisión DCN_CO, representado en la Figura 2, selecciona al menos un primer tipo de parámetro de codificación Idx_1 asociado con un modo de codificación óptimo, constituyendo una tal selección la predicción óptima según un criterio de rendimiento predeterminado que, en el ejemplo representado, es el criterio de velocidad y distorsión bien conocido por los expertos en la técnica. Un tal criterio se expresa a través de la siguiente ecuación (1):

- 15

$$(1) J = D + \lambda R$$

- 20
- donde D representa la distorsión entre la partición original y la partición reconstruida, R representa el coste en bits de la codificación de los parámetros de codificación y λ representa un multiplicador de Lagrange.

Según una variante particularmente ventajosa desde el punto de vista de la reducción del tiempo de cálculo en el codificador, el criterio de rendimiento predeterminado depende solo de la distorsión y se expresa a través de la siguiente ecuación (2):

$$(2) J' = D.$$

- 25
- Los criterios J y J' se calculan de manera convencional a través de la simulación.

Un primer tipo de parámetro de codificación óptimo obtenido al final de la etapa C43 consiste, por ejemplo, en el modo de predicción Inter 8x8 de la partición PA_{i_r} causal seleccionada.

Las etapas C2 a C43 antes mencionadas se reiteran para las otras K-1 particiones causales seleccionadas, lo que permite obtener al menos K-1 otros parámetros de codificación óptimos idx_2 , idx_3 , ..., idx_K .

- 30
- A lo largo de una etapa C5 representada en la Figura 1, un submódulo de software de cálculo PRED_CO, representado en la Figura 2, predice la partición PA_c actual, con la ayuda de los parámetros de codificación óptimos idx_1 , idx_2 , idx_3 , ..., idx_K seleccionados en la etapa C43, con respecto a al menos una de las particiones PA_{1_r} , PA_{2_r} , ..., PA_{K_r} causales.

Al final de esta etapa, se entrega una partición PAP_c actual predicha.

- 35
- A lo largo de una etapa C6 representada en la Figura 1, que solo tiene lugar para determinados parámetros de codificación óptimos seleccionados, un segundo submódulo de cálculo CAL2_CO, representado en la Figura 2, determina los datos a_1 , a_2 , ..., a_L residuales, a través de la comparación de los datos relacionados con la partición PA_c actual con los datos relacionados con la partición PAP_c actual predicha obtenida.

- 40
- A lo largo de una etapa C7 representada en la Figura 1, los datos a_1 , a_2 , ..., a_L residuales, se envían a un submódulo MTQ_CO de transformada y de cuantificación, representado en la Figura 2, para sufrir una transformada, por ejemplo, en cosenos discretos, y luego a una cuantificación.

Se supone que para la partición PAP_c actual predicha, se obtienen M datos residuales transformados y cuantificados al final de la etapa C7. Tales datos residuales transformados y cuantificados se indican, por ejemplo, C_1 , C_2 , ..., C_M .

- 45
- A lo largo de una etapa C8 representada en la Figura 1, la partición PAP_c actual predicha se codifica entonces de manera ventajosa heredando los parámetros de codificación óptimos seleccionados en la etapa C43 antes mencionada. Una señal F de datos es entonces entregada al final de la etapa C8.

Una tal codificación se efectúa a través de un codificador ENC tal como se representa en la Figura 2. Un tal codificador está, por ejemplo, de acuerdo con el estándar H.264/MPEG-4 AVC.

De acuerdo con la invención, la señal F de datos no contiene ventajosamente los parámetros de codificación óptimos seleccionados en la etapa C43 ya que estos parámetros están asociados a las particiones causales ya codificadas y luego decodificadas y, por lo tanto, disponibles en el decodificador. Por lo tanto, no es necesario transmitirlos en la señal F de datos que posiblemente contenga:

- 5 - la información de movimiento MV_c obtenida en la etapa C3 antes mencionada, solo en el caso en el que el decodificador no sea capaz de recalcular esta información por sí mismo,
- un índice Id_{TG} de transformación geométrica tal como se representa en la Figura 2, solo en el caso en el que se haya efectuado una transformación geométrica de una partición causal en la etapa C21 de la Figura 1,
- los valores codificados de los coeficientes $C_1, C_2, \dots, C_M$, si existen.
- 10 La señal F de datos se transmite luego a través de una interfaz de transmisión (no representada) del codificador CO, a través de una red de comunicación, a un terminal remoto. Esto incluye un decodificador DO tal como se representa en la Figura 3.
- La señal F se envía primero a un módulo de software de decodificación de entropía DE, decodificación inversa de la efectuada por el codificador ENC representado en la Figura 2. Luego, para una partición PA_{ic} actual por reconstruir,
- 15 los coeficientes $C_1, C_2, \dots, C_M$ decodificados, si existen, se envían a un módulo QTI_DO de cuantificación inversa y de transformada inversa que entrega los datos $a_1, a_2, \dots, a_L$ residuales obtenidos en la etapa de codificación C6 antes mencionada.
- Un módulo de software de procesamiento TR_DO, tal como se representa en la Figura 3, implementa las etapas D1 a D5 del procedimiento de decodificación según la invención, tal como se representa en la Figura 4.
- 20 Un tal procedimiento de decodificación según la invención también se implementa en software o hardware mediante modificaciones de un decodificador inicialmente de acuerdo con el estándar H.264/MPEG-4 AVC.
- A lo largo de una primera etapa D1 representada en la Figura 4, se procede a la determinación de un parámetro de movimiento MV_c asociado con la partición PA_{ic} actual por reconstruir. Un tal parámetro de movimiento es, por ejemplo, un vector MV_c de movimiento.
- 25 En el caso de que la señal F de datos no contenga un parámetro de movimiento, un submódulo de cálculo CAL1_DO, tal como se representa en la Figura 3, efectúa el cálculo del dicho vector MV_c de movimiento relativo al movimiento entre la partición PA_c actual por reconstruir y una partición PA_{ir} causal.
- En el caso en el que el vector MV_c de movimiento esté contenido en la señal F de datos, un submódulo de lectura LC_DO lee esta información en la señal F de datos recibida.
- 30 A lo largo de una etapa D2 representada en la Figura 4, se procede a la determinación de la partición PA_{ir} causal, que está señalada por el vector MV_c de movimiento leído por el submódulo de lectura LC_DO en la señal F de datos o calculado por el submódulo de lectura CAL1_DO. Una tal etapa se implementa a través de un segundo submódulo de cálculo CAL2_DO tal como se representa en la Figura 3.
- En el caso en el que la señal F de datos contiene un índice Id_{TG} de transformación geométrica que señala que la partición PA_{ir} causal ha sufrido en el codificador CO una transformación geométrica tal como una rotación, una simetría, etc..., se procede, a lo largo de una etapa D21 representada en la Figura 4, a una deformación geométrica de la dicha partición PA_{ir} causal aplicando a esta última la transformación geométrica señalada por el índice Id_{TG} a través de un módulo de software de transformación geométrica MTG_DO tal como se representa en la Figura 3 y que es idéntico en todos los sentidos al módulo de software de la transformación geométrica MTG_CO de la Figura 2. Al
- 40 final de una tal etapa, se obtiene una partición PA_{ir} causal transformada.
- A lo largo de una etapa D3 representada en la Figura 4, se procede según la invención al cálculo de al menos un parámetro de codificación óptimo asociado a la dicha partición PA_{ir} causal determinada o bien a la dicha partición PA_{ir} causal determinada transformada, según un criterio de rendimiento de codificación predeterminado, a través de la puesta en competencia de una pluralidad de parámetros de codificación asociados a la dicha partición causal
- 45 seleccionada.
- Los dichos parámetros de codificación son del mismo tipo que los mencionados más arriba en la descripción del procedimiento de codificación.
- Para este efecto, a lo largo de una subetapa D31 representada en la Figura 4, la partición PA_{ir} causal determinada en la etapa D2 antes mencionada o bien la partición PA_{ir} causal transformada determinada en la etapa D21 antes mencionada se transmite a un submódulo TEST_DO de prueba de los modos de codificación que está representado
- 50 en la Figura 3.
- A lo largo de una subetapa D32 representada en la Figura 4, el submódulo TEST_DO calcula los diferentes modos de codificación posibles de la partición PA_{ir} causal o de la partición PA_{ir} causal transformada considerada.

Una vez que los diferentes modos de codificación posibles han sido probados por el submódulo TEST_DO, a lo largo de una subetapa D33 representada en la Figura 4, un submódulo DCN_DO de decisión, representado en la Figura 3, selecciona al menos un primer tipo de parámetro de codificación idx_1 asociado con un modo de codificación óptimo, constituyendo una tal selección la predicción óptima según un criterio de rendimiento predeterminado que, en el ejemplo representado, es el criterio de velocidad y distorsión bien conocido por los expertos en la técnica. Un tal criterio se expresa a través de la siguiente ecuación (1):

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

D representa la distorsión entre la partición original y la partición reconstruida, R representa el coste en bits de la codificación de los parámetros de codificación y λ representa un multiplicador de Lagrange.

Según una variante particularmente ventajosa desde el punto de vista de la reducción del tiempo de cálculo en el codificador, el criterio de rendimiento predeterminado depende solo de la distorsión y se expresa a través de la siguiente ecuación (2):

$$(2) J' = D.$$

Un primer tipo de parámetro de codificación óptimo obtenido al final de la etapa D33 consiste, por ejemplo, en el modo de predicción Inter 8x8 de la partición PA_{i_r} causal determinada.

Las etapas D2 a D33 antes mencionadas se reiteran para K-1 otras particiones causales susceptibles de ser determinadas, lo que permite obtener al menos K-1 otros parámetros de codificación óptimos $idx_2, idx_3, \dots, idx_K$.

A lo largo de una etapa D4 representada en la Figura 4, un submódulo de software de cálculo PRED_DO, representado en la Figura 3, predice la partición PA_{i_c} actual por reconstruir con respecto a al menos una partición causal entre K particiones $PA_{1_r}, PA_{2_r}, \dots, PA_{K_r}$ causales ya codificadas y luego decodificadas, con la ayuda de los parámetros de codificación óptimos $idx_1, idx_2, idx_3, \dots, idx_K$ obtenidos en la etapa D33 y utilizados como parámetro de decodificación, y, si existen, los datos $a_1, a_2, \dots, a_L$ residuales entregados por el módulo QTI_DO de cuantificación inversa y de transformada inversa, tal como se representa en la Figura 3.

Al final de esta etapa, se entrega una partición PAP_c actual predicha.

La partición PAP_c actual predicha se decodifica luego, a lo largo de una etapa D5, agregando a este última, si existen, los datos $a_1, a_2, \dots, a_L$ residuales entregados por el módulo QTI_DO de cuantificación inversa y de transformada inversa, tal como se representa en la Figura 3. Una tal etapa se implementa a través de un submódulo RI de reconstrucción de acuerdo con el estándar H.264/MPEG-AVC.

Una vez decodificadas todas las particiones $PA_1, \dots, PA_N$ de la imagen I_N , el submódulo RI de reconstrucción de imagen proporciona, a la salida del decodificador DO, una imagen ID_N correspondiente a la decodificación de la imagen I_N .

Descripción detallada de un primer modo de realización

Ahora se describirá un primer modo de realización en el caso de un procedimiento de codificación/decodificación en modo Intra.

De acuerdo con el estándar H264/MPEG-AVC, se proponen varios tipos de modo de codificación/decodificación Intra según la forma en la cual está particionado un macrobloque actual. En el caso de la codificación Intra 16x16, el macrobloque se considera como una única partición que se predice con respecto a un conjunto de cuatro predictores espaciales. En el caso de la codificación Intra 8x8 o 4x4, cada bloque de menor tamaño se predice con respecto a un conjunto de nueve predictores espaciales que comprenden los cuatro predictores espaciales utilizados en la codificación Intra 16x16.

Una tal codificación/decodificación Intra por competencia, tal y como se implementa en el estándar H264/MPEG-AVC, se basa, por tanto, en la puesta en competencia de los diferentes predictores espaciales antes mencionados, con el objetivo de seleccionar el mejor predictor, es decir, el predictor que optimizará la codificación de la partición actual considerada según un criterio predeterminado, por ejemplo, el coste de velocidad y distorsión.

Como tales predictores son un gran número, la velocidad de la información de competencia inducida por estos múltiples predictores se encuentra por lo mismo aumentando. Por tanto, actualmente se evita ampliar la puesta en competencia a nuevos predictores Intra que, sin embargo, podrían demostrar que optimizan la predicción Intra.

La invención propone aplicar las etapas de codificación y decodificación tales como las descritas anteriormente en el contexto de una codificación/decodificación en modo Intra, sin limitar particularmente al número de predictores espaciales ya previstos en el estándar H264/MPEG-AVC, y aplicando la puesta en competencia al número de nuevos predictores Intra susceptibles de ser propuestos en el futuro.

Como en el ejemplo representado en la Figura 2, el macrobloque MB_c actual de la imagen I_N actual se corta a lo largo de la etapa C1 antes mencionada en dieciséis particiones $PA_1, PA_2, \dots, PA_{16}$. Las dichas particiones obtenidas, tienen todas, por ejemplo, la forma de un bloque cuadrado y son todas del mismo tamaño. Por tanto, el macrobloque MB_c cortado se representa en la Figura 5A. Con fines de claridad del dibujo, solo se representan las particiones $PA_4, PA_8, PA_{12}, PA_{13}$ y PA_{16} .

A lo largo de una etapa siguiente que reagrupa las etapas C2 y C4 antes mencionadas tales como las representadas en la Figura 1, para cada una de las particiones PA_1 a PA_{16} , se procede a la selección de al menos un macrobloque causal que contiene una pluralidad K de particiones $PA_{1r}, PA_{2r}, \dots, PA_{ir}, \dots, PA_{Kr}$ causales disponibles, ($1 \leq i \leq K$).

En el ejemplo representado en la Figura 5A, una tal selección se efectúa de acuerdo con un criterio de correlación de modos de predicción entre las particiones actuales por predecir del macrobloque MB_c actual y las particiones causales de un macrobloque causal que hace parte de un número E de macrobloques $MB_{1r}, MB_{2r}, \dots, MB_{Er}, \dots, MB_{jr}$ causales disponibles, donde $1 \leq j \leq E$. Con fines de claridad del dibujo, solo se representan los macrobloques MB_{1r}, MB_{2r} y MB_{jr} causales, estando los macrobloques causales restantes representados esquemáticamente por líneas sombreadas.

Para este efecto, se procede:

- al cálculo de los predictores espaciales óptimos para cada una de las particiones del macrobloque MB_c actual considerado,

- al cálculo de los predictores espaciales óptimos para cada una de las particiones de un macrobloque causal considerado.

Al final del cálculo, los predictores espaciales óptimos relacionados con cada una de las particiones PA_1 a PA_{16} actuales del macrobloque MB_c actual son respectivamente $H, H, V, DC, H, V, Vleft, Vleft, Hup, V, V, DC, H, Vleft, DC, DC$.

Con referencia a la Figura 6, los predictores de tipo $H, V, DC, Vleft$ y Hup corresponden respectivamente a cinco direcciones posibles, entre las nueve direcciones de predicción posibles en modo de codificación Intra, con respecto a las cuales una partición actual puede ser predicha con respecto a una partición causal contenida en la misma imagen. Estas cinco direcciones comprenden de manera convencional:

- la dirección horizontal, señalada H ,
- la dirección vertical, señalada V ,
- la dirección constituida por la media de las dos direcciones anteriores, señalada DC ,
- una primera dirección diagonal, señalada $Vleft$,
- una segunda dirección diagonal, señalada Hup .

Como se puede ver en la Figura 5A, el macrobloque causal para el cual los predictores espaciales óptimos calculados son los más similares a los calculados con relación al macrobloque MB_c actual, es el primer macrobloque MB_{1r} causal. Por lo tanto, es este macrobloque MB_{1r} causal el que se selecciona.

El macrobloque MB_{1r} causal obtenido según el criterio de correlación de los modos se elige mejor que en el caso de una puesta en conexión de bloques convencional, ya que se tiene en cuenta la correlación entre el macrobloque MB_c actual y los macrobloques causales, predictor por predictor. Por otro lado, en el caso de una puesta en conexión convencional por «*block matching*», los predictores espaciales del macrobloque causal seleccionado pueden resultar diferentes de los predictores óptimos realmente calculados para el dicho macrobloque causal, lo que afecta significativamente la precisión de la selección de este macrobloque causal.

Por otra parte, se procede a la etapa C3 antes mencionada del cálculo del vector MV_c de movimiento entre el macrobloque MB_c actual y el macrobloque MB_{1r} causal.

A continuación, cada una de las particiones PA_1 a PA_{16} actuales del macrobloque MB_c actual se predice a lo largo de la etapa C5 antes mencionada, con la ayuda de los predictores óptimos calculados respectivamente para cada una de las particiones del macrobloque MB_{1r} causal.

A continuación, las etapas C6 a C8 antes mencionadas se implementan de modo que codifique el macrobloque MB_c actual.

La señal F de datos transmitida al decodificador DO al final de la etapa C8 contiene de manera opcional el vector MV_c de movimiento y los datos residuales, si existen. Por otro lado, la señal F de datos no contiene ventajosamente el y/o los predictores óptimos del y/o de los macrobloques causales que han sido calculados en la etapa C4 antes mencionada, ya que estos predictores están asociados con macrobloques ya codificados y luego decodificados y, por lo tanto, pueden ser determinados de manera independiente por el decodificador DO .

Con referencia a la Figura 4, la etapa D1 de decodificación antes mencionada se aplica luego a la señal F de datos codificada de modo que decodifique el vector MV_c de movimiento calculado en la etapa C3.

El macrobloque $MB1_r$ causal señalado por el vector MV_c de movimiento se determina entonces a lo largo de la etapa D2 de decodificación antes mencionada.

5 A continuación, se procede al cálculo de los predictores óptimos para cada una de las particiones del macrobloque $MB1_r$ causal a través de la implementación de la etapa D3 antes mencionada. Según el primer modo de realización, estos son los predictores espaciales H, H, V, DC, H, V, Vleft, Vleft, Hup, V, V, DC, H, Vleft, DC, DC asociados respectivamente a las particiones $PA1_r$ a $PA16_r$ del macrobloque $MB1_r$ causal.

10 A lo largo de la etapa D4 antes mencionada, se predice el macrobloque MB_c actual por reconstruir con respecto al macrobloque $MB1_r$ causal, con la ayuda de los predictores espaciales óptimos H, H, V, DC, H, V, Vleft, Vleft, Hup, V, V, DC, H, Vleft, DC, DC.

Al final de esta etapa, se entrega un macrobloque MBp_c actual predicho.

A lo largo de la etapa D5 antes mencionada, se reconstruye entonces el macrobloque MBp_c actual predicho.

15 La invención, por supuesto, no se limita al hecho de que el o los macrobloques causales sean sistemáticamente seleccionados en la imagen I_N actual.

Con referencia a la Figura 5B que ilustra una variante del modo de realización de la Figura 5A, el macrobloque $MB1_r$ causal está ubicado en una imagen previamente codificada/decodificada y no en la imagen I_N actual. Una tal imagen previamente codificada/decodificada es, por ejemplo, la imagen I_{N-1} que precede inmediatamente a la imagen I_N actual.

20 Según una tal variante, las etapas de codificación/decodificación, descritas anteriormente con referencia a la Figura 5A se reproducen de manera idéntica con el macrobloque $MB1_r$ causal seleccionado en la imagen I_{N-1} y, por esta razón, no se describirán más.

Descripción detallada de un segundo modo de realización

25 Se describirá ahora un segundo modo de realización en el caso de un procedimiento de codificación/decodificación en el cual se aplica un método iterativo de muestreo comprimido (en inglés "«*compressed sensing*»). Un tal método es convencional y se describe, por ejemplo, en el documento T.T. Do, Xiaoan Lu, y J. Sole. «*Compressive sensing with adaptive pixel domain reconstruction for block-based video coding*». *Proceedings of 2010 IEEE 17th International Conference on Image Processing*, páginas 3377-3380, 2010.

30 Este método permite eliminar varios coeficientes residuales transformados y cuantificados y luego reconstruir la partición actual correspondiente de manera eficaz. Sin embargo, para ser muy eficiente, un tal método requiere un gran número de parámetros. Por tanto, el coste de señalización reducido, tal como el obtenido de manera ventajosa por el método gracias a la eliminación de los coeficientes antes mencionados, es incrementado de manera desfavorable, debido a la obligación de agregar este gran número de parámetros en la señal de datos por transmitir al decodificador. Por lo tanto, un tal aumento del coste es perjudicial para el valor de un tal método.

Los parámetros utilizados por este método son:

- 35
- los parámetros de submuestreo,
 - los operadores de adquisición, tales como del tipo de transformada: DCT, ondículas, etc...,
 - los operadores de reconstrucción,
 - los parámetros utilizados por el algoritmo de reconstrucción.

40 La presente invención permite de manera ventajosa aplicar este método iterativo sin impactar en el coste de señalización de tales parámetros, ya que estos últimos no se transmiten de manera ventajosa en la señal de datos con destino al decodificador.

45 Como en el ejemplo representado en la Figura 2, el macrobloque MB_c actual de la imagen I_N actual se corta a lo largo de la etapa C1 antes mencionada en dieciséis particiones $PA1$, $PA2$, ..., $PA16$. Las dichas particiones obtenidas, tienen todas, por ejemplo, la forma de un bloque cuadrado y son todas del mismo tamaño. Por tanto, el macrobloque MB_c recortado es, por ejemplo, idéntico al representado en la Figura 5A.

A lo largo de la etapa C2 antes mencionada tal como se representa en la Figura 1, para cada una de las particiones $PA1$ a $PA16$, se procede a la selección de al menos un macrobloque causal que contiene una pluralidad K de particiones $PA1_r$, $PA2_r$, ..., PAi_r , ... PAK_r causales disponibles, ($1 \leq i \leq K$).

En el ejemplo representado, una tal selección se efectúa de acuerdo con un criterio convencional de puesta en conexión de bloques (en inglés «*block matching*»). Por tanto, el macrobloque seleccionado es, por ejemplo, el macrobloque MB_j, representado en la Figura 5A.

- 5 Como variante, una tal selección se efectúa de acuerdo con un criterio de puesta en conexión a través de «*block matching*» modificado. Este criterio consiste en seleccionar el macrobloque causal cuyos datos residuales transformados son los más cercanos de los datos residuales transformados del macrobloque MB_c actual.

A lo largo de la etapa C3 antes mencionada, tal como se representa en la Figura 1, se procede al cálculo del vector MV'_c de movimiento entre el macrobloque MB_c actual y el macrobloque MB_j causal. El vector MV'_c de movimiento se representa en la Figura 5A.

- 10 A lo largo de la etapa C4 antes mencionada, tal como se representa en la Figura 1, se procede al cálculo de uno o más parámetros de codificación óptimos relativos al macrobloque MB_j causal.

- 15 Para este efecto, se procede, para cada una de las particiones del macrobloque MB_j causal seleccionado, a una puesta en competencia, según el criterio de velocidad y distorsión J o J' antes mencionado, de los coeficientes de ponderación, de los parámetros de submuestreo, de los operadores de adquisición, de los operadores de reconstrucción o de una combinación de estos elementos, de modo que se determine al menos un parámetro de codificación óptimo entre estos elementos.

Al final de la etapa C4, por ejemplo, se considera que un parámetro de submuestreo optimiza la codificación de cada una de las particiones causales del macrobloque MB_j causal seleccionado.

- 20 Cada una de las particiones PA1 a PA16 actuales del macrobloque MB_c actual se predice entonces a lo largo de la etapa C5 antes mencionada. Al final de esta etapa, se entrega un macrobloque MB_pc actual predicho.

A lo largo de la etapa C6 antes mencionada, tal como se representa en la Figura 1, se procede a la determinación de los datos a₁, a₂, ..., a_L residuales a través de la comparación de los datos relacionados con el macrobloque MB_c actual con los datos relacionados con el macrobloque MB_pc actual predicho obtenido.

- 25 A lo largo de la etapa C7 antes mencionada, tal como se representa en la Figura 1, los datos a₁, a₂, ..., a_L residuales, son transformados y luego cuantificados de modo que obtengan los coeficientes C₁, C₂, ..., C_M.

De acuerdo con un segundo modo de realización, después de la etapa C7, sólo algunos de los coeficientes C₁, C₂, ..., C_M se conservan después de un submuestreo (no representado) de estos últimos con la ayuda del dicho parámetro de submuestreo óptimo determinado en la etapa C4.

- 30 La etapa C8 antes mencionada, tal como se representa en la Figura 1, se implementa entonces de modo que codifique el macrobloque MB_c actual.

- 35 La señal F de datos transmitida al decodificador DO al final de la etapa C8 contiene de manera opcional el vector MV'_c de movimiento si el decodificador DO no es capaz de recalcularlo de manera independiente y, según el segundo modo de realización, los datos residuales calculados en la etapa C6. Por otro lado, la señal F de datos no contiene de manera ventajosa el parámetro de submuestreo que se ha determinado en la etapa C4 antes mencionada, ya que este parámetro está asociado con el macrobloque MB_j causal ya codificado y luego decodificado y, por lo tanto, puede ser determinado de manera independiente por el decodificador DO.

Con referencia a la Figura 4, la etapa D1 de decodificación antes mencionada se aplica luego a la señal de datos F codificada de modo que codifique el vector de movimiento MV'_c calculado en la etapa C3.

- 40 El macrobloque MB_j causal señalado por el vector MV'_c de movimiento se determina entonces a lo largo de la etapa D2 de decodificación antes mencionada.

A continuación, se procede al cálculo de los parámetros de codificación óptimos para cada una de las particiones del macrobloque MB_j causal a través de la implementación de la etapa D3 antes mencionada. Según el segundo modo de realización, esta etapa de cálculo entrega un parámetro de submuestreo óptimo para cada una de las particiones causales del macrobloque MB_j causal.

- 45 A lo largo de la etapa D4 antes mencionada, cada una de las particiones PA1 a PA16 actuales del macrobloque MB_c actual por reconstruir se predice de una manera convencional con el fin de entregar un macrobloque MB_pc actual predicho.

- 50 A lo largo de la etapa D5 antes mencionada, el macrobloque MB_pc actual predicho se reconstruye entonces agregando al macrobloque MB_pc actual predicho, datos residuales transmitidos en la señal F de datos, y a través del submuestreo de los coeficientes C₁, C₂, ..., C_M, resultantes de la transformación y de la cuantificación de los dichos datos residuales, con la ayuda del parámetro de submuestreo óptimo calculado en la etapa D3.

Descripción detallada de un tercer modo de realización.

Ahora se describirá un tercer modo de realización en el caso de un procedimiento de codificación/decodificación al cual se aplica una predicción de tipo Intra o Inter como se describe en el primer modo de realización y un método iterativo de muestreo comprimido tal como se describe en el segundo modo de realización.

5 Por tanto, un tal modo de realización permite obtener al menos dos parámetros de codificación óptimos resultantes respectivamente de la implementación de los modos de realización primero y la segundo. Una tal disposición permite codificar con mayor precisión un macrobloque actual, ya que entran en juego dos parámetros óptimos de diferentes tipos, en lugar de uno solo.

Se supone que, según el primer modo de realización, la predicción es de tipo Intra.

10 Como en el ejemplo representado en la Figura 2, el macrobloque MB_c actual de la imagen I_N actual se corta a lo largo de la etapa C1 antes mencionada en dieciséis particiones PA1, PA2, ..., PA16. Las dichas particiones obtenidas, tienen todas, por ejemplo, la forma de un bloque cuadrado y son todas del mismo tamaño. Por tanto, el macrobloque MB_c cortado se representa en la Figura 7. Con fines de claridad del dibujo, solo se representan las particiones PA4, PA8, PA12, PA13 y PA16.

15 Como en el primer modo de realización, se procede, a lo largo de las etapas C2 y C4, para cada una de las particiones PA1 a PA16 del macrobloque MB_c actual, a la selección de al menos un macrobloque causal que contiene una pluralidad K de particiones PA1_r, PA2_r, ..., PAi_r, ... PAK_r causales disponibles, ($1 \leq i \leq K$).

20 En el ejemplo representado en la Figura 7, una tal selección se efectúa de la misma manera que en el primer modo de realización, es decir, de acuerdo con un criterio de correlación de modos de predicción entre las particiones actuales por predecir del macrobloque MB_c actual y las particiones causales de un macrobloque causal que hace parte de un número E de macrobloques MB1_r, MB2_r, ..., MBj_r, ... MBE_r causales disponibles, donde $1 \leq j \leq E$. Con fines de claridad del dibujo, solo se representan los macrobloques causales MB1_r, MB3_r y MBj_r, estando los macrobloques causales restantes representados de manera esquemática a través de líneas sombreadas.

Por lo tanto, para este efecto, se procede:

25 - al cálculo de los predictores espaciales óptimos para cada una de las particiones del macrobloque MB_c actual considerado,
- al cálculo de los predictores espaciales óptimos para cada una de las particiones de un macrobloque causal considerado.

30 Al final del cálculo, los predictores espaciales óptimos relacionados con cada una de las particiones PA1 a PA16 actuales del macrobloque MB_c actual son respectivamente H, H, V, DC, H, V, Vleft, Vleft, Hup, V, V, DC, H, Vleft, DC, DC.

Como se puede ver en la Figura 7, el macrobloque causal para el cual los predictores espaciales óptimos calculados son los más similares a los calculados con relación al macrobloque MB_c actual, es el primer macrobloque MB1_r causal. Por lo tanto, es este macrobloque MB1_r causal el que se selecciona.

35 Por otra parte, se procede a la etapa C3 antes mencionada de cálculo del vector MV1_c de movimiento entre el macrobloque MB_c actual y el macrobloque MB1_r causal.

De manera paralela, las etapas C2 a C4 tales como las descritas anteriormente en relación con el segundo modo de realización se implementan de modo de obtener, para un macrobloque causal considerado, parámetros de muestreo comprimidos óptimos.

40 A lo largo de la etapa C2 antes mencionada, para cada una de las particiones PA1 a PA16 del macrobloque MB_c actual, se procede a la selección de al menos un macrobloque causal que contiene una pluralidad K de particiones PA1_r, PA2_r, ..., PAi_r, ... PAK_r causales disponibles, ($1 \leq i \leq K$).

En el ejemplo que se representa en la Figura 7, una tal selección se efectúa de acuerdo con un criterio de puesta en conexión de bloques convencional. El macrobloque causal seleccionado es, por ejemplo, el macrobloque MB3_r.

45 Como variante, una tal selección se efectúa de acuerdo con un criterio de puesta en conexión a través de «*block matching*» modificado.

A lo largo de la etapa C3 antes mencionada, se procede al cálculo de un vector MV2_c de movimiento entre el macrobloque MB_c actual y el macrobloque MB3_r causal que acaba de ser seleccionado en la etapa C2.

A lo largo de la etapa C4, se procede al cálculo de uno o más parámetros de codificación óptimos relacionados con el macrobloque MB3_r causal seleccionado.

50 Para este efecto, se procede, para cada una de las particiones del macrobloque causal seleccionado, una puesta en competencia, según el criterio de velocidad y distorsión J o J' antes mencionado, de los coeficientes de ponderación,

de los parámetros de submuestreo, de los operadores de adquisición, de los operadores de reconstrucción o de una combinación de estos elementos, de modo que determine al menos un parámetro de codificación óptimo entre estos elementos.

5 Al final de la etapa C4, por ejemplo, se considera que un parámetro de submuestreo optimiza la codificación del macrobloque MB3_r causal seleccionado.

Cada una de las particiones PA1 a PA16 actuales del macrobloque MB_c actual se predice entonces a lo largo de la etapa C5 antes mencionada, con la ayuda de los predictores óptimos calculados respectivamente para cada una de las particiones del macrobloque MB1_r causal y también con respecto a cada una de las particiones del macrobloque MB3_r causal.

10 A lo largo de la etapa C6 antes mencionada, se procede a la determinación de los datos $a_1, a_2, \dots, a_L$ residuales a través de la comparación de los datos relacionados con el macrobloque MB_c actual con los datos relacionados con el macrobloque MBp_c actual predicho obtenido.

A lo largo de la etapa C7 antes mencionada, los datos $a_1, a_2, \dots, a_L$ residuales, se transforman y luego se cuantifican de modo de obtener los coeficientes $C_1, C_2, \dots, C_M$.

15 De acuerdo con un tercer modo de realización, después de la etapa C7, sólo algunos de los coeficientes $C_1, C_2, \dots, C_M$ se conservan después de un submuestreo (no representado) de estos últimos con la ayuda del dicho parámetro de submuestreo óptimo determinado en la etapa C4.

A continuación, la etapa C8 antes mencionada se implementa de modo de codificar el macrobloque MB_c actual.

20 La señal F de datos transmitida al decodificador DO al final de la etapa C8 contiene de manera opcional los vectores MV1_c y MV2_c de movimiento calculados en la etapa C3 antes mencionada, si el decodificador DO no es capaz de recalcularlos de manera independiente, así como los datos residuales calculados en la etapa C6. Por otro lado, la señal F de datos no contiene de manera ventajosa los predictores espaciales y el parámetro de submuestreo que se han determinado en la etapa C4 antes mencionada, ya que estos últimos están asociados con los macrobloques MB1_r y MB3_r causales ya codificados y luego decodificados y, por lo tanto, pueden ser determinados de manera independiente por el decodificador DO.

25 A lo largo de la etapa D1 de decodificación antes mencionada, se procede a la decodificación de los vectores MV1_c y MV2_c de movimiento calculados en la etapa C3.

Los macrobloques MB1_r y MB3_r causales señalados respectivamente por los vectores MV1_c y MV2_c de movimiento se determinan entonces a lo largo de la etapa D2 de decodificación antes mencionada.

30 A lo largo de la etapa D3 antes mencionada, se procede entonces al cálculo de los predictores óptimos H, H, V, DC, H, V, Vleft, Vleft, Hup, V, V, DC, H, Vleft, DC, DC asociados respectivamente con las particiones PA1_r a PA16_r del macrobloque MB1_r causal. A lo largo de esta misma etapa, se procede al cálculo del parámetro de submuestreo óptimo para cada una de las particiones causales del macrobloque MBj_r causal.

A lo largo de la etapa D4 antes mencionada, se predice el macrobloque MB_c actual por reconstruir:

35 - por un lado, con respecto al macrobloque MB1_r causal, con la ayuda de los predictores espaciales óptimos H, H, V, DC, H, V, Vleft, Vleft, Hup, V, V, DC, H, Vleft, DC, DC,

- y, por otro lado, con respecto al macrobloque MB3_r causal.

Al final de esta etapa, se entrega un macrobloque MBp_c actual predicho.

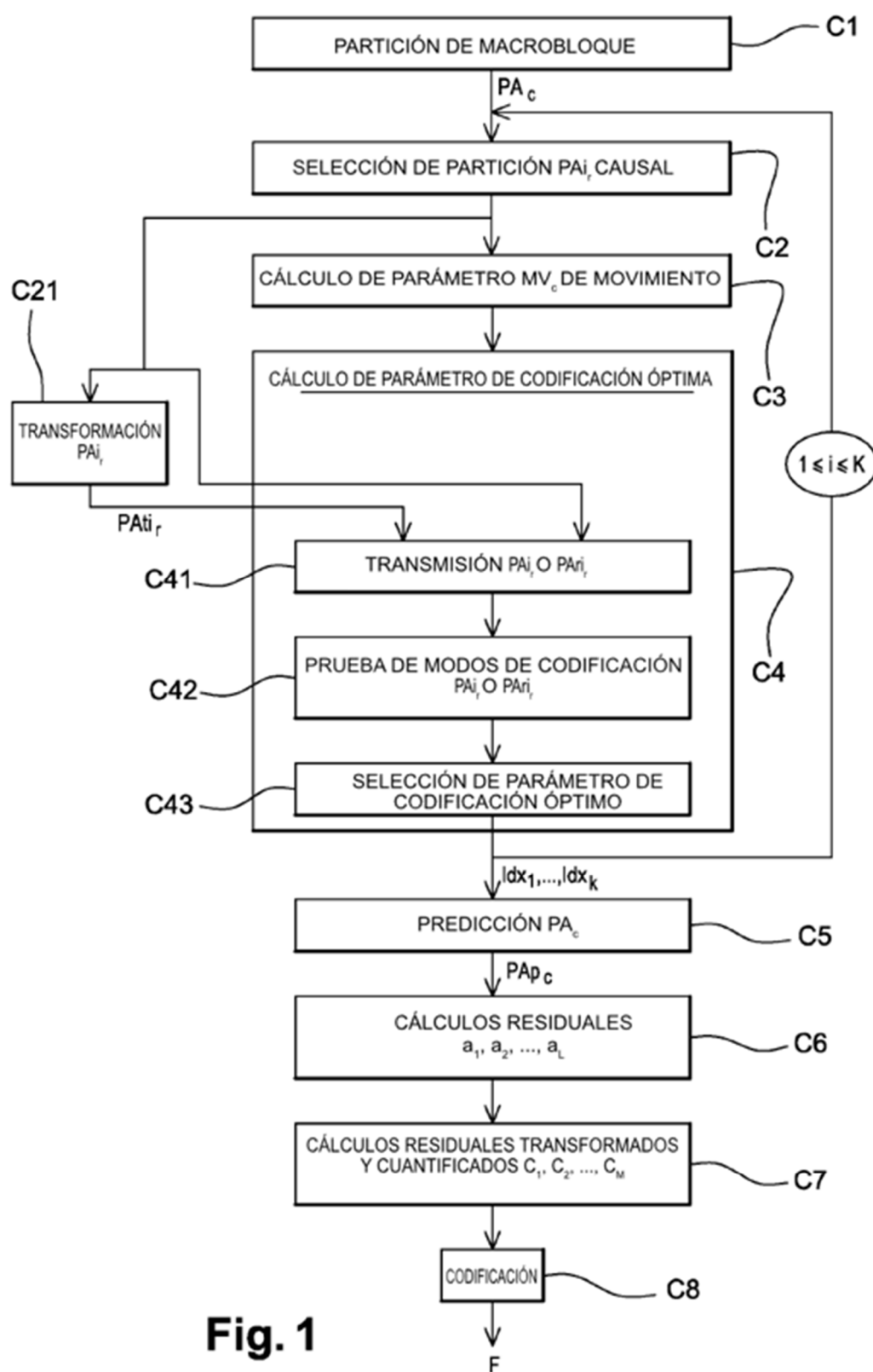
40 A lo largo de la etapa D5 antes mencionada, el macrobloque MBp_c actual predicho, se reconstruye luego agregando, al macrobloque MBp_c actual predicho, datos residuales transmitidos en la señal F de datos, y a través del submuestreo de los coeficientes $C_1, C_2, \dots, C_M$, resultantes de la transformación y de la cuantificación de los dichos datos residuales, con la ayuda del parámetro de submuestreo óptimo calculado en la etapa D3.

45 Es evidente que los modos de realización que se han descrito anteriormente se han dado simplemente a título indicativo y de ningún modo limitativo, y que los expertos en la técnica pueden realizar fácilmente numerosas modificaciones sin por ello, apartarse del contexto de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de codificación de al menos una imagen (I_N) cortada en particiones ($PA_1, PA_2, \dots PA_n$), caracterizado porque implementa, para una partición (PA_c) actual por codificar, las etapas de:
 - 5 - selección (C_2) de al menos una partición ($PA_{i_r}, Pati_r$) causal ya codificada y luego decodificada durante una primera codificación y decodificación,
 - cálculo (C_4) de al menos un parámetro de codificación óptimo de la dicha al menos una partición causal seleccionada, para optimizar un criterio de rendimiento de codificación predeterminado de una segunda codificación de la dicha al menos una partición causal seleccionada, poniendo en competencia una pluralidad de parámetros de codificación para
 - 10 la dicha segunda codificación de la dicha al menos una partición causal seleccionada;
 - codificación (C_8) de la partición actual con la ayuda del dicho al menos un parámetro de codificación óptimo de la dicha al menos una partición causal seleccionada calculada.
2. Procedimiento de codificación según la reivindicación 1, a lo largo del cual la dicha etapa de selección de partición causal consiste en:
 - 15 - determinar una pluralidad de particiones causales,
 - calcular al menos un parámetro de codificación óptimo asociado con cada una de las dichas particiones causales según el dicho criterio de rendimiento de codificación predeterminado,
 - 20 - calcular al menos un parámetro de codificación óptimo asociado con la dicha partición actual según el dicho criterio de rendimiento de codificación predeterminado,
 - comparar el parámetro de codificación óptimo calculado en asociación con la dicha partición actual con cada uno de los parámetros de codificación óptimos calculados respectivamente en asociación con cada una de las dichas particiones causales,
 - 25 seleccionar la partición causal cuyo parámetro de codificación óptimo tiene el valor más cercano al del parámetro de codificación óptimo de la dicha partición actual.
3. Procedimiento de codificación según la reivindicación 1, a lo largo del cual la dicha etapa de selección de partición causal consiste en:
 - 30 - determinar una pluralidad de particiones causales;
 - seleccionar la partición causal más cercana a la dicha partición actual por una puesta en conexión de bloques.
4. Procedimiento de codificación según una de las reivindicaciones anteriores, a lo largo del cual la dicha partición ($Pati_r$) causal seleccionada resulta de una transformación geométrica previa, comprendiendo el dicho procedimiento una etapa de codificación de un índice asociado con la dicha transformación.
5. Dispositivo (CO) de codificación de al menos una imagen cortada en particiones, caracterizado porque comprende, para una partición actual por codificar:
 - 40 - medios (APP_CO) de selección de al menos una partición causal ya codificada y luego decodificada durante una primera codificación y decodificación,
 - medios (TR_CO) de procesamiento capaces de calcular al menos un parámetro de codificación óptimo para optimizar un criterio de rendimiento de codificación predeterminado de una segunda codificación de la dicha al menos una
 - 45 partición causal seleccionada, poniendo en competencia una pluralidad de parámetros de codificación para la dicha segunda codificación de la dicha al menos una partición causal seleccionada;
 - medios (ENC) de codificación de la partición actual con la ayuda del dicho al menos un parámetro de codificación óptimo de la dicha al menos una partición causal seleccionada calculada.
6. Programa de ordenador que comprende instrucciones para implementar el procedimiento de codificación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, cuando se ejecuta en un ordenador.
7. Soporte de grabación legible por un ordenador en el cual se graba un programa de ordenador que comprende instrucciones para la ejecución de las etapas del procedimiento de codificación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, cuando el dicho programa es ejecutado por un ordenador.
8. Procedimiento de decodificación de una señal de datos representativa de al menos una imagen (I_N) cortada en particiones que comprenden al menos una partición causal ya codificada y luego decodificada durante una primera codificación y decodificación, caracterizado porque implementa, para al menos una partición actual por reconstruir en la dicha imagen, las etapas de:
 - 60 - determinación (D_2) de al menos una partición causal a partir de al menos un parámetro de movimiento asociado con la dicha partición actual por reconstruir;
 - puesta en competencia (D_{32}) de una pluralidad de parámetros de codificación para una segunda codificación de la
 - 65 dicha partición causal determinada;

- determinación (D33) de al menos un parámetro de codificación óptimo para optimizar un criterio de rendimiento de codificación predeterminado de la dicha segunda codificación de la dicha al menos una partición causal,
 - reconstrucción (D5) de la dicha partición actual con la ayuda del dicho al menos un parámetro de codificación óptimo determinado de la dicha al menos una partición causal, el cual se utiliza como parámetro de decodificación de la dicha partición actual.
- 5
9. Procedimiento de decodificación según la reivindicación 8, a lo largo del cual la determinación del dicho parámetro de movimiento se efectúa a través del cálculo o también a través de la lectura de este último en la dicha señal de datos.
- 10
10. Procedimiento de decodificación según la reivindicación 8, a lo largo del cual la partición actual se reconstruye con la ayuda de al menos dos parámetros de codificación óptimos de diferente tipo que se utilizan como parámetros de decodificación de la dicha partición actual.
- 15
11. Procedimiento de decodificación según la reivindicación 8, a lo largo del cual el criterio de rendimiento de codificación se elige entre al menos un criterio perteneciente al grupo que comprende:
- un criterio de velocidad y distorsión, en el que la velocidad se calcula a través de la simulación,
 - un criterio de distorsión.
- 20
12. Procedimiento de decodificación según la reivindicación 8, en el cual la dicha partición causal resulta de una transformación geométrica previa, estando la dicha transformación determinada a través de la lectura en la dicha señal de un índice relativo a la dicha transformación geométrica.
- 25
13. Dispositivo (DO) de decodificación de una señal de datos representativa de al menos una imagen cortada en particiones que comprende al menos una partición causal ya codificada y luego decodificada durante una primera codificación y decodificación, caracterizado porque comprende, para al menos una partición actual por reconstruir en la dicha imagen:
- medios (CAL2_DO) de determinación de al menos una partición causal a partir de al menos un parámetro de movimiento asociado con la dicha partición actual por reconstruir;
 - medios (TEST_DO) de puesta en competencia de una pluralidad de parámetros de codificación para una segunda codificación de la dicha partición causal determinada;
 - medios (DCN_DO) de determinación de al menos un parámetro de codificación óptimo para optimizar un criterio de rendimiento de codificación predeterminado de la dicha segunda codificación de la dicha partición causal;
 - medios (RI) de reconstrucción de la dicha partición actual con la ayuda del dicho al menos un parámetro de codificación óptimo determinado de la dicha al menos una partición causal, el cual se utiliza como parámetro de decodificación de la dicha partición actual.
- 30
- 35
- 40
14. Programa de ordenador que comprende instrucciones para implementar el procedimiento de decodificación según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, cuando se ejecuta en un ordenador.
- 45
15. Soporte de grabación legible por un ordenador en el cual se graba un programa de ordenador que comprende instrucciones para la ejecución de las etapas del procedimiento de decodificación según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, cuando el dicho programa es ejecutado por un ordenador.



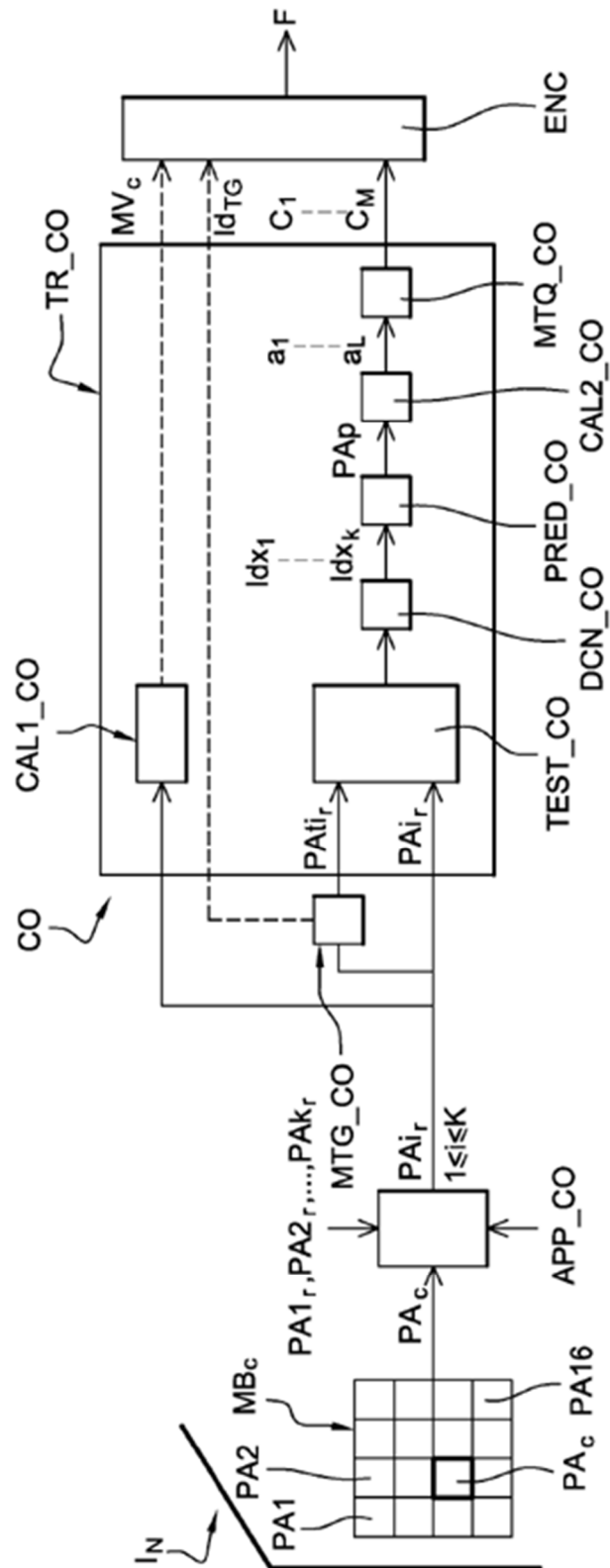


Fig. 2

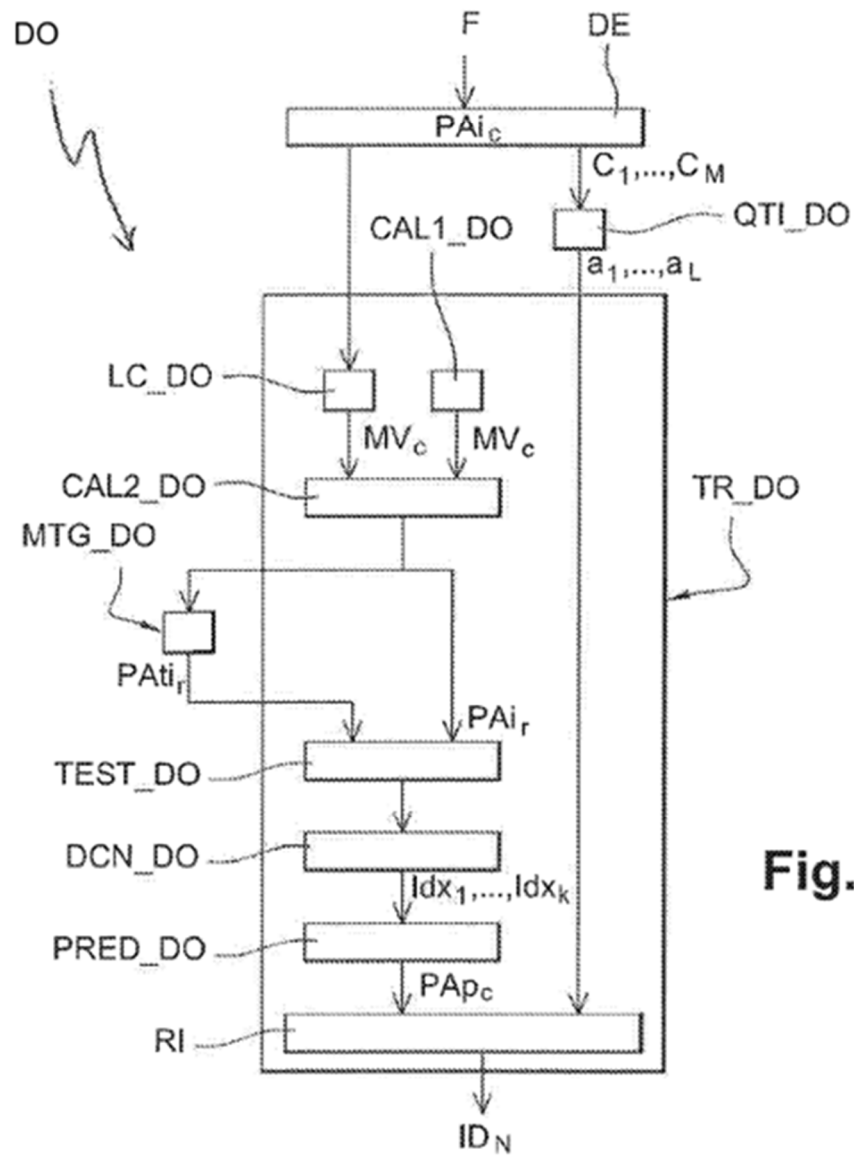
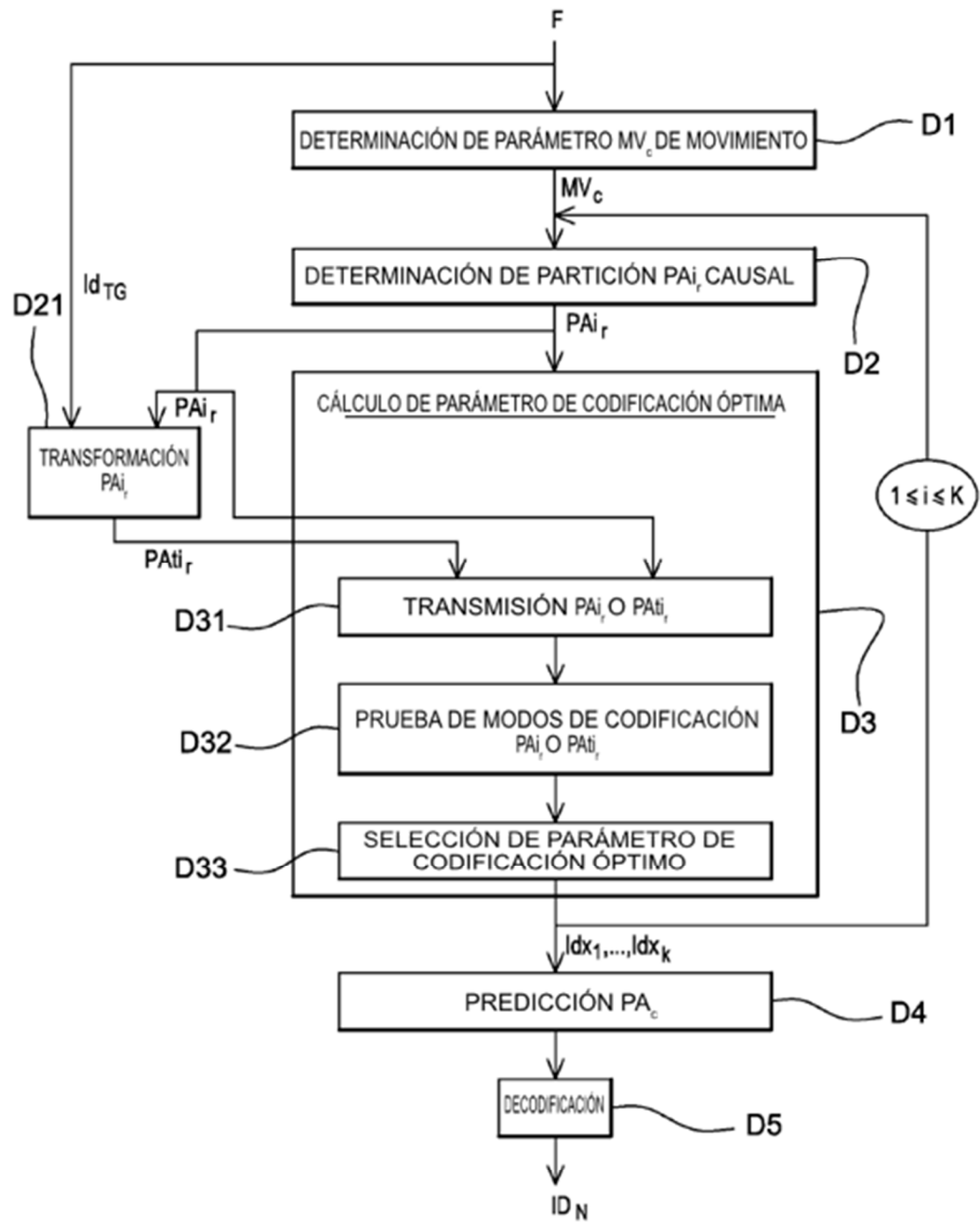


Fig. 3

**Fig. 4**

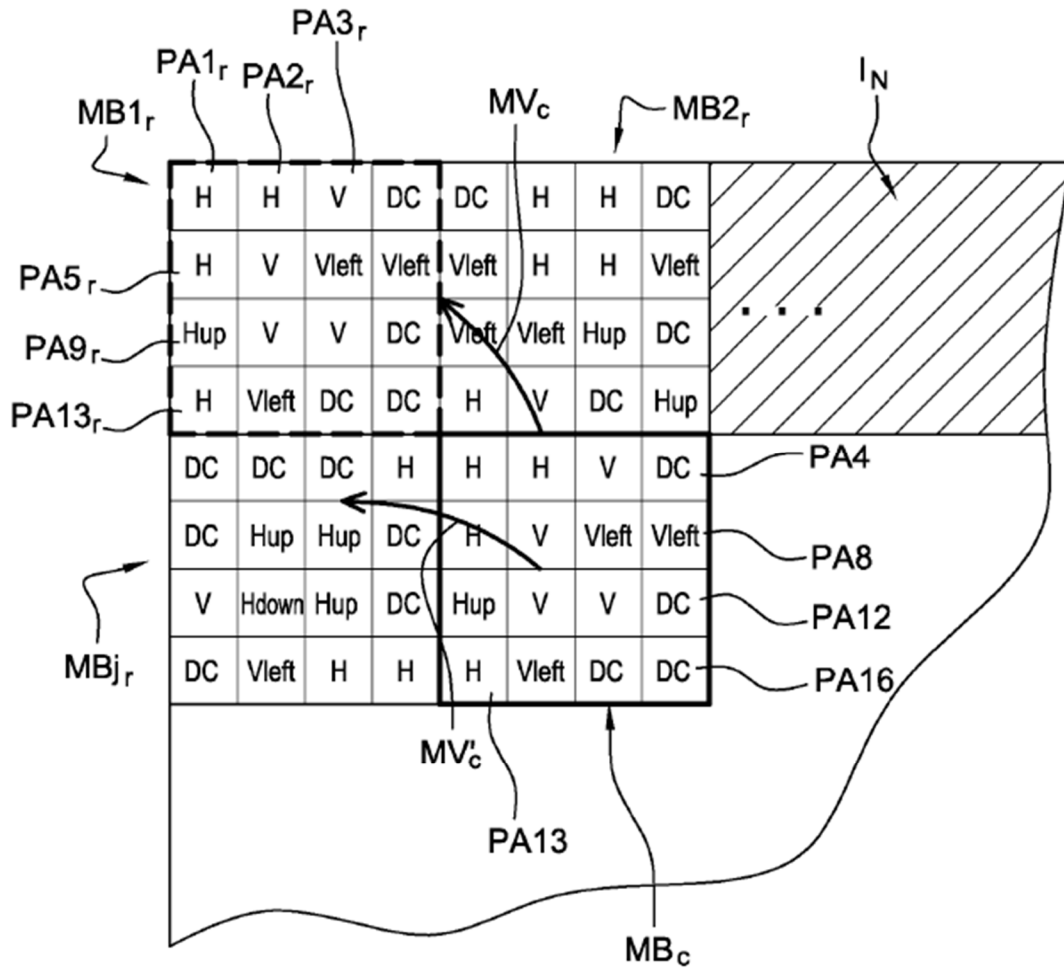


Fig. 5A

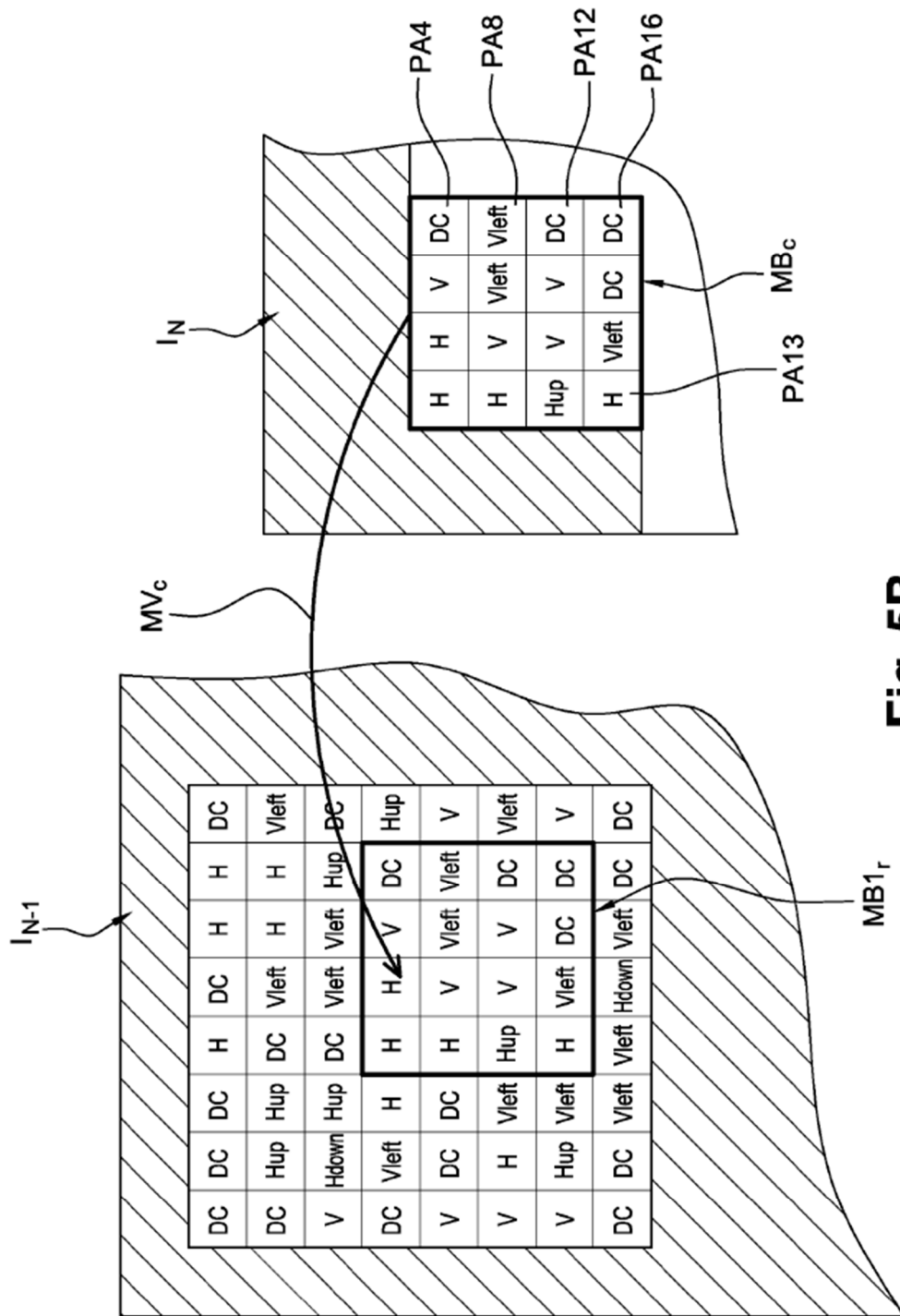


Fig. 5B

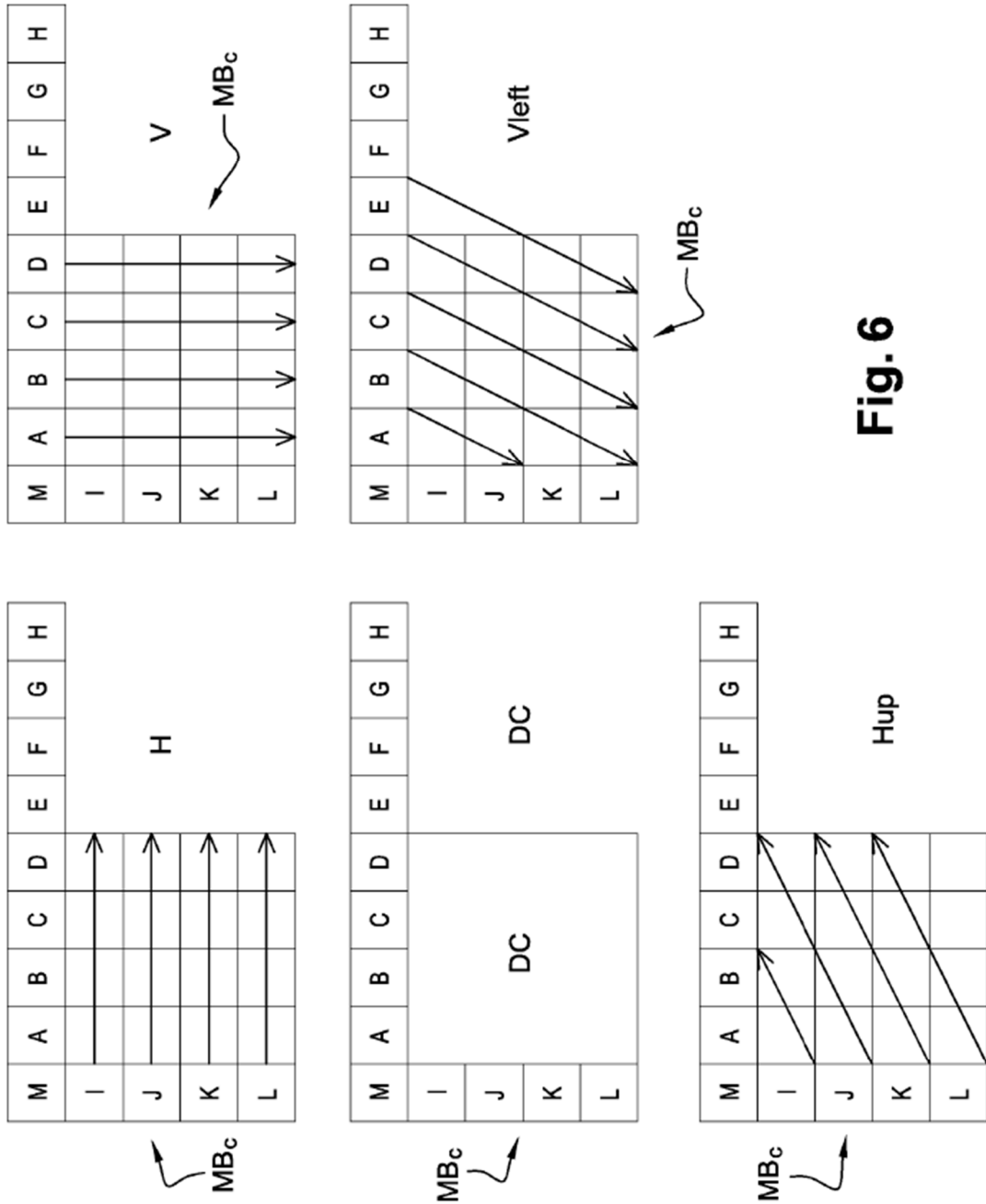


Fig. 6

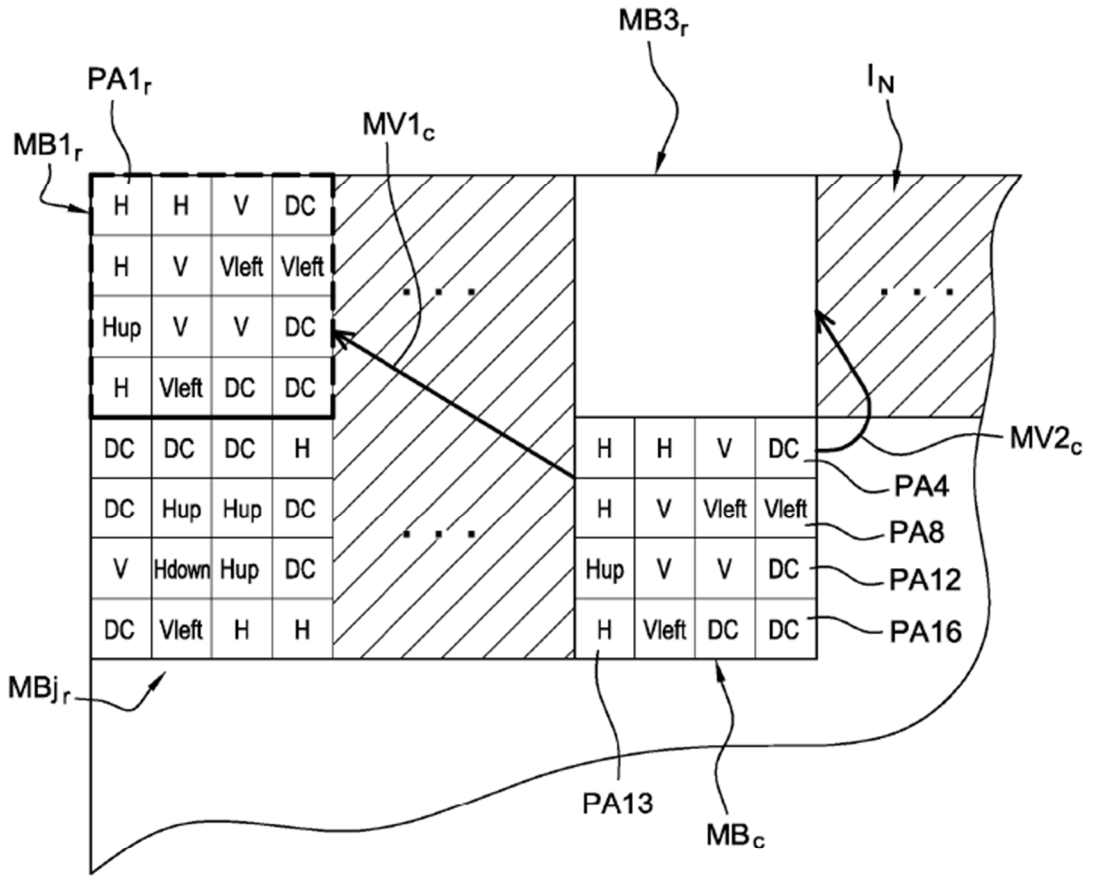


Fig. 7