

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 530 796**

51 Int. Cl.:

H04N 19/196	(2014.01) H04N 19/42	(2014.01)
H04N 19/18	(2014.01) H04N 19/61	(2014.01)
H04N 19/19	(2014.01) H04N 19/11	(2014.01)
H04N 19/463	(2014.01) H04N 19/593	(2014.01)
H04N 19/70	(2014.01) H04N 19/46	(2014.01)
H04N 19/12	(2014.01) H04N 19/157	(2014.01)
H04N 19/129	(2014.01) H04N 19/48	(2014.01)
H04N 19/122	(2014.01) H04N 19/13	(2014.01)
H04N 19/176	(2014.01) H04N 19/625	(2014.01)
H04N 19/147	(2014.01) H04N 19/103	(2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.06.2008 E 08770910 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.12.2014 EP 2165543**

54 Título: **Codificación adaptativa de modalidad de predicción de bloques de vídeo**

30 Prioridad:

15.06.2007 US 944470 P
12.10.2007 US 979762 P
04.06.2008 US 133227

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.03.2015

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
ATTN: INTERNATIONAL IP ADMINISTRATION
5775 MOREHOUSE DRIVE
SAN DIEGO, CA 92121, US

72 Inventor/es:

YE, YAN y
KARCZEWICZ, MARTA

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 530 796 T3

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

DESCRIPCIÓN

Codificación adaptativa de modalidad de predicción de bloques de vídeo

La presente solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud Provisoria Estadounidense N° 60 / 944.470, presentada el 15 de junio de 2007, y de la Solicitud Provisoria Estadounidense N° 60 / 979.762, presentada el 12 de octubre de 2007.

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere a la codificación de vídeo digital y, más específicamente, a la codificación de entropía de bloques de vídeo.

Antecedentes

10 Las capacidades del vídeo digital pueden ser incorporadas a una amplia gama de dispositivos, incluyendo los televisores digitales, los sistemas de difusión digital directa, los dispositivos de comunicación inalámbrica, tales como los equipos telefónicos manuales de radio, los sistema de difusión inalámbrica, los asistentes digitales personales (PDA), los ordenadores portátiles o de sobremesa, las cámaras digitales, los dispositivos grabadores digitales, los dispositivos de juegos de vídeo, las consolas de juegos de vídeo y similares. Los dispositivos de vídeo digital implementan técnicas de compresión de vídeo, tales como MPEG-2, MPEG-4 o H.264 / MPEG-4, Parte 10, Codificación Avanzada de Vídeo (AVC), para transmitir y recibir vídeo digital más eficazmente. Las técnicas de compresión de vídeo realizan la predicción espacial y temporal para reducir o eliminar la redundancia inherente en las secuencias de vídeo.

La compresión de vídeo, en general, incluye la predicción espacial y / o la predicción temporal. En particular, la intra-codificación se apoya en la predicción espacial para reducir o eliminar la redundancia espacial entre bloques de vídeo dentro de una unidad codificada dada, que puede comprender una trama de vídeo, una tajada de una trama de vídeo o similares. Por el contrario, la inter-codificación se apoya en la predicción temporal para reducir o eliminar la redundancia temporal entre bloques de vídeo de sucesivas unidades codificadas de una secuencia de vídeo. Para la intra-codificación, un codificador de vídeo realiza la predicción espacial para comprimir datos, en base a otros datos dentro de la misma unidad codificada. Para la inter-codificación, el codificador de vídeo realiza la estimación de movimiento y la compensación de movimiento para rastrear el movimiento de bloques de vídeo coincidentes de dos o más unidades codificadas adyacentes.

Después de la predicción espacial o temporal, se genera un bloque residual restando un bloque de vídeo de predicción, generado durante el proceso de predicción, al bloque de vídeo original que está siendo codificado. El bloque residual es por tanto indicativo de las diferencias entre el bloque predictivo y el bloque actual que está siendo codificado. El codificador de vídeo puede aplicar procesos de transformación, cuantización y codificación de entropía para reducir adicionalmente la tasa de bits asociada a la comunicación del bloque residual. Las técnicas de transformación pueden cambiar un conjunto de valores de píxeles en coeficientes de transformación, que representan la energía de los valores de píxeles en el dominio de la frecuencia. La cuantización se aplica a los coeficientes de transformación e implica, en general, un proceso que limita el número de bits asociados a cualquier coeficiente dado. Antes de la codificación de entropía, el codificador de vídeo recorre el bloque de coeficientes cuantizados, generando un vector unidimensional de coeficientes. El codificador de vídeo codifica la entropía del vector de coeficientes transformados cuantizados para comprimir adicionalmente los datos residuales.

Un descodificador de vídeo puede realizar las operaciones inversas de codificación de entropía para recuperar los coeficientes. El recorrido inverso también puede ser realizado en el descodificador, para formar bloques bidimensionales a partir de vectores unidimensionales de coeficientes recibidos. El descodificador de vídeo cuantiza luego inversamente y transforma inversamente los coeficientes para obtener el bloque residual reconstruido. El descodificador de vídeo descodifica luego un bloque de vídeo de predicción en base a información de predicción y a la información de movimiento. El descodificador de vídeo añade luego el bloque de vídeo de predicción al correspondiente bloque residual, a fin de generar el bloque de vídeo reconstruido y generar una secuencia descodificada de información de vídeo.

Sumario

45 De acuerdo a la invención, se proporcionan un procedimiento y un dispositivo para codificar datos de vídeo, según lo definido en las reivindicaciones 1 y 9, respectivamente, y un procedimiento y un dispositivo para descodificar datos de vídeo, según lo definido en las reivindicaciones 10 y 12, respectivamente. Además, se proporciona un medio legible por ordenador según lo definido en la reivindicación 11, que comprende instrucciones que, al ejecutarse en un dispositivo de codificación de vídeo, hacen que el dispositivo codifique bloques de vídeo, en donde las instrucciones hacen que el dispositivo lleve a cabo las etapas de cualquier reivindicación del procedimiento. Aspectos adicionales son, inter alia, reivindicados en las reivindicaciones dependientes.

Esta divulgación, inter alia, describe técnicas para la codificación de información de cabecera de bloques de vídeo. En particular, las técnicas de esta divulgación seleccionan una entre una pluralidad de modalidades de intra-predicción, para su uso en la generación de un bloque de predicción de un bloque de vídeo de una unidad de codificación, incluyendo la pluralidad de modalidades de intra-predicción modalidades de predicción unidireccional y modalidades de predicción multi-direccional, que combinan al menos dos modalidades de predicción unidireccional. Un codificador de vídeo puede

5 ser configurado para codificar la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual, en base a modalidades de intra-predicción de uno o más bloques de vídeo, previamente codificados, de la unidad de codificación. Un decodificador de vídeo también puede ser configurado para realizar la función de decodificación recíproca de la codificación realizada por el codificador de vídeo. De tal modo, el decodificador de vídeo usa técnicas similares para decodificar la modalidad de predicción, para su uso en la generación de un bloque de predicción para el bloque de vídeo.

10 El codificador de vídeo puede seleccionar distintos contextos de codificación para su uso en la codificación de la modalidad seleccionada de intra-predicción, en base a los tipos, p. ej., unidireccional o multi-direccional, de las modalidades de intra-predicción de los bloques de vídeo previamente codificados. Además, las técnicas de esta divulgación pueden además aplicar selectivamente transformaciones a la información residual del bloque de vídeo, en base a la modalidad de intra-predicción seleccionada. En un ejemplo, el codificador de vídeo puede almacenar una pluralidad de transformaciones direccionales, cada una de las cuales se corresponde a una modalidad distinta de las modalidades de intra-predicción, y aplicar la correspondiente transformación direccional al bloque de vídeo, en base a la modalidad de intra-predicción seleccionada del bloque de vídeo. En otros casos, el codificador de vídeo puede almacenar al menos una transformación discreta de coseno (DCT), y una transformación entera, así como una pluralidad de transformaciones direccionales, y aplicar la DCT o la transformación entera a los datos residuales del bloque de vídeo cuando la modalidad de intra-predicción seleccionada exhibe una direccionalidad limitada, y aplicar una de las transformaciones direccionales a los datos residuales del bloque de vídeo cuando la modalidad de intra-predicción seleccionada exhibe direccionalidad.

20 El procedimiento de codificación de datos de vídeo, inter alia, comprende seleccionar una entre una pluralidad de modalidades de intra-predicción, para su uso en la generación de un bloque de predicción de un bloque de vídeo de una unidad de codificación, y la codificación de la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual, en base a modalidades de intra-predicción de uno o más bloques de vídeo previamente codificados de la unidad de codificación.

Un medio legible por ordenador comprende instrucciones que, al ejecutarse en un dispositivo de codificación de vídeo, hacen que el dispositivo codifique datos de vídeo, según lo establecido anteriormente.

25 El dispositivo que codifica datos de vídeo, inter alia, comprende medios para seleccionar una entre una pluralidad de modalidades de intra-predicción, para su uso en la generación de un bloque de predicción de un bloque de vídeo de una unidad de codificación, y medios para codificar la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual, en base a las modalidades de predicción de uno o más bloques de vídeo previamente codificados de la unidad de codificación.

30 El procedimiento de decodificación de vídeo, inter alia, comprende recibir datos de vídeo codificados de un bloque de vídeo de una unidad de codificación, y decodificar los datos de vídeo codificados para identificar una entre una pluralidad de modalidades de intra-predicción, para su uso en la generación de un bloque de predicción del bloque de vídeo, en base a las modalidades de intra-predicción de uno o más bloques de vídeo previamente decodificados de la unidad de codificación.

35 Otro medio legible por ordenador comprende instrucciones que, al ejecutarse en un dispositivo de codificación de vídeo, hacen que el dispositivo codifique bloques de vídeo según lo establecido anteriormente.

40 El dispositivo para decodificar datos de vídeo, inter alia, comprende medios para recibir datos de vídeo codificados de un bloque de vídeo de una unidad de codificación, y medios para decodificar los datos de vídeo codificados para identificar una entre una pluralidad de modalidades de intra-predicción, para su uso en la generación de un bloque de predicción del bloque de vídeo, en base a las modalidades de intra-predicción de uno o más bloques de vídeo previamente decodificados de la unidad de codificación.

Las modalidades de intra-predicción mencionadas anteriormente incluyen las modalidades de predicción unidireccional y las modalidades de predicción multi-direccional, que combinan al menos dos modalidades de predicción unidireccional.

45 Las técnicas descritas en esta divulgación pueden ser implementadas en hardware, software, firmware o cualquier combinación de los mismos. Si se implementan en software, el software puede ser ejecutado en un procesador, que puede referirse a uno o más procesadores, tales como un micro-procesador, un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), una formación de compuertas programables en el terreno (FPGA) o un procesador de señales digitales (DSP), u otros circuitos equivalentes, integrados o de lógica discreta. El software que comprende instrucciones para ejecutar las técnicas puede ser inicialmente almacenado en un medio legible por ordenador, y cargado y ejecutado por un procesador.

50 En consecuencia, esta divulgación también contempla medios legibles por ordenador que comprenden instrucciones para hacer que un procesador realice cualquiera entre una amplia variedad de técnicas, según lo descrito en esta divulgación. En algunos casos, el medio legible por ordenador puede formar parte de un producto de programa de ordenador, que puede ser vendido a fabricantes y / o usado en un dispositivo. El producto de programa de ordenador puede incluir el medio legible por ordenador y, en algunos casos, también puede incluir materiales de embalaje.

55 Los detalles de uno o más aspectos de la divulgación están establecidos en los dibujos adjuntos y la descripción más adelante. Otras características, objetos y ventajas de las técnicas descritas en esta divulgación serán evidentes a partir de la descripción y los dibujos, y a partir de las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de codificación y decodificación de vídeo que realiza las técnicas de codificación descritas en esta divulgación.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo del codificador de vídeo de la FIG. 1 en mayor detalle.

5 La FIG. 3 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo del decodificador de vídeo de la FIG. 1 en mayor detalle.

La FIG. 4 es un diagrama conceptual que ilustra un ejemplo hipotético de ajuste del orden de recorrido de los coeficientes.

La FIG. 5 es un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento ejemplar de un dispositivo de codificación configurado para ajustar adaptativamente un orden de recorrido de los coeficientes.

10 La FIG. 6 es un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento ejemplar de una unidad de codificación configurada para codificar información de cabecera para un bloque de vídeo.

La FIG. 7 es un diagrama de flujo que ilustra una selección ejemplar del contexto de codificación para la codificación.

La FIG. 8 es un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento ejemplar de una unidad de decodificación configurada para decodificar información de cabecera de un bloque de vídeo.

15 **Descripción detallada**

La FIG. 1 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema 10 de codificación y decodificación de vídeo que realiza técnicas de codificación según lo descrito en esta divulgación. Según se muestra en la FIG. 1, el sistema 10 incluye un dispositivo 12 de origen que transmite datos de vídeo codificados a un dispositivo 14 de destino, mediante un canal 16 de comunicación. El dispositivo 12 de origen genera datos de vídeo codificados para su transmisión al dispositivo 14 de destino. El dispositivo 12 de origen puede incluir un origen 18 de vídeo, un codificador 20 de vídeo y un transmisor 22. El origen 18 de vídeo del dispositivo 12 de origen puede incluir un dispositivo de captura de vídeo, tal como una cámara de vídeo, un archivo de vídeo que contiene vídeo previamente capturado, o un suministro de vídeo desde un proveedor de contenidos de vídeo. Como una alternativa adicional, el origen 18 de vídeo puede generar datos basados en gráficos de ordenador como el vídeo de origen, o una combinación de vídeo en vivo y vídeo generado por ordenador. En algunos casos, el dispositivo 12 de origen puede ser una denominada fono-cámara o fono-vídeo, en cuyo caso el origen 18 de vídeo puede ser una cámara de vídeo. En cada caso, el vídeo capturado, pre-capturado o generado por ordenador puede ser codificado por el codificador 20 de vídeo, para su transmisión desde el dispositivo 12 de origen al dispositivo 14 de destino, mediante el transmisor 22 y el canal 16 de comunicación.

El codificador 20 de vídeo recibe datos de vídeo desde el origen 18 de vídeo. Los datos de vídeo recibidos desde el origen 18 de vídeo pueden ser una serie de tramas de vídeo. El codificador 20 de vídeo divide la serie de tramas en unidades de codificación y procesa las unidades de codificación para codificar la serie de tramas de vídeo. Las unidades de codificación, por ejemplo, pueden ser tramas enteras o partes de las tramas (es decir, tajadas). Así, en algunos casos, las tramas pueden ser divididas en tajadas. El codificador 20 de vídeo divide cada unidad de codificación en bloques de píxeles (denominados en la presente memoria bloques de vídeo, o bloques) y opera sobre los bloques de vídeo dentro de las unidades de codificación individuales, a fin de codificar los datos de vídeo. De tal modo, una unidad de codificación (p. ej., una trama o tajada) puede contener múltiples bloques de vídeo. En otras palabras, una secuencia de vídeo puede incluir múltiples tramas, una trama puede incluir múltiples tajadas y una tajada puede incluir múltiples bloques de vídeo.

Los bloques de vídeo pueden tener tamaños fijos o variables, y pueden diferir en tamaño, de acuerdo a un estándar de codificación especificado. Como ejemplo, el Sector de Estandarización de la Unión Internacional de Telecomunicación (ITU-T) H.264 / MPEG-4, Parte 10, Codificación Avanzada de Vídeo (AVC) (en lo sucesivo el estándar "H.264/MPEG-4 Parte 10 AVC") presta soporte a la intra-predicción en diversos tamaños de bloque, tales como 16x16, 8x8 o 4x4 para componentes luma, y 8x8 para componentes croma, así como a la inter-predicción en diversos tamaños de bloque, tales como 16x16, 16x8, 8x16, 8x8, 8x4, 4x8 y 4x4 para componentes luma y los correspondientes tamaños ajustados a escala para los componentes croma. En el H.264, por ejemplo, cada bloque de vídeo de 16 por 16 píxeles, a menudo denominado un macro-bloque (MB), puede ser subdividido en sub-bloques de tamaños más pequeños, y predicho en sub-bloques. En general, los MB y los diversos sub-bloques pueden ser considerados como bloques de vídeo. De tal modo, los MB pueden ser considerados como bloques de vídeo y, si están divididos o sub-divididos, puede considerarse que los MB en sí mismos definen conjuntos de bloques de vídeo.

Para cada uno de los bloques de vídeo, el codificador 20 de vídeo selecciona un tipo de bloque para el bloque. El tipo de bloque puede indicar si el bloque está predicho usando la inter-predicción o la intra-predicción, así como un tamaño de partición del bloque. Por ejemplo, el estándar H.264 / MPEG-4 Parte 10 AVC da soporte a un cierto número de tipos de bloques de intra-predicción, que incluyen Inter 16x16, Inter 16x8, Inter 8x16, Inter 8x8, Inter 8x4, Inter 4x8, Inter 4x4, Intra 16x16, Intra 8x8 e Intra 4x4. Según se describe en detalle más adelante, el codificador 20 de vídeo puede seleccionar uno de los tipos de bloque para cada uno de los bloques de vídeo.

El codificador 20 de vídeo también selecciona una modalidad de predicción para cada uno de los bloques de vídeo. En el caso de un bloque de vídeo intra-codificado, la modalidad de predicción puede determinar la manera en la cual predecir el bloque de vídeo actual, usando uno o más bloques de vídeo previamente codificados. En el estándar H.264 / MPEG-4 Parte 10 AVC, por ejemplo, el codificador 20 de vídeo puede seleccionar una entre nueve posibles modalidades de predicción unidireccional para cada bloque Intra 4x4; una modalidad de predicción vertical, una modalidad de predicción horizontal, una modalidad de predicción DC, una modalidad de predicción diagonal abajo / izquierda, una modalidad de predicción diagonal abajo / derecha, una modalidad de predicción vertical-derecha, una modalidad de predicción horizontal-abajo, una modalidad de predicción vertical-izquierda y una modalidad de predicción horizontal-arriba. Modalidades similares de predicción son usadas para predecir cada bloque Intra 8x8. Para un bloque Intra 16x16, el codificador 20 de vídeo puede seleccionar una entre cuatro posibles modalidades unidireccionales; una modalidad de predicción vertical, una modalidad de predicción horizontal, una modalidad de predicción DC y una modalidad de predicción de plano. En algunos casos, el codificador 20 de vídeo puede seleccionar la modalidad de predicción entre un conjunto de modalidades de predicción que incluye no solamente modalidades de predicción unidireccional, sino también una o más modalidades de predicción multi-direccional que definen combinaciones de las modalidades unidireccionales. Por ejemplo, dichas una o más modalidades de predicción multi-direccional pueden ser modalidades de predicción bidireccional que combinan dos modalidades de predicción unidireccional, según lo descrito en más detalle más adelante.

Después de seleccionar la modalidad de predicción para el bloque de vídeo, el codificador 20 de vídeo genera un bloque de vídeo predicho usando la modalidad de predicción seleccionada. El bloque de vídeo predicho es restado al bloque de vídeo original, para formar un bloque residual. El bloque residual incluye un conjunto de valores de diferencia de píxeles que cuantifican diferencias entre valores de píxeles del bloque de vídeo original y valores de píxeles del bloque de predicción generado. El bloque residual puede ser representado en un formato de bloque bidimensional (p. ej., una matriz o formación bidimensional de valores de diferencia de píxeles).

A continuación de la generación del bloque residual, el codificador 20 de vídeo puede realizar un cierto número de otras operaciones sobre el bloque residual antes de codificar el bloque. El codificador 20 de vídeo puede aplicar una transformación, tal como una transformación entera, una transformación DCT, una transformación direccional o una transformación de ondículas al bloque residual de valores de píxeles para producir un bloque de coeficientes de transformación. De tal modo, el codificador 20 de vídeo convierte los valores de píxeles residuales en coeficientes de transformación (también denominados coeficientes de transformación residual). Los coeficientes de transformación residual pueden ser denominados un bloque de transformación o bloque de coeficientes. El bloque de transformación o de coeficientes puede ser una representación unidimensional de los coeficientes cuando se aplican transformaciones no separables, o una representación bidimensional de los coeficientes cuando se aplican transformaciones separables. Las transformaciones no separables pueden incluir transformaciones direccionales no separables. Las transformaciones separables pueden incluir transformaciones direccionales separables, transformaciones DCT, transformaciones enteras y transformaciones de ondículas.

A continuación de la transformación, el codificador 20 de vídeo realiza la cuantización para generar coeficientes de transformación cuantizados (también denominados coeficientes cuantizados o coeficientes residuales cuantizados). Nuevamente, los coeficientes cuantizados pueden ser representados en un formato de vector unidimensional o un formato de bloque bidimensional. La cuantización, en general, se refiere a un proceso en el cual los coeficientes son cuantizados para reducir, posiblemente, la cantidad de datos usados para representar los coeficientes. El proceso de cuantización puede reducir la profundidad de bits asociada a algunos de, o todos, los coeficientes. Según se usa en la presente memoria, el término "coeficientes" puede representar a coeficientes de transformación, coeficientes cuantizados u otro tipo de coeficientes. Las técnicas de esta divulgación, en algunos casos, pueden ser aplicadas a valores de píxeles residuales, así como a coeficientes de transformación y coeficientes de transformación cuantizados. Sin embargo, con fines de ilustración, las técnicas de esta divulgación serán descritas en el contexto de coeficientes de transformación cuantizados.

Cuando se usan transformaciones separables y los bloques de coeficientes están representados en un formato de bloque bidimensional, el codificador 20 de vídeo recorre los coeficientes, desde el formato bidimensional a un formato unidimensional. En otras palabras, el codificador 20 de vídeo puede recorrer los coeficientes desde el bloque bidimensional para serializar los coeficientes en un vector unidimensional de coeficientes. De acuerdo a uno de los aspectos de esta divulgación, que no está reivindicado, el codificador 20 de vídeo puede ajustar el orden de recorrido usado para convertir el bloque de coeficientes a una dimensión, en base a las estadísticas recogidas. Las estadísticas pueden comprender una indicación de la probabilidad de que un valor de coeficiente dado en cada posición del bloque bidimensional sea cero o no sea cero, y puede, por ejemplo, comprender un contador, una probabilidad u otra métrica estadística asociada a cada una de las posiciones de coeficientes del bloque bidimensional. En algunos casos, las estadísticas solamente pueden ser recogidas para un subconjunto de las posiciones de coeficientes del bloque. Cuando se evalúa el orden de recorrido, p. ej., después de un número específico de bloques, el orden de recorrido puede ser cambiado de modo que las posiciones de coeficientes dentro del bloque, determinado por tener una mayor probabilidad de tener coeficientes no nulos, sean recorridas antes de las posiciones de coeficientes dentro del bloque, determinadas por tener una menor probabilidad de tener coeficientes no nulos. De esta manera, un orden inicial de recorrido puede ser adaptado para agrupar más eficazmente coeficientes no nulos al comienzo del vector unidimensional de coeficientes, y coeficientes de valor cero al final del vector unidimensional de coeficientes. Esto, a su vez, puede reducir el número de

bits empleados en la codificación de entropía, dado que hay rachas más cortas de ceros entre coeficientes no nulos al comienzo del vector unidimensional de coeficientes y una racha más larga de ceros al final del vector unidimensional de coeficientes.

5 A continuación del recorrido de los coeficientes, el codificador 20 de vídeo codifica cada uno de los bloques de vídeo de la unidad de codificación, usando cualquiera entre una gran variedad de metodologías de codificación de entropía, tal como la codificación de longitud variable adaptativa al contexto (CAVLC), la codificación aritmética binaria adaptativa al contexto (CABAC), la codificación de longitud de racha o similares. El dispositivo 12 de origen transmite los datos de vídeo codificados al dispositivo 14 de destino mediante el transmisor 22 y el canal 16. El canal 16 de comunicación puede comprender cualquier medio de comunicación, inalámbrico o cableado, tal como un espectro de frecuencia de radio (RF) o una o más líneas de transmisión, o cualquier combinación de medios inalámbricos y cableados. El canal 16 de comunicación puede formar parte de una red basada en paquetes, tal como una red de área local, una red de área amplia o una red global como Internet. El canal 16 de comunicación representa, en general, cualquier medio de comunicación adecuado, o una colección de distintos medios de comunicación, para transmitir datos de vídeo codificados desde el dispositivo 12 de origen hasta el dispositivo 14 de destino.

15 El dispositivo 14 de destino puede incluir un receptor 24, un descodificador 26 de vídeo y el dispositivo visor 28. El receptor 24 recibe el flujo de bits de vídeo codificado desde el dispositivo 12 de origen, mediante el canal 16. El descodificador 26 de vídeo aplica la descodificación de entropía para descodificar el flujo de bits de vídeo codificado, para obtener información de cabecera y los coeficientes residuales cuantizados de los bloques de vídeo codificado de la unidad codificada. Como se ha descrito anteriormente, los coeficientes residuales cuantizados codificados por el dispositivo 12 de origen son codificados como un vector unidimensional. El descodificador 26 de vídeo, por lo tanto, recorre los coeficientes residuales cuantizados de los bloques de vídeo codificados para convertir el vector unidimensional de coeficientes en un bloque bidimensional de coeficientes residuales cuantizados. Como el codificador 20 de vídeo, el descodificador 26 de vídeo puede recoger estadísticas que indican la probabilidad de que una posición de coeficiente dada en el bloque de vídeo sea cero, o no sea cero, y ajustar por ello el orden de recorrido, de la misma manera que se usó en el proceso de codificación. En consecuencia, órdenes recíprocos adaptativos de recorrido pueden ser aplicados por el descodificador 26 de vídeo a fin de cambiar la representación vectorial unidimensional de los coeficientes de transformación cuantizados y serializados, de vuelta a bloques bidimensionales de coeficientes de transformación cuantizados.

30 El descodificador 26 de vídeo reconstruye cada uno de los bloques de la unidad de codificación usando la información de cabecera descodificada y la información residual descodificada. En particular, el descodificador 26 de vídeo puede generar un bloque de vídeo de predicción para el bloque de vídeo actual y combinar el bloque de predicción con un correspondiente bloque de vídeo residual para reconstruir cada uno de los bloques de vídeo. El dispositivo 14 de destino puede exhibir los bloques de vídeo reconstruidos a un usuario mediante el dispositivo visor 28. El dispositivo visor 28 puede comprender cualquiera entre una gran variedad de dispositivos visores, tales como un tubo de rayos catódicos (CRT), un visor de cristal líquido (LCD), un visor de plasma, un visor de diodos emisores de luz (LED), un visor de LED orgánico u otro tipo de unidad de visualización.

40 En algunos casos, el dispositivo 12 de origen y el dispositivo 14 de destino pueden funcionar de una manera esencialmente simétrica. Por ejemplo, tanto el dispositivo 12 de origen como el dispositivo 14 de destino pueden incluir componentes de codificación y descodificación de vídeo. Por ello, el sistema 10 puede dar soporte a la transmisión de vídeo unidireccional o bidireccional entre los dispositivos 12, 14, p. ej., para la transmisión de flujos de vídeo, la difusión de vídeo, o la telefonía de vídeo. Un dispositivo que incluye componentes de codificación y descodificación de vídeo también puede formar parte de un dispositivo común de codificación, archivo y reproducción, tal como un grabador de vídeo digital (DVR).

45 El codificador 20 de vídeo y el descodificador 26 de vídeo pueden funcionar de acuerdo a cualquiera entre una gran variedad de estándares de compresión de vídeo, tales como los definidos por el Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento (MPEG) en las normas MPEG-1, MPEG-2 y MPEG-4, el estándar ITU-T H.263, el estándar de CODEC de vídeo 421M de la Sociedad de Ingenieros de Imágenes en Movimiento y Televisión (SMPTE) (usualmente mencionado como "VC-1"), el estándar definido por el Grupo de Trabajo en Normas de Codificación de Vídeo y Audio en China (usualmente mencionado como "AVS"), así como cualquier otro estándar de codificación de vídeo definido por un cuerpo de normas, o desarrollado por una organización como una norma de propiedad industrial. Aunque no se muestra en la FIG. 1, en algunos aspectos, tanto el codificador 20 de vídeo como el descodificador 26 de vídeo puede estar integrado con un codificador y descodificador de audio, respectivamente, y puede incluir las unidades adecuadas de MUX-DEMUX, u otro hardware y software, para gestionar la codificación tanto de audio como de vídeo en un flujo de datos comunes, o flujos de datos separados. De esta manera, el dispositivo 12 de origen y el dispositivo 14 de destino pueden operar sobre datos de multimedios. Si es aplicable, las unidades MUX-DEMUX pueden ser conformes al protocolo de multiplexor ITU H.223, u otros protocolos tales como el protocolo de datagramas de usuario (UDP).

60 En algunos aspectos, para la difusión de vídeo, las técnicas descritas en esta divulgación pueden ser aplicadas a la codificación de vídeo H.264 realizada, para proporcionar servicios de vídeo en tiempo real en sistemas de multidifusión de multimedios móviles terrestres (TM3), usando la Especificación de Interfaz Aérea del Enlace Directo Solamente (FLO), "Especificación de interfaz aérea de enlace directo solamente para multidifusión de multimedios móviles terrestres", publicado en julio de 2007 como el Estándar Técnico TIA-1099 (la "Especificación FLO"). Es decir, el canal 16

de comunicación puede comprender un canal de información inalámbrico, usado para difundir información de vídeo inalámbrica, de acuerdo a la Especificación FLO, o similares. La Especificación FLO incluye ejemplos que definen la sintaxis y la semántica de flujos de bits, y procesos de descodificación adecuados para la Interfaz Aérea FLO.

5 Alternativamente, el vídeo puede ser difundido de acuerdo a otros estándares tales como DVB-H (difusión de vídeo digital – en mano), ISDB-T (difusión digital de servicios integrados – terrestre) o DMB (difusión de medios digitales). Por tanto, el dispositivo 12 de origen puede ser un terminal inalámbrico móvil, un servidor de flujos de vídeo o un servidor de difusión de vídeo. Sin embargo, las técnicas descritas en esta divulgación no están limitadas a ningún tipo específico de sistema de difusión, multidifusión o punto a punto. En el caso de la difusión, el dispositivo 12 de origen puede difundir varios canales de datos de vídeo a múltiples dispositivos de destino, cada uno de los cuales puede ser similar al dispositivo 14 de destino de la FIG. 1. De tal modo, aunque se muestra un único dispositivo 14 de destino en la FIG. 1, para aplicaciones de difusión de vídeo, el dispositivo 12 de origen difundiría habitualmente el contenido de vídeo simultáneamente a muchos dispositivos de destino.

15 En otros ejemplos, el transmisor 22, el canal 16 de comunicación y el receptor 24 pueden ser configurados para la comunicación de acuerdo a cualquier sistema de comunicación cableado o inalámbrico, incluyendo uno o más entre sistemas de Ethernet, teléfono (p. ej., POTS), cable, línea de energía y fibra óptica, y / o un sistema inalámbrico que comprenda uno o más entre un sistema de comunicación de acceso múltiple por división de código (CDMA o CDMA2000), un sistema de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), un sistema de acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDM), un sistema de acceso múltiple por división del tiempo (TDMA) tal como el GSM (Sistema Global para la Comunicación Móvil), el GPRS (Servicio General de Radio en Paquetes) o EDGE (entorno de GSM de datos mejorados), un sistema de telefonía móvil TETRA (Radio Troncal Terrestre), un sistema de acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA), un sistema 1xEV-DO (Datos de Evolución de Primera Generación Solamente) de alta velocidad de datos o un sistema de Multidifusión de Oro 1xEV-DO, un sistema IEEE 802.18, un sistema MediaFLO™, un sistema DMB, un sistema DVB-H u otro esquema para la comunicación de datos entre dos o más dispositivos.

25 Tanto el codificador 20 de vídeo como el descodificador 26 de vídeo puede ser implementado como uno o más microprocesadores, procesadores de señales digitales (DSP), circuitos integrados específicos de la aplicación (ASIC), formaciones de compuertas programables en el terreno (FPGA), lógica discreta, software, hardware, firmware o combinaciones cualesquiera de los mismos. Tanto el codificador 20 de vídeo como el descodificador 26 de vídeo puede estar incluido en uno o más codificadores o descodificadores, cada uno de los cuales puede estar integrado como parte de un codificador / descodificador (CODEC) combinado en un respectivo dispositivo móvil, dispositivo de abonado, dispositivo de difusión, servidor o similar. Además, tanto el dispositivo 12 de origen como el dispositivo 14 de destino puede incluir los componentes adecuados de modulación, demodulación, conversión de frecuencia, filtrado y amplificación, para la transmisión y recepción de vídeo codificado, según sea aplicable, incluyendo componentes inalámbricos de frecuencia de radio (RF) y antenas suficientes para dar soporte a la comunicación inalámbrica. Para facilitar la ilustración, sin embargo, tales componentes son resumidos como el transmisor 22 de dispositivo 12 de origen y el receptor 24 del dispositivo 14 de destino en la FIG. 1.

40 La FIG. 2 es un diagrama de bloques que ilustra el codificador 20 ejemplar de vídeo de la FIG. 1 en mayor detalle. El codificador 20 de vídeo realiza la intra-codificación y la inter-codificación de bloques dentro de tramas de vídeo. La intra-codificación se apoya en la predicción espacial para reducir o eliminar la redundancia espacial en datos de vídeo dentro de una unidad dada de codificación de vídeo, p. ej., una trama o una tajada. Para la intra-codificación, el codificador 20 de vídeo forma un bloque de predicción espacial en base a uno o más bloques previamente codificados dentro de la misma unidad de codificación que el bloque que está siendo codificado. La inter-codificación se apoya en la predicción temporal para reducir o eliminar la redundancia temporal dentro de tramas adyacentes de una secuencia de vídeo. Para la inter-codificación, el codificador 20 de vídeo realiza una estimación de movimiento para rastrear el movimiento de bloques de vídeo estrechamente coincidentes, entre dos o más tramas adyacentes.

45 En el ejemplo de la FIG. 2, el codificador 20 de vídeo incluye una unidad 30 de división de bloques, una unidad 32 de predicción, un almacén 34 de tramas, una unidad 38 de transformación, una unidad 40 de cuantización, una unidad 41 de recorrido de coeficientes, una unidad 42 de cuantización inversa, una unidad 44 de transformación inversa y una unidad 46 de codificación de entropía. El codificador 20 de vídeo también incluye los sumadores 48A y 48B (“sumadores 48”). Un filtro de desbloqueo en bucle (no mostrado) puede ser aplicado a bloques de vídeo reconstruidos para reducir o eliminar distorsiones de bloqueo. La ilustración de distintas características en la FIG. 2 como unidades está concebida para destacar distintos aspectos funcionales de los dispositivos ilustrados y no necesariamente implica que tales unidades deben ser realizadas por componentes individuales de hardware o software. En cambio, la funcionalidad asociada a una o más unidades puede ser integrada dentro de componentes comunes, o individuales, de hardware o software.

50 La unidad 30 de partición de bloques recibe información de vídeo (etiquetada como “ENTRADA DE VÍDEO” en la FIG. 2), p. ej., en forma de una secuencia de tramas de vídeo, desde el origen 18 de vídeo (FIG. 1). La unidad 30 de partición de bloques divide cada una de las tramas de vídeo en unidades de codificación que incluyen una pluralidad de bloques de vídeo. Como se ha descrito anteriormente, las unidades de codificación pueden ser una trama entera o una parte de una trama (p. ej., una tajada de la trama). En un caso, la unidad 30 de partición de bloques puede dividir inicialmente cada una de las unidades de codificación en una pluralidad de bloques de vídeo, con un tamaño de partición de 16x16 (es

decir, en micro-bloques). La unidad 30 de partición de bloques puede además subdividir cada uno de los bloques de vídeo de 16x16 en bloques más pequeños, tales como bloques de vídeo de 8x8 o bloques de vídeo de 4x4.

5 El codificador 20 de vídeo realiza la intra-codificación o la inter-codificación para cada uno de los bloques de vídeo de la unidad de codificación, bloque por bloque, en base al tipo de bloque del bloque. La unidad 32 de predicción asigna un tipo de bloque a cada uno de los bloques de vídeo, que puede indicar el tamaño de partición seleccionado del bloque, así como si el bloque ha de ser predicho usando la inter-predicción o la intra-predicción. En el caso de la inter-predicción, la unidad 32 de predicción también decide los vectores de movimiento. En el caso de la intra-predicción, la unidad 32 de predicción también decide la modalidad de predicción a usar para generar un bloque de predicción.

10 La unidad 32 de predicción genera luego un bloque de predicción. El bloque de predicción puede ser una versión predicha del bloque de vídeo actual. El bloque de vídeo actual se refiere a un bloque de vídeo que actualmente está siendo codificado. En el caso de la inter-predicción, p. ej., cuando se asigna a un bloque un tipo de inter-bloque, la unidad 32 de predicción puede realizar la predicción temporal para la inter-codificación del bloque de vídeo actual. La unidad 32 de predicción, por ejemplo, puede comparar el bloque de vídeo actual con bloques en una o más tramas de vídeo adyacentes, para identificar un bloque en la trama adyacente que más estrechamente coincida con el bloque de vídeo actual, p. ej., un bloque en la trama adyacente que tenga el más pequeño MSE, SSD, SAD u otra métrica de diferencia. La unidad 32 de predicción selecciona el bloque identificado en la trama adyacente como el bloque de predicción.

20 En el caso de la intra-predicción, es decir, cuando se asigna a un bloque un tipo de intra-bloque, la unidad 32 de predicción puede generar el bloque de predicción en base a uno o más bloques vecinos previamente codificados, dentro de una unidad común de codificación (p. ej., una trama o tajada). La unidad 32 de predicción, por ejemplo, puede realizar la predicción espacial para generar el bloque de predicción, realizando la interpolación usando uno o más bloques vecinos previamente codificados dentro de la trama actual. Dichos uno o más bloques adyacentes dentro de la trama actual, por ejemplo, pueden ser recuperados desde el almacén 34 de tramas, que puede comprender cualquier tipo de memoria o dispositivo de almacenamiento de datos, para almacenar uno o más tramas o bloques previamente codificados.

25 La unidad 32 de predicción puede realizar la interpolación de acuerdo a una entre un conjunto de modalidades de predicción. Como se ha descrito anteriormente, el conjunto de modalidades de predicción puede incluir modalidades de predicción unidireccional y / o modalidades de predicción multidireccional. Las modalidades de predicción multidireccional definen combinaciones de las modalidades de predicción unidireccional. En un ejemplo, el conjunto de modalidades de predicción puede incluir modalidades de predicción unidireccional definidas en el estándar H.264 / MPEG-4 Parte 10 AVC, y modalidades de predicción bidireccional que definen diversas combinaciones de dos modalidades de predicción unidireccional. Con respecto a las modalidades de predicción multidireccional y a un procedimiento para llevar a cabo una predicción de ese tipo, se hace referencia al documento de Marta Karezewicz "Intra-codificación mejorada", Estándares y borradores de vídeo, XX, XX, n° VCEG-AF 15, 19 de abril de 2007.

35 Para un tipo de bloque Intra 4x4, por ejemplo, el conjunto de modalidades de predicción puede incluir las nueve modalidades de predicción unidireccional definidas en el estándar H.264 / MPEG-4 Parte 10 AVC, y una subconjunto de las posibles combinaciones de las modalidades de predicción unidireccional. Así, en lugar de dar soporte a todas las 36 combinaciones posibles de modalidades de predicción unidireccional, el codificador 20 de vídeo puede dar soporte solamente a una parte de las posibles combinaciones de modalidades de predicción unidireccional. Hacer tal cosa no puede dar como resultado mucha degradación de codificación. Un conjunto ejemplar de modalidades de intra-predicción, que incluye 18 modalidades totales de intra-predicción, se proporciona a continuación.

Modalidad 0: Vertical

Modalidad 1: Horizontal

Modalidad 2: DC

Modalidad 3: Diagonal abajo / izquierda

45 Modalidad 4: Diagonal abajo / derecha

Modalidad 5: Vertical derecha

Modalidad 6: Horizontal abajo

Modalidad 7: Vertical izquierda

Modalidad 8: Horizontal arriba

50 Modalidad 9: Vertical + horizontal (Modalidad 0 + Modalidad 1)

Modalidad 10: DC + vertical (Modalidad 2 + Modalidad 0)

Modalidad 11: DC + horizontal (Modalidad 2 + Modalidad 1)

Modalidad 12: Diagonal abajo / izquierda + horizontal (Modalidad 3 + Modalidad 1)

Modalidad 13: Diagonal abajo / derecha + vertical (Modalidad 4 + Modalidad 0)

Modalidad 14: Vertical derecha + horizontal (Modalidad 5 + Modalidad 1)

Modalidad 15: Horizontal abajo + vertical (Modalidad 6 + Modalidad 0)

5 Modalidad 16: Vertical izquierda + horizontal (Modalidad 7 + Modalidad 1)

Modalidad 17: Horizontal arriba + vertical (Modalidad 8 + Modalidad 0)

10 En el conjunto ejemplar ilustrado anteriormente, las modalidades 0 a 8 son modalidades de predicción unidireccional y las modalidades 9 a 17 son modalidades de predicción bidireccional. En particular, las modalidades 0 a 8 son las modalidades de predicción Intra 4x4 definidas en el estándar H.264 / MPEG-4 Parte 10 AVC. Las modalidades 9 a 17 son un subconjunto de las posibles modalidades de predicción bidireccional. El subconjunto de las posibles modalidades de predicción bidireccional en el ejemplo proporcionado incluye al menos una combinación que incorpora cada modalidad de predicción unidireccional. Cada modalidad de predicción bidireccional, además de las modalidades de predicción bidireccional que incluyen la modalidad de predicción DC (p. ej., la modalidad 10 y la 11), combina modalidades de predicción unidireccional con direcciones de interpolación que son no paralelas y, en algunos casos, esencialmente ortogonales entre sí. En otras palabras, el subconjunto de modalidades de predicción bidireccional incluye modalidades de predicción bidireccional que combinan generalmente modalidades de predicción de la categoría "vertical" con modalidades de predicción de la categoría "horizontal". Tales modalidades de predicción bidireccional permiten que el proceso de intra-predicción combine píxeles de predicción disponibles de ubicaciones que están más separadas, mejorando así la calidad de la predicción para más ubicaciones de píxeles dentro del bloque de vídeo actual.

20 El conjunto de modalidades de predicción descritas anteriormente está descrito con fines de ilustración. El conjunto de modalidades de predicción puede incluir más o menos modalidades de predicción. Por ejemplo, el conjunto de modalidades de predicción puede incluir más o menos modalidades de predicción bidireccional, o ninguna modalidad de predicción bidireccional. En otros casos, el conjunto de modalidades de predicción puede incluir solamente un subconjunto de las modalidades de predicción unidireccional. Adicionalmente, el conjunto de modalidades de predicción puede incluir modalidades de predicción multidireccional que combinan más de dos modalidades de predicción unidireccional, además, o en lugar, de las modalidades de predicción bidireccional. Además, aunque están descritas anteriormente con referencia a tipos de bloques 4x4, las técnicas de esta divulgación pueden aplicarse a otros tipos de intra-bloques (p. ej., tipos de bloques Intra 8x8 o tipos de bloques Intra 16x16) u otros tipos de inter-bloques.

30 Para determinar cuál seleccionar, entre la pluralidad de modalidades de predicción, para un bloque específico, la unidad 32 de predicción puede estimar un coste de codificación, p. ej., un coste Lagrangiano, para cada una de las modalidades de predicción del conjunto, y seleccionar la modalidad de predicción con el más pequeño coste de codificación. En otros casos, la unidad 32 de predicción puede estimar el coste de codificación solamente para una parte del conjunto de posibles modalidades de predicción. Por ejemplo, la modalidad 32 de predicción puede seleccionar la parte de las modalidades de predicción del conjunto en base a la modalidad de predicción seleccionada para uno o más bloques de vídeo vecinos. La unidad 32 de predicción genera un bloque de predicción usando la modalidad de predicción seleccionada.

40 Después de generar el bloque de predicción, el codificador 20 de vídeo genera un bloque residual restando el bloque de predicción producido por la unidad 32 de predicción al bloque de vídeo actual en el sumador 48A. El bloque residual incluye un conjunto de valores de diferencia de píxeles que cuantifican diferencias entre valores de píxeles del bloque de vídeo actual y valores de píxeles del bloque de predicción. El bloque residual puede ser representado en un formato de bloque bidimensional (p. ej., una matriz o formación bidimensional de valores de píxeles). En otras palabras, el bloque residual es una representación bidimensional de los valores de píxeles.

45 La unidad 38 de transformación aplica una transformación al bloque residual para producir coeficientes de transformación residual. La unidad 38 de transformación, por ejemplo, puede aplicar una DCT, una transformación entera, una transformación direccional, una transformación de ondículas, o una combinación de las mismas. La unidad 38 de transformación puede aplicar selectivamente al bloque residual en base a la modalidad de predicción seleccionada por la unidad 32 de predicción para generar el bloque de predicción. En otras palabras, la transformación aplicada a la información residual puede ser dependiente de la modalidad de predicción seleccionada para el bloque por la unidad 32 de predicción.

50 La unidad 38 de transformación puede mantener una pluralidad de transformaciones distintas y aplicar selectivamente las transformaciones al bloque residual, en base a la modalidad de predicción del bloque. La pluralidad de distintas transformaciones pueden incluir las DCT, las transformaciones enteras, las transformaciones direccionales, las transformaciones de ondículas o combinaciones de las mismas. En algunos casos, la unidad 38 de transformación puede mantener una DCT o una transformación entera y una pluralidad de transformaciones direccionales, y aplicar selectivamente las transformaciones en base a la modalidad de predicción seleccionada para el bloque de vídeo actual. La unidad 38 de transformación, por ejemplo, puede aplicar la DCT o la transformación entera a bloques residuales con modalidades de predicción que exhiben direccionalidad limitada, y aplicar una de las transformaciones direccionales a

bloques residuales con modalidades de predicción que exhiben una significativa direccionalidad.

Usando el conjunto ejemplar de modalidades de predicción descritas anteriormente, la unidad 38 de transformación puede aplicar la DCT o la transformación entera a las modalidades 2, 9 y 12 a 17. Estas modalidades pueden exhibir direccionalidad limitada, ya que son bien predicción DC, o bien una combinación de dos modalidades de predicción en direcciones aproximadamente ortogonales. Por el contrario, las modalidades 1, 3 a 8, 10 y 11 son modalidades que pueden exhibir direccionalidad y, por lo tanto, la unidad 38 de transformación puede aplicar distintas transformaciones direccionales para cada una de estas modalidades, para lograr una mejor compactación de energía de los bloques de vídeo residuales. En otras palabras, cuando se escogen las modalidades de predicción que tienen direccionalidad más fuerte, la direccionalidad también puede ser manifestada en los bloques residuales de tales modalidades de predicción. Y los bloques residuales de distintas modalidades de predicción exhiben distintas características de direccionalidad. De tal modo, en comparación con transformaciones tales como la DCT o la transformación entera similar a la DCT, las transformaciones direccionales específicamente entrenadas para cada modalidad de predicción pueden proporcionar una mejor compactación de energía para los bloques residuales de la modalidad de predicción dada. Por otra parte, para modalidades de predicción que no llevan fuerte direccionalidad, las transformaciones tales como la DCT, o la transformación entera similar a la DCT, proporcionan suficiente compactación de energía. De esta manera, la unidad 38 de transformación no necesita mantener transformaciones distintas para cada una de las posibles modalidades de predicción, reduciendo así los requisitos de almacenamiento de transformaciones. Además, la aplicación de la DCT y / o las transformaciones enteras es menos compleja en términos de complejidad de cálculo.

En otros casos, la unidad 38 de transformación puede mantener una distinta transformación direccional para cada una de las posibles modalidades de predicción, y aplicar las correspondientes transformaciones direccionales en base a la modalidad de predicción seleccionada del bloque. Para el conjunto ejemplar de modalidades de predicción descritas anteriormente, la unidad 38 de transformación puede mantener dieciocho transformaciones direccionales distintas, cada una de las cuales corresponde a una de las dieciocho posibles modalidades de predicción Intra 4x4. Adicionalmente, la unidad 38 de transformación puede mantener dieciocho transformaciones direccionales distintas para las dieciocho posibles modalidades de predicción Intra 8x8, y cuatro transformaciones direccionales distintas para las cuatro posibles modalidades de predicción Intra 16x16, y transformaciones para otras modalidades de predicción cualesquiera de otros tamaños de partición. La aplicación de distintas transformaciones direccionales en base a la modalidad de predicción seleccionada del bloque aumenta la eficacia con la cual es capturada la energía residual, particularmente para bloques para los cuales se seleccionan modalidades de predicción que exhiben una significativa direccionalidad. Las transformaciones direccionales pueden ser transformaciones direccionales no separables, p. ej., obtenidas de las Transformaciones no separables de Karhunen Løeve (KLT), o transformaciones direccionales separables. En algunos casos, las transformaciones direccionales pueden ser pre-calculadas usando conjunto de datos de entrenamiento.

La KLT es una transformación lineal donde las funciones de base se obtienen de las estadísticas de la señal, y pueden por tanto ser adaptativas. Una KLT está diseñada para colocar tanta energía en tan pocos coeficientes como sea posible. Una KLT, en general, no es separable y, por tanto, la unidad 38 de transformación realiza la multiplicación matricial completa según lo descrito en detalle más adelante. La aplicación de una transformación direccional no separable a un bloque residual de 4x4 será descrita con fines ejemplares. Técnicas similares se usan para bloques de distintos tamaños, p. ej., bloques de 8x8 o bloques de 16x16.

Un bloque X residual de 4x4 está representado en un formato de bloque bidimensional con cuatro filas y cuatro columnas de valores de píxeles, es decir, un total de dieciséis valores de píxeles. Para aplicar una transformación direccional no separable, el bloque residual de 4x4 es re-dispuesto en un vector unidimensional x de valores de píxeles, es decir, de longitud dieciséis. El bloque X residual de 4x4 es re-dispuesto como el vector v disponiendo los píxeles en X en orden de recorrido de cuadrícula. Es decir, si el bloque X residual de 4x4 se escribe como

$$X = \begin{bmatrix} x_{00} & x_{01} & x_{02} & x_{03} \\ x_{10} & x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ x_{20} & x_{21} & x_{22} & x_{23} \\ x_{30} & x_{31} & x_{32} & x_{33} \end{bmatrix},$$

entonces el vector residual x de longitud 16 se escribe como

$$x = [x_{00} \ x_{01} \ x_{02} \ x_{03} \ x_{10} \ x_{11} \ x_{12} \ x_{13} \ x_{20} \ x_{21} \ x_{22} \ x_{23} \ x_{30} \ x_{31} \ x_{32} \ x_{33}].$$

Un vector y de coeficientes de transformación se obtiene realizando la multiplicación matricial de acuerdo a la siguiente

ecuación (1):

$$y = Tx, \tag{1}$$

donde T es la matriz de transformación de tamaño 16x16 que corresponde a la modalidad de predicción seleccionada para el bloque. El vector y de coeficientes de transformación también es un vector unidimensional que tiene una longitud de dieciséis coeficientes.

El uso de transformaciones direccionales no separables puede implicar un coste de cálculo y requisitos de almacenamiento aumentados. En general, para un bloque residual de tamaño $N \times N$, la transformación direccional no separable requiere funciones de base de tamaño $N^2 \times N^2$. Es decir, para bloques residuales de 4x4, la transformación direccional no separable tiene un tamaño de 16x16; para bloques residuales de 8x8, la transformación direccional no separable tiene un tamaño de 64x64; y para bloques residuales de 16x16, la transformación direccional no separable tiene un tamaño de 256x256. Debido a que puede usarse una transformación direccional no separable, distinta para cada una de las modalidades de predicción del conjunto, la unidad 32 de transformación puede almacenar dieciocho transformaciones direccionales de 16x16 para bloques de 4x4 y dieciocho transformaciones de 64x64 para bloques de 8x8 (en el caso del conjunto ejemplar de modalidades de predicción descritas anteriormente), y posiblemente más si el conjunto de modalidades de predicción es más grande. Esto puede dar como resultado el uso de grandes recursos de memoria para almacenar las matrices de transformación necesarias para llevar a cabo el proceso de transformación. El coste de cálculo de las transformaciones direccionales no separables también es alto. En general, la aplicación de una transformación direccional no separable sobre un bloque de $N \times N$ requiere $N^2 \times N^2$ multiplicaciones y $N^2 \times (N^2 - 1)$ sumas.

En lugar de transformaciones direccionales no separables, la unidad 32 de transformación puede mantener transformaciones direccionales separables para cada una de las modalidades de predicción. Las transformaciones direccionales separables tienen un menor coste de almacenamiento y de cálculo, en comparación con las transformaciones direccionales no separables. Para el bloque X residual de 4x4, por ejemplo, la transformación separable se aplica según lo indicado por la siguiente ecuación (2):

$$Y = CXR, \tag{2}$$

donde Y es la matriz resultante de coeficientes de transformación, C es una matriz de transformación de columnas y R es una matriz de transformación de filas, todas las cuales tienen un tamaño igual al tamaño del bloque (p. ej., 4x4 en este ejemplo). De tal modo, la matriz Y resultante de coeficientes de transformación también es una matriz bidimensional de tamaño 4x4.

Para cada modalidad de predicción, la unidad 32 de transformación puede almacenar dos matrices de transformación de $N \times N$ (p. ej., los pares de matrices C y R), donde $N \times N$ corresponde al tamaño del bloque (p. ej., $N = 4, 8$ o 16). En el conjunto ejemplar de dieciocho modalidades de predicción para un bloque de 4x4, descritas anteriormente, la unidad 32 de transformación almacena treinta y seis matrices de transformación de 4x4, lo que requiere menos almacenamiento que las dieciocho matrices de transformación de 16x16 almacenadas cuando se usan transformaciones no separables. Adicionalmente, la unidad 32 de transformación puede realizar la transformación direccional separable usando $2 \times N \times N \times N$ multiplicaciones y $2 \times N \times N \times (N - 1)$ sumas, que son significativamente menos operaciones que las $N^2 \times N^2$ multiplicaciones y $N^2 \times (N^2 - 1)$ sumas usadas para realizar las transformaciones direccionales no separables. La Tabla 1 compara los requisitos de almacenamiento y de cálculo entre usar transformaciones direccionales separables o no separables, para tamaños de bloque de 4x4 y 8x8. La comparación entre transformaciones direccionales separables y no separables para bloques de 16x16 puede hacerse de manera similar. Según lo ilustrado en la Tabla 1, el uso de transformaciones direccionales separables proporciona una reducción tanto en la complejidad de cálculo como en el requisito de almacenamiento, en comparación con las transformaciones direccionales no separables, y la reducción se torna más significativa para tamaños mayores de bloques, p. ej., la reducción para bloques de 8x8 es mayor que la reducción para bloques de 4x4.

Tabla 1: Complejidad de transformaciones direccionales no separables y separables

	Tamaño de bloque	Transformación no separable	Transformación separable
Almacenamiento para todas las modalidades (en octetos)	4x4	18x16x16 = 4.608	18x2x4x4 = 576
	8x8	18x64x64 = 73.728	18x2x8x8 = 2.304
Cálculos por bloque	4x4	256 operaciones de multiplicación 240 operaciones de suma	128 operaciones de multiplicación, 96 operaciones de suma
	8x8	4.096 operaciones de multiplicación 4.032 operaciones de suma	1.024 operaciones de multiplicación 896 operaciones de suma

Las matrices de transformaciones separables para cada modalidad de predicción pueden ser obtenidas usando residuos

de predicción a partir de un conjunto de secuencias de vídeo de entrenamiento. De manera similar a la obtención de una transformación KLT no separable, el proceso de descomposición de valores singulares (SVD) puede ser aplicado a los residuos de predicción en el conjunto de entrenamiento, primero en la dirección de filas y luego en la dirección de columnas, a fin de obtener la matriz de transformación de filas y la matriz de transformación de columnas, respectivamente. Alternativamente, las matrices de transformación direccionales no separables, es decir, las matrices de transformación KLT no separables, pueden ser entrenadas, primero, usando los residuos de predicción del conjunto de entrenamiento; luego, las matrices de transformación separables para cada modalidad de predicción pueden ser obtenidas por una descomposición adicional de las matrices de transformación no separables en matrices de transformación separables.

En ambos casos, las matrices de transformación resultantes tienen usualmente precisión de punto flotante. Los números de precisión de punto fijo se usan para aproximar los coeficientes en las matrices de transformación, para permitir el uso de la aritmética de punto fijo en el proceso de transformación y para reducir el coste de los cálculos. La precisión de las aproximaciones de punto fijo de los coeficientes en las matrices de transformación se decide hallando un equilibrio entre la complejidad de los cálculos y la máxima precisión necesaria durante el proceso de transformación usando aritmética de punto fijo. En otras palabras, la mayor precisión de las aproximaciones de punto fijo de las matrices de transformación puede dar como resultado errores más pequeños, debido al uso de la aproximación de punto fijo, lo que es deseable, pero una precisión demasiado alta en las aproximaciones de punto fijo de las matrices de transformación también puede hacer que la aritmética de punto fijo desborde durante el proceso de transformación, lo que no es deseable.

Después de aplicar la transformación al bloque residual de valores de píxeles, la unidad 40 de cuantización cuantiza los coeficientes de transformación para reducir adicionalmente la tasa de bits. A continuación de la cuantización, la unidad 42 de cuantización inversa y la unidad 44 de transformación inversa pueden aplicar la cuantización inversa y la transformación inversa, respectivamente, para reconstruir el bloque residual (etiquetado como "BLOQUE RESIDUAL RECONSTRUIDO" en la FIG. 2). El sumador 48B suma el bloque residual reconstruido al bloque de predicción producido por la unidad 32 de predicción, para producir un bloque de vídeo reconstruido para su almacenamiento en el almacén 34 de tramas. El bloque de vídeo reconstruido puede ser usado por la unidad 32 de predicción para intra-codificar o inter-codificar un posterior bloque de vídeo.

Según lo descrito anteriormente, cuando se usan transformaciones separables, que incluyen la DCT, las transformaciones enteras usadas en H.264 / AVC y las transformaciones direccionales separables, los coeficientes de transformación resultantes están representados como matrices de coeficientes bidimensionales. Por lo tanto, a continuación de la cuantización, la unidad 41 de recorrido de coeficientes recorre los coeficientes, desde el formato de bloque bidimensional hasta un formato de vector unidimensional, un proceso a menudo denominado recorrido de coeficientes. En particular, la unidad 41 de recorrido de coeficientes recorre los coeficientes de acuerdo a un orden de recorrido. De acuerdo a un aspecto de esta divulgación, que no está reivindicado, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede ajustar de manera adaptativa el orden de recorrido usado para el recorrido de coeficientes, en base a una o más estadísticas de coeficientes. En algunos casos, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede ajustar de manera adaptativa el orden de recorrido por separado para cada una de las modalidades de predicción, dado que cada una de las modalidades de predicción puede tener distintas estadísticas de coeficientes.

La unidad 41 de recorrido de coeficientes puede recorrer inicialmente los coeficientes del bloque residual cuantizado usando un primer orden de recorrido. El primer orden de recorrido puede ser un orden de recorrido en zig-zag, que es habitualmente usado en las aplicaciones de la norma H.264 / MPEG-4 Parte 10 AVC. Aunque la unidad 41 de recorrido de coeficientes se describe como recorriendo inicialmente usando el orden de recorrido en zig-zag, las técnicas de esta divulgación no están limitadas a ningún orden o técnica inicial de recorrido específico. Además, cada una de las modalidades de predicción puede tener un orden distinto de recorrido inicial, p. ej., un orden de recorrido específicamente entrenado para esa modalidad de predicción. El orden de recorrido en zig-zag, sin embargo, se describe con fines de ilustración. El orden de recorrido en zig-zag dispone los coeficientes cuantizados en el vector unidimensional de modo que los coeficientes en la esquina superior izquierda del bloque bidimensional sean compactados hacia el comienzo del vector de coeficientes. El orden de recorrido en zig-zag puede proporcionar la suficiente compacidad para bloques de coeficientes que tienen direccionalidad limitada.

Cuando los bloques residuales tienen alguna direccionalidad, o una direccionalidad significativa, y son transformados usando transformaciones direccionales separables, el bloque resultante de coeficientes de transformación bidimensional puede aún llevar alguna magnitud de direccionalidad. Esto es porque, si bien el uso de transformaciones direccionales separables ofrece las ventajas de una menor complejidad de cálculo y un menor requisito de almacenamiento, no puede capturar la direccionalidad en los bloques residuales tan bien como el uso de transformaciones direccionales no separables. Como ejemplo, después de la aplicación de la transformación direccional a la predicción vertical (modalidad 0 del ejemplo anteriormente descrito), los coeficientes no nulos tienden a existir a lo largo de la dirección horizontal. De tal modo, el orden de recorrido en zig-zag, puede no dar como resultado que todos los coeficientes no nulos sean compactados hacia el comienzo del vector de coeficientes. Adaptando el orden de recorrido de coeficientes, para orientar el orden de recorrido en la dirección horizontal en lugar del orden fijo de recorrido en zig-zag, los coeficientes no nulos del bloque de coeficientes pueden estar más compactados hacia el comienzo del vector de coeficientes unidimensional que lo que sería el caso si se recorrieran en el orden de recorrido en zig-zag. Esto puede, a su vez, reducir el número de bits empleados en la codificación de entropía, ya que hay rachas más cortas de ceros entre coeficientes no nulos al comienzo del vector de coeficientes unidimensional y una racha más larga de ceros al final del vector de coeficientes

unidimensional. El concepto de adaptar el orden de recorrido usado para generar el vector de coeficientes unidimensional también se aplica a otras modalidades de predicción. Por ejemplo, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede ajustar de manera adaptativa el orden de recorrido por separado para cada una de las modalidades de predicción, ya que cada una de las modalidades de predicción puede tener distinta direccionalidad en los bloques de coeficientes y, por tanto, distintas estadísticas de coeficientes. De esta manera, el orden de recorrido puede ser distinto para cada una de las modalidades de predicción.

Como se ha descrito anteriormente, el orden de recorrido inicial puede no ser el orden de recorrido en zig-zag, en particular, para casos en los cuales las transformaciones direccionales son aplicadas al bloque residual. En estos casos, el orden de recorrido inicial puede ser pre-determinado usando una de las técnicas descritas más adelante. Como ejemplo, el orden de recorrido inicial puede ser determinado usando un conjunto de secuencias de vídeo de entrenamiento. Las estadísticas de coeficientes no nulos, tales como las estadísticas descritas más adelante, son reunidas para cada modalidad de predicción y usadas para inicializar el orden de recorrido de coeficientes. En particular, la posición con la más alta probabilidad de coeficientes no nulos es la primera posición de coeficiente del orden de recorrido inicial, luego la posición con la siguiente probabilidad más alta de coeficientes no nulos es la segunda posición de coeficiente del orden de recorrido inicial, y así sucesivamente hasta la de la más pequeña probabilidad no nula, que es la última posición de coeficiente del orden de recorrido inicial. Alternativamente, el orden de recorrido inicial puede ser determinado en base a las magnitudes de los auto-valores de las matrices de transformación separables. Por ejemplo, los auto-valores pueden ser clasificados en orden descendente y los coeficientes son recorridos siguiendo el correspondiente orden de los auto-valores.

Incluso si el orden de recorrido inicial es determinado usando una de las técnicas descritas anteriormente, diversos tipos de fuentes de vídeo pueden dar como resultado que coeficientes residuales cuantizados estén situados en distintas posiciones de coeficientes dentro del bloque. Por ejemplo, las fuentes de vídeo de distintas resoluciones, p. ej., las fuentes de vídeo del formato intermedio común (CIF), el cuarto-de-CIF (QCIF) y la alta definición (p. ej., 720 píxeles / pulgada o 1.080 píxeles / pulgada), pueden dar como resultado que coeficientes no nulos estén situados en distintas posiciones de coeficientes dentro del bloque. Así, incluso si el orden de recorrido inicial es seleccionado en base a la modalidad de predicción del bloque, la unidad 41 de recorrido de coeficientes todavía puede adaptar el orden de recorrido para mejorar la compacidad de los coeficientes no nulos hacia el comienzo del vector de coeficientes unidimensional.

Para adaptar el orden de recorrido, la unidad 41 de recorrido de coeficientes, u otra unidad del codificador 20 de vídeo, puede recoger una o más estadísticas de coeficientes para uno o más bloques. En otras palabras, como el recorrido de coeficientes es realizado bloque por bloque, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede recoger estadísticas que indiquen el número de veces que cada una de las posiciones dentro del bloque tiene un coeficiente no nulo. Por ejemplo, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede mantener una pluralidad de contadores, cada uno de los cuales corresponde a una posición de coeficiente en el bloque bidimensional, e incrementar el contador correspondiente a la posición cuando un coeficiente no nulo es localizado en esa posición respectiva. De esta manera, los altos valores de contador corresponden a posiciones en el bloque en las cuales los coeficientes no nulos ocurren con mayor frecuencia, y los bajos valores de contador corresponden a posiciones en el bloque en las cuales un coeficiente no nulo ocurre con menos frecuencia. En algunos casos, las estadísticas solamente pueden ser recogidas para un subconjunto de estadísticas de coeficientes para cada una de las modalidades de predicción.

Como se ha descrito anteriormente, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede adaptar el orden de recorrido, en base a las estadísticas recogidas. La unidad 41 de recorrido de coeficientes puede, en base a las estadísticas recogidas, adaptar el orden de recorrido para recorrer posiciones de coeficientes que están determinadas por tener una mayor probabilidad de tener coeficientes no nulos, antes que las ubicaciones de coeficientes que están determinadas por tener una más pequeña probabilidad de tener coeficientes no nulos. Por ejemplo, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede adaptar el orden de recorrido para recorrer las posiciones de coeficientes del bloque bidimensional en orden descendente, en base a sus valores de contador, cuando los valores de contador representan el número de veces que las respectivas ubicaciones de coeficientes tienen un valor no nulo. Alternativamente, los contadores pueden rastrear el número de veces que cada una de las posiciones dentro del bloque ha sido la ubicación para un coeficiente de valor cero, y adaptar el orden de recorrido para recorrer las posiciones de coeficientes en orden ascendente, en base a sus valores de contador. En algunos casos, las estadísticas solamente pueden ser recogidas para un subconjunto de posiciones de coeficientes del bloque, en lugar de todas las posiciones de coeficientes del bloque. En este caso, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede solamente adaptar parte del orden de recorrido.

La unidad 41 de recorrido de coeficientes puede adaptar el orden de recorrido a intervalos fijos, o no fijos. Por ejemplo, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede adaptar el orden de recorrido a intervalos fijos, tales como fronteras de bloques. En algunos casos, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede adaptar el orden de recorrido en fronteras de bloques de 4x4 o de 8x8, o en fronteras de macro-bloques. De esta manera, el orden de recorrido puede ser adaptado para cada bloque o macro-bloque. Para reducir la complejidad del sistema, sin embargo, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede adaptar el orden de recorrido menos frecuentemente, tal como después de cada n bloques o macro-bloques. Alternativamente, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede adaptar el orden de recorrido a intervalos no fijos. La unidad 41 de recorrido de bloques, por ejemplo, puede adaptar el orden de recorrido cuando uno de los valores de contador de una posición dentro del bloque supera un valor de umbral. Después de adaptar el orden de recorrido, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede recorrer los posteriores bloques residuales cuantizados de al menos un

5 bloque posterior de vídeo, usando el orden de recorrido adaptado. En algunos casos, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede recorrer los posteriores bloques residuales cuantizados de al menos un bloque posterior de vídeo, usando el orden de recorrido adaptado cuando dicho al menos un bloque posterior de vídeo existe en una unidad de codificación del primer bloque de vídeo. La unidad 41 de recorrido de coeficientes puede continuar recorriendo los posteriores bloques de vídeo hasta que el orden de recorrido sea adaptado de nuevo, de acuerdo a las estadísticas recogidas, o hasta que el orden de recorrido sea reinicializado. De esta manera, la unidad 41 de recorrido de coeficientes adapta el orden de recorrido para generar el vector de coeficientes unidimensional, de manera tal que los coeficientes residuales cuantizados pueden ser codificados más eficazmente por la unidad 46 de codificación de entropía.

10 La unidad 41 de recorrido de coeficientes, en algunos casos, puede normalizar las estadísticas recogidas. La normalización de las estadísticas recogidas puede ser deseable cuando los contadores de coeficientes alcanzan un valor de umbral. Una posición de coeficiente, denominada en la presente memoria posición *A* de coeficiente, dentro del bloque que tiene un valor de contador que ha alcanzado el umbral, puede, por ejemplo, permanecer como la ubicación de coeficiente con el mayor valor de contador cuando la ubicación de coeficiente no ha tenido un coeficiente no nulo durante un período de tiempo. Esto es debido a que el contador de coeficiente en la posición *A* es tan grande que otros
15 contadores de coeficiente pueden tomar múltiples bloques (p. ej., decenas o cientos de bloques) antes de que el contador de coeficiente de otra posición, denominado en la presente memoria la posición *B* de coeficiente, dentro del bloque supere el contador de coeficiente en la posición *A* y dé como resultado un cambio (es decir, canje) del orden de recorrido entre las posiciones *A* y *B* de coeficiente. Así, para permitir que el codificador 20 de vídeo se adapte más rápidamente a las estadísticas de coeficientes locales, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede normalizar los
20 coeficientes cuando uno de los contadores alcanza un valor de umbral. Por ejemplo, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede normalizar los coeficientes puede normalizar los coeficientes reduciendo cada uno de los valores de contador en un factor pre-determinado, tal como reduciendo cada uno de los valores de contador en un factor de dos, o reiniciando los valores de contador en un conjunto de valores iniciales de contador. La unidad 41 de recorrido de coeficientes puede utilizar otras metodologías de normalización. Por ejemplo, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede refrescar las estadísticas
25 después de codificar un número específico de bloques.

La unidad 46 de codificación de entropía recibe el vector de coeficientes unidimensional que representa los coeficientes residuales del bloque, así como la información de cabecera de bloque para el bloque, en forma de uno o más elementos de sintaxis de la cabecera. Los elementos de sintaxis de la cabecera pueden identificar características específicas del
30 bloque de vídeo actual, tal como un tipo de bloque, una modalidad de predicción, el patrón de bloque codificado (CBP) para luma y croma, una división de bloque y uno o más vectores de movimiento. Estos elementos de sintaxis de la cabecera pueden ser recibidos desde otros componentes, por ejemplo, desde la unidad 32 de predicción, dentro del codificador 20 de vídeo.

La unidad 46 de codificación de entropía codifica la información de cabecera y la información residual para el bloque de vídeo actual, para generar un flujo de bits codificado (etiquetado como "FLUJO DE BITS DE VÍDEO" en la FIG. 2. La
35 unidad 46 de codificación de entropía codifica uno o más de los elementos de sintaxis de cada uno de los bloques, de acuerdo a las técnicas descritas en esta divulgación. En particular, la unidad 46 de codificación de entropía puede codificar los elementos de sintaxis del bloque actual en base a los elementos de sintaxis de uno o más bloques de vídeo previamente codificados. De tal modo, la unidad 46 de codificación de entropía puede incluir uno o más almacenes temporales para almacenar los elementos de sintaxis de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados. La
40 unidad 46 de codificación de entropía puede analizar cualquier número de bloques vecinos en cualquier ubicación, para asistir en la codificación de los elementos de sintaxis del bloque de vídeo actual. Con fines de ilustración, la unidad 46 de codificación de entropía será descrita como codificadora de la modalidad de predicción en base a un bloque previamente codificado, situado directamente sobre el bloque actual (es decir, el bloque superior vecino) y a un bloque previamente codificado, situado directamente a la izquierda del bloque actual (es decir, el bloque izquierdo vecino). Sin embargo,
45 técnicas similares pueden ser usadas para codificar otros elementos de sintaxis de cabecera, tales como tipos de bloque, particiones de bloque, CBP o similares. Además, pueden ser usadas técnicas similares que implican a más bloques vecinos que a los bloques vecinos superior e izquierdo en la codificación del bloque de vídeo actual.

El funcionamiento de la unidad 46 de codificación de entropía será descrito con referencia al conjunto de dieciocho modalidades de predicción descritas anteriormente, y a la vista del pseudo-código ejemplar a continuación.

50 *Sea ModalidadSuperior* la modalidad de predicción del bloque superior

Sea ModalidadIzquierda la modalidad de predicción del bloque izquierdo

Sea ModalidadActual la modalidad de predicción del bloque actual

Si ModalidadActual == ModalidadSuperior || ModalidadActual == ModalidadIzquierda

Enviar "1"

55 *Si ModalidadSuperior != ModalidadIzquierda*

Enviar "1" si *ModalidadActual == ModalidadSuperior* o "0" en otro caso

En caso contrario

Enviar "0"

Ajustar *ModalidadActual* para que esté en la gama de [0, 15]

Enviar *ModalidadActual* usando 4 bits

5 La unidad 46 de codificación de entropía inicializa las variables *ModalidadSuperior*, *ModalidadIzquierda* y *ModalidadActual* para que sean iguales, respectivamente, a la modalidad de predicción del bloque vecino superior, la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo y la modalidad de predicción del bloque actual. Como se ha descrito anteriormente, las modalidades de predicción del bloque vecino superior, el bloque vecino izquierdo y el bloque actual pueden ser determinadas en base a un análisis de coste Lagrangiano. La unidad 46 de codificación de entropía compara la modalidad de predicción del bloque actual (*ModalidadActual*) con la modalidad de predicción de los bloques vecinos (*ModalidadSuperior* y *ModalidadIzquierda*). Si la modalidad de predicción del bloque actual es igual a la modalidad de predicción de cualquiera de los bloques vecinos, la unidad 46 de codificación de entropía codifica un "1". De ese modo, el primer bit codificado por la unidad 46 de codificación de entropía para representar la modalidad de predicción del bloque actual indica si la modalidad de predicción actual es la misma que la modalidad de predicción del bloque vecino superior, o bien la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo.

Si la modalidad de predicción del bloque actual es igual a la modalidad de predicción de cualquiera de los bloques vecinos, es decir, el primer bit codificado es un "1", la unidad 46 de codificación de entropía compara la modalidad de predicción del bloque vecino superior con la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo. Si la modalidad de predicción del bloque vecino superior es la misma que la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo, la unidad 46 de codificación de entropía no codifica ningún bit más para la modalidad de predicción. En este caso, la modalidad de predicción puede ser codificada usando un único bit.

Sin embargo, si la modalidad de predicción del bloque vecino superior no es igual a la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo, la unidad 46 de codificación de entropía codifica al menos un bit adicional que representa la modalidad de predicción, para especificar cuál de los bloques vecinos tiene la misma modalidad de predicción que el bloque actual. Por ejemplo, cuando la unidad 46 de codificación de entropía analiza la modalidad de predicción de los bloques vecinos superior e izquierdo, la unidad 46 de codificación de entropía puede codificar un "1" si la modalidad de predicción del bloque actual es la misma que la modalidad de predicción del bloque vecino superior, y codifica un "0" si la modalidad de predicción del bloque actual es la misma que la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo. La unidad 46 de codificación de entropía, alternativamente, puede codificar un "1" si la modalidad de predicción del bloque actual es la misma que la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo, y codifica un "0" si la modalidad de predicción del bloque actual es la misma que la modalidad de predicción del bloque vecino superior. En cualquier caso, el segundo bit de la modalidad de predicción codificada indica cuál, entre el bloque vecino superior y el izquierdo, tiene la misma modalidad de predicción que la modalidad de predicción del bloque actual. De esta manera, la unidad 46 de codificación de entropía puede codificar la modalidad de predicción del bloque actual, usando hasta solamente un bit y, a lo sumo, dos bits cuando la modalidad de predicción del bloque actual es igual a la modalidad de predicción de uno de los bloques vecinos. Si la unidad 46 de codificación de entropía analiza más de dos bloques vecinos, la unidad 46 de codificación de entropía puede codificar más de un bit adicional para especificar cuál de los bloques previamente codificados tiene la misma modalidad de predicción que el bloque actual.

Si la modalidad de predicción del bloque de vídeo actual no es la misma que la modalidad de predicción del bloque vecino superior, o bien la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo, la unidad 46 de codificación de entropía envía un "0", lo que indica que la modalidad de predicción del bloque de vídeo actual no es igual a las modalidades de predicción de cualquiera de los bloques vecinos. La unidad 46 de codificación de entropía codifica una palabra de código que representa la modalidad de predicción del bloque actual. Usando el conjunto de dieciocho modalidades de predicción descritas anteriormente como un ejemplo, la unidad 46 de codificación de entropía puede codificar la modalidad de predicción del bloque de vídeo actual usando una palabra de código de cuatro bits. Aunque hay dieciocho posibles modalidades de predicción, que habitualmente requieren palabras de código de cinco bits, dos de las posibles modalidades de predicción ya pueden haber sido eliminadas del conjunto para el bloque actual, es decir, las modalidades de predicción del bloque vecino superior y del bloque vecino izquierdo, porque las modalidades de predicción del bloque vecino superior y del bloque vecino izquierdo ya han sido comparadas con la modalidad de predicción del bloque actual, y se ha decidido que no son iguales a la modalidad de predicción del bloque actual. Cuando el bloque vecino superior y el bloque vecino izquierdo tienen la misma modalidad de predicción, sin embargo, siguen siendo posibles diecisiete modalidades de predicción en lugar de dieciséis modalidades de predicción, requiriendo nuevamente una palabra de código de cinco bits en lugar de una palabra de código de cuatro bits para su representación. En este caso, durante el proceso de predicción, la unidad 32 de predicción puede eliminar selectivamente una de las restantes diecisiete modalidades de codificación del conjunto, para permitir que la modalidad de predicción del bloque actual sea representado usando una palabra de código de cuatro bits. En un caso, la unidad 32 de predicción puede eliminar la última modalidad de predicción, p. ej., la modalidad 17 de predicción en este ejemplo. La unidad 32 de predicción, sin embargo, puede seleccionar cualquiera de las modalidades de predicción del conjunto a eliminar, usando cualquier otra entre una amplia variedad de metodologías. Por ejemplo, la unidad 32 de predicción puede rastrear la probabilidad de que cada modalidad de predicción sea seleccionada, y eliminar la modalidad de predicción con la mínima probabilidad de

ser seleccionada.

Después de eliminar la modalidad de predicción seleccionada, la unidad 46 de codificación de entropía ajusta la gama de las dieciséis modalidades de predicción restantes, de modo que los números de modalidad de predicción varíen entre 0 y 15. En un ejemplo, la unidad 46 de codificación de entropía puede re-enumerar temporalmente las restantes modalidades de predicción, entre 0 y 15, comenzando con la asignación de 0 a la restante modalidad de predicción con el número más pequeño de modalidad, y terminando con la asignación de 15 a la restante modalidad de predicción con el número más grande de modalidad de predicción. Por ejemplo, si la modalidad de predicción del bloque vecino superior es la modalidad 12 y la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo es la modalidad 14, la unidad 46 de codificación de entropía puede re-enumerar la modalidad 13 de predicción, la modalidad 15 de predicción, la modalidad 16 de predicción y la modalidad 17 de predicción, como la modalidad 12 de predicción, la modalidad 13 de predicción, la modalidad 14 de predicción y la modalidad 15 de predicción, respectivamente. La unidad 46 de codificación de entropía codifica luego la modalidad de predicción usando cuatro bits. En otros ejemplos con conjuntos de modalidades de predicción con más o menos posibles modalidades de predicción, la unidad 46 de codificación de entropía puede codificar la modalidad de predicción con más o menos bits, usando técnicas similares.

La unidad 46 de codificación de entropía puede codificar la modalidad de predicción del bloque de vídeo actual usando CAVLC o CABAC. Puede existir una fuerte correlación entre la modalidad de predicción del bloque actual y las modalidades de predicción de los bloques vecino superior e izquierdo. En particular, cuando la modalidad de predicción del bloque vecino superior y la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo son ambas modalidades de predicción unidireccional, la probabilidad de que la modalidad de predicción del bloque actual sea también una de las modalidades de predicción unidireccional es alta. Análogamente, cuando la modalidad de predicción del bloque vecino superior y la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo son ambas modalidades de predicción bidireccional, la probabilidad de que la modalidad de predicción del bloque actual también sea una de las modalidades de predicción bidireccional es alta. De esta manera, las distribuciones de probabilidades de la modalidad de predicción del bloque actual cambian cuando cambian las categorías (p. ej., unidireccional frente a bidireccional) de las modalidades de predicción de los bloques vecinos superior e izquierdo.

De tal modo, la unidad 46 de codificación de entropía puede seleccionar, en algunos aspectos, distintos contextos de codificación, según que las modalidades de predicción de uno o más bloques de vídeo previamente codificados (p. ej., los bloques de vídeo vecinos superior e izquierdo) sean unidireccionales o bidireccionales. En el caso de CABAC, los distintos contextos de codificación reflejan las distintas probabilidades del conjunto de modalidades de predicción dentro del contexto dado. Tómese, por ejemplo, el contexto de codificación, denominado en la presente memoria "el primer contexto de codificación", que corresponde al caso en que ambos bloques de codificación vecinos, superior e izquierdo, tienen modalidades de predicción unidireccional. Debido a la correlación vecina, el primer contexto de codificación puede asignar mayores probabilidades a las modalidades de predicción unidireccional que a las modalidades de predicción bidireccional. De tal modo, cuando el primer contexto de codificación es seleccionado para la codificación de CABAC (es decir, ambas modalidades de predicción vecinas, superior e izquierda, son unidireccionales), pueden emplearse menos bits en la codificación de la modalidad de predicción actual si la modalidad de predicción actual es una de las modalidades de predicción unidireccional, en comparación con el caso en que la modalidad de predicción actual es una de las modalidades de predicción bidireccional. En el caso de CAVLC, pueden ser definidas distintas tablas de codificación de VLC para distintos contextos de codificación. Por ejemplo, cuando el primer contexto de codificación es seleccionado (es decir, ambos bloques vecinos, superior e izquierdo, tienen modalidades de predicción unidireccional), puede usarse una tabla de codificación de VLC que asigne palabras de código más cortas a las modalidades de predicción unidireccional que a las modalidades de predicción bidireccional.

De esta manera, la unidad 46 de codificación de entropía puede seleccionar el primer contexto de codificación cuando la modalidad de predicción del bloque de vídeo superior y la modalidad de predicción del bloque de vídeo izquierdo son, ambas, modalidades de predicción unidireccional. La unidad 46 de codificación de entropía puede seleccionar un contexto distinto de codificación cuando la modalidad de predicción del bloque de vídeo superior y la modalidad de predicción del bloque de vídeo izquierdo no son ambas modalidades de predicción unidireccional. Por ejemplo, la unidad 46 de codificación de entropía puede seleccionar un segundo contexto de codificación cuando la modalidad de predicción del bloque de vídeo vecino superior y la modalidad de predicción del bloque de vídeo vecino izquierdo son, ambas, modalidades de predicción bidireccional. El segundo contexto de codificación modela la distribución de probabilidades para la modalidad de predicción del bloque de vídeo actual cuando la modalidad de predicción de ambos bloques vecinos, superior e izquierdo, es bidireccional. La distribución de probabilidades del segundo contexto de codificación puede asignar mayores probabilidades a las modalidades de predicción bidireccional que a las modalidades de predicción unidireccional en el caso de la codificación CABAC, y asignar palabras de código más cortas a las modalidades de predicción bidireccional que a las modalidades de predicción unidireccional en el caso de la codificación CAVLC.

La unidad 46 de codificación de entropía puede seleccionar aún un tercer contexto de codificación cuando la modalidad de predicción de uno de los bloques vecinos es una modalidad de predicción unidireccional y la modalidad de predicción del otro de los bloques vecinos es una modalidad de predicción bidireccional. El tercer contexto de codificación distribuye más uniformemente la probabilidad de la modalidad de predicción actual entre las modalidades de predicción unidireccional y las modalidades de predicción bidireccional del conjunto. La selección de distintos contextos de codificación, para su uso en la codificación en base a si las modalidades de predicción de uno o más bloques de vídeo

previamente codificados (p. ej., los bloques de vídeo superior e izquierdo) son unidireccionales o bidireccionales, puede dar como resultado una mejor compresión de la información de modalidad de predicción.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo del descodificador 26 de vídeo de la FIG. 1 en mayor detalle. El descodificador 26 de vídeo puede realizar la intra-descodificación o la inter-descodificación de bloques dentro de unidades codificadas, tales como tramas o tajadas de vídeo. En el ejemplo de la FIG. 3, el descodificador 26 de vídeo incluye una unidad 60 de descodificación de entropía, una unidad 62 de predicción, una unidad 63 de recorrido de coeficientes, una unidad 64 de cuantización inversa, una unidad 66 de transformación inversa y el almacén 68 de tramas. El descodificador 26 de vídeo también incluye el sumador 69, que combina las salidas de la unidad 66 de transformación inversa y la unidad 62 de predicción.

La unidad 60 de descodificación de entropía recibe el flujo codificado de bits de vídeo (etiquetado como "FLUJO DE BITS DE VÍDEO" en la FIG. 3) y descodifica el flujo de bits codificado para obtener información residual (p. ej., en forma de un vector unidimensional de coeficientes residuales cuantizados) e información de cabecera (p. ej., en forma de uno o más elementos de sintaxis de cabecera). La unidad 60 de descodificación de entropía realiza la función de descodificación recíproca de la codificación realizada por el módulo 46 de codificación de la FIG. 2. La descripción de la unidad 60 de descodificación de entropía, realizando la descodificación de un elemento de sintaxis de la modalidad de predicción, se describe con fines ejemplares. Las técnicas pueden ser extendidas a la descodificación de otros elementos de sintaxis, tales como un tipo de bloque, una partición de bloque, un CBP o similares.

En particular, la unidad 60 de descodificación de entropía analiza el primer bit, que representa la modalidad de predicción, para determinar si la modalidad de predicción del bloque actual es igual o no a la modalidad de predicción de cualquiera de los bloques previamente descodificados y analizados, p. ej., un bloque vecino superior o un bloque vecino izquierdo. El módulo 60 de descodificación de entropía puede determinar que la modalidad de predicción de un bloque actual es igual a la modalidad de predicción de uno de los bloques vecinos cuando el primer bit es "1", y que la modalidad de predicción del bloque actual no es la misma que la modalidad de predicción de cualquiera de los bloques vecinos cuando el primer bit es "0".

Si el primer bit es "1" y si la modalidad de predicción del bloque vecino superior es la misma que la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo, la unidad 60 de descodificación de entropía no necesita recibir ningún bit más. La unidad 60 de descodificación de entropía selecciona la modalidad de predicción de cualquiera de los bloques vecinos como la modalidad de predicción del bloque actual. La unidad 60 de descodificación de entropía, por ejemplo, puede incluir uno o más almacenes temporales (u otra memoria) que almacenen las modalidades previas de predicción de dichos uno o más bloques previamente descodificados.

Si el primer bit es un "1" y si la modalidad de predicción del bloque vecino superior no es la misma que la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo, la unidad 60 de descodificación de entropía recibe un segundo bit que representa la modalidad de predicción, y la unidad 60 de descodificación de entropía determina cuál de los bloques vecinos tiene la misma modalidad de predicción que el bloque actual, en base al segundo bit. La unidad 60 de descodificación de entropía, por ejemplo, puede determinar que la modalidad de predicción del bloque actual es la misma que la modalidad de predicción del bloque vecino superior cuando el segundo bit es "1" y determinar que la modalidad de predicción del bloque actual es la misma que la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo cuando el segundo bit es "0". La unidad 60 de descodificación de entropía selecciona la modalidad de predicción del bloque vecino correcto como la modalidad de predicción del bloque actual.

Cuando el primer bit es "0", sin embargo, la unidad 60 de descodificación de entropía determina que la modalidad de predicción del bloque actual no es la misma que la modalidad de predicción de cualquiera de los bloques vecinos. Por lo tanto, la unidad 60 de descodificación de entropía puede eliminar las modalidades de predicción de los bloques vecinos superior e izquierdo del conjunto de posibles modalidades de predicción. El conjunto de las posibles modalidades de predicción puede incluir una o más modalidades de predicción unidireccional y / una o más modalidades de predicción multi-direccional. Un conjunto ejemplar de modalidades de predicción que incluye dieciocho modalidades totales de predicción se proporciona en lo que antecede, en la descripción de la FIG. 2. Si los bloques vecinos superior e inferior tienen la misma modalidad de predicción, la unidad 60 de descodificación de entropía puede eliminar la modalidad de predicción de los bloques vecinos y al menos otra modalidad de predicción. Como ejemplo, el módulo 60 de descodificación de entropía puede eliminar la modalidad de predicción con el mayor número de modalidad (p. ej., la modalidad 17 en el conjunto de dieciocho modalidades de predicción, descrito anteriormente). La unidad 60 de descodificación de entropía, sin embargo, puede seleccionar cualquiera de las modalidades de predicción del conjunto a eliminar, usando otra cualquiera entre una amplia variedad de metodologías, mientras la unidad 60 de descodificación elimine la misma modalidad de predicción que la eliminada por la unidad 32 de predicción. Por ejemplo, la unidad 60 de descodificación de entropía puede eliminar la modalidad de predicción que tenga la más baja probabilidad de ser seleccionada.

La unidad 60 de descodificación de entropía puede ajustar los números de modalidades de predicción de las restantes modalidades de predicción, de modo que los números de modalidades de predicción oscilen entre 0 y 15. En un ejemplo, la unidad 46 de codificación de entropía puede re-enumerar temporalmente las restantes modalidades de predicción entre 0 y 15, comenzando con el modo de predicción restante con el número de modalidad más pequeño y terminando con la modalidad de predicción restante con el número de modalidad más grande, según lo descrito anteriormente con

respecto a la FIG. 2. La unidad 60 de descodificación de entropía descodifica los bits restantes, p. ej., cuatro bits en el ejemplo descrito, para obtener el número de modalidad de predicción de los modalidades de predicción restantes que corresponda a la modalidad de predicción del bloque actual.

5 En algunos casos, la unidad 60 de descodificación de entropía puede descodificar la modalidad de predicción del bloque de vídeo actual usando CAVLC o CABAC. Debido a que puede existir una fuerte correlación entre la modalidad de predicción del bloque actual y uno o más bloques previamente descodificados (p. ej., las modalidades de predicción de los bloques vecinos superior e izquierdo), la unidad 60 de descodificación de entropía puede seleccionar distintos contextos de codificación para una modalidad de predicción del bloque, en base al tipo de modalidad de predicción de uno o más bloques de vídeo previamente descodificados. En otras palabras, la unidad 60 de descodificación de vídeo
10 puede seleccionar distintos contextos de codificación en base a si las modalidades de predicción de los bloques previamente descodificados son unidireccionales o bidireccionales.

15 Como ejemplo, la unidad 60 de descodificación de entropía puede seleccionar un primer contexto de codificación cuando las modalidades de predicción de ambos bloques previamente descodificados son modalidades de predicción unidireccional, seleccionar un segundo contexto de codificación cuando las modalidades de predicción de ambos bloques previamente descodificados son modalidades de predicción bidireccional, y seleccionar un tercer contexto de codificación cuando la modalidad de predicción de uno de los bloques previamente descodificados es una modalidad de predicción unidireccional y la modalidad de predicción del otro bloque previamente descodificado es una modalidad de predicción bidireccional.

20 La unidad 62 de predicción genera un bloque de predicción usando al menos una parte de la información de cabecera. Por ejemplo, en el caso de un bloque intra-codificado, la unidad 60 de descodificación de entropía puede proporcionar al menos una parte de la información de cabecera (tal como el tipo de bloque y la modalidad de predicción para este bloque) a la unidad 62 de predicción, para la generación de un bloque de predicción. La unidad 62 de predicción genera un bloque de predicción usando uno o más bloques adyacentes (o partes de los bloques adyacentes) dentro de una unidad de codificación común, de acuerdo al tipo de bloque y a la modalidad de predicción. Como ejemplo, la unidad 62
25 de predicción, por ejemplo, puede generar un bloque de predicción del tamaño de partición indicado por el elemento de sintaxis del tipo de bloque, usando la modalidad de predicción especificada por el elemento de sintaxis de la modalidad de predicción. Dichos uno o más bloques adyacentes (o partes de los bloques adyacentes) dentro de la unidad de codificación actual, por ejemplo, pueden ser recuperados desde el almacén 68 de tramas.

30 La unidad 60 de descodificación de entropía también descodifica los datos de vídeo codificados para obtener la información residual en forma de un vector de coeficientes unidimensional. Si se usan transformaciones separables (p. ej., DCT, transformaciones enteras H.264 / AVC, transformaciones direccionales separables), la unidad 63 de recorrido de coeficientes recorre el vector de coeficientes unidimensional para generar un bloque bidimensional. La unidad 63 de recorrido de coeficientes realiza la función de recorrido recíproco del recorrido realizado por la unidad 41 de recorrido de coeficientes de la FIG. 2. En particular, la unidad 63 de recorrido de coeficientes recorre los coeficientes de acuerdo a un orden inicial de recorrido, para colocar los coeficientes del vector unidimensional en un formato bidimensional. En otras palabras, la unidad 63 de recorrido de coeficientes recorre el vector unidimensional para generar el bloque bidimensional de coeficientes cuantizados.
35

40 La unidad 63 de recorrido de coeficientes puede ajustar de manera adaptativa el orden de recorrido usado para el recorrido de coeficientes, en base a una o más estadísticas de coeficientes, para sincronizar el orden de recorrido con el orden de recorrido usado por el codificador 20 de vídeo. Para hacerlo, la unidad 63 de recorrido de coeficientes puede recoger una o más estadísticas de coeficientes para uno o más bloques, y adaptar el orden de recorrido en base a las estadísticas recogidas. En otras palabras, según se reconstruye el bloque bidimensional de coeficientes cuantizados, la unidad 63 de recorrido de coeficientes puede recoger estadísticas que indiquen el número de veces que cada una de las posiciones dentro del bloque bidimensional ha sido la ubicación para un coeficiente no nulo. La unidad 63 de recorrido de coeficientes puede mantener una pluralidad de contadores, cada uno de los cuales corresponde a una posición de coeficiente en el bloque bidimensional, e incrementar el contador correspondiente a la posición cuando un coeficiente no nulo está situado en esa respectiva posición.
45

50 La unidad 63 de recorrido de coeficientes puede adaptar el orden de recorrido en base a las estadísticas recogidas. La unidad 63 de recorrido de coeficientes, en base a las estadísticas recogidas, puede adaptar el orden de recorrido para recorrer posiciones que tengan una mayor probabilidad de tener coeficientes no nulos, antes que las ubicaciones de coeficientes que estén determinados por tener una más pequeña probabilidad de tener coeficientes no nulos. La unidad 63 de recorrido de coeficientes adapta el orden de recorrido en los mismos intervalos, fijos o no fijos, usados por el codificador 20 de vídeo. La unidad 63 de recorrido de coeficientes normaliza las estadísticas recogidas de la misma manera que la descrita anteriormente con respecto al codificador 20 de vídeo.

55 Como se ha descrito anteriormente, la unidad 63 de recorrido de coeficientes, en algunos casos, puede recoger estadísticas individuales de coeficientes y ajustar de manera adaptativa el orden de recorrido, por separado para cada una de las modalidades de predicción. La unidad 63 de recorrido de coeficientes puede hacerlo, por ejemplo, porque cada una de las modalidades de predicción puede tener distintas estadísticas de coeficientes.

Después de generar el bloque bidimensional de coeficientes residuales cuantizados, la unidad 64 de cuantización inversa

cuantiza inversamente, es decir, des-cuantiza, los coeficientes residuales cuantizados. La unidad 66 de transformación inversa aplica una transformación inversa, p. ej., una DCT inversa, una transformación entera inversa o una transformación direccional inversa, a los coeficientes residuales des-cuantizados, para producir un bloque residual de valores de píxeles. El sumador 69 suma el bloque de predicción generado por la unidad 62 de predicción con el bloque residual proveniente de la unidad 66 de transformación inversa, para formar un bloque de vídeo reconstruido. De esta manera, el descodificador 26 de vídeo reconstruye las tramas de la secuencia de vídeo bloque a bloque, usando la información de cabecera y la información residual.

La codificación de vídeo basada en bloques puede dar como resultado, a veces, una cuadrícula visualmente perceptible en las fronteras de bloques de una trama de vídeo codificado. En tales casos, el filtrado de desbloqueo puede suavizar las fronteras de bloques para reducir o eliminar la cuadrícula visualmente perceptible. De tal modo, un filtro de desbloqueo (no mostrado) puede también aplicarse para filtrar los bloques descodificados, a fin de reducir o eliminar la cuadrícula. A continuación de cualquier filtrado optativo de desbloqueo, los bloques reconstruidos son luego colocados en el almacén 68 de tramas, que proporciona bloques de referencia para la predicción espacial y temporal de los posteriores bloques de vídeo, y también produce vídeo descodificado para gobernar el dispositivo visor (tal como el dispositivo visor 28 de la FIG. 1).

La FIG. 4 es un diagrama conceptual que ilustra un ejemplo hipotético de un recorrido adaptativo congruente con esta divulgación, aunque no reivindicado. En este ejemplo, las posiciones de coeficientes están etiquetadas en el elemento 71 como c1 a c16. Los valores efectivos de coeficientes se muestran en el bloque 1 (72), el bloque 2 (73), el bloque 3 (74) y el bloque 4 (75), para cuatro bloques consecutivos. Los valores efectivos de coeficientes de los bloques 1 a 4 pueden representar coeficientes residuales cuantizados, coeficientes de transformación sin cuantización u otros tipos de coeficientes. En otros casos, las posiciones pueden representar posiciones de valores de píxeles de un bloque residual. Los bloques 1 a 4 pueden comprender bloques asociados a la misma modalidad de predicción. En el ejemplo ilustrado en la FIG. 4, los bloques 1 a 4 son bloques de 4x4. Sin embargo, según lo descrito anteriormente, las técnicas de esta divulgación pueden ser extendidas para aplicarlas a los bloques de cualquier tamaño. Además, aunque descrita más adelante con respecto a la unidad 41 de recorrido de coeficientes del codificador 20 de vídeo, la unidad 63 de recorrido de coeficientes del descodificador 26 de vídeo puede recoger estadísticas y adaptar el orden de recorrido de manera similar.

Inicialmente, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede recorrer los coeficientes del bloque 1 usando un orden de recorrido en zig-zag. En este caso, la unidad 41 de recorrido de coeficientes recorre las posiciones de coeficientes del bloque 1 en el siguiente orden: c1, c2, c5, c9, c6, c3, c4, c7, c10, c13, c14, c11, c8, c12, c15, c16. Así, después de recorrer los coeficientes del bloque 1, la unidad 41 de recorrido de coeficientes emite un vector v de coeficientes unidimensional, donde $v = [9, 4, 6, 1, 1, 0, 0, 0, 2, 0, 0, 0, 0, 0]$. Aunque en el ejemplo ilustrado en la FIG. 4 la unidad 41 de recorrido de coeficientes recorre inicialmente los coeficientes del bloque 1 usando el orden de recorrido en zig-zag, ese recorrido en zig-zag no es el único punto de partida posible para el recorrido adaptativo. El recorrido horizontal, el recorrido vertical o cualquier otra secuencia de recorrido inicial, puede ser usado como el orden de recorrido inicial. El uso del recorrido en zig-zag da como resultado un vector v de coeficientes unidimensional con una racha de cuatro ceros entre dos coeficientes no nulos.

Las estadísticas 1 (76) representan las estadísticas del bloque 1. Las estadísticas 1 (76) pueden ser valores de contador para cada una de las posiciones de coeficientes, para rastrear el número de veces que cada posición de coeficiente tiene un valor no nulo. En el ejemplo de la FIG. 4, las estadísticas de coeficientes se inicializan para que sean todas cero. Sin embargo, pueden usarse otros esquemas de inicialización. Por ejemplo, pueden usarse estadísticas de coeficientes habituales o medias de cada una de las modalidades de predicción, para inicializar las estadísticas de la respectiva modalidad de predicción. Después de codificar el bloque 1, las estadísticas 1 (76) tiene valores de uno para cualquier posición de coeficiente del bloque 1 que sea no nulo, y valores de cero para cualquier posición de coeficiente del bloque 1 que tenga un valor de cero. Las estadísticas 2 (77) representan las estadísticas combinadas de los bloques 1 y 2. El módulo 41 de recorrido de coeficientes incrementa los contadores de las estadísticas 1 (76) cuando las posiciones de coeficientes tienen valores no nulos en el bloque 2 y mantiene los contadores iguales cuando las posiciones de coeficientes tienen valores de cero. De tal modo, según se muestra en la FIG. 4, el módulo 41 de recorrido de coeficientes incrementa las estadísticas de las posiciones de coeficientes c1, c2, c5, c9 y c13 hasta un valor de dos y mantiene las estadísticas del resto de las posiciones de coeficientes igual que en las estadísticas 1 (76). Las estadísticas 3 (78) representan las estadísticas combinadas de los bloques 1 a 3 y las estadísticas 4 (79) representan las estadísticas combinadas de los bloques 1 a 4. Como se ha descrito anteriormente, en algunos aspectos, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede recoger las estadísticas para los bloques usando una pluralidad de contadores.

La unidad 41 de recorrido de coeficientes puede adaptar el orden de recorrido en base a las estadísticas recogidas. En el ejemplo ilustrado, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede ser configurada para adaptar el orden de recorrido después de cuatro bloques de vídeo, en base a las estadísticas 4 (79). En este caso, la unidad 41 de recorrido de coeficientes analiza las estadísticas recogidas y adapta el orden de recorrido de modo que las posiciones de coeficientes sean recorridas en orden descendente, por sus correspondientes valores de contador. De tal modo, la unidad 41 de recorrido de coeficientes puede recorrer los bloques 1 a 4 de acuerdo al orden de recorrido inicial, y adaptar el orden de recorrido para recorrer las posiciones del bloque posterior, p. ej., el bloque 5 (no mostrado), en el siguiente orden: c1, c5, c9, c2, c13, c6, c3, c4, c7, c10, c14, c11, c8, c12, c15, c16. La unidad 41 de recorrido de coeficientes continúa recorriendo los bloques posteriores de acuerdo al nuevo orden de recorrido, hasta que el orden de recorrido sea

adaptado nuevamente en base a las estadísticas recogidas para los bloques, o sea reinicializado, p. ej., al comienzo de una posterior unidad de codificación.

5 La adaptación del orden de recorrido, para cambiar desde un orden de recorrido inicial (p. ej., el orden de recorrido en zig-zag) hasta un nuevo orden de recorrido promueve los coeficientes no nulos al comienzo del vector de coeficientes unidimensional y los coeficientes cero al final. En el ejemplo de la FIG. 4, el nuevo orden de recorrido recorre los coeficientes en la dimensión vertical antes que los coeficientes en la dimensión horizontal, reflejando el hecho de que, para una modalidad de predicción dada, los coeficientes en la dimensión vertical tienen una mayor probabilidad de ser no nulos que los coeficientes en la dimensión horizontal. Los bloques 1 a 4 pueden tener todos la misma modalidad de predicción, y las estadísticas pasadas pueden ser representativas de probables ubicaciones futuras de coeficientes no nulos. Así, usando las estadísticas pasadas para definir el orden de recorrido, las técnicas de esta divulgación pueden promover la agrupación de los coeficientes no nulos cerca del comienzo de un vector unidimensional recorrido, y de los coeficientes de valor cero cerca del final del vector unidimensional recorrido, eliminando o reduciendo así el número de rachas de ceros entre dos coeficientes no nulos. Esto, a su vez, puede mejorar el nivel de compresión que puede ser logrado durante la codificación de entropía.

15 La FIG. 5 es un diagrama de flujo que ilustra una técnica de codificación congruente con esta divulgación, aunque no reivindicada. La técnica de codificación ilustrada en la FIG. 5 puede ser usada para la codificación o la descodificación de bloques de vídeo. Según se muestra en la FIG. 5, la unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes recorre los coeficientes de un bloque de acuerdo a un orden de recorrido inicial definido para la correspondiente modalidad de predicción del bloque actual (80). Desde la perspectiva de un codificador 20 de vídeo, el recorrido convierte un bloque bidimensional de coeficientes en un vector de coeficientes unidimensional. Desde la perspectiva del descodificador 26 de vídeo, sin embargo, el recorrido convertiría un vector de coeficientes unidimensional en un bloque de coeficientes bidimensional. Como ejemplo, el orden de recorrido inicial de la correspondiente modalidad de predicción puede ser un orden de recorrido en zig-zag. El recorrido en zig-zag no es el único orden posible de recorrido inicial. El recorrido horizontal, el recorrido vertical o cualquier otro orden de recorrido inicial puede ser usado como el orden de recorrido inicial.

25 La unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes recoge estadísticas para uno o más bloques (82). En particular, para cada uno de los bloques que son recorridos, la unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes puede recoger estadísticas que rastrean, p. ej., con contadores, la frecuencia con la cual cada una de las posiciones de coeficiente dentro del bloque bidimensional es un coeficiente no nulo. La unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes determina si evalúa o no el orden (83) de recorrido. La unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes puede evaluar el orden de recorrido a intervalos fijos (p. ej., cada frontera de bloque o después de n fronteras de bloque) o no fijos (p. ej., cuando uno de los valores de contador de una posición dentro del bloque supera un umbral).

35 Si la unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes determina no evaluar el orden de recorrido, la unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes recorre un bloque posterior de acuerdo al orden (80) de recorrido inicial. Si la unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes determina evaluar el orden de recorrido, p. ej., después de que n bloques hayan sido codificados / descodificados, la unidad de recorrido de coeficientes puede adaptar el orden de recorrido en base a las estadísticas recogidas (84). Por ejemplo, la unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes puede adaptar el orden de recorrido para recorrer las posiciones de coeficientes del bloque en orden descendente, en base a sus valores de contador, donde los valores de contador reflejan la probabilidad de que una posición dada tenga un coeficiente no nulo. Después de adaptar el orden de recorrido, la unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes, en algunos casos, puede determinar si algunos valores de contador de las estadísticas superan o no un valor (86) de umbral. Si una de las posiciones de coeficientes tiene un correspondiente valor de contador que supera el umbral, la unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes puede normalizar las estadísticas recogidas, p. ej., los valores (87) de contador de coeficientes. Por ejemplo, la unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes puede normalizar los valores de contador de coeficientes reduciendo cada uno de los valores de contador en un factor pre-determinado, p. ej., por un factor de dos, para reducir cada uno de los valores de contador a la mitad, o reiniciando los valores de contador en un conjunto de valores iniciales de contador. La normalización de los valores de contador de coeficientes puede permitir al codificador 20 de vídeo adaptarse más rápidamente a las estadísticas locales de coeficientes.

50 Después de normalizar las estadísticas recogidas, o cuando no se realiza ninguna normalización, la unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes recorre los bloques posteriores usando el orden (88) de recorrido adaptado. La unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes puede recorrer al menos un bloque posterior usando el orden de recorrido adaptado, cuando existe dicho al menos un bloque posterior dentro de una unidad de codificación del bloque de vídeo previamente recorrido. La unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes puede continuar recorriendo los posteriores bloques de vídeo hasta que el orden de recorrido sea ajustado nuevamente o reinicializado, p. ej., en una frontera de unidad de codificación. De esta manera, la unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes adapta el orden de recorrido en base a las estadísticas recogidas, para recorrer posiciones de coeficientes del bloque que estén determinadas por tener una mayor probabilidad de ser no nulas, antes de las posiciones de coeficientes del bloque que estén determinadas por tener una probabilidad más pequeña de ser no nulas. De tal modo, el vector de coeficientes unidimensional es dispuesto para promover la agrupación de los coeficientes no nulos cerca del principio de un vector unidimensional recorrido, y los coeficientes de valor cero cerca del final del vector unidimensional recorrido. Esto, a su vez, puede mejorar el nivel de compresión que puede ser logrado durante la codificación de entropía.

60 En algunos casos, la unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes puede ajustar de manera adaptativa el orden de recorrido

por separado para cada una de las modalidades de predicción, dado que cada una de las modalidades de predicción puede tener distintas estadísticas de coeficientes. En otras palabras, la unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes puede mantener estadísticas individuales para cada una de las modalidades de predicción y ajustar los órdenes de recorrido para cada una de las modalidades de predicción de manera distinta, en base a las respectivas estadísticas. De tal modo, el diagrama de flujo ejemplar descrito anteriormente puede ser realizado por la unidad 41, 63 de recorrido de coeficientes para cada modalidad de predicción.

La FIG. 6 es un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento ejemplar de una unidad de codificación, tal como la unidad 46 de codificación de entropía del codificador 20 de vídeo, que codifica información de cabecera para un bloque de vídeo, de acuerdo a una de las técnicas de esta divulgación. La unidad 46 de codificación de entropía recibe información de cabecera para un bloque en forma de uno o más elementos (90) de sintaxis de cabecera. Los elementos de sintaxis de cabecera pueden identificar características particulares del bloque de vídeo actual, tales como un tipo de bloque, una modalidad de predicción, un patrón de bloque codificado (CBP) para luma y / o croma, una partición de bloque y uno o más vectores de movimiento. La FIG. 6 será descrita con respecto a la codificación de la modalidad de predicción del bloque actual. Sin embargo, pueden usarse técnicas similares para codificar otros de los elementos de sintaxis de cabecera.

La unidad 46 de codificación de entropía compara una modalidad de predicción del bloque actual con una modalidad de predicción de uno o más bloques (92) previamente codificados. Dichos uno o más bloques previamente codificados, por ejemplo, pueden comprender uno o más bloques adyacentes. En el ejemplo de la FIG. 6, son analizados dos bloques previamente codificados, p. ej., un bloque vecino superior y un bloque vecino izquierdo. Si la modalidad de predicción del bloque actual es la misma que la modalidad de predicción de cualquiera de los bloques previamente codificados, la unidad 46 de codificación de entropía codifica el primer bit para indicarlo (94). Como ejemplo, la unidad 46 de codificación de entropía puede codificar el primer bit como un "1" para indicar que la modalidad de predicción del bloque actual es la misma que la modalidad de predicción de cualquiera de los bloques previamente codificados.

La unidad 46 de codificación de entropía compara la modalidad de predicción del bloque vecino superior con la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo (98). Si la modalidad de predicción del bloque vecino superior es la misma que la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo, la unidad 46 de codificación de entropía no codifica ningún bit más para la modalidad de predicción (100). En este caso, la modalidad de predicción puede ser codificada usando un único bit.

Sin embargo, si la modalidad de predicción del bloque vecino superior no es igual a la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo, la unidad 46 de codificación de entropía codifica un segundo bit que representa la modalidad de predicción, para indicar cuál de los bloques vecinos tiene la misma modalidad de predicción que el bloque actual (102). Por ejemplo, la unidad 46 de codificación de entropía puede codificar un "1" si la modalidad de predicción del bloque actual es la misma que la modalidad de predicción del bloque vecino superior, y codificar un "0" si la modalidad de predicción del bloque actual es la misma que la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo. De tal modo, la unidad 46 de codificación de entropía puede codificar la modalidad de predicción del bloque actual usando hasta un mínimo de un bit y, a lo sumo, dos bits cuando la modalidad de predicción del bloque actual es igual a la modalidad de predicción de uno de los bloques vecinos.

Si la modalidad de predicción del bloque actual no es la misma que la modalidad de predicción de cualquiera de los bloques previamente codificados, la unidad 46 de codificación de entropía codifica el primer bit para indicarlo (96). Para continuar con el ejemplo anterior, la unidad 46 de codificación de entropía puede codificar el primer bit como un "0" para indicar que la modalidad de predicción del bloque actual no es la misma que la modalidad de predicción de cualquiera de los bloques previamente codificados. La unidad 46 de codificación de entropía puede re-disponer el conjunto de posibles modalidades (104) de predicción. La unidad 46 de codificación de entropía puede re-disponer el conjunto de las posibles modalidades de predicción eliminando la modalidad, o modalidades, de predicción de los bloques vecinos del conjunto de posibles modalidades de predicción. Cuando los bloques vecinos superior e izquierdo tienen distintas modalidades de predicción entre sí, la unidad 46 de codificación de entropía puede eliminar dos modalidades de predicción del conjunto. Cuando los bloques vecinos superior e izquierdo tienen la misma modalidad de predicción entre sí, la unidad 46 de codificación de entropía puede eliminar una modalidad de predicción (es decir, la modalidad de predicción de los bloques vecinos superior e izquierdo) del conjunto. Además, en algunos casos, la unidad 46 de codificación de entropía puede eliminar selectivamente una o más modalidades adicionales de codificación del conjunto. Cuando la unidad 46 de codificación de entropía elimina una o más modalidades adicionales de codificación, la unidad 32 de predicción de la FIG. 2 también elimina las mismas modalidades adicionales de codificación del conjunto de las posibles modalidades de predicción, de modo que estas modalidades adicionales de codificación no sean seleccionadas. Después de eliminar dichas una o más modalidades de predicción, la unidad 46 de codificación de entropía ajusta los números de modalidad de las restantes modalidades de predicción del conjunto.

La unidad 46 de codificación de entropía codifica una palabra de código que representa la modalidad de predicción del bloque actual (106). La unidad 46 de codificación de entropía puede codificar la modalidad de predicción del bloque de vídeo actual usando CAVLC, CABAC u otra metodología de codificación de entropía. Como se describirá en más detalle con respecto a la FIG. 7, la unidad 46 de codificación, en algunos casos, puede seleccionar de manera adaptativa un contexto de codificación para su uso en la codificación de la modalidad de predicción del bloque actual, en base a las modalidades de predicción de dichos uno o más bloques previamente codificados.

La FIG. 7 es un diagrama de flujo que ilustra la selección del contexto de codificación de acuerdo a un aspecto de la divulgación. Como se ha descrito anteriormente, puede existir una correlación entre el tipo de modalidad de predicción del bloque actual y el tipo de modalidad de predicción de uno o más bloques previamente codificados, tales como un bloque vecino superior e izquierdo. Por ejemplo, cuando las modalidades de predicción de los bloques vecinos superior e izquierdo son, ambas, modalidades de predicción unidireccional, hay una mayor probabilidad de que la modalidad de predicción del bloque actual también sea una modalidad de predicción unidireccional. Análogamente, cuando las modalidades de predicción de los bloques vecinos superior e izquierdo son, ambas, modalidades de predicción bidireccional, hay una mayor probabilidad de que la modalidad de predicción del bloque actual también sea una modalidad de predicción bidireccional.

5 De tal modo, la unidad 46 de codificación de entropía puede determinar si las modalidades de predicción de los bloques vecinos superior e izquierdo son o no modalidades (112) de predicción unidireccionales, y seleccionar un primer contexto de codificación cuando las modalidades de predicción de ambos bloques vecinos superior e izquierdo sean modalidades (114) de predicción unidireccional. El primer contexto de codificación modela la distribución de probabilidades para la modalidad de predicción del bloque de vídeo actual cuando la modalidad de predicción de ambos bloques vecinos superior e izquierdo sea unidireccional. La distribución de probabilidades del primer contexto de codificación puede proporcionar mayores probabilidades para las modalidades de predicción unidireccional del conjunto que para las modalidades de predicción bidireccional del conjunto. En el caso de CAVLC, por ejemplo, el primer contexto de codificación puede usar una tabla de codificación que asocia palabras de código más cortas, a las modalidades de predicción unidireccional, que las palabras de código asociadas a las modalidades de predicción bidireccional.

20 Cuando las modalidades de predicción de cada uno de los bloques vecinos superior e izquierdo no son modalidades de predicción unidireccional, la unidad 46 de codificación de entropía puede determinar si las modalidades de predicción de cada uno de los bloques vecinos superior e izquierdo son o no modalidades (116) de predicción bidireccional. La unidad 46 de codificación de entropía puede seleccionar un segundo contexto de codificación cuando las modalidades de predicción de cada uno de los bloques vecinos superior e izquierdo sean, ambas, modalidades (117) de predicción bidireccional. El segundo contexto de codificación modela la distribución de probabilidades para la modalidad de predicción de un bloque de vídeo actual, en base a la hipótesis de que existe una mayor probabilidad de que la modalidad actual sea una modalidad de predicción bidireccional, antes que una modalidad de predicción unidireccional. Nuevamente, en el caso de CAVLC, por ejemplo, el segundo contexto de codificación puede usar una tabla de codificación que asocia palabras de código más cortas, a las modalidades de predicción bidireccional, que las palabras de código asociadas a las modalidades de predicción unidireccional.

30 Cuando las modalidades de predicción de los bloques vecinos superior e inferior no son ambas modalidades de predicción bidireccional, es decir, las modalidades de predicción de los bloques previamente codificados son una combinación de modalidades de predicción bidireccional y unidireccional, la unidad 46 de codificación de entropía puede seleccionar un tercer contexto (118) de codificación. El tercer contexto de codificación se genera bajo la hipótesis de que la probabilidad de la modalidad actual de predicción está más uniformemente distribuida entre las modalidades de predicción unidireccional y las modalidades de predicción bidireccional del conjunto. En el caso de CAVLC, por ejemplo, el tercer contexto de codificación puede usar una tabla de codificación que asocia palabras de código de longitudes similares de código a las modalidades de predicción bidireccional y a las modalidades de predicción unidireccional.

40 El módulo 46 de codificación de entropía codifica la modalidad de predicción del bloque de vídeo actual de acuerdo al contexto (119) de codificación seleccionado. La selección de distintos contextos de codificación para su uso en la codificación de la modalidad de predicción del bloque de vídeo actual, en base a las modalidades de predicción de uno o más bloques de vídeo previamente codificados, puede dar como resultado una mejor compresión de la información de modalidad de predicción. La misma técnica de selección del contexto de codificación es realizada por la unidad 60 de descodificación, de modo que la unidad 60 de descodificación pueda descodificar con precisión las modalidades de predicción de los bloques de vídeo.

50 La FIG. 8 es un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento ejemplar de una unidad de descodificación, tal como la unidad 60 de descodificación de entropía del descodificador 26 de vídeo descodifica información de cabecera de un bloque de vídeo, de acuerdo a las técnicas de esta divulgación. La unidad 60 de descodificación de entropía descodifica un flujo de bits de vídeo codificado, para obtener información de cabecera, p. ej., en forma de uno o más elementos de sintaxis de cabecera. La descripción de la unidad 60 de descodificación de entropía, realizando la descodificación de una modalidad de predicción, se describe con fines de ejemplo. Las técnicas pueden ser extendidas a la descodificación de otros elementos de sintaxis de cabecera, tales como un tipo de bloque, una partición de bloque, CBP o similares.

55 En particular, la unidad 60 de descodificación de entropía recibe un primer bit que representa la modalidad de predicción del bloque actual (120). La unidad 60 de descodificación de entropía determina si el primer bit, que representa la modalidad de predicción, indica que la modalidad de predicción del bloque actual es o no la misma que la modalidad de predicción de un bloque previamente descodificado, p. ej., un bloque (122) vecino superior o bien izquierdo. El módulo 60 de descodificación de entropía, por ejemplo, puede determinar que la modalidad de predicción del bloque actual es la misma que la modalidad de predicción de uno de los bloques vecinos superior e izquierdo cuando el primer bit es "1", y que la modalidad de predicción del bloque actual no es la misma que las modalidades de predicción de los bloques vecinos superior e izquierdo, cuando el primer bit es "0".

5 Cuando la unidad 60 de descodificación de entropía determina que la modalidad de predicción del bloque actual es la misma que la modalidad de predicción de uno de los bloques vecinos superior e izquierdo, la unidad 60 de descodificación de entropía determina si la modalidad de predicción del bloque vecino superior y la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo son o no la misma (124). Cuando la modalidad de predicción del bloque vecino superior y la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo son la misma, no son recibidos más bits que representen la modalidad de predicción del bloque de vídeo actual, y la unidad 60 de descodificación de entropía selecciona la modalidad de predicción de cualquiera de los bloques vecinos como la modalidad de predicción del bloque actual (126). Cuando la modalidad de predicción del bloque vecino superior y la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo son distintas, se recibe un bit adicional que representa la modalidad de predicción, y la unidad 60 de descodificación de entropía selecciona la modalidad de predicción del bloque vecino correcto como la modalidad de predicción del bloque actual, en base al próximo bit recibido, que representa la modalidad (128) de predicción. Por ejemplo, la unidad 60 de descodificación de entropía puede seleccionar la modalidad de predicción del bloque vecino superior como la modalidad de predicción del bloque actual cuando el próximo bit recibido es "1" y seleccionar la modalidad de predicción del bloque vecino izquierdo como la modalidad de predicción del bloque actual cuando el próximo bit recibido es "0".

20 Cuando la unidad 60 de descodificación de entropía determina que la modalidad de predicción del bloque actual no es la misma que la modalidad de predicción de cualquiera de los bloques vecinos superior e izquierdo, es decir, cuando el primer bit que representa la modalidad de predicción es "0", la unidad 60 de descodificación de entropía puede eliminar una o más modalidades de predicción del conjunto de posibles modalidades (130) de predicción. La unidad 60 de descodificación de entropía puede eliminar las modalidades de predicción de los bloques vecinos superior e izquierdo del conjunto de posibles modalidades de predicción. Si los bloques vecinos superior e izquierdo tienen la misma modalidad de predicción, la unidad 60 de descodificación de entropía puede eliminar la modalidad de predicción de los bloques vecinos y al menos otra modalidad de predicción, según lo descrito en detalle anteriormente.

25 La unidad 60 de descodificación de entropía descodifica los bits restantes, p. ej., cuatro bits en el ejemplo descrito, para obtener el número de modalidad de predicción de la modalidad de predicción del bloque actual (132). La unidad 60 de descodificación de entropía puede ajustar la numeración de modalidad de predicción de las restantes modalidades (134) de predicción, de una manera recíproca al proceso de ajuste de numeración de modalidad de predicción realizado por la unidad 46 de codificación de entropía. En un ejemplo, la unidad 60 de descodificación de entropía puede re-enumerar los números de modalidad de predicción descodificados (variando entre 0 y 15) como los números originales de modalidad de predicción (variando entre 0 y 17), reinsertando las modalidades de predicción que hayan sido eliminadas. En algunos casos, la unidad 60 de descodificación de entropía puede seleccionar distintos contextos de codificación para una modalidad de predicción del bloque, en base a las modalidades de predicción de uno o más bloques de vídeo previamente descodificados, p. ej., en base a si las modalidades de predicción de los bloques previamente descodificados son ambas unidireccionales, ambas bidireccionales, o una unidireccional y la otra bidireccional, según lo descrito en detalle anteriormente. La unidad 60 de descodificación de entropía proporciona la modalidad de predicción a una unidad 62 de predicción para generar un bloque de predicción de acuerdo a la modalidad (136) de predicción seleccionada. Según lo descrito con respecto a la FIG. 3, el bloque de predicción es combinado con los valores de píxeles residuales para generar un bloque reconstruido para su presentación a un usuario.

40 Las técnicas descritas en esta divulgación pueden ser implementadas en hardware, software, firmware o cualquier combinación de los mismos. Características cualesquiera, descritas como unidades o componentes, pueden ser implementadas juntas en un dispositivo lógico integrado, o por separado como dispositivos lógicos discretos pero interoperables. Si se implementan en software, las técnicas pueden ser realizadas, al menos en parte, por un medio legible por ordenador que comprende instrucciones que, cuando son ejecutadas, realizan uno o más de los procedimientos descritos anteriormente. El medio legible por ordenador puede formar parte de un producto de programa de ordenador, que puede incluir materiales de embalaje. El medio legible por ordenador puede comprender memoria de acceso aleatorio (RAM), tal como memoria de acceso aleatorio, dinámico y síncrono (SDRAM), memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio no volátil (NVRAM), memoria de solo lectura programable y eléctricamente borrrable (EEPROM), memoria FLASH, medios de almacenamiento de datos magnéticos u ópticos y similares. Las técnicas, adicionalmente o alternativamente, pueden ser realizadas, al menos en parte, por un medio de comunicación legible por ordenador que lleva o comunica código en forma de instrucciones o estructuras de datos, y que pueden ser objeto de acceso, leídas y / o ejecutadas por un ordenador.

55 El código puede ser ejecutado por uno o más procesadores, tales como uno o más procesadores de señales digitales (DSP), micro-procesadores de propósito general, circuitos integrados específicos de la aplicación (ASIC), formaciones lógicas programables en el terreno (FPGA) u otros circuitos lógicos equivalentes, integrados o discretos. En consecuencia, el término "procesador", según se usa en la presente memoria, puede referirse a cualquiera de las estructuras precedentes, o a cualquier otra estructura adecuada para la implementación de las técnicas descritas en la presente memoria. Además, en algunos aspectos, la funcionalidad descrita en la presente memoria puede ser proporcionada dentro de unidades de software dedicadas o unidades de hardware configuradas para la codificación y la descodificación, o incorporadas en un codificador-descodificador combinado de vídeo (CODEC). La ilustración de distintas características como unidades está concebida para destacar los distintos aspectos funcionales de los dispositivos ilustrados y no implica necesariamente que tales unidades deban ser realizadas por componentes

individuales de hardware o software. En cambio, la funcionalidad asociada a una o más unidades puede estar integrada dentro de componentes comunes o individuales de hardware o software.

Han sido descritas diversas realizaciones de esta divulgación. Estas y otras realizaciones están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

5

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de codificación de datos de vídeo, comprendiendo el procedimiento:

seleccionar, entre un conjunto de modalidades de intra-predicción para un bloque de vídeo actual de una unidad de codificación, una modalidad de intra-predicción para su uso en la generación de un bloque de predicción del bloque de vídeo actual; y

codificar la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual en base a las modalidades de intra-predicción de uno o más bloques de vídeo previamente codificados de la unidad de codificación, en donde la codificación de la modalidad de intra-predicción incluye:

si la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual es la misma que una de las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados, entonces:

para el bloque de vídeo actual, codificar un primer bit que representa la modalidad de intra-predicción, para indicar que la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual es la misma que una de las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados, y

para el bloque de vídeo actual, codificar al menos un bit adicional, que representa la modalidad de intra-predicción, para indicar cuál de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados tiene la misma modalidad de intra-predicción que la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual, si las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados no son iguales entre sí; y

si la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual no es la misma que cualquiera de las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados, entonces:

para el bloque de vídeo actual, codificar un primer bit, que representa la modalidad de intra-predicción, para indicar que la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual no es la misma que cualquiera de las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados,

para el bloque de vídeo actual, eliminar del conjunto de modalidades de intra-predicción al menos las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados, cuando dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados tienen distintas modalidades de intra-predicción,

para el bloque de vídeo actual, eliminar del conjunto de modalidades de intra-predicción las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados y al menos una modalidad adicional de intra-predicción que no sea una modalidad de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados, cuando dos o más de los bloques de vídeo previamente codificados tienen la misma modalidad de intra-predicción,

para el bloque de vídeo actual, re-enumerar los identificadores de modalidad de intra-predicción entre las restantes modalidades de intra-predicción del conjunto de modalidades de intra-predicción, y

para el bloque de vídeo actual, codificar una palabra de código que identifique el identificador de modalidad de intra-predicción correspondiente a la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente seleccionar uno entre una pluralidad de contextos de codificación, para su uso en la codificación de la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual, en base a las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados de la unidad de codificación, en donde la codificación comprende la codificación de acuerdo al contexto de codificación seleccionado.

3. Procedimiento de la reivindicación 2, en el cual la selección de uno de los contextos de codificación comprende:

seleccionar un primer contexto de codificación cuando las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados son todas modalidades de intra-predicción unidireccional;

seleccionar un segundo contexto de codificación cuando las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados son todas modalidades de predicción multi-direccional; y

seleccionar un tercer contexto de codificación cuando las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados no son todas unidireccionales ni todas multi-direccionales.

4. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

restar el bloque de predicción, generado usando la modalidad de intra-predicción seleccionada, al bloque de vídeo actual, para formar un bloque residual;

seleccionar una transformación a aplicar al bloque residual, en base a la modalidad de intra-predicción seleccionada; y aplicar la transformación seleccionada al bloque residual para generar coeficientes de transformación residuales.

5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el cual la selección de la transformación a aplicar al bloque residual comprende:

seleccionar una transformación discreta de coseno (DCT) o una transformación entera usada en la norma H.264 /

AVC, a aplicar al bloque residual cuando la modalidad de predicción seleccionada es una modalidad de predicción unidireccional de DC o bien una modalidad de predicción multi-direccional, en donde ninguna de las modalidades unidireccionales que forman la modalidad multi-direccional es una modalidad DC; y
 5 seleccionar una transformación direccional a aplicar al bloque residual cuando la modalidad de intra-predicción seleccionada es una modalidad unidireccional que no es una modalidad de DC, o bien una modalidad multi-direccional, en donde una de las modalidades unidireccionales que forman la modalidad multi-direccional es una modalidad DC.

6. El procedimiento de la reivindicación 5, que comprende adicionalmente almacenar una pluralidad de transformaciones direccionales, en donde cada una entre la pluralidad de transformaciones direccionales corresponde a una de las
 10 modalidades de intra-predicción que es una modalidad unidireccional que no es una modalidad DC, o bien una modalidad multi-direccional, en donde una de las modalidades unidireccionales que forman la modalidad multi-direccional es una modalidad DC, en donde la selección de la transformación direccional comprende seleccionar dicha transformación entre la pluralidad de transformaciones direccionales, correspondientes a la modalidad de intra-predicción seleccionada.

7. El procedimiento de la reivindicación 4, que comprende adicionalmente almacenar una pluralidad de transformaciones direccionales, donde cada una corresponde a una de las modalidades de intra-predicción, en donde cada una entre la pluralidad de transformaciones direccionales comprende una matriz de transformación de columnas de tamaño $N \times N$ y una matriz de transformación de filas de tamaño $N \times N$, donde $N \times N$ es una dimensión del bloque de vídeo actual, o en
 20 donde cada una entre la pluralidad de transformaciones direccionales comprende una matriz de transformación de tamaño $N^2 \times N^2$, donde N es una dimensión del bloque de vídeo actual.

8. El procedimiento de la reivindicación 1, en el cual la pluralidad de modalidades de intra-predicción incluye modalidades de intra-predicción unidireccional y modalidades de intra-predicción bidireccional.

9. Un dispositivo que codifica datos de vídeo, comprendiendo el dispositivo:

25 medios para seleccionar, entre un conjunto de modalidades de intra-predicción para un bloque de vídeo actual, una entre una pluralidad de modalidades de intra-predicción, para su uso en la generación de un bloque de predicción de un bloque de vídeo de una unidad de codificación; y
 medios para codificar la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual, en base a las modalidades de intra-predicción de uno o más bloques de vídeo previamente codificados de la unidad de codificación, en donde:

30 si la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual es la misma que una de las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados, entonces:

35 el medio para la codificación codifica un primer bit, que representa la modalidad de intra-predicción, para indicar que la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual es la misma que una de las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados, y
 el medio para la codificación codifica al menos un bit adicional, que representa la modalidad de intra-predicción, para indicar cuál de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados tiene la misma modalidad de intra-predicción que la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual, si las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados no son iguales entre sí; y

40 si la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual no es la misma que cualquiera de las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados, entonces:

45 el medio para la codificación codifica un primer bit, que representa la modalidad de intra-predicción, para indicar que la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual no es la misma que cualquiera de las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados,
 el medio para seleccionar elimina, del conjunto de modalidades de intra-predicción para el bloque de vídeo actual, al menos las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados, cuando dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados tienen distintas modalidades de intra-predicción,
 50 el medio para seleccionar elimina, del conjunto de modalidades de intra-predicción para el bloque de vídeo actual, las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados, y al menos una modalidad adicional de intra-predicción que no sea una modalidad de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados, cuando dos o más de los bloques de vídeo previamente codificados de la unidad de codificación tienen la misma modalidad de intra-predicción,
 55 el medio para seleccionar re-enumera, para el bloque de vídeo actual, los identificadores de modalidad de intra-predicción, entre las restantes modalidades de intra-predicción del conjunto de modalidades de intra-predicción para el bloque de vídeo actual, y
 el medio para la codificación codifica una palabra de código que identifica el identificador de modalidad de intra-predicción correspondiente a la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo actual.

60 10. Un procedimiento de decodificación de datos de vídeo, comprendiendo el procedimiento:

recibir datos de vídeo codificados de un bloque de vídeo de una unidad de codificación; y
 descodificar los datos de vídeo codificados, para identificar, entre un conjunto de modalidades de intra-predicción para
 el bloque de vídeo, una entre una pluralidad de modalidades de intra-predicción, para su uso en la generación de un
 bloque de predicción del bloque de vídeo, en base a modalidades de intra-predicción de uno o más bloques de vídeo
 5 previamente descodificados de la unidad de codificación, que comprende:

si, en base a un primer bit codificado, que representa la modalidad de intra-predicción, la modalidad de intra-
 predicción es una de las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo descodificados,
 entonces:

10 cuando las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente descodificados
 son la misma, seleccionar la modalidad de intra-predicción de cualquiera de dichos uno o más bloques de vídeo
 previamente descodificados, y

15 cuando la modalidad de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente descodificados no es
 la misma, identificar cuál de dichos uno o más bloques de vídeo previamente descodificados tiene la misma
 modalidad de intra-predicción que la modalidad de intra-predicción para su uso en la generación del bloque de
 predicción del bloque de vídeo, en base al menos a un bit codificado adicional que representa la modalidad de
 intra-predicción, y

20 seleccionar la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo previamente descodificado; y

si, en base a un primer bit codificado, que representa la modalidad de intra-predicción, la modalidad de intra-
 predicción no es ninguna de las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente
 descodificados, entonces:

25 eliminar, del conjunto de modalidades de intra-predicción para el bloque de vídeo, al menos las modalidades de
 intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente descodificados, cuando dichos uno o más
 bloques de vídeo previamente descodificados tienen distintas modalidades de intra-predicción;

30 eliminar, del conjunto de modalidades de intra-predicción para el bloque de vídeo, las modalidades de intra-
 predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente descodificados y al menos una modalidad adicional
 de intra-predicción que no sea la modalidad de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo
 previamente codificados, cuando dos o más de los bloques de vídeo previamente codificados de la unidad de
 codificación tienen la misma modalidad de intra-predicción;

re-enumerar los identificadores de modalidad de intra-predicción entre las restantes modalidades de intra-
 predicción del conjunto de modalidades de intra-predicción para el bloque de vídeo, y

35 descodificar una palabra de código para identificar el identificador de modalidad de intra-predicción
 correspondiente a la modalidad de intra-predicción, para su uso en la generación de un bloque de predicción del
 bloque de vídeo.

11. Un medio legible por ordenador que comprende instrucciones que, al ser ejecutadas en un dispositivo de codificación
 de vídeo, hacen que el dispositivo codifique bloques de vídeo, en donde las instrucciones hacen que el dispositivo lleve a
 40 cabo las etapas de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 o 10.

12. Un dispositivo para descodificar datos de vídeo, comprendiendo el dispositivo:

medios para recibir datos de vídeo codificados de un bloque de vídeo de una unidad de codificación; y
 medios para descodificar los datos de vídeo codificados, para identificar, entre un conjunto de modalidades de intra-
 45 predicción para el bloque de vídeo, una entre una pluralidad de modalidades de intra-predicción, para su uso en la
 generación de un bloque de predicción del bloque de vídeo, en base a modalidades de intra-predicción de uno o más
 bloques de vídeo previamente descodificados de la unidad de codificación, en el que:

50 si, en base a un primer bit codificado, que representa la modalidad de intra-predicción, la modalidad de intra-
 predicción es una de las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente
 descodificados, entonces:

cuando las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente descodificados
 son la misma, el medio para la descodificación selecciona la modalidad de intra-predicción de cualquiera de dichos
 uno o más bloques de vídeo previamente descodificados, y

55 cuando la modalidad de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente descodificados no es
 la misma, el medio para descodificar identifica cuál de dichos bloques de vídeo previamente descodificados tiene
 la misma modalidad de intra-predicción que la modalidad de intra-predicción, para su uso en la generación del
 bloque de predicción del bloque de vídeo, en base al menos a un bit adicional codificado, que representa la
 modalidad de intra-predicción, y

60 el medio para la descodificación selecciona la modalidad de intra-predicción del bloque de vídeo identificado,
 previamente descodificado; y

si, en base a un primer bit codificado, que representa la modalidad de intra-predicción, la modalidad de intra-

predicción no es ninguna de las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente descodificados, entonces:

- 5 el medio para la descodificación elimina, entre el conjunto de modalidades de intra-predicción para el bloque de vídeo, al menos las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente descodificados, cuando dichos uno o más bloques de vídeo previamente descodificados tienen distintas modalidades de intra-predicción;
- 10 el medio para la descodificación elimina, entre el conjunto de modalidades de intra-predicción para el bloque de vídeo, las modalidades de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente descodificados, y al menos una modalidad adicional de intra-predicción que no sea la modalidad de intra-predicción de dichos uno o más bloques de vídeo previamente codificados, cuando dos o más de los bloques de vídeo previamente codificados de la unidad de codificación tienen la misma modalidad de intra-predicción;
- 15 el medio para la descodificación re-enumeración, para el bloque de vídeo, los identificadores de modalidad de intra-predicción, entre las restantes modalidades de intra-predicción del conjunto de modalidades de intra-predicción; y el medio para la descodificación descodifica una palabra de código para identificar el identificador de modalidad de intra-predicción correspondiente a la modalidad de intra-predicción, para su uso en la generación de un bloque de predicción del bloque de vídeo.

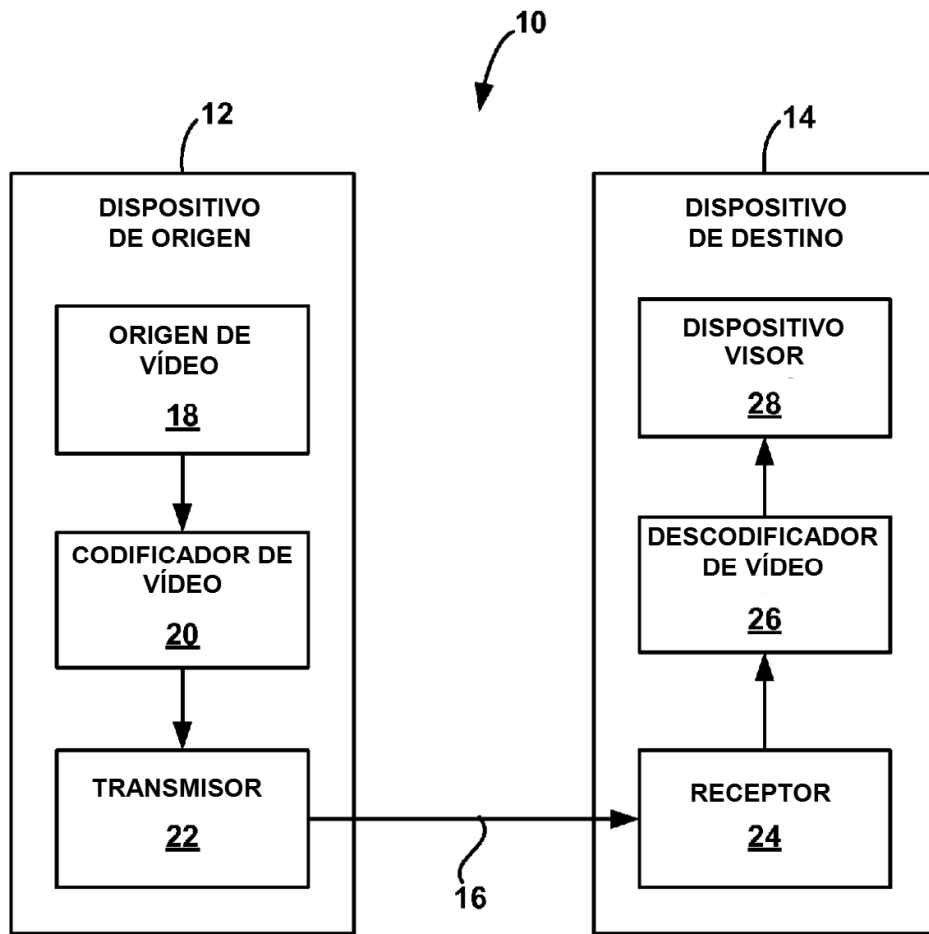


FIG. 1

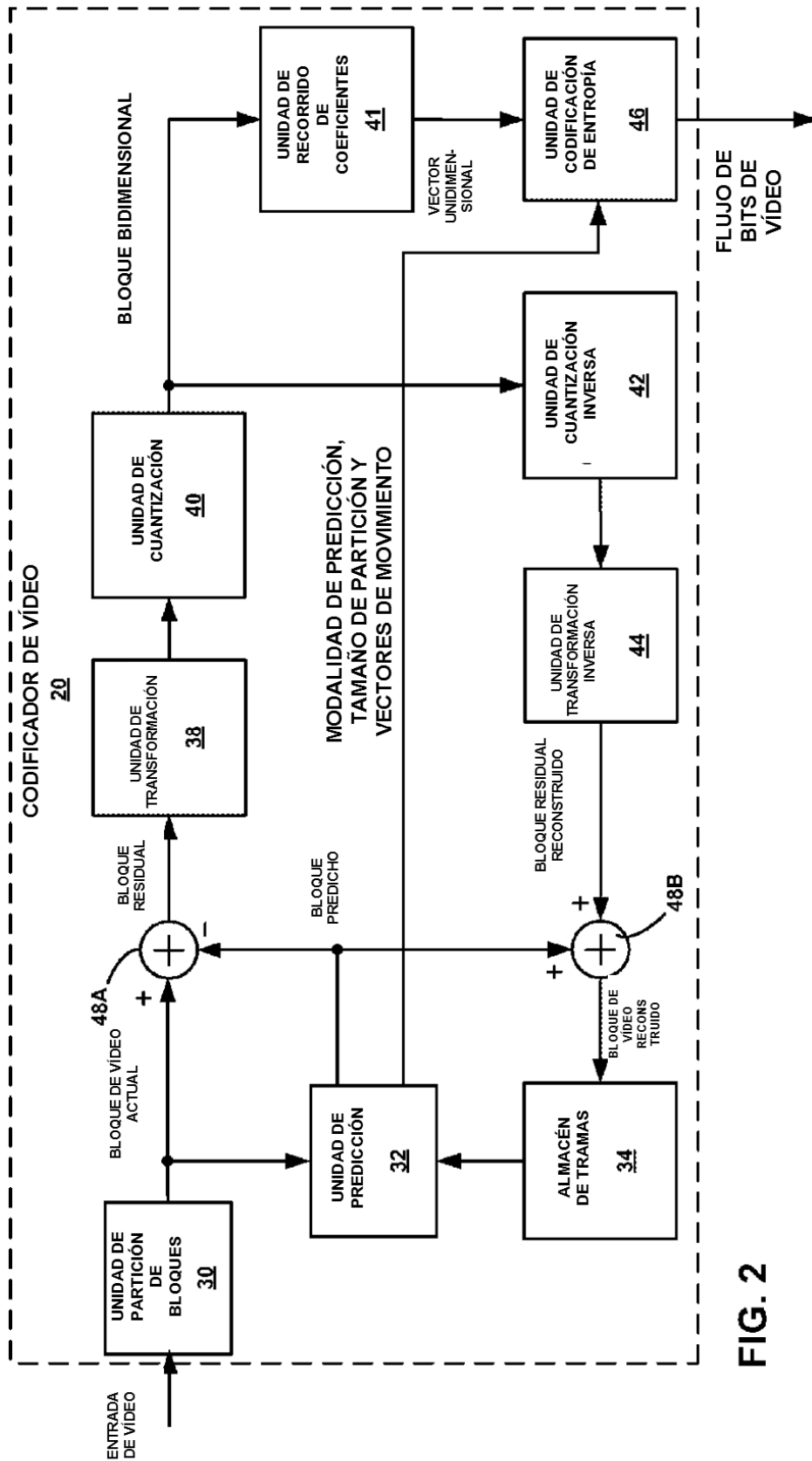


FIG. 2

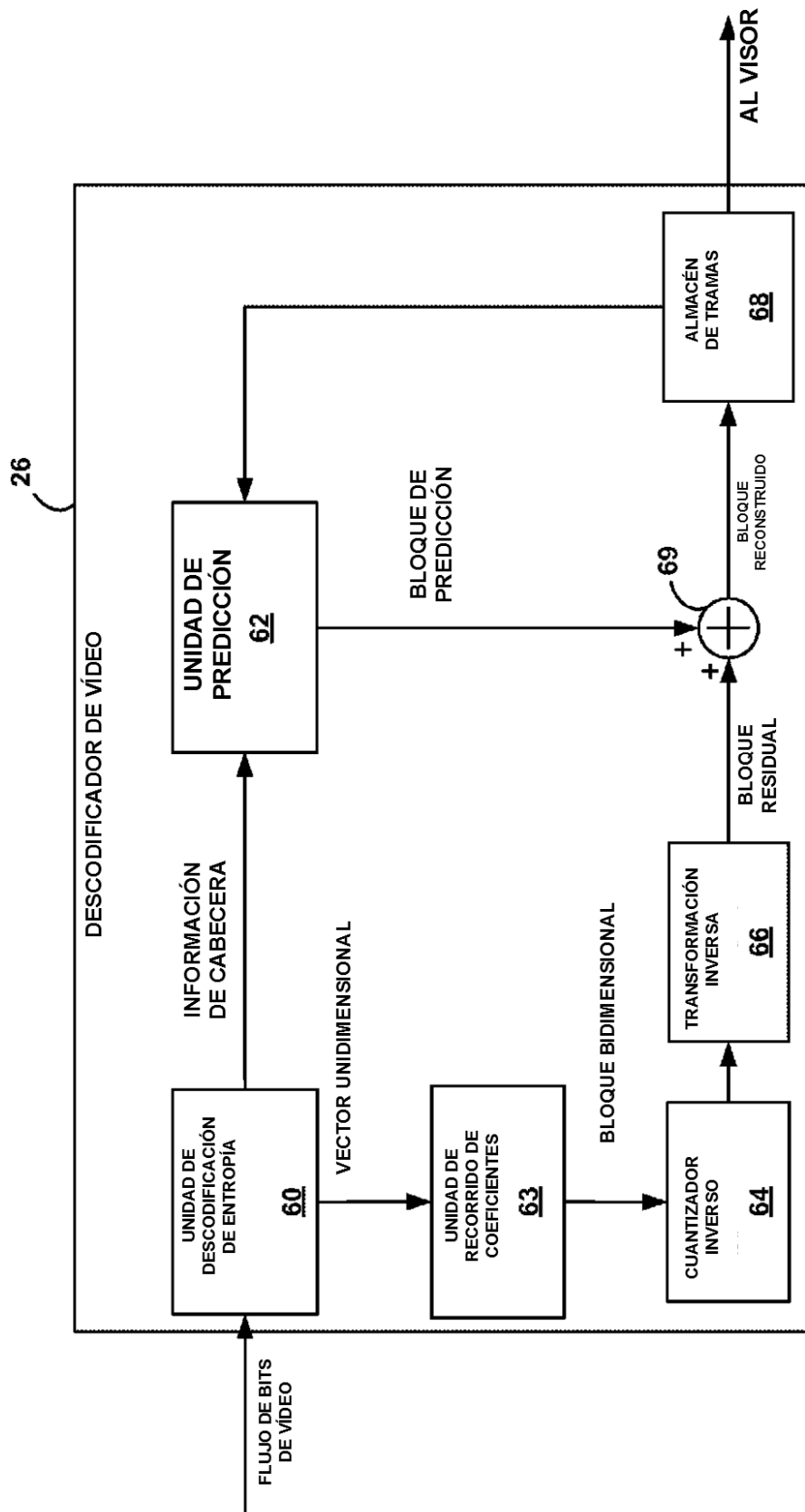


FIG. 3

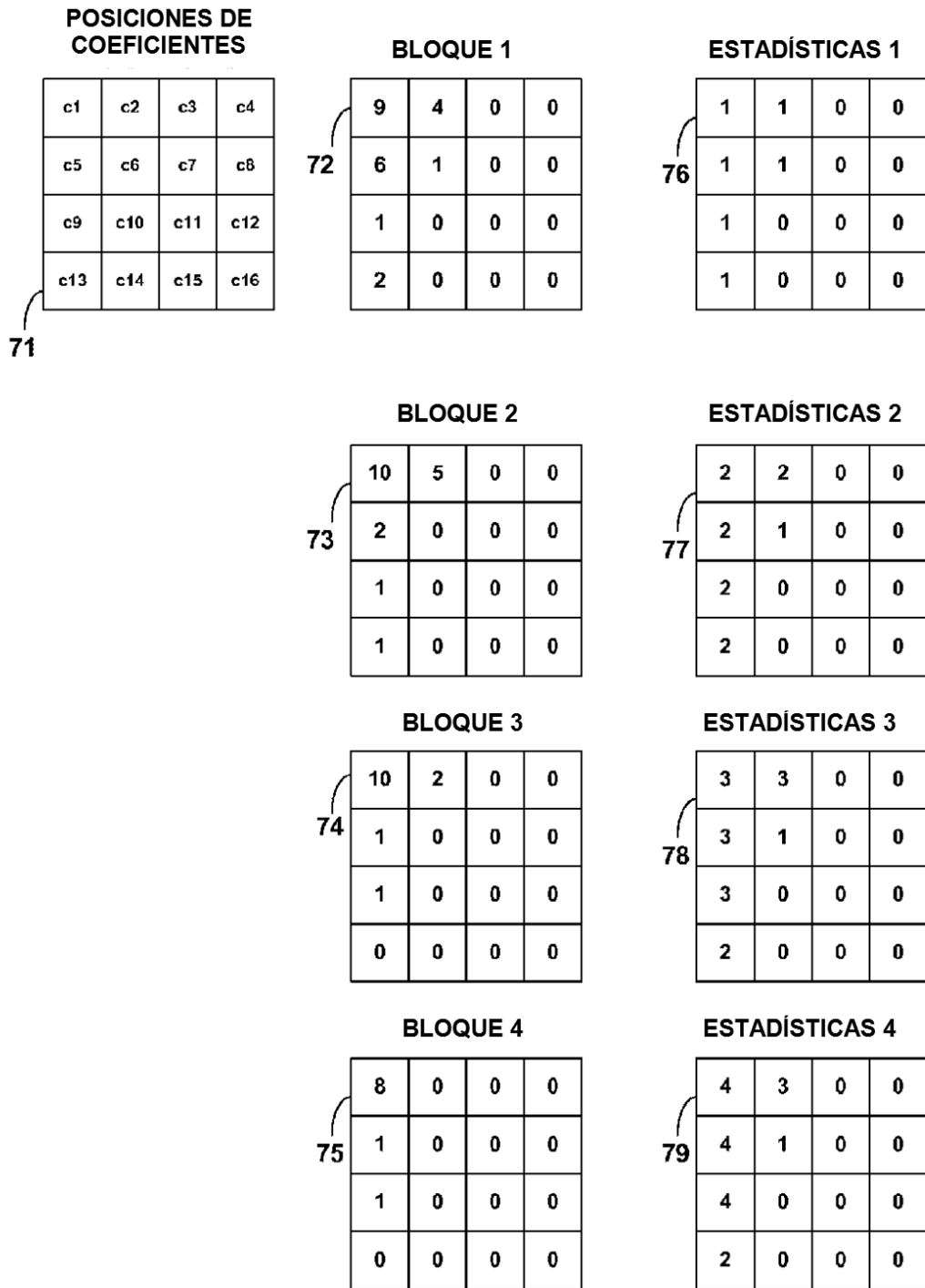


FIG. 4

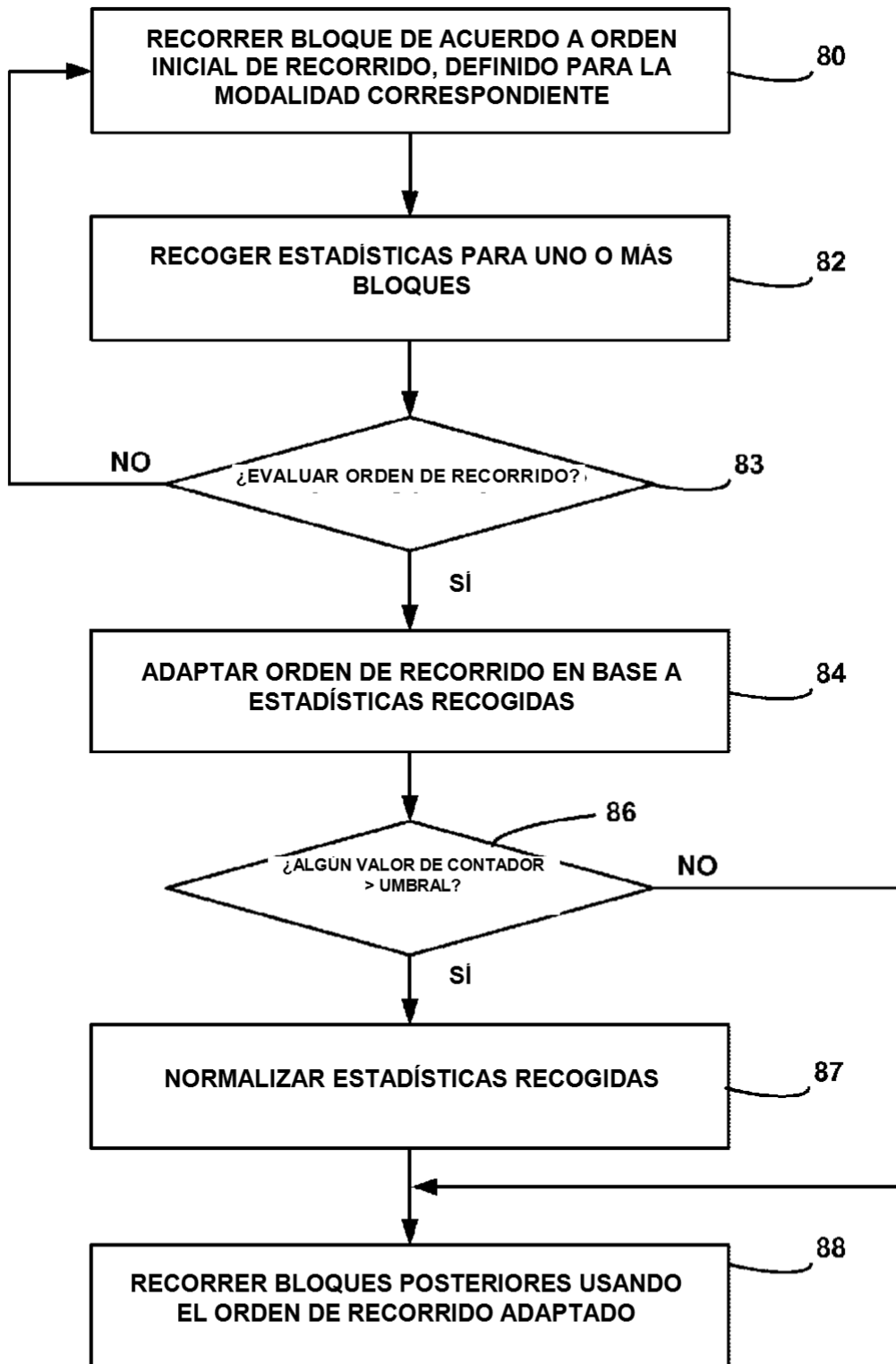


FIG. 5

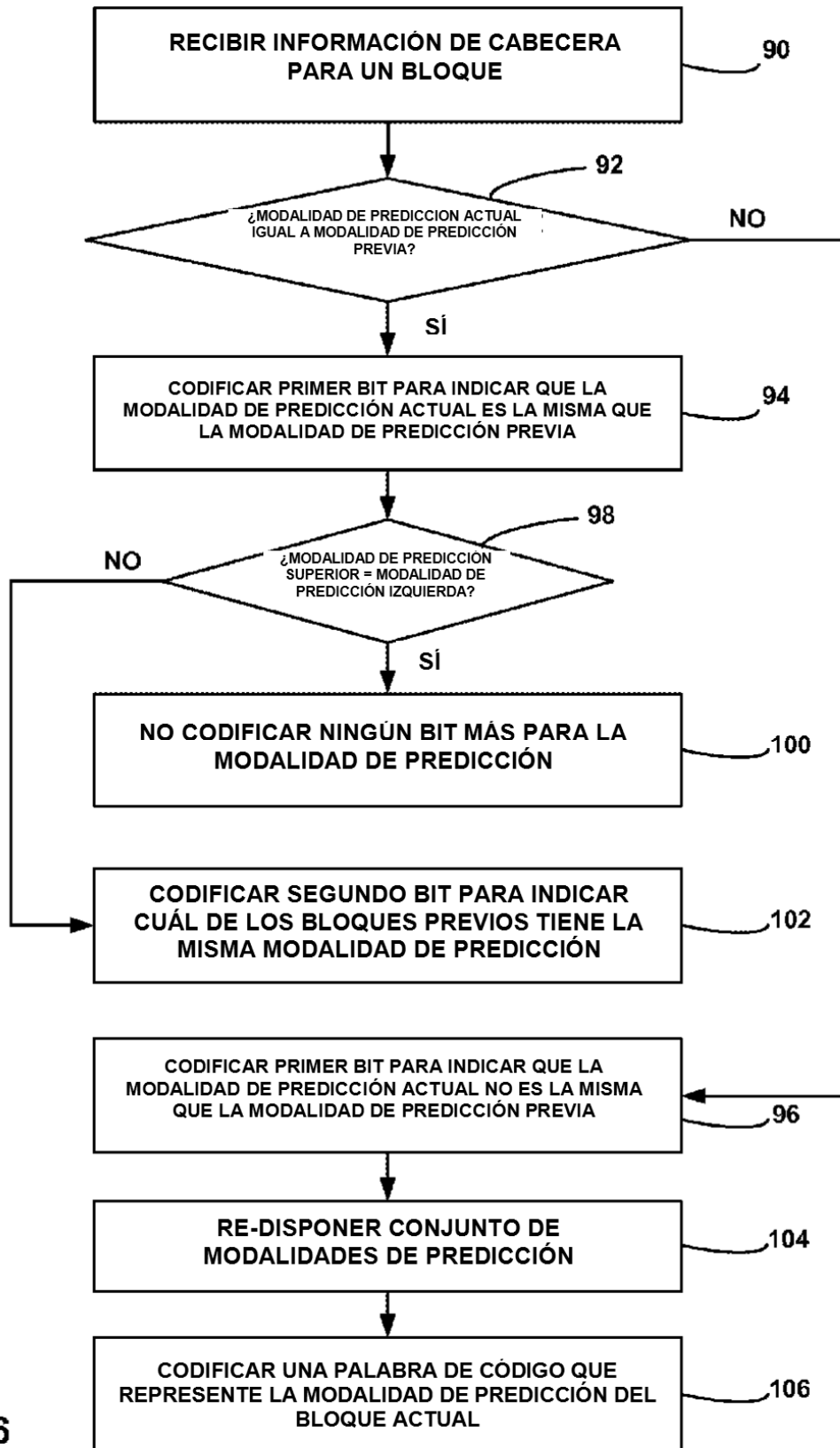


FIG. 6

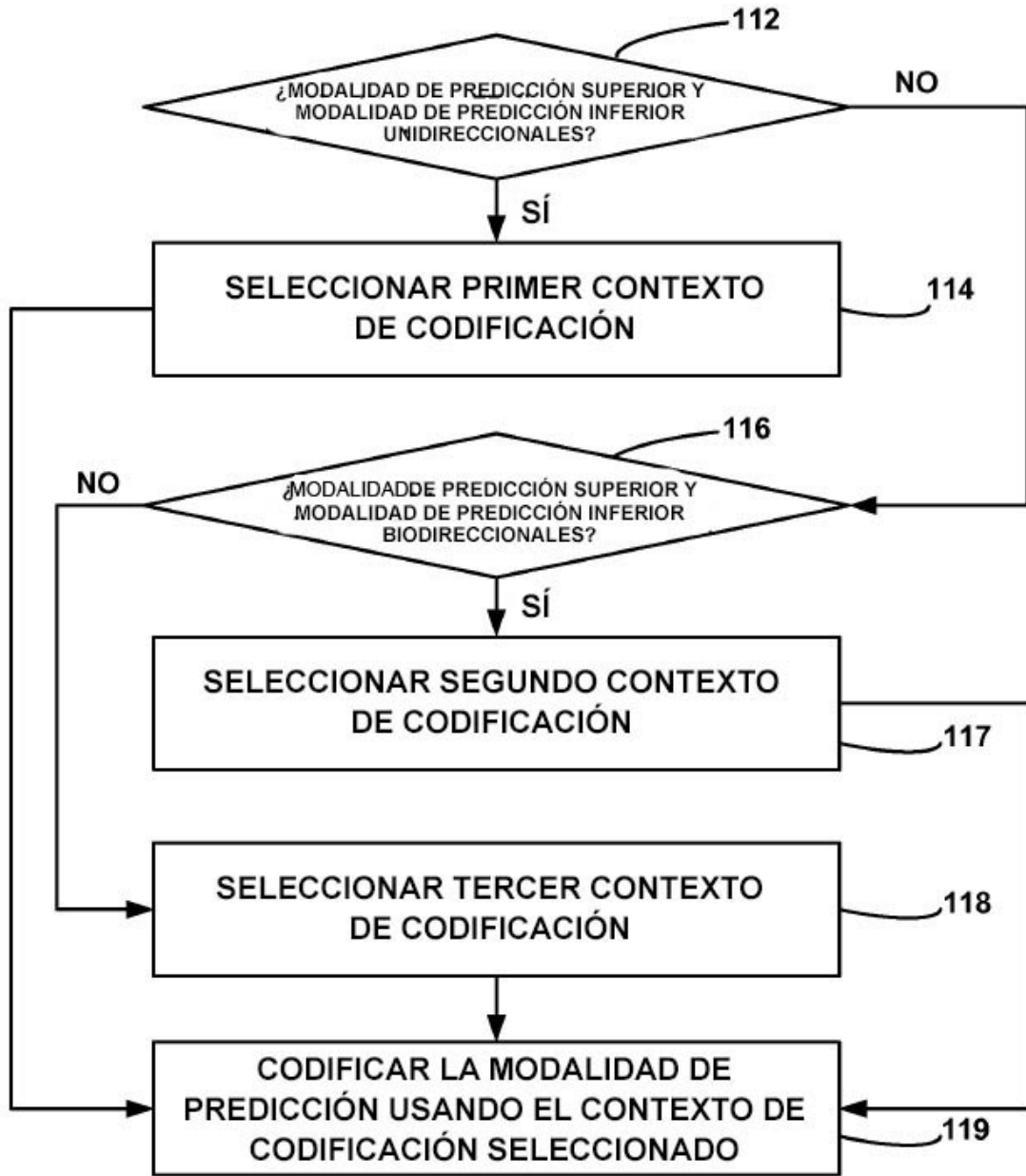


FIG. 7

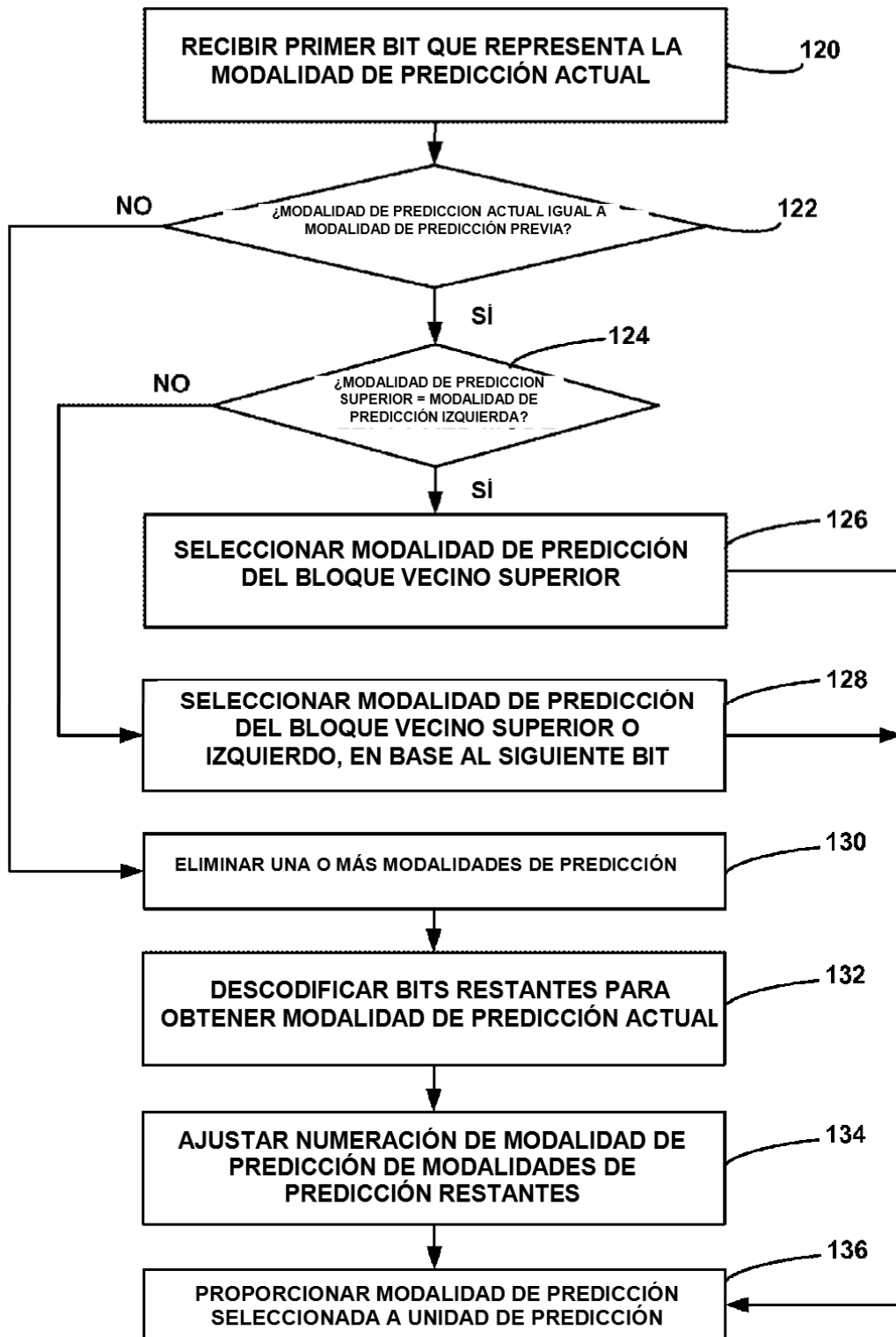


FIG. 8