

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 987 068**

51 Int. Cl.:

H04N 19/176 (2014.01)

H04N 19/186 (2014.01)

H04N 19/593 (2014.01)

H04N 19/59 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.07.2019 PCT/US2019/041526**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.01.2020 WO20014563**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2019 E 19835192 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2024 EP 3815370**

54 Título: **Intrapredicción utilizando un modelo lineal entre componentes en codificación de vídeo**

30 Prioridad:

12.07.2018 US 201862697268 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.11.2024

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building Bantian
Longgang District Shenzhen Guangdong 518129,
CN**

72 Inventor/es:

**MA, XIANG;
CHEN, JIANLE y
YANG, HAITAO**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 987 068 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

Intrapredicción utilizando un modelo lineal entre componentes en codificación de vídeo

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere, de manera general, a la codificación de vídeo, y se refiere específicamente a la utilización de muestras de luma para predecir muestras de croma mediante intrapredicción como parte de un mecanismo de codificación de vídeo.

10

Antecedentes

La cantidad de datos de vídeo necesarios para representar incluso un vídeo relativamente corto puede ser sustancial, lo que puede dar lugar a dificultades cuando los datos se van a transmitir o comunicar de otro modo a través de una red de comunicaciones con capacidad de ancho de banda limitada. Por lo tanto, los datos de vídeo generalmente se comprimen antes de comunicarse a través de las redes de telecomunicaciones modernas. El tamaño de un vídeo también podría ser un problema cuando el vídeo se almacena en un dispositivo de almacenamiento debido a que los recursos de memoria pueden ser limitados. Los dispositivos de compresión de vídeo a menudo usan software y/o hardware en la fuente para codificar los datos de vídeo antes de la transmisión o el almacenamiento, lo que reduce la cantidad de datos necesarios para representar imágenes de vídeo digital. Luego, los datos comprimidos son recibidos en el destino por un dispositivo de descompresión de vídeo que decodifica los datos de vídeo. Con recursos de la red limitados y demandas cada vez mayores de mayor calidad de vídeo, son deseables técnicas mejoradas de compresión y descompresión que mejoren la relación de compresión con poco o ningún sacrificio en la calidad de la imagen. El documento WO 2014/154094 A1 divulga un método para la intra predicción de colores usando el modo intra de LM usando píxeles reconstruidos vecinos de múltiples filas o múltiples columnas para la obtención de parámetros de LM, o usando solo los píxeles superiores o los píxeles izquierdos de los píxeles vecinos.

15

20

25

30

No CE3: sobre la simplificación del modelo lineal entre componentes, el documento JVET-K0204-v2 presenta una modificación del método del modelo lineal entre componentes.

El documento EP 3 021 578 A1 divulga que se debe reducir el número de píxeles de referencia a los que se hará referencia con el fin de reducir la redundancia entre los componentes del color, al tiempo que se suprime la degradación en el rendimiento de la codificación.

35

Compendio

En una realización, la divulgación incluye un método para la predicción entre componentes de un bloque de datos de vídeo, comprendiendo el método: reducir la resolución a un bloque de luma reconstruido para obtener un bloque de luma con resolución reducida, correspondiendo el bloque de luma reconstruido a un bloque de croma; obtener primeras muestras de luma con resolución reducida, de muestras de luma vecinas superiores reconstruidas que están por encima del bloque de luma reconstruido, y segundas muestras de luma con resolución reducida, de muestras de luma vecinas izquierdas reconstruidas, que están a la izquierda del bloque de luma reconstruido, en donde las muestras de luma vecinas superiores reconstruidas están en una sola fila adyacente al bloque de luma reconstruido y las muestras de luma vecinas izquierdas reconstruidas están en tres columnas adyacentes al bloque de luma reconstruido, en donde los datos de vídeo están en el formato YUV4:2:0, en donde las primeras muestras de luma con resolución reducida se obtienen aplicando un filtro de reducción de resolución de tres tomas a las muestras de luma vecinas superiores reconstruidas, de acuerdo con $A[i] = (A1[2i]^2 + A1[2i-1] + A1[2i+1] + 2) \gg 2$, en donde $A1[i]$ es la muestra de luma vecina superior reconstruida de orden i , en la única fila que es adyacente al bloque de luma reconstruido, y $A[i]$ es la muestra de luma con resolución reducida de las muestras de luma vecinas superiores reconstruidas de orden i , en donde las segundas muestras de luma con resolución reducida se obtienen aplicando un filtro de reducción de resolución con seis tomas a las muestras de luma vecinas izquierdas reconstruidas, de acuerdo con $L[i] = (L2[2i]^2 + L1[2i] + L3[2i] + L2[2i+1]^2 + L1[2i+1] + L3[2i+1] + 4) \gg 3$, donde $L1[i]$, $L2[i]$ y $L3[i]$ son las muestras de luma vecinas izquierdas reconstruidas, de orden i , en las tres columnas, que son adyacentes al bloque de luma reconstruido, respectivamente, y $L[i]$ es la muestra de luma con resolución reducida, de orden i , de muestras de luma vecinas izquierdas reconstruidas; obtener parámetros de un modelo lineal, LM, a partir de las primeras muestras de luma con resolución reducida y las segundas muestras de luma con resolución reducida, y de las muestras de croma vecinas reconstruidas que están por encima del bloque de croma y las muestras de croma vecinas reconstruidas que están a la izquierda en el bloque de croma; y generar valores de croma predichos del bloque de croma basándose en los parámetros del LM y el bloque de luma con resolución reducida, en donde el LM es un modelo lineal del modo modelo lineal entre componentes, CCLM, en donde los valores de croma predichos del bloque de croma se determinan de acuerdo con $pred_c(i,j) = \alpha \cdot rec_L'(i,j) + \beta$, donde $pred_c(i,j)$ son los valores de croma predichos del bloque de croma, $rec_L'(i,j)$ son las muestras de luma con resolución reducida del bloque de luma con resolución reducida, y α y β son los parámetros del LM.

40

45

50

55

60

65

En una realización, la divulgación incluye un dispositivo electrónico para codificar/decodificar datos de vídeo, comprendiendo el dispositivo electrónico una o más unidades de procesamiento configuradas para realizar cualquiera de los aspectos anteriores.

5

Estas y otras características se comprenderán más claramente a partir de la siguiente descripción detallada, tomada junto con los dibujos y reivindicaciones que la acompañan.

Breve descripción de los dibujos

10

Para una comprensión más completa de esta divulgación, se hace referencia a continuación a la siguiente descripción breve, tomada en relación con los dibujos adjuntos y la descripción detallada, en donde números de referencia iguales representan partes iguales.

15

La figura 1 es un diagrama de flujo de un método de ejemplo para codificar una señal de vídeo.

La figura 2 es un diagrama esquemático de un sistema de codificación y decodificación (códec) de ejemplo para codificación de vídeo.

20

La figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra un codificador de vídeo de ejemplo que puede realizar intrapredicción entre componentes.

La figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra un decodificador de vídeo de ejemplo que puede realizar intrapredicción entre componentes.

25

La figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de modos de intrapredicción.

La figura 6 es un diagrama esquemático que ilustra un mecanismo de ejemplo para realizar intrapredicción entre componentes.

30

La figura 7 es un diagrama esquemático que ilustra un mecanismo de ejemplo para realizar intrapredicción de modelo lineal (Cross-Component Linear Model, CCLM) entre componentes.

35

La figura 8 es un gráfico que ilustra un mecanismo de ejemplo de determinación de parámetros de modelo lineal para soportar la intrapredicción de CCLM.

Las figuras 9-10 son diagramas esquemáticos que ilustran un mecanismo de ejemplo de realización de intrapredicción de modelo lineal multidireccional (Multi-Directional Linear Model, MDLM).

40

La figura 11 es un gráfico que ilustra un mecanismo de ejemplo de determinación de parámetros de modelo lineal para soportar intrapredicción de CCLM de modelo múltiple (Multiple Model CCLM, MMLM).

Las figuras 12-15 son diagramas esquemáticos que ilustran mecanismos de ejemplo de reducción de resolución para soportar intrapredicción entre componentes.

45

La figura 16 es un diagrama de flujo de un método de ejemplo de empleo de reducción de resolución mientras se realiza una intrapredicción entre componentes, en un codificador.

50

La figura 17 es un diagrama de flujo de un método de ejemplo de empleo de reducción de resolución mientras se realiza intrapredicción entre componentes, en un codificador.

La figura 18 es un diagrama esquemático de un dispositivo de codificación de vídeo de ejemplo.

55

La figura 19 es un diagrama esquemático de un sistema de ejemplo de empleo de reducción de resolución mientras se realiza intrapredicción entre componentes.

La figura 20 es una ilustración de la plantilla superior y la plantilla izquierda.

60

La figura 21 es una ilustración de muestras de referencia.

Descripción detallada

65

Debe entenderse desde el principio que, aunque a continuación se proporciona una realización ilustrativa de una o más realizaciones, los sistemas y/o procedimientos descritos pueden implementarse usando cualquier número de técnicas, ya sean conocidas o existentes actualmente. La divulgación no debe ser limitada en modo alguno a las implementaciones, dibujos y técnicas ilustrativas ilustrados a continuación, incluidos los diseños

e implementaciones ejemplares ilustrados y descritos en este documento, sino que puede ser modificada dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

5 La codificación de vídeo incluye dividir fotogramas de vídeo en bloques y codificar los bloques mediante intrapredicción e interpredicción para comprimir el tamaño de un archivo de vídeo. Específicamente, los fotogramas de vídeo se pueden dividir en unidades de codificación (Coding Units, CU) que contienen bloques de codificación (Coding Blocks, CB) de luma y CB de croma (valores de luz y valores de color, respectivamente). A continuación se puede aplicar la predicción (intra o inter) para determinar los bloques de referencia para los bloques de codificación. La predicción da como resultado información de predicción que
10 codifica los CB por referencia al bloque o bloques de referencia. Se comparan muestras (por ejemplo, píxeles) de los CB con muestras del bloque o bloques de referencia, y las diferencias en los valores se guardan como muestras residuales. La intrapredicción selecciona bloques de referencia en el mismo fotograma que el bloque actual, mientras que la interpredicción selecciona bloques de referencia en fotogramas diferentes del bloque actual. En la mayoría de los casos, los modos de intrapredicción emplean bloques de luma de referencia para predecir bloques de luma, y bloques de croma de referencia para predecir bloques de croma. También se pueden utilizar modos entre componentes. En la intrapredicción entre componentes, se emplean muestras de referencia de luma para predecir muestras de croma en un bloque actual.

20 La presente divulgación se refiere a mejoras en el proceso de realización de la intrapredicción entre componentes. Específicamente, un bloque de luma contiene, de manera general, cuatro veces el número de muestras de un bloque de croma correspondiente. De este modo, a los bloques de referencia de luma se les reduce la resolución para que coincidan con la resolución del bloque de croma, para soportar una intrapredicción precisa entre componentes. La reducción de resolución es el proceso de reducir la resolución de un grupo de muestras de píxeles. Ciertos mecanismos de reducción de resolución utilizan recursos de memoria importantes sin proporcionar beneficios significativos en términos de precisión. Específicamente, ciertos mecanismos de reducción de resolución utilizan múltiples filas y columnas de muestras de referencia para generar una sola fila/columna de muestras de referencia con resolución reducida para usar en la intrapredicción entre componentes.

30 En el presente documento se describen mecanismos de reducción de resolución mejorados, para soportar una mayor eficiencia de la intrapredicción entre componentes. La intrapredicción entre componentes puede incluir intrapredicción en modo de CCLM, intrapredicción en modo de MDLM y/o intrapredicción en modo de MMLM. Para realizar dicha intrapredicción, se utilizan muestras de luma en la misma CU y muestras de luma y muestras de croma de los CB vecinos como muestras de referencia para predecir muestras de croma en un bloque actual. En la presente divulgación, se puede usar una sola fila y/o una sola columna de muestras de referencia vecinas durante la reducción de resolución para crear una sola fila y/o columna de muestras de referencia vecinas con resolución reducida. Las muestras de referencia vecinas con resolución reducida resultantes son en general tan precisas como las muestras de referencia con resolución reducida de varias filas/columnas. Sin embargo, el uso de una sola fila y/o columna para la reducción de resolución reduce significativamente la cantidad de memoria intermedia de línea utilizada para el proceso de intrapredicción. En consecuencia, el uso de una sola fila y/o columna para reducir la resolución de las muestras de referencia de luma vecinas disminuye el uso de recursos sin reducir significativamente la eficiencia de codificación de los mecanismos de intrapredicción entre componentes.

45 La figura 1 es un diagrama de flujo de un método operativo 100 de ejemplo de codificación de una señal de vídeo. Específicamente, una señal de vídeo se codifica en un codificador. El proceso de codificación comprime la señal de vídeo empleando diversos mecanismos para reducir el tamaño del archivo de vídeo. Un tamaño de archivo más pequeño permite que el archivo de vídeo comprimido se transmita a un usuario, al tiempo que se reduce la sobrecarga de ancho de banda asociada. A continuación, el decodificador decodifica el archivo de vídeo comprimido para reconstruir la señal de vídeo original para mostrarla a un usuario final. El proceso de decodificación refleja, en general, el proceso de codificación, para permitir que el decodificador reconstruya coherentemente la señal de vídeo.

55 En la etapa 101, la señal de vídeo se introduce en el codificador. Por ejemplo, la señal de vídeo puede ser un archivo de vídeo sin comprimir almacenado en la memoria. Como ejemplo adicional, el archivo de vídeo puede ser capturado mediante un dispositivo de captura de vídeo, tal como una cámara de vídeo, y codificado para soportar la transmisión en continuo del vídeo. El archivo de vídeo puede incluir tanto un componente de audio como un componente de vídeo. El componente de vídeo contiene una serie de fotogramas de imágenes que, cuando se ven en secuencia, dan la impresión visual de movimiento. Los fotogramas contienen píxeles que se expresan en términos de luz, denominados en el presente documento componentes de luma (o muestras de luma), y color, denominados componentes de croma (o muestras de color). En algunos ejemplos, los fotogramas también pueden contener valores de profundidad, para soportar la visualización tridimensional.

65 En la etapa 103, el vídeo es dividido en bloques. La división incluye subdividir los píxeles de cada fotograma en bloques cuadrados y/o rectangulares, para su compresión. Por ejemplo, en la codificación de vídeo de alta eficiencia (High Efficiency Video Coding, HEVC) (también conocida como H.265 y MPEG-H Parte 2), el

fotograma se puede dividir primero en unidades de árbol de codificación (Coding Tree Unit, CTU), que son bloques de un tamaño predefinido (por ejemplo, sesenta cuatro píxeles por sesenta y cuatro píxeles). Las CTU contienen muestras tanto de luma como de croma. Se pueden emplear árboles de codificación para dividir las CTU en bloques y, a continuación, subdividir recursivamente los bloques hasta que se consigan configuraciones que soporten una codificación adicional. Por ejemplo, los componentes de luma de un fotograma pueden ser subdivididos hasta que los bloques individuales contengan valores de iluminación relativamente homogéneos. Además, los componentes de croma de un fotograma pueden ser subdivididos hasta que los bloques individuales contengan valores de color relativamente homogéneos. En consecuencia, los mecanismos de división varían dependiendo del contenido de los fotogramas de vídeo.

En la etapa 105, se emplean diversos mecanismos de compresión para comprimir los bloques de imágenes divididos en la etapa 103. Por ejemplo, se puede emplear interpredicción y/o intrapredicción. La interpredicción está diseñada para aprovechar el hecho de que los objetos en una escena común tienden a aparecer en fotogramas sucesivos. En consecuencia, no es necesario describir repetidamente un bloque que representa un objeto en un fotograma de referencia, en fotogramas adyacentes. Específicamente, un objeto, tal como una mesa, puede permanecer en una posición constante en varios fotogramas. Por lo tanto, la mesa se describe una vez, y los fotogramas adyacentes pueden hacer referencia al fotograma de referencia. Se pueden emplear mecanismos de coincidencia de patrones para hacer coincidir objetos en múltiples fotogramas. Además, los objetos en movimiento pueden representarse en múltiples fotogramas, por ejemplo debido al movimiento del objeto o al movimiento de la cámara. Como ejemplo particular, un vídeo puede mostrar un automóvil que se mueve por la pantalla en múltiples fotogramas. Se pueden emplear vectores de movimiento para describir dicho movimiento. Un vector de movimiento es un vector bidimensional que proporciona un desplazamiento de las coordenadas de un objeto en un fotograma con respecto a las coordenadas del objeto en un fotograma de referencia. De este modo, la interpredicción puede codificar un bloque de imágenes en un fotograma actual como un conjunto de vectores de movimiento que indican un desplazamiento con respecto a un bloque correspondiente en un fotograma de referencia.

La intrapredicción codifica bloques en un fotograma común. La intrapredicción aprovecha el hecho de que los componentes de luma y croma tienden a agruparse en un fotograma. Por ejemplo, una mancha de verde en una parte de un árbol tiende a estar posicionada adyacente a manchas de verde similares. La intrapredicción emplea múltiples modos de predicción direccionales (por ejemplo, treinta y tres en HEVC), un modo plano y un modo de corriente continua (Direct Current, DC). Los modos direccionales indican que un bloque actual es similar/igual que las muestras de un bloque vecino en la dirección correspondiente. El modo plano indica que una serie de bloques a lo largo de una fila/columna (por ejemplo, un plano) se pueden interpolar basándose en los bloques vecinos en los bordes de la fila. El modo plano, en efecto, indica una transición suave de luz/color a través de una fila/columna empleando una pendiente relativamente constante en los valores que cambian. El modo de DC se emplea para suavizar los límites e indica que un bloque es similar/igual que un valor promedio asociado con muestras de todos los bloques vecinos asociados con las direcciones angulares de los modos de predicción direccional. En consecuencia, los bloques de intrapredicción pueden representar bloques de imágenes como diversos valores de modo de predicción relacional, en lugar de los valores reales. Además, los bloques de interpredicción pueden representar bloques de imágenes como valores del vector de movimiento, en lugar de valores reales. En cualquier caso, es posible que los bloques de predicción no representen exactamente los bloques de imágenes en algunos casos. Cualquier diferencia se almacena en bloques residuales. Se pueden aplicar transformaciones a los bloques residuales para comprimir aún más el archivo.

En la etapa 107, se pueden aplicar diversas técnicas de filtrado. En HEVC, los filtros se aplican según un esquema de filtrado en bucle. La predicción basada en bloques explicada anteriormente puede dar como resultado la creación de imágenes en bloques en el decodificador. Además, el esquema de predicción basada en bloques puede codificar un bloque y, a continuación, reconstruir el bloque codificado para su uso posterior como bloque de referencia. El esquema de filtrado en bucle aplica de manera iterativa filtros de supresión de ruido, filtros de desbloqueo, filtros de bucle adaptativos y filtros de desplazamiento adaptativo de muestra (Sample Adaptive Offset, SAO) a los bloques/fotogramas. Estos filtros mitigan dichos artefactos de bloqueo de modo que el archivo codificado pueda ser reconstruido con precisión. Además, estos filtros mitigan los artefactos en los bloques de referencia reconstruidos, de modo que sea menos probable que los artefactos creen artefactos adicionales en bloques posteriores que se codifican basándose en los bloques de referencia reconstruidos.

Una vez que la señal de vídeo ha sido dividida, comprimida y filtrada, los datos resultantes se codifican en un flujo de bits en la etapa 109. El flujo de bits incluye los datos explicados anteriormente, así como cualquier dato de señalización deseado para soportar la reconstrucción adecuada de la señal de vídeo en el decodificador. Por ejemplo, dichos datos pueden incluir datos de división, datos de predicción, bloques residuales y diversos indicadores que proporcionan instrucciones de codificación al decodificador. El flujo de bits puede almacenarse en la memoria para su transmisión hacia un decodificador previa solicitud. El flujo de bits también puede ser difundido y/o multidifundido hacia una pluralidad de decodificadores. La creación del flujo de bits es un proceso iterativo. En consecuencia, las etapas 101, 103, 105, 107 y 109 pueden ocurrir de manera continua y/o

simultánea en muchos fotogramas y bloques. El orden mostrado en la figura 1 se presenta para mayor claridad y facilidad de explicación, y no pretende limitar el proceso de codificación de vídeo a un orden particular.

5 El decodificador recibe el flujo de bits y comienza el proceso de decodificación en la etapa 111. Específicamente, el decodificador emplea un esquema de decodificación por entropía para convertir el flujo de bits en la sintaxis y los datos de vídeo correspondientes. El decodificador emplea los datos de sintaxis del flujo de bits para determinar las divisiones de los fotogramas en la etapa 111. La división debe coincidir con los resultados de la división de bloque en la etapa 103. A continuación, se describe la codificación/decodificación por entropía empleada en la etapa 111. El codificador toma muchas decisiones durante el proceso de
10 compresión, tales como seleccionar esquemas de división de bloques entre varias opciones posibles basándose en el posicionamiento espacial de valores en la o las imágenes de entrada. Señalar las opciones exactas puede emplear una gran cantidad de bins. Tal como se utiliza en este documento, un bin es un valor binario que se trata como una variable (por ejemplo, un valor de bit que puede variar dependiendo del contexto). La codificación por entropía permite al codificador descartar cualquier opción que claramente no sea viable para un caso particular, dejando un conjunto de opciones permitidas. A continuación, a cada opción permitida se le asigna una palabra de código. La longitud de la palabra de código se basa en el número de opciones permitidas (por ejemplo, un bin para dos opciones, dos bins para tres o cuatro opciones, etc.). A continuación, el codificador codifica la palabra de código para la opción seleccionada. Este esquema reduce el tamaño de las palabras de código, puesto que las palabras de código son tan grandes como se desee para indicar de
15 manera única una selección de un pequeño subconjunto de opciones permitidas, en lugar de indicar de manera única la selección de un conjunto potencialmente grande de todas las opciones posibles. A continuación, el decodificador decodifica la selección determinando el conjunto de opciones permitidas, de manera similar al codificador. Determinando el conjunto de opciones permitidas, el decodificador puede leer la palabra de código y determinar la selección realizada por el codificador.

25 En la etapa 113, el decodificador realiza la decodificación del bloque. Específicamente, el decodificador emplea transformaciones inversas para generar bloques residuales. A continuación, el decodificador emplea los bloques residuales y los bloques de predicción correspondientes para reconstruir los bloques de imágenes de acuerdo con la división. Los bloques de predicción pueden incluir tanto bloques de intrapredicción como bloques de interpredicción generados en el codificador en la etapa 105. Los bloques de imágenes reconstruidos son posicionados a continuación en fotogramas de una señal de vídeo reconstruida, según los datos de división determinados en la etapa 111. La sintaxis para la etapa 113 también puede estar señalizada en el flujo de bits mediante codificación por entropía, tal como se explicó anteriormente.

35 En la etapa 115, se realiza un filtrado en los fotogramas de la señal de vídeo reconstruida, de una manera similar a la etapa 107 en el codificador. Por ejemplo, se pueden aplicar filtros de supresión de ruido, filtros de desbloqueo, filtros de bucle adaptativo y filtros de SAO a los fotogramas, para eliminar artefactos de bloqueo. Una vez filtrados los fotogramas, la señal de vídeo puede enviarse a una pantalla en la etapa 117 para su visualización por un usuario final.

40 La presente divulgación se refiere a modificaciones a los mecanismos de reducción de resolución para soportar la intrapredicción para reducir el uso de recursos sin reducir significativamente la precisión y, por lo tanto, la eficiencia de codificación durante la compresión de los bloques. Por lo tanto, la presente divulgación mejora la funcionalidad de la compresión de bloques en la etapa 105 en el codificador y la decodificación de bloques en
45 la etapa 113 en el decodificador. Específicamente, en las etapas 105 y 113, se reduce la resolución de una sola fila de muestras de luma y, a continuación, se emplea para la intrapredicción entre componentes.

La figura 2 es un diagrama esquemático de un sistema 200 de codificación y decodificación (códec) de ejemplo, para codificación de vídeo. Específicamente, el sistema de códec 200 proporciona funcionalidad para soportar la implementación del método operativo 100. El sistema de códec 200 está generalizado para representar componentes empleados tanto en un codificador como en un decodificador. El sistema de códec 200 recibe y divide una señal de vídeo, tal como se explica con respecto a las etapas 101 y 103, en el método operativo 100, lo que da como resultado una señal de vídeo dividida 201. A continuación, el sistema de códec 200 comprime la señal de vídeo dividida 201 en un flujo de bits codificado cuando actúa como un codificador, tal como se explica con respecto a las etapas 105, 107 y 109 en el método 100. Cuando actúa como un sistema de códec 200 decodificador genera una señal de vídeo de salida a partir del flujo de bits, tal como se explica con respecto a las etapas 111, 113, 115 y 117 en el método operativo 100. El sistema de códec 200 incluye un componente de control general del codificador 211, un componente de cuantificación y escalado de transformación 213, un componente de estimación de intra-imagen 215, un componente de predicción de intra-imagen 217, un componente de compensación de movimiento 219, un componente de estimación de movimiento 221, un componente de escalado y transformación inversa 229, un componente de análisis de control de filtro 227, un componente de filtros en bucle 225, un componente de memoria intermedia de imágenes decodificadas 223 y un componente de formato de cabecera y codificación aritmética binaria adaptativa al contexto (Context Adaptive Binary Arithmetic Coding, CABAC) 231. Dichos componentes están acoplados tal como se muestra. En la figura 2, las líneas continuas indican el movimiento de datos a codificar/decodificar, mientras que las líneas discontinuas indican el movimiento de datos de control que
50
55
60
65

5 controla el funcionamiento de otros componentes. Todos los componentes del sistema de códec 200 pueden estar presentes en el codificador. El decodificador puede incluir un subconjunto de los componentes del sistema de códec 200. Por ejemplo, el decodificador puede incluir el componente de predicción de intra-imagen 217, el componente de compensación de movimiento 219, el componente de escalado y transformación inversa 229, el componente de filtros de bucle 225 y el componente de memoria intermedia de imágenes decodificadas 223. Estos componentes se describen a continuación.

10 La señal de vídeo dividida 201 es una secuencia de vídeo capturada que ha sido dividida en bloques de píxeles mediante un árbol de codificación. Un árbol de codificación emplea diversos modos de división para subdividir un bloque de píxeles en bloques de píxeles más pequeños. Estos bloques se pueden subdividir a continuación en bloques más pequeños. Los bloques pueden denominarse nodos en el árbol de codificación. Los nodos principales más grandes se dividen en nodos secundarios más pequeños. El número de veces que se subdivide un nodo se denomina profundidad del nodo/árbol de codificación. Los bloques divididos pueden incluirse en unidades de codificación (CU) en algunos casos. Por ejemplo, una CU puede ser una subparte de una CTU que contiene un bloque de luma, un bloque o bloques de croma de diferencia roja (Cr) y un bloque o bloques de croma de diferencia azul (Cb) junto con las instrucciones de sintaxis correspondientes para la CU. Los modos de división pueden incluir un árbol binario (Binary Tree, BT), un árbol ternario (Triple Tree, TT) y un árbol cuaternario (Quad Tree, QT) empleados para dividir un nodo en dos, tres o cuatro nodos secundarios, respectivamente, de diferentes formas según los modos de división empleados. La señal de vídeo dividida 201 se envía al componente de control general del codificador 211, al componente de escalado de transformación y cuantificación 213, al componente de estimación de intra-imagen 215, al componente de análisis de control de filtro 227 y al componente de estimación de movimiento 221, para su compresión.

25 El componente de control general del codificador 211 está configurado para tomar decisiones relacionadas con la codificación de las imágenes de la secuencia de vídeo en el flujo de bits, según las restricciones de la aplicación. Por ejemplo, el componente de control general del codificador 211 gestiona la optimización de la velocidad de bits/tamaño del flujo de bits frente a la calidad de reconstrucción. Dichas decisiones se pueden tomar basándose en la disponibilidad de espacio de almacenamiento/ancho de banda y en las solicitudes de resolución de imagen. El componente de control general del codificador 211 también gestiona la utilización de la memoria intermedia a la luz de la velocidad de transmisión, para mitigar los problemas de insuficiencia y desbordamiento de la memoria intermedia. Para gestionar estos problemas, el componente de control general del codificador 211 gestiona la división, la predicción y el filtrado por parte de los otros componentes. Por ejemplo, el componente de control general del codificador 211 puede aumentar dinámicamente la complejidad de la compresión para aumentar la resolución y aumentar el uso de ancho de banda o disminuir la complejidad de la compresión para disminuir la resolución y el uso de ancho de banda. Por lo tanto, el componente de control general del codificador 211 controla los otros componentes del sistema de códec 200 para equilibrar la calidad de reconstrucción de la señal de vídeo con las cuestiones de la velocidad de bits. El componente de control general del codificador 211 crea datos de control, que controlan el funcionamiento de los otros componentes. Los datos de control también se envían al componente de formateo de cabecera y de CABAC 231 para codificarlos en el flujo de bits para señalar parámetros para decodificar en el decodificador.

45 La señal de vídeo dividida 201 también se envía al componente de estimación de movimiento 221 y al componente de compensación de movimiento 219, para interpredicción. Un fotograma o segmento de la señal de vídeo dividida 201 se puede dividir en múltiples bloques de vídeo. El componente de estimación de movimiento 221 y el componente de compensación de movimiento 219 realizan una codificación de interpredicción del bloque de vídeo recibido en relación con uno o más bloques en uno o más fotogramas de referencia, para proporcionar una predicción temporal. El sistema de códec 200 puede realizar múltiples pasadas de codificación, por ejemplo, para seleccionar un modo de codificación apropiado para cada bloque de datos de vídeo.

50 El componente de estimación de movimiento 221 y el componente de compensación de movimiento 219 pueden estar altamente integrados, pero se ilustran por separado, con fines conceptuales. La estimación de movimiento, realizada por la unidad de estimación de movimiento 221, es el proceso de generar vectores de movimiento, que estiman el movimiento para bloques de vídeo. Un vector de movimiento, por ejemplo, puede indicar el desplazamiento de un objeto codificado con respecto a un bloque predictivo. Un bloque predictivo es un bloque que coincide estrechamente con el bloque que se va a codificar, en términos de diferencia de píxeles. Un bloque predictivo también puede denominarse bloque de referencia. Dicha diferencia de píxeles puede determinarse mediante la suma de las diferencias absolutas (Sum of Absolute Difference, SAD), la suma de las diferencias cuadráticas (Sum of Square Difference, SSD) u otras métricas de diferencia. HEVC emplea varios objetos codificados, incluida una CTU, bloques de árbol de codificación (Coding Tree Blocks, CTB) y CU. Por ejemplo, una CTU se puede dividir en CTB, que a continuación se pueden dividir en CB para su inclusión en las CU. Una CU puede codificarse como una unidad de predicción (Prediction Unit, PU) que contiene datos de predicción y/o una o más unidades de transformación (Transform Unit, TU) que contienen datos residuales transformados para la CU. El componente de estimación de movimiento 221 genera vectores de movimiento, PU y TU utilizando un análisis de distorsión de velocidad como parte de un proceso de optimización de distorsión de velocidad. Por ejemplo, el componente de estimación de movimiento 221 puede

determinar múltiples bloques de referencia, múltiples vectores de movimiento, etc. para un bloque/fotograma actual, y puede seleccionar los bloques de referencia, vectores de movimiento, etc. que tengan las mejores características de distorsión de velocidad. Las mejores características de distorsión de velocidad equilibran tanto la calidad de la reconstrucción de vídeo (por ejemplo, la cantidad de datos perdidos por compresión) con la eficiencia de codificación (por ejemplo, el tamaño de la codificación final).

En algunos ejemplos, el sistema de códec 200 puede calcular valores para posiciones de píxeles subenteros de imágenes de referencia almacenadas en el componente de memoria intermedia de imágenes decodificadas 223. Por ejemplo, el sistema de códec 200 de vídeo puede interpolar valores de posiciones de un cuarto de píxel, posiciones de un octavo de píxel u otras posiciones fraccionarias de píxel, de la imagen de referencia. Por lo tanto, la unidad de estimación de movimiento 221 puede realizar una búsqueda de movimiento con respecto a las posiciones de píxeles completos y a las posiciones de píxeles fraccionarios, y generar un vector de movimiento con precisión de píxeles fraccionarios. El componente de estimación de movimiento 221 calcula un vector de movimiento para una PU de un bloque de vídeo en un segmento intercodificado comparando la posición de la PU con la posición de un bloque predictivo de una imagen de referencia. El componente de estimación de movimiento 221 envía el vector de movimiento calculado como datos de movimiento al componente de formateo de cabecera y de CABAC 231 para codificación y movimiento al componente de compensación de movimiento 219.

La compensación de movimiento, realizada por el componente de compensación de movimiento 219, puede implicar la obtención o generación del bloque predictivo basándose en el vector de movimiento determinado por el componente de estimación de movimiento 221. Nuevamente, el componente de estimación de movimiento 221 y el componente de compensación de movimiento 219 pueden estar integrados funcionalmente, en algunos ejemplos. Tras la recepción del vector de movimiento para la PU del bloque de vídeo actual, el componente de compensación de movimiento 219 puede ubicar el bloque predictivo al que apunta el vector de movimiento. A continuación, se forma un bloque de vídeo residual restando los valores de píxeles del bloque predictivo de los valores de píxeles del bloque de vídeo actual que se está codificando, formando valores de diferencia de píxeles. En general, el componente de estimación de movimiento 221 realiza una estimación de movimiento con respecto a los componentes de luma, y el componente de compensación de movimiento 219 utiliza vectores de movimiento calculados basándose en los componentes de luma para los componentes de croma y de luma. El bloque predictivo y el bloque residual se reenvían al componente de escalado y cuantificación de transformación 213.

La señal de vídeo dividida 201 también se envía al componente de estimación de intra-imagen 215 y al componente de predicción de intra-imagen 217. Al igual que con el componente de estimación de movimiento 221 y el componente de compensación de movimiento 219, el componente de estimación de intra-imagen 215 y el componente de predicción de intra-imagen 217 pueden estar altamente integrados, pero se ilustran por separado con fines conceptuales. El componente de estimación de intra-imagen 215 y el componente de predicción de intra-imagen 217 intrapredicen un bloque actual con respecto a los bloques en un fotograma actual, como alternativa a la interpredicción realizada por el componente de estimación de movimiento 221 y el componente de compensación de movimiento 219 entre fotogramas, tal como se describió anteriormente. En particular, el componente de estimación intra-imagen 215 determina un modo de intrapredicción a utilizar para codificar un bloque actual. En algunos ejemplos, el componente de estimación de intra-imagen 215 selecciona un modo de intrapredicción apropiado para codificar un bloque actual a partir de múltiples modos de intrapredicción probados. Los modos de intrapredicción seleccionados se reenvían a continuación al componente de formateo de cabecera y de CABAC 231 para su codificación.

El componente de estimación de intra-imagen 215 calcula valores de distorsión de velocidad utilizando un análisis de distorsión de velocidad para los diversos modos de intrapredicción probados, y selecciona el modo de intrapredicción que tiene las mejores características de distorsión de velocidad entre los modos probados. El análisis de distorsión de velocidad determina, de manera general, una cantidad de distorsión (o error) entre un bloque codificado y un bloque original sin codificar que fue codificado para producir el bloque codificado, así como una velocidad de bits (es decir, una cantidad de bits) utilizada para producir el bloque codificado. La unidad de intrapredicción 215 puede calcular relaciones a partir de las distorsiones y velocidades para que los diversos bloques codificados determinen qué modo de intrapredicción presenta el mejor valor de distorsión de velocidad para el bloque. Además, el componente de estimación de intra-imagen 215 puede configurarse para codificar bloques de profundidad de un mapa de profundidad usando un modo de modelización de la profundidad (Depth Modeling Mode, DMM) basado en la optimización de la velocidad de distorsión (Rate-Distortion Optimization, RDO).

El componente de predicción de intra-imagen 217 puede generar un bloque residual a partir del bloque predictivo basándose en los modos de intrapredicción seleccionados determinados por el componente de estimación de intra-imagen 215 cuando se implementa en un codificador, o lee el bloque residual del flujo de bits cuando se implementa en un decodificador. El bloque residual incluye la diferencia de valores entre el bloque predictivo y el bloque original, representado como una matriz. El bloque residual se envía a continuación al componente de escalado y cuantificación de transformación 213. El componente de estimación de intra-

imagen 215 y el componente de predicción de intra-imagen 217 pueden actuar tanto en componentes de luma como de croma.

5 El componente de cuantificación y escalado de transformación 213 está configurado para comprimir aún más el bloque residual. El componente de cuantificación y escalado de transformación 213 aplica una transformada, tal como una transformada de coseno discreta (Discrete Cosine Transform, DCT), una transformada de seno discreta (Discrete Sine Transform, DST) o una transformada conceptualmente similar, al bloque residual, produciendo un bloque de vídeo que comprende valores de coeficientes de transformación residuales. También podrían usarse transformadas de ondícula, transformadas de enteros, transformadas de subbanda u otros tipos de transformadas. La transformada puede convertir la información residual de un dominio de valor de píxel en un dominio de transformada, tal como un dominio de frecuencia. El componente de escalado y cuantificación de la transformación 213 también está configurado para escalar la información residual transformada, por ejemplo basándose en la frecuencia. Dicho escalado implica aplicar un factor de escala a la información residual, de modo que se cuantifique información de frecuencia diferente con granularidades diferentes, lo que puede afectar a la calidad visual final del vídeo reconstruido. El componente de cuantificación y escalado de transformación 213 también está configurado para cuantificar los coeficientes de transformación para reducir aún más la velocidad de bits. El proceso de cuantificación puede reducir la profundidad de bit asociada con algunos o todos los coeficientes. El grado de cuantificación puede modificarse ajustando un parámetro de cuantificación. En algunos ejemplos, el componente de cuantificación y escalado de transformación 213 puede realizar a continuación un escaneo de la matriz que incluye los coeficientes de transformación cuantificados. Los coeficientes de transformación cuantificados se envían al componente de formateo de cabecera y de CABAC 231 para ser codificados en el flujo de bits.

25 El componente de escalado y transformación inversa 229 aplica una operación inversa del componente de escalado y cuantificación de transformación 213 para soportar la estimación del movimiento. El componente de escalado y transformación inversa 229 aplica escalado, transformación y/o cuantificación inversa para reconstruir el bloque residual en el dominio de píxeles, por ejemplo, para uso posterior como bloque de referencial, que puede convertirse en un bloque predictivo para otro bloque actual. El componente de estimación de movimiento 221 y/o el componente de compensación de movimiento 219 pueden calcular un bloque de referencia sumando el bloque residual nuevamente a un bloque predictivo correspondiente, para su uso en la estimación de movimiento de un bloque/fotograma posterior. Se aplican filtros a los bloques de referencia reconstruidos para mitigar los artefactos creados durante el escalado, la cuantización y la transformación. De lo contrario, dichos artefactos podrían causar predicciones inexactas (y crear artefactos adicionales) cuando se predicen bloques posteriores.

35 El componente de análisis de control de filtro 227 y el componente de filtros en bucle 225 aplican los filtros a los bloques residuales y/o a los bloques de imágenes reconstruidos. Por ejemplo, el bloque residual transformado del componente de escalado y transformación inversa 229 se puede combinar con un bloque de predicción correspondiente del componente de predicción intra-imagen 217 y/o el componente de compensación de movimiento 219 para reconstruir el bloque de imágenes original. A continuación, los filtros se pueden aplicar al bloque de imágenes reconstruido. En algunos ejemplos, los filtros pueden aplicarse a los bloques residuales. Como con otros componentes en la figura 2, el componente de análisis de control de filtro 227 y el componente de filtros en bucle 225 están altamente integrados y pueden implementarse juntos, pero se representan por separado con fines conceptuales. Los filtros aplicados a los bloques de referencia reconstruidos se aplican a regiones espaciales particulares, e incluyen múltiples parámetros para ajustar cómo se aplican dichos filtros. El componente de análisis de control de filtro 227 explica los bloques de referencia reconstruidos para determinar dónde se deben aplicar dichos filtros, y establece los parámetros correspondientes. Dichos datos se reenvían al componente de formateo de cabecera y de CABAC 231 como datos de control de filtro, para su codificación. El componente de filtros en bucle 225 aplica dichos filtros basándose en los datos de control de filtro. Los filtros pueden incluir un filtro de desbloqueo, un filtro de supresión de ruido, un filtro de SAO y un filtro de bucle adaptativo. Dichos filtros se pueden aplicar en el dominio espacial/de píxeles (por ejemplo, en un bloque de píxeles reconstruido) o en el dominio de la frecuencia, según el ejemplo.

55 Cuando funciona como codificador, el bloque de imágenes reconstruido filtrado, el bloque residual y/o el bloque de predicción se almacenan en el componente de memoria temporal de imágenes decodificadas 223 para su uso posterior en la estimación del movimiento, tal como se explicó anteriormente. Cuando funciona como decodificador, el componente de memoria intermedia de imágenes decodificadas 223 almacena y reenvía los bloques reconstruidos y filtrados hacia una pantalla como parte de una señal de vídeo de salida. El componente de memoria intermedia de imágenes decodificadas 223 puede ser cualquier dispositivo de memoria capaz de almacenar bloques de predicción, bloques residuales y/o bloques de imágenes reconstruidas.

65 El componente de formateo de cabecera y CABAC 231 recibe los datos de los diversos componentes del sistema de códec 200 y codifica dichos datos en un flujo de bits codificado, para su transmisión hacia un decodificador. Específicamente, el componente de formateo de cabecera y CABAC 231 genera diversas cabeceras para codificar datos de control, tales como datos de control general y datos de control de filtro.

Además, los datos de predicción, incluidos los datos de intrapredicción y de movimiento, así como los datos residuales en forma de datos de coeficientes de transformación cuantificados, están todos codificados en el flujo de bits. El flujo de bits final incluye toda la información deseada por el decodificador para reconstruir la señal de vídeo dividida 201 original. Dicha información también puede incluir tablas de índice de modos de intrapredicción (también denominadas tablas de asignación de palabras de código), definiciones de contextos de codificación para diversos bloques, indicaciones de los modos de intrapredicción más probables, una indicación de información de división, etc. Dichos datos pueden ser codificados empleando codificación por entropía. Por ejemplo, la unidad de codificación por entropía puede realizar codificación de longitud variable adaptable al contexto (Context Adaptive Variable Length Coding, CAVLC), CABAC, codificación aritmética binaria adaptable al contexto basada en sintaxis (Syntax-Based context-daptive binary Arithmetic Coding, SBAC), codificación por entropía de división en intervalos de probabilidad (Probability Interval Partitioning Entropy, PIPE) u otra técnica de codificación por entropía. Después de la codificación por entropía, el flujo de bits codificado puede transmitirse a otro dispositivo (por ejemplo, un decodificador de vídeo) o archivarse para su posterior transmisión o recuperación.

La presente divulgación se refiere a modificaciones a los mecanismos de reducción de resolución para soportar la intrapredicción para reducir el uso de recursos sin reducir significativamente la precisión y, por lo tanto, la eficiencia de codificación durante la compresión de los bloques. Por ejemplo, la presente divulgación mejora la funcionalidad del componente de estimación de intra-imagen 215 y/o del componente de predicción de intra-imagen 217. Específicamente, el componente de estimación de intra-imagen 215 y/o el componente de predicción de intra-imagen 217 obtienen bloques vecinos de muestras de luma como parte de la predicción de un bloque actual de muestras de croma. El componente de estimación de intra-imagen 215 y/o el componente de predicción de intra-imagen 217 pueden, por lo tanto, reducir la resolución de las muestras de luma de los bloques vecinos para usarlas como muestras de referencia cuando se realiza una intrapredicción entre componentes. Además, el componente de estimación de intra-imagen 215 y/o el componente de predicción de intra-imagen 217 utilizan una sola columna y/o fila cuando se reduce la resolución para reducir el uso de memoria intermedia de línea sin reducir significativamente la precisión del proceso de intrapredicción.

La figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra un codificador de vídeo 300 de ejemplo que puede realizar intrapredicción entre componentes. El codificador de vídeo 300 puede emplearse para implementar las funciones de codificación del sistema de códec 200 y/o implementar las etapas 101, 103, 105, 107 y/o 109 del método operativo 100. El codificador 300 divide una señal de vídeo de entrada, dando como resultado una señal de vídeo dividida 301, que es sustancialmente similar a la señal de vídeo dividida 201. La señal de vídeo dividida 301 se comprime y codifica a continuación en un flujo de bits mediante componentes del codificador 300.

Específicamente, la señal de vídeo dividida 301 se reenvía a un componente de predicción de intra-imagen 317 para intrapredicción. El componente de predicción de intra-imagen 317 puede ser sustancialmente similar al componente de estimación de intra-imagen 215 y al componente de predicción de intra-imagen 217. La señal de vídeo dividida 301 también se envía a un componente de compensación de movimiento 321 para interpredicción basada en bloques de referencia en un componente de memoria intermedia de imágenes decodificadas 323. El componente de compensación de movimiento 321 puede ser sustancialmente similar al componente de estimación de movimiento 221 y al componente de compensación de movimiento 219. Los bloques de predicción y los bloques residuales del componente de predicción de intra-imagen 317 y el componente de compensación de movimiento 321 se envían a un componente de transformación y cuantificación 313 para la transformación y cuantificación de los bloques residuales. El componente de transformación y cuantificación 313 puede ser sustancialmente similar al componente de transformación y cuantificación 213. Los bloques residuales transformados y cuantificados y los bloques de predicción correspondientes (junto con los datos de control asociados) se reenvían a un componente de codificación por entropía 331 para codificarlos en un flujo de bits. El componente de codificación por entropía 331 puede ser sustancialmente similar al componente de formateo de cabecera y de CABAC 231.

Los bloques residuales transformados y cuantificados y/o los bloques de predicción correspondientes también se reenvían desde el componente de transformación y cuantificación 313 a un componente de transformación y cuantificación inversa 329 para su reconstrucción en bloques de referencia para su uso por el componente de compensación de movimiento. 321. El componente de transformación inversa y cuantificación 329 puede ser sustancialmente similar al componente de escalado y transformación inversa 229. Los filtros en bucle en un componente de filtros en bucle 325 también se aplican a los bloques residuales y/o a los bloques de referencia reconstruidos, dependiendo del ejemplo. El componente de filtros en bucle 325 puede ser sustancialmente similar al componente de análisis de control de filtro 227 y al componente de filtros en bucle 225. El componente de filtros en bucle 325 puede incluir múltiples filtros, tal como se explica con respecto al componente de filtros en bucle 225. Los bloques filtrados a continuación se almacenan en un componente de memoria intermedia de imágenes decodificadas 323 para su uso como bloques de referencia por el componente de compensación de movimiento 321. El componente de memoria intermedia de imágenes decodificadas 323 puede ser sustancialmente similar al componente de memoria intermedia de imágenes decodificadas 223.

Por ejemplo, el componente de predicción de intra-imagen 317 se puede configurar para realizar una intrapredicción entre componentes. En la intrapredicción entre componentes, los componentes de croma de un bloque actual se predicen basándose en parte en los componentes de luma de los bloques vecinos. En un codificador 300, los bloques vecinos pueden codificarse y a continuación reconstruirse para que actúen como bloques de referencia para otros bloques. Por lo tanto, los componentes de croma del bloque actual se predicen basándose en muestras de luma vecinas reconstruidas a partir de bloques vecinos reconstruidos. A continuación se explican con mayor detalle múltiples mecanismos entre componentes. Independientemente de los mecanismos entre componentes utilizados, a los componentes de luma vecinos se les reduce la resolución. Esto se debe a que los bloques de luma tienen en general una resolución cuatro veces mayor que los bloques de croma y, por lo tanto, contienen cuatro veces el número de muestras de los bloques de croma. La reducción de resolución permite que el número de muestras de luma de referencia coincida con el número de muestras de croma para proporcionar una comparación precisa cuando se realiza una intrapredicción entre componentes.

El componente de predicción de intra-imagen 317 realiza una reducción de resolución empleando una sola fila y/o una sola columna de muestras de luma de los bloques de referencia vecinos. A modo de comparación, el empleo de múltiples filas y columnas de muestras de luma durante la reducción de resolución da como resultado muestras de referencia de luma con resolución reducida que no son significativamente diferentes de las muestras de referencia de luma con resolución reducida de una sola línea/columna. Sin embargo, las muestras de referencia de luma con resolución reducida de varias filas/líneas emplean significativamente más espacio de memoria intermedia de línea para generar, que las muestras de referencia de luma con resolución reducida de una sola línea/fila. En consecuencia, al emplear una sola fila/columna de muestras de luma para reducir la resolución al determinar muestras de referencia de luma vecinas, la cantidad de espacio de memoria intermedia de línea se reduce significativamente sin afectar significativamente a la precisión de las muestras de referencia de luma con resolución reducida resultantes. De este modo, el componente de predicción de intra-imagen 317 emplea menos recursos de memoria sin reducir significativamente la eficiencia de codificación, lo que da como resultado una funcionalidad mejorada del componente de predicción de intra-imagen 317.

La figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra un codificador de vídeo 400 de ejemplo que puede realizar intrapredicción entre componentes. El decodificador de vídeo 400 puede emplearse para implementar las funciones de decodificación del sistema de códec 200 y/o implementar las etapas 111, 113, 115 y/o 117 del método operativo 100. El decodificador 400 recibe un flujo de bits, por ejemplo de un codificador 300, y genera una señal de vídeo de salida reconstruida basándose en el flujo de bits, para mostrarla a un usuario final.

El flujo de bits es recibido por un componente de decodificación por entropía 433. El componente de decodificación por entropía 433 está configurado para implementar un esquema de decodificación por entropía, tal como codificación CAVLC, CABAC, SBAC, PIPE u otras técnicas de codificación por entropía. Por ejemplo, el componente de decodificación por entropía 433 puede emplear información de cabecera para proporcionar un contexto para interpretar datos adicionales codificados como palabras de código en el flujo de bits. La información decodificada incluye cualquier información deseada para decodificar la señal de vídeo, tal como datos de control general, datos de control de filtro, información de división, datos de movimiento, datos de predicción y coeficientes de transformación cuantificados de bloques residuales. Los coeficientes de transformación cuantificados se envían a un componente de cuantificación y transformación inversa 429 para su reconstrucción en bloques residuales. El componente de transformada inversa y cuantificación 429 puede ser similar al componente de transformada inversa y cuantificación 329.

Los bloques residuales reconstruidos y/o los bloques de predicción se reenvían al componente de predicción de intra-imagen 417 para su reconstrucción en bloques de imágenes basándose en operaciones de intrapredicción. El componente de predicción de intra-imagen 417 puede ser sustancialmente similar al componente de estimación de intra-imagen 215 y al componente de predicción de intra-imagen 217. Específicamente, el componente de predicción de intra-imagen 417 emplea modos de predicción para localizar un bloque de referencia en el fotograma, y aplica un bloque residual al resultado para reconstruir bloques de imágenes intrapredichas. Los bloques de imágenes intrapredichas reconstruidas y/o los bloques residuales y los datos de interpredicción correspondientes se reenvían a un componente de memoria intermedia de imágenes decodificadas 423 a través de un componente de filtros en bucle 425, que puede ser sustancialmente similar al componente de memoria intermedia de imágenes decodificadas 223 y al componente de filtros en bucle 225, respectivamente. El componente de filtros en bucle 425 filtra los bloques de imágenes reconstruidas, bloques residuales y/o bloques de predicción, y dicha información se almacena en el componente de memoria intermedia de imágenes decodificadas 423. Los bloques de imágenes reconstruidas a partir del componente de memoria intermedia de imágenes decodificadas 423 se reenvían a un componente de compensación de movimiento para interpredicción 421. El componente de compensación de movimiento 421 puede ser sustancialmente similar al componente de estimación de movimiento 221 y al componente de compensación de movimiento 219. Específicamente, el componente de compensación de movimiento 421 emplea vectores de movimiento de un bloque de referencia para generar un bloque de predicción y aplica un bloque residual al

5 resultado para reconstruir un bloque de imágenes. Los bloques reconstruidos resultantes también pueden reenviarse a través del componente de filtros en bucle 425 al componente de memoria intermedia de imágenes decodificadas 423. El componente de memoria intermedia de imágenes decodificadas 423 continúa almacenando bloques de imágenes reconstruidas adicionales, que pueden reconstruirse en fotogramas a través de la información de división. Tales fotogramas también pueden colocarse en una secuencia. La secuencia se envía hacia una pantalla como una señal de vídeo de salida reconstruida.

10 Al igual que con el codificador 300, el componente de predicción de intra-imagen 417 del decodificador 400 se puede configurar para realizar intrapredicción entre componentes. En la intrapredicción entre componentes, los componentes de croma para un bloque de croma se predicen basándose en los componentes de luma de un bloque de luma reconstruido correspondiente, así como basándose en los parámetros obtenidos de muestras de croma vecinas reconstruidas en bloques de croma vecinos y en muestras de luma vecinas reconstruidas en los bloques de luma vecinos. Por ejemplo, en un decodificador 400, los bloques de luma y croma vecinos pueden ser reconstruidos y, a continuación, ser utilizados como bloques de referencia para otros bloques (por ejemplo, un bloque actual). Por lo tanto, los componentes de croma del bloque de croma se predicen en parte basándose en muestras de luma vecinas reconstruidas de bloques de luma vecinos reconstruidos y en muestras de croma vecinas reconstruidas de bloques de croma vecinos reconstruidos. A continuación se explican con mayor detalle múltiples mecanismos entre componentes. Independientemente de los mecanismos entre componentes utilizados, a los componentes de luma vecinos se les reduce la resolución. Esto se debe a que los bloques de luma tienen en general una resolución cuatro veces mayor que los bloques de croma y, por lo tanto, contienen cuatro veces el número de muestras de los bloques de croma. La reducción de resolución permite que el número de muestras de luma de referencia coincida con el número de muestras de croma para proporcionar una comparación precisa cuando se realiza una intrapredicción entre componentes.

25 El componente de predicción de intra-imagen 417 realiza una reducción de resolución empleando una sola fila y/o una sola columna de muestras de luma de los bloques de referencia vecinos. A modo de comparación, el empleo de múltiples filas y columnas de muestras de luma durante la reducción de resolución da como resultado muestras de referencia de luma con resolución reducida que no son significativamente diferentes de las muestras de referencia de luma con resolución reducida de una sola línea/columna. Sin embargo, las muestras de referencia de luma con resolución reducida de varias filas/líneas emplean significativamente más espacio de memoria intermedia de línea para generar que las muestras de referencia de luma con resolución reducida de una sola línea/fila. En consecuencia, al emplear una sola fila/columna de muestras de luma para reducir la resolución al determinar muestras de referencia de luma vecinas, la cantidad de espacio de memoria intermedia de línea se reduce significativamente sin afectar significativamente a la precisión de las muestras de referencia de luma con resolución reducida resultantes. De este modo, el componente de predicción de intra-imagen 417 emplea menos recursos de memoria sin reducir significativamente la eficiencia de codificación, lo que da como resultado una funcionalidad mejorada del componente de predicción de intra-imagen 417.

40 La figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de modos de intrapredicción 500 empleados en codificación de vídeo. Por ejemplo, los modos de intrapredicción 500 pueden ser empleados mediante las etapas 105 y 113 del método 100, el componente de estimación de intra-imagen 215 y un componente de predicción de intra-imagen 217 del sistema de códec 200, el componente de predicción de intra-imagen 317 del codificador 300, y/o el componente de predicción de intra-imagen 417 del decodificador 400.

50 La intrapredicción implica hacer coincidir una o más muestras en un bloque actual en una CU con una o más muestras de referencia de uno o más bloques vecinos. A continuación, el bloque actual se puede representar como un índice de modo de predicción seleccionado y un bloque residual, que es mucho menor que la representación de todos los valores de muestra contenidos en el bloque actual. La intrapredicción se puede utilizar cuando no hay un fotograma de referencia disponible o cuando no se utiliza la codificación entre predicciones para el bloque, segmento y/o fotograma actual. Las muestras de referencia para la intrapredicción se obtienen, en general, de bloques vecinos en el mismo fotograma. La codificación de vídeo avanzada (Advanced Video Coding, AVC), también conocida como H.264, y H.265/HEVC emplean una línea de referencia de muestras de límites de bloques adyacentes como muestras de referencia para la intrapredicción. Para cubrir diferentes texturas o características estructurales se emplean muchos modos de intrapredicción 500 diferentes. H.265/HEVC soporta un total de treinta y cinco modos de intrapredicción 500 de un solo componente que correlacionan espacialmente un bloque actual de muestras con una o más muestras de referencia del mismo tipo (por ejemplo, muestras de luma predichas por muestras de luma de referencia y muestras de croma predichas por muestras de croma de referencia). Específicamente, los modos de intrapredicción 500 incluyen treinta y tres modos de predicción direccional indexados como modos dos a treinta y cuatro, un modo de DC indexado como modo uno y un modo plano indexado como modo cero.

65 Durante la codificación, el codificador hace coincidir los valores de luma/croma de un bloque actual en una CU con los valores de luma/croma de las muestras de referencia correspondientes en una línea de referencia a lo largo de los bordes de los bloques vecinos. Cuando se encuentra la mejor coincidencia con una de las líneas

de referencia, el codificador selecciona uno de los modos de intrapredicción 500 direccionales que apunta a la línea de referencia que mejor coincide (por ejemplo, la diferencia más pequeña en los valores de muestra). Para mayor claridad de la explicación, a continuación se emplean acrónimos para hacer referencia a modos de intrapredicción 500 direccionales particulares. DirS denota el modo de intrapredicción direccional inicial cuando se cuenta en el sentido de las agujas del reloj desde la parte inferior izquierda (por ejemplo, el modo 5 dos en HEVC). DirE denota el modo de intrapredicción direccional inicial cuando se cuenta en el sentido de las agujas del reloj desde la parte inferior izquierda (por ejemplo, el modo treinta y cuatro en HEVC). DirD denota el modo de intracodificación direccional central cuando se cuenta en el sentido de las agujas del reloj desde la parte inferior izquierda (por ejemplo, el modo dieciocho en HEVC). DirH denota un modo de intrapredicción horizontal (por ejemplo, el modo diez en HEVC). DirV denota un modo de intrapredicción vertical (por ejemplo, el modo veintiséis en HEVC).

El modo de DC actúa como una función de suavizado, y obtiene un valor de predicción de un bloque en la CU como un valor promedio de todas las muestras de referencia en la línea de referencia que atraviesa los bloques vecinos. El modo plano devuelve un valor de predicción que indica una transición suave (por ejemplo, pendiente constante de los valores) entre muestras en la parte inferior y superior izquierda o superior izquierda y superior derecha de la línea de referencia de muestras de referencia.

Para los modos plano, de DC y de predicción de DirH a DirV, las muestras tanto en la fila superior de la línea de referencia como en la columna izquierda de la línea de referencia se utilizan como muestras de referencia. Para los modos de predicción con direcciones de predicción de DirS a DirH (incluidos DirS y DirH), las muestras de referencia en los bloques vecinos en la columna izquierda de la línea de referencia se utilizan como muestras de referencia. Para los modos de predicción con direcciones de predicción de DirV a DirE (incluidos DirV y DirE), las muestras de referencia de los bloques vecinos en la fila superior de la línea de referencia se utilizan como muestras de referencia. En consecuencia, los modos de intrapredicción 500 se pueden usar para indicar una relación espacial y/o direccional entre muestras y una o más muestras de referencia.

La figura 6 es un diagrama esquemático que ilustra un mecanismo de ejemplo para realizar intrapredicción entre componentes 600. La intrapredicción entre componentes 600 se puede realizar mediante un componente de estimación de intra-imagen 215 y/o un componente de predicción de intra-imagen 217 de un sistema de códec 200, un componente de predicción de intra-imagen 317 de un codificador 300, y/o un componente de predicción de intra-imagen 417 de un decodificador 400. Específicamente, la intrapredicción entre componentes 600 se puede emplear durante la compresión de bloques en la etapa 105 del método 100 y durante la decodificación de bloques en la etapa 113 del método 100 en un codificador y un decodificador, respectivamente. La intrapredicción entre componentes 600 funciona de una manera que es sustancialmente similar a los modos de intrapredicción 500. Sin embargo, la intrapredicción entre componentes 600 utiliza muestras de referencia de luma para predecir muestras de croma con el fin de reducir la redundancia entre componentes.

La intrapredicción entre componentes 600 funciona en un bloque de croma 601 basándose en muestras de referencia de un bloque de luma 611 correspondiente en la misma CU, en bloques de croma 607 vecinos y en bloques de luma 617 vecinos. Específicamente, una CU contiene un bloque de luma y dos bloques croma. El bloque de croma 601 contiene muestras de croma una vez reconstruidas. Las muestras de croma pueden incluir muestras de croma de diferencia roja (Cr), muestras de croma de diferencia azul (Cb), o combinaciones de las mismas. Los bloques de croma vecinos 607 contienen muestras de croma vecinos, y los bloques de luma vecinos 617 contienen muestras de luma vecinos. Un bloque de croma vecino 607 es un bloque de muestras de croma que es directamente adyacente al bloque de croma 601. Un bloque de luma 617 vecino es un bloque de muestras de luma que es directamente adyacente al bloque de luma 611. El bloque de luma 611 está colocado en la misma ubicación que el bloque de croma 601, y se representan juntos para expresar tanto la luz como el color, respectivamente, en una imagen. La intrapredicción entre componentes 600 funciona basándose en las muestras de luma correspondientes del bloque de luma 611, en las muestras de referencia de croma vecinas 603 en los bloques de croma vecinos 607 y en las muestras de referencia de luma vecinas 613 en los bloques de luma vecinos 617. Específicamente, las muestras de croma en el bloque actual 601 se pueden predecir mediante una combinación de muestras de luma en el bloque de luma 611 en la misma CU que el bloque actual, así como uno o varios conjuntos de muestras de luma y muestras de croma que actúan como muestras de luma de referencia vecinas 613 y muestras de croma de referencia vecinas 603 en los bloques de luma vecinos 617 y en los bloques de croma vecinos 607, respectivamente. Las muestras de croma de referencia 603 vecinas se toman de filas de los bloques de croma vecinos 607 que son directamente adyacentes al bloque de croma 601. Las muestras de referencia de croma 603 vecinas se toman también de columnas de los bloques de croma vecinos 607 que son directamente adyacentes al bloque de croma 601. Las muestras de referencia de luma 613 vecinas se toman de filas de los bloques de luma 617 vecinos que son directamente adyacentes al bloque de luma 611. Las muestras de referencia de croma 613 vecinas se toman de filas de los bloques de croma vecinos 617 que son directamente adyacentes al bloque de luma 611.

Se pueden emplear varios mecanismos para predecir muestras de croma en el bloque actual 601 basándose en muestras de luma en los bloques de luma 611 usando parámetros generados basándose en las muestras

de referencia de luma vecinas 613 y en las muestras de referencia de croma vecinas 603 en los bloques de luma vecinos 617 y en los bloques de croma vecinos 607, respectivamente, tal como se explica con mayor detalle a continuación. En general, se crea un modelo lineal para determinar parámetros correlacionando las muestras de croma en el bloque de croma 601 con las muestras de luma en el bloque de luma 611 en la misma CU y las muestras de referencia de luma vecinas 613 y las muestras de referencia de croma vecinas 603. Los parámetros del modelo se pueden calcular minimizando el error de regresión entre las muestras de referencia de luma vecinas 613 y las muestras de referencia de croma vecinas 603. Otro enfoque implica calcular los parámetros del modelo basándose en los valores de luma mínimos y máximos de las muestras de referencia de luma vecinas 613. Dichos mecanismos informáticos se explican en detalle a continuación.

La figura 7 es un diagrama esquemático que ilustra un mecanismo de ejemplo para realizar intrapredicción de CCLM 700. La intrapredicción de CCLM 700 es un tipo de intrapredicción entre componentes 600. La intrapredicción de CCLM 700 se puede realizar mediante un componente de estimación de intra-imagen 215 y/o un componente de predicción de intra-imagen 217 de un sistema de códec 200, un componente de predicción de intra-imagen 317 de un codificador 300, y/o un componente de predicción de intra-imagen 417 de un decodificador 400. Específicamente, la intrapredicción de CCLM 700 se puede emplear durante la compresión de bloques en la etapa 105 del método 100 y durante la decodificación de bloques en la etapa 113 del método 100 en un codificador y un decodificador, respectivamente.

La intrapredicción de CCLM 700 predice muestras de croma 703 en un bloque de croma 701. Las muestras de croma 703 aparecen en posiciones enteras mostradas como líneas que se cruzan. La predicción se basa en parte en muestras de referencia vecinas, que se representan como círculos negros. A diferencia de los modos de intrapredicción 500, las muestras de croma 703 no se predicen basándose solamente en las muestras de referencia de croma 705 vecinas, que se indican como muestras de croma reconstruidas (Rec'C). Las muestras de croma 703 también se predicen basándose en las muestras de referencia de luma 713 y en las muestras de referencia de luma 715 vecinas. Específicamente, una CU contiene un bloque de luma 711 y dos bloques de croma 701. Se genera un modelo que correlaciona las muestras de croma 703 y las muestras de referencia de luma 713 en la misma CU. Los coeficientes lineales para el modelo se determinan comparando las muestras de referencia de luma 715 vecinas con las muestras de referencia de croma 705 vecinas.

Las muestras de referencia de luma 713 se seleccionan del bloque de luma 711 en la misma CU que el bloque de croma 701. Las muestras de referencia de luma 715 vecinas se seleccionan de muestras de luma en bloques vecinos adyacentes al bloque de luma 711. Las muestras de referencia de luma 715 vecinas se seleccionan aplicando una plantilla 717 al bloque vecino por encima del bloque de luma 711, y aplicando una plantilla 716 al bloque vecino a la izquierda del bloque de luma 711. Puesto que las muestras de referencia de luma 713 están reconstruidas, las muestras de referencia de luma 713 se denominan muestras de luma reconstruidas (Rec'L). Las muestras de referencia de croma 705 vecinas se seleccionan de muestras de croma en bloques vecinos adyacentes al bloque de croma 701. Las muestras de referencia de croma 705 vecinas se seleccionan aplicando una plantilla 707 correspondiente a la plantilla 717 a las muestras de croma vecinas en el bloque de croma vecino por encima del bloque de croma 701, y aplicando una plantilla 706 correspondiente a la plantilla 716 a las muestras de croma vecinas en el bloque de croma vecino a la izquierda del bloque de croma 701. Puesto que las muestras de referencia de croma 705 vecinas están reconstruidas, las muestras de referencia de croma 705 vecinas se denominan muestras de croma reconstruidas (Rec'C). Además, tal como se usa en el presente documento, una plantilla 706, 707, 716 y 717 es un mecanismo que correlaciona las muestras de referencia de luma 715 vecinas con las muestras de referencia de croma 705 vecinas.

Tal como se muestra, el bloque de luma 711 contiene cuatro veces más muestras que el bloque de croma 701. Específicamente, el bloque de croma 701 contiene N número de muestras por N número de muestras, mientras que el bloque de luma 711 contiene 2N número de muestras por 2N número de muestras. Por lo tanto, el bloque de luma 711 tiene cuatro veces la resolución del bloque de croma 701. Para que la predicción funcione en las muestras de referencia de luma 713 y en las muestras de referencia de luma 715 vecinas, se realiza una reducción de resolución a las muestras de referencia de luma 713 y a las muestras de referencia de luma 715 vecinas, para proporcionar una comparación precisa con las muestras de referencia de croma 705 vecinas y las muestras de croma 703. La reducción de resolución es el proceso de reducir la resolución de un grupo de valores de muestras. Por ejemplo, cuando se utiliza el formato YUV4:2:0, a las muestras de luma se les puede reducir la resolución mediante un factor de cuatro (por ejemplo, ancho por dos y alto por dos). YUV es un sistema de codificación de colores que emplea un espacio de color en términos de componentes de luma Y, y dos componentes de crominancia U y V.

Una vez que se reduce la resolución de las muestras de referencia de luma 715 y las muestras de referencia de luma 713, se puede generar un modelo para predecir las muestras de croma 703 del bloque de croma 701. Específicamente, en la intrapredicción de CCLM 700, se puede determinar una predicción para las muestras de croma 703 del bloque de croma 701 de acuerdo con el modelo descrito por la ecuación 1:

$$pred_c(i,j) = \alpha \cdot rec'_L(i,j) + \beta \quad (1)$$

donde $pred_c(i, j)$ son las muestras de croma 703 de predicción del bloque de croma 701 a una altura i y una anchura j , $rec_c(i, j)$ son las muestras de referencia de luma 713 con resolución reducida reconstruidas y α y β son coeficientes lineales determinados comparando las muestras de referencia de luma 715 con resolución reducida vecinas y las muestras de referencia de croma 705.

5

En un ejemplo, α y β se determinan minimizando el error de regresión entre las muestras de referencia de luma 715 vecinas con resolución reducida y las muestras de referencia de croma 705. Esto se puede hacer de acuerdo con las ecuaciones 2 y 3:

$$\alpha = \frac{N \cdot \sum(L(n) \cdot C(n)) - \sum L(n) \cdot \sum C(n)}{N \cdot \sum(L(n) \cdot L(n)) - \sum L(n) \cdot \sum L(n)} \quad (2)$$

10

$$\beta = \frac{\sum C(n) - \alpha \cdot \sum L(n)}{N} \quad (3)$$

15

donde $L(n)$ representa las muestras de luma reconstruidas vecinas superior e izquierda con resolución reducida (por ejemplo, muestras de referencia de luma 715 vecinas con resolución reducida), $C(n)$ representa las muestras de croma reconstruidas vecinas superior e izquierda (por ejemplo, las muestras de referencia de croma vecinas 705), y el valor de N es igual a la suma de la anchura y la altura del bloque de codificación de croma actual (por ejemplo, el bloque de croma 701). En otro ejemplo, α y β se determinan basándose en el valor mínimo y máximo de las muestras de referencia de luma 715 vecinas con resolución reducida tal como se explica con respecto a la figura 8 que sigue.

20

Tal como se señaló anteriormente, a las muestras de referencia de luma 715 vecinas y las muestras de referencia de luma 713 se les reduce la resolución antes de generar el modelo lineal. Además, emplear múltiples líneas y columnas para generar las muestras de referencia de luma 715 vecinas no aumenta significativamente la precisión de los cálculos restantes según la intrapredicción de CCLM 700. De este modo, se puede emplear una sola fila y/o columna de muestras de referencia de luma 715 vecinas durante la reducción de resolución, lo que reduce la utilización de memoria intermedia de línea sin afectar significativamente a la precisión y/o a la eficiencia de codificación de la intrapredicción de CCLM 700.

25

La figura 8 es un gráfico que ilustra un mecanismo 800 de ejemplo de determinación de parámetros de modelo lineal para soportar la intrapredicción de CCLM 700. En el mecanismo 800, α y β , tal como se usan en la ecuación 1, se determinan basándose en el valor mínimo y máximo de las muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida. Este es un enfoque alternativo para determinar α y β basándose en minimizar el error de regresión.

30

Los valores de referencia de luma vecinos se pueden comparar con los valores de referencia de croma vecinos correspondientes en un gráfico tal como se muestra. Se puede trazar una línea a través del punto que contiene el valor de referencia de luma vecino mínimo y el valor de referencia de luma vecino máximo. Dicha línea se puede caracterizar como $Y = \alpha \cdot X + \beta$. La pendiente α y la intersección en Y β se pueden determinar basándose en dos puntos de acuerdo con las ecuaciones 4 y 5.

35

$$\alpha = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \quad (4)$$

40

$$\beta = y_A - \alpha x_A \quad (5)$$

donde (x_A, y_A) es una coordenada definida por el valor de referencia de luma vecino mínimo y un valor de referencia de croma correspondiente y (x_B, y_B) es una coordenada definida por el valor de referencia de luma vecino máximo y un valor de referencia de croma correspondiente. Por lo tanto, α y β se pueden determinar basándose en una línea que pasa por el valor mínimo y máximo de las muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida. A continuación, α y β se pueden usar en la ecuación 1 para determinar los valores de predicción para las muestras de croma en el bloque actual.

45

Las figuras 9-10 son diagramas esquemáticos que ilustran un mecanismo de ejemplo para realizar intrapredicción de MDLM. La intrapredicción de MDLM funciona de manera similar a la intrapredicción de CCLM 700, pero emplea plantillas diferentes. Específicamente, la intrapredicción de MDLM utiliza tanto un modo de predicción de modelo lineal entre componentes (Cross-Component Linear Model Prediction, CCIP) A 900 como un modo de CCIP_L 1000 cuando se determinan los coeficientes α y β del modelo lineal. Por ejemplo, la intrapredicción de MDLM puede calcular los coeficientes α y β del modelo lineal utilizando el modo de CCIP_A 900 y el modo de CCIP_L 1000. Por lo tanto, la intrapredicción de MDLM puede seleccionar el modo de CCIP_A 900 o el modo de CCIP_L 1000 dependiendo del resultado que proporcione la mayor eficiencia de codificación (por ejemplo, la menor cantidad de muestras residuales). En otro ejemplo, la intrapredicción de MDLM puede usar tanto el modo de CCIP_A 900 como el modo de CCIP_L 1000 para determinar los coeficientes α y β del modelo lineal.

50

55

60

De este modo, la intrapredicción de MDLM que utiliza el modo de CCIP_A 900 o el modo de CCIP_L 1000 es un tipo de intrapredicción entre componentes 600. En consecuencia, la intrapredicción de MDLM que utiliza el modo de CCIP_A 900 o el modo de CCIP_L 1000 puede ser realizada por un componente de estimación de
 5 intra-imagen 215 y/o un componente de predicción de intra-imagen 217 de un sistema de códec 200, un componente de predicción de intra-imagen 317 de un codificador 300 y/o un componente de predicción de intra-imagen 417 de un decodificador 400. Específicamente, la intrapredicción de MDLM utilizando el modo de CCIP_A 900 o el modo de CCIP_L 1000 se puede emplear durante la compresión de bloques en la etapa 105 del método 100 y durante la decodificación de bloques en la etapa 113 del método 100 en un codificador y un
 10 decodificador, respectivamente.

El modo de CCIP_A 900 genera un modelo para predecir muestras de croma 903 en un bloque de croma 901 basándose en muestras de referencia de luma 913 en un bloque de luma 911, donde el bloque de luma 911 está en la misma CU que el bloque de croma 901, de manera similar a la intrapredicción de CCLM 700.
 15 Específicamente, se genera un modelo lineal de acuerdo con la ecuación 1 anterior. Además, se emplean una plantilla 917 y una plantilla 907 correspondiente para seleccionar muestras de referencia de luma 915 vecinas y muestras de referencia de croma 905 vecinas de una manera similar a la intrapredicción de CCLM 700. La diferencia es que las plantillas 907 y 917 tienen formas diferentes. Al igual que con la intrapredicción de CCLM 700, el modo de CCIP_A 900 reduce la resolución de las muestras de referencia de luma 915 vecinas y las
 20 muestras de referencia de luma 913. El modo de CCIP_A 900 usa las muestras de referencia de luma 913 para determinar Rec'L en la ecuación 1. El modo de CCIP_A 900, a continuación, utiliza muestras de referencia de luma 915 vecinas con resolución reducida y muestras de referencia de croma 905 vecinas para determinar los coeficientes α y β del modelo lineal. Los coeficientes α y β del modelo lineal pueden emplearse a continuación para completar el modelo lineal de acuerdo con la ecuación 1 para obtener la predicción para las muestras de
 25 croma 903.

Las plantillas 907 y 917 se aplican a bloques de croma y bloques de luma vecinos, respectivamente, que están por encima y directamente adyacentes al bloque de croma 901 y al bloque de luma 911 correspondiente, respectivamente. Las plantillas 907 y 917 no obtienen muestras a la izquierda del bloque de croma 901 y del
 30 bloque de luma 911 correspondiente. Puesto que las plantillas 907 y 917 solo se aplican sobre el bloque de croma 901 y el bloque de luma 911, las plantillas 907 y 917 se extienden horizontalmente más allá del bloque de croma 901 y del bloque de luma 911 correspondiente, respectivamente, para obtener más muestras. Esto puede permitir que las plantillas 907 y 917 obtengan un número equivalente de muestras de referencia de croma 905 vecinas y muestras de referencia de luma 915 vecinas, respectivamente, a los números utilizados
 35 por la intrapredicción de CCLM 700 cuando se determinan los coeficientes α y β del modelo lineal.

El modo de CCIP_L 1000 genera un modelo para predecir muestras de croma 1003 en un bloque de croma 1001 basándose en muestras de referencia de luma 1013 en un bloque de luma 1011, donde el bloque de luma 1011 está en la misma CU que el bloque de croma 1001, de una manera similar a la intrapredicción de CCLM
 40 700. Específicamente, se genera un modelo lineal de acuerdo con la ecuación 1 anterior. Además, se emplean una plantilla 1016 y una plantilla 1006 correspondiente para seleccionar muestras de referencia de luma 1015 vecinas y muestras de referencia de croma 1005 vecinas de una manera similar a la intrapredicción de CCLM 700. La diferencia es que las plantillas 1006 y 1016 tienen formas diferentes. Al igual que con la intrapredicción de CCLM 700, el modo de CCIP_A 1000 reduce la resolución de las muestras de referencia de luma 1015
 45 vecinas y de las muestras de referencia de luma 1013. El modo de CCIP_A 1000 usa las muestras de referencia de luma 1013 para determinar Rec'L en la ecuación 1. El modo de CCIP_A 1000, a continuación, utiliza muestras de referencia de luma 1015 vecinas con resolución reducida y muestras de referencia de croma 1005 vecinas para determinar los coeficientes α y β del modelo lineal. Los coeficientes α y β del modelo lineal pueden emplearse a continuación para completar el modelo lineal de acuerdo con la ecuación 1 para obtener la
 50 predicción para las muestras de croma 1003.

Las plantillas 1006 y 1016 se aplican a bloques de croma y bloques de luma vecinos, respectivamente, que están a la izquierda y son directamente adyacentes al bloque de croma 1001 y al bloque de luma 1011 correspondiente, respectivamente. Las plantillas 1006 y 1016 no obtienen muestras por encima del bloque de
 55 croma 1001 y del bloque de luma 1011 correspondiente. Puesto que las plantillas 1006 y 1016 solo se aplican a la izquierda del bloque de croma 1001 y del bloque de luma 1011, las plantillas 1006 y 1016 se extienden verticalmente por debajo del bloque de croma 1001 y del bloque de luma 1011 correspondiente, respectivamente, para obtener más muestras. Esto puede permitir que las plantillas 1006 y 1016 obtengan un número equivalente de muestras de referencia de croma 1005 vecinas y muestras de referencia de luma 1015
 60 vecinas, respectivamente, a los números utilizados por la intrapredicción de CCLM 700 cuando se determinan los coeficientes α y β del modelo lineal.

Tal como se señaló anteriormente, a las muestras de referencia de luma 915 vecinas y 1015 y las muestras de referencia de luma 913 y 1013 se les reduce la resolución antes de generar el modelo lineal. Además, emplear
 65 múltiples líneas y columnas para generar las muestras de referencia de luma 915 y 1015 vecinas no aumenta significativamente la precisión de los cálculos restantes de conformidad con la intrapredicción de MDLM

utilizando el modo de CCIP_A 900 y/o el modo de CCIP_L 1000. De este modo, se puede emplear una sola fila y/o columna de muestras de referencia de luma 915 y 1015 durante la reducción de resolución, lo que reduce la utilización de memoria intermedia de línea sin afectar significativamente a la precisión y/o a la eficiencia de codificación de la intrapredicción de MDLM.

5 La figura 11 es un gráfico 1100 que ilustra un mecanismo de ejemplo para determinar parámetros de modelo lineal para soportar la intrapredicción de MMLM. La intrapredicción de MMLM, tal como se muestra en el gráfico 1100, es un tipo de intrapredicción entre componentes 600. Por lo tanto, la intrapredicción de MMLM puede ser realizada por un componente de estimación de intra-imagen 215 y/o un componente de predicción de intra-imagen 217 de un sistema de códec 200, un componente de predicción de intra-imagen 317 de un codificador 300 y/o un componente de predicción de intra-imagen 417 de un decodificador 400. Específicamente, la intrapredicción de MMLM se puede emplear durante la compresión de bloques en la etapa 105 del método 100 y durante la decodificación de bloques en la etapa 113 del método 100 en un codificador y un decodificador, respectivamente.

15 La intrapredicción de MMLM es similar a la intrapredicción de CCLM 700. La diferencia es que en MMLM, las muestras de referencia de croma 705 vecinas, las muestras de referencia de luma 715 vecinas y las muestras de referencia de luma 713 se colocan en grupos comparando el valor de luma relevante (por ejemplo, Rec'L) con un umbral. A continuación, se realiza intrapredicción de CCLM 700 en cada grupo para determinar los coeficientes α y β del modelo lineal y completar un modelo lineal correspondiente de acuerdo con la ecuación 1. La predicción para cada grupo se puede determinar de acuerdo con la ecuación seis que sigue:

$$\begin{cases} \text{Pred}'_e[x, y] = \alpha_1 \times \text{Rec}'_e[x, y] + \beta_1 & \text{si } \text{Rec}'_e[x, y] \leq \text{Umbral} \\ \text{Pred}'_e[x, y] = \alpha_2 \times \text{Rec}'_e[x, y] + \beta_2 & \text{si } \text{Rec}'_e[x, y] > \text{Umbral} \end{cases} \quad (6)$$

25 donde las variables de la ecuación 6 se definen de manera similar a la ecuación 1, indicando un subíndice de uno una relación con un primer grupo e indicando un subíndice de dos una relación con un segundo grupo.

30 Tal como se muestra en el gráfico 1100, los coeficientes α_1 y β_1 del modelo lineal se pueden calcular para un primer grupo y los coeficientes α_2 y β_2 del modelo lineal se pueden calcular para un segundo grupo. Como ejemplo específico, dichos valores pueden ser un α_1 de dos, un β_1 de uno, un α_2 de un medio y un β_2 de uno negativo, donde el umbral es un valor de luma de diecisiete. La intrapredicción de MMLM puede seleccionar a continuación el modelo resultante que proporcione la menor cantidad de muestras residuales y/o que dé como resultado la mayor eficiencia de codificación.

35 Al igual que con los otros modos de intrapredicción entre componentes explicados en el presente documento, a las muestras de referencia de luma vecinas y las muestras de referencia de luma se les reduce la resolución antes de generar el modelo lineal. Además, emplear múltiples líneas y columnas para generar las muestras de referencia de luma vecinas no aumenta significativamente la precisión de los cálculos restantes según la intrapredicción de MMLM. De este modo, se puede emplear una sola fila y/o columna de muestras de referencia de luma durante la reducción de resolución, lo que reduce la utilización de memoria intermedia de línea sin afectar significativamente a la precisión y/o a la eficiencia de codificación de la intrapredicción de MMLM.

40 Cabe señalar que el codificador puede seleccionar el modo de intrapredicción utilizado (por ejemplo, CCLM, MDLM y/o MMLM), así como seleccionar el modelo relevante a utilizar (por ejemplo, CCIP_A, CCIP_L, grupo uno, grupo dos, etc.) como parte del modo de intrapredicción correspondiente. Esta información puede ser enviada al decodificador en sintaxis, por ejemplo empleando indicadores. A continuación, el decodificador puede utilizar el modo de intrapredicción indicado para reconstruir las muestras de croma para un bloque de croma.

50 Las figuras 12-15 son diagramas esquemáticos que ilustran mecanismos 1200, 1300, 1400 y 1500 de reducción de resolución de ejemplo para soportar la intrapredicción entre componentes, por ejemplo según la intrapredicción entre componentes 600, la intrapredicción de CCLM 700, el mecanismo de intrapredicción de MDLM 800 que utiliza el modo de CCIP_A 900 y el modo de CCIP_L 1000, y/o intrapredicción de MMLM tal como se representa en el gráfico 1100. Por lo tanto, los mecanismos 1200, 1300 y 1400 pueden ser realizados por un componente de estimación de intra-imagen 215 y/o un componente de predicción de intra-imagen 217 de un sistema de códec 200, un componente de predicción de intra-imagen 317 de un codificador 300 y/o un componente de predicción de intra-imagen 417 de un decodificador 400. Específicamente, los mecanismos 1200, 1300, 1400 y 1500 se pueden emplear durante la compresión de bloques en la etapa 105 del método 100 y durante la decodificación de bloques en la etapa 113 del método 100 en un codificador y un decodificador, respectivamente.

60 El mecanismo 1200 reduce la resolución de dos filas 1218 y 1219 de muestras de referencia de luma vecinas y tres columnas 1220, 1221 y 1222 de muestras de referencia de luma vecinas. Las filas 1218 y 1219 y las columnas 1220, 1221 y 1222 son directamente adyacentes a un bloque de luma 1211 que comparte una CU

con un bloque de croma que se predice de acuerdo con intrapredicción entre componentes. Después de la reducción de resolución, las filas 1218 y 1219 de muestras de referencia de luma vecinas se convierten en una sola fila 1216 de muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida. Además, se reduce la resolución de las columnas 1220, 1221 y 1222 de muestras de referencia de luma vecinas, lo que da como resultado una sola columna 1217 de muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida. Además, a las muestras de luma del bloque de luma 1211 se les reduce la resolución para crear muestras de referencia de luma con resolución reducida 1212. Las muestras de referencia de luma con resolución reducida 1212 y las muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida de la fila 1216 y la columna 1217 se pueden emplear a continuación para la intrapredicción entre componentes de acuerdo con la ecuación 1. Cabe señalar que las dimensiones de las filas 1218 y 1219 y las columnas 1220, 1221 y 1222 pueden extenderse más allá del bloque de luma 1211, tal como se muestra en la figura 12. Por ejemplo, el número de muestras de referencia de luma vecinas superiores en cada fila 1218/1219, que puede indicarse como M, es mayor que el número de muestras de luma en una fila del bloque de luma 1211, que puede indicarse como W. Además, el número de muestras de referencia de luma vecinas izquierdas en cada columna 1220/1221/1222, que puede indicarse como N, es mayor que el número de muestras de luma en una columna del bloque de luma 1211, que puede indicarse como H.

En un ejemplo, el mecanismo 1200 se puede implementar de la siguiente manera. Para un bloque de luma 1211, las dos filas vecinas superiores 1218 y 1219, indicadas como A1 y A2, se utilizan para reducir la resolución, para obtener la fila vecina 1216 con resolución reducida denominada A. A[i] es la muestra de orden i en A, A1[i] es la muestra de orden i en A1 y A2[i] es la muestra de orden i en A2. En un ejemplo específico, se puede aplicar un filtro de reducción de resolución de seis tomas a las filas 1218 y 1219 vecinas para obtener la fila vecina 1216 con resolución reducida de acuerdo con la ecuación 7.

$$A[i] = (A2[2i]*2 + A2[2i-1] + A2[2i+1] + A1[2i]*2 + A1[2i-1] + A1[2i+1]*4) \gg 3; \quad (7)$$

Además, las columnas vecinas izquierdas 1220, 1221 y 1222 se indican como L1, L2 y L3 y se utilizan para la reducción de resolución para obtener una columna vecina 1217 con resolución reducida denominada L. L[i] es la muestra de orden i en L, L1[i] es la muestra de orden i en L1, L2[i] es la muestra de orden i en L2, y L3[i] es la muestra de orden i en L3. En un ejemplo específico, se puede aplicar un filtro de reducción de resolución de seis tomas a las columnas vecinas 1220, 1221 y 1222 para obtener la columna vecina 1217 con resolución reducida, de acuerdo con la ecuación 8.

$$L[i] = (L2[2i]*2 + L1[2i] + L3[2i] + L2[2i+1]*2 + L1[2i+1] + L3[2i+1]*4) \gg 3; \quad (8)$$

El mecanismo 1300 es sustancialmente similar al mecanismo 1200. El mecanismo 1300 incluye un bloque de luma 1311 con filas vecinas 1318 y 1319 y columnas 1320, 1321 y 1322 de muestras de referencia de luma vecinas, que son similares al bloque de luma 1211, las filas 1218 y 1219, y las columnas 1220, 1221 y 1222, respectivamente. La diferencia es que las filas 1318 y 1319 y las columnas 1320, 1321 y 1322 no se extienden más allá del bloque de luma 1211. Como en el mecanismo 1200, el bloque de luma 1311, a las filas 1318 y 1319 y las columnas 1320, 1321 y 1322 se les reduce la resolución para crear muestras de referencia de luma con resolución reducida 1312, conteniendo la columna 1317 y la fila 1316 muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida. La columna 1317 y la fila 1316 no se extienden más allá del bloque de muestras de referencia de luma 1312 con resolución reducida. De lo contrario, las muestras de referencia de luma con resolución reducida 1312, la columna 1317 y la fila 1316 son sustancialmente similares a las muestras de referencia de luma con resolución reducida 1212, la columna 1217 y la fila 1216, respectivamente.

El mecanismo 1400 es similar a los mecanismos 1200 y 1300, pero emplea una sola fila 1218 de muestras de referencia luma vecinas en lugar de dos filas. El mecanismo 1400 también emplea tres columnas 1420, 1421 y 1422 de muestras de referencia luma vecinas. La fila 1418 y las columnas 1420, 1421 y 1422 son directamente adyacentes a un bloque de luma 1411 que comparte una CU con un bloque de croma que se predice de acuerdo con intrapredicción entre componentes. Después de la reducción de resolución, la fila 1418 de muestras de referencia de luma vecinas se convierte en una fila 1416 de muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida. Además, a las columnas 1420, 1421 y 1422 de muestras de referencia de luma vecinas se les reduce la resolución, lo que da como resultado una sola columna 1417 de muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida. Además, a las muestras de luma del bloque de luma 1411 se les reduce la resolución para crear muestras de referencia de luma con resolución reducida 1412. Las muestras de referencia de luma con resolución reducida 1412 y las muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida de la fila 1416 y la columna 1417 se pueden emplear, por lo tanto, para la intrapredicción entre componentes de acuerdo con la ecuación 1.

Durante la reducción de resolución, las filas y columnas se almacenan en la memoria en una memoria intermedia de línea. Omitiendo la fila 1319 durante la reducción de resolución y, en su lugar, utilizando una sola fila 1418 de valores, se reduce significativamente el uso de memoria en la memoria intermedia de línea. Sin embargo, se ha descubierto que las muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida de la fila

1316 son sustancialmente similares a las muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida de la fila 1416. De este modo, omitir la fila 1319 durante la reducción de resolución y, en su lugar, usar una sola fila 1418, da como resultado una utilización de memoria reducida en la memoria intermedia de línea y, por lo tanto, una mejor velocidad de procesamiento, mayor paralelismo, menos requisitos de memoria, etc., sin sacrificar la precisión y, por lo tanto, la eficiencia de codificación. Por consiguiente, en una realización de ejemplo, se reduce la resolución de una sola fila 1418 de muestras de referencia de luma vecinas para su uso en intrapredicción entre componentes.

En un ejemplo, el mecanismo 1400 se puede implementar de la siguiente manera. Para un bloque de luma 1411, la fila vecina 1418 superior, denominada A1, se utiliza para reducir la resolución para obtener la fila vecina 1416 inferior con resolución reducida denominada A. A[i] es la muestra de orden i en A y A1[i] es la muestra de orden i en A1. En un ejemplo específico, se puede aplicar un filtro de reducción de resolución de tres tomas a la fila vecina 1418 para obtener la fila vecina con resolución reducida 1416 de acuerdo con la ecuación 9.

$$A[i] = (A1[2i]*2 + A1[2i-1] + A1[2i+1]) \gg 2; \quad (9)$$

Además, las columnas vecinas 1420, 1421 y 1422 se denotan como L1, L2 y L3 y se utilizan para la reducción de resolución para obtener una columna vecina 1417 con resolución reducida denotada como L. L[i] es la muestra de orden i en L, L1[i] es la muestra de orden i en L1, L2[i] es la muestra de orden i en L2 y L3[i] es la muestra de orden i en L3. En un ejemplo específico, se puede aplicar un filtro de reducción de resolución de seis tomas a las columnas vecinas 1320, 1321 y 1322 para obtener la columna vecina 1317 con resolución reducida de acuerdo con la ecuación 10.

$$L[i] = (L2[2i]*2 + L1[2i] + L3[2i] + L2[2i+1]*2 + L1[2i+1] + L0[2i+1]) \gg 3; \quad (10)$$

Cabe señalar que el mecanismo 1400 no se limita a los filtros de reducción de resolución descritos. Por ejemplo, en lugar de emplear un filtro de reducción de resolución de tres tomas tal como se describe en la ecuación 9, las muestras también se pueden recuperar directamente como en la ecuación 11 que sigue.

$$A[i] = A1[2i]; \quad (11)$$

El mecanismo 1500 es similar al mecanismo 1300 pero emplea una sola fila 1518 de muestras de referencia de luma vecinas y una sola columna 1520 de muestras de referencia de luma vecinas en lugar de dos filas 1318 y 1319 y tres columnas 1320, 1321, y 1322, respectivamente. La fila 1518 y la columna 1520 son directamente adyacentes a un bloque de luma 1511 que comparte una CU con un bloque de croma que se predice según una intrapredicción entre componentes. Después de la reducción de resolución, la fila 1518 de muestras de referencia de luma vecinas se convierte en una fila 1516 de muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida. Además, a las columnas 1520 de muestras de referencia de luma vecinas se les reduce la resolución, lo que da como resultado una sola columna 1517 de muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida. Las muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida de la fila 1516 y la columna 1517 se pueden emplear a continuación para la intrapredicción entre componentes de acuerdo con la ecuación 1.

El mecanismo 1500 omite la fila 1319 y las columnas 1321 y 1322 durante la reducción de resolución y, en su lugar, utiliza una sola fila 1518 y una sola columna 1520 de valores, lo que disminuye significativamente el uso de memoria en la memoria intermedia de línea. Sin embargo, se ha descubierto que las muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida de la fila 1316 y la columna 1317 son sustancialmente similares a las muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida de la fila 1516 y la columna 1517, respectivamente. De este modo, omitir la fila 1319 y las columnas 1321 y 1322 durante la reducción de resolución y, en su lugar, utilizar una sola fila 1518 y columna 1520, da como resultado una utilización reducida de memoria en la memoria intermedia de línea y, por lo tanto, una mejor velocidad de procesamiento, mayor paralelismo, menos requisitos de memoria, etc., sin sacrificar la precisión y, por lo tanto, la eficiencia de la codificación. Por consiguiente, en otra realización de ejemplo, se reduce la resolución de una sola fila 1518 de muestras de referencia de luma vecinas y de una sola columna 1520 de muestras de referencia de luma vecinas para su uso en intrapredicción entre componentes.

En un ejemplo, el mecanismo 1500 se puede implementar de la siguiente manera. Para un bloque de luma 1511, la fila vecina 1518 superior, denominada A1, se utiliza para reducir la resolución para obtener la fila vecina 1516 inferior con resolución reducida denominada A. A[i] es la muestra de orden i en A y A1[i] es la muestra de orden i en A1. En un ejemplo específico, se puede aplicar un filtro de reducción de resolución de tres tomas a la fila vecina 1518 para obtener la fila vecina 1516 con resolución reducida de acuerdo con la ecuación 12.

$$A[i] = (A1[2i]*2 + A1[2i-1] + A1[2i+1]) \gg 2; \quad (12)$$

Además, la columna vecina izquierda 1520 se indica como L1 y se utiliza para reducir la muestra para obtener una columna vecina con resolución reducida 1517 denominada L. $L[i]$ es la muestra de orden i en L y $L1[i]$ es la muestra de orden i en $L1$. En un ejemplo específico, se puede aplicar un filtro de reducción de resolución de dos tomas a la columna vecina 1520 para obtener la columna vecina 1517 con resolución reducida de acuerdo con la ecuación 13.

$$L[i] = (L1[2i] + L1[2i+1] + 1) \gg 2; \quad (13)$$

En un ejemplo alternativo, el mecanismo 1500 podría modificarse para emplear una columna L2 (por ejemplo, la columna 1321) en lugar de una columna L1 (por ejemplo, la columna 1520) al reducir la resolución. En tal caso, se puede aplicar un filtro de reducción de resolución de dos tomas a la columna vecina L2 para obtener la columna vecina 1517 con resolución reducida de acuerdo con la ecuación 14. Cabe señalar que el mecanismo 1500 no se limita a los filtros con resolución reducida descritos. Por ejemplo, en lugar de emplear un filtro de reducción de resolución de dos tomas tal como se describe en las ecuaciones 12 y 13, las muestras también se pueden recuperar directamente como en las ecuaciones 14 y 15 que siguen.

$$A[i] = A1[2i]; \quad (14)$$

$$L[i] = L2[2i]; \quad (15)$$

Además, también cabe señalar que los mecanismos 1400 y 1500 también se pueden aplicar cuando las dimensiones de las filas 1418, 1416, 1518, 1516 y/o las columnas 1420, 1421, 1422, 1417, 1520 y/o 1517 se extienden más allá del correspondiente bloque de luma 1411 y/o 1511 (por ejemplo, tal como se muestra en la figura 12).

La figura 16 es un diagrama de flujo de un método 1600 de ejemplo para la predicción entre componentes de un bloque de datos de vídeo. En la etapa 1601, se reduce la resolución de un bloque de luma reconstruido para obtener un bloque de luma con resolución reducida. El bloque de luma reconstruido corresponde a un bloque de croma. En la etapa 1603, se obtienen las primeras muestras con resolución reducida de muestras de luma vecinas superiores reconstruidas que están por encima del bloque de luma reconstruido y/o las segundas muestras con resolución reducida de muestras de luma vecinas izquierdas reconstruidas que están a la izquierda del bloque de luma reconstruido. Las muestras de luma vecinas superiores reconstruidas están dentro de una sola fila adyacente al bloque de luma reconstruido. En la etapa 1605, los parámetros de un LM se obtienen basándose en la primera y/o segunda muestras de croma vecinas con resolución reducida y reconstruidas que están por encima del bloque de croma y/o en muestras de croma vecinas reconstruidas a la izquierda del bloque de croma. En la etapa 1607, se generan valores de croma predichos del bloque de croma basándose en los parámetros del LM y del bloque de luma con resolución reducida.

Específicamente, en el caso de la intrapredicción de MDLM que utiliza el modo de CCIP_A 900, los parámetros de un LM se obtienen basándose en las primeras muestras con resolución reducida y en las muestras de croma vecinas reconstruidas que están por encima del bloque de croma. En el caso de la intrapredicción de MDLM que utiliza el modo de CCIP_L 1000, los parámetros de un LM se obtienen basándose en las segundas muestras con resolución reducida y en las muestras de croma vecinas reconstruidas que están a la izquierda del bloque de croma. En el caso de la intrapredicción de CCLM, los parámetros de un LM se obtienen basándose en las primera y/o segunda muestras de croma vecinas con resolución reducida y reconstruidas que están por encima del bloque de croma y/o en las muestras de croma vecinas reconstruidas que están a la izquierda del bloque de croma.

Cabe señalar que las muestras de luma vecinas reconstruidas que están a la izquierda del bloque de luma reconstruido pueden incluir N columnas de muestras de luma que están a la izquierda del bloque de luma reconstruido, en donde $0 < N \leq 3$ y N es un entero positivo. Además, las muestras de luma vecinas reconstruidas que están a la izquierda del bloque de luma reconstruido pueden incluir una sola columna de muestras de luma que están a la izquierda del bloque de luma reconstruido. Además, el LM puede comprender uno o más de: modo de CCLM, modo de MDLM y modo de MMLM.

La figura 17 es un diagrama de flujo de otro método de ejemplo para la predicción entre componentes de un bloque de datos de vídeo. En la etapa 1701, se reduce la resolución de un bloque de luma reconstruido para obtener un bloque de luma con resolución reducida. El bloque de luma reconstruido corresponde a un bloque de croma. En la etapa 1703, se determinan un valor de luma máximo y un valor de luma mínimo basándose en primeras muestras con resolución reducida de muestras de luma vecinas superiores reconstruidas que están por encima del bloque de luma reconstruido, y/o en segundas muestras con resolución reducida de muestras de luma vecinas izquierdas reconstruidas que están a la izquierda del bloque de luma reconstruido, en donde las muestras de luma vecinas superiores reconstruidas están dentro de una sola fila adyacente al bloque de luma reconstruido. En la etapa 1705, se determinan un primer valor de croma y un segundo valor de

5 croma basándose en muestras de croma vecinas reconstruidas del bloque de croma, en donde el primer valor de croma y el segundo valor de croma están asociados respectivamente con el valor de luma máximo y el valor de luma mínimo. En la etapa 1707, los parámetros de un LM se obtienen basándose en el valor de luma máximo y el valor de luma mínimo y en el primer valor de croma y el segundo valor de croma. En la etapa 1709, se generan valores de croma predichos del bloque de croma basándose en los parámetros del LM y del bloque de luma con resolución reducida.

10 Específicamente, en el caso de la intrapredicción de MDLM que utiliza el modo de CCIP_A 900, un valor de luma máximo y un valor de luma mínimo se determinan basándose en las primeras muestras con resolución reducida de las muestras de luma vecinas superiores reconstruidas que están por encima el bloque de luma reconstruido. En el caso de la intrapredicción de MDLM que utiliza el modo de CCIP_L 1000, un valor de luma máximo y un valor de luma mínimo se determinan basándose en segundas muestras con resolución reducida de muestras de luma vecinas izquierdas reconstruidas que están a la izquierda del bloque de luma reconstruido. En el caso de la intrapredicción de CCLM, un valor de luma máximo y un valor de luma mínimo se determinan basándose en las primeras muestras con resolución reducida de las muestras de luma vecinas superiores reconstruidas que están por encima del bloque de luma reconstruido, y en las segundas muestras con resolución reducida de las muestras de luma reconstruidas vecinas que están a la izquierda del bloque de luma reconstruido.

20 Cabe señalar que las muestras de luma vecinas reconstruidas que están a la izquierda del bloque de luma reconstruido pueden incluir N columnas de muestras de luma que están a la izquierda del bloque de luma reconstruido, en donde $0 < N \leq 3$ y N es un entero positivo. Además, las muestras de luma vecinas reconstruidas que están a la izquierda del bloque de luma reconstruido pueden incluir una sola columna de muestras de luma que están a la izquierda del bloque de luma reconstruido. Además, el LM puede comprender uno o más de:
25 modo de CCLM, modo de MDLM y modo de MMLM.

30 Por ejemplo, el método 1600 puede emplear el mecanismo 1300 y/o 1400 como parte de la intrapredicción entre componentes 600, la intrapredicción de CCLM 700, el mecanismo 800, la intrapredicción de MDLM que utiliza el modo de CCIP_A 900 y el modo de CCIP_L 1000, y/o la intrapredicción de MMLM tal como se representa en el gráfico 1100. Además, el método 1600 puede realizarse mediante un componente de estimación de intra-imagen 215 y/o un componente de predicción de intra-imagen 217 de un sistema de códec 200, así como un componente de predicción de intra-imagen 317 de un codificador 300. Específicamente, el método 1600 se puede emplear durante la compresión de bloques en la etapa 105 del método 100 en un codificador.

35 El método 1600 se produce durante la compresión de bloques, por ejemplo, como parte de un proceso de optimización de la distorsión de la velocidad, se recibe una señal de vídeo en el codificador. La señal de vídeo se puede dividir en una CU que contiene un bloque de croma que contiene muestras de croma y un bloque de luma correspondiente que contiene muestras de luma que actúan como muestras de referencia de luma. El método 1600 puede determinar realizar intrapredicción entre componentes para comprimir el bloque de croma de muestras de croma.
40

45 La reducción de resolución incluye la reducción de resolución de una sola fila de muestras de referencia de luma vecinas y/o la reducción de resolución de una sola columna de muestras de referencia de luma vecinas.

Los mecanismos de intrapredicción entre componentes empleados para codificar las muestras de croma pueden incluir intrapredicción en modo de predicción de CCLM, intrapredicción en modo de predicción de MDLM y/o intrapredicción en modo de predicción de MMLM.

50 Los coeficientes del modelo lineal, indicados como α y β , se determinan basándose en las muestras de luma vecinas con resolución reducida y en las muestras de croma vecinas correspondientes. Tal como se explicó anteriormente, los coeficientes del modelo lineal se pueden determinar minimizando el error de regresión entre las muestras de luma vecinas con resolución reducida y las muestras de croma vecinas, empleando las ecuaciones 2 y 3, tal como se explicó anteriormente. En otro ejemplo, los coeficientes del modelo lineal se pueden determinar calculando una pendiente y una intersección Y de una línea que atraviesa el valor mínimo y máximo de las muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida de acuerdo con las ecuaciones 4 y 5, tal como se explicó anteriormente en el presente documento.
55

60 La información de predicción se determina para las muestras de croma en el bloque de croma basándose en los coeficientes del modelo lineal. Específicamente, la información de predicción para las muestras de croma se puede determinar de acuerdo con la ecuación 1. Por lo tanto, dicha información de predicción se puede determinar basándose en los valores del bloque de luma con resolución reducida (tal como un bloque de luma) y basándose en los coeficientes α y β del modelo lineal. Una vez determinada la información de predicción, se puede determinar un bloque residual para el bloque de croma basándose en una diferencia entre la información de predicción y las muestras de croma.
65

Los datos residuales para el bloque de croma se codifican en un flujo de bits. Tal como se señaló anteriormente, la información de predicción para las muestras de croma se determina mediante intrapredicción basada en muestras de luma vecinas con resolución reducida. Además, las muestras de luma vecinas con resolución reducida se generan a partir de una sola fila de muestras de luma del primer bloque vecino y/o de una sola columna de muestras de luma del segundo bloque vecino. Dicha codificación incluye codificar una indicación de un modo de intrapredicción (por ejemplo, CCLM, MDLM y/o MMLM y/o modelos/grupos correspondientes) y el bloque residual en el flujo de bits para representar las muestras de croma.

El flujo de bits se transmite hacia un decodificador. El flujo de bits incluye la información de predicción para que las muestras de croma soporten la decodificación y visualización de las muestras de croma como parte de un flujo de vídeo.

Por ejemplo, el método 1700 puede emplear el mecanismo 1300 y/o 1400 como parte de la intrapredicción entre componentes 600, la intrapredicción de CCLM 700, el mecanismo 800, la intrapredicción de MDLM que utiliza el modo de CCIP_A 900 y el modo de CCIP_L 1000, y/o la intrapredicción de MMLM tal como se representa en el gráfico 1100. Además, el método 1700 puede realizarse mediante un componente de estimación de intra-imagen 215 y/o un componente de predicción de intra-imagen 217 de un sistema de códec 200, así como mediante un componente de predicción de intra-imagen 417 de un codificador 400. Específicamente, el método 1700 se puede emplear durante la decodificación de bloques en la etapa 113 del método 100 en un decodificador.

El método 1700 se realiza durante la decodificación de bloques, por ejemplo, como parte de la reconstrucción de bloques a partir de un flujo de bits para su visualización. Se recibe un flujo de bits. El flujo de bits incluye datos residuales para un bloque de croma. El método 1700 puede determinar realizar intrapredicción entre componentes para comprimir el bloque de croma de muestras de croma.

La reducción de resolución incluye la disminución de una sola fila de muestras de referencia de luma vecinas y/o la reducción de resolución de una sola columna de muestras de referencia de luma vecinas.

El mecanismo de intrapredicción entre componentes puede indicarse mediante sintaxis, indicadores u otros datos en el flujo de bits, y puede incluir intrapredicción en modo de predicción de CCLM, intrapredicción en modo de predicción de MDLM y/o intrapredicción en modo de predicción de MMLM.

Los coeficientes del modelo lineal, indicados como α y β , se determinan basándose en las muestras de luma vecinas con resolución reducida y en las muestras de croma vecinas correspondientes. Tal como se explicó anteriormente, los coeficientes del modelo lineal se pueden determinar minimizando el error de regresión entre las muestras de luma vecinas con resolución reducida y las muestras de croma vecinas, empleando las ecuaciones 2 y 3, tal como se explicó anteriormente. En otro ejemplo, los coeficientes del modelo lineal se pueden determinar calculando una pendiente y una intersección Y de una línea que atraviesa el valor mínimo y máximo de las muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida de acuerdo con las ecuaciones 4 y 5, tal como se explicó anteriormente en el presente documento.

La información de predicción se determina para las muestras de croma en el bloque de croma basándose en los coeficientes del modelo lineal. Específicamente, la información de predicción para las muestras de croma se puede determinar de acuerdo con la ecuación 1. Por lo tanto, dicha información de predicción se puede determinar basándose en los valores de las muestras de referencia de luma con resolución reducida en el bloque de luma de la misma CU que el bloque de croma, y basándose en los coeficientes α y β del modelo lineal, determinados en la etapa 1707. Una vez determinada la información de predicción, se puede determinar un bloque residual para el bloque de croma a partir del flujo de bits. Cabe señalar que los elementos anteriores pueden incluir la determinación de una indicación de un modo de intrapredicción (por ejemplo, CCLM, MDLM y/o MMLM y/o los modelos/grupos correspondientes) y el bloque residual del flujo de bits.

Las muestras de croma para el bloque de croma se decodifican basándose en la información de predicción que, a su vez, se determina mediante intrapredicción como lo indica el flujo de bits y basándose en las muestras de luma vecinas con resolución reducida. Tal como se señaló anteriormente, las muestras de luma vecinas con resolución reducida se generan a partir de una sola fila de muestras de luma vecinas y/o de una sola columna de muestras de luma vecinas. Dicha decodificación puede incluir decodificar las muestras de croma para el bloque de croma aplicando el bloque residual a la información de predicción. En la etapa 1711, el bloque de croma que contiene las muestras de croma reconstruidas se envía hacia una pantalla como parte de un vídeo reconstruido.

La figura 18 es un diagrama esquemático de un dispositivo de codificación de vídeo 1800. El dispositivo de codificación de vídeo 1800 es adecuado para implementar las realizaciones descritas tal como se describe en la presente memoria. El dispositivo de codificación de vídeo 1800 comprende puertos de aguas abajo 1820, puertos de aguas arriba 1850 y/o unidades transeptoras (Tx/Rx) 1810, que incluyen transmisores y/o receptores para comunicar datos de flujo ascendente y/o de flujo descendente a través de una red. El

dispositivo de codificación de vídeo 1800 también incluye un procesador 1830 que incluye una unidad lógica y/o unidad central de procesamiento (Central Processing Unit, CPU) para procesar los datos y una memoria 1832 para almacenar los datos. El dispositivo de codificación de vídeo 1800 también puede comprender componentes ópticos a eléctricos (Optical-to-Electrical, OE), componentes eléctricos a ópticos (Electrical-To-Optical, EO) y/o componentes de comunicación inalámbrica acoplados a los puertos de flujo ascendente 1850 y/o a los puertos de flujo descendente 1820 para la comunicación de datos a través de redes de comunicación ópticas o inalámbricas. El dispositivo de codificación de vídeo 1800 también puede incluir dispositivos de entrada y/o salida (E/S) 1860 para comunicar datos hacia y desde un usuario. Los dispositivos de E/S 1860 pueden incluir dispositivos de salida, tales como una pantalla para mostrar datos de vídeo, altavoces para emitir datos de audio, etc. Los dispositivos 1860 de E/S también pueden incluir dispositivos de entrada, tales como un teclado, un ratón, una rueda de desplazamiento, etc., y/o interfaces correspondientes para interactuar con dichos dispositivos de salida.

El procesador 1830 se implementa mediante hardware y software. El procesador 1830 puede implementarse como uno o más chips de CPU, núcleos (por ejemplo, como un procesador multinúcleo), matrices de puertas programables en campo (Field-Programmable Gate Arrays, FPGA), circuitos integrados de aplicación específica (Application Specific Integrated Circuits, ASIC), y procesadores de señales digitales (Digital Signal Processors, DSP). El procesador 1830 está en comunicación con los puertos de flujo descendente 1820, Tx/Rx 1810, los puertos de flujo ascendente 1850 y la memoria 1832. El procesador 1830 comprende un módulo de codificación 1814. El módulo de codificación 1814 implementa las realizaciones divulgadas descritas anteriormente, tales como los métodos 100, 1600 y 1700 y/o los mecanismos 1400 y/o 1500 como parte de la intrapredicción 600, la intrapredicción de CCLM 700, el mecanismo 800, la intrapredicción de MDLM que utiliza el modo de CCIP_A 900 y el modo de CCIP_L 1000, y/o la intrapredicción de MMLM tal como se representa en el gráfico 1100, así como cualquier otro método/mecanismo descrito en el presente documento. Además, el módulo de codificación 1814 puede implementar un sistema de códec 200, un codificador 300 y/o un decodificador 400. Por ejemplo, el módulo de codificación 1814 se puede emplear para realizar intrapredicción entre componentes para codificar muestras de croma basándose en muestras de luma con resolución educida de la misma CU y basándose en una comparación de muestras de referencia de croma vecinas y muestras de referencia de luma vecinas con resolución reducida. Esto se puede lograr de acuerdo con la ecuación 1 y las ecuaciones 2-3 y/o de acuerdo con la ecuación 1 y las ecuaciones 4-5. Específicamente, el módulo de codificación 1814 reduce la resolución de las muestras de referencia de luma vecinas empleando una sola fila de un bloque vecino por encima del bloque de croma y/o una sola columna de un bloque vecino a la izquierda del bloque de croma. Tal como se señaló anteriormente, el uso de una sola fila y/o columna reduce el uso de memoria de la memoria intermedia de línea sin reducir significativamente la precisión y/o la eficiencia de la codificación. De este modo, el módulo de codificación 1814 mejora la funcionalidad del dispositivo de codificación de vídeo 1800 así como aborda problemas que son específicos de las técnicas de codificación de vídeo. Además, el módulo de codificación 1814 efectúa una transformación del dispositivo de codificación de vídeo 1800 a un estado diferente. Alternativamente, el módulo de codificación 1814 puede implementarse como instrucciones almacenadas en la memoria 1832 y ejecutadas por el procesador 1830 (por ejemplo, como un producto de programa informático almacenado en un medio no transitorio).

La memoria 1832 comprende uno o más tipos de memoria tales como discos, unidades de cinta, unidades de estado sólido, memoria de solo lectura (Read Only Memory, ROM), memoria de acceso aleatorio (Random Access Memory, RAM), memoria flash, memoria ternaria direccionable por contenido (Ternary Content-Addressable Memory, TCAM), memoria estática de acceso aleatorio (Static RAM, SRAM), etc. La memoria 1832 puede usarse como un dispositivo de almacenamiento de datos de desbordamiento, para almacenar programas cuando dichos programas se seleccionan para su ejecución, y para almacenar instrucciones y datos que se leen durante la ejecución del programa.

La figura 19 es un diagrama esquemático de un sistema 1900 de ejemplo para emplear reducción de resolución mientras se realiza intrapredicción entre componentes. El sistema 1900 incluye un codificador 1902 y un decodificador 1910, que pueden implementarse mediante un sistema de códec 200, un codificador 300 y/o un decodificador 400.

El codificador 1902 comprende un módulo de entrada 1903 para recibir una señal de vídeo dividida en un bloque de croma y un primer bloque vecino. El codificador 1902 también comprende un módulo de codificación 1905, para codificar información de predicción para muestras de croma del bloque de croma en un flujo de bits, la información de predicción para las muestras de croma determinada mediante intrapredicción basándose en muestras de luma vecinas con resolución reducida, siendo generadas las muestras de luma vecinas con resolución reducida a partir de una sola fila de muestras de luma del primer bloque vecino. El codificador 1902 también comprende un módulo de transmisión 1907, para transmitir un flujo de bits que incluye la información de predicción para que las muestras de croma soporten la decodificación y visualización de las muestras de croma. El codificador 1902 también está configurado para realizar cualquiera de las etapas del método 1600.

El decodificador 1910 comprende un módulo de recepción 1911 para recibir un flujo de bits que incluye información de predicción para muestras de croma de un bloque de croma. El decodificador 1910 también

comprende un módulo de decodificación 1913, para decodificar las muestras de croma para el bloque de croma basándose en la información de predicción y las muestras de luma vecinas con resolución reducida, estando generadas las muestras de luma vecinas con resolución reducida a partir de una sola fila de muestras de luma de un primer bloque vecino. El decodificador 1910 también comprende un módulo de salida 1915 para reenviar el bloque de croma hacia una pantalla como parte de un vídeo reconstruido. El decodificador 1910 también está configurado para realizar cualquiera de las etapas del método 1700.

Un primer componente está acoplado directamente a un segundo componente cuando no hay componentes intervinientes, excepto una línea, una traza u otro medio entre el primer componente y el segundo componente.

10 El primer componente está acoplado indirectamente al segundo componente cuando hay componentes intervinientes distintos de una línea, una traza u otro medio entre el primer componente y el segundo componente. El término "acoplado" y sus variantes incluye tanto el acoplamiento directo como el acoplamiento indirecto. El uso del término "aproximadamente" significa un rango que incluye $\pm 10\%$ del número siguiente a menos que se indique lo contrario.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la predicción entre componentes de un bloque de datos de vídeo, comprendiendo el método:

5 reducir la resolución de un bloque de luma reconstruido para obtener un bloque de luma con resolución reducida, correspondiendo el bloque de luma reconstruido a un bloque de croma;

10 obtener primeras muestras de luma de resolución reducida de muestras de luma vecinas superiores reconstruidas que están por encima del bloque de luma reconstruido, y segundas muestras de luma con resolución reducida de muestras de luma vecinas izquierdas reconstruidas que están a la izquierda del bloque de luma reconstruido, en donde las muestras de luma vecinas superiores reconstruidas están en una sola fila adyacente al bloque de luma reconstruido, y las muestras de luma vecinas izquierdas reconstruidas están en tres columnas adyacentes al bloque de luma reconstruido, en donde los datos de vídeo están en el formato YUV4:2:0, en donde las primeras muestras de luma de resolución reducida se obtienen aplicando un filtro de reducción de resolución de tres tomas a las muestras de luma vecinas superiores reconstruidas de acuerdo con $A[i] = (A1[2i]*2 + A1[2i-1] + A1[2i+1] + 2) >> 2$, en donde $A1[i]$ es la muestra de orden i de luma vecina superior reconstruida en la única fila adyacente al bloque de luma reconstruido, y $A[i]$ es la muestra de orden i de luma con resolución reducida de las muestras de luma vecinas superiores reconstruidas, en donde las segundas muestras de luma de resolución reducida se obtienen aplicando un filtro de reducción de resolución con seis tomas a las muestras de luma vecinas izquierdas reconstruidas de acuerdo con $L[i] = (L2[2i]*2 + L1[2i] + L3[2i] + L2[2i+1]*2 + L1[2i+1] + L3[2i+1] + 4) >> 3$, donde $L1[i]$, $L2[i]$ y $L3[i]$ son la muestra de orden i de luma vecina izquierda reconstruida en las tres columnas que son adyacentes al bloque de luma reconstruido, respectivamente, y $L[i]$ es la muestra de orden i de luma con resolución reducida de muestras de luma vecinas izquierdas reconstruidas;

25 obtener parámetros de un modelo lineal, LM, a partir de

- las primeras muestras de luma con resolución reducida y las segundas muestras de luma con resolución reducida, y

30 - muestras de croma vecinas reconstruidas que están por encima del bloque de croma y muestras de croma vecinas reconstruidas que están a la izquierda en el bloque de croma; y

35 generar valores de croma predichos del bloque de croma basándose en los parámetros del LM y del bloque de luma con resolución reducida,

40 en donde el LM es un modelo lineal del modo modelo lineal entre componentes, CCLM, en donde los valores de croma predichos del bloque de croma se determinan de acuerdo con $pred_c(i,j) = \alpha \cdot rec_L'(i,j) + \beta$, en donde $pred_c(i,j)$ son los valores de croma predichos del bloque de croma, $rec_L'(i,j)$ son las muestras de luma con resolución reducida del bloque de luma con resolución reducida, y α y β son los parámetros del LM.

2. Un dispositivo electrónico para codificar/decodificar datos de vídeo, comprendiendo el dispositivo electrónico una o más unidades de procesamiento configuradas para realizar el método de la reivindicación 1.

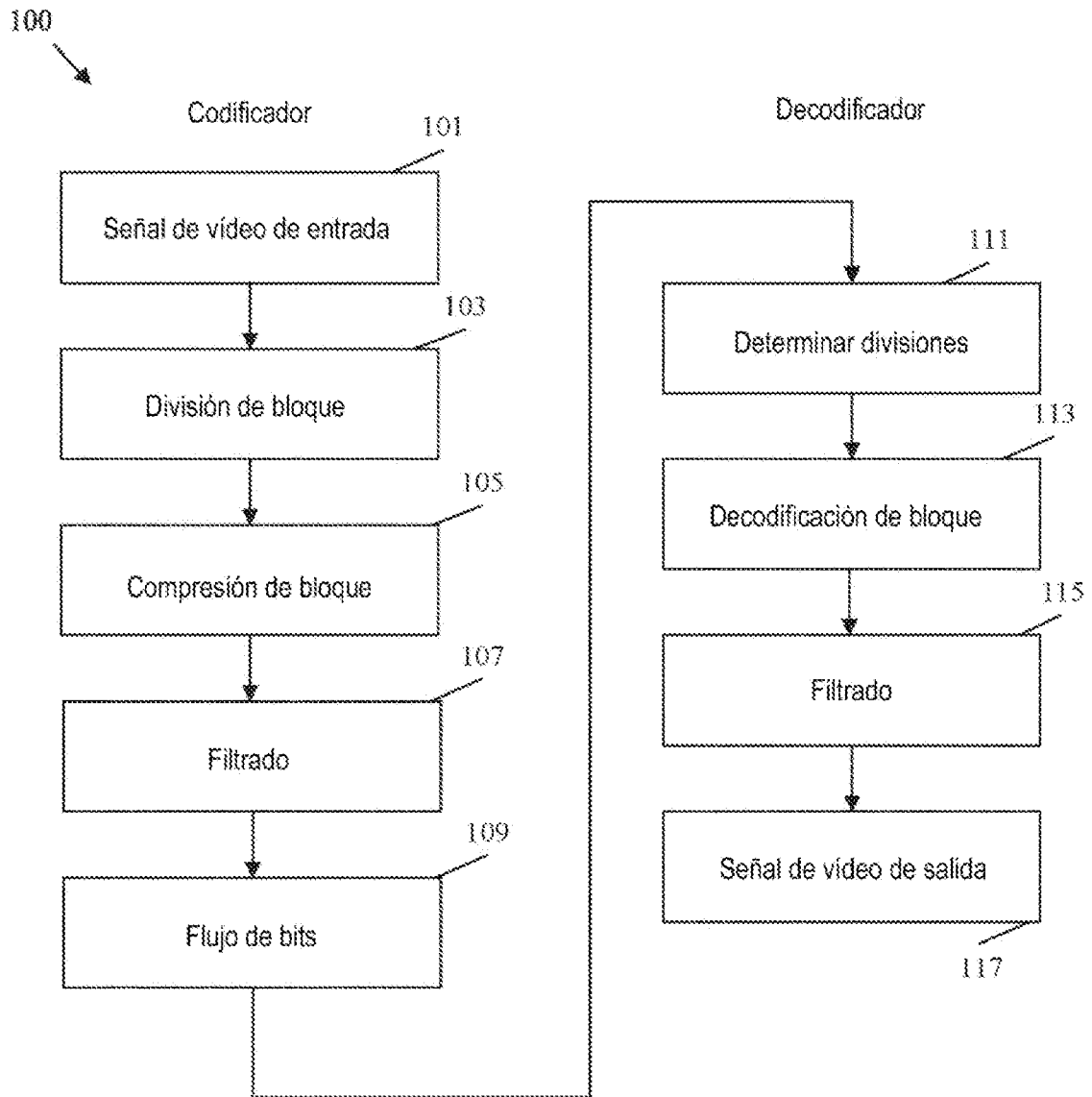


FIG. 1

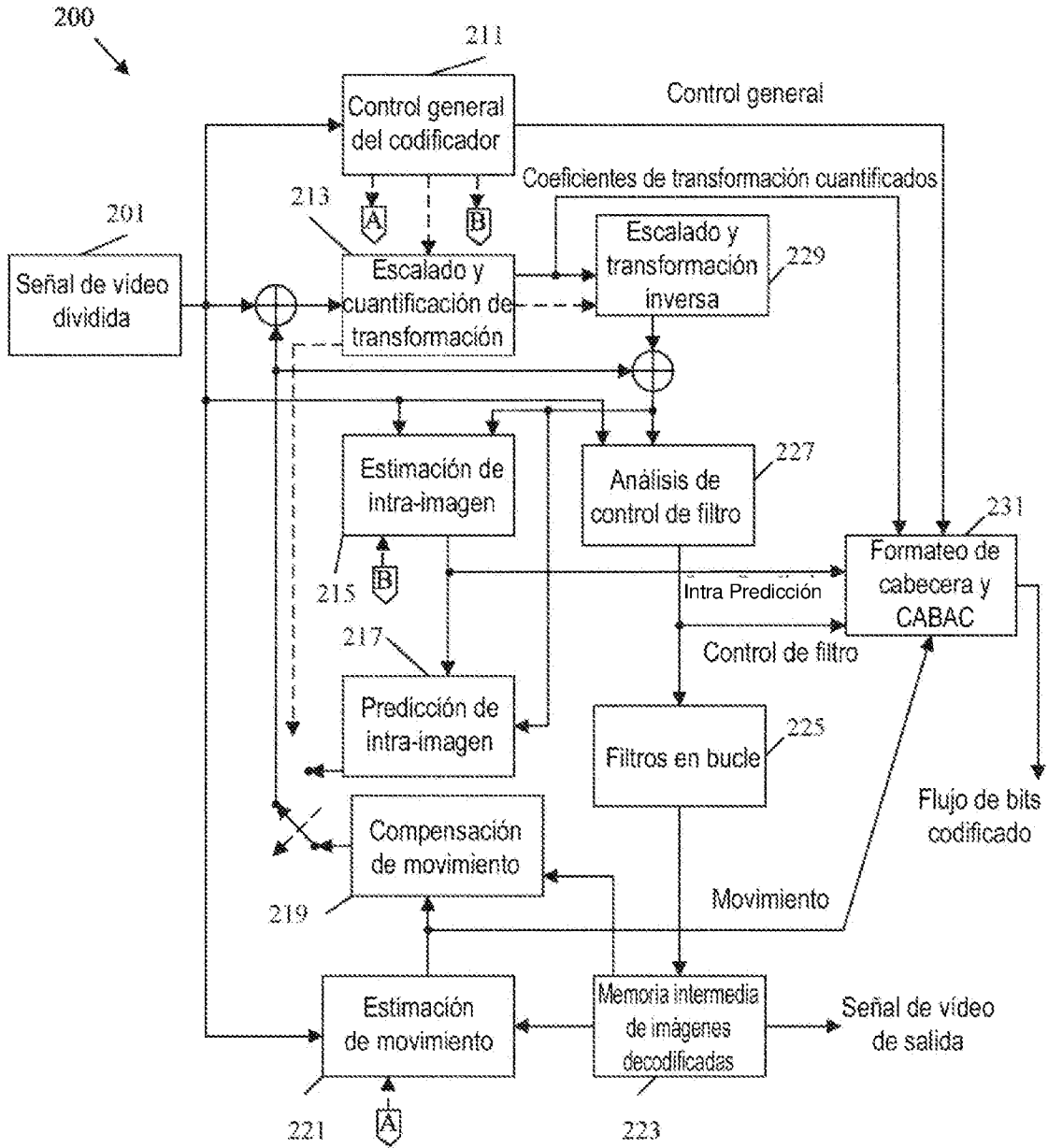


FIG. 2

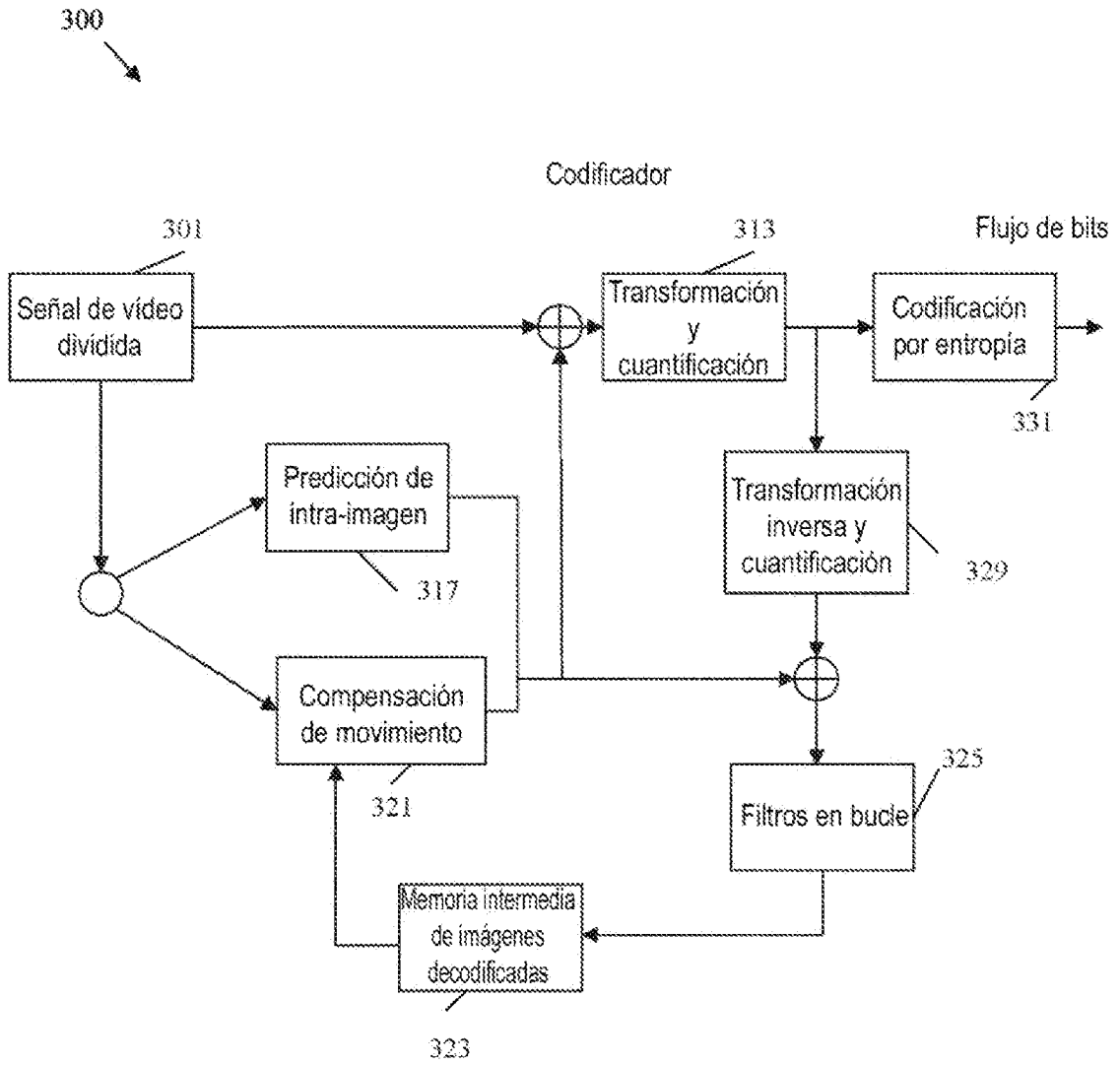


FIG. 3

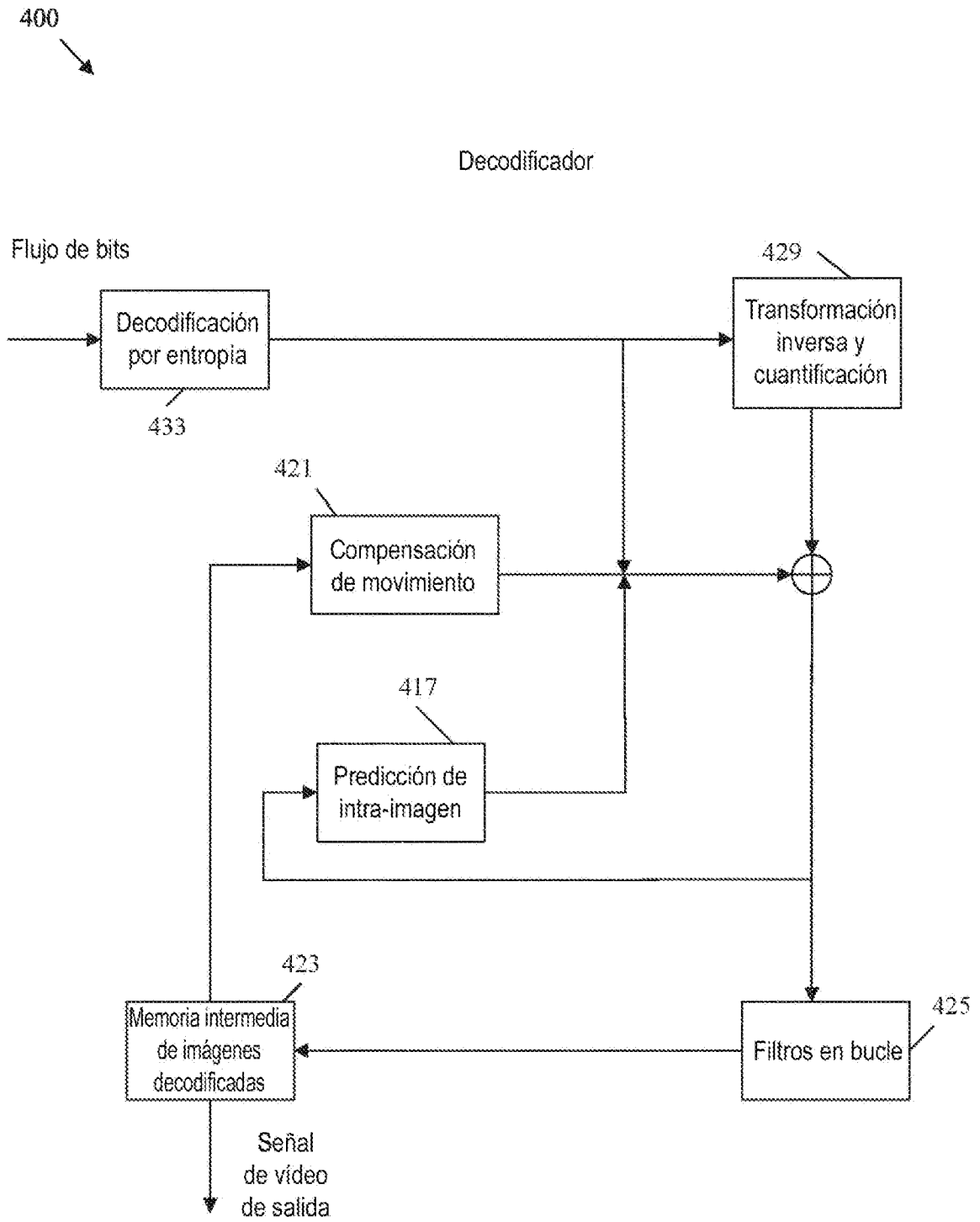


FIG. 4

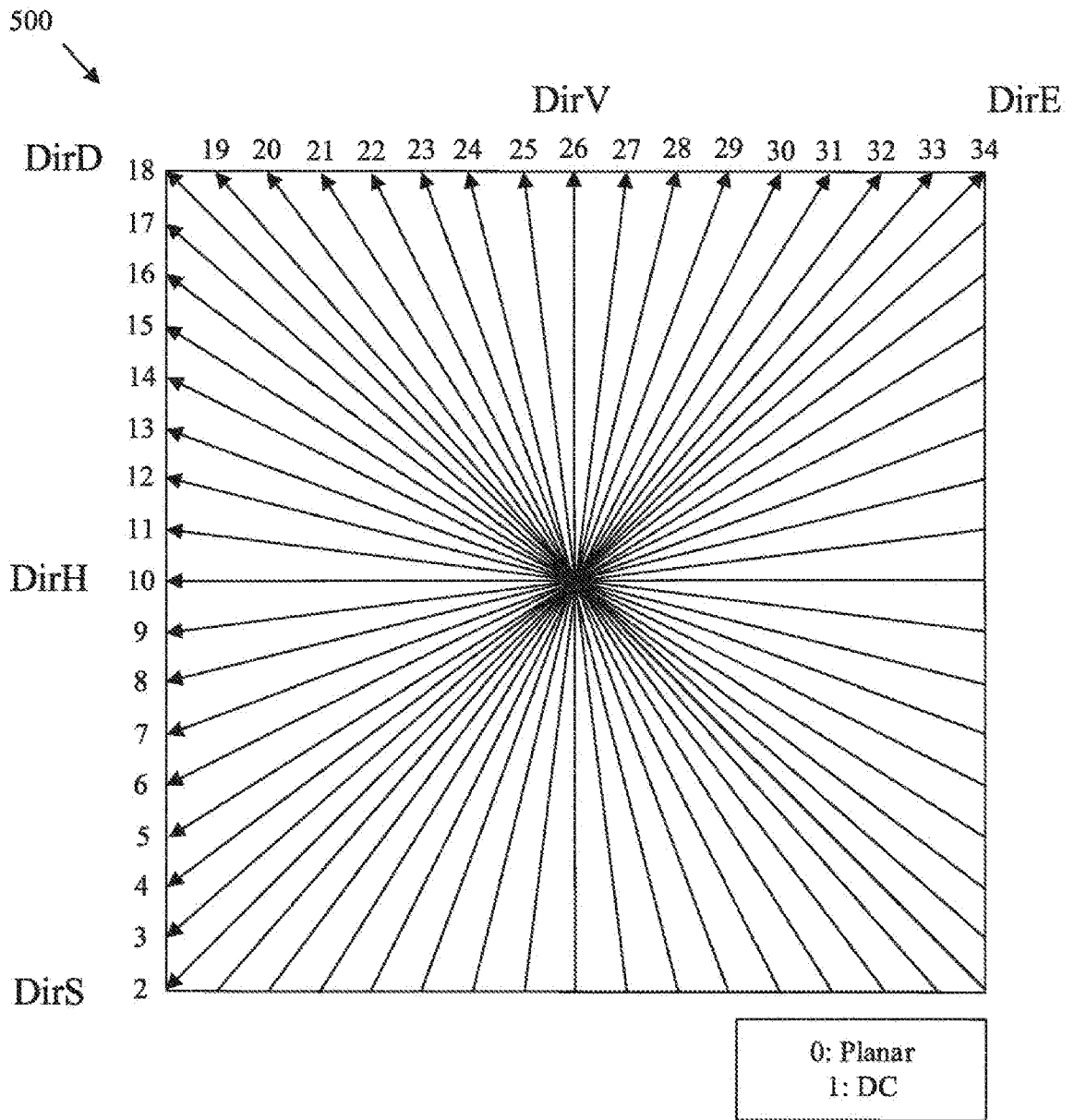


FIG. 5

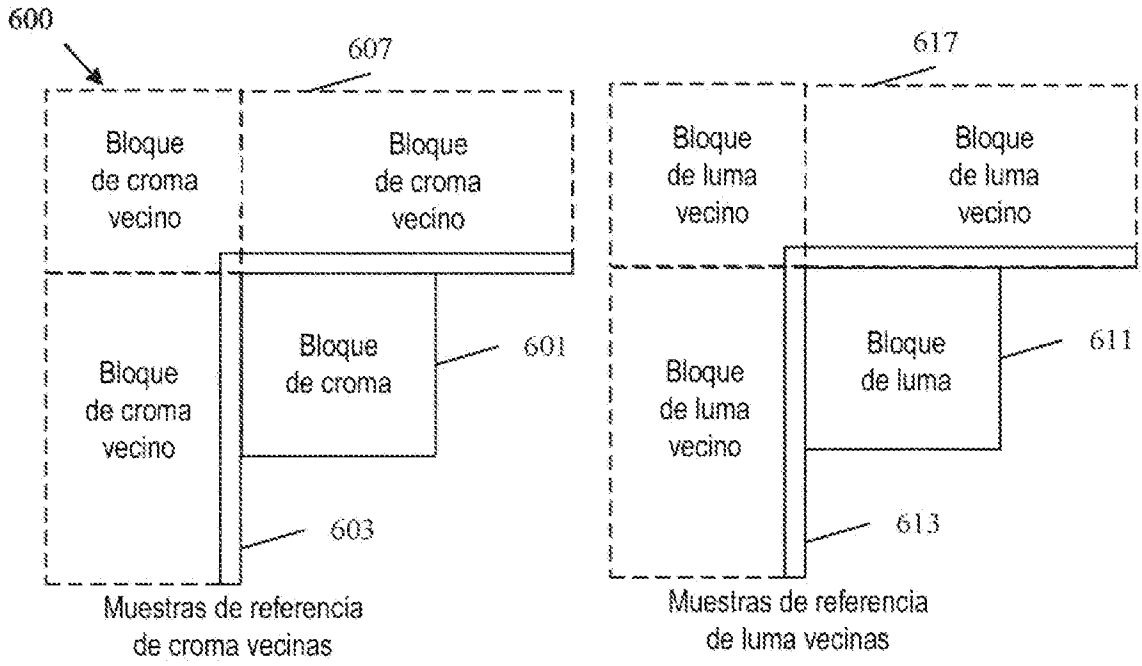


FIG. 6

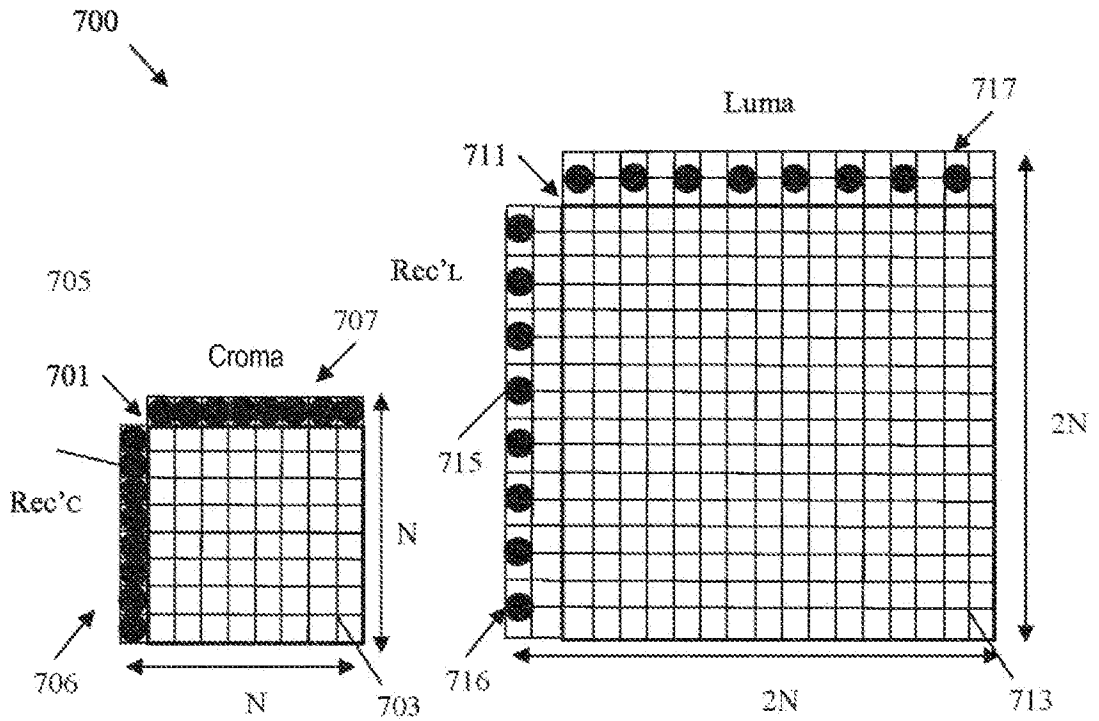


FIG. 7

800
↙

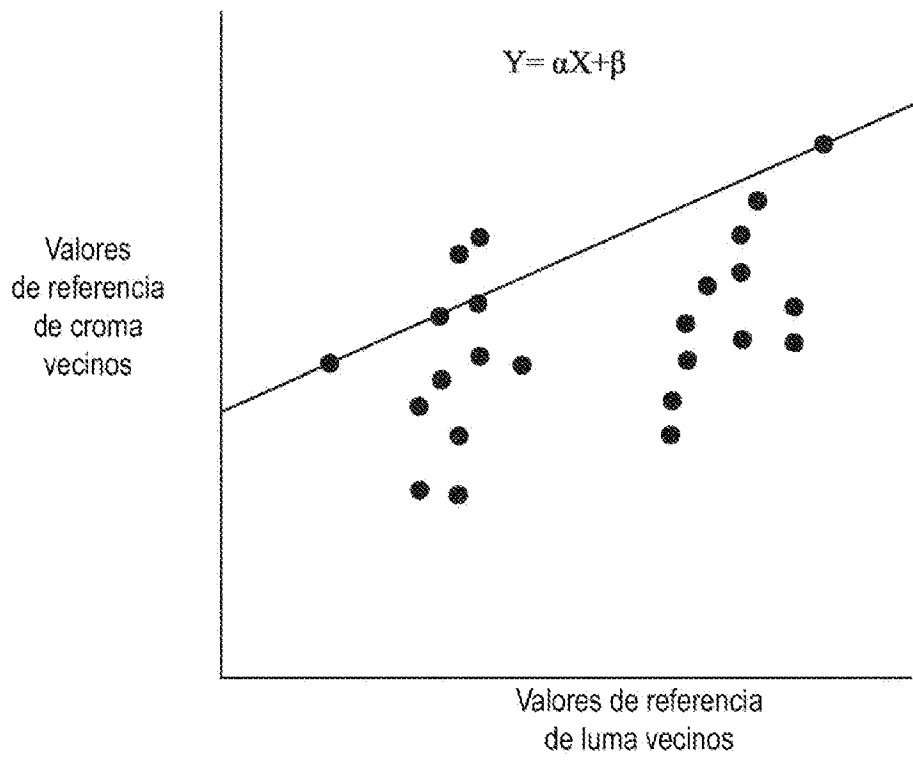


FIG. 8

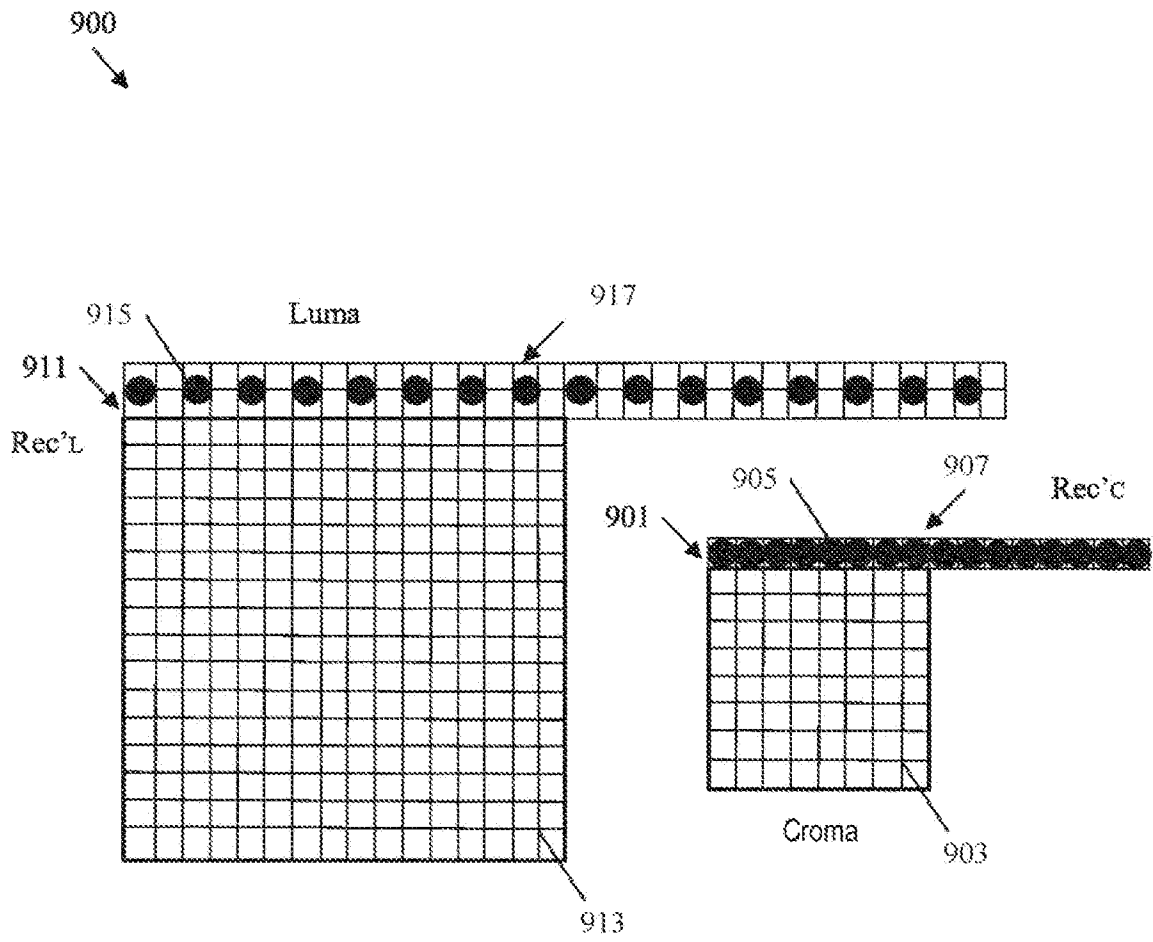


FIG. 9

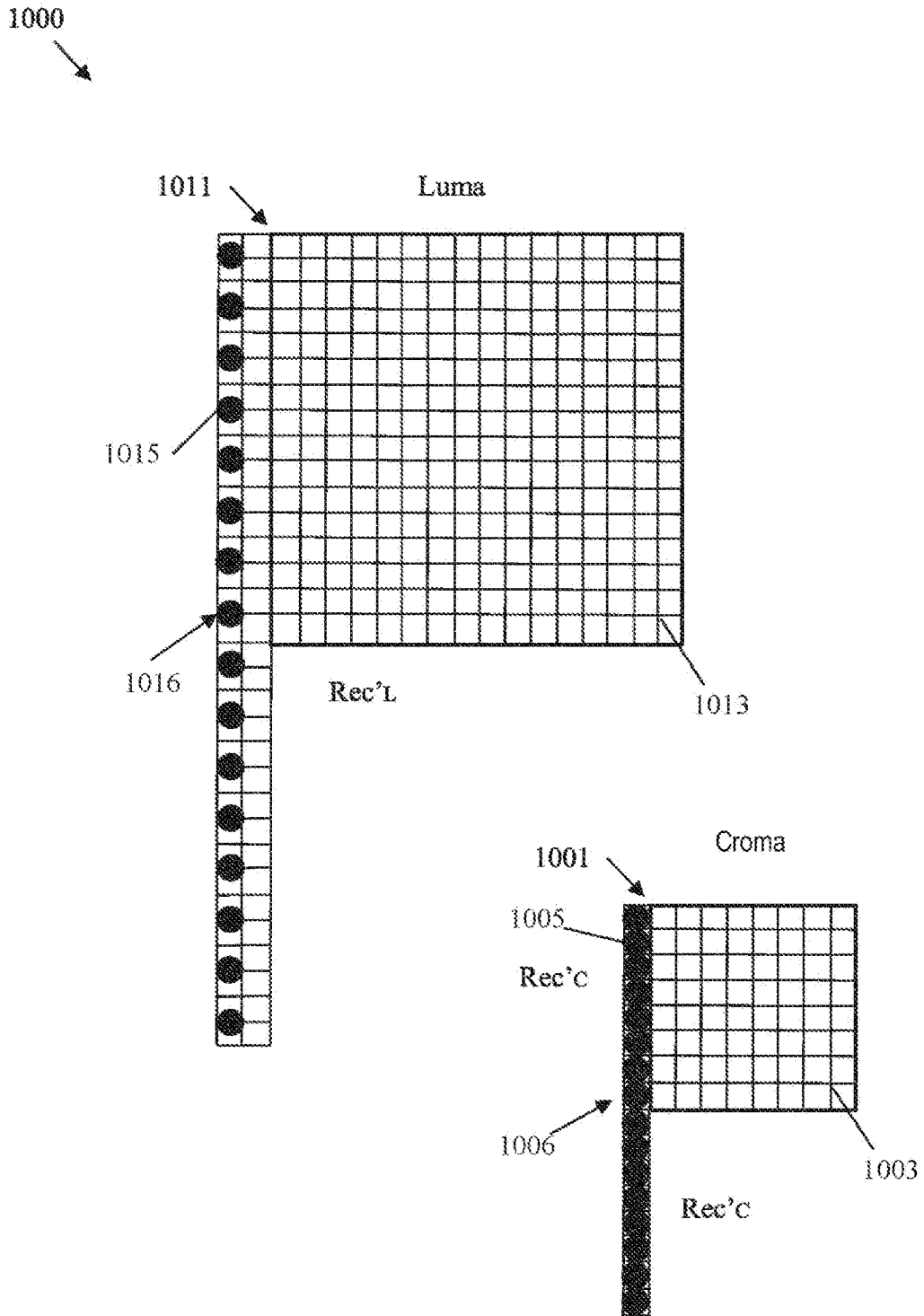


FIG. 10

1100

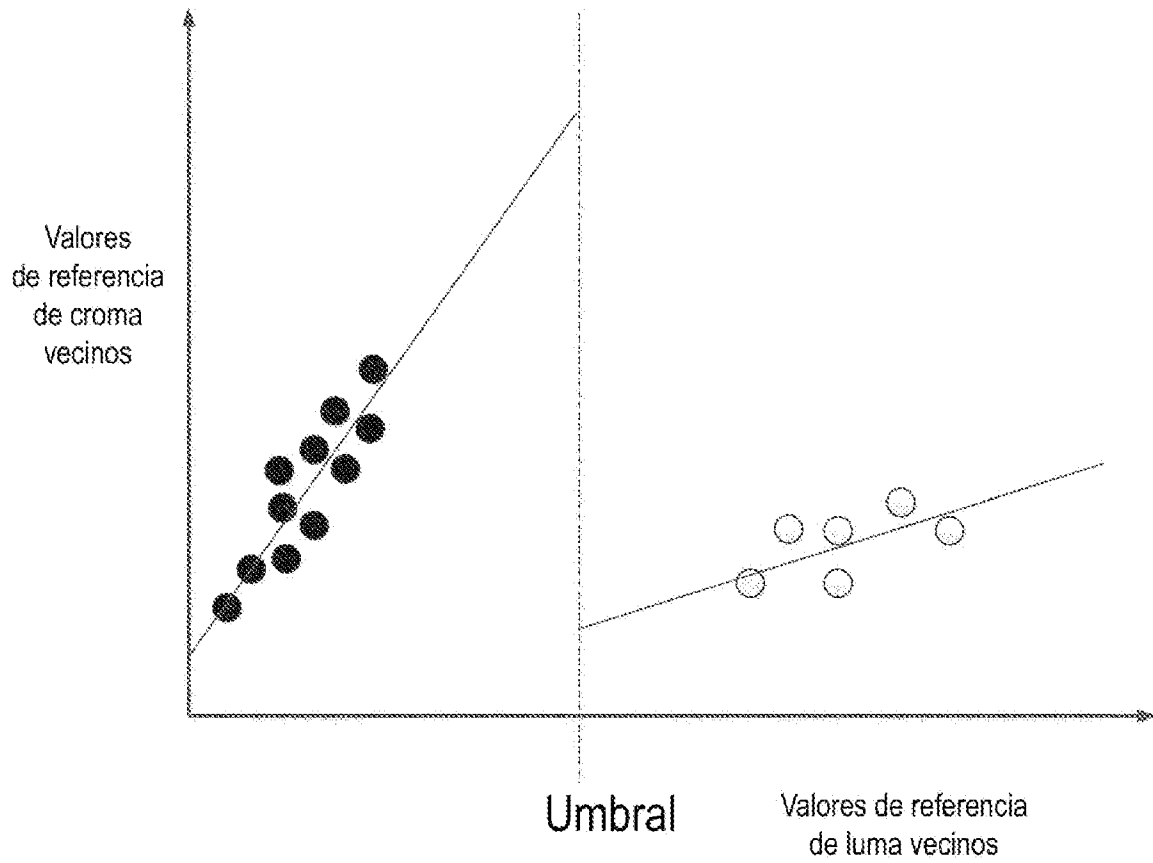
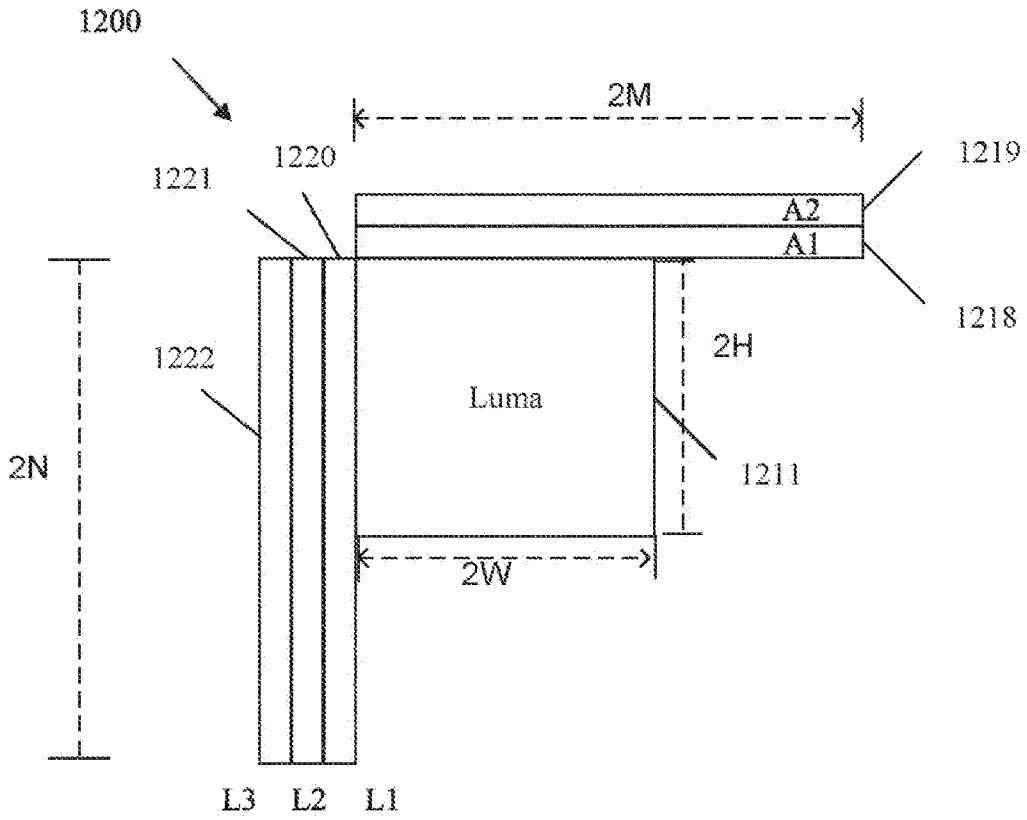


FIG. 11



Reducción de resolución

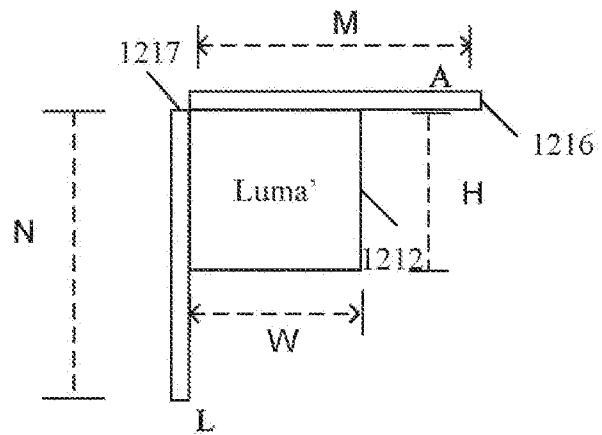


FIG. 12

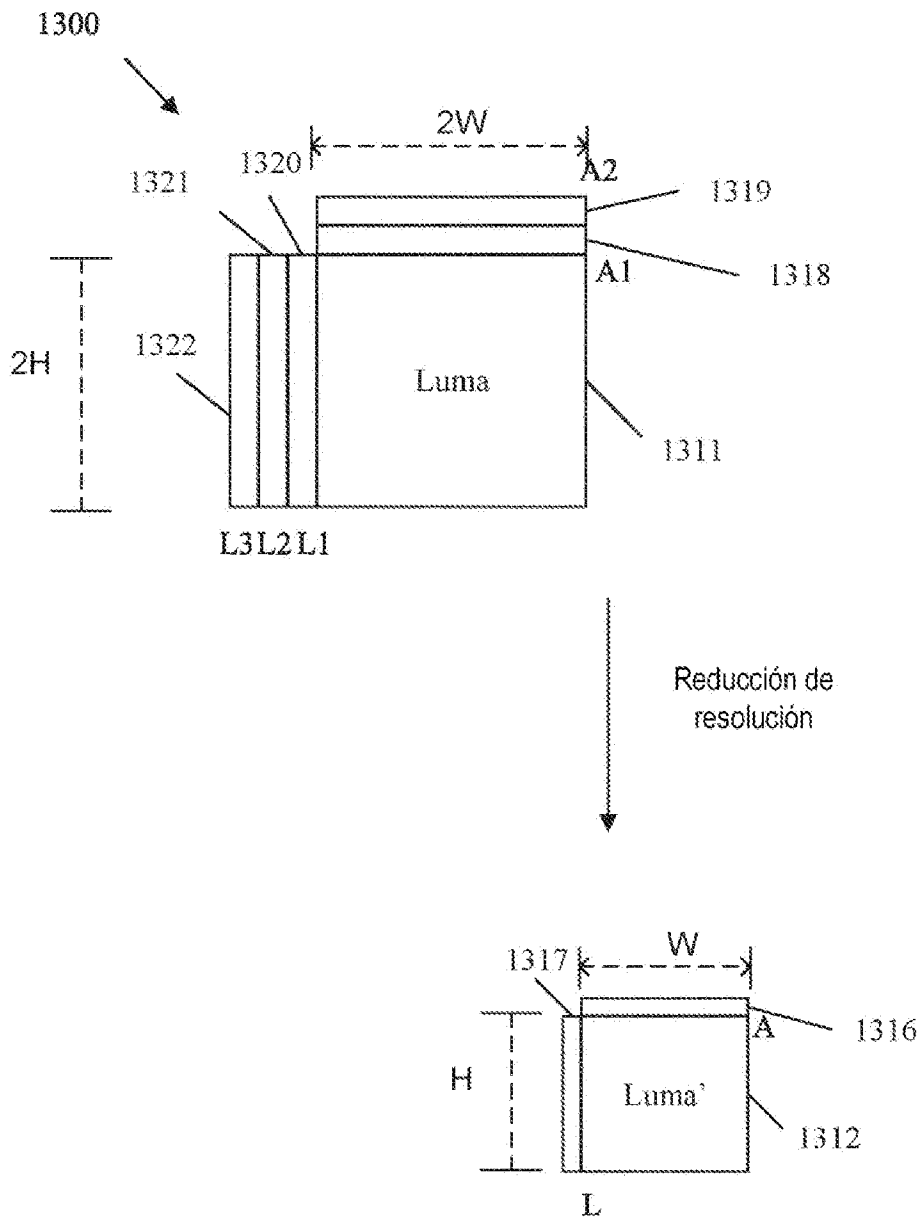


FIG. 13

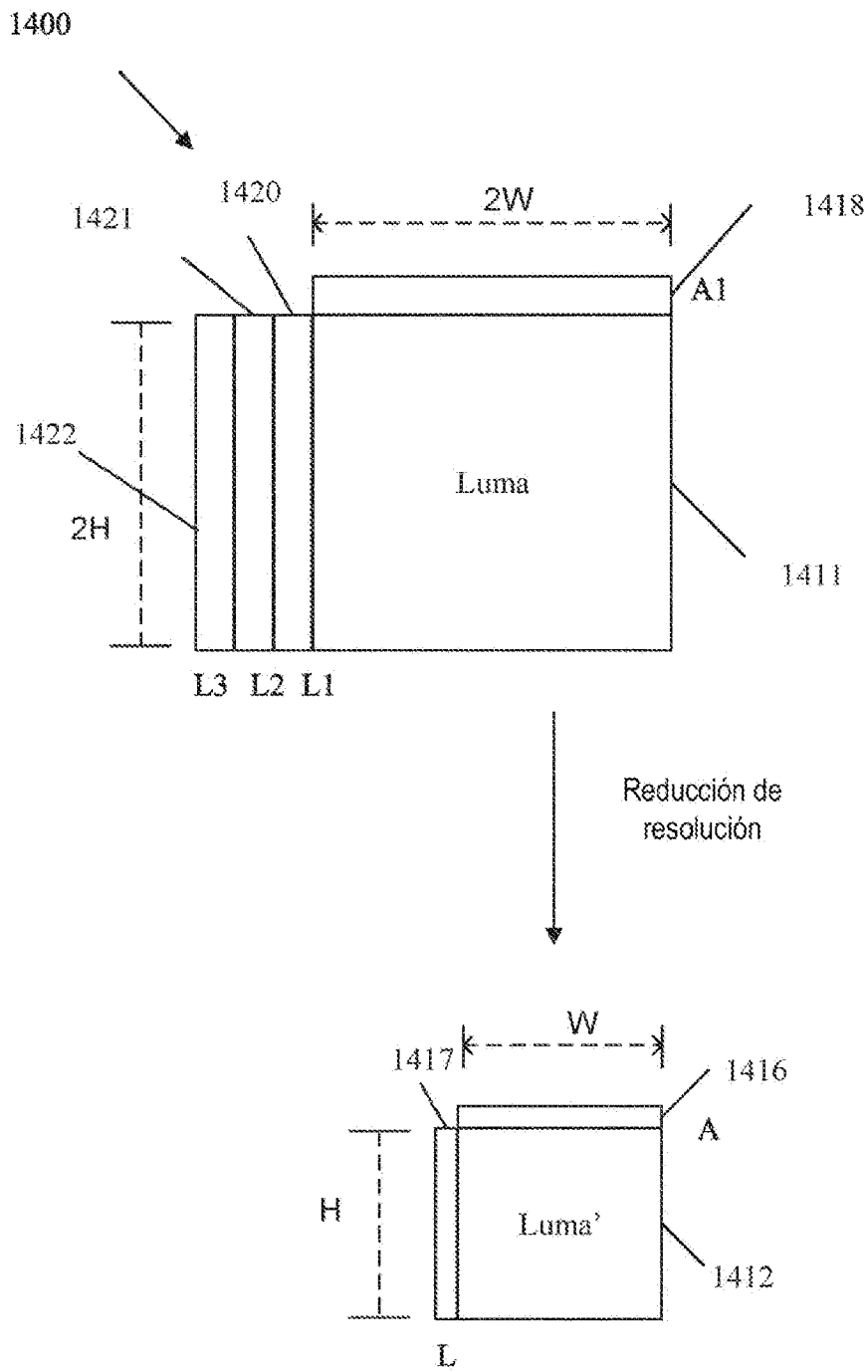


FIG. 14

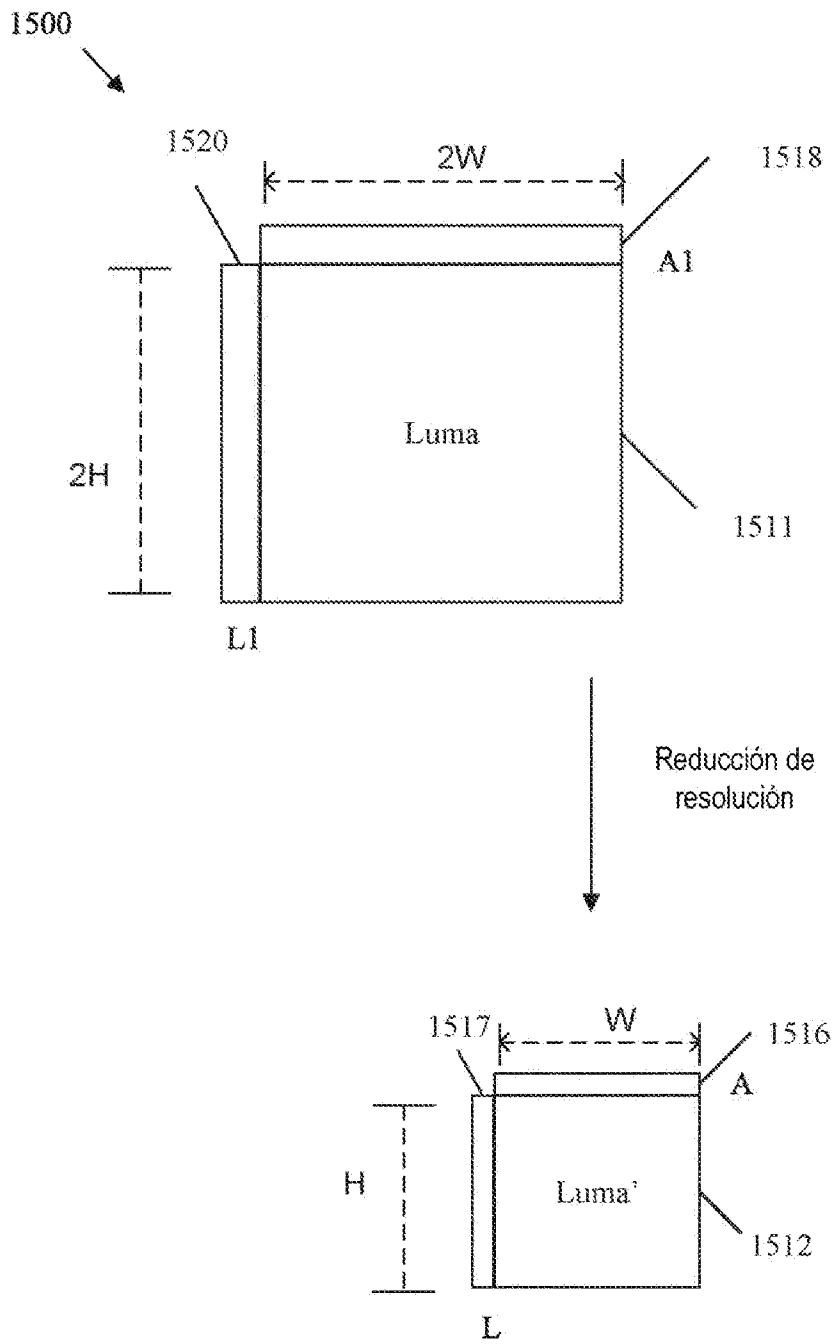


FIG. 15

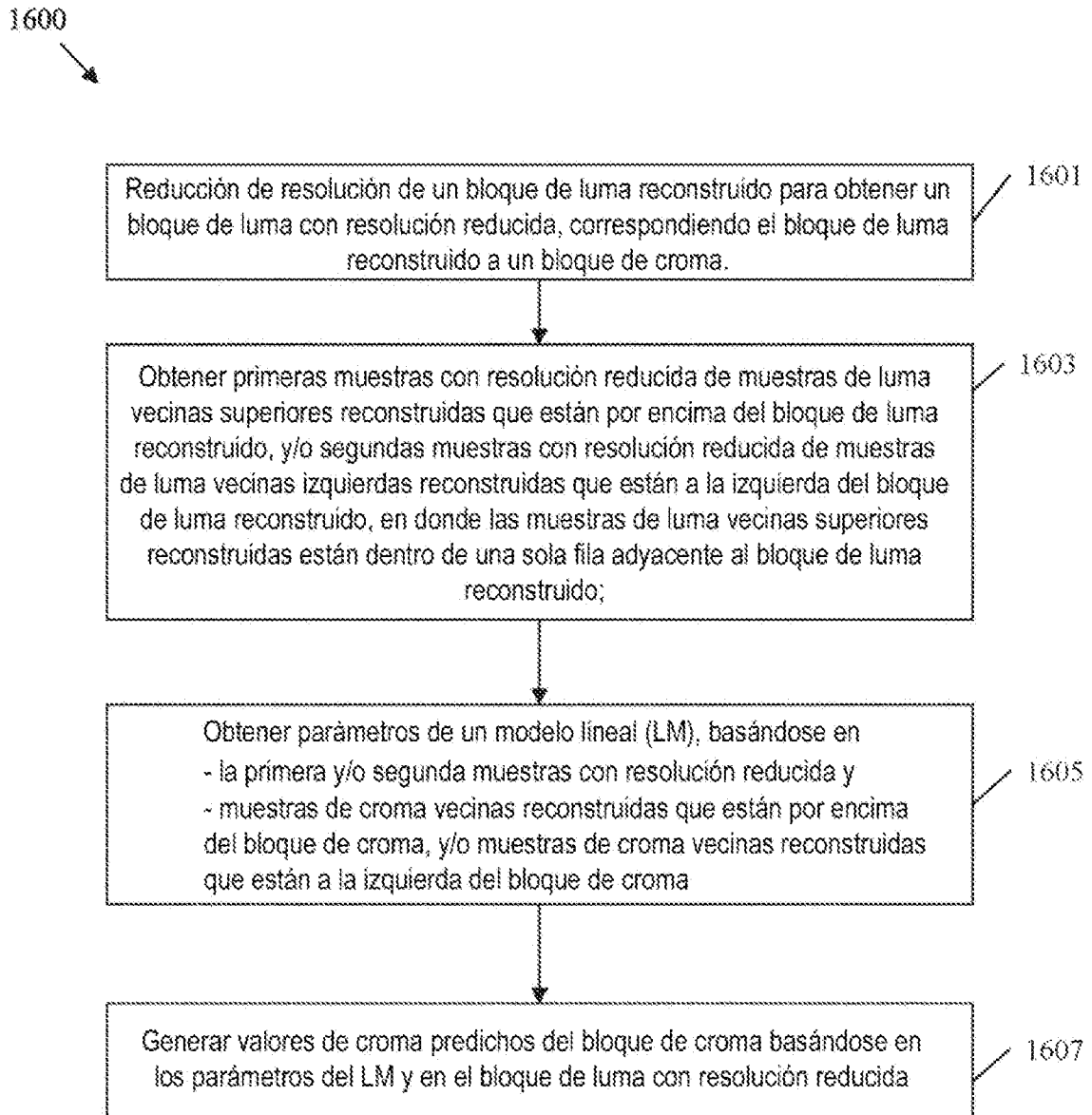


FIG. 16

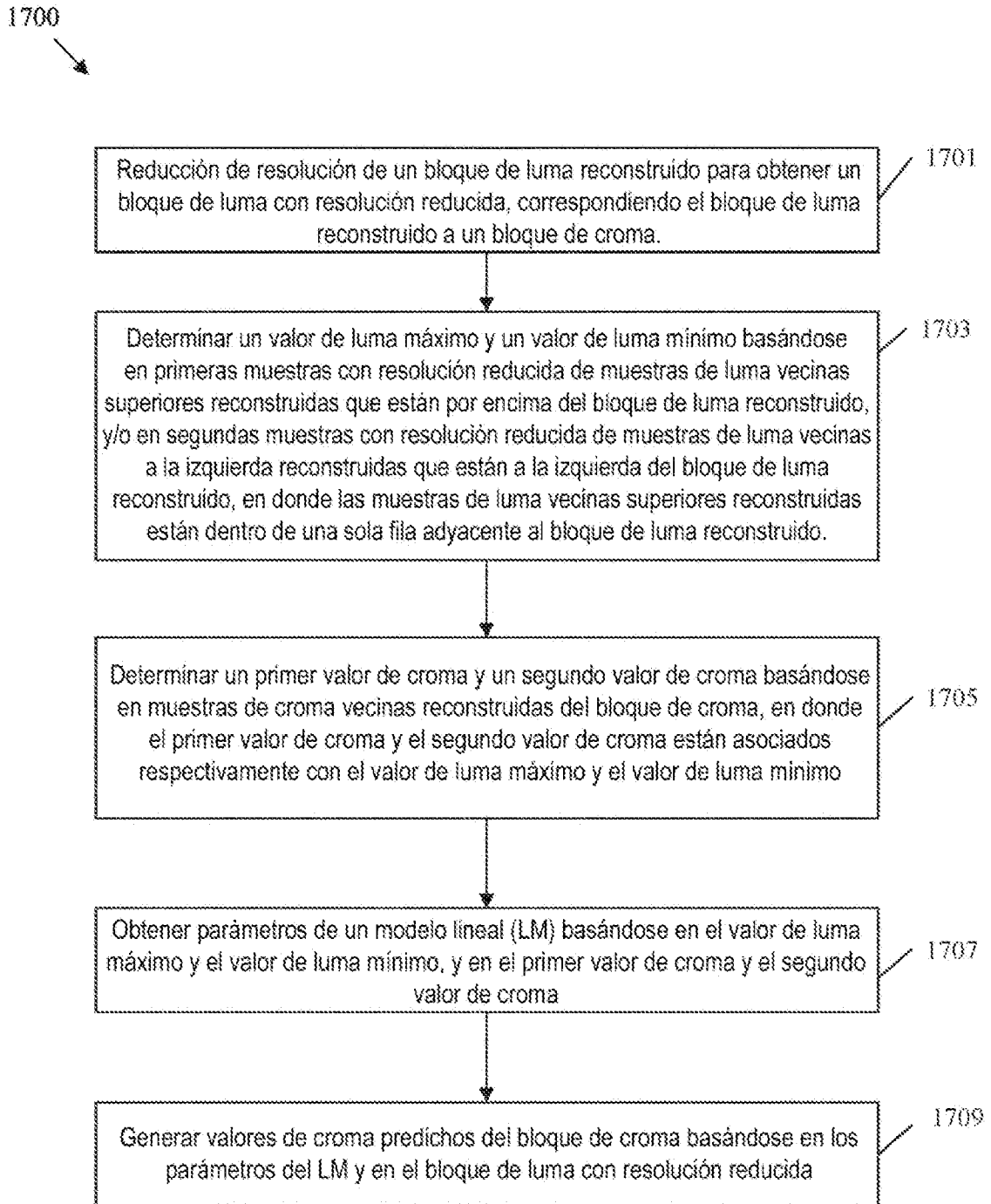


FIG. 17

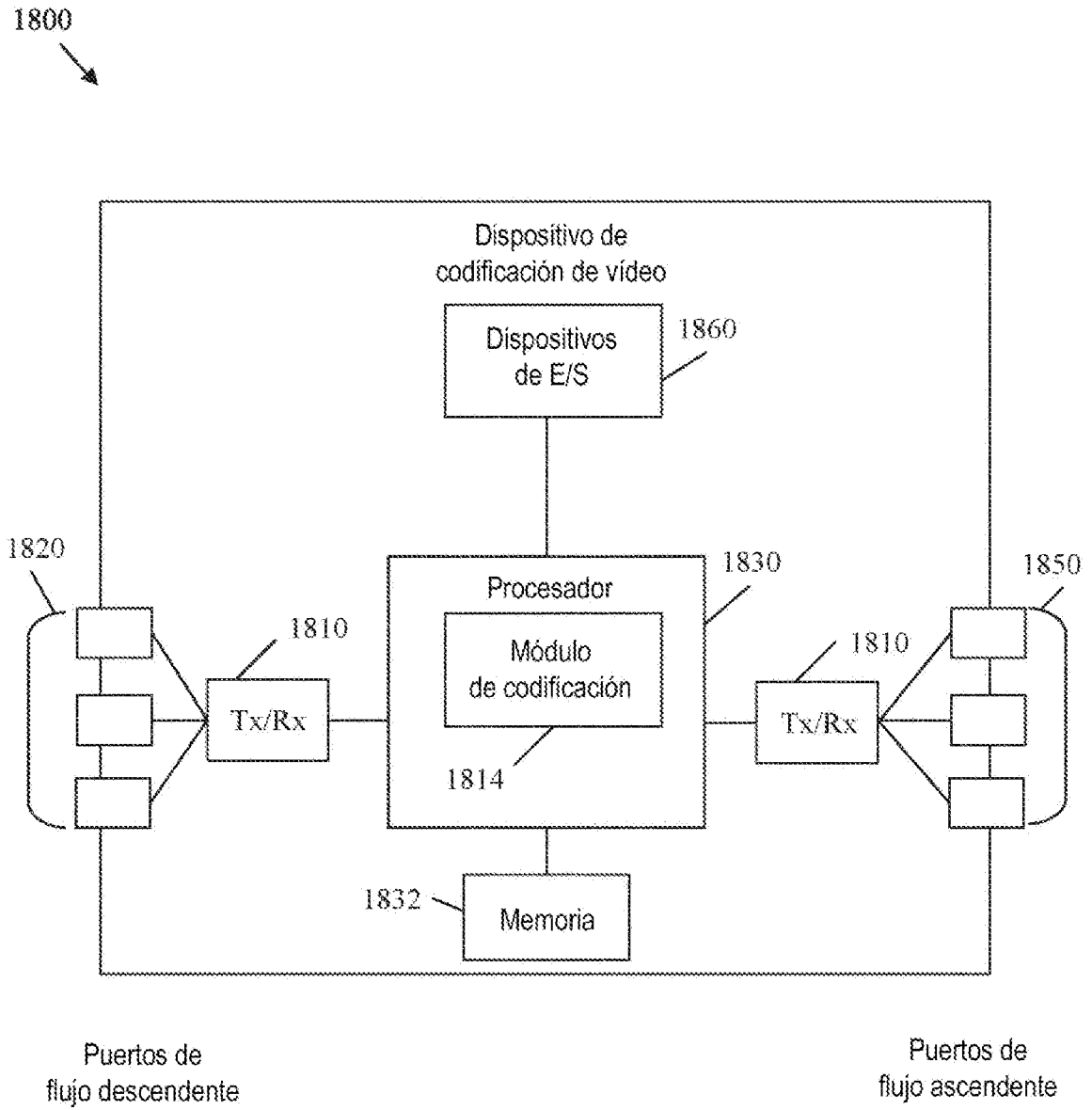


FIG. 18

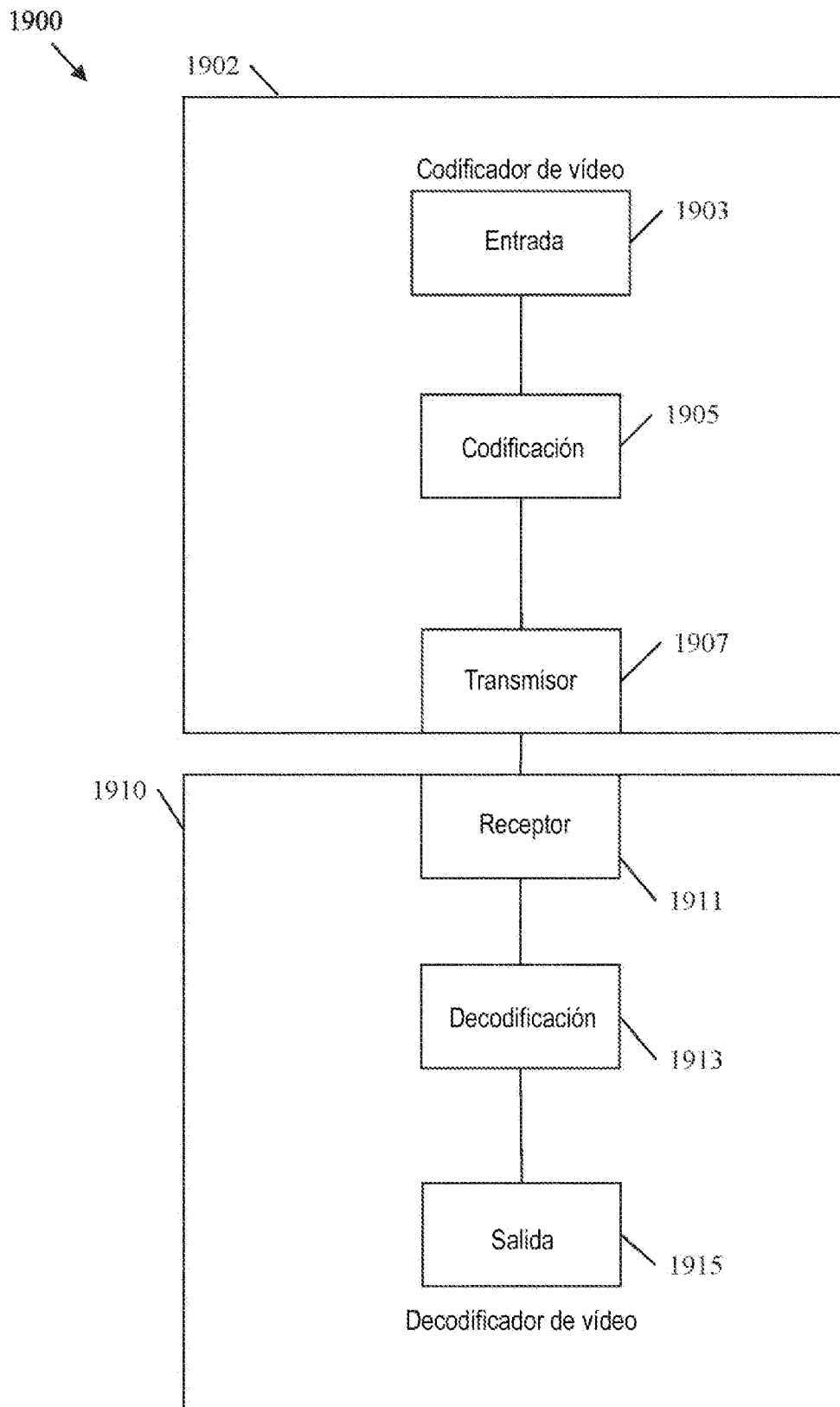


FIG. 19

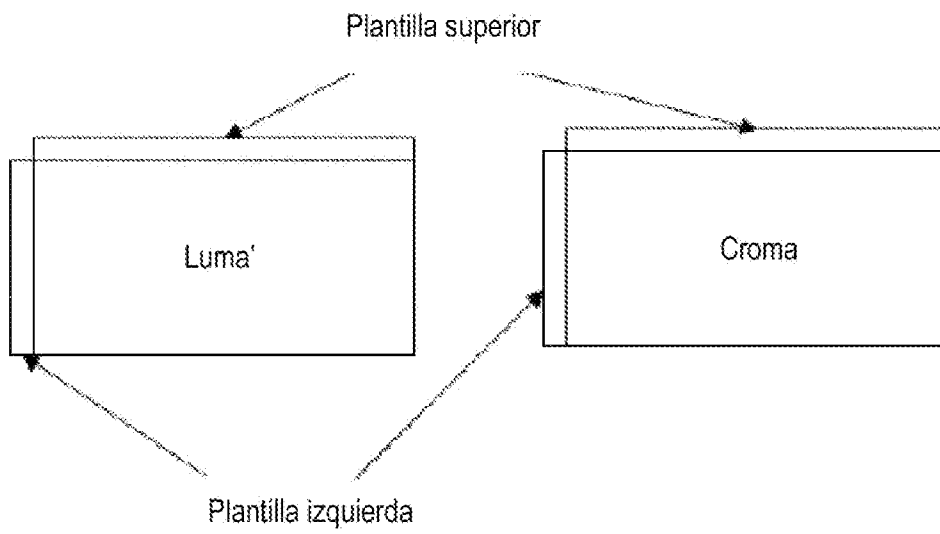


FIG. 20

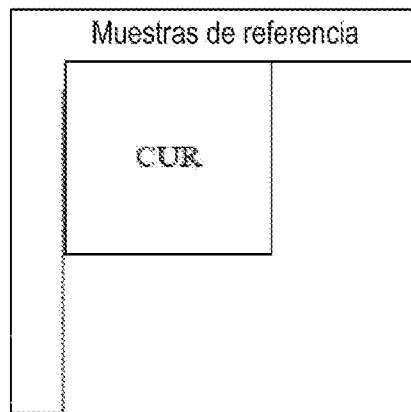


FIG. 21