

MANEJO DE LÍMITES PARA FILTRADO DE BUCLE ADAPTATIVO

[0001] La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud US N.º 16/814.597, presentada el 10 de marzo de 2020, y la solicitud provisional US N.º 62/816.728, presentada el 11 de marzo de 2019, cuyos contenidos completos se incorporan por referencia en este documento en su totalidad.

CAMPO TÉCNICO

[0002] La presente divulgación se refiere a la codificación de video y decodificación de video.

ANTECEDENTES

[0003] Las capacidades de video digital se pueden incorporar en una amplia gama de dispositivos, incluidos televisores digitales, sistemas de transmisión digital directa, sistemas de transmisión inalámbrica, asistentes digitales personales (PDA), computadoras portátiles o de escritorio, tablets, lectores de libros electrónicos, cámaras digitales, dispositivos de grabación digital, reproductores de medios digitales, dispositivos de videojuegos, consolas de videojuegos, teléfonos celulares o de radio satelital, los llamados “teléfonos inteligentes”, dispositivos de videoconferencia, dispositivos de transmisión de video de flujo continuo, y similares. Los dispositivos de video digital implementan técnicas de codificación de video, como las descritas en los estándares definidos por MPEG-2, MPEG-4, ITU-T H.263, ITU-T H.264/MPEG-4, Parte 10, Codificación de video avanzada (AVC), ITU-T H.265/Codificación de video de alta eficiencia (HEVC) y extensiones de dichos estándares. Los dispositivos de video pueden transmitir, recibir, codificar, decodificar y/o almacenar información de video digital de manera más eficiente mediante la implementación de tales técnicas de codificación de video.

[0004] Las técnicas de codificación de video incluyen predicción espacial (intraimagen) y/o predicción temporal (interimagen) para reducir o eliminar la redundancia inherente a las secuencias de video. Para la codificación de video basada en bloques, un segmento de video (por ejemplo, una imagen de video o una porción de una imagen de video) puede dividirse en bloques de video, que también pueden denominarse unidades de árbol de codificación (CTU), unidades de codificación (CU) y/o nodos de codificación. Los bloques de video en un segmento intracodificado (I) de una imagen se codifican con el uso de predicción espacial con respecto a muestras de referencia en bloques vecinos en la misma imagen. Los bloques de video en un segmento intercodificado (P o B) de una imagen pueden usar predicción espacial con respecto a muestras de referencia en

bloques vecinos en la misma imagen o predicción temporal con respecto a muestras de referencia en otras imágenes de referencia. Las imágenes pueden denominarse cuadros, y las imágenes de referencia pueden denominarse cuadros de referencia.

SÍNTESIS

[0005] En general, esta divulgación describe técnicas relacionadas con filtros para el usuario en la codificación de video. En particular, cuando se realiza el filtrado de bucle adaptativo (ALF) para un bloque de muestras que se encuentra cerca del límite de una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos, es posible que no estén disponibles todas las muestras que se utilizan para realizar ALF. En un ejemplo, las muestras utilizadas para determinar el valor de gradiente de una muestra cerca de un límite pueden no estar disponibles si esas muestras están fuera del límite. En otro ejemplo, los valores de gradiente dentro de una ventana alrededor de un bloque de muestras que se utilizan para determinar gradientes y/u otra información para realizar ALF para el bloque pueden no estar disponibles. Esta divulgación describe técnicas para determinar dichos gradientes (o valores laplacianos) para muestras cerca de un límite y para determinar los valores de gradiente dentro de una ventana que están fuera de un límite en formas que potencialmente mejoran la precisión de los gradientes, la direccionalidad y el ALF que se realiza para esas muestras, mejorando así potencialmente la calidad subjetiva y/u objetiva del bloque de muestras filtrado.

[0006] En un ejemplo, un método para codificar video incluye reconstruir un bloque de datos de video para crear un bloque reconstruido de datos de video. El método incluye además determinar un valor de un gradiente para una muestra en el bloque reconstruido de datos de video, incluida la realización de un cálculo de gradiente para la muestra con el uso de una muestra disponible que corresponde a una muestra no disponible que está fuera de uno de: una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos que incluye el bloque reconstruido de muestras. El método incluye además la determinación de un filtro de bucle adaptativo para el bloque reconstruido de datos de video en función, al menos en parte, del valor determinado del gradiente para la muestra. El método incluye además aplicar el filtro de bucle adaptativo determinado al bloque reconstruido de datos de video para generar un bloque filtrado de datos de video.

[0007] En otro ejemplo, un aparato incluye una memoria configurada para almacenar un bloque de datos de video. El aparato incluye además uno o más procesadores, implementados en circuitos, en comunicación con la memoria, donde el procesador o los procesadores están configurados para: reconstruir el bloque de datos de video para crear un bloque reconstruido de datos de video; determinar un valor de un gradiente

para una muestra en el bloque reconstruido de datos de video, incluida la realización de un cálculo de gradiente para la muestra con el uso de una muestra disponible que corresponde a una muestra no disponible que está fuera de uno de: una imagen, un segmento, un mosaico, o un grupo de mosaicos que incluye el bloque reconstruido de muestras; determinar un filtro de bucle adaptativo para el bloque reconstruido de datos de video en función, al menos en parte, del valor determinado del gradiente; y aplicar el filtro de bucle adaptativo determinado al bloque reconstruido de datos de video para generar un bloque filtrado de datos de video.

[0008] En otro ejemplo, un aparato configurado para codificar datos de video incluye medios para reconstruir un bloque de datos de video para crear un bloque reconstruido de datos de video. El aparato incluye además medios para determinar un valor de un gradiente para una muestra en el bloque reconstruido de datos de video, incluida la realización de un cálculo de gradiente para la muestra con el uso de una muestra disponible que corresponde a una muestra no disponible que está fuera de uno de: una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos que incluye el bloque reconstruido de muestras. El aparato incluye además medios para determinar un filtro de bucle adaptativo para el bloque reconstruido de datos de video en función, al menos en parte, del valor determinado del gradiente para la muestra. El aparato incluye además medios para aplicar el filtro de bucle adaptativo determinado al bloque reconstruido de datos de video para generar un bloque filtrado de datos de video.

[0009] En otro ejemplo, un medio de almacenamiento legible por computadora se codifica con instrucciones que, cuando se ejecutan, hacen que uno o más procesadores configurados para codificar datos: reconstruyan un bloque de datos de video para crear un bloque reconstruido de datos de video; determinen un valor de un gradiente para una muestra en el bloque reconstruido de datos de video, incluida la realización de un cálculo de gradiente para la muestra con el uso de una muestra disponible que corresponde a una muestra no disponible que está fuera de uno de: una imagen, un segmento, un mosaico, o un grupo de mosaicos que incluye el bloque reconstruido de muestras; determinen un filtro de bucle adaptativo para el bloque reconstruido de datos de video en función, al menos en parte, del valor determinado del gradiente para la muestra; y apliquen el filtro de bucle adaptativo determinado al bloque reconstruido de datos de video para generar un bloque filtrado de datos de video.

[0010] Los detalles de uno o más ejemplos se establecen en los dibujos adjuntos y la descripción a continuación. Otras características, objetos y ventajas resultarán evidentes a partir de la descripción, los dibujos y las reivindicaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0011] La FIG. 1 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de codificación y decodificación de video de ejemplo que puede realizar las técnicas de la presente divulgación.

[0012] La FIG. 2 ilustra ejemplos de muestras fuera de una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos que no están disponibles para realizar operaciones de clasificación y filtrado de muestras como parte del filtrado de bucle adaptativo.

[0013] Las FIG. 3A y 3B ilustran técnicas para el cálculo de gradientes para el filtrado de bucle adaptativo con el uso de muestras no disponibles.

[0014] Las FIG. 4A-4H ilustran el cálculo de valores de gradiente para un bloque.

[0015] La FIG. 5 ilustra un ejemplo de filtro de bucle adaptativo.

[0016] La FIG. 6 ilustra un ejemplo de filtro de bucle adaptativo

[0017] La FIG. 7 es un diagrama de bloques que ilustra un codificador de video de ejemplo que puede realizar las técnicas de esta divulgación.

[0018] La FIG. 8 es un diagrama de bloques que ilustra un decodificador de video de ejemplo que puede realizar las técnicas de esta divulgación.

[0019] La FIG. 9 ilustra una implementación de ejemplo de una unidad de filtro para realizar las técnicas de esta divulgación.

[0020] a FIG. 10 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo para decodificar un bloque actual.

[0021] La FIG. 11 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo para codificar datos de video.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0022] Esta divulgación describe técnicas relacionadas con operaciones de filtrado que podrían usarse en una etapa de posprocesamiento, como parte de la codificación en bucle, o en la etapa de predicción de la codificación de video. Las técnicas de esta divulgación pueden implementarse en códecs de video existentes, como HEVC (codificación de video de alta eficiencia), o pueden ser una herramienta de codificación eficiente para un futuro estándar de codificación de video, como el estándar H.266 actualmente en desarrollo.

[0023] La codificación de video implica típicamente predecir un bloque de datos de video a partir de un bloque de datos de video ya codificado en la misma imagen (es decir, intrapredicción) o un bloque de datos de video ya codificado de datos de video en una imagen diferente (es decir, interpredicción). En algunos casos, el codificador de video también calcula los datos residuales al comparar el bloque predictivo con el bloque

original. Por tanto, los datos residuales representan una diferencia entre el bloque predictivo y el bloque original. El codificador de video transforma y cuantifica los datos residuales y señala los datos residuales transformados y cuantificados en el flujo de bits codificado. Un decodificador de video agrega los datos residuales al bloque predictivo para producir un bloque de video reconstruido que coincide con el bloque de video original más estrechamente que el bloque predictivo solo.

[0024] Para mejorar aún más la calidad del video decodificado, un decodificador de video puede realizar una o más operaciones de filtrado en los bloques de video reconstruidos. Ejemplos de estas operaciones de filtrado incluyen filtrado de desbloqueo, filtrado de desplazamiento adaptativo de muestra (SAO) y filtrado de bucle adaptativo (ALF). Los parámetros para estas operaciones de filtrado pueden ser determinados por un codificador de video y señalizados explícitamente en el flujo de bits de video codificado o pueden ser determinados implícitamente por un decodificador de video sin necesidad de que los parámetros sean señalizados explícitamente en el flujo de bits de video codificado. Esta divulgación describe técnicas relacionadas con ALF. ALF se puede utilizar en una etapa de posprocesamiento o para la codificación en bucle, o en un proceso de predicción.

[0025] Un decodificador de video puede realizar operaciones de clasificación en muestras en datos de video como parte de realizar ALF en los datos de video. Para realizar tales operaciones de clasificación en muestras en los datos de video, un decodificador de video puede realizar varios cálculos para cada una de las muestras en los datos de video, incluido el cálculo de valores de gradiente de muestras en los datos de video basados, al menos en parte, en muestras vecinas. Sin embargo, cuando una muestra está en un límite de imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaico, una o más muestras vecinas que se utilizan para calcular los valores de gradiente para la muestra pueden no estar disponibles porque la muestra o las muestras vecinas están fuera del límite de la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos.

[0026] En un ejemplo, el decodificador de video puede usar técnicas tales como relleno repetitivo para reemplazar muestras vecinas que están fuera del límite de la imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos con las muestras más cercanas que están dentro del límite. Sin embargo, esas técnicas pueden potencialmente introducir una pérdida de calidad subjetiva y/u objetiva. Por ejemplo, el relleno repetitivo puede potencialmente introducir discontinuidades en los datos de video reconstruidos que de otra manera no habrían aparecido si se hubieran utilizado los valores de muestra reales.

[0027] De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, un decodificador de video

puede calcular valores de gradiente para una muestra en un límite de imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos de manera que potencialmente mejoren la calidad subjetiva y/u objetiva de las muestras después de filtrar. En un ejemplo, un decodificador de video puede calcular valores de gradiente para una muestra en un límite de imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos al reemplazar una o más muestras vecinas que están fuera del límite de la imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos con valores de muestra de la muestra más cercana de la muestra o las muestras no disponibles dentro de la imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos a lo largo de la dirección del gradiente. Al reemplazar una o más muestras vecinas que están fuera del límite de la imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos con valores de muestra de la muestra más cercana de la muestra o las muestras no disponibles dentro de la imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos a lo largo de la dirección del gradiente, las técnicas descritas en este documento pueden mejorar la calidad subjetiva y/u objetiva de las muestras después del filtrado en comparación con técnicas como el relleno repetitivo, proporcionando así una solución técnica al problema técnico potencial descrito con anterioridad.

[0028] Como se usa en esta divulgación, el término codificación de video se refiere genéricamente a codificación de video o decodificación de video. De manera similar, el término codificador de video puede referirse genéricamente a un codificador de video o un decodificador de video. Además, ciertas técnicas descritas en esta divulgación con respecto a la decodificación de video también pueden aplicarse a la codificación de video, y viceversa. Por ejemplo, muchas veces los codificadores y decodificadores de video están configurados para realizar el mismo proceso o procesos recíprocos. Además, un codificador de video típicamente realiza la decodificación de video como parte de los procesos para determinar cómo codificar los datos de video.

[0029] La FIG. 1 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de sistema de codificación y decodificación de video 100 que puede realizar las técnicas de la presente divulgación. Las técnicas de la presente divulgación están generalmente dirigidas a la codificación (codificación y/o decodificación) de datos de video. En general, los datos de video incluyen cualquier dato para procesar un video. Por lo tanto, los datos de video pueden incluir video sin procesar y sin codificar, video codificado, video decodificado (por ejemplo, reconstruido) y metadatos de video, como datos de señalización.

[0030] Como se muestra en la FIG. 1, el sistema 100 incluye un dispositivo de origen 102 que proporciona datos de video codificados para ser decodificados y visualizados por un dispositivo de destino 116, en este ejemplo. En particular, el dispositivo de origen

102 proporciona los datos de video al dispositivo de destino 116 a través de un medio legible por computadora 110. El dispositivo de origen 102 y el dispositivo de destino 116 pueden ser cualquiera de una amplia gama de dispositivos, que incluyen computadoras de escritorio, computadoras portátiles (es decir, computadoras portátiles), tablets, decodificadores, microteléfonos tales como teléfonos inteligentes, televisores, cámaras, dispositivos de visualización, reproductores de medios digitales, consolas de videojuegos, dispositivos de transmisión de video de flujo continuo o similares. En algunos casos, el dispositivo de origen 102 y el dispositivo de destino 116 pueden estar equipados para la comunicación inalámbrica y, por lo tanto, pueden denominarse dispositivos de comunicación inalámbrica.

[0031] En el ejemplo de la FIG. 1, el dispositivo de origen 102 incluye la fuente de video 104, la memoria 106, el codificador de video 200 y la interfaz de salida 108. El dispositivo de destino 116 incluye la interfaz de entrada 122, el decodificador de video 300, la memoria 120 y el dispositivo de visualización 118. De acuerdo con esta divulgación, el codificador de video 200 del dispositivo de origen 102 y el decodificador de video 300 del dispositivo de destino 116 pueden configurarse para aplicar las técnicas de filtrado de bucle adaptativo. Por lo tanto, el dispositivo de origen 102 representa un ejemplo de un dispositivo de codificación de video, mientras que el dispositivo de destino 116 representa un ejemplo de un dispositivo de decodificación de video. En otros ejemplos, un dispositivo de origen y un dispositivo de destino pueden incluir otros componentes o disposiciones. Por ejemplo, el dispositivo de origen 102 puede recibir datos de video desde una fuente de video externa, tal como una cámara externa. Del mismo modo, el dispositivo de destino 116 puede interactuar con un dispositivo de visualización externo, en lugar de incluir un dispositivo de visualización integrado.

[0032] El sistema 100 como se muestra en la FIG. 1 es simplemente un ejemplo. En general, cualquier dispositivo de codificación y/o decodificación de video digital puede realizar técnicas para la filtración de bucle adaptativo. El dispositivo de origen 102 y el dispositivo de destino 116 son simplemente ejemplos de tales dispositivos de codificación en los que el dispositivo de origen 102 genera datos de video codificados para su transmisión al dispositivo de destino 116. Esta divulgación se refiere a un dispositivo de “codificación” como un dispositivo que realiza la codificación (codificación y/o decodificación) de datos. Por lo tanto, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 representan ejemplos de dispositivos de codificación, en particular, un codificador de video y un decodificador de video, respectivamente. En algunos ejemplos, el dispositivo de origen 102 y el dispositivo de destino 116 pueden funcionar de una

manera sustancialmente simétrica de manera que cada uno de los dispositivos de origen 102 y dispositivo de destino 116 incluyen componentes de codificación y decodificación de video. Por lo tanto, el sistema 100 puede admitir la transmisión de video unidireccional o bidireccional entre el dispositivo de origen 102 y el dispositivo de destino 116, por ejemplo, para transmisión de video de flujo continuo, reproducción de video, transmisión de video o telefonía de video.

[0033] En general, la fuente de video 104 representa una fuente de datos de video (es decir, datos de video sin procesar y sin codificar) y proporciona una serie secuencial de imágenes (también denominadas “cuadros”) de los datos de video al codificador de video 200, que codifica datos para las imágenes. La fuente de video 104 del dispositivo de origen 102 puede incluir un dispositivo de captura de video, tal como una cámara de video, un archivo de video que contiene video sin procesar previamente capturado, y/o una interfaz de alimentación de video para recibir video de un proveedor de contenido de video. Como alternativa adicional, la fuente de video 104 puede generar datos basados en gráficos de computadora como el video fuente, o una combinación de video en vivo, video archivado y video generado por computadora. En cada caso, el codificador de video 200 codifica los datos de video capturados, capturados previamente o generados por computadora. El codificador de video 200 puede reorganizar las imágenes del orden recibido (a veces denominado “orden de visualización”) en un orden de codificación para la codificación. El codificador de video 200 puede generar un flujo de bits que incluye datos de video codificados. El dispositivo de origen 102 puede entonces emitir los datos de video codificados a través de la interfaz de salida 108 en un medio legible por computadora 110 para recepción y/o recuperación por, por ejemplo, la interfaz de entrada 122 del dispositivo de destino 116.

[0034] La memoria 106 del dispositivo de origen 102 y la memoria 120 del dispositivo de destino 116 representan memorias de uso general. En ciertos ejemplos, las memorias 106, 120 pueden almacenar datos de video sin procesar, por ejemplo, video sin procesar de la fuente de video 104 y datos de video sin procesar y sin decodificar del decodificador de video 300. Adicional o alternativamente, las memorias 106, 120 pueden almacenar instrucciones de *software* ejecutables, por ejemplo, codificador de video 200 y decodificador de video 300, respectivamente. Aunque la memoria 106 y la memoria 120 se muestran por separado del codificador de video 200 y el decodificador de video 300 en este ejemplo, debe entenderse que el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 también pueden incluir memorias internas para propósitos funcionalmente similares o equivalentes. Además, las memorias 106, 120 pueden almacenar datos de

video codificados, por ejemplo, la salida del codificador de video 200 y la entrada al decodificador de video 300. En algunos ejemplos, partes de las memorias 106, 120 pueden asignarse como uno o más búferes de video, por ejemplo, para almacenar datos de video sin procesar, decodificados y/o codificados.

[0035] El medio legible por computadora 110 puede representar cualquier tipo de medio o dispositivo capaz de transportar los datos de video codificados desde el dispositivo de origen 102 al dispositivo de destino 116. En un ejemplo, el medio legible por computadora 110 representa un medio de comunicación para habilitar el dispositivo de origen 102 para transmitir datos de video codificados directamente al dispositivo de destino 116 en tiempo real, por ejemplo, a través de una red de radiofrecuencia o una red informática. La interfaz de salida 108 puede modular una señal de transmisión que incluye los datos de video codificados, y la interfaz de entrada 122 puede demodular la señal de transmisión recibida, de acuerdo con un estándar de comunicación, tal como un protocolo de comunicación inalámbrica. El medio de comunicación puede incluir cualquier medio de comunicación inalámbrico o cableado, como un espectro de radiofrecuencia (RF) o una o más líneas de transmisión física. El medio de comunicación puede formar parte de una red basada en paquetes, como una red de área local, una red de área amplia o una red global como Internet. El medio de comunicación puede incluir enrutadores, conmutadores, estaciones base o cualquier otro equipo que pueda ser útil para facilitar la comunicación desde el dispositivo de origen 102 al dispositivo de destino 116.

[0036] En algunos ejemplos, el dispositivo de origen 102 puede emitir datos codificados desde la interfaz de salida 108 al dispositivo de almacenamiento 112. De manera similar, el dispositivo de destino 116 puede acceder a los datos codificados desde el dispositivo de almacenamiento 112 a través de la interfaz de entrada 122. El dispositivo de almacenamiento 112 puede incluir cualquiera de una variedad de medios de almacenamiento de datos distribuidos o de acceso local, como un disco duro, discos Blu-ray, DVD, CD-ROM, memoria flash, memoria volátil o no volátil, o cualquier otro medio de almacenamiento digital adecuado para almacenar datos de video codificados.

[0037] En algunos ejemplos, el dispositivo de origen 102 puede enviar datos de video codificados al servidor de archivos 114 u otro dispositivo de almacenamiento intermedio que puede almacenar video codificado generado por el dispositivo de origen 102. El dispositivo de destino 116 puede acceder a los datos de video almacenados desde el servidor de archivos 114 mediante transmisión de flujo continuo o descarga. El servidor de archivos 114 puede ser cualquier tipo de dispositivo de servidor capaz de almacenar

datos de video codificados y transmitir esos datos de video codificados al dispositivo de destino 116. El servidor de archivos 114 puede representar un servidor web (por ejemplo, para un sitio web), un servidor de protocolo de transferencia de archivos (FTP), un dispositivo de red de entrega de contenido o un dispositivo de almacenamiento conectado a la red (NAS). El dispositivo de destino 116 puede acceder a datos de video codificados desde el servidor de archivos 114 a través de cualquier conexión de datos estándar, incluida una conexión a Internet. Esto puede incluir un canal inalámbrico (por ejemplo, una conexión Wi-Fi), una conexión por cable (por ejemplo, línea de abonado digital (DSL), módem de cable, etc.) o una combinación de ambos que sea adecuada para acceder a los datos de video codificados almacenados en el servidor de archivos 114. El servidor de archivos 114 y la interfaz de entrada 122 pueden configurarse para funcionar de acuerdo con un protocolo de transmisión de flujo continuo, un protocolo de transmisión de descarga o una combinación de estos.

[0038] La interfaz de salida 108 y la interfaz de entrada 122 pueden representar transmisores/receptores inalámbricos, módems, componentes de red cableados (por ejemplo, tarjetas Ethernet), componentes de comunicación inalámbrica que funcionan de acuerdo con cualquiera de una variedad de estándares IEEE 802.11 u otros componentes físicos. En los ejemplos en los que la interfaz de salida 108 y la interfaz de entrada 122 incluyen componentes inalámbricos, la interfaz de salida 108 y la interfaz de entrada 122 se pueden configurar para transferir datos, como datos de video codificados, de acuerdo con un estándar de comunicación celular, como 4G, 4G LTE (Long-Term Evolution), LTE Advanced, 5G o similar. En algunos ejemplos donde la interfaz de salida 108 incluye un transmisor inalámbrico, la interfaz de salida 108 y la interfaz de entrada 122 se pueden configurar para transferir datos, como datos de video codificados, de acuerdo con otros estándares inalámbricos, como una especificación IEEE 802.11, una especificación IEEE 802.15 (por ejemplo, ZigBee™), un estándar Bluetooth™ o similar. En algunos ejemplos, el dispositivo de origen 102 y/o el dispositivo de destino 116 pueden incluir dispositivos respectivos de sistema en un chip (SoC). Por ejemplo, el dispositivo de origen 102 puede incluir un dispositivo SoC para realizar la funcionalidad atribuida al codificador de video 200 y/o la interfaz de salida 108, y el dispositivo de destino 116 puede incluir un dispositivo SoC para realizar la funcionalidad atribuida al decodificador de video 300 y/o la interfaz de entrada 122.

[0039] Las técnicas de la presente divulgación se pueden aplicar a la codificación de video en apoyo de cualquiera de una variedad de aplicaciones multimedia, tales como transmisiones de televisión por aire, transmisiones de televisión por cable, transmisiones

de televisión por satélite, transmisiones de video de flujo continuo por Internet, tales como transmisión dinámica adaptativa de flujo continuo a través de HTTP (DASH), video digital que se codifica en un medio de almacenamiento de datos, decodificación de video digital almacenado en un medio de almacenamiento de datos u otras aplicaciones.

[0040] La interfaz de entrada 122 del dispositivo de destino 116 recibe un flujo de bits de video codificado del medio legible por computadora 110 (por ejemplo, un medio de comunicación, dispositivo de almacenamiento 112, servidor de archivos 114 o similar). El flujo de bits de video codificado puede incluir información de señalización definida por el codificador de video 200, que también es utilizada por el decodificador de video 300, como elementos de sintaxis que tienen valores que describen características y/o el procesamiento de bloques de video u otras unidades codificadas (por ejemplo, segmentos, imágenes, grupos de imágenes, secuencias o similares). El dispositivo de visualización 118 muestra imágenes decodificadas de los datos de video decodificados a un usuario. El dispositivo de visualización 118 puede representar cualquiera de una variedad de dispositivos de visualización tales como un tubo de rayos catódicos (CRT), una pantalla de cristal líquido (LCD), una pantalla de plasma, una pantalla de diodo orgánico de emisión de luz (OLED) u otro tipo de dispositivo de visualización.

[0041] Aunque no se muestra en la FIG. 1, en algunos ejemplos, tanto el codificador de video 200 como el decodificador de video 300 pueden estar integrados con un codificador de audio y/o decodificador de audio, y pueden incluir unidades MUX–DEMUX apropiadas, u otro *hardware* y/o *software*, para manejar flujos multiplexados que incluyen ambos audio y video en un flujo de datos común. Si corresponde, las unidades MUX–DEMUX pueden cumplir con el protocolo multiplexor ITU H.223 u otros protocolos como el protocolo de datagramas de usuario (UDP).

[0042] Tanto el codificador de video 200 como el decodificador de video 300 pueden implementarse como cualquiera de una variedad de circuitos de codificador y/o decodificador adecuados, tales como uno o más microprocesadores, procesadores de señal digital (DSP), circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC), matrices de puerta programables en campo (FPGA), lógica discreta, *software*, *hardware*, *firmware* o cualquier combinación de estos. Cuando las técnicas se implementan parcialmente en el *software*, un dispositivo puede almacenar instrucciones para el *software* en un medio adecuado, no transitorio, legible por computadora y ejecutar las instrucciones en *hardware* mediante uno o más procesadores para realizar las técnicas de la presente divulgación. Tanto el codificador de video 200 como el decodificador de video 300 pueden incluirse en uno o más codificadores o decodificadores, cualquiera de los cuales

puede integrarse como parte de un codificador/decodificador combinado (CODEC) en un dispositivo respectivo. Un dispositivo que incluye un codificador de video 200 y/o un decodificador de video 300 puede incluir un circuito integrado, un microprocesador y/o un dispositivo de comunicación inalámbrico, tal como un teléfono celular.

[0043] El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden funcionar de acuerdo con un estándar de codificación de video, tal como ITU-T H.265, también conocido como Codificación de Video de Alta Eficiencia (HEVC) o extensiones de estos, como la vista múltiple y/o extensiones de codificación de video escalables. Alternativamente, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden operar de acuerdo con otros estándares patentados o industriales, como el Modelo de Prueba de Exploración Conjunta (JEM) o ITU-T H.266, también conocido como Codificación de Video Versátil (VVC). Un borrador reciente del estándar VVC se describe en Bross, *et al.* “*Versatile Video Coding (Draft 7)*,” Equipo conjunto de expertos en video (JVET) de ITU-T SG 16 WP 3 e ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, 16^{to} encuentro: Geneva, CH, 1–11 de octubre de 2019, JVET-P2001-v9 (de ahora en más en la presente, “VVC Borrador 7”). Sin embargo, las técnicas de esta descripción no se limitan a ningún estándar de codificación particular.

[0044] En general, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden realizar una codificación de imágenes basada en bloques. El término “bloque” generalmente se refiere a una estructura que incluye datos a procesar (por ejemplo, codificados, decodificados o utilizados de otro modo en el proceso de codificación y/o decodificación). Por ejemplo, un bloque puede incluir una matriz bidimensional de muestras de datos de luminancia y/o crominancia. En general, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden codificar datos de video representados en un formato YUV (por ejemplo, Y, Cb, Cr). Es decir, en lugar de codificar datos rojos, verdes y azules (RGB) para muestras de una imagen, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden codificar componentes de luminancia y crominancia, donde los componentes de crominancia pueden incluir componentes de crominancia de tono rojo y azul. En algunos ejemplos, el codificador de video 200 convierte los datos con formato RGB recibidos en una representación YUV antes de la codificación, y el decodificador de video 300 convierte la representación YUV en el formato RGB. Alternativamente, las unidades de procesamiento previo y posterior (no mostradas) pueden realizar estas conversiones.

[0045] Esta divulgación puede referirse generalmente a la codificación (por ejemplo, codificación y decodificación) de imágenes para incluir el proceso de codificación o

decodificación de datos de la imagen. De manera similar, esta divulgación puede referirse a la codificación de bloques de una imagen para incluir el proceso de codificación o decodificación de datos para los bloques, por ejemplo, predicción y/o codificación residual. Un flujo de bits de video codificado generalmente incluye una serie de valores para elementos de sintaxis representativos de decisiones de codificación (por ejemplo, modos de codificación) y la división de imágenes en bloques. Por lo tanto, las referencias a la codificación de una imagen o un bloque generalmente deben entenderse como valores de codificación para elementos de sintaxis que forman la imagen o el bloque.

[0046] El HEVC define varios bloques, que incluyen unidades de codificación (CU), unidades de predicción (PU) y unidades de transformación (TU). De acuerdo con HEVC, un codificador de video (como el codificador de video 200) divide una unidad de árbol de codificación (CTU) en CU según una estructura de *quadtree*. Es decir, el codificador de video divide las CTU y CU en cuatro cuadrados iguales y no superpuestos, y cada nodo del *quadtree* tiene cero o cuatro nodos secundarios. Los nodos sin nodos secundarios pueden denominarse “nodos hoja”, y las CU de dichos nodos hoja pueden incluir una o más PU y/o una o más TU. El codificador de video puede particionar más PU y TU. Por ejemplo, en HEVC, un *quadtree* residual (RQT) representa la partición de TU. En HEVC, las PU representan datos de interpredicción, mientras que las TU representan datos residuales. Las CU que se intrapredicen incluyen información de intrapredicción, como una indicación de intramodo.

[0047] Como otro ejemplo, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden configurarse para funcionar de acuerdo con JEM o VVC. Según JEM o VVC, un codificador de video (como el codificador de video 200) divide una imagen en una pluralidad de unidades de árbol de codificación (CTU). El codificador de video 200 puede dividir una CTU de acuerdo con una estructura de árbol, tal como una estructura de árbol binario *quadtree* (QTBT) o una estructura de árbol de tipo múltiple (MTT). La estructura QTBT elimina los conceptos de múltiples tipos de partición, como la separación entre CU, PU y TU de HEVC. Una estructura QTBT incluye dos niveles: un primer nivel particionado de acuerdo con la partición de *quadtree* y un segundo nivel particionado de acuerdo con la partición de árbol binario. Un nodo raíz de la estructura QTBT corresponde a una CTU. Los nodos hoja de los árboles binarios corresponden a unidades de codificación (CU).

[0048] Los bloques (por ejemplo, CTU o CU) pueden agruparse de diversas formas en una imagen. Como ejemplo, un ladrillo puede referirse a una región rectangular de filas

de CTU dentro de un mosaico particular en una imagen. Un mosaico puede ser una región rectangular de CTU dentro de una columna de mosaico particular y una fila de mosaico particular en una imagen. Una columna de mosaico se refiere a una región rectangular de CTU que tiene una altura igual a la altura de la imagen y un ancho especificado por elementos de sintaxis (por ejemplo, en un conjunto de parámetros de imagen). Una fila de mosaicos se refiere a una región rectangular de CTU que tiene una altura especificada por elementos de sintaxis (por ejemplo, como en un conjunto de parámetros de imagen) y un ancho igual al ancho de la imagen.

[0049] En algunos ejemplos, un mosaico se puede dividir en múltiples ladrillos, cada uno de los cuales puede incluir una o más filas de CTU dentro del mosaico. Un mosaico que no está dividido en múltiples ladrillos también puede denominarse ladrillo. Sin embargo, un ladrillo que es un verdadero subconjunto de un mosaico puede no denominarse mosaico.

[0050] Los ladrillos de una imagen también pueden disponerse en un segmento. Un segmento puede ser un número entero de ladrillos de una imagen que puede estar contenido exclusivamente en una sola unidad de capa de abstracción de red (NAL). En algunos ejemplos, un segmento incluye un número de mosaicos completos o solo una secuencia consecutiva de ladrillos completos de un mosaico.

[0051] Esta divulgación puede usar “NxN” y “N por N” indistintamente para referirse a las dimensiones de muestra de un bloque (como una CU u otro bloque de video) en términos de dimensiones verticales y horizontales, por ejemplo, muestras de 16x16 o muestras de 16 por 16. En general, una CU de 16x16 tendrá 16 muestras en dirección vertical ($y = 16$) y 16 muestras en dirección horizontal ($x = 16$). Del mismo modo, una CU de NxN generalmente tiene N muestras en dirección vertical y N muestras en dirección horizontal, donde N representa un valor entero no negativo. Las muestras en una CU pueden organizarse en filas y columnas. Además, las CU no necesitan necesariamente tener el mismo número de muestras en la dirección horizontal que en la dirección vertical. Por ejemplo, las CU pueden incluir muestras de NxM, donde M no es necesariamente igual a N.

[0052] El codificador de video 200 codifica datos de video para CU que representan información de predicción y/o residual, y otra información. La información de predicción indica cómo se debe predecir la CU para formar un bloque de predicción para la CU. La información residual generalmente representa diferencias muestra por muestra entre muestras de la CU antes de la codificación y el bloque de predicción.

[0053] Para predecir una CU, el codificador de video 200 generalmente puede formar

un bloque de predicción para la CU a través de la interpredicción o la intrapredicción. La interpredicción generalmente se refiere a la predicción de la CU a partir de datos de una imagen previamente codificada, mientras que la intrapredicción generalmente se refiere a la predicción de la CU a partir de datos previamente codificados de la misma imagen. Para realizar la interpredicción, el codificador de video 200 puede generar el bloque de predicción con el uso de uno o más vectores de movimiento. El codificador de video 200 generalmente puede realizar una búsqueda de movimiento para identificar un bloque de referencia que coincida estrechamente con la CU, por ejemplo, en términos de diferencias entre la CU y el bloque de referencia. El codificador de video 200 puede calcular una métrica de diferencia con el uso de una suma de diferencia absoluta (SAD), suma de diferencias cuadradas (SSD), diferencia absoluta media (MAD), diferencias cuadradas medias (MSD) u otros cálculos de diferencia similares para determinar si un bloque de referencia coincide estrechamente con la CU actual. En algunos ejemplos, el codificador de video 200 puede predecir la CU actual mediante predicción unidireccional o predicción bidireccional.

[0054] Algunos ejemplos de JEM y VVC también proporcionan un modo de compensación de movimiento afín, que puede considerarse un modo de interpredicción. En el modo de compensación de movimiento afín, el codificador de video 200 puede determinar dos o más vectores de movimiento que representan movimiento no traslacional, tal como acercar o alejar, rotación, movimiento en perspectiva u otros tipos de movimiento irregular.

[0055] Para realizar la intrapredicción, el codificador de video 200 puede seleccionar un modo de intrapredicción para generar el bloque de predicción. Algunos ejemplos de JEM y VVC proporcionan sesenta y siete modos de intrapredicción, incluidos varios modos direccionales, así como el modo plano y el modo DC. En general, el codificador de video 200 selecciona un modo de intrapredicción que describe las muestras vecinas a un bloque actual (por ejemplo, un bloque de una CU) desde el cual predecir muestras del bloque actual. Tales muestras generalmente pueden estar arriba, arriba y a la izquierda, o a la izquierda del bloque actual en la misma imagen que el bloque actual, suponiendo que el codificador de video 200 codifique CTU y CU en orden de exploración de trama (de izquierda a derecha, de arriba abajo).

[0056] El codificador de video 200 codifica datos que representan el modo de predicción para un bloque actual. Por ejemplo, para los modos de interpredicción, el codificador de video 200 puede codificar datos que representan cuál de los diversos modos de interpredicción disponibles se usa, así como información de movimiento para el modo

correspondiente. Para la interpredicción unidireccional o bidireccional, por ejemplo, el codificador de video 200 puede codificar vectores de movimiento mediante la predicción avanzada de vectores de movimiento (AMVP) o el modo de fusión. El codificador de video 200 puede usar modos similares para codificar vectores de movimiento para el modo de compensación de movimiento afín.

[0057] Después de la predicción, tal como la intrapredicción o la interpredicción de un bloque, el codificador de video 200 puede calcular datos residuales para el bloque. Los datos residuales, como un bloque residual, representan diferencias muestra por muestra entre el bloque y un bloque de predicción para el bloque, formado con el uso del modo de predicción correspondiente. El codificador de video 200 puede aplicar una o más transformadas al bloque residual, para producir datos transformados en un dominio de transformación en lugar del dominio de muestra. Por ejemplo, el codificador de video 200 puede aplicar una transformada discreta de coseno (DCT), una transformada entera, una transformada wavelet o una transformada conceptualmente similar a los datos de video residual. Además, el codificador de video 200 puede aplicar una transformada secundaria después de la primera transformación, tal como una transformada secundaria no separable dependiente del modo (MDNSST), una transformada dependiente de la señal, una transformada Karhunen–Loeve (KLT) o similar. El codificador de video 200 produce coeficientes de transformación después de la aplicación de una o más transformadas.

[0058] Como se indicó con anterioridad, después de cualquier transformada para producir coeficientes de transformación, el codificador de video 200 puede realizar la cuantificación de los coeficientes de transformación. La cuantificación generalmente se refiere a un proceso en donde los coeficientes de transformación se cuantifican para posiblemente reducir la cantidad de datos utilizados para representar los coeficientes de transformación, proporcionando así una compresión adicional. Al realizar el proceso de cuantificación, el codificador de video 200 puede reducir la profundidad de bits asociada con algunos o todos los coeficientes de transformación. Por ejemplo, el codificador de video 200 puede redondear un valor de n bits a un valor de m bits durante la cuantificación, donde n es mayor que m . En algunos ejemplos, para realizar la cuantificación, el codificador de video 200 puede realizar un desplazamiento a la derecha bit a bit del valor a cuantificar.

[0059] Después de la cuantificación, el codificador de video 200 puede explorar los coeficientes de transformación, produciendo así un vector unidimensional a partir de la matriz bidimensional que incluye los coeficientes de transformación cuantificados. La

exploración puede estar diseñada para colocar coeficientes de transformación de energía más alta (y, por lo tanto, de frecuencia más baja) en la parte delantera del vector y para colocar coeficientes de transformación de energía más baja (y, por lo tanto, de frecuencia más alta) en la parte posterior del vector. En algunos ejemplos, el codificador de video 200 puede utilizar un orden de exploración predefinido para explorar los coeficientes de transformación cuantificados para producir un vector serializado, y luego codificar por entropía los coeficientes de transformación cuantificados del vector. En otros ejemplos, el codificador de video 200 puede realizar una exploración adaptativa. Después de explorar los coeficientes de transformación cuantificados para formar el vector unidimensional, el codificador de video 200 puede codificar por entropía el vector unidimensional, por ejemplo, de acuerdo con la codificación aritmética binaria adaptativa al contexto (CABAC). El codificador de video 200 también puede codificar por entropía valores para elementos de sintaxis que describen metadatos asociados con los datos de video codificados para uso por el decodificador de video 300 en la decodificación de los datos de video.

[0060] Para realizar CABAC, el codificador de video 200 puede asignar un contexto dentro de un modelo de contexto a un símbolo a transmitir. El contexto puede relacionarse con, por ejemplo, si los valores vecinos del símbolo tienen valor cero o no. La determinación de probabilidad puede basarse en un contexto asignado al símbolo.

[0061] El codificador de video 200 puede generar además datos de sintaxis, tales como datos de sintaxis basados en bloques, datos de sintaxis basados en imágenes y datos de sintaxis basados en secuencias, para el decodificador de video 300, por ejemplo, en un encabezado de imagen, un encabezado de bloque, un encabezado de segmento u otros datos de sintaxis, como un conjunto de parámetros de secuencia (SPS), un conjunto de parámetros de imagen (PPS) o un conjunto de parámetros de video (VPS). El decodificador de video 300 también puede decodificar dichos datos de sintaxis para determinar cómo decodificar los datos de video correspondientes.

[0062] De esta manera, el codificador de video 200 puede generar un flujo de bits que incluye datos de video codificados, por ejemplo, elementos de sintaxis que describen la partición de una imagen en bloques (por ejemplo, CU) e información de predicción y/o residual para los bloques. Finalmente, el decodificador de video 300 puede recibir el flujo de bits y decodificar los datos de video codificados.

[0063] En general, el decodificador de video 300 realiza un proceso recíproco al realizado por el codificador de video 200 para decodificar los datos de video codificados del flujo de bits. Por ejemplo, el decodificador de video 300 puede decodificar valores

para elementos de sintaxis del flujo de bits con el uso de CABAC de una manera sustancialmente similar, aunque recíproca, al proceso de codificación de CABAC del codificador de video 200. Los elementos de sintaxis pueden definir información de partición de una imagen en CTU, y la partición de cada CTU de acuerdo con una estructura de partición correspondiente, como una estructura QTBT, para definir las CU de la CTU. Los elementos de sintaxis pueden definir aún más la información de predicción y la residual para bloques (por ejemplo, CU) de datos de video.

[0064] La información residual puede estar representada, por ejemplo, por coeficientes de transformación cuantificados. El decodificador de video 300 puede cuantificar y transformar inversamente los coeficientes de transformación cuantificados de un bloque para reproducir un bloque residual para el bloque. El decodificador de video 300 usa un modo de predicción señalado (intrapredicción o interpredicción) e información de predicción relacionada (por ejemplo, información de movimiento para interpredicción) para formar un bloque de predicción para el bloque. El decodificador de video 300 puede entonces combinar el bloque de predicción y el bloque residual (muestra por muestra) para reproducir el bloque original. El decodificador de video 300 puede realizar un procesamiento adicional, tal como realizar un proceso de desbloqueo para reducir los artefactos visuales a lo largo de los límites del bloque.

[0065] De acuerdo con las técnicas de esta divulgación, el codificador de video y/o el decodificador de video pueden configurarse para reconstruir un bloque de datos de video para crear un bloque reconstruido de datos de video, determinar un valor de un gradiente para una muestra en el bloque reconstruido de datos de video, incluida la realización de un cálculo de gradiente para la muestra con el uso de una muestra disponible que corresponde a una muestra no disponible que está fuera de uno de: una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos que incluye el bloque reconstruido de muestras, determinar un filtro de bucle adaptativo para el bloque reconstruido de datos de video en función, al menos en parte, del valor determinado del gradiente para la muestra, y aplicar el filtro de bucle adaptativo determinado al bloque reconstruido de datos de video para generar un bloque filtrado de datos de video.

[0066] Esta divulgación generalmente puede referirse a “señalizar” cierta información, tal como elementos de sintaxis. El término “señalización” puede referirse generalmente a la comunicación de valores de elementos de sintaxis y/u otros datos utilizados para decodificar datos de video codificados. Es decir, el codificador de video 200 puede señalar valores para elementos de sintaxis en el flujo de bits. En general, la señalización se refiere a generar un valor en el flujo de bits. Como se indicó con anterioridad, el

dispositivo de origen 102 puede transportar el flujo de bits al dispositivo de destino 116 sustancialmente en tiempo real, o no en tiempo real, tal como podría ocurrir al almacenar elementos de sintaxis en el dispositivo de almacenamiento 112 para su posterior recuperación por el dispositivo de destino 116.

[0067] En el campo de la codificación de video, es común aplicar filtrado (por ejemplo, un filtro de bucle adaptativo) para mejorar la calidad de una señal de video reconstruida y/o decodificada. En el contexto de esta divulgación, un bloque reconstruido de datos de video puede referirse a un bloque de datos de video que ha sido reconstruido en el bucle de reconstrucción del codificador de video 200, o puede referirse a un bloque de datos de video que es decodificado por el decodificador de video 300. En algunos ejemplos, se puede aplicar un filtro como posfiltro, donde el cuadro filtrado no se usa para la predicción de cuadros futuros, o se puede aplicar un filtro como un filtro en bucle, donde el cuadro filtrado se usa para predecir cuadros futuros. Se puede diseñar un filtro, por ejemplo, al minimizar el error entre la señal original y la señal filtrada reconstruida/decodificada. De manera similar a los coeficientes de transformación, el codificador de video 200 puede cuantificar los coeficientes del filtro $h(k,l)$, $k = -K, \dots, K, l = -K, \dots, K$ por:

$$f(k,l) = \text{round}(\text{normFactor} \cdot h(k,l))$$

El codificador de video 200 puede enviar los coeficientes cuantificados codificados al decodificador de video 300. El factor de normalización (*normFactor*) puede ser igual a 2^n . Cuanto mayor sea el valor de *normFactor*, más precisa es la cuantificación y los coeficientes de filtro cuantificados $f(k,l)$ proporcionan un mejor rendimiento. Sin embargo, valores mayores de *normFactor* producen coeficientes $f(k,l)$ que requieren más bits para transmitir.

[0068] En el decodificador de video 300, los coeficientes de filtro decodificados $f(k,l)$ se aplican a la imagen/bloque reconstruido $R(i,j)$ como sigue:

$$\tilde{R}(i,j) = \sum_{k=-K}^K \sum_{l=-K}^K f(k,l) R(i+k, j+l) / \sum_{k=-K}^K \sum_{l=-K}^K f(k,l), \quad (1)$$

donde i y j son las coordenadas de las muestras dentro del cuadro o bloque.

[0069] El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden configurarse para implementar diversas técnicas de filtrado ALF. A continuación, se describirán aspectos de estas técnicas de filtrado (por ejemplo, ALF).

[0070] El ALF en bucle se evaluó durante la etapa de desarrollo de HEVC, pero el ALF

no se incluyó en la versión final del estándar HEVC. Sin embargo, el ALF en bucle se ha adoptado para VVC. Se pueden encontrar detalles de ejemplo en B. Bross, J. Chen, S. Liu, “JVET-L1001: Versatile Video Coding (Draft 3)”, que es una versión simplificada de ALF descrito en M. Karczewicz, L. Zhang, W.-J. Chien, X. Li, “EE2.5: Improvements on adaptive loop filter”, Equipo de exploración (JVET) de ITU-T SG 16 WP 3 e ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, Doc. JVET-B0060, 2^{do} Encuentro: San Diego, EE.UU., 20 de febrero - 26 de febrero de 2016 y M. Karczewicz, L. Zhang, W.-J. Chien, X. Li, “EE2.5: Improvements on adaptive loop filter”, Equipo de exploración (JVET) de ITU-T SG 16 WP 3 e ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, Doc. JVET-C0038, 3^{er} Encuentro: Geneva, CH, 26 de mayo - 1 de junio de 2016.

[0071] En VVC, para componentes de luma en una imagen, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden configurarse para aplicar un filtro de forma de diamante de 7x7 para ALF. En VVC, para ambos componentes de croma (por ejemplo, Cr y Cb) en una imagen, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden configurarse para aplicar un único conjunto de coeficientes ALF, como un filtro de forma de diamante de 5x5. En algunos ejemplos, también se pueden usar otras formas de filtro.

[0072] El decodificador de video 300 puede configurarse para filtrar cada muestra $\hat{I}_{i,j}$, lo que da como resultado un valor de muestra $I'_{i,j}$ como se muestra en la ecuación (2), donde L denota la longitud del filtro, $f_{m,n}$ representa el coeficiente de filtro y o indica un desplazamiento de filtro.

$$I'_{i,j} = (\sum_{m=-L}^L \sum_{n=-L}^L f_{m,n} \times \hat{I}_{i+m,j+n} + o) \gg (BD_F - 1), \quad (2)$$

en donde $(1 \ll (BD_F - 1)) = \sum_{m=-L}^L \sum_{n=-L}^L f(m,n)$ y $(o = (1 \ll (BD_F - 2)))$

En el Modelo de prueba 3 de VVC (VTM3), la profundidad de bits, indicada por BD_F , se estableció en 8.

[0073] En el Modelo de prueba 5 de VVC (VTM5.0), se introdujo el recorte en ALF y la ecuación (2) se modificó como se muestra en la ecuación (2*)

$$I'_{i,j} = (\sum_{m=-L}^L \sum_{n=-L}^L [f_{m,n} * \min(\max(-c_{m,n}, (\hat{I}_{i+m,j+n} - \hat{I}_{i,j})), c_{m,n})] + \hat{I}_{i,j} + o) \gg (BD_F - 1), \quad (2^*)$$

donde $c_{m,n}$ son los parámetros de recorte.

[0074] Se adoptó ALF en el borrador 4 de VVC. Se puede encontrar una descripción detallada de la clasificación de ALF en la solicitud de patente US N.º 16/427.017, presentada el 30 de mayo de 2019. En VVC, la clasificación se realiza para cada bloque de luma 4x4 con el uso de un cálculo de gradiente submuestreado, como se describe

en “CE2: *Subsampled Laplacian calculation (Test 6.1, 6.2, 6.3, and 6.4)*”, JVET-L0147, 12do Encuentro: Macao, CN, 3–12 de octubre de 2018. Además, se aplica un filtro de 7 *tap* a las muestras de luma y se aplica un filtro de 5 *tap* a las muestras de croma. En el borrador 7 de VVC, ALF usa siete (7) líneas de búfer para almacenar muestras adicionales debido a la dependencia del filtro de desbloqueo y SAO a lo largo de los límites horizontales entre las CTU. La descripción detallada del uso de búferes de línea se puede encontrar en JVET-M0164 y JVET-M0301.

[0075] Para reducir o eliminar el número de líneas para almacenar la muestra de las CTU vecinas, se han desarrollado algunas técnicas, como JVET-M0164, JVET-M0301, solicitud de patente US N.º 16/200.197, presentada el 26 de noviembre de 2018, y la patente US N.º 9.641.866, publicada el 2 de mayo de 2017.

[0076] Las técnicas en “*Adaptive loop filter with virtual boundary processing*”, JVET-M0164, 13er Encuentro: Marrakech, MA, 9-18 de enero de 2019 (en adelante JVET-M0164); “*Non-CE: Loop filter line buffer reduction*”, JVET-M0301, 13er Encuentro: Marrakech, MA, 9-18 de enero de 2019 (en adelante, JVET-M0301); solicitud de patente US N.º 16/200.197; y la patente US N.º 9.641.866 solo se aplican a los límites horizontales entre CTU. En el borrador 7 de VVC, se aplica un relleno duplicado en los límites de una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos debido a la falta de disponibilidad de muestras fuera de la imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos.

[0077] El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden configurarse para determinar una de una pluralidad de clases de ALF para aplicar a un bloque de datos de video (por ejemplo, un bloque de muestras de luma y/o muestras de croma). Al implementar VTM3, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 están configurados para aplicar la clasificación a cada bloque de luma de 4x4. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden configurarse para clasificar cada bloque de 4x4 en una de 25 clases en función de una direccionalidad determinada y un valor cuantificado de actividad para el bloque. Los detalles se describen a continuación.

[0078] El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden configurarse para determinar la clasificación de un ALF para un bloque en función de la dirección laplaciana 1D de las muestras del bloque y una actividad laplaciana 2D de las muestras del bloque para cada bloque de luma de 4x4. En un ejemplo, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden configurarse para calcular la suma de gradientes de muestras alternas dentro de una ventana de 8×8 que cubre un bloque de luma de 4x4 para determinar los valores de gradiente del bloque. El codificador de video 200 y

el decodificador de video 300 pueden configurarse para calcular cuatro valores de gradiente: un valor de gradiente vertical indicado por g_v , un valor de gradiente horizontal indicado por g_h , un valor de gradiente diagonal de 135 grados indicado por g_{d1} y un valor de gradiente diagonal de 45 grados denotado por g_{d2} . La Tabla 1 a continuación muestra los posibles valores de direccionalidad que pueden determinarse a partir de los gradientes y su significado físico con respecto a los valores de muestra del bloque. Para un sub-bloque de 4x4 con coordenada superior izquierda (i, j), los valores de gradiente g_v, g_h, g_{d1} y g_{d2} se definen como:

$$g_v = \sum_{k=i-2}^{i+5} \sum_{l=j-2}^{j+5} V_{k,l},$$

en donde $V_{k,l} = |2\hat{I}(k,l) - \hat{I}(k,l-1) - \hat{I}(k,l+1)|$, si tanto k como l son números pares o k y l no son números pares; $V_{k,l} = 0$, de lo contrario

$$g_h = \sum_{k=i-2}^{i+5} \sum_{l=j-2}^{j+5} H_{k,l},$$

en donde $H_{k,l} = |2\hat{I}(k,l) - \hat{I}(k-1,l) - \hat{I}(k+1,l)|$, si tanto k como l son números pares o k y l no son números pares; $H_{k,l} = 0$, de lo contrario

$$g_{d1} = \sum_{k=i-2}^{i+5} \sum_{l=j-2}^{j+5} D1_{k,l},$$

en donde $D1_{k,l} = |2\hat{I}(k,l) - \hat{I}(k-1,l-1) - \hat{I}(k+1,l+1)|$, si tanto k como l son números pares o k y l no son números pares; $D1_{k,l} = 0$, de lo contrario

$$g_{d2} = \sum_{k=i-2}^{i+5} \sum_{l=j-2}^{j+5} D2_{k,l},$$

en donde $D2_{k,l} = |2\hat{I}(k,l) - \hat{I}(k-1,l+1) - \hat{I}(k+1,l-1)|$, si tanto k como l son números pares o k y l no son números pares; $D2_{k,l} = 0$, de lo contrario.

[0079] Tabla 1. Valores de dirección y sus significados físicos

Valores de dirección	Significado físico
0	Textura
1	Fuerte horizontal/vertical
2	Horizontal/vertical
3	diagonal fuerte
4	diagonal

[0080] Para asignar la direccionalidad D , el codificador de video 200 y el decodificador

de video 300 pueden configurarse para comparar una relación de máximo y mínimo de los valores de gradiente horizontal y vertical, indicados por $R_{h,v}$ en la ecuación (3) a continuación, y la relación de máximo y mínimo de dos gradientes diagonales, denotados por $R_{d1,d2}$ en la ecuación (4), uno contra el otro con dos umbrales t_1 y t_2 .

$$R_{h,v} = g_{h,v}^{max} / g_{h,v}^{min} \quad (3)$$

$$\text{donde } g_{h,v}^{max} = \max(g_h, g_v), g_{h,v}^{min} = \min(g_h, g_v),$$

$$R_{d0,d1} = g_{d0,d1}^{max} / g_{d0,d1}^{min} \quad (4)$$

$$\text{donde } g_{d0,d1}^{max} = \max(g_{d0}, g_{d1}), g_{d0,d1}^{min} = \min(g_{d0}, g_{d1})$$

[0081] Al comparar las relaciones detectadas de gradientes horizontales/verticales y diagonales, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar cinco modos de dirección, es decir, D , dentro del rango de $[0, 4]$ inclusive, como se define en la ecuación (5) debajo.

$$D = \begin{cases} 0 & R_{h,v} \leq t_1 \ \&\& R_{d0,d1} \leq t_1 \\ 1 & R_{h,v} > t_1 \ \&\& R_{h,v} > R_{d0,d1} \ \&\& R_{h,v} > t_2 \\ 2 & R_{h,v} > t_1 \ \&\& R_{h,v} > R_{d0,d1} \ \&\& R_{h,v} \leq t_2 \\ 3 & R_{d0,d1} > t_1 \ \&\& R_{h,v} \leq R_{d0,d1} \ \&\& R_{d0,d1} > t_2 \\ 4 & R_{d0,d1} > t_1 \ \&\& R_{h,v} \leq R_{d0,d1} \ \&\& R_{d0,d1} \leq t_2 \end{cases} \quad (5)$$

[0082] El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden calcular un valor de actividad Act para el bloque como:

$$Act = \sum_{k=l-2}^{i+3} \sum_{l=j-2}^{j+3} (V_{k,l} + H_{k,l}). \quad (6)$$

[0083] El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden cuantificar adicionalmente el valor de actividad Act en el rango de 0 a 4 inclusive, y el valor cuantificado se indica como $\hat{A}$. Este proceso de cuantificación se detalla a continuación.

[0084] Un ejemplo de proceso de cuantificación se define como sigue:

$avg_var = \text{Clip_post}(\text{NUM_ENTRY}-1, (Act * \text{ScaleFactor}) \gg \text{shift});$

$\hat{A} = \text{ActivityToIndex}[avg_var],$

donde NUM_ENTRY se establece en 16, ScaleFactor se establece en 24, shift es $(3 + \text{profundidad de bits codificada interna})$, $\text{ActivityToIndex}[\text{NUM_ENTRY}] = \{0, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 4\}$ y la función $\text{Clip_post}(a, b)$ devuelve el valor más pequeño entre a y b .

[0085] Debido a las diferentes formas de calcular el valor de la actividad, ScaleFactor y ActivityToIndex pueden modificarse en comparación con el diseño ALF en JEM2.0.

[0086] En un esquema ALF basado en transformaciones geométricas (GALF) de ejemplo, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden

configurarse para clasificar cada bloque $N \times N$ en una de 25 clases (C) en función de la direccionalidad D del bloque y el valor cuantificado de la actividad $\hat{A}$ del bloque de la siguiente manera:

$$C = 5D + \hat{A}. \quad (7)$$

[0087] En un ejemplo, el valor de $\hat{A}$ se establece en 0... 4 para cada columna, que se deriva de la variable Act . El Act más pequeño para un nuevo valor de $\hat{A}$ está marcado en la fila superior (por ejemplo, 0, 8192, 16384, 57344, 122880). Por ejemplo, Act con valores dentro de [16384, 57344-1] caerá en $\hat{A}$ igual a 2.

[0088] Para cada clasificación, el codificador de video 200 puede configurarse para señalar un conjunto de coeficientes de filtro. Para distinguir mejor las diferentes direcciones de los bloques marcados con el mismo índice de clase, se pueden usar cuatro transformaciones geométricas, que incluyen sin transformación, diagonal, giro vertical y rotación. Las formas de fórmula de las tres transformaciones geométricas adicionales se pueden expresar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Diagonal: } f_D(k, l) &= f(l, k), \\ \text{Giro vertical: } f_V(k, l) &= f(k, K - l - 1), \\ \text{Rotación: } f_R(k, l) &= f(K - l - 1, k), \end{aligned} \quad (8)$$

en donde K es el tamaño del filtro, y $0 \leq k, l \leq K - 1$ son coordenadas de coeficientes, de modo que la ubicación (0,0) está en la esquina superior izquierda del bloque y la ubicación $(K - 1, K - 1)$ está en la esquina inferior derecha del bloque. Debe tenerse en cuenta que cuando se utiliza el soporte de filtro en forma de diamante, los coeficientes con coordenadas fuera del soporte de filtro se pueden establecer en 0. Una técnica para indicar el índice de transformación geométrica es derivar la transformación geométrica implícitamente (por ejemplo, sin señalización) para evitar la sobrecarga adicional. En algunos ejemplos de GALF, las transformaciones se aplican a los coeficientes de filtro $f(k, l)$ dependiendo de los valores de gradiente calculados para ese bloque. La relación entre la transformación y los cuatro gradientes se describe en la Tabla 2 a continuación. En uno o más ejemplos, las transformaciones se basan en cuál de los dos gradientes (horizontal y vertical, o gradientes de 45 y 135 grados) es mayor. Según la comparación, se puede extraer información de dirección más precisa. Por lo tanto, podrían obtenerse diferentes resultados de filtrado debido a la transformación mientras no aumenta la sobrecarga de los coeficientes de filtrado.

[0089] TABLA 2. MAPEO DE GRADIENTES Y TRANSFORMACIONES.

Valores de gradiente	Transformación
$g_{d2} < g_{d1}$ y $g_h < g_v$	Sin transformación

$g_{d2} < g_{d1} \text{ y } g_v < g_h$	Diagonal
$g_{d1} < g_{d2} \text{ y } g_h < g_v$	Giro vertical
$g_{d1} < g_{d2} \text{ y } g_v < g_h$	Rotación

[0090] Como se discutió con anterioridad, en los límites de una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos, incluidos los límites horizontales y los límites verticales, las muestras fuera de dichos límites no están disponibles para el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 para realizar operaciones de clasificación y filtrado de muestras a lo largo de dichos límites para fines de ALF. Un límite de una imagen puede ser los límites de un cuadro de datos de video, mientras que un límite de un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos puede ser un límite que separa porciones de un solo cuadro de datos de video, como segmentos, mosaicos, y grupos de mosaicos dentro del mismo cuadro de datos de video, y también se puede denominar un límite virtual. En algunos ejemplos, para los propósitos de la presente divulgación, los límites discutidos en este documento no incluyen un límite de CTU que no sea también un límite de segmento/mosaico/grupo de mosaico/imagen.

[0091] La FIG. 2 ilustra ejemplos de muestras fuera de una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos que no están disponibles para realizar operaciones de clasificación y filtrado de muestras como parte del filtrado de bucle adaptativo. Como se muestra en la FIG. 2, las muestras 142A-142D están dentro de los límites 140 del bloque 146, donde el bloque 146 puede ser una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos, y las muestras 143A-144D están fuera de los límites 140 del bloque 146. En particular, se dice que las muestras 142A-142D están a lo largo de los límites 140 porque las muestras 142A-142D son las muestras en el borde del bloque 146, de modo que cada una de las muestras 142A-24D es vecina de una muestra de las muestras 143A-144D que están fuera de los límites 140 del bloque 146.

[0092] En algunos ejemplos, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden realizar operaciones de clasificación y filtrado para las muestras 142A-142D del bloque 146 que requieren el uso de las muestras 143A-144D fuera de los límites 140 del bloque 146. Por ejemplo, para calcular uno o más valores de gradiente para la muestra 142A a lo largo del límite 140, el codificador de video 200 y 300 pueden requerir una o más muestras de muestras 143A para realizar el cálculo de uno o más valores de gradiente. Sin embargo, debido a que las muestras 143A-144D están fuera de los límites 140, las muestras 143A-144D pueden no estar disponibles para realizar operaciones de clasificación y filtrado para las muestras 142A-142D.

[0093] Como tal, algunas técnicas usan la muestra más cercana dentro de los límites

140 del bloque 146 en lugar de una muestra fuera de los límites 140 para realizar operaciones de clasificación y filtrado de muestras a lo largo de los límites 140, tales como las muestras 142A-142D. Una de estas técnicas se denomina relleno repetitivo y puede usarse tanto en los límites horizontales como verticales de los límites 140. Sin embargo, esas técnicas pueden introducir potencialmente una pérdida de calidad subjetiva y/u objetiva. Por ejemplo, el relleno repetitivo puede introducir potencialmente discontinuidades en los datos de video reconstruidos que de otra manera no habrían aparecido si se hubieran utilizado los valores de muestra reales.

[0094] Por tanto, en lugar de utilizar técnicas tales como relleno repetitivo u otras técnicas similares, los aspectos de la divulgación describen técnicas para determinar gradientes para las muestras 142A-142D que están a lo largo de los límites 140 del bloque 146 al reemplazar los valores de muestra de una o más de las muestras 143A-144D fuera de los límites 140 del bloque 146 con valores de muestra de muestras dentro del bloque 146 de formas que mejoran potencialmente la calidad subjetiva y/u objetiva de las muestras después del filtrado.

[0095] En algunos aspectos, las técnicas de esta divulgación amplían las técnicas de JVET-M0164, JVET-M0301, la solicitud de patente US N.º 16/200.197 y la patente US N.º 9.641.866 a los límites horizontales y verticales de una imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos, como los límites 140 del bloque 146. Las técnicas descritas se pueden aplicar individualmente o juntas en cualquier combinación.

[0096] En un ejemplo, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden realizar cálculos de gradiente como parte de la realización de filtrado de bucle adaptativo. Como se discutió con anterioridad, las muestras pueden clasificarse en una de veinticinco (25) categorías basadas en la actividad laplaciana total y la direccionalidad de ese bloque. En un ejemplo, en el cálculo de valores de gradiente, si una muestra está fuera de la imagen/segmento/mosaico/grupo de mosaicos actual, por ejemplo, si está fuera del límite 140 y, por lo tanto, no está disponible para el cálculo de valores de gradiente, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden usar el valor de muestra de la muestra más cercana de la muestra no disponible en la imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos actual, como el bloque 146, a lo largo de la dirección del gradiente en lugar del valor de muestra de la muestra no disponible al realizar cálculos de gradiente.

[0097] Las FIG. 3A y 3B ilustran técnicas para el cálculo de gradientes para el filtrado de bucle adaptativo con el uso de muestras no disponibles. Como parte de la realización del filtrado de bucle adaptativo, el codificador de video 200 y el decodificador de video

300 pueden realizar operaciones de clasificación y filtrado en función del cálculo de los valores de gradiente para las muestras.

[0098] Como se muestra en la FIG. 3A, el bloque 148 puede ser una imagen, un segmento, un mosaico, un grupo de mosaicos y similares, donde las muestras fuera de los límites del bloque 148 pueden no estar disponibles para las muestras dentro del bloque 148 para realizar cálculos de gradiente. El bloque 148 puede estar delimitado por, por ejemplo, el límite izquierdo 150A, que puede ser un límite vertical, y el límite superior 150B, que puede ser un límite horizontal. El término “límite” se usa en esta divulgación para indicar un límite de una imagen o un límite entre dos porciones de datos de video, donde estas porciones pueden residir dentro del mismo bloque de video o en diferentes bloques de video. Por lo tanto, el término “límite” no debe interpretarse como limitado a un límite que separa dos bloques de video, sino que también puede incluir límites virtuales que pueden separar dos partes cualesquiera de datos de video. En algunos ejemplos, el término límite puede no incluir límites de CTU que tampoco son límites de segmento/mosaico/grupo de mosaicos/imagen.

[0099] La FIG. 3A muestra un ejemplo de muestras a lo largo de los límites superior e izquierdo de la imagen/segmento/mosaico/grupo de mosaicos. $L[y,x]$ es la muestra de luma en la y -ésima fila y la x -ésima columna. Así, en el ejemplo de la FIG. 3A, las muestras pueden ser muestras de luma, y se muestra que tienen coordenadas en forma de $L[y,x]$, donde y es la coordenada vertical de la muestra y x es la coordenada horizontal de la muestra, donde $L[0,0]$ denota la muestra en la esquina superior izquierda del bloque 148. Como tal, las muestras a lo largo del límite superior 150B pueden tener coordenadas y de 0, mientras que las muestras a lo largo del límite izquierdo 150A del bloque 148 pueden tener coordenadas x de 0.

[0100] Para las muestras dentro del bloque 148 y están a lo largo del límite izquierdo 150A y el límite superior 150B (por ejemplo, muestras que tienen una coordenada x de 0 o muestras que tienen una coordenada y de 0, respectivamente, asumiendo que la muestra superior izquierda dentro del límite 150 tiene coordenadas de $(0, 0)$), el codificador de video (por ejemplo, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300) puede calcular valores de gradiente para una muestra en función de muestras vecinas a lo largo de la dirección del gradiente que se va a calcular. Por ejemplo, el codificador de video puede calcular, para una muestra dentro del bloque 148, un gradiente de dirección horizontal, un gradiente de dirección vertical, un gradiente de dirección diagonal de 45 grados y un gradiente de dirección diagonal de 135 grados.

[0101] En un ejemplo, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300

calculan los valores del gradiente horizontal, gradiente vertical y dos gradientes diagonales para una muestra con el uso de 1-D laplaciano:

$$g_v = \sum_{k=i-M}^{i+N+M-1} \sum_{l=j-M}^{j+N+M-1} V_{k,l}, \text{ en donde} \quad (9)$$

$$V_{k,l} = |2R(k, l) - R(k, l - 1) - R(k, l + 1)|,$$

$$g_h = \sum_{k=i-M}^{i+N+M-1} \sum_{l=j-M}^{j+N+M-1} H_{k,l}, \text{ en donde} \quad (10)$$

$$H_{k,l} = |2R(k, l) - R(k - 1, l) - R(k + 1, l)|,$$

$$g_{d1} = \sum_{k=i-M}^{i+N+M-1} \sum_{l=j-M}^{j+N+M-1} D1_{k,l}, \text{ en donde} \quad (11)$$

$$D1_{k,l} = |2R(k, l) - R(k - 1, l - 1) - R(k + 1, l + 1)|,$$

$$g_{d2} = \sum_{k=i-M}^{i+N+M-1} \sum_{j=j-M}^{j+N+M-1} D2_{k,l}, \text{ en donde} \quad (12)$$

$$D2_{k,l} = |2R(k, l) - R(k - 1, l + 1) - R(k + 1, l - 1)|.$$

[0102] En estos ejemplos, g_v representa un valor de gradiente vertical, g_h representa un valor de gradiente horizontal, g_{d1} representa un valor de gradiente diagonal de 135 grados y g_{d2} representa un valor de gradiente diagonal de 45 grados. Además, k, l son las coordenadas de los coeficientes y $R(k, l)$ es la muestra en las coordenadas (k, l) de un bloque reconstruido.

[0103] Como puede verse, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden calcular un valor de gradiente para una muestra en función, al menos en parte, de dos muestras vecinas de la muestra en la misma dirección de gradiente que el valor de gradiente que se está calculando. En particular, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden calcular los cuatro valores de gradiente direccional para la muestra central de tres (3) muestras vecinas consecutivas. Por tanto, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden calcular un valor de gradiente para una muestra que es la muestra central de tres (3) muestras vecinas consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente. Sin embargo, una muestra vecina de una muestra central en las tres (3) muestras vecinas consecutivas puede no estar disponible para calcular el valor de gradiente de la muestra que está dentro del bloque 148, como si una de las muestras vecinas en la misma dirección de gradiente estuviera afuera del límite superior 150B o fuera del límite izquierdo 150A del bloque 148, y por lo tanto fuera de una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos (por

ejemplo, el bloque 148) delimitado por el límite superior 150B y/o el límite izquierdo 150A.

[0104] De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar si una muestra vecina a lo largo de la misma dirección de gradiente no está disponible para calcular un valor de gradiente para una muestra y, de ser así, puede sustituir una muestra vecina disponible a lo largo de la misma dirección de gradiente para la muestra no disponible. En particular, para calcular un valor de gradiente para una muestra que es la muestra central de tres (3) muestras vecinas consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar si una de las dos muestras no centrales de la tres muestras vecinas consecutivas no está disponible y, de ser así, pueden reemplazar la muestra no disponible con la otra muestra no central (es decir, la muestra vecina disponible) de las tres muestras vecinas consecutivas para calcular el valor de gradiente para la muestra central. Reemplazar la muestra no disponible con la muestra vecina disponible incluye reemplazar el valor de muestra de la muestra no disponible con el valor de muestra de la muestra vecina disponible con el propósito de calcular el valor de gradiente para la muestra central.

[0105] Para el propósito de calcular un valor de gradiente, reemplazar una muestra no disponible con la muestra vecina disponible puede incluir calcular un valor de gradiente con el uso del valor de muestra de la muestra de reemplazo en lugar del valor de muestra de la muestra no disponible. Como tal, debido a que la muestra vecina disponible es una de las tres muestras vecinas consecutivas utilizadas para calcular un valor de gradiente, el valor de la muestra vecina disponible puede usarse dos veces al calcular el valor de gradiente de la muestra central de tres muestras vecinas consecutivas para representar las dos muestras no centrales en las tres muestras vecinas consecutivas.

[0106] En el ejemplo de la FIG. 3A, si una muestra está por encima del límite superior 150B del bloque 148, entonces la muestra no está disponible para los propósitos de determinar los valores de gradiente para las muestras en el bloque 148 que están a lo largo del límite superior 150B. Si el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 determinan que una de las tres muestras vecinas consecutivas utilizadas para calcular un valor de gradiente para una muestra que bordea el límite superior 150B está por encima del límite superior 150B, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar la muestra que está fuera del límite superior 150B con la otra muestra no central de las tres muestras vecinas consecutivas para calcular el valor del gradiente para la muestra que bordea el límite superior 150B.

[0107] Por ejemplo, para calcular un valor de gradiente vertical para la muestra 152A, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden tomar la muestra 152A en la ubicación $L[0, x]$ como la muestra central de tres (3) muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente vertical. Las otras dos muestras de las tres muestras consecutivas a lo largo de la dirección vertical con la muestra 152A como muestra central son la muestra vecina 152B en la ubicación $L[1, x]$ que está inmediatamente debajo de la muestra 152A en la dirección del gradiente vertical y la muestra vecina 152C en la ubicación $L[-1, x]$ que está inmediatamente encima de la muestra 152A en la dirección del gradiente vertical.

[0108] Sin embargo, como puede verse en la FIG. 3A, la muestra vecina 152C que está inmediatamente por encima de la muestra 152A en la ubicación $L[-1, x]$ puede no estar disponible porque la muestra vecina 152C está fuera del límite superior 150B del bloque 148. De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, en respuesta a la determinación de que la muestra 152C no está disponible, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar la muestra no disponible 152C con la muestra 152B, que es la otra muestra no central de las tres muestras vecinas consecutivas 152A-152C a lo largo de la dirección del gradiente vertical, para determinar el valor del gradiente vertical para la muestra 152A. Como se muestra en la FIG. 3A, la muestra 152C se reemplaza con la muestra en la ubicación $L[1, x]$, que es la muestra 152B.

[0109] En otro ejemplo, para calcular un valor de gradiente diagonal de 45 grados para la muestra 152D, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden tomar la muestra 152D en la ubicación $L[0, x]$ como la muestra central de tres (3) muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente diagonal de 45 grados. Las otras dos muestras de las tres muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente de 45 grados con la muestra 152D como muestra central son la muestra vecina 152E en la ubicación $L[1, x + 1]$ que está inmediatamente a la esquina inferior derecha de la muestra 152D en la dirección del gradiente diagonal de 45 grados y la muestra vecina 152F en la ubicación $L[-1, x-1]$ que está inmediatamente a la esquina superior izquierda de la muestra 152D en la dirección del gradiente diagonal de 45 grados.

[0110] Sin embargo, como puede verse en la FIG. 3A, la muestra vecina 152F inmediatamente a la esquina superior izquierda de la muestra 152D en la ubicación $L[-1, x-1]$ puede no estar disponible porque está fuera del límite superior 150B del bloque 148. De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, en respuesta a la

determinación de que la muestra 152F no está disponible, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar la muestra no disponible 152F con la muestra 152E, que es la otra muestra no central de las tres muestras vecinas consecutivas 152D-152F a lo largo de la dirección del gradiente diagonal de 45 grados, para determinar el valor de gradiente diagonal de 45 grados para la muestra 152D. Como se muestra en la FIG. 3A, la muestra 152F se reemplaza con la muestra en la ubicación $L[1, x + 1]$, que es la muestra 152E.

[0111] En otro ejemplo, para calcular un valor de gradiente diagonal de 135 grados para la muestra 152G, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden tomar la muestra 152G en la ubicación $L[0, x]$ como la muestra central de tres (3) muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente diagonal de 135 grados. Las otras dos muestras de las tres muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente de 135 grados con la muestra 152G como muestra central son la muestra vecina 152H en la ubicación $L[1, x-1]$ que está inmediatamente a la esquina inferior izquierda de la muestra 152G en la dirección del gradiente diagonal de 135 grados y la muestra vecina 152I en la ubicación $L[-1, x + 1]$ que está inmediatamente a la esquina superior derecha de la muestra 152G en la dirección del gradiente diagonal de 135 grados.

[0112] Sin embargo, como puede verse en la FIG. 3A, la muestra vecina 152I inmediatamente a la esquina superior derecha de la muestra 152G en la ubicación $L[-1, x + 1]$ puede no estar disponible porque está fuera del límite superior 150B del bloque 148. De acuerdo con los aspectos de la presente divulgación, en respuesta a la determinación de que la muestra 152I no está disponible, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar la muestra no disponible 152I con la muestra 152H, que es la otra muestra no central de las tres muestras vecinas consecutivas 152G-152I a lo largo de la dirección del gradiente diagonal de 135 grados, para determinar el valor de gradiente diagonal de 135 grados para la muestra 152G. Como se muestra en la FIG. 3A, la muestra 152I se reemplaza con la muestra en la ubicación $L[1, x-1]$, que es la muestra 152H.

[0113] En otro ejemplo, para calcular un valor de gradiente horizontal para la muestra 152J, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden tomar la muestra 152J en la ubicación $L[0, x]$ como la muestra central de tres (3) muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente horizontal. Las otras dos muestras de las tres muestras consecutivas a lo largo de la dirección horizontal con la muestra 152J como muestra central son la muestra vecina 152K en la ubicación $L[0, x + 1]$ que

está inmediatamente a la derecha de la muestra 152J en la dirección del gradiente horizontal y la muestra vecina 152L en la ubicación $L[0, x-1]$ que está inmediatamente a la izquierda de la muestra 152J en la dirección del gradiente horizontal. Debido a que las muestras 152J-152L están todas dentro del bloque 148 y no fuera del límite izquierdo 150A o del límite superior 150B, es posible que el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 no tengan que reemplazar ninguna de las muestras 152J-152L para calcular el valor de gradiente horizontal para la muestra 152J.

[0114] De manera similar, en el ejemplo de la FIG. 3A, si una muestra está a la izquierda del límite izquierdo 150A del bloque 148, entonces la muestra no está disponible con el propósito de determinar los valores de gradiente para las muestras en el bloque 148 que están a lo largo del límite izquierdo 150A. Si el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 determinan que una de las tres muestras vecinas consecutivas utilizadas para calcular un valor de gradiente para una muestra que bordea el límite izquierdo 150A está a la izquierda del límite izquierdo 150A, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar la muestra que está fuera del límite izquierdo 150A con la otra muestra no central de las tres muestras vecinas consecutivas para calcular el valor de gradiente para la muestra que bordea el límite izquierdo 150A.

[0115] Por ejemplo, para calcular un valor de gradiente horizontal para la muestra 152M, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden tomar la muestra 152M en la ubicación $L[y, 0]$ como la muestra central de tres (3) muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente horizontal. Las otras dos muestras de las tres muestras consecutivas a lo largo de la dirección horizontal con la muestra 150M como muestra central son la muestra vecina 152N en la ubicación $L[y, 1]$ que está inmediatamente a la derecha de la muestra 152M en la dirección del gradiente horizontal y la vecina muestra 152O en la ubicación $L[y, -1]$ que está inmediatamente a la izquierda de la muestra 152M en la dirección del gradiente horizontal.

[0116] Sin embargo, como puede verse en la FIG. 3A, la muestra vecina 152O inmediatamente a la izquierda de la muestra 152M en la ubicación $L[y, -1]$ puede no estar disponible porque está fuera del límite izquierdo 150A del bloque 148. De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, en respuesta a la determinación de que la muestra 152O no está disponible, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar la muestra no disponible 152O con la muestra 152N, que es la otra muestra no central de las tres muestras vecinas consecutivas 152M-152O a lo largo de la dirección del gradiente horizontal, para determinar el valor de gradiente horizontal para la muestra 152M. Como se muestra en la FIG. 3A, la muestra 152O se reemplaza

con la muestra en la ubicación $L[y, 1]$, que es la muestra 152N.

[0117] En otro ejemplo, para calcular un valor de gradiente diagonal de 45 grados para la muestra 152P, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden tomar la muestra 152P en la ubicación $L[y, 0]$ como la muestra central de tres (3) muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente diagonal de 45 grados. Las otras dos muestras de las tres muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente de 45 grados con la muestra 152P como muestra central son la muestra vecina 152Q en la ubicación $L[y+1, 1]$ que está inmediatamente a la esquina inferior derecha de la muestra 152P en la dirección del gradiente diagonal de 45 grados y la muestra vecina 152R en la ubicación $L[y-1, -1]$ que está inmediatamente a la esquina superior izquierda de la muestra 152P en la dirección del gradiente diagonal de 45 grados.

[0118] Sin embargo, como puede verse en la FIG. 3A, la muestra vecina 152R inmediatamente a la esquina superior izquierda de la muestra 152P en la ubicación $L[y-1, -1]$ puede no estar disponible porque está fuera del límite izquierdo 150A del bloque 148. De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, en respuesta a la determinación de que la muestra 152R no está disponible, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar la muestra no disponible 152R con la muestra 152Q, que es la otra muestra no central de las tres muestras vecinas consecutivas 152P-152R a lo largo de la dirección del gradiente diagonal de 45 grados, para determinar el valor de gradiente diagonal de 45 grados para la muestra 152P. Como se muestra en la FIG. 3A, la muestra 152R se reemplaza con la muestra en la ubicación $L[y+1, 1]$, que es la muestra 152Q.

[0119] En otro ejemplo, para calcular un valor de gradiente diagonal de 135 grados para la muestra 152S, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden tomar la muestra 152S en la ubicación $L[y, 0]$ como la muestra central de tres (3) muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente diagonal de 135 grados. Las otras dos muestras de las tres muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente de 135 grados con la muestra 152S como muestra central son la muestra vecina 152U en la ubicación $L[y-1, 1]$ que está inmediatamente a la esquina superior derecha de la muestra 152S en la dirección del gradiente diagonal de 135 grados y la muestra vecina 152T en la ubicación $L[y+1, -1]$ que está inmediatamente a la esquina inferior izquierda de la muestra 152S en la dirección del gradiente diagonal de 135 grados.

[0120] Sin embargo, como puede verse en la FIG. 3A, la muestra vecina 152T inmediatamente a la esquina inferior izquierda de la muestra 152S en la ubicación $L[y+1,$

-1] puede no estar disponible porque está fuera del límite izquierdo 150A del bloque 148. De acuerdo con los aspectos de la presente divulgación, en respuesta a la determinación de que la muestra 152T no está disponible, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar la muestra no disponible 152T con la muestra 152U, que es la otra muestra no central de las tres muestras vecinas consecutivas 152S-152U a lo largo de la dirección del gradiente diagonal de 135 grados, para determinar el valor de gradiente diagonal de 135 grados para la muestra 152S. Como se muestra en la FIG. 3A, la muestra 152T se reemplaza con la muestra en la ubicación $L[y-1, 1]$, que es la muestra 152U.

[0121] En otro ejemplo, para calcular un valor de gradiente vertical para la muestra 152J, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden tomar la muestra 152V en la ubicación $L[y, 0]$ como la muestra central de tres (3) muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente vertical. Las otras dos muestras de las tres muestras consecutivas a lo largo de la dirección vertical con la muestra 152V como muestra central son la muestra vecina 152W en la ubicación $L[y+1, 0]$ que está inmediatamente debajo de la muestra 152V en la dirección del gradiente vertical y la muestra vecina 152X en la ubicación $L[y-1, 0]$ que está inmediatamente a la parte superior de la muestra 152V en la dirección del gradiente vertical. Debido a que las muestras 152V-152X están todas dentro del bloque 148 y no fuera del límite izquierdo 150A o del límite superior 150B, es posible que el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 no tengan que reemplazar ninguna de las muestras 152V-152X para calcular el valor de gradiente vertical para la muestra 152V.

[0122] De acuerdo con algunos aspectos de la presente divulgación, en lugar de reemplazar muestras no disponibles que están fuera de los límites, como fuera del límite izquierdo 150A o del límite superior 150B, con muestras en la misma dirección de gradiente, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden, con el propósito de calcular los valores de gradiente de las muestras, usar relleno de espejo para reemplazar los valores de muestra de muestras no disponibles que están fuera de los límites con valores de muestra de muestras vecinas disponibles. El relleno de espejo puede referirse a un proceso por el cual el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 reflejan valores de muestra cerca de un límite actual de un bloque en lugar de, es decir, para tomar el lugar de, valores de muestra reales de una muestra no disponible.

[0123] Si la muestra no disponible bordea un límite horizontal, como el límite superior 150B, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden realizar un

relleno de espejo para reemplazar el valor de muestra de la muestra no disponible con el valor de muestra de una muestra en la misma columna que la muestra no disponible y que está dentro del límite horizontal. En particular, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar una distancia vertical de la muestra no disponible de una muestra en la misma columna que bordea el límite horizontal. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar una muestra disponible en la misma columna que la muestra no disponible que está a una distancia vertical igual de la muestra en la misma columna que bordea el límite horizontal pero en la dirección opuesta a la muestra en la misma columna que bordea el límite horizontal. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar los valores de muestra de la muestra no disponible con los valores de muestra de la muestra disponible en la misma columna que está a la misma distancia vertical que la muestra no disponible en la otra dirección de la muestra en la misma columna que bordea el límite horizontal.

[0124] En el ejemplo de la FIG. 3B, en el sistema de coordenadas $L[y, x]$, dada una muestra en $L[-1, 4]$ que está fuera del límite superior 150B y, por lo tanto, no está disponible, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar la distancia vertical entre la muestra no disponible y una muestra en la misma columna que bordea el límite superior 150B en $L[0, 4]$ como una distancia vertical de uno. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar que la muestra en $L[1, 4]$ es una muestra que está en la misma columna que está a una distancia vertical igual en la otra dirección de la muestra en $L[0,4]$ y pueden reemplazar los valores de muestra de la muestra no disponible en $L[-1, 4]$ con los valores de muestra de la muestra en $L[1, 4]$, realizando así un relleno de espejo para la muestra no disponible en $L[-1, 4]$.

[0125] Por ejemplo, para calcular un valor de gradiente vertical para la muestra 152A, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden tomar la muestra 152A en la ubicación $L[0, x]$ como la muestra central de tres (3) muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente vertical. Las otras dos muestras de las tres muestras consecutivas a lo largo de la dirección vertical con la muestra 152A como muestra central son la muestra vecina 152B en la ubicación $L[1, x]$ que está inmediatamente debajo de la muestra 152A en la dirección del gradiente vertical y la muestra vecina 152C en la ubicación $L[-1, x]$ que está inmediatamente encima de la muestra 152A en la dirección del gradiente vertical.

[0126] Sin embargo, como puede verse en la FIG. 3B, la muestra vecina 152C

inmediatamente encima de la muestra 152A en la ubicación $L[-1, x]$ puede no estar disponible porque está fuera del límite superior 150B del bloque 148. De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, en respuesta a la determinación de que la muestra 152C no está disponible, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden realizar un relleno de espejo para reemplazar la muestra 152C no disponible. En particular, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar que la muestra 152B en la ubicación $L[-1, x]$ es la muestra dentro del límite superior 150B que está en la misma columna que la muestra no disponible 152B y que está a la misma distancia vertical que la muestra no disponible 152C en la otra dirección de la muestra 152A en la ubicación $L[0, x]$ en la misma columna que bordea el límite superior 150B. Como tal, la muestra 152C se reemplaza con la muestra en la ubicación $L[1, x]$, que es la muestra 152B.

[0127] En otro ejemplo, para calcular un valor de gradiente diagonal de 45 grados para la muestra 152D, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden tomar la muestra 152D en la ubicación $L[0, x]$ como la muestra central de tres (3) muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente diagonal de 45 grados. Las otras dos muestras de las tres muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente de 45 grados con la muestra 152D como muestra central son la muestra vecina 152E en la ubicación $L[1, x + 1]$ que está inmediatamente a la esquina inferior derecha de la muestra 152D en la dirección del gradiente diagonal de 45 grados y la muestra vecina 152F en la ubicación $L[-1, x-1]$ que está inmediatamente a la esquina superior izquierda de la muestra 152D en la dirección del gradiente diagonal de 45 grados.

[0128] Sin embargo, como puede verse en la FIG. 3B, la muestra vecina 152F inmediatamente a la esquina superior izquierda de la muestra 152D en la ubicación $L[-1, x-1]$ puede no estar disponible porque está fuera del límite superior 150B del bloque 148. De acuerdo con los aspectos de la presente divulgación, en respuesta a la determinación de que la muestra 152F no está disponible, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden realizar un relleno de espejo para reemplazar la muestra 152F no disponible. En particular, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar que la muestra 153A en la ubicación $L[1, x-1]$ es la muestra dentro del límite superior 150B que está en la misma columna que la muestra no disponible 152F y que está a la misma distancia vertical que la muestra no disponible 152F en la otra dirección de la muestra en la ubicación $L[0, x-1]$ en la misma columna que bordea el límite superior 150B. Como tal, la muestra 152F se reemplaza con la

muestra en la ubicación $L[1, x-1]$, que es la muestra 153A.

[0129] En otro ejemplo, para calcular un valor de gradiente diagonal de 135 grados para la muestra 152G, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden tomar la muestra 152G en la ubicación $L[0, x]$ como la muestra central de tres (3) muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente diagonal de 135 grados. Las otras dos muestras de las tres muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente de 135 grados con la muestra 152G como muestra central son la muestra vecina 152H en la ubicación $L[1, x-1]$ que está inmediatamente a la esquina inferior izquierda de la muestra 152G en la dirección del gradiente diagonal de 135 grados y la muestra vecina 152I en la ubicación $L[-1, x + 1]$ que está inmediatamente a la esquina superior derecha de la muestra 152G en la dirección del gradiente diagonal de 135 grados.

[0130] Sin embargo, como puede verse en la FIG. 3B, la muestra vecina 152I inmediatamente a la esquina superior derecha de la muestra 152G en la ubicación $L[-1, x + 1]$ puede no estar disponible porque está fuera del límite superior 150B del bloque 148. De acuerdo con los aspectos de la presente divulgación, en respuesta a la determinación de que la muestra 152I no está disponible, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden realizar un relleno de espejo para reemplazar la muestra 152I no disponible. En particular, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar que la muestra 153B en la ubicación $L[1, x + 1]$ es la muestra dentro del límite superior 150B que está en la misma columna que la muestra no disponible 152I y que está a la misma distancia vertical que la muestra no disponible 152I en la otra dirección de la muestra en la ubicación $L[0, x + 1]$ en la misma columna que bordea el límite superior 150B. Como tal, la muestra 152I se reemplaza con la muestra en la ubicación $L[1, x + 1]$, que es la muestra 153B.

[0131] En otro ejemplo, para calcular un valor de gradiente horizontal para la muestra 152J, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden tomar la muestra 152J en la ubicación $L[0, x]$ como la muestra central de tres (3) muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente horizontal. Las otras dos muestras de las tres muestras consecutivas a lo largo de la dirección horizontal con la muestra 152J como muestra central son la muestra vecina 152K en la ubicación $L[0, x + 1]$ que está inmediatamente a la derecha de la muestra 152J en la dirección del gradiente horizontal y la muestra vecina 152L en la ubicación $L[0, x-1]$ que está inmediatamente a la izquierda de la muestra 152J en la dirección del gradiente horizontal. Debido a que las muestras 152J-152L están todas dentro del bloque 148 y no fuera del límite izquierdo

150A o del límite superior 150B, es posible que el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 no tengan que reemplazar ninguna de las muestras 152J-152L para calcular el valor de gradiente horizontal para la muestra 152J.

[0132] De manera similar, si la muestra no disponible bordea un límite vertical, como el límite izquierdo 150A, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden realizar un relleno de espejo para reemplazar el valor de muestra de la muestra no disponible con el valor de muestra de una muestra en la misma fila que la muestra no disponible y que está dentro del límite vertical. En particular, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar una distancia horizontal de la muestra no disponible de una muestra en la misma fila que bordea el límite vertical. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar una muestra en la misma fila que la muestra no disponible que está a una distancia horizontal igual de la muestra en la misma fila que bordea el límite vertical pero en la dirección opuesta a la muestra en la misma fila que bordea el límite vertical. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar la muestra no disponible con los valores de muestra de una muestra disponible en la misma fila que está a la misma distancia horizontal que la muestra no disponible en la otra dirección de la muestra en la misma columna que bordea el límite vertical en la otra dirección.

[0133] En el ejemplo de la FIG. 3B, en el sistema de coordenadas $L[y, x]$, dada una muestra en $L[y, -1]$ que está fuera del límite izquierdo 150A y por lo tanto no está disponible, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar la distancia horizontal entre la muestra no disponible y una muestra en la misma fila que bordea el límite izquierdo 150A en $L[y, 0]$ como una distancia horizontal de uno. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar que la muestra en $L[y, 1]$ es una muestra que está en la misma fila que está a una distancia horizontal igual en la otra dirección de la muestra en $L[y, 0]$ y pueden reemplazar los valores de muestra de la muestra no disponible en $L[y, -1]$ con los valores de muestra de la muestra en $L[y, 1]$, realizando así un relleno de espejo para la muestra no disponible en $L[y, -1]$.

[0134] Por ejemplo, para calcular un valor de gradiente horizontal para la muestra 152M, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden tomar la muestra 152M en la ubicación $L[y, 0]$ como la muestra central de tres (3) muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente horizontal. Las otras dos muestras de las tres muestras consecutivas a lo largo de la dirección horizontal con la muestra 150M como muestra central son la muestra vecina 152N en la ubicación $L[y, 1]$ que está

inmediatamente a la derecha de la muestra 152M en la dirección del gradiente horizontal y la vecina muestra 152O en la ubicación $L[y, -1]$ que está inmediatamente a la izquierda de la muestra 152M en la dirección del gradiente horizontal.

[0135] Sin embargo, como puede verse en la FIG. 3B, la muestra vecina 152O inmediatamente a la izquierda de la muestra 152M en la ubicación $L[y, -1]$ puede no estar disponible porque está fuera del límite izquierdo 150A del bloque 148. De acuerdo con los aspectos de la presente divulgación, en respuesta a la determinación de que la muestra 152O no está disponible, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden realizar un relleno de espejo para reemplazar la muestra 152O no disponible. En particular, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar que la muestra 152N en la ubicación $L[y, 1]$ es la muestra dentro del límite izquierdo 150A que está en la misma fila que la muestra no disponible 152O y que está a la misma distancia vertical que la muestra no disponible 152I en la otra dirección de la muestra en la ubicación $L[y, 0]$ en la misma fila que bordea el límite izquierdo 150A. Como tal, la muestra 152O se reemplaza con la muestra en la ubicación $L[y, 1]$, que es la muestra 152N.

[0136] En otro ejemplo, para calcular un valor de gradiente diagonal de 45 grados para la muestra 152P, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden tomar la muestra 152P en la ubicación $L[y, 0]$ como la muestra central de tres (3) muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente diagonal de 45 grados. Las otras dos muestras de las tres muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente de 45 grados con la muestra 152P como muestra central son la muestra vecina 152Q en la ubicación $L[y+1, 1]$ que está inmediatamente a la esquina inferior derecha de la muestra 152P en la dirección del gradiente diagonal de 45 grados y la muestra vecina 152R en la ubicación $L[y-1, -1]$ que está inmediatamente a la esquina superior izquierda de la muestra 152P en la dirección del gradiente diagonal de 45 grados.

[0137] Sin embargo, como puede verse en la FIG. 3B, la muestra vecina 152R inmediatamente a la esquina superior izquierda de la muestra 152P en la ubicación $L[y-1, -1]$ puede no estar disponible porque está fuera del límite izquierdo 150A del bloque 148. De acuerdo con los aspectos de la presente divulgación, en respuesta a la determinación de que la muestra 152R no está disponible, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden realizar un relleno de espejo para reemplazar la muestra 152R no disponible. En particular, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar que la muestra 154C en la ubicación $L[y-1, 1]$ es la muestra dentro del límite izquierdo 150A que está en la misma fila que la muestra no

disponible 152R y que está a la misma distancia vertical que la muestra no disponible 152R en la otra dirección de la muestra en la ubicación $L[y-1, 0]$ en la misma fila que bordea el límite izquierdo 150A. Como tal, la muestra 152R se reemplaza con la muestra en la ubicación $L[y-1, 1]$, que es la muestra 154C.

[0138] En otro ejemplo, para calcular un valor de gradiente diagonal de 135 grados para la muestra 152S, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden tomar la muestra 152S en la ubicación $L[y, 0]$ como la muestra central de tres (3) muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente diagonal de 135 grados. Las otras dos muestras de las tres muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente de 135 grados con la muestra 152S como muestra central son la muestra vecina 152U en la ubicación $L[y-1, 1]$ que está inmediatamente a la esquina superior derecha de la muestra 152S en la dirección del gradiente diagonal de 135 grados y la muestra vecina 152T en la ubicación $L[y+1, -1]$ que está inmediatamente a la esquina inferior izquierda de la muestra 152S en la dirección del gradiente diagonal de 135 grados.

[0139] Sin embargo, como puede verse en la FIG. 3B, la muestra vecina 152T inmediatamente a la esquina inferior izquierda de la muestra 152S en la ubicación $L[y+1, -1]$ puede no estar disponible porque está fuera del límite izquierdo 150A del bloque 148. De acuerdo con los aspectos de la presente divulgación, en respuesta a la determinación de que la muestra 152T no está disponible, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden realizar un relleno de espejo para reemplazar la muestra 152T no disponible. En particular, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar que la muestra 154D en la ubicación $L[y+1, 1]$ es la muestra dentro del límite izquierdo 150A que está en la misma fila que la muestra no disponible 152T y que está a la misma distancia vertical que la muestra no disponible 152T en la otra dirección de la muestra en la ubicación $L[y+1, 0]$ en la misma fila que bordea el límite izquierdo 150A. Como tal, la muestra 152T se reemplaza con la muestra en la ubicación $L[y+1, 1]$, que es la muestra 154D.

[0140] En otro ejemplo, para calcular un valor de gradiente vertical para la muestra 152J, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden tomar la muestra 152V en la ubicación $L[y, 0]$ como la muestra central de tres (3) muestras consecutivas a lo largo de la dirección del gradiente vertical. Las otras dos muestras de las tres muestras consecutivas a lo largo de la dirección vertical con la muestra 152V como muestra central son la muestra vecina 152W en la ubicación $L[y+1, 0]$ que está inmediatamente debajo de la muestra 152V en la dirección del gradiente vertical y la

muestra vecina 152X en la ubicación $L[y-1, 0]$ que está inmediatamente a la parte superior de la muestra 152V en la dirección del gradiente vertical. Debido a que las muestras 152V-152X están todas dentro del bloque 148 y no fuera del límite izquierdo 150A o del límite superior 150B, es posible que el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 no tengan que reemplazar ninguna de las muestras 152V-152X para calcular el valor de gradiente vertical para la muestra 152V.

[0141] En algunos ejemplos, como se describió con anterioridad, para realizar ALF, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar una clasificación para muestras basada al menos en parte en los valores de gradiente para las muestras, tal como se determina con el uso de las técnicas descritas en las FIG. 3A y 3B. En particular, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden configurarse para determinar una de una pluralidad de clases de ALF para aplicar a un bloque de datos de video (por ejemplo, un bloque de muestras de luma y/o muestras de croma) en base a valores de gradiente. En algunos ejemplos, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 están configurados para aplicar una clasificación a cada bloque de luma de 4x4. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden configurarse para clasificar cada bloque de 4x4 en una de 25 clases en función de una direccionalidad determinada y un valor cuantificado de actividad para el bloque con el fin de seleccionar un filtro de bucle adaptativo para cada bloque. Los detalles se describen a continuación.

[0142] El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden configurarse para determinar la clasificación de un ALF para un bloque en función de la dirección laplaciana 1D de las muestras del bloque y una actividad laplaciana 2D de las muestras del bloque para cada bloque de luma de 4x4. En un ejemplo, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden configurarse para calcular la suma de gradientes de muestras alternas dentro de una ventana de 8×8 que cubre un bloque de luma de 4x4 para determinar los valores de gradiente del bloque. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden configurarse para calcular cuatro valores de gradiente: un valor de gradiente vertical indicado por g_v , un valor de gradiente horizontal indicado por g_h , un valor de gradiente diagonal de 135 grados indicado por g_{d1} y un valor de gradiente diagonal de 45 grados denotado por g_{d2} .

[0143] Como se muestra en la FIG. 4A, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden calcular un valor de gradiente (representado en la FIG. 4A como "D1") para muestras en la región de 8x8. El cálculo de los valores de gradiente para una muestra puede incluir el cálculo de valores para cada uno de: un gradiente vertical, un

gradiente horizontal, un gradiente diagonal de 45 grados y un gradiente diagonal de 135 grados para esta.

[0144] En algunos ejemplos, el codificador de video y el decodificador de video 300 pueden calcular valores de gradiente para todas las muestras en la región de 8x8 o para menos de todas las muestras en la región de 8x8. Por ejemplo, para calcular valores de gradiente para menos de todas las muestras en la región de 8x8, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden calcular un valor de gradiente para muestras alternas en la región de 8x8, como se muestra en la FIG. 4A, en lugar de para cada muestra en la región 8x8. Determinar un valor de gradiente para menos de todas las muestras (por ejemplo, para muestras alternas) en la región de 8x8, en lugar de determinar un valor de gradiente para cada muestra en la región de 8x8, puede, en algunos ejemplos, denominarse “submuestreo” y los valores de gradiente determinados para menos de todas las muestras en la región 8x8 pueden denominarse “gradientes submuestreados”.

[0145] En el VVC actual, un bloque de 4x4, como el bloque 170, ilustrado sombreado en la FIG. 4A, acumula gradientes submuestreados en la ventana circundante de 8x8, como la región 172. Las partes de la región 172 fuera del bloque 170 se ilustran sin sombrear en la FIG. 4A. En un ejemplo, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 determinan la actividad del bloque 170 como la suma de los gradientes vertical y horizontal sobre la región 172. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 cuantifican este valor para producir cinco valores de actividad. Además, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 determinan la dirección del gradiente dominante dentro del bloque 170 al comparar los gradientes direccionales y, además, se determina la intensidad de la dirección, lo que da cinco valores de dirección. Ambas características juntas dan como resultado 25 clases.

[0146] Sin embargo, las porciones de la región 172 fuera del bloque 170 también pueden estar más allá de un límite horizontal o un límite vertical del bloque 170 y, por lo tanto, los gradientes fuera del límite horizontal o el límite vertical del bloque 170 pueden no estar disponibles para determinar las sumas de gradientes sobre la región 172. Por ejemplo, las porciones de la región 172 fuera del bloque 170 que están del otro lado de un límite horizontal o un límite vertical del bloque 170 están más allá del límite horizontal o del límite vertical. Los ejemplos de límites horizontales y límites verticales pueden incluir un límite de imagen, un límite de segmento, un límite de mosaico, un límite de grupo de mosaicos y similares, como se describe a lo largo de esta divulgación. Como tal, los aspectos de la presente divulgación son aplicables a los límites que no son de

CTU, tales como un límite de imagen (es decir, el límite de un cuadro de datos de video) o un límite virtual.

[0147] Una técnica para superar potencialmente este problema implica el uso de muestras rellenas para determinar gradientes para muestras que no están disponibles. Por ejemplo, para la muestra A actual en el bloque 170, si el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 necesitan una muestra B que está del otro lado de un límite horizontal o vertical con respecto a la muestra A, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar el valor de la muestra B con la muestra más cercana de la muestra B en el lado de la muestra A dentro del bloque 170. Estas muestras reemplazadas pueden denominarse muestras rellenas. Sin embargo, estas técnicas pueden potencialmente introducir una pérdida de calidad subjetiva y/u objetiva. Por ejemplo, el relleno puede potencialmente introducir discontinuidades en los datos de video reconstruidos que de otro modo no habrían aparecido si se hubieran utilizado los valores de muestra reales.

[0148] De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, en lugar de usar muestras rellenas para reemplazar gradientes que están fuera de los límites de una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos, esos gradientes se reemplazan con el gradiente dentro de los límites de la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos. En algunos ejemplos, los gradientes que están fuera de un límite pueden reemplazarse con gradientes que están dentro de un límite, incluso si los gradientes dentro del límite están fuera del bloque 170 de 4x4.

[0149] Como se muestra en la FIG. 4B, si un gradiente está fuera del límite horizontal 174 de una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos, se utiliza el gradiente más cercano en la misma columna de una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos. En particular, las muestras 160A-160H están fuera del límite horizontal 174 porque las muestras 160A-160H están del otro lado del límite horizontal 174 del bloque 170. Como tal, los gradientes para las muestras 160A-160H no están disponibles para clasificar el bloque 170 en función, al menos en parte, de la acumulación de gradientes submuestreados en la región 172 circundante de 8x8 del bloque 170.

[0150] De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar los gradientes en la región 172 que están fuera del límite horizontal 174 con el gradiente más cercano en la misma columna en la región 172 que están dentro del límite horizontal 174 (es decir, en el mismo lado del límite horizontal 174 que el bloque 170). Así, en el ejemplo de la FIG. 4B, el

codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar el gradiente para la muestra 160A que está fuera del límite horizontal 174 con el gradiente para la muestra 160I que está dentro del límite horizontal 174, como indica la flecha que apunta desde la muestra 160I a la muestra 160A. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar el gradiente para la muestra 160E que está fuera del límite horizontal 174 con el gradiente para la muestra 160K que está dentro del límite horizontal 174, como indica la flecha que apunta desde la muestra 160K a la muestra 160E.

[0151] El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar el gradiente para la muestra 160B que está fuera del límite horizontal 174 con el gradiente para la muestra 162A que está dentro del límite horizontal 174, como indica la flecha que apunta desde la muestra 162A a la muestra 160B. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 también pueden reemplazar el gradiente para la muestra 160F que está fuera del límite horizontal 174 con el gradiente para la muestra 162C que está dentro del límite horizontal 174, como indica la flecha que apunta desde la muestra 162C a la muestra 160F. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 también pueden reemplazar el gradiente para la muestra 160C que está fuera del límite horizontal 174 con el gradiente para la muestra 162B que está dentro del límite horizontal 174, como se indica mediante la flecha que apunta desde la muestra 162B a la muestra 160C. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 también pueden reemplazar el gradiente para la muestra 160G que está fuera del límite horizontal 174 con el gradiente para la muestra 162D que está dentro del límite horizontal 174, como indica la flecha que apunta desde la muestra 162D a la muestra 160G.

[0152] El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 también pueden reemplazar el gradiente para la muestra 160D que está fuera del límite horizontal 174 con el gradiente para la muestra 160J que está dentro del límite horizontal 174, como indica la flecha que apunta desde la muestra 160J a la muestra 160D. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 también pueden reemplazar el gradiente para la muestra 160H que está fuera del límite horizontal 174 con el gradiente para la muestra 160L que está dentro del límite horizontal 174, como indica la flecha que apunta desde la muestra 160L a la muestra 160H.

[0153] Como se muestra en la FIG. 4C, si un gradiente está fuera del límite vertical 176, se utiliza el gradiente más cercano en la misma fila en la imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos delimitado por el límite vertical 176. En particular, la muestra 160A,

la muestra 160E, la muestra 160I, la muestra 160K, la muestra 160M, la muestra 160O, la muestra 160Q y la muestra 160U están fuera del límite vertical 176 porque la muestra 160A, la muestra 160E, la muestra 160I, la muestra 160K, la muestra 160M, la muestra 160O, la muestra 160Q y la muestra 160U están del otro lado del límite vertical 176 del bloque 170. Como tales, los gradientes para la muestra 160A, la muestra 160E, la muestra 160I, la muestra 160K, la muestra 160M, la muestra 160O, la muestra 160Q y la muestra 160U no están disponibles para clasificar el bloque 170 en función, al menos en parte, de la acumulación de gradientes submuestreados en la región 172 circundante de 8x8 del bloque 170.

[0154] De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar los gradientes en la región 172 que están fuera del límite vertical 176 con el gradiente más cercano en la misma fila en la región 172 que están dentro del límite vertical 176 (es decir, en el mismo lado del límite vertical 176 que el bloque 170). Así, en el ejemplo de la FIG. 4C, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar el gradiente para la muestra 160A que está fuera del límite vertical 176 con el gradiente para la muestra 160B que está dentro del límite vertical 176, como indica la flecha que apunta desde la muestra 160B a la muestra 160A. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar el gradiente para la muestra 160E que está fuera del límite vertical 176 con el gradiente para la muestra 160F que está dentro del límite vertical 176, como indica la flecha que apunta desde la muestra 160F a la muestra 160E.

[0155] El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar el gradiente para la muestra 160I que está fuera del límite vertical 176 con el gradiente para la muestra 162A que está dentro del límite vertical 176, como indica la flecha que apunta desde la muestra 162A a la muestra 160I. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 también pueden reemplazar el gradiente para la muestra 160K que está fuera del límite vertical 176 con el gradiente para la muestra 162C que está dentro del límite vertical 176, como indica la flecha que apunta desde la muestra 162C a la muestra 160K. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 también pueden reemplazar el gradiente para la muestra 160M que está fuera del límite vertical 176 con el gradiente para la muestra 162E que está dentro del límite vertical 176, como indica la flecha que apunta desde la muestra 162E a la muestra 160M. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 también pueden reemplazar el gradiente para la muestra 160O que está fuera del límite vertical 176 con el gradiente para la muestra 162G que está dentro del límite vertical 176, como indica la flecha que

apunta desde la muestra 162G a la muestra 160O.

[0156] El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 también pueden reemplazar el gradiente para la muestra 160Q que está fuera del límite vertical 176 con el gradiente para la muestra 160R que está dentro del límite vertical 176, como indica la flecha que apunta desde la muestra 160R a la muestra 160Q. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 también pueden reemplazar el gradiente para la muestra 160U que está fuera del límite vertical 176 con el gradiente para la muestra 160V que está dentro del límite vertical 176, como indica la flecha que apunta desde la muestra 160V a la muestra 160U.

[0157] En otro ejemplo, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden calcular gradientes adicionales en la imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaico para reemplazar los gradientes no disponibles que están fuera de la imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos. Como se discutió con anterioridad, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden calcular un gradiente para muestras alternas en la región 172 de 8x8, incluido el cálculo de un gradiente para muestras alternas en el bloque 170, calculando así gradientes para ocho de las dieciséis muestras en el bloque 170. Además, como se muestra en las Figs. 5B y C, tanto el límite horizontal 174 como el límite vertical 176 pueden provocar que ocho gradientes en la región 172 que están fuera del límite horizontal 174 o del límite vertical 176 no estén disponibles. Como tal, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar los ocho gradientes no disponibles al calcular ocho gradientes adicionales para ocho muestras adicionales en el bloque 170.

[0158] Como se muestra en la FIG. 4D, las muestras 160A-160H están fuera del límite horizontal 174 porque las muestras 160A-160H están del otro lado del límite horizontal 174 del bloque 170. Como tal, los gradientes para las muestras 160A-160H no están disponibles para clasificar el bloque 170 en función, al menos en parte, de la acumulación de gradientes submuestreados en la región 172 circundante de 8x8 del bloque 170.

[0159] De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, cuando se calculan los valores de gradiente submuestreados, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar los gradientes no disponibles al calcular ocho gradientes adicionales para ocho muestras en el bloque 170. Por ejemplo, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden calcular gradientes para las muestras 162I-162P dentro del bloque 170, y puede usar los gradientes para las muestras 162I-162P en lugar de gradientes no disponibles para las muestras 160A-160H para realizar la

clasificación del bloque 170.

[0160] De manera similar, como se muestra en la FIG. 4E, la muestra 160A, la muestra 160E, la muestra 160I, la muestra 160K, la muestra 160M, la muestra 160O, la muestra 160Q y la muestra 160U están fuera del límite vertical 176 porque la muestra 160A, la muestra 160E, la muestra 160I, la muestra 160K, la muestra 160M, la muestra 160O, la muestra 160Q y la muestra 160U están del otro lado del límite vertical 176 del bloque 170. Como tales, los gradientes para la muestra 160A, la muestra 160E, la muestra 160I, la muestra 160K, la muestra 160M, la muestra 160O, la muestra 160Q y la muestra 160U no están disponibles para clasificar el bloque 170 en función, al menos en parte, de la acumulación de gradientes submuestreados en la región 172 circundante de 8x8 del bloque 170.

[0161] De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, cuando se calculan los valores de gradiente submuestreados, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar los gradientes no disponibles al calcular ocho gradientes adicionales para ocho muestras en el bloque 170. Por ejemplo, codificador de video 200 y el decodificador de video 300 puede calcular gradientes para las muestras 162I-162P dentro del bloque 170, y puede usar los gradientes para las muestras 162I-162P en lugar de gradientes no disponibles para la muestra 160A, la muestra 160E, la muestra 160I, la muestra 160K, la muestra 160M, la muestra 160O, la muestra 160Q y la muestra 160U para realizar la clasificación del bloque 170.

[0162] En otro ejemplo, si un gradiente está fuera de los límites, se usa el gradiente más cercano en la misma dirección de gradiente en la imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos. Esto puede ser aplicable a gradientes horizontales, verticales y diagonales.

[0163] Como se muestra en la FIG. 4F, la región 172 puede incluir gradientes diagonales de 135 grados, indicados como "D1". Como tal, los gradientes que están fuera de un límite se pueden reemplazar con el gradiente más cercano en la misma dirección diagonal de 135 grados.

[0164] En la FIG. 4F, para la región 172 que tiene un límite horizontal 174, las muestras 160A-160H están fuera del límite horizontal 174 porque las muestras 160A-160H están del otro lado del límite horizontal 174 del bloque 170. Como tal, los gradientes para las muestras 160A-160H no están disponibles para clasificar el bloque 170 en función, al menos en parte, de la acumulación de gradientes submuestreados en la región 172 circundante de 8x8 del bloque 170.

[0165] De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, el codificador de video 200

y el decodificador de video 300 pueden reemplazar los gradientes en la región 172 que están fuera del límite horizontal 174 con el gradiente más cercano en la misma dirección del gradiente en la región 172 que están dentro del límite horizontal 174 (es decir, en el mismo lado del límite horizontal 174 que el bloque 170).

[0166] Debido a que la FIG. 4F ilustra la región 172 con gradientes diagonales de 135 grados que se indican cada uno por “D1”, cada uno de los gradientes no disponibles para las muestras 160A-160H son gradientes diagonales de 135 grados, y el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar cada uno de los gradientes no disponibles para las muestras 160A-160H con el gradiente disponible más cercano a lo largo de los gradientes diagonales de 135 grados.

[0167] La muestra 162A está a lo largo de la misma dirección diagonal de 135 grados que las muestras 160A y 160E. Por tanto, los gradientes diagonales de 135 grados tanto para la muestra 160A como para la muestra 160E pueden reemplazarse con el gradiente diagonal de 135 grados para la muestra 162A, como indica la flecha que apunta desde la muestra 162A a las muestras 160A y 160E.

[0168] La muestra 162B está a lo largo de la misma dirección diagonal de 135 grados que las muestras 160B y 160F. Por tanto, los gradientes diagonales de 135 grados tanto para la muestra 160B como para la muestra 160F pueden reemplazarse con el gradiente diagonal de 135 grados para la muestra 162B, como indica la flecha que apunta desde la muestra 162B a las muestras 160B y 160F.

[0169] La muestra 160J está a lo largo de la misma dirección diagonal de 135 grados que las muestras 160C y 160G. Por tanto, los gradientes diagonales de 135 grados tanto para la muestra 160C como para la muestra 160G pueden reemplazarse con el gradiente diagonal de 135 grados para la muestra 160J, como indica la flecha que apunta desde la muestra 160J hasta las muestras 160C y 160G.

[0170] Como se muestra en la FIG. 4G, la región 172 también puede incluir gradientes diagonales de 45 grados, indicados como “D2”. Como tal, los gradientes que están fuera de un límite se pueden reemplazar con el gradiente más cercano en la misma dirección diagonal de 45 grados.

[0171] En la FIG. 4G, para la región 172 que tiene un límite horizontal 174, las muestras 160A-160H están fuera del límite horizontal 174 porque las muestras 160A-160H están del otro lado del límite horizontal 174 del bloque 170. Como tal, los gradientes para las muestras 160A-160H no están disponibles para clasificar el bloque 170 en función, al menos en parte, de la acumulación de gradientes submuestreados en la región 172 circundante de 8x8 del bloque 170.

[0172] De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar los gradientes en la región 172 que están fuera del límite horizontal 174 con el gradiente más cercano en la misma dirección del gradiente en la región 172 que están dentro del límite horizontal 174 (es decir, en el mismo lado del límite horizontal 174 que el bloque 170).

[0173] Debido a que la FIG. 4G ilustra la región 172 con gradientes diagonales de 45 grados que se indican cada uno por “D2”, cada uno de los gradientes no disponibles para las muestras 160A-160H son gradientes diagonales de 45 grados, y el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden reemplazar cada uno de los gradientes no disponibles para las muestras 160A-160H con el gradiente disponible más cercano a lo largo de los gradientes diagonales de 45 grados.

[0174] La muestra 160I está a lo largo de la misma dirección diagonal de 45 grados que las muestras 160B y 160E. Por tanto, los gradientes diagonales de 45 grados tanto para la muestra 160B como para la muestra 160E pueden reemplazarse con el gradiente diagonal de 45 grados para la muestra 160I, como se indica mediante la flecha que apunta desde la muestra 160I a las muestras 160B y 160E.

[0175] La muestra 162A está a lo largo de la misma dirección diagonal de 45 grados que las muestras 160C y 160F. Por tanto, los gradientes diagonales de 45 grados tanto para la muestra 160C como para la muestra 160F pueden reemplazarse con el gradiente diagonal de 45 grados para la muestra 162A, como indica la flecha que apunta desde la muestra 162A a las muestras 160C y 160F.

[0176] La muestra 162B está a lo largo de la misma dirección diagonal de 45 grados que las muestras 160D y 160G. Por tanto, los gradientes diagonales de 45 grados tanto para la muestra 160D como para la muestra 160G pueden reemplazarse con el gradiente diagonal de 45 grados para la muestra 162B, como indica la flecha que apunta desde la muestra 162B a las muestras 160D y 160G.

[0177] La muestra 160J está a lo largo de la misma dirección diagonal de 135 grados que la muestra 160H. Por tanto, el gradiente diagonal de 45 grados para la muestra 160H puede reemplazarse con el gradiente diagonal de 45 grados para la muestra 160J, como se indica con la flecha que apunta desde la muestra 160J a la muestra 160H.

[0178] En otro ejemplo, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden abstenerse de calcular gradientes que están fuera de una imagen/segmento/mosaico/grupo de mosaicos. En su lugar, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden realizar la clasificación del bloque 170 con el uso de menos de todos los gradientes submuestreados en la región 172.

[0179] Como se muestra en la FIG. 4H, para la región 172 que tiene un límite horizontal 174, las muestras 160A-160H están fuera del límite horizontal 174 porque las muestras 160A-160H están del otro lado del límite horizontal 174 del bloque 170. Como tal, los gradientes para las muestras 160A-160H no están disponibles para clasificar el bloque 170 en función, al menos en parte, de la acumulación de gradientes submuestreados en la región circundante 172 de 8x8 del bloque 170. Por tanto, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden abstenerse de determinar gradientes para las muestras 160A-160H. En su lugar, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden calcular los gradientes para las muestras 160I-160X y las muestras 162A-162H para clasificar el bloque 170.

[0180] Dado que se cambia el número de gradientes, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden volver a normalizar el cálculo de actividad y clasificación. En particular, debido a que el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 en el ejemplo de la FIG. 4H no calculan gradientes para las ocho muestras que no están disponibles, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden calcular gradientes para 24 muestras en la región 172 en lugar de 32 muestras.

[0181] En un ejemplo, para determinar los valores de gradiente (g), el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden configurarse para determinar un gradiente vertical (g_v), un gradiente horizontal (g_h), un gradiente diagonal de 135 grados (g_{d1}) y un gradiente diagonal de 45 grados (g_{d2}). Además, para escalar los valores de gradiente (g) según el factor de escala para producir los valores de gradiente escalados (g'), el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden escalar los valores de gradiente (g) con el uso de la siguiente ecuación: $g' = g / \text{num_available_samples} * \text{num_full_samples}$, donde $\text{num_available_samples}$ representa un número de muestras en la ventana que no están rellenas (por ejemplo, un número de muestras disponibles en la ventana que están en el mismo lado de un límite virtual que el bloque reconstruido), y num_full_sample representa un número total de muestras en la ventana. Por ejemplo, en el ejemplo de la FIG. 4H donde los gradientes para 8 muestras no están disponibles, $\text{num_available_samples}$ puede ser 24 y num_full_samples puede ser 32.

[0182] Como se describió con anterioridad, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden determinar un filtro de bucle adaptativo para un bloque reconstruido de datos de video, como el bloque 170, en base a los gradientes submuestreados calculados en una ventana circundante, como la región 172, como se describe con respecto a las Figs. 4A-4H. En un ejemplo, el codificador de video 200 y el

decodificador de video 300 pueden determinar la direccionalidad y el índice de actividad del bloque en función de los gradientes submuestreados calculados en una ventana circundante, y pueden determinar un filtro de bucle adaptativo para el bloque en función de la direccionalidad y el índice de actividad del bloque.

[0183] La FIG. 5 ilustra un ejemplo de filtro de bucle adaptativo. Por ejemplo, el ejemplo de filtro de bucle adaptativo puede seleccionarse mediante el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 en base a la clase de filtro de bucle adaptativo para un bloque reconstruido de datos de video, tal como el bloque 170. Como se muestra en la FIG. 5, el filtro 184 puede ser un filtro simétrico, como un filtro en forma de diamante de 7x7. En otros ejemplos, las técnicas pueden ser igualmente aplicables a cualquier otro filtro simétrico, como un filtro en forma de diamante de 5x5, un filtro en forma de diamante de 9x9 y similares, incluidos filtros de forma rectangular, filtros de forma octagonal, filtros en forma de cruz, filtros en forma de X, filtros en forma de T o cualquier otro filtro simétrico. Los soportes de filtro 180A del filtro 184 corresponden a muestras que están dentro del límite horizontal 182 y, por lo tanto, pueden estar disponibles, mientras que los soportes de filtro 180B del filtro 184 corresponden a muestras que están fuera del límite horizontal 182 y, por lo tanto, pueden no estar disponibles.

[0184] En un ejemplo, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden usar filtros parciales asimétricos para filtrar muestras de un bloque reconstruido de datos de video. En este caso, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden sólo filtrar los *tap* correspondientes a las muestras disponibles para filtrar muestras, omitiendo de ese modo los *tap* de filtro cuyas muestras correspondientes no están disponibles. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden realizar una renormalización debido a la omisión de los *tap* de filtro cuyas muestras correspondientes no están disponibles, como se describe a continuación.

[0185] De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, el codificador de video puede usar los soportes de filtro disponibles 180A del filtro 184 como un filtro parcial asimétrico que el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden aplicar a muestras reconstruidas para generar muestras filtradas, como parte de realizar ALF. Al usar los soportes de filtro disponibles 180A del filtro 184, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden omitir los *tap* de filtro cuyas muestras correspondientes no están disponibles, como en los soportes de filtro 180B. Un filtro parcial es un filtro que no usa uno o más coeficientes de filtro que se usan típicamente para el proceso de filtrado. De esta manera, se puede generar un filtro a partir de las muestras disponibles para filtros mientras se omiten los *tap* de filtro cuyas muestras

correspondientes no están disponibles. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden volver a normalizar el filtro parcial asimétrico.

[0186] Normalmente, los coeficientes de filtro para el filtro seleccionado suman uno (lo que significa que los coeficientes de los filtros están normalizados) para no agregar o eliminar datos de video mediante la aplicación del filtro. Al omitir o eliminar los coeficientes de filtro del filtro seleccionado para determinar el filtro parcial (que se denomina filtro “parcial” nuevamente debido a la eliminación de uno o más coeficientes de filtro del filtro seleccionado originalmente), el filtro parcial resultante se convierte en no normalizado (es decir, los coeficientes de filtro del filtro parcial no suman uno). Como resultado, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden volver a normalizar la pluralidad de coeficientes de filtro incluidos dentro del filtro parcial de modo que los coeficientes de filtro sumen uno, tal como al escalar cada uno de los coeficientes de filtro dentro del filtro parcial. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden aplicar entonces el filtro parcial renormalizado cerca del límite del primer bloque de datos de video para generar un primer bloque filtrado de los datos de video. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden almacenar este primer bloque filtrado de los datos de video para usar como datos de video de referencia en la reconstrucción de otros bloques de datos de video. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden aplicar el filtro generado a, por ejemplo, muestras en un bloque reconstruido de datos de video, como en el bloque 170 para generar muestras filtradas.

[0187] En un ejemplo, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden usar relleno de muestra de espejo para reemplazar coeficientes de filtro que corresponden a muestras no disponibles con coeficientes de filtro que corresponden a muestras disponibles. En el relleno de espejo, los soportes de filtro de un filtro que corresponde a (por ejemplo, tiene el mismo tamaño y la misma forma, cuando se voltea, de) muestras no disponibles pueden reemplazarse con los soportes de filtro correspondientes del filtro que corresponden a las muestras disponibles. En el ejemplo de la FIG. 5, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden generar un filtro simétrico al realizar un relleno de espejo para reemplazar los soportes de filtro 180B con, por ejemplo, los soportes de filtro 180C del filtro 184 que corresponde a las muestras disponibles, de modo que los coeficientes de filtro en los soportes de filtro 180C se utilizan en lugar de los coeficientes de filtro de los soportes de filtro 180B. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden aplicar el filtro generado a, por ejemplo, muestras en un bloque reconstruido de datos de video, como en el

bloque 170 para generar muestras filtradas.

[0188] En otro ejemplo, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden usar filtros parciales simétricos para filtrar un bloque de datos de video. En este caso, no solo el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden omitir los *tap* de filtro cuyas muestras correspondientes no están disponibles, sino que además el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden omitir uno o más *tap* de filtro correspondientes a las muestras disponibles para generar un filtro parcial simétrico. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden realizar una renormalización debido a la omisión de los *tap* de filtro, como se describe con anterioridad.

[0189] La FIG. 6 ilustra un ejemplo de filtro de bucle adaptativo. Como se muestra en la FIG. 6, los soportes de filtro 190A del filtro 194 están dentro del límite horizontal 192 mientras que los soportes de filtro 190B del filtro 194 están fuera del límite horizontal 192 y, por lo tanto, pueden no estar disponibles. De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, el codificador de video puede usar los soportes de filtro disponibles 190A del filtro 194 para generar un filtro parcial simétrico. En particular, el codificador de video puede determinar una porción simétrica 190C de los soportes de filtro disponibles 190A del filtro 194 como el filtro parcial simétrico, por ejemplo, al truncar los soportes de filtro 190D de los soportes de filtro disponibles 190A del filtro 194, donde los soportes de filtro 190D del filtro 194 corresponden a (por ejemplo, tienen el mismo tamaño y la misma forma, cuando se voltean, de) los soportes de filtro no disponibles 190B del filtro 194. Por ejemplo, en la FIG. 6, cada muestra en 190B y 190D se reemplaza con la muestra más cercana en 190C. La muestra en C1 se reemplaza con la muestra en C5, las muestras en C0 y C2 se reemplazan con la muestra en C6 y la muestra en C3 se reemplaza con la muestra en C7.

[0190] De esta manera, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden generar un filtro a partir de las muestras disponibles para filtros mientras omiten los *tap* de filtro cuyas muestras correspondientes no están disponibles. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden volver a normalizar el filtro parcial simétrico, de modo que, por ejemplo, los coeficientes de filtro del filtro parcial simétrico se sumen a uno. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden aplicar el filtro generado a, por ejemplo, muestras en un bloque reconstruido de datos de video, como en el bloque 170 para generar muestras filtradas.

[0191] En algunos ejemplos, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden realizar un filtrado de datos de video que incluye una suma ponderada. En

particular, la suma ponderada es un proceso de promediado ponderado que se agrega después del proceso de filtrado para aquellas muestras que utilizan una o más muestras no disponibles (por ejemplo, muestras fuera de la imagen/segmento/mosaico/grupo de mosaicos, como se describe a lo largo de esta divulgación) durante el filtrado. Una muestra de salida de ALF final es un promedio ponderado de la muestra filtrada y la muestra de entrada de ALF (por ejemplo, una muestra después de ALF y una muestra de un bloque reconstruido de datos de video antes de ALF, respectivamente). El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden aplicar (es decir, multiplicar) una primera ponderación a un valor de muestra de una muestra del bloque reconstruido de datos de video antes de ALF y pueden aplicar (es decir, multiplicar) una segunda ponderación a un valor de muestra de la muestra después de ALF, donde las dos ponderaciones suman uno. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden sumar las dos muestras ponderadas al dividir la suma por dos para determinar el promedio ponderado de la muestra.

[0192] En un ejemplo, la ponderación de la muestra filtrada podría fijarse para todas las muestras. Por ejemplo, cuando la primera ponderación se fija a un primer valor y la segunda ponderación se fija a un segundo valor para todas las muestras, y cuando las dos ponderaciones suman uno, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden aplicar, para cada muestra, la primera ponderación al valor de muestra de la muestra antes de ALF y aplicar la segunda ponderación al valor de muestra de la muestra después de ALF, sumar las dos muestras ponderadas y dividir la suma por dos para generar el valor final de la muestra.

[0193] En otro ejemplo, la ponderación de la muestra filtrada podría depender del número de muestras no disponibles utilizadas durante el proceso de filtrado. Cuanto mayor sea el número de muestras no disponibles utilizadas durante el proceso de filtrado, mayor será la ponderación que se aplicará a una muestra del bloque reconstruido de datos de video antes de ALF en comparación con la ponderación que se aplica a la misma muestra después de ALF. Por ejemplo, si no se utilizan muestras no disponibles durante el proceso de filtrado de una muestra durante ALF, la primera ponderación que se aplicará a la muestra antes de ALF puede ser cero, y la segunda ponderación que se aplicará a la muestra después de ALF puede ser uno. Por otro lado, la primera ponderación puede aumentar según el número de muestras no disponibles que se utilizan durante el proceso de filtrado de la muestra, y la segunda ponderación puede disminuir correspondientemente según el número de muestras no disponibles que se utilizan durante el proceso de filtrado.

[0194] En otro ejemplo, la ponderación de la muestra filtrada podría señalizarse de forma adaptativa, tal como a nivel de secuencia/imagen/segmento/mosaico/grupo de mosaicos/CTU. Por ejemplo, el codificador 200 puede señalizar de forma adaptativa tanto la primera ponderación como la segunda ponderación al decodificador 300, tal como a nivel de secuencia/imagen/segmento/mosaico/grupo de mosaicos/CTU.

[0195] En algunos ejemplos, el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden deshabilitar condicionalmente el filtrado para muestras que usan muestras no disponibles (por ejemplo, muestras fuera de la imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos) para el filtrado. En un ejemplo, para la muestra actual a filtrar, si la suma absoluta de los coeficientes correspondientes a las muestras no disponibles es mayor que un umbral multiplicado por la suma absoluta de los coeficientes correspondientes a las muestras disponibles, entonces el codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden deshabilitar el filtro para la muestra actual. Este umbral puede fijarse, determinarse de forma adaptativa o señalizarse (por ejemplo, en el flujo de bits enviado por el codificador de video 200 al decodificador de video 300). Los ejemplos del umbral incluyen 0,6 o puede ser cualquier valor adecuado, como entre 0 y 1.

[0196] La FIG. 7 es un diagrama de bloques que ilustra un codificador de video 200 de ejemplo que puede realizar las técnicas de esta divulgación. FIG. 7 se proporciona con fines explicativos y no debe considerarse una limitación de las técnicas como se ejemplifica y describe ampliamente en esta divulgación. A efectos de explicación, esta divulgación describe el codificador de video 200 según las técnicas de JEM, VVC (ITU-T H.266, en desarrollo) y HEVC (ITU-T H.265). Sin embargo, las técnicas de esta divulgación pueden realizarse mediante dispositivos de codificación de video que están configurados para otros estándares de codificación de video.

[0197] En el ejemplo de la FIG. 7, el codificador de video 200 incluye la memoria de datos de video 230, la unidad de selección de modo 202, la unidad de generación residual 204, la unidad de procesamiento de transformación 206, la unidad de cuantificación 208, la unidad de cuantificación inversa 210, la unidad de procesamiento de transformación inversa 212, la unidad de reconstrucción 214, la unidad de filtro 216, el búfer de imagen decodificada (DPB) 218, y la unidad de codificación de entropía 220. Cualquiera o todos de la memoria de datos de video 230, la unidad de selección de modo 202, la unidad de generación residual 204, la unidad de procesamiento de transformación 206, la unidad de cuantificación 208, la unidad de cuantificación inversa 210, la unidad de procesamiento de transformación inversa 212, la unidad de reconstrucción 214, la unidad de filtro 216, el DPB 218 y la unidad de codificación de

entropía 220 pueden implementarse en uno o más procesadores o en circuitos de procesamiento. Por ejemplo, las unidades del codificador de video 200 pueden implementarse como uno o más circuitos o elementos lógicos como parte de los circuitos de *hardware*, o como parte de un procesador, ASIC, de FPGA. Además, el codificador de video 200 puede incluir procesadores o circuitos de procesamiento adicionales o alternativos para realizar estas y otras funciones. En algunos ejemplos, el codificador de video 200 puede ser parte de una cámara, una computadora, un dispositivo móvil, un dispositivo receptor de transmisión o un decodificador.

[0198] La memoria de datos de video 230 puede almacenar datos de video para ser codificados por los componentes del codificador de video 200. El codificador de video 200 puede recibir los datos de video almacenados en la memoria de datos de video 230 de, por ejemplo, la fuente de video 104 (FIG. 1). El DPB 218 puede actuar como una memoria de imagen de referencia que almacena datos de video de referencia para su uso en la predicción de datos de video posteriores por el codificador de video 200. La memoria de datos de video 230 y el DPB 218 pueden estar formados por cualquiera de una variedad de dispositivos de memoria, como la memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM), que incluye DRAM síncrona (SDRAM), RAM magnetorresistiva (MRAM), RAM resistiva (RRAM) u otros tipos de dispositivos de memoria. La memoria de datos de video 230 y el DPB 218 pueden ser proporcionados por el mismo dispositivo de memoria o dispositivos de memoria separados. En varios ejemplos, la memoria de datos de video 230 puede estar en chip con otros componentes del codificador de video 200, como se ilustra, o fuera del chip en relación con esos componentes.

[0199] En esta divulgación, la referencia a la memoria de datos de video 230 no debe interpretarse como limitada a la memoria interna del codificador de video 200, a menos que se describa específicamente como tal, o la memoria externa al codificador de video 200, a menos que se describa específicamente como tal. Más bien, la referencia a la memoria de datos de video 230 debe entenderse como memoria de referencia que almacena datos de video que el codificador de video 200 recibe para codificar (por ejemplo, datos de video para un bloque actual que se codificará). La memoria 106 de la FIG. 1 también puede proporcionar almacenamiento temporal de salidas de las diversas unidades del codificador de video 200.

[0200] Las diversas unidades de la FIG. 7 se ilustran para ayudar a comprender las operaciones realizadas por el codificador de video 200. Las unidades pueden implementarse como circuitos de función fija, circuitos programables o una combinación de estos. Los circuitos de función fija se refieren a circuitos que proporcionan una

funcionalidad particular y están preestablecidos en las operaciones que se pueden realizar. Los circuitos programables se refieren a circuitos que se pueden programar para realizar diversas tareas y proporcionan una funcionalidad flexible en las operaciones que se pueden realizar. Por ejemplo, los circuitos programables pueden ejecutar *software* o *firmware* que hacen que los circuitos programables funcionen de la manera definida por las instrucciones del *software* o *firmware*. Los circuitos de función fija pueden ejecutar instrucciones de *software* (por ejemplo, para recibir parámetros o emitir parámetros), pero los tipos de operaciones que realizan los circuitos de función fija son generalmente inmutables. En algunos ejemplos, una o más de las unidades pueden ser bloques de circuitos distintos (función fija o programable), y en algunos ejemplos, una o más de las unidades pueden ser circuitos integrados.

[0201] El codificador de video 200 puede incluir unidades lógicas aritméticas (ALU), unidades de funciones elementales (EFU), circuitos digitales, circuitos analógicos y/o núcleos programables, formados a partir de circuitos programables. En los ejemplos en los que las operaciones del codificador de video 200 se realizan con el uso de un *software* ejecutado por los circuitos programables, la memoria 106 (FIG. 1) puede almacenar las instrucciones (por ejemplo, el código objeto) del *software* que el codificador de video 200 recibe y ejecuta, u otra memoria dentro del codificador de video 200 (no mostrado) puede almacenar tales instrucciones.

[0202] La memoria de datos de video 230 está configurada para almacenar datos de video recibidos. El codificador de video 200 puede recuperar una imagen de los datos de video de la memoria de datos de video 230 y proporcionar los datos de video a la unidad de generación residual 204 y la unidad de selección de modo 202. Los datos de video en la memoria de datos de video 230 pueden ser datos de video sin procesar que se codificarán.

[0203] La unidad de selección de modo 202 incluye una unidad de estimación de movimiento 222, una unidad de compensación de movimiento 224 y una unidad de intrapredicción 226. La unidad de selección de modo 202 puede incluir unidades funcionales adicionales para realizar predicciones de video de acuerdo con otros modos de predicción. Como ejemplos, la unidad de selección de modo 202 puede incluir una unidad paleta, una unidad de copia intrabloque (que puede ser parte de la unidad de estimación de movimiento 222 y/o la unidad de compensación de movimiento 224), una unidad afín, una unidad de modelo lineal (LM), o similar.

[0204] La unidad de selección de modo 202 generalmente coordina múltiples pases de codificación para probar combinaciones de parámetros de codificación y los valores de

distorsión de velocidad resultantes para tales combinaciones. Los parámetros de codificación pueden incluir la división de CTU en CU, modos de predicción para las CU, tipos de transformación para datos residuales de las CU, parámetros de cuantificación para datos residuales de las CU, etc. La unidad de selección de modo 202 puede finalmente seleccionar la combinación de parámetros de codificación que tienen valores de distorsión de velocidad que son mejores que las otras combinaciones probadas.

[0205] El codificador de video 200 puede dividir una imagen recuperada de la memoria de datos de video 230 en una serie de CTU, y encapsular una o más CTU dentro de un segmento. La unidad de selección de modo 202 puede dividir una CTU de la imagen de acuerdo con una estructura de árbol, tal como la estructura QTBT o la estructura *quadtree* de HEVC descrita con anterioridad. Como se describió con anterioridad, el codificador de video 200 puede formar una o más CU de particionar una CTU de acuerdo con la estructura de árbol. Tal CU también se puede denominar generalmente como un “bloque de video” o “bloque”.

[0206] En general, la unidad de selección de modo 202 también controla sus componentes (por ejemplo, la unidad de estimación de movimiento 222, la unidad de compensación de movimiento 224 y la unidad de intrapredicción 226) para generar un bloque de predicción para un bloque actual (por ejemplo, una CU actual, o en HEVC, la parte superpuesta de una PU y una TU). Para la interpredicción de un bloque actual, la unidad de estimación de movimiento 222 puede realizar una búsqueda de movimiento para identificar uno o más bloques de referencia que coincidan estrechamente en una o más imágenes de referencia (por ejemplo, una o más imágenes codificadas previamente almacenadas en el DPB 218). En particular, la unidad de estimación de movimiento 222 puede calcular un valor representativo de cuán similar es un bloque de referencia potencial al bloque actual, por ejemplo, de acuerdo con la suma de la diferencia absoluta (SAD), la suma de las diferencias cuadradas (SSD), la diferencia absoluta media (MAD), diferencias cuadráticas medias (MSD) o similares. La unidad de estimación de movimiento 222 generalmente puede realizar estos cálculos con el uso de diferencias muestra por muestra entre el bloque actual y el bloque de referencia que se está considerando. La unidad de estimación de movimiento 222 puede identificar un bloque de referencia que tiene un valor más bajo resultante de estos cálculos, lo que indica un bloque de referencia que coincide más estrechamente con el bloque actual.

[0207] La unidad de estimación de movimiento 222 puede formar uno o más vectores de movimiento (MV) que definen las posiciones de los bloques de referencia en las imágenes de referencia con respecto a la posición del bloque actual en una imagen

actual. La unidad de estimación de movimiento 222 puede proporcionar entonces los vectores de movimiento a la unidad de compensación de movimiento 224. Por ejemplo, para la interpredicción unidireccional, la unidad de estimación de movimiento 222 puede proporcionar un solo vector de movimiento, mientras que para la interpredicción bidireccional, la unidad de estimación de movimiento 222 puede proporcionar dos vectores de movimiento. La unidad de compensación de movimiento 224 puede generar entonces un bloque de predicción con el uso de los vectores de movimiento. Por ejemplo, la unidad de compensación de movimiento 224 puede recuperar datos del bloque de referencia con el uso del vector de movimiento. Como otro ejemplo, si el vector de movimiento tiene una precisión de muestra fraccional, la unidad de compensación de movimiento 224 puede interpolar valores para el bloque de predicción de acuerdo con uno o más filtros de interpolación. Además, para la interpredicción bidireccional, la unidad de compensación de movimiento 224 puede recuperar datos para dos bloques de referencia identificados por los respectivos vectores de movimiento y combinar los datos recuperados, por ejemplo, mediante el promedio de muestra por muestra o el promedio ponderado.

[0208] Como otro ejemplo, para la intrapredicción o la codificación de intrapredicción, la unidad de intrapredicción 226 puede generar el bloque de predicción a partir de muestras vecinas al bloque actual. Por ejemplo, para modos direccionales, la unidad de intrapredicción 226 generalmente puede combinar matemáticamente valores de muestras vecinas y llenar estos valores calculados en la dirección definida a través del bloque actual para producir el bloque de predicción. Como otro ejemplo, para el modo DC, la unidad de intrapredicción 226 puede calcular un promedio de las muestras vecinas al bloque actual y generar el bloque de predicción para incluir este promedio resultante para cada muestra del bloque de predicción.

[0209] La unidad de selección de modo 202 proporciona el bloque de predicción a la unidad de generación residual 204. La unidad de generación residual 204 recibe una versión sin procesar y codificar del bloque actual desde la memoria de datos de video 230 y el bloque de predicción desde la unidad de selección de modo 202. La unidad de generación residual 204 calcula las diferencias muestra por muestra entre el bloque actual y el bloque de predicción. Las diferencias muestra por muestra resultantes definen un bloque residual para el bloque actual. En algunos ejemplos, la unidad de generación residual 204 también puede determinar las diferencias entre los valores de muestra en el bloque residual para generar un bloque residual con el uso de la modulación de código de pulso diferencial residual (RDPCM). En algunos ejemplos, la

unidad de generación residual 204 puede formarse con el uso de uno o más circuitos sustractores que realizan sustracción binaria.

[0210] En los ejemplos en los que la unidad de selección de modo 202 divide las CU en PU, cada PU puede asociarse con una unidad de predicción de luma y las unidades de predicción de croma correspondientes. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden soportar PU que tienen varios tamaños. Como se indicó con anterioridad, el tamaño de una CU puede referirse al tamaño del bloque de codificación de luma de la CU y el tamaño de una PU puede referirse al tamaño de una unidad de predicción de luma de la PU. Suponiendo que el tamaño de una CU particular es $2N \times 2N$, el codificador de video 200 puede admitir tamaños de PU de $2N \times 2N$ o $N \times N$ para intrapredicción, y tamaños de PU simétricos de $2N \times 2N$, $2N \times N$, $N \times 2N$, $N \times N$ o similares para interpredicción. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 también pueden admitir particiones asimétricas para tamaños de PU de $2N \times nU$, $2N \times nD$, $nL \times 2N$ y $nR \times 2N$ para interpredicción.

[0211] En los ejemplos en los que la unidad de selección de modo 202 no divide más una CU en PU, cada CU puede estar asociada con un bloque de codificación de luma y los bloques de codificación de croma correspondientes. Como se indicó con anterioridad, el tamaño de una CU puede referirse al tamaño del bloque de codificación de luma de la CU. El codificador de video 200 y el decodificador de video 300 pueden admitir tamaños de CU de $2N \times 2N$, $2N \times N$ o $N \times 2N$.

[0212] Para otras técnicas de codificación de video tales como una codificación en modo de copia intrabloque, una codificación en modo afín y una codificación en modo de modelo lineal (LM), como algunos ejemplos, la unidad de selección de modo 202, a través de las unidades respectivas asociadas con las técnicas de codificación, genera un bloque de predicción para el bloque actual que se codifica. En algunos ejemplos, como la codificación de modo de paleta, la unidad de selección de modo 202 puede no generar un bloque de predicción, y en su lugar generar elementos de sintaxis que indican la manera de reconstruir el bloque en base a una paleta seleccionada. En tales modos, la unidad de selección de modo 202 puede proporcionar estos elementos de sintaxis a la unidad de codificación de entropía 220 a codificar.

[0213] Como se describió con anterioridad, la unidad de generación residual 204 recibe los datos de video para el bloque actual y el bloque de predicción correspondiente. La unidad de generación residual 204 genera entonces un bloque residual para el bloque actual. Para generar el bloque residual, la unidad de generación residual 204 calcula las diferencias muestra por muestra entre el bloque de predicción y el bloque actual.

[0214] La unidad de procesamiento de transformación 206 aplica una o más transformaciones al bloque residual para generar un bloque de coeficientes de transformación (denominado en este documento “bloque de coeficiente de transformación”). La unidad de procesamiento de transformación 206 puede aplicar diversas transformaciones a un bloque residual para formar el bloque de coeficiente de transformación. Por ejemplo, la unidad de procesamiento de transformación 206 puede aplicar una transformada de coseno discreta (DCT), una transformada direccional, una transformada de Karhunen–Loeve (KLT) o una transformada conceptualmente similar a un bloque residual. En algunos ejemplos, la unidad de procesamiento de transformación 206 puede realizar múltiples transformadas a un bloque residual, por ejemplo, una transformada primaria y una transformada secundaria, tal como una transformada rotacional. En algunos ejemplos, la unidad de procesamiento de transformación 206 no aplica transformadas a un bloque residual.

[0215] La unidad de cuantificación 208 puede cuantificar los coeficientes de transformación en un bloque de coeficiente de transformación, para producir un bloque de coeficiente de transformación cuantificado. La unidad de cuantificación 208 puede cuantificar los coeficientes de transformación de un bloque de coeficiente de transformación de acuerdo con un valor de parámetro de cuantificación (QP) asociado con el bloque actual. El codificador de video 200 (por ejemplo, a través de la unidad de selección de modo 202) puede ajustar el grado de cuantificación aplicado a los bloques de coeficiente de transformación asociados con el bloque actual al ajustar el valor de QP asociado con la CU. La cuantificación puede introducir pérdida de información y, por lo tanto, los coeficientes de transformación cuantificados pueden tener una precisión menor que los coeficientes de transformación originales producidos por la unidad de procesamiento de transformación 206.

[0216] La unidad de cuantificación inversa 210 y la unidad de procesamiento de transformación inversa 212 pueden aplicar cuantificación inversa y transformadas inversas a un bloque de coeficiente de transformación cuantificado, respectivamente, para reconstruir un bloque residual del bloque de coeficiente de transformación. La unidad de reconstrucción 214 puede producir un bloque reconstruido correspondiente al bloque actual (aunque potencialmente con cierto grado de distorsión) basado en el bloque residual reconstruido y un bloque de predicción generado por la unidad de selección de modo 202. Por ejemplo, la unidad de reconstrucción 214 puede agregar muestras del bloque residual reconstruido a muestras correspondientes del bloque de predicción generado por la unidad de selección de modo 202 para producir el bloque

reconstruido.

[0217] La unidad de filtro 216 puede realizar una o más SAO, GALF, ALF y/o operaciones de desbloqueo en los bloques de codificación reconstruidos asociados con una CU. Por ejemplo, la unidad de filtro 216 puede realizar operaciones de desbloqueo para reducir los artefactos de bloqueo a lo largo de los bordes de las CU. Las operaciones de la unidad de filtro 216 pueden omitirse, en algunos ejemplos.

[0218] En particular, la unidad de filtro 216 puede configurarse para realizar las técnicas ALF y GALF de esta divulgación que se describen con anterioridad. Por ejemplo, la unidad de filtro 216 puede configurarse para determinar un valor de un gradiente para una muestra en un bloque de codificación reconstruido, incluida la realización de un cálculo de gradiente para la muestra con el uso de una muestra no disponible que está fuera de uno de: una imagen, un segmento, un mosaico, o un grupo de mosaicos que incluye el bloque reconstruido de muestras, determinar un filtro de bucle adaptativo para el bloque de codificación reconstruido en función, al menos en parte, del valor determinado del gradiente para la muestra, y aplicar el filtro de bucle adaptativo determinado al bloque de codificación reconstruido para generar un bloque filtrado de datos de video.

[0219] En algunos ejemplos, la unidad de filtro 216 puede configurarse para determinar valores de gradiente para una ventana que cubre el bloque de codificación reconstruido, donde la ventana incluye muestras del bloque reconstruido de datos de video y muestras que rodean el bloque reconstruido de datos de video, que incluye realizar un cálculo de gradiente con el uso de una muestra no disponible, tal como de acuerdo con las técnicas de la presente divulgación, y determinar el filtro de bucle adaptativo para el bloque de codificación reconstruido en función, al menos en parte, de los valores de gradiente determinados para la ventana. Esto puede incluir, por ejemplo, reemplazar valores de gradiente no disponibles para muestras dentro de la ventana que están fuera de un límite de uno de: una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos con uno o más valores de gradiente que están dentro del límite, donde uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos incluye el bloque de codificación reconstruido, tal como de acuerdo con las técnicas de la presente divulgación.

[0220] En algunos ejemplos, la unidad de filtro 216 puede configurarse para abstenerse de incluir valores de gradiente no disponibles para muestras dentro de la ventana que están fuera de un límite de uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos en los valores de gradiente para la ventana, donde uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos incluye el bloque reconstruido de datos

de video. La unidad de filtro 216 puede normalizar los valores de gradiente para la ventana debido a que no incluye valores de gradiente no disponibles para muestras dentro de la ventana en los valores de gradiente para la ventana.

[0221] En algunos ejemplos, la unidad de filtro 216 puede configurarse para, en respuesta al filtro de bucle adaptativo que utiliza soportes de filtro correspondientes a muestras no disponibles, determinar un filtro parcial del filtro de bucle adaptativo que no utiliza los soportes de filtro correspondientes a las muestras no disponibles, donde el filtro parcial incluye uno de: un filtro parcial asimétrico o un filtro parcial simétrico. En otros ejemplos, la unidad de filtro 216 puede configurarse para, en respuesta al filtro de bucle adaptativo que utiliza soportes de filtro correspondientes a muestras no disponibles, realizar un relleno de espejo para reemplazar los soportes de filtro correspondientes a las muestras no disponibles.

[0222] En algunos ejemplos, la unidad de filtro 216 puede configurarse para deshabilitar condicionalmente el filtrado de una muestra particular del bloque de codificación reconstruido en función, al menos en parte, de al menos uno de: si determinar uno o más valores de gradiente para la muestra particular incluye realizar uno o más cálculos de gradiente para la muestra particular con el uso de una o más muestras no disponibles, o si determinar los valores de gradiente para la ventana que cubre el bloque reconstruido de datos de video incluye determinar uno o más valores de gradiente para una o más muestras dentro de la ventana que están fuera de un límite de uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos, donde el bloque reconstruido de datos de video está dentro del límite.

[0223] En algunos ejemplos, la unidad de filtro 216 puede configurarse para determinar un promedio ponderado de una muestra particular en el bloque reconstruido y una muestra del bloque filtrado de datos de video en función, al menos en parte, de al menos uno de: si determinar uno o más valores de gradiente para la muestra particular incluye realizar uno o más cálculos de gradiente para la muestra particular con el uso de una o más muestras no disponibles, o si determinar los valores de gradiente para la ventana que cubre el bloque reconstruido de datos de video incluye determinar uno o más valores de gradiente para una o más muestras dentro de la ventana que están fuera de un límite de uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos, donde el bloque reconstruido de datos de video está dentro del límite.

[0224] El codificador de video 200 almacena bloques reconstruidos en el DPB 218. Por ejemplo, en ejemplos donde no se necesitan operaciones de la unidad de filtro 216, la unidad de reconstrucción 214 puede almacenar bloques reconstruidos en el DPB 218.

En ejemplos donde se necesitan operaciones de la unidad de filtro 216, la unidad de filtro 216 puede almacenar los bloques reconstruidos filtrados en el DPB 218. La unidad de estimación de movimiento 222 y la unidad de compensación de movimiento 224 pueden recuperar una imagen de referencia del DPB 218, formada a partir de los bloques reconstruidos (y potencialmente filtrados), para interpredecir los bloques de imágenes codificadas posteriormente. Además, la unidad de intrapredicción 226 puede usar bloques reconstruidos en el DPB 218 de una imagen actual para intrapredecir otros bloques en la imagen actual.

[0225] En general, la unidad de codificación de entropía 220 puede codificar por entropía elementos de sintaxis recibidos de otros componentes funcionales del codificador de video 200. Por ejemplo, la unidad de codificación de entropía 220 puede codificar por entropía bloques de coeficientes de transformación cuantificados de la unidad de cuantificación 208. Como otro ejemplo, la unidad de codificación de entropía 220 puede codificar por entropía elementos de sintaxis de predicción (por ejemplo, información de movimiento para interpredicción o información intramodal para intrapredicción) desde la unidad de selección de modo 202. La unidad de codificación de entropía 220 puede realizar una o más operaciones de codificación de entropía en los elementos de sintaxis, que son otro ejemplo de datos de video, para generar datos codificados por entropía. Por ejemplo, la unidad de codificación de entropía 220 puede realizar una operación de codificación de longitud variable adaptativa al contexto (CAVLC), una operación de CABAC, una operación de codificación de longitud variable a variable (V2V), una codificación aritmética binaria adaptativa al contexto basada en sintaxis (SBAC), una operación de codificación de Entropía de Partición de Intervalo de Probabilidad (PIPE), una operación de codificación exponencial–Golomb u otro tipo de operación de codificación de entropía en los datos. En algunos ejemplos, la unidad de codificación de entropía 220 puede funcionar en modo de derivación donde los elementos de sintaxis no están codificados por entropía.

[0226] El codificador de video 200 puede emitir un flujo de bits que incluye los elementos de sintaxis codificados por entropía necesarios para reconstruir bloques de un segmento o imagen. En particular, la unidad de codificación de entropía 220 puede emitir el flujo de bits.

[0227] Las operaciones descritas con anterioridad se describen con respecto a un bloque. Dicha descripción debe entenderse como operaciones para un bloque de codificación de luma y/o bloques de codificación de croma. Como se describió con anterioridad, en algunos ejemplos, el bloque de codificación de luma y los bloques de

codificación de croma son componentes de luma y croma de una CU. En algunos ejemplos, el bloque de codificación de luma y los bloques de codificación de croma son componentes de luma y croma de una PU.

[0228] En algunos ejemplos, las operaciones realizadas con respecto a un bloque de codificación de luma no necesitan repetirse para los bloques de codificación de croma. Como un ejemplo, las operaciones para identificar un vector de movimiento (MV) y una imagen de referencia para un bloque de codificación de luma no necesitan repetirse para identificar un MV y una imagen de referencia para los bloques de croma. Por el contrario, el MV para el bloque de codificación de luma se puede escalar para determinar el MV para los bloques de croma, y la imagen de referencia puede ser la misma. Como otro ejemplo, el proceso de intrapredicción puede ser el mismo para los bloques de codificación de luma y los bloques de codificación de croma.

[0229] El codificador de video 200 representa un ejemplo de un dispositivo configurado para codificar datos de video que incluye una memoria configurada para almacenar datos de video y una o más unidades de procesamiento implementadas en circuitos y configuradas para reconstruir un bloque de datos de video para crear un bloque reconstruido de datos de video, determinar un valor de un gradiente para una muestra en el bloque reconstruido de datos de video, incluida la realización de un cálculo de gradiente para la muestra con el uso de una muestra no disponible que esté fuera de una de: una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos que incluye el bloque reconstruido de muestras, determinar un filtro de bucle adaptativo para el bloque reconstruido de datos de video en función, al menos en parte, del valor determinado del gradiente para la muestra, y aplicar el filtro de bucle adaptativo determinado al bloque reconstruido de datos de video para generar un bloque filtrado de datos de video.

[0230] La FIG. 8 es un diagrama de bloques que ilustra un decodificador de video 300 de ejemplo que puede realizar las técnicas de la presente divulgación. La FIG. 8 se proporciona con fines de explicación y no limita las técnicas como se ejemplifica y describe ampliamente en esta divulgación.

[0231] En el ejemplo de la FIG. 4, el decodificador de video 300 incluye la memoria de búfer de imagen codificada (CPB) 320, la unidad de decodificación de entropía 302, la unidad de procesamiento de predicción 304, la unidad de cuantificación inversa 306, la unidad de procesamiento de transformación inversa 308, la unidad de reconstrucción 310, la unidad de filtro 312 y el búfer de imagen decodificada (DPB) 314. Cualquiera o todos de la memoria de CPB 320, la unidad de decodificación de entropía 302, la unidad de procesamiento de predicción 304, la unidad de cuantificación inversa 306, la unidad

de procesamiento de transformación inversa 308, la unidad de reconstrucción 310, la unidad de filtro 312 y el DPB 314 pueden implementarse en uno o más procesadores o en circuitos de procesamiento. Por ejemplo, las unidades del decodificador de video 300 pueden implementarse como uno o más circuitos o elementos lógicos como parte de un circuito de *hardware*, o como parte de un procesador, ASIC, de FPGA. Además, el decodificador 300 de video puede incluir procesadores o circuitos de procesamiento adicionales o alternativos para realizar estas y otras funciones. En algunos ejemplos, el decodificador 300 de video puede ser parte de una cámara, una computadora, un dispositivo móvil, un dispositivo receptor de transmisión o un decodificador.

[0232] La unidad de procesamiento de predicción 304 incluye la unidad de compensación de movimiento 316 y la unidad de intrapredicción 318. La unidad de procesamiento de predicción 304 puede incluir unidades adicionales para realizar la predicción de acuerdo con otros modos de predicción. Como ejemplos, la unidad de procesamiento de predicción 304 puede incluir una unidad de paleta, una unidad de copia intrabloque (que puede formar parte de la unidad de compensación de movimiento 316), una unidad afín, una unidad de modelo lineal (LM) o similares. En otros ejemplos, el decodificador de video 300 puede incluir más, menos o diferentes componentes funcionales.

[0233] La memoria de CPB 320 puede almacenar datos de video, tales como un flujo de bits de video codificado, para ser decodificados por los componentes del decodificador de video 300. Los datos de video almacenados en la memoria de CPB 320 pueden obtenerse, por ejemplo, del medio legible por computadora 110 (FIG. 1). La memoria de CPB 320 puede incluir un CPB que almacena datos de video codificados (por ejemplo, elementos de sintaxis) de un flujo de bits de video codificado. Además, la memoria de CPB 320 puede almacenar datos de video que no sean elementos de sintaxis de una imagen codificada, como datos temporales que representan salidas de las diversas unidades del decodificador de video 300. El DPB 314 generalmente almacena imágenes decodificadas, que el decodificador de video 300 puede generar y/o usar como datos de video de referencia al decodificar datos o imágenes posteriores del flujo de bits de video codificado. La memoria de CPB 320 y el DPB 314 pueden estar formados por cualquiera de una variedad de dispositivos de memoria, como DRAM, incluida SDRAM, MRAM, RRAM u otros tipos de dispositivos de memoria. La memoria de CPB 320 y el DPB 314 pueden ser proporcionadas por el mismo dispositivo de memoria o dispositivos de memoria separados. En varios ejemplos, la memoria de CPB 320 puede estar en chip con otros componentes del decodificador de video 300, o fuera

de chip en relación con esos componentes.

[0234] Adicional o alternativamente, en algunos ejemplos, el decodificador de video 300 puede recuperar datos de video codificados de la memoria 120 (FIG. 1). Es decir, la memoria 120 puede almacenar datos como se discutió con anterioridad con la memoria de CPB 320. Del mismo modo, la memoria 120 puede almacenar instrucciones para ser ejecutadas por el decodificador de video 300, cuando parte o la totalidad de la funcionalidad del decodificador de video 300 se implementa en el *software* para ser ejecutado por circuitos de procesamiento del decodificador de video 300.

[0235] Las diversas unidades mostradas en la FIG. 8 se ilustran para ayudar a comprender las operaciones realizadas por el decodificador de video 300. Las unidades pueden implementarse como circuitos de función fija, circuitos programables o una combinación de estos. Similar a la FIG. 7, los circuitos de función fija se refieren a circuitos que proporcionan una funcionalidad particular, y están preestablecidos en las operaciones que se pueden realizar. Los circuitos programables se refieren a circuitos que se pueden programar para realizar diversas tareas y proporcionan una funcionalidad flexible en las operaciones que se pueden realizar. Por ejemplo, los circuitos programables pueden ejecutar *software* o *firmware* que hacen que los circuitos programables funcionen de la manera definida por las instrucciones del *software* o *firmware*. Los circuitos de función fija pueden ejecutar instrucciones de *software* (por ejemplo, para recibir parámetros o emitir parámetros), pero los tipos de operaciones que realizan los circuitos de función fija son generalmente inmutables. En algunos ejemplos, una o más de las unidades pueden ser bloques de circuito distintos (función fija o programable), y en algunos ejemplos, una o más de las unidades pueden ser circuitos integrados.

[0236] El decodificador de video 300 puede incluir ALU, EFU, circuitos digitales, circuitos analógicos y/o núcleos programables formados a partir de circuitos programables. En los ejemplos en los que las operaciones del decodificador de video 300 se realizan mediante *software* que se ejecuta en los circuitos programables, la memoria en chip o fuera de chip puede almacenar instrucciones (por ejemplo, código de objeto) del *software* que el decodificador de video 300 recibe y ejecuta.

[0237] La unidad de decodificación de entropía 302 puede recibir datos de video codificados del CPB y decodificar por entropía los datos de video para reproducir elementos de sintaxis. La unidad de procesamiento de predicción 304, la unidad de cuantificación inversa 306, la unidad de procesamiento de transformación inversa 308, la unidad de reconstrucción 310 y la unidad de filtro 312 pueden generar datos de video

decodificados basados en los elementos de sintaxis extraídos del flujo de bits.

[0238] En general, el decodificador de video 300 reconstruye una imagen bloque por bloque. El decodificador de video 300 puede realizar una operación de reconstrucción en cada bloque individualmente (donde el bloque que se está reconstruyendo actualmente, es decir, decodificado, puede denominarse un “bloque actual”).

[0239] La unidad de decodificación de entropía 302 puede decodificar por entropía elementos de sintaxis que definen coeficientes de transformación cuantificados de un bloque de coeficiente de transformación cuantificado, así como información de transformación, tal como un parámetro de cuantificación (QP) y/o indicaciones de modo de transformación. La unidad de cuantificación inversa 306 puede usar el QP asociado con el bloque de coeficiente de transformación cuantificado para determinar un grado de cuantificación y, asimismo, un grado de cuantificación inversa para que aplique la unidad de cuantificación inversa 306. La unidad de cuantificación inversa 306 puede, por ejemplo, realizar una operación de desplazamiento a la izquierda bit a bit para cuantificar inversamente los coeficientes de transformación cuantificados. La unidad de cuantificación inversa 306 puede formar así un bloque de coeficiente de transformación que incluye coeficientes de transformación.

[0240] Después de que la unidad de cuantificación inversa 306 forma el bloque de coeficiente de transformación, la unidad de procesamiento de transformación inversa 308 puede aplicar una o más transformadas inversas al bloque de coeficiente de transformación para generar un bloque residual asociado con el bloque actual. Por ejemplo, la unidad de procesamiento de transformación inversa 308 puede aplicar una DCT inversa, una transformada entera inversa, una transformada de Karhunen–Loeve inversa (KLT), una transformada rotacional inversa, una transformada direccional inversa u otra transformada inversa al bloque de coeficientes de transformación.

[0241] Además, la unidad de procesamiento de predicción 304 genera un bloque de predicción de acuerdo con los elementos de sintaxis de información de predicción que fueron decodificados por entropía por la unidad de decodificación de entropía 302. Por ejemplo, si los elementos de sintaxis de información de predicción indican que el bloque actual está interpretado, la unidad de compensación de movimiento 316 puede generar el bloque de predicción. En este caso, los elementos de sintaxis de información de predicción pueden indicar una imagen de referencia en el DPB 314 desde la cual recuperar un bloque de referencia, así como un vector de movimiento que identifica una ubicación del bloque de referencia en la imagen de referencia en relación con la ubicación del bloque actual en la imagen actual. La unidad de compensación de

movimiento 316 generalmente puede realizar el proceso de interpredicción de una manera que es sustancialmente similar a la descrita con respecto a la unidad de compensación de movimiento 224 (FIG. 7).

[0242] Como otro ejemplo, si los elementos de sintaxis de información de predicción indican que el bloque actual está intrapredicho, la unidad de interpredicción 318 puede generar el bloque de predicción de acuerdo con un modo de intrapredicción indicado por los elementos de sintaxis de información de predicción. Nuevamente, la unidad de intrapredicción 318 generalmente puede realizar el proceso de intrapredicción de una manera que es sustancialmente similar a la descrita con respecto a la unidad de intrapredicción 226 (FIG. 7). La unidad de intrapredicción 318 puede recuperar datos de muestras vecinas al bloque actual del DPB 314.

[0243] La unidad de reconstrucción 310 puede reconstruir el bloque actual con el uso del bloque de predicción y el bloque residual. Por ejemplo, la unidad de reconstrucción 310 puede agregar muestras del bloque residual a las muestras correspondientes del bloque de predicción para reconstruir el bloque actual.

[0244] La unidad de filtro 312 puede realizar una o más operaciones de filtro en bloques reconstruidos. Por ejemplo, la unidad de filtro 312 puede realizar operaciones de desbloqueo para reducir los artefactos de bloqueo a lo largo de los bordes de los bloques reconstruidos. Las operaciones de la unidad de filtro 312 no se realizan necesariamente en todos los ejemplos. En particular, la unidad de filtro 312 puede configurarse para realizar las técnicas ALF y GALF de esta divulgación que se describen con anterioridad. Por ejemplo, la unidad de filtro 312 puede configurarse para determinar un valor de un gradiente para una muestra en un bloque de codificación reconstruido, incluida la realización de un cálculo de gradiente para la muestra con el uso de una muestra no disponible que está fuera de uno de: una imagen, un segmento, un mosaico, o un grupo de mosaicos que incluye el bloque reconstruido de muestras, determinar un filtro de bucle adaptativo para el bloque de codificación reconstruido en función, al menos en parte, del valor determinado del gradiente para la muestra, y aplicar el filtro de bucle adaptativo determinado al bloque de codificación reconstruido para generar un bloque filtrado de datos de video.

[0245] En algunos ejemplos, la unidad de filtro 312 puede configurarse para determinar valores de gradiente para una ventana que cubre el bloque de codificación reconstruido, donde la ventana incluye muestras del bloque reconstruido de datos de video y muestras que rodean el bloque reconstruido de datos de video, que incluye realizar un cálculo de gradiente con el uso de una muestra no disponible, tal como de acuerdo con las técnicas

de la presente divulgación, y determinar el filtro de bucle adaptativo para el bloque de codificación reconstruido en función, al menos en parte, de los valores de gradiente determinados para la ventana. Esto puede incluir, por ejemplo, reemplazar valores de gradiente no disponibles para muestras dentro de la ventana que están fuera del límite de uno de: una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos con uno o más valores de gradiente que están dentro del límite, donde uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos incluye el bloque de codificación reconstruido, tal como de acuerdo con las técnicas de la presente divulgación.

[0246] En algunos ejemplos, la unidad de filtro 312 puede configurarse para abstenerse de incluir valores de gradiente no disponibles para muestras dentro de la ventana que están fuera del límite de uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos en los valores de gradiente para la ventana, donde uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos incluye el bloque reconstruido de datos de video. La unidad de filtro 216 puede normalizar los valores de gradiente para la ventana debido a que no incluye valores de gradiente no disponibles para muestras dentro de la ventana en los valores de gradiente para la ventana.

[0247] En algunos ejemplos, la unidad de filtro 312 puede configurarse para, en respuesta al filtro de bucle adaptativo que utiliza soportes de filtro correspondientes a muestras no disponibles, determinar un filtro parcial del filtro de bucle adaptativo que no utiliza los soportes de filtro correspondientes a las muestras no disponibles, donde el filtro parcial incluye uno de: un filtro parcial asimétrico o un filtro parcial simétrico. En otros ejemplos, la unidad de filtro 216 puede configurarse para, en respuesta al filtro de bucle adaptativo que utiliza soportes de filtro correspondientes a muestras no disponibles, realizar un relleno de espejo para reemplazar los soportes de filtro correspondientes a las muestras no disponibles.

[0248] En algunos ejemplos, la unidad de filtro 312 puede configurarse para deshabilitar condicionalmente el filtrado de una muestra particular del bloque de codificación reconstruido en función, al menos en parte, de al menos uno de: si determinar uno o más valores de gradiente para la muestra particular incluye realizar uno o más cálculos de gradiente para la muestra particular con el uso de una o más muestras no disponibles, o si determinar los valores de gradiente para la ventana que cubre el bloque reconstruido de datos de video incluye determinar uno o más valores de gradiente para una o más muestras dentro de la ventana que están fuera de un límite de uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos, donde el bloque reconstruido de datos de video está dentro del límite.

[0249] En algunos ejemplos, la unidad de filtro 312 puede configurarse para determinar un promedio ponderado de una muestra particular en el bloque reconstruido y una muestra del bloque filtrado de datos de video en función, al menos en parte, de al menos uno de: si determinar uno o más valores de gradiente para la muestra particular incluye realizar uno o más cálculos de gradiente para la muestra particular con el uso de una o más muestras no disponibles, o si determinar los valores de gradiente para la ventana que cubre el bloque reconstruido de datos de video incluye determinar uno o más valores de gradiente para una o más muestras dentro de la ventana que están fuera del límite de uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos, donde el bloque reconstruido de datos de video está dentro del límite.

[0250] El decodificador 300 de video puede almacenar los bloques reconstruidos en el DPB 314. Por ejemplo, en los ejemplos en los que no se realizan las operaciones de la unidad de filtro 312, la unidad de reconstrucción 310 puede almacenar bloques reconstruidos en el DPB 314. En los ejemplos en los que se realizan las operaciones de la unidad de filtro 312, la unidad de filtro 312 puede almacenar los bloques reconstruidos filtrados en el DPB 314. Como se discutió con anterioridad, el DPB 314 puede proporcionar información de referencia, como muestras de una imagen actual para intrapredicción e imágenes previamente decodificadas para compensación de movimiento posterior, a la unidad de procesamiento de predicción 304. Además, el decodificador de video 300 puede emitir imágenes decodificadas (por ejemplo, video decodificado) desde el DPB 314 para su presentación posterior en un dispositivo de visualización, tal como el dispositivo de visualización 118 de la FIG. 1.

[0251] De esta manera, el decodificador de video 300 representa un ejemplo de un dispositivo de decodificación de video que incluye una memoria configurada para almacenar datos de video y una o más unidades de procesamiento implementadas en circuitos y configuradas para reconstruir un bloque de datos de video para crear un bloque reconstruido de datos de video, determinar un valor de un gradiente para una muestra en el bloque reconstruido de datos de video, incluida la realización de un cálculo de gradiente para la muestra con el uso de una muestra no disponible que esté fuera de una de: una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos que incluye el bloque reconstruido de muestras, determinar un filtro de bucle adaptativo para el bloque reconstruido de datos de video en función, al menos en parte, del valor determinado del gradiente para la muestra, y aplicar el filtro de bucle adaptativo determinado al bloque reconstruido de datos de video para generar un bloque filtrado de datos de video.

[0252] La FIG. 9 ilustra una implementación de ejemplo de una unidad de filtro para

realizar las técnicas de esta divulgación. Las unidades de filtro 216 y 312 pueden realizar las técnicas de esta divulgación, posiblemente junto con otros componentes del codificador de video 200 o del decodificador de video 300. En el ejemplo de la FIG. 9, la unidad de filtro 216 y la unidad de filtro 312 incluyen el filtro de desbloqueo 342, el filtro SAO 344 y el filtro ALF/GLAF 346. El filtro SAO 344 puede, por ejemplo, estar configurado para determinar valores de compensación para muestras de un bloque.

[0253] La unidad de filtro 216 y la unidad de filtro 312 pueden incluir menos filtros y/o pueden incluir filtros adicionales. Además, los filtros particulares mostrados en la FIG. 9 puede implementarse en un orden diferente. También se pueden usar otros filtros de bucle (ya sea en el bucle de codificación o después del bucle de codificación) para suavizar las transiciones de muestras o mejorar la calidad del video.

[0254] El filtro de desbloqueo 342 puede configurarse para realizar el filtrado de desbloqueo de un bloque reconstruido de datos de video. El filtro SAO 344 puede configurarse para realizar el filtrado SAO del bloque reconstruido desbloqueado de datos de video que se emite por el filtro de desbloqueo 342. El filtro ALF/GALF 346 puede configurarse para realizar ALF o GALF del bloque reconstruido de datos de video desbloqueado y filtrado por SAO que se emite por el filtro SAO 344.

[0255] En particular, el filtro ALF/GALF 346 se puede configurar para determinar un valor de un gradiente para una muestra en el bloque reconstruido de datos de video desbloqueado y filtrado por SAO, que incluye realizar un cálculo de gradiente para la muestra con el uso de una muestra no disponible que está fuera de uno de: una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos que incluye el bloque reconstruido de muestras, determinar un filtro de bucle adaptativo para el bloque reconstruido de datos de video desbloqueado y filtrado por SAO en función, al menos en parte, del valor determinado del gradiente para la muestra, y aplicar el filtro de bucle adaptativo determinado al bloque reconstruido de datos de video desbloqueado y filtrado por SAO para generar un bloque filtrado de datos de video.

[0256] En algunos ejemplos, el filtro ALG/GALF 346 puede configurarse para determinar valores de gradiente para una ventana que cubre el bloque reconstruido de datos de video desbloqueado y filtrado por SAO, donde la ventana incluye muestras del bloque reconstruido de datos de video y muestras que rodean el bloque reconstruido de datos de video, incluida la realización de un cálculo de gradiente con el uso de una muestra no disponible, tal como de acuerdo con las técnicas de la presente divulgación, y para determinar el filtro de bucle adaptativo para el bloque reconstruido de datos de video desbloqueado y filtrado por SAO en función, al menos en parte, de los valores de

gradiente determinados para la ventana. Esto puede incluir, por ejemplo, reemplazar valores de gradiente no disponibles para muestras dentro de la ventana que están fuera de un límite de uno de: una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos con uno o más valores de gradiente que están dentro del límite, donde uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos incluye el bloque reconstruido de datos de video desbloqueado y filtrado por SAO, tal como de acuerdo con las técnicas de la presente divulgación.

[0257] En algunos ejemplos, el filtro ALG/GALF 346 puede configurarse para abstenerse de incluir valores de gradiente no disponibles para muestras dentro de la ventana que están fuera de un límite de uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos en los valores de gradiente para la ventana, donde uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos incluye el bloque reconstruido de datos de video. El filtro ALG/GALF 346 puede normalizar los valores de gradiente para la ventana debido a que no incluye valores de gradiente no disponibles para muestras dentro de la ventana en los valores de gradiente para la ventana.

[0258] En algunos ejemplos, el filtro ALG/GALF 346 puede configurarse para, en respuesta al filtro de bucle adaptativo que utiliza soportes de filtro correspondientes a muestras no disponibles, determinar un filtro parcial del filtro de bucle adaptativo que no utiliza los soportes de filtro correspondientes a las muestras no disponibles, donde el filtro parcial incluye uno de: un filtro parcial asimétrico o un filtro parcial simétrico. En otros ejemplos, el filtro ALG/GALF 346 puede configurarse para, en respuesta al filtro de bucle adaptativo que utiliza soportes de filtro correspondientes a muestras no disponibles, realizar un relleno de espejo para reemplazar los soportes de filtro correspondientes a las muestras no disponibles.

[0259] En algunos ejemplos, el filtro ALG/GALF 346 puede configurarse para deshabilitar condicionalmente el filtrado de una muestra particular del bloque reconstruido de datos de video desbloqueado y filtrado por SAO en función, al menos en parte, de al menos uno de: si determinar uno o más valores de gradiente para la muestra en particular incluye realizar uno o más cálculos de gradiente para la muestra en particular con el uso de una o más muestras no disponibles, o si determinar los valores de gradiente para la ventana que cubre el bloque reconstruido de datos de video incluye determinar uno o más valores de gradiente para una o más muestras dentro de la ventana que están fuera de un límite de uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos, donde el bloque reconstruido de datos de video está dentro del límite.

[0260] En algunos ejemplos, el filtro ALG/GALF 346 puede configurarse para determinar un promedio ponderado de una muestra particular en el bloque reconstruido y una muestra del bloque filtrado de datos de video en función, al menos en parte, de al menos uno de: si determinar uno o más valores de gradiente para la muestra particular incluye realizar uno o más cálculos de gradiente para la muestra particular con el uso de una o más muestras no disponibles, o si determinar los valores de gradiente para la ventana que cubre el bloque reconstruido de datos de video incluye determinar uno o más valores de gradiente para una o más muestras dentro de la ventana que están fuera de un límite de una de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos, donde el bloque reconstruido de datos de video está dentro del límite.

[0261] Los bloques de video decodificados en un cuadro o imagen dados se almacenan luego en el DPB 314, que almacena imágenes de referencia utilizadas para la compensación de movimiento subsiguiente. El DPB 314 puede ser parte o estar separado de la memoria adicional que almacena video decodificado para una presentación posterior en un dispositivo de visualización, tal como el dispositivo de visualización 118 de la FIG. 1.

[0262] La FIG. 10 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo para decodificar un bloque actual de datos de video. El bloque actual puede incluir una CU actual. Aunque se describe con respecto al decodificador de video 300 (FIG. 1 y 8), debe entenderse que se pueden configurar otros dispositivos para realizar un método similar al de la FIG. 10.

[0263] El decodificador de video 300 puede recibir datos codificados por entropía para el bloque actual, tales como información de predicción codificada por entropía y datos codificados por entropía para coeficientes de un bloque residual correspondiente al bloque actual (370). El decodificador de video 300 puede decodificar por entropía los datos codificados por entropía para determinar la información de predicción para el bloque actual y reproducir los coeficientes del bloque residual (372). El decodificador de video 300 puede predecir el bloque actual (374), por ejemplo, con el uso de un modo de intrapredicción o interpredicción como lo indica la información de predicción para el bloque actual, para calcular un bloque de predicción para el bloque actual. El decodificador de video 300 puede entonces explorar inversamente los coeficientes reproducidos (376), para crear un bloque de coeficientes de transformación cuantificados. El decodificador de video 300 puede entonces cuantificar y transformar inversamente los coeficientes de transformación para producir un bloque residual (378). El decodificador de video 300 puede finalmente decodificar el bloque actual al combinar

el bloque de predicción y el bloque residual (380).

[0264] En algunos ejemplos, el decodificador de video 300 puede realizar el filtrado del bloque decodificado, tal como filtrado de desbloqueo, filtrado SAO y filtrado ALF. Por ejemplo, como parte de la realización del filtrado ALF, el decodificador de video 300 puede determinar un valor de un gradiente para una muestra en un bloque de codificación reconstruido, que incluye realizar un cálculo de gradiente para la muestra con el uso de una muestra disponible que corresponde a una muestra no disponible que está fuera de uno de: una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos que incluye el bloque reconstruido de muestras, determinar un filtro de bucle adaptativo para el bloque de codificación reconstruido en función, al menos en parte, del valor determinado del gradiente para la muestra y aplicar el filtro de bucle adaptativo determinado al bloque de codificación reconstruido para generar un bloque filtrado de datos de video.

[0265] En algunos ejemplos, como parte de la realización del filtrado ALF, el decodificador de video 300 puede determinar valores de gradiente para una ventana que cubre el bloque de codificación reconstruido, donde la ventana incluye muestras del bloque reconstruido de datos de video y muestras que rodean el bloque reconstruido de datos de video, incluida la realización de un cálculo de gradiente con el uso de una muestra no disponible, tal como de acuerdo con las técnicas de la presente divulgación, y para determinar el filtro de bucle adaptativo para el bloque de codificación reconstruido en función, al menos en parte, de los valores de gradiente determinados para la ventana. Esto puede incluir, por ejemplo, reemplazar valores de gradiente no disponibles para muestras dentro de la ventana que están fuera del límite de uno de: una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos con uno o más valores de gradiente que están dentro del límite, donde uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos incluye el bloque de codificación reconstruido, tal como de acuerdo con las técnicas de la presente divulgación.

[0266] La FIG. 11 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo para codificar datos de video. El método puede realizarse mediante el codificador de video 200 (FIG. 1 y 7) y/o el decodificador de video 300 (FIG. 1 y 8). Aunque se describe con respecto al codificador de video 200 y al decodificador de video 300, debe entenderse que se pueden configurar otros dispositivos para realizar un método similar al de la FIG. 11. En algunos ejemplos, las técnicas de la FIG. 11 se pueden realizar la unidad de filtro 216 de la FIG. 7 y/o la unidad de filtro 312 de la FIG. 8. En otros ejemplos, las técnicas de la FIG. 11 puede ser realizadas por una o más de otras unidades estructurales del

codificador de video 200 y/o decodificador de video 300.

[0267] En el ejemplo de la FIG. 11, el codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden reconstruir un bloque de datos de video para crear un bloque reconstruido 170 de datos de video (400). Por ejemplo, el codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden realizar el desbloqueo o filtrado SAO al bloque reconstruido de datos de video antes de realizar ALF en el bloque reconstruido de datos de video.

[0268] El codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden determinar un valor de un gradiente para una muestra en el bloque reconstruido de datos de video 170, que incluye realizar un cálculo de gradiente para la muestra con el uso de una muestra disponible que corresponde a una muestra no disponible que está fuera de uno de: una imagen, un segmento, un mosaico o un grupo de mosaicos que incluye el bloque reconstruido de datos de muestra 170 (402).

[0269] En algunos ejemplos, el codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden realizar el cálculo de gradiente para la muestra con el uso de una muestra vecina disponible a lo largo de una dirección de gradiente del gradiente de la muestra en lugar de la muestra no disponible. En algunos ejemplos, el codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden realizar un relleno de espejo para determinar una muestra vecina disponible que corresponde a la muestra vecina no disponible y pueden realizar el cálculo de gradiente para la muestra con el uso de la muestra vecina disponible.

[0270] En algunos ejemplos, el codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden determinar valores de gradiente para una ventana 172 que cubre el bloque reconstruido de datos de video 170, donde la ventana incluye muestras del bloque reconstruido de datos de video 170 y muestras que rodean el bloque reconstruido de datos de video 170.

[0271] El codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden determinar un filtro de bucle adaptativo para el bloque reconstruido de datos de video 170 en función, al menos en parte, del valor determinado del gradiente (404).

[0272] En algunos ejemplos, el codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden determinar un filtro de bucle adaptativo para el bloque reconstruido de datos de video 170 en función, al menos en parte, de los valores de gradiente determinados para la ventana.

[0273] En algunos ejemplos, el codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden reemplazar valores de gradiente no disponibles para muestras dentro de la

ventana 172 que están fuera de un límite de uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos con uno o más valores de gradiente que están dentro del límite, donde uno o más de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos incluye el bloque reconstruido de datos de video 170.

[0274] En algunos ejemplos, el límite incluye un límite horizontal 174, y el codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden determinar un valor de gradiente para una muestra dentro de la ventana 172 y fuera del límite horizontal 174 como un valor de gradiente más cercano de una muestra dentro del límite horizontal 174 que está en la misma columna que la muestra dentro de la ventana 172 y fuera del límite horizontal 174.

[0275] En algunos ejemplos, el límite incluye un límite vertical 176, y el codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden determinar un valor de gradiente para una muestra dentro de la ventana 172 y fuera del límite vertical 176 como un valor de gradiente más cercano de una muestra dentro del límite vertical 176 que está en la misma fila que la muestra dentro de la ventana 172 y fuera del límite vertical 176.

[0276] En algunos ejemplos, el codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden determinar un valor de gradiente diagonal para una muestra dentro de la ventana 172 y fuera del límite como un valor de gradiente diagonal más cercano de una muestra dentro del límite que está en la misma dirección del gradiente que el valor del gradiente diagonal de la muestra dentro de la ventana 172 y fuera del límite.

[0277] En algunos ejemplos, el codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden determinar valores de gradiente adicionales para muestras adicionales dentro del bloque reconstruido de datos de video 170 para reemplazar los valores de gradiente no disponibles para las muestras dentro de la ventana 172 que están fuera del límite.

[0278] En algunos ejemplos, el codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden abstenerse de incluir valores de gradiente no disponibles para muestras dentro de la ventana 172 que están fuera de un límite de uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos en los valores de gradiente para una ventana 172, donde uno de: la imagen, un segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos incluye el bloque reconstruido de datos de video 170, y puede normalizar los valores de gradiente para la ventana 172.

[0279] El codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden aplicar el filtro de bucle adaptativo determinado al bloque reconstruido de datos de video 170 para generar un bloque filtrado de datos de video (406).

[0280] En algunos ejemplos, el codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden, en respuesta al filtro de bucle adaptativo que utiliza soportes de filtro correspondientes a muestras no disponibles, determinar un filtro parcial del filtro de bucle adaptativo que no usa los soportes de filtro correspondientes a las muestras no disponibles, donde el filtro parcial incluye uno de: un filtro parcial asimétrico o un filtro parcial simétrico.

[0281] En algunos ejemplos, el codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden, en respuesta al filtro de bucle adaptativo que utiliza soportes de filtro correspondientes a muestras no disponibles, realizar un relleno de espejo para reemplazar los soportes de filtro correspondientes a las muestras no disponibles.

[0282] En algunos ejemplos, el codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden deshabilitar condicionalmente el filtrado de una muestra del bloque reconstruido de datos de video 170 en función, al menos en parte, de al menos uno de: si determinar valores de gradiente para la muestra incluye realizar un cálculo de gradiente con el uso de una muestra no disponible o si determinar los valores de gradiente para la ventana 172 que cubre el bloque reconstruido de datos de video 170 incluye determinar uno o más valores de gradiente para una o más muestras dentro de la ventana 172 que están fuera de un límite de uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos, donde el bloque reconstruido de datos de video 170 está dentro del límite.

[0283] En algunos ejemplos, el codificador de video 200 y/o el decodificador de video 300 pueden determinar un promedio ponderado de una muestra en el bloque reconstruido y una muestra del bloque filtrado de datos de video en función, al menos en parte, de al menos uno de: si determinar los valores de gradiente para la muestra incluye realizar un cálculo de gradiente con el uso de una muestra no disponible o si determinar los valores de gradiente para la ventana 172 que cubre el bloque reconstruido de datos de video 170 incluye determinar uno o más valores de gradiente para una o más muestras dentro de la ventana 172 que están fuera de un límite de uno de: la imagen, el segmento, el mosaico o el grupo de mosaicos, donde el bloque reconstruido de datos de video 170 está dentro del límite.

[0284] En algunos ejemplos, el codificador de video 200 codifica los datos de video y puede almacenar el bloque filtrado de datos de video en un búfer de imagen decodificada 218. En algunos ejemplos, el codificador de video 200 puede capturar, con una cámara, una imagen que incluye el bloque de datos de video.

[0285] En algunos ejemplos, el decodificador de video 300 puede decodificar los datos

de video y puede almacenar el bloque filtrado de datos de video en un búfer de imagen decodificada 314. En algunos ejemplos, el decodificador de video 300 puede mostrar una imagen que incluye el bloque filtrado de datos de video.

[0286] Los ejemplos ilustrativos de la divulgación incluyen:

[0287] Ejemplo 1: Un método de decodificación de datos de video, donde el método comprende: obtener un bloque de muestras; determinar un gradiente para una muestra actual del bloque de muestras; y función del gradiente determinado, determinar un filtro para la muestra.

[0288] Ejemplo 2: El método de acuerdo con el Ejemplo 1, en donde la determinación del gradiente para la muestra actual comprende realizar un cálculo del gradiente con el uso de una muestra no disponible.

[0289] Ejemplo 3: El método de acuerdo con el Ejemplo 1, en donde la muestra no disponible comprende una muestra fuera de un límite de uno o más de una imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos que incluye el bloque de muestras.

[0290] Ejemplo 4: El método según los Ejemplos 2 o 3, que comprende además: determinar un valor para la muestra no disponible en función de un valor de una muestra disponible en el bloque de muestras.

[0291] Ejemplo 5: El método de acuerdo con el Ejemplo 4, en donde la determinación del valor de la muestra no disponible en función del valor de la muestra disponible en el bloque de muestras comprende: determinar la muestra disponible que se utilizará en función de una dirección del gradiente para la muestra actual.

[0292] Ejemplo 6: El método de acuerdo con el Ejemplo 5, en donde la dirección comprende una dirección de 45 grados.

[0293] Ejemplo 7: el método de acuerdo con el Ejemplo 5, en donde la dirección comprende una dirección de 135 grados.

[0294] Ejemplo 8: El método de acuerdo con el Ejemplo 5, en donde la dirección comprende una dirección de 90 grados.

[0295] Ejemplo 9: El método de acuerdo con el Ejemplo 5, en donde la dirección comprende una dirección de 0 grados.

[0296] Ejemplo 10: El método de acuerdo con cualquiera de los Ejemplos 1-9, en donde la muestra es adyacente a un límite vertical de una imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos.

[0297] Ejemplo 11: El método de acuerdo con cualquiera de los Ejemplos 1-9, en donde la muestra es adyacente a un límite horizontal de una imagen, segmento, mosaico o grupo de mosaicos.

[0298] Ejemplo 12: El método de acuerdo con cualquiera de los Ejemplos 1-11, en donde la muestra es una muestra de un sub-bloque y la determinación del gradiente para la muestra comprende determinar un gradiente para el sub-bloque.

[0299] Ejemplo 13: el método de acuerdo con el Ejemplo 12, en donde el sub-bloque comprende un bloque de 4x4.

[0300] Ejemplo 14: El método de acuerdo con cualquiera de los Ejemplos 1-13, en donde la muestra comprende una muestra de luma.

[0301] Ejemplo 15: El método de acuerdo con cualquiera de los Ejemplos 1-14, que comprende además: en función del gradiente determinado, seleccionar un filtro para la muestra actual; en respuesta al filtro seleccionado que utiliza soportes de filtro correspondientes a muestras no disponibles, filtrar la muestra actual con el uso de un filtro parcial.

[0302] Ejemplo 16: El método de acuerdo con el Ejemplo 15, en donde el filtro parcial comprende un filtro parcial simétrico.

[0303] Ejemplo 17: El método de acuerdo con el Ejemplo 15, en donde el filtro parcial comprende un filtro parcial asimétrico.

[0304] Ejemplo 18: El método de acuerdo con cualquiera de los Ejemplos 1-17, que comprende además: filtrar la muestra con el uso del filtro determinado.

[0305] Ejemplo 19: El método de acuerdo con cualquiera de los Ejemplos 1-15, en donde el método de decodificación se realiza como parte de un proceso de codificación de video.

[0306] Ejemplo 20: Un dispositivo para decodificar datos de video, donde el dispositivo comprende: una memoria configurada para almacenar datos de video; y uno o más procesadores configurados para decodificar los datos de video con el uso de cualquier técnica descrita en los Ejemplos 1-18 y/o cualquier técnica descrita en esta divulgación.

[0307] Ejemplo 21: El dispositivo de acuerdo con el Ejemplo 20, en donde el dispositivo comprende un dispositivo de comunicación inalámbrica, que comprende además un receptor configurado para recibir datos de video codificados.

[0308] Ejemplo 22: El dispositivo de acuerdo con el Ejemplo 21, en donde el dispositivo de comunicación inalámbrica comprende un auricular telefónico y en donde el receptor está configurado para demodular, según un estándar de comunicación inalámbrica, una señal que comprende los datos de video codificados.

[0309] Ejemplo 23: Un medio de almacenamiento legible por computadora que almacena instrucciones que cuando son ejecutadas por uno o más procesadores hacen que el procesador o los procesadores decodifiquen los datos de video con el uso de

cualquier técnica descrita en los Ejemplos 1-19 y/o cualquier técnica descrita en esta divulgación.

[0310] Ejemplo 24: Aparato para decodificar datos de video, donde el aparato comprende: medios para decodificar los datos de video con el uso de cualquier técnica descrita en los Ejemplos 1-19; y/o medios para decodificar los datos de video con el uso de cualquier técnica descrita en esta divulgación.

[0311] Ejemplo 25: Un dispositivo para codificar datos de video, donde el dispositivo comprende: una memoria configurada para almacenar datos de video; y uno o más procesadores configurados para codificar los datos de video con el uso de cualquier técnica descrita en los Ejemplos 1-19 y/o cualquier técnica descrita en esta divulgación.

[0312] Ejemplo 26: El dispositivo del Ejemplo 25, en donde el dispositivo comprende un dispositivo de comunicación inalámbrica, que comprende además un transmisor configurado para transmitir datos de video codificados.

[0313] Ejemplo 27: El dispositivo del Ejemplo 26, en donde el dispositivo de comunicación inalámbrica comprende un auricular telefónico y en donde el transmisor está configurado para modular, según un estándar de comunicación inalámbrica, una señal que comprende los datos de video codificados.

[0314] Ejemplo 28: Un medio de almacenamiento legible por computadora que almacena instrucciones que cuando son ejecutadas por uno o más procesadores hacen que el procesador o los procesadores codifiquen los datos de video con el uso de cualquier técnica descrita en los Ejemplos 1-19 y/o cualquier técnica descrita en esta divulgación.

[0315] Ejemplo 29: Un aparato para decodificar datos de video, donde el aparato comprende:

[0316] medios para codificar los datos de video con el uso de cualquier técnica descrita en los Ejemplos 1-19; y/o medios para codificar los datos de video con el uso de cualquier técnica descrita en esta divulgación.

[0317] Se han descrito ciertos aspectos de esta divulgación con respecto a HEVC, extensiones de HEVC y el estándar de VVC en desarrollo con fines ilustrativos. Sin embargo, las técnicas descritas en esta divulgación pueden ser útiles para otros procesos de codificación de video, incluidos otros procesos de codificación de video estándar o patentados que aún no se han desarrollado.

[0318] Un codificador de video, como se describe en esta divulgación, puede referirse a un codificador de video o un decodificador de video. De manera similar, una unidad de codificación de video puede referirse a un codificador de video o un decodificador de

video. Asimismo, la codificación de video puede referirse a la codificación o decodificación de video, según corresponda. En esta divulgación, la frase “en función de” puede indicar en función solo de, en función al menos en parte de o en función de alguna manera de. Esta divulgación puede utilizar el término “unidad de video” o “bloque de video” o “bloque” para referirse a uno o más bloques de muestras y estructuras de sintaxis utilizadas para codificar muestras del bloque o los bloques de muestras. Los tipos de ejemplo de unidades de video pueden incluir CTU, CU, PU, unidades de transformación (TU), macrobloques, particiones de macrobloque, etc. En algunos contextos, la discusión de las PU puede intercambiarse con la discusión de macrobloques o particiones de macrobloque. Los tipos de ejemplo de bloques de video pueden incluir bloques de árbol de codificación, bloques de codificación y otros tipos de bloques de datos de video.

[0319] Las técnicas de esta divulgación se pueden aplicar a la codificación de video en apoyo de cualquiera de una variedad de aplicaciones multimedia, tales como transmisiones de televisión por aire, transmisiones de televisión por cable, transmisiones de televisión por satélite, transmisiones de video de flujo continuo por Internet, tales como transmisión dinámica adaptativa de flujo continuo a través de HTTP (DASH), video digital que se codifica en un medio de almacenamiento de datos, decodificación de video digital almacenado en un medio de almacenamiento de datos u otras aplicaciones.

[0320] Debe reconocerse que, dependiendo del ejemplo, ciertos actos o eventos de cualquiera de las técnicas descritas en el presente documento pueden realizarse en una secuencia diferente, pueden agregarse, fusionarse u omitirse por completo (por ejemplo, no todos los actos descritos o eventos son necesarios para la práctica de las técnicas). Además, en ciertos ejemplos, los actos o eventos pueden realizarse simultáneamente, por ejemplo, a través de procesamiento de subprocesos múltiples, procesamiento de interrupción o procesadores múltiples, en lugar de secuencialmente.

[0321] En uno o más ejemplos, las funciones descritas pueden implementarse en *hardware*, *software*, *firmware* o cualquier combinación de estos. Si se implementa en *software*, las funciones pueden almacenarse o transmitirse como una o más instrucciones o códigos en un medio legible por computadora y ejecutarse por una unidad de procesamiento basada en *hardware*. Los medios legibles por computadora pueden incluir medios de almacenamiento legibles por computadora, que corresponden a un medio tangible como los medios de almacenamiento de datos o medios de comunicación que incluyen cualquier medio que facilite la transferencia de un programa de computadora de un lugar a otro, por ejemplo, de acuerdo con un protocolo de

comunicación. De esta manera, los medios legibles por computadora generalmente pueden corresponder a (1) medios tangibles de almacenamiento legibles por computadora que no son transitorios o (2) un medio de comunicación tal como una señal o una onda portadora. Los medios de almacenamiento de datos pueden ser cualquier medio disponible al que puedan acceder una o más computadoras o uno o más procesadores para recuperar instrucciones, códigos y/o estructuras de datos para la implementación de las técnicas descritas en esta divulgación. Un producto de programa de computadora puede incluir un medio legible por computadora.

[0322] A modo de ejemplo, y sin limitación, dichos medios de almacenamiento legibles por computadora pueden comprender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM u otro almacenamiento en disco óptico, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, memoria flash o cualquier otro medio que puede usarse para almacenar el código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que puede acceder una computadora. Además, cualquier conexión se denomina correctamente un medio legible por computadora. Por ejemplo, si las instrucciones se transmiten desde un sitio web, un servidor u otra fuente remota con el uso de un cable coaxial, un cable de fibra óptica, un par trenzado, una línea de abonado digital (DSL) o tecnologías inalámbricas como infrarrojos, radio y microondas, entonces el cable coaxial, cable de fibra óptica, par trenzado, DSL o tecnologías inalámbricas como infrarrojos, radio y microondas están incluidos en la definición de medio. Sin embargo, debe entenderse que los medios de almacenamiento legibles por computadora y los medios de almacenamiento de datos no incluyen conexiones, ondas portadoras, señales u otros medios transitorios, sino que se dirigen a medios de almacenamiento tangibles no transitorios. Disco, como se usa en este documento, incluye disco compacto (CD), disco láser, disco óptico, disco versátil digital (DVD), disquete y disco Blu-ray, donde los discos generalmente reproducen datos magnéticamente, mientras que los discos reproducen datos ópticamente con láser. Las combinaciones de lo anterior también deben incluirse dentro del alcance de los medios legibles por computadora.

[0323] La funcionalidad descrita en esta divulgación puede realizarse mediante una función fija y/o un circuito de procesamiento programable. Por ejemplo, las instrucciones pueden ejecutarse mediante una función fija y/o un circuito de procesamiento programable. Las instrucciones pueden ser ejecutadas por uno o más procesadores, tales como uno o más procesadores de señal digital (DSP), microprocesadores de propósito general, circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), matrices de

compuerta programables en campo (FPGA) u otro equivalente integrado o circuitos lógicos discretos. En consecuencia, los términos “procesador” y “circuitos de procesamiento”, como se usan en el presente documento, pueden referirse a cualquiera de las estructuras anteriores o cualquier otra estructura adecuada para la implementación de las técnicas descritas en el presente documento. Además, en algunos aspectos, la funcionalidad descrita en este documento puede proporcionarse dentro de módulos dedicados de *hardware* y/o *software* configurados para codificación y decodificación, o incorporados en un códec combinado. Además, las técnicas podrían implementarse completamente en uno o más circuitos o elementos lógicos. Además, las técnicas podrían implementarse completamente en uno o más circuitos o elementos lógicos. Los circuitos de procesamiento se pueden acoplar a otros componentes de diversas formas. Por ejemplo, un circuito de procesamiento puede estar acoplado a otros componentes a través de una interconexión de dispositivo interno, una conexión de red cableada o inalámbrica.

[0324] Las técnicas de la presente divulgación pueden implementarse en una amplia variedad de dispositivos o aparatos, incluyendo un teléfono inalámbrico, un circuito integrado (IC) o un conjunto de IC (por ejemplo, un conjunto de chips). En esta divulgación se describen diversos componentes, módulos o unidades para enfatizar los aspectos funcionales de los dispositivos configurados para realizar las técnicas divulgadas, pero no necesariamente requieren la realización por diferentes unidades de *hardware*. Por el contrario, como se describió con anterioridad, varias unidades pueden combinarse en una unidad de *hardware* de códec o proporcionarse mediante una colección de unidades de *hardware* interoperativas, que incluyen uno o más procesadores como se describe con anterioridad, junto con el *software* y/o *firmware* adecuado.

[0325] Se han descrito varios ejemplos. Estos y otros ejemplos están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.