

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 378 122**

51 Int. Cl.:

H04N 7/68

(2006.01)

H04N 7/26

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09002773 .1**

96 Fecha de presentación: **26.02.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2096874**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.09.2009**

54 Título: **Transmisión de video resistente a errores utilizando retorno instantáneo del receptor y retransmisión de paquetes adaptativa de calidad del canal**

30 Prioridad:
26.02.2008 US 31490 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
09.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.04.2012

73 Titular/es:
**RichWave Technology Corp.
3F, No.1, Alley 20 Lane 407, Section 2 Tiding
Blvd. NeiHu District
Taipei City, TW**

72 Inventor/es:
**Steinbach, Eckehard Goetz;
Deng, Wei-Kung y
Wong, Shyh-Chyi**

74 Agente/Representante:
Zea Checa, Bernabé

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

ES 2 378 122 T3

DESCRIPCION

Transmisión de vídeo resistente a errores utilizando retorno instantáneo del receptor y retransmisión de paquetes adaptativa de calidad del canal.

Campo de la invención

- 5 **[0001]** Las realizaciones de la presente invención se refieren a la transmisión de vídeo digital. Más concretamente, las realizaciones de la invención se refieren a sistemas y metodologías de transmisión de vídeo digital en tiempo real resistentes a errores.

Antecedentes de la invención

- [0002]** Existe una creciente demanda de servicios inalámbricos. Desde simples receptores buscapersonas a la telefonía móvil con todas las funciones, los consumidores y usuarios siguen insistiendo en tecnologías más rápidas y funcionalmente más completas. En este sentido, los usuarios están exigiendo cada vez más la distribución inalámbrica de contenidos de audio/vídeo en tiempo real a teléfonos móviles, PDAs, ordenadores portátiles, o cualquier otro dispositivo portátil que tenga la capacidad de recibir y reproducir dicho contenido. La programación de noticias, deportes y entretenimiento está siendo cada vez más disponible para la distribución para dichas plataformas y los consumidores están cada vez más ansiosos de recibirlo.

- [0003]** Sin embargo, el suministro de estos contenidos de una manera eficiente y aceptable para el usuario no es una tarea fácil. Tal como se describe, por ejemplo, en la patente americana 5.768.527 de Zhu y otros, que va dirigida a una infraestructura por cable, uno de los mayores problemas para superar la transmisión de audio/vídeo en tiempo real es la pérdida de paquetes. Los paquetes pueden perderse durante la transmisión por cualquier motivo, incluyendo errores de bits, debido a enlaces físicos en una red, así como a una limitada capacidad de almacenamiento en memoria intermedia y de procesamiento en nodos de la red. En un entorno inalámbrico, en particular (que Zhu y otros no tratan), las señales portadoras pueden perderse debido a estructuras físicas (por ejemplo, montañas, edificios, etc.) que están dispuestas entre un lugar de transmisión y un lugar de recepción, así como a factores ambientales tales como el clima. Es evidente que si se pierde una señal portadora, entonces todos los paquetes que se están transmitiendo durante ese período sin señal portadora también se perderán.

- [0004]** Las actas del documento del IEEE, vol. 86, nº 5, Mayo de 1998, páginas 974 a 996, "*Error control and concealment for video communications*", de Yao y otros describe en un sistema de comunicaciones de vídeo que incluye una entrada de vídeo para recibir vídeo, un codificador de fuente y transporte que codifica la entrada de vídeo en paquetes de datos, un canal para transportar los paquetes de datos, un decodificador de fuente y transporte para decodificar los paquetes de datos en vídeo recibido y vídeo enviado para emitir el vídeo recibido. El codificador y el decodificador trabajan conjuntamente para minimizar el impacto de errores de transmisión. Ejemplos en esta categoría incluyen ARQ y codificación predictiva selectiva codificador

[0005]

- [0006]** Por lo tanto, existe una demanda continua de sistemas y metodologías que mejoren el suministro de contenido, especialmente contenido de audio y vídeo en tiempo real, a dispositivos inalámbricos.

Descripción de la invención

- [0007]** Las realizaciones de la presente invención proporcionan sistemas y metodologías de transmisión de vídeo digital en tiempo real resistentes a errores. Se utiliza un códec de vídeo híbrido basado en bloques (por ejemplo, MPEG-X, H.26S) para comprimir una secuencia de vídeo capturado, los fotogramas de vídeo se codifican en paquetes de vídeo (fragmentos) de tamaño fijo o tamaño variable, y estos paquetes se transmiten después a un receptor para decodificación y presentación. En base al retorno instantáneo del receptor sobre paquetes transmitidos con éxito o perdidos se lleva a cabo una ocultación de errores sincronizada tanto en el codificador como en el decodificador. El control de la codificación lleva a cabo decisiones de modos en el codificador en base al fotograma de referencia oculto, y se utiliza un control de velocidad a nivel de macrobloques para codificar un fotograma de acuerdo con una estimación de bits asignados a ese fotograma. El esquema de resistencia a errores puede combinarse con una metodología para la retransmisión de paquetes perdidos que, por lo menos en una ocasión, divide intervalos de tiempo en una estimación de bits para codificación de la fuente y una estimación de bits para la retransmisión de paquetes perdidos.

- [0008]** Aunque se ha descrito principalmente en un contexto inalámbrico, las realizaciones de la presente invención son igualmente aplicables a transmisión por cable e implementación con retorno.

[0009] Éstas y otras características de las realizaciones de la presente invención se comprenderán mejor tras la lectura de la siguiente descripción detallada junto con los distintos dibujos asociados, los cuales se enumeran inmediatamente a continuación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0010] A continuación, la invención se ilustra a modo de ejemplo, tomando como referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

[0011] La figura 1 es una representación de alto nivel de componentes de un sistema de extremo a extremo que incorpora características de la presente invención;

[0012] La figura 2 muestra un esquema de tiempo para la codificación, transmisión y decodificación de fotogramas de vídeo de acuerdo con una realización de la presente invención;

[0013] La figura 3 muestra un codificador de vídeo híbrido basado en bloques con decodificador incorporado de acuerdo con una realización de la presente invención;

[0014] La figura 4 muestra una ocultación de errores del lado del codificador de acuerdo con una realización de la presente invención;

[0015] La figura 5 muestra varios esquemas de retransmisión que pueden emplearse en combinación con realizaciones de la presente invención;

[0016] La figura 6 muestra otro esquema de retransmisión que puede emplearse en combinación con realizaciones de la presente invención;

[0017] La figura 7 muestra un diagrama de estado de un esquema de retransmisión adaptativa de canales de acuerdo con realizaciones de la presente invención;

[0018] La figura 8 representa una interpolación espacial de un macrobloque perdido de acuerdo con realizaciones de la presente invención;

[0019] La figura 9 ilustra una estimación vectorial de movimiento del decodificador (DMVE) para una ocultación de errores temporal de acuerdo con realizaciones de la presente invención;

[0020] La figura 10 muestra una serie de etapas de ejemplo para llevar a cabo una ocultación de errores espacial y temporal combinada de acuerdo con realizaciones de la presente invención;

[0021] La figura 11 muestra una serie de etapas de ejemplo realizadas por un codificador al codificar un fotograma de acuerdo con realizaciones de la presente invención, y

[0022] Las figuras 12A y 12B muestran una serie de etapas de ejemplo realizadas por un codificador al codificar un fotograma P, de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0023] Se hará referencia en detalle ahora a realizaciones de acuerdo con la presente invención, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos que se acompañan. Siempre que sea posible, en todos los dibujos se utilizarán los mismos números de referencia para referirse a elementos iguales o similares.

[0024] 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

[0025] En la figura 1 se ilustra en general un sistema de transmisión de vídeo de acuerdo con una realización de la presente invención. La cámara de vídeo 102 captura imágenes de vídeo a una velocidad determinada (por ejemplo, 25 fotogramas/segundo) y el codificador de vídeo 104 codifica los fotogramas de vídeo capturados. El codificador de vídeo 104 es preferiblemente una estructura de codificación de vídeo híbrido basada en bloques (por ejemplo, MPEG-X, H.26X) utilizando predicción de movimiento compensada (MCP) y codificación por transformación (por ejemplo, transformada discreta del coseno, DCT). El vídeo codificado (y comprimido) se envía entonces por un canal inalámbrico 108 utilizando un transmisor 106. En el lado del receptor, una vez que el receptor 110 recibe un paquete de vídeo, produce un reconocimiento (retorno instantáneo, 120) y lo envía inmediatamente por un canal de retorno inalámbrico al transmisor 106, informando el transmisor 106/codificador 104 si el paquete de vídeo transmitido fue recibido con éxito o dañado en el canal inalámbrico 108. Mientras tanto, un decodificador de vídeo 112 decodifica el paquete de vídeo y el vídeo reconstruido se muestra en una pantalla 114. Aunque se muestran por separado, el codificador 104 y el transmisor 106 pueden ser un único elemento y funcionar como un solo componente. Del mismo modo, el receptor 110 y el decodificador 112 también pueden ser un único elemento y funcionar como un solo componente.

[0026] En base a esta información de retorno instantáneo del receptor 110, el transmisor 106/codificador 104 determina la mejor manera de manejar cualquier paquete(s) perdido(s) y cómo codificar el siguiente fotograma de

vídeo capturado (cuyos detalles se dan ahora). Con el fin de evitar una falta de coincidencia en la predicción de movimiento compensada (MCP), los fragmentos perdidos se ocultan exactamente de la misma manera tanto en el codificador 104 como en el decodificador 112 y la versión oculta del fotograma de vídeo se utiliza para la MCP. Tal como apreciarán los expertos en la materia, el sistema y la metodología de la presente invención dependen principalmente del retorno instantáneo del receptor 110 al codificador 104 para mantener el codificador 104 y el decodificador 112 sincronizados.

[0027] Tal como se ha indicado, el sistema de transmisión de vídeo digital en tiempo real resistente a errores se basa en el retorno del receptor 110 respecto a paquetes transmitidos correctamente o perdidos, junto con una de errores sincronizada que se realiza tanto en el codificador 104 como en el decodificador 112. En una realización preferida, el canal inalámbrico puede ser una disposición inalámbrica punto a punto o una disposición inalámbrica cliente-servidor. Pueden emplearse esquemas de transmisión inalámbrica incluyendo *Wireless Fidelity* (WiFi), *Bluetooth* (BT), o *Ultra Wide Band* (UWB) en relación con el canal inalámbrico. Pueden utilizarse, además, esquemas inalámbricos propietario o infraestructuras por cable. El único requisito es que el receptor pueda recibir los paquetes transmitidos individualmente y devolver, de manera casi instantánea, confirmaciones (ACK) o confirmaciones negativas (NACK) respecto a los paquetes recibidos.

[0028] De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, cada fotograma de vídeo se divide en macrobloques (MBs) y un control de codificación decide cómo se codifica un macrobloque (modo INTRA, INTER, o SKIP). Varios macrobloques forman un fragmento, el cual tiene un tamaño fijo o variable y puede decodificarse independientemente de otros fragmentos dentro del mismo fotograma de vídeo, de modo que cualquier bit erróneo en el flujo de vídeo comprimido no tendrá un efecto desastroso en la calidad del vídeo reconstruido. El transmisor 106 pone el flujo de vídeo comprimido en paquetes de vídeo de tamaño fijo o variable (por ejemplo, un fragmento se pone en un paquete) y los envía por el canal inalámbrico 108 al receptor 110. El receptor 110 puede ser cualquier dispositivo (ordenador, teléfono, PDA, y similar) que pueda recibir el flujo de vídeo comprimido. Un módem (inalámbrico) en el dispositivo está configurado para devolver el retorno instantáneo 120, en el cual se basan las realizaciones de la presente invención.

[0029] Aunque que el objetivo de la presente invención es mostrar los datos decodificados en tiempo real, los expertos en la materia también apreciarán que los datos decodificados pueden almacenarse en una memoria intermedia (u otra memoria no volátil) durante un período de tiempo relativamente corto para su posterior visualización, o los datos decodificados pueden ser almacenados durante un período de tiempo más prolongado en una memoria no volátil, tal como en un disco duro, en NVRAM, o en otros dispositivos de memoria conocidos, para su visualización o reproducción en un momento más posterior.

[0030] En la figura 2 se da una descripción más detallada de una secuencia de tiempo del sistema de transmisión de vídeo. De acuerdo con una realización de la invención, el primer fotograma capturado 202a es codificado de manera independiente como fotograma 1 y los otros fotogramas son codificados en función del fotograma anterior como fotogramas P. Un fotograma de vídeo comprimido se pone varios paquetes de vídeo de tamaño fijo o variable y los paquetes se envían por el canal inalámbrico 108 al receptor 110. Como que la eficacia de compresión de la codificación de un fotograma 1 es significativamente menor que la codificación de un fotograma P, se utiliza una estimación de bits doble para la codificación de un fotograma I para mantener una calidad consistente, lo que significa que se necesitan dos intervalos de tiempo en el canal para la transmisión de un fotograma I. Con el fin de cumplir con la restricción en tiempo real, el fotograma de vídeo capturado después de un fotograma I (por ejemplo, el segundo fotograma capturado) se omite y la estimación de bits (intervalo de tiempo) para este fotograma se utiliza para el fotograma I. Entonces, el siguiente fotograma capturado se codifica utilizando el fotograma I como fotograma de referencia y se envía inmediatamente después del fotograma I, por ejemplo, 3er fotograma 204a. Después de eso, los fotogramas se transmiten en el orden adecuado, 206, 208a, etc. Estos fotogramas son decodificados en el lado del receptor tal como, en consecuencia, 202b, 204b (para el 3er fotograma), 206b, etc.

[0031] 2.RESISTENCIA AL ERROR Y RECUPERACIÓN DEL ERROR

[0032] 2.1 Códec de vídeo híbrido basado en bloques con estructura de fragmentos

[0033] El códec de vídeo que se utiliza preferiblemente en combinación con realizaciones de la presente invención se basa en la conocida estructura de codificación de vídeo híbrido basada en bloques (MPEG-X, H.26X), que utiliza predicción de movimiento compensada (MCP) y codificación por transformada discreta del coseno (DCT). En la figura 3 se muestran los bloques de construcción funcionales básicos para este esquema de codificación.

[0034] Tal como se muestra, el codificador 104, con decodificador incorporado 113 (que tiene una funcionalidad similar a la del decodificador 112), incluye un módulo de transformación de color/muestreo 302, un módulo DCT 304, que está conectado a un módulo cuantificador 306, que genera coeficientes cuantificados los cuales se pasan a un módulo de codificación de longitud variable (VLC) 308. Tal como se muestra además, un control del codificador 310 está en comunicación con el cuantificador 306. El decodificador incorporado 113 incluye un cuantificador inverso 320, una DCT inversa 322, y un módulo de predicción de movimiento compensada 324. Se utiliza un conmutador de codificación INTRA/INTER 326, controlado por el control del codificador 310 para seleccionar codificación de

fotogramas de vídeo independiente (INTRA) o bien codificación utilizando predicción de movimiento compensada (INTER). El módulo de estimación de movimiento 312 proporciona entrada al módulo de predicción de movimiento compensada 324 y también está en comunicación con el control del codificador 310.

[0035] De acuerdo con la presente invención, cada fotograma de vídeo capturado de la cámara de vídeo 102 se divide en macrobloques (MBs) de tamaño fijo, por ejemplo, 16 veces 16 píxeles, y cada macrobloque se codifica de manera independiente (modo INTRA) o bien se predice a partir de un fotograma de referencia previamente codificado utilizando estimación de movimiento (modo INTER), o se omite (modo SKIP). Tal como se ha indicado, el primer fotograma de vídeo capturado 202a se codifica utilizando el modo INTRA (fotograma I), y los macrobloques de los fotogramas siguientes (fotogramas P) se codifican en modo INTRA, INTER o bien SKIP, dependiendo de qué modo de codificación sea más eficiente (o más apropiado de acuerdo con las circunstancias). Esta decisión de modo se realiza mediante el control del codificador 310 y se describe aquí con mayor detalle.

[0036] Una serie de macrobloques forma un fragmento y varios fragmentos forman un fotograma de vídeo. De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, cada fragmento de un fotograma de vídeo puede decodificarse independientemente de otros fragmentos en el mismo fotograma de vídeo. Preferiblemente, cada fragmento tiene el mismo tamaño y un fragmento va encapsulado en un paquete de vídeo. Una razón por la cual se utiliza una estructura de fragmentos para la codificación de vídeo resistente a errores es detener las dependencias entre las diferentes partes de un fotograma de vídeo de modo que la pérdida de una parte (un fragmento) del fotograma no afecta a otras partes (otros fragmentos) del mismo fotograma. Si no se emplea esta estructura de fragmentos y, en cambio, se coloca un fotograma de vídeo en un paquete de vídeo, entonces incluso un solo error de un bit en el canal 108 podría afectar a todo el fotograma de vídeo. Por lo tanto, cuanto más pequeño sea un fragmento, más resistente es todo el sistema contra los errores de transmisión. Sin embargo, la codificación de un fotograma de vídeo en fragmentos provocará un mayor tiempo de procesamiento y limita el uso de dependencias entre fragmentos y por lo tanto reduce la eficiencia de la compresión. Además, cuanto más pequeño sea un fragmento, menos eficiente será la compresión. En consecuencia, el tamaño del fragmento está adaptado preferentemente a las características del canal para lograr el mejor rendimiento general. Por ejemplo, el tamaño óptimo de un fragmento puede depender de la calidad del canal y puede adaptarse en función de la tasa de error de paquetes observada. Por motivos de simplicidad, sin embargo, puede emplearse un paquete o fragmento de tamaño fijo.

[0037] 2.2 Modo decisión basado en fotograma de referencia oculto

[0038] Los macrobloques en los fotogramas P pueden codificarse en modo INTRA, INTER o bien SKIP, según el modo que resulte más eficiente. Se lleva a cabo un proceso de decisión de modo heurístico realizado mediante el control del codificador 310 como sigue. Para decidir qué modo utilizar para codificar un macrobloque determinado, el control del codificador 310 comprueba primero la suma de diferencias absolutas (SAD) entre el macrobloque a codificar y el macrobloque en la misma posición en el fotograma anterior. Si la diferencia se encuentra por debajo de cierto umbral, el macrobloque se omitirá y el decodificador simplemente copia el macrobloque del fotograma anterior. De lo contrario, se realiza una estimación de movimiento y la diferencia (SAD) entre el macrobloque a codificar y se calcula la mejor coincidencia encontrada en el fotograma anterior. Si esta diferencia (más una determinada compensación) es menor que la desviación del macrobloque, el macrobloque se codifica en modo INTER. De lo contrario, el macrobloque se codifica en modo INTRA. La decisión de modo se indica explícitamente en el flujo de bits transmitidos del codificador 104/transmisor 106.

[0039] Como que solamente la versión oculta del fotograma de referencia está disponible en el lado del decodificador 112, la estimación de movimiento para la decisión del modo se realiza en el codificador 104 en base al fotograma de referencia oculto para evitar un desajuste en el proceso de predicción de movimiento compensada. Tal como se muestra en la figura 4, cuando se pierde un paquete de vídeo en el fotograma i-1 (fotograma de referencia), el fragmento perdido puede ocultarse "tomando prestado" el fotograma i-2. El fotograma i se codifica entonces utilizando una predicción compensada de movimiento normal (MCP) en base a la versión oculta del fotograma i-1. Si la de errores se realiza correctamente, la mayoría de los macrobloques del fotograma i pueden encontrar una referencia adecuada en el fotograma i-1. Si la no es satisfactoria, la predicción compensada de movimiento no funcionará bien y la mayoría de los macrobloques de la zona afectada serán codificados en modo INTRA.

50

[0040] 2.3 Control de tasa de nivel de macrobloques

[0041] Los canales de comunicación práctica tienen un límite en el número de bits por segundo que pueden transmitirse, y este límite de tasa de bits normalmente es fijo en un sistema de acuerdo con la presente invención. Sin embargo, un codificador híbrido basado en bloques básico genera un número variable de bits para cada

5 fotograma codificado. Es decir, la predicción compensada de movimiento funciona mejor para algunos fotogramas generando por lo tanto un menor número de bits en comparación con otros fotogramas. Por lo tanto, el control de la velocidad se realiza preferiblemente en el codificador 104 para generar un flujo codificado con una tasa de bits constante (ligeramente) por debajo del límite del canal. Si esto no ocurre, algunos bits codificados de un fotograma de vídeo no serán transmitidos y la calidad reconstruida puede disminuir de manera significativa.

10 **[0042]** La precisión del control de la velocidad puede tener un impacto significativo en el rendimiento del sistema. Contra más preciso sea el control de la velocidad más eficazmente se utilizará la tasa de bits del canal disponible, y por lo tanto mejor será la calidad de vídeo reconstruido. Por lo tanto, en el sistema se utiliza preferiblemente el control de la tasa de nivel de macrobloques para obtener una alta precisión.

[0043] El control de la tasa de nivel de macrobloques funciona de la siguiente manera. El codificador 104 controla

15 el número de bits utilizados para el fotograma actual mientras se codifica macrobloque a macrobloque. Si el número de bits es demasiado alto, el codificador aumenta el parámetro de cuantificación, lo que da lugar a una cuantificación menos precisa para el siguiente macrobloque y la tasa de bits total del fotograma actual disminuirá. Si el número de bits es demasiado bajo, el codificador disminuye el parámetro de cuantificación, lo que da lugar a una cuantificación más precisa para el siguiente macrobloque y una mayor tasa de bits total para el fotograma actual.

20 **[0044]** En una implementación real, el control de la velocidad probablemente nunca coincidirá exactamente con la estimación de bits objetivo. Por lo tanto, la tasa de bits objetivo preferiblemente debe seleccionarse ligeramente menor que la tasa de bits disponible proporcionada por el sistema de transmisión digital.

[0045] 3. RETRANSMISIÓN ADAPTATIVA DEL CANAL

[0046] Tal como ya se ha mencionado, no es raro que los paquetes de vídeo se dañen o se pierdan durante la

25 transmisión por el canal inalámbrico 108 hacia el receptor 110. De acuerdo con una característica de la presente invención, el receptor 110 envía información de retorno inmediata 120 para cada paquete de vídeo a través del canal de retorno al transmisor 106, informando al transmisor 106 si un determinado paquete se recibe correctamente o está dañado. Por ejemplo, puede devolverse una ACK positiva, lo que indica recepción/decodificación correcta, puede devolverse una ACK negativa lo que indica recepción/decodificación sin éxito, o si no se devuelve ninguna

30 ACK, el codificador considera que el paquete nunca se recibió y se trata ese paquete como un paquete reconocido negativamente. De este modo, en base a la información de retorno 120 del receptor 110, el transmisor 106 conoce el estado de cada paquete de vídeo y se considera la retransmisión del (de los) paquete(s) perdidos(s).

[0047] En particular se emplea un esquema de retransmisión adaptativa de canales para decidir si el transmisor 106 debe retransmitir los paquetes perdidos, y cómo se divide la estimación de bits de transmisión total en

35 estimación de bits para la codificación de la fuente y estimación de bits para la retransmisión de los paquetes perdidos.

[0048] El esquema de retransmisión funciona de la siguiente manera. Todos los paquetes de un fotograma de vídeo se transmiten sólo una vez en la primera ronda de transmisión. Si la tasa de bits de transmisión disponible total es mayor que la tasa de bits de codificación de la fuente, el transmisor 106 puede retransmitir los paquetes que se

40 han perdido en la primera ronda. Si no se han recibido con éxito todos los paquetes después de la segunda ronda y todavía hay estimación de bits disponible en el intervalo de tiempo/fotograma para retransmisión, los paquetes que todavía están perdidos se transmitirán de nuevo en la tercera ronda. Este proceso de retransmisión termina cuando se agota la tasa de bits de transmisión disponible para un fotograma determinado o el receptor 110 ha recibido con éxito todos los paquetes.

45 **[0049]** De acuerdo con una realización de la presente invención, el proceso de retransmisión adaptativa del canal comprende cuatro sistemas de retransmisión diferentes, los cuales se describen a continuación en detalle de la Sección 3.1 a la Sección 3.4, y con referencia a las figuras 5 y 6. Además, un diagrama de estado, que se muestra en la figura 7, describe cómo se combinan los sistemas de retransmisión para formar la retransmisión adaptativa del canal. Este aspecto de la presente invención se describe en la Sección 3.5.

50 [0050] 3.1 Esquema de retransmisión 0

[0051] Antes de codificar un nuevo fotograma de vídeo, el sistema, la metodología o el proceso comprueba primero la tasa de error de paquetes (PER) en el canal inalámbrico 108 durante la transmisión del fotograma anterior y utiliza la PER como la estimación del estado del canal durante la transmisión del nuevo fotograma. Si la PER del fotograma anterior se encuentra por debajo de un determinado umbral (por ejemplo, 10%) (establecido por el retorno

55 recibido del receptor 110), el sistema considera que el canal inalámbrico 108 se encontrará en "buen" estado durante

la transmisión del fotograma actual y por lo tanto no se considera ninguna retransmisión de paquetes de vídeo perdidos del fotograma actual, ya que la ocultación de errores sincronizada (que se describe más adelante aquí) tanto en el codificador como en el decodificador proporciona una calidad de imagen reconstruida satisfactoria. La tasa de bits de transmisión total disponible se utiliza, en consecuencia, para la codificación de la fuente y cada paquete de vídeo se transmitirá sólo una vez, tal como se muestra en la figura 5, esquema 0.

[0052] 3.2 Esquema de retransmisión 1

[0053] En el esquema de retransmisión 1, el sistema también utiliza la PER del fotograma anterior como la estimación del estado del canal para el fotograma actual. Si la tasa de error de paquetes del fotograma anterior es, por ejemplo, de entre un 10% y un 30%, el sistema considera que el canal inalámbrico se encontrará en un estado "medio" para el fotograma actual. En este caso, solamente utilizando la ocultación de errores sincronizada será probable no proporcionar una calidad de imagen reconstruida satisfactoria y, por lo tanto se considera la retransmisión de paquetes perdidos del fotograma actual. Para ahorrar tasa de bits para la retransmisión, la tasa de bits de codificación de la fuente se reduce utilizando una cuantificación menos precisa para la codificación del fotograma actual. De este modo, tal como se muestra en la figura 5, esquema 1, por ejemplo en el intervalo de tiempo i , partes del fotograma i se retransmiten durante el mismo intervalo de tiempo i . La retransmisión de los paquetes de vídeo perdidos reducirá la tasa error de paquetes residual (RPER) (es decir, la PER posterior a la retransmisión) del fotograma actual y aumentará significativamente la calidad de la imagen reconstruida. Sin embargo, en el caso sin errores, los expertos en la materia apreciarán que esto se traducirá en una disminución de la calidad de la imagen reconstruida en comparación con el esquema 0, donde la tasa de bits de transmisión total disponible se utiliza para la codificación de la fuente.

[0054] La estimación de bits reservada para la codificación de la fuente se calcula en función de la tasa de error de paquetes del fotograma anterior de la siguiente manera:

$$R_S^i = \frac{R_C^i}{1 + PER_{i-1} + (PER_{i-1})^2 + \dots + (PER_{i-1})^n}, \quad (1)$$

[0055] donde R_S^i indica la estimación de bits para el fotograma de codificación i , R_C^i indica la tasa de bits total disponible para la transmisión del fotograma i , PER_{i-1} indica la tasa de error de paquetes en el canal inalámbrico durante la transmisión del fotograma $i-1$ y n es el número entero esperado de rondas de retransmisión para el esperado i de manera que la tasa de error de paquetes residual no supera un umbral determinado (por ejemplo 5%), el cual se calcula resolviendo:

$$(PER_{i-1})^n = 0,05 \text{ (umbral)} \quad (2)$$

[0056] A modo de ejemplo, supóngase que la tasa de error de paquetes esperada durante el intervalo de tiempo i es de un 10% ($PER = 0,1$). Supóngase, además, que la estimación de la tasa para el intervalo de tiempo i R_C^i es de 100 kbit. Si se tiene prevista solamente una única retransmisión ($n = 1$) esto significa que se tendrá que retransmitir el 10% de los paquetes transmitidos en la primera ronda. Esto puede expresarse como $R_S^i + PER * R_S^i = R_C^i$. La tasa disponible para la codificación de la fuente es $R_S^i = 90,91$ kbit y la tasa reservada para las retransmisiones es ($R_C^i - R_S^i$) = 9,09 kbit. La tasa de pérdida de paquetes residual esperada es $PER^2 = 1\%$. Si se tienen previstas dos retransmisiones debe resolverse $R_S^i + PER * R_S^i + PER^2 * R_S^i = R_C^i$. La tasa de la fuente R_S^i es $R_S^i = 90,09$ kbit. La tasa de error residual esperada es ahora $PER^3 = 0,1\%$, etcétera.

45 [0057] 3.3 Esquema de retransmisión 2

[0058] Si el canal móvil se encuentra en "mal" estado y la tasa de error de paquetes del fotograma anterior es elevada (por ejemplo, > 30%), la estimación de bits reservados para la codificación de la fuente utilizando el esquema 1 será demasiado baja para obtener una calidad de imagen reconstruida satisfactoria. Por lo tanto, en el esquema de retransmisión 2 (figura 5, esquema 2), el fotograma después del fotograma actual se omite y la tasa de bits total disponible para transmitir el fotograma actual se duplica. La tasa de bits total disponible duplicada se divide entonces en estimación de bits para la codificación de la fuente y estimación de retransmisión. La estimación de bits reservada para la codificación de la fuente se calcula utilizando (1) y (2), donde R_C^i es la tasa de bits de transmisión total

disponible duplicada. La estimación de la codificación resultante debe ser mayor que un determinado valor mínimo para mantener la distorsión introducida por la codificación limitada a un punto aceptable. En función de la tasa de error de paquetes real, la calidad reconstruida del fotograma i en un estado de canal sin errores podría aumentarse, reducirse o no variar en comparación con el esquema 0. Debido a que en este esquema se omiten algunos 5 fotogramas, la velocidad de fotogramas efectiva se reduce.

[0059] En resumen, en el esquema 0, no se considera la retransmisión de paquetes perdidos y la tasa de bits total disponible se utiliza para la codificación de la fuente. En el esquema 1, la tasa de bits total disponible se divide en estimación de bits para codificación de la fuente y estimación de retransmisión (mediante el empleo de una cuantificación menos precisa). En el esquema 2, el siguiente fotograma (aquí fotograma $i+1$) se omite y la tasa de 10 bits total disponible se duplica. La tasa de bits duplicada se divide después en estimación de codificación de la fuente y estimación de retransmisión.

[0060] 3.4 Esquema de retransmisión 3

[0061] Si la tasa de error de paquetes residual (RPER) del fotograma actual sigue siendo muy alta después de agotar la estimación de bits total, el sistema omite los siguientes fotogramas y utiliza la tasa de bits disponible para la 15 retransmisión hasta que la tasa de error de paquetes residual (RPER) se encuentre por debajo de un determinado umbral (por ejemplo, 15%). Este esquema de retransmisión se basa en la RPER del fotograma actual y puede combinarse con el esquema 0, 1 y 2, respectivamente, tal como se muestra en la figura 6. Por ejemplo, en el caso 1, antes del fotograma de codificación i , se determina que el canal inalámbrico se encuentra en un estado "medio" durante la transmisión del fotograma anterior y por lo tanto se decide utilizar el esquema de retransmisión 1 para el 20 fotograma i . Sin embargo, el estado real del canal durante la transmisión del fotograma i es mucho peor de lo esperado y se observa que tras agotar el intervalo de tiempo i , la RPER del fotograma i sigue siendo mayor de un 15%. Por lo tanto, se decide un esquema de retransmisión 3, en el que el fotograma $i+1$ se omite y el intervalo de tiempo $i+1$ se utiliza para retransmitir paquetes todavía perdidos en el fotograma i . Tras la retransmisión en el intervalo de tiempo $1+i$, la tasa de error de paquetes residual del fotograma i se encuentra por debajo del 15% y no 25 se omitirán más fotogramas. Entonces, antes de codificar el fotograma $i+2$, se selecciona el esquema de retransmisión apropiado para el mismo en función de la PER del fotograma i .

[0062] 3.5 Retransmisión adaptativa de canales

[0063] El diagrama de estado representado en la figura 7 muestra cómo se combinan los cuatro esquemas de retransmisión descritos anteriormente, y forman el esquema de retransmisión adaptativa de canales de acuerdo con 30 realizaciones de la presente invención.

[0064] Antes de la codificación de un nuevo fotograma de vídeo, se selecciona el esquema 0, 1 ó 2 para este fotograma de acuerdo con el estado del canal actual (es decir, estimado utilizando la tasa de error de paquetes durante la transmisión del fotograma anterior). Una vez que se ha agotado la tasa de bits total disponible para la transmisión del fotograma actual, se comprueba la tasa de error de paquetes residual y se determina si es necesaria 35 otra retransmisión de paquetes perdidos. En caso afirmativo, se omiten los siguientes fotogramas y la tasa de bits disponible se utiliza para la retransmisión (esquema 3) hasta que la RPER se encuentra por debajo, por ejemplo, un 15%. Si no es necesaria otra retransmisión, el siguiente fotograma se codifica y se transmite de acuerdo con el esquema de retransmisión seleccionado para ello. Utilizando el esquema 3 se aumenta la probabilidad de que la tasa de error de paquetes residual de un fotograma se encuentre por debajo de un determinado valor de manera que 40 el fotograma mostrado tiene una calidad satisfactoria. Esto mejora significativamente el rendimiento del sistema en caso de que el canal inalámbrico 108 se repentinamente ponga en muy mal estado, por ejemplo, que el receptor 110 se salga del rango de recepción. En este caso, el usuario tendrá una imagen fija con una calidad satisfactoria hasta que el canal se recupere (por ejemplo, que el receptor vuelva al rango de recepción). Entonces se codifica un nuevo fotograma de vídeo (probablemente en modo INTRA) y se transmite al receptor. El algoritmo de decisión de modo 45 del codificador determina cómo codificar. Si el fotograma mostrado más recientemente tiene una distancia de tiempo considerable hasta la estructura actual, el algoritmo de decisión modo recogerá el modo INTRA para la mayoría de los macrobloques. Si sólo caen unos pocos fotogramas típicamente se seleccionará el modo INTER. Con el esquema de retransmisión adaptativo del canal de la presente invención, el usuario tendrá casi siempre una calidad de imagen satisfactoria en la pantalla, siendo el único inconveniente que la tasa de fotogramas se reduce de vez en 50 cuando.

[0065] Además, el esquema de retransmisión instantáneo no introduce ningún aumento en el retardo extremo a extremo y, por lo tanto, el sistema de transmisión de vídeo opera en tiempo real. Por ejemplo, si hay un movimiento para una cuantificación menos precisa para permitir la retransmisión de paquetes perdidos (esquema 1) sólo se reduce la calidad de la imagen. Si se omite un fotograma para poder llevar a cabo muchas retransmisiones 55 (esquema 2, 3) sólo se reduce la tasa de fotogramas.

[0066] 3.6 Retransmisión adaptativa de canales - Control de cuantificación

[0067] Tal como se ha explicado, el esquema de retransmisión adaptativa de canales se utiliza en el sistema para manejar paquetes de vídeo que se pierden en el canal inalámbrico 108 durante la transmisión. Todos los paquetes de un fotograma de vídeo se transmiten sólo una vez en la primera ronda de transmisión. Si la tasa de bits de transmisión disponible es mayor que la tasa de bits de codificación, la retransmisión de paquetes perdidos puede producirse en la primera ronda. Si no se reciben todos los paquetes con éxito después de la segunda ronda y todavía hay una tasa de bits disponible para la retransmisión, los paquetes que todavía están perdidos pueden transmitirse de nuevo en la tercera ronda. Este proceso de retransmisión se detiene cuando se agota la tasa de bits de transmisión disponible para este fotograma o todos los paquetes son recibidos correctamente por el receptor.

10 **[0068]** Para ahorrar tasa de bits para la retransmisión, el sistema puede utilizar una cuantificación menor precisa para la codificación de la imagen actual u omitir el siguiente fotograma. La decisión entre estas dos posibilidades se hace de forma adaptativa en base al estado del canal. Antes de la codificación de un nuevo fotograma, el sistema obtiene la tasa de error de paquetes en el canal durante la transmisión del fotograma anterior, en base a la información de retorno instantáneo del receptor 110.

15 **[0069]** Los expertos en la materia apreciarán que puede implementarse cualquier otro medio mediante el cual se proporcione al emisor una estimación de la situación del canal actual. El empleo de la tasa de pérdida observada para el intervalo de tiempo como la estimación de la tasa de pérdida para el intervalo de tiempo actual, tal como se describe aquí, es sólo una opción. Contra más precisa sea la estimación del canal para el intervalo de tiempo i mayor será el rendimiento del sistema.

20 **[0070]** En cualquier caso, el sistema está configurado para esperar que el fotograma actual tenga también una pérdida en similar medida y de este modo tome su decisión en base a esa expectativa. Si la tasa de error de paquetes es bajo, el sistema no considera la retransmisión, ya que la ocultación de errores (que se explica con mayor detalle más adelante) proporcionará una calidad satisfactoria. Si la tasa de error de paquetes es media, el sistema emplea una cuantificación menos precisa para la codificación y lleva a cabo la retransmisión. Si la tasa de error de paquetes es alta, el sistema omite el siguiente fotograma y la estimación de bits total se divide en la estimación de bits para codificación de la fuente y la estimación de retransmisión.

[0071] Si la tasa de error paquetes residual del fotograma actual sigue siendo demasiado alta después de que se agote la estimación de bits total, el sistema omite los fotogramas siguientes y utiliza la tasa de bits disponible para la retransmisión hasta que la tasa de paquetes de error residual se encuentre por debajo de un determinado umbral.

30 **[0072]** PER y RPER se determinan por el retorno recibido del receptor 110/decodificador 112. Preferiblemente, el retorno es "instantáneo" ya que las confirmaciones positivas o negativas para paquetes/fragmentos se reciben antes de que estos fragmentos sean referenciados para la predicción compensada de movimiento durante la codificación del fotograma actual. En otras palabras, el retorno para fragmentos particulares tiene que recibirse antes de que el área correspondiente en el fotograma anterior sea referenciada para la predicción compensada de movimiento. Esto se debe a que esta área tiene que ocultarse antes de que sea referenciada.

40 **[0073]** Cualquier tipo de retorno que llegue con suficiente antelación para ocultar aquellas partes del fotograma anterior antes de que se utilicen para la predicción compensada de movimiento de macrobloques en el fotograma actual se considera que es "retorno instantáneo" en el contexto de la presente invención. Para llevar a cabo tal retorno instantáneo, cada paquete pueden ser reconocido de manera individual o podrían combinarse varios mensajes de retorno en un paquete de retorno. Finalmente, hay que indicar que el retorno instantáneo para fragmentos en una parte inferior de un fotograma anterior podría llegar después de que ya haya comenzado la codificación del fotograma actual puesto que sólo serán referenciados por macrobloques en la parte inferior del fotograma actual.

[0074] 3.7 Ocultación de errores sincronizada en el codificador y el decodificador

45 **[0075]** Si todavía hay algunos paquetes de vídeo perdidos después de la retransmisión, los fragmentos perdidos (correspondientes a los paquetes perdidos) se ocultan en el decodificador. Además, y de acuerdo con los principios de la presente invención, la ocultación de errores idénticos también se realizará, preferiblemente, en el codificador. La figura 4 muestra cómo puede implementarse la ocultación de errores. En particular, el fotograma de referencia ocultado se utiliza tanto en el codificador como en el decodificador para evitar un desajuste de la predicción compensada de movimiento. Es importante que tanto el codificador como el decodificador realicen exactamente la misma ocultación de errores. De lo contrario se acumulará un desajuste con el tiempo.

[0076] Ocultación espacial

[0077] Un esquema de ocultación espacial, descrito en S. Aign y K. Fazel, "Temporal and Spatial Error Concealment Techniques for Hierarchical MPEG-2 Video Codec" en *IEE International Conference on communication*, vol. 3, págs. 1778-1783, 1995, que puede utilizarse en combinación con la presente invención
5 interpola píxeles en un macrobloque perdido de píxeles en los macrobloques adyacentes recibidos correctamente u ocultos. Con referencia a la figura 8, para un tamaño de macrobloque de NxN la interpolación se realiza de la

$$P(i, j) = \frac{1}{2} \left\{ \left(1 - \frac{j}{N}\right) p(i, 0) + \frac{j}{N} p(i, N+1) + \left(1 - \frac{i}{N}\right) p(0, j) + \frac{i}{N} p(N+1, j) \right\}$$

siguiente manera:

[0078] En caso de que falten algunos de los macrobloques adyacentes, la interpolación se calcula únicamente a
10 partir de los macrobloques disponibles.

[0079] Estimación Vectorial de Movimiento del Decodificador (DMVE)

[0080] La estimación vectorial de movimiento del decodificador (DMVE), según se describe en J. Zhang, J. F. Arnold, y M. R. Frater, "A Cell-loss Concealment Technique for MPEG-2 Coded Video" *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 10, nº 4, págs. 659-665, Junio de 2000 es un esquema de ocultación temporal que puede
15 utilizarse en combinación con la presente invención, en el que el macrobloque perdido se sustituye por el macrobloque del fotograma anterior en la posición compensada de movimiento, tal como se muestra en la figura 9. La posición correspondiente en el fotograma anterior se determina comprobando un pequeño número de vectores de movimiento candidatos:

- Vector de movimiento para el mismo macrobloque en el fotograma anterior;
- 20 - Vectores de movimiento asociados a macrobloques adyacentes disponibles;
- Vector de movimiento cero.

[0081] Fuera del conjunto de vectores de movimiento candidato, para la se selecciona el que lleva hasta el error más pequeño para un área de imagen de ocho píxeles de ancho alrededor del macrobloque a ocultar.

[0082] Oespacial y temporal combinada

[0083] La oespacial y temporal combinada se utiliza preferiblemente en implementaciones de la presente invención, donde DMVE (temporal) se combina con interpolación espacial. En la figura 10 se muestra un proceso para tal combinación. La medida de error en DMVE se utiliza para evaluar el rendimiento de la DMVE y se utiliza como factor de ponderación en la combinación. Más concretamente, comenzando con un MB perdido determinado en la etapa 1002, la ocultación temporal utilizando DMVE se lleva a cabo en la etapa 1004. Puede emplearse tanto
30 error de emparejamiento utilizando SAD como error de límite en píxeles (PBE). Si se determina que la DMVE está funcionando bien (por ejemplo, si SAD es menor o igual a un umbral predeterminado) en la etapa 1006, entonces el proceso se mueve a la etapa 1014 en la cual se basa exclusivamente la ocultación de errores utilizando ocultación temporal.

[0084] Si, por otro lado, en la etapa 1006 se determinó que DMVE no estaba funcionando bien, entonces el
35 proceso se mueve a la etapa 1008 en la cual se determina si hay suficiente información para una espacial. Esta determinación puede realizarse en base a si, por ejemplo, existe tanto la adyacente izquierda como derecha, o tanto la adyacente superior como inferior, para un MB determinado. Si hay información insuficiente, entonces la espacial no puede realizarse y el proceso continúa con ocultación temporal en la etapa 1014.

[0085] Si se determina que hay suficiente información para la espacial en la etapa 1008, entonces en la etapa
40 1010 se realiza una ocultación de errores espacial utilizando, por ejemplo, una media ponderada de los píxeles colindantes disponibles. Después, en la etapa 1012, se emplea una suma ponderada de píxeles y un MB espacial y temporalmente oculto (con una ponderación en base a PBE) para el MB que falta o perdido. El siguiente MB perdido se considera entonces para la ocultación de errores.

[0086] Los expertos en la materia apreciarán que pueden emplearse otros métodos de ocultación de errores en
45 relación con las realizaciones de la presente invención y que las metodologías de ocultación temporal DMVE y ocultación espacial descritas anteriormente han de considerarse como un ejemplo y que no son limitativas.

[0087] La figura 1 muestra una serie de etapas de ejemplo para codificar un fotograma I de acuerdo con una realización de la presente invención. Tal como se muestra, en la etapa 1102 se capturan datos para el fotograma actual. En la etapa 1104 se realiza una codificación de transformación DCT y se recoge información para el control de la velocidad. Por ejemplo, se determina cuántos de los coeficientes de codificación no son cero. Entonces, utilizando la PER del fotograma anterior de la etapa 1108 se lleva a cabo una decisión de retransmisión adaptativa en la etapa 1106 junto con una inicialización de control de la velocidad. Esta etapa establece las condiciones para la codificación del fotograma actual.

[0088] El fotograma se divide entonces en macrobloques (MBs) en la etapa 1110 y los parámetros de control de la velocidad se establecen en la etapa 1112. En la etapa 1114 se realiza la cuantificación y en la etapa 1116 se emplea una codificación de longitud variable (VLC). Después, en la etapa 1118 se actualizan los parámetros de control de la velocidad. La etapa 1120 determina si se ha codificado el final del fragmento. Si no, entonces la etapa 1122 determina si todos los MBs han sido codificados. Si todos los MBs han sido codificados, entonces el proceso vuelve a la etapa 1128. Si todos los MBs no han sido codificados, entonces se procesa el siguiente MB tal como se ha indicado en la etapa 1124. Si en la etapa 1120 se ha producido el final de un fragmento, entonces en la etapa 1126 comienza un nuevo fragmento. De esta manera, tal como se muestra en la figura 11, todos los MBs/fragmentos de un fotograma determinado son INTRA codificados y los parámetros de velocidad pueden controlarse de acuerdo con la metodología de retransmisión adaptativa descrita anteriormente.

[0089] Las figuras 12A y 12B muestran una serie de etapas de ejemplo para la codificación de un fotograma P de acuerdo con realizaciones de la presente invención. En este caso, el proceso comienza en la etapa 1202 en la cual se obtienen los datos de imagen para el fotograma actual. En la etapa 1204 se proporcionan datos para un fotograma de referencia oculto para así llevar a cabo una estimación de movimiento y realizar una decisión de modo (INTRA, INTER, SKIP) para cada MB, en la etapa 1203. El fotograma se divide entonces en una pluralidad de macrobloques en la etapa 1206. La etapa 1208 establece qué modo va a seleccionarse para cada MB y se aplica el procesamiento apropiado al MB. Más concretamente, si el MB se INTRA codifica, entonces se realiza la codificación de transformación DCT en el MB y se recoge información de control de la velocidad (etapa 1210). Si se va a omitir el MB, solamente se recoge información de control de la velocidad (etapa 1212). Si el MB se INTER codifica, entonces se lleva a cabo una compensación de movimiento (etapa 1214) y se realiza una codificación de transformación DCT en el MB y se recoge información de control de la velocidad (etapa 1216). Cabe destacar que, para la etapa 1214, el fotograma de referencia oculto (de la etapa 1204) también está disponible para la compensación de movimiento.

[0090] Se determina entonces si todos los MBs han sido procesados en la etapa 1218. Si no, se selecciona el siguiente MB tal como se ha indicado en la etapa 1220.

[0091] Si todos los MBs han sido procesados, entonces en la etapa 1222 se realiza una decisión de retransmisión adaptativa en base a retorno de la imagen anterior (etapa 1224), y se inicializa el control de la velocidad. Con la información anterior, se establece el control de la velocidad en la etapa 1226 y cada MB se marca para el tratamiento adecuado (etapa 1228).

[0092] En particular, si el MB se INTRA codifica, entonces en la etapa 1230 se lleva a cabo una cuantificación y en la etapa 1232 se lleva a cabo una codificación de entropía VLC y se recoge información del control de la velocidad. Si hay que omitir el MB entonces, en la etapa 1234, se recoge información de control de la velocidad. Si el MB se INTER codifica entonces, en la etapa 1236 se realiza una cuantificación, en la etapa 1238 se determina si hay que omitir el MB, y, si no, se lleva a cabo una codificación de entropía VLC y se recoge información de control de la velocidad. Si se determina que hay que omitir el MB en la etapa 1238, entonces no se lleva a cabo codificación de entropía VLC, tal como se muestra.

[0093] Una vez que se ha completado el procesamiento adecuado para un MB determinado, el proceso continúa con la etapa 1242 en la cual se actualizan los parámetros de control de la velocidad. A continuación se determina, en la etapa 1244, si se ha detectado el final de un fragmento. Si es así, entonces se inicia un nuevo fragmento, tal como se indica en la etapa 1250. Si no se ha detectado el final de un fragmento, entonces en la etapa 1246 se determina si se han codificado si todos los MBs. En caso afirmativo, se completa el proceso respecto al fotograma inmediato. Si no se han codificado todos los MBs, entonces se selecciona el siguiente MB en la etapa 1252, y el proceso continúa con la etapa 1226 para el siguiente MB.

[0094] RESULTADOS EXPERIMENTALES

[0095] Se realizaron varios experimentos en un banco de pruebas en tiempo real para evaluar el rendimiento del sistema descrito. Los resultados experimentales se muestran en la Tabla 1. En el experimento se utilizó la secuencia Foreman con resolución CIF (352x288) y se comprimió a 1 Mbps, 25 fps. Se utilizó un canal variable con el tiempo con BER = {1e-3, 1e-4, 1e-5} y el correspondiente porcentaje P(BER) = {0,2, 0,6, 0,2}, y el tiempo de coherencia del canal fue de 80 ms, correspondiente a la duración de dos fotogramas.

[0096]

Tabla 1. PSNR decodificado para varias técnicas de transmisión

Técnica de transmisión	PSNR (dB)	Fotogramas mostrados PSNR (dB)
Transmisión sin errores	35,0560	35,0906
Retransmisión adaptativa	32,2079	34,1178
Ocultación utilizando retorno	32,6247	32,6532
decodificador	21,1902	21,1900

[0097] Para el canal variable con el tiempo determinado, utilizando sólo ocultación de errores del decodificador (sin retorno) (mostrado en la última línea de la Tabla 1) se obtuvo una pérdida significativa de aproximadamente 14 dB en la calidad del vídeo decodificado. Utilizando ocultación de errores sincronizada tanto en el codificador como en el decodificador en base al retorno instantáneo del receptor se obtiene una mejora de aproximadamente 10,5 dB en comparación con el caso sin retorno. En el caso de la retransmisión adaptativa, la PSNR media de todos los fotogramas es un poco menor que sin retransmisión ya que los fotogramas omitidos son sustituidos por el fotograma anterior correspondiente, dando como resultado una disminución significativa de la PSNR para los fotogramas omitidos. Sin embargo, si sólo se consideran los fotogramas mostrados, el sistema de retransmisión adaptativa da una ganancia adicional de 1,5 dB. Esto significa que habrá una mejor calidad de imagen en la pantalla, aunque ocasionalmente se reduzca la tasa de fotogramas de vídeo. Esta ganancia puede incluso ser mayor si el canal se deteriora. Si solamente se considera la calidad de los fotogramas mostrados, la calidad de vídeo reconstruida solamente está a 1 dB del caso sin errores, en el que no se pierde ningún paquete en el canal y toda la estimación de bits se utiliza para la codificación de la fuente.

[0098] En un experimento diferente, se realizaron varias comparaciones en un banco de pruebas en tiempo real para evaluar el rendimiento del sistema de retransmisión adaptativa de canales, de acuerdo con las realizaciones de la presente invención. Los resultados experimentales se muestran a continuación en la Tabla 2. En el experimento se utilizó la secuencia Foreman con resolución CIF (352x288) y se comprimió a 1 Mbps, 25 fps. Se utilizó un canal variable con el tiempo con $BER = \{1e-3, 1e-4, 1e-5\}$ y el correspondiente porcentaje $P(BER) = \{0,2, 0,6, 0,2\}$, y el tiempo de coherencia del canal fue de 80 ms, correspondiente a la duración de dos fotogramas. En este experimento, solamente se muestra en los resultados la calidad reconstruida de los fotogramas mostrados.

[0099]

25 Tabla 2. Calidad reconstruida de los fotogramas mostrados para varios esquemas de retransmisión

Esquemas de retransmisión	Fotogramas mostrados PSNR (dB)
Sin retransmisión	32,6247
Esquema de retransmisión 0 +1 +2	33,4675
Retransmisión adaptativa (0 +1 +2 +3)	34,1178
Transmisión sin errores	35.0560

[00100] Tal como se muestra en la Tabla 2, para el canal variable con el tiempo determinado, utilizando solamente ocultación de errores sincronizada en el codificador y el decodificador (sin retransmisión) se obtiene una pérdida de aproximadamente 2,4 dB en la calidad media de la imagen reconstruida en comparación con el caso sin errores, en el cual no se pierden paquetes en el canal y se utiliza la estimación de bits total para un fotograma para codificación de la fuente. Utilizando una combinación de esquema de retransmisión 0, 1 y 2 en base a la estimación del estado del canal utilizando la tasa de error de paquetes del fotograma anterior se obtiene una mejora de aproximadamente 0,8 dB en comparación con el caso sin retransmisión. La retransmisión adaptativa del canal que incorpora todos los esquemas de retransmisión proporciona una ganancia adicional de 0,7 dB. La calidad media reconstruida de los fotogramas mostrados se encuentra entonces solamente a 1 dB del caso sin errores. Si se considera la calidad reconstruida de fotogramas de vídeo individuales, especialmente los fotogramas en los que el canal se encuentra en mal estado, hay una mejora de hasta 10 dB utilizando el esquema de retransmisión adaptativa de canales en comparación con el caso sin retransmisión.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para proporcionar vídeo digital resistente a errores, que comprende:

capturar un fotograma de referencia de un vídeo subdividido en una pluralidad de áreas;

codificar, con un codificador (104), cada área del fotograma de referencia del vídeo en un paquete;

5 transmitir los paquetes a un receptor (110) por un canal (108) en una estimación de bits determinada asignada al fotograma de referencia;

recibir, del receptor (110), retorno instantáneo relativo a la recepción con éxito y decodificación de los respectivos de la pluralidad de los paquetes del fotograma de referencia, siendo indicativo el retorno instantáneo por lo tanto de uno o más paquetes perdidos;

10 calcular una tasa de error de paquetes, en lo sucesivo PER, para el fotograma de referencia del vídeo en base al retorno instantáneo;

realizar una ocultación de errores para áreas que corresponden a paquetes perdidos en el codificador (104) en el fotograma de referencia de vídeo que se utiliza en la etapa de codificación, en el que el retorno instantáneo para cada paquete llega con suficiente antelación para ocultar el área respetiva del fotograma de referencia antes de su uso para una predicción compensada de tiempo de un fotograma siguiente del vídeo;

en base a la PER para el fotograma de vídeo de referencia, aumentar un parámetro de cuantificación para el siguiente fotograma del vídeo, dividir la estimación de bits determinada para el siguiente fotograma en una estimación de bits para codificación de vídeo y una estimación de retransmisión,

20 codificar cada área del siguiente fotograma de vídeo en un paquete en base al parámetro de cuantificación aumentado;

transmitir los paquetes del siguiente fotograma codificado en la estimación de bits para codificación de vídeo;

recibir retorno instantáneo del siguiente fotograma codificado; y

25 retransmitir uno o más paquetes perdidos del siguiente fotograma de vídeo en la estimación de bits;

caracterizado por el hecho de

calcular una tasa de error de paquetes residual después de la retransmisión, en lo sucesivo RPER,

si la RPER es mayor que un valor predeterminado, omitir uno o más fotogramas de vídeo siguientes después del fotograma de vídeo siguiente siempre que la RPER siga siendo mayor que el valor predeterminado, y

30 utilizar respectivas estimaciones de bits del uno o más fotogramas de vídeo omitidos para retransmitir los paquetes perdidos del siguiente fotograma codificado hasta que la RPER sea inferior a un valor predeterminado.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el retorno instantáneo incluye una confirmación negativa.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el codificador (104) es un codificador/decodificador de vídeo híbrido basado en bloques, en lo sucesivo códec.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por el hecho de que comprende, además, dividir el fotograma de vídeo en una pluralidad de macrobloques.

40 5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por el hecho de que comprende, además, asociar una pluralidad de macrobloques a un único fragmento.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por el hecho de que comprende, además, codificar cada fragmento en un paquete respectivo.

7. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende:

45 determinar, para cada área del fotograma siguiente, como modo de codificación, si se omite el macrobloque y se copia el macrobloque de una misma ubicación de un fotograma de vídeo anterior,

se intra codifica el macrobloque sin referencia a un fotograma anterior, o

se inter codifica el macrobloque utilizando compensación de movimiento en base a un fotograma de referencia; y

codificar cada área del fotograma siguiente de acuerdo con el modo de codificación determinado.

5 8. Procedimiento según la reivindicación 1 o 7, caracterizado por el hecho de que el canal (108) es un canal inalámbrico.

9. Procedimiento según la reivindicación 1 o 7, caracterizado por el hecho de que comprende, además, realizar una ocultación de errores sincronizada en un codificador (104) y el receptor (110).

10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por el hecho de que la ocultación de errores comprende 10 ocultación de errores espacial, ocultación de errores temporal, o ambas.

11. Sistema para transmitir vídeo digital en tiempo real, que comprende:

un codificador/transmisor (104/106) configurado para

capturar un fotograma de referencia de vídeo subdividido en una pluralidad de áreas,

15 generar una codificación de la fuente codificando cada área del fotograma de referencia del vídeo en un paquete en base a un parámetro de cuantificación, y

transmitir la codificación de la fuente por un canal en una estimación de bits asignada al fotograma de referencia, en el que la estimación de bits es un intervalo de tiempo para transmitir el vídeo al receptor; y

un receptor/decodificador (110/112) configurado para

20 enviar al codificador/transmisor (104/106) retorno instantáneo relativo a la recepción con éxito y decodificación de los respectivos de la pluralidad de paquetes de vídeo de la codificación de la fuente, siendo indicativo el retorno instantáneo de uno o más paquetes perdidos,

en el que el codificador/transmisor (104/106) está configurado, además, para

25 calcular una tasa de error de paquetes, en lo sucesivo PER, para el fotograma de referencia del vídeo en base al retorno instantáneo,

llevar a cabo una ocultación de errores en el fotograma de vídeo de referencia, en el que el retorno instantáneo a cada paquete llega con suficiente antelación para ocultar el área respetiva del fotograma de referencia antes de su uso para una predicción compensada de tiempo en un fotograma siguiente del vídeo,

30 en base a la PER para el fotograma de referencia de vídeo, reducir el parámetro de cuantificación para el siguiente fotograma del vídeo,

dividir la estimación de bits determinada en una estimación de bits para codificación de la fuente y una estimación de bits de retransmisión,

35 generar una codificación de la fuente siguiente codificando cada área del siguiente fotograma de vídeo en un paquete en base al parámetro de cuantificación reducido, transmitir la siguiente codificación de la fuente en la estimación de bits para la codificación de la fuente, y

recibir retorno instantáneo de la siguiente codificación de la fuente;

caracterizado por el hecho de que el codificador/transmisor (104/106) está configurado, además, para

calcular una tasa de error de paquetes residual después de la retransmisión, en lo sucesivo RPER,

40 si la RPER es mayor que un valor predeterminado, omitir uno o más fotogramas de vídeo siguientes después del fotograma de vídeo siguiente siempre que la RPER siga siendo mayor que el valor predeterminado y

utilizar respectivas estimaciones de bits del uno o más fotogramas de vídeo omitidos para retransmitir los paquetes perdidos de la codificación de la fuente del siguiente fotograma de vídeo hasta que la RPER sea inferior a un valor predeterminado.

45

12. Sistema según la reivindicación 11, caracterizado por el hecho de que el codificador está adaptado, además, para

determinar, para cada área del fotograma siguiente, como modo de codificación, si se omite el macrobloque y se copia el macrobloque de una misma ubicación de un fotograma de vídeo anterior,

5 se intra codifica el macrobloque sin referencia a un fotograma anterior, o se inter codifica el macrobloque utilizando compensación de movimiento en base a un fotograma de referencia; y

codificar cada área del fotograma siguiente de acuerdo con el modo de codificación determinado.

13. Sistema según la reivindicación 12, caracterizado por el hecho de que el codificador/transmisor (104/106) y el receptor/decodificador (110/112) están configurados para llevar a cabo una ocultación de errores sincronizada.

10

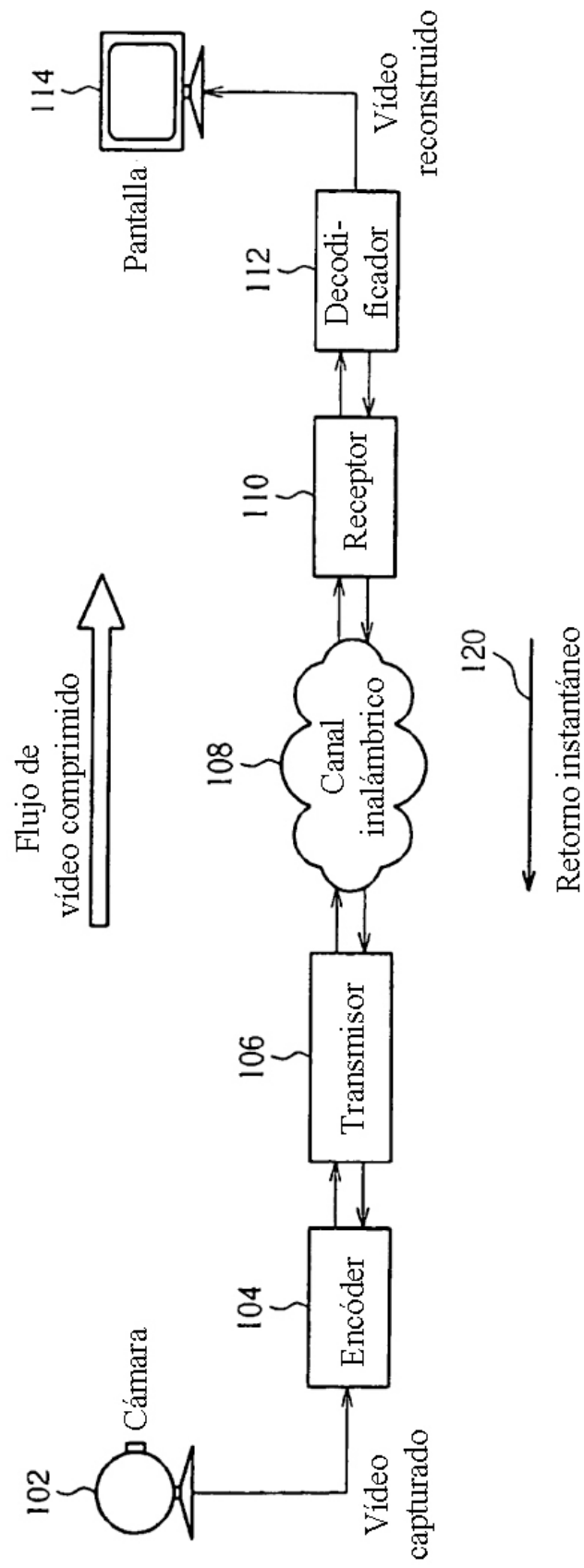


FIG. 1

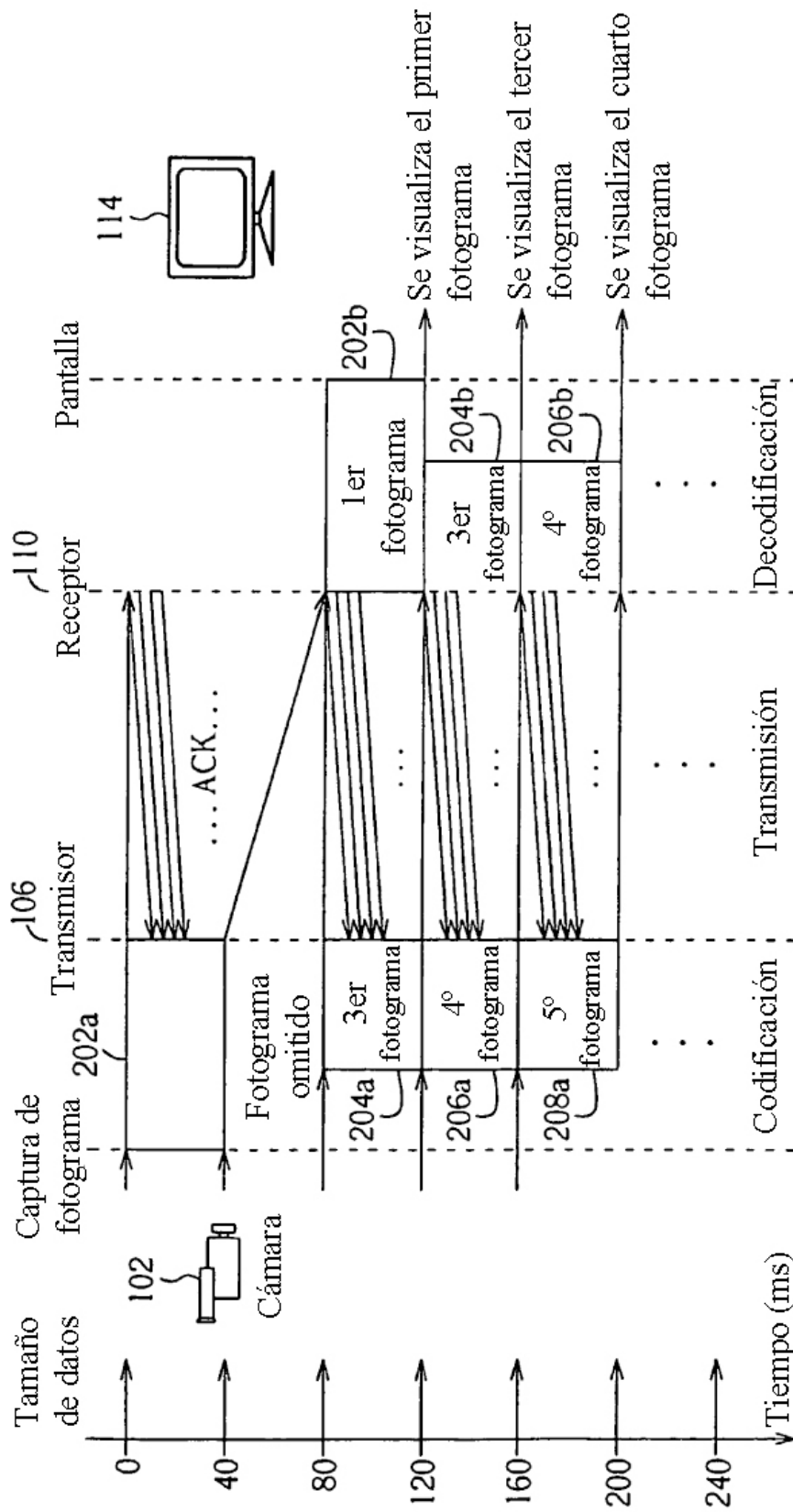


FIG. 2

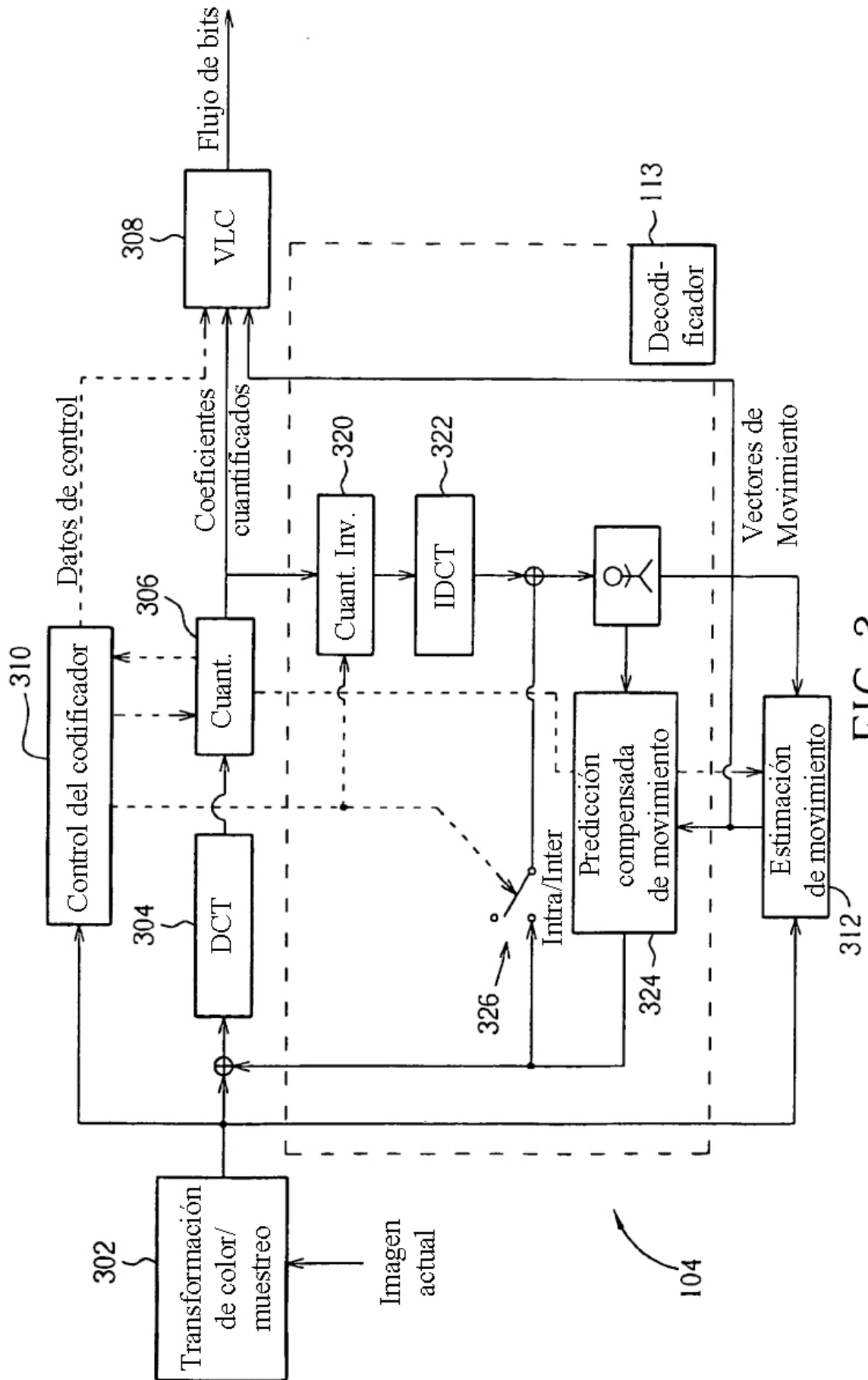


FIG. 3

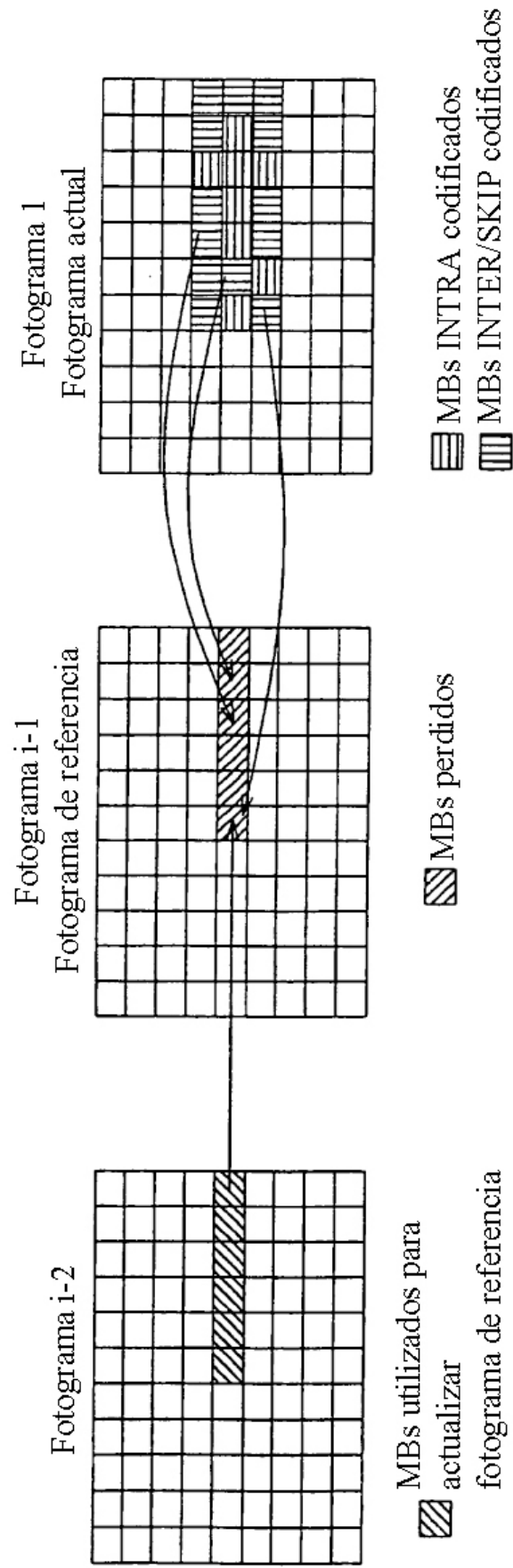


FIG. 4

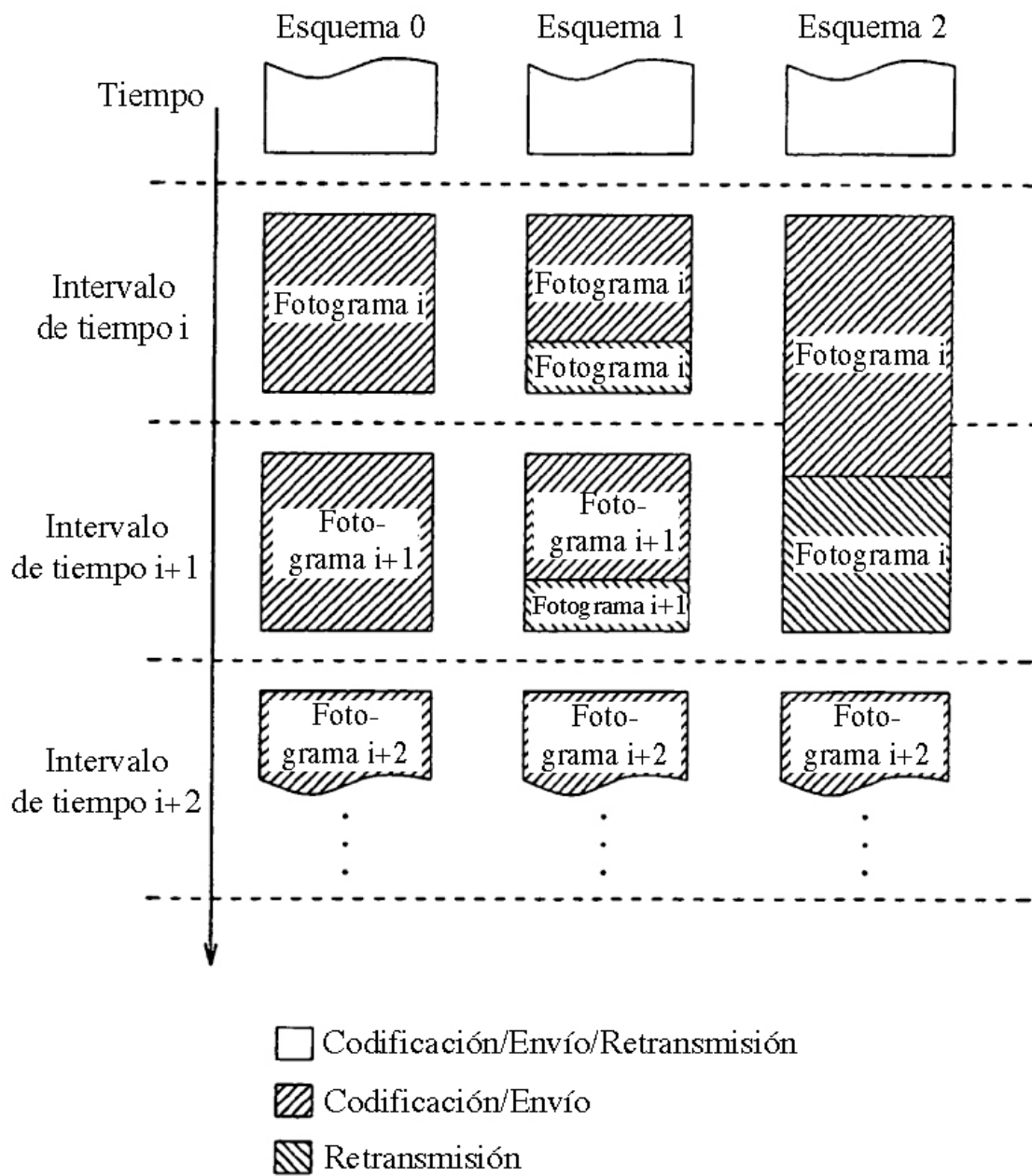


FIG. 5

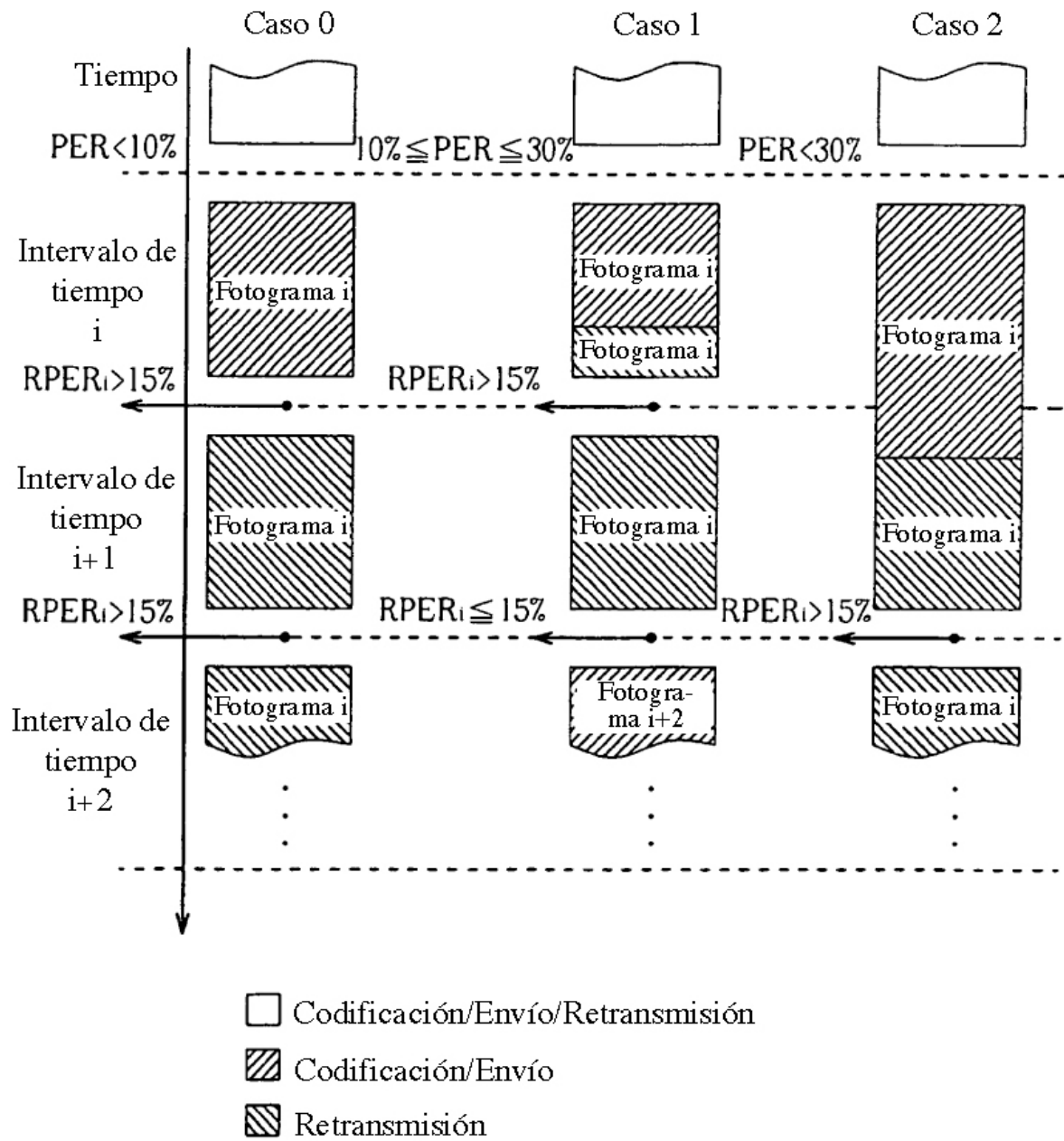


FIG. 6

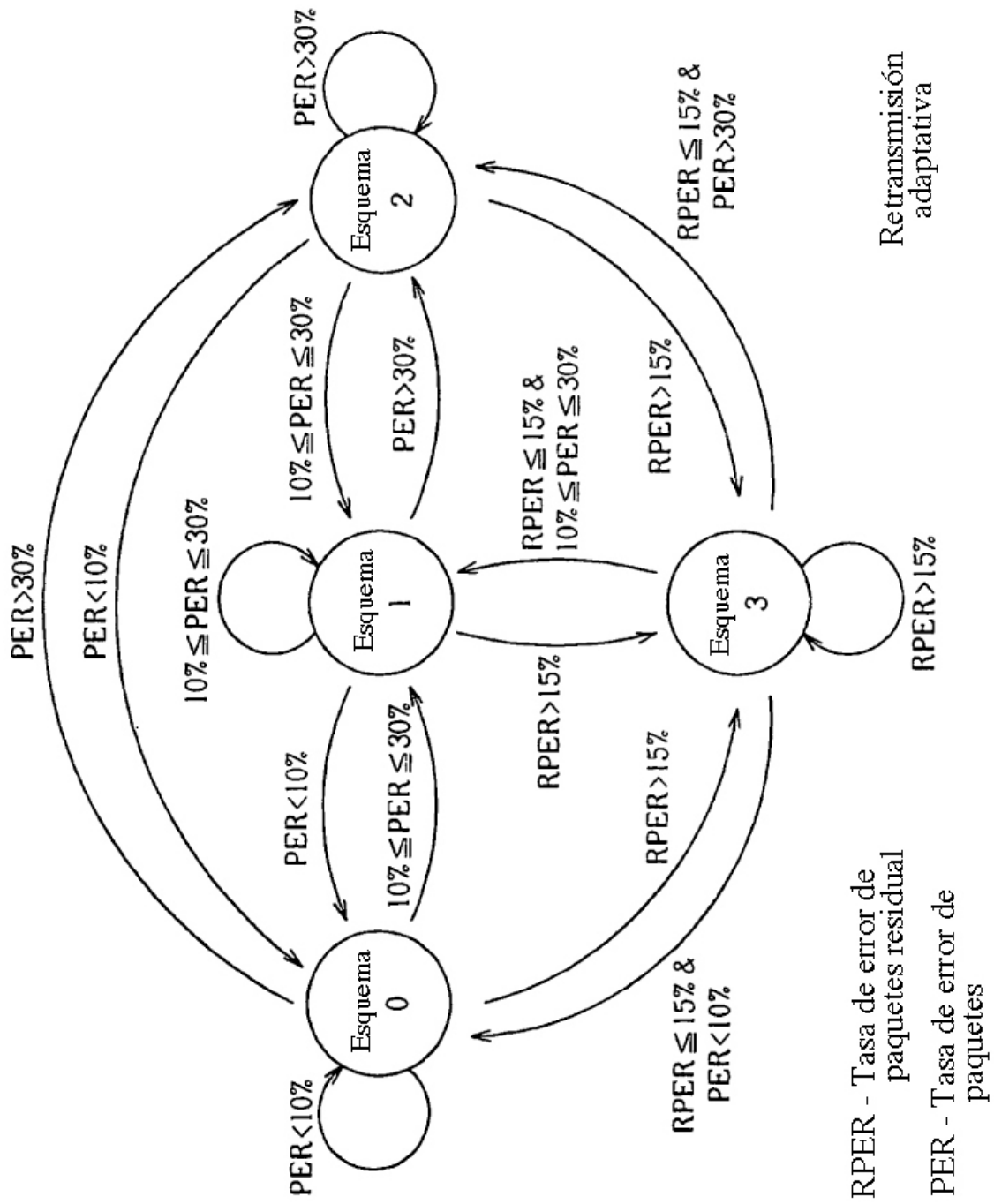


FIG. 7

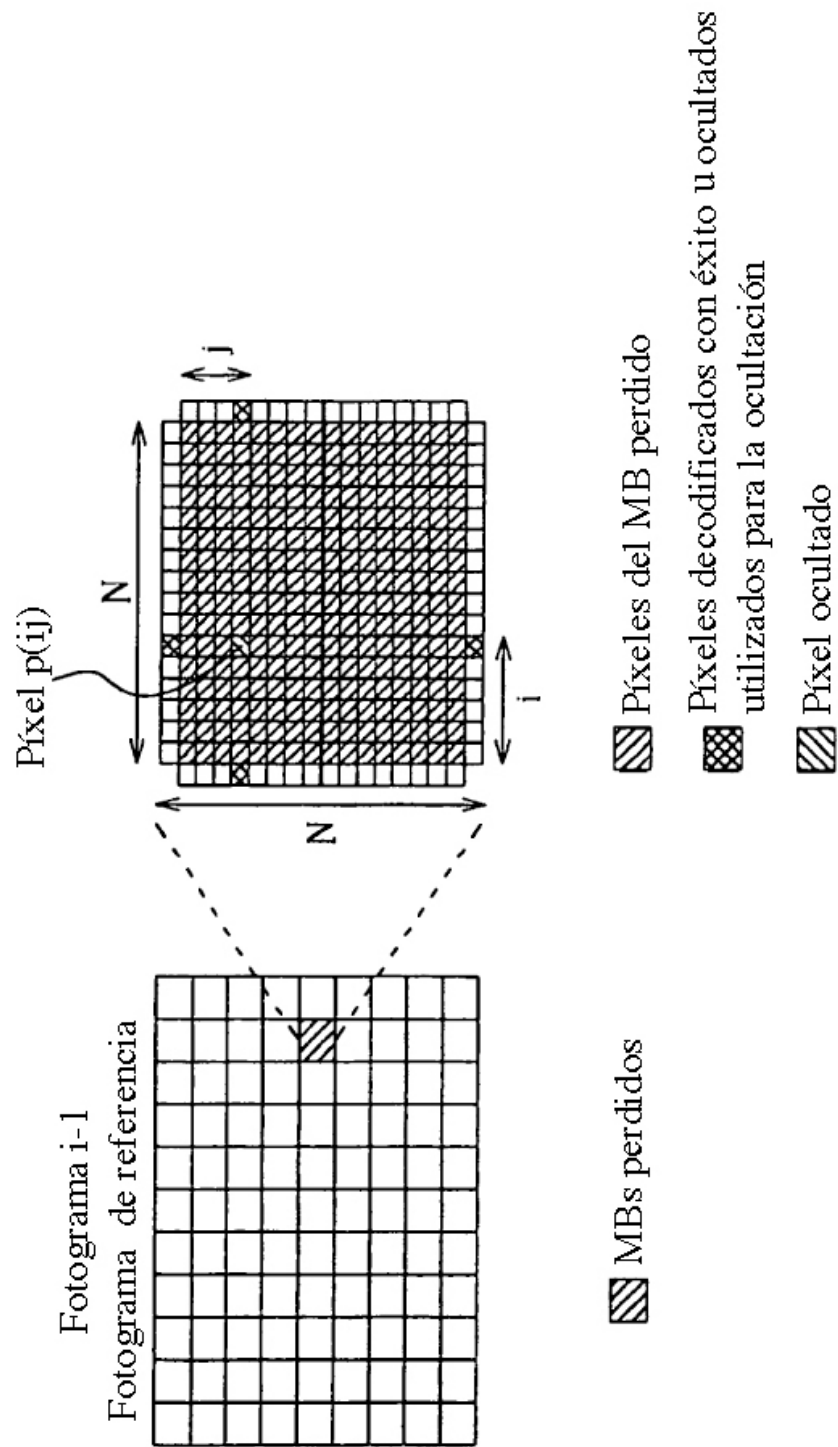


FIG. 8

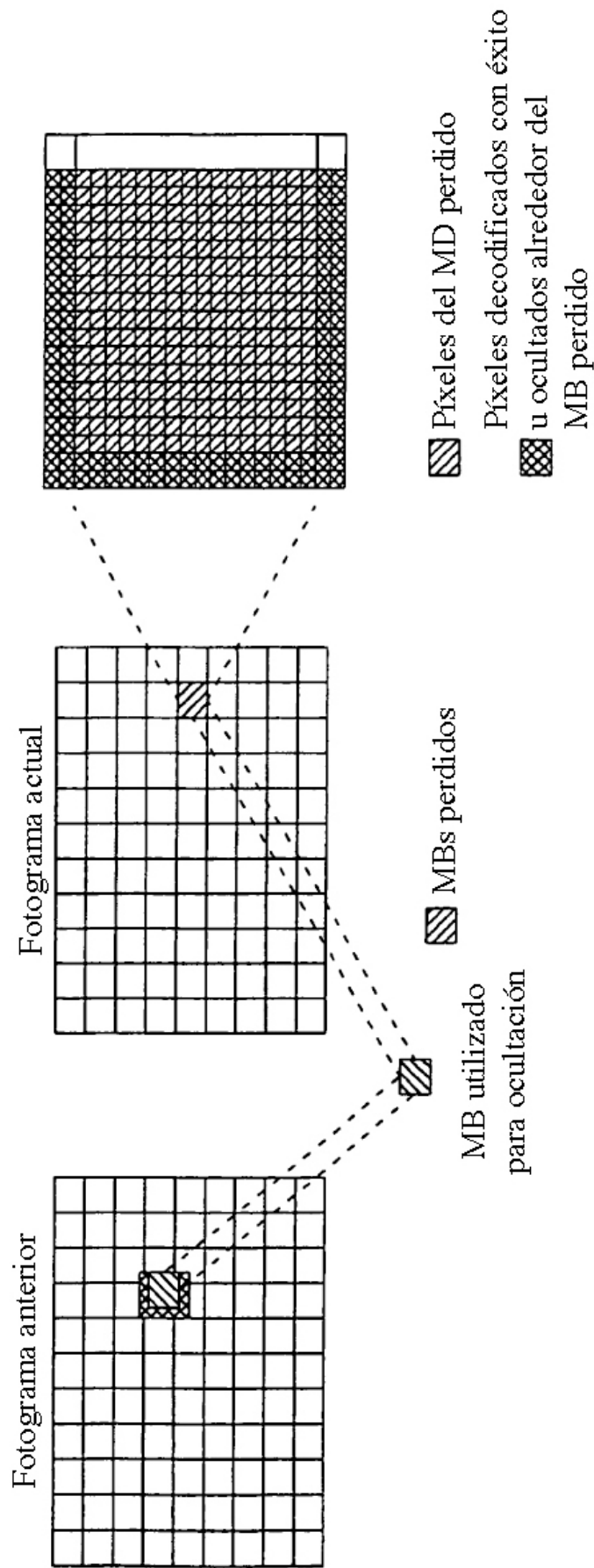


FIG. 9

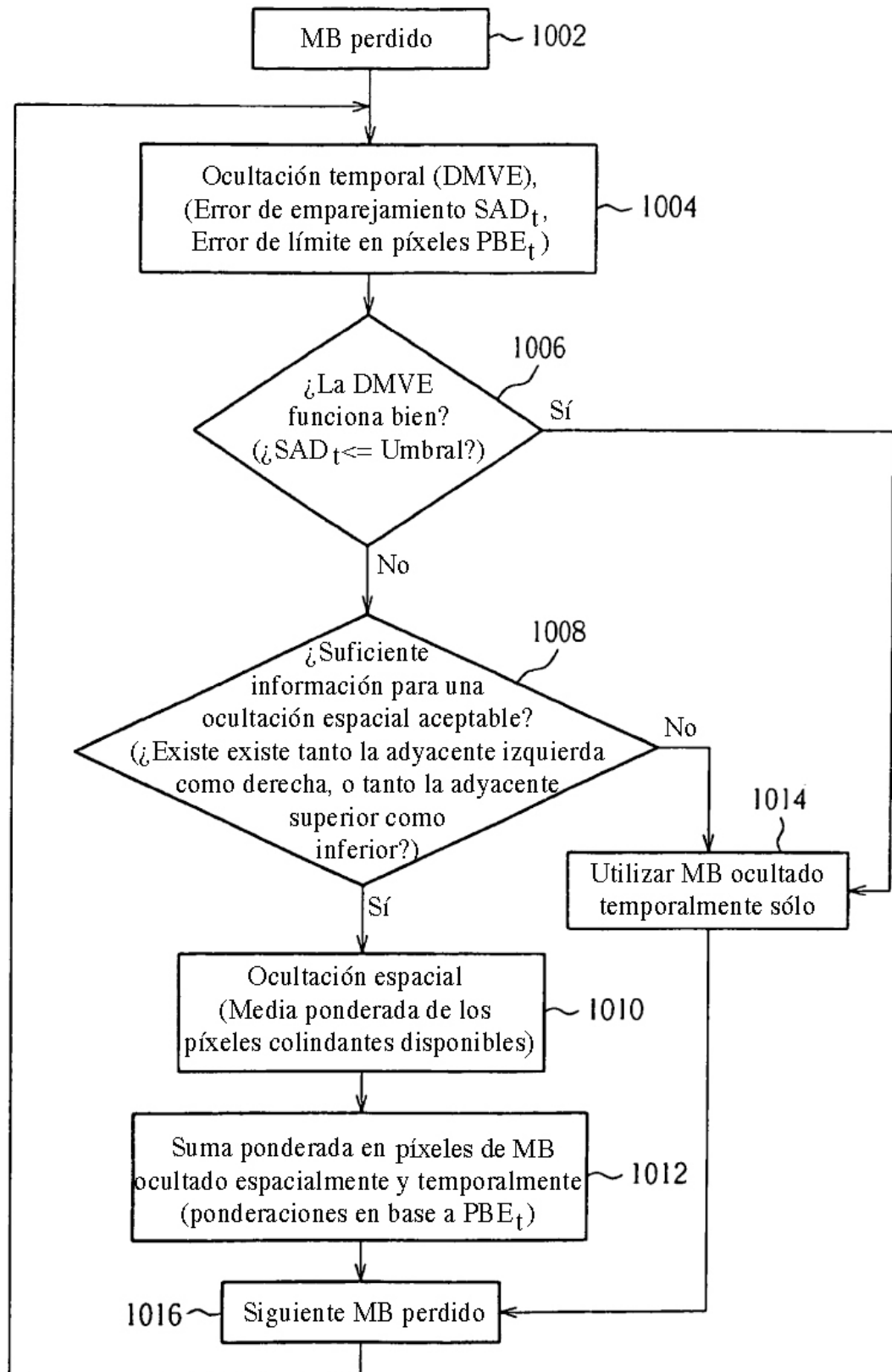


FIG. 10

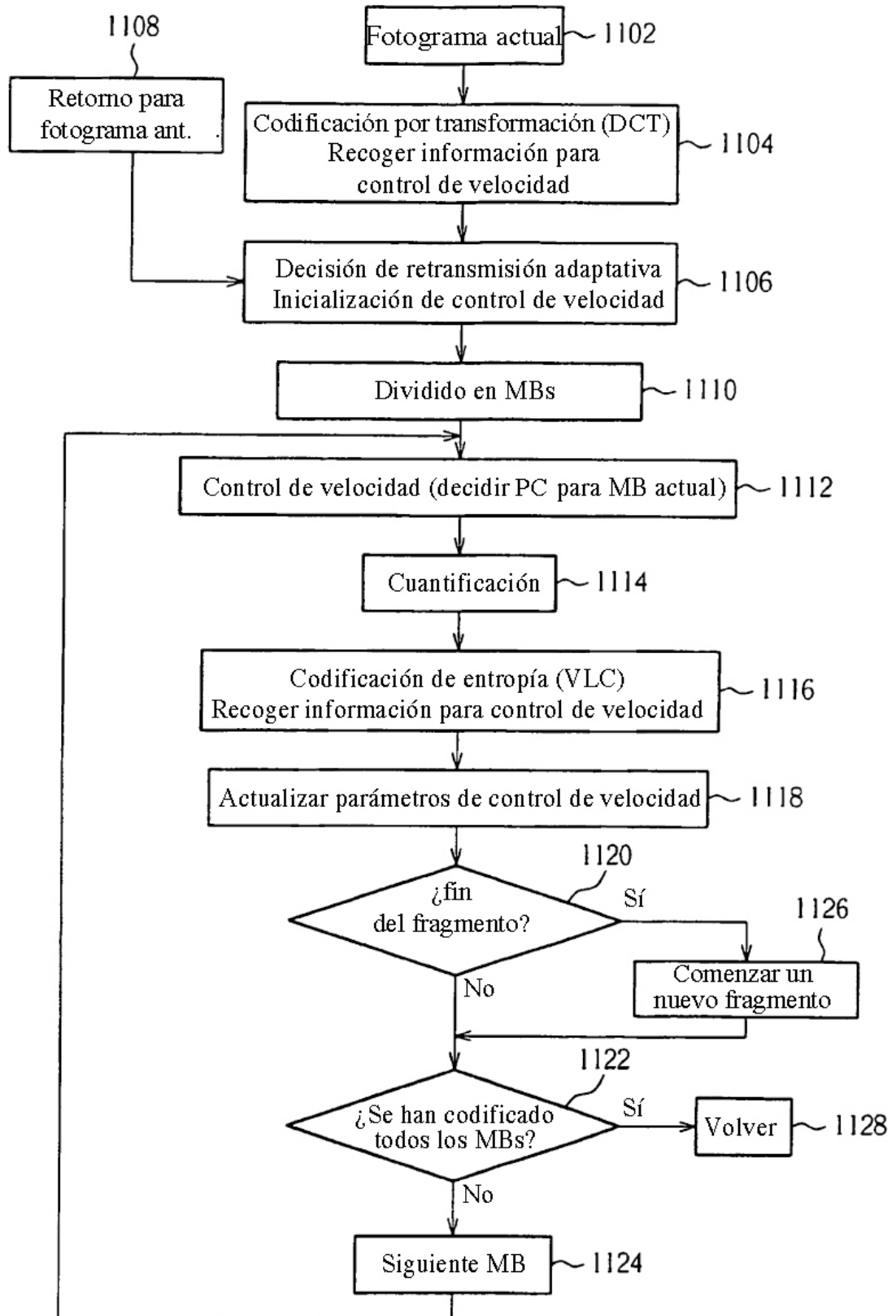


FIG. 11

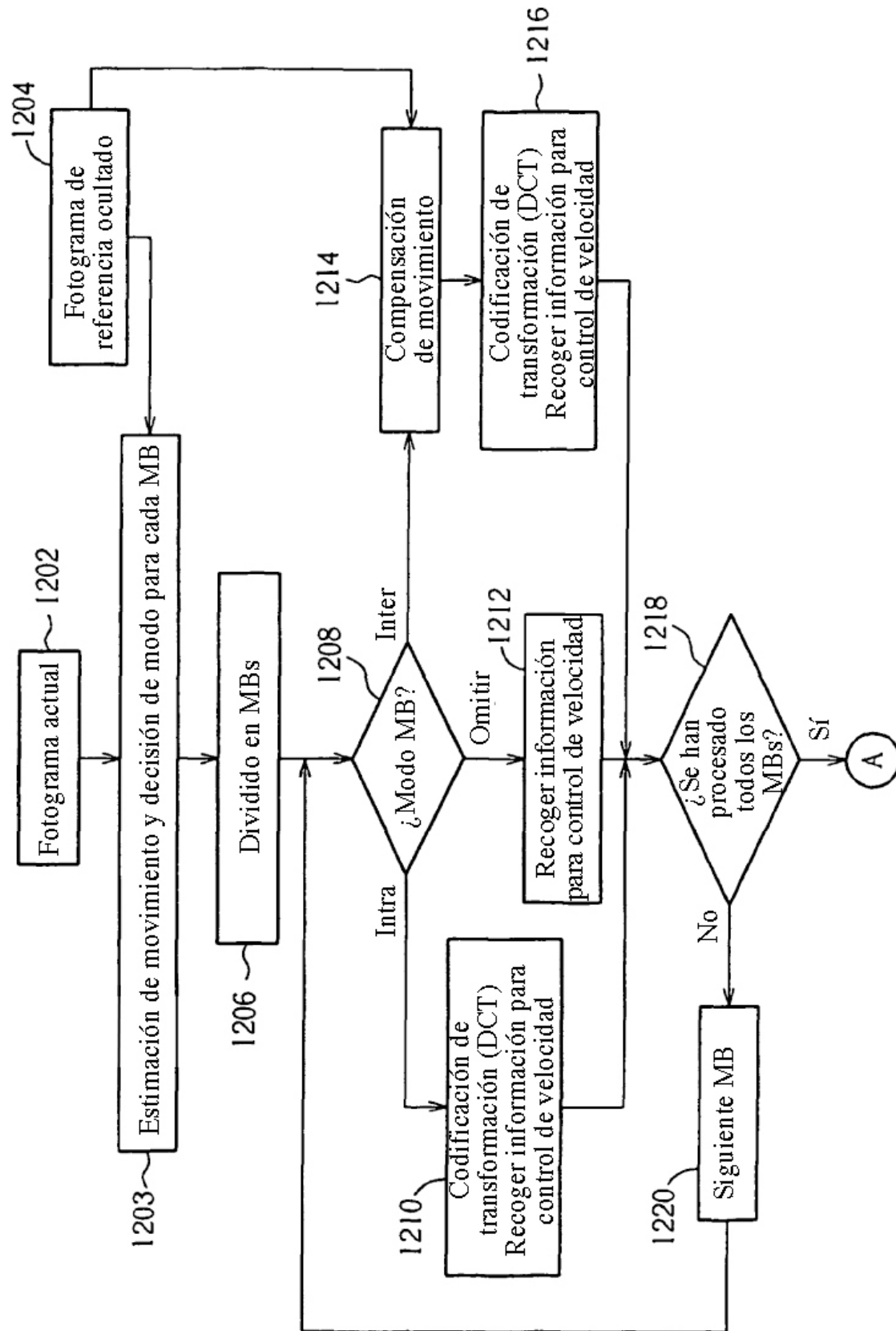


FIG. 12A

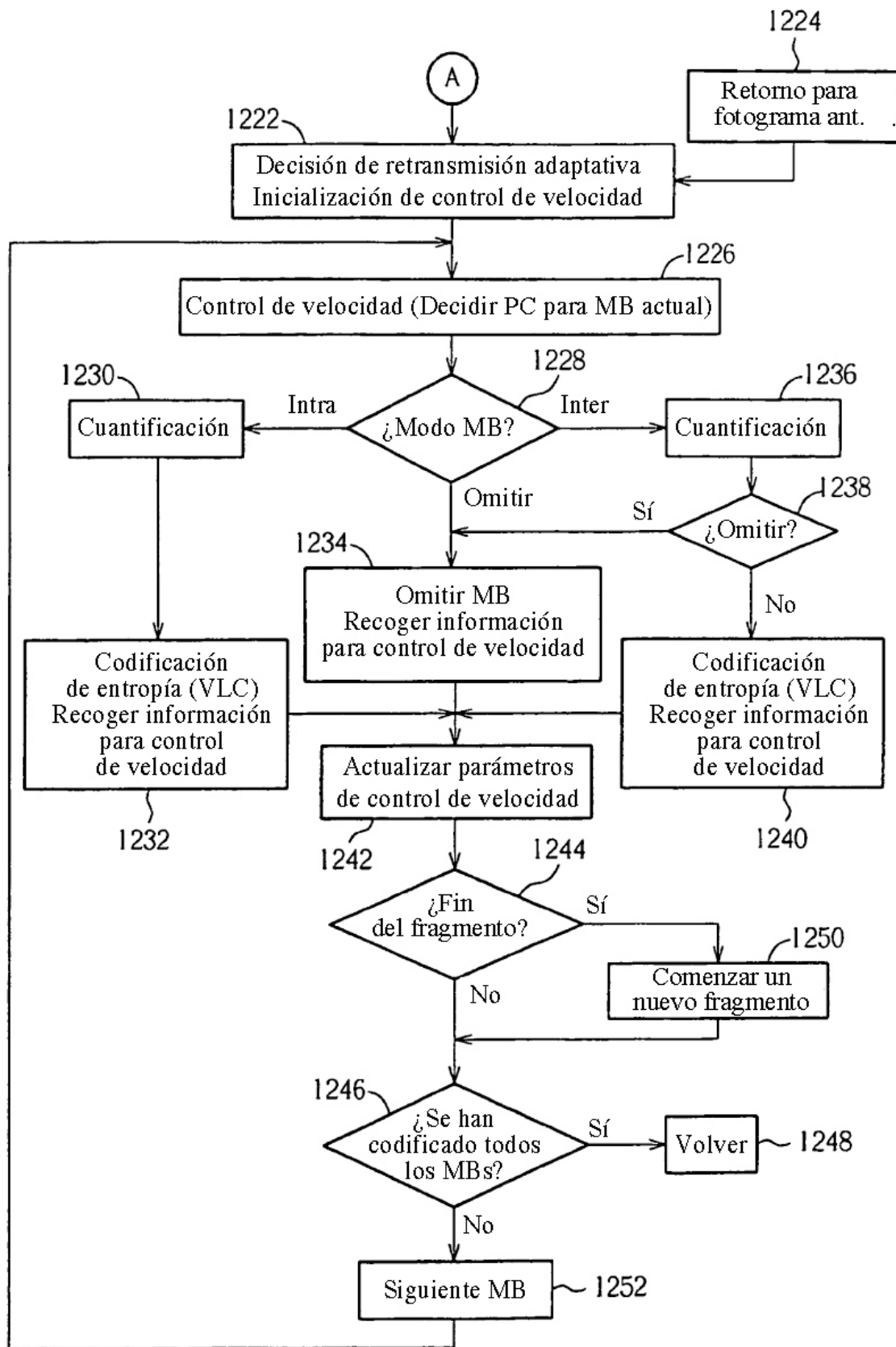


FIG. 12B