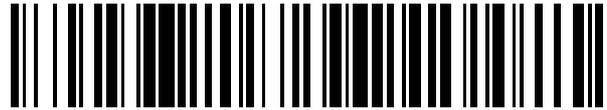


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 568 503**

51 Int. Cl.:

H04N 19/105 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.10.2009 E 09796073 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.02.2016 EP 2359601**

54 Título: **Método y sistema de predicción de imagen**

30 Prioridad:

31.10.2008 WO PCT/CN2008/072901

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

29.04.2016

73 Titular/es:

**ORANGE (100.0%)
78, rue Olivier de Serres
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**WANG, RONGGANG y
ZHANG, YONGBING**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 568 503 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y sistema de predicción de imagen

5 Campo de la invención

La invención se refiere en general al procesamiento de imagen y más específicamente a la predicción de imagen.

Antecedentes de la invención

10 La predicción es un proceso de estimación estadístico en el que se estiman una o más variables aleatorias a partir de observaciones de otras variables aleatorias. Se denomina predicción cuando las variables a ser estimadas están en algún sentido asociadas con el "futuro" y las variables observables están asociadas con el "pasado". Una de las técnicas más simples, prevalentes de predicción es la predicción lineal. La predicción lineal consiste por ejemplo en predecir un vector a partir de otro vector. El uso más común de la predicción es la estimación de una muestra de un proceso aleatorio estático (es decir un proceso estocástico aleatorio cuya distribución de probabilidad conjunta no cambia cuando se desplaza en el tiempo o el espacio) a partir de observaciones de varias muestras previas. Otra aplicación de la predicción es, en la compresión de imagen/video, cuando un bloque de píxeles es estimado a partir de un bloque de píxeles "previo" estimado incluido en una imagen de referencia (también denominada imagen anterior). En este caso, cada imagen predicha (o foto o cuadro) se divide en bloques rectangulares no solapados. Se deducen vectores de movimiento (es decir los vectores usados para la predicción que proporcionan un desplazamiento desde las coordenadas en la foto predicha a las coordenadas en una foto de referencia) de cada bloque usando la estimación de movimiento (ME) en la foto de referencia. A continuación, se predice cada bloque usando compensación de movimiento (MC) con referencia al bloque correspondiente en el cuadro de referencia apuntado por los vectores de movimiento deducidos. Tanto ME como MC son métodos conocidos para el experto en la materia. Este método puede ayudar a eliminar la información redundante y, en consecuencia, pueden ser necesarios menos bits para describir el residuo (que es la diferencia entre el bloque original y el predicho). Sin embargo, dicho método de predicción ME/MC realmente no es la solución final para los cuadros de predicción futura dado que se basa en la suposición de que el objeto en movimiento capturado está realizando un movimiento de traslación, lo que no siempre es verdad. Junto a ello, para la estimación de imágenes que impliquen procesos no gaussianos, la técnica ME/MC no puede extraer toda la información posible acerca del pasado que ayudará en la predicción de cuadros futuros.

35 Hoy en día existe una necesidad de una solución para predicción de imágenes que se pueda implementar fácilmente sobre las infraestructuras de comunicación existentes, que supere los inconvenientes de la técnica anterior.

Sumario de la invención

40 Es un objeto del presente sistema superar las desventajas y/o realizar mejoras sobre la técnica anterior.

Con este fin, la invención propone un método para el cálculo de un cuadro predicho a partir de un primer y segundo cuadros de referencia, comprendiendo dicho método para cada bloque de píxeles en el cuadro predicho las actuaciones de:

- 45 a) definición de un primer bloque de píxeles en el primer cuadro de referencia colocado con el bloque de píxeles en el cuadro predicho,
- b) definición de un segundo bloque de píxeles correspondiente, en el segundo cuadro de referencia, al primer bloque de píxeles colocado a lo largo del vector de movimiento de dicho bloque colocado a partir de dicho primer a segundo cuadros de referencia,
- 50 c1) cálculo de un primer conjunto de coeficientes que permitan la transformación de los píxeles del bloque colocado en píxeles del segundo bloque,
- d) cálculo de los píxeles del bloque del cuadro predicho usando el primer conjunto de coeficientes y los píxeles de un cuarto bloque colocado en el primer cuadro de referencia con el segundo bloque de píxeles.

55 La invención se refiere también a un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 4.

La invención se refiere también a un programa de ordenador de acuerdo con la reivindicación 7.

60 Una ventaja del método propuesto es que puede aprovechar de modo adaptativo las redundancias para ajustar la información de movimiento deducida entre cuadros sucesivos de acuerdo con las características de los píxeles dentro de área espaciotemporal local.

65 Otra ventaja del método propuesto en comparación con las soluciones existentes es que es capaz de ajustar adaptativamente los coeficientes de interpolación (para predecir píxeles a partir de los píxeles existentes en los cuadros previos) para adaptarse a las propiedades estadísticas no estáticas de las señales de video. Los coeficientes de interpolación juegan un papel crítico en la precisión de la predicción. Cuanto más precisos sean los

coeficientes, más fiables serán los cuadros predichos. Estos coeficientes pueden implicar una pesada carga en términos de tasa de bits para la compresión de video. Por ello, el método de acuerdo con la invención propone un algoritmo para deducir coeficientes más precisos para el primer bloque aprovechando las elevadas similitudes entre los mismos objetos de cuadros adyacentes, liberando por ello la carga no insignificante de transmisión de dichos coeficientes.

Breve descripción de los dibujos

Se describirán ahora realizaciones de la presente invención únicamente a modo de ejemplo y solo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que a las partes iguales se les da números de referencia correspondientes, y en los que:

La Figura 1 ilustra esquemáticamente un ejemplo de predicción de píxeles en una imagen predicha a partir de píxeles en una imagen de referencia de acuerdo con una realización de la presente invención;

la Figura 2 ilustra esquemáticamente bloques y cuadros usados en el método de acuerdo con una realización de la presente invención;

la Figura 3A ilustra esquemáticamente el método de acuerdo con una realización de la presente invención;

la Figura 3B ilustra esquemáticamente el método de acuerdo con una realización de la presente invención;

la Figura 3C ilustra esquemáticamente el método de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;

la Figura 4A ilustra esquemáticamente un ejemplo de muestras enteras y de posiciones de muestras fraccionarias para la interpolación luma de un cuarto de muestra en el método de interpolación tradicional;

la Figura 4B ilustra esquemáticamente un ejemplo de vecindad espacial usado para interpolar un píxel fraccionario correspondiente de acuerdo con una realización de la presente invención;

la Figura 5 ilustra esquemáticamente la transferencia desde los coeficientes anteriores a los siguientes de acuerdo con una realización de la presente invención;

la Figura 6 es una comparación de la información lateral generada por el método de acuerdo con la invención con los enfoques de extrapolación de movimiento existentes basados en la codificación DVC de "Foreman";

la Figura 7 es una comparación de la información lateral generada por el método de acuerdo con la invención con los enfoques de extrapolación de movimiento existentes basados en la codificación DVC "Mobile";

la Figura 8 es una comparación de los cuadros WZ reconstruidos generados por el método de acuerdo con la invención con los enfoques de extrapolación de movimiento existentes basados en la codificación DVC de "Foreman";

la Figura 9 es una comparación de los cuadros WZ reconstruidos generados por el método de acuerdo con la invención con los enfoques de extrapolación de movimiento existentes basados en la codificación DVC "Mobile";

la Figura 10 es una comparación del rendimiento cuando el modelo de salto se sustituyó por el método de acuerdo con la invención para una secuencia "Mobile"; y

la Figura 11 es una comparación del rendimiento cuando el modelo de salto se sustituyó por el método de acuerdo con la invención para una secuencia "Tempete"

Descripción de realizaciones preferidas

Lo que sigue son descripciones de realizaciones de ejemplo que cuando se toman en conjunto con los dibujos demostrarán las características y ventajas anteriormente indicadas, e introducirán otras adicionales.

En la descripción siguiente, con finalidades de explicación en lugar de limitación, se exponen detalles específicos tales como arquitectura, interfaces, técnicas, dispositivos etc., para ilustración. Sin embargo, será evidente para los expertos en la materia que aún se entendería que otras realizaciones que se aparten de estos detalles están dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Más aún, con finalidades de claridad, se omiten descripciones detalladas de dispositivos, sistemas y métodos bien conocidos para no oscurecer la descripción del presente sistema. Además, enrutadores, servidores, nodos, estaciones base, pasarelas u otras entidades en una red de telecomunicación no se detallan dado que su implementación está más allá del alcance del presente sistema y método.

Además, se debería entender expresamente que los dibujos se incluyen con finalidades ilustrativas y no representan el alcance del presente sistema.

El método de acuerdo con la invención propone un modelo para la predicción de la imagen (es decir la denominada imagen/predicha o actual) en base a observaciones realizadas en las imágenes previas. En el método de acuerdo con la invención, la predicción se realiza en la unidad del bloque de píxeles y se puede realizar para cada bloque de la imagen predicha. In extenso, una imagen puede asimilarse a un bloque (de píxeles). Por bloques colocados en una primera imagen y una segunda imagen, se puede entender bloques que están en exactamente la misma localización en las dos imágenes. Por ejemplo, en la Figura 2, los bloques $B_i(k,l)$ y $B_{i-1}(k,l)$ son bloques colocados.

La Figura 3A describe una realización ilustrativa del método de acuerdo con la invención, en el que un cuadro predicho 260 (es decir un cuadro a ser predicho) se calcula a partir de un primer cuadro de referencia 200 y un

segundo cuadro de referencia 210, ambos conocidos y previos al cuadro predicho. Todas las imágenes pueden estar en un flujo de imágenes.

En esta realización ilustrativa, el método comprende, para cada bloque de píxeles a ser predicho en el cuadro predicho 260, una actuación 220 que permite la definición de un primer bloque de píxeles en el primer cuadro de referencia colocado con el bloque de píxeles (denominado tercer bloque) a ser predicho en el cuadro predicho. A continuación, la actuación 230 permite la definición de un segundo bloque de píxeles correspondiente, en el segundo cuadro de referencia, al primer bloque colocado de píxeles a lo largo del vector de movimiento de dicho bloque colocado a partir de dicho primer a segundo cuadros de referencia. Un vector de movimiento es un vector usado para interpredicción que proporciona un desplazamiento desde las coordenadas en la foto predicha a las coordenadas en la foto de referencia. Se usa para representar un macro-bloque o un píxel en la foto predicha en base a la posición de este macro-bloque o píxel (o uno similar) en la foto de referencia. Como la primera y segunda fotos de referencia son fotos conocidas, se pueden usar técnicas claramente disponibles para el experto en la materia para deducir el vector de movimiento del bloque colocado a partir del primer al segundo cuadros de referencia, y en consecuencia se puede definir el segundo bloque. Posteriormente, se puede calcular un primer conjunto de coeficientes en la actuación 240 para permitir la transformación de los píxeles del bloque colocado en píxeles del segundo bloque. Eventualmente, la actuación 250 permite el cálculo de píxeles del bloque del cuadro predicho usando el primer conjunto de coeficientes y píxeles de un cuarto bloque en el primer cuadro de referencia colocado con el segundo bloque de píxeles.

En el método de acuerdo con la invención, el bloque de píxeles a ser predicho se deduce del cuarto bloque de píxeles en el primer cuadro de referencia usando el primer conjunto de coeficientes. El uso del cuarto bloque para deducir el bloque de píxeles a ser predicho en el cuadro predicho implica así, dado que el segundo y cuarto bloque están colocados respectivamente en el segundo y primer cuadros de referencia, con el vector de movimiento usado para la definición del segundo bloque es el mismo que el vector de movimiento para el establecimiento de la relación entre el cuarto bloque y el bloque de píxeles a ser predicho.

La Figura 1 describe esquemáticamente la predicción de un píxel 111 en un cuadro predicho 110 a partir de píxeles en un cuadro de referencia 120 a lo largo del vector de movimiento 130 que vincula el píxel a ser predicho 111 y su píxel correspondiente 122 en el cuadro de referencia 120.

Tal como se muestra en la Figura 1, para cada píxel 111 en el cuadro predicho 110, se deduce el píxel correspondiente 121 en el cuadro de referencia 120 junto con la trayectoria del movimiento (mostrada en la Figura 1 a través del vector de movimiento 130). Se define un vecino espacial cuadrado 125, centrado sobre el píxel correspondiente 121 en el cuadro de referencia 120. El píxel 111 en el cuadro predicho se aproxima así como una combinación lineal de los píxeles 122 del vecino espacial correspondiente 125 en el cuadro de referencia 120. Este proceso de interpolación se puede expresar como

$$\hat{Y}_t(m,n) = \sum_{-r \leq (i,j) \leq r} X_{t-1}(\tilde{m}+i, \tilde{n}+j) \cdot \alpha_{i,j} + n_t(m,n) \quad (1)$$

En la que:

- $\hat{Y}_t(m,n)$ representa el píxel predicho 111 localizado las coordenadas (m,n) en el cuadro predicho 110,
- X_{t-1} corresponde a la representación de los píxeles en el cuadro de referencia 120,
- (\tilde{m},\tilde{n}) representa la posición del píxel correspondiente 121 en el cuadro de referencia 120 apuntado por el vector de movimiento 130 del píxel predicho 111 correspondiente localizado en (m,n) en el cuadro predicho 110 a través de $\hat{Y}_t(m,n)$,
- $\alpha_{i,j}$ son los coeficientes de interpolación,
- $n_t(m,n)$ es el ruido blanco gaussiano aditivo.

Los coeficientes de interpolación se pueden deducir usando métodos conocidos para el experto en la materia tales como por ejemplo el método del error cuadrático medio (MSE, del inglés "Mean Square Error") y el método de la menor media cuadrática (LMS, del inglés "Least Mean Square") tal como se explica además en el presente documento a continuación.

El radio r del conjunto de interpolación o filtro interpolación (es decir el conjunto de coeficientes de interpolación para el vecino espacial cuadrado 125) puede usarse para definir el tamaño del filtro de interpolación como: $(2r + 1) \times (2r + 1)$. Por ejemplo en la Figura 1, el radio es $r=1$ y el tamaño del filtro de interpolación es 3×3 .

La Figura 2 describe los cuadros usados en el método de acuerdo con la invención. Los coeficientes de interpolación usados para reducir cada bloque de píxeles en el cuadro predicho Y_t 205 se deducen usando un primer cuadro de referencia X_{t-1} 211 y un segundo cuadro de referencia X_{t-2} 222.

Un primer bloque $B_{t-1}(k,l)$ 212 en el primer cuadro de referencia X_{t-1} 211 se define como el bloque colocado con un bloque de píxeles (tercer bloque) $B_t(k,l)$ 201 a ser predicho en el cuadro predicho Y_t 205.

Como el primer y el segundo cuadros de referencia son ambos conocidos y definidos, métodos existentes conocidos para experto en la materia permiten la definición de un segundo bloque $B_{t-2}(\tilde{k}, \tilde{l})$ a lo largo del vector de movimiento $v_{t-1,t-2}(k,l)$ del bloque colocado (o primero) $B_{t-1}(k,l)$ 212 a partir del primer cuadro de referencia X_{t-1} al segundo cuadro de referencia X_{t-2} .

5 El primer conjunto de coeficientes de interpolación puede definirse así tal como se describe en la Figura 1 a partir de píxeles conocidos en el primer y segundo cuadros de referencia.

10 El bloque colocado en el primer cuadro de referencia $B_{t-1}(\tilde{k}, \tilde{l})$ 241 (también denominado cuarto bloque en referencia a la Figura 3A) del $B_{t-2}(\tilde{k}, \tilde{l})$ 221 en el segundo marco de referencia 222 se usa entonces junto con el primer conjunto de coeficientes previamente obtenido aquí anteriormente para deducir los píxeles predichos en el bloque de píxeles (o tercer bloque) $B_t(k,l)$ a ser predicho 201 en el cuadro predicho 205.

15 La Figura 3B describe una realización ilustrativa del método de acuerdo con la invención.

Se selecciona un bloque de píxeles a ser predicho $B_t(k,l)$ en el cuadro predicho Y_t en una actuación 300. Se define entonces un primer bloque $B_{t-1}(k,l)$ en X_{t-1} colocado que el bloque de píxeles a ser predicho en Y_t en la actuación 310. Como X_{t-1} y X_{t-2} son ambos conocidos y definidos, se puede definir un segundo bloque $B_{t-2}(\tilde{k}, \tilde{l})$ correspondiente en X_{t-2} a $B_{t-1}(k,l)$ a lo largo del vector de movimiento $v_{t-1,t-2}(k,l)$ del bloque colocado $B_{t-1}(k,l)$ 212 a partir del primer cuadro de referencia X_{t-1} al segundo cuadro de referencia X_{t-2} en la actuación 320. Se define un cuarto bloque en X_{t-1}

$B_{t-1}(\tilde{k}, \tilde{l})$ colocado con $B_{t-2}(\tilde{k}, \tilde{l})$ en la actuación 330.

25 Aplicando el método descrito en la Figura 1, se puede obtener un primer conjunto de coeficientes de interpolación mediante la aproximación de píxeles en el primer bloque $B_{t-1}(k,l)$ a partir de píxeles en el segundo bloque $B_{t-2}(\tilde{k}, \tilde{l})$ en la actuación 340. En otras palabras, se supone que cada píxel en $B_{t-1}(k,l)$ se aproxima como una combinación lineal de un vecino espacial cuadrado en el bloque $B_{t-2}(\tilde{k}, \tilde{l})$, centrado sobre el píxel correspondiente apuntado por el movimiento $v_{t-1,t-2}(k,l)$:

$$30 \quad \hat{Y}_{t-1}(m,n) = \sum_{-r \leq (i,j) \leq r} X_{t-2}(\tilde{m}+i, \tilde{n}+j) \cdot \alpha_{i,j} + n_{t-1}(m,n) \quad (2)$$

La aproximación del píxel depende de la definición del coeficiente de interpolación. Realmente, estos se deberían elegir para ser los óptimos.

35 En la ecuación (2), los píxeles en X_{t-2} son conocidos. Junto a ello, los píxeles en Y_{t-1} son también conocidos de modo que los píxeles aproximados por la ecuación (2) pueden compararse con los píxeles reales correspondientes en Y_{t-1} para deducir los coeficientes de interpolación $\alpha_{i,j}$. Esta comparación se realiza usando, en esta realización ilustrativa del método de acuerdo con la invención, tal como se ha mencionado en el presente documento anteriormente, el error cuadrático medio (MSE) para definir el error cuadrático medio resultante:

$$40 \quad \varepsilon^2(k,l) = \sum_{(m,n) \in B_{t-1}(k,l)} \sum E \left(\left\| Y_{t-1}(m,n) - \hat{Y}_{t-1}(m,n) \right\|^2 \right) \quad (3)$$

El MSE es un criterio de rendimiento que se puede ver como una medición de cuánta energía de la señal se reduce eliminando la información predecible en base a la observación a partir de ella. Dado que el objetivo de una predicción es eliminar esta información predecible, un mejor predictor corresponde a un MSE más pequeño.

El método de la menor media cuadrática (LMS) se puede usar entonces para deducir los coeficientes de interpolación próximos.

50 Se realiza entonces la suposición en la actuación 345 de que los píxeles en el bloque a ser predicho se pueden aproximar a partir de píxeles en el cuarto bloque usando el primer conjunto de coeficientes dadas las altas redundancias entre ambos cuadros de referencia y predicho. Suponiendo que los coeficientes de interpolación objetivo deducidos usando la ecuación (3) son $\alpha_{i,j}$, la predicción de $B_t(k,l)$ se puede realizar entonces como sigue usando los mismos coeficientes y la ecuación (1) tal como se ha explicado previamente:

$$55 \quad \hat{Y}_t(m,n) = \sum_{-r \leq (i,j) \leq r} X_{t-1}(\tilde{m}+i, \tilde{n}+j) \cdot \alpha_{i,j} + n_t(m,n) \quad (4)$$

en la que $\alpha_{i,j}$ son los coeficientes de interpolación obtenidos en las ecuaciones (2) y (3).

60 Se puede remarcar que cuanto más próximos están los cuadros en la transmisión continua de cuadros, mayor será la redundancia y por ello mejor será esta suposición. Se puede remarcar que esto es equivalente a decir que se usa el mismo vector de movimiento, es decir:

$$V_{t,t-1}(k,l) = V_{t-1,t-2}(k,l)$$

Para deducir una predicción de píxeles en $B_t(k,l)$ a partir de los píxeles en $B_{t-1}(\bar{k},\bar{l})$ (actuación 350) que para deducir una predicción de píxeles en $B_{t-1}(k,l)$ a partir de los píxeles en $B_{t-2}(\bar{k},\bar{l})$.

5 En una realización adicional de la presente invención, en referencia la Figura 3C, se puede deducir un segundo conjunto de coeficientes de interpolación para incrementar la precisión de la predicción de los píxeles en el bloque de píxeles a ser predichos en el cuadro predicho.

10 Realmente, simétricamente los píxeles en $B_{t-2}(\bar{k},\bar{l})$ pueden aproximarse o expresarse como una combinación lineal de los píxeles de $B_{t-1}(k,l)$ usando un segundo conjunto de coeficientes de interpolación en la actuación 245:

$$\hat{X}_{t-2}(\bar{m},\bar{n}) = \sum_{-r \leq (i,j) \leq r} X_{t-1}(m+i, n+j) \cdot \beta_{ij} + n_{t-2}(\bar{m},\bar{n}) \quad (5)$$

15 Se supone entonces que se puede usar el mismo segundo conjunto de coeficientes para aproximar o expresar los píxeles en $B_{t-1}(\bar{k},\bar{l})$ a partir de los píxeles en $B_t(k,l)$ usando dicho segundo conjunto de coeficientes de interpolación en la actuación 255 (haciendo de nuevo la suposición de que hay altas redundancias entre los cuadros de referencia y predicho, por ejemplo, cuando se eligen como cuadros adyacentes en una transmisión continua de cuadros):

$$20 \quad \hat{X}_{t-1}(\bar{m},\bar{n}) = \sum_{-r \leq (i,j) \leq r} Y_t(m+i, n+j) \cdot \beta_{ij} + n_{t-1}(\bar{m},\bar{n}) \quad (6)$$

25 Sin embargo en este caso, dado que los píxeles en $B_t(k,l)$ son desconocidos (dado que son los que se han de predecir), no pueden expresarse como combinaciones lineales de píxeles en $B_{t-1}(\bar{k},\bar{l})$. Pero, dado que la expresión matemática es una combinación lineal, los píxeles en $B_t(k,l)$ pueden expresarse a partir de los píxeles en $B_{t-1}(\bar{k},\bar{l})$ usando los coeficientes de interpolación simétricos de los coeficientes de interpolación del segundo conjunto:

$$\beta'_{ij} = \beta_{-i,-j} \quad (7)$$

$$25 \quad \hat{Y}_t(m,n) = \sum_{-r \leq (i,j) \leq r} X_{t-1}(\bar{m}+i, \bar{n}+j) \cdot \beta'_{ij} + n_t(m,n) \quad (8)$$

30 en la que β'_{ij} son los inversos correspondientes a los deducidos en (5).

Eventualmente, con esta realización opcional del método de acuerdo con la invención, se deducen/obtienen dos conjuntos de coeficientes de interpolación, implicando dos expresiones/aproximaciones de píxeles en $B_t(k,l)$ a partir de los píxeles en $B_{t-1}(\bar{k},\bar{l})$. Se puede deducir así una predicción óptima, para cada píxel, a partir de estas dos aproximaciones del mismo píxel tomando el promedio o media de los dos:

$$35 \quad \hat{Y}_t(m,n) = \left(\sum_{-r \leq (i,j) \leq r} X_{t-1}(\bar{m}+i, \bar{n}+j) \cdot \alpha_{ij} + \sum_{-r \leq (i,j) \leq r} X_{t-1}(\bar{m}+i, \bar{n}+j) \cdot \beta'_{ij} \right) / 2 + n_t(m,n) \quad (9).$$

40 Realmente, las ecuaciones (4) y (8) permiten la aproximación del mismo píxel en (m,n) en el cuadro Y_t en dos direcciones diferentes (hacia delante y hacia atrás), esto implica que $\alpha_{ij} \approx \beta'_{ij}$, permitiendo la mejora de la precisión de la predicción.

45 Prácticamente, en caso de, por ejemplo, un sistema codificador/decodificador, el método de acuerdo con la invención se basa en el hecho de que los bloques de los píxeles en el primer y segundo cuadros de referencia están disponibles/son conocidos tanto para el codificador como para el decodificador, permitiendo así obtener el cuadro predicho usando los datos deducidos a partir de estos cuadros de referencia. El presente método puede implementarse también usando un dispositivo de interpolación para el cálculo del cuadro predicho partir de un primer y segundo cuadros de referencia en un flujo de video. Los dispositivos de codificación, de decodificación o de interpolación pueden ser típicamente dispositivos electrónicos que comprenden un procesador dispuesto para cargar instrucciones ejecutables almacenadas en un medio legible por ordenador, que hacen que dicho procesador realice el presente método. El dispositivo de interpolación puede ser también un codificador/decodificador parte de un sistema de cálculo del cuadro predicho a partir de un primer y segundo cuadros de referencia en un flujo de video, comprendiendo el sistema un dispositivo de transmisión para la transmisión del flujo de video que comprende los cuadros de referencia al dispositivo de interpolación para un cálculo adicional del cuadro predicho.

55 En esta realización ilustrativa descrita en el presente documento anteriormente, el vector de movimiento tiene la precisión de un píxel entero. Sin embargo, el método de acuerdo con la presente invención puede conseguir también una precisión de sub-píxel. Esto es debido a que, en el método de interpolación de cuarto de píxel existente/conocido (descrito en la Figura 4A), cada sub-píxel se interpola mediante un paso de filtro fijo (por ejemplo,

un filtro de 6 pasos significa que la interpolación utiliza los 6 píxeles enteros más próximos), a lo largo de las direcciones horizontal y vertical usando los píxeles enteros más cercanos al sub-píxel a ser interpolado.

5 En la Figura 4A, se ilustran las muestras enteras (bloques sombreados con letras en mayúscula) y posiciones de muestras fraccionarias (bloques sin sombreado con letras en minúscula) para la interpolación luma de un cuarto de muestra (es decir la resolución de la muestra de luma se ha interpolado a 4 veces la resolución original tanto en las direcciones horizontal como vertical).

10 En dicho caso de precisión de sub-píxel, el método de acuerdo con la invención puede aplicarse, tal como se muestra en la Figura 4B (proximidad espacial), tal como sigue. Para cada sub-píxel, se halla el píxel entero más próximo, a continuación se interpola el sub-píxel correspondiente mediante la combinación lineal ponderada de los píxeles enteros en la proximidad cuadrada centrada en el píxel entero más cercano. Mediante la elección de los adecuados coeficientes de interpolación, consigue el mismo resultado que los métodos de interpolación de sub-píxel existentes. Sin embargo, en la imagen real, la interpolación es solamente a lo largo de la dirección horizontal y vertical y puede no ser siempre suficientemente precisa en el caso de una región compleja usando soluciones existentes/conocidas. Junto a ello, en los métodos existentes, los pasos de interpolación y filtrado son siempre fijos, lo que limita además la precisión de los resultados de la interpolación. Mientras que, en el método de acuerdo con la invención, la interpolación puede ser a lo largo de cualquier dirección, es decir los coeficientes a lo largo de una dirección específica son significativamente mayores que en las otras direcciones, en lugar de limitados a la dirección horizontal o la vertical. Como un ejemplo, si hay un borde a lo largo de la dirección diagonal, los coeficientes del filtro del método de acuerdo con la invención a lo largo de la dirección diagonal correspondiente serán relativamente mayores que los coeficientes en las otras posiciones, y por ello se mejora la precisión de la interpolación (mientras que el filtro tradicional puede interpolar solamente a lo largo de la dirección horizontal o la vertical, y por ello no puede ser adaptativo a la dirección del borde). Además, los coeficientes de interpolación pueden ajustarse de modo adaptativo de acuerdo con las características de los píxeles en la vecindad espacial adyacente.

Para verificar la eficiencia de la predicción del modelo propuesto, se realiza un ejemplo de implementación usando la extrapolación de codificación de vídeo distribuido (DVC, del inglés "Distributed Video Coding"). En DVC, el último cuadro reconstituido Wyner-Ziv (WZ) está compuesto por la información lateral (SI) que pulsa los errores corregidos por los bits de paridad. En consecuencia, la mejora de la predicción SI constituye uno de los aspectos más críticos en la mejora de la eficiencia de la compresión DVC. Dado que el SI es de alta calidad, la energía de la información residual, que necesita corregir el error entre el SI y el cuadro original, disminuye, y da como resultado la reducción de la transmisión de los bits de paridad y por ello reduce las tasas de bits. Dado que el método de acuerdo con la invención es adecuado para la predicción del cuadro actual solo en base a la información disponible en el pasado, se puede implementar en la aplicación de extrapolación en DVC, y compararse con los enfoques basados en la extrapolación existente. En DVC, dado que el píxel original no está disponible en el lado del decodificador, el ME se realiza en los cuadros pasados. Por ejemplo, como en la Figura 2, para cada bloque $B_t(k,l)$ en el cuadro predicho, primero se usa el bloque colocado $B_{t-1}(k,l)$ como el bloque actual y se halla su MV en el cuadro t-2, y a continuación se usa MV para hacer la predicción de $B_t(k,l)$ mediante la realización del proceso MC en el cuadro t-1. En la realización ilustrativa del método de acuerdo con la invención, se usa el mismo MV como el enfoque basado en la extrapolación de movimiento existente, y los resultados de comparación se representan en las Figuras 6-9. Se usa el H.263+ para el cuadro clave, en el que QP se fija en 8, y se codifica a continuación el cuadro WZ usando el codificador Turbo. Las comparaciones del SI se representan en la Figura 6 y la Figura 7. Se puede observar fácilmente que el método de acuerdo con la invención puede mejorar significativamente los valores de PSNR del SI, en comparación con el método de extrapolación del movimiento existente. Por ejemplo, la ganancia en la secuencia Foreman QCIF es más de 1,5 dB, y la ganancia en la secuencia Mobile QCIF es casi 3 dB. La mejora significativa se atribuye ampliamente a la superior capacidad de predicción del método de acuerdo con la invención. Las Figuras 8 y 9 presentan la comparación WZ del método de acuerdo con la invención con el método de extrapolación de movimiento existente. Se puede ver que en la secuencia Foreman QCIF, la ganancia es más de 1 dB, y la ganancia en la secuencia Mobile QCIF, la ganancia es más de 2,5 dB.

REIVINDICACIONES

1. Un método para el cálculo de un cuadro predicho a partir de un primero y segundo cuadros de referencia, comprendiendo dicho método para cada bloque de píxeles en el cuadro predicho las actuaciones de:
- 5
- a) definición de un primer bloque de píxeles en el primer cuadro de referencia colocado con un tercer bloque de píxeles correspondiente al bloque de píxeles en el cuadro predicho,
 - b) definición de un segundo bloque de píxeles correspondiente, en el segundo cuadro de referencia, al primer bloque de píxeles a lo largo del vector de movimiento de dicho primer bloque a partir de dichos primer a segundo cuadros de referencia,
 - 10 c1) cálculo de un primer conjunto de coeficientes de interpolación que permiten la transformación de los píxeles del primer bloque en píxeles del segundo bloque,
 - d) cálculo de los píxeles del tercer bloque usando el primer conjunto de coeficientes de interpolación y los píxeles de un cuarto bloque colocado en el primer cuadro de referencia con el segundo bloque de píxeles.

15
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una actuación c2) de cálculo de un segundo conjunto de coeficientes de interpolación que permite la transformación de los píxeles del segundo bloque en píxeles del primer bloque, usando además la actuación d) dicho segundo conjunto de coeficientes de interpolación.
- 20
3. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones previas, en el que los bloques de píxeles son bloques cuadrados de $n \times n$ píxeles, siendo n un entero mayor que 1, correspondiendo el primer y segundo conjunto de coeficientes de interpolación a una primera y segunda matrices $n \times n$, y en el que en la actuación d), el cálculo tiene en cuenta dicha primera matriz y la transposición de dicha segunda matriz.
- 25
4. Un dispositivo de interpolación para calcular un cuadro predicho a partir de un primer y segundo cuadros de referencia de un flujo de imágenes, disponiéndose dicho dispositivo para seleccionar dicho primer y segundo cuadros a partir del flujo de imágenes, disponiéndose además dicho dispositivo para cada bloque de píxeles en el cuadro predicho para:
- 30
- a) definir un primer bloque de píxeles en el primer cuadro de referencia colocado con un tercer bloque de píxeles que es el bloque de píxeles en el cuadro predicho,
 - b) definir un segundo bloque de píxeles correspondiente, en el segundo cuadro de referencia, al primer bloque de píxeles a lo largo del vector de movimiento de dicho primer bloque a partir de dichos primer a segundo cuadros de referencia,
 - 35 c1) calcular un primer conjunto de coeficientes de interpolación que permiten la transformación de los píxeles del primer bloque en píxeles del segundo bloque,
 - d1) calcular los píxeles del tercer bloque usando el primer conjunto de coeficientes de interpolación y los píxeles de un cuarto bloque colocado en el primer cuadro de referencia con el segundo bloque de píxeles.

40
5. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 4, que se dispone además para:
- c2) calcular un segundo conjunto de coeficientes de interpolación que permite la transformación de los píxeles del segundo bloque en píxeles del primer bloque,
 - 45 d2) cálculo de los píxeles del cuadro predicho usando también el segundo conjunto de coeficientes de interpolación.
6. El dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones previas 4 y 5, en el que los bloques de píxeles son bloques cuadrados de $n \times n$ píxeles, siendo n un entero mayor que 1, correspondiendo el primer y segundo conjunto de coeficientes de interpolación a una primera y segunda matrices $n \times n$, disponiéndose además el dispositivo para calcular los píxeles del bloque del cuadro predicho teniendo en cuenta dicha primera matriz y la transposición de dicha segunda matriz.
- 50
7. Un programa informático que proporciona instrucciones ejecutables por ordenador almacenadas en un medio legible por ordenador, que cuando se carga en un procesador de datos hace que el procesador de datos realice un método para el cálculo de un cuadro predicho a partir de un primer y segundo cuadros de referencia de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 3.
- 55

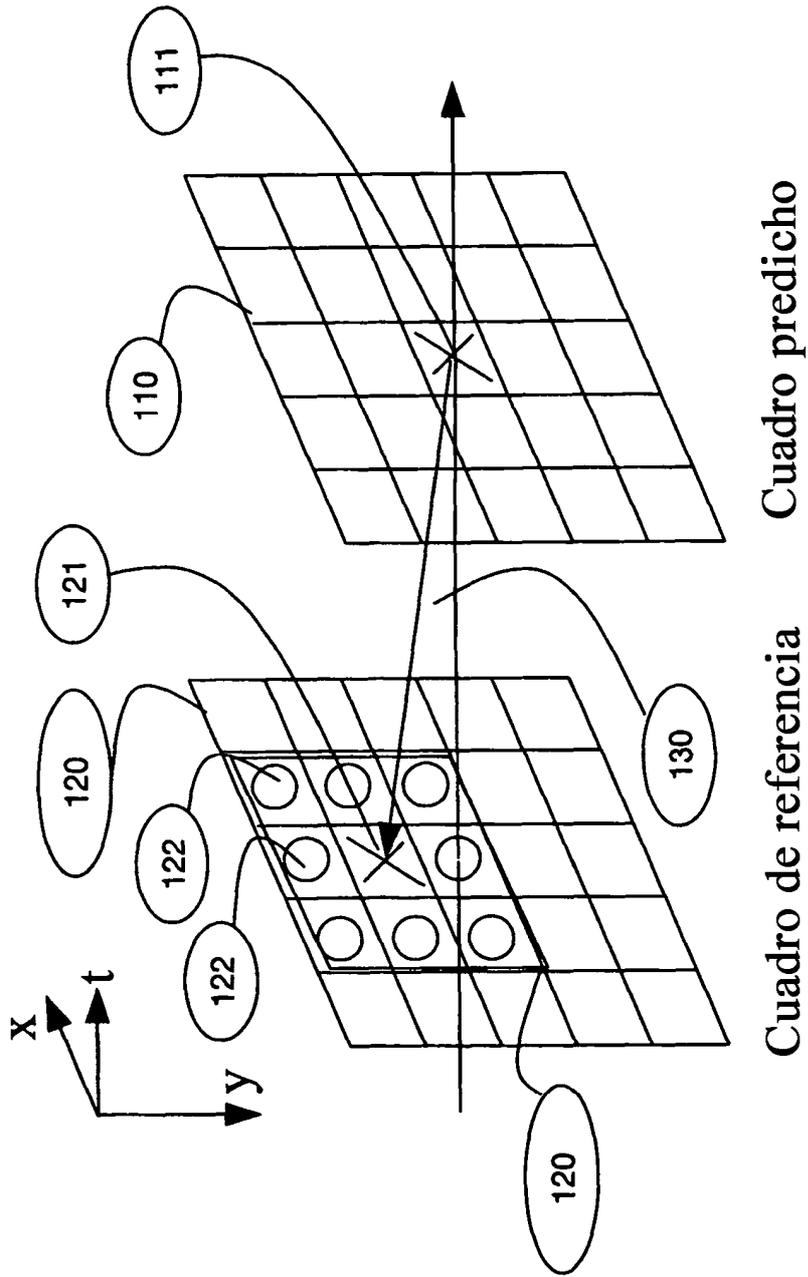


Figura 1

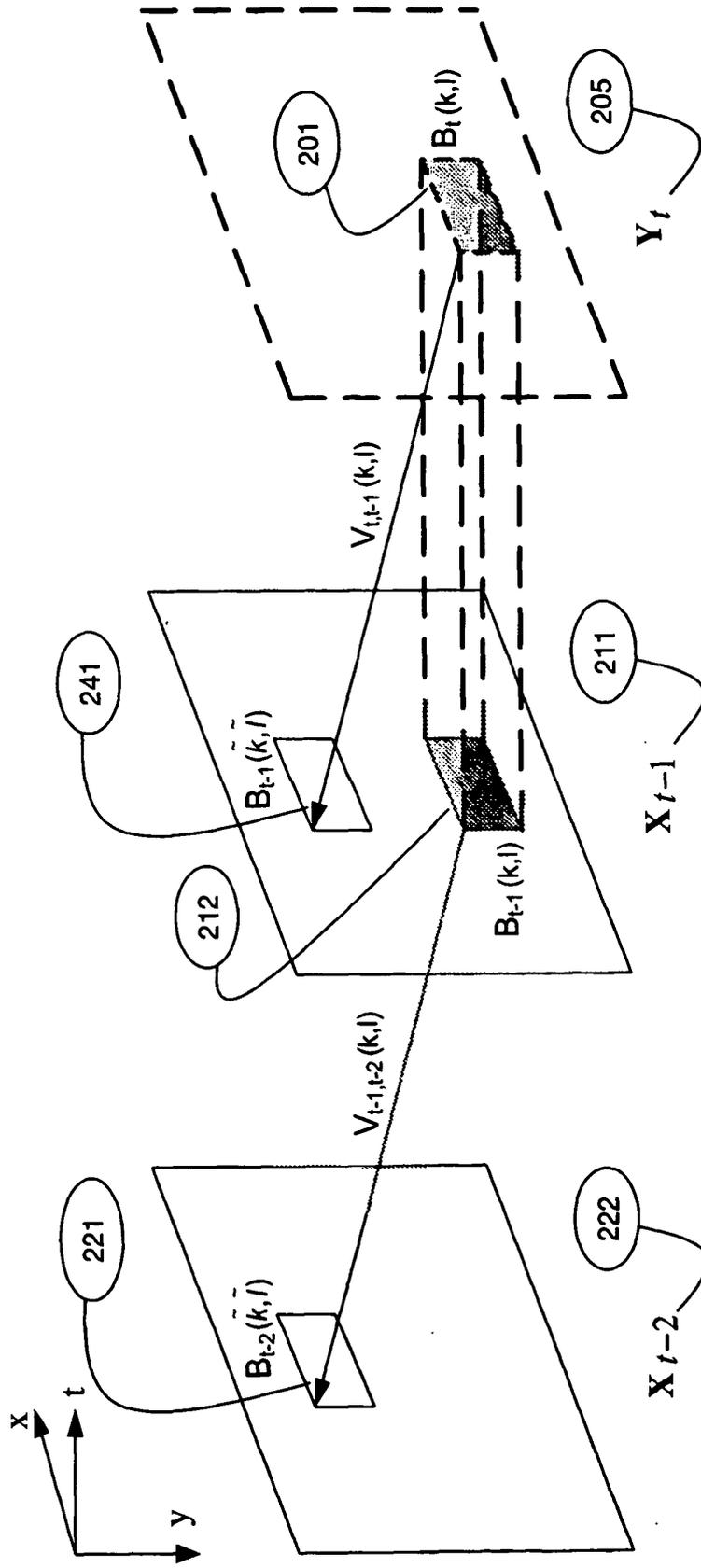


Figura 2

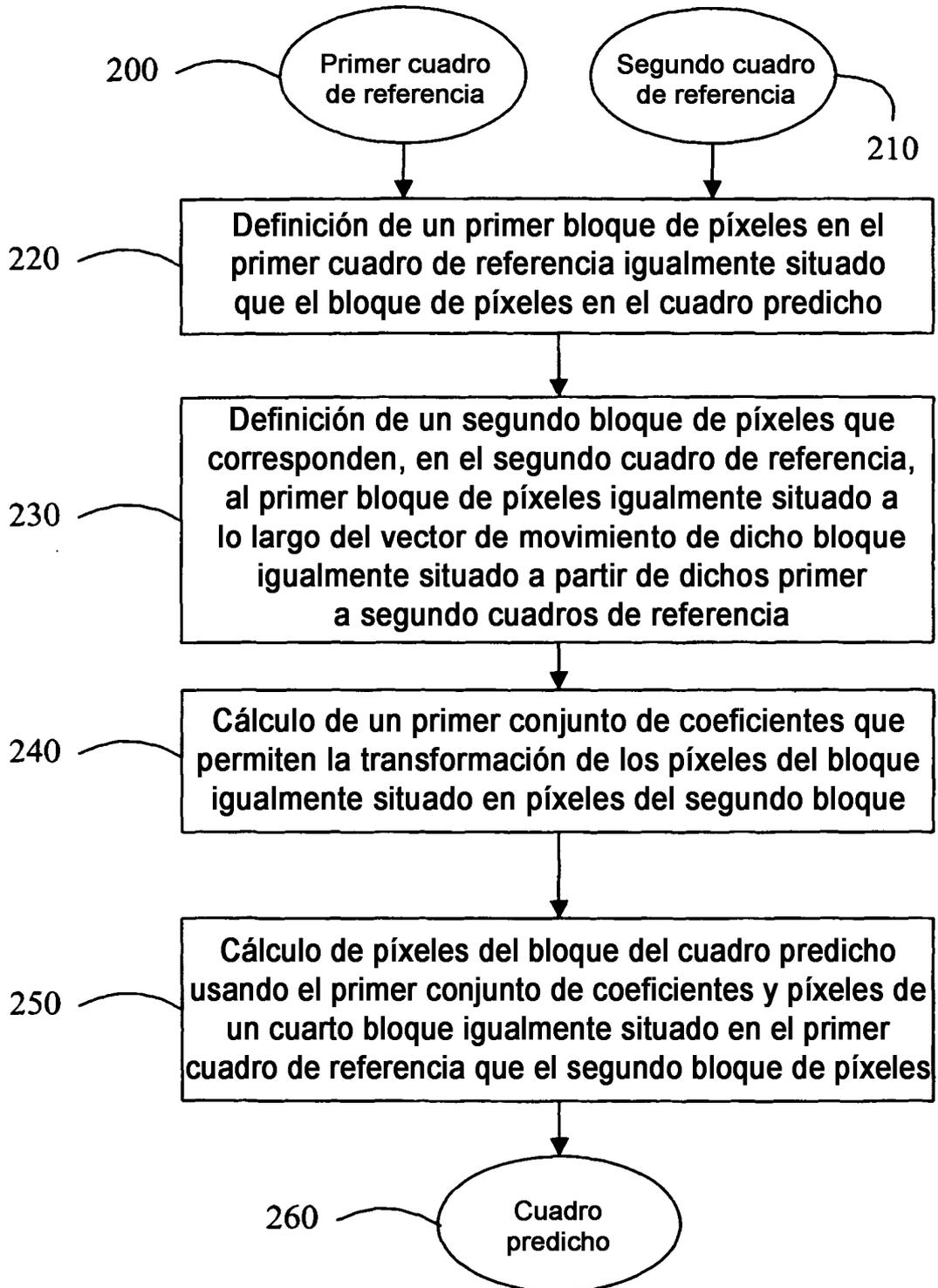


Figura 3A

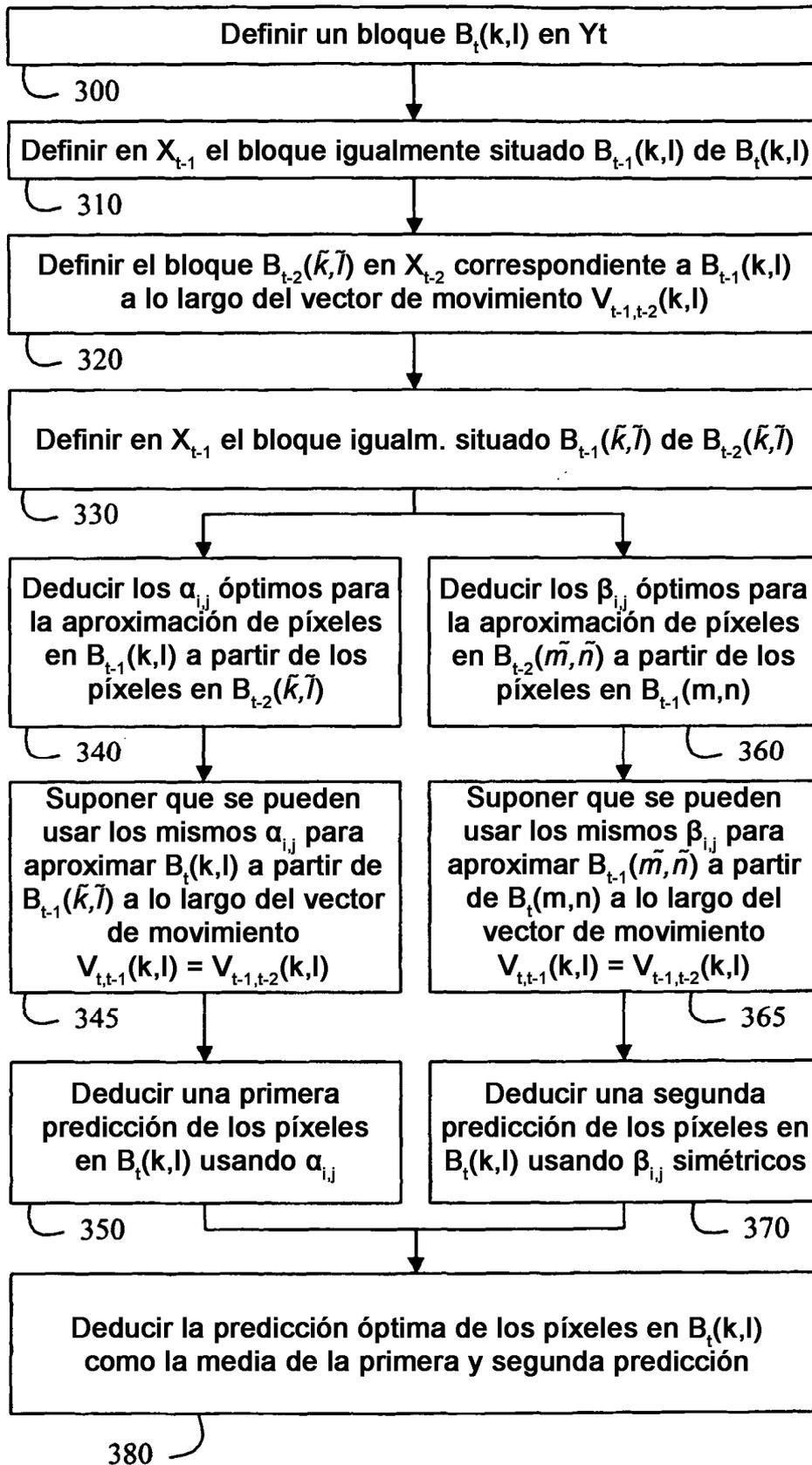


Figura 3B

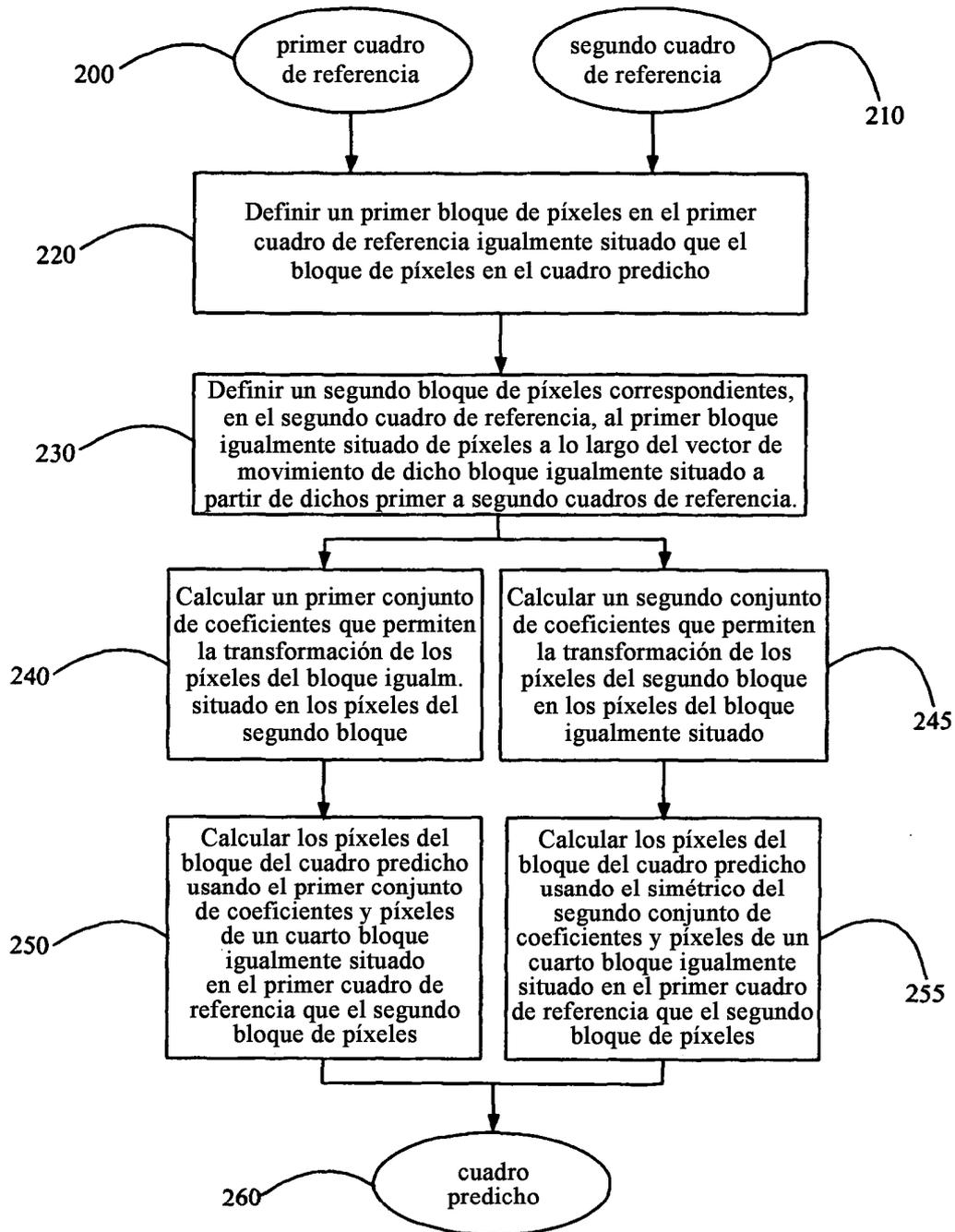


Figura 3C

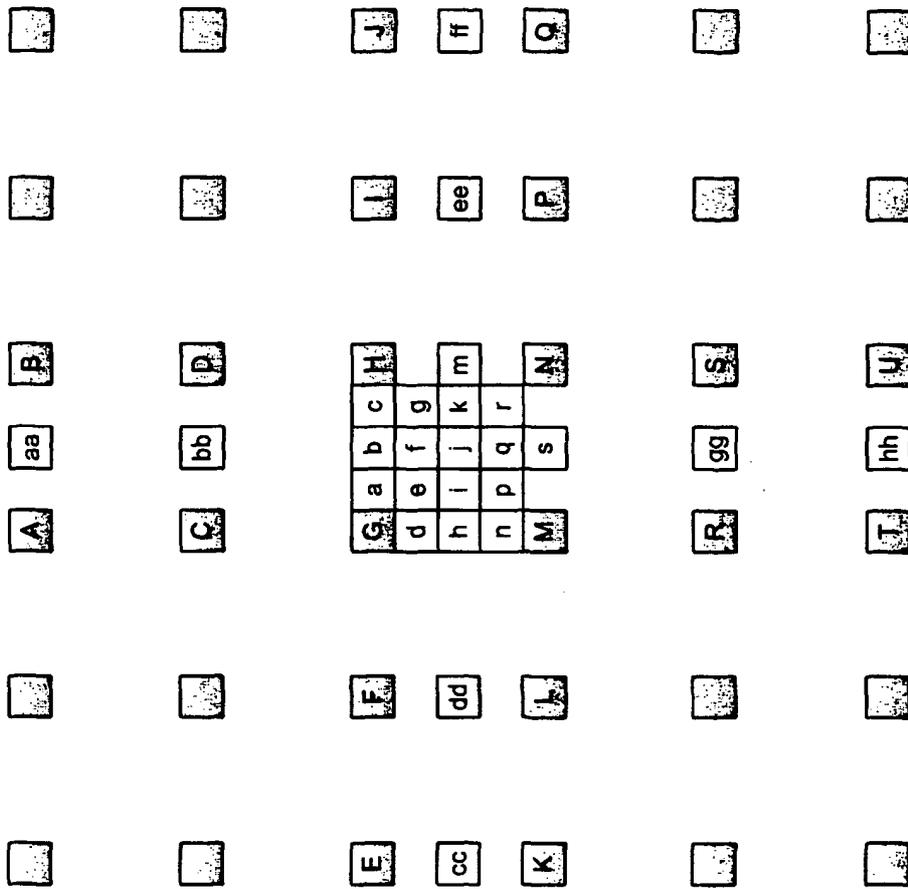


Figura 4A

c

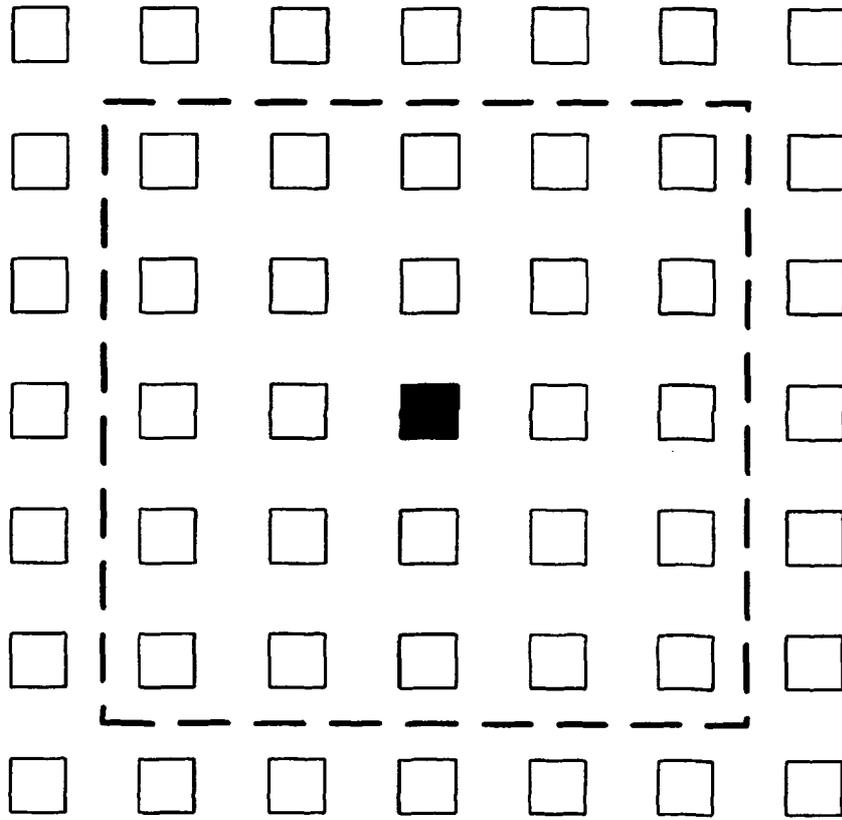


Figura 4B

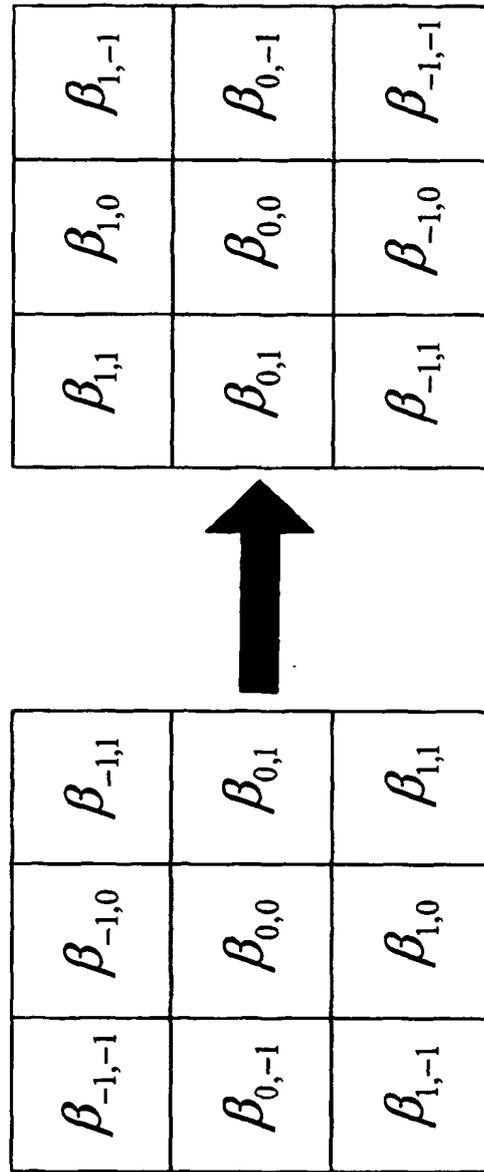


Figura 5

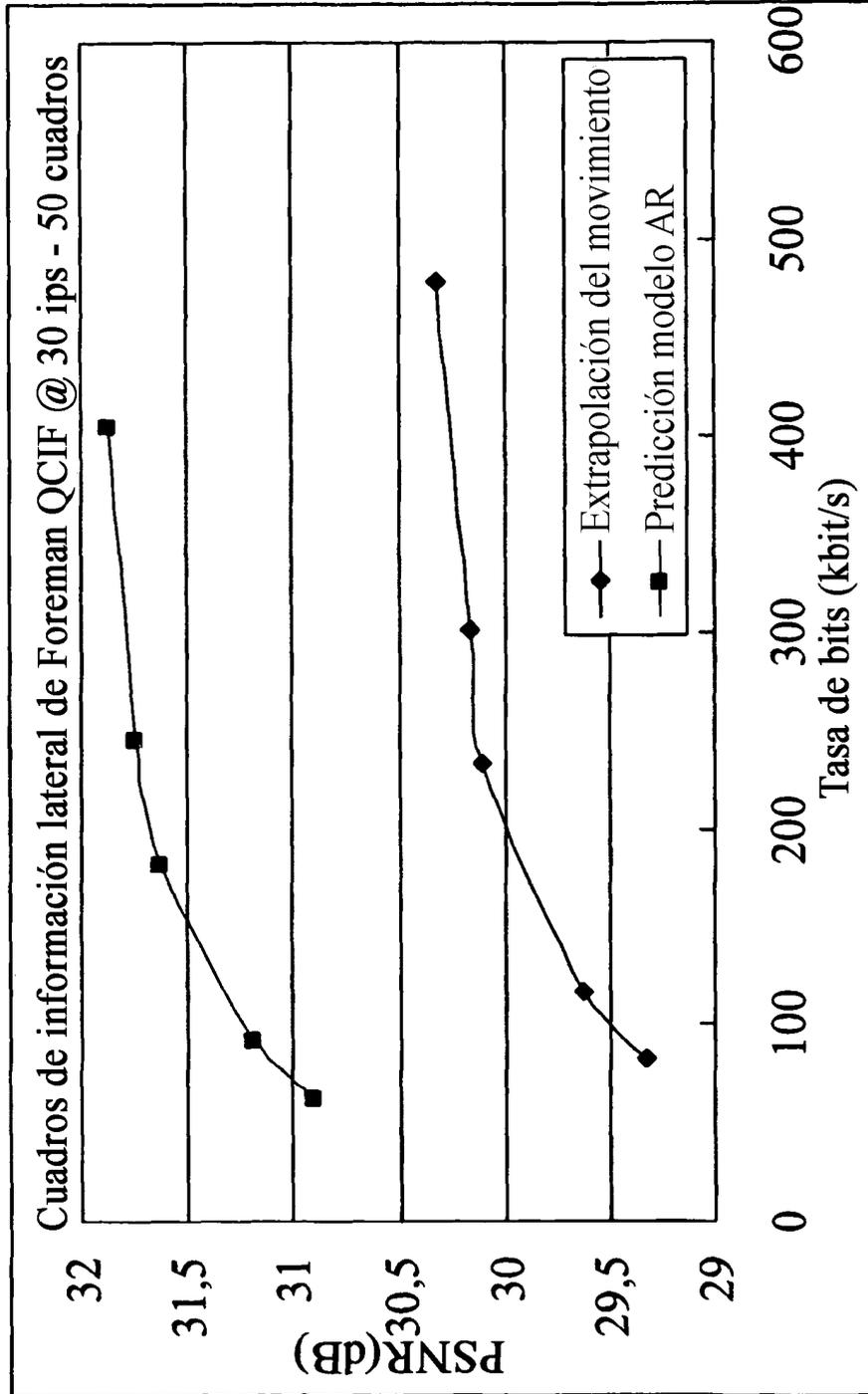


Figura 6

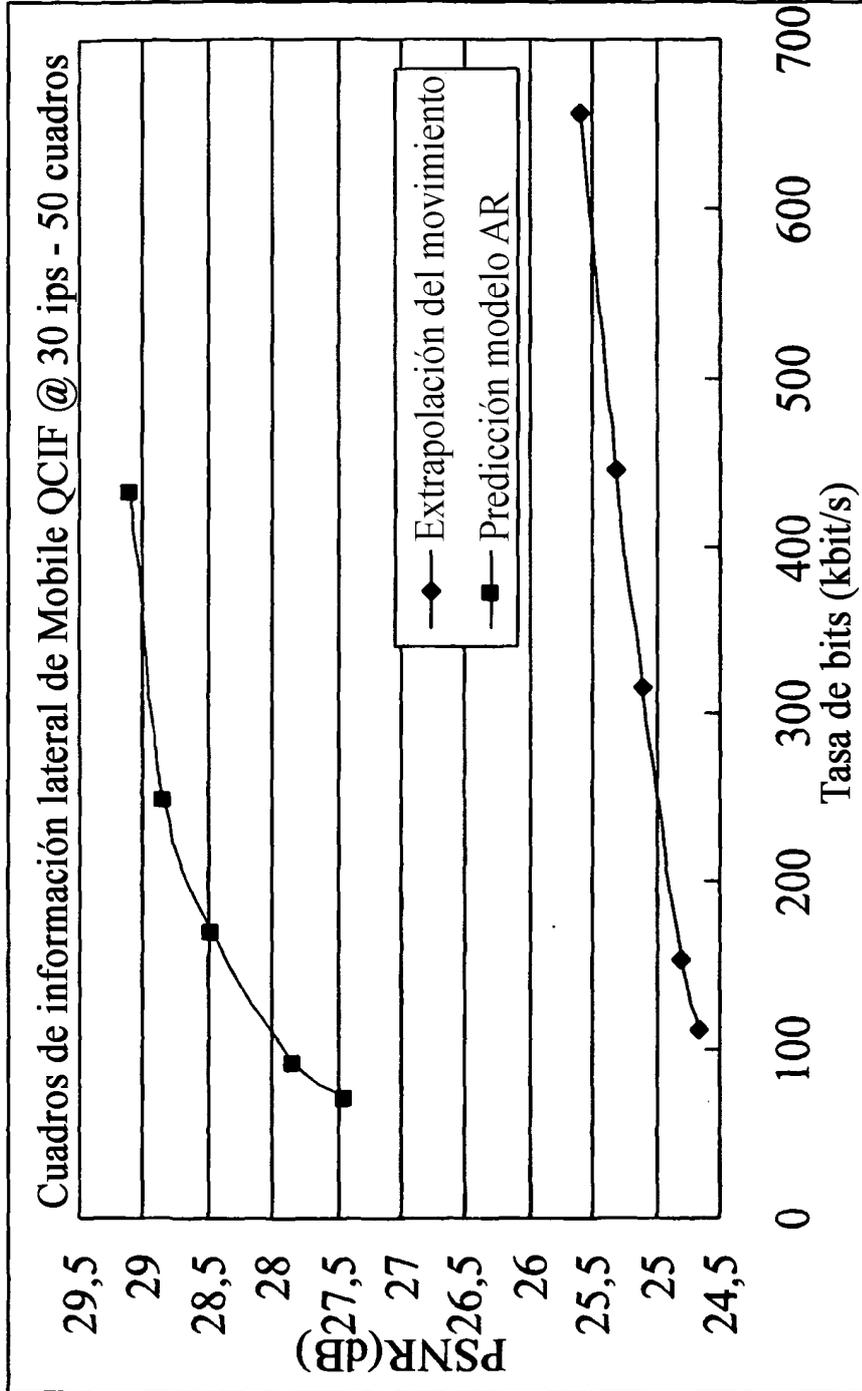


Figura 7

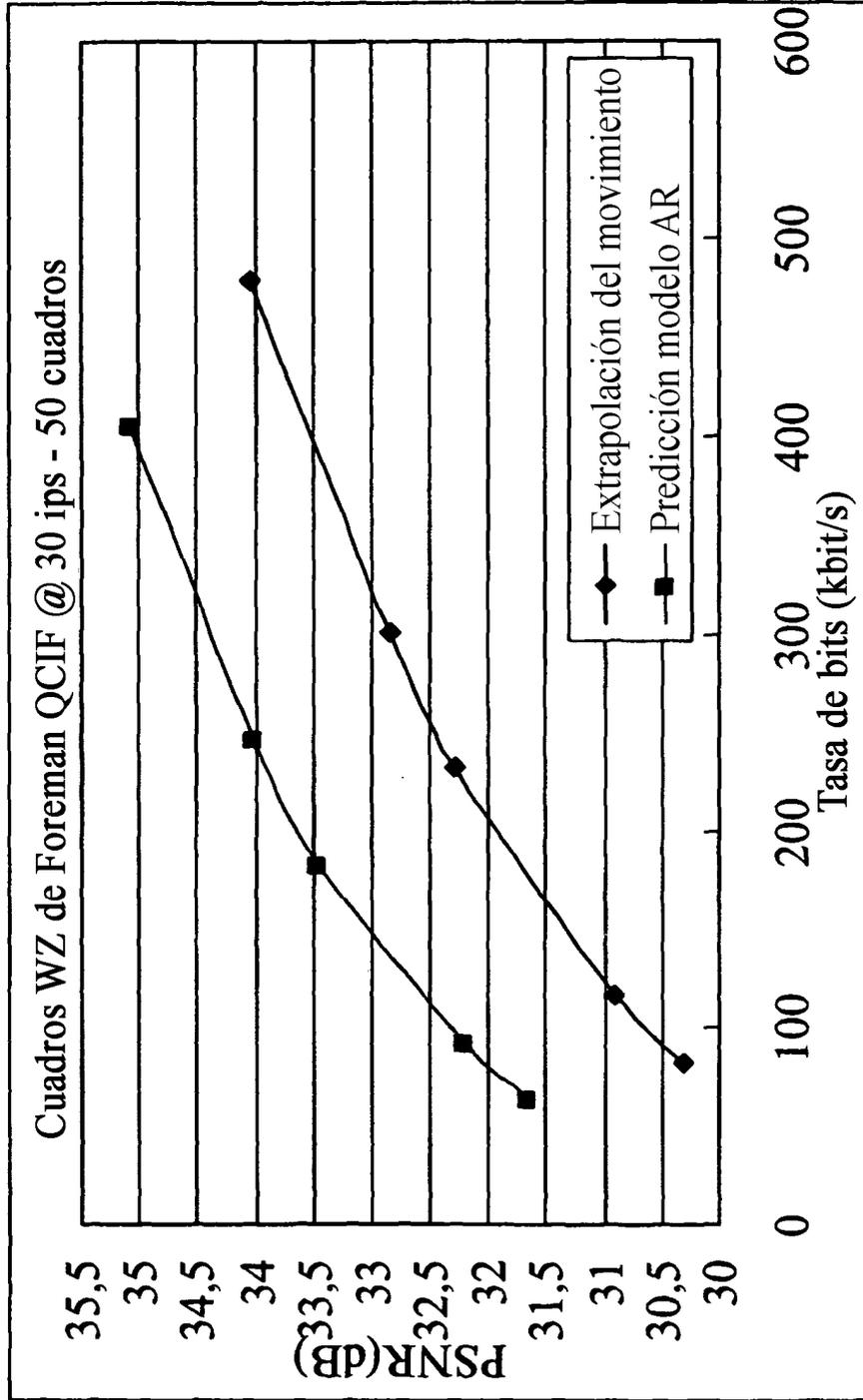


Figura 8

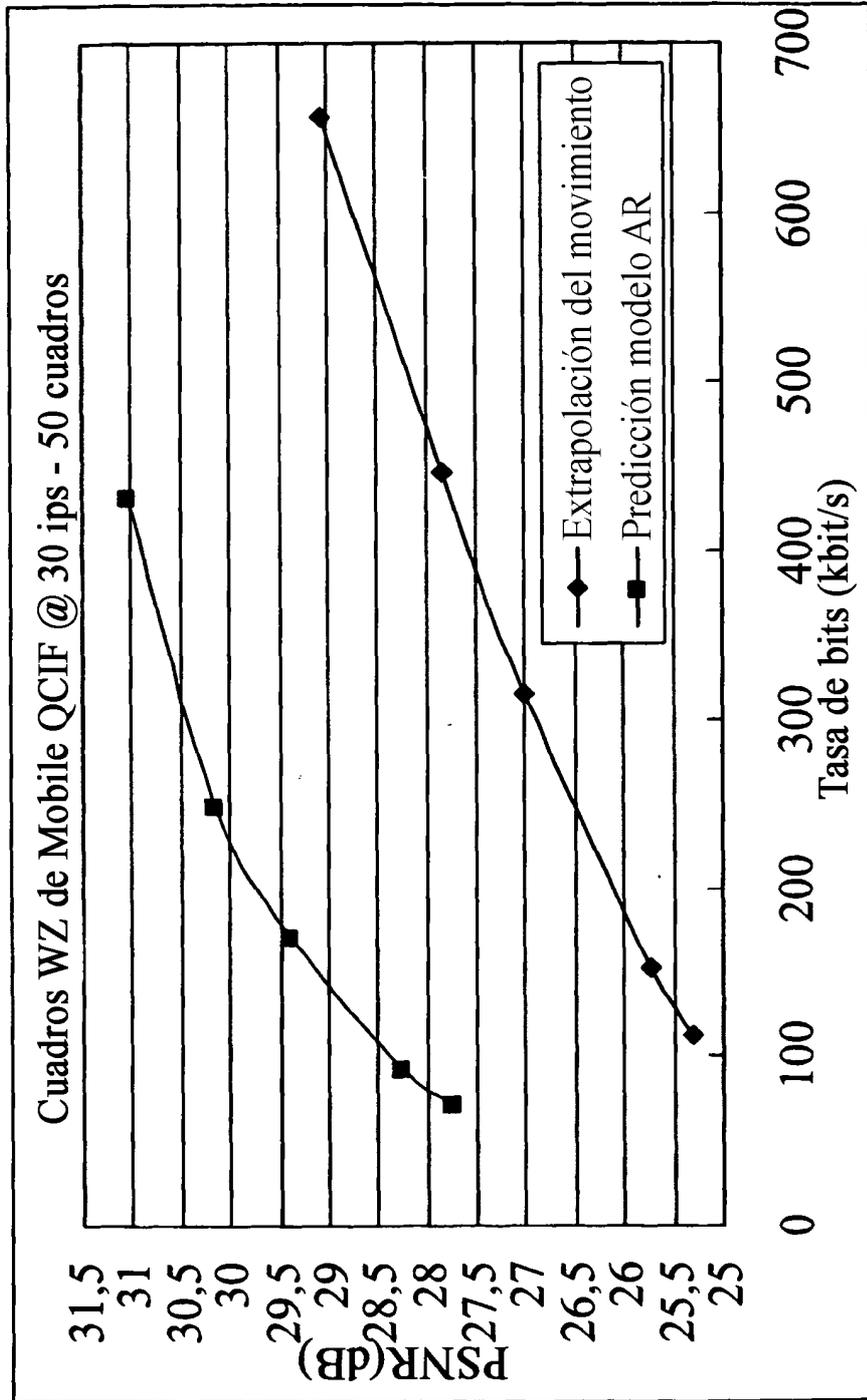


Figura 9

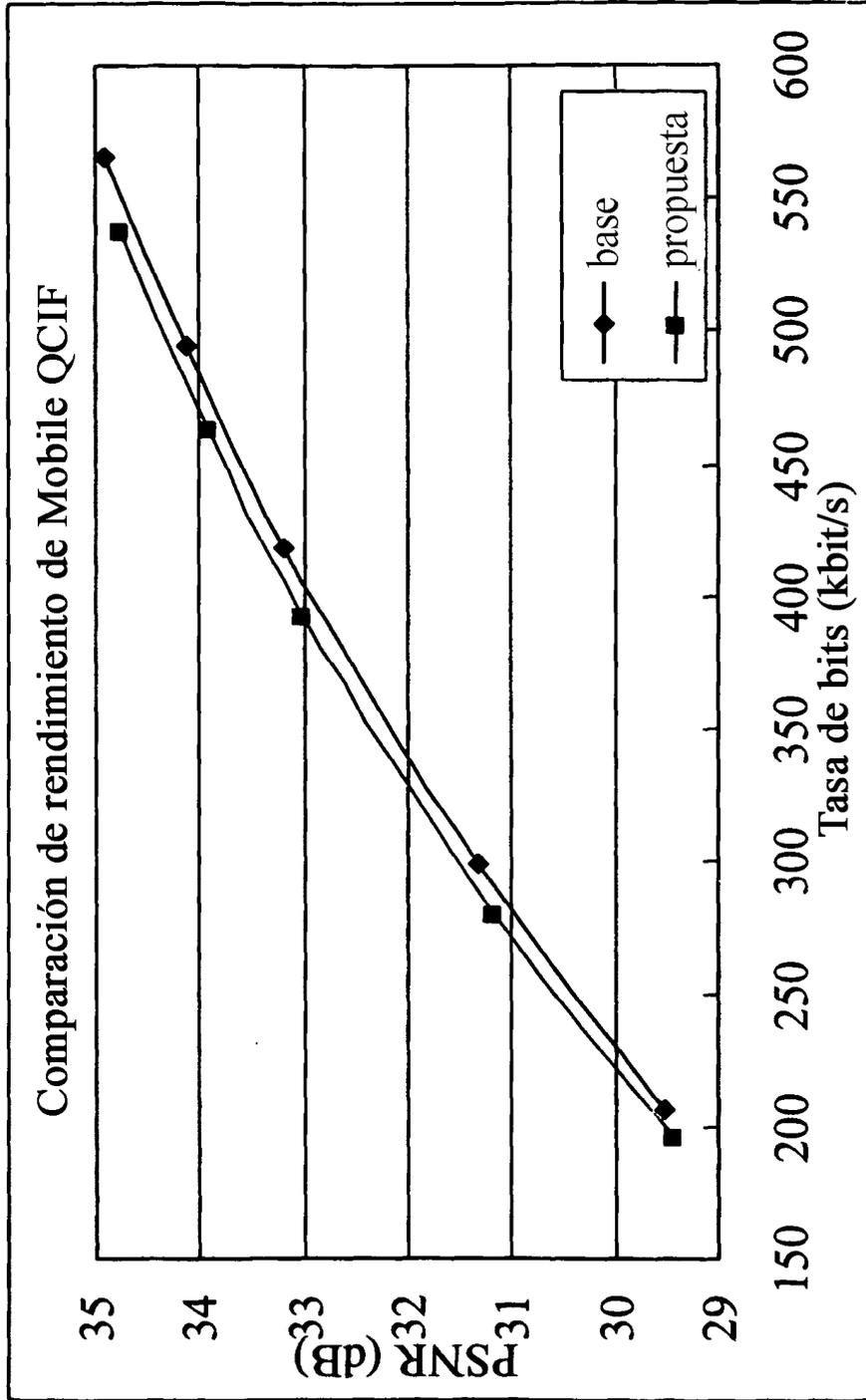


Figura 10

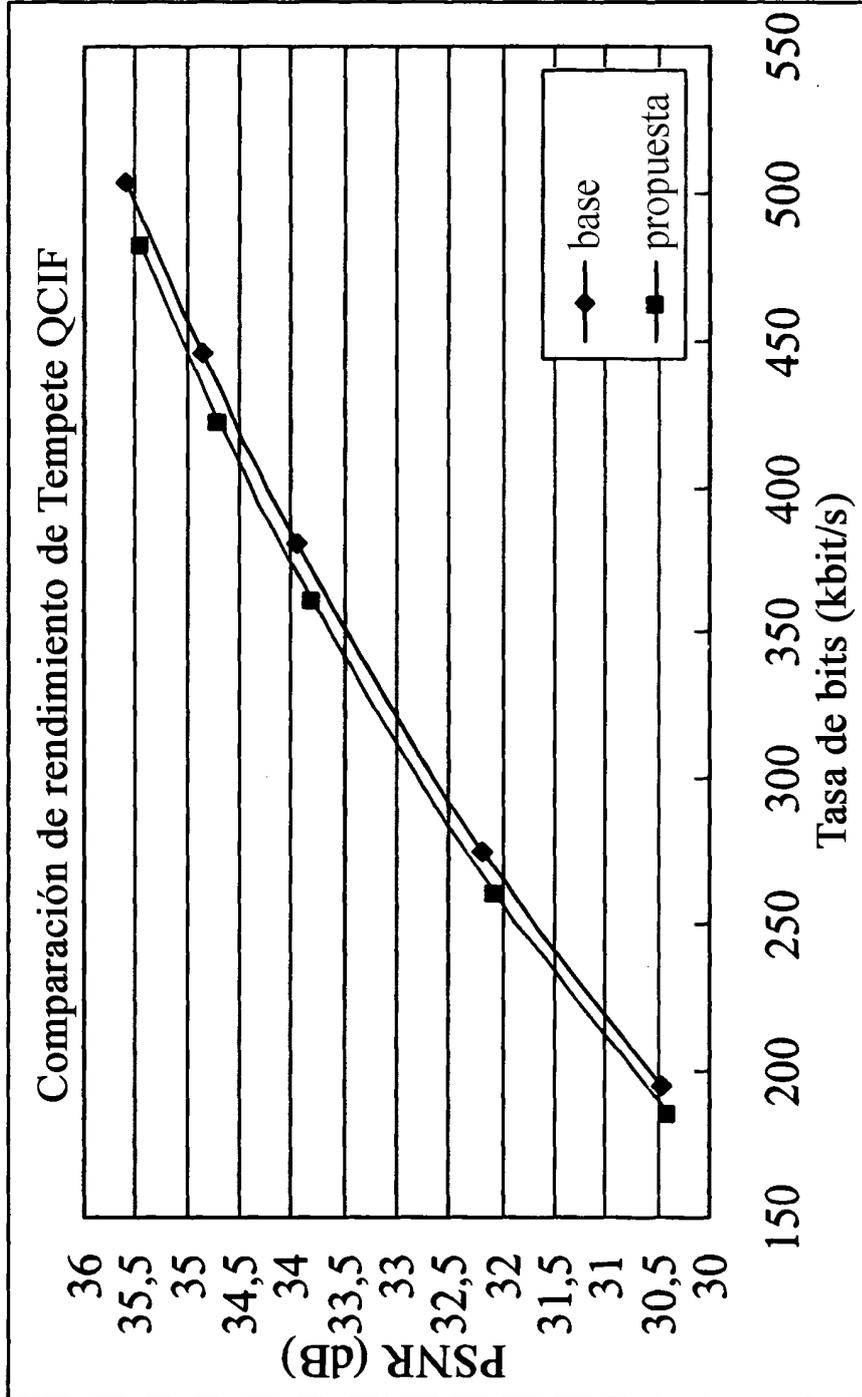


Figura 11