

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 624 186**

51 Int. Cl.:

**G06T 7/20** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.02.2014 PCT/EP2014/053671**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2014 WO14135404**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2014 E 14706605 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2017 EP 2965287**

54 Título: **Procedimiento de seguimiento de un blanco en una secuencia de imágenes teniendo en cuenta la dinámica del blanco**

30 Prioridad:

**05.03.2013 FR 1351914**

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

**13.07.2017**

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)  
25, Rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**MAGGIO, SIMONA;  
LUVISON, BERTRAND y  
PHAM, QUOC CUONG**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 624 186 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

Procedimiento de seguimiento de un blanco en una secuencia de imágenes teniendo en cuenta la dinámica del blanco

5 La invención se sitúa en el campo de la videovigilancia y, más particularmente, en el campo del seguimiento de un objeto en tiempo real. Se refiere a un procedimiento de seguimiento de un blanco en una secuencia de imágenes y se aplica en particular en ambientes públicos de gran concurrencia.

10 Con la evolución de los medios de tratamiento de las imágenes de video, las imágenes procedentes de la videovigilancia son analizadas cada vez más mediante un algoritmo de tratamiento de video. Un sistema de videovigilancia puede integrar principalmente un algoritmo que permita seguir unos objetos de interés, tal como unos individuos, en una secuencia de imágenes. Estos objetos de interés se denominan los blancos. Un algoritmo de seguimiento de objetos debe enfrentarse a diferentes limitaciones, y en particular a unas ocultaciones temporales de los blancos. Estas ocultaciones pueden deberse a unos elementos fijos de la escena —se habla en este caso de ocultación del entorno—, o a unos elementos móviles tales como unas personas —se habla entonces de ocultación de objeto—. Una ocultación puede ser parcial, si el blanco permanece visible en parte, o total, si el blanco está completamente invisible en la escena. Por ejemplo, en el caso de una ocultación parcial de una persona, pueden permanecer visibles la cabeza y el busto, mientras que las piernas están ocultas por otra persona más próxima a la cámara. Cuando la ocultación es grande, el algoritmo de seguimiento no puede observar en la escena el blanco que debe seguir. Esto da como resultado un error en la localización del blanco que se propaga generalmente cada vez más durante la duración de la ocultación. Este error puede convertirse en irreversible si el algoritmo de seguimiento puede difícilmente discriminar el blanco de los otros objetos que lo ocultan. El caso puede presentarse por ejemplo si el blanco tiene un aspecto similar al de los otros objetos.

25 En un contexto de seguimiento denominado “multi-blanco”, es decir cuando se siguen simultáneamente varios objetos de interés —incluso todos los objetos móviles de la escena—, es posible modelizar las interacciones entre los objetos en función de sus desplazamientos, y determinar por tanto las ocultaciones de presencia. Por ejemplo, la solicitud de patente GB 2 452 512 A (GB 07 17277) describe un procedimiento de gestión de las ocultaciones que comprende una etapa de re-identificación. Esta re-identificación no tiene lugar forzosamente inmediatamente que los objetos implicados en la ocultación estén separados de nuevo. En tanto que no se haya resuelto la ambigüedad debida a la ocultación, se etiquetan los recorridos de los objetos implicados en la ocultación con los identificadores de todos estos objetos. La ambigüedad perdura durante algunas imágenes, hasta que los diferentes blancos se identifiquen de nuevo. El recorrido de cada blanco puede recuperarse a posteriori remontándose en el tiempo. Otra solución que permite gestionar el seguimiento de objetos en presencia de ocultación se basa en una asociación global, es decir la optimización simultánea de varias trayectorias de blancos. Cada trayectoria está constituida por una secuencia de segmentos de pistas, denominada “tracklet”. Las técnicas de asociación global son muy eficaces, pero requieren un coste de cálculo elevado que las hacen inapropiadas para un seguimiento en tiempo real. El documento de Junliang XING, Haizhou AI, Shihong LAO: “Multi-Object Tracking through Occlusions by Local Tracklets Filtering and Global Tracklets Association with Detection Responses”, Computer Vision and Pattern Recognition, 2009, describe la utilización de un algoritmo de seguimiento mediante filtrado particularmente soportado por un procedimiento de asociación global sobre una ventana temporal reducida. Esta solución permite conservar una posibilidad de tratamiento en tiempo real y una optimización global de las trayectorias de los objetos. El filtro basado en las detecciones determina la posición óptima de los blancos, y por tanto su pista, y selecciona las observaciones más significativas para cada blanco. En paralelo, las observaciones detectadas por un clasificador de personas se asocian imagen por imagen según la afinidad en la posición, el tamaño y el aspecto, generando las secuencias de segmentos de pistas potenciales. Estas secuencias de segmentos de pistas potenciales se asocian a las pistas procedentes del filtro con el fin de optimizar las trayectorias finales. Esta etapa de asociación global se realiza sobre la base de similitudes de tamaño, de aspecto y de dinámica de las pistas. Cuando un blanco no puede ser observado, por ejemplo a causa de una ocultación, el filtro se detiene y la pista no puede continuarse más que por la asociación global con una secuencia de segmentos de pistas potencial basándose en unas detecciones. Uno de los límites de esta solución procede de la confianza absoluta dada al filtro. En tanto que el filtro responda positivamente a su modelo de observación, no se efectúa ningún control sobre su resultado, no siendo aprovechada la asociación global más que para rellenar los eventuales cortes de las trayectorias proporcionadas por el filtro.

55 La situación es más compleja para un seguimiento denominado “mono-blanco”, en el que se sigue un único objeto de interés, por ejemplo una persona, aunque otros varios objetos estén en movimiento en la escena. En este contexto, las observaciones de los vecinos del blanco, que no son seguidas, no son atribuidas a unos objetos. Así, cuando se oculta el blanco, estas observaciones pueden atribuirse sin razón al blanco. El mismo problema se presenta con un seguimiento multi-blanco, cuando no son seguidos ciertos objetos. Por tanto, un seguimiento multi-blanco robusto con respecto a unas ocultaciones y basado en las técnicas de asociación global difícilmente puede realizarse en tiempo real en un lugar público muy frecuentado, como una estación o un aeropuerto. Ahora bien un seguimiento en tiempo real reviste una importancia particular cuando debe comunicarse a unos agentes de seguridad la posición de un individuo sospechoso. Un individuo puede convertirse en sospechoso principalmente cuando accede a una zona prohibida, cuando abandona un equipaje o cuando agrede a una persona.

Se conoce por otro lado el documento “Enhanced tracking and recognition of moving objects by reasoning about spatio-temporal continuity”, BENNETT et ál, 7 de noviembre de 2007, que se refiere igualmente al campo de seguimiento de objetos en tiempo real.

5 Un objeto de la invención es principalmente remediar en todo o en parte los inconvenientes antes mencionados proponiendo un procedimiento de seguimiento de un blanco único o de un número limitado de blancos en una  
 10 secuencia de imágenes, que sea fiable mientras se permite un tratamiento en tiempo real. Con este fin, la invención se basa en una combinación de una técnica de asociación global con un algoritmo de seguimiento visual del blanco basado en unas firmas visuales. De ese modo, el algoritmo de seguimiento visual puede compensar las debilidades del detector, principalmente durante la ausencia de detecciones, y la técnica de asociación global permite guiar al  
 15 algoritmo de seguimiento proporcionándole unas informaciones sobre la vecindad. Más precisamente, la invención tiene por objeto un procedimiento de seguimiento de un blanco en una secuencia de imágenes que representan una escena, comprendiendo el procedimiento, para cada imagen en curso:

- una etapa de detección de objetos en la escena, estando caracterizado cada objeto detectado por una posición y una dimensión en la imagen en curso,
- 15 ▪ una etapa de asociación temporal, en la que se intenta asociar cada objeto detectado en la imagen en curso a un objeto detectado en la imagen anterior de la secuencia en función de sus posiciones respectivas en las imágenes, formando cada conjunto de objetos detectados en una serie continua de imágenes una secuencia de segmentos de pistas, siendo asignada una de las secuencias de segmentos de pistas a un primer blanco,
- 20 ▪ una etapa de determinación de un segundo blanco en una imagen en curso, siendo asignado al segundo blanco el objeto detectado que tenga la mejor correspondencia con una zona de búsqueda determinada para una imagen anterior de la secuencia,
- una etapa de comparación entre la identidad del objeto detectado asignado al primer blanco y la identidad del objeto detectado asignado al segundo blanco,
- 25 ▪ en el caso de identidades diferentes, una etapa de determinación del objeto detectado que tenga la mejor correspondencia con una dinámica de un blanco final,
- en el caso de que el primer blanco tenga la mejor correspondencia con la dinámica del blanco final, una etapa de actualización de la zona de búsqueda para la imagen en curso a partir de la posición del primer blanco,
- en el caso de que el segundo blanco tenga la mejor correspondencia con la dinámica del blanco final, una etapa de actualización de la zona de búsqueda para la imagen en curso a partir de la posición del segundo blanco, y
- 30 ▪ una etapa de búsqueda del blanco final en la zona de búsqueda para la imagen en curso por comparación de zonas de la imagen en curso con un modelo de referencia representativo del blanco final.

Según una variante particular de realización, el procedimiento según la invención incluye además, en el caso de que el objeto detectado asignado al primer blanco sea el mismo que el asignado al segundo blanco, una etapa de  
 35 actualización de la zona de búsqueda para la imagen en curso a partir de la posición del primer y del segundo blanco.

Según una variante particular de realización, el procedimiento según la invención incluye además, a continuación de la etapa de asociación temporal, una etapa de prolongación de la secuencia de segmentos de pistas del primer blanco cuando dicha secuencia de segmentos de pistas no se ha completado por un objeto detectado en la imagen en curso, siendo completada la secuencia de segmentos de pistas del primer blanco mediante una observación  
 40 virtual en función de una dinámica de un blanco final.

Según una variante particular de realización, el procedimiento según la invención incluye además, en el caso de que no se haya asignado ningún objeto detectado al segundo blanco:

- una etapa en la que se determina si el objeto detectado en la imagen en curso asociado al primer blanco es compatible con la dinámica del blanco final, y
- 45 ▪ en caso de compatibilidad, una etapa de actualización de la zona de búsqueda para la imagen en curso a partir de la posición del primer blanco.

Según una variante particular de realización, el procedimiento según la invención incluye además, en el caso de que no se haya asignado ningún objeto detectado al primer blanco:

- una etapa en la que se determina si el objeto asignado al segundo blanco no pertenece a una secuencia de segmentos de pistas distinta que la del blanco, y
- 50 ▪ en el caso de que este objeto detectado no pertenezca a otra secuencia de segmentos de pistas distinta de la del blanco, una etapa de actualización de la zona de búsqueda para la imagen en curso a partir de la posición del segundo blanco.

Según una variante particular del procedimiento según la invención, la etapa de actualización de la zona de búsqueda a partir de la posición del segundo blanco comprende, además, una corrección de la secuencia de segmentos de pistas del primer blanco, siendo sustituido el objeto detectado asignado al primer blanco por el objeto detectado asignado al segundo blanco.

La invención presenta particularmente la ventaja de poder confirmar o corregir la posición del blanco en función de

su dinámica.

La invención se comprenderá mejor y surgirán otras ventajas con la lectura de la descripción realizada a continuación, hecha con relación a los dibujos adjuntos en los que:

- 5 - la figura 1 representa un ejemplo de dispositivo que permite implementar el procedimiento de seguimiento según la invención;
- la figura 2 representa un ejemplo de etapas del procedimiento de seguimiento según la invención;
- la figura 3 representa un ejemplo de subetapas de una etapa de análisis espacio-temporal;
- la figura 4 ilustra las diferentes situaciones de detección que pueden producirse, y un ejemplo de tratamiento a efectuar en cada una de estas situaciones.

10 La invención se refiere a un procedimiento de seguimiento del blanco en una secuencia de imágenes de video digitales que representan una escena supervisada, por ejemplo un hall de una estación o de un aeropuerto. La secuencia de imágenes de video se denomina igualmente flujo de video. En lo que sigue de la descripción, se considera un seguimiento mono-blanco, es decir, el seguimiento de un único blanco a la vez. El procedimiento de seguimiento podría adaptarse sin embargo a un seguimiento multi-blanco de número limitado de blancos, es decir un  
15 seguimiento de un número de blancos inferior a un número de objetos presentes en la escena. Igualmente, la invención se describe considerando un flujo de video que procede de una única fuente. Sin embargo, la invención podría adaptarse también para aprovechar unos flujos de video procedentes de varias fuentes. Una fuente comprende generalmente una cámara de video. La cámara de video puede ser fija o motorizada. Una cámara motorizada se denomina igualmente cámara "Pan-Tilt-Zoom" (PTZ) según la denominación anglosajona. Este tipo de  
20 cámaras permite enfocar las imágenes de video sobre una zona particular de la escena supervisada.

La figura 1 representa, mediante un esquema sinóptico, un ejemplo de dispositivo que permite implementar el procedimiento de seguimiento según la invención. El dispositivo 10 comprende un módulo 11 de seguimiento visual, un módulo 12 de detección de objetos, un módulo 13 de asociación temporal y un módulo 14 de análisis espacio-temporal de las relaciones entre un blanco y su vecindad. Además, el dispositivo 10 puede incluir un módulo 15 de  
25 estimación de la dinámica de un blanco seguido. El módulo 11 de seguimiento visual y el módulo 12 de detección de objetos reciben cada uno un mismo flujo de video. El módulo 12 de detección de objetos se dirige a detectar un conjunto de objetos de interés entre los que se puede encontrar el blanco. El módulo 13 de asociación temporal aprovecha los datos del módulo 12 de detección de objetos con el fin de establecer los enlaces entre los diferentes objetos de interés detectados en la secuencia de imágenes. Más precisamente, el módulo 13 se dirige a asociar  
30 cada objeto de interés detectado en una imagen a otro objeto de interés detectado en las imágenes anteriores de la secuencia. En la medida en la que uno de los objetos de interés debe constituir el blanco, el módulo 13 de asociación temporal permite estimar la posición del blanco. Se dice que el módulo 13 de asociación temporal da un primer aviso sobre la detección del blanco. En lo que sigue de la descripción, se denomina "blanco de la asociación temporal" o "primer blanco" al blanco estimado por el módulo 13 de asociación temporal, es decir el objeto de interés  
35 detectado en la imagen en curso que se asocia al blanco. Por otro lado, el módulo 11 de seguimiento visual determina, entre los objetos de interés detectados por el módulo 12 de detección de objetos, aquel que tiene la mejor correspondencia con una zona de búsqueda. Este objeto de interés se denomina "blanco de seguimiento visual", o "segundo blanco". Se dice que el módulo 11 de seguimiento visual da un segundo aviso sobre la detección del blanco. El módulo 14 de análisis espacio-temporal analiza a continuación si el primer y el segundo blancos son  
40 idénticos. En caso de desacuerdo entre el módulo 13 de asociación temporal y el módulo 11 de seguimiento visual, el módulo 14 efectúa un arbitraje en función de un modelo dinámico del blanco proporcionado por el módulo 15 de estimación de la dinámica. La posición del blanco (primero o segundo) que tiene la mejor correspondencia con la dinámica del blanco se utiliza para actualizar la zona de búsqueda. Esta zona de búsqueda definida para una imagen en curso se utiliza de dos maneras para la imagen siguiente de la secuencia. Como se ha indicado  
45 anteriormente, la zona de búsqueda se utiliza inicialmente para determinar el segundo blanco entre los objetos de interés detectados por el módulo 12 de detección de objetos. Además, la zona de búsqueda se utiliza por parte de un módulo 11 de seguimiento visual como zona en la que debe buscarse el blanco. El blanco así detectado se considera como resultado del procedimiento de seguimiento para la imagen en curso. Se denomina "blanco final". Se ha de tomar nota de que la detección del blanco final es independiente de las detecciones obtenidas por el módulo  
50 12 de detección de objetos. Dicho de otra manera, el blanco final no corresponde necesariamente a uno de los objetos de interés detectados.

Los diferentes módulos del dispositivo de videovigilancia 10 según la invención pueden implementarse en forma de software y/o en forma de hardware. Los diferentes módulos pueden implementarse particularmente mediante un  
55 procesador y una memoria. El procesador puede ser un procesador genérico, un procesador específico, un circuito integrado de aplicación específica (conocido también bajo el nombre inglés de ASIC por "Application-Specific Integrated Circuit") o una matriz de puertas programables en campo (conocido también bajo el nombre inglés de FPGA por "Field-Programmable Gate Array").

Lo que sigue de la descripción describe más en detalle el funcionamiento del procedimiento de seguimiento según la invención. La figura 2 representa un ejemplo de etapas del procedimiento de seguimiento de un blanco según la  
60 invención. El procedimiento comprende sucesivamente, para cada imagen de la secuencia, una etapa 21 de detección de objetos en la escena, una etapa 22 de asociación temporal, una etapa 23 de análisis espacio-temporal

de las relaciones entre el blanco y su vecindad, y una etapa 24 de búsqueda del blanco. El procedimiento puede incluir también una etapa 25 de actualización del modelo dinámico del blanco.

La etapa 21 de detección de objetos consistente en detectar en la imagen en curso de la secuencia, un conjunto de objetos de interés. Por objeto de interés, se entiende un objeto que tenga al menos una característica visual en común con el blanco buscado. El conjunto de los objetos que tengan esta característica forman una clase de objetos. Por ejemplo, los objetos de interés pueden tener una silueta o un color similar al del blanco. De ese modo, el blanco debe detectarse normalmente entre los objetos de interés. La detección no permite, por sí misma, distinguir el blanco de los otros objetos de interés. La identificación del blanco entre los objetos de interés se efectúa normalmente una única vez para el conjunto de la secuencia de imágenes. Se realiza por ejemplo mediante una designación manual por un operador o por medio del módulo 11 de seguimiento visual. En este último caso, el objeto detectado que se encuentra lo más cerca del blanco estimado por el módulo 11 de seguimiento visual se identifica como que es el blanco. Este blanco se denomina "primer blanco". La etapa 21 de detección puede por supuesto no ser completamente fiable. Puede producir falsos positivos, es decir detectar unos objetos que no pertenecen a la clase buscada, así como falsos negativos, es decir fallar en la detección de objetos presentes en la escena que pertenecen a la clase buscada. Los falsos negativos son muy frecuentes durante los periodos de ocultaciones, incluso si la cobertura del blanco no es más que parcial. La etapa 21 se realiza mediante el módulo 12 de detección de objetos. Los objetos detectados se asocian normalmente a una posición y a una dimensión en la imagen. Un objeto detectado puede modelizarse mediante un marco que rodea a este objeto. La posición y la dimensión (anchura y altura) de este marco en la imagen caracterizan entonces el objeto detectado. La detección de objetos puede realizarse de diferentes maneras, por ejemplo por medio de un tratamiento de sustracción del fondo o mediante un tratamiento de clasificación. Es posible igualmente combinar varios tipos de detección. Por otro lado, la etapa 21 de detección puede guiarse en función de la detección del blanco en la imagen anterior de la secuencia. En este caso, la detección de los objetos de interés puede limitarse a la vecindad del blanco. Por vecindad del blanco en una imagen, se entiende el conjunto de las posiciones en esta imagen para las que un objeto, de interés o no, colocado en esta posición, es susceptible de provocar una ocultación al menos parcial del blanco. Es posible determinar la vecindad de un blanco teniendo en cuenta, por ejemplo, unas informaciones tridimensionales de la escena.

La etapa 22 de asociación temporal consiste en probar la asociación de cada objeto detectado en la imagen en curso con un objeto detectado en la imagen anterior. Por razones de simplificación, los objetos detectados en la imagen en curso se denominan también "detecciones en curso", y los objetos detectados en la imagen anterior, "detecciones anteriores". El intento de asociación se efectúa en función de criterios denominados de asociación. Por supuesto, uno de los criterios de asociación puede versar sobre las posiciones respectivas de las detecciones en curso y de las posiciones anteriores. Otros criterios de asociación pueden versar sobre las dimensiones respectivas de las detecciones, o sobre la tasa de solapamiento entre una detección anterior y una detección en curso. Según una forma particular de realización, cada detección se representa por un par "posición-dimensiones", y los criterios de asociación son la distancia y la tasa de solapamiento entre cada detección anterior y cada detección en curso. La asociación entre una detección anterior y una detección en curso puede fracasar si, por ejemplo, la distancia mínima entre dos detecciones es superior a una distancia de umbral, y/o si la tasa de solapamiento es inferior a un nivel de umbral. La etapa 22 de asociación temporal puede basarse principalmente en un algoritmo húngaro, también denominado "el algoritmo de Kuhn-Munkres", en el que el coste  $c$  atribuido a cada asociación combina la distancia  $d$  y la tasa de solapamiento  $tc$ , según la expresión siguiente:

$$c = (1 - \sqrt{tc})(1 - \exp(-\lambda \cdot d^2))$$

Se habla de "tentativa de asociación" para la etapa 22 en la medida en que la asociación de una detección en curso y de una detección anterior puede fracasar si el o los criterios de asociación elegidos no se satisfacen para ninguno de los emparejamientos posibles. En efecto, el número de detecciones debe variar de una imagen a otra, a causa de errores en la etapa 21 de detección (falsos positivos y falsos negativos) o simplemente debido a un cambio del número de objetos de interés presentes en las imágenes o en las zonas tratadas de las imágenes. En consecuencia, puede haber allí tantas detecciones en curso sin asociación como interrupciones de asociación. En todo caso, el resultado de la asociación debe hacer corresponder como mucho una detección anterior con cada detección en curso, y como mucho una detección en curso con cada detección anterior. Se denomina "pista de detección" o "secuencia de segmentos de pistas" a cada conjunto de detecciones asociadas sin interrupción en la serie de imágenes. El conjunto que comprende el objeto de interés identificado como que es el primer blanco se denomina "secuencia de segmentos de pistas del blanco". Se crea una nueva secuencia de segmentos de pistas para cada detección en curso que no se haya asociado a una detección anterior, y por tanto a una secuencia de segmentos de pistas existente. La detección en curso forma entonces una cabeza de secuencia de segmentos de pistas. A la inversa, cuando no se ha asociado ninguna detección en curso a una secuencia de segmentos de pistas existente, la secuencia de segmentos de pistas o bien se interrumpe, o bien se completa por una observación denominada virtual del objeto de interés correspondiente. La finalización de una secuencia de segmentos de pistas se explica más adelante.

La etapa 23 de análisis espacio-temporal de las relaciones entre el blanco y su vecindad comprenden un análisis y una gestión de las posibles situaciones de desacuerdo entre el aviso emitido por el módulo 13 de asociación

temporal, es decir el primer blanco, y el aviso emitido por el módulo 11 de seguimiento visual, es decir el segundo blanco. La figura 3 representa un ejemplo de subetapas de la etapa 23 de análisis espacio-temporal. La etapa 23 comprende una primera subetapa 231 de prolongación de la secuencia de segmentos de pistas, y una subetapa 232 de evaluación y de resolución de un posible desacuerdo entre el módulo 13 de asociación temporal y el módulo 11 de seguimiento visual. Puede incluir además una subetapa 233 de predicción de ocultaciones del blanco por otros objetos de interés.

Como se ha indicado anteriormente, durante la etapa 22 de asociación temporal, es posible que no pueda asociarse ninguna detección en curso a una detección anterior. La secuencia de segmentos de pistas que comprende la detección anterior no se prolonga entonces para la imagen en curso. La etapa 231 de prolongación de la secuencia de segmentos de pistas consiste en completar las secuencias de segmentos de pistas a las que no se ha asociado ninguna detección en curso mediante unas observaciones virtuales. La prolongación se efectúa preferentemente al menos para la secuencia de segmentos de pistas del blanco. Puede efectuarse sin embargo para todas las secuencias de segmentos de pistas. Las secuencias de segmentos de pistas se completan ventajosamente en función de la dinámica del objeto de interés que forma la secuencia de segmentos de pistas. La secuencia de segmentos de pistas del blanco puede completarse mediante un desplazamiento de la detección anterior a una posición determinada en función de la velocidad bidimensional o tridimensional del blanco y de la duración que separa dos imágenes en la secuencia. La dinámica del blanco, en este caso su velocidad, puede estimarse por parte del módulo 15 de estimación de la dinámica. Este puede determinar la dinámica del blanco analizando sus desplazamientos en una ventana temporal dada, por ejemplo sobre las cinco o diez últimas imágenes de la secuencia. La dinámica del blanco podría estimarse así a partir de datos proporcionados por otros dispositivos, por ejemplo unos captadores de distancia y/o unos captadores de velocidad, o incluso a partir de datos estadísticos según el tipo de blanco. La secuencia de segmentos de pistas de un vecino del blanco puede completarse de manera análoga a la del blanco. A título de ejemplo, es posible generar una observación virtual para un vecino considerando una velocidad media de este vecino sobre las cinco últimas imágenes de la secuencia. Cada secuencia de segmentos de pistas puede completarse mediante varias observaciones virtuales sucesivas. Sin embargo, en la medida en que la incertidumbre sobre la posición del objeto de interés se incrementa con el tiempo, es posible prever una detención de la secuencia de segmentos de pistas en caso de no detección de un objeto de interés después de un número dado de imágenes.

La subetapa 232 de evaluación y de resolución de un posible desacuerdo entre el módulo 13 de asociación temporal y el módulo 11 de seguimiento visual comprende inicialmente una determinación del segundo blanco, es decir una determinación, entre los objetos de interés detectados por el módulo 12 de detección de objetos, de aquel que tiene la mejor correspondencia con la zona de búsqueda definida para la imagen en curso. El segundo blanco puede corresponder por ejemplo a la detección situada a la distancia más corta del centro de la zona de búsqueda. A continuación, el módulo 14 de análisis espacio-temporal evalúa si el primer y el segundo blanco son idénticos, es decir si corresponden al mismo objeto de interés detectado. Si ese no es el caso, esto significa que existe un desacuerdo. El módulo 14 se encarga entonces de resolverlo de acuerdo con la dinámica del blanco. Se ha de tomar nota de que puede fracasar a la vez la determinación del primer blanco y la del segundo blanco. En efecto, puede que no se haya asociado ninguna detección en curso o, en caso de necesidad, ninguna observación virtual, a la secuencia de segmentos de pistas del blanco, y que la zona de búsqueda no contenga ningún objeto de interés.

La figura 4 ilustra las diferentes situaciones de detección que pueden producirse, y un ejemplo de tratamiento a efectuar en cada una de estas situaciones. En unas etapas 41 y 42, se determina si se han detectado para la imagen en curso un primer y un segundo blancos. En el caso de que no se haya podido atribuir ningún objeto de interés a la vez al primer blanco y al segundo blanco, no hay disponible ninguna información sobre la posición del blanco final. De ese modo, en una etapa 43, se pone fin a la subetapa 232 de evaluación y de resolución de un posible desacuerdo. La zona de búsqueda por tanto no se actualiza. En el caso de que no se haya asociado ningún objeto de interés al primer blanco, pero que se haya determinado un segundo blanco, se determina en una etapa 44 si el segundo blanco no corresponde a uno de los objetos de interés vecinos, es decir una detección en curso asociada a una secuencia de segmentos de pistas de un vecino. Si el segundo blanco pertenece efectivamente a una secuencia de segmentos de pistas de un vecino, se pone fin a la subetapa 232 en la etapa 43 sin actualización de la zona de búsqueda. En lugar de la subetapa 232, es posible modificar la zona de búsqueda excluyendo la zona vecina al segundo blanco. Si el segundo blanco no pertenece a una secuencia de segmentos de pistas de un vecino, esto es que constituye un nuevo objeto de interés para el que no se ha formado aún ninguna secuencia de segmentos de pistas. De ese modo, en una etapa 45, se asocia un segundo blanco a la secuencia de segmentos de pistas del blanco, y la zona de búsqueda se actualiza a partir de la posición de este segundo blanco. En el caso de que solo se haya determinado un primer blanco, se determina en una etapa 46 si el primer blanco está de acuerdo con la dinámica del blanco. Por ejemplo, la desviación entre la velocidad de la secuencia de segmentos de pistas del blanco (que finaliza con el primer blanco), estimada sobre las últimas diez imágenes, y la dirección de movimiento del blanco, estimada por el módulo 15, pueden utilizarse como criterio de prueba. Si esta desviación es inferior a un umbral predefinido, por ejemplo 30 grados, se considera al primer blanco de acuerdo con la dinámica del blanco. Si no es este caso, el primer blanco no es tomado en consideración para lo que sigue del procedimiento y se pone fin a la subetapa 232 en la etapa 43 sin actualización de la zona de búsqueda. Si, por el contrario, el primer blanco está de acuerdo con la dinámica del blanco, en una etapa 47, se actualiza la zona de búsqueda para la imagen en curso a partir de la posición del primer blanco. En el caso de que se hayan determinado a la vez un primer blanco y un

segundo blanco, se determina en una etapa 48 si estos blancos son idénticos, es decir si se ha asociado el mismo objeto de interés a cada uno de los blancos. Si es este el caso, entonces se actualiza la zona de búsqueda a partir de la posición de los blancos en la etapa 47. Si el primer y el segundo blanco no son idénticos, el módulo 14 de análisis espacio-temporal debe resolver la situación de desacuerdo y determinar si es más probable que el verdadero blanco sea al primer blanco o el segundo blanco. De ese modo, en una etapa 49, se determina si el blanco más de acuerdo con la dinámica del blanco es el primer o el segundo blanco. Esa etapa 49 puede realizarse por ejemplo comparando las direcciones tomadas por el primer y segundo blanco con relación a una dirección del blanco estimada por el módulo 15 de estimación de la dinámica. La dirección tomada por el primer blanco se estima a partir de su posición en una imagen anterior de la secuencia y la de la imagen en curso. Igualmente, la dirección tomada por el segundo blanco se estima a partir de su posición en la misma imagen anterior y la de la imagen en curso. La dinámica del blanco se determina preferentemente a partir de las posiciones del blanco final. De ese modo, la dirección del blanco estimada por el módulo 15 puede estimarse a partir de su posición en una imagen anterior de la secuencia, y la de la imagen en curso. Se consideran por ejemplo las diferentes direcciones tomadas a partir de las cinco últimas imágenes de la secuencia. En el caso de que sea el primer blanco el que está más de acuerdo con la dinámica del blanco, la zona de búsqueda se actualiza en la etapa 47 a partir de la posición del primer blanco. En el caso de que sea el segundo blanco el que está más de acuerdo con la dinámica del blanco, la zona de búsqueda se actualiza en la etapa 45 a partir de la posición del segundo blanco. Además, en esta etapa 45, la secuencia de segmentos de pistas del blanco se corrige con el segundo blanco. Más precisamente, la detección en curso de la secuencia de segmentos de pistas del blanco es sustituida por el segundo blanco.

La subetapa 233 de predicción de ocultaciones del blanco por otros objetos de interés es optativa. Consiste en determinar si unos objetos de interés vecinos del primer blanco y/o del segundo blanco pueden ocultar al menos parcialmente el blanco en las próximas imágenes de una ventana temporal predefinida de la secuencia. Esta subetapa se efectúa a partir de las secuencias de segmentos de pistas de los vecinos y una estimación de su dinámica. Cuando se realiza una predicción de ese tipo, la actualización de la zona de búsqueda durante la etapa 45 o 47 y/o la etapa 24 de búsqueda del blanco puede diferir según que sea posible o no una ocultación. En particular, la focalización de la zona de búsqueda puede ser más intensa si es posible una ocultación. En particular, si se predice una ocultación parcial del blanco, en la que es visible la mayor parte del objeto, la zona de búsqueda se focaliza alrededor de la detección seleccionada por la subetapa 232 (primer o segundo blanco), pero con un radio de búsqueda bastante grande. En esta situación el módulo 11 no está fuertemente penalizado y continúa siendo fiable, porque su zona de búsqueda puede permanecer bastante extendida, como en el seguimiento ordinario. Por el contrario, una gran ocultación predicha exige una focalización más cerrada de la zona de búsqueda. La duración de la ocultación debe tenerse así en cuenta para reducir la intensidad de la focalización de la zona de búsqueda, porque una larga duración implica una mayor incertidumbre sobre la posición del blanco ocultado. Según una forma particular de realización, el radio de la zona de búsqueda es variable, con un valor inicial que depende del grado de ocultación predicho y que aumenta con la duración de la ocultación hasta un valor máximo.

La etapa 24 de búsqueda del blanco consiste en buscar, en la zona de búsqueda actualizada o no, la posición del blanco. Este blanco se califica como "final". La búsqueda del blanco se efectúa por el módulo 11 de seguimiento visual comparando diferentes zonas de la imagen en curso que cubren la zona de búsqueda con un modelo de referencia representativo del blanco. Puede utilizarse cualquier modelo de referencia, como por ejemplo un modelo geométrico (rectángulo, elipse, etc.) en el que pueden calcularse las firmas visuales, como unos histogramas de colores o de texturas que caracterizan los píxeles contenidos en el módulo. A título de ejemplo, la búsqueda del blanco puede basarse en un procedimiento que utiliza un filtro de partículas denominado "Sequential Importance Resampling" (SIR), descrito por ejemplo en el documento de Michael ISARD y Andrew BLAKE: "Condensation - conditional density propagation for visual tracking", International journal of computer vision, 1998. En este procedimiento, la zona de búsqueda se explora aprovechando unas partículas, que representan unas posiciones hipotéticas del blanco, según una ley de probabilidad, y favoreciendo las partículas de mayor verosimilitud según un criterio de aspecto visual. La ley de probabilidad puede ser una distribución gaussiana centrada sobre una posición. Cuando la etapa 24 de búsqueda del blanco depende del hecho de que una ocultación sea considerada o no como posible en la subetapa 233, la zona de búsqueda puede actualizarse fijando un límite para el aprovechamiento de las partículas alrededor del blanco retenido (primer o segundo blanco). El aprovechamiento de cada partícula se realiza un número fijo de veces, conservando únicamente las partículas caídas en la zona de búsqueda. Esto permite favorecer la presencia de partículas en el límite, pero sin cambiar directamente la ley de proposición de las partículas, ni su distribución.

La etapa 25 de actualización 25 del modelo dinámico del blanco consiste en actualizar el modelo dinámico del blanco en función del último blanco final determinado durante la etapa 24.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de seguimiento de un blanco en una secuencia de imágenes que representan una escena, comprendiendo el procedimiento, para cada imagen en curso:
  - 5       ▪ una etapa (21) de detección de objetos en la escena, estando cada objeto detectado **caracterizado por** una posición y una dimensión en la imagen en curso,
  - una etapa (22) de asociación temporal, en la que se intenta asociar cada objeto detectado en la imagen en curso a un objeto detectado en la imagen anterior de la secuencia en función de sus posiciones respectivas en las imágenes, formando cada conjunto de objetos detectados en una serie continua de imágenes una secuencia de segmentos de pistas, siendo asignada una de las secuencias de segmentos de pistas a un primer blanco,
  - 10       ▪ una etapa (232) de determinación de un segundo blanco en una imagen en curso, siendo asignado al segundo blanco el objeto detectado que tenga la mejor correspondencia con una zona de búsqueda determinada para una imagen anterior de la secuencia,
  - una etapa (48) de comparación entre la identidad del objeto detectado asignado al primer blanco y la identidad del objeto detectado asignado al segundo blanco,
  - 15       ▪ en el caso de identidades diferentes, una etapa (49) de determinación del objeto detectado que tenga la mejor correspondencia con una dinámica de un blanco final,
  - en el caso de que el primer blanco tenga la mejor correspondencia con la dinámica del blanco final, una etapa (47) de actualización de la zona de búsqueda para la imagen en curso a partir de la posición del primer blanco,
  - 20       ▪ en el caso de que el segundo blanco tenga la mejor correspondencia con la dinámica del blanco final, una etapa (45) de actualización de la zona de búsqueda para la imagen en curso a partir de la posición del segundo blanco,
  - y
  - una etapa (24) de búsqueda del blanco final en la zona de búsqueda para la imagen en curso por comparación de zonas de la imagen en curso con un modelo de referencia representativo del blanco final.
- 25   2. Procedimiento según la reivindicación 1 que comprende, además, en el caso de que el objeto detectado asignado al primer blanco sea el mismo que el asignado al segundo blanco, una etapa (47) de actualización de la zona de búsqueda para la imagen en curso a partir de la posición del primer y del segundo blanco.
- 30   3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, que comprende, además, a continuación de la etapa (22) de asociación temporal, una etapa (231) de prolongación de la secuencia de segmentos de pistas del primer blanco cuando dicha secuencia de segmentos de pistas no se ha completado por un objeto detectado en la imagen en curso, siendo completada la secuencia de segmentos de pistas del primer blanco mediante una observación virtual en función de una dinámica de un blanco final.
- 35   4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores que comprende, en el caso de que no se haya asignado ningún objeto detectado al segundo blanco:
  - una etapa (46) en la que se determina si el objeto detectado en la imagen en curso asociado al primer blanco es compatible con la dinámica del blanco final, y
  - en caso de compatibilidad, una etapa (47) de actualización de la zona de búsqueda para la imagen en curso a partir de la posición del primer blanco.
- 40   5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores que comprende, en el caso de que no se haya asignado ningún objeto detectado al primer blanco:
  - una etapa (44) en la que se determina si el objeto asignado al segundo blanco no pertenece a una secuencia de segmentos de pistas distinta que la del blanco, y
  - en el caso de que este objeto detectado no pertenezca a otra secuencia de segmentos de pistas distinta de la del blanco, una etapa (45) de actualización de la zona de búsqueda para la imagen en curso a partir de la posición del segundo blanco.
- 45   6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa (45) de actualización de la zona de búsqueda a partir de la posición del segundo blanco comprende, además, una corrección de la secuencia de segmentos de pistas del primer blanco, siendo sustituido el objeto detectado asignado al primer blanco por el objeto detectado asignado al segundo blanco.
- 50   7. Dispositivo de videovigilancia que comprende unos medios adaptados para implementar el procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.



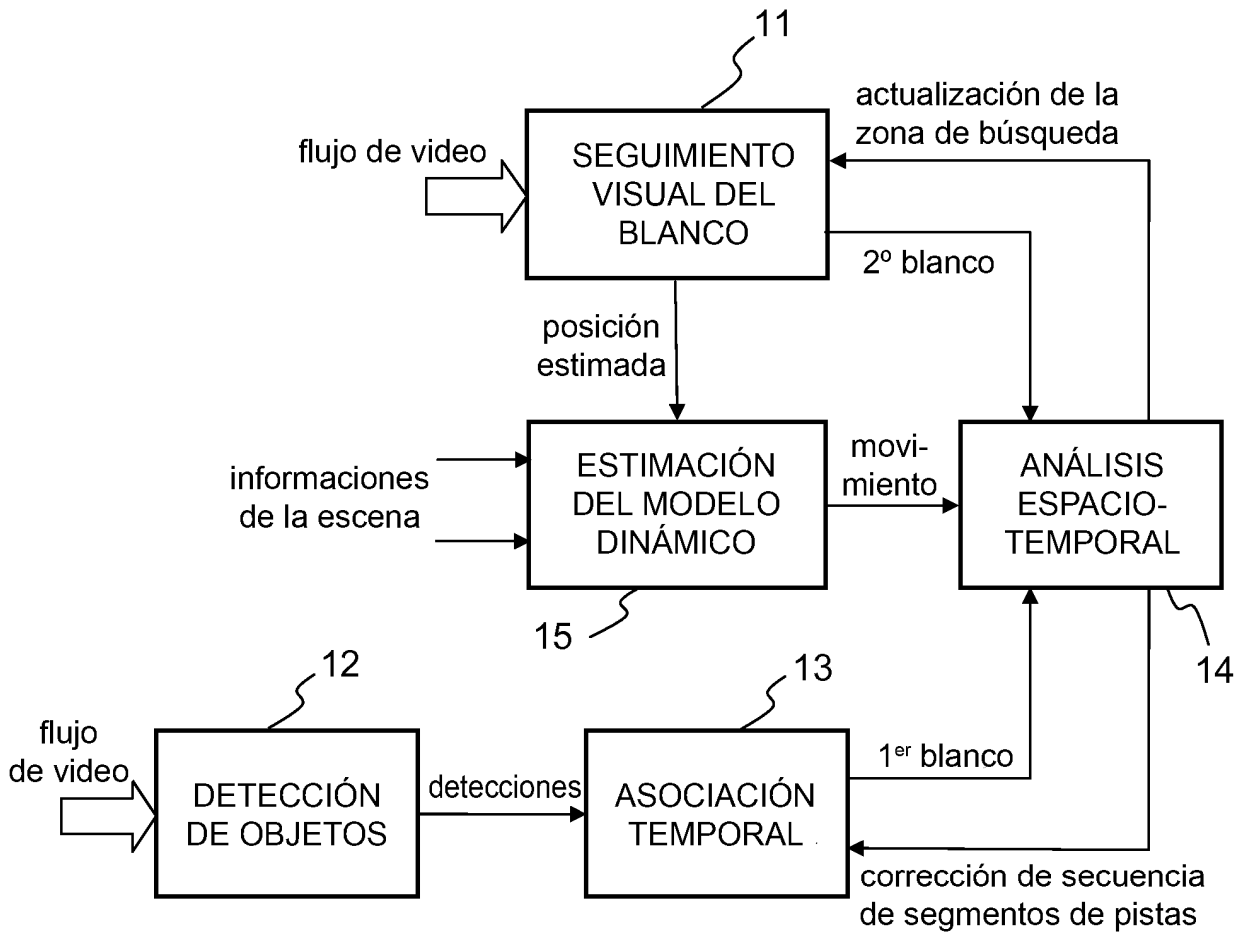


FIG.1

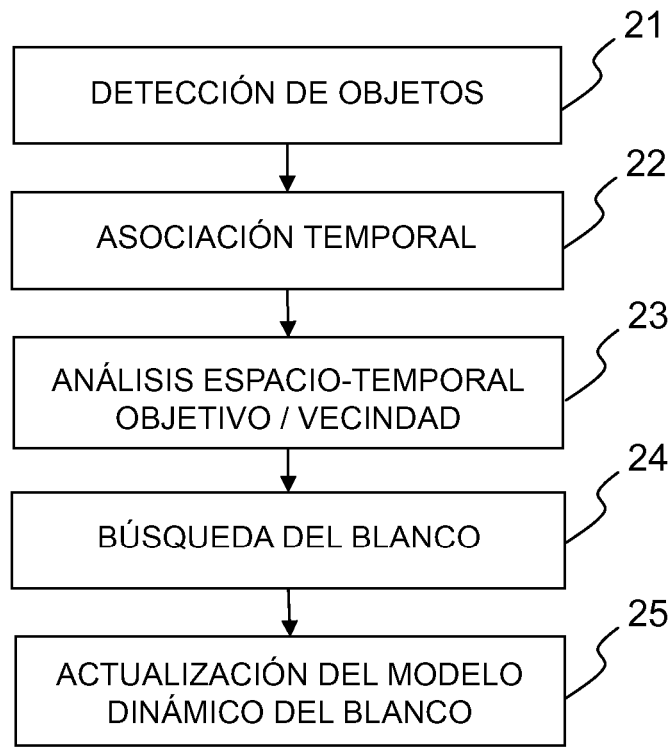


FIG.2

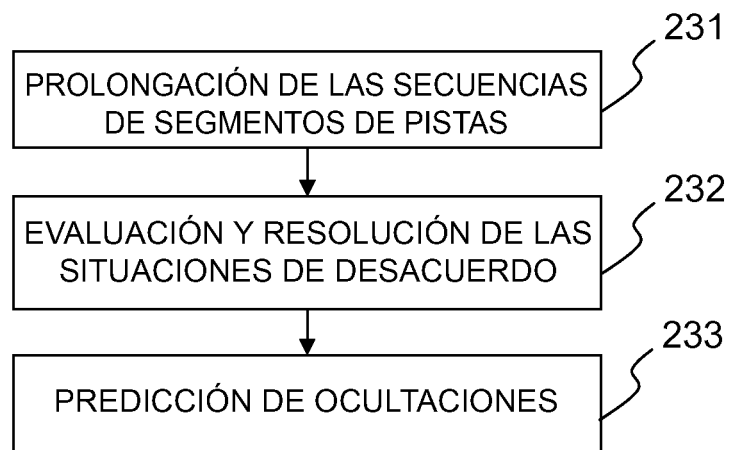


FIG.3

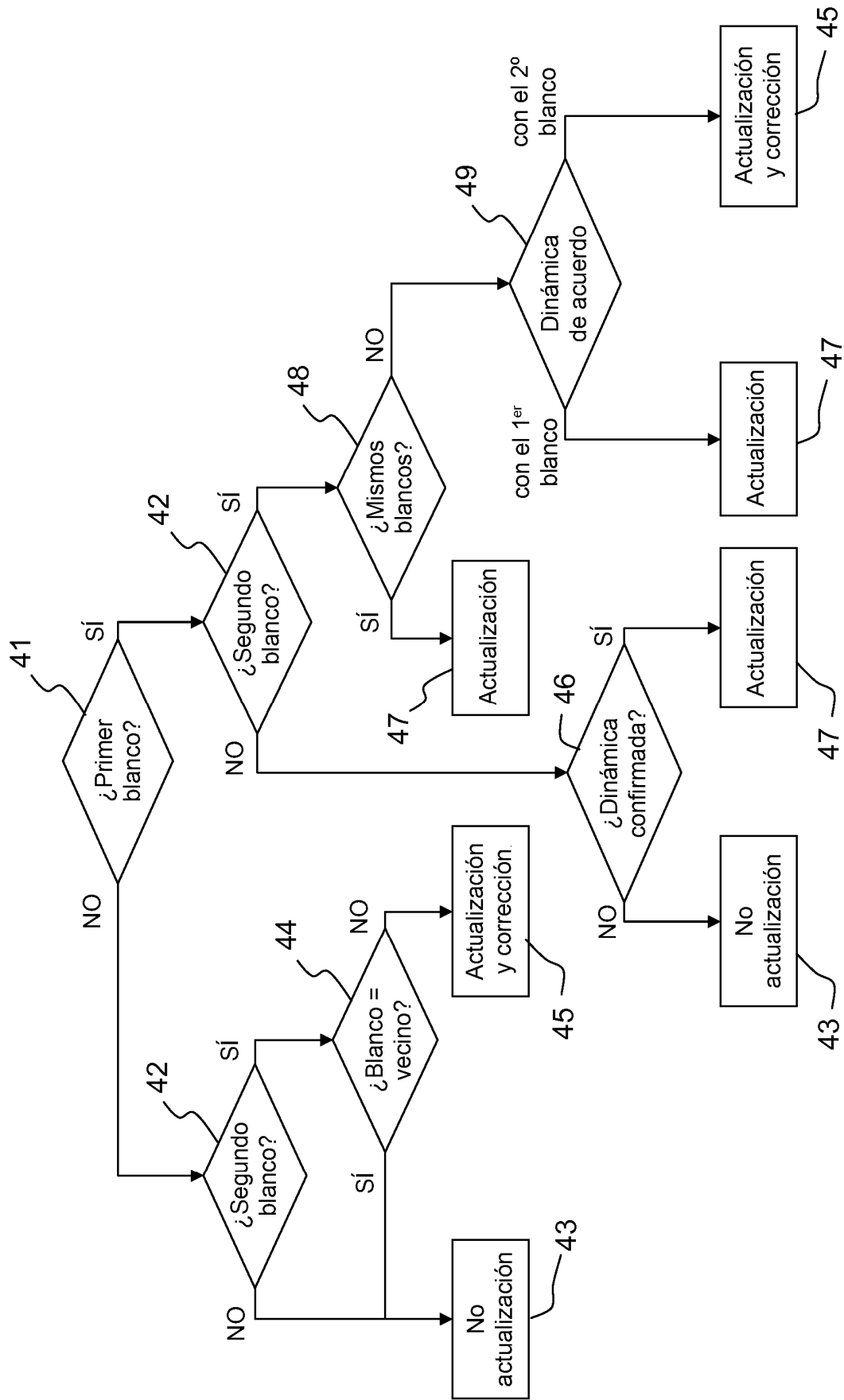


FIG.4