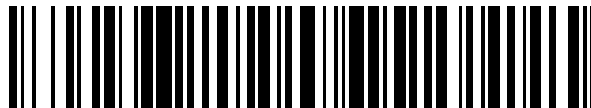


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 625 880**

51 Int. Cl.:

**G06T 7/20**

(2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2010** **E 10382281 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2017** **EP 2447912**

54 Título: **Método y dispositivo de detección de cambio de iluminación para sistemas de visión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.07.2017**

73 Titular/es:

**VAELSYS FORMACIÓN Y DESARROLLO, S.L.**  
**(100.0%)**  
**Carretera de Canillas 99-9-3**  
**E-28043 Madrid, ES**

72 Inventor/es:

**RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, SARA;**  
**SÁNCHEZ MONTAÑES, MANUEL;**  
**LAGO FERNÁNDEZ, LUIS FERNANDO;**  
**CERMEÑO MEDIAVILLA, EDUARDO;**  
**PÉREZ FERNÁNDEZ, ANA y**  
**LÓPEZ FONT, RAFAEL**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 625 880 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 dispositivo de detección de cambio de iluminación para sistemas de visión

5

**Objeto de la invención**

La presente invención presenta un método y un dispositivo para detectar el cambio de iluminación que puede utilizarse en aquellas aplicaciones en las que sea de interés detectar un cambio de iluminación tales como los sistemas de visión. Este método y dispositivo que se describe en esta invención permite detectar estos cambios en recintos exteriores e interiores posibilitando aplicaciones que van desde la regulación de consumo en dispositivos eléctricos hasta la detección de presencia de intrusos.

**Antecedentes de la invención**

La invención se inscribe entre las técnicas de análisis de imágenes digitales, y en especial, video digital. Una referencia general en donde pueden encontrarse técnicas específicas en "*Digital Image Processing*", de Rafael C. González, Richard E. Woods. Pearson Prentice Hall. Third Edition 2008 (Pearson Education, Inc.). En este sentido, se parte de una definición de imagen digital que se entiende como la proyección de un objeto visible sobre un medio de adquisición de imagen, siendo éste generalmente una cámara provista de un sensor CCD. Esta proyección del objeto refleja esencialmente la distribución de energía luminosa que varía con el tiempo sobre el sensor del medio de adquisición. Para dar lugar a una imagen digital, esta distribución de energía luminosa se muestrea espacial y temporalmente.

El muestreo temporal tiene relación con los intervalos, generalmente regulares, a los que se adquiere esta imagen, a un tiempo  $t_1, t_2, \dots$  siendo el tiempo de adquisición de la imagen menor que el intervalo temporal entre tiempos de muestreo, dando lugar a una única imagen de cada muestreo a tiempo  $t_1, t_2, \dots$

El muestreo espacial da lugar a un conjunto de elementos de imagen o píxeles. Las características del muestreo espacial dependen de la disposición geométrica de los elementos sensores. Generalmente se lleva a cabo sobre un plano en donde hay un conjunto de  $N$  sensores generalmente ordenados en una matriz rectangular de dimensiones  $m \times n = N$ , dando lugar a una representación discreta de tamaño  $N$ . La resolución se define en función de la relación entre el número de sensores y el tamaño físico de la matriz de sensores, estando generalmente estos sensores equiespaciados. Así, de forma usual, una imagen digital se encuentra descrita por una matriz de números  $I_{uv}$ ,  $u=1, \dots, m$ ;  $v=1, \dots, n$ ; para cada pixel estando cada elemento de matriz con índices asociado a una coordenada de pixel  $r_i$ ,  $i=1, \dots, N$  o dirección de pixel, que representa la posición real del muestreo sobre el sensor. En el caso anteriormente citado, las características de la imagen muestreada a un tiempo  $t$  se fijan a partir de la resolución y el número de sensores. Aunque esta representación en una matriz rectangular es la más usual no es necesario para el propósito de esta invención limitarse a una representación rectangular, sino que bastaría definir las coordenadas de cada sensor y la asociación de un índice con la posición real del sensor.

Por último, cada valor de la distribución luminosa se digitaliza, usualmente dando lugar a un valor entero. La información de la imagen depende del tipo de número utilizado para representarlo, o valor de pixel. Los valores de pixel se definen usualmente por su profundidad (i.e., número de bits) y por la representación utilizada (escala de grises, modelo de color RGB, modelo de color HSB, modelo de color CMYK, etc.).

Actualmente existen diversos sistemas que utilizan una representación digital de imagen, como los sistemas de visión basados en análisis de video, que permiten detectar eventos a partir de la variación de los valores de los píxeles en un video. Entre estos los eventos que producen estas variaciones en los valores de pixel se encuentran los cambios de iluminación, que corresponden con cambios asociados a variaciones del foco de luz, como por ejemplo la evolución de la luz solar durante el día o una variación de un foco de luz artificial. Sin embargo no es posible encontrar en el estado de la técnica métodos o dispositivos que permitan distinguir variaciones de valor de pixel asociadas a un cambio de iluminación de otras variaciones como aquellas variaciones producidas por la introducción de un objeto nuevo, como por ejemplo un objeto móvil que puede ser un coche que pasa.

La detección de cambios entre imágenes digitales es un proceso presente en el estado de la técnica para el análisis de video. Este proceso permite extraer de la comparación entre imágenes digitales los elementos nuevos sobre aquellos elementos que vendrían a ser estáticos, tales como el suelo o las paredes de una edificación, que conforman la escena del video.

Sin embargo, la detección de cambios de iluminación suele ser el principal problema de las propuestas presentes en el estado de la técnica ya que no consiguen eliminar las variaciones producidas por los cambios de iluminación en las imágenes adquiridas por una cámara.

Las propuestas presentes en el estado de la técnica para hacer frente a este problema están basadas en incorporar estas variaciones a una representación interna que intenta modelizar aquellas partes estáticas de una escena

mediante un así llamado “modelo de fondo”. En el estado de la técnica hay una variedad de trabajos que permiten implementar modelos de fondo mediante diversas técnicas, como por ejemplo:

- 5 – la mezcla de distribuciones gaussianas (véase C. Stauffer, and W. Grimson, “*Adaptive Background Mixture Models for Real-Time Tracking*” IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 2, 1999; y Ying-Li Tian, Max Lu, and Arun Hampapur, “Robust and Efficient Foreground Analysis for Real-time Video Surveillance”, pp. 1182-1187, IEEE Computer Society Conference On Computer Vision And Pattern Recognition, VOL. 1, 2005),
- 10 – el análisis de la información extraída del gradiente de la imagen (véase B. Klare, S. Sarkar, “*Background subtraction in varying illuminations using an ensemble based on an enlarged feature set,*” pp. 66-73, 2009 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2009), o
- el análisis de la textura del fondo (véase Omar Javed, Khurram Shafique, Mubarak Shah, “*A Hierarchical Approach to Robust Background Subtraction using Color and Gradient Information*” pp. 22-27, Workshop on Motion and Video Computing (MOTION'02), 2002).

- 15 Es posible por tanto obtener un modelo de fondo, siendo además posible obtenerlo para distintas representaciones como un modelo de color RGB o un modelo de color en escala de grises.

Aunque algunos cambios de iluminación pueden eliminarse utilizando estos modelos de fondo, los resultados de estas propuestas al enfrentarse con otro grupo de cambios que no pueden ser modelados presentan problemas. Entre estos cambios están las variaciones debidas a los cambios de iluminación, que comprenden no solo la variación de luz sobre una escena exterior debido a la luz solar, sino aquellas variaciones tales como el paso de una nube o cambios en una escena interior debido a encender o apagar una fuente eléctrica. Así, estas propuestas no presentan un resultado fiable cuando se enfrentan a aquellos cambios de iluminación que no son susceptibles de ser incorporados en un modelo de fondo.

25 Las propuestas presentes en el estado de la técnica intentan eliminar los efectos producido por los cambios de iluminación para extraer de la forma más precisa posible los elementos que han cambiado en cada momento de una secuencia de video.

30 El documento “Person and Vehicle Tracking in Surveillance Video” (A. Miller et al.), LNCS 4625, pp 174-178, 2008, describe un método para detectar el caso de un cambio de iluminación global y aumentar temporalmente una tasa de aprendizaje para que el sistema se recupere rápidamente una vez que la escena alcanza un nuevo estado estacionario. Se realiza una regresión lineal de intensidad para cada píxel sobre una ventana temporal de 20 tramas y la suma se limita para activar un aumento temporal en la tasa de aprendizaje.

35 El documento “Object Detection under Varying Illumination Based on Adaptive Background Modeling Considering Spatial Locality” (T. Tanaka et al.), PSIVT 2009, LNCS 5414, pp. 645-656, 2009, describe un método para modelado de fondo que combina la función de densidad de probabilidad para aproximar un modelo de fondo y detectar el primer plano y la aproximación de filtro de alcance radial para mejorar el primer plano detectado.

40 El documento US 2004/0228530 A1 describe un método y un sistema para la segmentación de primer plano en el que los marcos de una secuencia de vídeo se analizan en el dominio de transformación para determinar una o más características utilizadas posteriormente para modelar el fondo.

45 La presente invención se enfrenta al problema de realizar una detección de cambios de iluminación que permite un control fiable y avanzado de la iluminación de cualquier estancia o recinto exterior o recinto interior. Otros problemas que resuelve la invención se pueden encontrar descritos en sus realizaciones.

### 50 Descripción de la invención

El objeto de la invención es proporcionar un método y un dispositivo para sistemas de visión que permite la detección de cambios de iluminación. El método de la invención se define por la reivindicación independiente 1 y el dispositivo por la reivindicación independiente 11. Dichas reivindicaciones quedan incorporadas a la presente descripción por referencia.

55 En un **primer aspecto inventivo** se proporciona un método para llevar a cabo la detección de *cambios de iluminación* entre al menos dos representaciones digitales de imágenes sobre una misma región de estudio. Esta región de estudio es una región del espacio sobre la que se adquieren imágenes gracias a un medio de adquisición de imágenes como una cámara con un CCD. En base a la información durante la adquisición sobre esta región del espacio se detecta el cambio de iluminación utilizando el método que se define a continuación:

60

“Método de detección de cambios de iluminación para sistemas de visión entre

*una imagen de detección de una región de estudio adquirida en un tiempo  $t$  de detección y una imagen de modelo de fondo de dicha región de estudio, en donde la imagen de detección comprende un primer conjunto de píxeles y la imagen de modelo de fondo comprende un segundo conjunto de píxeles,*

5 *compartiendo dicho primer conjunto de píxeles y dicho segundo conjunto de píxeles un mismo conjunto de  $N$  coordenadas de pixel  $x$  y  $y$*

*asociándose a cada coordenada de pixel del conjunto de coordenadas de pixel un único valor de pixel del primer conjunto de valores de pixel y un único valor de pixel del segundo conjunto de valores de pixel,*

*comprendiendo dicho método la provisión de un valor umbral de aceptación del cambio de iluminación”*

10 La imagen de detección corresponde a una imagen de la región de estudio adquirida en un instante de tiempo de detección  $t$  que corresponde al tiempo en el que se ha llevado a cabo su captura. En adelante se hará referencia al tiempo de adquisición mediante la expresión imagen de detección a tiempo  $t$  (de detección). La imagen de detección se define mediante una representación digital que comprende  $N$  píxeles de un primer conjunto de píxeles. Los píxeles del primer conjunto de píxeles están dispuestos en las posiciones de imagen según unas coordenadas  $(r_1, \dots, r_N)$ , según cualquier representación de un sistema de coordenadas  $(r_1, \dots, r_N)$  como por ejemplo mediante las  
15 posiciones  $(x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)$  ó, simplemente, los índices  $(i, j)$  de una matriz de dimensiones  $m \times n = N$ . Estos valores de píxel se definen según el modelo de color, tal como el modelo RGB o un modelo de escala de grises.

20 La imagen de un modelo de fondo se corresponde con una imagen de la región de estudio que refleja la evolución temporal de la región de estudio en un instante anterior al instante tiempo de detección  $t$ . Esta imagen de modelo de fondo se crea según los procedimientos presentes en el estado de la técnica de modelado de fondo como los referidos en los antecedentes de la invención (véase por ejemplo Ahmed M. Elgammal, David Harwood, y Larry S. Davis, “*Non-parametric model for Background Subtraction*” en Proceedings of the 6th European Conference in Computer Vision-Part II, pp. 751-767, Springer-Verlag, 2000.; Cheung, S. C. y Kamath C. “*Robust Techniques for Background Subtraction in Urban Traffic Video*” en Video Communications and Image processing, SPIE Electronic Imaging, San Jose 2004). Preferentemente, esta imagen de modelo de fondo se obtiene a partir de una secuencia temporal ordenada de imágenes de la región de estudio adquiridas entre un tiempo inicial  $t_0$  y un tiempo inmediatamente anterior al instante de tiempo de detección  $t$ . De forma usual, esta imagen de fondo se crea a partir de un conjunto imágenes o “frames” adquiridas en un vídeo. Al igual que la imagen de detección, la imagen de un  
25 modelo de fondo comprende una representación digital mediante un segundo conjunto de  $N$  píxeles. Este segundo conjunto de píxeles corresponde con el mismo modelo de color utilizado para la imagen de detección y están en las mismas coordenadas que el primer conjunto de píxeles.

30 Así se asocia a cada elemento del conjunto de coordenadas de pixel  $r_i$ ,  $i=1, \dots, N$ , un valor de pixel del primer conjunto de valores de pixel de la imagen de detección y un valor de pixel del segundo conjunto de valores de pixel de la imagen de modelo de fondo.

35 El método para detectar si un cambio de iluminación en esta imagen de detección comprende además la provisión de un valor umbral de aceptación del cambio de iluminación. Este valor umbral se determina en función de la iluminación típica de la región de estudio al tiempo de detección  $t$ , lo que viene determinado por varios parámetros tales como si la imagen refleja un momento del día o de la noche, el momento del día, o la historia del valor medio de iluminación o valores obtenidos por un estudio de la variación de la iluminación durante el día.

A continuación, se lleva a cabo la siguiente secuencia de etapas:

45 *“segmentación de imagen digital entre la imagen de detección en base a la imagen de detección y la imagen de modelo de fondo;”*

50 Mediante las técnicas de segmentación presentes en el estado de la técnica es posible aislar una región segmentada que refleja un cambio respecto a la imagen de modelo de fondo. Esta selección de región segmentada viene definida por un subconjunto de posiciones, que permiten aislar y agrupar píxeles de la imagen de detección. Esta región no la forman necesariamente un único dominio como una masa de píxeles sino que pueden ser de distintos dominios o masas de píxeles, agrupándose hasta dar una región segmentada.

55 *“determinar un valor de correlación a partir del valor de pixel de la imagen de detección y el valor de pixel de la imagen de modelo de fondo correspondiente a una misma coordenada de pixel que pertenece a la región segmentada;*

*caso de que el valor de correlación sea mayor que el valor umbral de aceptación, se detecta que se ha producido un cambio de iluminación en la imagen de detección.”*

La correlación se halla entre el valor de pixel de la imagen de detección y el valor de un pixel de la imagen de modelo de fondo que corresponden a una misma posición, *i.e.*, comparten una misma coordenada. Esta restricción a un nivel local permite distinguir la zona donde los objetos representados por la imagen están en el mismo lugar y detectar los efectos de iluminación de forma más eficaz frente a aquellos cambios provocados por objetos móviles.

Es decir, mediante este método no se intenta eliminar los efectos producidos por los cambios de iluminación incorporándolos al modelo de fondo como se hace en las propuestas presentes en el estado de la técnica. Por el contrario, trata de identificarlos y distinguirlos de otros cambios que se pudieran presentar en la imagen de detección. Esto resulta además más ventajoso a la hora de detectar otros cambios como los cambios producidos por objetos en movimiento.

En un **segundo aspecto inventivo** se proporciona un dispositivo que comprende

- medios de entrada de imágenes
- medios de procesamiento de datos
- medios de almacenamiento de datos

en donde los medios de procesamiento están configurados para llevar a cabo el método según el primer aspecto inventivo.

Otras ventajas y aspectos adicionales se ven reflejados en las realizaciones de la invención que se describen más adelante.

### Descripción de los dibujos

Estas y otras características y ventajas de la invención se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la descripción detallada que sigue de una forma preferida de realización, dada únicamente a título de ejemplo ilustrativo y no limitativo, con referencia a las figuras que se acompañan.

Figura 1 En esta figura se muestra un diagrama esquemático de un ejemplo de realización del método de la invención.

Figura 2a En esta figura se muestran distintas imágenes que ilustran las etapas del método según un ejemplo de realización.

Figura 2b En esta figura se muestran distintas imágenes que ilustran las etapas del método según un ejemplo de realización.

Figura 3 En esta figura se muestra un diagrama esquemático de la arquitectura de un ejemplo de realización del método.

Figura 4 En esta figura se muestra un diagrama esquemático de un sistema de detección de cambios sobre una escena.

### Exposición detallada de la invención

Una realización del método de la invención se describe a continuación. En este ejemplo se adquiere un vídeo sobre una misma región del espacio que hemos denominado región de estudio mediante un medio de adquisición de imágenes. En el presente ejemplo el medio de adquisición de imágenes es una cámara digital provista de un sensor CCD. Esta cámara mantiene enfocada la región de estudio durante un intervalo temporal en el que se adquiere dicho vídeo.

En la figura 1 se muestran esquemáticamente las etapas del método y se representa este vídeo como una secuencia de entrada de imágenes (Fr), designadas por el término del inglés “*frame*”, y que está ordenada temporalmente (Fr.1,..., Fr.t,...).

En el presente ejemplo de realización las imágenes están definidas por una matriz de  $m$  filas y  $n$  columnas con un formato de pixel de 8 bits de profundidad correspondiente en un modelo de escala de grises que se corresponde con la convención más usual en el estado de la técnica para etiquetar los píxeles comenzando por la esquina superior izquierda hasta la esquina inferior derecha. Es posible utilizar cualquier modelo de color descrito en el estado de la técnica como RGB, HSV, CMYK etc. El presente ejemplo de realización se describe para una imagen representada en escala de grises, aunque es aplicable a cualquier imagen digital basada en un modelo de color. Aunque este modelo de escala de grises se usa generalmente sobre imágenes nocturnas, es posible generalizarlo a un modelo RGB, o a un canal de un modelo RGB, a cualquier combinación de los canales del modelo RGB. La detección basada en el modelo de color RGB se usa preferentemente para imágenes diurnas.

En referencia a la figura 1 se utiliza como imagen de detección (I) la imagen —o *frame*— (Fr.t) tomada a un tiempo *t*. A partir de la secuencia de imágenes de video obtenidas hasta el tiempo *t* se calcula la imagen de modelo de fondo (B) mediante los métodos presentes en el estado de la técnica. En este ejemplo de realización el modelo de fondo incluye la obtención del valor del *i*-ésimo píxel (2.i) mediante un filtro de meda móvil (“*running average*”) que utiliza una media ponderada entre la imagen de fondo para un tiempo anterior en base a los *frames* anteriores (Fr.1-Fr.t-1) y el *frame* adquirido a tiempo *t* (Fr.t). El peso de cada uno de los términos dentro de esta media ponderada se elige en función de la importancia que se quiera dar a la actualización del modelo de fondo mediante un coeficiente llamado factor de actualización. Para conseguir que este modelo de fondo no se corrompa fácilmente y se actualice se elige en este ejemplo un factor de actualización de sustancialmente 0.01, que es ventajoso para evitar la corrupción del modelo de fondo.

Otros métodos para hallar la imagen de modelo de fondo (B) como los que obtienen la imagen de fondo mediante:

- El valor medio de los valores de píxel;
  - Un modelo paramétrico como aquel que determina el valor de píxel de la imagen de fondo por medio de una mezcla de distribuciones gaussianas (conocidos como MoG: “*Mixture of Gaussians*”);
  - Un modelo no paramétrico que comprende utilizar una función densidad de probabilidad en base a una variable aleatoria;
- o cualquier combinación entre estos métodos y/o el filtro de media móvil es posible, cada uno con un coste computacional distinto según las necesidades de la implementación específica.

Junto con la anterior se proporciona un valor umbral (T) de aceptación. Este valor umbral (T) de aceptación es función de las condiciones de iluminación, reflejando las diferencias entre los valores de intensidad para imágenes casos de imágenes exteriores, interiores, nocturnas, diurnas. En un ejemplo particular de realización este valor puede depurarse utilizando técnicas adaptativas sobre una misma región de estudio en función de varios parámetros como la estación del año, la hora del día o la luminancia registrada por un sensor.

Para hallar la región segmentada (R) es posible utilizar cualquier combinación de los métodos de segmentación presentes en el estado de la técnica. Estas técnicas de segmentación incluyen aquellos métodos que permiten obtener un punto o región del espacio más oscura o más brillante que el resto de la imagen. En adelante se utilizará el término “*blob*” (del inglés “*Binary Large Object*”), cuyo significado en el contexto de las técnicas de procesamiento de imágenes hace referencia a una masa de píxeles que no posee una forma concreta. Así, mediante estas técnicas de segmentación se proporciona una región segmentada (R) que contiene uno o varios objetos (O). Estas técnicas incluyen combinaciones de métodos basados en hallar extremos en los valores de píxel o diferencias entre valores de píxel. En la figura 1 los píxeles de la imagen de detección (I) que se corresponden con la región segmentada (R) forman un primer subconjunto (3) de *M* píxeles en la imagen de detección (I) con valores (3.1,..., 3.M). Los píxeles de la imagen de modelo de fondo (B) que se corresponden con la región segmentada (R) forma un segundo subconjunto (4) de *M* píxeles en la imagen de modelo de fondo (B) con valores (4.1,..., 4.M).

A continuación se calcula un valor de correlación (C) entre los píxeles del primer subconjunto de píxeles (3) en esta región segmentada (R) que pertenecen a la imagen de detección (I) y los píxeles del segundo subconjunto de píxeles (4) de la región segmentada (R) que pertenecen a la imagen de modelo de fondo (B). En el presente ejemplo de realización (C) se calcula a partir del coeficiente de correlación entre dos valores de píxel con la misma posición. Caso de que el valor de correlación (C) sea mayor que el umbral (T) de aceptación se acepta que este cambio en esta región segmentada como un cambio de iluminación.

Este valor de correlación (C) está definido preferentemente de una forma normalizada adoptando valores entre -1 y 1. En ambientes interiores es ventajoso seleccionar un valor umbral (T) de aceptación cercano a cero. Cuando el valor umbral (T) de aceptación se fija para una correlación en 0.3 es posible obtener una detección correcta sobre una región de estudio en unas condiciones ambientales diurnas con un acierto de 90%. Más ventajosamente cuando el umbral de (T) de aceptación se fija en 0.7, proporciona una detección con un 100% de efectividad en ambientes exteriores diurnos. Estas detecciones por el presente método obtienen un índice de acierto mucho mayor que el de los métodos presentes en el estado de la técnica. Aunque aquellas formas de calcular la correlación entre la imagen de detección (I) y la imagen de modelo de fondo (B) presentes en el estado de la técnica se consideran incluidas en la presente solicitud, una forma ventajosa de obtener un valor de correlación (C) se lleva a cabo partir del cálculo del coeficiente de correlación R para cada punto de la región segmentada  $\mathbf{r}_k$ ,  $k=1, \dots, M$  como:

$$R = 1 - \frac{\sum_{k=1}^M [I(\mathbf{r}_k) - \bar{I}][B(\mathbf{r}_k) - \bar{B}]}{\sqrt{\sum_{k=1}^M [I(\mathbf{r}_k) - \bar{I}]^2 \sum_{k=1}^M [B(\mathbf{r}_k) - \bar{B}]^2}}$$

en donde

$I(\mathbf{r}_k)$  es el valor de píxel de (3.k) la imagen de detección (I) para cada posición  $\mathbf{r}_k$  en la región segmentada (R);  
 $\bar{I}$  es el valor medio de píxel en la imagen de detección (I);

$B(r_k)$  es el valor de pixel (4.k) de la imagen del modelo de fondo (B) para cada posición  $r_k$  en la región segmentada (R); y

B es el valor medio de pixel en la imagen de modelo de fondo (B).

5 En referencia al ejemplo de realización que se muestra en las figuras 2A y 2B, se parte de una imagen de detección (I) y de una imagen de modelo de fondo (B) junto con un umbral (T) de aceptación que en el presente ejemplo para una imagen diurna es cero.

10 En primer lugar se lleva a cabo la segmentación para hallar la región segmentada (R) mediante una secuencia que comprende las siguientes etapas. En una primera etapa se crea una imagen de primer plano (en inglés "foreground"), no mostrada, a partir de las diferencias entre la imagen de detección (I) y la imagen de modelo de fondo (B).

15 En este ejemplo se calcula la diferencia absoluta, i.e. el valor absoluto de la diferencia entre el valor de pixel i-ésimo (1.i) de la imagen de detección (I) y el valor de pixel i-ésimo (2.i) de la imagen de modelo de fondo (B). Este cálculo presenta ventajas al ser sencillo y proporcionar objetos de apariencia más sólida. Dependiendo si el resultado de esta operación es mayor o menor que un umbral de la diferencia absoluta se realiza una imagen de sustracción (D). Este umbral de la diferencia absoluta se fija en función de las condiciones de iluminación de la región de estudio y la sensibilidad de los medios de adquisición, que puede depurarse mediante una calibración por un método adaptativo para eliminar ruido.

20 A continuación se realiza un etiquetado (en inglés, "labeling"), es decir, se marcan para su posterior análisis una región de la imagen según los métodos de etiquetado presentes en el estado de la técnica. En particular, en este ejemplo de realización se implementa la selección de las coordenadas de aquellos píxeles con un valor absoluto de la diferencia sustancialmente distinto de cero. En este ejemplo de realización este proceso da lugar a una imagen de etiquetado o *labeling* (L) en donde se puede apreciar la región etiquetada con píxeles en negro más claramente en la figura 2B.

30 En un paso siguiente del presente ejemplo de realización, aquellos píxeles etiquetados se fusionan para formar una pluralidad de objetos mediante las técnicas de fusión (o en inglés "merging") presentes en el estado de la técnica. Estas técnicas de *merging* permiten obtener objetos de diferente tamaño dependiendo de la aplicación.

35 A continuación, para llevar a cabo la agrupación de al menos un objeto (O) en para dar lugar a una región segmentada (R), las masas de píxeles de los objetos se agrupan para dar lugar a *blobs*. La región segmentada (R) consiste en las coordenadas de los píxeles que están en cada *blob*. En la figura 2B se puede apreciar la imagen de agrupación (G) sobre la que se muestran dos *blobs* enmarcados en dos cajas blancas (BB.1, BB.2) que señalan el llamado "bounding box". El primer *blob* tiene una región segmentada (R.1) representada en la figura 2B en donde se han marcado en negro las posiciones de los píxeles de la región segmentada (R.1) del primer *blob*. Los píxeles de la imagen de detección (I) dentro del *bounding box* (BB.1) del primer *blob* forman la imagen troncada (Z.1) sobre la imagen de detección (I) del primer *blob*. Asimismo se muestran la segunda región segmentada (R.2) del segundo *blob* donde también se han marcado en negro las posiciones de los píxeles de la región segmentada (R.2) del segundo *blob*. Los píxeles de la imagen de detección (I) dentro del *bounding box* (BB.2) del segundo *blob* forman la imagen troncada (Z.2) sobre la imagen de detección (I) del segundo *blob*.

45 Además, es posible obtener una imagen troncada sobre la imagen de detección (no mostrada). En este caso, los píxeles de la imagen de modelo de fondo (B) dentro del *bounding box* (BB.1) del primer *blob* forman parte de la imagen troncada del primer *blob*. A su vez, los píxeles de la imagen de modelo de fondo (B) dentro del *bounding box* (BB.2) del segundo *blob* forman parte de la imagen troncada del segundo *blob*.

50 Para la región segmentada (R.1) del primer *blob* se calcula el coeficiente de correlación (C.1) según se ha descrito más arriba. Para la región segmentada del segundo *blob* (R.2) se calcula el coeficiente de correlación (C.2) de la misma forma. Una comparación con el valor umbral (T) de aceptación de los coeficientes de correlación (C.1, C.2) permiten identificar que en estos cambios corresponden a un cambio de iluminación al ser ambos coeficientes de correlación (C.1, C.2) positivos y el umbral (T) de aceptación para esta imagen diurna cero.

55 Una exposición más detallada de cómo llevar a cabo la invención se facilita con referencia a la figura 3, en donde se proporciona una arquitectura (30) que complementa el presente ejemplo de realización. Esta arquitectura (30) comprende módulos que representan los métodos anteriores y módulos adicionales que se pueden aplicar sobre cualquier combinación de las enseñanzas técnicas expuestas anteriormente. Estos módulos se pueden implementar como partes de un programa apto para programar un medio de programación.

60 En particular se ilustra mediante un módulo principal (32) cuya entrada (31) está alimentada una secuencia de imágenes (Fr). Una de estas imágenes (Fr) es la imagen de detección (I). La imagen de detección (I) se introduce en un módulo de sustracción (32.1) y a un módulo de actualización (32.4) de la imagen de modelo de fondo (B). Esta imagen de detección (I) y la imagen de modelo de fondo (B) se introducen en el módulo de sustracción (32.1) a cuya salida se tiene la imagen de sustracción (D). La salida del módulo de sustracción (32.1) se introduce en el módulo de

etiquetado (32.2) a cuya salida se obtiene una imagen de *labeling* (L). Esta salida del módulo de etiquetado (32.2) está conectada a un módulo de agrupamiento (32.3), a cuya salida se obtiene una imagen de agrupación (G). Las imágenes de agrupación (G), etiquetado (L) y sustracción (D) se introducen a su vez en el módulo de cálculo de dependencias (34). Este módulo de cálculo dependencias (34) se encuentra conectado a su vez con un módulo de tratamiento de imágenes para condiciones de baja iluminación (33) y se encuentran desarrollados en este módulo de cálculo de dependencias (34) los métodos para llevar a cabo el cálculo de la correlación, por ejemplo a través de la expresión para correlación cruzada en imágenes digitales ("*Digital Image Cross Correlation*", DICC).

Los parámetros de estos *blobs*, se almacenan en un archivo de datos (A), que en este ejemplo se encuentra en el módulo principal (32). La corrección de imágenes para condiciones de baja iluminación comprende, preferentemente, un cambio de escala para que los valores de pixel (3) de la imagen de detección (I) sean mayores, lo que permite una mejor detección en imágenes adquiridas en condiciones de baja iluminación como las imágenes nocturnas. Sobre imágenes monocromas o sobre cada canal RGB esta corrección para valor de pixel (3.i) sigue una ley cúbica que resulta en una corrección ventajosa al aumentar el porcentaje de acierto.

Otros métodos consisten en corregir los valores de pixel de cualquiera de las imágenes en función el gradiente de iluminación de dicha imagen mediante la sustracción del plano de iluminación, siendo el plano de iluminación el ajuste lineal del gradiente de iluminación. Esta corrección se puede llevar a cabo sobre diferentes combinaciones de imágenes y regiones de imágenes tales como:

- la imagen de detección (I);
- la imagen de modelo de fondo (B);
- la imagen truncada (Z) sobre la imagen de detección (I);
  - la imagen truncada sobre la imagen de modelo de fondo (B)

Que dan respectivamente lugar a diferentes planos de iluminación

- un plano de iluminación de la imagen de detección (I);
- un plano de iluminación de la imagen de fondo (B); y
- un plano de iluminación de la imagen truncada (Z) sobre la imagen de detección (I)
- un plano de iluminación de la imagen truncada sobre la imagen de modelo de fondo (B).

Cuando las distintas combinaciones de estos planos se sustraen de sus respectivas imágenes resultan en distintas variantes que son ventajosas para la detección en condiciones de baja iluminación. En particular, resulta especialmente ventajosa la sustracción del plano de iluminación de la imagen truncada (Z) para obtener una corrección que permite aumentar el porcentaje de acierto. La información recopilada y procesada por el módulo principal (32) y el módulo de tratamiento de imágenes para condiciones de baja iluminación (33) se incorpora en un módulo (34) de cálculo para dar lugar al valor de la correlación (C).

Junto con el anterior, se incorpora en la arquitectura un módulo de guarda (35) para tener en cuenta la evolución de la detección durante un tiempo de guarda, susceptible de ser incorporado sobre cualquier combinación de las enseñanzas anteriores. Con este módulo se representa un método que comprende, una vez que se ha detectado un cambio de iluminación sobre la imagen de detección (I) el análisis de una pluralidad de imágenes posteriores ( $Fr.t+1, \dots, Fr.W$ ) a la imagen de detección (I) adquirida a tiempo  $t$  de detección. El método, una vez llevado a cabo la detección del cambio de iluminación sobre la imagen de detección (I) a tiempo  $t$  de detección, comprende realizar adicionalmente los siguientes pasos:

- Provisión de un tiempo de guarda;
- Adquisición de una pluralidad de imágenes posteriores ( $Fr.t+1, \dots, Fr.W$ ) a la imagen de detección (I) a tiempo  $t$  de detección durante el tiempo de guarda;
- Llevar cabo la detección de cambio de iluminación según cualquier variante del ejemplo de realización anterior en cada una de la pluralidad de imágenes posteriores ( $Fr.t+1, \dots, Fr.W$ ) a la imagen de detección (I) adquirida a tiempo  $t$  de detección;
- Caso de no mantenerse la detección del cambio de iluminación en una mayoría de la pluralidad de imágenes posteriores ( $Fr.t+1, \dots, Fr.W$ ) a la imagen de detección (I) a tiempo  $t$  de detección, rechazar la detección del cambio de iluminación a tiempo  $t$  como cambio de iluminación

En el presente ejemplo se considera que se han adquirido  $W$  imágenes tras la detección del cambio de iluminación durante el tiempo de guarda. Al realizar el mismo procedimiento sobre las imágenes se detecta si el cambio de iluminación a tiempo  $t$  de detección se mantiene en las  $W$  imágenes posteriores. Si la correlación no supera el umbral de aceptación (T) cuando se analizan una mayoría de los  $W$  casos tras la detección del cambio de iluminación entonces no se aceptará el cambio como cambio de iluminación. Particularmente se considera que hay una mayoría cuando al menos ocurre la detección de un cambio de iluminación en más de la mitad de imágenes posteriores ( $Fr.t+1, \dots, Fr.W$ ). El parámetro del tiempo de guarda ( $\sigma$ , equivalentemente el número de imágenes



posteriores,  $W$ ) es función de la tasa de imágenes adquirida (número de imágenes por unidad de tiempo) lo que permite eliminar efectos indeseados provenientes de cambios del sensor.

5 Los métodos anteriores, cuando se aplican a un sistema aplicado a la generación de eventos relacionados con un cambio en una secuencia de video, como aquellos que se utilizan en los sistemas de visión y particularmente en video vigilancia, son especialmente útiles pues mediante estos métodos se evitan falsas alarmas que están asociadas a cambios de iluminación. Esta efectividad mejora los resultados presentes aplicando métodos automáticos para la detección de movimiento.

10 También se proporciona un dispositivo adecuado para sistemas de visión que comprende:  
– medios de entrada de imágenes;  
– medios de procesamiento de datos; y  
– medios de almacenamiento de datos,  
15 en donde los medios de procesamiento de datos están configurados para llevar a cabo un método según una cualquiera de las enseñanzas técnicas anteriores.

Adicionalmente, este dispositivo puede incorporar un interfaz de comunicaciones que le permita intercambiar información y órdenes con un dispositivo externo. En el presente ejemplo de realización el método además  
20 comprende un medio de adquisición de imágenes. Cuando este dispositivo se integra en un sistema de video vigilancia que incorpora medios de alarma permite llevar a cabo una detección sobre la región de estudio que evita falsas alarmas debidas a cambios de iluminación.

En la figura 4 se muestra un esquema de una arquitectura para un sistema de detección de cambios adaptado para  
25 implementar método aplicado a la generación de alarmas.

Una cámara actúa como medio de adquisición (41) y la secuencia de video que se suministra las secuencia de video del medio de adquisición (41). Este sistema se implementa mediante un módulo de definición de zona (42) en el que se encuentran los parámetros para definir las zonas de interés para el reconocimiento, delimitando una zona de  
30 reconocimiento en la región de estudio.

Estas imágenes se insertan en un módulo (43) en el que se extraen las características de la imagen y a continuación en un módulo de reconocimiento (44) que permite el reconocimiento de cambios tales como un cambio de iluminación mediante una pluralidad de arquitecturas que implementan las enseñanzas técnicas anteriores. El resultado de este módulo de reconocimiento (44) alimenta un sistema de validación de alarmas (45) que permite  
35 informar a otros equipos de una alarma valida en la que se corrigen aquellos cambios producidos por los cambios de iluminación.

**REIVINDICACIONES**

1. – Método de detección de cambios de iluminación para sistemas de visión entre
- 5 una imagen de detección (I) de una región de estudio adquirida en un tiempo  $t$  de detección, y una imagen de modelo de fondo (B) de dicha región de estudio, la imagen de modelo de fondo (B) refleja la evolución temporal de la región de estudio en un instante anterior al tiempo  $t$  de detección,
- en donde la imagen de detección (I) comprende un primer conjunto de píxeles (1) y la imagen de modelo de fondo (B) comprende un segundo conjunto de píxeles (2),
- 10 compartiendo dicho primer conjunto de píxeles (1) y dicho segundo conjunto de píxeles (2) un mismo conjunto de  $N$  coordenadas de píxel  $(r_1, \dots, r_N)$ , y
- asociándose a cada coordenada de píxel ( $r_i$ ) del conjunto de coordenadas de píxel  $(r_1, \dots, r_N)$ , un único valor de píxel del primer conjunto de valores de píxel (1) y un único valor de píxel del segundo conjunto de valores de píxel (2),
- comprendiendo dicho método la provisión de un valor umbral (T) de aceptación del cambio de iluminación, el valor
- 15 umbral de aceptación depende de las condiciones de iluminación de la región de estudio y
- el método está caracterizado por que comprende la siguiente secuencia de etapas:
- selección de una región segmentada (R) mediante técnicas de segmentación de imagen digital entre la imagen de detección (I) y la imagen de modelo de fondo (B), la región segmentada (R) refleja un cambio con respecto al modelo de fondo;
  - 20 – determinar un valor de correlación (C) entre los píxeles en la región segmentada (R) que pertenece a la imagen de detección (I) y los píxeles en la región segmentada (R) que pertenecen a la imagen de modelo de fondo (B), a partir del valor de píxel (1.i) de la imagen de detección (I) y el valor de píxel (2.i) de la imagen de modelo de fondo (B) correspondiente a una misma coordenada de píxel que pertenece a la región segmentada (R);
  - caso de que el valor de correlación (C) sea mayor que el valor umbral (T) de aceptación, se detecta que se ha producido un cambio de iluminación en la imagen de detección (I).
- 25
2. – Método según la reivindicación 1 en donde la selección de la región segmentada (R) comprende las etapas de:
- Creación de una imagen de primer plano a partir del valor de la diferencia entre cada valor de píxel (1) de la imagen (I) de detección y de cada valor de píxel (2) de la imagen (B) de modelo de fondo;
  - 30 – Etiquetado de aquellos píxeles de la imagen de detección (I) que están dentro de la imagen de primer plano;
  - Formación de al menos un objeto (O) mediante técnicas de fusión; y
  - Agrupación de al menos un objeto (O) en para dar lugar a una región segmentada (R).
- 35
3. – Método según la reivindicación 1 a 2 en donde el valor de píxel  $(1.1, \dots, 1.N)$  de la imagen de detección (I) y el valor de píxel  $(2.1, \dots, 2.N)$  de la imagen de modelo de fondo (B) viene dado por un modelo de color en escala de grises.
- 40
4. – Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en donde el valor de píxel  $(1.1, \dots, 1.N)$  de la imagen de detección (I) y el valor de píxel  $(2.1, \dots, 2.N)$  de la imagen de modelo de fondo (B) viene dado por un modelo de color RGB con tres componentes por cada píxel.
- 45
5. – Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 en donde el valor umbral (T) de aceptación del cambio de iluminación asociado al cambio de luz es cero.
6. – Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 en donde el valor umbral (T) de aceptación del cambio de iluminación asociado al cambio de luz es 0.7.
7. – Método según cualquiera de la reivindicaciones 1 a 6 en donde en una etapa anterior se somete a la imagen de detección (I) a un cambio de escala que aumenta los valores de píxel con mayor valor de la intensidad.
- 50

8. – Método según la reivindicación 7 en donde el cambio de escala que aumenta los valores de pixel con mayor valor de la intensidad sigue una dependencia cúbica con el valor de pixel.

5 9. – Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 en donde se corrige mediante la substracción a sobre todos los valores de pixel de cualquier combinación de las siguientes imágenes:

- la imagen de detección (I);
- la imagen del modelo de fondo (B);
- la imagen truncada (Z) sobre la imagen de detección (I);
- 10 – la imagen truncada sobre la imagen de modelo de fondo (B);

de una corrección que se corresponde con el valor de pixel de cualquiera de las siguientes imágenes:

- el plano de iluminación de la imagen de detección (I); ó
- 15 – el plano de iluminación de la imagen de fondo (B); ó
- el plano de iluminación de la imagen truncada (Z) sobre la imagen de detección (I); o
- el plano de iluminación de la imagen truncada sobre la imagen de modelo de fondo (B).

20 10. – Método de detección según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 en donde caso de detectarse un cambio de iluminación sobre la imagen de detección (I) a tiempo  $t$  de detección, comprende realizar adicionalmente las siguientes etapas:

- Provisión de un tiempo de guarda;
- 25 – Adquisición de una pluralidad de imágenes posteriores ( $Fr.t+1, \dots, Fr.W$ ) a la imagen de detección (I) a tiempo  $t$  de detección durante el tiempo de guarda;
- Llevar cabo la detección de cambio de iluminación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 en cada una de la pluralidad de imágenes posteriores ( $Fr.t+1, \dots, Fr.W$ ) a la imagen de detección (I) adquirida a tiempo  $t$  de detección;
- 30 – Caso de no mantenerse la detección del cambio de iluminación en una mayoría de la pluralidad de imágenes posteriores ( $Fr.t+1, \dots, Fr.W$ ) a la imagen de detección (I) a tiempo  $t$  de detección, rechazar la detección del cambio de iluminación a tiempo  $t$  de detección como cambio de iluminación.

35 11. – Dispositivo para sistemas de visión que comprende:

- medios de entrada de imagen;
- medios de procesamiento de datos; y
- medios de almacenamiento de datos;
- 40 en donde los medios de procesamiento están configurados para llevar a cabo el método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

45 12. – Dispositivo según la reivindicación 11 que comprende medios de interfaz de datos de imagen para llevar a cabo una comunicación de la detección de cambio de luz en la imagen de detección (I).

13. – Dispositivo según la reivindicación 11 que comprende medios de adquisición de imagen (41).

14.- Sistema de video-vigilancia que comprende un dispositivo según las reivindicaciones 11 ó 12 y medio de alarma.

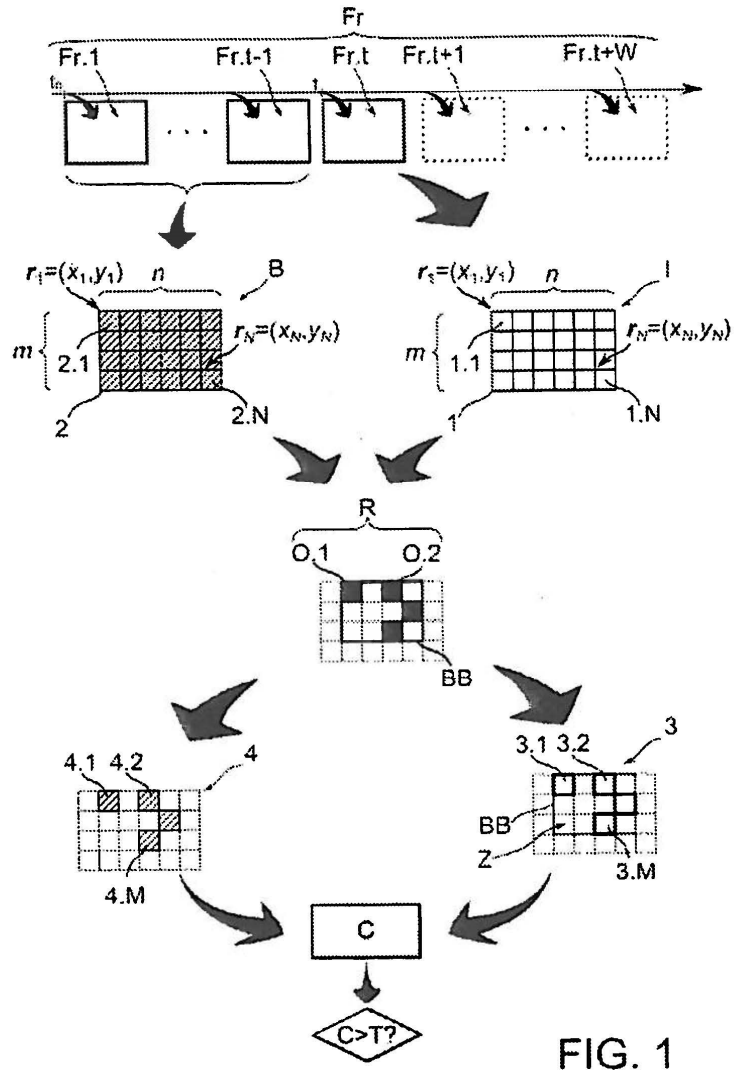
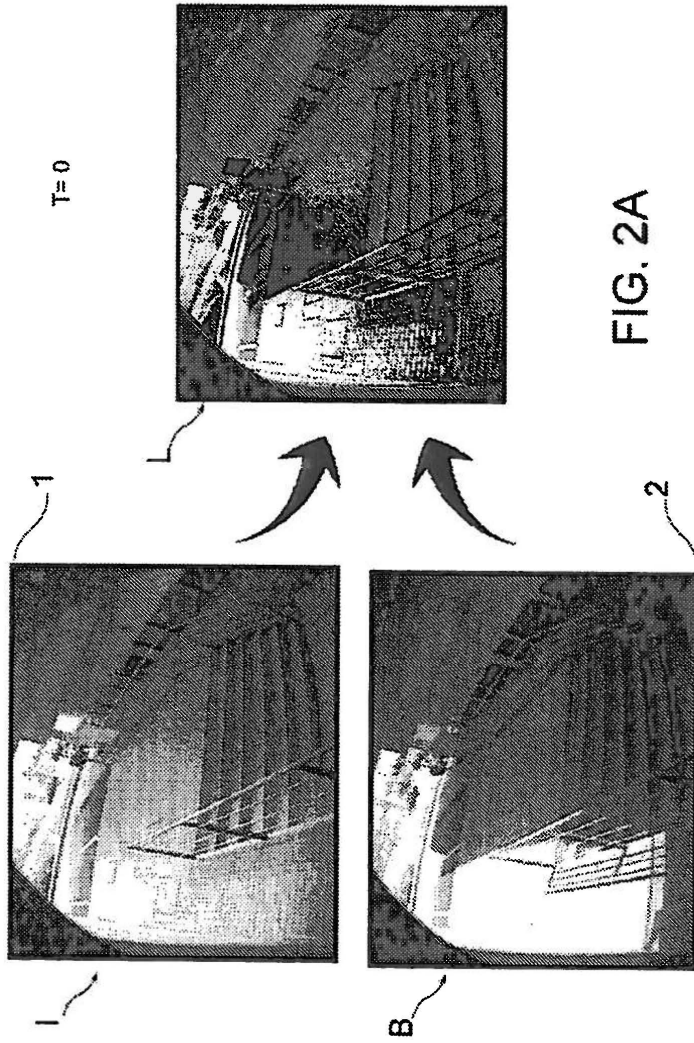
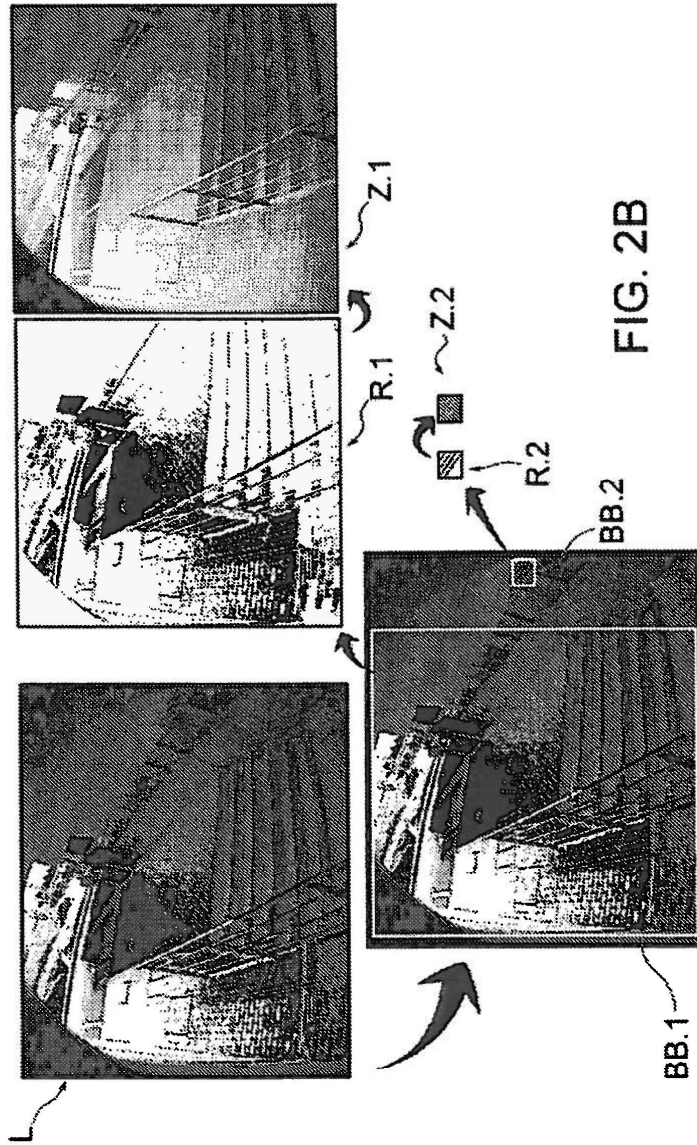
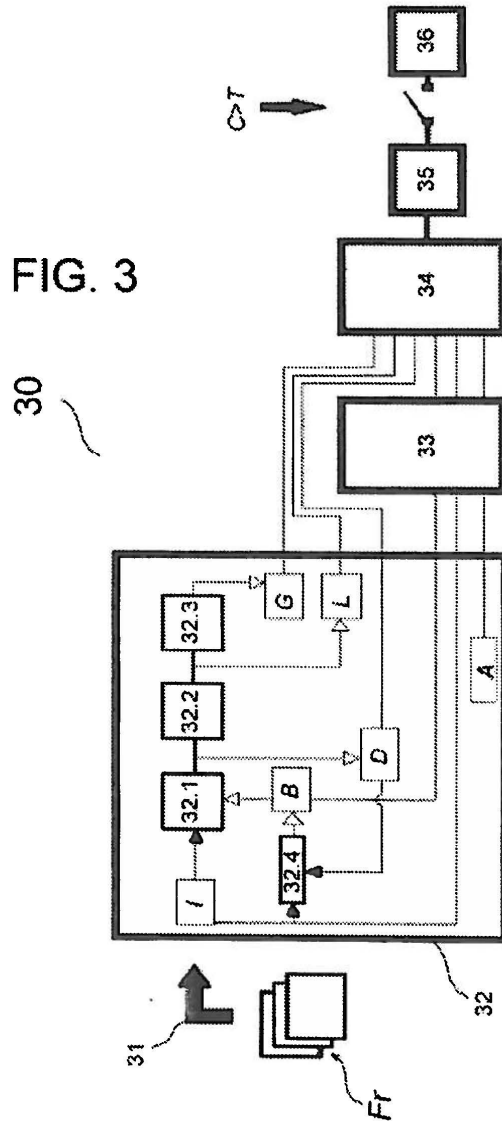


FIG. 1







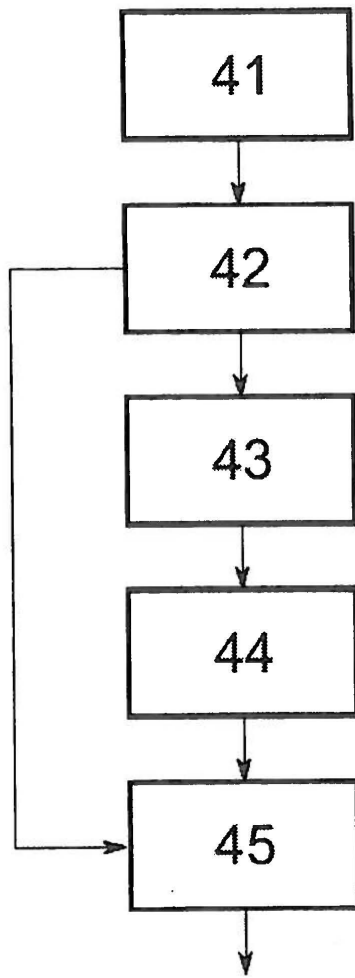


FIG. 4