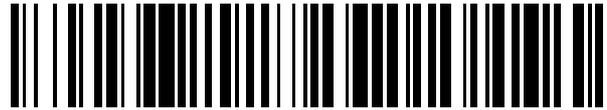


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 410 429**

51 Int. Cl.:

**G08B 17/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.01.2007 E 07716621 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2013 EP 2118862**

54 Título: **Sistema y método para detección por video de humo y llamas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.07.2013**

73 Titular/es:

**UTC FIRE&SECURITY CORPORATION (100.0%)  
9 FARM SPRINGS  
FARMINGTON, CT 06034, US**

72 Inventor/es:

**FINN, ALAN MATTHEW;  
PENG, PEI-YUAN y  
XIONG, ZIYOU**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 410 429 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**

Sistema y método para detección por vídeo de humo y llamas

**Antecedentes de la invención**

5 La presente invención generalmente está relacionada con visión por ordenador y reconocimiento de patrones, y en particular con análisis de vídeo para detectar la presencia de humo o llamas, indicativas de un fuego.

10 La capacidad de detectar la presencia de llamas o humo es importante en varios niveles, incluido con respecto a la seguridad humana y la seguridad de la propiedad. En particular, debido a la rápida velocidad de expansión de un fuego, es importante detectar la presencia de fuego lo más pronto posible. Los medios tradicionales de detección de fuego incluyen el muestreo de partículas (es decir, detectores de humo) y sensores de temperatura. Si bien son precisos, estos métodos incluyen varios inconvenientes. Por ejemplo, los detectores tradicionales de partículas o humo necesitan que el humo alcance físicamente un sensor. En algunas aplicaciones, la ubicación del fuego o la presencia de sistemas de aire ventilado impiden que el humo llegue al detector durante mucho tiempo, lo que permite que haya tiempo para que el fuego se propague. Un sensor típico de temperatura necesita que el sensor esté ubicado físicamente cerca del fuego, porque el sensor de temperatura no sentirá el fuego hasta que se haya propagado a la ubicación del sensor de temperatura. Además, ninguno de estos sistemas proporciona tanta cantidad de datos como sería deseable en cuanto a tamaño, ubicación o intensidad del fuego.

15 La detección por vídeo de un fuego proporciona soluciones a algunos de estos problemas. En la técnica anterior se conocen varios algoritmos de análisis de contenido de vídeo para la detección de fuego. Sin embargo, los algoritmos típicos de análisis de contenido de vídeo conocidos en la técnica anterior no son eficaces para reconocer rápidamente humo o fuego. Por ejemplo, algunos algoritmos de análisis de contenido de vídeo sólo son capaces de detectar bien llamas o bien humo, pero no ambos. En otros algoritmos de análisis de contenido de vídeo, la presencia de fuego o humo es detectada incorrectamente, lo que resulta en falsas alarmas.

Por lo tanto, sería beneficioso desarrollar un método mejorado para analizar datos de vídeo para detectar la presencia de humo y llamas.

25 El documento US 2003/0044042 A1, sobre el que se caracterizan las reivindicaciones independientes, describe un método y un aparato de detección de fuegos por obtención de imágenes de llamas.

**Breve compendio de la invención**

Según la presente invención se proporcionan métodos para detectar humo o llamas según las reivindicaciones 1 y 2 y sistemas para detectar la presencia de llamas o humo, según las reivindicaciones 10 y 11.

30 En esta memoria se describe un método para detectar la presencia de llamas o humo basándose en un aporte de vídeo. El aporte de vídeo es analizado para identificar regiones que indican la presencia de llama o humo. El análisis espacial se realiza en las regiones identificadas, en donde el análisis espacial extrae características espaciales asociadas con la región identificada. El análisis de las características espaciales extraídas se utiliza para determinar si la región identificada contiene sin duda humo o llamas.

35 En una realización, un sistema de reconocimiento por vídeo detecta la presencia de llamas o humo basándose en un aporte de vídeo proporcionado por unos medios para adquirir datos de vídeo. Los datos de vídeo adquiridos son proporcionados a unos medios para almacenar datos de vídeo. Los fotogramas individuales almacenados en los medios para almacenar datos de vídeo se proporcionan a unos medios para la detección de una frontera de una región identificada como que potencialmente contiene humo o llamas. Tras la identificación de las fronteras de la región identificada, los valores espaciales relacionados con la región identificada son medidos por unos medios para medir valores espaciales. Los medios para determinar la presencia de humo o llamas se basan, por lo menos en parte, en los valores espaciales medidos.

40 En una realización de la presente invención, se describe un sistema para detectar la presencia de llamas o humo. El sistema incluye por lo menos un detector de vídeo para capturar un aporte de vídeo y un sistema de reconocimiento por vídeo. Un aporte de vídeo capturado por el detector vídeo es proporcionado al sistema de reconocimiento por vídeo. El sistema de reconocimiento por vídeo define las fronteras alrededor de las regiones identificadas como que potencialmente contienen humo o llamas y mide valores espaciales asociados con cada región identificada basándose en las fronteras definidas. El sistema de reconocimiento por vídeo determina si hay presente llamas o humo en la región identificada basándose, por lo menos en parte, en los valores espaciales medidos.

50 **Breve descripción de los dibujos**

La FIG. 1 es un diagrama funcional de bloques de un detector de vídeo y sistema de reconocimiento por vídeo.

La FIG. 2 ilustra el análisis de un único fotograma que contiene una región identificada como que potencialmente contiene la presencia de humo o llamas.

La FIG. 3 es un diagrama de flujo de un algoritmo de análisis de vídeo para detectar la presencia de humo y llamas en un fotograma o fotogramas de vídeo.

### Descripción detallada

- 5 Un método para determinar la presencia de humo o llamas en un fotograma de vídeo o secuencia de fotogramas de vídeo trata de detectar la presencia de llamas o humo mediante la identificación primero de regiones que potencialmente o probablemente contienen humo o llamas. Los atributos geométricos o espaciales de las regiones identificadas son analizados para determinar si la región identificada contiene de hecho humo o llamas, en particular, el método utiliza los atributos espaciales extraídos para determinar si una región identificada muestra el comportamiento turbulento que es característico de las llamas y el humo. La turbulencia se calcula relacionando, en una realización, el perímetro de una región con el área de la misma región. En otra realización, la turbulencia se calcula relacionando el área superficial de la región con el volumen de la misma región. Basándose en la turbulencia calculada, puede detectarse la presencia de llamas o humo. Por lo tanto, al analizar las características espaciales de una región identificada como que potencialmente contiene humo o llamas, puede hacerse una determinación precisa con respecto a si la región identificada en realidad contiene humo o llamas.
- 10
- 15 Por otra parte, el método tiene la ventaja de la naturaleza casi fractal del humo y de las llamas, lo que significa que independientemente de la escala, el humo y las llamas muestran características de auto-similitud. Debido a la naturaleza casi fractal del fuego, las características espaciales extraídas con respecto a una región identificada pueden estar relacionadas por una ley de relación de potencia que proporciona una medida de la turbulencia asociada con una región identificada, incluso si la región identificada es muy pequeña.
- 20 La FIG. 1 es un diagrama funcional de bloques de una realización del sistema 10 de detección de fuegos, que incluye, pero no se limita a, por lo menos un detector 12 de vídeo, sistema 14 de reconocimiento por vídeo y sistema de alarma 16. El detector 12 de vídeo captura una serie de fotogramas o imágenes sucesivas de vídeo, y proporciona estas imágenes al sistema 14 de reconocimiento por vídeo. En una realización, el detector 12 de vídeo se implementa con una cámara de vídeo. El término "vídeo" utilizado en esta memoria no está restringido únicamente a vídeo en el espectro perceptible por los humanos, sino que puede incluir secuencias de imágenes fuera del espectro perceptible por los humanos, tal como en los infrarrojos o ultravioletas. Además, la captura de vídeo puede ser realizada por cualquiera de varios dispositivos que incluyen, pero no se limitan a, dispositivos de vídeo digital, dispositivos de vídeo analógico, dispositivos de detección por infrarrojos o dispositivos de captura de imágenes quietas. El proporcionar vídeo por parte de un detector 12 de vídeo a un sistema 14 de procesamiento de vídeo puede ser por cualquiera de varios medios, por ejemplo, mediante una conexión por cable, a través de una red inalámbrica dedicada, a través de una red inalámbrica compartida, etc. El sistema 14 de reconocimiento por vídeo emplea, pero no se limita a, los siguientes elementos para determinar si hay llamas o humo presentes: memoria intermedia 18 de fotogramas, detector 20 de región de llamas/humo, detector 22 de orillas, extractor 24 de características espaciales, calculadora 26 de turbulencias y lógica de decisión 28. Puede utilizarse una combinación de hardware y software para implementar cada uno de los elementos dentro de un sistema 14 de reconocimiento por vídeo. El hardware incluido dentro de un sistema 14 de procesamiento de vídeo puede incluir un procesador de vídeo, así como memoria. El software incluido dentro de un sistema 14 de reconocimiento por vídeo puede incluir software de análisis de contenido de vídeo.
- 25
- 30 El aporte de vídeo desde el detector 12 de vídeo se proporciona a la memoria intermedia 18 de fotogramas, que almacena temporalmente varios fotogramas individuales. La memoria intermedia 18 de fotogramas puede retener un fotograma, o puede almacenar sólo un cierto número de fotogramas sucesivos para análisis periódicos. La memoria intermedia 18 de fotogramas puede implementarse por cualquier número de medios incluidos hardware independiente o como parte designada de una memoria de ordenador. La memoria intermedia 18 de fotogramas proporciona imágenes almacenadas al detector 20 de región de llamas y humo, que identifica y detecta las regiones dentro de cada fotograma que potencialmente pueden indicar la presencia de humo o llamas. El detector inicial 20 de región de llamas/humo puede utilizar varios métodos bien conocidos para identificar regiones como que potencialmente incluyen la presencia de llamas o humo. Por ejemplo, el humo y las llamas pueden ser detectados utilizando análisis por oscurecimiento de objetos, modelos de comparación de colores, análisis de efecto parpadeante, análisis de difuminado y análisis de formas.
- 35
- 40 En particular, los algoritmos de comparación de colores son a menudo útiles para detectar la presencia de fuego. Los algoritmos de comparación de colores funcionan en espacio de color RGB (rojo, verde, azul) o espacio de color HSV (tono, saturación, valor), en donde cada píxel puede ser representado por un triple RGB o triple HSV. Las distribuciones que representan imágenes de llamas o humo e imágenes que no son de fuego son generadas al clasificar cada píxel en una imagen basada en un valor triple RGB o HSV. Por ejemplo, la distribución puede construirse utilizando un planteamiento no paramétrico que utiliza intervalos de histogramas para construir una distribución. Los píxeles de una imagen de llama o humo se clasifican (basándose en un valor triple RGB o HSV) y se proyectan en correspondientes intervalos discretos para construir una distribución que representa la presencia de llama o humo. Los píxeles de imágenes que no son fuego son clasificados similarmente y se proyectan en intervalos discretos para construir una distribución que representa una imagen que no es de fuego. Los píxeles en un fotograma actual de vídeo se clasifican (basándose en valores RGB y VHS) y se comparan con las distribuciones
- 45
- 50
- 55
- 60

que representan imágenes de llamas o humo e imágenes que no son de fuego para determinar si el píxel actual debe ser clasificado como un píxel de llama o humo o un píxel que no es de fuego.

En otra realización, se generan distribuciones utilizando un planteamiento paramétrico que incluye encajar una mezcla pre-computada de distribuciones gaussianas. Los píxeles de imágenes de fuego y de imágenes que no son de fuego se clasifican (basándose en triples RGB o HSV) y se colocan en el espacio tridimensional para formar grupos de píxeles. Una mezcla de distribución gaussiana (MOG) se aprende a partir de los grupos de píxeles. Para determinar si un píxel desconocido debe ser clasificado como un píxel de fuego o un píxel que no es de fuego, el correspondiente valor asociado al píxel desconocido se compara con distribuciones MOG que representan imágenes de fuego y que no son de fuego.

El uso de un algoritmo de comparación de colores se describe con más detalle en la siguiente referencia: "A System for Real-Time Fire Detection", de Healey, G., Slater, D., Lin, T., Drda, B., Goedeke, A.D., 1993. *IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition* (1993): 605-606. Otros métodos bien conocidos se describen en los documentos "Flame Recognition in Video" de Phillips, W., Shah, M., y da Vitoria Lobo, N., *Fifth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, p. 224-229, Dic. de 2000; "Flame Detection In Video Using Hidden Markov Models" de Toreyin, BU., Dedeoglu, Y., Cetin, AE., 1C IP 2005. Génova, Italia; y "Wavelet Based Real-Time Smoke Detection In Video" de Toreyin, BU., Dedeoglu, Y., Cetin, AE., EUSIPCO 2005, Antalia, Turquía.

También puede calcularse una medición asociada con el efecto parpadeante característico del fuego para identificar si una región contiene potencialmente fuego. Debido al movimiento turbulento característico del fuego, los píxeles individuales en un bloque que contiene fuego mostrarán una característica conocida como parpadeo. El parpadeo puede definirse como el cambio de color o la intensidad de un píxel de un fotograma a otro. De este modo, el color o la intensidad de un píxel de un primer fotograma se compara con el color o la intensidad de un píxel (tomado en la misma ubicación de píxel) de fotogramas anteriores. Se genera una medición de parpadeo basándose en el número de píxeles que contienen la característica de parpadeo, o un porcentaje de píxeles que contienen características de parpadeo. Para más información relativa al cálculo de efectos de parpadeo para determinar la presencia de fuego se proporcionan las siguientes referencias: "Flame Recognition in Video", de W. Phillips, III, M. Shah, y N. da Vitoria Lobo, en *Fifth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, págs. 224-229, diciembre de 2000 y "An early-detection method based on image processing" de T.-H. Chen, P.-H. Wo, Y.-C. Chiou, en *Proceedings* de 2004, *International Conference on Image Processing (ICIP 2004)*, Singapur, 24-27 de octubre, 2004, págs. 1707-1710.

También podrán computarse otras mediciones de vídeo indicativas de fuego, tal como una medición de forma, medición de oscurecimiento parcial o total, o medición de visión difuminada, como son conocidas en la técnica, sin necesidad de apartarse del alcance de esta invención. Cada una de estas mediciones se calcula comparando un fotograma actual o imagen de vídeo con una imagen de referencia, donde la imagen de referencia puede ser un fotograma anterior o el resultado computado de múltiples fotogramas anteriores. Por ejemplo, la medición de forma incluye comparar en primer lugar la imagen actual con una imagen de referencia y detectar regiones de diferencias. Las regiones detectadas que indican una diferencia entre la imagen de referencia y la imagen actual son analizadas para determinar si la región detectada es indicativa de humo o llamas. Métodos utilizados para hacer esta determinación incluyen, pero no se limitan a, la densidad de la región detectada, la relación de aspecto y el área total.

Una medición de oscurecimiento parcial o total se basa también en comparaciones entre una imagen actual y una imagen de referencia. Un método común de cálculo de dichas mediciones necesita generar coeficientes de transformada para la imagen de referencia y la imagen actual. Por ejemplo, pueden utilizarse algoritmos de transformada tales como la transformada de coseno discreta (DCT) o transformada Wavelet discreta (DWT) para generar los coeficientes de transformada para la imagen de referencia y la imagen actual. Los coeficientes calculados con respecto a la imagen actual son comparados con los coeficientes calculados con respecto a la imagen de referencia (utilizando cualquier número de métodos estadísticos, tales como Sesgo, Curtosis, Diferencia de referencia o Encaje cuadrático) para proporcionar una medición de oscurecimiento. La medición de oscurecimiento indica si la imagen actual está oscurecida total o parcialmente, que a su vez puede indicar la presencia de humo o llamas. Del mismo modo, puede utilizarse un análisis similar basado en coeficientes calculados para una imagen de referencia e imagen actual para calcular condiciones de desenfoque o difuminado, que también es indicativo de la presencia de humo o llamas.

Se usa cualquiera de los métodos identificados antes (o una combinación de varios métodos) para identificar áreas que potencialmente contienen llamas o humo dentro de un fotograma particular. Después de la identificación de zonas que potencialmente contienen llamas o humo, las orillas de la zona identificada son definidas por el detector de orillas 22.

El detector de orillas 22 utiliza la identificación inicial de zonas que contienen humo y llamas como aporte para un proceso que define las orillas o la frontera de una región identificada como que contiene humo o llamas. Definir las orillas de una región identificada permite la extracción de información espacial relacionada con la región identificada, tal como el perímetro, área, área superficial y volumen. En una realización, el detector de orillas 22 utiliza modelos de contorno activo o de superficie activa para definir las orillas de las regiones que contienen humo o llamas. Los

contornos activos, o “serpientes”, como se les llama a menudo, se utilizan ampliamente en visión por ordenador y aplicaciones de procesamiento de imagen, particularmente para localizar fronteras de objetos. Los contornos activos se definen como curvas que se mueven bajo la influencia de fuerzas internas provenientes de dentro de la misma curva y fuerzas externas computadas a partir de los datos de la imagen. Las fuerzas internas y externas se definen de modo tal que la curva se ajustará a una frontera del objeto u otras características deseadas dentro de una imagen. Existen varios métodos para definir las fuerzas internas y externas para mejorar la detección de fronteras, cada método define las fuerzas (internas y externas) de una manera única para maximizar la detección de fronteras. Por ejemplo, uno de esos métodos define el campo externo utilizando un campo de flujo vectorial gradiente (GVF). En la siguiente referencia se describe una descripción matemática de contornos activos y formas, y en particular del uso de campos de flujo vectorial gradiente: “*Snakes, Shapes, and Gradient Vector Flow*” de Xu, Chenyang y Prince, Jerry L. *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 7, nº. 3, marzo de 1998: 359-369.

De este modo, la región identificada por el detector de llamas/humo 20 proporciona un punto de partida para que el modelo de contorno activo empiece a definir las orillas de la región identificada. Por ejemplo, en una realización, el modelo de contorno activo se inicia fuera de la región identificada. Las fuerzas externas se definen basándose en el dominio de la imagen, y la combinación de fuerzas externas e internas hace que el modelo de contorno activo sea reducido de tamaño hasta que se adapta o define las orillas de la región que contiene humo o llamas. En otra realización, el modelo de contorno activo se inicia dentro de la región identificada como que contiene humo o llamas. Una vez más, las fuerzas externas se generan basándose en el dominio de la imagen y la combinación de fuerzas internas y externas hace que el contorno activo crezca de tamaño hasta que define las orillas de la región que contiene humo o llamas.

Habiendo definido o perfilado las orillas (o superficie) de la región que contiene humo o llamas, un extractor 24 de característica espacial extrae información espacial asociada con la región. En una realización, el extractor 24 de características espaciales determina, basándose en las orillas definidas de la región identificada, el perímetro y el área de la región definida. En otra realización, el extractor 24 de características espaciales determina, basándose en la superficie definida de la región identificada, el área superficial y el volumen de la región definida.

En una realización, para definir el área superficial y el volumen de una región identificada, los datos de vídeo de un único detector de vídeo pueden ser analizados en fotogramas sucesivos. Los datos de perímetro y el área se calculan con respecto a cada fotograma, y se combinan en un número de fotogramas sucesivos para construir un valor espacial dinámico asociado a una región identificada. El área superficial y el volumen pueden calcularse a partir de este valor espacial dinámico mediante la integración de los datos espaciales dinámicos (incluyendo datos de perímetro y de área). En otra realización, se combinan datos de vídeo de varios detectores de vídeo (ya sea utilizando un solo fotograma a o varios fotogramas sucesivos). Basándose en las distintas perspectivas de cada detector de vídeo, pueden calcularse datos tridimensionales como área superficial y volumen.

Las características espaciales extraídas pueden estar relacionadas entre sí para determinar si la forma de la región identificada es indicativa de llamas o humo. En particular, se ha encontrado que la llama y el humo, independientemente de su tamaño, tienen un comportamiento turbulento característico. Mediante el análisis de la complejidad de la forma asociada a la región definida, el detector de turbulencia 26 puede determinar si la región definida muestra la característica turbulenta de las llamas y el humo en una realización espacial bidimensional, la complejidad de la forma es determinada por la relación del perímetro de la región identificada con el área de la región identificada utilizando la siguiente ecuación:

$$\Omega_2 = \frac{P}{2\pi^{1/2} * A^{1/2}}$$

Ecuación 1

El símbolo “ $\Omega_2$ ” representa una complejidad de forma de una región bidimensional, donde “P” representa el perímetro de la región, y “A” representa el área de la región. La relación se normaliza de tal manera que un círculo se traduce en que  $\Omega_2$  tiene el valor de la unidad. A medida que aumenta la complejidad de una forma (es decir, el perímetro aumenta con respecto al área) el valor asociado con  $\Omega_2$  aumenta.

En una realización espacial tridimensional, la complejidad de la forma se determina por la relación del área superficial de la región identificada con el volumen de la región identificada utilizando la siguiente ecuación:

$$\Omega_3 = \frac{SA}{6^{2/3} \pi^{1/3} * V^{1/3}}$$

Ecuación 2

Una vez más, la relación se normaliza de tal manera que una esfera se traduce en que  $\Omega_3$  tiene un valor de la unidad. A medida que aumenta la complejidad de la forma el valor asociado con  $\Omega_3$  también aumenta.

La complejidad de la forma definida con respecto a la Ec. 1 y la Ec. 2 proporciona una idea de la naturaleza de una región. La naturaleza turbulenta de una región puede detectarse (independientemente de su tamaño) mediante la relación de las características espaciales extraídas entre sí utilizando una relación de ley de potencia. Por ejemplo, una relación de ley de potencia que relaciona el perímetro con el área (o el equivalente para la raíz cuadrada del área superficial con la raíz cúbica del volumen) se define mediante la siguiente ecuación:

$$P = c(A^{1/2})^q$$

Ecuación 3

La existencia de fenómenos turbulentos es detectada por la relación entre el perímetro P y el área A mediante la variable q, en donde c es una constante. En una realización, una región se define como turbulenta cuando q es aproximadamente igual a un valor de 1,35. Por lo tanto, el detector de turbulencias 26 relaciona el perímetro con el área (o área superficial y volumen), como se muestra en la Ecuación 3 para detectar si una región dada muestra comportamiento turbulento característico de las llamas y el humo, y sigue siendo válida independientemente del tamaño de la región que se está analizando. Esta información se proporciona a la lógica de decisión 28, que compara la turbulencia calculada con modelos aprendidos para determinar si una región en particular contiene humo o llamas. En una realización, las características espaciales extraídas (y las correspondientes turbulencias calculadas) son almacenadas en el tiempo para generar una visión dinámica de una región en particular. La lógica de decisiones compara los datos dinámicos con modelos dinámicos aprendidos para determinar si una región contiene sin duda humo o llamas. Puede utilizarse cualquier otra lógica de decisión, tal como simple comparación con un umbral, sin necesidad de apartarse del alcance de esta invención.

La indicación de la presencia de humo o llamas se retransmite al sistema de alarma 16. Además, la lógica de decisión 28 también puede proporcionar un sistema de alarma 16 con información relativa a la ubicación y el tamaño del *fuego*.

La FIG. 2 ilustra el análisis del fotograma 30 capturado por el detector vídeo 12. La FIG. 3 es un diagrama de flujo que ilustra las etapas adoptadas por el sistema 14 de reconocimiento por vídeo (mostrado en la FIG. 1) para analizar el fotograma 30.

En la etapa 40, el fotograma 30 es recibido por el sistema 14 de reconocimiento por vídeo. Como se ha indicado anteriormente, la memoria intermedia 18 de fotogramas puede utilizarse para almacenar un único fotograma o una serie de fotogramas sucesivos recibidos del detector de vídeo 12. En la etapa 42, se utilizan técnicas iniciales de detección de humo y llamas para detectar regiones del fotograma 30 que indican la presencia de llamas o humo. Las herramientas utilizadas para realizar esta determinación inicial (mostrada en el cuadro 44) pueden incluir análisis de color, análisis de oscurecimiento, análisis de modelo de textura, así como otros métodos conocidos en la técnica. Basándose en este análisis, la región 32 dentro del fotograma 30 es identificada como que potencialmente contiene llamas o humo.

En la etapa 46, la frontera de la región 32 se define utilizando herramientas de modelo de contorno activo o de forma activa (mostrada en el cuadro 48). Por ejemplo, en la FIG. 2 se utiliza un modelo de contorno activo (utilizado para análisis de dos dimensiones) para definir la frontera 34 que perfila la región 32. La frontera definida de la región 32 se almacena en la etapa 50 y se proporciona como aporte a la etapa 42 para proporcionar seguimiento de forma de la región. La frontera definida puede compararse con un fotograma sucesivo en la etapa 42 para proporcionar un análisis adicional relativo a una región en particular. Por ejemplo, en la etapa 42 la región definida puede compararse con un fotograma actual para determinar si el área de humo o llamas ha aumentado de tamaño (lo que indica un fuego creciente) o se ha mantenido relativamente estática.

En la etapa 52, las características espaciales asociadas con la región 32 se extraen basándose en la frontera refinada definida por modelos de superficie activa/contorno activo. Por ejemplo, en la realización espacial de dos dimensiones mostrada en la Fig. 2, se mide y se extrae el perímetro de la región 32, así como el área de la región 32.

En la etapa 54, las características espaciales extraídas en la etapa 52 se relacionan entre sí para determinar la complejidad de la forma asociada con la región 32. En particular, las características espaciales extraídas se comparan para detectar si la región 32 muestra comportamiento turbulento. En la etapa 56, los cálculos basados en las características espaciales extraídas se almacenan en la memoria. Esto permite que las turbulencias de la región 32 sean monitorizadas en el tiempo, lo que proporciona una medida de la turbulencia dinámica. Los cálculos almacenados (que representan la complejidad dinámica y las turbulencias de la región 32 con el tiempo) son comparados con modelos aprendidos para determinar si la región 32 contiene realmente humo o llamas. En otra realización, la complejidad y la turbulencia instantáneas de la forma pueden usarse solas o combinadas con modelos dinámicos para determinar si la región 32 contiene humo o llamas.

Si se hace la determinación de que la región 32 probablemente contiene humo o llamas, se proporciona una señal a un sistema de alarma en la etapa 60. Además de una indicación de si hay fuego presente, también se puede

suministrar al sistema de alarma 16 datos que indican la ubicación del fuego y el tamaño del fuego (basados en datos de mediciones tomadas).

Aunque la FIG. 3 tal como se describe más arriba describe el comportamiento de *un* número de etapas, el orden numérico de las etapas no implica un orden real en el que deben realizarse las etapas.

- 5 Aunque la presente invención se ha descrito haciendo referencia a realizaciones preferidas, los trabajadores expertos en la técnica reconocerán que se pueden realizar cambios en la forma y los detalles sin apartarse del alcance de la invención. En toda la memoria descriptiva y las reivindicaciones, el uso del término “uno” no debe interpretarse en el sentido de “sólo uno”, sino que debe interpretarse en líneas generales en el sentido de “uno o más”. Por otra parte, el uso de la expresión “o” debe interpretarse como que es inclusivo a menos que se indique lo contrario.
- 10

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para detectar humo o llamas que utiliza análisis de vídeo, el método comprende:
  - adquirir datos de vídeo (40) compuestos por fotogramas individuales;
  - 5 detectar una frontera de una región (46) dentro de un fotograma individual identificado como que potencialmente contiene humo o llamas;
  - medir valores espaciales (52) asociados con la región identificada basándose en la frontera detectada de la región, que incluye medir del perímetro de la región identificada y un área de la región identificada; y
  - determinar si hay humo o llamas presentes en la región identificada basándose, por lo menos en parte, en los valores espaciales medidos asociados con la región identificada (58); caracterizado porque
  - 10 la determinación de si hay humo o llamas presentes en la región identificada incluye:
    - relacionar el perímetro de la región identificada y el área de la región identificada por la siguiente ecuación:  $P = c(A^{1/2})^q$ , donde P es el perímetro de la región identificada, A es el área de la región identificada, c es una constante y q es un valor de turbulencia asociado con la región identificada (54), en donde la determinación de si hay humo o llamas presentes en la región identificada se basa en el valor de turbulencia calculado
- 15 2. Un método para detectar humo o llamas utilizando análisis de vídeo, el método comprende:
  - adquirir datos de vídeo (40) compuestos por fotogramas individuales;
  - detectar una frontera de una región (46) dentro de un fotograma individual identificado como que potencialmente contiene humo o llamas;
  - medir valores espaciales (52) asociados con la región identificada basándose en la frontera detectada de la región; y
  - 20 determinar si hay humo o llamas presentes en la región identificada basándose, por lo menos en parte, en los valores espaciales medidos asociados con la región identificada (58); caracterizado por:
    - calcular un área superficial de la región y un volumen de la región, en donde la determinación de si hay humo o llamas presentes en la región identificada incluye:
      - 25 relacionar el área superficial de la región y el volumen de la región mediante la siguiente ecuación:  $SA = c(V^{2/3})^q$ , en donde SA es el área superficial de la región identificada, V es el volumen de la región identificada, c es una constante y q es un valor de turbulencia asociado con la región identificada (54), en donde la determinación de si hay humo o llamas presentes en la región identificada se basa en el valor de turbulencia calculado
3. El método de reivindicación 1 o 2, en donde detectar una frontera de una región dentro de un fotograma individual incluye:
  - 30 definir la frontera que rodea la región identificada utilizando modelos de contorno o modelos de superficie (48).
4. El método de la reivindicación 3, que incluye además:
  - analizar el aporte de vídeo utilizando por lo menos una de las siguientes herramientas analíticas (44); análisis por oscurecimiento de objetos, análisis por comparación de colores, análisis por efecto parpadeante, análisis por difuminado y análisis de formas, para identificar las regiones que pueden contener humo o llamas (42); y
  - 35 inicializar el modelado de contorno activo o superficie activa basándose en las regiones identificadas que pueden contener humo o llamas.
5. El método de la reivindicación 1 o 2, en donde la determinación de si hay humo o llamas presentes en la región identificada incluye:
  - comparar la valores espaciales medidos con un modelo aprendido (60) que tiene valores de umbral.
- 40 6. El método de la reivindicación 1 o 2, que incluye además:
  - calcular un valor espacial dinámico mediante el almacenamiento de los resultados de la detección y medir las etapas realizadas en fotogramas sucesivos de datos de vídeo adquirido (56).
7. El método de la reivindicación 6, en donde la determinación de si hay humo o llamas presentes en la región identificada incluye:
  - 45 determinar si hay humo o llamas presentes en la región identificada basándose en el valor espacial dinámico (58).

8. El método de reivindicación 7, en donde la determinación de si hay humo o llamas presentes en la región identificada basándose en el valor espacial dinámico incluye:
- comparar el valor espacial dinámico generado con un modelo aprendido (60) que indica la presencia de llamas o humo.
- 5 9. El método de la reivindicación 6, que incluye además:
- calcular el área superficial y un volumen asociado con la región identificada basándose en el valor espacial dinámico calculado con respecto a la región identificada.
10. Un sistema (14) de reconocimiento por vídeo para detectar la presencia de llamas o humo, el sistema de reconocimiento por vídeo comprende:
- 10 unos medios para adquirir datos de vídeo (18);
- unos medios para detectar *una frontera de* una región dentro de un fotograma individual que puede contener humo o llamas (22);
- unos medios para medir valores espaciales asociados con la región basándose en la frontera de la región (24), incluidos unos medios para medir un perímetro de la región y un área de la región; y
- 15 unos medios para determinar si hay humo o llamas presentes en la región basándose, por lo menos en parte, en los valores espaciales medidos asociados con la región (28); caracterizados porque:
- los medios para determinar si hay humo o llamas presentes en la región incluyen:
- unos medios para relacionar el perímetro de la región y el área de la región por la siguiente ecuación:  $P = c(A^{1/2})^q$ , donde P es el perímetro de la región, A es el área de la región, c es una constante, y q es un valor de turbulencia que se calcula basándose en el perímetro medido y el área medida de la región, en donde la determinación de si hay humo o llamas presentes en la región se basa en el valor de turbulencia calculado q.
- 20 11. Un sistema (14) de reconocimiento por vídeo para detectar la presencia de llamas o humo, el sistema de reconocimiento por vídeo comprende:
- unos medios para adquirir datos de vídeo (18);
- 25 unos medios de detectar una frontera de una región dentro de un fotograma individual que puede contener humo o llamas (22);
- unos medios para medir valores espaciales asociados con la región basándose en la frontera detectada de la región (24); y
- 30 unos medios para determinar si hay humo o llamas presentes en la región basándose, por lo menos en parte, en los valores espaciales medidos asociados con la región (28); caracterizado porque
- los medios para medir valores espaciales asociados con la región basándose en la frontera detectada de la región incluyen:
- unos medios para calcular un área superficial de la región y un volumen de la región; y
- los medios para determinar si hay humo o llamas presentes en la región incluyen:
- 35 unos medios para relacionar el área superficial de la región y el volumen de la región mediante la siguiente ecuación:  $SA = c(V^{2/3})^q$ , en donde SA es el área superficial de la región, V es el volumen de la región, c es una constante y q es un valor de turbulencia que se calcula basándose en el perímetro medido y el área superficial de la región, en donde la determinación de si hay humo o llamas presentes en la región se basa en el valor de turbulencia q.
- 40 12. El sistema de la reivindicación 10 o 11, en donde los medios para detectar una frontera de una región dentro de un fotograma individual incluyen:
- unos medios para definir la frontera que rodea la región utilizando modelos de contorno o modelos de superficie.
13. El sistema de la reivindicación 12, que incluye además:
- unos medios para analizar el aporte de vídeo para identificar una región que puede contener humo o llamas utilizando por lo menos una de las siguientes herramientas analíticas: análisis por oscurecimiento de objetos, análisis por comparación de colores, análisis por efecto parpadeante, análisis de difuminado y análisis de formas (20); y
- 45

unos medios para inicializar el modelado de contorno activo o superficie activa basándose en regiones identificadas que pueden contener humo o llamas.

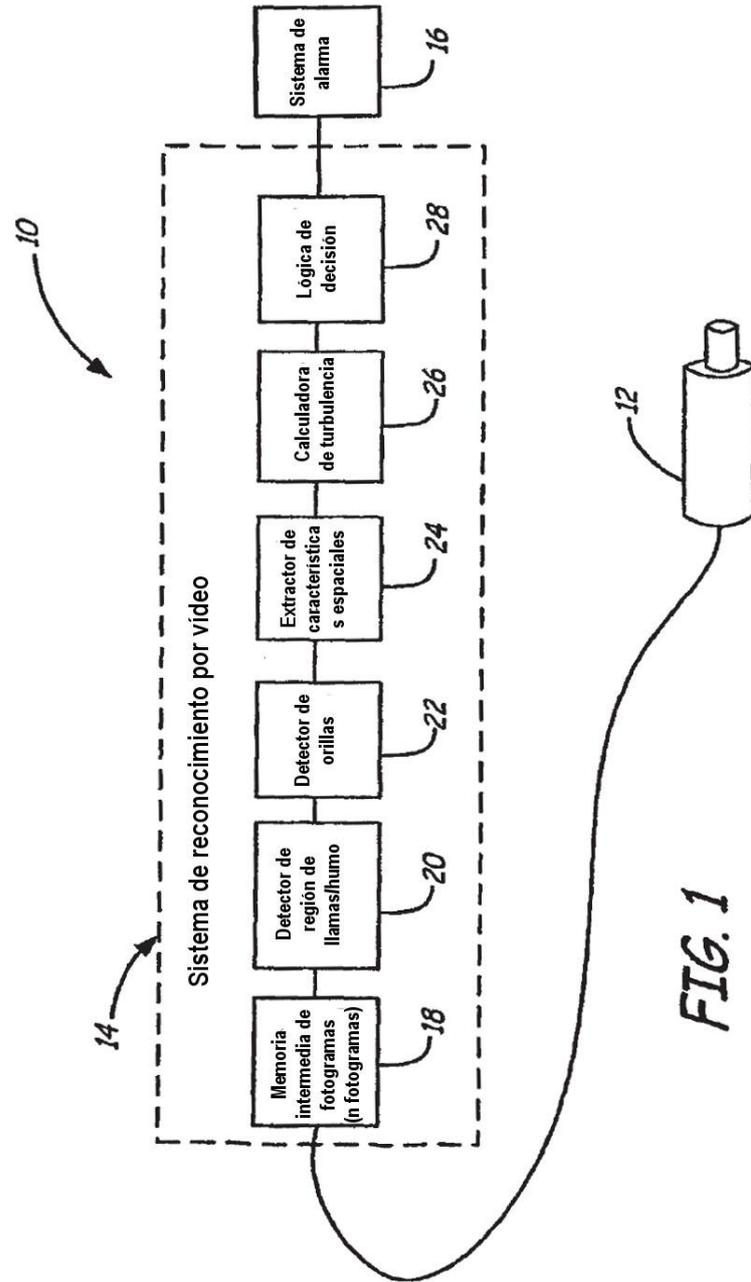
14. El sistema de la reivindicación 10 o 11, en donde los medios para determinar si hay humo o llamas presentes en la región incluyen:

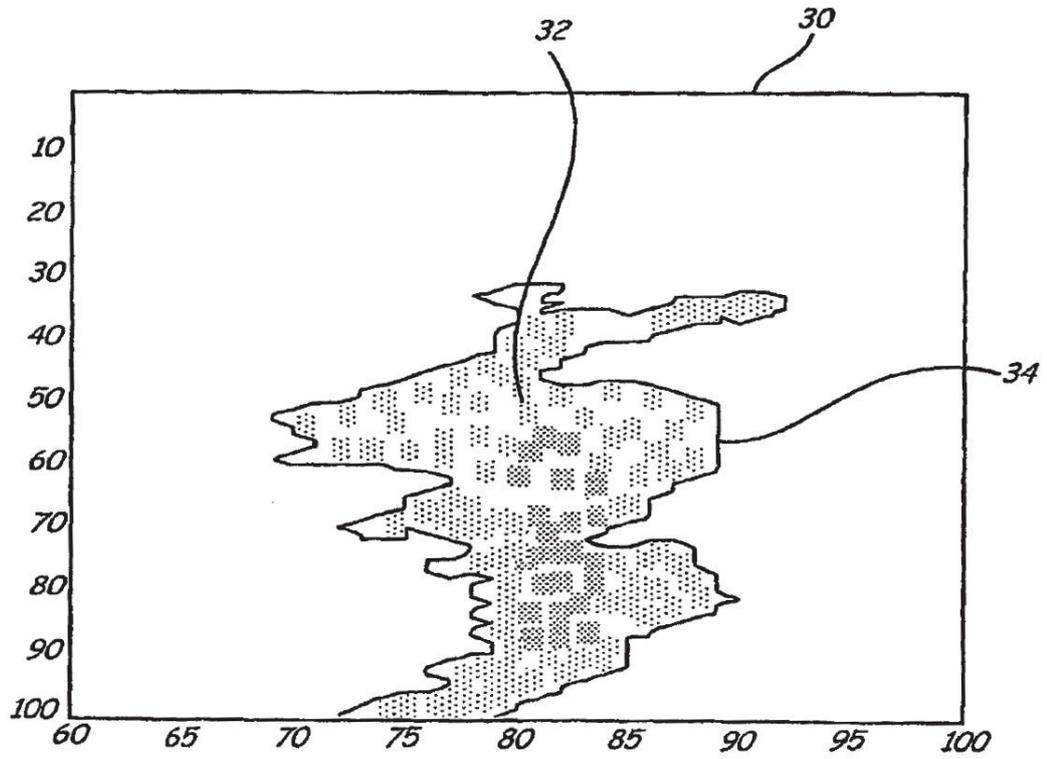
5 unos medios para comparar los valores espaciales medidos con un modelo aprendido que tiene valores de umbral.

15. El sistema de la reivindicación 10 o 11, que incluye además:

unos medios para almacenar los valores espaciales medidos asociados con la región en fotogramas sucesivos para generar un valor espacial dinámico; y

10 unos medios para determinar si la región contiene humo o llamas mediante la comparación del valor espacial dinámico con un modelo dinámico aprendido.





*FIG. 2*

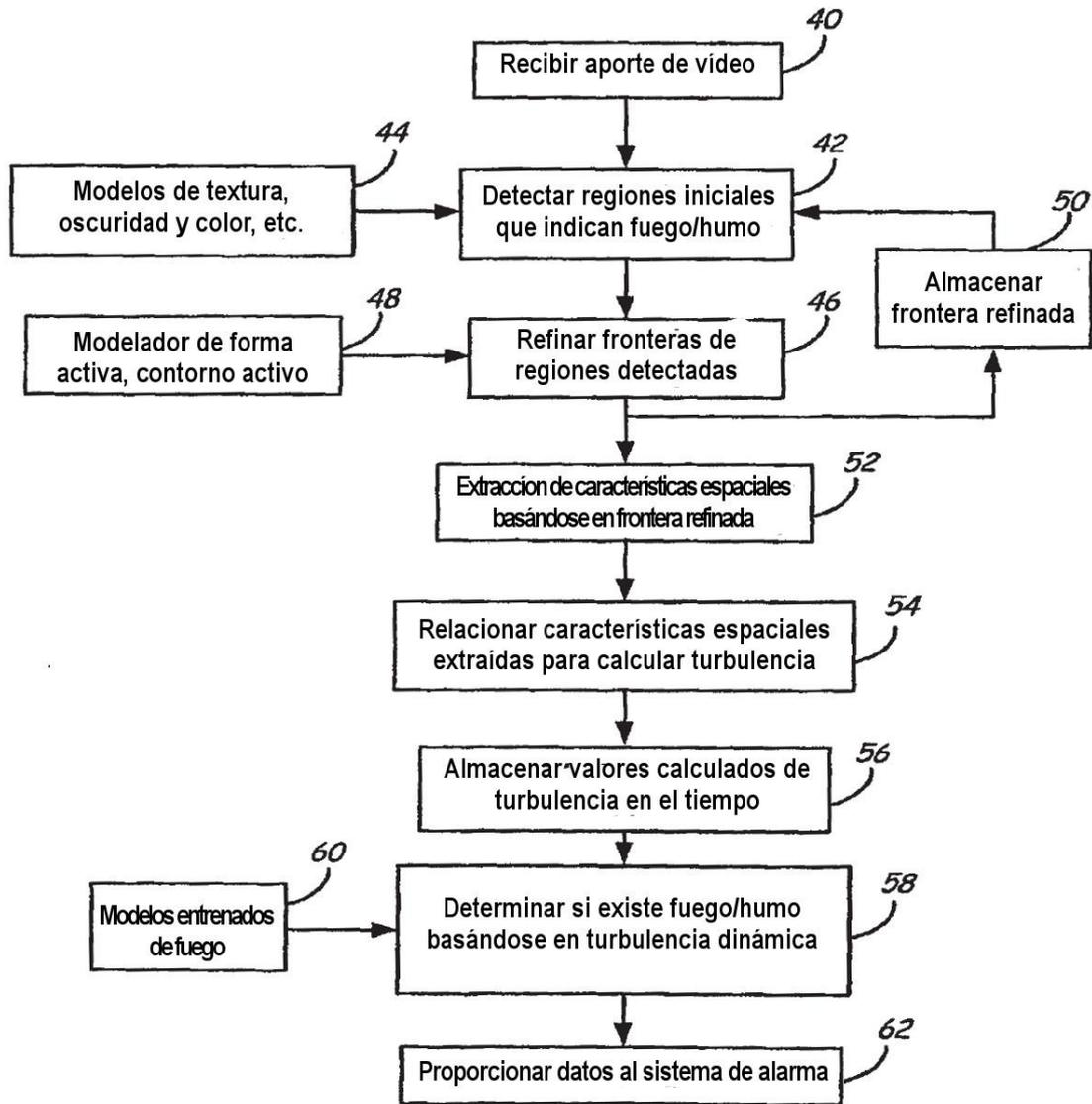


FIG. 3