



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 327 469**

51 Int. Cl.:  
**G06K 9/00** (2006.01)  
**G08B 21/22** (2006.01)  
**G08B 13/194** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07819225 .9**  
96 Fecha de presentación : **16.10.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1943612**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.07.2008**

54 Título: **Sistema de supervisión de vías mediante imágenes de vídeo.**

30 Prioridad: **16.10.2006 EP 06090191**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**29.10.2009**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**29.10.2009**

73 Titular/es: **Jörg Schütte**  
**Reichenbachstrasse 19**  
**01069 Dresden, DE**  
**Sven Scholz**

72 Inventor/es: **Schütte, Jörg y**  
**Scholz, Sven**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 327 469 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 de supervisión de vías mediante imágenes de vídeo.

5 **Antecedentes de la invención**

La invención se refiere a un procedimiento, a un sistema y a un producto de programa informático para supervisar zonas peligrosas, especialmente los andenes y las vías de las estaciones.

10 En los lugares públicos existen zonas que tienen que vigilarse con el fin de evitar accidentes. Especialmente, los bordes de los andenes de las estaciones representan zonas peligrosas donde se producen aproximadamente de 1 a 5 incidentes por año y por línea en los que se ven implicados los pasajeros, aunque se cree que el 80% son suicidios.

15 Además de la separación física de la vía con respecto a los viajeros mediante barreras, en la técnica se conocen varios sistemas de vigilancia para zonas de peligro. Básicamente se conocen tres procedimientos diferentes para la protección en los andenes:

(a) La supervisión manual por parte del conductor o del personal de seguridad.

20 (b) Sistemas automáticos como sistemas de detección basados en imágenes de vídeo.

(c) Una combinación de sistemas manuales y automáticos como la utilización de diferentes cámaras en combinación con el personal que evalúa constantemente las imágenes además de los sistemas automáticos.

25 La supervisión manual para observar zonas peligrosas está directamente relacionada con la atención de las personas que miran el monitor y deciden si está produciéndose una situación peligrosa. Por consiguiente, se produce una alta tasa de error. Además, este procedimiento es muy caro ya que debe contratarse el suficiente personal con el fin de garantizar la seguridad.

30 También se conocen en la técnica varios sistemas automáticos que funcionan de manera totalmente independiente de cualquier personal. Estos sistemas pueden dividirse en sistemas activos y pasivos dependiendo de la tecnología utilizada. El análisis de las imágenes de vídeo se asemeja a una tecnología pasiva ya que la reacción a una situación crítica no es una consecuencia directa de la grabación de imágenes de vídeo. Por el contrario, la utilización de sensores ópticos, electromagnéticos o táctiles debe clasificarse como tecnología activa ya que el suceso provoca directamente una reacción.

35 Factores críticos de estos sistemas son la sensibilidad de detección y el umbral de detección que define situaciones peligrosas. Por un lado, debe garantizarse que cada situación peligrosa pueda detectarse de manera fiable pero, por otro lado, solamente las situaciones peligrosas deben provocar la interrupción del tráfico y detener los trenes, por ejemplo, antes de que lleguen a objetos peligrosos o dañen a las personas. Estas tecnologías activas necesitan comprobaciones de funcionamiento regulares de los sensores utilizados, haciendo que estos sistemas sean muy caros.

45 El documento EP 0 246 085 B1 desvela un sistema de vigilancia que comprende medios de captura de imágenes y una unidad de procesamiento de imágenes para detectar cambios de escena. El sistema del documento EP 0 246 085 B1 está caracterizado por un generador de señales de ruido y por medios para superponer una señal de ruido sobre la señal de vídeo como una información de cambio de cuasi-escenas. El sistema de este documento simplemente compara señales de vídeo para detectar cambios. No es posible definir las dimensiones de los objetos o de las personas que han de detectarse.

50 El documento DE 44 30016 C2 desvela un sistema de evaluación de imágenes en el que una imagen diferencial que se obtiene a partir de una señal de vídeo digitalizada desde una cámara de vigilancia, y en la que se definen píxeles variables, se investiga para detectar objetos contiguos mediante un extractor de objetos. Un mensaje dependiente de la zona se emite evaluando criterios de relevancia dados que dependen de la variación en la posición de los objetos con respecto a zonas de imágenes predeterminadas de diferentes grados de relevancia para el mensaje. El sistema descrito depende estrictamente de los objetos predeterminados almacenados que se utilizan para generar un mensaje. Si en la imagen aparecen objetos desconocidos no es posible generar un mensaje.

55 El documento DE 33 16 122 A1 desvela un sistema de vigilancia al aire libre en el que los problemas de evaluar imágenes grises se solucionan definiendo al menos tres tiras de control que están alineadas en paralelo entre sí y que presentan cada una un valor de gris diferente, y en el que los iluminadores y las cámaras de televisión que están asignados a la misma región de tira de tierra están soportados varios metros por encima de la tira de control. Este sistema es más complejo ya que son necesarios iluminadores especiales, lo que aumenta las posibles fuentes de error.

65 El documento DE 196 21 612 C2 desvela un dispositivo para vigilar vías usando pares estéreo de cámaras. Las imágenes de diferentes pares de cámaras se comparan con una imagen de referencia para detectar objetos o personas. Una desventaja importante de cualquier sistema que utilice imágenes generadas por pares estéreo de cámaras es que el ajuste de las dos cámaras que forman un par estéreo es crucial. Estos sistemas no son adecuados para vigilar de manera automática zonas peligrosas y generan con frecuencia falsas alarmas.

El documento WO 01/17838 A1 desvela un procedimiento para vigilar una zona peligrosa, mediante el cual un dispositivo de grabación de imágenes vigila objetos que están en peligro y/o que son peligrosos. La zona peligrosa está situada en la zona grabada. La zona peligrosa puede detectarse mediante dicho dispositivo de grabación de imágenes. La imagen detectada de la zona peligrosa se dispersa en una pluralidad de píxeles que se almacenan digitalmente como un modelo real y se comparan con los píxeles del modelo deseado de la zona peligrosa sin objetos que estén en peligro y/o que sean peligrosos, por lo que dicho modelo deseado se ha detectado y almacenado anteriormente. Una señal, preferentemente una señal de aviso, se genera cuando los píxeles de los dos modelos son diferentes. Este procedimiento también depende de objetos predeterminados que se cree que están en peligro o que son peligrosos. Este procedimiento no detectará objetos desconocidos.

Debe señalarse que los procedimientos de imágenes diferenciales conocidos que clasifican escenas con una red neuronal solamente son adecuados para la detección de objetos en movimiento.

A partir del estado de la técnica, un objetivo de la presente invención es proporcionar medios mejorados para una detección fiable y sin falsas alarmas de obstáculos, personas o percances que deban clasificarse como peligrosos.

El objetivo de la invención se resuelve mediante las características de las reivindicaciones independientes.

### Breve descripción de la invención

La presente invención proporciona un procedimiento para la vigilancia de zonas peligrosas, especialmente los andenes de las estaciones, que se basa en una geometría de detección específica que divide la zona de supervisión en pares de formas trapeciales, en lo sucesivo denominadas trapecios, utilizando un trapecio para la detección y el otro trapecio para la calificación de las detecciones. La geometría de detección se combina con etapas de detección y de calificación sensibles basadas en el análisis de imágenes de vídeo. Una ventaja importante de la presente invención es la continua escalabilidad del umbral de detección.

Un aspecto adicional de la presente invención es un sistema para la detección de objetos o personas preferentemente en zonas de vías de metro entre los bordes de los andenes y las paredes de los túneles o en otras estructuras civiles. Una vez que se haya detectado un objeto, se transmite una alarma al sistema de control automático de trenes (ATC, *Automatic Train Control*) o al interbloqueo para detener un tren en movimiento. Los objetos o las personas tendrán una dimensión o peso mínimos para detectarse. Una ventaja de la presente invención es que puede ajustarse el tamaño o el peso de los obstáculos o de las personas y, por lo tanto, ser inferiores a un valor umbral definido, por ejemplo según la recomendación VDV 399 que define una esfera de 30 cm de diámetro o un peso de 10 kg. Por consiguiente, es posible una adaptación a diferentes ajustes con el fin de no generar una falsa alarma. El motivo de este requisito es la observación ya que independientemente del mecanismo de detección pueden generarse alarmas no justificadas si el requisito de resolución es demasiado sensible debido a posibles percances o fluctuaciones estadísticas.

Por último, un producto de programa informático es un aspecto de la presente invención que hace que un ordenador ejecute un procedimiento según la invención. Una parte central de este producto de programa informático es un denominado núcleo de seguridad que define las etapas esenciales necesarias para llevar a cabo el procedimiento según la invención.

El paradigma de seguridad del núcleo de seguridad de la presente invención se basa en restricciones lógicas en el contexto de la zona supervisada y de diferentes escenarios operativos:

1) Los objetos se detectarán solamente si se desplazan desde el andén hacia la zona de perfil de espacio libre del tren. Justificación:

- En funciones automatizadas de sistemas de metro, las personas o los objetos peligrosos pueden entrar en el perfil de espacio libre de un tren en movimiento desde el borde del andén. Los objetos o las personas que necesitan protegerse son pasajeros u objetos (sillas de ruedas, carritos de la compra, etc.) que puedan caer de manera involuntaria o desplazarse de manera inconsciente desde la zona accesible para los pasajeros (andén) hacia la zona de las vías a través de la zona del andén. Este escenario objetivo excluye objetos/personas que salgan de la entrada del túnel. Las personas/objetos que entren desde la entrada del túnel/zona de salida deben haber accedido al túnel desde cualquier otra zona accesible para los pasajeros que, por consiguiente, debe estar protegida.
- En caso de otras zonas accesibles para los pasajeros (por ejemplo, pasillos por encima de las vías, campos abiertos opuestos a la zona del andén próxima a las vías), es necesario añadir sectores de aviso o de supervisión.

2) Sólo se detectarán objetos que se desplacen desde el borde del andén hacia el perfil de espacio libre del tren.

- En general, el perfil de espacio libre sin intrusiones y sus características físicas son estáticas por naturaleza. El perfil de espacio libre sin intrusiones no se detectará como una alarma de objeto/persona. Por

lo tanto, las variaciones de las características físicas del perfil de espacio libre del tren sólo cambian muy lentamente en el tiempo y dentro de límites predefinidos para evitar interpretaciones erróneas. En el enfoque de procesamiento de imágenes de vídeo propuesto, esto significa que los niveles de iluminación de fondo que modifican la imagen de la vía no se producirán rápidamente y permanecerán dentro de los límites de valores de gris.

- De manera complementaria a la restricción anterior, los objetos/ las personas en movimiento cambian de una manera relativamente rápida, debido a un comportamiento dinámico básicamente diferente, y fuera de los límites de tolerancia de las características físicas del perfil de espacio libre. Los objetos/las personas que han de detectarse cambiarán de una manera relativamente rápida la imagen del perfil de espacio libre del tren que, de lo contrario, estaría despejado.
- Un objeto/una persona no puede obstruir el perfil de espacio libre del tren si no ha entrado en el perfil anteriormente. Si está en el perfil durante un determinado periodo de tiempo limitado, significa que el objeto/la persona debe tener una velocidad mínima, no puede ser estático(a).
- Los límites de velocidad que se imponen por el principio de detección pueden obtenerse a partir del FMECA. Una extremidad de una persona que está estirándose hacia el perfil de espacio libre desde el andén debe retirarse durante al menos el tiempo entre la salida de un tren y la llegada del siguiente tren. Una vez que se haya desplazado sobre el borde del andén hacia las vías, el objeto/la persona caerá o tendrá que subir necesariamente. Ambos movimientos generan una velocidad mínima. Esto no puede suceder con características estáticas.

3) Un sector de supervisión de una dimensión horizontal de aproximadamente 1,1 m desde el borde del andén hacia el eje central de las vías es el sector de supervisión crítico (y suficiente). Justificación:

- Las personas/los objetos que se desplazan desde el andén (según la suposición indicada en el párrafo 2) hacia el perfil de espacio libre del tren en movimiento no pueden aparecer en el borde del andén y recorrer de manera instantánea una distancia de más de un 1 m, a no ser que se muevan con una velocidad infinitamente alta (lo que no es posible de ningún modo). La velocidad máxima de un objeto/una persona que ha de detectarse puede obtenerse a partir de consideraciones físicas de la cinemática de la persona/del objeto, la geometría del andén y las fuerzas activas sobre el objeto/la persona. Teniendo en cuenta parámetros habituales, las velocidades que recorran más de 1,1 m dentro del tiempo de velocidad de imagen de 80 s es físicamente imposible.

En lo que sigue la patente se describirá mediante un ejemplo de funcionamiento, pero la patente no está limitada al ejemplo de funcionamiento. Por lo tanto, en los dibujos:

Figura 1. Montaje de las cámaras y zona de supervisión.

Figura 2. Geometría de sectores de trapecio típica de una cámara.

Figura 3. Distribuciones estadísticas diferenciales de valores de gris en submatrices.

Figura 4. Diagrama de proceso global notificado UML.

Figura 5. Objeto crítico en zona supervisada.

Figura 6. Identificación del tren en el andén de la estación.

Figura 7. Geometría de sectores de trapecio y zona de supervisión cerca del borde del andén.

Figura 8. Error de cuantificación del tamaño de objeto real y medido (comparación de haces de sensor discreto con saltos de 15 cm frente al número de submatrices activadas dentro de una imagen).

El núcleo de seguridad de la solución GIDS (sistema de detección de intrusiones en las vías) basada en vídeo según la presente invención se basa en una imagen en blanco y negro capturada de una parte de la zona de las vías supervisada por una cámara. Una cámara supervisa 35 m aproximadamente dependiendo de los requisitos de resolución (el umbral de detección de un diámetro de 30 cm necesita detectarse con una resolución respectiva). En general, todos los parámetros de cámara así como el montaje son fijos, no aceptándose ningún cambio o variación automáticos o dinámicos con el fin de conseguir los requisitos de seguridad.

Para determinadas aplicaciones en un entorno más dinámico (por ejemplo, un día normal con seres vivos en emplazamientos al aire libre) pueden utilizarse diferentes conjuntos de parámetros de cámara que se predefinen en base a condiciones ambientales observadas anteriormente. Estos ajustes de parámetro pueden escogerse entonces con respecto a las condiciones exactas (por ejemplo, los niveles de iluminación). El cambio entre estos conjuntos predefinidos de parámetros de cámara se realizará y se supervisará por personal cualificado para garantizar ajustes de cámara que

## ES 2 327 469 T3

sean suficientes para una detección correcta. Aunque pueden utilizarse diferentes ajustes, estos ajustes también deben considerarse estáticos. La supervisión de los niveles de iluminación se realiza por el propio sistema, el cual lanza un mensaje de aviso respectivo para informar al usuario en caso de una condición ambiental insuficiente. En lo que respecta a los requisitos de seguridad, este procedimiento siempre garantiza que el sistema reaccione para garantizar la seguridad.

Las cámaras están montadas a lo largo de la vía/del andén de manera equidistante (véase la figura 1), produciendo cada cámara una imagen geoméricamente similar de las diferentes zonas de supervisión a lo largo del andén/de la vía. Sin embargo, la parte delantera de un tren detenido caracteriza una sección de extremidad delante de la cámara. El tren que aparece al final de la zona de supervisión (una distancia de 35 m aproximadamente) caracteriza la otra extremidad. La posición transversal de las cámaras con respecto a la vía puede escogerse desde el lado izquierdo máximo (por ejemplo, la pared del túnel) hasta el lado derecho máximo (el borde del andén). Usando esta configuración de posicionamiento de las cámaras, el ajuste y los parámetros de las cámaras sólo variarán ligeramente. Por tanto, una configuración modular (altura de montaje de las cámaras, perspectiva y ángulos de visión de las cámaras), se configura como una combinación de varias cámaras. Normalmente, bastan tres cámaras para cubrir una zona de vías/andén completa para una dirección de desplazamiento de tren normal. En caso de tráfico regular bidireccional puede montarse un conjunto de cámaras adicionales en el sentido opuesto.

### *Geometría de detección*

La figura 2 muestra que una sección de supervisión está dividida geoméricamente en trapecios, extendiéndose cada uno normalmente en una dimensión lateral (horizontal) por toda la zona de las vías (por ejemplo, desde el borde del andén hasta la pared del túnel), y longitudinalmente (por ejemplo, en la dirección de los raíles o del tren en movimiento). La extensión longitudinal de los trapecios se determina por la precisión de detección requerida por delante del tren en movimiento (por ejemplo, 5 m), lo que significa que se detectarán objetos o personas si están a más de 5 m por delante del tren en movimiento. Según la recomendación VDV 399 a la que se ha hecho referencia anteriormente (compárese con la finalidad del dispositivo), un objeto o una persona que caiga (por ejemplo intencionadamente) sólo 2 metros por delante del tren en movimiento no tiene que detectarse necesariamente de manera fiable. La razón de este intervalo de tolerancia es que cualquier sistema de detección necesita detectar el tren como un elemento de sistema no dañino. Límites de detección que se fijan demasiado próximos al tren en movimiento dan como resultado que el sistema de detección genere alarmas injustificadas.

Cada zona de trapecio se divide a su vez en partes de trapecio izquierda y derecha de superficies aproximadamente simétricas, donde uno de los trapecios (ya sea el izquierdo o el derecho) representa los sectores de detección o de supervisión reales y el otro trapecio representa un trapecio de calificación en el que se clasifican los objetos o las iluminaciones como poco verosímiles u objetos como auténticos y aceptables (un tren en movimiento, un tren detenido en la estación).

Pueden añadirse fácilmente sectores de aviso adicionales a lo largo del borde del andén como trapecios adicionales (compárese con la supervisión del borde del andén). El tamaño de superficie aproximadamente equivalente de las partes de los trapecios izquierdos y derechos puede alterarse si lo requiere el entorno o la iluminación pero se requiere un ancho de detección del sector de supervisión de al menos 1 m para capturar de manera segura todas las situaciones potencialmente peligrosas. El tamaño y el diseño de los trapecios también pueden adaptarse según la distorsión de perspectiva impuesta por la posición exacta de la cámara (ángulo de balanceo, ángulo de cabeceo, ángulo de inclinación) con respecto a la zona supervisada en el mundo real.

### *Preprocesamiento de imágenes y sensibilidad de detección*

Los paradigmas de seguridad de señalamiento de transporte requieren normalmente diseños a prueba de fallos y características de seguridad cuantitativamente evaluadas: aunque la protección en los andenes y la intrusión en las vías es uno de los niveles más bajos de los niveles de integridad de seguridad según requieren las normas de regulación, se han utilizado paradigmas y reglas de diseño similares durante el desarrollo de los algoritmos (véanse también posteriormente las “consideraciones de seguridad”).

Puesto que el dispositivo de protección en andenes/GIDS es, de hecho, un sistema bajo demanda, tiene que supervisar permanentemente la zona de supervisión hasta que lo pueda solicitar una situación potencialmente peligrosa. Esto supone una proporción de tiempo muy pequeña entre el tiempo de detección activo y justificado de un objeto/una persona en la zona de las vías y el tiempo de vigilar la zona de supervisión sin situaciones peligrosas, aunque con fuentes de posibles perturbaciones tales como trenes en movimiento, lanzamientos de objetos no críticos (por ejemplo botellas), efectos del entorno, etc. Además, tal y como se ha tratado anteriormente, se prevé que los objetos/las personas críticas se introduzcan/caigan/se desplacen desde las zonas accesibles para los pasajeros con un valor de velocidad distinto de cero.

El núcleo de seguridad contiene una primera etapa de preprocesamiento relativamente sencilla, un preprocesamiento de imágenes diferenciales. Esta etapa de análisis toma simplemente el valor de gris acumulado de ciertas partes de la zona supervisada (en toda la matriz de imagen) en un tiempo real  $T_0$  y sustrae el valor de gris de la misma imagen procesada en un tiempo  $T_0 + \Delta t$  (actualmente la siguiente imagen), donde  $\Delta t$  es un tiempo comparativamente pequeño de aproximadamente 80 a 100 ms (en comparación con los movimientos físicos de objetos reales).

Mediante esta etapa de análisis de preprocesamiento sólo se conservan aquellas partes de la imagen que cambien sus características ópticas a lo largo del tiempo, incrementando así la sensibilidad para la detección de posibles objetos/personas en la zona de supervisión. En comparación con otras soluciones GIDS instaladas que requieren una determinada característica de reflexión electromagnética (RADAR) o un determinado nivel de impermeabilidad para  
 5 luces ópticas o infrarrojas, la suposición del enfoque de análisis de vídeo propuesto se reduce al artefacto básico, aquellos objetos físicos después del entorno óptico de una zona con un mínimo de radiación óptica presente. Reduciendo los atributos de objeto a este requisito mínimo extremo tiene que configurarse un procedimiento de análisis adecuadamente sensible y el conocimiento de múltiples fuentes de perturbación (alarmas injustificadas) necesita tenerse en cuenta (cualquier fluctuación de aire, hoja de papel, rechazo).

10 Con el fin de aumentar la sensibilidad de una manera cuantitativamente medible hacia cambios ópticos mediante un objeto, los cambios de valor de gris de los píxeles se agrupan en submatrices específicas de  $N \times N$  píxeles. Después de experimentar una mayor variación de longitudes  $N$  de matriz, el análisis mostró que los resultados permanecen insensibles a cambios estocásticos por encima de 5 píxeles. Debido a la calibración geométrica se obtiene una submatriz  
 15 de imágenes de  $7 \times 7$  píxeles que agrupa 49 píxeles en una submatriz. El tamaño asociado de esta submatriz está muy por debajo del umbral de detección de 30 cm en todos los casos (por ejemplo, en el caso extremo de la mayoría de los trapecios remotos), por lo que la resolución geométrica es suficiente en todas las geometrías.

20 Antes y después de la diferenciación de imágenes de valores de gris se calculan y se sustraen los valores promedio de gris de las submatrices. Esta etapa de proceso tiene dos efectos (en comparación con la diferenciación directa píxel por píxel). Reduce la sensibilidad perturbadora de los artefactos del sistema (independientemente de la zona de supervisión y de los propios objetos, por ejemplo fluctuaciones termodinámicas u otras fluctuaciones estadísticas de un único píxel) y aumenta la sensibilidad y el significado estadístico de objeto "real" de zona de supervisión ligada a cambios ópticos mediante órdenes de magnitud.

25 La figura 3 indica la distribución de imágenes diferencial de las submatrices de la zona de supervisión sin intrusiones. La distribución sigue aproximadamente distribuciones gaussianas estrechas y está separada por valores sigma de 5 a 6 con respecto a la distribución de diferencias provocada por objetos reales. Este análisis estadístico significa que la probabilidad de confundir cualquier objeto introducido en la zona de supervisión de un tamaño de submatriz (o inferior) con el fondo ("no pudiendo verse") puede cuantificarse a un valor inferior a  $10^{-5}$  y se reduce adicionalmente  
 30 apareciendo en grupos de submatrices conectadas y las altas frecuencias de repetición de tiempo del análisis.

Debe observarse que el parámetro de corte por debajo del cual la diferencia de valores de gris de las submatrices se interpreta como fluctuaciones de fondo de una imagen sin perturbaciones o no modificada se establece actualmente en  
 35 un valor sigma de 5 que proporciona una detección del 100% de todas las distribuciones de valores de gris de objeto que se han probado incluso en niveles de baja iluminación de la zona de las vías. Además, debe observarse que esta etapa de preprocesamiento seleccionada puede considerarse como a prueba de fallos, ya que casi todos los efectos de equipos con fallos o efectos contaminantes están en lado seguro de activar submatrices.

40 Después de la etapa de preprocesamiento que dirige la atención del sistema hacia una posible intrusión con esta alta confianza estadística, el procedimiento de imágenes diferenciales que compara dos imágenes consecutivas se combina con un procedimiento de imágenes de referencia que compara la última imagen (sin intrusión por parte de un objeto) con todas las imágenes siguientes (normalmente hasta 4 imágenes). La misma técnica para comparar submatrices en dos imágenes producirá cambios significativos entre esta imagen de referencia estática a corto plazo  
 45 y todas las imágenes de la secuencia. Combinando estos procedimientos se consigue una precisión de detección lo suficientemente alta. Con el fin de disparar finalmente una alarma, se requiere un grupo de un número determinado de submatrices activas para una detección positiva de un objeto crítico. Debe activarse un determinado número  $n$  de submatrices de entre  $m$  submatrices. El número  $n$  requerido de submatrices activadas se determina a través del tamaño crítico, definido por el usuario, de los objetos, el nivel de ruido de fondo típico y la precisión de detección deseada.

50 La continua escalabilidad de este umbral de detección es una característica nueva, en comparación con cualquier otra tecnología existente para la detección de intrusiones en las vías, que utiliza puntos de medición discretos, por ejemplo haces de luz infrarroja u ondas de RADAR/LASER, montados a una distancia discreta de 15 cm a lo largo de la vía. El valor de umbral crítico deseado puede escalarse fácilmente a las necesidades del usuario, teniendo en  
 55 cuenta a las personas más pequeñas, quienes se detectarán. La solución GIDS basada en vídeo realiza una estimación continua del tamaño, la cual se compara después con conjuntos de parámetros predefinidos del tamaño crítico de los objetos. Estos conjuntos de parámetros pueden modificarse fácilmente y no requieren modificaciones ni de software ni de hardware.

#### 60 *Secuencias funcionales de detección y de calificación*

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el dispositivo utiliza un análisis de preprocesamiento de detección cuantificable y extremadamente sensible mediante el cual ningún objeto real, independientemente de su distribución de valores de gris, puede pasarse por alto. Por otro lado, la extrema sensibilidad del algoritmo tiende a indicar los cambios  
 65 más pequeños en las distribuciones de valores de gris de cualquier submatriz en la zona supervisada, por ejemplo trenes normalmente en movimiento u hojas de papel más pequeñas iluminadas de distinta manera por los faros del tren en movimiento indicarían una submatriz por encima del umbral (submatriz "marcada" o "activada"). Se han desarrollado criterios adicionales para distinguir entre la activación no crítica anticipada de submatrices, o grupos de submatrices,

## ES 2 327 469 T3

y submatrices críticas. A partir del GIDS basado en imágenes de vídeo globales/protección en los andenes que se ha desarrollado y probado (mostrado en la figura 4 como un diagrama de flujo UML), el núcleo de seguridad sólo utiliza ese subconjunto para calificar consideraciones adicionales, que son extraordinariamente simples en lógica y en naturaleza y no requieren ningún paquete más grande de software (como la clasificación de objetos o las comparaciones simples de características de valores de gris mediante redes neuronales o máquinas de vectores de soporte).

Este conjunto restringido de características de imágenes verificables considera la geometría de trapecio de la zona supervisa y solamente un número reducido de artefactos fiables del proceso de intercambio de pasajeros en los andenes.

En primer lugar se considera la perspectiva, la distancia y el número de trapecios para definir un tamaño mínimo dependiente de trapecio de objetos críticos/personas críticas en lo que respecta a submatrices activas. Mientras que un objeto con una dimensión o un diámetro de, por ejemplo, 15 cm se representaría mediante un área de, por ejemplo, 12 submatrices en el primer trapecio (visto desde la posición de la cámara, es decir, el trapecio más cercano a la cámara), se representaría solamente mediante dos en el último trapecio (visto en la distancia desde la posición de la cámara). Pueden definirse límites inferiores conservativos para incluir también objetos posiblemente más pequeños sin aumentar el porcentaje de alarmas no justificadas debido a artículos contaminantes.

Debido a la configuración de las zonas accesibles para los pasajeros, los trapecios laterales derechos de una estación de metro típica se examinan permanentemente para detectar posibles objetos introducidos en la zona de las vías, activando un número mínimo conectado de submatrices (véase la figura 5).

Como con todas las demás metodologías GIDS conocidas, los trenes en movimiento también aparecen como “objetos de intrusión” que necesitan identificarse de manera fiable. En el caso del análisis de imágenes de vídeo extremadamente sensible propuesto, un tren en movimiento se muestra mediante un número muy elevado de submatrices activadas. Puesto que un número equivalente de submatrices activadas proviene de un fallo del equipo o de un objeto de una escala relativamente grande, normalmente de un tamaño comparable mínimo de 10m x 10 m, estas formas pueden excluirse a la hora de representar objetos críticos porque en la mayoría de sistemas de metro no hay ningún otro objeto de este tamaño (excepto los trenes) que tengan acceso a los andenes. Otros artefactos como equipos defectuosos o perturbaciones ambientales (por ejemplo, bichos sobre la lente de la cámara) se representan mediante otros mecanismos descritos posteriormente en detalle.

Tras la detección de al menos un número crítico de submatrices activadas en los trapecios derechos, los algoritmos del dispositivo también comprueban los trapecios izquierdos para un determinado número de submatrices activadas. Si los trapecios izquierdos también contienen un número superior de submatrices activadas se establece la hipótesis de un tren en movimiento y las submatrices activadas en la zona de supervisión derecha se interpretan como parte del tren en movimiento.

En caso de un tren detenido en una estación, un conductor que suba al tren u otros movimientos podrían activar de manera no justificada un número crítico de submatrices en el sector de supervisión derecho, mientras que el propio tren no activa ninguna matriz entre dos imágenes idénticas entre el tiempo  $T_0$  y el  $T_0+\Delta t$  (sustracción de imágenes idénticas). Por lo tanto, el algoritmo comprueba también las diferencias basadas en submatrices entre la imagen real y una imagen de referencia de fondo (BRI) relativamente reciente. La imagen de referencia de fondo se captura normalmente cada minuto (o cada pocos minutos). A diferencia de la BRI, casi todo el número de submatrices de la zona de estación está activado, lo que se interpreta como un estado de *tren en la estación* (TAS).

Tanto el TAS como la BRI se utilizan al mismo tiempo como instrumentos de comprobación de salud y seguridad de un sistema básico. La mayoría de las circunstancias o fallos del sistema críticos para la seguridad pueden revelarse después de un periodo de tiempo relativamente corto (por ejemplo, de algunos minutos) contando, solicitando y comprobando las actividades normales del sistema. En primer lugar se solicita una secuencia alternativa de trenes en andenes de la estación (TAS) e imágenes sin perturbaciones que representan las vías vacías. En segundo lugar se espera una actualización regular de la imagen de referencia de fondo, aceptada dentro de límites de valores de gris globales más pequeños y sin ninguna submatriz activada en comparación con la última BRI (de las vías de la estación vacías). Esta metodología sencilla también permite tener en cuenta cambios más pequeños en la situación de luminosidad/iluminación global y aceptar, por ejemplo, partes de un periódico depositadas en las vías después de un tren en movimiento como partes del fondo. Esta característica también puede desconectarse si el entorno está muy sucio ya que no se requiere para que el sistema funcione correctamente.

Estadísticas a largo plazo acerca de múltiples sistemas de metro en Europa han demostrado que el núcleo de seguridad funciona de la manera esperada y que ha resultado ser seguro en caso de cualquier circunstancia o fallo no esperados. Además, en comparación con otros enfoques, se beneficia de una supervisión del perfil de espacio libre tridimensional completo (por ejemplo, del borde del andén) y por lo tanto no está limitado a la mera supervisión de las vías/del suelo. A este respecto, se considera como una ventaja importante la representación realista de personas en una imagen de las vías. Debido a una continua supervisión de las vías de la estación basada en la evaluación de la imagen de las vías puede estimarse el tamaño del objeto con una precisión mucho mayor. La gente que se caiga siempre aparecerá con su vista frontal completa dentro de una imagen. Es poco probable que se produzca un desplazamiento completamente horizontal de las personas hacia la zona de las vías. A diferencia de otros enfoques GIDS, la solución basada en vídeo no solo detecta el plano seccional horizontal de las personas (por ejemplo, el diámetro de dos piernas), sino que estima el tamaño real (área) de un objeto (justo como lo haría el conductor de un tren).

## ES 2 327 469 T3

Con el fin de reducir las alarmas injustificadas (y mejorar la capacidad operativa), se han desarrollado procedimientos de clasificación de objetos más sofisticados fuera del núcleo de seguridad. Estos procedimientos incluyen detecciones de bordes, escalamiento y normalización de objetos, entrenamiento de redes neuronales para las clases específicas de objetos, objetos o comportamientos dinámicos durante el transcurso del tiempo (por ejemplo, periódicos más ligeros que flotan sobre el borde del andén a diferencia de un objeto físicamente pesado que caiga desde el borde del andén hacia las vías), diferenciaciones de clases de objetos de valores de gris absolutos con el entrenamiento de una máquina de vectores de soporte, supervisión de la banda del andén y avisos de seguridad, etc.

El dispositivo es parte del ATC y está sujeto a requisitos de seguridad. Algunas especificaciones sugieren actualmente SIL 1. Al requerir SIL1, el equipo se vuelve parte del equipo ATC, protegiendo el funcionamiento de los trenes del metro con niveles de seguridad de señalización de las vías ferroviarias extremadamente altos de manera tradicional. Según la norma de seguridad europea EN 50 129, SIL1 es el nivel de integridad de seguridad de los equipos de seguridad que no puede generar incidentes contrarios a la seguridad con una tasa residual de más de  $10^{-6}$ /h. Sin embargo, debe indicarse que según las normas CENELEC, los SIL se aplican en general al concepto de señalización de fallos estadísticos (por ejemplo, un sensor de supervisión inductivo permanentemente requerido falla de manera que señala la presencia de determinadas condiciones aunque no se satisfagan). Además, el concepto de los SIL excluye explícitamente en la actualidad, por las normas CENELEC, funciones bajo demanda pero, por el contrario, se refiere a funciones constantemente activas con un objetivo de estado binario claramente definido por lo general (por ejemplo, señal de aspecto verde, rojo o amarillo en cualquier momento con un pequeño intervalo entre dos trenes consecutivos). El núcleo de seguridad de la solución GIDS propuesta está constantemente activo, aunque puede solicitarse solamente de manera ocasional (persona en las vías), de manera que cualquier sistema GIDS se vuelve una mezcla de una función permanentemente requerida que necesita funcionar de manera segura si se solicita (bajo demanda significa una persona/un objeto que se desplace hacia la zona de las vías). Puesto que las normas que definen el SIL no sugieren un SIL para un sistema de protección GIDS, el concepto SIL necesita por tanto una interpretación adecuada y un análisis de riesgos asociado que cuantifique más claramente el objetivo de seguridad.

Para el núcleo de seguridad de la solución GIDS basada en vídeo se sugieren las siguientes etapas en total cumplimiento de las normas CENELEC para este análisis:

- Confirmación del nivel de requisito de seguridad cuantitativo (requisito de integridad de seguridad cuantitativo), mediante un análisis de peligrosidad y un análisis de riesgos para los peligros en el borde de los andenes. Este análisis incluye análisis de árbol de errores de contexto, análisis de árbol de eventos, análisis de consecuencias y de severidad y asignación de requisitos según las normas IEC 61508 y EN 50 126/129 aceptadas por la VDV.
- Definición de las frecuencias máximas de incidentes contrarios a la seguridad residuales.
- Agregaciones UML del hardware/software del sistema y modelo funcional.
- Rendimiento del hardware/software/FMECA de funciones del sistema y árboles de fallos.
- Establecimiento de FMECA crítico de sistema y cobertura de riesgos.
- Verificación y validación del software de núcleo de seguridad.
- Verificación y validación del hardware
- Validación del sistema según las reglas de seguridad definidas.
- Estimación de cuantificación de efectos residuales.

El conjunto de análisis de seguridad representa el informe técnico de seguridad que incluye casos según CENELEC 50126.

### *Supervisión del borde de los andenes junto con la supervisión de las vías*

Las personas situadas cerca del borde del andén pero que no caen/no se desplazan hacia la zona de las vías deben considerarse como otro problema importante en el funcionamiento del metro. Los pasajeros que estén cerca del borde del andén pueden ser golpeados por los trenes que llegan, provocando graves lesiones. De manera complementaria a la supervisión de las vías, la zona del borde de los andenes (por ejemplo, una banda de 50 cm de ancho, compárese con la figura 7), también puede supervisarse con el procedimiento de núcleo de seguridad descrito utilizado para la detección de objetos dentro de las vías.

Para la supervisión de la banda de los andenes, los requisitos de seguridad pueden considerarse menos rígidos que para la supervisión de las vías. Por otro lado, las personas que hayan caído a las vías se detectarán después de algunos cientos de milisegundos (por ejemplo entre 200 y 300 ms), no pareciendo necesario este requisito para el borde de los andenes. Es posible que las personas que hayan caído a las vías necesiten ser rescatadas, ya sea debido a graves lesiones debidas a la caída o a la incapacidad de salir de las vías debido a un andén elevado. En este caso se requiere

## ES 2 327 469 T3

un tiempo de respuesta rápido especialmente en caso de que se acerquen trenes con respecto a la distancia de frenado. Por el contrario, las personas que están cerca del borde del andén pueden retroceder fácilmente (en caso de que lleguen trenes) o incluso pueden ser apartados por otros pasajeros. Por lo tanto, puede aceptarse un mayor tiempo de respuesta.

5 Los sectores de trapecio en el borde de los andenes también están divididos en submatrices de imagen de  $n \times n$ . Una vez que se haya observado una intrusión del andén con la etapa de preprocesamiento de la comparación de imágenes diferenciales, las siguientes imágenes se compararán con la última imagen que represente la banda del andén vacía. A diferencia de la supervisión de las vías, esta comparación se repite a lo largo de una serie de imágenes más larga (por ejemplo, de 10 a 15 imágenes que corresponden aproximadamente a un intervalo de 1 a 1,5 segundos). Esto  
10 proporciona un efecto que mejora la disponibilidad, eliminando un mensaje de aviso si las personas sólo caminan a través de la banda de supervisión sin permanecer en ella durante demasiado tiempo.

La figura 8 muestra el tamaño medido de un objeto equivalente a una esfera (o un círculo) que tiene un diámetro de 30 cm con el sistema de detección de intrusiones en las vías en comparación con un sistema clásico basado en  
15 haces infrarrojos o de RADAR montados de manera horizontal sobre las vías. La precisión de las mediciones difiere básicamente en que el sistema de haces solo mide normalmente el tamaño de un objeto en saltos discretos de, por ejemplo, 15 cm. Por otro lado, el número de submatrices activadas del sistema de detección de intrusiones en las vías dentro de una imagen crece de manera proporcional al tamaño de los objetos con diferencias despreciables entre el tamaño real y el medido.  
20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para supervisar zonas peligrosas, usando al menos una cámara de vídeo para capturar imágenes desde una zona de supervisión que comprende un andén y vías en una estación, en el que las imágenes se proporcionan a una interfaz para su procesamiento, **caracterizado** por utilizar una división geométrica de la zona de supervisión en trapecios, entendiéndose cada uno en una dimensión lateral a lo largo de toda la zona de las vías y longitudinalmente en la dirección de los carriles y por la subdivisión de cada trapecio en partes de trapecio izquierda y derecha de superficies aproximadamente simétricas, en las que una de las partes de trapecio representa la zona de sector de detección o supervisión real y la otra parte de trapecio representa un trapecio de calificación para calificar iluminaciones u objetos como poco verosímiles u objetos como auténticos y aceptables, y que comprende las siguientes etapas de procedimiento:
- 10
- 15 a) una etapa de preprocesamiento que dirige la atención del sistema hacia una posible intrusión conservando solamente aquellas partes de la imagen que cambian sus características ópticas, dividiendo los trapecios de la zona de supervisión en submatrices, donde el movimiento en las submatrices se detecta mediante un procesamiento de imágenes diferenciales que depende del umbral de detección pertinente, y en caso de que se detecte movimiento en al menos un número crítico de submatrices activadas en una parte de trapecio de supervisión, dependiendo de otro umbral de detección, el contexto crítico en la parte de trapecio de supervisión correspondiente se determina comparando el número de submatrices activadas en las partes de trapecio izquierda y derecha respectivas, concretamente las partes de trapecio de supervisión y de calificación, seguida de
  - 20 b) una etapa de análisis, en la que las partes de trapecio de supervisión activas identificadas se combinan de manera lógica con actividades históricas en la parte de trapecio respectiva para identificar un estado peligroso, donde
  - 25 c) en paralelo a las etapas 1 a) y 1 b) se realiza permanentemente una comprobación de seguridad del sistema complementaria que controla permanentemente el estado en la zona de supervisión contando, solicitando y comprobando actividades normales del sistema.
- 30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque después de la etapa 1 b) se realiza una etapa de análisis, en la que las submatrices activas se agrupan en regiones, seguida de una clasificación y una verificación de las regiones y una predecisión opcional acerca de la criticidad de los objetos.
- 35 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado** porque en la etapa 1 a) el movimiento en las submatrices se detecta mediante una imagen diferencial, una imagen de referencia de fondo o una combinación de las mismas, en el que un análisis de imágenes diferenciales va seguido de una comprobación de imágenes de referencia de fondo.
- 40 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque en la etapa 1a) se genera una imagen diferencial sustrayendo los valores de gris acumulados de determinadas zonas de imagen en los instantes  $T_0$  y  $T_0 + \Delta t$ , y porque los valores promedio de gris de las submatrices antes y después de la diferenciación de los valores de gris se calculan y se sustraen.
- 45 5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado** porque  $\Delta t$  es un tiempo con una duración máxima de 100 ms.
- 50 6. Procedimiento según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque en la comprobación de seguridad del sistema en la etapa 1 c), la diferencia entre una imagen de referencia de fondo, BRI, que tiene que actualizarse regularmente, con cada imagen se determina regularmente para comprobar un estado de tren en la estación, TAS.
- 55 7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado** porque entre dos BRI consecutivas los pequeños cambios de valores de gris globales sin ninguna submatriz activada se consideran como no críticos.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 7, **caracterizado** porque en la etapa 1 a) se genera una imagen de referencia utilizando la última imagen sin intrusiones.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado** porque en la etapa 1a), la última imagen sin intrusiones se compara con hasta cuatro imágenes siguientes.
- 60 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque en la etapa 1a) las submatrices que modifican sus características ópticas se determinan en el transcurso de tiempo para definir submatrices activas.
- 65 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque en la etapa 1 a) se analizan submatrices activas en una imagen característica.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque en la etapa 1 a) cada submatriz se compara con un umbral predefinido para decidir acerca de la activación de la submatriz.

## ES 2 327 469 T3

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque en la etapa 1 a) se analiza el contexto lógico de las submatrices activas en la zona de supervisión.

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque una etapa de decisión sigue a la etapa 1 c), en la que en caso de una situación crítica se genera una señal.

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se añaden sectores de aviso adicionales a lo largo del borde del andén como una superficie de trapecios adicional.

16. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque en caso de usar más de una cámara, las cámaras se colocan de manera equidistante a lo largo del andén.

17. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el umbral de detección es continuamente escalable.

18. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque una submatriz comprende  $N \times N$  píxeles.

19. Procedimiento según la reivindicación 18, **caracterizado** porque  $N$  tiene al menos el valor 5, preferentemente 7.

20. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque para generar una señal de alarma debe activarse un número definido de  $n$  submatrices de entre un grupo que comprende  $m$  submatrices.

21. Un sistema para supervisar zonas peligrosas, que utiliza al menos una cámara de vídeo para capturar imágenes desde una zona de supervisión que comprende un andén y vías en una estación, en el que las imágenes se proporcionan a una interfaz para su procesamiento, **caracterizado** por utilizar una división geométrica de la zona de supervisión en trapecios, entendiéndose cada uno en una dimensión lateral a lo largo de toda la zona de las vías y longitudinalmente en la dirección de los carriles y por la subdivisión de cada trapecio en partes de trapecio izquierda y derecha de superficies aproximadamente simétricas, en las que una de las partes de trapecio representa el sector de detección o supervisión real y la otra parte de trapecio representa un trapecio de calificación para calificar iluminaciones u objetos como poco verosímiles u objetos como auténticos y aceptables, que comprende medios para realizar

a) una etapa de preprocesamiento que dirige la atención del sistema hacia una posible intrusión conservando solamente aquellas partes de la imagen que cambian sus características ópticas, dividiendo los trapecios de la zona de supervisión en submatrices, donde el movimiento en las submatrices se detecta mediante un procesamiento de imágenes diferenciales que depende del umbral de detección pertinente, y en caso de que se detecte movimiento en al menos un número crítico de submatrices activadas en una parte de trapecio de supervisión, dependiendo de otro umbral de detección, el contexto crítico en la parte de trapecio de supervisión correspondiente se determina comparando el número de submatrices activadas en las partes de trapecio izquierda y derecha respectivas, concretamente las partes de trapecio de supervisión y de calificación, seguida de

b) una etapa de análisis, en la que las partes de trapecio de supervisión activas identificadas se combinan de manera lógica con actividades históricas en la parte de trapecio respectiva para identificar un estado peligroso, donde

c) en paralelo a las etapas 1 a) y 1 b) se realiza permanentemente una comprobación de seguridad del sistema complementaria que controla el estado en la zona de supervisión contando, solicitando y comprobando actividades normales del sistema.

22. Sistema según la reivindicación 21, **caracterizado** porque una tercera etapa se inicia opcionalmente después de la segunda etapa, la cual agrupa submatrices en regiones, seguida por una clasificación de regiones y de una verificación o clasificación posterior para identificar la clase de objeto de cada región e identificar perturbaciones, seguida de una predecisión opcional acerca de la criticidad de los objetos.

23. Sistema según una de las reivindicaciones 21 ó 22, **caracterizado** porque se utilizan más de una cámara montadas de manera equidistante.

24. Uso de un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 21 para la vigilancia de zonas peligrosas.

25. Uso según la reivindicación 24, **caracterizado** porque una señal de alarma se genera cuando se detecta una situación crítica y/o se interrumpe el funcionamiento de un objeto técnico.

26. Producto de programa informático, que está almacenado en un medio legible por ordenador y que comprende medios legibles por ordenador, mediante el cual un ordenador lleva a cabo un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores 1 a 20 cuando el programa informático está ejecutándose.

Fig. 1

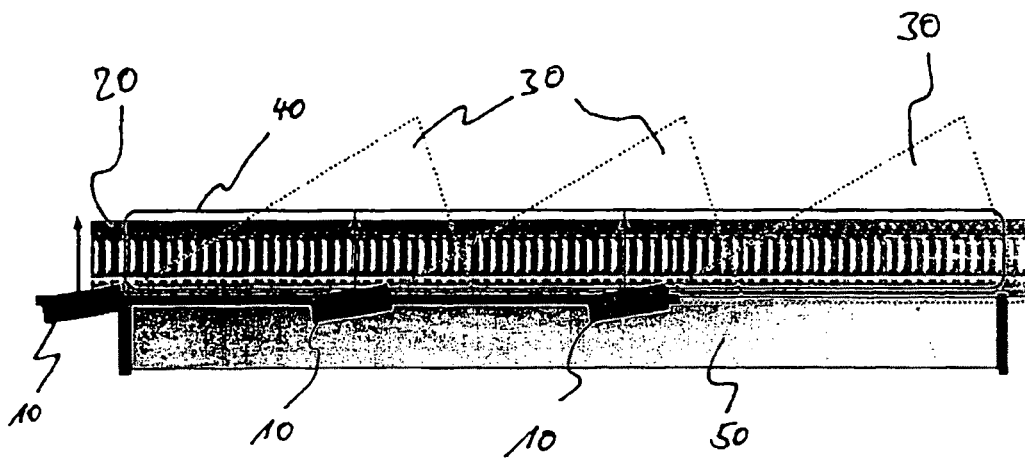


Fig. 2

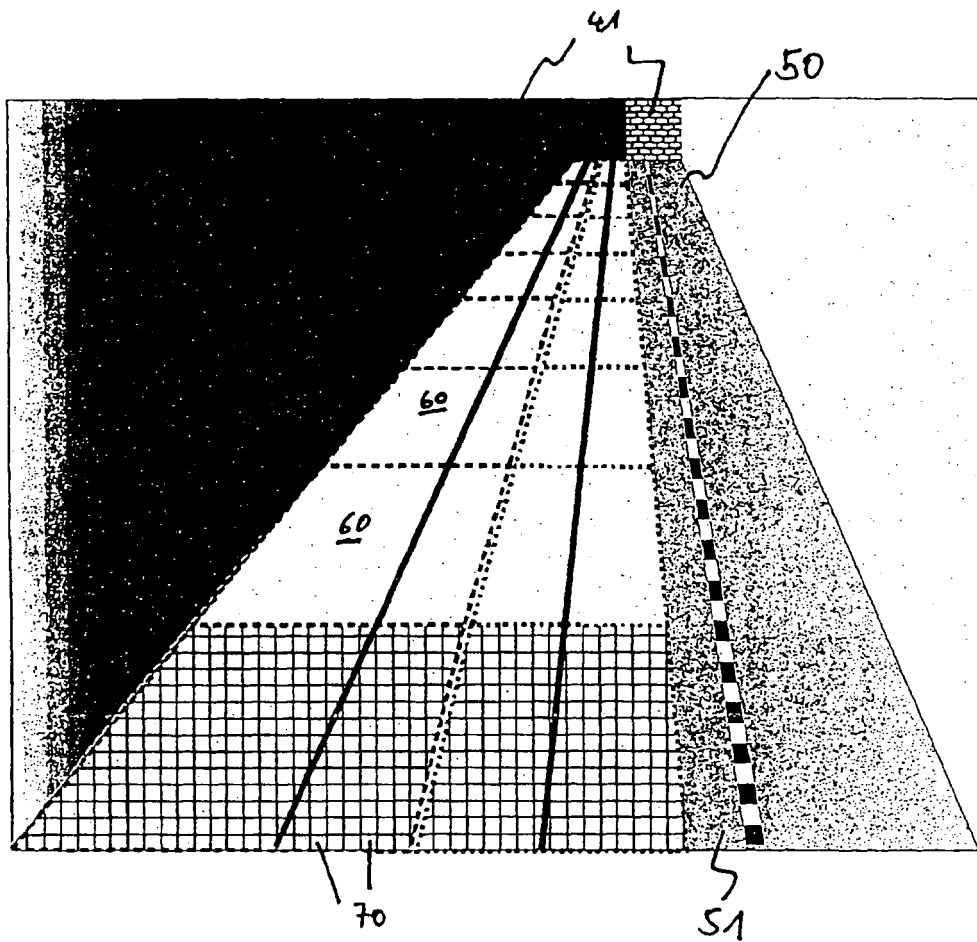


Fig. 3

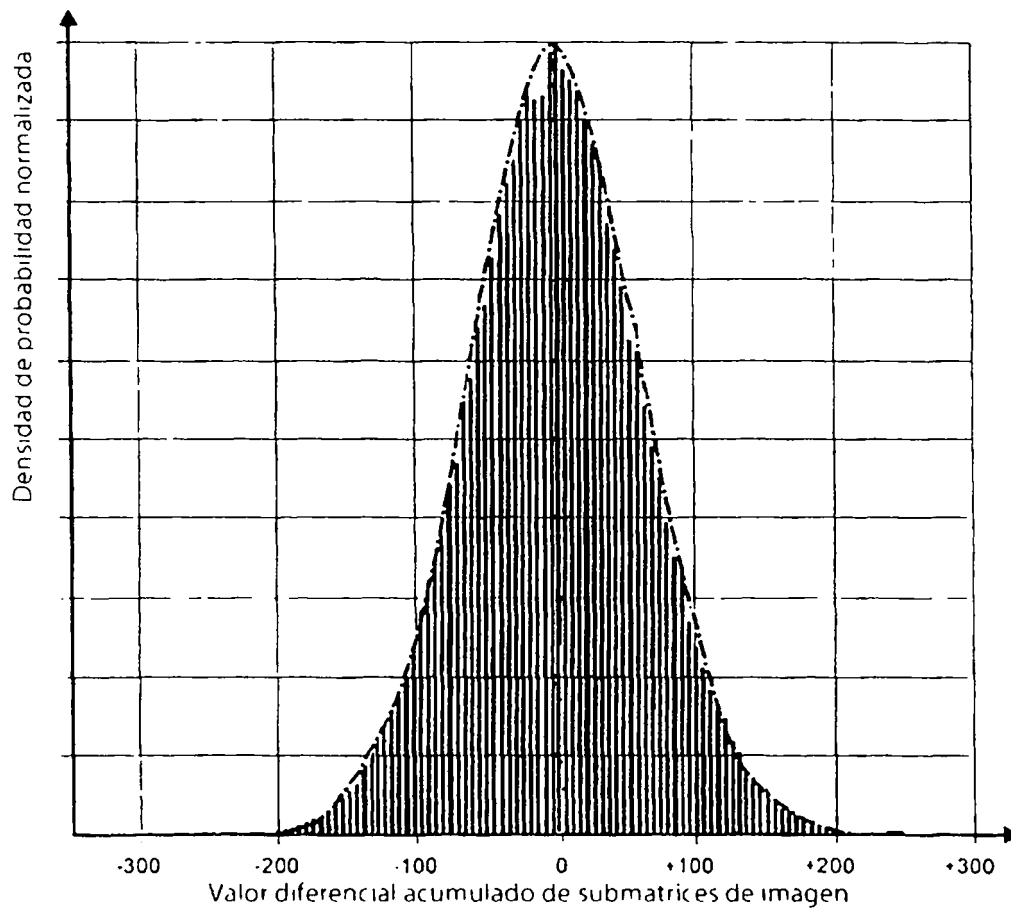
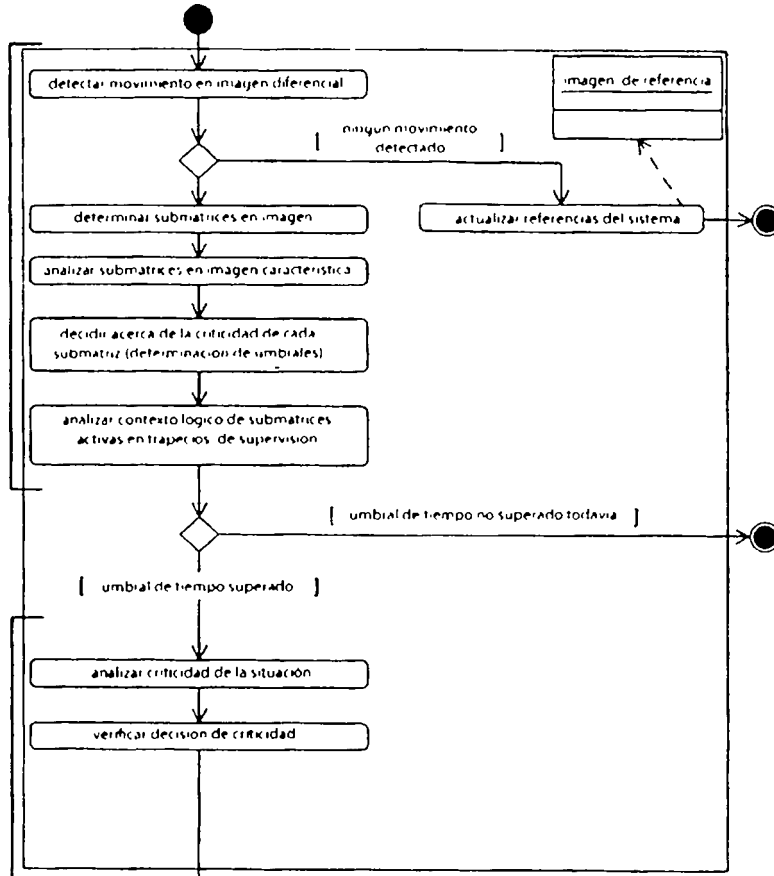


Fig. 4

**NÚCLEO DE SEGURIDAD**

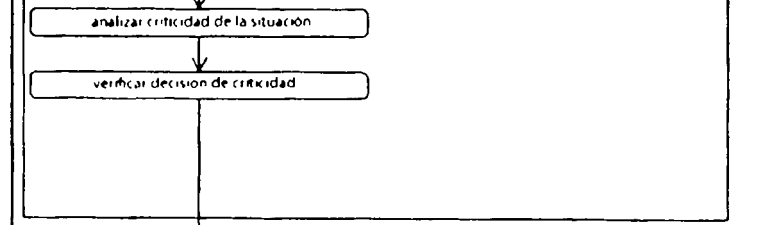
**Etapa 1a**

*preanálisis rápido de imágenes diferenciales*  
 objetivo: identificación de comportamiento dinámico en imagen, detector de movimiento



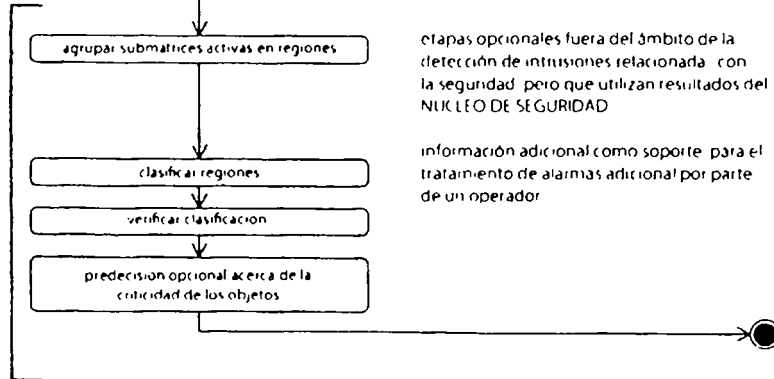
**Etapa 1b**

*análisis de criticidad con historial*  
 objetivo: identificar el estado peligroso de una situación compleja mediante una combinación lógica de los trapecios de supervisión activos identificados y actividades históricas



**Etapa 2a**

*creación de regiones de imagen activas; análisis secuencial de regiones activas*



etapas opcionales fuera del ámbito de la detección de intrusiones relacionada con la seguridad, pero que utilizan resultados del NÚCLEO DE SEGURIDAD

**Etapa 2b**

*Clasificación secuencial de objetos con SVM*  
 Objetivo: identificación de la clase de objeto de cada región activa, también la identificación de perturbaciones (no de objetos)

información adicional como soporte para el tratamiento de alarmas adicional por parte de un operador

Fig. 5

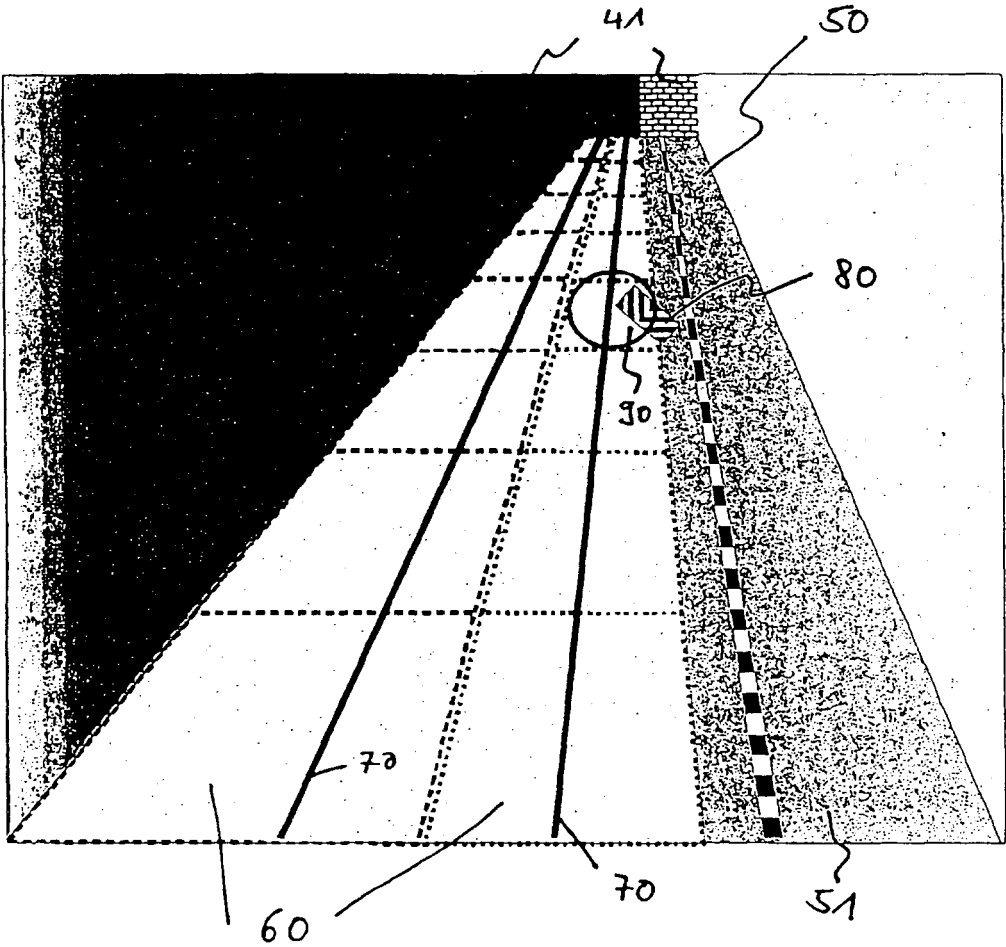




Fig. 7

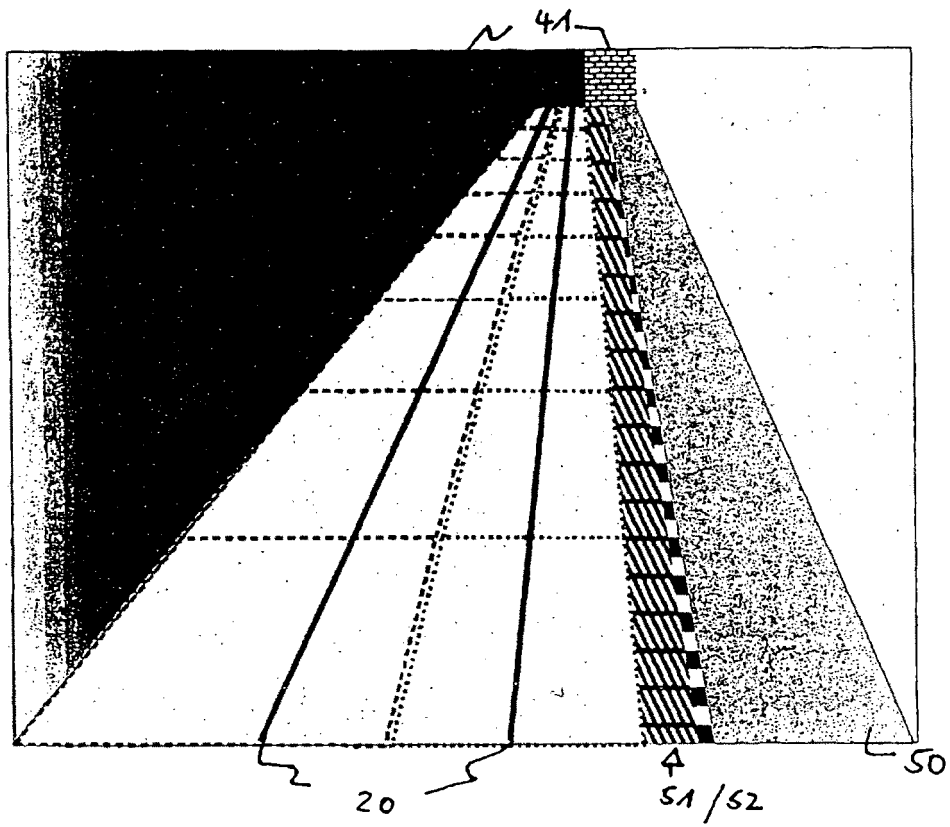


Fig. 8

