

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 929**

51 Int. Cl.:

G06T 7/00 (2006.01)

H04L 29/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.05.2008 E 08750913 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2012 EP 2163094**

54 Título: **Procedimiento y sistema para la monitorización de un entorno**

30 Prioridad:

19.05.2007 IT MI20071016

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

22.03.2013

73 Titular/es:

**VIDEOTEC S.P.A. (100.0%)
VIA FRIULI 6
36015 SCHIO (VI), IT**

72 Inventor/es:

**GENNARI, GIAMBATTISTA;
RACCANELLI, GIORGIO;
FREZZA, RUGGERO;
CENEDESE, ANGELO y
D'ALESSI, FABIO**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 398 929 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema para la monitorización de un entorno

La presente invención se refiere a un procedimiento de vigilancia para la monitorización de un entorno de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

- 5 La invención también se refiere a un sistema adaptado para la implementación de dicho procedimiento de vigilancia.
- En muchas situaciones, desde sitios públicos a compañías privadas, hay una necesidad de monitorizar un entorno para el propósito de detectar cualesquiera eventos anómalos, tales como un hurto, actos vandálicos, agresiones, robos y en general cualesquiera eventos que ponen en riesgo a personas y propiedades.
- 10 Con este fin, se usan comúnmente los sistemas de vigilancia en los que una pluralidad de sensores, tales como dispositivos de grabación de video (por ejemplo, cámaras de video) o sensores de movimiento (por ejemplo sensores de infrarrojos o sensores volumétricos), monitorizan diferentes áreas del entorno en cuestión.
- Las señales de información enviadas por los sensores (por ejemplo un video de una habitación o una señal de alarma de un sensor) se reciben por una estación de monitorización atendida por un vigilante.
- Los sistemas de vigilancia conocidos requieren una etapa de establecimiento que se centra sobre los sensores.
- 15 Durante esta etapa de establecimiento, se crea un modelo del sistema que define, para cada uno de los sensores, un área monitorizada y los sensores adyacentes, es decir, los sensores que monitorizan el borde de dicha área. De este modo, durante los procedimientos de seguimiento el sistema seguirá el sujeto seguido conmutando de un sensor al adyacente designado en el establecimiento.
- 20 En los sistemas de vigilancia de video mejorados, tales como los tratados en las solicitudes de patente US 2003/0085992 y WO 2005/120071, esta clase de configuración proporciona que, una vez que se ha seleccionado un área del entorno a través de un monitor, el sistema llamará automáticamente a la señal de video de la cámara de video asociada con esa área.
- Sin embargo, todos los sistemas de vigilancia conocidos sufren del inconveniente de que si falla de un sensor, el sistema no podrá compensar automáticamente la ausencia de ese sensor.
- 25 Por ejemplo, durante la ejecución de un algoritmo de seguimiento, el sujeto se perderá y el algoritmo se parará tan pronto como el sistema conmute a una cámara de video fuera de servicio.
- Otro problema que sufren los sistemas de vigilancia conocidos surge cuando dos usuarios del sistema (por ejemplo dos vigilantes que usan dos estaciones de monitorización diferentes) quieren observar la misma área del entorno monitorizado. Aunque la señal de video se puede enviar a ambas estaciones de monitorización, el control de la cámara de video principal solo se puede conceder a un usuario (que se elige típicamente de acuerdo con un criterio de prioridad). En este caso, el segundo usuario debe seleccionar de forma autónoma otra cámara de video y controlarla manualmente.
- 30 En sistemas grades que tienen múltiples sensores y cámaras de video, el examen de una cámara de video puede ser una tarea compleja.
- 35 Otro inconveniente de los sistemas de vigilancia conocidos es la complejidad de la etapa de establecimiento, en donde el instalador debe especificar en el sistema qué sensor está monitorizando una cierta área del entorno y qué sensores adyacentes están cubriendo el borde del área monitorizada. Un ejemplo de este procedimiento se conoce de la solicitud de patente US 2003/0085992, de acuerdo con la cual para cada una de las escenas tomadas por una cámara de video el instalador debe especificar en el sistema el nombre de la cámara de video de filmación y
- 40 construir una tabla indicando qué cámara de video está cubriendo la frontera norte, qué cámara de video está cubriendo la frontera sur, y así sucesivamente. Tal configuración es un inconveniente y difícil de implementar en grandes sistemas que comprenden muchos sensores.
- Pretendiendo superar este inconveniente, la patente US 6.437.819, ha desvelado un procedimiento de establecimiento que no requiere la introducción manual de los nombres de sensores y los sensores adyacentes (lo cual podría conducir a errores).
- 45 Sin embargo, el procedimiento de establecimiento descrito en la patente US 6.437.819 tiene el inconveniente de que requiere la presencia de un instalador que sigue una trayectoria apropiada dentro del área monitorizada. Esto es un inconveniente cuando el área a monitorizar es muy amplio (por ejemplo aparcamientos, terminales de aeropuertos). Además, dicho procedimiento no es aplicable al caso en el que algunas áreas no son accesibles a los instaladores, por ejemplo cuando se actualizan viejos sistemas de vigilancia en prisiones o en plantas que procesan sustancias peligrosas.
- 50

- 5 El documento WO 00/56056 desvela un procedimiento para la optimización de la cobertura de video en un entorno, monitorizado a través de una pluralidad de cámaras fijas que tienen una orientación tridimensional predeterminada. De acuerdo con el procedimiento tratado por el documento WO 00/56056, la colocación y la orientación angular de cada una de las cámaras se optimiza a través de un algoritmo genérico, aplicado a un modelo tridimensional del área a cubrir.
- El documento US 4992 886 desvela un procedimiento para la monitorización de un entorno en el que las tareas de vigilancia se asignan en base a la relación entre las áreas determinadas y los sensores específicos.
- El objeto de la presente invención es superar los problemas de los sistemas de vigilancia de video conocidos.
- 10 En particular, es el objeto de la presente invención mejorar la fiabilidad de los sistemas de vigilancia, en particular los sistemas de vigilancia de video, proporcionando una adaptación dinámica del sistema cada vez que un sensor no se pueda usar por el sistema.
- Este objeto se consigue a través de un procedimiento de vigilancia y un sistema de vigilancia que incorpora las características mostradas en las reivindicaciones adjuntas que se pretende que sean una parte integrante de la presente descripción.
- 15 La presente invención se basa en la idea de ejecutar una etapa de establecimiento centrada en el entorno, no en los sensores.
- En la etapa de establecimiento de acuerdo con la invención, en primer lugar el instalador crea un modelo del entorno definiendo una pluralidad de áreas de dicho entorno, por ejemplo, un estacionamiento, la entrada principal, etc.
- 20 El instalador asocia a continuación, con cada área al menos un sensor en uno o más de sus posiciones posibles (posiciones prefijadas) y asigna un juicio de monitorización del área a cada posición.
- El juicio de monitorización preferiblemente corresponde a una estimación de la probabilidad de detección de un evento que ocurre en el área asociada por medio del sensor concernido, y la etapa operativa sigue para realizar una selección inteligente de los sensores para monitorizar el entorno. Para las cámaras de video, el juicio de monitorización corresponde esencialmente a un juicio de visibilidad del área en la posición prefijada que se tiene en cuenta.
- 25 Durante la etapa operativa, el sistema de control del sistema de vigilancia encuentra, entre los sensores instalados, los sensores que se pueden usar (por ejemplo los que no están fuera de servicio o que no se usan por otros usuarios) para realizar la función de vigilancia.
- 30 Una vez que se han verificado los sensores utilizables, el sistema de control controla uno o más sensores utilizables por referencia al modelo creado durante la etapa de establecimiento del sistema y para los juicios de monitorización asignados por el operador a las diversas posiciones prefijadas de los sensores.
- Esto permite una asociación dinámica entre las áreas a monitorizar y los sensores: si un sensor que opera en el área de interés no está disponible (porque está fuera de servicio o porque ya se usa por otro usuario), ese sensor no se tendrá en cuenta y el sistema de control seleccionará un segundo sensor en la configuración que es el más adecuado para la monitorización del área de interés.
- 35 Además, en caso de fallo de un sensor, el sistema reorganizará los sensores restantes posicionando los mismos de tal modo que se optimiza la posibilidad de detección de un evento dentro del entorno usando los sensores disponibles. Más específicamente, esto se hace posible por el hecho de que la elección del sensor no es solo dependiente de su asociación con el área de interés, sino también de los juicios de monitorización que, como se ha dicho, son representativos de la probabilidad de detección de un evento a través del sensor.
- 40 En particular, dichos juicios de monitorización se pueden usar para seleccionar un sensor de acuerdo con una metodología heurística que, por ejemplo, asigna el sensor disponible que tiene el juicio de monitorización más alto a la tarea de monitorización de una célula.
- Estas soluciones permiten reducir la complejidad de cálculo de los algoritmos usados para la gestión de los sensores.
- 45 Como alternativa, el procedimiento de acuerdo con la invención puede proporcionar el establecimiento de los sensores de modo que se maximiza la probabilidad de detección de un evento después de definir un área a monitorizar o restricciones de los sensores disponibles.
- Esto permite optimizar el funcionamiento de la monitorización.
- 50 Además, el sistema de vigilancia preferiblemente tiene una arquitectura distribuida con una pluralidad de ordenadores comunicando entre si sobre una red. Un conjunto de sensores se asocia con cada uno de los ordenadores.

Esto reduce (estadísticamente) el número de algoritmos que cada uno de los ordenadores debe ejecutar simultáneamente, por ejemplo para gestionar varias tareas solicitadas a los diferentes sensores que se gestionan por un ordenador.

5 En la realización preferida, los ordenadores se integran en los sensores, que de este modo se harán inteligentes y capaces de comunicar entre sí para seleccionar automáticamente su configuración óptima para la ejecución de las tareas solicitadas por el operador.

Objetos adicionales y ventajas se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción y de los dibujos anexos, que se suministran a modo de ejemplo no limitante, en los que:

- 10
- la Fig. 1 muestra un sistema de vigilancia de video de acuerdo con la presente invención;
 - las Fig. 2a, 2b y 2c muestran un modelo de entorno usado por el sistema para la activación de las cámaras de video.
 - las Fig. 3a y 3b muestran un modelo de entorno usado por el sistema para la activación de las cámaras de video.

Arquitectura del sistema de vigilancia

15 En la Fig. 1, la referencia numérica 1 designa esquemáticamente un entorno a monitorizar, El entorno 1 consiste de un edificio 100 y un patio exterior 200.

Se identifican las siguientes áreas de particular interés dentro del entorno 1;

- 20
- una entrada al edificio: área C1
 - un estacionamiento P1: área C2;
 - un estacionamiento P2: área C3;
 - una puerta de entrada: área C4;

Las áreas C1 - C4 se monitorizan por cuatro cámaras de video S1 - S4 y un sensor volumétrico S5 dispuesto dentro del entorno a monitorizar.

25 El número de áreas en las que se divide el entorno y el número de sensores (cámaras de video y otros sensores) no son factores limitantes de la invención, sino que dependen de las elecciones del instalador.

Las cámaras de video S1 - S4 pueden ser fijas o movibles, en particular del tipo PTZ (desplazamiento / elevación / aumento). En el ejemplo de la Fig. 1, las cámaras de video S1 y S3 son cámaras de video fijas y solo cubren las áreas respectivas C1 y C3, mientras que las cámaras de video S2 y S4 son cámaras de video PTZ capaces de cubrir las áreas C1 - C2 y C3 - C4, respectivamente.

30 El sensor volumétrico S5 es un sensor fijo y envía una señal de alarma cuando detecta el movimiento dentro del edificio 100, por ejemplo porque la puerta de entrada C1 se está abriendo.

Los sensores se conectan a la red de datos 2 a través de la cual intercambian señales con la estación de monitorización 3, por ejemplo las cámaras de video S1 - S4 envían las imágenes tomadas.

35 La red de datos 2 puede ser una LAN cableada, pero por supuesto dicha red de datos también puede comprender elementos inalámbricos que pueden facilitar la instalación de las cámaras de video.

La estación de monitorización 3 comprende un ordenador 31 que recibe las imágenes desde las cámaras de video y las representa sobre un medio de visualización adecuado 32 adaptado para representar una pluralidad de imágenes 33 simultáneamente.

40 Dicho medio de visualización preferiblemente comprende una pluralidad de pantallas o una pantalla única que representa varias imágenes juntas entre sí (esta solución se conoce como una multiplexación). La estación de monitorización 3 también comprende otros componentes conocidos por si mismos, tales como un teclado 34, un ratón 35 y una palanca de control 36 usada por el vigilante para controlar las cámaras de video PTZ cambiando los ángulos de desplazamiento, inclinación y la ampliación de las mismas.

45 Como los medios de visualización, estos componentes también se conectan a un ordenador 31, que se equipa con interfaces adecuadas, por ejemplo una interfaz para un mando de control 36, interfaces de video para el envío de las imágenes recibidas desde las cámaras de video S1 - S4 al medio de visualización 32, y una interfaz de red a través de la cual se envían los datos de control a las cámaras de video.

50 Esta interfaz de usuario, junto con el teclado, la palanca de control y el ratón, permiten al usuario seleccionar y controlar las cámaras de video, activando de este modo la transferencia de una imagen desde una o más cámaras de video al medio de visualización 32.

Cuando se selecciona cualquiera de las áreas C1 - C4, por ejemplo el estacionamiento P2, se transfiere una imagen desde una cámara de video, por ejemplo S2, que se asocia automáticamente con el área seleccionada de acuerdo con un criterio propuesto predeterminado, como se describe más adelante, maximizando la probabilidad de detección de un evento anómalo dentro de un área de interés.

- 5 Los detalles de la interfaz que permiten llamar a las cámaras de video se describirán más adelante en una sección dedicada.

En el ejemplo de la Fig. 1, la arquitectura del sistema es del tipo centralizado, con un ordenador único 31 ejecutando el algoritmo de computación requerido para controlar los sensores y realizar las funciones de vigilancia tales como tomar sujetos en movimiento dentro de un entorno, grabar porciones de video, y detección automática de eventos. Otras soluciones también son posibles; por ejemplo el sistema de vigilancia se puede proporcionar en la forma de un sistema distribuido como el que se describe más adelante en la sección titulada "Variante con un sistema de control que tiene una arquitectura distribuida".

Establecimiento del sistema

- 15 De acuerdo con la invención, durante la etapa del establecimiento del sistema de vigilancia se crea un modelo del entorno definiendo las áreas de interés C1 - C4 del entorno y las adyacencias de las mismas.

En la siguiente descripción, las áreas de dicho modelo se llamarán "células" para evitar cualquier confusión con las áreas físicas del entorno.

Posteriormente, cada una de las células C1 - C4 se asocia con uno o más sensores capaces de monitorizar al menos una porción del área correspondiente a esa célula.

- 20 En particular, como las cámaras de video PTZ pueden tomar una pluralidad de posiciones, cada una de las células está asociada no solo con una cámara de video, sino con una cámara de video en una posición determinada (llamada "prefijación"). Por supuesto, para los sensores o las cámaras de video fijas solo hay una posición predeterminada que se fija cuando se instala el sensor.

Durante la etapa de establecimiento, los sensores se activan en secuencia.

- 25 Para cada uno de los sensores o cámaras de video móviles, el operador define las posiciones prefijadas del sensor móvil que mejor cumplen las necesidades de vigilancia del operador.

Para cada una de las posiciones prefijadas, los operadores asocian el sensor con un área del entorno a través de un medio de selección, y asignan un juicio de monitorización expresado como un valor entre 0 y 1 que representa la calidad de la imagen tomada.

- 30 Los juicios de monitorización corresponden a una estimación de la probabilidad de detección a través de dicho sensor de un evento que ocurre dentro de la célula con la que se ha asociado el sensor en una cierta posición prefijada.

En la etapa operativa, esto permite controlar los sensores por el posicionamiento de los mismos en las posiciones prefijadas que maximizan la probabilidad de monitorización del entorno.

- 35 Los ejemplos de las Fig. 2a - 2c y 3a - 3b ilustran dos modelos de entornos diferentes, que se usan por la interfaz de usuario para mostrar el entorno a monitorizar al instalador y para permitirle seleccionar un área.

Con referencia al ejemplo de las Fig. 2a, 2b y 2c, el programa que proporciona la interfaz de usuario permite definir una lista de células y las conexiones de las mismas a través de una interfaz gráfica que permite dibujar un gráfico en el cual las células se representan como nodos conectados por arcos. Ventajosamente, la disposición espacial de los nodos es libre, de modo que durante la etapa de establecimiento el operador puede disponerlos de tal modo que reflejen la disposición geográfica de las áreas a monitorizar, permitiendo de este modo al vigilante encontrar inmediatamente el área a monitorizar durante la etapa operativa.

- 45 De acuerdo con una solución alternativa que es menos compleja desde el punto de vista del cálculo pero ligeramente menos fácil de usar, la definición de las áreas y las conexiones de las mismas se puede hacer en un modo de texto.

Con referencia de nuevo al ejemplo de las Fig. 2a - 2c, en la etapa de establecimiento el operador crea el modelo del entorno y a continuación activa los sensores de forma secuencial (por ejemplo, ciclos de las cámaras de video). Para cada uno de los sensores, el operador verifica el área monitorizada (por ejemplo, ve la imagen tomada por una cámara de video sobre la pantalla) y crea una conexión con las áreas del modelo mientras que asigna un juicio de monitorización.

- 50 La conexión de sensores / áreas se puede proporcionar dibujando un enlace entre el icono que representa el sensor y el bloque que representa el área enmarcada.

De esta manera, se crea un gráfico de células / sensores como el mostrado en la Fig. 2c.

La prefijación de los sensores y el juicio de monitorización se almacenan en una base de datos del sistema de control por el software.

En el ejemplo de las Fig. 3a - 3b, el modelo de entorno consiste de un mapa del área a monitorizar.

5 El mapa, mostrado en la Fig. 3a, se puede construir electrónicamente por el operador usando programas gráficos comunes o puede ser un fichero gráfico importado.

10 En la solución de las Fig. 3a - 3b, durante la etapa de establecimiento el operador selecciona un sensor y, para cada una de las posiciones prefijadas, marca el área monitorizada en el mapa, como se muestra en la Fig. 3b, y asocia un juicio de monitorización, por ejemplo tecleando un valor sobre el teclado 34 o seleccionando un valor representado con el ratón 35.

Cuando se selecciona un grupo de píxel correspondiente al área monitorizada por el sensor, el software creará automáticamente las células del modelo y las adyacencias respectivas.

En una realización de la invención, cada una de las selecciones de píxel corresponde a una célula del modelo.

Los grupos de píxel vecinos son células adyacentes.

15 En una realización preferida, los grupos de píxel que se solapan entre sí, en una extensión suficiente se agrupan dentro de una célula única.

El criterio usado para decidir si dos grupos de píxel deberían agruparse juntos en una célula única o no, se define durante la etapa de programación: si dos grupos de píxel solo se tocan, puede ser preferible de hecho mantener las dos células separadas.

20 La información geométrica asociada con cada una de las células (área, forma) y la información acerca de la dirección de tránsito entre las células se extraen automáticamente.

25 Se pueden incluir barreras en el mapa que se tendrá en cuenta cuando se calculan las adyacencias, por ejemplo, dos habitaciones que no se comunican no son adyacentes entre sí. Se puede añadir otra información (etiquetas de células, movilidad del área, barreras dependientes del tiempo, orientación de arcos, etc.) por el usuario una vez que se ha construido el modelo.

Cuando se ha terminado el establecimiento, el sistema de control dibujará un gráfico de células / sensores como el mostrado en la Fig. 2c.

Algoritmo para la cobertura óptima

30 Después de la etapa de establecimiento, el sistema de control está listo para comenzar la etapa operativa de vigilancia del entorno.

Dado un área de interés y un conjunto de sensores, el objetivo es monitorizar dicha área seleccionando los sensores más adecuados y controlándolos en el modo más apropiado.

Esto se traduce en la maximización de la probabilidad de detección de eventos anómalos que ocurren dentro de un área determinada de interés.

35 En particular se asume que el área de interés es un conjunto de N células del modelo de entorno construido durante la etapa de establecimiento.

C_i designa el evento anómalo que ocurre en la célula i

El sistema de vigilancia comprende M sensores, designando x_j la posición del sensor j .

40 En particular, para los sensores PTZ (Desplazamiento, Inclinación, Amplificación), la posición puede tomar valores dentro de un conjunto finito discreto de valores llamados 'prefijaciones'.

Un sensor fijo se puede tratar como un sensor PTZ particular con solo una prefijación.

En general, la posición de un sensor puede tomar valores dentro de un dominio continuo y puede comprender coordenadas geográficas para los sensores localizados sobre medios móviles (coche patrulla, robot, etc.).

Designando la detección de un evento como D , la expresión

45
$$p(D \mid C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_N, x_1, \dots, x_M) \quad (1)$$

indica la probabilidad de detección de un evento anómalo con la condición de que el evento ocurre solo en una de las N células asociadas con la porción del entorno a monitorizar y que M sensores están en cierta prefijación x_j .

El problema de la cobertura óptima de un área determinada por lo tanto se traduce en encontrar la configuración óptima de sensores que maximiza dicha probabilidad. Dicha configuración se puede expresar como:

$$\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_M = \arg \max_{x_1, \dots, x_M} p(D \mid C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_N, x_1, \dots, x_M) \quad (2)$$

5

La probabilidad de detección se puede expresar como:

$$p(D \mid C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_N, x_1, \dots, x_M) = \frac{\sum_{i=1}^N p(D \mid C_i, x_1, \dots, x_M) \cdot p(C_i)}{\sum_{i=1}^N p(C_i)} \quad (3)$$

La expresión anterior se obtiene por la explotación de la observación inmediata de que la ocurrencia de un evento en la célula i es independiente de la posición de los M sensores, es decir $p(C_i \mid x_1, \dots, x_M) = p(C_i)$.

10 La probabilidad $p(C_i)$ de que un evento ocurra en una célula determinada i puede ser proporcional al tamaño del área correspondiente y a la criticidad que caracteriza la célula desde el punto de vista de la vigilancia.

En bien de la simplicidad, asumiremos a continuación que todas las áreas del modelo tienen las mismas probabilidades, de este modo la expresión de la probabilidad de detección será:

$$p(D \mid C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_N, x_1, \dots, x_M) = \frac{\sum_{i=1}^N p(D \mid C_i, x_1, \dots, x_M)}{N} \quad (4)$$

15 donde $p(D \mid C_i, x_1, \dots, x_M)$ es la probabilidad de detección de un evento, ocurriendo este último en la célula i y estando los sensores en una cierta prefijación x_j .

Consideremos ahora el caso en el que una célula determinada se observa por un único sensor del sistema de vigilancia, por ejemplo, el sensor 1.

20 De este modo se obtiene que $p(D \mid C_i, x_1, \dots, x_M) = p(D \mid C_i, x_1)$, es decir la detección en la célula i no depende de la posición de los sensores que no están monitorizando la célula i .

Se asume que $p(D \mid C_i, x_1)$, es el juicio de monitorización asignado por el instalador cuando configura el sistema de vigilancia. Con más detalle, dicho juicio de monitorización es el que se asignó al sensor 1 en la posición x_1 , cuando se asoció con la célula i .

25 Bastante razonablemente, si el juicio de monitorización es alto, entonces la probabilidad de detección de un evento en el área determinada del modelo será también alta. Y viceversa, si el juicio fuese cero, sería imposible (con probabilidad nula) realizar una detección en una célula determinada con el sensor 1 en la prefijación x_1 .

Consideremos el caso en el que la célula i se observa por múltiples sensores en una prefijación apropiada.

Intentando ayudar al instalador, el procedimiento de establecimiento descrito anteriormente no proporciona una información de monitorización combinada.

30 Por esta razón, en ausencia de tal información se tendrá en cuenta el caso peor: se encuentra el sensor que tiene la mayor visibilidad y se asume que los otros sensores no pueden añadir ninguna información que pueda aumentar la visibilidad del área determinada del modelo. De este modo se obtiene que

$$p(D \mid C_i, x_1, \dots, x_M) = \max_{j=1, \dots, M} p(D \mid C_i, x_j) \quad (5)$$

35 Consideremos ahora el siguiente ejemplo. Dos sensores s_1 y s_2 posicionados en x_1 y x_2 ven una célula determinada C_i con juicios de visibilidad 0,8 y 0,6 respectivamente.

Se asume que los otros sensores no ven la célula determinada en ninguna prefijación, o que están posicionados en prefijaciones donde no pueden ver la célula determinada.

De este modo se obtiene que $p(D | C_i; x_1) = 0,8$, $p(D | C_i; x_2) = 0,6$, $p(D | C_i; x_j) = 0$ para $j > 2$ y que, a partir de la expresión anterior $p(D | C_i, x_1, x_2, \dots, x_M) = 0,8$.

Desarrollando (4) en base a esta suposición, se obtendrá de este modo que:

$$p(D | C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_N, x_1, \dots, x_M) = \frac{\sum_{i=1}^N \max_{j=1, \dots, M} p(D | C_i, x_j)}{N} \quad (6)$$

5 donde $p(D | C_i, x_j)$ es el juicio de monitorización con el sensor j en la prefijación x_j que está monitorizando la célula C_i . La expresión anterior cuantifica de una forma rigurosa la calidad de la cobertura de un área determinada, permitiendo de este modo comparar diferentes configuraciones de sensores usados para este propósito.

La configuración óptima $\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_M$ se puede buscar entre todas las posibles configuraciones como se explica más adelante.

10 El algoritmo que permite encontrar la configuración óptima comienza a partir de la información contenida en el gráfico de células / sensores (Fig. 2c) dibujado cuando se configura el sistema de vigilancia. Para cada una de las células hay uno o más arcos que unen la célula con los sensores que la monitorizan.

15 Para cada uno de los arcos hay un elemento de información que indica la prefijación del sensor. Teniendo en cuenta todas las células del área a cubrir, es posible construir el conjunto de sensores a usar para obtener dicha cobertura, con las prefijaciones respectivas.

La configuración óptima de los sensores $\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_M$ es la que maximiza la probabilidad de detección, por lo tanto en una solución preferida el algoritmo procede a calcular (6) para cada combinación de sensores, y a continuación elige la combinación de sensores que tiene la mayor probabilidad de detección.

20 Esto resultará evidente a partir del siguiente ejemplo: dadas tres células C_1 , C_2 y C_3 ; la célula C_1 se ve por el sensor 1 en la prefijación x_1^1 , la célula C_2 se ve por el sensor 2 en la prefijación x_2^1 y la prefijación x_2^2 , y la célula C_3 se observa por el sensor 2 en la prefijación x_2^3 .

El intervalo de posibles configuraciones consiste de los pares (x_1^1, x_2^1) y (x_1^1, x_2^2) .

Por supuesto, una configuración como (x_1^1, x_2^1, x_2^2) no es aceptable porque en cualquier instante en el tiempo un sensor determinado solo puede estar en una posición.

25 Una vez que se han determinado las dos posibles configuraciones, el algoritmo calcula las probabilidades de detección correspondientes a dichas dos configuraciones.

Asumamos ahora que todos los juicios de monitorización son iguales a 1, excepto el de la prefijación x_2^2 , que es 0,8 (esta prefijación ve 2 células, pero con calidad inferior).

30 En estas condiciones, la primera configuración (x_1^1, x_2^1) tiene una probabilidad de detección de un evento anómalo que ocurre dentro del entorno que es igual a

$$p(D | C_1 \cup C_2 \cup C_3, x_1^1, x_2^1) = \frac{2}{3}$$

Mientras que la segunda configuración (x_1^1, x_2^2) tiene una probabilidad de detección de un evento anómalo que ocurre dentro del entorno que es igual a

$$p(D | C_1 \cup C_2 \cup C_3, x_1^1, x_2^2) = \frac{2,6}{3}$$

35 El algoritmo compara a continuación las dos probabilidades de detección calculadas y elige la configuración (x_1^1, x_2^2) , es decir la que maximiza la probabilidad de detección de un evento en un área determinada, lo que en este caso corresponde a todo el entorno.

Es evidente a partir de la descripción anterior que si el número de posibles configuraciones es grande, la búsqueda de la configuración óptima puede ser una difícil tarea de cálculo.

40 En tal caso, se pueden aplicar los procedimientos de búsqueda operativa para obtener una solución sub-óptima.

Estos procedimientos, aunque están basados en los juicios de monitorización y en el gráfico de células / sensores,

minimizan una función de coste adecuada obtenida a partir de la probabilidad de detección.

Como alternativa, la complejidad de cálculo se puede reducir también introduciendo metodologías heurísticas; por ejemplo, se puede elegir fijar cada sensor en la posición que tiene el máximo juicio de monitorización, de modo que se monitorizan una o más células que se observan solo por ese sensor.

- 5 Una vez establecidas, estas metodologías heurísticas son independientes del cálculo de la probabilidad de detección incluso aunque esta probabilidad se pueda usar comparando el funcionamiento de las diferentes metodologías heurísticas cuando se diseña el algoritmo. Si se proponen varias metodologías heurísticas, el cálculo de la probabilidad de detección permitirá establecer qué configuración de entre las propuestas por las metodologías heurísticas es la más apropiada para la detección de eventos.

10 Cobertura óptima con el menor número de sensores

El problema de la cobertura óptima tratado en la sección anterior se puede suplementar por la restricción de tener que usar el menor número posible de sensores.

- 15 El algoritmo para calcular la cobertura óptima con el menor número de sensores también se basa en la suposición de que la probabilidad de detectar un evento en una célula no aumenta con el número de sensores usados para cubrir esa célula, de este modo se asume que:

$$p(D \mid C_i, x_1, \dots, x_M) = \max_{j=1, \dots, M} p(D \mid C_i, x_j) \quad (7)$$

Por lo tanto, el algoritmo solo considera el sensor que tiene el juicio de monitorización más alto de entre todos los sensores que ven la misma célula.

- 20 Los sensores que tienen un menor juicio se considera que son redundantes. Aunque desde un punto de vista práctico puede ser útil añadir información desde más sensores (por ejemplo para añadir encuadres de un área) para mejorar el funcionamiento de la monitorización en alguna medida, hay sin embargo situaciones en las que es importante que no se reciba información redundante: un operador que recibe información redundante evaluará lo que está ocurriendo en la escena monitorizada más lentamente y con más dificultad.

- 25 No es menos importante que el uso del mínimo número de recursos en un sistema multi usuario y multi tareas aumentará la posibilidad de servir a más operadores y tareas simultáneamente.

La solución óptima en presencia de la restricción mencionada anteriormente se encuentra considerando todos los posibles subconjuntos del conjunto global de sensores a usar para la cobertura óptima.

Para cada uno de los subconjuntos, la configuración prefijada óptima se encuentra como se describe en la sección anterior 'Algoritmo para la cobertura óptima'.

- 30 La solución al problema actual se representa por conjunto del mínimo número cardinal que tiene la mayor probabilidad de detección.

- 35 Debería remarcarse que no es necesario tomar en consideración todos los posibles subconjuntos de sensores: cuando la probabilidad de detección de la solución óptima buscada en los subconjuntos de sensores que tienen un número cardinal N es igual a la probabilidad de detección óptima buscada en los subconjuntos que tienen un número cardinal N - 1, entonces la solución óptima será una configuración con N - 1 sensores.

Por lo tanto, el procedimiento proporciona ventajosamente la búsqueda de solución al problema de cobertura óptima aumentando el número cardinal de los subconjuntos de sensores.

Cobertura óptima variante con el tiempo

- 40 Consideremos ahora una situación en la que la solución óptima no puede proporcionar la cobertura de todo el entorno, por ejemplo porque el número de sensores disponible es más bien pequeño.

Para monitorizar todo el entorno, se realiza una tarea llamada "patrulla" que comprende las siguientes etapas.

En primer lugar, se calcula la configuración que maximiza la probabilidad de detección de eventos que ocurren dentro del entorno, esta se obtiene mediante el algoritmo de la cobertura óptima tratado anteriormente en la sección así titulada.

- 45 A través del efecto de dicho algoritmo, los sensores se posicionan por si mismos de tal manera que monitorizan un número X de células que es menor que el número total de células (que se asume que es el número N).

Esta configuración se mantiene durante un tiempo predeterminado, después del cual se aplica el algoritmo de cobertura óptima a las N - X células que no se monitorizaron por los sensores de la configuración calculada

anteriormente.

La nueva configuración de sensores se mantiene durante un tiempo predeterminado, que preferiblemente se fija por el operador.

5 Si la nueva configuración no cubre todas las células, a continuación el procedimiento aplicará de nuevo el algoritmo de la cobertura óptima a las células restantes y mantendrá la nueva configuración durante un tiempo predeterminado.

El procedimiento se repita hasta que se cubren todas las células.

10 Es posible que, cuando se maximiza la probabilidad de detección de un evento en un número de células progresivamente decreciente, se encuentren configuraciones que incluyen sensores redundantes, es por esta razón que puede ser ventajoso usar el algoritmo de cobertura óptima bajo la restricción de que deberían usarse el menor número de sensores.

15 De ese modo, cualesquiera sensores que son redundantes en la cobertura de las células seleccionadas se usarán para cubrir células ya vistas en las etapas anteriores, de modo que se maximiza la probabilidad de detección dentro del entorno. Como se explicará con detalle más adelante, en los sistemas de vigilancia de video tradicionales la función de patrulla utiliza sensores independientes que circulan en sus prefijaciones respectivas y no cooperan juntos para cubrir el área monitorizada.

Cobertura óptima de bordes

Los sistemas de vigilancia proporcionan una función llamada 'seguimiento de objetivos', es decir el seguimiento de un objetivo en movimiento dentro del entorno monitorizado.

20 La célula ocupada por el objetivo se llama 'célula activa', mientras que las células adyacentes se llaman 'células de borde'.

Las adyacencias entre las células se definen en el gráfico de células / sensores dibujado en el establecimiento del sistema. Para no perder el objetivo, aunque un sensor se posiciona sobre la célula activa los otros sensores se configuran de modo que proporcionan una cobertura óptima del área de borde.

25 El propósito del algoritmo de cobertura óptima de borde es maximizar la siguiente probabilidad:

$$p(D | \bar{C}_k, C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_N, X_1, \dots, X_M) \tag{8}$$

Dicha probabilidad corresponde a la probabilidad de detección de un evento en la condición de que el evento procede de la célula k y ocurre en una de las N células de borde C_i de la célula k , y que M sensores están en ciertas posiciones x_j .

30 Bajo condiciones similares a las descritas para el cálculo de la cobertura óptima, la probabilidad de detección se da por la siguiente relación:

$$p(D | \bar{C}_k, C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_N, X_1, \dots, X_M) = \frac{\sum_{i=1}^N \max_{j=1, \dots, M} p(D | C_i, x_j) \cdot p(C_i | \bar{C}_k)}{\sum_{i=1}^N p(C_i | \bar{C}_k)} \tag{9}$$

35 donde $p(D | C_i, x_j)$ es el juicio de monitorización del sensor j en la prefijación x_j observando la célula C_i , mientras que $p(C_i | \bar{C}_k)$ es la probabilidad de que el objetivo se mueva desde la célula activa a la célula de borde i presumiblemente existente.

De acuerdo con una realización preferida, cuando se crea el modelo del entorno durante la etapa de establecimiento es necesario especificar las probabilidades de transición de una célula a otra.

Estas probabilidades corresponden a los términos $p(C_i | \bar{C}_k)$ de la fórmula anterior.

40 Si la información acerca de la probabilidad de transición desde una célula a una célula adyacente no se especifica, como en el ejemplo de realización descrito con referencia a las Fig. 2a - 2c y 3a - 3b, entonces todos los términos $p(C_i | \bar{C}_k)$ son iguales y la relación para el cálculo de la probabilidad de detección de un evento en la célula de borde estará dada por:

$$p(D | \bar{C}_k, C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_N, x_1, \dots, x_M) = \frac{\sum_{i=1}^N \max_{j=1, \dots, M} p(D | C_i, x_j)}{N} \tag{10}$$

Finalmente, como la cobertura de borde es un problema de cobertura óptima particular, también se puede abordar usando metodologías de cobertura variantes con el tiempo similares a la descrita en la sección "cobertura óptima variante con el tiempo".

Cooperación dinámica de sensores y re-configuración

5 En un sistema de vigilancia determinado, el conjunto de sensores que pueden participar en una tarea para proporcionar cobertura óptima de un área determinada cambiará con el tiempo debido a las diferentes propiedades de las tareas a realizar y a los diversos operadores que las solicitan.

10 A modo de ejemplo, es posible que, mientras que el sistema está realizando una función de "patrulla" para comprobar el entorno, un operador pida el control de una cámara de video; si el operador tiene prioridad sobre el procedimiento automatizado de patrulla, está claro que dicho procedimiento tendrá que realizarse sin la cámara de video controlada por el operador.

Además, cualesquiera sensores fuera de servicio cambiarán el conjunto de sensores disponibles a lo largo del tiempo.

15 Para hacer frente a estas situaciones, el sistema calcula la configuración óptima para cubrir un área determinada cada vez que cambia el conjunto de sensores que participan en la cobertura.

Por ejemplo, cuando el número de cámaras de video que se pueden usar para una tarea decrece, las cámaras de video restantes que cubren el área determinada se controlarán de tal manera que proporcionarán encuadres de aumento más amplio o de acuerdo con un procedimiento de cobertura variante en el tiempo (como se ha descrito anteriormente) que cambiará el entramado sobre el tiempo de modo que cubra todas las células.

20 En este último caso, el tiempo de permanencia de los sensores en una configuración determinada se puede reducir para asegurar la cobertura adecuada.

Y viceversa, si el número de sensores aumenta, las configuraciones de los sensores usados intentarán cubrir áreas más pequeñas, por ejemplo las cámaras de video con mayores niveles de aumento, con un aumento del tiempo de permanencia de cada sensor en una cierta prefijación.

25 El procedimiento de vigilancia de acuerdo con la invención permite de este modo a los sensores reconfigurarse dinámicamente.

El sistema de control del sistema de vigilancia, bien un sistema centralizado (como en la Fig. 1) o un sistema distribuido (como se describe más adelante en la sección "Variante con un sistema de control que tiene una arquitectura distribuida"), verifica qué sensores están disponibles y decide en qué tarea deben participar.

30 Por ejemplo, cuando se está siguiendo un evento, una vez que se encuentra el objetivo en la célula activa los sensores que monitorizan el borde se configuran de tal manera que proporcionan la mejor cobertura de borde. Estos sensores se controlan a continuación de acuerdo con un algoritmo óptimo de cobertura de borde.

Los restantes sensores se dedican a la tarea de cobertura óptima para las células restantes, y de este modo se configuran para maximizar la probabilidad de detección de un evento en las restantes células.

35 La configuración dinámica de sensores se hace posible por el hecho de que el problema de la cobertura se formula como una función del entorno y del gráfico de células / sensores, no de adyacencias de sensores.

Este enfoque aporta algunos grados de libertad en la elección de sensores, ya que un área se puede cubrir de diferentes modos usando sensores en diferentes configuraciones.

40 Estos grados de libertad permiten gestionar las situaciones en las que los sensores que participan en la tarea de cobertura pueden variar.

45 La cobertura de borde es una forma más amplia de cooperación que, además de la cooperación pretendida en la consecución de la cobertura de bordes óptima, también proporciona una cooperación entre el sensor activo y los sensores de borde. A medida que cambia el sensor activo o la posición de un sensor activo determinado, cambiará también el borde junto con los sensores que lo cubren y la configuración de los mismos. Esta funcionalidad se llama 'navegación asistida' y se describirá con detalle en la siguiente sección.

Navegación asistida

El sistema de vigilancia de acuerdo con la invención realiza una función llamada 'navegación asistida', lo que proporciona un seguimiento simple y efectivo de objetivos en movimiento dentro del entorno.

50 El seguimiento de los movimientos de un objetivo (seguimiento de objetivos) es una tarea difícil y, como es conocido, plantea varios problemas relacionados con la selección de la cámara activa (la que está encuadrando el objeto) y la

conmutación desde la cámara activa a otra cámara a activar para continuar siguiendo el objetivo.

La función de navegación asistida es la solución a dichos problemas.

Una vez que se ha detectado un evento (automáticamente o por el operador), el operador selecciona la cámara que cubre el evento y activa la función de navegación.

- 5 El algoritmo de navegación asistida detecta el sensor elegido por el operador (sensor activo), identificándole por lo tanto y obteniendo sus datos de posicionamiento (orientación en el espacio).

A través del dibujo del gráfico de células / sensores durante la etapa de establecimiento, el algoritmo de navegación determina la porción del entorno actualmente monitorizado por el sensor activo (región activa) calculando el conjunto de células que forman la región activa.

- 10 Cuando el sensor que está monitorizando la célula activa se controla manualmente por el operador, como es el caso de un sensor PTZ, este último puede estar en una posición distinta de las posiciones prefijada en el establecimiento; esto se debe al hecho de que el sensor PTZ puede desplazarse entre un conjunto de posiciones sustancialmente continuas, mientras que el procedimiento de acuerdo con la invención requiere se graben un número discreto de posiciones (en el establecimiento).

- 15 En base a métricas adecuadas, el algoritmo estima la posición prefijada que está más próxima a la posición fijada por el operador.

Comenzando desde la posición prefijada calculada de este modo, el algoritmo obtiene a continuación el borde de la región activa, es decir el conjunto de células que no pertenecen a la región activa pero son adyacentes a la misma.

- 20 El cálculo de las células activas y del borde es dinámico; por lo tanto si el sensor activo cambia su posición, el algoritmo de navegación asistida repetirá el cálculo y actualizará el borde en consecuencia.

Usando el algoritmo de cobertura de borde óptimo, el algoritmo de navegación asistida elige los sensores más adecuados y los posiciona en un modo tal que se maximiza la monitorización del borde de la región activa. De entre todos los sensores en el sistema, este procedimiento selecciona solo los sensores que pueden detectar potencialmente el objetivo si este último sale de la región activa, es decir el intervalo del sensor activa.

- 25 Si los sensores son cámaras de video, la funcionalidad de la navegación asistida proporciona la representación simultánea de la vista de la cámara activa y las vistas de las cámaras que están monitorizando el borde (cámaras adyacentes).

- 30 Cuando el objetivo se sale del intervalo de visibilidad de la cámara activa, si el borde está totalmente monitorizado aparecerá en una de las vistas de las cámaras adyacentes. Encontrar el objetivo en una de las vistas adyacentes es una tarea fácil para un operador, que puede localizar fácilmente de este modo la nueva cámara activa y posiblemente tomar el control de la misma.

Ventajosamente, las imágenes tomadas por las cámaras de video se representan sobre una pantalla táctil.

- 35 En esta realización, tocando la vista que contiene el objetivo el operador genera una señal que se usa por el algoritmo de navegación asistida para identificar la cámara de video que es responsable de la vista seleccionada y, con la ayuda de dicha información, ejecuta las etapas del algoritmo descrito anteriormente.

Si el borde no está completamente monitorizado, la probabilidad de pérdida del objetivo se minimiza usando una tarea de cobertura óptima de las células restantes cuyos sensores no se emplean por la tarea de navegación.

Secuencia por área

- 40 Otra función proporcionada por el sistema de vigilancia de acuerdo con la presente invención se llama "secuencia por área".

Esta función permite superar los inconvenientes de las secuencias conocidas, que muestran las imágenes tomadas por las cámaras de video del sistema por turno de acuerdo con una secuencia definida por un operador en el establecimiento.

- 45 El procedimiento de acuerdo con la invención requiere que durante la etapa de establecimiento el operador seleccione el área a monitorizar por la secuencia.

La selección del área se puede hacer resaltando una porción de un mapa electrónico o especificando un conjunto de células que forman el área de interés.

En esta etapa, el operador solo tiene que especificar el área a monitorizar, la longitud de las vistas y, opcionalmente, la dirección de cobertura.

Preferiblemente el operador no proporcionará ninguna indicación acerca de los sensores a usar para la creación de la secuencia; sin embargo el operador puede fijar restricciones a la elección de uno o más sensores.

5 En base a esta información, el procedimiento ejecuta el algoritmo de cobertura óptima bajo la restricción de que solo se deberían usar cámaras de video y, preferiblemente también, bajo la restricción de que deberían usarse el menor número de cámaras de video, encontrando por lo tanto una configuración de cámaras que cubrirán el área especificada por el operador.

Como se ha tratado anteriormente, el algoritmo de cobertura óptima tiene en cuenta las prioridades y la disponibilidad de los sensores. Si un sensor está ocupado realizando otra tarea, el algoritmo realizará los cálculos considerando solo los sensores disponibles.

10 El cálculo de sensores es dinámico y depende de las actividades para las que se usen los sensores.

Después de seleccionar el conjunto de sensores que participarán en la secuencia, es necesario definir el orden en el tiempo de la secuencia de imágenes a representar.

En una realización de la invención, el operador especifica un orden de presentación de las células asociadas con el área a monitorizar por la secuencia.

15 En la realización preferida, el algoritmo de secuencia por área ejecuta una etapa del cálculo final para determinar el orden en el tiempo de acuerdo con el que se activarán los sensores.

Este cálculo final se realiza usando la información acerca de las posiciones de los sensores contenidos en el gráfico de células / sensores.

20 Preferiblemente, el algoritmo proporciona una continuidad espacial de las diferentes vistas, de modo que sensores que cubren células adyacentes estarán contiguos en la secuencia.

El procedimiento descrito anteriormente de secuencia por área permite el cálculo automático de la secuencia de sensores involucrados en la secuencia por área, permitiendo de este modo superar los límites de eficacia de las secuencias fijadas manualmente por el operador.

25 Además, el procedimiento descrito anteriormente de secuencias por área proporciona una selección dinámica de sensores, de modo que es posible realizar una secuencia sub-óptima que cubra el área de interés incluso en presencia de conflictos causados por un entorno multi usuario y multi tarea, por ejemplo dos usuarios o tareas que solicitan el mismo sensor simultáneamente.

Interfaz de usuario

30 La invención usa una interfaz avanzada que permite al operador monitorizar todo el entorno rápidamente y eficazmente.

La interfaz muestra al operador un modelo del entorno en la forma de un gráfico de células / sensores (Fig. 2c) o un mapa electrónico.

35 Esto permite al operador llamar a las imágenes de un área simplemente seleccionando la célula correspondiente en el gráfico de células / sensores bien apuntándola con el ratón o tocándola (si se usa una pantalla táctil) sobre el mapa electrónico.

Esto proporciona una rápida vigilancia porque el vigilante se puede concentrar rápidamente e intuitivamente sobre la imagen del área de interés.

40 La selección del usuario se lee por la interfaz y se envía al sistema de control, que llama a continuación a las imágenes (o, hablando en general, la información) de uno o más sensores que están monitorizando el área seleccionada.

Los sensores se seleccionan de acuerdo con el área seleccionada y por las preferencias del operador, que puede por ejemplo decidir representar un único cuadro del área o ejecutar una cobertura óptima del área.

Estas preferencias se pueden fijar, por ejemplo, a través de un menú desplegable que se puede abrir haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre el área de interés.

45 Variante con un sistema de control que tiene una arquitectura distribuida

El sistema y el procedimiento de vigilancia descritos anteriormente permiten la monitorización multi usuario y multi tarea.

Por lo tanto es posible que en un determinado instante en el tiempo se soliciten múltiples tareas, tales como una cobertura óptima de las diferentes áreas del entorno, o que se activen las funciones de navegación y de secuencia

por área descritas anteriormente.

De este modo es evidente que la potencia de cálculo del sistema debe ser suficiente para resistir a la complejidad de cálculo derivada de la activación simultánea de múltiples algoritmos.

5 En grandes sistemas de vigilancia con muchos sensores, tal complejidad de cálculo no puede manejarse fácilmente por un sistema de control que tiene una arquitectura centralizada como el mostrado en la Fig. 1.

En una realización ventajosa, el sistema de control que ejecuta los algoritmos de las diversas tareas es un sistema distribuido, es decir uno consistente de una pluralidad de ordenadores que comunican entre sí sobre una red de datos.

El gran número de ordenadores también asegura un buen nivel de redundancia en el caso de fallos cualesquiera.

10 Los ordenadores están preferiblemente localizados en diferentes y distantes sitios para asegurar un mayor nivel de seguridad frente a cualesquiera ataques pretendidos en la destrucción física de los mismos.

De acuerdo con esta realización, el modelo de entorno y el gráfico de células / sensores dibujado durante la etapa de instalación se almacena en todos los ordenadores, de modo que cada ordenador puede ejecutar los algoritmos de cobertura descritos anteriormente de forma autónoma.

15 Cada uno de los ordenadores está asociado con un subconjunto de sensores (preferiblemente solo uno) y por lo tanto está relacionado, a través del gráfico de células / sensores, con un subconjunto de áreas dentro del entorno monitorizado. Un ordenador participa en una tarea (por ejemplo una tarea de secuencia por área o de navegación) concerniente a un área determinada si uno de los sensores gestionado por ese ordenador ve al menos una célula del área en al menos una de sus prefijaciones.

20 El ordenador también decide si uno de sus sensores debe participar en la tarea dependiendo de las prioridades de las diferentes tareas solicitadas. Por ejemplo, si se solicita una secuencia por área y el sensor involucrado ya se usa para una tarea de navegación, el ordenador puede decidir no participar en la nueva tarea porque la navegación tiene una prioridad más alta que la secuencia por área. Una vez que se ha decidido la participación en una cierta tarea, un ordenador necesita saber qué otros sensores también participarán en esa tarea para calcular la cobertura óptima.

25 Esto se hace posible por el hecho de que cada uno de los ordenadores envía a todos los otros ordenadores, sobre la red de datos, un elemento de información indicando las tareas en las que están participando sus sensores. Cada uno de ordenadores conoce de este modo el conjunto completo de sensores que participan en la tarea, y puede calcular por lo tanto la configuración de los sensores controlados para obtener la cobertura óptima.

30 Cada uno de los ordenadores está dimensionado para ejecutar al menos un algoritmo de cobertura óptima para todo el entorno.

Sin embargo, el número de tareas en las cuales se involucra un ordenador simultáneamente se reduce a medida que el número de sensores asociado con el mismo decrece; se sigue que la potencia de cálculo de cada ordenador único que pertenece a un sistema distribuido se puede reducir en comparación con la que requiere un sistema de control centralizado.

35 La solución óptima, por lo tanto, sería usar un ordenador por sensor o, incluso mejor, integrar los ordenadores dentro de los sensores, haciendo de este modo a estos últimos inteligentes.

Otras variantes del sistema de vigilancia

40 Las ventajas del sistema de vigilancia de video son evidentes a partir de la descripción anterior, aunque está también claro que se pueden realizar muchos cambios al mismo, por ejemplo concentrando o distribuyendo los recursos del sistema de control o usando procedimientos equivalentes para gestionar la misma información requerida y procesada por los procedimientos de vigilancia descritos anteriormente.

45 Por ejemplo, se ha propuesto el gráfico de células / sensores dibujado al final de la etapa de establecimiento porque permite al operador leer la relación de células / sensores muy fácilmente. Sin embargo, para los propósitos de un procesamiento estrictamente numérico el gráfico de células / sensores se puede sustituir por una tabla de células / sensores que contiene la misma información acerca de las relaciones entre células y sensores.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para la monitorización de un entorno (1) a través de una pluralidad de sensores (S1 - S5) que comprende al menos una cámara de video, en el que un sistema de control (31) recibe información desde uno o más sensores de dicha pluralidad y usa dicha información para monitorizar dicho entorno (1),
- 5 comprendiendo el procedimiento una etapa de establecimiento, en la que:
- un modelo del entorno es creado por un operador del sistema de control definiendo una pluralidad de células correspondientes a áreas de dicho entorno,
 - los sensores son activados de forma secuencial,
 - para cada uno de los sensores activados el operador define al menos una posición posible (x_i) del sensor que cumple las necesidades de vigilancia del operador y asocia, a través de un procedimiento gráfico dicha al menos una posición (x_i) con al menos una célula de dicha pluralidad, de modo que crea una relación de células / sensores entre dicha pluralidad de células y dicha pluralidad de sensores.
 - para cada una de las posiciones posibles (x_i) definidas de este modo por el operador, el operador asigna un juicio de monitorización para la célula asociada, en el que el juicio de monitorización asignado a al menos una posición de dicha cámara de video corresponde a un juicio de la
- 10 visibilidad de la célula asociada que representa la calidad de la imagen tomada, expresada como un valor entre 0 y 1, y comprendiendo el procedimiento una etapa operativa en la que, para realizar una función de vigilancia sobre un área a monitorizar, dicho sistema de control:
- encuentra los sensores que se pueden usar para realizar dicha función de vigilancia entre dicha pluralidad, y
 - controla al menos uno de dichos sensores utilizables posicionándole en una posible posición (x_i) seleccionada en base a dicha relación células / sensores y de los juicios de monitorización asociados con las posiciones posibles (x_i) de dicha pluralidad de sensores.
- 20
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho juicio de monitorización corresponde a una estimación de la probabilidad de detección de un evento que ocurre en la célula asociada.
- 25
3. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cuando se crea dicho modelo del entorno dicho operador especifica en el sistema de control las adyacencias entre dichas células.
4. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha posición posible seleccionada (x_i) maximiza una probabilidad de detección de un evento en dicha área a monitorizar.
5. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el dicho que sistema de control controla un grupo de sensores de dicha pluralidad de sensores utilizables posicionándolos en las posibles posiciones respectivas (x_i) de acuerdo con una configuración elegida de entre las diversas combinaciones posibles de las posibles posiciones (x_i) de dicho grupo de sensores.
- 30
6. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el que dicha configuración maximiza la probabilidad de detección de un evento de dicha área a monitorizar.
7. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que dicha probabilidad se restringe al uso de los números más bajos de los sensores requeridos para realizar dicha función de vigilancia.
- 35
8. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en el que dicha área a monitorizar está asociada con un primer conjunto de células de dicha pluralidad, y en el que dicha configuración de sensores cubre un subconjunto de las células a monitorizar, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- a. definición de dicha configuración de sensores,
 - b. mantenimiento de dichos sensores utilizables en dicha configuración durante un tiempo predeterminado,
 - c. definición de un segundo subconjunto de células no cubiertas por dicha primera configuración,
 - d. determinación de una segunda configuración de sensores que maximiza la probabilidad de detección de un evento en dicho segundo subconjunto.
- 40
9. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que si dicha segunda configuración no cubre todas las células de dicho segundo subconjunto, a continuación se realizan las etapas c) a d) de nuevo hasta que dicho segundo subconjunto de células sea nulo.
- 45
10. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9, en el que durante cada uno de los cálculos de dicha segunda configuración el sistema de control encuentra, entre dicha pluralidad, los sensores que se pueden usar para realizar dicha función de vigilancia sobre dicho segundo conjunto de células.
- 50
11. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10 cuando depende de la reivindicación 8, en el que los sensores de dicha pluralidad que no se usan para la realización de dicha función de vigilancia se usan para la realización de una segunda función de vigilancia sobre un segundo área a monitorizar.

12. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que para la realización de dicha función de vigilancia, dicho sistema de control selecciona la posible posición (x_i) con la que está asociado el juicio de monitorización más alto para el área a monitorizar, y controla el correspondiente sensor posicionándole en dicha posición posible (x_i) con el juicio de monitorización más alto.
- 5 13. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicho sistema de control usa procedimientos de búsqueda operativa para la determinación de los sensores a controlar para la realización de dicha función de vigilancia y las posiciones de los sensores a controlar, en el que dichos procedimientos de vigilancia minimizan una función de coste que es dependiente de dichos juicios de monitorización.
- 10 14. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que dicho operador define dichas células seleccionando un grupo de píxel desde un mapa electrónico de dicho entorno, en el que los grupos de píxel que se solapan parcialmente son agrupados en una célula única.

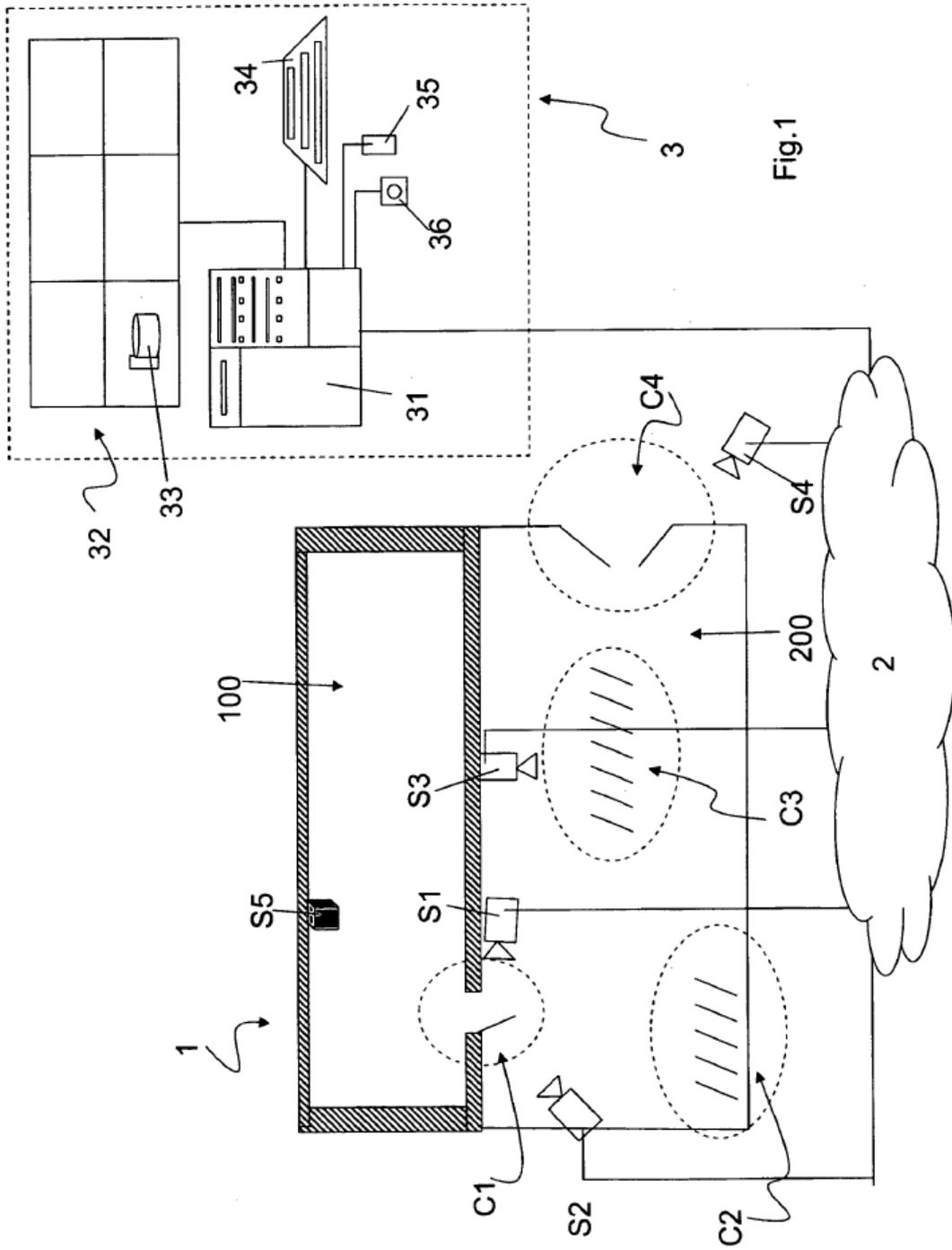


Fig. 2a

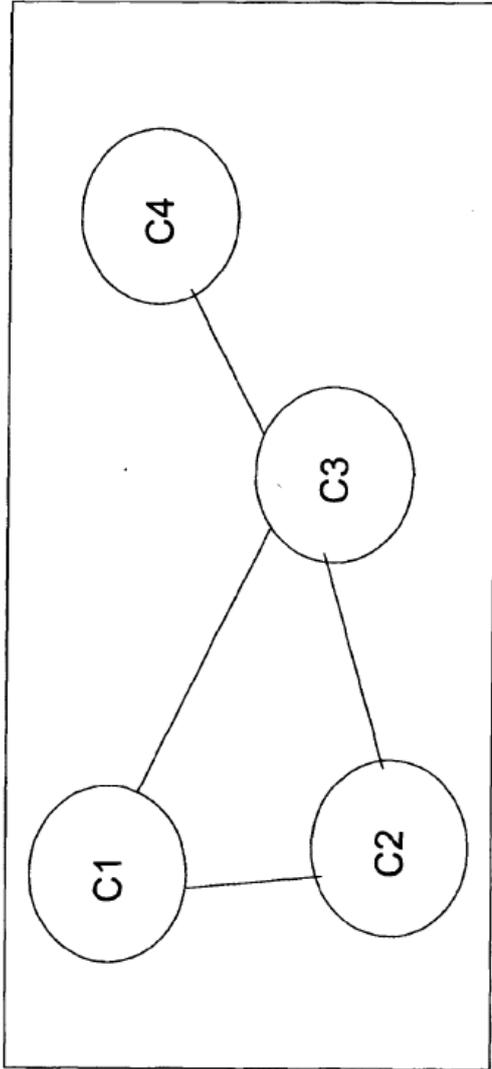
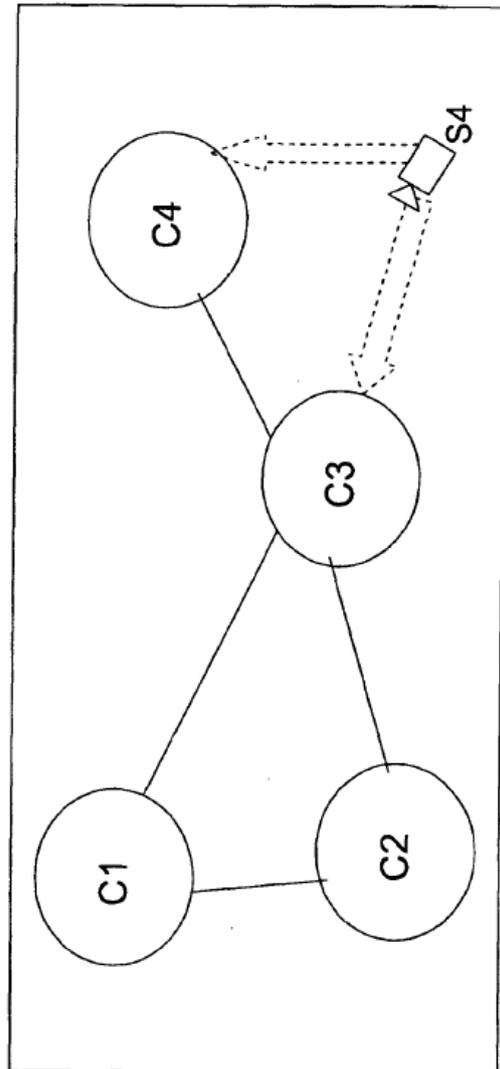


Fig. 2b



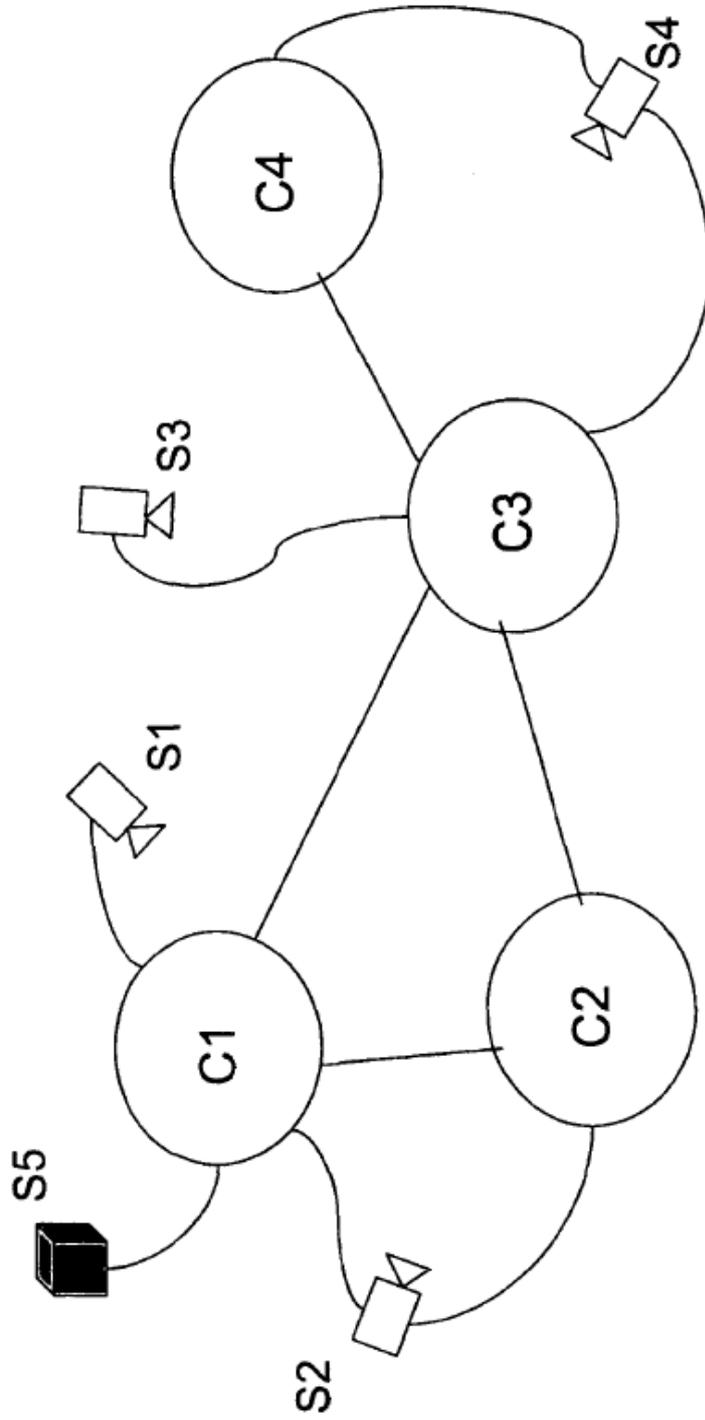


Fig. 2c

Fig. 3a

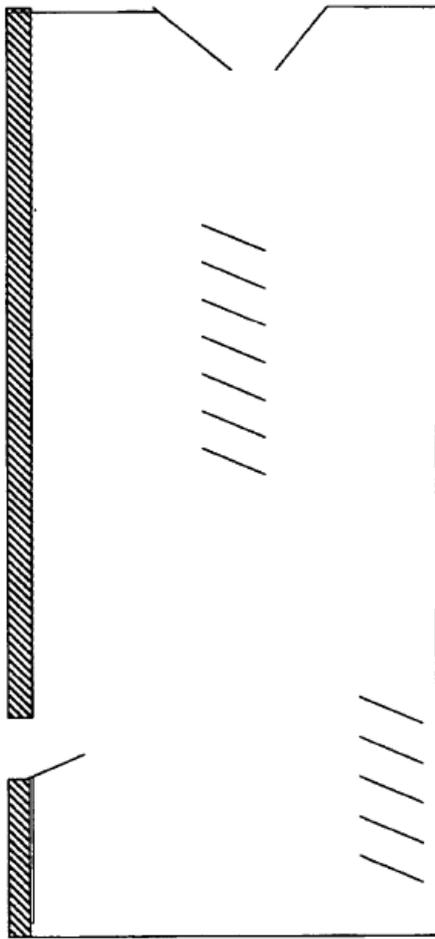


Fig. 3b

