

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 913**

51 Int. Cl.:

G01S 5/02 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **11159063 .4**

96 Fecha de presentación: **21.03.2011**

97 Número de publicación de la solicitud: **2375262**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.10.2011**

54 Título: **Procedimiento para la determinación de la posición de objetos, programa de ordenador asociado e instalación de control**

30 Prioridad:

29.03.2010 FR 1052301

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

28.12.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

28.12.2012

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (50.0%)
Bâtiment "Le Ponant D" 25, rue Leblanc
75015 Paris, FR y
INSTITUT POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE
(50.0%)**

72 Inventor/es:

**CARMONA, MIKAËL y
MICHEL, OLIVIER**

74 Agente/Representante:

AZNÁREZ URBIETA, Pablo

ES 2 393 913 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 para la determinación de la posición de objetos, programa de ordenador asociado e instalación de control

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la determinación de los parámetros de una disposición absoluta de un objeto, a un programa de ordenador asociado y a una instalación de control

En la descripción y las reivindicaciones siguientes se utilizará la terminología siguiente:

La “disposición relativa” de los dos objetos es la configuración geométrica de los dos objetos uno con respecto al otro.

10 Un “parámetro de disposición relativa” es una información que permite caracterizar al menos en parte la disposición relativa de dos objetos. Se puede tratar en particular de la distancia (euclidiana) entre los dos objetos o de la orientación relativa de los dos objetos.

La “disposición absoluta” de un objeto es la configuración geométrica del objeto con respecto a una referencia (o punto de referencia).

15 Un “parámetro de disposición absoluta” es una información que permite caracterizar, al menos en parte, la disposición absoluta del objeto. Se puede tratar en particular de la posición del objeto con respecto a la referencia o de la orientación del objeto con respecto a la referencia.

El documento GB 2 460 406 A describe un procedimiento para la determinación de la posición absoluta de objetos a partir de las distancias entre objetos próximos y sus fiabilidades asociadas.

20 Otro procedimiento para la determinación de un parámetro de disposición absoluta de objetos ha sido propuesto en la conferencia dada del 12 al 14 de agosto de 2009 en la Northern Illinois University, en la intervención denominada “Explicit Detector Network Localization using Semidefinite Programming and Clique Réductions”, de Natan Krislock y Henry Wolkowicz.

25 Más precisamente, los objetos son detectores y el parámetro de disposición absoluta es la posición de dichos detectores. Estas posiciones se determinan a partir del conocimiento de la posición absoluta de algunos de dichos detectores, denominados detectores de referencia, y de parámetros de disposición relativa entre detectores, a saber, la distancia que los separa de dos en dos, agrupándose dichas distancias en una matriz de distancias.

30 Este procedimiento propone completar la matriz de distancias aprovechando el solapamiento de bloques completos (es decir donde todas las distancias entre detectores son conocidas) de dicha matriz de distancias, lo que equivale a considerar el solapamiento de subconjuntos completos de la red de detectores. Una vez completada la matriz de distancias, se determina la posición de cada detector. Este procedimiento permite una resolución explícita del problema.

35 No obstante, dicho procedimiento sólo se aplica en caso de que la distancia entre cada par de detectores separados a una distancia inferior a un parámetro predeterminado R (denominado parámetro radio) sea conocida. Además, sólo es aplicable a los datos sin ruido (posiciones de los detectores de referencia y distancias de partida conocidas de forma exacta).

Se debe entonces prever un procedimiento para la determinación de un parámetro de disposición absoluta de objetos que permita evitar al menos parte de los problemas y obstáculos anteriormente citados.

Así, la invención tiene por objeto un procedimiento para la determinación de un parámetro de disposición absoluta de objetos que comprende las etapas siguientes:

- 40
- obtener parámetros de disposición relativa, cada uno entre dos objetos de un conjunto de objetos,
 - asociar a cada parámetro de disposición relativa recibido un valor denominado fiabilidad del parámetro de disposición relativa,

donde el ciclo de etapas siguientes, se ejecuta al menos una vez:

- 45
- seleccionar un subconjunto de objetos, denominado subconjunto de trabajo, en función de las fiabilidades de los parámetros de disposición relativa de los objetos del conjunto,
 - determinar nuevos parámetros de disposición relativa, cada uno entre un objeto perteneciente al subconjunto de trabajo y un objeto externo al subconjunto de trabajo,
 - asociar a cada nuevo parámetro de disposición relativa determinado una fiabilidad calculada a partir de las fiabilidades de los parámetros de disposición relativa de los objetos del subconjunto de trabajo,

así como la etapa siguiente:

- suministrar parámetros de disposición absoluta, cada uno de un objeto del conjunto, habiéndose obtenido dichos parámetros a partir de los nuevos parámetros de disposición relativa determinados.

5 Así, mediante la introducción de la noción de fiabilidad, la invención permite, por una parte, favorecer ciertos parámetros de disposición relativa con respecto a los demás utilizando fiabilidades en la selección del subconjunto de trabajo y, por otra parte, considerar la propagación de errores de una iteración a otra determinando las fiabilidades de los nuevos parámetros determinados en función de las fiabilidades de los parámetros anteriormente determinados.

10 En particular, la invención permite favorecer los datos considerados más confiables para encontrar nuevos parámetros de disposición relativa y reducir la influencia de los parámetros determinados después de numerosas iteraciones, seleccionando con criterio el modo de calcular la fiabilidad de los nuevos parámetros.

De manera opcional, la selección del subconjunto de trabajo comprende:

- 15 - determinar varios subconjuntos, denominados subconjuntos de trabajo posibles, y calcular, para cada subconjunto de trabajo posible, un valor denominado fiabilidad de dicho subconjunto de trabajo posible a partir de las fiabilidades de los parámetros de disposición relativa de los objetos de dicho subconjunto de trabajo posible y,
- seleccionar como subconjunto de trabajo el subconjunto de trabajo posible que presente la mayor fiabilidad.

También de forma opcional, el ciclo de etapas comprende además determinar el parámetro de disposición absoluta de cada objeto del subconjunto de trabajo.

20 De modo igualmente opcional, la selección del subconjunto de trabajo se lleva a cabo imponiendo además que todos los parámetros de disposición relativa de los objetos del subconjunto de trabajo sean conocidos.

25 También opcionalmente, los objetos cuyo parámetro de disposición absoluta es conocido se denominan objetos de referencia, la determinación del parámetro de disposición absoluta de cada objeto del subconjunto de trabajo se realiza a partir de los parámetros de disposición absoluta de los objetos de referencia del subconjunto de trabajo y de los parámetros de disposición relativa de los objetos del subconjunto de trabajo.

De modo también opcional, los objetos cuyo parámetro de disposición absoluta es conocido, denominados como objetos de referencia, los objetos del subconjunto de trabajo y los objetos externos al subconjunto de trabajo entre los cuales se determinan nuevos parámetros de disposición relativa, son objetos de referencia.

30 De modo opcional igualmente, la fiabilidad asociada a un nuevo parámetro de disposición relativa entre un objeto del subconjunto de trabajo y un objeto externo al subconjunto de trabajo se determina según una regla predeterminada que impone que sea estrictamente inferior a la media de las fiabilidades de los parámetros de disposición relativa de los objetos del subconjunto de trabajo.

35 También opcionalmente, el parámetro de disposición relativa entre dos objetos es la distancia entre estos dos objetos y el parámetro de disposición absoluta de un objeto es la posición de dicho objeto con respecto a una referencia.

De modo opcional igualmente, el parámetro de disposición relativa entre dos objetos es la orientación relativa entre estos dos objetos y el parámetro de disposición absoluta de un objeto es la orientación absoluta de dicho objeto con respecto a una referencia.

Opcionalmente, el ciclo de etapas comprende además:

- 40 - determinar un vector propio de una matriz que agrupa las orientaciones relativas de los objetos del subconjunto de trabajo, con todas las componentes del vector propio unitarias,
- determinar la orientación absoluta de cada objeto del subconjunto de trabajo a partir del vector propio y de la orientación absoluta de un objeto de referencia del subconjunto de trabajo.

45 La invención tiene igualmente por objeto un programa de ordenador descargable desde una red de comunicación y/o grabable en un soporte legible por ordenador y/o ejecutable por un procesador, que comprende instrucciones para la ejecución de las etapas de un procedimiento para la determinación de los parámetros de disposición absoluta de objetos según la invención, cuando dicho programa es ejecutado por un ordenador.

La invención tiene igualmente por objeto una instalación de control que comprende:

- 50 - un conjunto de detectores, cada detector diseñado para determinar un parámetro de disposición relativa con respecto a al menos otro detector del conjunto y para transmitir dicho parámetro,

- un dispositivo de procesamiento diseñado para recibir los parámetros transmitidos por los detectores y para implementar un procedimiento de determinación de los parámetros de disposición absoluta de los detectores según la invención.

5 La invención será mejor entendida mediante la descripción a continuación, dada sólo a título de ejemplo, y en relación a las figuras adjuntas, en las cuales:

Figura 1: es un esquema que representa una obra de ingeniería civil que comprende una instalación de control según una forma de realización de la invención y,

Figura 2: ilustra las etapas sucesivas de un procedimiento de control de una estructura de ingeniería civil de la obra de ingeniería civil de la Figura 1.

10 La obra de ingeniería civil 100 representada en la figura 1 comprende una estructura de ingeniería civil 102 y una instalación 104 de control de la estructura de ingeniería civil 102, destinada a vigilar el estado de la estructura de ingeniería civil 102, en particular sus deformaciones geométricas.

15 A tal efecto, la instalación 104 comprende en primer lugar un conjunto de detectores – seis en el ejemplo ilustrado, con las referencias C1, C2, C3, C4, C5, C6 – fijos a la estructura de ingeniería civil 102, por ejemplo introducidos en la misma. Cada detector está diseñado para determinar características de disposición relativa con respecto a los demás detectores del conjunto y, en particular, su distancia y su orientación, mediante medios clásicos. Cada detector está diseñado además para transmitir, con o sin cable, las características de disposición relativa determinadas a un dispositivo de procesamiento 106 de la instalación 104.

20 Este dispositivo de procesamiento 106 está conectado a cada uno de los detectores mediante una conexión por cable o sin cable, según el modo de transmisión de los detectores.

25 El dispositivo de procesamiento 106 está diseñado para determinar la posición y la orientación absoluta de al menos parte de los detectores, en lo posible de todos. En el ejemplo descrito, el dispositivo 106 es un ordenador donde está instalado un programa de ordenador 108 que comprende instrucciones para la ejecución de las etapas de un procedimiento de determinación de la posición absoluta de los detectores y de un procedimiento de determinación de la orientación absoluta de los detectores.

En referencia a la figura 2, un procedimiento 200 de control de la estructura de ingeniería civil 102, realizado por la instalación 104, comprende las etapas siguientes.

30 En una etapa 202, cada uno de los detectores C1, C2, C3, C4, C5, C6 intenta determinar su distancia con respecto a los demás detectores. Generalmente la distancia puede determinarse siempre y cuando los dos detectores no estén demasiado alejados uno del otro y que no exista entre ellos ningún obstáculo opaco (en el sentido de la visibilidad de los detectores). Cada detector determina ninguna, una o varias distancias con otros detectores.

En una etapa 204, los detectores C1, C2, C3, C4, C5, C6 transmiten las distancias determinadas al dispositivo de procesamiento 106.

35 A continuación, el dispositivo de procesamiento 106, al ejecutar el programa de ordenador 108, lleva a cabo un procedimiento 206 de determinación de las posiciones de al menos parte de los detectores C1, C2, C3, C4, C5, C6 que comprende las etapas detalladas a continuación.

Durante una etapa 208, el dispositivo de procesamiento 106 recibe las posiciones (absolutas), cada una de un detector del conjunto. Los detectores cuya posición es conocida se denominan en lo que sigue detectores de referencia.

40 En una etapa 210, el dispositivo de procesamiento 106 obtiene las distancias entre detectores provenientes de la recepción de las distancias transmitidas por los detectores C1, C2, C3, C4, C5, C6 así como del cálculo de las distancias entre los detectores de referencia. Por tanto, cada distancia recibida se toma entre dos detectores respectivos del conjunto.

45 Se registran las distancias en una matriz de distancias D , donde la distancia entre el detector C_i y el detector C_j se registra en el emplazamiento (i, j) de la matriz de distancias D . De este modo, la matriz de distancias D es una matriz simétrica. Además, generalmente algunas distancias entre detectores no son conocidas, de modo que algunos emplazamientos de la matriz de distancias D están vacíos. La matriz de distancias D se denomina en este caso matemáticamente “incompleta”. Finalmente, las distancias recibidas por el dispositivo de procesamiento 106 y grabadas en la matriz de distancias D presentan generalmente un error con respecto a las distancias reales entre los
50 detectores, en este caso la matriz de distancias D se denomina “con ruido”.

En una etapa 211, el dispositivo de procesamiento 106 asigna a cada distancia recibida un valor denominado fiabilidad de distancia. La fiabilidad se expresa por ejemplo como un número, en particular entre “0” y “1”, o en porcentaje.

- La fiabilidad de una distancia medida por los detectores se determina preferentemente a partir del margen de error intrínseco de cada detector. La fiabilidad de una distancia calculada a partir de las posiciones de los detectores de referencia se determina preferentemente a partir del margen de error intrínseco del dispositivo de medida de la posición de dichos detectores. En los dos casos, el margen de error se obtiene por ejemplo por modelización y cálculo y/o de modo empírico mediante tests, a partir de los detectores o del dispositivo de medición de posición.
- Generalmente, la fiabilidad asociada a las distancias entre detectores de referencia es mayor que la fiabilidad de las distancias medidas por los detectores mismos, por ejemplo 95% o más para las primeras, frente a menos de 95% para las segundas.
- Las fiabilidades de distancia se graban en una matriz F , donde la fiabilidad de la distancia entre el detector C_i y el detector C_j se graba en el emplazamiento (i, j) de la matriz F . Dicha matriz F es por ello también simétrica e incompleta.
- El dispositivo de procesamiento 106 ejecuta entonces al menos una vez el ciclo de etapas 212 siguiente.
- Durante una etapa 214, el dispositivo de procesamiento 106 selecciona un subconjunto de detectores, denominado subconjunto de trabajo, en función de las fiabilidades de distancia entre los detectores del conjunto. En el ejemplo descrito, el subconjunto de trabajo se determina de modo que todas las distancias entre los detectores que agrupa sean conocidas. Además, el subconjunto de trabajo se determina de modo que comprenda al menos cuatro detectores de referencia no coplanarios cuando la determinación se realiza en tres dimensiones o bien al menos tres detectores de referencia no alineados cuando la determinación se realiza en dos dimensiones.
- Las distancias entre los detectores del subconjunto de trabajo se graban en una matriz de distancias AD , del mismo modo que para la matriz de distancias D . Como todas las distancias entre los detectores del subconjunto de trabajo son conocidas, la matriz de distancia AD se denomina matemáticamente "completa". Para simplificar, se utilizará la notación AD tanto para el subconjunto de trabajo como para la matriz de distancias asociada.
- En el ejemplo descrito, para determinar el subconjunto de trabajo, durante una etapa 216, el dispositivo de procesamiento 106 determina varios subconjuntos de trabajo posibles - completos y que comprenden según el caso al menos tres o cuatro detectores de referencia - y calcula para cada uno de ellos un valor denominado fiabilidad del subconjunto a partir de las fiabilidades de las distancias entre los objetos del subconjunto. En el ejemplo descrito, la fiabilidad del subconjunto es igual a la media de las fiabilidades de las distancias entre los detectores del subconjunto. Preferentemente, la media utilizada es la media aritmética.
- Según una forma de realización posible, durante la etapa 216, el dispositivo de procesamiento 106 determina un subconjunto de trabajo posible para cada uno de una parte de los detectores del conjunto, por ejemplo para cada detector del conjunto. Para un detector dado C_i , dicho subconjunto de trabajo posible puede determinarse del modo siguiente. El dispositivo de procesamiento 106 crea primero un subconjunto temporal que comprende únicamente el detector C_i . El dispositivo de procesamiento 106 determina entonces uno o más detectores externos al subconjunto temporal cuya distancia con cada uno de los detectores del subconjunto temporal es conocida, a al menos cuatro detectores de referencia o bien que pertenecen al subconjunto temporal (tres detectores de referencia para una localización en el plano) o bien cuya distancia con cada uno de los detectores del subconjunto temporal es conocida. Entre dichos detectores externos determinados, el dispositivo de procesamiento 106 selecciona aquel que le permite, al subconjunto constituido a partir del subconjunto temporal aumentado por este detector, tener la mayor fiabilidad. El detector así seleccionado se agrega entonces al subconjunto temporal. Las tres últimas etapas (determinación de detectores externos, selección de uno de dichos detectores y agregado del detector seleccionado al subconjunto temporal) se repiten mientras sea posible encontrar un detector para agregar al subconjunto temporal. Cuando esto ya es imposible, el subconjunto temporal se transforma en el subconjunto de trabajo posible para el detector C_i .
- Otra manera de hacerlo, sólo posible en la práctica para los conjuntos que comprenden una cantidad limitada de detectores, podría ser determinar todos los subconjuntos de trabajo teóricamente posibles por uno de los métodos ya conocidos.
- A continuación, durante una etapa 218, el dispositivo de procesamiento 106 selecciona, en calidad de subconjunto de trabajo, el subconjunto de trabajo posible que tiene la mayor fiabilidad. Si varios subconjuntos de trabajo posibles presentan la misma fiabilidad, el dispositivo de procesamiento 106 selecciona por ejemplo aquel que comprende la mayor cantidad de detectores de referencia. Si varios subconjuntos de trabajo posibles comprenden la misma cantidad de detectores de referencia, el dispositivo de procesamiento 106 selecciona aquel que comprende dos detectores separados por la distancia de mayor fiabilidad. En caso de igualdad, el dispositivo de procesamiento 106 selecciona entonces arbitrariamente uno de los subconjuntos de trabajo posibles.
- En rigor, la búsqueda del subconjunto que presenta la mayor fiabilidad es un problema relativo a la teoría de las gráficas y que se considera NP-difícil. Por tanto, no es posible encontrar en un tiempo razonable todos los subconjuntos de trabajo posibles, ni verificar que un subconjunto de trabajo posible presenta una fiabilidad máxima, salvo en el caso citado anteriormente de una cantidad limitada de detectores, de modo que todos los subconjuntos

de trabajo teóricamente posibles no se determinan obligatoriamente en la etapa 216. En la práctica, dicha etapa puede ser llevada a cabo de forma menos óptima sin que ello afecte el conjunto del procedimiento.

5 Durante una etapa 220, el dispositivo de procesamiento 106 determina la posición absoluta de cada detector del subconjunto de trabajo a partir de las posiciones de los detectores de referencia del subconjunto de trabajo y de las distancias entre los detectores del subconjunto de trabajo. De este modo, todos los detectores del subconjunto de trabajo se convierten en detectores de referencia.

En el ejemplo descrito, la determinación de la posición de cada detector del subconjunto de trabajo comprende las etapas 222 a 228 siguientes.

En una etapa 222, el dispositivo de procesamiento 106 calcula una matriz G , del modo siguiente:

$$G = -\frac{1}{2} H_N \hat{D} H_N,$$

10

$$H_N = I_N - \frac{J_N}{N},$$

con donde N es la cantidad de detectores en el subconjunto de trabajo \hat{D} , I_N es la matriz identidad de orden N y J_N es la matriz cuadrada de orden N que contiene sólo "1".

15 Durante una etapa 224, el dispositivo de procesamiento 106 determina, en el caso de una determinación de posiciones de detectores en el espacio, por una parte, los tres valores propios más grandes en valor absoluto de la matriz G y los registra en una matriz diagonal A y, por otra parte, los tres vectores propios asociados y los registra en una matriz P . En el caso de una determinación de posiciones de detectores en el plano, sólo se determinan los dos valores propios más grandes y sus autovectores. Esta determinación se realiza por ejemplo mediante algoritmos de descomposición en valores singulares.

En una etapa 226, el dispositivo de procesamiento 106 calcula una matriz Y del modo siguiente:

$$Y = P A^{1/2}.$$

20

Se demuestra que, geoméricamente, la matriz Y contiene la posición de cada uno de los detectores del subconjunto de trabajo, pero en una referencia que no es el punto de referencia.

En una etapa 228, el dispositivo de procesamiento 106 determina la posición de cada uno de los detectores del subconjunto de trabajo a partir de la matriz Y y posiciones de los detectores de referencia.

25 En una etapa 230, el dispositivo de procesamiento 106 determina las nuevas distancias, cada una entre un detector de referencia perteneciente al subconjunto de trabajo y un detector de referencia externo al subconjunto de trabajo, y completa la matriz D con las nuevas distancias encontradas. Esta determinación se realiza fácilmente porque se conoce la posición de cada detector de referencia.

30 A continuación, en una etapa 232, el dispositivo de procesamiento 106 asocia a cada nueva distancia determinada en la etapa 230 una fiabilidad calculada a partir de las fiabilidades de las distancias entre los detectores del subconjunto de trabajo. En el ejemplo descrito, la fiabilidad de cada nueva distancia es igual a la mitad de la fiabilidad del subconjunto de trabajo, es decir a la mitad de la media de las fiabilidades de distancia de los detectores del subconjunto de trabajo. Se señala que la fiabilidad asociada a una nueva distancia es estrictamente inferior a la media de las fiabilidades de distancia de los detectores del subconjunto de trabajo. Esto permite asegurar que la fiabilidad de las nuevas distancias determinadas disminuye con la cantidad de ejecuciones del ciclo de etapas 212. De este modo, en cada ejecución del ciclo de etapas 212, se hace más difícil encontrar un subconjunto de trabajo cuya fiabilidad sea mayor y que no haya sido encontrado ya en una anterior ejecución del ciclo de etapas 212. De este modo, las distancias determinadas en unas primeras iteraciones del ciclo 212 tienen un peso más importante que aquéllas determinadas en las iteraciones posteriores. Esto favorece la selección, como subconjunto de trabajo, de un subconjunto que comprende detectores separados por distancias determinadas en las primeras iteraciones, con respecto a los subconjuntos que comprenden detectores separados por distancias determinadas en iteraciones posteriores. Este modo de actuar disminuye la propagación de errores en la sucesión de las ejecuciones del ciclo de etapas 212.

El dispositivo de procesamiento 106 inicia entonces una nueva ejecución del ciclo de etapas 212. Se señala no obstante que si ninguna otra nueva distancia puede determinarse en la etapa 230, el dispositivo de procesamiento 106 puede detener la ejecución del ciclo de etapas 212 y dar, en una etapa 231, las posiciones de los detectores de referencia del conjunto de detectores y en particular las distancias determinadas en la etapa 220.

5 El dispositivo de procesamiento 106, al ejecutar el programa de ordenador 108, realiza igualmente un procedimiento 240 de determinación de las orientaciones absolutas de los detectores C1, C2, C3, C4, C5, C6. Este procedimiento 240 es similar al procedimiento 206, aplicado a orientaciones relativas y absolutas más que a distancias y posiciones. Para reflejar este cambio, las etapas cuyo desarrollo es idéntico al del procedimiento 206 serán numeradas del mismo modo, pero con un asterisco que indica que los datos procesados no son los mismos.

10 Así, la posición de un detector se reemplaza por su orientación absoluta. En el ejemplo descrito, dicha orientación absoluta está representada por una tétrada.

La distancia entre dos detectores se reemplaza por la orientación relativa entre los dos detectores. En el ejemplo descrito, dicha orientación relativa está igualmente representada por una tétrada.

15 La matriz de distancias D del conjunto de detectores se reemplaza por una matriz de orientaciones relativas O , en la cual la orientación relativa entre el detector C_i y el detector C_j se graba en el emplazamiento (i, j) de la matriz de orientaciones relativas O . En el ejemplo descrito, la matriz O es, por tanto, una matriz de tétradas simétrica.

Asimismo, la matriz de distancias \hat{D} del subconjunto de trabajo se reemplaza por una matriz de orientaciones relativas \hat{O} del subconjunto de trabajo y las fiabilidades de distancia se reemplazan por fiabilidades de orientación relativa.

20 Además, el subconjunto de trabajo comprende al menos un detector de referencia (es decir, en el marco del procedimiento 240, un detector cuya orientación absoluta es conocida), en vez de al menos tres o cuatro detectores de referencia para el procedimiento 206.

Además, la determinación 220* de la orientación absoluta de cada detector del subconjunto de trabajo comprende las etapas 242 y 244 siguientes, en lugar de las etapas 222 a 228.

25 En una etapa 242, el dispositivo de procesamiento 106 determina, por una parte, el valor propio más grande en valor absoluto de la matriz de orientaciones relativas \hat{O} del subconjunto de trabajo, y por otra parte, el vector propio asociado, denominado V , compuesto únicamente por tétradas unitarias.

30 En una etapa 244, el dispositivo de procesamiento 106 determina la orientación absoluta de cada uno de los detectores del subconjunto de trabajo a partir del vector propio V y de la orientación absoluta del detector de referencia del subconjunto de trabajo.

En el ejemplo descrito, dicha determinación se realiza mediante el cálculo siguiente:

$$\hat{Q} = V \times (\bar{v}_i q_i),$$

$$\hat{Q} = \begin{pmatrix} q_1 \\ \vdots \\ q_k \end{pmatrix}$$

35 donde es el vector de las k tétradas que representan las orientaciones absolutas de los k detectores del subconjunto de trabajo, q_i es la tétrada que representa la orientación absoluta del detector de referencia C_i del subconjunto de trabajo y \bar{v} es el conjugado de la componente del vector propio V correspondiente al detector de referencia C_i .

40 El procedimiento anteriormente descrito fue probado en redes de diez detectores que comprenden cuatro detectores de referencia, para determinar la posición de los detectores, variando el error en las posiciones de los detectores de referencia y las distancias determinadas al inicio entre detectores. La norma infinita (mayor distancia entre los valores teóricos y los valores determinados) ha sido utilizada para evaluar el error en las posiciones determinadas. Los resultados probaron que dicho procedimiento era correcto.

Se señala que la invención no se limita al modo de realización descrito anteriormente. En efecto, el experto en la materia considerará que pueden realizarse diversas modificaciones en los modos de realización descritos anteriormente, según las enseñanzas que acaban de ser divulgadas.

- 5 En particular, la instalación de control podría ser utilizada en otros campos más allá del control de estructuras de ingeniería civil, por ejemplo para seguir el movimiento de objetos (vehículos, mercancías, personas, animales, etc.) a los cuales se les colocaría los detectores.

- 10 Además, los parámetros de disposición absoluta de los objetos podrían determinarse después de las ejecuciones sucesivas del ciclo de etapas, en lugar de estar determinados poco a poco en cada iteración de dicho ciclo de etapas. Por ejemplo, la invención podría ser ventajosamente aplicada al procedimiento descrito en la conferencia citada al inicio de la presente descripción para mejorarlo. Las fiabilidades estarían asociadas a las distancias y la determinación de los subconjuntos completos que se solapan tendría en cuenta dichas fiabilidades. Además, las nuevas distancias determinadas en cada iteración se verían asociadas a nuevas fiabilidades tal como lo establece la invención. Mediante la invención, sería posible evitar la dificultad con la cual se conoce la distancia entre cada par de detectores separados por una distancia inferior a un parámetro predeterminado R (denominado parámetro radio).

- 15 Además, podría ser posible seleccionar un subconjunto de trabajo incompleto. En ese caso, la etapa 220 de determinación de los parámetros de disposición absoluta de los objetos del subconjunto de trabajo sólo tendría que ser adaptada.

- 20 Además, es posible no utilizar para empezar objetos de referencia, es decir que es posible no aplicar la etapa 208. En ese caso, los parámetros de disposición absoluta estarían determinados con respecto a un punto de referencia ligado al conjunto de objetos, por ejemplo, uno de los objetos elegido arbitrariamente como referencia. Dicha variante puede ser interesante cuando se tiene interés en las posiciones de los objetos unos con respecto a otros y no con respecto a una referencia fija.

- 25 En las reivindicaciones siguientes, los términos utilizados no deben interpretarse como limitantes de las reivindicaciones con respecto a los modos de realización de la presente descripción, sino como incluyendo todos los equivalentes que las reivindicaciones abarcan por su formulación y cuya previsión está al alcance del profesional en la materia aplicando sus conocimientos generales.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación de parámetros de disposición absoluta de objetos a partir de parámetros de disposición relativa suministrados por detectores, realizado mediante un dispositivo de procesamiento (106), que comprende las etapas siguientes:
 - 5 obtener (210; 210*) parámetros de disposición relativa, cada uno entre dos objetos de un conjunto de objetos, donde los parámetros de disposición relativa son determinados y transmitidos al dispositivo de procesamiento (106) por los detectores,
asociar (211; 211*) a cada parámetro de disposición relativa recibido un valor denominado fiabilidad del parámetro de disposición relativa,
 - 10 caracterizado porque comprende además el ciclo de etapas (212; 212*) siguiente, ejecutado al menos una vez:
seleccionar (214; 214*) un subconjunto de objetos, denominado subconjunto de trabajo, en función de las fiabilidades de los parámetros de disposición relativa de los objetos del conjunto,
 - 15 determinar (230; 230*) nuevos parámetros de disposición relativa, con cada uno entre un objeto perteneciente al subconjunto de trabajo y un objeto externo al subconjunto de trabajo,
asociar (232; 232*) a cada nuevo parámetro de disposición relativa determinado una fiabilidad calculada a partir de las fiabilidades de los parámetros de disposición relativa de los objetos del subconjunto de trabajo,
así como la etapa siguiente:
 - 20 suministrar (231) parámetros de disposición absoluta, cada uno de un objeto del conjunto, donde dichos parámetros se han obtenido a partir de los nuevos parámetros de disposición relativa determinados.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la selección (214) del subconjunto de trabajo comprende:
 - 25 determinar (216; 216*) varios subconjuntos, denominados subconjuntos de trabajo posibles, y calcular para cada subconjunto de trabajo posible un valor denominado fiabilidad de dicho subconjunto de trabajo posible a partir de las fiabilidades de los parámetros de disposición relativa de los objetos de dicho subconjunto de trabajo posible, y
seleccionar (218; 218*) como subconjunto de trabajo el subconjunto de trabajo posible que presenta la mayor fiabilidad.
- 30 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque el ciclo de etapas (212; 212*) comprende además la determinación (220, 220*) del parámetro de disposición absoluta de cada objeto del subconjunto de trabajo.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la selección del subconjunto de trabajo se realiza además imponiendo que todos los parámetros de disposición relativa de los objetos del subconjunto de trabajo sean conocidos.
- 35 5. Procedimiento según las reivindicaciones 3 y 4, caracterizado porque los objetos cuyo parámetro de disposición absoluta es conocido se denominan objetos de referencia, la determinación (220; 220*) del parámetro de disposición absoluta de cada objeto del subconjunto de trabajo se realiza a partir de los parámetros de disposición absoluta de los objetos de referencia del subconjunto de trabajo y de los parámetros de disposición relativa de los objetos del subconjunto de trabajo.
- 40 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque los objetos cuyo parámetro de disposición absoluta es conocido se denominan objetos de referencia, los objetos del subconjunto de trabajo y los objetos externos al subconjunto de trabajo entre los cuales nuevos parámetros de disposición relativa están determinados, son objetos de referencia.
- 45 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la fiabilidad asociada a un nuevo parámetro de disposición relativa entre un objeto del subconjunto de trabajo y un objeto externo al subconjunto de trabajo se determina según una regla predeterminada que impone que sea estrictamente inferior a la media de las fiabilidades de los parámetros de disposición relativa de los objetos del subconjunto de trabajo.

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el parámetro de disposición relativa entre dos objetos es la distancia entre estos dos objetos y el parámetro de disposición absoluta de un objeto es la posición de dicho objeto con respecto a una referencia.
- 5 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el parámetro de disposición relativa entre dos objetos es la orientación relativa entre estos dos objetos y el parámetro de disposición absoluta de un objeto es la orientación absoluta de dicho objeto con respecto a una referencia.
10. Procedimiento según las reivindicaciones 4 y 9, caracterizado porque el ciclo de etapas (212*) comprende además:
- 10 determinar (242) un vector propio de una matriz que agrupa las orientaciones relativas de los objetos del subconjunto de trabajo, con todas las componentes del vector propio unitarias,
- determinar (244) la orientación absoluta de cada objeto del subconjunto de trabajo a partir del vector propio y de la orientación absoluta de un objeto de referencia del subconjunto de trabajo.
- 15 11. Programa de ordenador descargable de una red de comunicación y/o grabable en un soporte legible por ordenador y/o ejecutable por un procesador, caracterizado porque comprende instrucciones para la ejecución de las etapas de un procedimiento (206; 240) de determinación de los parámetros de disposición absoluta de objetos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 cuando dicho programa es ejecutado en un ordenador.
- 20 12. Instalación de control (102) que comprende:
- un conjunto de detectores (C1, C2, C3, C4, C5, C6) donde cada detector está diseñado para determinar un parámetro de disposición relativa con respecto a al menos otro detector del conjunto y para transmitir dicho parámetro,
- un dispositivo de procesamiento (106) diseñado para recibir los parámetros transmitidos por los detectores y para realizar un procedimiento (206*, 240) de determinación de los parámetros de disposición absoluta de los detectores según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

25

