

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 800 053**

51 Int. Cl.:

G01T 7/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.07.2014** **PCT/EP2014/064038**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.02.2015** **WO15024694**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.07.2014** **E 14739089 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020** **EP 3036565**

54 Título: **Modelización topográfica y radiológica en 3D de un entorno**

30 Prioridad:

23.08.2013 FR 1358153

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

23.12.2020

73 Titular/es:

**ORANO DS - DÉMANTÈLEMENT ET SERVICES
(100.0%)**

**ZAC de Courcelle, 1 Route de la Noue
91196 Gif-sur-Yvette, FR**

72 Inventor/es:

**DUBART, PHILIPPE y
MORICHI, MASSIMO**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 800 053 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

Modelización topográfica y radiológica en 3D de un entorno

5 Campo técnico y técnica anterior

La presente invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo de modelización de un entorno que contiene material radiactivo, y susceptible de presentar un riesgo de contaminación radiológica.

10 La contaminación radiológica o radiactiva es la presencia indeseable, a un nivel significativo, de sustancias radiactivas en la superficie o en el interior de estructuras presentes en emplazamientos como una central nuclear para la producción de electricidad, una instalación de procesamiento de materiales nucleares o residuos nucleares, un laboratorio de investigación.

15 Por ejemplo, cuando se produce un accidente en un emplazamiento nuclear, un equipo de crisis dedicado a la gestión del accidente puede establecer un conjunto de hipótesis para predecir las consecuencias de este accidente antes de intervenir en el emplazamiento y llevar a cabo una posible descontaminación.

20 El documento EP 2 203 854 A0 presenta un procedimiento de gestión de un accidente con evolución temporal, que ocurre en el interior de una instalación de riesgo y en el que se utilizan datos geométricos preestablecidos de una fuente de sustancias nocivas que se asocian a un cálculo de la cantidad de sustancias nocivas para implementar un diagnóstico previo a una intervención.

25 Dicho procedimiento requiere un conocimiento previo de la topografía del entorno y una implementación de cálculos pesados, en particular en términos de duración del tratamiento.

Algunos emplazamientos pueden tener una disposición modulable destinada a evolucionar con el tiempo, por lo que no siempre se puede confiar en datos de topografía de un emplazamiento preestablecidos cuando se interviene en este emplazamiento.

30 En ciertos casos, por ejemplo, cuando el accidente ocurre después de un desastre natural y conlleva una modificación significativa de la topografía de un emplazamiento, un conocimiento previo de una cartografía del emplazamiento también puede mostrarse insuficiente.

35 Al mismo tiempo, se busca poder ubicarse en un emplazamiento en el que deseamos intervenir, para, por ejemplo, realizar mediciones de contaminación nuclear.

Se plantea el problema de encontrar un nuevo procedimiento de modelización de un entorno en riesgo de contaminación nuclear, mejorado con respecto a los problemas mencionados anteriormente.

40 El documento US 2012/043471 divulga un sistema de determinación de la posición de un detector de radiación.

El documento WO 2008/037988 divulga un aparato y un procedimiento para la detección y/o la formación de imágenes de radiación gamma.

45 El documento US 8.502.158 divulga un sistema distribuido para detección de radiación, utilizando detectores múltiples agrupados.

Exposición de la invención

50 Según un aspecto de la invención, se prevé, según la reivindicación 1, un procedimiento de modelización de un entorno en riesgo de contaminación nuclear.

55 Los medios de detección pueden estar integrados en un terminal provisto de una pantalla. La cartografía en 3D puede elaborarse en tiempo real y visualizarse en la pantalla del terminal a medida que se elabora.

Los medios de procesamiento informático están integrados en el terminal.

60 Con ayuda de una cartografía en 3D tal como se implementa según la invención, se pueden planificar los desplazamientos de los trabajadores en un entorno sometido a radiación ionizante.

65 Una modelización del entorno en la que información topográfica está asociada a la información radiológica permite identificar zonas en las que desplazamientos de un operador están desaconsejados o prohibidos y distinguir estas zonas de otras regiones del emplazamiento en las que el operador que trabaja en el emplazamiento puede evolucionar, a fin de respetar normas relacionadas con las dosis máximas de radiación ionizante a las que pueden estar sujetos los trabajadores.

El procedimiento de modelización puede comprender además etapas que consisten en:

- identificar una o más fuentes de sustancias radiactivas en dicho entorno,
- localizar dichas fuentes de sustancias radiactivas en dicho mapa establecido en la etapa c).

Una cartografía en 3D implementada según la invención puede informar a un trabajador en un emplazamiento contaminado de la localización precisa de las fuentes de radiación ionizante. Puede permitir, por ejemplo, establecer un escenario de desmantelamiento de un emplazamiento.

El procedimiento de modelización puede comprender además una etapa que consiste en estimar un nivel de actividad de una o más fuentes de sustancias radiactivas identificadas.

También se puede determinar la composición en radionúclidos de dichas fuentes de sustancias radiactivas.

El procedimiento de modelización también puede comprender además una etapa que consiste en determinar características geométricas de las fuentes de sustancias radiactivas identificadas.

El procedimiento de modelización también puede comprender además una etapa que consiste en determinar características relacionadas con el medio o el material en el que se encuentran dichas fuentes de sustancias radiactivas identificadas.

El procedimiento puede comprender además una etapa que consiste en establecer otra cartografía en 3D en la que se representan conjuntamente las fuentes de sustancias radiactivas identificadas y su actividad estimada. También se puede implementar un nuevo cálculo en cualquier punto del espacio de flujos emergentes (tasa de dosis, fluencia energética).

Según una posibilidad de implementación del procedimiento de modelización, la adquisición de información relacionada con la topografía de dicho entorno puede comprender la adquisición, por dichos medios de detección, de una o más imágenes de dicho entorno.

Los datos de trayectoria pueden estimarse entonces al menos a partir de dichas imágenes de dicho entorno.

El procedimiento de modelización también puede comprender una etapa que consiste en establecer un mapa de profundidades a partir de mediciones de distancia entre los medios de detección y uno o más elementos de dicho entorno.

Según otro aspecto de la presente invención, también se prevé un programa informático según la reivindicación 7 que comprende instrucciones de código de programa para permitir ejecutar, aparte de la etapa a) de adquisición, al menos varias de las etapas del procedimiento de modelización dadas anteriormente.

Según otro aspecto de la presente invención, también se prevé un soporte de datos digital según la reivindicación 8 por medios de procesamiento informático, que comprende instrucciones de código de un programa informático tal como se definió anteriormente.

Según otro aspecto, la presente invención prevé, según la reivindicación 9, un dispositivo de modelización de un entorno en riesgo de contaminación nuclear.

Los medios de detección pueden estar integrados en un terminal. La cartografía en 3D puede elaborarse en tiempo real y visualizarse en una pantalla a medida que se elabora, y en particular en una pantalla de terminal.

Los medios de procesamiento informático también pueden estar integrados en el terminal.

Como variante, los medios de procesamiento informático están configurados para comunicarse a distancia con los medios de detección integrados en el terminal.

Ventajosamente, los medios de procesamiento informático comprenden además medios para:

- identificar a partir de dicha matriz, uno o más conjuntos de datos que describen al menos una fuente de sustancias radiactivas en dicho entorno,
- localizar dicha fuente de sustancias radiactivas en dicha cartografía en 3D establecida.

Según una posibilidad de implementación, los medios de procesamiento informático pueden comprender además medios de estimación de un nivel de actividad de dicha fuente de sustancias radiactivas.

Los medios de procesamiento informático también se pueden configurar para establecer otra cartografía en 3D en la

que se representan conjuntamente la fuente de sustancias radiactivas identificada y su actividad estimada. También se pueden representar flujos emergentes provenientes de la fuente y que se recalculan en cualquier punto del espacio.

- 5 Los medios de procesamiento informático también pueden comprender medios de estimación de la trayectoria de los medios de detección al menos a partir de imágenes de dicho entorno.

- 10 Los medios de procesamiento informático también pueden comprender medios de estimación de la trayectoria del dispositivo de detección al menos a partir de mediciones de posición y/o de desplazamiento de los medios de detección, y al menos a partir de mediciones de distancia entre los medios de detección y uno o más elementos de dicho entorno.

Breve descripción de los dibujos

- 15 La presente invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción de ejemplos de realización dados, a título puramente indicativo y en ningún caso limitativo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- la figura 1 representa un trabajador en un emplazamiento nuclear contaminado, provisto de un dispositivo de detección para recopilar datos útiles para la implementación de una cartografía en 3D en la que se representan conjuntamente la topografía y los datos radiológicos del emplazamiento,
- 20 - las figuras 2-3 ilustran respectivamente, una adquisición simultánea por un trabajador de datos topográficos y de datos radiológicos de un emplazamiento contaminado,
- las figuras 4-5 ilustran respectivamente una implementación de un modelo de datos topográficos del emplazamiento contaminado y un modelo de datos radiológicos del emplazamiento contaminado adquiridos a lo largo de la trayectoria seguida por el trabajador,
- 25 - las figuras 6A-6B ilustran una modelización superpuesta de los datos topográficos y de los datos radiológicos del emplazamiento contaminado,
- la figura 7 ilustra una cartografía en la que se han localizado las fuentes en el origen de radiaciones ionizantes,
- la figura 8 ilustra una modelización de términos fuente,
- 30 - la figura 9 ilustra una modelización en la que se representan conjuntamente fuentes identificadas y su actividad asociada,
- la figura 10 ilustra un ejemplo de diagrama de flujo de funcionamiento de un dispositivo de modelización según la invención.

- 35 Partes idénticas, similares o equivalentes de las diferentes figuras tienen los mismos números de referencia para facilitar el paso de una figura a otra.

Las diferentes partes representadas en las figuras no lo son necesariamente según una escala uniforme, para hacer las figuras más legibles.

40

Exposición detallada de modos de realización particulares

La figura 1 ilustra una adquisición de mediciones realizadas por un trabajador I, que se desplaza en un emplazamiento contaminado en el que se encuentra material radiactivo.

45

El trabajador I utiliza un dispositivo de detección 10 implementado según la invención, para efectuar una modelización de este emplazamiento, y poder implementar una cartografía de este emplazamiento, en 3 dimensiones, en la que se representan conjuntamente datos topográficos y datos radiológicos, y esto sin tener necesariamente conocimiento previo de la topografía del emplazamiento.

50

En este ejemplo, el dispositivo de detección 10 puede estar integrado en un terminal 1 portátil por el trabajador I, que se desplaza en el emplazamiento contaminado. Para permitir obtener mediciones en 3 dimensiones, además de los desplazamientos convencionales en el mismo plano (el plano [O,x, y] del sistema de coordenadas ortogonales [O,x,y,z] dado en la figura 1) el dispositivo de detección 10 se mueve a diferentes alturas (definidas según el eje z del sistema de coordenadas ortogonales [O,x,y,z]) en relación con el suelo del emplazamiento contaminado.

55

La cartografía se establece de manera incremental a medida que el trabajador I se desplaza, según una técnica de tipo SLAM (para "Simultaneous Localization And Mapping" o cartografía y localización simultáneas).

- 60 Con dicho dispositivo de detección 10, una adquisición de información 101 relacionada con la topografía del emplazamiento y de datos odométricos 102 (figura 2) se realiza simultáneamente con una adquisición de datos de mediciones radiológicas 103 (figura 3).

- 65 Entre la información relacionada con la topografía del emplazamiento adquirida durante el desplazamiento del dispositivo de detección 10, pueden registrarse imágenes de los elementos y/u objetos constitutivos del emplazamiento, datos sobre la forma (volumen, superficie, distancia) y la apariencia, por ejemplo la textura, de

elementos y/u objetos constitutivos del emplazamiento.

Entre los datos odométricos registrados también pueden figurar datos de distancia o de profundidad entre el dispositivo de detección 10 y los elementos y/u objetos constitutivos del emplazamiento, datos de posición y/o de orientación del dispositivo de detección 10, datos de velocidad de desplazamiento del dispositivo de detección 10 y/o de variación de la velocidad de desplazamiento.

Estos datos odométricos permiten en particular evaluar una trayectoria T del dispositivo de detección 10 con respecto a un punto de inicio de desplazamiento, a partir de la cual se deducen las coordenadas de localización en el emplazamiento del dispositivo de detección 10.

Otra estimación de la trayectoria también se puede realizar con ayuda de dichas imágenes tomadas por el dispositivo de detección 10, utilizando puntos de referencia visuales que sirven como referentes y que se busca encontrar en cada imagen para deducir una trayectoria a partir de ella.

Estas diferentes estimaciones de trayectoria se pueden comparar y combinar a continuación para producir una nueva estimación de trayectoria.

Simultáneamente con la adquisición de datos topográficos y de datos que permiten estimar una trayectoria del dispositivo de detección 10, los datos de mediciones radiológicas se toman con ayuda de uno o más sensores integrados en el dispositivo de detección 10. Estas mediciones radiológicas pueden comprender mediciones de la tasa de recuento en función de la energía y la tasa de dosis, por ejemplo, con ayuda de un medidor de radiación integrado, así como mediciones por espectrometría gamma.

La figura 4 ilustra una modelización en 3D de la topografía de elementos 106 del emplazamiento contaminado detectados a lo largo de la trayectoria seguida por el dispositivo de detección 10 e implementada con ayuda de un sistema de procesamiento informático, mientras que la figura 5 ilustra una modelización de una distribución radiológica 108 a lo largo de dicha trayectoria seguida por el dispositivo de detección 10.

Estas modelizaciones se superponen en una misma cartografía en 3D (figuras 6A y 6B), que se puede construir de manera incremental.

Para establecer esta cartografía, se puede implementar un método de predicción, por ejemplo del tipo descrito en el documento EP 1170 681 en el que se efectúa una interpolación de los datos radiológicos.

Un método de estimación lineal de tipo Krigeaje, por ejemplo, tal como se describe en el documento EP 0 960344, también puede utilizarse para realizar la interpolación de los datos radiológicos en el volumen delimitado por la trayectoria, o incluso un método de ponderación inversa a la distancia (PID).

La cartografía en 3D se puede construir en tiempo real y, de este modo, puede estar disponible y visualizarse en una pantalla del terminal 1 del trabajador I, a medida que se elabora.

La superposición de los modelos se efectúa por medio del sistema de procesamiento informático que combina los datos tomados por el dispositivo de detección 10 en una matriz y produce de manera incremental una cartografía en 3D en la que se compilan datos topográficos y datos radiológicos.

Según un ejemplo, un vector de mediciones efectuadas en un instante t y a partir del cual se elabora la matriz P_t , puede tener la siguiente forma: $P_t = f(M(x,y,z), C(E), D, I(M))_t$, con M la posición del detector con respecto a un sistema de coordenadas [0,x,y,z], C(E) un número de recuentos medido en función de la energía, D una medición de dosis, I una imagen tomada en la posición M.

Este sistema de procesamiento informático está integrado en dicho terminal.

Una etapa de identificación de fuentes de sustancias radiactivas en dicho entorno también se puede realizar con ayuda de este sistema de procesamiento informático, pudiendo la o las fuentes identificadas representarse en una cartografía que puede estar disponible para el operador en una pantalla de su terminal.

La figura 7 ilustra una cartografía en 3D de este tipo en la que se han localizado las fuentes radiactivas $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$.

También se efectúa una determinación de términos fuente, es decir, términos que describen un conjunto de datos de las fuentes $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ identificadas como el origen de la radiación ionizante.

Los términos fuente comprenden datos relacionados con la geometría de las fuentes y, en particular, con sus dimensiones, tales como el diámetro dx, la altura hx, la profundidad px, la longitud Lx, la anchura lx, así como datos de distancia de las fuentes unas con respecto a otras y con respecto a puntos de medición M1, M2, M3, M4, M5, M6

a través de los cuales se hace pasar el dispositivo de detección 10 (figura 8).

Estos datos se pueden obtener mediante cálculo con ayuda de algoritmos de reconocimiento de forma.

- 5 Los términos fuente también pueden comprender hipótesis relacionadas con la composición fisicoquímica, el tipo de medio o material en el que están integradas las fuentes, la densidad aparente de este medio o este material.

La determinación de los términos fuente también se completa con una estimación de la actividad y de la composición en radionúclidos de cada fuente S_1 , S_2 , S_3 , S_4 , S_5 , S_6 en el origen de la irradiación.

- 10 Una estimación de la actividad de las fuentes de irradiación presentes en la escena radiológica puede realizarse con ayuda de métodos de estimación probabilística, por ejemplo, de tipo Monte-Carlo, o determinística, por ejemplo, de tipo de integración Kernel, utilizando los datos radiológicos recopilados por el dispositivo de detección 10.

- 15 La estimación de la actividad de las fuentes de irradiación presente en la escena radiológica también puede comprender una etapa de optimización.

- 20 Esta optimización puede ser una optimización lineal con o sin restricciones, estando el número de fuentes y de puntos de medición correlacionados. Dicho tipo de optimización lineal comprende, por ejemplo, la utilización de un algoritmo de tipo simplex.

- 25 Como variante, se puede implementar una optimización no lineal con o sin restricciones, al no estar el número de fuentes y de puntos de medición correlacionados. Este otro tipo de optimización no lineal se puede efectuar con ayuda de métodos iterativos de tipo GRG (en inglés "Generalized reduced Gradient").

- 30 Entonces se puede implementar una nueva modelización en la que el conjunto de las fuentes S_1 , S_2 , S_3 , S_4 , S_5 , S_6 identificadas y sus términos fuente asociados están integrados (figura 9). De este modo, se puede establecer una nueva cartografía en 3D de los flujos emergentes recalculados en cualquier punto del espacio y en la que se representen datos radiológicos en particular datos de contaminación radiológica o de actividad estimados de las diferentes fuentes.

- 35 La recopilación de mediciones, tal como se ilustra en la figura 1, puede efectuarse, como variante, mediante un dron o un robot, controlado a distancia o que se desplaza de forma autónoma con ayuda de datos odométricos e imágenes tomadas por el dispositivo de detección 10. En ese caso, el dron o el robot está adaptado para moverse a diferentes altitudes o alturas, a fin de implementar una cartografía en 3 dimensiones.

La figura 10 ilustra un funcionamiento de un ejemplo de dispositivo de modelización de un entorno en riesgo de contaminación nuclear.

- 40 Este dispositivo consta en primer lugar de un dispositivo de detección 10, tal como se mencionó anteriormente, que consta de medios para adquirir datos topográficos y datos odométricos.

- 45 El dispositivo de detección consta de un sistema 12 de adquisición de imágenes, que puede comprender una o más cámaras, por ejemplo, cámaras estéreo y/o un escáner tridimensional integrado para permitir recopilar información sobre la forma (volumen, superficie) y eventualmente la apariencia, por ejemplo, la textura de elementos u objetos constitutivos de un entorno. El escáner puede ser, por ejemplo, un escáner activo sin contacto que emite radiación, por ejemplo láser, al entorno y que detecta radiación reflejada. El dispositivo de detección 10 puede integrar, como variante, un sistema de formación de imágenes tal como se describe en el documento US 2006/0221072 A1.

- 50 El sistema de formación de imágenes también puede estar asociado o acoplado a un módulo de medición de distancia 14, para establecer un mapa de profundidad que se combinará con las imágenes adquiridas por el sistema de formación de imágenes 12. El sensor de medición de distancia puede ser, por ejemplo, un dispositivo telemétrico infrarrojo que proyecta luz estructurada sobre los objetos o elementos constitutivos del entorno estudiado, o un telémetro de ultrasonidos.

- 55 El dispositivo comprende además un módulo de adquisición 16 de datos odométricos que comprenden uno o más sensores de movimiento y/o sensores inerciales, por ejemplo un acelerómetro y/o un girómetro, o un conjunto de acelerómetros y de girómetros que forman una central inercial.

- 60 Este módulo de adquisición 16 también puede estar acoplado al sistema de formación de imágenes 12 y permite en particular registrar información relacionada con el entorno, pero también datos relacionados con la trayectoria seguida por el dispositivo de detección 10, siendo estos datos de trayectoria útiles para la construcción de la cartografía de un entorno y para una localización del dispositivo de detección 10 en este entorno, por ejemplo, constituyendo coordenadas en 3D.

- 65 El dispositivo de detección 10 comprende además un módulo 18 de adquisición de datos radiológicos tales como

datos de medición de la tasa de recuento, de la tasa de dosis, datos de espectrometría gamma.

Se utiliza una base de tiempo 19 para permitir efectuar un reajuste temporal de los diferentes datos, imágenes, mediciones, adquiridos por el dispositivo de detección.

5 Para implementar la modelización a partir de los datos recopilados por el dispositivo de detección 10, el dispositivo de modelización según la invención comprende además un sistema de procesamiento informático 20, un ejemplo de un diagrama de flujo de funcionamiento del cual se ilustra en la figura 10.

10 Una etapa de procesamiento (etapa E₁₀), efectuada por el sistema 20, consiste en utilizar los datos suministrados por el módulo de adquisición 16 de datos odométricos y por el módulo sensor de distancia 14 para realizar una estimación de trayectoria del dispositivo de detección 10.

15 Otra estimación (etapa E₁₂) de la trayectoria del dispositivo de detección 10 utilizando las imágenes suministradas por el sistema de formación de imágenes 12 y opcionalmente datos odométricos procedentes de los módulos 14 y 16 se puede efectuar en paralelo.

Estas estimaciones se pueden comparar para realizar una nueva estimación de trayectoria.

20 El sistema de procesamiento también está previsto para efectuar una reconstrucción de un modelo en 3D (etapa E₂₀) del entorno, en el que el dispositivo de detección 10 se desplaza, a partir de imágenes y de datos odométricos.

Simultáneamente con esta reconstrucción, el sistema de procesamiento está configurado para efectuar una modelización de la distribución radiológica del entorno a lo largo de dicha trayectoria seguida por el dispositivo de detección 10 (etapa E₃₀).

El sistema de procesamiento está configurado además para implementar una interpolación (etapa E₃₂) de las mediciones radiológicas.

30 El resultado de esta interpolación y el modelo en 3D obtenido al final de la etapa de reconstrucción E₂₀ permiten al sistema 20 constituir (etapa E₅₀) una matriz en la que se compilan datos topográficos del entorno estudiado y dichos datos radiológicos asociados a datos de localización.

35 Al mismo tiempo, se elabora una cartografía en 3D representativa de dicho entorno en la que se representan simultáneamente dichos datos topográficos y dichos datos radiológicos.

A continuación se implementa una etapa de estimación (etapa E₆₀) de términos fuente relacionados con la geometría de las fuentes de radiación ionizante, su composición, el tipo de radionúclido emitido y la actividad de las fuentes. Esta estimación se efectúa utilizando hipótesis deducidas (etapa E₅₅) a partir de los datos adquiridos por mediciones 40 opcionalmente combinadas con datos introducidos por un usuario del dispositivo de modelización.

También se puede efectuar un método de optimización con o sin restricción para mejorar la estimación.

45 Se puede realizar una comparación (etapa E₆₂) para verificar una coherencia entre datos radiológicos, por ejemplo, las tasas de dosis, que se han calculado y datos radiológicos medidos, para refinar esta estimación.

A continuación se implementa una etapa (etapa E₇₀) que consiste en producir una nueva modelización en la que se integran las fuentes y sus términos fuente asociados. Esta nueva modelización se puede representar en forma de una nueva cartografía en 3D de los flujos emergentes recalculados en cualquier punto del espacio, en la que se 50 representan conjuntamente las fuentes y su actividad.

El sistema de procesamiento informático 20 mencionado anteriormente comprende al menos un procesador programable, un módulo de memoria y un periférico de entrada, acoplados a un bus del sistema.

55 El procesador puede ser, por ejemplo, un microprocesador, una FPGA o un procesador de unidad central. El módulo de memoria puede comprender, por ejemplo, una memoria ROM de solo lectura, una memoria programable EPROM, una memoria dinámica de acceso aleatorio DRAM o cualquier otro tipo de memoria RAM, un elemento de almacenamiento magnético u óptico, registros u otras memorias volátiles y/o no volátiles.

60 Algoritmos en forma de instrucciones se pueden almacenar en la memoria de programa y permiten efectuar una modelización tal como se describió anteriormente, para producir una cartografía en 3D.

Un programa, que permite implementar el procedimiento de modelización, puede ser residente o grabado en un soporte (por ejemplo: una tarjeta de memoria SDRAM o un disco DVD-ROM o Blue-ray o un disco duro extraíble o 65 un soporte magnético o una memoria USB) susceptible de ser leído por el sistema informático.

El sistema de procesamiento informático 20 también puede estar conectado a un periférico tal como, por ejemplo, una pantalla que permite visualizar la cartografía en 3D en la que se representan simultáneamente datos topográficos de un entorno y datos radiológicos, en particular de contaminación nuclear de este entorno. El sistema de procesamiento informático 20 puede estar integrado en el terminal.

5

El sistema informático puede estar conectado a una red, opcionalmente por comunicación inalámbrica.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de modelización de un entorno en riesgo de contaminación nuclear, que comprende las etapas que consisten en:

a) adquirir, con ayuda de un terminal que comprende medios de detección (10) y por desplazamiento en 3 dimensiones del terminal en dicho entorno:

- información relativa a la topografía de dicho entorno y datos odométricos, respectivamente, por medio de medios de adquisición de datos topográficos integrados en los medios de detección (10) y por medio de medios de adquisición de datos odométricos integrados en los medios de detección (10) y

- datos de mediciones radiológicas de dicho entorno, y después por medio de medios de procesamiento informático (20) integrados en dicho terminal:

- estimar datos de trayectoria al menos a partir de mediciones de posición y/o de desplazamiento de dichos medios de detección (10), y al menos a partir de mediciones de distancia entre los medios de detección y uno o más elementos de dicho entorno,

b) asociar dichos datos de mediciones radiológicas a datos de localización en dicho entorno, habiéndose deducido dichos datos de localización a partir de datos de trayectoria de dichos medios de detección,

c) establecer, con ayuda de dicha información y por medio de dichos medios de procesamiento informático: al menos una matriz en la que se compilan datos topográficos de dicho entorno y datos radiológicos asociados a los datos de localización, y una cartografía en 3 dimensiones representativa de dicho entorno en la que se representan conjuntamente dichos datos topográficos y dichos datos radiológicos, elaborándose la cartografía en tiempo real y visualizándose en una pantalla del terminal a medida que se elabora.

2. Procedimiento de modelización según la reivindicación 1, que comprende además las etapas que consisten en:

- identificar, por medio de medios de procesamiento informático y a partir de dicha matriz, una o más fuentes de sustancias radiactivas en dicho entorno,

- localizar, por medio de medios de procesamiento informático, dichas fuentes de sustancias radiactivas en dicha cartografía establecida en la etapa c).

3. Procedimiento de modelización según la reivindicación 2, que comprende además una etapa que consiste en determinar, uno o más conjuntos de datos llamados términos fuente que caracterizan al menos una fuente de sustancias radiactivas identificada, comprendiendo la determinación de términos fuente una estimación de un nivel de actividad de dicha fuente de sustancias radiactivas identificada.

4. Procedimiento de modelización según una de las reivindicaciones 2 o 3, que comprende además una etapa que consiste en establecer otra cartografía en 3D de flujos emergentes recalculados en la que se representan conjuntamente fuentes de sustancias radiactivas identificadas y su actividad estimada.

5. Procedimiento de modelización según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la adquisición de información relacionada con la topografía de dicho entorno comprende la adquisición por dichos medios de detección de una o más imágenes de dicho entorno, estimándose dichos datos de trayectoria al menos a partir de dichas imágenes de dicho entorno.

6. Procedimiento de modelización según una de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además el establecimiento de un mapa de profundidades a partir de mediciones de distancia entre los medios de detección y uno o más elementos de dicho entorno.

7. Programa informático que comprende instrucciones de código de programa para permitir que medios de procesamiento informático ejecuten una o más de las etapas del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

8. Soporte de datos digital utilizable por medios de procesamiento informático, que comprende instrucciones de código de un programa informático según la reivindicación 7.

9. Dispositivo de modelización de un entorno en riesgo de contaminación nuclear que comprende:

- un terminal provisto de medios de detección (10), comprendiendo los medios de detección:

• primeros medios de adquisición (12, 14, 16, 19) de información relacionada con la topografía de dicho entorno, **caracterizado por que** comprende, además:

• segundos medios de adquisición (19) adaptados a la adquisición de mediciones radiológicas de dicho

entorno,

- medios de adquisición de datos odométricos integrados en los medios de detección (10), que comprenden uno o más sensores de movimiento y/o sensores inerciales,

- 5 - medios de procesamiento informático (20) conectados a una pantalla, estando los medios de procesamiento informático integrados en el terminal y

configurados para:

- 10 - estimar datos de trayectoria al menos a partir de mediciones de posición y/o de desplazamiento de dichos medios de detección (10), y al menos a partir de mediciones de distancia entre los medios de detección y uno o más elementos de dicho entorno,
- 15 - asociar dichas mediciones radiológicas con datos de localización en dicho entorno, habiéndose deducido dichos datos de localización a partir de los datos de trayectoria de dichos medios de detección (10),
- 20 - establecer, de manera incremental, al menos una matriz en la que se compilan datos topográficos de dicho entorno y datos radiológicos asociados a los datos de localización, y una cartografía en 3D representativa de dicho entorno en la que se representan conjuntamente dichos datos topográficos y dichos datos radiológicos, elaborándose la cartografía en 3D en tiempo real y visualizándose en la pantalla del terminal a medida que se elabora.

10. Dispositivo según la reivindicación 9, en el que los medios de procesamiento (20) comprenden además medios para:

- 25 - identificar a partir de dicha matriz, uno o más conjuntos de datos que describen al menos una fuente de sustancias radiactivas en dicho entorno,
- 30 - localizar dicha fuente de sustancias radiactivas en dicha cartografía en 3D establecida.

11. Dispositivo de modelización según la reivindicación 10, comprendiendo los medios de procesamiento informático (20) además medios de estimación de un nivel de actividad de dicha fuente de sustancias radiactivas identificada.

12. Dispositivo de modelización según las reivindicaciones 10 u 11, en el que los medios de procesamiento informático (20), están configurados además para: establecer otra cartografía en 3D de los flujos emergentes recalculados en la que se representan conjuntamente fuentes de sustancias radiactivas identificadas y su actividad estimada.

13. Dispositivo de modelización según una de las reivindicaciones 10 a 12, comprendiendo los medios de procesamiento (20) además medios de estimación de la trayectoria de los medios de detección (10):

- 40 - al menos a partir de imágenes de dicho entorno y/o
- 45 - al menos a partir de mediciones de posición y/o de desplazamiento de los medios de detección (10), y al menos a partir de mediciones de distancia entre los medios de detección y uno o más elementos de dicho entorno.

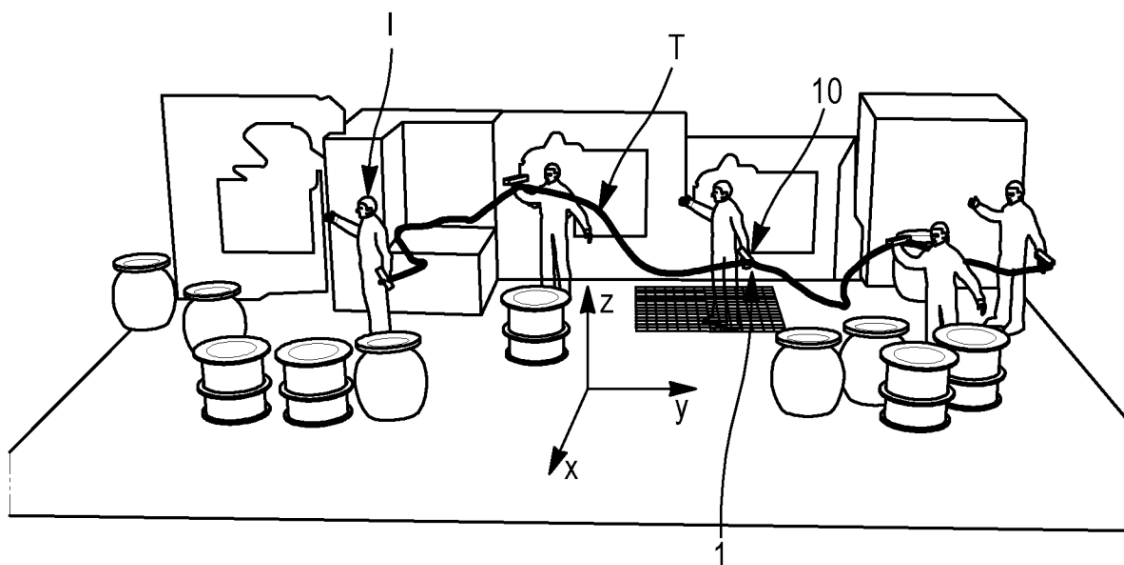


FIG. 1

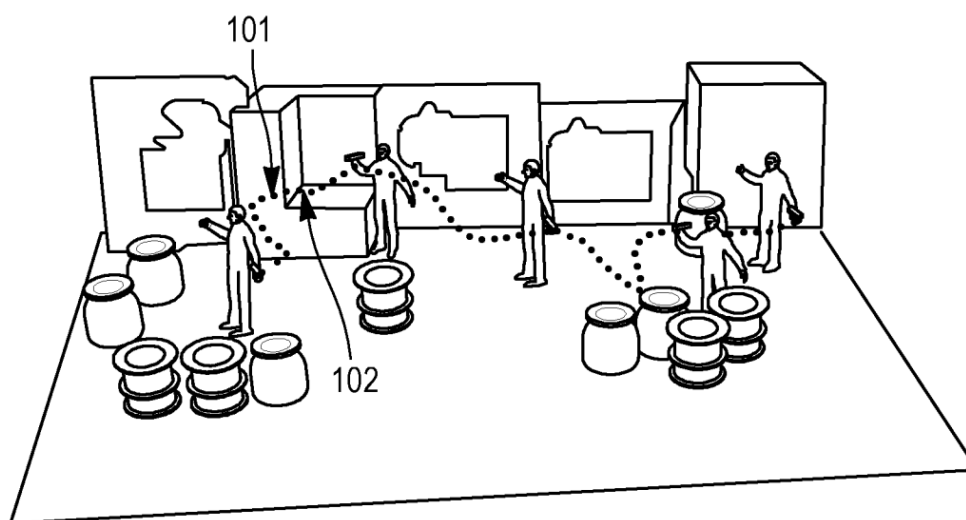


FIG. 2

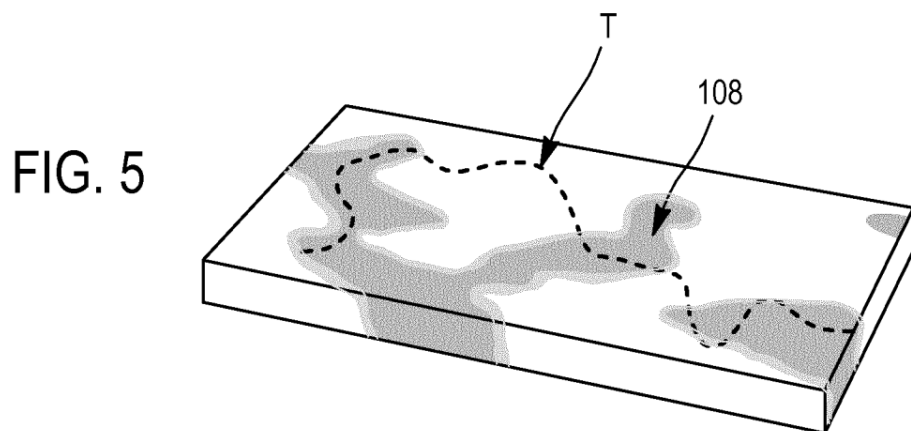
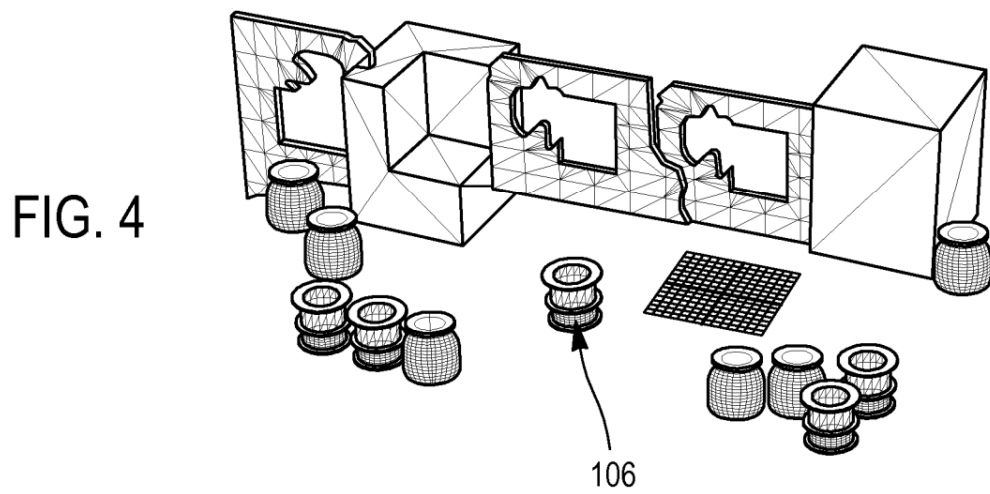
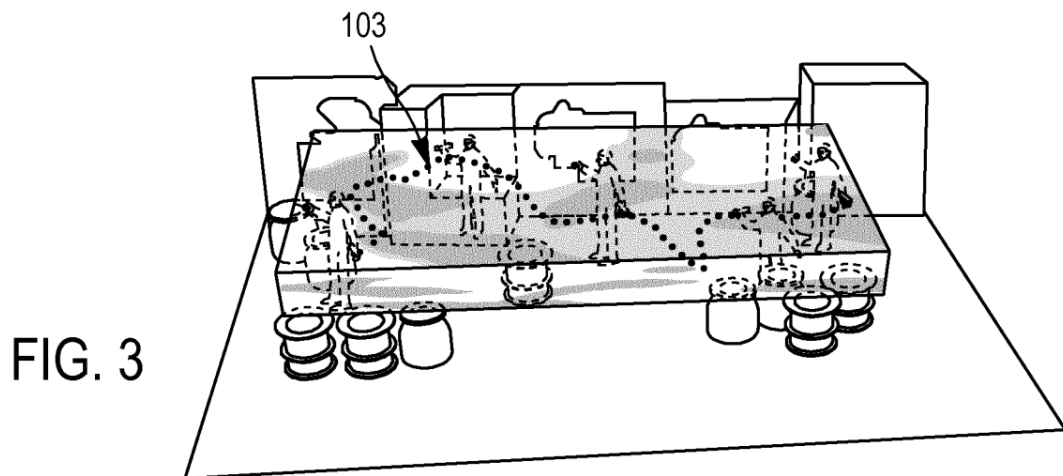


FIG. 6A

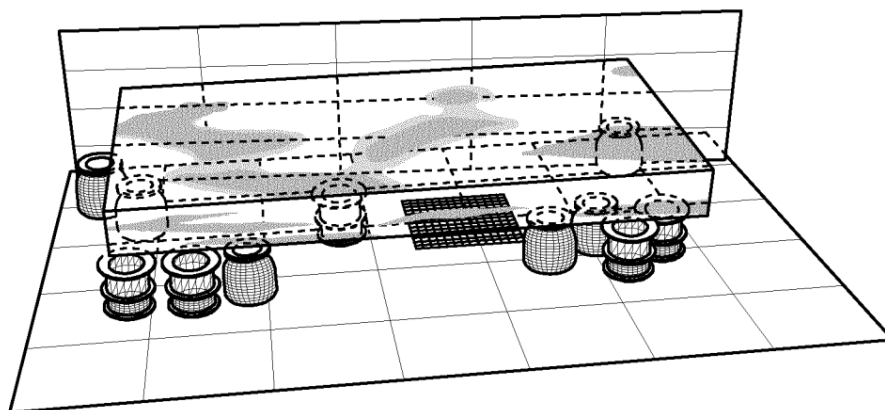


FIG. 6B

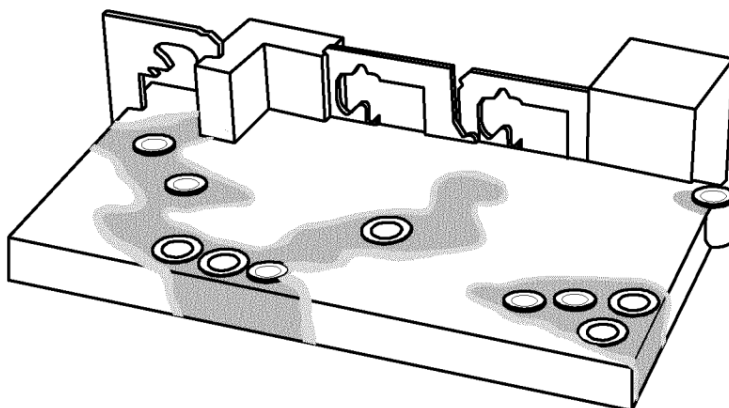
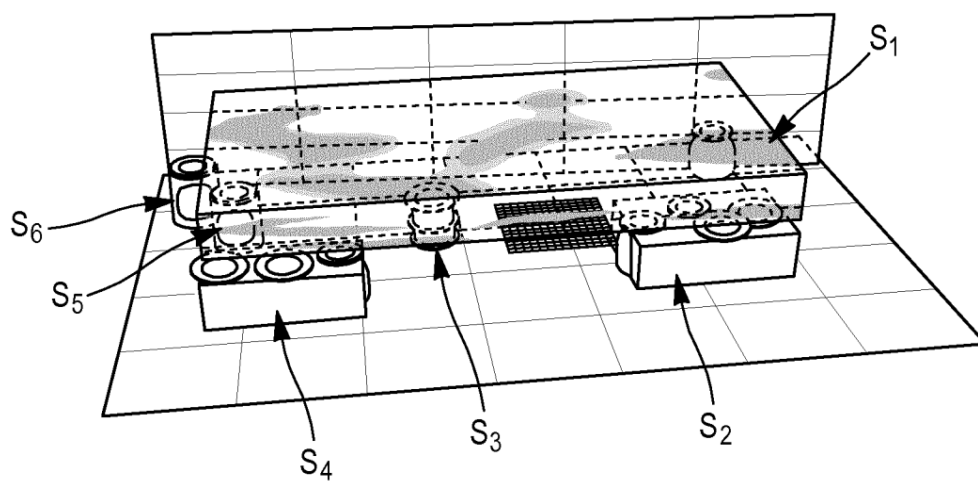


FIG. 7



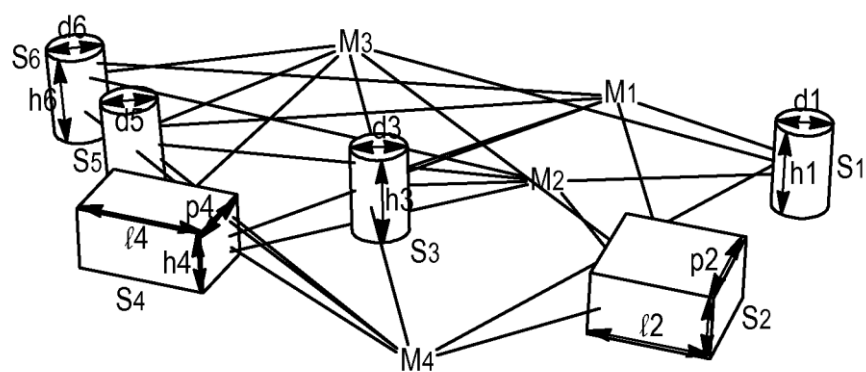


FIG. 8

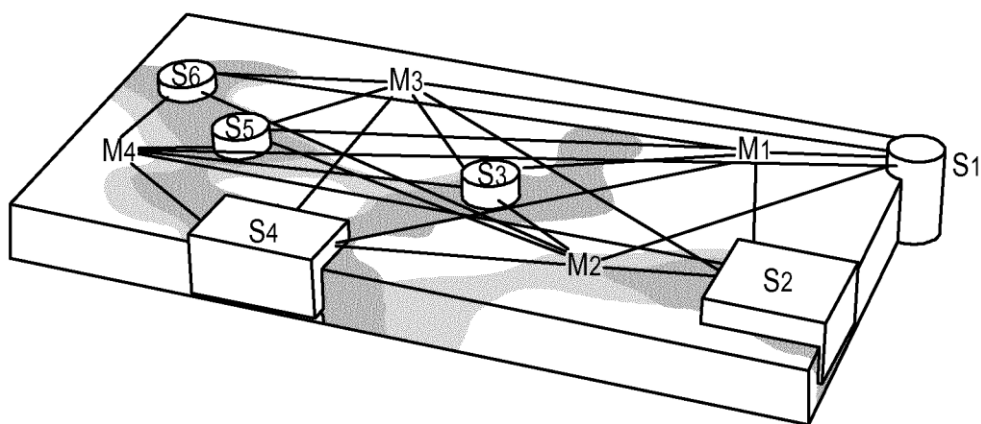


FIG. 9

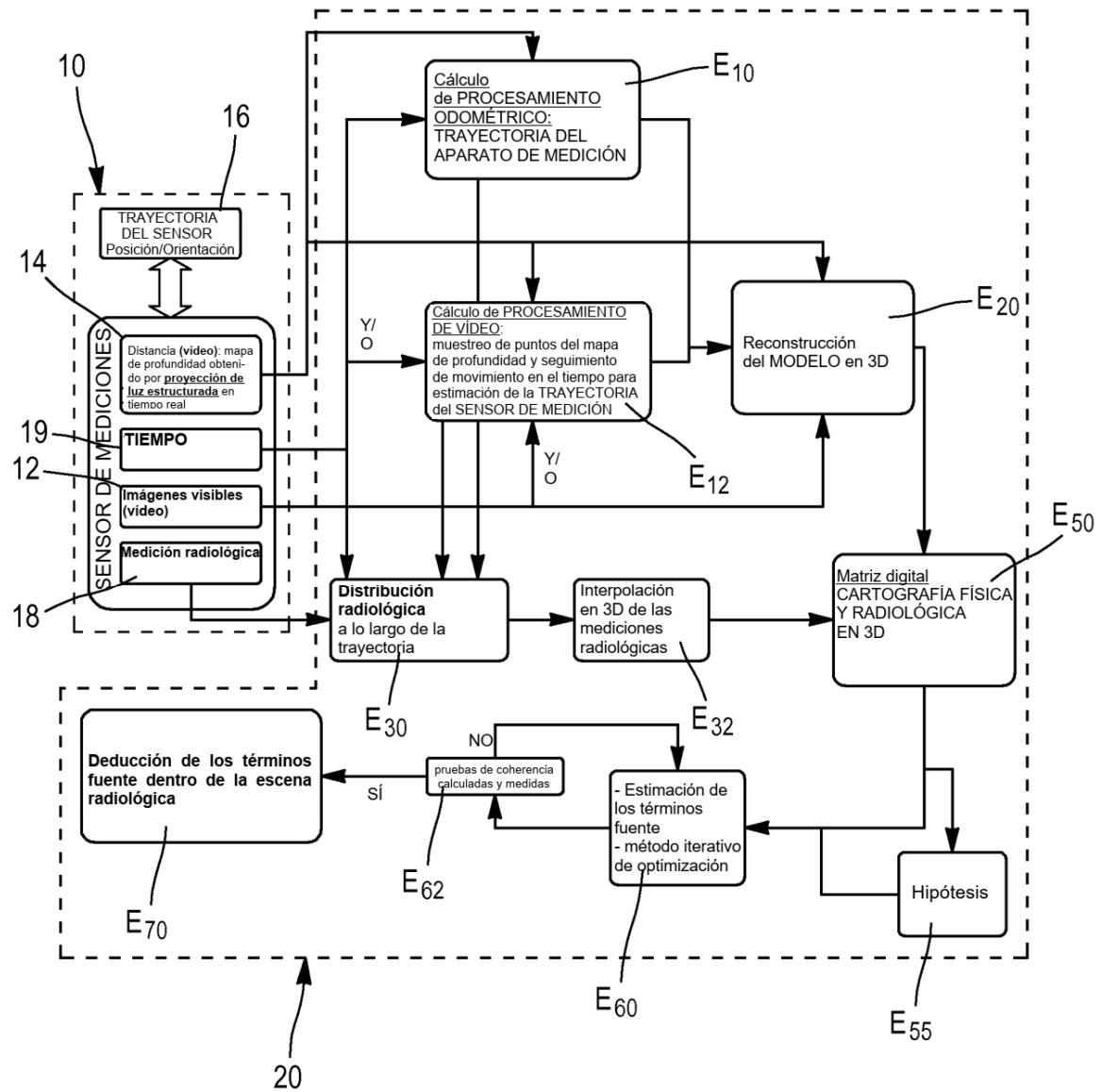


FIG. 10