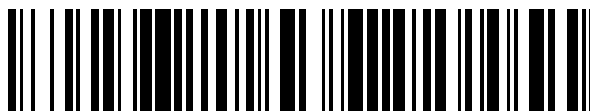


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 785**

51 Int. Cl.:

G06T 17/05 (2011.01)
G01C 11/06 (2006.01)
G01S 17/42 (2006.01)
G06T 19/20 (2011.01)
G01S 17/93 (2006.01)
G01S 17/02 (2006.01)
G01S 17/89 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.01.2013 PCT/SE2013/050044**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **24.07.2014 WO14112911**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2013 E 13871359 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2946365**

54 Título: **Procedimiento y disposición para desarrollar un modelo tridimensional de un entorno**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.12.2018

73 Titular/es:
**VRICON SYSTEMS AKTIEBOLAG (100.0%)
Hus 207-3
581 88 Linköping, SE**

72 Inventor/es:
**ISAKSSON, FOLKE;
ANDERSSON, INGMAR;
BEJERYD, JOHAN;
BORG, JOHAN;
CARLBOM, PER y
HAGLUND, LEIF**

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 693 785 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 disposición para desarrollar un modelo tridimensional de un entorno

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y disposición para desarrollar un modelo 3D de un entorno.

Antecedentes técnicos

10 Un mercado de rápido crecimiento tanto en negocios civiles como militares es el de los sistemas de información geográfica. El conocimiento sobre las condiciones geográficas constituye un soporte de decisión fundamental para las empresas, autoridades y en el ejército. La información geográfica puede comprender mapas digitales que tienen capas de información superpuestas, tales como infraestructura, tipo de terreno y diferentes tipos de objetos. Esta forma de proporcionar mapas digitales consume mucho tiempo y comprende la formación de mapas bidimensionales que comprenden la captura de imágenes del terreno desde un avión y el procesamiento posterior de las imágenes capturadas. Es un proceso que consume aún más tiempo para formar mapas tridimensionales a partir de imágenes capturadas o conjuntos de datos de alcance del terreno/infraestructura.

15 El documento WO 2009/003529 se refiere a otro tipo de sistema de información geográfica. Se refiere a una disposición y un procedimiento para proporcionar una representación tridimensional del mapa o un modelo de un área. La disposición comprende una unidad de procesamiento dispuesta para, por una pluralidad de tiempo grabado, imágenes superpuestas del área a ser procesadas en estéreo, asociar estados de navegación para que cada píxel de cada imagen grabada en el tiempo se correlacione con un estado de navegación correspondiente y para realizar el procesamiento estéreo en base a los estados de navegación asociados para que todos los píxeles en la representación del mapa o el modelo 3D se especifiquen en tres dimensiones geográficas.

25 Un problema con el procesamiento estéreo de las imágenes superpuestas es que un cambio espacial brusco tiende a desaparecer o desaparecer parcialmente durante el procesamiento estéreo, ya que solo una parte de las imágenes superpuestas capta el fuerte cambio espacial. Una forma de solucionar este problema es introducir un telémetro láser o un dispositivo LIDAR (Detección por Luz y Distancia por sus siglas en inglés) en las proximidades del dispositivo de formación de imágenes. Las mediciones del alcance del láser se realizan en un objeto o área particular durante el período en que se toman las imágenes superpuestas del objeto o área particular. Cada medición de alcance del láser es muy precisa en un solo punto y se puede utilizar para mejorar la precisión del modelo 3D.

30 El documento US2010/0204974 divulga un LIDAR y uno o más dispositivos de formación de imágenes electroópticas (EO) que pueden adquirir asincrónicamente disparos LIDAR e imágenes EO. Los datos de navegación y tiempo se pueden usar para asociar un disparo LIDAR y/o imagen EO particular con datos de navegación. Los datos de navegación se pueden usar para correlacionar de forma cruzada un disparo LIDAR con una pluralidad seleccionada de imágenes EO superpuestas. La información del modelo de alcance se puede determinar a partir de secuencias de imágenes EO usando una técnica de formación de imágenes estéreo. La técnica de formación de imágenes estéreo se puede esparcir utilizando los datos de disparo LIDAR.

35 US 2012/0038902 divulga un procedimiento para calcular las mediciones de alcance híbrido, en el que se obtienen mediciones de alcance de un objetivo junto con al menos dos imágenes del objetivo y la ubicación y la orientación de las imágenes. Las mediciones de alcance híbrido se calculan en base a las mediciones de alcance y las imágenes.

40 Un objeto de la presente invención es mejorar aún más el modelado.

Sumario de la invención

45 Esto se ha resuelto en un ejemplo por medio de un procedimiento para desarrollar un modelo 3D de un entorno. El procedimiento comprende las etapas de proporcionar una pluralidad de imágenes superpuestas del entorno, donde cada imagen está asociada a datos de navegación, los datos de navegación que comprende información de posición y una dirección de orientación de una cámara que captura las imágenes en cada instante de captura; proporcionar información de distancia mediante un dispositivo de medición de distancia, dicha información de distancia que comprende un valor de distancia y datos de navegación asociados a cada una de una pluralidad de mediciones de distancia, los datos de navegación que comprende información de posición y la dirección de pulsos transmitidos por dicho dispositivo de medición de distancia para la reflexión en el entorno; y el desarrollo del modelo 3D en base a la pluralidad de imágenes superpuestas y la información de distancia. La etapa de desarrollo del modelo 3D comprende las etapas de proporcionar el modelo 3D en base a la pluralidad de imágenes superpuestas y actualizar el modelo 3D con la información de distancia usando un proceso iterativo.

El desarrollo del modelo 3D comprende comparar el modelo 3D con información del dispositivo de medición de

distancia, actualizar el modelo 3D en partes del modelo 3D donde existe una discrepancia entre el modelo 3D y la información de las mediciones de distancia, en base a la información de distancia, y verificar que las partes del modelo 3D actualizadas en base a la información de distancia describe mejor la realidad que el modelo 3D correspondiente no actualizado con la información de distancia.

- 5 En una opción, la etapa de proporcionar una pluralidad de imágenes superpuestas del entorno comprende capturar una pluralidad de imágenes superpuestas del entorno utilizando un dispositivo de formación de imágenes, proporcionar datos de navegación relacionados con imágenes; y asociar la pluralidad de imágenes superpuestas con respectivos datos de navegación.

- 10 En una opción, la etapa de proporcionar la información de distancia comprende transmitir una pluralidad de pulsos desde un dispositivo de medición de distancia para la reflexión en el entorno, recibir los pulsos reflejados del entorno; proporcionar datos de navegación relacionados con los pulsos transmitidos y/o recibidos; determinar información relacionada con una relación entre el tiempo de transmisión y el tiempo de recepción de cada pulso recibido; y asociar los datos de posicionamiento con cada información relacionada con la relación entre el tiempo de transmisión y el tiempo de recepción con los respectivos datos de navegación;

- 15 La información de distancia puede ser provista por medio de LIDAR, en el que los pulsos son pulsos de láser. La información de distancia puede ser provista por medio de radar. La información de distancia puede ser provista por medio de sonar.

Los datos de navegación comprenden información con respecto a la posición, orientación y hora.

- 20 En una opción, el procedimiento además comprende una etapa para determinar una relación de ponderación entre la medición de distancia y el modelo 3D proporcionado, en el que la actualización del modelo 3D con la información de distancia es en base a la ponderación determinada. La relación de ponderación se puede determinar en base a un porcentaje de una diferencia entre el valor de la medición de distancia y el modelo proporcionado. La relación de ponderación se puede determinar en base a una incertidumbre en el modelo 3D proporcionado. La relación de ponderación se puede determinar en base a una incertidumbre en la medición de distancia. En una opción, la etapa de desarrollo del modelo 3D comprende las etapas de:

- 25 a) determinar distancias estéreo de las imágenes superpuestas;
- b) generar el modelo 3D en base a las distancias estéreo de una selección de imágenes superpuestas;
- c) determinar la diferencia entre el modelo 3D y la información de distancia;
- 30 d) actualizar el modelo 3D en base a la diferencia entre el modelo 3D y la información de distancia y en base a la relación de ponderación determinada,
- e) evaluar el modelo actualizado frente al modelo proporcionado para determinar cual de los modelos es más preciso
- f) actualizar la selección de las imágenes superpuestas en base a la evaluación,
- g) repetir la etapa b) a f).

- 35 la etapa e) de evaluar el modelo actualizado frente al modelo proporcionado puede comprender re-proyectar las imágenes estéreo en base a el modelo 3D actualizado.

La etapa f) de actualizar la selección de imágenes superpuestas puede comprender seleccionar solamente aquellas imágenes y/o sub-imágenes que muestran partes del entorno relevante para el modelo más preciso.

- 40 La etapa g) de repetir la etapa de desarrollo del modelo 3D puede comprender las etapas de determinar una diferencia entre el modelo generado en base a distancias estéreo y un modelo generado en base a distancias estéreo en una etapa previa, en el que el desarrollo del modelo 3D es abortado si la diferencia está por debajo de un nivel seleccionado.

El modelo 3D puede ser representado como una malla. El modelo 3D se puede representar como una representación de superficie. El modelo 3D se puede representar como una representación en vóxel.

- 45 La invención también se refiere a un programa informático que comprende un código de programa para desarrollar un modelo 3D de un entorno, que comprende la etapa de proporcionar una pluralidad de imágenes superpuestas del entorno, cada imagen asociada de datos de navegación, los datos de navegación que comprenden información de posición y una dirección de orientación de una cámara que captura las imágenes en cada instante de captura; proporcionar información de distancia mediante un dispositivo de medición de distancia, dicha información de distancia que comprende un valor de distancia y datos de navegación de cada una de una pluralidad de mediciones de distancia, donde los datos de navegación comprenden información de posición y la dirección de los pulsos transmitidos por dicho dispositivo de medición de distancia para la reflexión
- 50

en el entorno; y desarrollar el modelo 3D en base a la pluralidad de imágenes superpuestas y la información de distancia. La etapa de desarrollo del modelo 3D comprende las etapas de proporcionar el modelo 3D en base a la pluralidad de imágenes superpuestas; y actualizar el modelo 3D con la información de distancia usando un proceso iterativo.

5 La invención también se refiere a un producto de programa informático que comprende un código de programa almacenado en un medio legible por computadora para desarrollar un modelo 3D de un entorno, que comprende la etapa de proporcionar una pluralidad de imágenes superpuestas del entorno, cada imagen asociada de datos de navegación, proporcionar información de distancia, donde dicha información LIDAR comprende un valor de distancia y datos de navegación de una pluralidad de mediciones de distancia; y
10 desarrollar el modelo 3D en base a la pluralidad de imágenes superpuestas y la información de distancia. La etapa de desarrollo del modelo 3D comprende las etapas de proporcionar el modelo 3D en base a la pluralidad de imágenes superpuestas; y actualizar el modelo 3D con la información de distancia usando un proceso iterativo.

15 En una realización, la presente invención comprende una disposición para desarrollar un modelo 3D de un entorno, donde dicha disposición comprende una memoria. La memoria esta dispuesta para almacenar una pluralidad de imágenes superpuestas del entorno, cada imagen asociada a datos de navegación, donde los datos de navegación comprenden información de posición y una dirección de orientación de una cámara que captura las imágenes en cada instante de captura y para almacenar información de distancia proporcionada por un dispositivo de medición de distancia, donde dicha información de distancia comprende un valor de
20 distancia y datos de navegación de cada una de una pluralidad de mediciones de distancia, y los datos de navegación que comprende información de posición y la dirección de pulsos transmitidos por dicho dispositivo de medición de distancia para la reflexión en el entorno; y una unidad de procesamiento dispuesta para desarrollar el modelo 3D en base a la pluralidad de imágenes superpuestas y la información de distancia. La unidad de procesamiento está dispuesta para determinar el modelo 3D en base a la pluralidad de imágenes superpuestas; y para actualizar el modelo 3D con la información de distancia usando un proceso iterativo, en el que la unidad de procesamiento está dispuesta para comparar el modelo 3D determinado con información del dispositivo de medición de distancia, para actualizar el modelo 3D determinado en partes del modelo 3D determinado donde existe una discrepancia entre el modelo 3D determinado y la información de las mediciones de distancia, en base a la información de distancia, y verificar que las partes del modelo 3D actualizadas en
25 base a la información de distancia describen mejor la realidad según lo presentado en las imágenes que el correspondiente modelo 3D determinado no actualizado con la información de distancia.

Breve descripción de las figuras

La invención se describirá adicionalmente con referencia a los dibujos adjuntos.

35 La Fig. 1 ilustra una disposición para desarrollar un modelo 3D de un entorno al menos parcialmente montado en un avión.

La Fig. 2 ilustra esquemáticamente la función de una cámara en la disposición de la Fig. 1.

La Fig. 3 ilustra esquemáticamente la función de una cámara y un dispositivo LIDAR en la disposición de la Fig. 1.

Las Figs. 4a y 4b ilustran esquemáticamente un ejemplo de un patrón de exploración proporcionado por el dispositivo LIDAR en la disposición en la Fig. 1.

40 La Fig. 5 es un esquema de bloques que ilustra un ejemplo de la disposición de la Fig. 1.

La Fig. 6 es una ilustración esquemática de una primera parte del modelado de una escena entre edificios.

La Fig. 7 es una ilustración esquemática de una segunda parte del modelado de una escena entre edificios.

La Fig. 8 es una ilustración esquemática de una escena en la que se transmite un pulso de láser.

La Fig. 9 es una ilustración esquemática del modelado de una escena con un bosque.

45 La Fig. 10 muestra un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un procedimiento para desarrollar un modelo 3D de un entorno.

La Fig. 11 muestra un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un procedimiento para desarrollar un modelo 3D de un entorno.

Descripciones detalladas de la invención

50 En la figura 1, una disposición 101 para desarrollar un modelo tridimensional de un entorno 103 está montado sobre un soporte móvil 102. En el ejemplo ilustrado, el soporte es un vehículo transportado aéreo. El vehículo aéreo es, por ejemplo, un avión de combate o civil tripulado o no tripulado. El soporte móvil es en un ejemplo alternativo (no se

muestra) un satélite, un vehículo terrestre o una embarcación, por ejemplo, un camión, barco o submarino. La disposición 101 también se puede sostener o montar en una persona. En un ejemplo, solo partes de la disposición están montadas en el soporte móvil mientras que otras partes, por ejemplo, partes de procesamiento, están en una ubicación remota.

5 El modelo tridimensional proporcionado por la disposición 101 está relacionado con el sistema de coordenadas geográficas. El modelo 3D se proporciona a partir del procesamiento en imágenes estéreo de una pluralidad de imágenes georreferenciadas superpuestas del entorno. Las imágenes georreferenciadas se proporcionan desde al menos una cámara. Además, el modelo 3D se actualiza con información de un dispositivo de medición de distancia.

10 En un ejemplo, se puede utilizar una o una pluralidad de cámaras que comprenden una cámara para luz visual, una cámara IR, y/o una cámara de video. El dispositivo de medición de distancia puede ser cualquier tipo de dispositivo de medición de distancia dispuesto para determinar una distancia con resolución espacial. El dispositivo de medición de distancia comprende un transmisor dispuesto para transmitir continuamente pulsos a un receptor dispuesto para recibir pulsos transmitidos desde el transmisor y reflejados en el entorno. El dispositivo de medición de distancia está dispuesto para determinar una distancia al punto de reflexión en base a la diferencia de tiempo entre la transmisión y la recepción en un pulso determinado. El dispositivo de medición de distancia está en un ejemplo operando en base a luz óptica, ultrasónica y/o en base a radar. El dispositivo óptico de medición de distancia está en un ejemplo basado en LIDAR. En un ejemplo, el dispositivo óptico de medición de distancia comprende un transmisor láser y un detector dispuestos para detectar radiación láser. En un ejemplo, el transmisor es un proyector que transmite un patrón de luz y el receptor asociado es una cámara. En la siguiente descripción, la medición de distancia se describirá en relación con LIDAR.

Así, la disposición para desarrollar el modelo tridimensional comprende al menos una cámara y un dispositivo LIDAR soportado por un soporte móvil 102. El dispositivo LIDAR está configurado para obtener la información de intervalo del entorno transmitiendo energía láser hacia el entorno y detectando la energía láser reflejada y/o emitida desde allí.

25 La disposición 101 para desarrollar el modelo tridimensional esta dispuesta para proporcionar primero el modelo 3D en base a la pluralidad de imágenes superpuestas y luego actualizar el modelo 3D con la información LIDAR. Una diferencia entre el modelo 3D proporcionado y la información LIDAR está en un ejemplo determinado en cada ubicación donde la información LIDAR está disponible. La ponderación de la medición LIDAR en el modelo actualizado se determina en base a un esquema predeterminado. Por ejemplo, la ponderación de la información LIDAR se determina como un porcentaje de una diferencia entre el modelo 3D y la información LIDAR. En un ejemplo, el porcentaje es el 100% de la diferencia, es decir, la ponderación de la información LIDAR es del 100%. En un ejemplo alternativo, la ponderación de la información LIDAR es 40-60%.

35 En un ejemplo, se determina una incertidumbre en el modelo 3D en cada ubicación donde se encuentra disponible la información LIDAR. En este ejemplo, la ponderación de la información LIDAR se determina también o en su lugar en base a la incertidumbre en el modelo 3D. Se describirán ejemplos detallados de incertidumbres en el modelo 3D en relación con la figura 5. Además, también se puede determinar una incertidumbre relacionada con la medición de LIDAR. La ponderación de la medición LIDAR en el modelo actualizado se determina también o en su lugar en base a la incertidumbre en la medición LIDAR.

40 En la Fig. 2, al menos una cámara 204 se ilustra soportada por un soporte móvil no mostrado. En un primer momento, al menos una cámara apunta en una primera dirección a un primer campo de visión 205a para una primera imagen 206a capturada por la cámara 204. En un segundo momento, al menos una cámara 204 está dirigida en una segunda dirección a un segundo campo de visión 205b para una segunda imagen 206b capturada por la cámara 204. Al menos una cámara 204 está dispuesta para proporcionar una pluralidad de imágenes al menos parcialmente superpuestas 206a, 206b cubriendo cada una al menos una parte del entorno. El modelo se puede mejorar cuantas más imágenes de diferentes posiciones de cámara estén disponibles para modelar un objeto o una superficie en el entorno. En un ejemplo, cuando las imágenes se capturan desde un vehículo en el aire, algunas superficies visibles desde muchas posiciones en el aire se capturan en 20 o más imágenes diferentes, mientras que otras superficies son visibles en menos imágenes diferentes.

50 En la Fig. 3, un dispositivo de medición de distancia (no mostrado) está dispuesto en un soporte móvil junto con la/s cámara/s 304 descrita/s anteriormente. En este documento, describimos el dispositivo de medición de distancia en relación con LIDAR. La información de alcance proporcionada por las mediciones LIDAR se usa para ayudar a desarrollar un modelo 3D. El dispositivo LIDAR se dirige al suelo para escanear con pulsos 307 las mismas partes cubiertas por las imágenes 306a, 306b tomadas por la/s cámara/s 304. El área de un pulso LIDAR es mucho más pequeña que el área de una imagen tomada de la misma altura. Por lo tanto, en un ejemplo, se proporcionan una pluralidad de pulsos LIDAR dentro del área de cada imagen.

55 En las Figuras 4a y 4b, se ilustran ejemplos de diferentes patrones de escaneo 408, 409 en el suelo proporcionados por un dispositivo de medición de distancia dispuesto en un soporte móvil. La dirección del soporte móvil (no se muestra) se ilustra con una flecha. En 4a, el láser está dispuesto para realizar un movimiento hacia atrás y hacia adelante en una dirección sustancialmente perpendicular a la dirección de movimiento del soporte móvil (no

mostrado) para explorar el entorno en un patrón de zigzag 408. En la Fig. 4b, el dispositivo LIDAR está dispuesto de modo que el haz de láser dirigido al entorno gira en un círculo, proporcionando así pulsos LIDAR 231 que forman un patrón helicoidal 409 a medida que el soporte se mueve en la dirección de la flecha para explorar el entorno. En un ejemplo, el dispositivo LIDAR está dispuesto para realizar el movimiento lineal y/o circular. En un ejemplo alternativo, el dispositivo LIDAR está dispuesto de manera fija y una disposición de espejo en la trayectoria del haz desde el dispositivo LIDAR está dispuesta para realizar un movimiento pivotante a fin de proporcionar el escaneo lineal y/o circular. Una ventaja con los pulsos LIDAR que forman un patrón helicoidal es que se logra una alta resolución en todas las direcciones ya que la diferencia entre dos pulsos LIDAR en una cierta dirección es pequeña al menos entre algunos pares de pulsos LIDAR a lo largo de la pluralidad de pulsos LIDAR formando un patrón helicoidal. Cabe mencionar que la pluralidad de pulsos de LIDAR puede formar cualquier otro patrón, tal como patrón senoidal o cualquier patrón irregular.

En un ejemplo, las imágenes de la cámara se toman y las medidas de distancia se realizan en diferentes momentos. En un ejemplo alternativo, las imágenes de la cámara se toman y las medidas de distancia se realizan al mismo tiempo.

En el ejemplo de la Fig. 5, se proporciona un modelo 3D utilizando una disposición 501 para desarrollar un modelo tridimensional de un entorno. La disposición 501 comprende al menos una cámara 504 dispuesta para generar imágenes. Al menos una cámara 504 está dispuesta para proporcionar una pluralidad de imágenes superpuestas que cubre el entorno para el que está construido el modelo. La cámara es, por ejemplo, una cámara para luz visual o una cámara IR.

La disposición 501 comprende además un dispositivo de medición de distancia 510. Como se describe en relación con la Figura 1, el dispositivo de medición de distancia 510 puede ser cualquier tipo de dispositivo de medición de distancia dispuesto para determinar una distancia con resolución espacial. Por ejemplo, se puede usar medición de distancia lidar, sonar, utilizando luz estructurada y/o radar además de las mediciones en base a las imágenes de la cámara. Como se indicó anteriormente, en la siguiente descripción, las mediciones de distancia se describirán en relación con LIDAR

La disposición 501 comprende de acuerdo con este ejemplo, un sistema de posicionamiento 511 o un receptor de un sistema de posicionamiento dispuesto para proporcionar información de posicionamiento y dirección relacionada con al menos una cámara y relacionada con el dispositivo LIDAR. La información de dirección se refiere a la dirección óptica de la cámara/dispositivo LIDAR. Las imágenes están asociadas a esta información de posicionamiento y dirección. Además, las mediciones de distancia están asociadas a esta información de posicionamiento y dirección. Además, las imágenes y/o las distancias medidas de LIDAR pueden estar asociadas a la información de temporización. La información de temporización se proporciona con precisión suficiente para la aplicación.

El sistema de posicionamiento 511 comprende en un ejemplo un receptor de un sistema de posicionamiento basado en satélites, tal como GPS. El sistema de posicionamiento también puede comprender un sistema de navegación inercial. La información de temporización puede ser provista desde el receptor en el sistema de posicionamiento, estando dispuesto dicho receptor para recibir y procesar señales de un sistema de posicionamiento basado en satélites, tal como GPS.

Además, la disposición 501 comprende una unidad de procesamiento 512 dispuesta para, en base a la información de posición y dirección relacionada con al menos una cámara 504, procesar en imágenes estéreo un número arbitrario de conjuntos de imágenes al menos parcialmente superpuestas generados por al menos una cámara para proporcionar el modelo tridimensional. En detalle, la unidad de procesamiento 512 está en un ejemplo dispuesta para encontrar los puntos correspondientes en las imágenes al menos parcialmente superpuestas y para encontrar estimaciones de disparidad en base a los puntos correspondientes para proporcionar el procesamiento de imágenes estéreo. En un ejemplo, la unidad de procesamiento 512 está dispuesta para, para cada imagen que debe ser procesada en imagen estéreo, asociar la información de posición y dirección de modo que cada píxel de cada imagen se correlacione con la información de posición y dirección correspondiente. El procesamiento de imagen estéreo se realiza en base a la información de posición y dirección asociada, de modo que todos los píxeles en el modelo 3D se especifican en tres dimensiones geográficas.

En un ejemplo, la unidad de procesamiento 512 está configurada para dividir el entorno en una pluralidad de áreas o puntos, proporcionar para cada área o punto una pluralidad de conjuntos de imágenes georreferenciadas, en el que cada imagen comprende el área o punto, realizar para cada área o punto procesamiento estéreo de imagen en cada conjunto de imágenes para proporcionar una pluralidad de submodelos 3D para esa área o punto y proporcionar el modelo 3D para cada área o punto en base a la pluralidad de submodelos 3D. Por ejemplo, el modelo 3D para cada área o punto se proporciona promediando el punto o el área provista por los diferentes submodelos. En un ejemplo, las imágenes o conjuntos de imágenes están asociados a un factor de ponderación que depende de la calidad de la imagen.

El promedio puede ser ponderado. Finalmente, la unidad de procesamiento 512 está configurada para componer el modelo 3D en base a los modelos 3D relacionados con las diferentes áreas o puntos.

La unidad de procesamiento 512 puede estar dispuesta para realizar un ajuste del haz.

La unidad de procesamiento 512 además está dispuesta para proporcionar el modelo 3D también en base a información del dispositivo de medición de distancia 510. La unidad de procesamiento 512 es en un ejemplo dispuesto para desarrollar el modelo 3D en base a la pluralidad de imágenes superpuestas y para actualizar el modelo con la información de distancia del dispositivo de medición de distancia, cuando corresponda. En detalle, el modelo 3D que cubre un área o entorno determinado se desarrolla utilizando la pluralidad de imágenes superpuestas. El modelo 3D luego se compara con información del dispositivo de medición de distancia. En aquellas partes del entorno donde el modelo 3D coincide sustancialmente con la información proporcionada a partir de las mediciones de distancia, se considera finalizado el modelo 3D proporcionado.

Sin embargo, en aquellas partes del modelo 3D donde existe una discrepancia entre el modelo 3D y la información de las mediciones de distancia, el modelo 3D se actualiza en aquellas partes, en base a la información de distancia. La ponderación de la información de distancia in el modelo actualizado se puede determinar como se describe más arriba y se ejemplificará en más detalle a continuación.

La unidad de procesamiento 512 está dispuesta para verificar que las partes del modelo 3D actualizadas en base a la información de distancia describen mejor la realidad según lo presentado en las imágenes que el modelo 3D correspondiente no actualizado con la información de distancia. Esto se realiza en un ejemplo re-proyectando una imagen a otra imagen en aquellas partes donde el modelo se ha actualizado, para determinar si el modelo actualizado brinda una imagen estimada mejor re-proyectada que el modelo no actualizado. En detalle, el modelo no actualizado y el modelo actualizado se pueden determinar en base a una comparación de una imagen I_2

tomada desde una ubicación determinada con diferentes imágenes estimadas \hat{I}_2 determinadas para la misma ubicación determinada. Las imágenes estimadas se determinan en base a otra imagen I_1 tomada desde otra ubicación y proyectada en el modelo 3D sin actualizar respectivamente el modelo 3D actualizado a la posición de la ubicación de la imagen I_2 . Por lo tanto, la imagen estimada se determina como $\hat{I}_2 = f(I_1, M)$, en el que M representa el modelo 3D sin actualizar, respectivamente, el modelo actualizado. En comparación, la imagen I_2

tomada desde la ubicación determinada con las imágenes estimadas \hat{I}_2 esa imagen estimada \hat{I}_2 que es más similar a la imagen original I_2 está asociada al mejor modelo. En un ejemplo, las imágenes se comparan o combinan en pequeñas ventanas de las imágenes. Por lo tanto, las imágenes se comparan sub-imagen por sub-imagen. En un ejemplo, la coincidencia se realiza en base a una técnica de correlación. En un ejemplo, la coincidencia se realiza en base a un algoritmo basado en fase. En un ejemplo, la coincidencia se realiza en base a un algoritmo basado en segmentación.

Así, si el modelo realizado en base solamente a las imágenes superpuestas proporciona la mejor estimación de imagen para la imagen I_2 , entonces se supone que la información de distancia no debe usarse en el modelo o al menos en menor medida que en el modelo actualizado. Si, por otro lado, el modelo desarrollado basado también en la información de distancia ofrece la mejor estimación de imagen para la imagen I_2 , entonces se supone que la información de distancia mejora el modelo 3D.

La unidad de procesamiento 512 puede disponerse para verificar de otras maneras conocidas por el experto en la técnica que el modelo 3D actualizado en base a la información de distancia describe mejor la realidad según lo presentado en las imágenes que el modelo 3D no actualizado con la información de distancia.

En aquellas partes del modelo 3D donde se ha determinado que la información de distancia mejora el modelo 3D, la unidad de procesamiento 512 está dispuesta para repetir el desarrollo de un modelo en base a solo imágenes superpuestas. Esta vez, el desarrollo del modelo es en base a una selección de las imágenes superpuestas en las que las coordenadas del modelo actualizado son visibles. La unidad de procesamiento 512 entonces está dispuesta para comparar el modelo con la información de distancia. Si hay una diferencia entre el modelo y la información de distancia en algún punto, entonces el modelo 3D se actualiza en este punto como se describió anteriormente. La unidad de procesamiento entonces está dispuesta para verificar que el modelo 3D actualizado en base a la información de distancia describe mejor la realidad según lo presentado en las imágenes que el modelo 3D no actualizado con la información de distancia, como se describe más arriba. Si se verifica que el modelo actualizado describe mejor el entorno, la unidad de procesamiento 512 está dispuesta para repetir el desarrollo del modelo en base a una selección de imágenes superpuestas y/o en base a una selección de sub-imágenes superpuestas. Si no se verifica que el modelo actualizado describa mejor el entorno, la actualización del modelo se puede finalizar o repetir nuevamente utilizando una menor influencia de la medición de distancia. Si, por ejemplo, la información de distancia es incorrecta, como si se hubiera medido frente a un ave voladora, esta información de distancia no mejorará el modelo y, por lo tanto, será rechazada en la verificación del modelo actualizado.

La unidad de procesamiento 512 está en un ejemplo para determinar una diferencia entre el modelo desarrollado y un modelo desarrollado en la etapa anterior y para salir del desarrollo del modelo 3D si la diferencia disminuye un valor predeterminado. Como se entiende a partir de lo anterior, la unidad de procesamiento 512 también puede disponerse para salir del desarrollo del modelo si se determina que la información de distancia no mejora el modelo.

La unidad de procesamiento 512 en un ejemplo está dispuesta para determinar una incertidumbre en algunas ubicaciones o en cada ubicación donde está disponible la información LIDAR. La unidad de procesamiento entonces está dispuesta para determinar la ponderación de la medición LIDAR en el modelo actualizado en base a la incertidumbre en el modelo 3D en esa ubicación específica. En un ejemplo, la incertidumbre en el modelo se determina en base al ángulo entre el eje óptico de las imágenes de la cámara utilizadas para modelar y un plano de la superficie del modelo en esa ubicación específica. Por ejemplo, para las superficies del modelo 3D que son perpendiculares a un eje óptico de la cámara en esa ubicación específica, la incertidumbre en el modelo 3D es menor que para las superficies que son sustancialmente paralelas al eje óptico de la cámara. Además, los puntos medidos por el dispositivo LIDAR, que no son visibles para ninguna de las cámaras ya que hay objetos modelados que oscurecen esta ubicación, la incertidumbre del modelo puede considerarse alta. La unidad de procesamiento 512 también puede disponerse para determinar una incertidumbre relacionada con la medición LIDAR. La ponderación de la medición LIDAR en el modelo actualizado se determina en base a la incertidumbre en el modelo 3D y/o la incertidumbre en la medición LIDAR.

En un ejemplo, el modelo 3D está representado como una malla. En un ejemplo alternativo, el modelo 3D está representado como una representación de superficie. En un ejemplo alternativo, el modelo 3D está representado como una representación de vóxel.

La unidad de procesamiento 512 comprende en un ejemplo un programa informático que comprende un código de programa para desarrollar un modelo 3D según lo debatido más arriba. Además, un producto de programa informático comprende un código de programa almacenado en un medio legible por computadora para desarrollar un modelo 3D de un entorno.

En el ejemplo mostrado, la disposición 501 también comprende una memoria 513 para almacenar datos relacionados con el modelo tridimensional calculado por la unidad de procesamiento 512. La memoria también está dispuesta para almacenar información relacionada con las imágenes superpuestas y la información de distancia. La disposición 501 comprende además una unidad de visualización o presentación 514 dispuesta para proporcionar información relacionada con el modelo 3D. La unidad de visualización puede estar dispuesta para presentar una parte seleccionada del modelo 3D. La disposición 501 también puede comprender medios de entrada (no mostrados) para seleccionar una parte del modelo 3D y el visualizador está dispuesto para presentar información relacionada con la parte seleccionada.

La disposición 501 también puede comprender un transmisor (no mostrado) dispuesto para transmitir la información relacionada con el modelo 3D a un receptor en una ubicación remota. En un ejemplo, el transmisor al menos sustituye parcialmente la memoria 513 y/o la unidad de visualización 514. En un ejemplo alternativo, se proporciona el transmisor además de la memoria 513 y/o la unidad de visualización 514. En un ejemplo, la disposición no comprende la/s cámara/s 504 y el dispositivo de medición de distancia 510. La unidad de procesamiento 512 entonces está dispuesta para desarrollar el modelo en base a una imagen e información de distancia almacenada en la memoria 513.

En la Fig. 6, se ilustra una primera parte de un procedimiento para desarrollar un modelo 3D de un entorno. Se ha determinado un modelo 3D 620 en base a las imágenes tomadas desde una pluralidad de posiciones de cámara 604a, 604b, 604c, 604d. En el ejemplo ilustrado, se muestra un campo de visión 605a, 605b, 605c, 605d para la cámara respectiva 604a, 604b, 604c, 604d en el momento de tomar las imágenes. Por lo tanto, el campo de visión ilustra la cobertura de las imágenes captadas.

El modelo 3D 620 se compara con los puntos de medición LIDAR 621a, 621b, 621c en las ubicaciones correspondientes. En el ejemplo ilustrado, el modelo 3D y las mediciones LIDAR coinciden sustancialmente en una primera y tercera ubicación de medición 621a, 621c. Sin embargo, el punto de medición LIDAR 621b difiere de un punto correspondiente en el modelo 620. En el ejemplo ilustrado, el segundo punto de medición 621b de la medición LIDAR se forma en el suelo de un callejón entre dos edificios 622a, 622b. Como el modelo 3D y la medición LIDAR son diferentes, el modelo 3D se dibuja localmente en una dirección hacia el punto de medición LIDAR. En un ejemplo, el modelo 3D 620 se dibuja hasta al menos un punto actualizado entre el modelo y el segundo punto de medición 621b determinado por la ponderación de la medición LIDAR. En un ejemplo, se selecciona al menos un punto actualizado de manera que el modelo 3D 620 se dibuja en el segundo punto de medición 621b. En un ejemplo, al menos un punto actualizado se determina en base a la ponderación de la información LIDAR. La ponderación de la información LIDAR se determina en base a un esquema predeterminado, como se debatió anteriormente.

En un ejemplo la ponderación de la medición LIDAR también o en su lugar se determina en base a una incertidumbre en el modelo 3D. En un ejemplo, la incertidumbre en el modelo es en base a la relación angular entre la superficie del modelo 620 en la ubicación del segundo punto de medición 621b y los ejes ópticos de las cámaras al tomar las imágenes disponibles. Si la superficie y los ejes ópticos son casi paralelos, entonces la incertidumbre es mayor que si la relación entre la superficie y los ejes ópticos es cercana a la perpendicular.

Además, en un ejemplo, la incertidumbre en el modelo es, en su lugar o además de ello determinada mediante a partir de cuántas o en qué alto porcentaje de las imágenes de la cámara son visibles los puntos de medición LIDAR.

En este ejemplo ilustrado, solo algunas de las imágenes de la cámara se toman desde tal ubicación y en tal dirección que el punto de medición LIDAR sería visible. La incertidumbre es en un ejemplo más alta que si el punto LIDAR es visible desde un alto porcentaje o sustancialmente todas las imágenes utilizadas en el desarrollo del modelo 3D. El punto del modelo 3D se determina para que se mueva hacia la ubicación de medición LIDAR correspondiente en una medida determinada en base a la incertidumbre modelo 3D.

En la figura 7, se muestra una segunda parte de un procedimiento para desarrollar un modelo 3D de un entorno. Se ha determinado un modelo actualizado 722. El modelo de actualización es en base al modelo desarrollado utilizando solamente pares de imágenes superpuestas y actualizado con al menos un punto actualizado 723 determinado en base a la información de distancia. Según lo debatido más arriba, la ponderación de la información a distancia se ha determinado de acuerdo con un esquema predeterminado. Se evalúa el modelo actualizado 722. Esto también se describió en relación con la Fig. 5. Si se considera que el modelo actualizado 722 es mejor que el modelo no actualizado, entonces el modelo se volverá a desarrollar utilizando solo aquellas imágenes que muestren e/los punto/s actualizado/s 723 del modelo 3D proporcionado en base al segundo punto de medición (621b en la figura 6) y en base a la ponderación de la medición LIDAR. En la Fig. 7, un cono 724 ilustra qué imágenes y/o sub-imágenes pueden usarse para el redesarrollo del modelo. El procedimiento descrito en relación con la Fig. 6 se repite usando las imágenes en el cono determinado. Así, un modelo 3D 620 se determinará en base a las imágenes tomadas desde una pluralidad de posiciones de cámara 704b, 704c dentro del cono 724. También se pueden usar sub-imágenes, en el ejemplo ilustrado, se muestra un campo de visión 705b, 705c para la cámara respectiva 704b, 704c en el momento de tomar las imágenes. Por lo tanto, el campo de visión ilustra la cobertura de las imágenes capturadas.

En la Fig. 8, se ilustra un ejemplo en el que sería útil que la ponderación de la medición LIDAR se determinara en base a una incertidumbre en la medición LIDAR. El pulso de un dispositivo LIDAR 810 utilizado tiene un lóbulo de haz 825 que tiene un cierto tamaño en sección transversal. En el ejemplo ilustrado, un pulso para determinar una distancia genera dos resultados de distancia diferentes debido a la extensión del lóbulo 825 en su sección transversal. Por lo tanto, existe una incertidumbre en las mediciones de distancia en bordes afilados o internos tales como edificios. En este caso, la ponderación de la información LIDAR puede ser menor que en áreas donde no se requiere una alta resolución espacial en un plano perpendicular al haz.

En la Fig. 9, se desarrolla un modelo de bosque. En esta situación, el modelo producido por las imágenes y las mediciones LIDAR proporcionará resultados diferentes. Un modelo 920 proporcionado en base a imágenes superpuestas estará cerca de las copas de los árboles y, potencialmente, las copas de los árboles no se modelarán en toda su extensión. Las mediciones LIDAR proporcionarán puntos de medición diseminados. Algunos puntos de medición estarán en las copas de los árboles y algunos puntos de medición estarán cerca del suelo. Por lo tanto, la situación puede manejarse en una pluralidad de maneras. En un ejemplo, las mediciones LIDAR se evalúan y se puede determinar a partir del patrón de puntos que estos puntos no se pueden usar en el modelado. Entonces esos puntos de medición LIDAR que no son deseables de usar se pueden eliminar. En un ejemplo adicional o alternativo, se utilizan los puntos de medición LIDAR. Aquellos que están cerca del suelo estarán determinados a no mejorar el modelo y, por lo tanto, serán rechazados. Esos puntos de medición LIDAR que están cerca de las copas de los árboles se pueden usar para modelar las copas de los árboles más cerca de su extensión completa. En un tercer ejemplo, el patrón de los puntos de medición LIDAR se usa para determinar una incertidumbre en la información LIDAR y, por lo tanto, se puede usar en el modelado en una medida determinada por la incertidumbre en la medición LIDAR. Estos diferentes ejemplos pueden combinarse.

En la Fig. 10 se ilustra un ejemplo de un procedimiento 1000 para desarrollar un modelo 3D en base a imágenes superpuestas e información de distancia. El procedimiento comprende proporcionar 1010, imágenes superpuestas asociadas a datos de navegación. Además, también se proporciona información de distancia 1020 que comprende un valor de distancia y se asocia con datos de navegación. A partir de entonces, se desarrolla el modelo 3D 1030 en base a la pluralidad de imágenes superpuestas y la información de distancia. En el desarrollo del modelo 3D, se proporciona el modelo 3D 1031 en base a la pluralidad de imágenes superpuestas, el modelo proporcionado 1031 es comparado 1032 con la información de distancia y el modelo proporcionado se actualiza 1034 con la información de distancia usando un proceso iterativo, cuando corresponda. En un ejemplo, se determina una relación de ponderación entre la medición de distancia y el modelo 3D proporcionado 1033. El modelo 3D luego puede actualizarse 1034 con la información de distancia en la ponderación determinada 1033. La relación de ponderación puede, por ejemplo, determinarse en base a un porcentaje de una diferencia entre el valor de la medición de distancia y el modelo proporcionado. La relación de ponderación también puede o en su lugar se puede determinar en base a una incertidumbre en el modelo 3D proporcionado. La relación de ponderación puede, en su lugar o además, ser determinada en base a una incertidumbre en la medición de distancia.

En un ejemplo, las distancias estéreo se determinan 1015 a partir de las imágenes superpuestas proporcionadas. El modelo entonces se puede proporcionar en base a las distancias estéreo determinadas. En un ejemplo, las distancias estéreo se determinan a partir de las imágenes superpuestas en base a correlación. En un ejemplo, las distancias estéreo se determinan a partir de las imágenes superpuestas en base a un algoritmo basado en fase. En un ejemplo, las distancias estéreo se determinan a partir de las imágenes superpuestas en base a un algoritmo basado en segmentación. En un ejemplo, se usa cualquier otro procedimiento estéreo conocido por la

persona experta en la técnica.

5 El modo actualizado se evalúa 1035 frente al modelo provisto, no actualizado para determinar cual de los modelos es más preciso. Si el modelo no actualizado se determina como el más preciso, el desarrollo del modelo puede finalizar. Si se determina que el modelo actualizado es el más preciso, o al menos se determina que la información de distancia mejora el modelo, el proceso se repite. La evaluación 1035 del modelo actualizado frente al modelo proporcionado incluye en un ejemplo reproyectar las imágenes estéreo en base a los modelos 3D actualizados y sin actualizar y comparar los resultados.

10 La selección de imágenes después se actualiza 1036 en base a las coordenadas del modelo actualizado. En un ejemplo, la actualización 1036 de la selección de imágenes superpuestas comprende seleccionar solamente aquellas imágenes y/o sub-imágenes que muestran partes del entorno relevante para el modelo más preciso (actualizado o no actualizado).

15 En un ejemplo la decisión de repetir 1037 el desarrollo del modelo comprende las etapas de determinar una diferencia entre el modelo generado en base a las imágenes superpuestas y un modelo generado en base a la selección de superposición en una etapa previa. El desarrollo del modelo 3D luego se puede salir si la diferencia está por debajo de un nivel seleccionado. En la figura 11, se muestra un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un procedimiento 1100 para desarrollar un modelo 3D de un entorno.

20 En el ejemplo ilustrado, una etapa de proporcionar 1110 datos de imágenes comprende las etapas de proporcionar 1111 una pluralidad de imágenes superpuestas del entorno, proporcionar datos de navegación 1112 y asociar 1113 los datos de navegación con las respectivas imágenes. Los datos de navegación pueden comprender información de posición y una dirección de orientación de una cámara que captura las imágenes en cada instante de captura. Por lo tanto, los datos de navegación pueden comprender información sobre la posición y la orientación. También puede comprender información relacionada con el tiempo.

25 Además, como la etapa de proporcionar 1120 información de distancia comprende las etapas de transmitir 1121 una pluralidad de pulsos tales como el láser desde un dispositivo de medición de distancia para la reflexión en el entorno, recibir 1122 los pulsos reflejados del entorno, proporcionar 1123 datos de navegación relacionados con los pulsos y determinar 1124 la información relacionada con una relación entre el tiempo de transmisión y el tiempo de recepción de cada pulso recibido.

30 La distancia entre el dispositivo de medición de distancia y el punto de reflexión asociado a cada pulso se puede determinar en base a la relación determinada. Luego, los datos de navegación están asociados 1125 a cada distancia determinada. Los datos de navegación pueden comprender la información de posición y la dirección de los pulsos transmitidos. Por lo tanto, los datos de navegación pueden comprender información sobre la posición y la orientación. También puede comprender información relacionada con el tiempo.

35 En un ejemplo, la información de distancia se proporciona por medio de LIDAR. En un ejemplo, la información de distancia se proporciona por medio de radar. En un ejemplo, la información de distancia se proporciona por medio de sonar.

40 A continuación, el modelo 3D se desarrolla 1130 en base a los datos de imagen proporcionados y en base a la información de distancia proporcionada. En un ejemplo, los datos de imagen y las mediciones de distancia se proporcionan utilizando la misma plataforma. Entonces puede que no sea necesario determinar los datos de navegación específicamente tanto para la/s cámara/s como para la unidad de medición de distancia. Entonces, puede ser suficiente conocer la relación entre la/s cámara/s y el dispositivo de medición de distancia. El modelo 3D se puede representar como una representación de superficie y/o un vóxel y/o una malla.

45

50

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento (1000, 1100) para desarrollar un modelo 3D de un entorno, que comprende las etapas de:
- 5 proporcionar una pluralidad de imágenes superpuestas del entorno (1010, 1110), cada imagen está asociada a datos de navegación, los datos de navegación comprenden información de posición y una dirección de orientación de una cámara que captura las imágenes en cada instante de captura;
- 10 proporcionar información de distancia (1020, 1120) mediante un dispositivo de medición de distancia, dicha información de distancia comprende un valor de distancia y datos de navegación asociados a cada una de una pluralidad de mediciones de distancia, los datos de navegación que comprenden información de posición y la dirección de pulsos transmitidos por dicho dispositivo de medición de distancia para la reflexión en el entorno;
- desarrollo (1030, 1130) del modelo 3D en base a la pluralidad de imágenes superpuestas y la información de distancia;
- caracterizado porque**
- 15 la etapa de desarrollo (1030, 1130) del modelo 3D comprende las etapas de proporcionar (1031) el modelo 3D en base a la pluralidad de imágenes superpuestas; y
- actualizar (1034) el modelo 3D con la información de distancia usando un proceso iterativo,
- 20 en el que el desarrollo del modelo 3D comprende comparar el modelo 3D con información del dispositivo de medición de distancia, actualizar el modelo 3D en partes del modelo 3D donde existe una discrepancia entre el modelo 3D y la información de las mediciones de distancia, en base a la información de distancia, y verificar que las partes del modelo 3D actualizadas en base a la información de distancia describan mejor la realidad que el modelo 3D correspondiente no actualizado con la información de distancia.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende una etapa para determinar (1033) una relación de ponderación entre la información de distancia y el modelo 3D proporcionado, en el que la actualización (1034) del modelo 3D con la información de distancia es en base a la ponderación
- 25 determinada.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la relación de ponderación se determina (1033) en base a un porcentaje de una diferencia entre el valor de la medición de distancia y el modelo proporcionado y/o en base a una incertidumbre en el modelo 3D proporcionado y/o en base a una incertidumbre en la medición de distancia.
- 30 4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2-3, en el que la etapa de desarrollo del modelo 3D comprende las etapas de:
- a) determinar (1015) distancias estéreo de las imágenes superpuestas;
- b) proporcionar (1031) el modelo 3D en base a las distancias estéreo de una selección de las imágenes superpuestas;
- 35 c) determinar (1032) la diferencia entre el modelo 3D y la información de distancia;
- d) actualizar (1034) el modelo 3D en base a la diferencia entre el modelo 3D y la información de distancia y en base a la relación de ponderación determinada,
- e) evaluar (1035) el modelo actualizado frente al modelo proporcionado para determinar cual de los modelos es el más preciso
- 40 f) actualizar (1036) la selección de las imágenes superpuestas en base a la evaluación,
- g) repetir (1037) la etapa b) a f).
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la etapa e) de evaluar (1035) el modelo actualizado frente al modelo proporcionado comprende re-proyectar las imágenes estéreo en base al modelo 3D actualizado.
- 45 6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, en el que la etapa f) de actualizar (1036) la selección de imágenes superpuestas comprende seleccionar solamente aquellas imágenes y/o sub-imágenes que muestran partes del entorno relevantes para el modelo más preciso.
7. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que la etapa g) de repetir

(1037) la etapa de desarrollo del modelo 3D comprende las etapas de:

determinar una diferencia entre el modelo generado en base a distancias estéreo y el modelo generado en base a distancias estéreo en una etapa previa, en el que el desarrollo del modelo 3D es abortado si la diferencia está por debajo de un nivel seleccionado.

- 5 8. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa (1010; 1110) de proporcionar una pluralidad de imágenes superpuestas del entorno comprende:

capturar (1111) una pluralidad de imágenes superpuestas del entorno utilizando un dispositivo de formación de imágenes;

proporcionar (1112) datos de navegación relacionados con las imágenes; y

- 10 asociar (1113) la pluralidad de imágenes superpuestas con los respectivos datos de navegación.

9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la etapa de proporcionar (1020; 1120) la información de distancia comprende:

transmitir (1121) una pluralidad de pulsos desde un dispositivo de medición de distancia para la reflexión en el entorno;

- 15 recibir (1122) pulsos reflejados del entorno;

proporcionar (1123) datos de navegación relacionados con los pulsos transmitidos y/o recibidos;

determinar (1124) información relacionada con una relación entre el tiempo de transmisión y el tiempo de recepción de cada pulso recibido;

- 20 asociar (1125) datos de posicionamiento a cada información relacionada con la relación entre el tiempo de transmisión y el tiempo de recepción con los respectivos datos de navegación;

10. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la información de distancia se proporciona por medio de LIDAR, en el que los pulsos son pulsos de láser y/o en el que la información de distancia se proporciona por medio de radar y/o en el que la información de distancia se proporciona por medio de sonar.

- 25 11. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los datos de navegación comprenden información con respecto a la posición, orientación y opcionalmente hora.

12. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el modelo 3D está representado como una malla.

- 30 13. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que el modelo 3D está representado como una representación de superficie.

14. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que el modelo 3D está representado como una representación de vóxel.

15. Programa informático que comprende un código de programa para desarrollar un modelo 3D de un entorno, que comprende la etapa de:

- 35 proporcionar una pluralidad de imágenes superpuestas del entorno, cada imagen asociada a datos de navegación, los datos de navegación comprenden información de posición y una dirección de orientación de una cámara que captura las imágenes en cada instante de captura;

proporcionar información de distancia mediante un dispositivo de medición de distancia, dicha información de distancia que comprende un valor de distancia y datos de navegación de cada una de una pluralidad de las mediciones de distancia, los datos de navegación que comprenden información de posición y la dirección de pulsos transmitidos por dicho dispositivo de medición de distancia para la reflexión en el entorno;

- 40 desarrollo del modelo 3D en base a la pluralidad de imágenes superpuestas y la información de distancia;

caracterizado porque

la etapa de desarrollo del modelo 3D comprende las etapas de:

- 45 proporcionar el modelo 3D en base a la pluralidad de imágenes superpuestas; y

actualizar el modelo 3D con a información de distancia usando un proceso iterativo, dicho desarrollo del modelo

3D comprende comparar el modelo 3D con información del dispositivo de medición de distancia, actualizar el modelo 3D en partes del modelo 3D

5 en las que existe una discrepancia entre el modelo 3D y la información de las mediciones de distancia, en base a la información de distancia, y verificar que las partes del modelo 3D actualizadas en base a la información de distancia describan mejor la realidad que lo presentado en las imágenes que el modelo 3D correspondiente no actualizado con la información de distancia.

10 16. Disposición (101, 501) para desarrollar un modelo 3D de un entorno, donde dicha disposición comprende una memoria (513), estando la memoria dispuesta para almacenar una pluralidad de imágenes superpuestas del entorno, cada imagen asociada a los datos de navegación, donde los datos de navegación comprenden información de posición y una dirección de orientación de una cámara que captura las imágenes en cada instante de captura y para almacenar información de distancia proporcionada mediante un dispositivo de medición de distancia, donde dicha información de distancia comprende un valor de distancia y datos de navegación de cada una de una pluralidad de mediciones de distancia, y donde los datos de navegación comprenden información de posición y la dirección de pulsos transmitidos por dicho dispositivo de medición de distancia para la reflexión en el entorno;

15 y una unidad de procesamiento (513) dispuesta para desarrollar el modelo 3D en base a la pluralidad de imágenes superpuestas y la información de distancia;

20 **caracterizado porque** la unidad de procesamiento (513) está dispuesta para determinar el modelo 3D en base a la pluralidad de imágenes superpuestas; y para actualizar el modelo 3D con la información de distancia utilizando un proceso iterativo, en el que la unidad de procesamiento está dispuesta para comparar el modelo 3D con información del dispositivo de medición de distancia, para actualizar el modelo 3D determinado en partes del modelo 3D determinado donde existe una discrepancia entre el modelo 3D determinado y la información de las mediciones de distancia, en base a la información de distancia, y para verificar que las partes del modelo 3D actualizadas en base a la información de distancia describan mejor la realidad según lo presentado en las imágenes

25 que el correspondiente modelo 3D determinado no actualizado con la información de distancia.

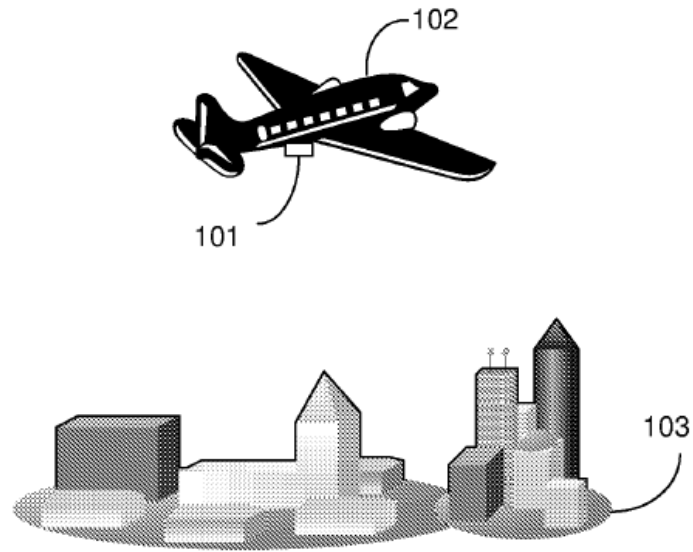


Fig 1

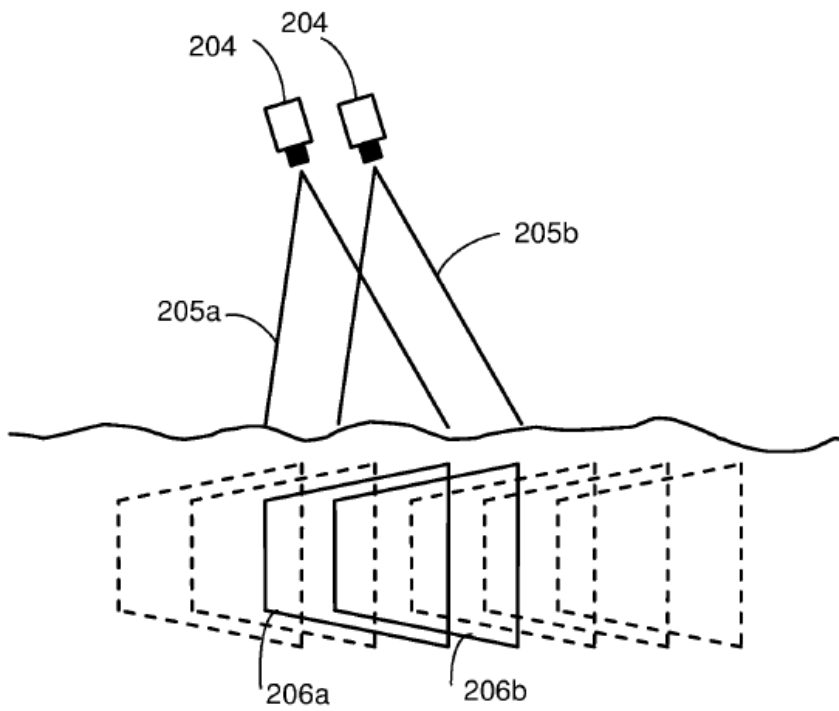


Fig 2

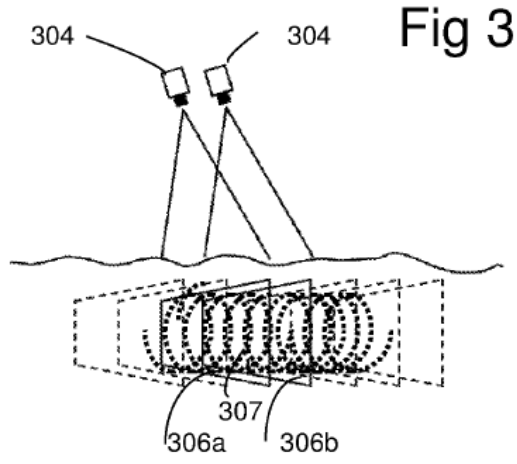


Fig 4a

Fig 4b

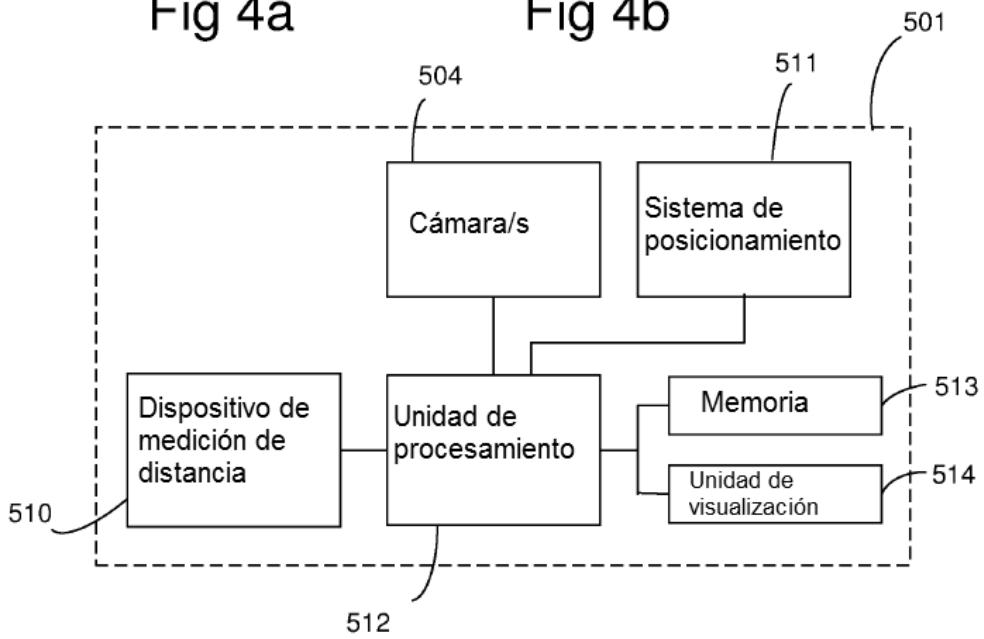
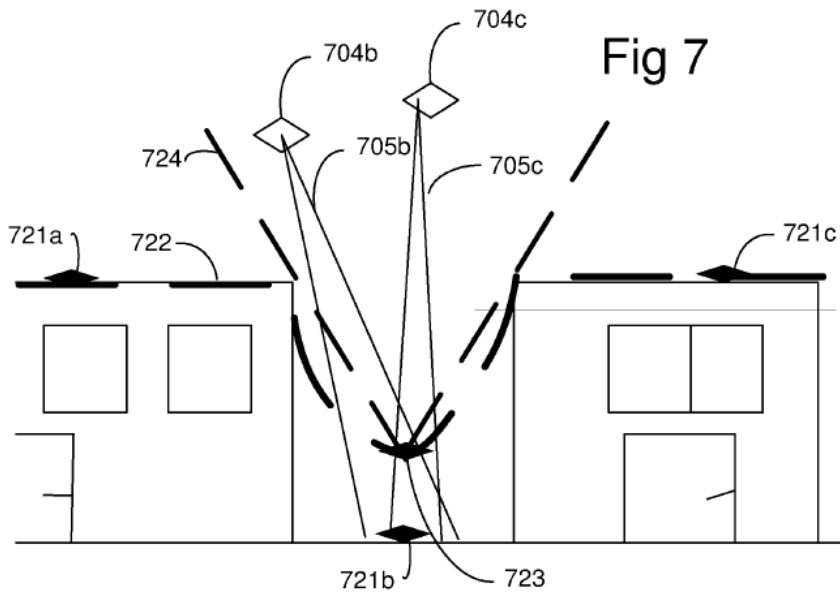
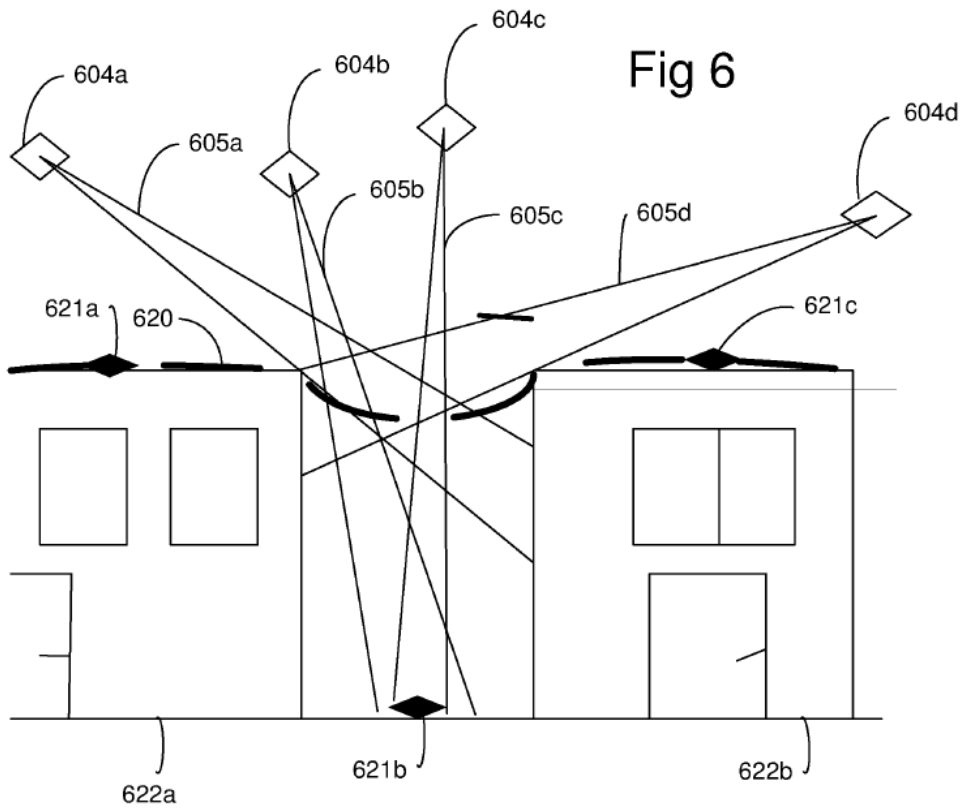


Fig 5



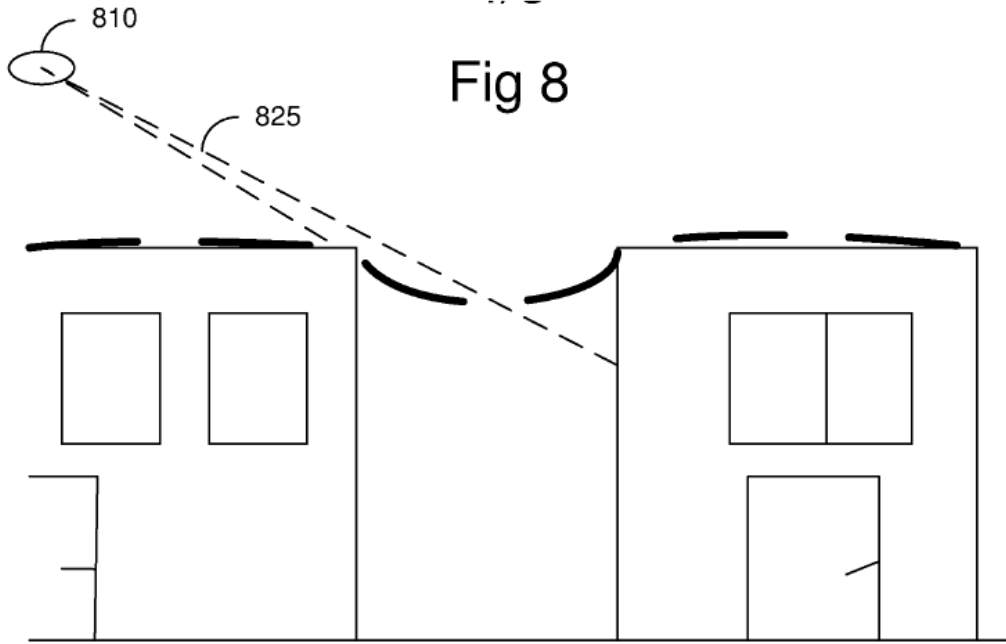


Fig 9

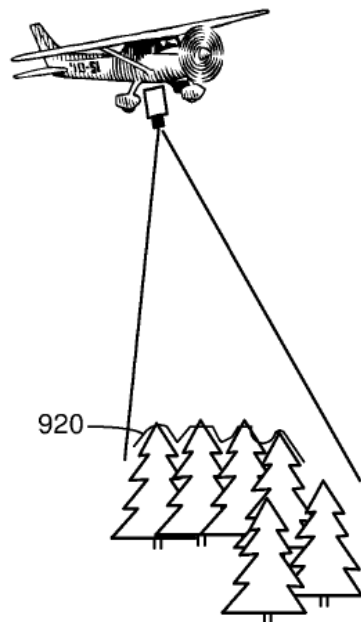


Fig 10

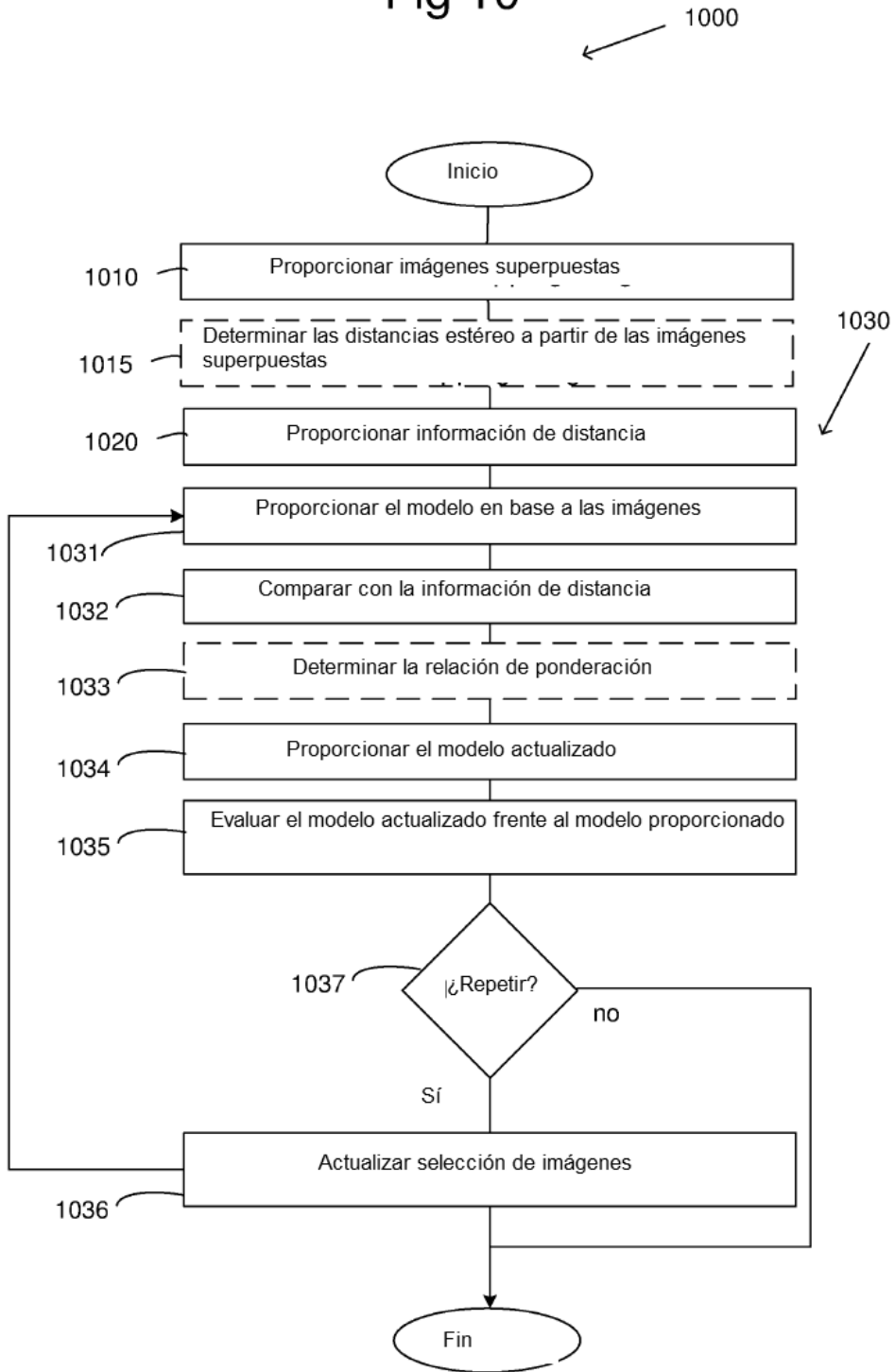


Fig 11

