

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 780 575**

51 Int. Cl.:

G06T 17/20 (2006.01)

G01C 11/06 (2006.01)

G06T 17/05 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.01.2013 PCT/SE2013/050041**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.07.2014 WO14112908**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2013 E 13871927 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2020 EP 2946368**

54 Título: **Un procedimiento y disposición para proporcionar un modelo 3D**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.08.2020

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

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

74 Agente/Representante:
GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 780 575 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

Un procedimiento y disposición para proporcionar un modelo 3D

Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento y disposición para probar un modelo georreferenciado del entorno.

5 Técnica antecedente

10 Un mercado de rápido crecimiento tanto en negocios civiles como militares son los sistemas de información geográfica. El conocimiento sobre las condiciones geográficas constituye un soporte de decisión fundamental para las empresas, las autoridades y los militares. 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 lleva mucho tiempo y comprende formar mapas bidimensionales que comprenden capturar imágenes del terreno desde una aeronave y el procesamiento posterior de las imágenes capturadas. Es un procedimiento aún más lento 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 de un área. La disposición comprende una unidad de procesamiento dispuesta para, durante una pluralidad de imágenes grabadas en el tiempo, superpuestas del área que se va a procesar en estéreo, asociar estados de navegación de modo que cada píxel de cada imagen grabada en el tiempo se correlacione con un estado de navegación correspondiente y realizar el procesamiento estéreo con base en la navegación asociada indica que todos los píxeles en la representación del mapa se especifican en tres dimensiones geográficas.

20 El documento US 2002/0018066 se refiere a un sistema para generar un programa de estudios para un alumno. El sistema comprende una base de datos que contiene al menos un tema y al menos un atributo de tema, un procesador configurado para generar el programa de estudios con base en dicho tema y dicho atributo de tema, una interfaz de entrada capaz de comunicarse con dicho procesador y una interfaz de salida capaz de comunicarse con dicho procesador. La divulgación divulga un procedimiento dinámico para la modificación de la red poligonal.

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

Sumario de la invención

De acuerdo con un ejemplo, esto se ha logrado mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 para proporcionar un modelo 3D de un entorno.

30 La medida de incertidumbre permite al usuario del modelo 3D evaluar si el modelo cumple los requisitos para una aplicación específica o si hay partes del modelo que no pueden usarse para modelar la realidad en la aplicación específica. Por lo tanto, el usuario puede evaluar si los datos proporcionados por el modelo son confiables (suficientes). La información relacionada con el lugar donde el modelo no es confiable se puede usar para decidir dónde se deben actualizar las mediciones. Además, la calidad del modelo puede validarse.

35 La incertidumbre de la red puede basarse en la geometría de la red. La determinación de la incertidumbre de la red relacionada con la geometría de la red está basada en un ejemplo en el nivel de detalle de la red. El paso de formar la red puede comprender entonces formar una red jerárquica que tiene una pluralidad de niveles de detalles seleccionables, cada nivel asociado a una incertidumbre y en el que la determinación de la incertidumbre de la red se basa en el nivel de detalle del nivel seleccionado de la red.

40 En una opción, el procedimiento comprende además un paso de determinar la geometría de la red localmente en los nodos/superficies/bordes, en el que la determinación de la incertidumbre de la red de un nodo/superficie/borde específico se basa en la geometría local determinada.

45 En una opción, la pluralidad de los nodos y/o bordes y/o superficies de la red están asociados a un atributo, donde dicho atributo comprende información de textura. El atributo puede comprender además una medida de incertidumbre de textura.

En una opción, en la que el paso de formar la red comprende proporcionar una pluralidad de mediciones de distancia para cada área o punto en el entorno desde una pluralidad de posiciones geográficamente conocidas usando un dispositivo de determinación de distancia, y proporcionar el modelo 3D para cada área o punto con base en la pluralidad de mediciones de distancia.

50 El paso de formar la red comprende dividir el entorno en una pluralidad de áreas o puntos, proporcionando para cada área o punto una pluralidad de conjuntos de imágenes georreferenciadas, en el que cada imagen comprende el área o punto, realizando para cada área o punto procesamiento estéreo de la imagen en cada conjunto de imágenes para

proporcionar una pluralidad de submodelos 3D para esa área o punto y que proporciona el modelo 3D para cada área o punto con base en la pluralidad de submodelos 3D y que forma un modelo 3D compuesto del entorno con base en los modelos 3D relacionados con las diferentes áreas o puntos. En un ejemplo, el procedimiento comprende un paso para determinar el número de imágenes disponibles para un área o punto determinado del entorno y que comprende el paso de determinar la incertidumbre de la red con base en el número de imágenes disponibles para el área o punto determinado. En un ejemplo, el procedimiento comprende un paso de determinar la extensión espacial de las imágenes disponibles en el que la determinación de la incertidumbre de la red se basa en la propagación espacial de las imágenes disponibles. En un ejemplo, se determina una medida relacionada con la extensión en los submodelos relacionados con una pluralidad de áreas o puntos, en la que la determinación de la incertidumbre de red de un nodo/superficie/borde específico se basa en el valor determinado relacionado con la extensión en al menos un punto/área correspondiente a ese nodo/superficie/borde.

El paso de proporcionar la incertidumbre de red comprende en una opción proporcionar un valor para la incertidumbre en al menos dos direcciones.

En una opción, la incertidumbre de la red comprende al menos un valor relacionado con una distancia.

En una opción, la incertidumbre de la red comprende al menos un valor de probabilidad.

En una opción, el procedimiento comprende un paso de visualizar el nivel de incertidumbre de red en la red.

Una realización de la invención se refiere a un programa informático que comprende un código de programa para proporcionar un modelo 3D de un entorno, que comprende el paso de:

formar una red que modela el entorno en tres dimensiones, comprendiendo dicha red nodos interconectados por bordes y teniendo superficies circundadas por los bordes, en la que cada nodo está asociado a una coordenada 3D en un sistema de coordenadas geográficas,

determinar para una pluralidad de nodos y/o superficies y/o bordes en la red una incertidumbre de red y

asociar la incertidumbre de red determinada al nodo correspondiente y/o superficie y/o borde.

Una realización de la invención se refiere a un producto de programa de ordenador que comprende un código de programa almacenado en un medio legible por ordenador para proporcionar un modelo 3D de un entorno, que comprende los pasos de:

formar una red que modela el entorno en tres dimensiones, donde dicha red comprende nodos interconectados por bordes y tiene superficies circundadas por los bordes, en la que cada nodo está asociado a una coordenada 3D en un sistema de coordenadas geográficas,

determinar para una pluralidad de nodos y/o superficies y/o bordes en la red una incertidumbre de red y

asociar la incertidumbre de red determinada al nodo correspondiente y/o superficie y/o borde.

Una realización de la invención comprende una disposición para proporcionar un modelo 3D de un entorno. La disposición comprende una memoria o medios para acceder a una red que modela el entorno en tres dimensiones. La red comprende nodos interconectados por bordes y teniendo superficies circundadas por los bordes. Cada nodo está asociado a una coordenada 3D en un sistema de coordenadas geográficas. Una unidad de procesamiento está dispuesta para determinar, para una pluralidad de nodos y/o superficies y/o bordes en la red, una incertidumbre de red y asociar la incertidumbre de red determinada al nodo y/o superficie y/o borde correspondiente. En un ejemplo, la unidad de procesamiento está dispuesta además para formar la red.

En un ejemplo, la disposición comprende además medios de salida dispuestos para presentar información seleccionada relacionada con la red y la incertidumbre de red asociada.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra una red que representa un modelo tridimensional de un entorno.

La Figura 2 es una ilustración de una medida de incertidumbre asociada al modelo tridimensional de un entorno.

La Figura 3 ilustra una disposición para proporcionar un modelo 3D de un entorno montado al menos parcialmente en una aeronave.

La Figura 4 ilustra esquemáticamente la función de una cámara en la disposición de la Fig. 3.

La Figura 5 es un esquema de bloques que muestra un ejemplo de la disposición de la Fig. 3.

La Figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un procedimiento para proporcionar un modelo 3D de un entorno.

Descripción detallada

5 En la Fig. 1, un modelo 3D para describir un entorno se forma como una red 100. La red 100 comprende una pluralidad de nodos 101 interconectados por medio de bordes 102. Las superficies 103 se proporcionan circundadas por los bordes 102 de la red 100. Los nodos 101 están cada uno asociado a una coordenada 3D en un sistema de coordenadas geográficas. Las superficies 103 están en un ejemplo, cada una asociada a la información de textura. En un ejemplo, las superficies también están asociadas a datos de coordenadas 3D en el sistema de coordenadas geográficas. Además, una incertidumbre de red está asociada a al menos un subconjunto de los nodos de la red. La incertidumbre de red asociada a cada nodo respectivo representa la incertidumbre en ese punto específico del modelo. En un ejemplo, la incertidumbre de la red está asociada a cada nodo de la red.

10 En cambio, o además de esto, al menos un subconjunto de las superficies y/o bordes puede estar asociado a una incertidumbre de red. En un ejemplo, una incertidumbre de red está asociada a cada superficie y/o borde. Alternativamente, cada superficie y/o borde está asociado a una pluralidad de valores de incertidumbre de red. Por ejemplo, los valores de incertidumbre de red de los bordes/superficies se determinan con base en la interpolación entre nodos vecinos.

15 En la Fig. 2, se ilustra la incertidumbre de la red. Se da un valor 204 para la incertidumbre de red en al menos dos direcciones. En el ejemplo ilustrado, el valor 204 de incertidumbre de red se da en dos dimensiones. El valor de incertidumbre en cada dirección se representa en un ejemplo como una distancia u otro valor relacionado con la distancia. En un ejemplo, la incertidumbre se representa como un valor y posiblemente también una dirección en el plano de la superficie y como un valor en una dirección perpendicular al plano de la superficie. De acuerdo con este ejemplo, cada incertidumbre se representa en relación con el plano local asociado dado por la superficie de la red. Cuando la incertidumbre se da en el espacio, la incertidumbre define un elipsoide, cuyo tamaño y forma vienen dadas por el valor de incertidumbre en cada dirección respectiva. En un ejemplo, cuando la incertidumbre de la red se da en tres dimensiones, se representa como una matriz de 3x3. En un ejemplo, cuando la incertidumbre de la red se da en dos dimensiones, se representa como una matriz de 2x2. La incertidumbre puede representarse como una probabilidad.

25 Por lo tanto, la red está asociada a incertidumbres de red. Las incertidumbres de la red pueden ilustrarse. Por ejemplo, las incertidumbres se pueden ilustrar mediante la codificación de colores de la red. Por ejemplo, la textura se puede eliminar y reemplazar con la codificación de color con base en las incertidumbres de la red. Luego se ilustra en qué partes del modelo son aceptables las incertidumbres de la red y en qué partes no lo son. Entonces es posible que un usuario del modelo sepa en qué parte de la geografía el modelo es más confiable y dónde es menos confiable y también proporciona una medida de la confiabilidad.

30 La dirección de la incertidumbre de la red puede ser importante. Por ejemplo, en una aplicación de medición de volumen, el volumen se puede determinar midiendo una formación topográfica convexa o cóncava en relación con una geometría del plano del suelo bien definida. El volumen se calcula comparando el valor de elevación en cada ubicación con el valor del terreno correspondiente. Las aplicaciones relacionadas con formaciones convexas pueden ser montañas de basura, mediciones prospectivas de volúmenes de excavación, etc. Las aplicaciones relacionadas con formaciones cóncavas son, por ejemplo, mediciones de volúmenes de corte abierto. En estas aplicaciones, las incertidumbres de red en una dirección de elevación pueden ser indeseadas, mientras que las incertidumbres en el plano de tierra pueden ser menos críticas. En otras aplicaciones, la elevación puede ser menos crítica, mientras que es importante que la incertidumbre de la red sea baja en el plano del suelo.

35 En la Fig. 3, una disposición 310 para proporcionar un modelo tridimensional de un entorno 311 está montada sobre un transportador 312 móvil. En el ejemplo ilustrado, el transportador está en un vehículo aerotransportado. El vehículo aerotransportado es, por ejemplo, un avión de combate o un avión civil tripulado o no tripulado. El transportador móvil es, en un ejemplo alternativo (no mostrado) un satélite, un vehículo terrestre o una embarcación, por ejemplo, un camión, barco o submarino. La disposición 310 también se puede llevar a mano o montar en una persona. En un ejemplo, solo partes de la disposición están montadas en el móvil transportado mientras que otras partes, por ejemplo, partes de procesamiento, están en una ubicación remota.

40 La representación del mapa tridimensional en el sistema de coordenadas geográficas proporcionado por la disposición 310 se usa para proporcionar la red descrita anteriormente que representa el modelo 3D del entorno. La representación del mapa 3D se proporciona a partir del procesamiento de imágenes estéreo de una pluralidad de imágenes georeferenciadas superpuestas del entorno. Las imágenes georeferenciadas se proporcionan desde al menos una cámara.

45 En la Fig. 4, se ilustra al menos una cámara 420 soportada por un soporte móvil no mostrado. En una primera vez, la al menos una cámara se dirige en una primera dirección a un primer campo de visión 421 para una primera imagen capturada por la cámara 420. En una segunda vez, la al menos una cámara se dirige en una segunda dirección hasta un segundo campo de visión 422 para una segunda imagen capturada por la cámara 420. La al menos una cámara está dispuesta para proporcionar una pluralidad de imágenes al menos parcialmente superpuestas, cada una de las cuales cubre al menos una parte del entorno. Como se describirá a continuación, el modelo puede ser mejor entre más imágenes de diferentes posiciones de cámara estén disponibles al modelar un objeto o una superficie en el

entorno. En un ejemplo, al capturar imágenes de un vehículo aerotransportado, algunas superficies visibles desde muchas posiciones en el aire se capturan en 20 o más imágenes diferentes, mientras que otras superficies solo son visibles con menos imágenes diferentes, tales como 3-8 imágenes diferentes.

5 En el ejemplo de la Fig. 5, la representación del mapa 3D se proporciona usando una disposición 510 que comprende al menos una cámara 520 dispuesta para generar imágenes grabadas en el tiempo. La al menos una cámara está dispuesta para proporcionar una pluralidad de imágenes superpuestas que cubren el entorno para el que está construido el modelo.

10 La disposición 510 comprende de acuerdo con este ejemplo además un sistema 530 de posicionamiento o un receptor de un sistema de posicionamiento dispuesto para emitir información de posicionamiento y dirección grabada en el tiempo relacionada con la al menos una cámara. Las imágenes están asociadas a esta información de posicionamiento y dirección. El sistema 530 de posicionamiento comprende en un ejemplo un receptor de un sistema de posicionamiento con base en satélite y un sistema de navegación inercial. La cámara 520 es como se describió anteriormente dispuesta para generar imágenes grabadas en el tiempo. Los registros de tiempo se dan con la precisión suficiente para la aplicación. Los registros de tiempo se pueden proporcionar desde el receptor en el sistema de
15 posicionamiento, donde dicho receptor está dispuesto para recibir y procesar señales de un sistema de posicionamiento con base en satélite, tal como el GPS.

20 Además, la disposición 510 comprende una unidad 531 de procesamiento dispuesta para, con base en la información de posición y dirección relacionada con la al menos una cámara, el procesamiento de imagen estéreo de un número arbitrario de conjuntos de imágenes al menos parcialmente superpuestas generados por al menos una cámara para proporcionar la representación tridimensional del mapa. La unidad 531 de procesamiento está dispuesta para encontrar puntos correspondientes en las imágenes que se superponen al menos parcialmente y para encontrar estimaciones de disparidad con base en los puntos correspondientes para proporcionar el procesamiento de imagen estéreo. En un ejemplo, la unidad 531 de procesamiento está dispuesta para, para cada imagen grabada que va a ser procesada en imagen estéreo, asociar la información de posición y dirección relacionada con un registro de tiempo
25 correspondiente para que cada píxel de cada imagen grabada se correlacione con la posición e información de dirección correspondiente. El procesamiento de imagen estéreo se realiza con base en la información de posición y dirección asociada, de modo que todos los píxeles en la representación del mapa se especifican en tres dimensiones geográficas.

30 En un ejemplo, la unidad de procesamiento está dispuesta para dividir el entorno en una pluralidad de áreas o puntos, proporcionando para cada área o punto una pluralidad de conjuntos de imágenes georreferenciadas, en el que cada imagen comprende el área o punto, realizando para cada área o punto el procesamiento estéreo de imagen sobre 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 con base en la pluralidad de submodelos 3D. Por ejemplo, el modelo 3D para cada área o punto se proporciona promediando el punto o área proporcionada desde los diferentes submodelos. En un ejemplo, las imágenes o los conjuntos de imágenes están asociados a un factor de peso que depende de la calidad de la imagen. El promedio puede entonces ser ponderado. Finalmente, la unidad de procesamiento está dispuesta para componer el modelo 3D con base en los modelos 3D relacionados con las diferentes áreas o puntos. Se asocia una incertidumbre a cada submodelo. La incertidumbre asociada a cada red puede expresarse como valores de desviación estándar.

40 La unidad 531 de procesamiento puede estar dispuesta para realizar un ajuste de paquete y adaptar la incertidumbre del modelo de acuerdo con el mismo. Dado un conjunto de imágenes que representan una serie de puntos 3D desde diferentes puntos de vista, el ajuste del paquete puede definirse como el problema de refinar simultáneamente las coordenadas 3D que describen la geometría de la escena, así como los parámetros del movimiento relativo y las características ópticas de las cámaras empleadas para adquirir las imágenes, de acuerdo con un criterio de optimización que involucra las proyecciones de imágenes correspondientes de todos los puntos.
45

En un ejemplo, la unidad de procesamiento está dispuesta para proporcionar el modelo 3D con base en otra información que no sean imágenes de cámara. Por ejemplo, el modelo 3D se puede proporcionar con base en cualquier tipo de mediciones de distancia. Por ejemplo, se pueden usar, por ejemplo, radar, sonar, medición de distancia utilizando luz estructurada y/o radar en lugar de, o además de, mediciones con base en imágenes de la
50 cámara. La cámara, por ejemplo, puede ser una cámara para luz visual o una cámara IR.

Por ejemplo, la unidad de procesamiento puede estar dispuesta para proporcionar los resultados de una pluralidad de mediciones de distancia a cada área o punto en el entorno desde una pluralidad de posiciones geográficamente conocidas usando un dispositivo de determinación de distancia. El modelo 3D se proporciona para cada área o punto con base en la pluralidad de mediciones de distancia.

55 La unidad 531 de procesamiento está dispuesta para formar la red con base en la representación del mapa especificada en las tres dimensiones geográficas. Además, la información de textura de las imágenes originales puede estar asociada a las superficies de la red. En detalle, la unidad 531 de procesamiento está dispuesta para formar la red que describe el entorno mediante la formación de nodos interconectados por bordes que forman superficies definidas por los bordes, en la que cada nodo está asociado a una coordenada 3D en un sistema de coordenadas

geográficas. Además, la unidad 531 de procesamiento está dispuesta para determinar y asociar una incertidumbre de red a sustancialmente cada nodo y/o superficie y/o borde en la red.

5 En el ejemplo mostrado, la disposición 510 también comprende una memoria 532 para almacenar datos relacionados con la red y/o la representación de mapa tridimensional calculada por la unidad 531 de procesamiento. La disposición 510 comprende además una unidad 533 de pantalla dispuesta para información relacionada con la red. La unidad de visualización puede estar dispuesta para presentar una parte seleccionada de la red. La disposición también puede comprender medios de entrada para seleccionar una parte de la red y la pantalla está dispuesta para presentar información relacionada con la parte seleccionada.

10 La disposición también puede comprender un transmisor (no mostrado) dispuesto para transmitir la información relacionada con la red a un receptor en una ubicación remota. En un ejemplo, el transmisor sustituye la memoria 532 y/o la unidad 533 de visualización. En un ejemplo alternativo, el transmisor se proporciona además de la memoria 532 y/o la unidad 533 de pantalla.

15 Como se indicó anteriormente, la unidad 531 de procesamiento está dispuesta para determinar para una pluralidad de nodos y/o superficies y/o bordes en la red una incertidumbre de red y asociar la incertidumbre de red determinada al nodo y/o superficie y/o borde correspondientes.

20 En un ejemplo, la incertidumbre de la red se base en la geometría de la red. Por ejemplo, la determinación de la incertidumbre de la red relacionada con la geometría de la red puede basarse en el nivel de detalle de la red. La unidad de procesamiento puede estar dispuesta además para formar la red de manera jerárquica de modo que comprenda una pluralidad de niveles de detalles seleccionables, cada nivel asociado a una incertidumbre. La determinación de la incertidumbre de la red puede basarse en el nivel de detalle del nivel seleccionado de la red.

25 Por lo tanto, la red está asociada a incertidumbres de red. Se pueden visualizar las incertidumbres de la red. Por ejemplo, las incertidumbres se pueden visualizar mediante la codificación de color de la red. En un ejemplo, la visualización, tal como la codificación de colores, depende del tamaño de la incertidumbre. Por ejemplo, la codificación de colores puede basarse en dos o más niveles. En un ejemplo, la codificación de color o similares puede tener uno o más niveles aceptados de incertidumbre y uno o más niveles NO aceptados de incertidumbre. La capa aceptada puede estar codificada por color con un color verde. El nivel NO aceptante puede estar codificado por color con un color rojo. Los valores umbral de incertidumbre pueden ser predeterminados o seleccionables.

30 La textura se puede eliminar y reemplazar con la codificación de color con base en las incertidumbres de la red. Luego se ilustra en qué partes del modelo son aceptables las incertidumbres de la red y en qué partes no lo son. Entonces es posible que un usuario del modelo sepa en qué parte de la geografía el modelo es más confiable y dónde es menos confiable y también proporciona una medida de la confiabilidad. En un ejemplo, la textura de la red se puede presentar junto con las incertidumbres de la red. En un ejemplo, la textura se presenta en blanco y negro. La textura puede presentarse de manera semitransparente.

35 La unidad 531 de procesamiento está, en un ejemplo, en cambio de o adicionalmente a la misma, dispuesta para determinar la incertidumbre en el propio modelo con base en una escala seleccionada para el modelo. La escala representa la densidad de la red.

40 En un ejemplo, la unidad de procesamiento está dispuesta para determinar la incertidumbre de la red con base en una incertidumbre en la posición de la al menos una cámara en el sistema de coordenadas geográficas. El sistema 530 de posicionamiento comprende un receptor para un sistema de posicionamiento con base en satélite, tal como el GPS. El posicionamiento de la cámara se puede determinar con base en la información proporcionada por el receptor del sistema de posicionamiento con base en satélite. El receptor está en un ejemplo dispuesto para proporcionar información de incertidumbre relacionada con el número de satélites utilizados para determinar la posición del receptor y, por lo tanto, la posición de al menos una cámara.

45 La unidad 531 de procesamiento está, en un ejemplo, en cambio de o adicionalmente a la misma dispuesta para determinar la incertidumbre de la red con base en una incertidumbre en la posición y dirección del eje óptico de la al menos una cámara. De acuerdo con esto, un sistema de posicionamiento está dispuesto para proporcionar información de incertidumbre en tres dimensiones (x, y, z, y tres ángulos asociados). La dirección del eje óptico de la cámara se puede determinar con base en la información proporcionada por el sistema de posicionamiento. El sistema de posicionamiento comprende en un ejemplo un sistema de navegación inercial.

50 La unidad 531 de procesamiento está, en un ejemplo, en cambio de o adicionalmente a la misma dispuesta para determinar la incertidumbre de la red con base en una incertidumbre de imagen de la cámara. Por ejemplo, la incertidumbre de la imagen de la cámara puede comprender una incertidumbre relacionada con el campo de visión de la cámara. Además, la incertidumbre de la imagen de la cámara puede comprender una incertidumbre relacionada con el eje óptico de cada uno de los píxeles de la cámara. La unidad 531 de procesamiento se dispone para determinar la incertidumbre de la imagen de la cámara con base en al menos una de las incertidumbres anteriores. Los errores en el campo de visión y/o la dirección de los píxeles de la cámara se pueden modelar y compensar, pero aún existe una incertidumbre en la imagen con base en errores en el modelo de la cámara. Los errores en el campo de visión y/o

dirección de los píxeles o la cámara dependen característicamente de la temperatura.

La unidad de procesamiento está en un ejemplo además del mismo o en su lugar está dispuesta para determinar el número de imágenes disponibles para usar en el modelado de un área o punto determinado y determinar la incertidumbre de la red con base en el número de imágenes disponibles para el área determinada o punto. Si digamos que hay veinte imágenes disponibles para un área o punto determinado, esto indica que esta área o punto es visible desde muchas direcciones y, por lo tanto, es más fácil de modelar. Si, por otro lado, el punto o área es visible en muchas menos imágenes, o en el ejemplo dos a cuatro, este punto o área es más difícil de modelar correctamente.

Además, la unidad de procesamiento puede estar dispuesta para determinar la relación espacial entre las imágenes disponibles y para determinar la incertidumbre de la red con base en la relación espacial entre las imágenes disponibles. Por ejemplo, si las imágenes solo están disponibles desde un ángulo estrecho, la incertidumbre es mayor que si las imágenes están disponibles desde un ángulo amplio. Además, si solo están disponibles imágenes tomadas desde una distancia larga, la incertidumbre es mayor que si hay imágenes disponibles desde una distancia estrecha. Además, si las imágenes se toman desde un ángulo sustancialmente perpendicular a la superficie que se va a modelar, la incertidumbre es menor que si la imagen se toma casi en paralelo con la superficie que se va a modelar. El mismo razonamiento se aplica cuando el modelo se construye a partir de información de dispositivos de medición de distancia.

La unidad de procesamiento es adicional a la misma o, en su lugar, está dispuesta para determinar una medida relacionada con la dispersión en los submodelos como se describe anteriormente en relación con una pluralidad de áreas o puntos. La incertidumbre de red de un nodo/superficie/borde específico se determina luego con base en el valor determinado relacionado con la dispersión en al menos un punto/área correspondiente a ese nodo/superficie/borde. En un ejemplo, para cada punto/imágenes sustancialmente todas las combinaciones posibles de pares o conjuntos de imágenes se usan para formar submodelos y todas las combinaciones se usan para determinar el valor relacionado con la dispersión de los submodelos. Como se indicó anteriormente, se puede ponderar la pluralidad de submodelos. La ponderación se puede realizar de tal manera que las representaciones de mapas resultantes de pares de imágenes de mayor calidad tengan un mayor peso que las representaciones de mapas resultantes de imágenes de menor calidad. En un ejemplo, la calidad de la imagen se determina a partir del ángulo de inclinación de la cámara en relación con la superficie/objeto modelado y/o la distancia entre la cámara y/o el objeto modelado. Este promedio de la representación del mapa se realiza en un ejemplo para todas o parte de las superficies de la representación del mapa. Se asocia una incertidumbre a cada submodelo. La incertidumbre asociada a cada área o punto en la red puede expresarse como un valor de desviación estándar. La incertidumbre de la red para cada área o punto puede ser un valor determinado con base en las incertidumbres asociadas a todos los submodelos. La incertidumbre de la red puede determinarse usando una técnica de mínimos cuadrados como se conoce en la técnica.

En un ejemplo, la incertidumbre de la red puede, además, determinarse con base en la comparación de una imagen I_2 tomada de una determinada ubicación con una imagen \hat{I}_2 estimada determinada para la misma ubicación determinada. La imagen estimada se determina con base en otra imagen I_1 tomada desde otra ubicación y proyectada en el modelo 3D hasta la ubicación de la imagen I_2 . Por lo tanto, la imagen estimada se determina como $\hat{I}_2 = f(I_1, M)$, en la que M representa el modelo 3D. Al comparar la imagen I_2 tomada desde la ubicación determinada con la imagen estimada \hat{I}_2 para esa determinada ubicación, determinada con base en otra imagen I_1 tomada desde otra ubicación, se puede comparar la similitud entre la imagen y la imagen estimada. En un ejemplo, las imágenes se comparan punto por punto. Con base en las discrepancias entre las imágenes, se puede identificar si, por ejemplo, ciertos objetos en el modelo se modelan erróneamente. Estos errores en el modelo están en un ejemplo contenido en la incertidumbre relacionada con cada punto/borde/superficie en la red.

En un ejemplo, una pluralidad de los nodos y/o bordes y/o superficies de la red están asociados a un atributo. El atributo comprende información de textura. El atributo puede comprender además una medida de incertidumbre de textura. En un ejemplo, la información de textura se proporciona a partir de imágenes del entorno. La medida de incertidumbre para la textura se proporciona en un ejemplo realizando una coincidencia de características entre la red texturizada y una pluralidad de imágenes del entorno y determinando una desviación entre las coincidencias entre la coincidencia texturizada y cada una de las imágenes. En otro ejemplo, la medida de incertidumbre para la textura se determina con base en mediciones de nitidez.

En un ejemplo, la unidad 531 de procesamiento comprende un código de programa para proporcionar el modelo 3D del entorno. Además, la memoria 532 puede estar dispuesta para almacenar un programa informático que comprende un código de programa para proporcionar el modelo 3D del entorno.

En la Fig. 6, un procedimiento (600) para proporcionar un modelo 3D de un entorno comprende los pasos de

formar una red 610 que modela el entorno en tres dimensiones con base en imágenes georreferenciadas del entorno, donde dicha red comprende nodos interconectados por bordes y tiene superficies circundadas por los bordes, en la que cada nodo está asociado a una coordenada 3D en un sistema de coordenadas geográficas,

determinar para una pluralidad de nodos y/o superficies y/o bordes en la red una incertidumbre 620 de red y

asociar la incertidumbre de red determinada al nodo y/o superficie y/o borde 630 correspondiente.

La incertidumbre de la red puede basarse en la geometría de la red.

5 La determinación de la incertidumbre de la red relacionada con la geometría de la red puede basarse en el nivel de detalle de la red. En un ejemplo en el que el paso de formar la red 610 comprende formar una red jerárquica que tiene una pluralidad de niveles de detalles seleccionables, cada nivel asociado a una incertidumbre y en el que la determinación 620 de la incertidumbre de la red se basa en el nivel de detalle del nivel seleccionado de la red.

En un ejemplo, el procedimiento 600 comprende el paso de determinar la geometría de la red 615 localmente en los nodos/superficies/bordes, en el que la determinación 620 de la incertidumbre de la red de un nodo/superficie/borde específico se basa en la geometría local determinada.

10 En un ejemplo, la formación de la red 610 comprende asociar una pluralidad de nodos y/o bordes y/o superficies de la red a un atributo, donde dicho atributo comprende información de textura. El atributo puede comprender además una medida de incertidumbre de textura.

15 En un ejemplo, el paso de formar la red 610 comprende proporcionar una pluralidad de mediciones de distancia a cada área o punto en el entorno desde una pluralidad de posiciones geográficamente conocidas usando un dispositivo de determinación de distancia, y que proporciona el modelo 3D para cada área o punto con base en la pluralidad de mediciones de distancia.

20 En un ejemplo, el paso de formar la red 610 comprende dividir el entorno en una pluralidad de áreas o puntos, proporcionar para cada área o punto una pluralidad de conjuntos de imágenes georreferenciadas, en la que cada imagen comprende el área o punto, realizar para cada área o punto el procesamiento estéreo de la imagen en cada conjunto de imágenes para proporcionar una pluralidad de submodelos 3D para esa área o punto, proporcionar el modelo 3D para cada área o punto con base en la pluralidad de submodelos 3D y formar un modelo 3D compuesto del entorno con base en los modelos 3D relacionados con las diferentes áreas o puntos.

El número de imágenes disponibles para una determinada área o punto del entorno se determina en un ejemplo 616. La determinación de la incertidumbre 620 de red se basa entonces en la cantidad de imágenes disponibles para cierta área o punto.

25 La dispersión espacial de las mediciones está en un ejemplo determinado 617. La determinación de la incertidumbre 620 de red se basa entonces en la dispersión espacial de las mediciones. En un ejemplo, la dispersión de las mediciones está determinada por la dispersión de las imágenes disponibles.

30 En un ejemplo (no mostrado), el procedimiento comprende un paso de determinar una medida relacionada con la dispersión en los submodelos relacionados con una pluralidad de áreas o puntos. La determinación de la incertidumbre de red de un nodo/superficie/borde específico se basa entonces en el valor determinado relacionado con la dispersión en al menos un punto/área correspondiente a ese nodo/superficie/borde.

En un ejemplo, el paso de proporcionar la incertidumbre 620 de red comprende proporcionar un valor para la incertidumbre en al menos dos direcciones.

35 La incertidumbre de red puede comprender al menos un valor relacionado con una distancia o una probabilidad.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (600) para proporcionar un modelo 3D de un entorno que comprende el paso de formar (610) una red que modela el entorno en tres dimensiones, con base en imágenes georreferenciadas del entorno, dicha red
- 5 comprende nodos interconectados por bordes y tienen superficies circundadas por los bordes, en base a las mediciones del entorno,
- caracterizado por** los pasos de
- determinar (620) para cada uno de una pluralidad de nodos y/o superficies y/o bordes en la red una incertidumbre de red en al menos dos dimensiones, que representa una medida de la confiabilidad de la red en relación con el entorno
- 10 en ese nodo y/o superficie y/o borde y
- asociar (630) la incertidumbre de red determinada al nodo correspondiente y/o superficie y/o borde,
- en el que cada nodo de la red está asociado a una coordenada 3D en un sistema de coordenadas geográficas y
- en el que la incertidumbre de red representa una medida de la confiabilidad de las coordenadas 3D del modelo en el sistema de coordenadas geográficas en relación con el entorno.
- 15 2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el paso de formar (610) la red comprende proporcionar una pluralidad de mediciones de distancia a cada área o punto en el entorno desde una pluralidad de posiciones geográficamente conocidas utilizando un dispositivo de determinación de distancia,
- proporcionar el modelo 3D para cada área o punto con base en la pluralidad de mediciones de distancia.
- 20 3. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el paso de formar (610) la red comprende
- 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 el procesamiento estéreo de imagen en cada conjunto de imágenes para proporcionar una pluralidad de submodelos 3D para esa área o punto y
- 25 proporcionar el modelo 3D para cada área o punto con base en la pluralidad de submodelos 3D y
- formar un modelo 3D compuesto del entorno con base en los modelos 3D relacionados con las diferentes áreas o puntos.
- 30 4. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en el que el paso de determinar la incertidumbre de la red comprende determinar la incertidumbre de la red con base en una dispersión en las mediciones.
5. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, que comprende el paso de determinar (616) el número de imágenes disponibles para un área o punto determinado del entorno y que comprende el paso de determinar la incertidumbre de la red con base en el número de imágenes disponibles para el área o punto determinado.
- 35 6. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, 4 o 5, que comprende el paso de determinar (617) la dispersión espacial de las imágenes disponibles y que comprende el paso de determinar la incertidumbre de la red con base en la dispersión espacial de las imágenes disponibles.
7. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, que comprende el paso de determinar una medida relacionada con la dispersión en los submodelos relacionada con una pluralidad de áreas o puntos, en el que la determinación de la incertidumbre de red de un nodo/superficie/borde específico se basa en el valor determinado relacionado con la dispersión en al menos un punto/área correspondiente a ese nodo/superficie/borde.
- 40 8. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones, en el que la incertidumbre de la red esta basada además en la geometría de la red.
9. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la determinación de la incertidumbre de la red relacionada con la geometría de la red está basada en el nivel de detalle de la red.
- 45 10. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el paso de formar la red comprende formar una red jerárquica que tiene una pluralidad de niveles de detalles seleccionables, con cada nivel asociado a una incertidumbre

y en el que la determinación de la incertidumbre de la red está basada en el nivel de detalle del nivel seleccionado de la red.

- 5 11. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-10, que comprende el paso de determinar (615) la geometría de la red localmente en los nodos/superficies/bordes, en el que la determinación de la incertidumbre de la red de un nodo/superficie/borde está basada en la geometría local determinada.
12. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una pluralidad de los nodos y/o bordes y/o superficies de la red están asociados a un atributo, donde dicho atributo comprende información de textura.
- 10 13. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el atributo comprende además una medida de incertidumbre de textura.
14. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la incertidumbre de la red comprende al menos un valor relacionado con una distancia.
15. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la incertidumbre de la red comprende al menos un valor de probabilidad.
- 15 16. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende el paso de visualizar el nivel de incertidumbre de red en la red.
17. Programa de ordenador que comprende un código de programa para ser ejecutado en una unidad de procesamiento para proporcionar un modelo 3D de un entorno, que comprende el paso de:
- 20 formar una red que modela el entorno en tres dimensiones, con base en imágenes georreferenciadas del entorno, donde dicha red comprende nodos interconectados por bordes y tiene superficies tapiadas por los bordes, con base en mediciones del entorno,
- caracterizado por** los pasos de
- 25 determinar para cada uno de una pluralidad de nodos y/o superficies y/o bordes en la red una incertidumbre de red en al menos dos dimensiones, que representa una medida de la confiabilidad de la red en relación con el entorno en ese nodo y/o superficie y/o borde, y
- asociar la incertidumbre de red determinada al nodo correspondiente y/o superficie y/o borde,
- en el que cada nodo de la red está asociado a una coordenada 3D en un sistema de coordenadas geográficas y
- en el que la incertidumbre de red representa una medida de la confiabilidad de las coordenadas 3D del modelo en el sistema de coordenadas geográficas en relación con el entorno.
- 30 18. Una disposición para proporcionar un modelo 3D de un entorno que comprende
- una memoria o que tiene medios para acceder a una red que modela el entorno en tres dimensiones, donde dicha red está basada en imágenes georreferenciadas del entorno y que comprende nodos interconectados por bordes y que tienen superficies tapiadas por los bordes,
- en la que cada nodo está asociado a una coordenada 3D en un sistema de coordenadas geográficas, y
- 35 una unidad de procesamiento dispuesta para determinar para cada uno de una pluralidad de nodos y/o superficies y/o bordes en la red, una incertidumbre de red en al menos dos dimensiones que representa una medida de la confiabilidad de las coordenadas 3D en el sistema de coordenadas geográficas en relación con el entorno en ese nodo y/o superficie y/o borde y asociar la incertidumbre de red determinada al nodo y/o superficie y/o borde correspondiente.
- 40 19. Una disposición de acuerdo con la reivindicación 18, en la que la unidad de procesamiento está dispuesta además para formar la red con base en mediciones del entorno
20. Una disposición de acuerdo con la reivindicación 18 o 19, que comprende además medios de salida dispuestos para presentar información seleccionada relacionada con la red y la incertidumbre de red asociada que representa una medida de la confiabilidad de las coordenadas 3D en el sistema de coordenadas geográficas en relación con el
- 45 entorno.

Fig 1

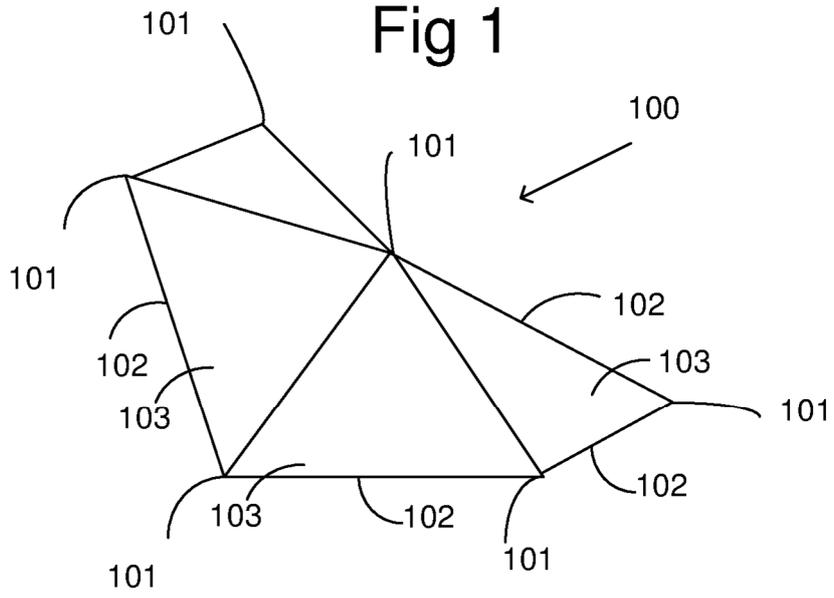


Fig 2

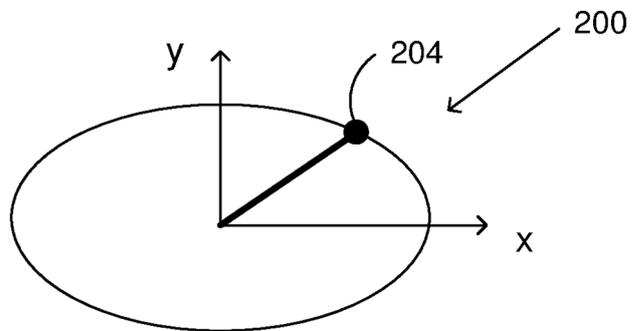


Fig 3

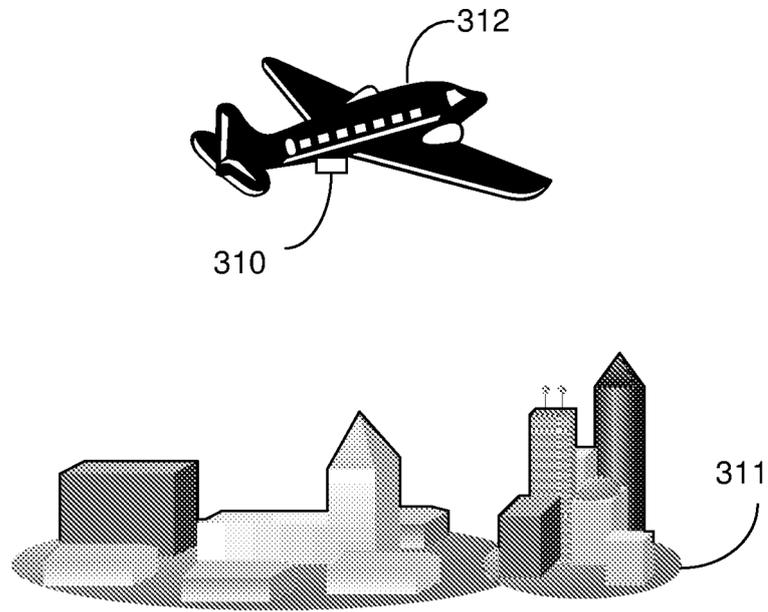


Fig 4

