

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 807**

51 Int. Cl.:

F41G 7/34 (2006.01)

F41G 7/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.04.2008** **E 08007262 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2017** **EP 1983292**

54 Título: **Procedimiento para la optimación de la navegación automática asistida por imágenes de un misil no tripulado**

30 Prioridad:

18.04.2007 DE 102007018187

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

29.09.2017

73 Titular/es:

**MBDA DEUTSCHLAND GMBH (100.0%)
Hagenauer Forst 27
86529 Schrobenhausen, DE**

72 Inventor/es:

GRABMEIER, MICHAEL

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 634 807 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la optimación de la navegación automática asistida por imágenes de un misil no tripulado

ÁMBITO TÉCNICO

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la optimación de la navegación automática asistida por imágenes de un misil no tripulado.

En la planificación de misiones militares que deben ser llevadas a cabo por misiles no tripulados, se elabora, por medio de imágenes de satélite o vistas aéreas, un modelo de referencia topográfico que un dispositivo de navegación del misil no tripulado utiliza para orientarse por medio de imágenes o secuencias de imágenes tomadas por una cabeza buscadora del misil no tripulado. En este caso se seleccionan por regla general estructuras topográficas marcadas que se pueden reconocer en las vistas aéreas o en las imágenes por satélite, almacenándose sus datos topográficos en un modelo de referencia tridimensional del terreno. En este modelo de referencia tridimensional del terreno, el dispositivo de navegación del misil no tripulado puede orientarse, comparando las imágenes proporcionadas por la cabeza buscadora del misil no tripulado con el modelo de referencia tridimensional del terreno después de una transformación correspondiente en perspectiva. Especialmente en el control durante el vuelo de aproximación al objetivo de un misil no tripulado es necesario permitir una orientación lo más precisa posible del misil, a fin de obtener una maximización del acierto en el tiro y una minimización de los daños colaterales. Para ello se seleccionan, por ejemplo, modelos lineales tridimensionales de estructuras topográficas como casas, calles o perfiles de terreno que se encuentran directamente alrededor del objetivo, a partir de las imágenes por satélite o de las vistas aéreas, transformándose mediante ortorreferenciación y georreferenciación en una base de datos de terreno tridimensional lo más precisa posible.

ESTADO DE LA TÉCNICA

Por el documento DE 38 30 496 C1 se conoce un dispositivo de detección de objetivos que funciona sobre la base de este procedimiento.

25 En la elaboración de un modelo de referencia tridimensional del terreno puede producirse el problema de que el sensor que reproduce la imagen por satélite o la vista aérea trabaje en otra zona espectral diferente a la del sensor de reproducción del misil no tripulado. Así, el sensor que suministra la imagen por satélite funciona, por ejemplo, en la gama de luz visible, mientras que el sensor en el misil funciona en la gama infrarroja. Esto significa que el sensor de satélite registra preferentemente la luz solar reflejada por un perfil de terreno, mientras que el sensor en el misil registra la radiación térmica emitida por el perfil de terreno. Esto tiene como consecuencia que una selección realizada sobre la base de la imagen tomada con luz visible de un perfil de terreno para la elaboración del modelo de referencia tridimensional del terreno no es reproducida, o sólo débilmente, por el sensor del misil no tripulado y, por lo tanto, no puede ser reconocida, o sólo con dificultad, por el misil no tripulado. Por otra parte, los perfiles de terreno que el sensor del misil podría extraer eficazmente de la imagen tomada por su cabeza buscadora, no pueden seleccionarse para la elaboración del modelo de referencia tridimensional del terreno, dado que no resaltan en la imagen por satélite o sólo lo hacen de forma borrosa.

Otras influencias que pueden dar lugar a diferencias de reproducción en diferentes zonas espectrales son las condiciones atmosféricas respectivamente reinantes, así como la hora del día o la época del año en el respectivo momento de realizar la imagen. Así, los perfiles de un estanque en verano por la noche pueden reconocerse claramente en el infrarrojo a causa de la acumulación térmica del agua, mientras que en una toma a la luz del día realizada con una cámara en la gama de luz visible dichos perfiles posiblemente sólo resalten de forma borrosa del entorno igualmente liso.

Otra problemática que puede producirse en la elaboración de un modelo de referencia tridimensional del terreno para una misión con misil consiste en que para la elaboración del modelo de referencia tridimensional del terreno se eligen perfiles de terreno de la imagen por satélite que en concreto pueden ser determinados de forma inequívoca respectivamente por sí mismos por separado por la cabeza buscadora del misil por medio de una extracción de cantos de la imagen de la escena proporcionada por la cabeza buscadora del misil, pero en la perspectiva bidimensional que fotografía la cabeza buscadora del misil no se pueden asignar tan claramente como aparecen en la vista tridimensional. El dispositivo de navegación del misil no tripulado reconoce ciertamente los distintos cantos de terreno en la escena, sin embargo no puede asignarlos correcta y claramente a líneas del modelo de referencia del terreno transformado, con lo que fracasa en conjunto la asignación de la escena fotografiada a la perspectiva correspondiente del modelo de referencia del terreno, por lo que no es posible la navegación del misil no tripulado a la vista de estos datos del terreno. Con ello se reduce claramente la precisión del objetivo del misil no tripulado.

En la actualidad, el planificador de misiones militares sólo dispone de una colección de normas de comportamiento más o menos exactas por medio de las cuales podría evitar estos problemas a la hora de seleccionar los perfiles de terreno para la elaboración de un modelo de referencia tridimensional del terreno. El planificador de misiones tampoco recibe confirmaciones después de una misión llevada a cabo que le permitiría optimizar sus decisiones de selección.

REPRESENTACIÓN DE LA INVENCION

El objetivo de la presente invención consiste en indicar un procedimiento para la optimización de la navegación automática asistida por imágenes de un misil no tripulado que conduzca a una mejor elaboración de modelos de referencia tridimensionales del terreno utilizados para la navegación de misiles no tripulados de modo que se reduzca considerablemente el riesgo de incumplimiento de una misión o el riesgo de que se produzcan daños colaterales.

Esta tarea se resuelve mediante un procedimiento con los pasos indicados en la reivindicación 1.

El procedimiento según la invención comprende a estos efectos los siguientes pasos:

- a) elaboración de un plan de misión que contiene los datos de navegación de una ruta de vuelo prevista sobre la base de imágenes por satélite o vistas aéreas mediante un ordenador de planificación de misiones comprendiendo los datos de navegación información sobre estructuras topológicas seleccionadas;
- b) carga del plan de misiones en un ordenador de misiones del misil no tripulado;
- c) montaje del misil no tripulado en una aeronave portadora;
- d) realización de la ruta de vuelo por medio de la aeronave portadora utilizando la navegación del misil no tripulado los datos de navegación de la aeronave portadora;
- e) realización de un análisis de imágenes en el misil no tripulado durante el vuelo analizando un dispositivo de generación de imágenes del misil no tripulado las imágenes producidas de un trayecto anterior para determinar las estructuras topológicas en él existentes y almacenando la información así obtenida sobre las estructuras topológicas analizadas junto con los datos de imágenes, los datos de situación de vuelo y los datos de posición en un dispositivo de almacenamiento;
- f) transmisión de los datos del dispositivo de almacenamiento a un ordenador;
- g) elaboración de un modelo de referencia tridimensional para aquellas estructuras topológicas de las imágenes por satélite o vistas aéreas detectadas en el análisis de imágenes del paso e);
- h) cálculo de una vista bidimensional de una estructura topológica sobre la base del modelo de referencia tridimensional de esta estructura topológica en relación con un punto preestablecido de la ruta de vuelo teniendo en cuenta la posición de vuelo del misil en este punto;
- i) comparación de la vista bidimensional de la estructura topológica con la estructura topológica detectada en el análisis de imágenes del paso e) en este punto de la ruta de vuelo y determinación de la calidad de coincidencia;
- j) modificación del modelo de referencia en el caso de que la calidad de coincidencia no alcance un valor preestablecido;
- k) repetición de los pasos h) hasta j)

VENTAJAS

El procedimiento recursivo del procedimiento según la invención permite en el caso individual concreto una optimización de la capacidad de navegación del misil no tripulado para una utilización posterior planificada para la que el modelo de referencia tridimensional del terreno optimizado se puede almacenar. Por otra parte, el procedimiento según la invención permite elaborar estructuras topográficas típicas, por ejemplo, perfiles del terreno, y clasificarlas según la calidad de su idoneidad para el reconocimiento, por lo que las estructuras topológicas resultantes y perfectamente reconocibles se pueden utilizar en la creación del modelo de referencia tridimensional del terreno de futuras misiones, con preferencia también en otras regiones geográficas.

Se prefiere especialmente que la modificación del modelo de referencia en el paso j) se lleve a cabo teniendo en cuenta los parámetros debidos a la intemperie.

Otra variante de realización ventajosa del procedimiento según la invención se caracteriza por que la modificación del modelo de referencia del paso j) se lleva a cabo teniendo en cuenta los parámetros debidos a la hora del día.

Preferiblemente en el procedimiento se emplea un dispositivo de creación de imágenes en el misil no tripulado que funciona en la gama de luz visible o de rayos infrarrojos. Un dispositivo de creación de imágenes del misil no tripulado formado por un dispositivo de creación de imágenes de radar también se puede emplear con preferencia.

El procedimiento se caracteriza preferiblemente por que se produce la comparación de la información sobre estructuras topográficas mediante la detección de diferencias de contraste en la imagen creada, por lo que debido a la diferencia de contraste se detectan líneas y perfiles de la estructura topográfica.

A pesar de que la comparación entre la vista bidimensional de la estructura topográfica y la estructura topográfica en el paso i) detectada en el análisis de imagen del paso e) en este punto de la ruta de vuelo también la puede llevar a cabo un operario debidamente formado se prefiere realizarla automáticamente por medio de un ordenador de procesamiento de imágenes del misil no tripulado.

También resulta ventajoso que la creación del modelo de referencia del paso g) se lleve a cabo de forma manual, semiautomática o automática.

5 La elaboración del plan de misiones del paso a) la realiza normalmente un operario debidamente formado, un así llamado planificador de misiones. Sin embargo también cabe la posibilidad de que en caso de existir una base de datos suficientemente grande y los correspondientes algoritmos de decisión, el paso a) sea llevado a cabo exclusivamente por el ordenador de planificación de misiones de manera automática o al menos semiautomática.

A continuación y con referencia a los dibujos adjuntos se describen y explican más detalladamente ejemplos de realización preferidos de la invención con detalles de configuración adicionales y otras ventajas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

10 Se ve en la:

Figura 1 una representación esquemática de un misil no tripulado dotado debidamente para la puesta en práctica del procedimiento según la invención;

Figura 2 una representación esquemática de la aereolectrónica de un misil no tripulado debidamente configurado para la puesta en práctica del procedimiento según la invención; y

15 Figura 3 un diagrama del proceso del procedimiento según la invención.

REPRESENTACIÓN DE EJEMPLOS DE REALIZACIÓN PREFERIDOS

20 En la figura 1 se representa esquemáticamente un misil no tripulado 1 equipado debidamente para la puesta en práctica del procedimiento según la invención. Para la realización del procedimiento este misil no tiene que corresponder al misil operacional utilizado en misiones militares. Basta con que el misil consista en un recipiente apto para ser utilizado en un vuelo portador que se puede montar, por ejemplo, en una estación de armas correspondiente de un avión de combate y que presenta las mismas interfaces mecánicas y eléctricas, así como la misma aereolectrónica que el misil operacional. Por regla general no se utilizará un misil inerte, o sea, ningún misil correspondiente al misil operacional sin cabeza de combate o sin equipo pirotécnico, dado que el misil operacional de este tipo sólo se admite, debido a su construcción y uso, para un número reducido de horas de vuelo de la aeronave portadora. Sin embargo, los recipientes de carga útil tradicionales para aviones de combate tienen autorización para múltiples horas de servicio, por lo que es posible dotar un recipiente de carga útil correspondiente con la aereolectrónica y las interfaces de un misil operacional y utilizarlo después para la puesta en práctica del procedimiento según la invención.

30 En el misil 1 se monta un bastidor 2 (de aquí en adelante definido también como "bastidor de aereolectrónica") en el que se disponen al menos los elementos de aereolectrónica indicados a continuación del misil operacional. Este bastidor de aereolectrónica recibe la aereolectrónica que presenta como mínimo los elementos indicados a continuación:

- un ordenador principal (CWC) 20 dotado de una interfaz hacia la aereolectrónica de la aeronave portadora y que se encarga de la gestión del plan de misiones;
- 35 - un sistema de navegación (NAVC) 21 con una unidad de medición inercial (IMU) y con un receptor de navegación por satélite (GPS);
- una cabeza buscadora (SIC) 30 que presenta un sensor reproductor y un sistema Gimbal y que está unida a un ordenador de procesamiento de imágenes (IPC) 23 equipado con una tarjeta gráfica para la visualización de los perfiles extraídos de una escena de imágenes, así como para la indicación de la calidad de coincidencia (matching process);
- 40 - interfaces (campo TLP) 24 para la carga de un plan de misiones y para la carga de datos de código criptográfico para el receptor de navegación por satélite;
- una unidad de suministro de corriente (PS) 25 que, del mismo modo que en el misil operacional, prepara la energía proporcionada por la aeronave portadora (normalmente 3 x 115 V 400 Hz) para los consumidores internos del misil y la suministra a los mismos;
- 45 - un módulo de telemetría 26 unido a las antenas de telemetría 26' montadas en el misil 1;
- un módulo de registro de imágenes 27 para el registro de imágenes fijas o datos de imágenes en movimiento.

50 Se prevé además un módulo de enlace de datos 28 que permite el registro de los datos detectados y de las secuencias de imágenes de la cabeza buscadora en un módulo de memoria opcional, por ejemplo, en el módulo de registro de imágenes 27. Por otra parte, el módulo de enlace de datos 28 es capaz de proporcionar los datos detectados y/o las secuencias de imágenes de la cabeza buscadora a un sistema de transmisión de datos de la aeronave portadora o a un equipo de transmisión de datos integrado, por ejemplo, al módulo de telemetría 26, para que estos datos puedan transmitirse por radio, por ejemplo, a una estación terrestre.

Además, en el misil 1 se puede montar y conectar un altímetro de radar (RALT) 29 que corresponde al altímetro de radar del misil operacional.

No es absolutamente necesario que el misil 1 esté dotado de un sistema de navegación propio, sino que en su lugar los datos de navegación de la aeronave portadora también pueden ponerse a disposición del mismo a través de la así llamada conexión umbilical 10 entre la aeronave portadora (no mostrada) y la aereolectrónica del misil 1. Para el acoplamiento eléctrico y para el acoplamiento de datos con la aeronave portadora, el misil 1 se dota de una así llamada interfaz umbilical 11 en la conexión umbilical 10.

Finalmente en el bastidor de aereolectrónica 2 del misil no tripulado 1 se prevé en una botella de refrigerante un depósito de reserva de refrigerante 22 que sirve para la refrigeración de la cabeza buscadora 30 configurada como cabeza buscadora infrarroja. Normalmente la cabeza buscadora 30 no se coloca en el bastidor de aereolectrónica 2, sino en la nariz del misil no tripulado 1 y se une a través de líneas de conexión 12 a la aereolectrónica y a través de un conducto de fluido de refrigeración 12' al depósito de reserva de refrigerante 22 en el bastidor de aereolectrónica 2.

La figura 2 muestra esquemáticamente la acción combinada de los distintos elementos de la aereolectrónica que es la misma que en el misil operacional. En el caso de todos los módulos de la aereolectrónica se trata de módulos en serie originales del misil operacional. Para los elementos de registro y de enlace de datos previstos adicionalmente pueden utilizarse elementos comerciales configurados adecuadamente con autorización de vuelo.

La figura 2 muestra la conexión esquemática de los distintos elementos de aereolectrónica entre sí. El módulo de enlace de datos 28, el ordenador principal 20, el sistema de navegación 21 y el ordenador de procesamiento de imágenes 23 se conectan eléctricamente entre sí a través de un bus de datos 4 para el intercambio de datos. También se conecta al bus de datos 4 una interfaz 31 de un bloque de cabeza buscadora 3 que presenta la cabeza buscadora 30, así como la unidad de medición inercial 32.

La unidad de suministro de corriente 25 se conecta a través de una línea de suministro de corriente 13 de la conexión umbilical 10 a la interfaz umbilical 11, obteniendo a través de la conexión umbilical 10 energía eléctrica de la aeronave portadora.

El ordenador principal 20 y el sistema de navegación 21 se conectan respectivamente a través de una línea de datos 14, 15 al campo de interfaz 24. En el campo de interfaz 24 se pueden conectar a la aereolectrónica, a través de las líneas correspondientes 24', 24'', un aparato de carga terrestre (Ground Loader Unit) 33 y un equipo 34 para la carga de códigos criptográficos para el receptor de satélite.

Al sistema de navegación 21 se puede conectar además el altímetro de radar 29 por medio de una línea de conexión 21'.

El ordenador de procesamiento de imágenes 23 está en contacto, a través de una primera línea de señal 23', con la cabeza buscadora 30 y, a través de una segunda línea de señal 23'', al módulo de enlace de datos 28. La cabeza buscadora 30 está en contacto con el depósito de reserva de refrigerante 22 a través de un conducto de fluido de refrigeración 12'.

Al módulo de enlace de datos 28 se le asigna un módulo de memoria 35 que se conecta para el intercambio de datos al módulo de enlace de datos 28 a través de una primera línea de enlace de datos 28'. Además se conecta al módulo de enlace de datos 28 a través de una segunda línea de enlace de datos 28'' un emisor 36 al que se conectan a su vez antenas exteriores 37 con una línea de antena 37'.

Finalmente el módulo de enlace de datos 28 se conecta, a través de una línea de conexión de enlace de datos 16 que forma parte de la conexión umbilical 10, a la interfaz umbilical 11 y a través de ésta a la aeronave portadora.

La conexión umbilical 10 presenta además líneas de intercambio de datos 17 a través de las cuales se conecta la interfaz umbilical 11 y, por consiguiente, la aeronave portadora, al ordenador principal 20. Por último, la conexión umbilical 10 también presenta una línea de señal GPS 18 a través de la cual el sistema de navegación 21 se conecta a la interfaz umbilical 11 y, por consiguiente, a la aeronave portadora.

En la figura 2 puede verse, delimitada por una línea discontinua, la zona 5 de la aereolectrónica que se prevé adicionalmente, en comparación con un misil en serie operacional, para la puesta en práctica del procedimiento según la invención. Esta zona comprende fundamentalmente el módulo de enlace de datos 28, el módulo de memoria 35, el emisor 36 y las antenas de enlace de datos 37.

Adicionalmente a esta diferencia de hardware también se prevé un software de ordenador principal 20 modificado en comparación con el estándar en serie del misil operacional. Este derivado de software del software de misión operacional sólo contiene aquellos elementos de software que son necesarios para el control del misil no tripulado concebido en especial para este procedimiento. Por el contrario, la interfaz umbilical 11 hacia la aeronave portadora corresponde a la que también está prevista en el misil operacional. Lo mismo se aplica a la interfaz hacia la unidad de carga terrestre (GLU) 33 con la que se carga el plan de misión en la aereolectrónica del misil no tripulado 1. El equipo 34 para la carga de los códigos criptográficos para el receptor de satélite también corresponde al del misil operacional.

El plan de misión cargado en la aereolectrónica 2 del misil no tripulado 1 configurado para el procedimiento según la invención se confecciona del mismo modo que un plan de misión para su aplicación en un misil operacional y, por lo tanto, puede elaborarse con los mismos medios de planificación que éste. Por consiguiente puede utilizarse la misma infraestructura terrestre ya existente en las fuerzas militares para el misil operacional. La aeronave portadora, ya prevista para el lanzamiento del misil operacional, también puede utilizarse sin modificaciones como soporte del misil no tripulado 1 diseñado para el procedimiento según la invención. De aquí se deduce también que el misil no tripulado 1 diseñado para el procedimiento según la invención puede ser igualmente utilizado en tierra por personal de tierra para entrenar procesos operacionales del uso del misil, por ejemplo, para probar el misil, para cargar los planes de misión y los códigos criptográficos o para la colocación del misil en una aeronave portadora o para probar la aereolectrónica.

La puesta en práctica del procedimiento según la invención se describe a continuación por medio del diagrama de flujo de la figura 3.

Las referencias en las reivindicaciones, en la descripción y en los dibujos sólo sirven para una mejor comprensión de la invención y no deben limitar el alcance de la protección.

En el paso del procedimiento 101 se seleccionan, a partir de una vista aérea existente o de una imagen por satélite, estructuras topográficas que parecen idóneas respectivamente como referencia de servicio aeronáutico para una navegación asistida por imágenes o como objetivo de ataque y que presentan similitudes topográficas geométricas con posibles objetivos operacionales. Estas estructuras se seleccionan de manera que las mismas puedan sobrevolarse sin peligro por medio de una aeronave portadora tripulada. En la elección se determinan y seleccionan las coordenadas de los puntos medios de las referencias de servicio aeronáutico.

En el paso 102 se elabora, con los elementos de planificación del misil operacional, un plan de misión cuya ruta de vuelo para la fase de crucero del misil no tripulado sobrevuela respectivamente las referencias de servicio aeronáutico previamente elegidas y cuya trayectoria de objetivo finaliza en la referencia de servicio aeronáutico determinada como blanco. Las referencias de servicio aeronáutico no se modelan como modelos de georreferencia tridimensionales completos, sino que en el plan de misión sólo se integran los respectivos puntos medios a modo de las así llamadas pseudorreferencias de servicio aeronáutico, orientándose la cabeza buscadora durante el sobrevuelo del misil no tripulado a la referencia de servicio aeronáutico, de manera que durante el breve tiempo de sobrevuelo esta referencia de servicio aeronáutico se mantenga en el campo visual de la cabeza buscadora. Por otra parte, este plan de misión incluye todos los demás elementos necesarios de un plan de misión operacional como el lugar previsto de separación del misil no tripulado de la aeronave portadora (Releasepoint), puntos de ruta, puntos de control, base de datos del terreno, etc., como los que se incluyen también en el plano de misión en caso de una planificación de misión operacional.

El plan de misión así confeccionado se carga a continuación en la aereolectrónica del misil 1 por medio de la unidad de carga terrestre (GLU) 33 a través de una interfaz correspondiente en el campo de interfaz 24 y se graba en el ordenador principal 20. Esta carga del plan de misión se lleva a cabo del mismo modo que en caso de utilización de un misil operacional. Cuando sea necesario, los códigos criptográficos se cargan además en el receptor de satélite del sistema de navegación 21 por medio del equipo 34 para la carga de los códigos criptográficos. Los equipos para el registro de datos y el aparato que presenta el depósito de refrigerante 22 se preparan debidamente para su uso.

El misil no tripulado 1 se monta a continuación en una estación de armas de la aeronave portadora determinada para la colocación de un misil operacional, realizándose las pruebas en tierra según estándar antes del despegue de la aeronave portadora.

A continuación se lleva a cabo, en el paso 103, el vuelo portador del misil no tripulado en la aeronave portadora. Después del despegue de la aeronave portadora se dirige al Releasepoint previamente planificado en el plan de misión, realizando la tripulación de la aeronave portadora en este Releasepoint un Release simulado, es decir, una separación simulada del misil no tripulado de la aeronave portadora. Sin embargo, en este Release simulado, que corresponde fundamentalmente a un lanzamiento de un misil operacional, las cajas de lanzamiento de bombas que fijan el misil no tripulado en la estación de armas de la aeronave portadora no se abren y el suministro de energía del misil no tripulado se mantiene a través de la aeronave portadora.

El ordenador principal 20 del misil no tripulado simula durante la secuencia de Release el comportamiento de un misil operacional.

Una vez realizado el Release simulado, la aeronave portadora recorre con el misil no tripulado aún acoplado la ruta de vuelo preestablecida en el plan de misión del misil (trayectoria de crucero y de ataque), orientándose la cabeza buscadora del misil no tripulado al punto medio correspondiente respectivamente al aproximarse a una estructura topográfica seleccionada en el paso 101. Las imágenes tomadas por la cabeza buscadora se aportan al ordenador de procesamiento de imágenes 23 y a continuación éste analiza las imágenes en virtud de diferencias de contraste detectando la presencia de líneas y cantos. Acto seguido, las líneas localizadas se insertan en la imagen respectivamente tomada, preferiblemente en color, por medio de la técnica de superposición. La secuencia de imágenes creada para cada estructura topográfica se registra, junto con los datos de vuelo correspondientes y el ángulo de líneas visuales de la cabeza buscadora, en un módulo de memoria de la aereolectrónica. Dado que para cada estructura topográfica sólo se incluye su punto medio en el plan de misión, el ordenador de procesamiento de imágenes no realiza en este momento ninguna comparación, es decir, ninguna asignación de los perfiles de escena

bidimensionales extraídos de la imagen a una perspectiva bidimensional respectivamente calculada de un modelo de georreferencia. Por este motivo no es necesario instalar en el ordenador de procesamiento de imágenes un software de evaluación especial. Para el almacenamiento de estos datos, la señal GPS de la aeronave portadora está a disposición del receptor de satélite del misil no tripulado y los datos de navegación de la aeronave portadora se transmiten cíclicamente, a través de la conexión umbilical 10 y del bus de datos 4, a la aeroelectrónica del misil no tripulado, de manera que el sistema de navegación del misil no tripulado pueda navegar con una alta precisión.

Una vez realizado el vuelo del plan de misión, la aeronave portadora aterriza incluido el misil no tripulado montado en la misma. A continuación, las secuencias de vídeo almacenadas se seleccionan de la memoria de datos en el paso 104 y se registran en una estación de planificación de misión habitual configurada para el uso operacional.

Ahora el planificador de misión analiza en el paso 105 en la estación de planificación de misión cada secuencia de imágenes y compara las líneas extraídas del ordenador de procesamiento de imágenes del misil no tripulado con las estructuras incluidas en la respectiva imagen por satélite a la que se ha recurrido para la planificación de la misión. De este modo, el planificador de misión puede recopilar valores empíricos, influyendo las diferentes zonas espectrales del sensor de imagen en el satélite y del sensor de imagen en el misil en la conformación de líneas y cantos. Los efectos de aprendizaje se obtienen igualmente con respecto a la influencia de las condiciones atmosféricas, así como de las características debidas a la hora del día y a la época del año.

El planificador de misión elabora en el paso 106, de un modo habitual para cada estructura topográfica seleccionada, un modelo de georreferencia tridimensional, seleccionando aquellas líneas y/o cantos de la respectiva imagen por satélite que también se han extraído del ordenador de procesamiento de imágenes del misil no tripulado en la secuencia de imágenes correspondiente. Esta elaboración del modelo de georreferencia tridimensional puede llevarse a cabo manual o semiautomáticamente. Un modelo de georreferencia es una estructura existente en el paisaje real reproducida como modelo lineal tridimensional. Si se conoce la dirección visual, es posible calcular a partir de este modelo lineal tridimensional una perspectiva bidimensional que se ve en este ángulo visual (ángulo de Euler).

En la estación de planificación de misión se instala de forma ejecutable el software para la segmentación y la comparación (Matching) que también funciona en el ordenador de procesamiento de imágenes 23 del misil operacional no tripulado. A continuación, en el paso 107, se aportan al algoritmo de este software el modelo de georreferencia tridimensional, la secuencia de vídeo inclusive los datos de vuelo asignados a cada imagen (posición, velocidad y ángulo de Euler), así como el ángulo visual de la cabeza buscadora en la toma de cada imagen. Por consiguiente, el algoritmo es capaz de calcular para cada imagen, a partir de la posición de vuelo actual, una perspectiva bidimensional del modelo de georreferencia tridimensional, de elaborar a continuación a partir de esta perspectiva bidimensional una estructura de referencia bidimensional de líneas y cantos, de comparar esta estructura de referencia bidimensional con las líneas extraídas en el paso 103 por el ordenador de procesamiento de imágenes 23 del misil no tripulado 1 de una escena tomada y de asignar las líneas extraídas a las líneas derivadas de la estructura de referencia bidimensional.

En el paso 108 el planificador de misión valora si esta asignación se realiza de forma inequívoca en base a distintos criterios de calidad proporcionados por el algoritmo y que éstos también se aplican en el misil operacional. Además, los diferentes tipos de líneas (líneas extraídas, líneas no asignadas, líneas de la estructura de referencia bidimensional, líneas extraídas y asignadas a la estructura de referencia bidimensional) se representan al planificador de misión de distintos colores, con lo que obtiene una impresión óptica de la calidad de la asignación.

Si no se produce ninguna asignación inequívoca o sólo una asignación de una calidad insuficiente, el planificador de misión modifica el modelo de georreferencia tridimensional volviendo al paso 105 y ejecutando de nuevo el paso 105, así como los pasos siguientes 106 a 108 con parámetros modificados.

En este caso el planificador de misión modifica en la nueva ejecución del paso 106 el modelo de referencia tridimensional hasta ajustar el mejor resultado de asignación para la respectiva secuencia de imágenes. Si no se ajusta ninguna calidad de asignación satisfactoria, puede ser debido a los siguientes motivos:

- los errores geométricos y/o geográficos del modelo de georreferencia tridimensional que se producen en la ortorreferenciación y la georreferenciación son demasiado grandes, con lo que resultan estructuras de referencia bidimensional erróneas. Este error puede detectarse durante la simulación de asignación en las correspondientes diferencias de elementos de la estructura de referencia bidimensional con respecto a las líneas extraídas;
- los datos de vuelo registrados son demasiado inexactos, con lo que también resultan estructuras de referencia bidimensionales erróneas. Esta imprecisión de navegación puede detectarse mediante el análisis del comportamiento del GPS registrado (por ejemplo, ninguna conexión a un número suficiente de satélites) o también mediante la comparación con los datos de navegación registrados de la aeronave portadora;
- la estructura topográfica no es adecuada para este procedimiento de extracción de cantos y de asignación del modelo de referencia.

Si en el caso del modelo de georreferencia tridimensional se trata del modelo de referencia de un objetivo de ataque, puede comprobarse con la simulación si la calidad de asignación es suficiente para que un dispositivo de seguimiento del objetivo (rastreador de objetivo) previsto en el misil operacional pueda registrar y seguir el objetivo.

5 Una vez llevado a cabo este procedimiento y después de conseguir una calidad de asignación aceptable, el modelo de georreferencia tridimensional así optimizado puede integrarse en el plan de misión para su verificación. El plan de misión así modificado se carga de nuevo en un misil no tripulado preparado para el vuelo portador y la aeronave portadora tripulada, incluido el misil no tripulado acoplado, realiza de nuevo el vuelo del plan de misión siguiendo la ruta de vuelo previamente planificada. En este vuelo de verificación se lleva a cabo para cada estructura topográfica la asignación de los cantos y líneas extraídas por el ordenador de procesamiento de datos de las imágenes tomadas por el sensor del misil no tripulado a las estructuras lineales del modelo de referencia tridimensional. Las secuencias de imágenes correspondientes se registran y más adelante se analiza su calidad de asignación en la estación de planificación de misión. Por consiguiente, el planificador de misión puede determinar si su revisión del modelo de referencia ha sido satisfactoria, pudiendo de este modo obtener los efectos de aprendizaje correspondientes y, si es necesario, seguir optimizando el modelo de georreferencia tridimensional.

15 En lugar de una aeronave portadora tripulada, el misil no tripulado también se puede montar en una aeronave portadora no tripulada, por ejemplo, en una aeronave portadora prácticamente invisible para el reconocimiento de radares. Esta combinación es capaz de infiltrarse en terreno enemigo de forma inadvertida y muy baja y explorar las estructuras topográficas que se tienen en cuenta en una posterior acción operacional para la navegación asistida por imágenes y la detección del objetivo. De este modo es posible elaborar planes de misión operacionales optimizados in situ en los que la precisión de tiro aumenta considerablemente, reduciéndose claramente los daños colaterales producidos.

25 Para acelerar todo el proceso del procedimiento, las secuencias de imágenes tomadas por la cabeza buscadora y los datos de navegación y los datos del ángulo de visión correspondientes también pueden transmitirse teleméricamente durante el vuelo a través de una conexión de datos por radio a una estación de planificación de misión, de manera que pueda realizarse allí la correspondiente valoración y optimización del plan de misión incluso durante el sobrevuelo de un terreno.

Las referencias en las reivindicaciones, en la descripción y en los dibujos sólo sirven para una mejor comprensión de la invención y no deben limitar el alcance de la protección.

30 Lista de referencias

Las mismas describen:

- 1 Misil no tripulado
- 2 Bastidor de aereolectrónica
- 4 Bus de datos
- 35 10 Conexión umbilical
- 11 Interfaz umbilical
- 12 Línea de conexión
- 12' Conducto de fluido de refrigeración
- 16 Línea de conexión de enlace de datos
- 40 17 Líneas de intercambio de datos
- 18 Línea de señal
- 20 Ordenador principal (CWC)
- 21 Sistema de navegación (NAVC)
- 21' Línea de conexión
- 45 22 Depósito de reserva de refrigerante
- 23 Ordenador de procesamiento de imágenes (IPC)
- 23' Primera línea de señal
- 23" Segunda línea de señal
- 24 Interfaces (Campo TLP)
- 50 25 Unidad de suministro de corriente (PS)

	26	Módulo de telemetría
	26'	Antenas de telemetría
	27	Módulo de registro de imágenes
	28	Módulo de enlace de datos
5	28'	Primera línea de enlace de datos
	28"	Segunda línea de enlace de datos
	29	Altímetro de radar (RALT)
	30	Cabeza buscadora (SIC)
	33	Unidad de carga terrestre (GLU)
10	34	Equipo para la carga de los códigos criptográficos
	35	Módulo de memoria
	36	Emisor
	37	Antena externa
	37'	Línea de antena

15

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la optimación de la navegación automática asistida por imágenes de un misil no tripulado (1) con los pasos:
- 5 a) elaboración (102) de un plan de misión que contiene datos de navegación de una ruta de vuelo planificada sobre la base de tomas por satélite o vistas aéreas por medio de un ordenador de planificación de misión, incluyendo los datos de navegación información sobre estructuras topológicas o topográficas seleccionadas;
- b) carga del plan de misión en un ordenador de misión del misil no tripulado;
- 10 c) montaje del misil no tripulado en una aeronave portadora;
- d) realización (103) de la ruta de vuelo por medio de la aeronave portadora, utilizando la navegación del misil no tripulado los datos de navegación de la aeronave portadora;
- e) realización de un análisis de imágenes en el misil no tripulado durante el vuelo, analizando un dispositivo de generación de imágenes del misil no tripulado las imágenes producidas de un trayecto anterior para determinar las estructuras topológicas o topográficas en él existentes y almacenando la información así obtenida sobre las estructuras topológicas o topográficas analizadas junto con los datos de imágenes, los datos de situación de vuelo y los datos de posición en un dispositivo de almacenamiento;
- 15 f) transmisión de los datos del dispositivo de almacenamiento a un ordenador;
- g) elaboración (106) de un modelo de referencia tridimensional para aquellas estructuras topológicas o topográficas de las imágenes por satélite o vistas aéreas detectadas en el análisis de imágenes del paso e);
- 20 h) cálculo de una vista bidimensional de una estructura topológica o topográfica sobre la base del modelo de referencia tridimensional de esta estructura topológica o topográfica en relación con un punto preestablecido de la ruta de vuelo teniendo en cuenta la posición de vuelo del misil en este punto;
- i) comparación de la vista bidimensional de la estructura topológica o topográfica con la estructura topológica o topográfica detectada en el análisis de imágenes del paso e) en este punto de la ruta de vuelo y determinación (108) de la calidad de coincidencia;
- 25 j) modificación del modelo de referencia en el caso de que la calidad de coincidencia no alcance un valor preestablecido;
- k) repetición de los pasos h) hasta j).
- 30 2. Procedimiento para la optimación de la navegación automática asistida por imágenes de un misil no tripulado según la reivindicación 1, caracterizado por que la modificación del modelo de referencia se lleva a cabo en el paso j) teniendo en cuenta parámetros debidos a la intemperie.
- 35 3. Procedimiento para la optimación de la navegación automática asistida por imágenes de un misil no tripulado según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que la modificación del modelo de referencia se lleva a cabo en el paso j) teniendo en cuenta parámetros condicionados por la hora del día.
- 40 4. Procedimiento para la optimación de la navegación automática asistida por imágenes de un misil no tripulado según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el dispositivo de creación de imágenes del misil no tripulado funciona en la gama de la luz visible o de la radiación infrarroja.
- 45 5. Procedimiento para la optimación de la navegación automática asistida por imágenes de un misil no tripulado según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el dispositivo de creación de imágenes es un dispositivo de creación de imágenes de radar.
- 50 6. Procedimiento para la optimación de la navegación automática asistida por imágenes de un misil no tripulado según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la comparación de la información sobre estructuras topológicas o topográficas se lleva a cabo mediante la detección de diferencias de contraste en la imagen generada, detectándose en virtud de la diferencia de contraste líneas y cantos de la estructura topológica o topográfica.
- 55 7. Procedimiento para la optimación de la navegación automática asistida por imágenes de un misil no tripulado según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la comparación en el paso i) es realizada automáticamente por un ordenador de procesamiento de imágenes del misil no tripulado.
8. Procedimiento para la optimación de la navegación automática asistida por imágenes de un misil no tripulado según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la elaboración del modelo de referencia se lleva a cabo en el paso g) de forma manual, semiautomática o automática.

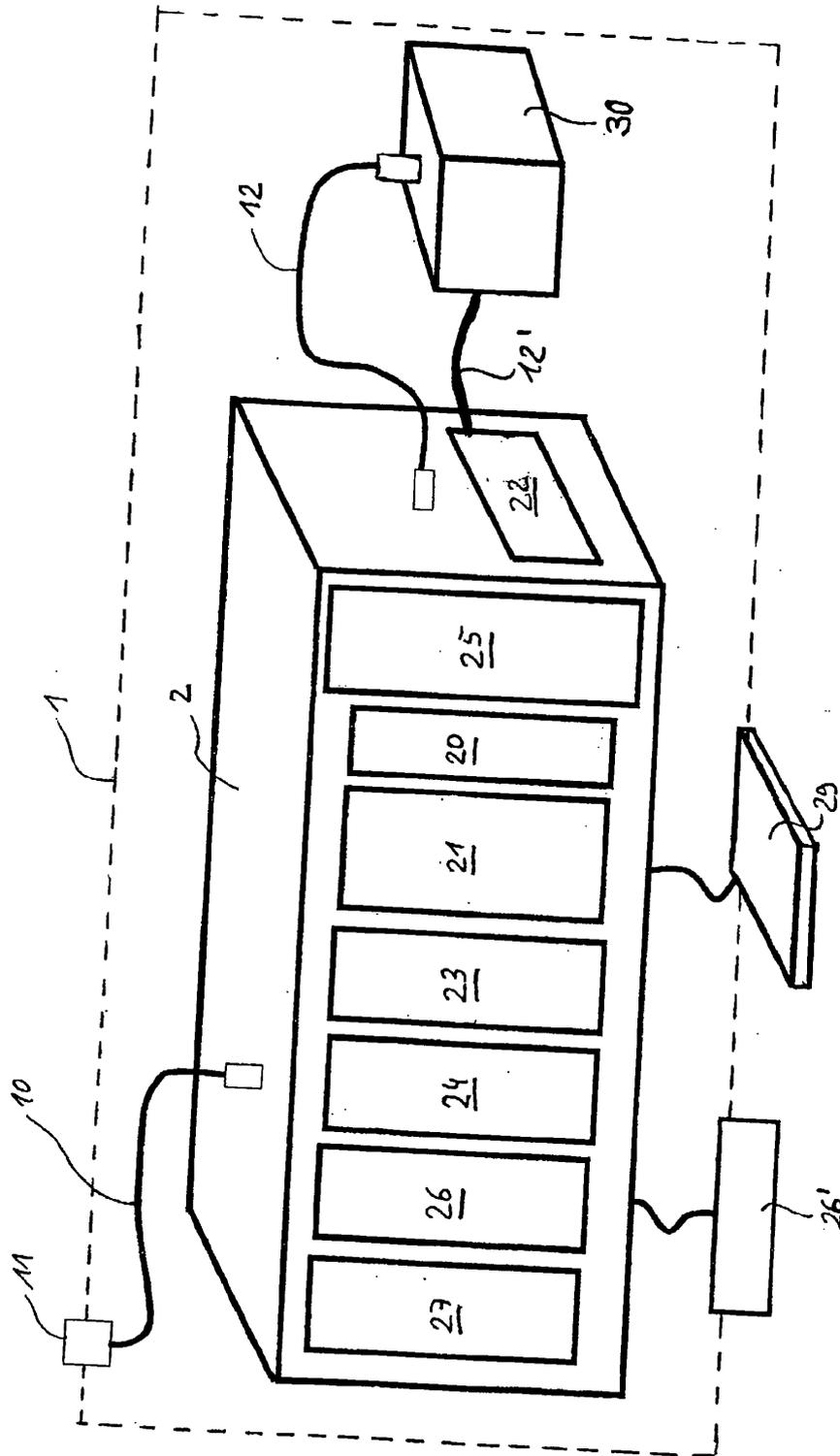


Fig. 1

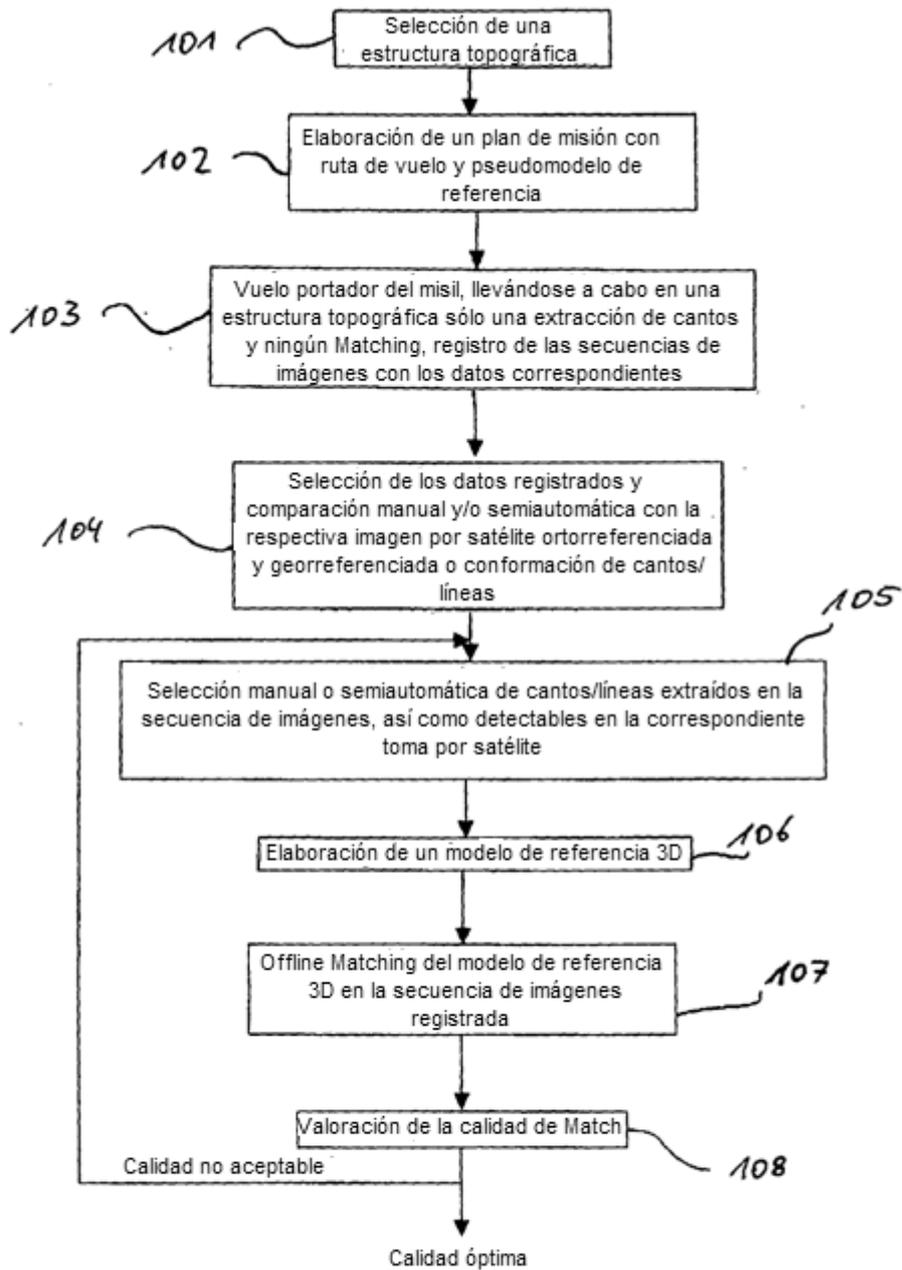


Fig. 3