

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 715 012**

51 Int. Cl.:

G01C 11/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.09.2014** **E 14185674 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019** **EP 2873947**

54 Título: **Sistema y método de supervisión automática de objetivos terrestres lineales para un avión pilotado a distancia**

30 Prioridad:

20.09.2013 IT TO20130763

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

31.05.2019

73 Titular/es:

**LEONARDO S.P.A. (100.0%)
Piazza Monte Grappa 4
00195 Roma, IT**

72 Inventor/es:

LUNGI, ALESSIO

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 715 012 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

Sistema y método de supervisión automática de objetivos terrestres lineales para un avión pilotado a distancia

5 La presente invención se refiere a un sistema y un método de supervisión automática de objetivos terrestres lineales para un avión, en particular un avión pilotado a distancia.

10 Los sistemas aéreos no tripulados (SANT) y, en particular, los aviones pilotados a distancia, o aviones no tripulados, también conocidos como VANTs (vehículo aéreo no tripulado) son conocidos en la técnica actual. En los sistemas de este tipo, se desea aumentar cada vez más la automatización tanto de los procedimientos de vuelo de los VANTs como las operaciones (por ejemplo, supervisión) realizados por los VANTs. Por ejemplo, la supervisión medioambiental, incluyendo la observación de objetivos terrestres predeterminados, es una de las principales tareas que realizan los vehículos aéreos no tripulados. Los objetivos a supervisar son típicamente zonas de tierra, edificios, infraestructuras u otras cosas, por ejemplo, ríos, zonas costeras, carreteras, oleoductos, etc.

15 La supervisión de estos objetivos se lleva a cabo en general usando un dispositivo de adquisición de imágenes (por ejemplo, videocámara) instalado a bordo del vehículo aéreo no tripulado y manejado manualmente desde tierra por un operador experto, o mediante equipo automatizado a bordo o en la tierra.

20 Es obvio que, según la técnica conocida, la supervisión siempre debe tener lugar dentro de un rango de acción que permita mantener el contacto por radio entre la estación de tierra y el vehículo aéreo no tripulado. Los sistemas alternativos contemplan utilizar enlaces de satélite BLOS (Más allá de la línea de visión), que superan al menos parcialmente inconvenientes debidos al rango limitado de acción del método previamente indicado. En cualquier caso, el operador debe ser capaz de manejar el dispositivo de adquisición de imágenes de manera exacta con el fin de compensar cualesquiera cambios de la trayectoria de vuelo del vehículo aéreo no tripulado. Por lo tanto, se siente la necesidad de automatizar el procedimiento de supervisión terrestre durante las fases de vuelo de los vehículos aéreos no tripulados.

30 El documento US2010/305782 se refiere a un sistema de grabación vídeo aerotransportado para tomar imágenes de los derechos de paso de conductos y líneas eléctricas, u otros elementos terrestres lineales. Sin embargo, todavía subsiste la situación en la que la formación de imágenes no es satisfactoria.

35 El objeto de la presente invención es proporcionar un sistema y un método de supervisar objetivos terrestres lineales para aviones con el fin de superar los inconvenientes de la técnica conocida.

Según la presente invención, se facilitan un sistema y un método de supervisar objetivos terrestres lineales para aviones como los definidos en las reivindicaciones anexas.

40 Para una mejor comprensión de la presente invención algunas realizaciones preferidas se describirán ahora, puramente a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos acompañantes, donde:

La figura 1 representa un avión equipado con un sistema de supervisión automática según una realización de la presente invención.

45 La figura 2 representa, en forma esquemática y desde arriba, una zona de tierra a supervisar en la que hay un objetivo a supervisar, esquematizada por una cadena poligonal simple, según un aspecto de la presente invención.

La figura 3 representa el avión 1 en una posición operativa con respecto al objetivo a supervisar de la figura 2.

50 La figura 4 representa, desde arriba, la zona de tierra a supervisar de la figura 2 subdividida en una pluralidad de zonas operativas a supervisar por el avión de la figura 1, según un aspecto de la presente invención.

La figura 5 representa una primera parte de la cadena poligonal simple de la figura 2 subdividida en una pluralidad de subsegmentos a supervisar, según un aspecto de la presente invención.

55 La figura 6 ilustra gráficamente el método de supervisar la primera parte de la cadena poligonal simple de la figura 2 cuando el avión 1 está en una zona operativa predeterminada.

60 La figura 7 ilustra gráficamente el método de supervisar una segunda parte de la cadena poligonal simple de la figura 2, contigua con la primera parte de la figura 6, cuando el avión 1 está en una zona operativa predeterminada contigua con la zona operativa de la figura 6.

65 Y la figura 8 ilustra gráficamente el método de supervisar las partes primera y segunda de la cadena poligonal simple de las figuras 6 y 7 cuando se da la orden de iniciar la supervisión mientras el avión está volando sobre la zona operativa de la figura 6 y de la figura 7, respectivamente.

Según un aspecto de la presente invención, se facilita un sistema de supervisión automática de objetivos terrestres que puede instalarse en un vehículo aéreo no tripulado (VANT). El sistema de supervisión incluye un dispositivo de adquisición de imagen y/o vídeo (por ejemplo, una torre estabilizada electroóptica). El sistema de supervisión permite la observación (mediante disparo de imagen y/o vídeo) de zonas terrestres predeterminadas (por ejemplo, naturales, como ríos o zonas costeras, o artificiales, como carreteras u oleoductos, etc).

En general, un vehículo aéreo no tripulado sigue una ruta de vuelo predeterminada, programada antes del inicio de la misión de supervisión. No obstante, la ruta puede cambiar debido a circunstancias específicas. Según la presente invención, el dispositivo de adquisición de imágenes/vídeo es controlado automáticamente con el fin de adquirir imágenes/vídeo de la zona terrestre predeterminada independientemente de la ruta seguida por el vehículo aéreo no tripulado, y con el fin de adquirir siempre la mejor vista posible.

El método de controlar el dispositivo de adquisición de imagen/vídeo no contempla ninguna acción por parte de un operador de tierra.

La figura 1 representa un avión 1, en particular un vehículo aéreo no tripulado (VANT), equipado con un dispositivo de adquisición de imagen y/o vídeo tal como una cámara de fotografía/vídeo 2 (denominada a continuación simplemente cámara 2, sin menoscabo de la generalidad). Ventajosamente, la cámara 2 está situada en una parte inferior del avión 1, o más bien en una parte de ésta última que, en vuelo, está orientada a tierra.

La orientación de la cámara 2 hacia las zonas de tierra a supervisar es controlada automáticamente por el sistema de supervisión en función de la posición del avión 1 en términos de latitud, longitud y altitud. Estos datos se obtienen, por ejemplo, por medio de un sistema de posicionamiento GPS 4 montado a bordo del avión 1. Pueden usarse indiferentemente otros sistemas de posicionamiento capaces de proporcionar información acerca de la posición del avión 1. Con respecto al nivel de altitud, es posible utilizar dispositivos DTED (Datos digitales de elevación del terreno) comercialmente disponibles para tales cálculos. Los dispositivos DTED están configurados para asociar (formando normalmente una rejilla discreta) un valor medido de altitud o altura por encima del nivel del mar con cada par de latitud y longitud (en los puntos considerados en la rejilla discreta). Una vez conocido este nivel de altitud, la cámara 2 es capaz, de manera conocida, de apuntar correctamente al objetivo considerado en las coordenadas elegidas.

Según un aspecto de la presente invención, un elemento geométrico cero (punto) o unidimensional (línea recta) está asociado con cada zona terrestre a supervisar y que se aproxima a la extensión territorial a lo largo de un eje principal del elemento. Por ejemplo, un solo edificio puede ser representado esquemáticamente por un punto (dimensión cero), mientras que un río o un oleoducto puede ser representado por una cadena poligonal simple o cerrada (unidimensional) que sigue el curso del río o conducto.

El solicitante ha verificado que, cuando la cámara 2 apunta perpendicularmente a la línea geométrica (por ejemplo, una cadena poligonal simple) que define el recorrido en la zona terrestre a supervisar, las imágenes capturadas son muy buenas en términos de distorsión (que es mínima). Incluso la distancia directa (rango de inclinación) se minimiza en esta condición. Sin embargo, dado que la ruta de vuelo del avión 1 también puede planificarse sin tener en cuenta la orientación relativa entre el avión 1 (o la cámara 2) y la zona terrestre a supervisar, la captura de imagen según el criterio de la perpendicularidad entre la dirección de observación de la cámara 2 y la línea geométrica que define la ruta terrestre no siempre es posible.

Por lo tanto, según un aspecto de la presente invención, se facilita un método de controlar una cámara 2 para el manejo de todas las situaciones de orientación relativa posibles entre la cámara 2 y la zona terrestre a supervisar. El método se realiza usando lógica de procesamiento (por ejemplo, un ordenador o microprocesador) 6 instalada a bordo del avión 1 y acoplada operativamente a la cámara 2 (para controlar oportunamente en términos de orientación y captura de imágenes), y al dispositivo GPS 4 del avión 1 (para adquirir datos de posición del avión 1).

Con referencia a la figura 2, se representa una zona terrestre 10 que tiene un conducto 12 (por ejemplo, un oleoducto). A continuación, se hará referencia en particular, a un conducto 12. No obstante, es claro que la descripción es aplicable de forma similar a cualquier objetivo (lineal o linealizable) a supervisar. En este ejemplo, el conducto 12 es el elemento que debe ser supervisado por medio de la cámara 2 del avión 1. Para ello, el conducto 12 se representa de forma geométrica y matemática como una cadena poligonal simple 14, es decir, una línea que incluye una pluralidad de subsegmentos mutuamente consecutivos 14a-14c que se extienden de manera rectilínea entre respectivos vértices A-B-C-D. El primer subsegmento 14a se define como la línea recta que une los vértices A y B; el segundo subsegmento 14b se define como la línea recta que une los vértices B y C; y el tercer subsegmento 14c se define como la línea recta que une los vértices C y D. Los vértices A, B, C y D se eligen en los respectivos cambios de dirección del conducto 12 (es decir, en las respectivas curvas del conducto 12). Es claro que, en el caso de cambios bruscos en la dirección del conducto 12 en una zona terrestre muy pequeña, es posible decidir no considerar cada cambio de dirección como un vértice de inicio de un subsegmento nuevo, aproximando simplemente dicha parte del conducto 12 con una línea recta que interpola los vértices asociados con cada cambio brusco de dirección.

La zona terrestre 10 a supervisar está dividida sustancialmente en dos subzonas 10a y 10b, separadas una de otra por la cadena poligonal simple 14. El avión 1 debe estar volando necesariamente sobre una de las dos subzonas (en la figura 2, el avión 1 vuela sobre la subzona 10a). Según un aspecto de la presente invención, es oportuno comprobar que dos subsegmentos mutuamente consecutivos 14a-14c no forman, en el punto de unión, un ángulo respectivo α (ángulos α' y α'' en la figura 2) de menos de 90° , donde este ángulo α se mide dentro de la subzona terrestre que el avión 1 está sobrevolando (en la figura 2, los ángulos α y α'' están dentro de la subzona 10a). Esta condición puede ser verificada en la fase de representación del conducto 12 por una cadena poligonal simple 14. Si el conducto 12 tiene una variación de recorrido que forma un ángulo de menos de 90° , su representación por medio de subsegmentos debe tener en cuenta dicha condición, y proporcionar uno o varios subsegmentos de transición, formando cada uno de ellos respectivos ángulos de más de 90° con el subsegmento inmediatamente anterior y con el subsegmento inmediatamente siguiente (estos ángulos siempre se miden dentro de la subzona terrestre que sobrevuela el avión 1, según la ruta de vuelo predeterminada).

El inicio de las operaciones de supervisión puede ser controlado automáticamente o por una orden dada por un operador.

Por ejemplo, en el caso de inicio automático, la supervisión empezará cuando el avión 1 esté en una cierta posición con respecto al conducto 12 a supervisar (esta posición la proporciona el receptor GPS instalado a bordo del avión 1). Alternativamente, conociendo la ruta de vuelo y el tiempo que el avión 1 tarda en alcanzar la altitud, latitud y longitud cerca del conducto 12 a supervisar, la orden de iniciar la supervisión automática podría darse después de un cierto intervalo de tiempo después del despegue del avión 1.

En el caso de inicio de supervisión manual, la orden la da un operador de tierra, mediante un enlace de radio de tipo conocido.

La representación del conducto 12 por medio de una cadena poligonal simple 14, como se ha descrito previamente, se realiza usando software disponible en el mercado (productos que manejan bases de datos GIS (Sistema de Información Geográfica)). Alternativamente, esta representación podría realizarla un operador especializado.

De nuevo, con referencia a la figura 1, además del ordenador 6 a bordo del avión 1, se facilita una memoria 16 incluyendo una base de datos y está acoplada operativamente al ordenador 6. La base de datos es adecuada para almacenar la información que define el conducto esquematizado 12 como se ha descrito previamente, es decir, mediante una pluralidad de subsegmentos 14a-14c que forman una cadena poligonal simple 14. Además, la respectiva información de posición espacial, en términos de coordenadas geográficas (en particular, latitud, longitud y altura por encima del nivel del mar), está asociada en la base a datos con cada subsegmento 14a-14c. Incluso más específicamente, las coordenadas geográficas (latitud, longitud y posiblemente altitud) de los vértices que delimitan cada subsegmento están asociados con el subsegmento correspondiente 14a-14c, es decir, las coordenadas geográficas de los vértices A y B para el subsegmento 14a; las coordenadas geográficas de los vértices B y C para el subsegmento 14b; y las coordenadas geográficas de los vértices C y D para el subsegmento 14c. En base a la información de latitud y longitud de cada vértice, es fácilmente posible obtener información relativa a la extensión espacial del subsegmento asociado.

Es evidente que la base de datos puede contener una pluralidad de elementos de información (en forma de subsegmentos que forman respectivas cadenas poligonales simples) asociados con una pluralidad de blancos a supervisar distintos del conducto 12; por ejemplo, como se ha mencionado, zonas de tierra, edificios, infraestructuras, ríos, zonas costeras, carreteras, oleoductos, etc.

Cuando la supervisión se inicia manualmente, el operador de tierra selecciona una cadena poligonal simple 14 de las presentes en la base de datos y se inicia la fase de seguimiento/localización de dicha cadena poligonal simple 14 por la cámara 2, según la presente invención.

Cuando la supervisión se inicia automáticamente, la selección de una cadena poligonal simple de las presentes en la base de datos se lleva a cabo automáticamente, en base a datos preestablecidos (es decir, dependiendo de la misión que el avión 1 haya de realizar) y la posición relativa entre el avión 1 y la cadena poligonal simple 14. En particular, en base a una cadena poligonal simple 14 de las presentes en la base de datos (por ejemplo, la cadena poligonal simple 14 se ha preestablecido en la fase de definición de misión) y las coordenadas de posición del avión 1 (obtenidas del dispositivo GPS 4), la lógica de procesamiento 6 selecciona automáticamente un subsegmento 14a-14c de la cadena poligonal simple 14 desde el que iniciar el procedimiento de adquisición de imágenes. El subsegmento 14a-14c se selecciona como se explica a continuación.

Al recibir la orden de iniciar la supervisión, la lógica de procesamiento 6 controla la cámara 2 automáticamente con el fin de apuntarla hacia uno de los subsegmentos 14a-14c de la cadena poligonal simple 14, para iniciar la adquisición de imágenes. La orientación de la cámara 2 depende de la posición del avión 1. En base a información relativa a la posición geográfica relativa entre el avión 1 y cada subsegmento 14a-14c (cuya posición geográfica se almacena en la base de datos de la memoria 16 en términos de coordenadas geográficas de los vértices de inicio y fin de cada subsegmento 14a-14c), la lógica de procesamiento 6 identifica qué subsegmento 14a-14c cumple la

condición, por lo que al menos un vértice A-D “está delante” del avión 1; en otros términos, dada una dirección de vuelo d_{TRK} del avión 1, las coordenadas del vértice A-D que “está delante” del avión 1 son tales que el avión 1 todavía no ha alcanzado o superado dicho vértice A-D durante su vuelo. Con referencia a la figura 3, donde solamente se representan los vértices A-C de la cadena poligonal simple 14 en la figura 2 para simplicidad (es decir, solamente los subsegmentos 14a y 14b), un vértice A-C es rechazado cuando un ángulo respectivo Ψ (se representan tres ángulos W_1 - W_3 en la figura 3) tiene un valor de entre 90° y 270° .

El ángulo Ψ es el ángulo entre la dirección de vuelo (o rastreo) d_{TRK} del avión 1 en el instante considerado y la línea recta (ideal) que conecta el avión 1 con el vértice A-C considerado, girando en una dirección hacia la derecha. Para ello, el avión 1 también se esquematiza como un “punto”, cuyas coordenadas geográficas son las coordenadas proporcionadas por el dispositivo GPS 4.

Según un punto de vista diferente, se considera que un vértice respectivo A-C “está delante” del avión 1 si el ángulo $\Psi' = 360^\circ - \Psi$, entre la dirección d_{TRK} y la línea recta que conecta el avión 1 con el vértice A-C considerado, es de menos de 90° o de más de 270° . El ángulo Ψ' es el ángulo recorrido por el vector que indica la dirección d_{TRK} cuando gira en una dirección hacia la izquierda hasta que llega a la línea recta que conecta el avión 1 con el vértice A-C considerado. En la figura 3 se representan tres ángulos $\Psi_1' = 360^\circ - \Psi_1$, $\Psi_2' = 360^\circ - \Psi_2$ y $\Psi_3' = 360^\circ - \Psi_3$.

Todavía con referencia a la figura 3, los vértices A y B no cumplen la condición, por lo que el ángulo respectivo Ψ_1 y Ψ_2 está dentro del rango de 90° - 270° . En cambio, el vértice C cumple esta condición, porque el ángulo Ψ_3 entre la dirección d_{TRK} y la línea recta que conecta el avión 1 al vértice C es mayor de 270° (es decir, Ψ_3' es el único ángulo de menos de 90°). Después de haber identificado un vértice A-D que satisface esta condición (aquí, C), los vértices sucesivos (es decir, los vértices siguientes a C cuando se consideran a lo largo de la dirección de vuelo d_{TRK} (aquí, el vértice D) no son evaluados. La supervisión mediante la cámara 2 empieza a partir del segmento definido entre el vértice identificado (vértice C) y el vértice inmediatamente precedente (vértice B), es decir, el subsegmento 14b.

Una vez que ha sido identificado el subsegmento a partir del que iniciar la supervisión, la orientación de la cámara 2 depende de la posición recíproca entre el avión 1 y el subsegmento 14b, como se explica a continuación.

Con referencia a la figura 4, la zona espacial dentro de la que se extiende el conducto 12 (esquematizado por la cadena poligonal simple 14), está subdividida en una pluralidad de subzonas, o zonas, identificadas aquí con los números romanos I a VI. Cada subsegmento 14a-14b se extiende en una zona respectiva I-VI; sin embargo, lo contrario no tiene lugar y algunas zonas I-VI no incluyen ningún subsegmento 14a-14c. Al igual que la figura 3, solamente los subsegmentos 14a y 14b se representan en la figura 4 para simplicidad de la representación.

El procedimiento para delimitar las varias zonas I-VI es el siguiente (de forma similar a la previamente descrita, el avión 1 está esquematizado por un punto, cuyas coordenadas geográficas son conocidas por el dispositivo GPS 4):

- el ángulo γ se define como el ángulo entre el subsegmento 14a y la línea recta que pasa entre el avión 1 y el vértice A (con γ entre $+180^\circ$ y -180°);

- el ángulo ρ se define como el ángulo entre una línea recta L_1 (donde L_1 es ortogonal al subsegmento 14a y pasa a través del vértice B) y la línea recta que pasa entre el avión 1 y el vértice B (con ρ entre $+180^\circ$ y -180°);

- el ángulo γ_1 se define como el ángulo entre una línea recta L_2 (donde L_2 es ortogonal al subsegmento 14b y pasa a través del vértice B) y la línea recta que pasa entre el avión 1 y el vértice B (con γ_1 entre $+180^\circ$ y -180°);

- el ángulo ρ_1 se define como el ángulo entre una línea recta L_3 (donde L_3 es ortogonal al subsegmento 14b y pasa a través del vértice C) y la línea recta que pasa entre el avión 1 y el vértice C (con ρ_1 entre $+180^\circ$ y -180°).

Con más detalle, el ángulo γ está dentro del triángulo formado por las líneas rectas que conectan el avión 1 con los vértices A y B y por el subsegmento 14a, es decir, el ángulo γ se extiende completamente dentro de la subzona 10a. Igualmente, los ángulos γ_1 , ρ , ρ_1 y δ también se extienden completamente dentro de la subzona 10a.

La subdivisión de la zona terrestre 10 en zonas I-VI se realiza como se describe más adelante.

La zona II es la zona que incluye el subsegmento 14a y se define como sigue: en la subzona 10a, la zona II es la zona entre la línea recta L_4 ortogonal al subsegmento 14a en el vértice A y la línea recta L_2 ; en la subzona 10b, la zona II es la zona entre la línea recta L_4 y la línea recta L_1 .

La zona V es la zona que incluye el subsegmento 14b y se define como sigue: en la subzona 10a, la zona V es la zona entre la línea recta L_1 y la línea recta L_3 ; en la subzona 10b, la zona V es la zona entre la línea recta L_2 y la línea recta L_3 .

La zona III es la zona incluida entre la línea recta L_1 y la línea recta L_2 en la subzona 10a.

ES 2 715 012 T3

La zona IV es la zona entre la línea recta L_1 y la línea recta L_2 en la subzona 10b.

La zona I es la zona externa a las zonas subtendidas por los subsegmentos 14a y 14b, y solamente está delimitada por la línea recta L_4 .

5 La zona VI es la zona externa a las zonas subtendidas por los subsegmentos 14a y 14b, y está delimitada por la línea recta L_3 (y L_1).

10 La orientación de la cámara 2 varía dependiendo de la zona I-VI que el avión 1 esté sobrevolando. En particular, el modo operativo de la cámara 2 cambia según la tabla siguiente (1).

Tabla (1)

γ	ρ	γ_1	ρ_1	Zona	Modo	Segmento	Vértice
$ \gamma \geq 90^\circ$	-	$\geq 0^\circ$	-	I	Fix		A
$ \gamma < 90^\circ$	$\geq 0^\circ$	$\geq 0^\circ$	-	II	Leg	14a	
-	$\geq 0^\circ$	$< 0^\circ$	-	III	Int		
-	$< 0^\circ$	$\geq 0^\circ$	-	IV	Fix		B
-	$< 0^\circ$	$< 0^\circ$	$\geq 0^\circ$	V	Leg	14b	
-	$< 0^\circ$	-	$< 0^\circ$	VI	Fix		C

15 En las zonas I y IV, la cámara 2 es operada en modo "Fix", por lo que es controlada de modo que apunte en un modo fijo a un vértice respectivo (es decir, el vértice situado "delante" del avión 1, en base a las coordenadas actuales del avión 1, las coordenadas del vértice considerado y la dirección de vuelo del avión 1, como se ha descrito con referencia a la figura 3). Solamente en el caso de la zona VI, considerando el vértice C como el último vértice a supervisar y una dirección de vuelo de alejamiento de la zona V, la cámara 2 apunta "hacia atrás" del avión 1, apuntando en modo fijo al vértice C. Esto no es aplicable en el caso donde hay otros subsegmentos a supervisar después del vértice C.

20 En el caso donde el avión 1 está en la zona I y tiene una dirección de vuelo d_{TRK} hacia la zona II (o en la dirección opuesta, de alejamiento de la zona II, y suponiendo que no haya más subsegmentos a supervisar), entonces la cámara 2 apunta en modo fijo al vértice A.

25 En el caso donde el avión 1 es en zona VI y tiene una dirección de vuelo d_{TRK} hacia zona V (o en la dirección opuesta, lejos de zona V, y suponiendo que no hay además subsegmentos a supervisar), entonces la cámara 2 apunta en modo fijo al vértice C.

30 En el caso donde el avión está en la zona IV (es decir, al final de la supervisión de un subsegmento 14a o 14b), la cámara 2 apunta hacia el vértice B independientemente de la dirección de vuelo d_{TRK} .

35 Se deberá indicar que dichas zonas I, IV y VI son tales que, cuando el avión 1 está en una de ellas, la cámara 2 no es capaz de apuntar perpendicularmente sobre ningún subsegmento 14a, 14b. En cambio, si el avión 1 está en una de las otras zonas, entonces es posible apuntar perpendicularmente a uno de los subsegmentos 14a, 14b. Esta última condición se prefiere con respecto a apuntar a un vértice y por lo tanto tiene precedencia.

40 Cuando el avión 1 está en la zona II o V, la cámara 2 es controlada en modo "Leg", por lo que la cámara 2 está en condición de poder apuntar perpendicularmente sobre uno de los respectivos subsegmentos 14a (para la zona II) o 14b (para la zona V).

45 El control lógico 6 controla la orientación de la cámara 2 en modo "Leg" en base a los datos siguientes:

- latitud LAT_A y longitud LON_A del vértice A y latitud LAT_B y longitud LON_B del vértice B para adquirir imágenes del subsegmento 14a;

50 - latitud LAT_B y longitud LON_B del vértice B y latitud LAT_C y longitud LON_C del vértice C para adquirir imágenes del subsegmento 14b;

- latitud LAT_V y longitud LON_V del avión 1;

55 - paso de discretización "d", cuya definición requiere este método y que denota la separación en tierra de los puntos discretos hacia los que la cámara 2 apuntará entre los vértices de los subsegmentos (por ejemplo, A y B).

Para determinar las coordenadas del punto a supervisar, el control lógico 6 realiza el procedimiento descrito con referencia a la figura 5 (con referencia al subsegmento 14a en particular).

Con referencia a la figura 5, el subsegmento 14a, delimitado por los vértices A-B, está subdividido en una pluralidad N_A de partes discretas A_i , cada una de las cuales tiene una longitud dada por el paso de discretización d . El número N_A de partes discretas A_i viene dado por $\frac{AB}{d}$ (donde AB es la longitud del subsegmento 14a).

5 El conocimiento de las coordenadas geográficas de los vértices A y B permite calcular, de manera conocida, el valor de la longitud AB , así como el valor del ángulo β entre el subsegmento 14a y la dirección norte geográfico (flecha N en la figura 5).

10 Un método conocido para calcular el valor de la longitud AB , por ejemplo, lo ofrece T. Vincenty, "Direct and Inverse Solutions of Geodesics on the Ellipsoid with Application of Nested Equations", Survey Review, vol. 23, número 176, abril 1975, págs. 88-93.

15 El mismo método puede usarse para calcular, en base a las coordenadas geográficas del vértice A y del avión 1, el valor de la distancia (rectilínea) r entre el vértice A y la posición actual del avión 1, así como el valor del ángulo ξ entre la dirección norte y la línea recta r .

20 Entonces se calcula la distancia h , que es la longitud de la línea recta entre el vértice A y la proyección del punto donde el avión 1 está situado sobre el subsegmento 14a. El ángulo θ entre la línea recta L_4 (ortogonal al subsegmento 14a y que pasa a través del vértice A) y la línea recta r se calcula de la siguiente manera:

$$\theta = 90^\circ - (\xi - \beta)$$

25 La distancia h se calcula de la siguiente manera:

$$h = r \cdot \sin(\theta).$$

30 El valor de h así calculado permite determinar cuál de las tres partes discretas A_i debe ser observada mediante la cámara 2. Dado el valor tomado por h , se deberán indicar las condiciones siguientes:

- $h \leq 0$, entonces estamos en una zona en la que la cámara 2 es operada en modo "Fix", apuntando al vértice A (zona I);

35 - $0 < h < AB$, entonces A_i corresponde a $(h/d)+1$ (en caso de que h/d sea un número decimal, solamente se considera la parte entera);

- $h \geq AB$, entonces estamos en una zona en la que la cámara 2 es operada en modo "Fix" apuntando al vértice B (en el caso donde B corresponde al último vértice de la línea a observar).

40 En la situación donde $0 < h < AB$: $A_i=A_1=1$ es la primera parte discreta comenzando en el vértice A; $A_i=A_2=2$ es la segunda parte discreta comenzando en el vértice A; y así sucesivamente, donde $A_i=A_M=M$ la M-ésima parte discreta comenzando en el vértice A. El valor de A_i así calculado se utiliza para calcular el valor de la distancia AA_i entre el vértice A y el punto medio de la parte discreta asociada A_i de la siguiente manera:

45 $AA_i = d \cdot A_i - d/2,$

donde se considera el punto medio de cada parte discreta A_i , identificado por la posición espacial de la parte discreta respectiva A_i .

50 Entonces es posible calcular las coordenadas del punto a supervisar, o más bien el punto del que se desea capturar una o varias imágenes o vídeo con la cámara 2. En particular, la latitud LAT_{A_i} y la longitud LON_{A_i} de la parte discreta A_i a supervisar en base a los valores de la latitud LAT_A y la longitud LON_A del vértice A, el valor del ángulo θ y el valor de la distancia AA_i .

55 El método conocido de T. Vincenty, "Direct and Inverse Solutions of Geodesics on the Ellipsoid with Application of Nested Equations" puede ser usado para calcular el valor de la distancia AA_i . El mismo método también permite expresar la latitud LAT_{A_i} y la longitud LON_{A_i} de la parte discreta A_i en función del vértice A, el valor del ángulo θ y el valor de la distancia AA_i .

60 De nuevo, con referencia a la tabla (1), la zona III es una zona intermedia en la que la cámara opera en modo "Int". Esta zona es una zona de transición entre las zonas II y V en las que la cámara 2 opera en modo "Leg". Cuando el avión 1 está en la zona III, la cámara 2 es controlada con el fin de adquirir imágenes tanto del subsegmento 14a como del subsegmento 14b a una velocidad incrementada. De hecho, en la zona III, la condición de perpendicularidad entre la dirección de orientación de la cámara 2 y los subsegmentos 14a y 14b tiene lugar con respecto a ambos subsegmentos 14a y 14b.

La definición de las zonas permite extender el concepto de mejor observabilidad de la línea de tierra, incluyendo las zonas de tierra en las que no se garantiza dicha condición de perpendicularidad, o aquellas en las que la cumplen varios segmentos de la línea de tierra (como sucede, por ejemplo, en la zona III). La velocidad de adquisición de imágenes depende de la posición del avión (y en consecuencia de su velocidad con respecto a tierra), y, por lo tanto, es constante en el caso de un avión que se mueve en el espacio con movimiento uniforme. En las áreas de las zonas donde no se cumple la perpendicularidad, la cámara es controlada de modo que encuadre constantemente el punto más próximo al avión. En cambio, en las zonas donde la perpendicularidad la cumplen varios puntos, la velocidad de adquisición de imágenes se incrementa para permitir la observación de todos los segmentos de la línea (por ejemplo, ambos subsegmentos 14a y 14b).

Con referencia a la figura 6, el valor del ángulo $\delta = \rho - \gamma_1$ (es decir, el ángulo entre L_1 y L_2) viene dado por el valor absoluto de la diferencia $\delta = \rho - \gamma_1$. Se deberá indicar que la diferencia $\delta = \rho - \gamma_1$ es positiva con respecto a la situación representada en la figura 6, donde el ángulo ABC (con el vértice en B dentro de la subzona 10a) es menor de 180° . Mientras que si se considera el caso contrario, en el que el ángulo ABC (siempre con el vértice en B dentro de la subzona 10a) es mayor de 180° , la diferencia $\delta = \rho - \gamma_1$ es negativa. El tamaño angular de la zona intermedia (δ) es, por lo tanto, el valor absoluto de la diferencia en la orientación de los dos segmentos sucesivos (AB y BC) correlacionados con los ángulos ρ y γ_1 .

La zona III está dividida por la mitad, en dos subzonas en las que la primera subzona III₁ está incluida entre la línea recta L_2 y la línea recta L_δ que divide el ángulo δ por la mitad, y la segunda subzona III₂ está incluida entre la línea recta L_1 y la línea recta L_δ .

Para determinar las coordenadas del punto a supervisar, cuando el avión 1 entra en la subzona III₁ de la zona II, se utiliza el procedimiento siguiente.

Al entrar en la zona III, se conoce el número de partes discretas A_i (del subsegmento 14a) ya sobre pasado y supervisado. Las partes discretas restantes A_i del subsegmento 14a todavía a supervisar deben ser supervisadas (es decir, sus respectivas imágenes deben ser capturadas por la cámara 2) hasta que el avión 1 esté en la subzona III₁ de la zona III. Dividiendo $\delta/2$ por el número de partes discretas restantes A_i , es posible determinar la magnitud v de los sectores radiales de la subzona III₁ dentro de la que la cámara debe ser controlada con el fin de capturar una imagen para cada una de las partes discretas restantes A_i , con el fin de completar la supervisión del subsegmento 14a. En otros términos, la subzona III₁ está subdividida en una pluralidad de sectores radiales, cada uno de ellos definido por respectivas líneas $L_{\delta/2_A}$, sobre los que pasa el avión 1 durante su vuelo. El paso de apuntar la cámara 2 desde una parte discreta A_i a una parte discreta sucesiva A_{i+1} corresponde a la transición de un sector radial a otro en la subzona III₁.

Para identificar el sector radial donde el avión está volando, y en consecuencia el punto A_i a supervisar, se utiliza el procedimiento siguiente. Se calcula el valor de ángulo μ , definido como el ángulo entre la línea recta L_2 y la línea recta r_B que pasa entre el avión 1 y el vértice B (en el caso representado en la figura 6, la línea recta r_B está superpuesta sobre L_2). Matemáticamente, el ángulo μ se calcula de la siguiente manera:

- $\mu = -\gamma_1$ si el azimut del segmento AB con respecto al norte es menor que el azimut del segmento BC con respecto al norte (el caso de la figura 6); y $\mu = 180^\circ - |\gamma_1|$ si el azimut de AB con respecto al norte es más grande que el azimut del segmento BC con respecto al norte.

Para calcular el sector radial en el que el avión 1 está volando, se utiliza el procedimiento siguiente: el ángulo μ (una función de la posición actual del avión) se divide por la magnitud de cada sector radial v (una función de la geometría de línea); el valor entero del resultado corresponde al índice "i" que indica el punto A_i a supervisar. Específicamente:

$$i = \text{int}(\mu/v),$$

donde "int" indica la operación por la que se desechan los dígitos decimales que derivan de la operación de división y sólo se considera la parte entera.

Con referencia a la figura 6, no es posible adquirir imágenes perpendicularmente a cada subsegmento A_i en cualquier sector radial de la subzona III₁. Solamente se adquieren imágenes perpendicularmente en las zonas "Leg".

La llegada a la línea recta L_δ corresponde a que el avión 1 ha completado el ángulo $\delta/2$, y también corresponde a entrar en la subzona III₂.

La entrada del avión 1 a la subzona III₂ corresponde al inicio de la supervisión del subsegmento 14b. De forma idéntica a la descrita con referencia a la figura 5, el subsegmento 14b también es discretizado en una pluralidad de partes discretas B_i que tienen la misma extensión espacial "d" (paso de discretización). La subzona III₂ está subdividida en una pluralidad de sectores radiales, cada uno de ellos definido por respectivas líneas $L_{\delta/2_B}$, que el avión 1 cruzará durante su vuelo (figura 7). El paso de apuntar la cámara 2 desde una parte discreta B_i a una parte discreta sucesiva B_{i+1} corresponde a la transición de un sector radial a otro en la subzona III₂. La proyección del

avión 1 en el subsegmento 14b a la salida de la zona III/entrada a la zona V no se conoce de antemano y depende de la ruta seguida por el avión 1. En consecuencia, la parte discreta B_i a la que la cámara 2 debe apuntar (perpendicularmente) a la salida de la zona III/entrada a la zona V también es desconocida. Para ello, se realiza una aproximación por la que se asume que el avión 1 vuela en una ruta en la subzona III_2 que tiene una dirección correspondiente a la dirección de vuelo supuesta en el paso de la subzona III_1 a la subzona III_2 . Así, es posible determinar una posición geográfica K de antemano, correspondiente al paso de la zona III a la zona V, que corresponde al punto B_p proyectado en el subsegmento 14b.

El procedimiento para calcular las coordenadas del punto B_p del subsegmento 14b a supervisar a la entrada a la subzona III_2 es el siguiente.

Se calcula la distancia “m” entre el vértice B y la posición que el avión 1 ha asumido en la línea recta L_2 , a saber, al entrar a la subzona III_1 . Esta operación es posible en base a los valores de latitud y longitud del vértice B (conocidos) y los asumidos por el avión 1 (conocidos mediante el dispositivo GPS 4 y almacenados en la memoria 16).

Entonces, se calculan los valores para los ángulos τ y ϵ , respectivamente, formados por la intersección de la línea recta L_2 con la dirección (que se supone recta en el punto de intersección) del avión 1 y por la intersección de la línea recta L_1 con la dirección (que se supone recta en el punto de intersección) del avión 1. Dado que $m/\sin(\epsilon)=n/\sin(\tau)$, la distancia “n” entre el vértice B y el punto K de la transición supuesta de la zona III a la zona V viene dada por la relación siguiente:

$$n = m \cdot [\sin(\tau) / \sin(\epsilon)].$$

La distancia h_1 entre el vértice B y el punto B_p en el subsegmento 14b viene dada por:

$$h_1 = n \cdot \sin(\delta).$$

La distancia h_1 incluye un número de partes discretas B_i , dadas por h_1/b . En el caso donde la operación h_1/b suministra un número decimal, solamente se considera la parte entera. El número de partes discretas B_i así obtenido representa las partes discretas B_i que deben ser supervisadas en la subzona III_2 , dentro del ángulo $\delta/2$. La anchura, medida a lo largo de la dirección de vuelo supuesta d_{TRK} , de cada sector radial en la subzona III_2 se obtiene dividiendo $\delta/2$ por el número de partes discretas B_i , dado por h_1/b (considerando solamente la parte entera).

En la figura 6 se puede observar que, en las subzonas III_1 e III_2 , la permanencia del avión en cada sector radial es más corta que su permanencia en las partes discretas A_i (y, de forma similar, B_i), puesto que, especialmente cerca de los segmentos 14a y 14b, cada sector radial es “más estrecho” con respecto a las partes discretas A_i (B_i). Por lo tanto, es evidente que, en las subzonas III_1 e III_2 , la velocidad de adquisición de imágenes de la cámara 2 es mayor que la velocidad de adquisición de imágenes en las zonas II y V. Además, dependiendo de la dirección de vuelo del avión, la velocidad de adquisición de imágenes en la subzona III_1 puede ser diferente (más grande en el ejemplo de la figura 6) de la de la subzona III_2 .

Después de salir de la zona III, el avión 1 entra en la zona V. La zona V es similar a la zona I y la orientación de la cámara 2 ortogonalmente a las partes discretas B_i tiene lugar de manera similar a la descrita con referencia a la zona I, figura 5.

Hay una condición especial cuando el método de supervisión se inicia mientras el avión 1 está en una zona intermedia “Int”, por ejemplo, en la zona III. De hecho, en este caso, la cámara 2 debe ser controlada para explorar una parte final del subsegmento 14a (cerca del vértice B) en el caso donde el avión está en la subzona III_1 , o explorar una parte inicial del subsegmento 14b (cerca del vértice B) en el caso donde el avión está en la subzona III_2 .

Como se representa en la figura 8, cuando el avión 1 está en la subzona III_1 y recibe la orden de iniciar la supervisión en esta subzona III_1 , el control lógico 6 opera de la siguiente manera.

El ángulo Φ , que es el ángulo entre la línea recta r_B (que conecta el avión 1 con el vértice B) y la línea recta L_δ , se calcula de la siguiente manera:

$$\Phi = \rho - \delta/2,$$

donde ρ (véase la figura 4) es el ángulo entre la línea recta L_1 y la línea recta que conecta el avión 1 con el vértice B.

Entonces se calcula la longitud l_r de la parte del subsegmento 14a incluida entre el vértice B y el punto J de intersección entre el subsegmento 14a y una línea recta r_j ortogonal al subsegmento 14a y que pasa a través del punto donde el avión 1 está situado. El valor de l_r viene dado por:

$$l_r = r_B \cdot \sin(\rho),$$

donde r_B es, como se ha indicado, la distancia (rectilínea) entre el avión 1 y el vértice B.

Entonces se calcula el número N_{A_i} de partes discretas A_i presentes dentro de la parte de longitud l_r del subsegmento 14a.

5

Este valor se obtiene como:

$$N_{A_i} = \text{int}(l_r/d),$$

10 donde "int" indica la operación por la que se desechan los dígitos decimales que derivan de la operación de división y solamente se considera la parte entera.

Además, dividiendo el valor del ángulo Φ por el valor de N_{A_i} , es posible calcular la distancia angular Φ_1 cubierta por el avión 1 en cada sector radial L_ϕ . Cuando el avión 1 esté en uno de los sectores radiales L_ϕ , la cámara 2 será controlada para capturar imágenes de una parte discreta respectiva A_i . En otros términos, una y solamente una porción discreta A_i a supervisar está asociada con cada sector radial L_ϕ . El primer sector radial L_ϕ comenzando en la línea recta r_B está asociado con la primera parte discreta A_i que comienza en el punto J, el segundo sector radial L_ϕ que comienza en la línea recta r_B está asociado con la segunda parte discreta A_i que comienza en el punto J, y así sucesivamente. El avión pasa de un sector radial L_ϕ al sector radial siguiente $L_{\phi+1}$ cada " Φ_1 " grados, hasta que se llega a la línea recta $L\delta$, es decir, hasta que $\rho=\delta/2$. El paso de la subzona III₁ a la subzona III₂ se maneja como ya se ha descrito con referencia a la figura 7.

15

20

Hay otra condición especial cuando el método de supervisión se inicia mientras el avión 1 está en la subzona III₂ de la zona intermedia III. En este caso, la cámara 2 es controlada para explorar el subsegmento 14b.

25

Como se representa en la figura 8, cuando el avión 1 está en la subzona III₂ (en este caso, el avión es identificado por el número de referencia 1') y recibe la orden de iniciar la supervisión en dicha subzona III₂, el control lógico 6 opera de la siguiente manera.

30

Se calculan las coordenadas para el punto W, dado por la proyección sobre el subsegmento 14b del punto donde el avión 1' está situado (es decir, las coordenadas del punto W de la intersección del subsegmento 14b con una línea recta ortogonal al subsegmento 14b y que pasa a través del punto donde el avión 1' está situado). La supervisión del subsegmento 14b empieza en este punto W, prosiguiendo hacia el vértice C de manera similar a la ya descrita con referencia a las figuras 5, es decir, para una zona "Leg".

35

Es evidente por la descripción que el método según la presente invención representa una evolución significativa con respecto a lo referido en la literatura y conocido en la técnica actual.

40

En particular, el sistema y el método según la presente invención permiten completar la automatización de los procedimientos de supervisión realizados por un avión con o sin un piloto, asegurando siempre el mejor ángulo de la cámara para la captura de imagen. Además, la automatización inherente en el método de la presente invención permite reducir la carga de trabajo del operador responsable de gestionar la cámara. Con este método, los controles que deben ser manejados por el operador (si los hay) se referirán principalmente a la selección de la óptica a usar para la supervisión (por ejemplo, electroóptica o infrarrojos) y la regulación del zoom. Finalmente, dado que el método de supervisión descrito no está limitado por el recorrido (planificado o no) seguido por el avión, sino que depende solamente de la posición geográfica del avión, el operador tendrá la flexibilidad de alterar la ruta de vuelo según las condiciones de la misión sin tener que preocuparse por la orientación de la cámara 2. De esta forma, el operador puede centrarse en el análisis y la interpretación de las imágenes adquiridas durante la supervisión.

45

50

Además, dentro del ámbito de los vehículos aéreos no tripulados, la automatización es un elemento clave estrechamente vinculado a la madurez tecnológica del sistema. Por otra parte, los bajos costos de estos aviones son uno de los factores fundamentales que dan lugar a su desarrollo y que podrían contribuir en el futuro a establecer su difusión tanto en el ámbito civil como en el militar. De hecho, a diferencia del avión tradicional, la flexibilidad operativa podría dar origen a soluciones donde, por ejemplo, un operador sea responsable tanto del manejo el avión como de los sensores disponibles. Otras soluciones tienen la finalidad de que un solo operador sea capaz de gestionar simultáneamente varios aviones o varios sensores (de uno o varios aviones). El método descrito en la presente invención puede contribuir a lograr estos objetivos.

55

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para supervisar objetivos terrestres lineales (12), configurado para ser instalado en un avión (1) adaptado para volar sobre una zona geográfica (10), incluyendo:
- 5 - un dispositivo de captura de imagen y/o vídeo (2) que puede estar acoplado operativamente a dicho avión (1);
- un dispositivo de localización (4) adecuado para ser instalado en el avión (1) y configurado para proporcionar primeras coordenadas geográficas (LAT_v , LON_v) de dicho avión (1) que identifican una posición actual del avión (1) a lo largo de una dirección de recorrido de vuelo (d_{TRK});
- 10 - una memoria (16) que almacena segundas (LAT_A , LON_A), terceras (LAT_B , LON_B) y cuartas (LAT_C , LON_C) coordenadas geográficas predeterminadas de al menos una primera (A), una segunda (B) y una tercera (C) posición terrestre respectivamente, definiendo dichas segundas y terceras coordenadas geográficas respectivos vértices (A, B) de un primer objetivo recto (14a) a supervisar, y definiendo dichas terceras y cuartas coordenadas geográficas respectivos vértices (B y C) de un segundo objetivo recto (14b), contiguo con el primer objetivo recto, a supervisar de tal manera que los objetivos rectos primero y segundo (14a y 14b) formen una cadena poligonal simple (14);
- 15 - lógica de procesamiento (6) conectada operativamente al dispositivo de captura (2), el dispositivo de localización (4) y la memoria (16), y configurada para:
- 20 (i) adquirir, del dispositivo de localización (4), las primeras coordenadas geográficas que identifican una posición actual del avión a lo largo de dicha dirección de recorrido de vuelo (d_{TRK});
- (ii) adquirir, de la memoria (16), las segundas, las terceras y las cuartas coordenadas geográficas predeterminadas;
- (iii) subdividir la zona geográfica (10) en una primera y una segunda subzona geográfica (10a y 10b) separadas una de otra por dicha cadena poligonal simple (14);
- 30 (iv) determinar si existe una primera línea recta ideal, pasando la primera línea recta ideal a través de las primeras coordenadas geográficas e intersecando ortogonalmente el primer objetivo recto (14a);
- (v) si existe dicha primera línea recta ideal, dirigir dicho dispositivo de captura (2) hacia el primer objetivo recto a lo largo de la dirección definida por dicha primera línea recta ideal, en caso contrario realizar la operación (vi) para
- 35 (vi) determinar una segunda línea recta ideal que pasa a través de las primeras coordenadas geográficas e interseca ortogonalmente el segundo objetivo recto, y dirigir dicho dispositivo de captura (2) hacia el segundo objetivo recto a lo largo de la dirección definida por dicha segunda línea recta ideal,
- 40 **caracterizado porque** la lógica de procesamiento (6) está configurada además para definir una primera zona operativa (II) asociada con el primer objetivo recto (14a), una segunda zona operativa (V) asociada con el segundo objetivo recto (14b), y una tercera zona operativa (III),
- 45 estando incluida dicha primera zona operativa (II) entre una línea límite L_4 ortogonal al primer objetivo recto (14a) y que pasa a través de las segundas coordenadas geográficas (LAT_A , LON_A), y una línea límite L_1 ortogonal al primer objetivo recto (14a) y que pasa a través de las terceras coordenadas geográficas (LAT_B , LON_B),
- estando incluida dicha segunda zona operativa (V) entre una línea límite L_2 ortogonal al segundo objetivo recto (14b) y que pasa a través de las terceras coordenadas geográficas (LAT_B , LON_B), y una línea límite L_3 ortogonal al
- 50 segundo objetivo recto (14b) y que pasa a través de las cuartas coordenadas geográficas (LAT_C , LON_C), y
- estando incluida dicha tercera zona operativa (III) entre la línea límite L_2 y la línea límite L_1 y siendo definida por el solapamiento parcial de las zonas operativas primera y segunda, donde la lógica de procesamiento (6) está configurada además para:
- 55 • controlar dicho dispositivo de captura (2) para adquirir imágenes asociadas con el primer objetivo recto (14a) a una primera velocidad de adquisición cuando el avión (1) vuela sobre dicha primera zona operativa (II), pero no dicha tercera zona operativa (III);
- 60 • controlar dicho dispositivo de captura (2) para adquirir imágenes asociadas con el segundo objetivo recto (14b) a una segunda velocidad de adquisición cuando el avión (1) vuela sobre dicha segunda zona operativa (V), pero no dicha tercera zona operativa (III); y
- 65 • controlar dicho dispositivo de captura (2) para adquirir imágenes asociadas tanto con el primer objetivo recto (14a) como con el segundo objetivo recto (14b) a una tercera velocidad de adquisición, más grande que las velocidades de adquisición primera y segunda, cuando el avión (1) vuela sobre dicha tercera zona operativa (III).

2. Un sistema de supervisión según la reivindicación 1, donde la lógica de procesamiento (6) está configurada además para:
- 5 subdividir el primer objetivo recto (14a) en una pluralidad de primeros subsegmentos rectos (A_i);
 subdividir el segundo objetivo recto (14b) en una pluralidad de segundos subsegmentos rectos (B_i); y
 10 actualizar periódicamente las primeras coordenadas geográficas del avión a lo largo de dicha ruta por medio del dispositivo de localización (4),
 realizándose dichos pasos de determinar si existe la primera línea recta ideal o la segunda línea recta ideal en cada primero o, respectivamente, segundo subsegmento recto (A_i o B_i).
- 15 3. Un sistema de supervisión según la reivindicación 1 o 2, donde la operación (iv) incluye:
 calcular respectivas líneas rectas intermedias primera y segunda, cada una de las cuales pasa a través de un punto definido por las primeras coordenadas geográficas (LAT_V , LON_V) y a través de un punto respectivo (A, B) identificado por las segundas (LAT_A , LON_A) y terceras (LAT_B , LON_B) coordenadas geográficas; y
 20 determinar si al menos una de dichas líneas rectas intermedias primera y segunda forma al menos un ángulo respectivo de menos de 90° con la dirección de recorrido de vuelo (d_{TRK}) y, si es así, determinar dicha primera línea recta ideal.
- 25 4. Un sistema de supervisión según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde la operación (vi) incluye:
 calcular una tercera línea recta intermedia que pasa a través de un punto identificado por las primeras coordenadas geográficas (LAT_V , LON_V) y un punto (C) identificado por las cuartas coordenadas geográficas (LAT_C , LON_C);
 30 verificar si la tercera línea recta intermedia forma al menos un ángulo de menos de 90° con la dirección de recorrido de vuelo (d_{TRK}) y, si es así,
 determinar dicha segunda línea recta ideal.
- 35 5. Un sistema de supervisión según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde la lógica de procesamiento (6) está configurada además para:
 controlar dicho dispositivo de captura (2) para adquirir imágenes asociadas con el primer objetivo recto (14a) a una velocidad de adquisición más grande que la primera velocidad de adquisición cuando el avión (1) vuela sobre una
 40 primera parte (III_1), contigua con la primera zona operativa, de dicha tercera zona operativa (III); y
 controlar dicho dispositivo de captura (2) para adquirir imágenes asociadas con el segundo objetivo recto (14b) a una velocidad de adquisición más grande que la segunda velocidad de adquisición cuando el avión (1) vuela sobre una segunda parte (III_2), contigua con dicha primera parte (III_1), de dicha tercera zona operativa (III).
- 45 6. Un sistema de supervisión según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde, cuando el avión (1) vuela sobre la primera subzona geográfica (10a), la lógica de procesamiento (6) está configurada además para:
 50 calcular el valor de un ángulo γ entre el primer objetivo recto (14a) y la primera línea recta intermedia y que se extiende solamente en la primera subzona geográfica (10a);
 calcular el valor de un ángulo ρ entre la línea límite L_1 y la segunda línea recta intermedia y que se extiende solamente en la primera subzona geográfica (10a);
 55 calcular el valor de un ángulo γ_1 entre la línea límite L_2 y la segunda línea recta intermedia y que se extiende solamente en la primera subzona geográfica (10a);
 calcular el valor de un ángulo ρ_1 entre la línea límite L_3 y la tercera línea recta intermedia y que se extiende solamente en la primera subzona geográfica (10a);
 60 calcular el valor de un ángulo δ entre la línea límite L_1 y la línea límite L_2 y que se extiende solamente en la primera subzona geográfica (10a);
 65 controlar dicho dispositivo de captura (2) con el fin de adquirir imágenes asociadas con el primer objetivo recto (14a) a la primera velocidad de adquisición cuando el avión (1) vuela sobre la primera zona operativa (II), pero no la tercera zona operativa (III) y cuando $|\gamma| < 90^\circ$, $\rho \geq 0^\circ$ y $|\gamma_1| < 0^\circ$;

- controlar dicho dispositivo de captura (2) con el fin de adquirir imágenes asociadas con el segundo objetivo recto (14b) a la segunda velocidad de adquisición cuando el avión (1) vuela sobre la segunda zona operativa (V), pero no la tercera zona operativa (III) y cuando $\rho < 0^\circ$, $\gamma_1 < 0^\circ$ y $\rho_1 \geq 0^\circ$;
- 5 controlar dicho dispositivo de captura (2) con el fin de adquirir imágenes asociadas con el primer objetivo recto (14a) a la tercera velocidad de adquisición cuando el avión (1) vuela sobre la tercera zona operativa (III) y cuando $\rho > \delta/2$;
- 10 controlar dicho dispositivo de captura (2) con el fin de adquirir imágenes asociadas con el segundo objetivo recto (14B) a la cuarta velocidad de adquisición cuando el avión (1) vuela sobre la tercera zona operativa (III) y cuando $\rho < \delta/2$.
7. Un sistema de supervisión según alguna de las reivindicaciones precedentes, donde la lógica de procesamiento (6) está configurada además para:
- 15 definir una cuarta zona operativa (IV) en la segunda subzona geográfica (10b) entre la línea límite L_1 y la línea límite L_2 ;
- 20 definir una quinta zona operativa (I) en una zona geográfica externa a las subzonas geográficas primera y segunda (10a y 10b) y delimitada por la línea límite L_4 ;
- definir una sexta zona operativa (VI) en una zona geográfica externa a las subzonas geográficas primera y segunda (10a y 10b) y delimitada por la línea límite L_3 ;
- 25 controlar dicho dispositivo de captura (2) para adquirir imágenes asociadas con la segunda posición terrestre (B) cuando el avión (1) vuela sobre dicha cuarta zona operativa (IV);
- controlar dicho dispositivo de captura (2) para adquirir imágenes asociadas con la primera posición terrestre (A) cuando el avión (1) vuela sobre dicha quinta zona operativa (I); y
- 30 controlar dicho dispositivo de captura (2) para adquirir imágenes asociadas con la tercera posición terrestre (C) cuando el avión (1) vuela sobre dicha sexta zona operativa (VI).
8. Un sistema según alguna de las reivindicaciones precedentes, incluyendo además un dispositivo para calcular los datos digitales de elevación del terreno (DTED) configurados para asociar con cada una de dichas segundas (LAT_A , LON_A), terceras (LAT_B , LON_B) y cuartas (LAT_C , LON_C) coordenadas geográficas una altura respectiva por encima del nivel del mar.
- 35 9. Un método para supervisar objetivos terrestres lineales (12) desde un avión (1) adaptado para volar sobre una zona geográfica (10) e incluyendo: un dispositivo de captura de imagen y/o vídeo (2); un dispositivo de localización (4) configurado para proporcionar primeras coordenadas geográficas (LAT_V , LON_V) de dicho avión (1) que identifican una posición actual del avión (1) a lo largo de una dirección de recorrido de vuelo (d_{TRK}); una memoria (16) que almacena segundas (LAT_A , LON_A), terceras (LAT_B , LON_B) y cuartas (LAT_C , LON_C) coordenadas geográficas predeterminadas de al menos una primera (A), una segunda (B) y una tercera (C) posición terrestre, respectivamente, definiendo dichas segundas y terceras coordenadas geográficas respectivos vértices (A, B) de un primer objetivo recto (14a) a supervisar, y definiendo dichas terceras y cuartas coordenadas geográficas respectivos vértices (B, C) de un segundo objetivo recto (14b), contiguo con el primer objetivo recto, a supervisar, de tal manera que los objetivos rectos primero y segundo (14a y 14b) formen una cadena poligonal simple (14),
- 40 incluyendo dicho método los pasos de:
- (i) adquirir, del dispositivo de localización (4), las primeras coordenadas geográficas que identifican una posición actual del avión a lo largo de dicha dirección de recorrido de vuelo (d_{TRK});
- 55 (ii) adquirir, de la memoria (16), las segundas, terceras y cuartas coordenadas geográficas predeterminadas;
- (iii) subdividir la zona geográfica (10) en una primera y una segunda subzona geográfica (10a y 10b) separadas una de otra por dicha cadena poligonal simple abierta (14);
- 60 (iv) determinar si existe una primera línea recta ideal que pasa a través de las primeras coordenadas geográficas y que interseca ortogonalmente el primer objetivo recto (14a);
- (v) si existe dicha primera línea recta ideal, dirigir dicho dispositivo de captura (2) hacia el primer objetivo recto a lo largo de la dirección definida por dicha primera línea recta ideal, en caso contrario realizar la operación (vi) de
- 65

(vi) determinar una segunda línea recta ideal que pasa a través de las primeras coordenadas geográficas y que interseca ortogonalmente el segundo objetivo recto y dirigir dicho dispositivo de captura (2) hacia el segundo objetivo recto a lo largo de la dirección definida por dicha segunda línea recta ideal,

5 **caracterizado porque** incluye además el paso de definir una primera zona operativa (II) asociada con el primer objetivo recto (14a), una segunda zona operativa (V) asociada con el segundo objetivo recto (14b), y una tercera zona operativa (III),

10 estando incluida dicha primera zona operativa (II) entre una línea límite L_4 ortogonal al primer objetivo recto (14a) y que pasa a través de las segundas coordenadas geográficas (LAT_A , LON_A), y una línea límite L_1 ortogonal al primer objetivo recto (14a) y que pasa a través de las terceras coordenadas geográficas (LAT_B , LON_B),

15 estando incluida dicha segunda zona operativa (V) entre una línea límite L_2 ortogonal al segundo objetivo recto (14b) y que pasa a través de las terceras coordenadas geográficas (LAT_B , LON_B), y una línea límite L_3 ortogonal al segundo objetivo recto (14b) y que pasa a través de las cuartas coordenadas geográficas (LAT_C , LON_C), y

estando incluida dicha tercera zona operativa (III) entre la línea límite L_2 y la línea límite L_1 y siendo definida por el solapamiento parcial de las zonas operativas primera y segunda, incluyendo además el método los pasos de:

20 • controlar dicho dispositivo de captura (2) para adquirir imágenes asociadas con el primer objetivo recto (14a) a una primera velocidad de adquisición cuando el avión (1) vuela sobre dicha primera zona operativa (I), pero no dicha tercera zona operativa (III);

25 • controlar dicho dispositivo de captura (2) para adquirir imágenes asociadas con el segundo objetivo recto (14b) a una segunda velocidad de adquisición cuando el avión (1) vuela sobre dicha segunda zona operativa (V), pero no dicha tercera zona operativa (III); y

30 • controlar dicho dispositivo de captura (2) para adquirir imágenes asociadas con el primer objetivo recto (14a) a una tercera velocidad de adquisición, más grande que las velocidades de adquisición primera y segunda, cuando el avión (1) vuela sobre dicha tercera zona operativa (III).

10. Un método de supervisión según la reivindicación 9, incluyendo además los pasos de:

35 subdividir el primer objetivo recto (14a) en una pluralidad de primero subsegmentos rectos (A_i);

subdividir el segundo objetivo recto (14b) en una pluralidad de segundos subsegmentos rectos (B_i); y actualizar periódicamente las primeras coordenadas geográficas del avión a lo largo de dicha dirección de recorrido de vuelo por medio del dispositivo de localización (4),

40 siendo realizados periódicamente dichos pasos de determinar si existe la primera línea recta ideal o la segunda línea recta ideal en cada primero o, respectivamente, segundo subsegmento recto (A_i , B_i).

11. Un método de supervisión según la reivindicación 9 o 10, donde el paso (iv) incluye:

45 calcular respectivas líneas rectas intermedias primera y segunda que pasan a través de un punto identificado por las primeras coordenadas geográficas (LAT_V , LON_V) y a través de un punto respectivo (A, B) definido por las segundas (LAT_A , LON_A) y, respectivamente, las terceras (LAT_B , LON_B) coordenadas geográficas; y

50 determinar si al menos una de dichas líneas rectas intermedias primera y segunda forma al menos un ángulo respectivo de menos que 90° con la dirección de recorrido de vuelo (d_{TRK}) y, si es así, determinar dicha primera línea recta ideal.

12. Un método de supervisión según alguna de las reivindicaciones 9-11, donde el paso (vi) incluye:

55 calcular una tercera línea recta intermedia que pasa a través de un punto identificado por las primeras coordenadas geográficas (LAT_V , LON_V) y un punto (C) identificado por las cuartas coordenadas geográficas (LAT_C , LON_C);

verificar si la tercera línea recta intermedia forma al menos un ángulo de menos de 90° con la dirección de recorrido de vuelo (d_{TRK}); y, si es así,

60 determinar dicha segunda línea recta ideal.

13. Un método de supervisión según alguna de las reivindicaciones 9-12, incluyendo además los pasos de:

- controlar dicho dispositivo de captura (2) para adquirir imágenes asociadas con el primer objetivo recto (14a) a una velocidad de adquisición más grande que la primera velocidad de adquisición cuando el avión (1) vuela sobre una primera parte (III₁), contigua con la primera zona operativa, de dicha tercera zona operativa (III); y
- 5 controlar dicho dispositivo de captura (2) para adquirir imágenes asociadas con el segundo objetivo recto (14b) a una velocidad de adquisición más grande que la segunda velocidad de adquisición cuando el avión (1) vuela sobre una segunda parte (III₂), contigua con dicha primera parte, de dicha tercera zona operativa (III).
14. Un método de supervisión según alguna de las reivindicaciones 9-13, donde, cuando el avión (1) vuela sobre la primera subzona geográfica (10a), el método incluye además los pasos de:
- 10 calcular el valor de un ángulo γ entre el primer objetivo recto (14a) y la primera línea recta intermedia y que se extiende solamente en la primera subzona geográfica (10a);
- 15 calcular el valor de un ángulo ρ entre la línea límite L_1 y la segunda línea recta intermedia, y que se extiende solamente en la primera subzona geográfica (10a);
- calcular el valor de un ángulo γ_1 entre la línea límite L_2 y la segunda línea recta intermedia y que se extiende solamente en la primera subzona geográfica (10a);
- 20 calcular el valor de un ángulo ρ_1 entre la línea límite L_3 y la tercera línea recta intermedia y que se extiende solamente en la primera subzona geográfica (10a);
- calcular el valor de un ángulo δ entre la línea límite L_1 y la línea límite L_2 y que se extiende solamente en la primera subzona geográfica (10a);
- 25 controlar dicho dispositivo de captura (2) con el fin de adquirir imágenes asociadas con el primer objetivo recto (14a) a la primera velocidad de adquisición cuando el avión (1) vuela sobre la primera zona operativa (II), pero no la tercera zona operativa (III) y con $|\gamma| < 90^\circ$, $\rho \geq 0^\circ$ y $|\gamma| \geq 0^\circ$;
- 30 controlar dicho dispositivo de captura (2) con el fin de adquirir imágenes asociadas con el segundo objetivo recto (14b) a la segunda velocidad de adquisición cuando el avión (1) vuela sobre la segunda zona operativa (V), pero no la tercera zona operativa (III) y con $\rho < 0^\circ$, $\gamma_1 < 0^\circ$ y $\rho_1 \geq 0^\circ$;
- 35 controlar dicho dispositivo de captura (2) con el fin de adquirir imágenes asociadas con el primer objetivo recto (14a) a la tercera velocidad de adquisición cuando el avión (1) vuela sobre la tercera zona operativa (III) y con $\rho > \delta/2$; y
- controlar dicho dispositivo de captura (2) con el fin de adquirir imágenes asociadas con el segundo objetivo recto (14b) a la cuarta velocidad de adquisición cuando el avión (1) vuela sobre la tercera zona operativa (III) y con $\rho < \delta/2$.
- 40 15. Un método de supervisión según alguna de las reivindicaciones 9-14, incluyendo además los pasos de:
- definir una cuarta zona operativa (IV) en la segunda subzona geográfica (10b) entre la línea límite L_1 y la línea límite L_2 ;
- 45 definir una quinta zona operativa (I) en una zona geográfica externa a las subzonas geográficas primera y segunda (10a y 10b) y delimitada por la línea límite L_4 ;
- definir una sexta zona operativa (VI) en una zona geográfica externa a las subzonas geográficas primera y segunda (10a y 10b) y delimitada por la línea límite L_3 ;
- 50 controlar dicho dispositivo de captura (2) para adquirir imágenes asociadas con la segunda posición terrestre (B) cuando el avión (1) vuela sobre dicha cuarta zona operativa (IV);
- 55 controlar dicho dispositivo de captura (2) para adquirir imágenes asociadas con la primera posición terrestre (A) cuando el avión (1) vuela sobre dicha quinta zona operativa (I); y
- controlar dicho dispositivo de captura (2) para adquirir imágenes asociadas con la tercera posición terrestre (C) cuando el avión (1) vuela sobre dicha sexta zona operativa (VI).
- 60

FIG. 1

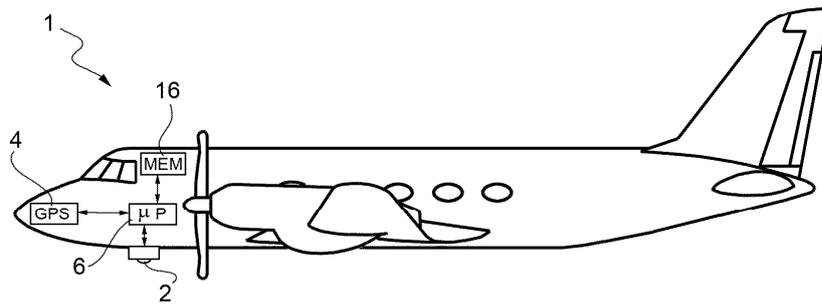


FIG. 2

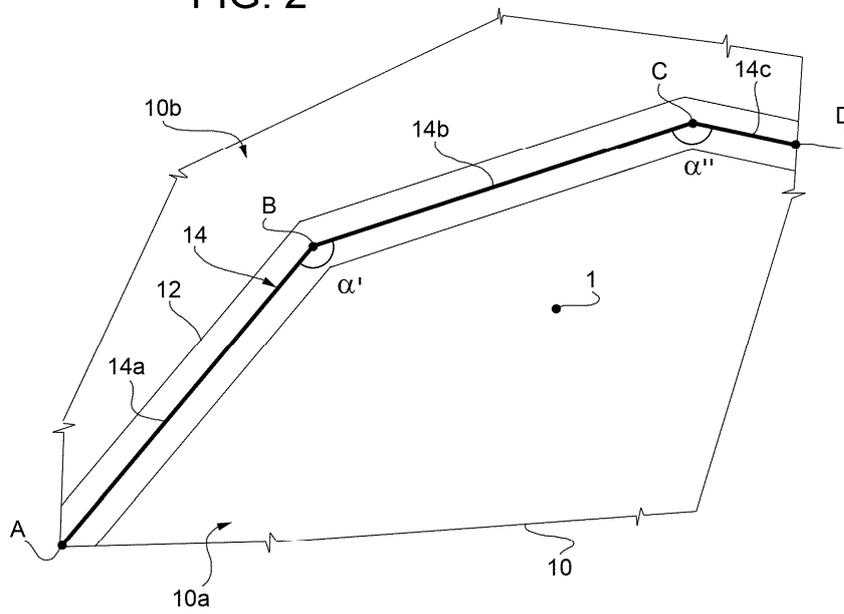
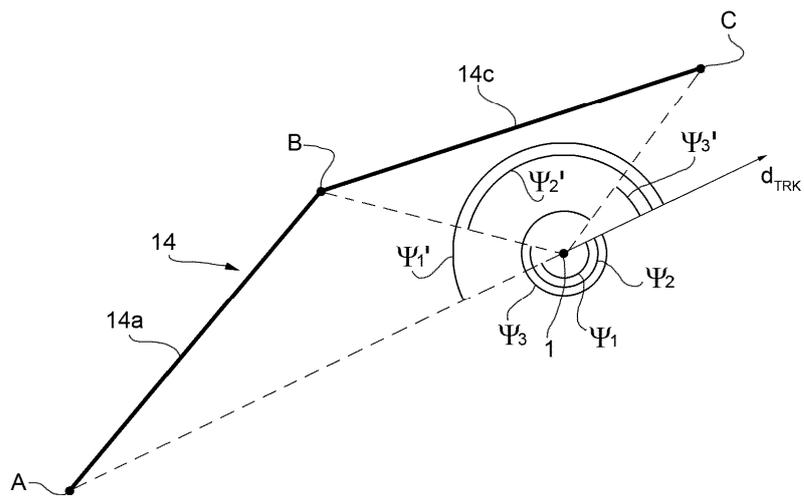
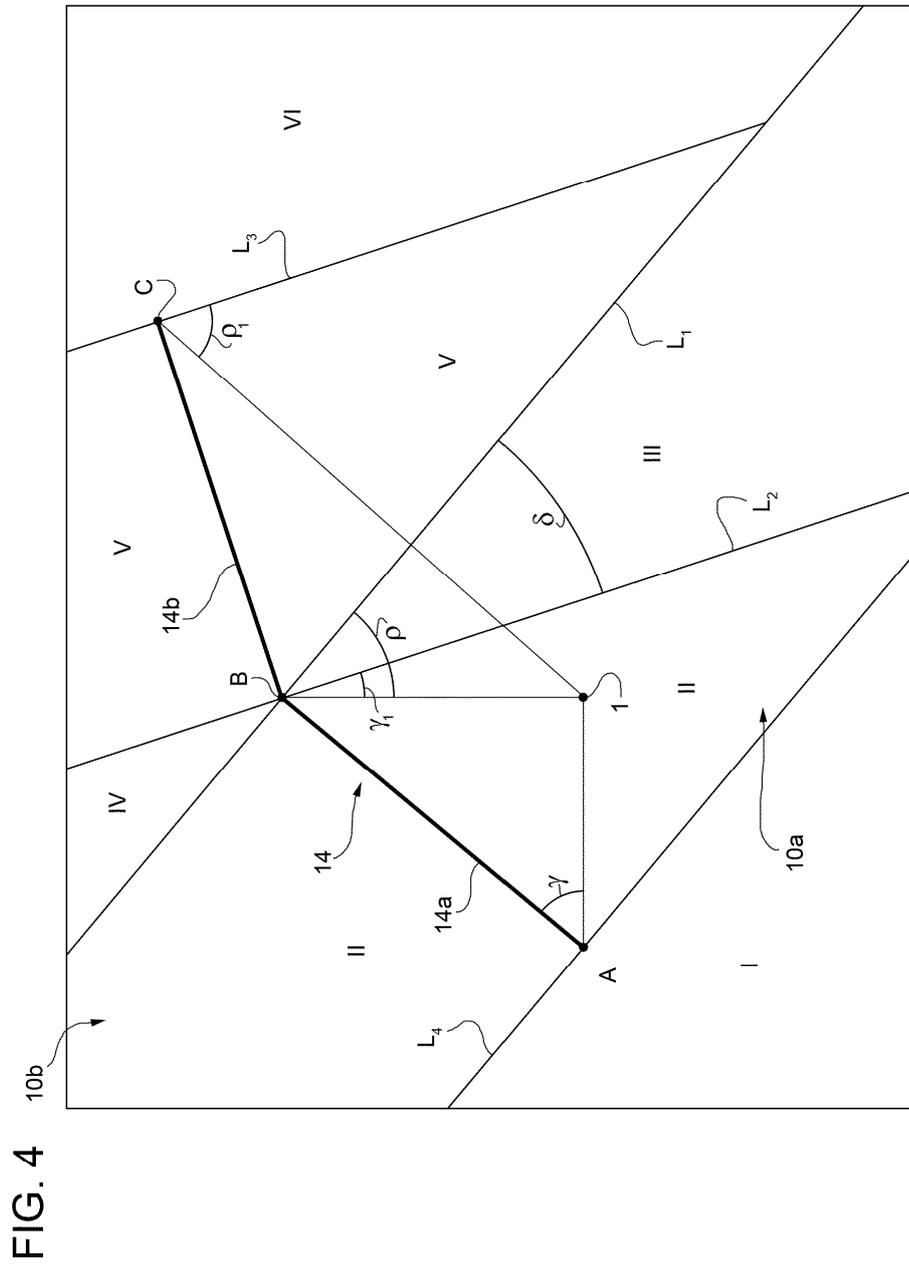


FIG. 3





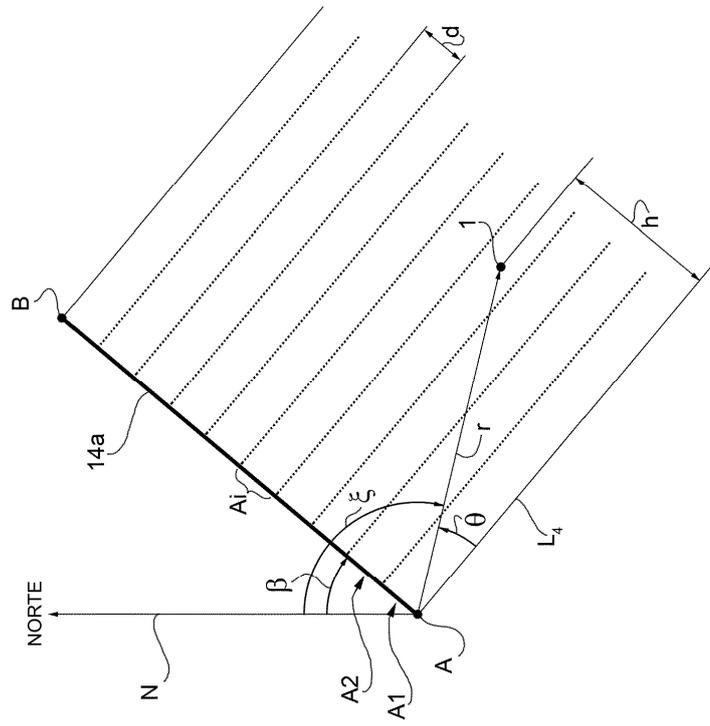


FIG. 5

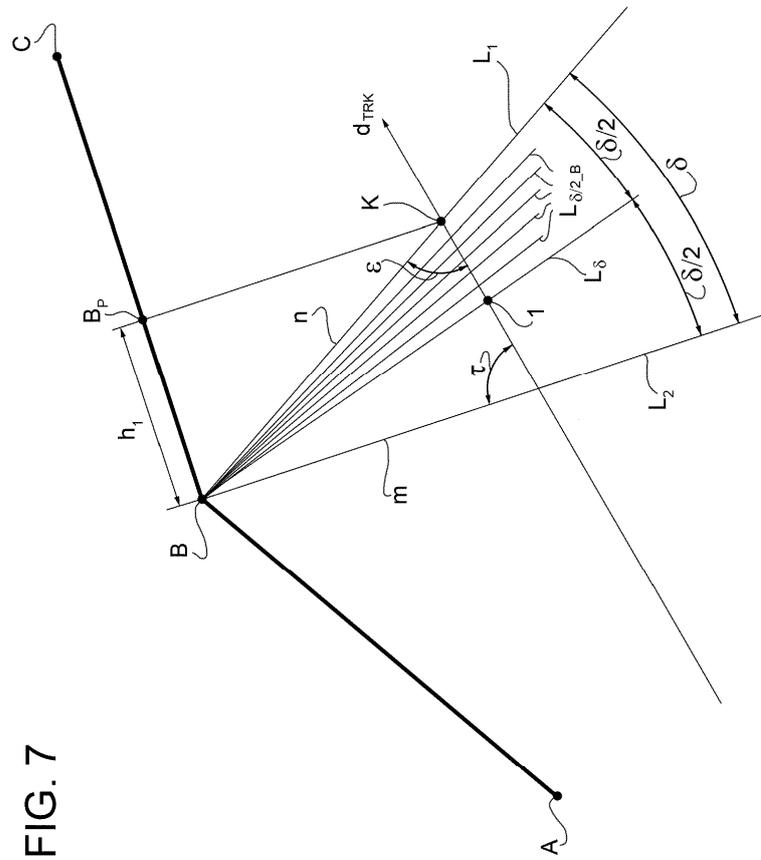


FIG. 7

