

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 440 252**

51 Int. Cl.:

G01S 5/16 (2006.01)

G01S 3/786 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2007** **E 07849709 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2013** **EP 2208083**

54 Título: **Sistema para localización con precisión de un objetivo en tierra mediante una plataforma de vuelo y método de operación asociado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.01.2014

73 Titular/es:

SELEX ES S.P.A (100.0%)
Via Piemonte 60
00187 Roma (RM), IT

72 Inventor/es:

MANETTI, VALERIO

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 440 252 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 para localización con precisión de un objetivo en tierra mediante una plataforma de vuelo y método de operación asociado.

CAMPO TÉCNICO

5 La presente invención se relaciona con un sistema para localización con precisión de un objetivo en tierra mediante una plataforma de vuelo y método de operación asociado.

10 En particular, la presente invención se relaciona con un sistema que es capaz de localizar un objetivo por medio de una plataforma de vuelo que corresponde a una aeronave controlada por un piloto o, alternativamente, un denominado UAV (Vehículo Aéreo no Tripulado, por su sigla en inglés), cuya posición se controla desde una estación de control remoto y a cuyo tratamiento se hace aquí referencia explícita, pero sin ninguna pérdida en generalidad.

TÉCNICA ANTECEDENTE

15 Como se sabe, los sistemas utilizados actualmente para misiones denominadas RISTA (Reconocimiento, Inteligencia, Vigilancia & Adquisición de Objetivos, por su sigla en inglés), para localización de un objetivo en un área monitoreada mediante una plataforma de vuelo, normalmente incluyen: una plataforma de vuelo compuesta de una aeronave, una cámara montada sobre la aeronave habilitada para tomar imágenes de la tierra abajo y un dispositivo de movimiento de cámara, que es capaz de ajustar los ángulos de rastreo a cada momento, dentro del espacio de eje de rastreo de cámara.

20 Los sistemas de localización mencionados anteriormente también comprenden un dispositivo capaz de detectar la posición de la aeronave en cada instante, normalmente consiste de un receptor GPS (Sistema de Posicionamiento Global, por su sigla en inglés), y un dispositivo de medición que corresponde a un dispositivo telémetro láser, que es capaz de medir la distancia entre la aeronave y el objetivo enmarcado por la cámara.

25 El sistema también comprende una unidad de procesamiento central que incluye medios de almacenamiento que contienen un mapa cartográfico digital que representa la tierra a vigilar en un sistema de referencia Cartesiano X, Y, Z, y una unidad de cálculo que es capaz de calcular la posición del objetivo en tierra en función de una serie de parámetros, tales como: la posición real de la aeronave, los ángulos que identifican la altitud de la aeronave con respecto a la vertical local y la dirección de la proa de la aeronave con respecto al norte geográfico, los ángulos de rastreo de la cámara y, por último, la medición de la distancia entre la aeronave y el objetivo enmarcado por la cámara.

30 En los sistemas descritos anteriormente, se encuentra que el uso del telémetro láser es muy desventajoso, ya que además de afectar fuertemente el costo total de fabricar el sistema de localización, es particularmente pesado y complejo de controlar, provocando por lo tanto un aumento en la complejidad estructural y de fabricación del sistema electrónico dedicado a controlar la plataforma de vuelo cuando esa está en vuelo.

35 Para este fin, se han elaborado sistemas de localización de objetivo que funcionan sin la ayuda de un dispositivo de telémetro láser, en el que la posición del objetivo se determina sobre la base de la altitud de la tierra indicada en el mapa cartográfico en lugar de la distancia entre la aeronave y el objetivo que se va a detectar. Sin embargo, aunque estos sistemas de localización de objetivo son más baratos, en general, que los sistemas que utilizan un dispositivo de telémetro láser, tienen la desventaja significativa de no ser muy precisos, ya que están implícitamente afectados por un error, que se correlaciona directamente con el error de corte introducido por los datos de altitud de la tierra contenidos en el mapa cartográfico digital.

40 En el caso en cuestión, las pruebas experimentales han demostrado que el error de altitud resulta en un error de localización en la posición del objetivo de aproximadamente 25-50 m en los casos más favorables, y hasta 200-400 m en casos de corte insuficiente de los datos de altitud contenidos en el mapa cartográfico digital.

45 El documento EP1783455 describe un sistema de reconocimiento en vuelo que comprende giroscopios que tienen por lo menos dos grados de libertad; una matriz de sensores de luz posicionados sobre los giroscopios para ser dirigidos por los mismos dentro de por lo menos dos grados de libertad; medios de almacenamiento de mapas para almacenar un Mapa de Elevación Digital de un área de interés, dividido en porciones; sistema de navegación inercial para proporcionar en tiempo real, a una unidad de control de giroscopios, datos de navegación y orientación de la aeronave con respecto a un sistema de ejes global predefinido; unidad de selección de Porción para seleccionar, una a la vez, otra porción de área desde el área de interés, y medios servo para dirigir los giroscopios. El sistema utiliza datos del sistema de navegación inercial y del mapa de elevación digital para calcular en tiempo real la

dirección a las porciones de área seleccionadas, y mantener la dirección durante la integración de luces desde el terreno, y producir las imágenes correspondientes de las porciones de área.

5 El documento FR2798999 describe un aparato y método para determinar la posición de los objetivos terrestres mediante el uso de un aeroplano. El método de localización de objeto incluye: designar un objeto en tierra en una imagen proporcionada por una cámara en una aeronave; rastrear el objeto mediante reconocimiento de forma en la imagen de la cámara, que se estabiliza de tal manera que la línea de visión permanece indicada en el objeto; una secuencia de operaciones de medición para el ángulo de elevación del objeto con respecto a la aeronave, de la posición de la aeronave y su orientación; y cálculo de la distancia y altitud relativa con la ruta de la secuencia, cada cálculo tiene en cuenta el grupo de mediciones llevadas a cabo previamente mediante un filtro estadístico tal como un filtro Kalman.

10 El documento US6281970 B1 describe un sistema para detección y localización de incendios utilizando un sensor aerotransportado equipado con un escáner infrarrojo pasivo (IR). La posición del sensor y altitud se determinan mediante una unidad GPS/RDF o GPS/IMU, y se computa la dirección desde el sensor hasta el punto caliente detectado por IR. A partir de esta información, el sensor resuelve la trigonometría para calcular la ubicación "virtual" del fuego en el plano horizontal de una baliza terrestre. Un error de posición de fuego surge de la diferencia entre la altitud del sensor por encima del suelo del bosque y las diferencias de elevación en el punto caliente de fuego (por ejemplo en terreno montañoso). Al incorporar los datos de mapa topográficos, es posible proporcionar el error corregido o minimizado en el punto caliente de fuego detectado.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

20 El objeto de la presente invención es por lo tanto incorporar un sistema de localización con precisión de un objetivo por medio de una plataforma de vuelo que, por un lado, está desprovisto del dispositivo de telémetro láser y por lo tanto es económico en fabricación y, por otro lado, garantiza la precisión en la posición del objetivo que tiene un orden de precisión sustancialmente igual que aquel que se puede lograr con los sistemas que utilizan un dispositivo de telémetro láser.

25 De acuerdo con la presente invención, se incorpora un sistema de localización de objetivo tal como se propone en la reivindicación 1 y preferiblemente, pero no necesariamente, en cualquiera de las reivindicaciones directamente o indirectamente dependientes de la reivindicación 1.

30 De acuerdo con la presente invención, también se proporciona un método de localización de objetivo, tal como se propone en la reivindicación 7 y preferiblemente, pero no necesariamente, en cualquiera de las reivindicaciones directamente o indirectamente dependientes de la reivindicación 7.

De acuerdo con la presente invención, también se incorpora un ordenador, tal como se propone en la reivindicación 12.

Por último, de acuerdo con la presente invención, se incorpora un producto de software, tal como se propone en la reivindicación 13.

35 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente invención se describirá ahora con referencia a los dibujos adjuntos, que ilustran un ejemplo no limitativo de realización, donde:

- La Figura 1 muestra esquemáticamente un sistema para localizar un objetivo en tierra, incorporado de acuerdo con los principios de la presente invención,
- 40 - La Figura 2 es la primera parte de un diagrama de flujo de las operaciones implementadas por el sistema mostrado en la Figura 1 durante su operación,
- La Figura 3 es la segunda parte del diagrama de flujo mostrado en la Figura 2,
- La Figura 4 muestra una vista lateral esquemática del sistema en dos diferentes momentos operacionales,
- La Figura 5 muestra una vista aérea esquemática del sistema mostrado en la Figura 4 durante el cálculo de la primera distancia,
- 45 - La Figura 6 muestra una vista en perspectiva del sistema mostrado en la Figura 4 durante el cálculo de la segunda distancia, y

- La Figura 7 muestra una vista aérea del sistema mostrado en la Figura 4 durante el cálculo de la segunda distancia.

MEJOR MODO DE LLEVAR A CABO LA INVENCION

5 Con referencia a la Figura 1, el número de referencia 1 indica, en su totalidad, un sistema que utiliza una plataforma de vuelo para monitorear un área con el fin de identificar y localizar un objetivo 2 presente dentro del área monitoreada con alta precisión.

10 El sistema 1 es preferiblemente, pero no necesariamente, empleado para llevar a cabo las denominadas misiones RISTA (Reconocimiento, Inteligencia, Vigilancia & Adquisición de Objetivos) y básicamente comprende una plataforma de vuelo que consiste de una aeronave 3 que, en el ejemplo mostrado, corresponde a un UAV (aeronave no tripulada), que puede ser controlada desde una estación de control 20 situada en una ubicación remota con respecto al área a vigilar. No obstante, es oportuno especificar que la aeronave 3 puede ser una aeronave con un piloto, o en lugar una aeronave directamente controlada por un piloto a bordo de la aeronave en sí misma, en la que tiene lugar la localización en la aeronave 3 y los diversos componentes del sistema 1, descrito en detalle en lo siguiente, se integran dentro de la aeronave 3 en sí misma.

15 Con referencia a la Figura 1, la aeronave 3 comprende un dispositivo de medición 4 capaz de determinar la altitud de la aeronave 3, a cada instante. En particular, el dispositivo de medición 4 comprende una serie de sensores electrónicos (no mostrados) que, a cada instante, miden los ángulos de Rumbo ψ , Paso θ e Inclinación lateral ϕ de la aeronave 3, y una unidad de procesamiento (no mostrada) que, con base en los ángulos medidos, determina la altitud de la nave 3 con respecto a un eje de referencia vertical (no mostrado) y la dirección de la proa de la aeronave con respecto al norte geográfico. Es oportuno especificar que los ángulos de Rumbo ψ , Paso θ e Inclinación lateral ϕ son una representación de los ángulos de Euler que corresponden a las posibles rotaciones de la aeronave 3 en el espacio alrededor de los ejes X, Y o Z respectivos del sistema de referencia Cartesiano. Se conoce la determinación de la altitud de una aeronave 3 en el espacio con base en los ángulos de Rumbo ψ , Paso θ e Inclinación lateral ϕ y por lo tanto no se describirán adicionalmente.

25 En particular, el ángulo de Rumbo ψ corresponde al ángulo entre un plano vertical en el que reposa la aeronave 3 y un plano vertical que pasa a través del eje longitudinal de la aeronave 3 cuando se posiciona con su proa en la dirección de un determinado punto de referencia, que corresponde al norte geográfico.

30 La aeronave 3 también comprende una cámara 5, que funciona en la banda visible y/o infrarroja, que se monta en la aeronave 3 con un propio eje de rastreo A, que se puede ajustar libremente en el espacio, para permitir la adquisición de imágenes de la tierra abajo.

35 La aeronave 3 también comprende elemento mecánico posicionador 6, que es capaz de controlar el movimiento de la cámara 5 con respecto a la aeronave 3 para cambiar ángulos de rastreo Panorámico α y de Inclinación β , y un dispositivo 7, tal como un receptor GPS (Sistema de Posicionamiento Global) por ejemplo, que tiene la función de detectar, a cada momento, la posición XV, YV, ZV de la aeronave 3 en el espacio con respecto a un sistema de referencia espacial, preferiblemente del tipo Cartesiano X,Y,Z.

40 El sistema 1 también comprende un sistema a control remoto 8 capaz de permitir que un operador en la estación remota 20 controle la ruta de la aeronave 3 de acuerdo con un cierto segmento de vuelo. El sistema a control remoto 8 comprende un dispositivo a control remoto 9 instalado en la estación de control 20 para generar los comandos con respecto a la ruta de vuelo establecida por el operador, una unidad de control remoto 10 instalada a bordo de la aeronave 3 para pilotear la aeronave 3 de acuerdo con la ruta de vuelo generada por el dispositivo a control remoto 9, y un sistema de transmisión y recepción de datos 12 capaz de proporcionar comunicaciones de datos de dos vías entre la aeronave 3 y la estación de control remoto 20 de tal manera que se permite el intercambio de datos entre los diversos dispositivos presentes en la estación de control 20 y el equipo montado a bordo de la aeronave 3.

45 El sistema 1 también comprende un sistema de rastreo de video 13, que tiene la tarea de controlar el elemento posicionador mecánico 6 con el fin de mantener la cámara 5 con su propio eje de rastreo A habilitado en un objetivo 2 seleccionado por el operador durante el vuelo de la aeronave 3.

50 En este caso, el sistema de rastreo de video 13 comprende un primer módulo de procesamiento 14 que se instala en la estación de control 20 para recibir las imágenes capturadas por la cámara 5 desde el sistema de transmisión y recepción 12 y es capaz de visualizarlas al operador a través de una unidad de visualización de video 15, y un dispositivo de control 16, tal como un teclado por ejemplo, para permitir que el operador controle el módulo de procesamiento 14 para seleccionar o marcar el objetivo que se debe localizar en la imagen de la tierra mostrada por la unidad de visualización de video 15.

ES 2 440 252 T3

5 El sistema de rastreo de video 13 también comprende una primera unidad de control 18 montada a bordo de la aeronave 3 que recibe una serie de información desde el módulo de procesamiento 14, a través del sistema de transmisión y recepción de datos 12, con respecto al objetivo marcado o seleccionado por el operador y, sobre la base de esta información, controla el elemento posicionador mecánico 6 de tal manera que la cámara 5 permanece constantemente habilitado en el objetivo 2 seleccionado por el operador.

Se conocen los sistemas de control remoto 8 y rastreo de video 13 y por lo tanto no se describirán adicionalmente, excepto para especificar que el módulo de control remoto 9 y el primer módulo de procesamiento 14 se pueden integrar en una única unidad de procesamiento, por ejemplo, un Ordenador Personal ubicado en la estación de control remoto.

10 El sistema 1 también comprende un dispositivo de memoria 21 preferiblemente, pero no necesariamente, instalado en la estación de control remoto 20 y preferiblemente, pero no necesariamente, que contiene por lo menos un mapa cartográfico digital asociado con el área que va a ser monitoreada, y un dispositivo de procesamiento 22 que está preferiblemente, pero no necesariamente, instalado en la estación de control remoto 20 para localizar la posición del objetivo 2 en la tierra.

15 En particular, el dispositivo de procesamiento 22 comprende un módulo de cálculo 23 que implementa un algoritmo, descrito en detalle adicionalmente, capaz de localizar la posición del objetivo 2 en la tierra con precisión.

Con referencia a las Figuras 2-6, el algoritmo de localización con precisión implementado por el módulo de cálculo 23 se basa esencialmente en el concepto de:

20 - pilotear temporalmente la aeronave 3 a lo largo de un segmento de vuelo rectilíneo TR por encima de la tierra en la que está presente el objetivo 2,

- calcular, en dos momentos sucesivos en el tiempo durante el vuelo de la aeronave 3 a lo largo del segmento de vuelo rectilíneo TR, por lo menos dos puntos de intersección entre el eje de rastreo A de la cámara 5 y un plano teórico asociado con la tierra y que una altitud inicial actual,

25 - variar de forma repetida la altitud del plano teórico por un valor actual y calcular la posición recíproca de los dos puntos de intersección en cada variación en altitud hasta que se alcanza una primera condición de localización con precisión, en la que la distancia entre los dos puntos de intersección tiene un valor mínimo menor que un primer umbral preestablecido, y

30 - asignar el valor de altitud asociado con una condición de localización con precisión, que se encuentra que se va a satisfacer cuando la distancia calculada tiene un valor mínimo por debajo del umbral preestablecido, a la posición del objetivo 2.

En otras palabras, el algoritmo de localización con precisión se basa esencialmente en el principio de:

a) establecer un plano teórico PT_i asociado con el área a monitorear y que tiene una altitud teórica inicial QT_i, que indica la altura del plano teórico PT_i con respecto a un plano de referencia actual PTO, posicionado en altitud cero por ejemplo,

35 b) localizar un objetivo 2 en la tierra a través de la cámara 5 montado a bordo de la aeronave 3 y mantener el eje de rastreo A de la cámara 5 habilitada en el objetivo 2 a través del sistema de rastreo de video 13,

c) durante localización, mantener el vuelo de la aeronave 3 sustancialmente rectilíneo, a una altura dada con respecto al plano de referencia PTO y sustancialmente paralelo al plano teórico PT_i,

40 d) en un primer momento t₁, determinar un primer punto P1(i) de intersección entre el eje de rastreo A de la cámara 5 habilitado sobre el objetivo 2 y el plano teórico PT_i se establece en la altitud teórica QT_i,

e) en un segundo momento t₂, después del primer momento t₁, determinar un segundo punto P2(i) de intersección entre el eje de rastreo A de la cámara 5 habilitado sobre el objetivo 2 y el plano teórico PT_i fijado a la altitud teórica QT_i,

45 f) calcular una primera distancia Dx entre los puntos P1(i) y P2(i) de intersección calculados en los momentos t₁ y t₂ respectivamente, y

g) en el caso en que la primera distancia calculada D_x sea menor de o igual a un primer umbral de error actual SX , detectar una primera condición de localización con precisión y asignar la altitud teórica QT_i asociada con el plano teórico PT_i a la posición del objetivo PZ_o , o

5 h) en cambio, si la primera distancia calculada D_x excede un umbral de error actual SX , cambiar la altitud teórica QT_i asignada al plano teórico PT_i mediante un valor actual AQT_i de acuerdo con la relación $QT_{i+1}=QT_i+\Delta QT_i$ y que reiteran las fases c), d), e), f), g) y h) de nuevo, hasta que se satisface la primera condición de localización con precisión indicada en el punto g).

Con referencia a las Figuras 2 y 3, el método de operación del sistema 1 para la localización con precisión del objetivo 2 ahora se describirá en detalle.

10 En la fase inicial, el sistema a control remoto 8 se encarga de pilotear la aeronave 3 por encima del área que va ser monitoreada a una cierta altura con respecto al plano de referencia PTO , que mantiene una ruta de vuelo rectilínea y sustancialmente horizontal y (Figuras 4, 5 y 6) (bloque 100).

15 En esta fase, el elemento posicionador mecánico 6 acciona los movimientos de la cámara 5 hasta que ocurre una condición de localización del objetivo 2, es decir enmarcado por la cámara 5, esta última condición se satisface cuando el objetivo 2 es visualizado por la unidad de visualización de video 15.

20 Una vez se ha enmarcado el objetivo 2, se activa el rastreo del objetivo 2 a través del sistema de rastreo de video 13 (bloque 110), que después el operador ha seleccionado el objetivo 2 se encarga de mover el elemento posicionador mecánico 6 en una manera tal que el eje de rastreo A de la cámara 5 permanece constantemente habilitado sobre el objetivo 2 durante el vuelo de la aeronave 3. En esta fase de rastreo el objetivo 2 con el sistema de rastreo de video 13, la imagen del objetivo 2 preferiblemente, pero no necesariamente, permanece en un punto visible de la unidad de visualización de video 15, por ejemplo, ubicada en la parte central de la misma unidad de visualización de video 15.

25 Durante el vuelo de la aeronave 3 a lo largo del segmento rectilíneo TR y después de habilitar el objetivo 2, en un tiempo t_1 , el módulo de cálculo 23 determina la posición en el espacio del eje de rastreo A de la cámara 5 sobre la base de la posición absoluta de la aeronave XV, YV, ZV , los ángulos de Rumbo ψ , Paso θ e Inclinación lateral ϕ de la aeronave 3, y los ángulos de rastreo Panorámicos α y de Inclinación β (bloque 130). En esta fase, el módulo de cálculo 23 calcula un primer punto $P1(i)$ de intersección entre el eje de rastreo A de la cámara 5 y un plano teórico PT_i fijado a una altitud teórica inicial QT_i (en la que i es un valor numérico que indica el ciclo de cálculo implementado por el módulo de cálculo 23).

30 Es oportuno especificar que el plano teórico inicial PT_i preferiblemente, pero no necesariamente, puede corresponder al plano superficial del mapa cartográfico, mientras que la altitud teórica QT_i preferiblemente, pero no necesariamente, puede corresponder a la altitud signada al mapa cartográfico en sí mismo.

35 En un tiempo $t_2=t_1+\Delta t$, siguiendo el momento t_1 , el módulo de cálculo 23 determina la posición en el espacio del eje de rastreo A de la cámara 5 sobre la base de la posición absoluta de la aeronave XV, YV, ZV , los ángulos de Rumbo ψ , Paso θ e Inclinación lateral ϕ de la aeronave 3, y los ángulos de rastreo Panorámicos α y de Inclinación β . En esta fase, el módulo de cálculo 23 calcula un segundo punto $P2(i)$ de intersección entre el eje de rastreo A de la cámara 5 y el plano teórico PT_i establecido en la altitud teórica inicial QT_i (bloque 140).

40 Luego de la determinación de los dos puntos de intersección $P1(i)$ y $P2(i)$, el módulo de cálculo 23 calcula una primera distancia D_x del vector de distancia D entre el primer punto $P1(i)$ y el segundo punto $P2(i)$ (bloque 150). Es oportuno especificar que la primera distancia D_x corresponde al valor del componente del vector de distancia D en un plano vertical PT' ortogonal al plano de referencia PTO que pasa a través de una línea coincidente con la ruta rectilínea TR volada por la aeronave 3 (Figuras 5 y 6). En particular, la primera distancia D_x preferiblemente, pero no necesariamente, se determina al calcular la distancia entre los puntos $P1'(i)$ y $P2'(i)$ obtenidos de la proyección ortogonal del primero y segundo puntos de intersección $P1(i)$ y $P2(i)$ en el plano PT' (Figuras 5 y 6).

45 Adicionalmente, es oportuno especificar que la primera distancia D_x se correlaciona directamente con el error de localización como, en las condiciones libres de error para detectar la posición del objetivo 2, el primer punto de intersección $P1(i)$ y el segundo punto de intersección $P2(i)$ son sustancialmente coincidentes y se encuentra consecuentemente que la primera distancia D_x es nula.

50 Luego del cálculo de la primera distancia D_x , el módulo de cálculo 23 compara la primera distancia D_x con un primer umbral de distancia SX y se verifica, sobre la base de esta comparación, si o no se satisface una primera condición de localización con precisión (bloque 160). En particular, la primera condición de localización con precisión se satisface cuando la primera distancia D_x es menor de o igual al primer umbral de distancia SX . En este caso, el

módulo de cálculo 23 detecta si se satisface la primera condición de localización con precisión a través de la siguiente relación:

$$D_x \leq SX$$

5 Si la primera distancia D_x es mayor que el primer umbral SX (NO sale del bloque 160), el módulo de cálculo 23 implementa una serie de operaciones para minimizar la primera distancia D_x .

En particular, la convergencia de la primera distancia D_x a un valor mínimo contempla cambiar la altitud QT_i del plano teórico PT_i del mapa cartográfico por un aumento o reducción actual del valor actual ΔQT , de acuerdo con la relación

$$QT_{i+1} = QT_i \pm \Delta QT \text{ (bloque 180).}$$

10 Luego de la asignación de la nueva altitud QT_{i+1} para el plano teórico PT_i del mapa cartográfico, el módulo de cálculo 23 reitera las operaciones implementadas en bloque 130 con el fin de determinar el primer punto $P1(i+1)$ de intersección asociado con el tiempo $t1$ y, sucesivamente las operaciones implementadas en el bloque 140 con el fin de determinar el segundo punto $P2(i+1)$ de intersección asociado con el tiempo $t2$.

15 En este punto, el módulo de cálculo 23 implementa las siguientes operaciones: volver a calcular la primera distancia D_x entre los puntos $P1(i+1)$ y $P2(i+1)$ en la forma descrita en los bloque 150, comparar la primera distancia D_x con el primer umbral SX (bloque 160) y, en el caso donde la primera distancia D_x es menor de o igual al primer umbral de distancia SX , asignar la última altitud calculada $QT_{i+2} = QT_{i+1} + \Delta QT$ a la posición de objetivo, o, en su defecto, cambiar el último valor de la altitud QT_i de nuevo, asignar el valor actual ΔQT , por ejemplo con ΔQT igual a aproximadamente de 10 metros, de acuerdo con la relación $QT_{i+2} = QT_{i+1} \pm \Delta QT$, e implementar las operaciones de
20 cálculo y comparación descritas en los bloques y 130-160.

En cambio, cuando la primera distancia D_x es menor de o igual al primer umbral de distancia SX (SI sale desde el bloque 160), el módulo de cálculo 23 se asigna la altitud teórica de la tierra QT_{i+n} , asignada en el curso del último ciclo de cálculo (ciclo n) de acuerdo con la relación $QTR = QT_{i+n}$, a un parámetro de altitud de objetivo QTR , que indica la altitud real del objetivo en tierra (bloque 170).

25 En esta fase, el módulo de cálculo 23 determina el componente PZ_o de la posición del objetivo con respecto al eje Z , asignando la altitud de objetivo QTR a través de la relación $PZ_o = QTR$ y, al mismo tiempo, determina el componente PX_o de la posición del objetivo con respecto al eje X , asignando la posición de uno de los dos puntos de intersección, por ejemplo el punto $P1(i+n)$, calculado en el último ciclo a través la relación $PX_o = P1X(i+n)$ (bloque 190).

30 En este punto, con el fin de determinar con precisión el tercer componente PY_o de la posición del objetivo con respecto al eje Y también, el módulo de cálculo 23 implementa las siguientes operaciones. En particular, en un tiempo $t1'$, el módulo de cálculo 23 mide el ángulo de Rumbo ψ_1 de la aeronave 3 y, desde una posición PV_1 , se calcula un primer punto $C1(i)$ de intersección entre el eje de rastreo A de la cámara 5 y un plano teórico PT_i establecido preferiblemente, pero no necesariamente, en la altitud de objetivo QTR (bloque 200).

35 En el tiempo $t2' = t1' + \Delta t$, luego del tiempo $t1'$, el módulo de cálculo 23 mide el ángulo de Rumbo ψ_2 y, desde un punto Pv_2 , se calcula un segundo punto $C2(i)$ de intersección entre el eje de rastreo A de la cámara 5 y el plano teórico PT_i (bloque 210).

40 Luego de las dos mediciones de los ángulos de Rumbo ψ_1 y ψ_2 y la determinación de los dos puntos de intersección $C1(i)$ y $C2(i)$, el módulo de cálculo 23 calcula una segunda distancia D_y del vector de distancia D' entre el primer $C1(i)$ y se segundo $C2(i)$ puntos (bloque 220).

Es oportuno especificar que la segunda distancia D_y corresponde al valor del componente del vector de distancia D entre el primer $C1(i)$ y el segundo $C2(i)$ puntos proyectados sobre un plano vertical PV dispuestos ortogonalmente a la ruta rectilínea TR volada por la aeronave 3 (Figura 6).

45 En particular, la segunda distancia D_y preferiblemente, pero no necesariamente, se determina al calcular la distancia entre los puntos $C1'(i)$ y $C2(i)'$ obtenida desde la proyección ortogonal del primer y segundo puntos de intersección $C1(i)$ y $C2(i)$ en el plano vertical PV (Figura 6).

Luego del cálculo de la segunda distancia D_y , el módulo de cálculo 23 compara la segunda distancia D_y con un segundo umbral de distancia SY y, sobre la base de esta comparación, verifica sí o no se satisface una segunda condición de localización con precisión (bloque 230).

En particular, se satisface la segunda condición de localización con precisión cuando la segunda distancia D_y es menor de o igual al segundo umbral de distancia SY:

$$D_y \leq SY$$

5 En detalle, si la segunda distancia D_y es mayor del segundo umbral SY (NO sale del bloque 230), el módulo de cálculo 23 implementa una serie de operaciones para minimizar la segunda distancia D_y entre los dos puntos $C1(i)'$ y $C2(i)'$ del objetivo 2 calculado en los dos tiempos sucesivos $t1'$ y $t2'$.

En particular, la minimización de la segunda distancia D_y contempla cambiar los ángulos de Rumbo $\psi_{1i+1} = \psi_{1i} \pm \Delta\psi$ y $\psi_{2i+1} = \psi_{2i} \pm \Delta\psi$ por una cantidad igual, con un aumento actual $+\Delta\psi$ o reducción $-\Delta\psi$, (bloque 250).

10 Luego de la asignación del nuevo valor para los ángulos de Rumbo ψ_{1i+1} y ψ_{2i+1} , el módulo de cálculo 23 reitera la operación de cálculo para el primer punto $C1(i+1)$ de intersección asociado con el tiempo $t1'$ y el ángulo de Rumbo ψ_{1i+1} implementado en el bloque 200, y la operación de cálculo para el segundo punto $C2(i+1)$ de intersección asociado con el tiempo y el ángulo de Rumbo ψ_{2i+1} implementado en el bloque 210.

15 En este punto, el módulo de cálculo 23 implementa las siguientes operaciones: volver a calcular la segunda distancia D_y entre los puntos $C1'(i+1)$ y $C2'(i+1)$ en la manera descrita en el bloque 220 y comparar la segunda distancia D_y con el segundo umbral máximo SY (bloque 230); en el caso donde la segunda distancia D_y es mayor del segundo umbral de distancia máximo SY (NO sale del bloque 230), el módulo de cálculo 23 cambia los ángulos de Rumbo ψ_{1i+1} y ψ_{2i+1} de nuevo por el valor $\Delta\psi$, igual por ejemplo alrededor de dos miliradianes, e implementa las operaciones de cálculo y comparación descritas en los bloques 200-250.

20 Si en cambio existe una convergencia de la segunda distancia D_y hacia un valor inferior o igual al segundo umbral de distancia máximo SY (YES sale del bloque 230), el módulo de cálculo 23 determina la posición del objetivo PYo con respecto al eje Y, es decir se asigna el componente $C1Y(i)$ del punto $C1(i)$ a lo largo del eje Y calculado durante el último ciclo de cálculo, o más bien el ciclo i -ésimo, al componente de la posición objetivo PYo a lo largo del mismo eje Y.

25 Con respecto a aquello descrito anteriormente, es oportuno especificar que los tiempos $t1'$ y $t2'$ pueden corresponder a los tiempos $t1$ y $t2$, de tal manera que la determinación de los puntos $C1(i)$ y $C2(i)$ de intersección tiene lugar en los mismos tiempos de cálculo de los puntos de intersección $P1(i)$ y $P2(i)$, o ser diferentes a ellos.

Las ventajas del sistema descrito anteriormente y el método asociado de operación son evidentes: el sistema es capaz de localizar la posición del objetivo con una precisión sin la ayuda de un dispositivo de telémetro láser, reduciendo así sus costes de fabricación.

30 En particular, la variación secuencial en la altitud de la aeronave 3 efectuada a través de las operaciones implementadas en los bloques descritos anteriormente 130-190 permite la cancelación de errores en el cálculo de la altitud de la tierra, permitiendo de este modo la posición exacta del objetivo a lo largo del eje Z que se va a calcular, y la correcta posición del objetivo a lo largo de un eje paralelo a la dirección de vuelo de la aeronave, o más bien el segundo componente de la posición de objetivo.

35 De hecho, el sistema es capaz de localizar un objetivo con una precisión del orden de 10 m sin tener que recurrir a un dispositivo de telémetro láser y/o una plataforma de precisión inerte.

40 Adicionalmente, el método permite que convenientemente la posición del objetivo se determine con precisión a lo largo del eje Y, cancelando de esta manera la incidencia de esta medición de posibles errores presentes en la medición y determinación del ángulo de Rumbo. Es evidente sin embargo que en el caso en que el error actual en el ángulo de Rumbo no sea muy significativo, es posible determinar la posición PYo del objetivo a lo largo del eje Y al asignar el componente a lo largo del mismo eje Y de uno de los puntos de intersección $P1(i)$ o $P2(i)$ que satisfacen la primera condición indicada en el bloque 160.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de localización de objetivo (1) configurado para determinar la posición de un objetivo (2) en la tierra por medio de una aeronave (3) sin un dispositivo de telémetro láser, dicho sistema (1) comprende una aeronave (3), por lo menos una cámara (5) montada sobre dicha aeronave (3) y dirigida de acuerdo con su propio eje de rastreo (A), medios de movimiento (6) configurados para regular la posición espacial de dicha cámara (5) con respecto a dicha aeronave (3) de tal manera que dicho eje de rastreo (A) permanece dirigido sobre el objetivo (2) durante el vuelo de la aeronave (3), medios de control (8) para pilotear temporalmente la aeronave (3) a lo largo de un segmento de vuelo rectilíneo (TR) por encima del área a monitorear, primer medio de sensor (4) que mide los ángulos de Rumbo (ψ), Campo (θ) y Rodillo (ϕ) de la aeronave (3) para determinar la altitud de la aeronave (3) en sí misma, segundo medio de sensor para detectar los ángulos de rastreo Panorámicos (α) y de Inclinación (β) de dicha cámara (5), medios de detección (7) configurados para detectar la posición de dicha aeronave (3), y medios de procesamiento (22) capaces de localizar un objetivo (2) presente en la tierra y enmarcado por dicha cámara (5);

dicho sistema (1) se caracteriza porque dichos medios de procesamiento (22) comprenden medios de cálculo (23) configurados para:

- determinar la posición espacial de dicho eje de rastreo (A) en un primer (t_1) y segundo tiempos (t_2) con base en los ángulos de Rumbo (ψ), Campo (θ) y Rodillo (ϕ) de la aeronave (3), los ángulos Panorámicos (α) y de Inclinación (β) de dicha cámara (5) y las posiciones de la aeronave (3) en los mismos dos tiempos (t_1)(t_2);

- calcular durante el vuelo de la aeronave (3) a lo largo de dicho segmento de vuelo rectilíneo (TR), en por lo menos dichos dos tiempos sucesivos (t_1)(t_2), por lo menos dos puntos de intersección ($P1(i)$)($P2(i)$) entre dicho eje de rastreo (A) y un plano teórico (PTi) asociado con la tierra y que tiene una altitud inicial actual (QTi);

- variar de forma repetida la altitud (QTi) de dicho plano teórico (PTi) por un valor actual (ΔQT) y calcular, en cada dicha variación de altitud (ΔQT) de dicho plano teórico (PTi), la posición de dichos por lo menos dos puntos de intersección ($P1(i)$)($P2(i)$) en el plano teórico (PTi) en sí mismo, hasta que se alcanza una primera condición de localización con precisión, en la que una primera distancia (Dx) entre los dos puntos de intersección ($P1(i)$), ($P2(i)$) tiene una distancia calculada menor de un primer umbral preestablecido (SX);

- asignar la altitud (QTi) del plano teórico (PTi) que satisface dicha primera condición de localización con precisión a la posición del objetivo localizado.

2. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichos medios de cálculo (23) se configuran para determinar dicha primera distancia (Dx): al calcular la distancia entre dos puntos ($P1'(i)$, $P2'(i)$) que se obtienen desde la proyección de dicho primer ($P1(i)$) y respectivamente segundo ($P2(i)$) punto de intersección en un plano (PT') sustancialmente ortogonal a dicho plano teórico (PTi) y que pasa a través de una línea coincidente con el segmento de vuelo rectilíneo (TR) volado por la aeronave (3).

3. Sistema de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, que comprende un sistema de rastreo de video (13) configurado para controlar dichos medios de movimiento (6) para mover dicha cámara (5) en el espacio para mantener su eje de rastreo (A) dirigido sobre dicho objetivo (2).

4. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, que comprende medios de memoria (21) que contienen por lo menos un mapa cartográfico digital, en el que cada punto del territorio representado por el mapa cartográfico digital se asocia asociado con una altitud terrestre; dicho plano teórico (PTi) tiene una altitud teórica inicial (QTi), que indica la altura del plano teórico (PTi) con respecto a un plano de referencia actual (PTO), posicionado en altitud cero.

5. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en donde dichos medios de cálculo (23) se configuran para medir el ángulo de Rumbo (ψ_i) de dicha aeronave (3) en por lo menos dos tiempos sucesivos (t_1')(t_2') durante el vuelo de la aeronave (3) a lo largo de dicho segmento de vuelo rectilíneo (TR), y calcular en dichos dos tiempos sucesivos (t_1')(t_2') por lo menos dos puntos de intersección ($C1(i)$)($C2(i)$) entre dicho eje de rastreo (A) y un plano teórico (PTi) asociado con la tierra y que tiene una altitud actual (QTR), dichos medios de cálculo (23) se configuran para variar de forma repetida los ángulos de Rumbo (ψ_i) medidos en dichos dos tiempos sucesivos (t_1'),(t_2') por un valor actual ($\Delta \psi$), y calcular la posición de dichos dos puntos de intersección ($C1(i)$)($C2(i)$) sobre dicho plano teórico actual (PTi) en cada dicha variación ($\Delta \psi$), hasta que se alcanza una segunda condición de localización con precisión, en la que una segunda distancia (Dy) entre dichos dos puntos de intersección ($C1(i)$)($C2(i)$) tiene una distancia calculada menor que un segundo umbral preestablecido (SY); dichos medios de cálculo (23) se configuran para asignar un componente a lo largo de un eje Y de uno de los puntos de intersección ($C1(i)$)($C2(i)$) que satisfacen dicha segunda condición de localización con precisión a la posición del objetivo localizado a lo largo de dicho eje Y.

6. Sistema de acuerdo con la reivindicación 5, en donde dichos medios de cálculo (23) se configuran para determinar dicha segunda distancia (D_y) al calcular la distancia entre dos puntos ($C1'(i)$)($C2'(i)$), que se obtienen desde la proyección de dicho primer punto de intersección ($C1(i)$) y respectivamente segundo punto de intersección ($C2(i)$) en un plano (PV) sustancialmente ortogonal a dicha ruta rectilínea (TR) volada por dicha aeronave (3).

5 7. Un método de localización de objetivo para determinar la posición de un objetivo (2) en la tierra sin un dispositivo de telémetro láser, por medio de un sistema (1) que comprende una aeronave (3), por lo menos una cámara (5) montada sobre dicha aeronave (3) y dirigida de acuerdo con su propio eje de rastreo (A), medios de movimiento (6) configurados para regular la posición espacial de dicha cámara (5) con respecto a dicha aeronave (3) de tal manera que dicho eje de rastreo (A) permanece dirigido sobre el objetivo (2) durante el vuelo de la aeronave (3), medios de control (8) para pilotear temporalmente el vuelo de la aeronave (3) a lo largo de un segmento de vuelo rectilíneo (TR), y medios de procesamiento (22) configurados para localizar la posición de dicho objetivo (2); el método comprende:

- medir los ángulos de Rumbo (ψ), Campo (θ) y Rodillo (ϕ) de la aeronave (3) para determinar la altitud de la aeronave (3);

15 - detectar los ángulos de rastreo Panorámicos (α) y de Inclinación (β) de dicha cámara (5) y la posición de dicha aeronave (3); el método se caracteriza porque comprende:

- determinar la posición espacial de dicho eje de rastreo (A) en un primer (t_1) y segundo (t_2) tiempos de acuerdo con los ángulos de Rumbo (ψ), Campo (θ) y Rodillo (ϕ) de dicha aeronave (2), los ángulos Panorámicos (α) y de Inclinación (β) de dicha cámara (5) y la posición espacial asumida por la aeronave (3) en los mismos dos tiempos (t_1)(t_2);

20 - calcular (130, 140), en por lo menos dichos dos tiempos sucesivos (t_1) (t_2) durante el movimiento de la aeronave (3) a lo largo de dicho segmento de vuelo rectilíneo (TR), por lo menos dos puntos de intersección respectivos ($P1(i)$)($P2(i)$) entre dicho eje de rastreo (A) y un plano teórico (PTi) asociado con la tierra y que tiene una altitud inicial actual (QTi);

25 - variar de forma repetida dicha altitud (QTi) de dicho plano teórico (PTi) por un valor actual (ΔQT);

- calcular, en cada dicha variación (ΔQT) en altitud del plano teórico (PTi), la posición de dichos por lo menos dos puntos de intersección ($P1(i)$)($P2(i)$) en el mismo plano teórico (PTi), hasta que se alcanza una primera condición de localización con precisión, que se satisface cuando una primera distancia (D_x) entre los dos puntos de intersección ($P1(i)$)($P2(i)$) tiene una distancia calculada menor que un primer umbral preestablecido SX);

30 - asignar la altitud (QTi) del plano teórico (PTi) que satisface dicha primera condición de localización con precisión a la posición del objetivo localizado (2).

8. Método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que dicha fase de determinar dicha primera distancia (D_x) comprende la fase de calcular una distancia entre dos puntos ($P1'(i)$)($P2'(i)$) obtenida desde la proyección de dicho primer ($P1(i)$) y respectivamente segundo punto de intersección ($P2(i)$) en un plano (PT') sustancialmente ortogonal a dicho plano teórico (PTi) y que pasa a través de una línea coincidente con el segmento de vuelo rectilíneo (TR) volado por la aeronave (3).

9. Método de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en donde dicho sistema (1) comprende medios de memoria (21) que contienen un mapa cartográfico digital en el que cada punto del territorio representado por el mapa cartográfico digital se asocia con una altitud terrestre; el método comprende la fase de establecer dicho plano teórico inicial PTi asociado con el área a monitorear y que tiene una altitud teórica inicial (QTi), que indica la altura del plano teórico (PTi) con respecto a un plano de referencia actual (PTO), posicionado en altitud cero.

10. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende las fases de:

- medir en por lo menos dos tiempos sucesivos (t_1')(t_2') durante el vuelo de la aeronave (3) a lo largo de dicho segmento de vuelo (TR), el ángulo de Rumbo (ψ_1, ψ_2) de dicha aeronave (3),

45 - calcular durante dichos tiempos sucesivos (t_1')(t_2'), por lo menos dos puntos de intersección ($C1(i)$)($C2(i)$) entre dicho eje de rastreo (A) y un plano teórico (PTi) asociado con la tierra y que tiene una altitud actual (QTR),

- variar de forma repetida los ángulos medidos de Rumbo (ψ_1, ψ_2) por un valor actual ($\Delta \psi$),

- calcular la posición de dichos dos puntos de intersección (C1(i))(C2(i)) en dicho plano teórico actual (PTi) en cada dicha variación ($\Delta\psi$), hasta que se alcanza una segunda condición de localización con precisión, en la que una segunda distancia (Dy) entre dichos dos puntos de intersección (C1(i))(C2(i)) tiene una distancia calculada menor que un segundo umbral preestablecido (SY), y

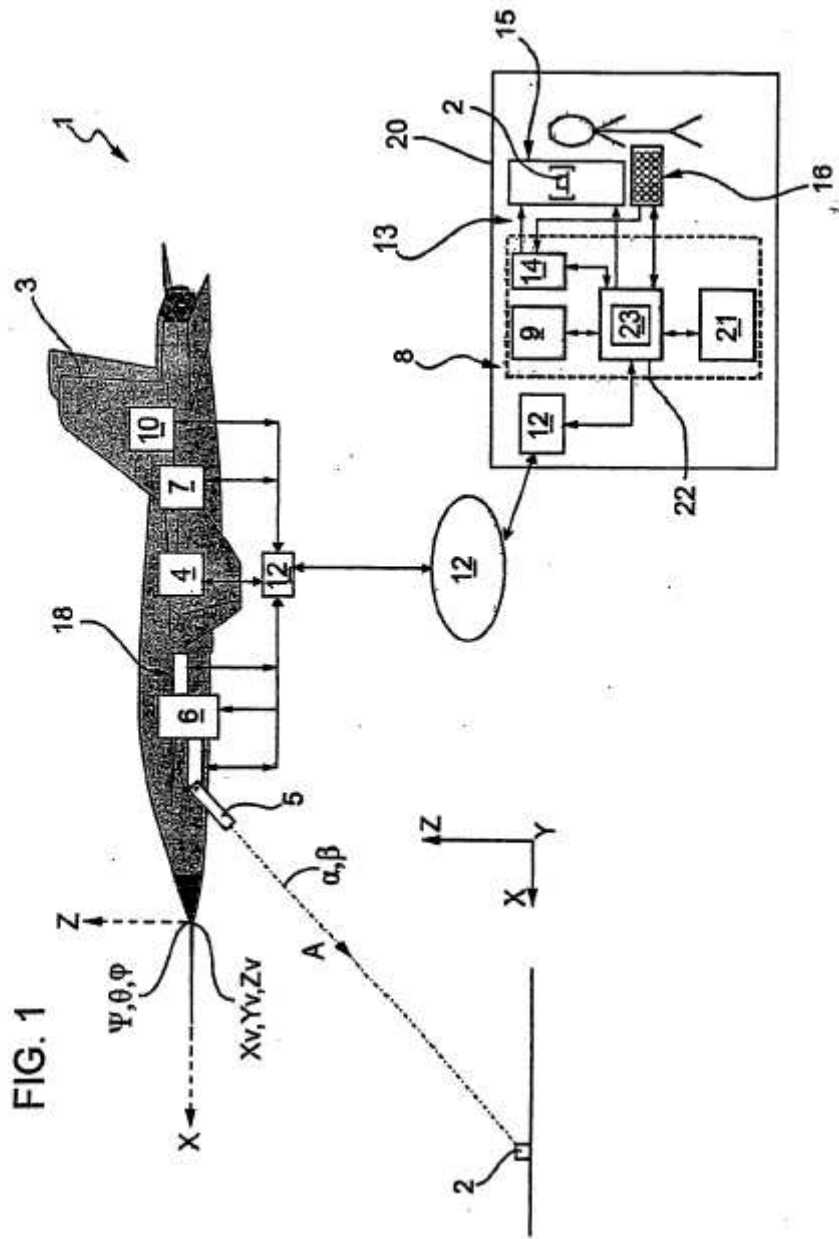
5 - asignar un componente a lo largo del eje Y de uno de los puntos de intersección (C1(i))(C2(i)) que satisfacen dicha segunda condición de localización con precisión a la posición del objetivo localizado a lo largo de dicho eje Y.

10 11. Método de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende la fase de determinar dicha segunda distancia (Dy): al calcular la distancia entre dos puntos de intersección (C1'(i))(C2'(i)), que se obtienen desde la proyección de dicho primer (C1(i)) y respectivamente segundo punto de intersección (C2(i)) en un plano (PV) sustancialmente ortogonal a dicha ruta rectilínea (TR) volada por dicha aeronave (3).

12. Ordenador caracterizado porque implementa un método como se indica en cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11.

13. Producto de software que se puede cargar en la memoria de un medio de procesamiento y se diseña para implementar, cuando se ejecuta, el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11.

15



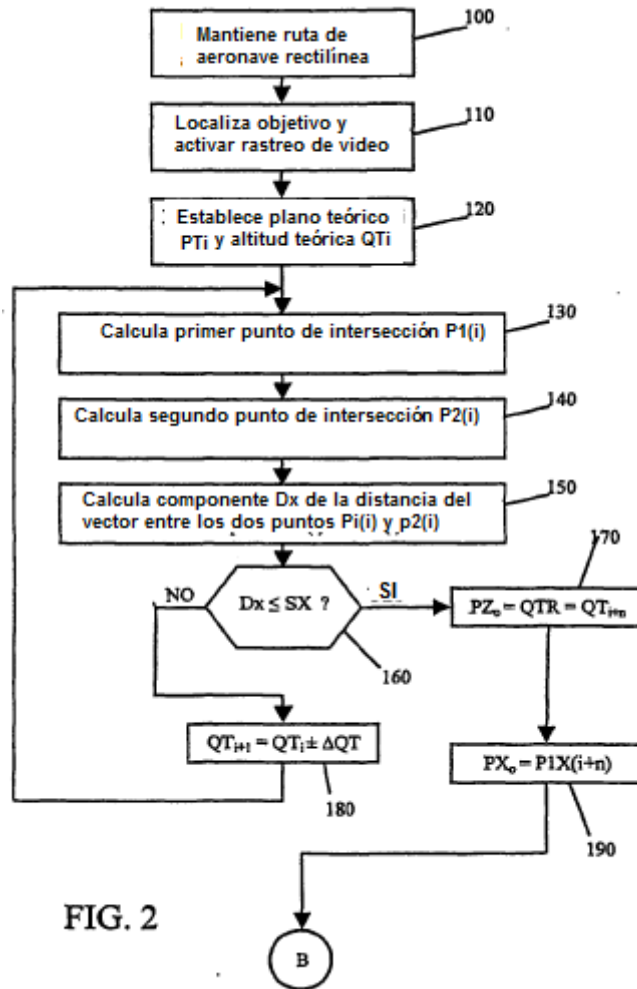


FIG. 2

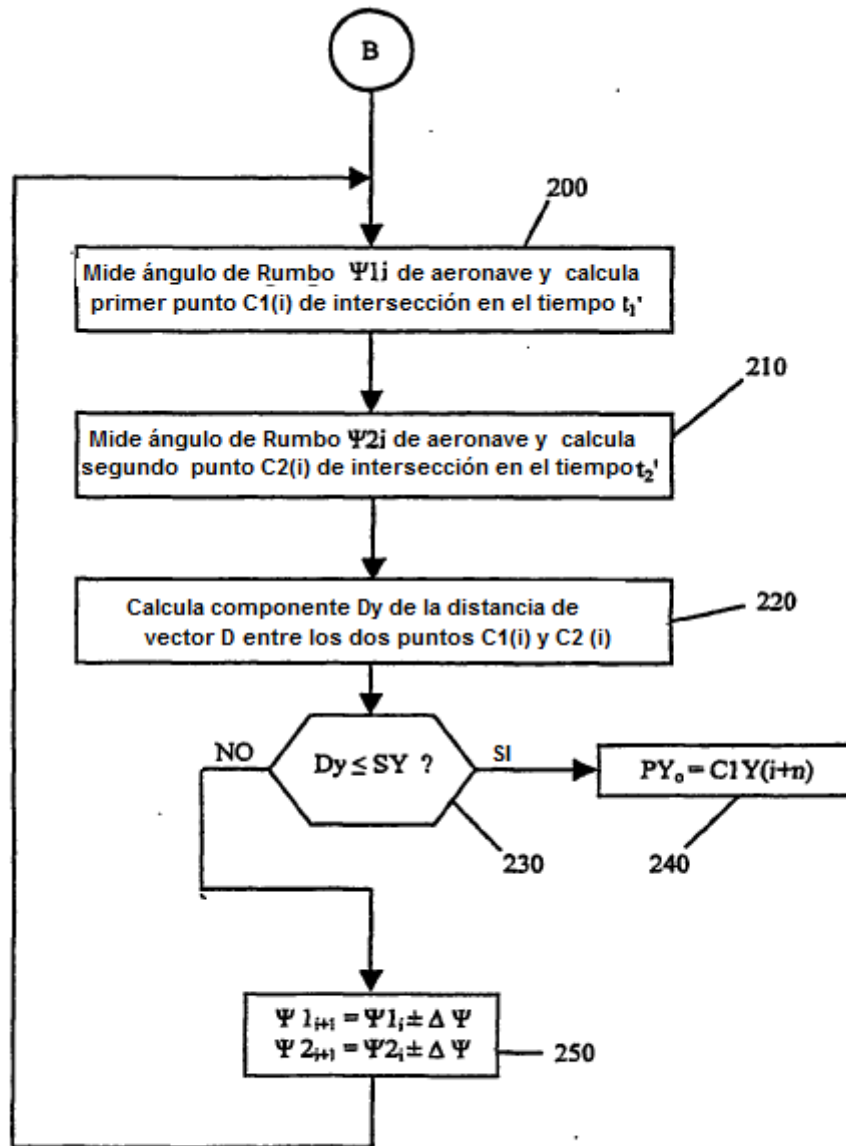
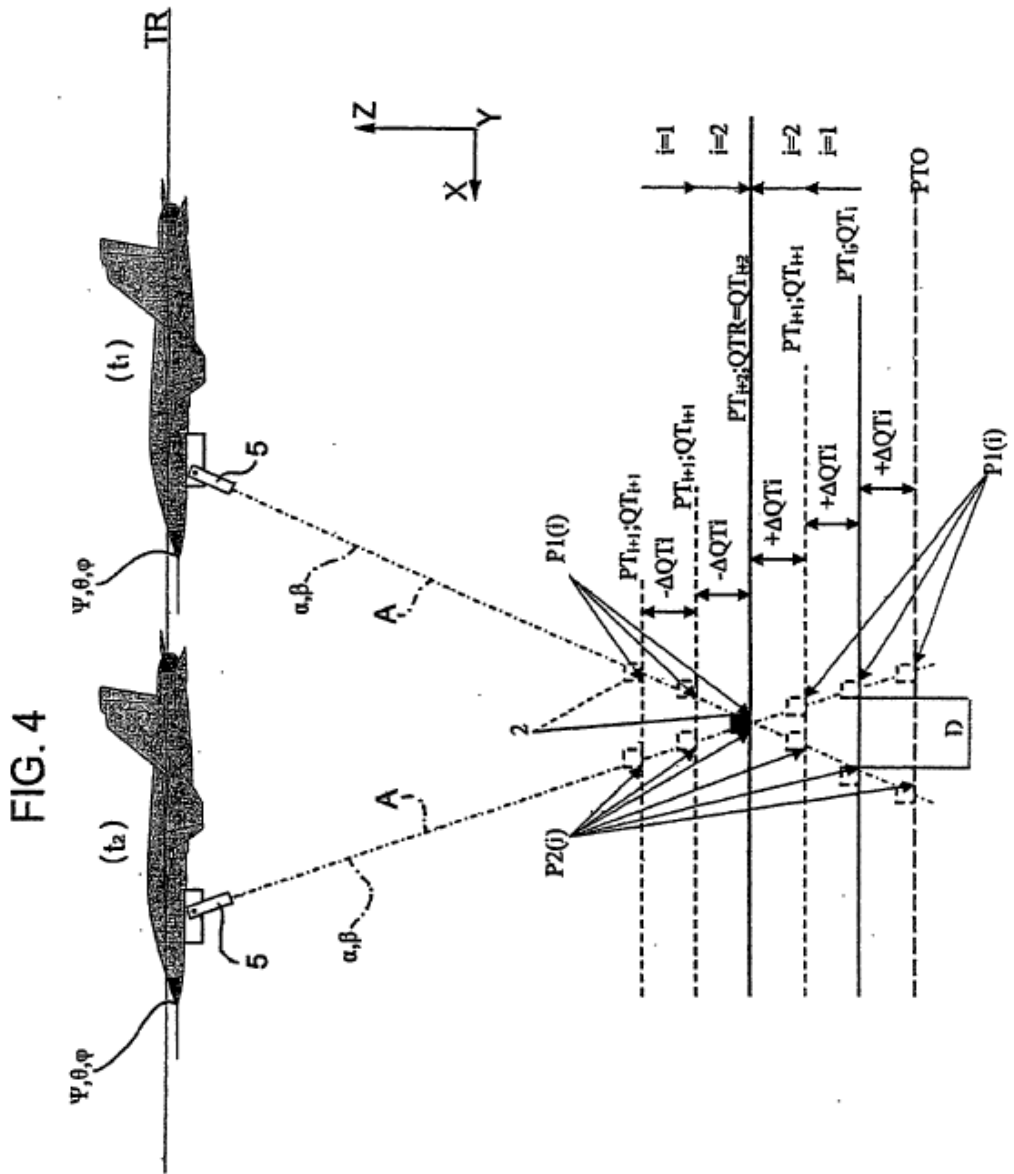


FIG. 3



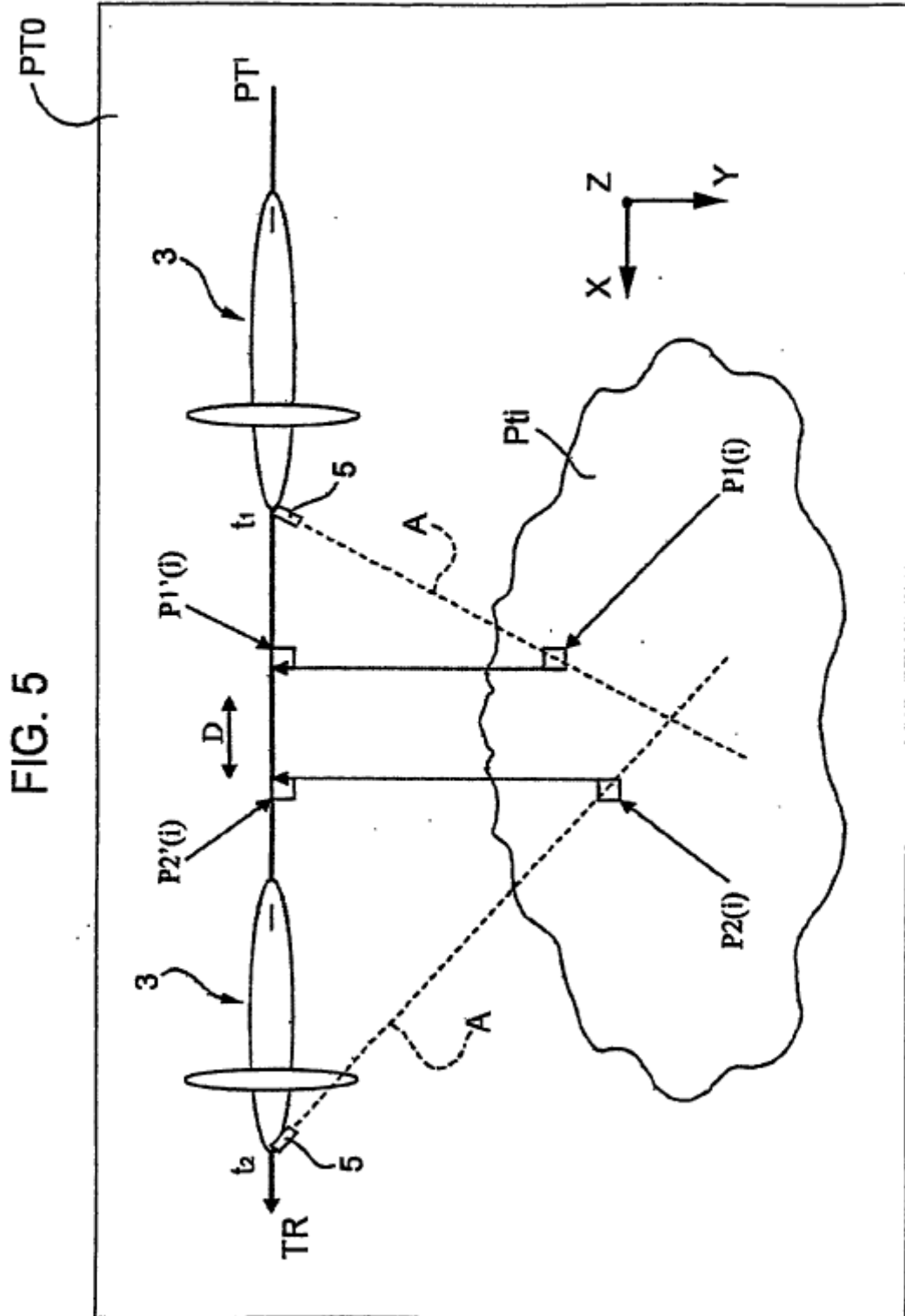


FIG. 6

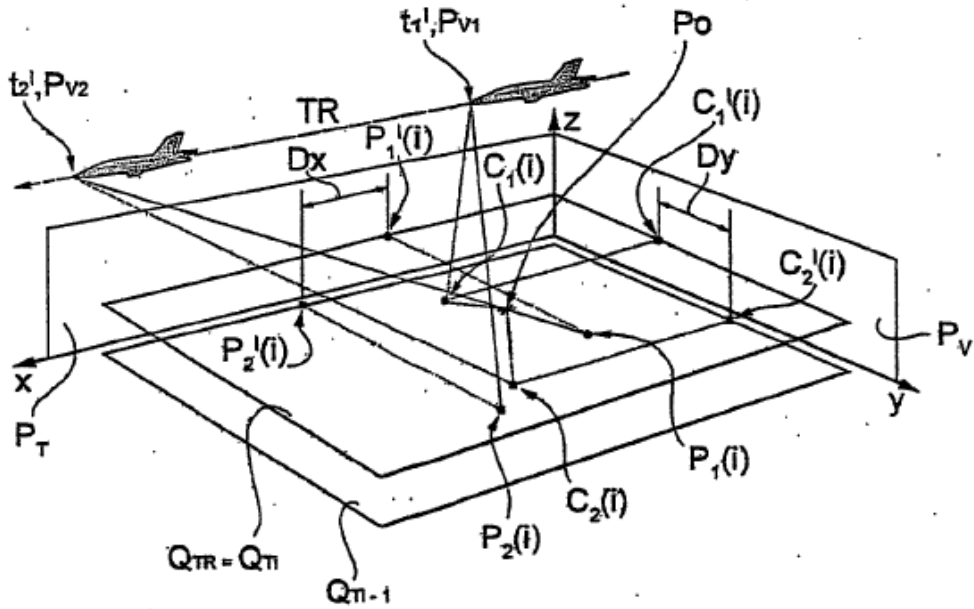


FIG. 7

