

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 895**

51 Int. Cl.:

F41G 3/16 (2006.01)
G06T 7/246 (2007.01)
F41H 13/00 (2006.01)
F41G 5/08 (2006.01)
G01S 13/66 (2006.01)
G01S 13/86 (2006.01)
G06T 7/00 (2007.01)
G01S 13/58 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2016** **E 16171803 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017** **EP 3098561**

54 Título: **Procedimiento para enfocar un haz de alta energía en un punto de referencia en la superficie de un objeto volador en vuelo**

30 Prioridad:

29.05.2015 DE 102015007028

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

10.04.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

SCHLOSSER, WOLFGANG

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 662 895 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para enfocar un haz de alta energía en un punto de referencia en la superficie de un objeto volador en vuelo

5

CÁMPO TÉCNICO

[0001] La presente invención se refiere a un procedimiento para enfocar un haz de una fuente de radiación de alta energía en un punto de referencia en la superficie de un objeto volador en vuelo. El haz de la fuente de radiación de alta energía es, preferentemente, un haz láser de alta energía.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] Cuando se combaten objetivos voladores con armas de haces de alta energía, es imprescindible enfocar la mayor cantidad de energía radiada posible en un punto de la superficie del objeto volador en cuestión lo más rápido posible. Según la práctica estándar, los sitios llamados "puntos de característica", que son identificables mediante características específicas de un objeto volador, se seleccionan en una imagen bidimensional del objeto como puntos de referencia para hacer un seguimiento del objetivo y se utilizan para calcular un punto de referencia donde enfocar el haz de alta energía. Debido a que en esta estrategia falta la tercera dimensión, incluso los cambios relativamente pequeños en el ángulo de aspecto, o la menor maniobra de vuelo del objetivo volador, hacen que sea imposible seguir exactamente el punto de referencia. Además, un movimiento tridimensional del objeto volador en el espacio hace que las características de la zona que rodea al punto de referencia cambien, de manera que el o los puntos característicos utilizados para definir los puntos de referencia ya no pueden ser identificables, y un punto de referencia marcado en la imagen bidimensional del objeto volador, por ejemplo, puede desaparecer por completo, o un punto de referencia al que se hace referencia utilizando varios puntos de enfoque puede cambiar significativamente. Todas estas desventajas se combinan para hacer que sea imposible enfocar el haz de alta energía rápida y eficazmente en un punto en la superficie del objeto volador.

15

20

25

Breve descripción de la invención

30

[0003] El objetivo de la presente invención es, por lo tanto, describir un procedimiento para enfocar un haz desde una fuente de radiación de alta energía en un punto de referencia en la superficie de un objeto volador en vuelo, con el que es posible mantener el enfoque durante un período prolongado una vez se ha establecido, y destruir el objeto volador de la manera más rápida y eficaz posible.

35

[0004] Este objetivo se resuelve con el procedimiento según la reivindicación de patente 1.

[0005] Con este fin, en el procedimiento para enfocar un haz desde una fuente de radiación de alta energía en un punto de referencia en la superficie de un objeto volador en vuelo, se llevan a cabo las etapas siguientes:

40

a) Grabación de un número de imágenes bidimensionales consecutivas del objeto volador en vuelo con un procedimiento de imagen que utiliza un dispositivo de adquisición de imágenes;

b) Determinación de la trayectoria de la ruta de vuelo del objeto volador como una secuencia de puntos de recorrido tridimensionales;

45

c) Determinación simultáneamente de la línea del ángulo de visión entre el dispositivo de adquisición de imágenes y la posición del objeto volador en sincronización con la imagen;

d) Cálculo de un modelo tridimensional del objeto volador a partir de las imágenes bidimensionales registradas en la etapa a) sobre la base de la geometría relativa a calcular a partir de la línea de los ángulos de visión calculados en la etapa c) y la trayectoria obtenida en la etapa b) y sobre la base de suposiciones predefinidas del modelo sobre el

50

objeto volador;

e) Visualización de la imagen bidimensional adquirida actualmente del objeto volador en vuelo a través de un dispositivo de reproducción de imágenes;

f) Marcación del punto de referencia en la imagen bidimensional visualizada del objeto volador;

g) Cálculo del punto de referencia tridimensional en la superficie del objeto volador a partir del punto de referencia

55

bidimensional marcado en la etapa f) utilizando el modelo tridimensional del objeto volador calculado en la etapa d), y h) Enfoque del haz de la fuente de radiación de alta energía en el punto de referencia tridimensional y haciendo que el punto de enfoque del haz dirigido al punto de referencia haga un seguimiento de dicho punto de referencia.

[0006] La trayectoria del objeto volador se mide, por ejemplo, como una secuencia de puntos de recorrido

tridimensionales mediante un dispositivo "externo" (por ejemplo, un sistema de radar) y se convierte en puntos de recorrido tridimensionales sincronizados temporalmente con las imágenes. Se calcula un modelo tridimensional del objeto volador a partir de las imágenes bidimensionales del objeto volador con la ayuda de suposiciones muy simples del modelo sobre el objeto volador basadas en el conocimiento de la geometría relativa obtenida en la etapa d) y utilizando la trayectoria de vuelo calculada en la etapa b). En este contexto, el término geometría relativa se entiende que significa la posición de los ejes tridimensionales significativos del objeto volador (por ejemplo, el eje del fuselaje, el eje de las alas, etc.) en relación con la línea de visión del dispositivo de adquisición de imágenes.

[0007] Un punto de referencia bidimensional marcado en una imagen bidimensional del objeto volador que se muestra "en línea" en un dispositivo de visualización se proyecta en el modelo y se convierte en un punto de referencia tridimensional correspondiente, y este punto de referencia tridimensional es, a continuación, proyectado en las imágenes posteriores. El haz de alta energía se enfoca en el objeto y hace el seguimiento del mismo basándose en este punto de referencia tridimensional. De esta manera, es posible conseguir un tiempo de enfoque significativamente más largo en el punto de referencia que en el caso anterior, si el ángulo de aspecto del dispositivo de grabación cambia en la adquisición de imágenes del objeto volador en vuelo, o incluso si el objeto volador lleva a cabo maniobras de vuelo que cambian la situación de vuelo del objeto volador en el espacio.

VENTAJAS

[0008] Por lo tanto, se consigue un grado de precisión significativamente mayor cuando se hace un seguimiento de un punto de referencia tridimensional marcado en la imagen bidimensional que cuando se hace un seguimiento de un punto de referencia bidimensional. El riesgo de perder el punto de referencia si el objeto volador realiza maniobras de vuelo también se reduce considerablemente. El procedimiento según la invención también hace posible calcular la visibilidad geométrica u ocultación del punto de referencia, de manera que la emisión del haz de alta energía puede detenerse si el punto de referencia ya no es visible, o queda oculto por otras partes del objeto volador, lo que reduce el riesgo de poner en peligro a terceros debido a radiación innecesaria. Además, con el procedimiento según la invención, el uso de suposiciones de modelos generales muy simples significa que no es absolutamente necesario tener una gama de modelos de objetivos tridimensionales de determinados objetos voladores listos para usar, los cuales primero deben identificarse.

[0009] Otras características de diseño preferidas y ventajosas del procedimiento según la invención constituyen la materia objeto de las reivindicaciones subordinadas 2 a 7.

[0010] El procedimiento según la invención se usa con una ventaja particularmente buena si el haz de la fuente de radiación de alta energía es un haz láser, y la fuente de radiación es, por lo tanto, una fuente de radiación láser.

[0011] Es particularmente ventajoso si el procedimiento de formación de imágenes es un procedimiento de adquisición de imágenes ópticas, preferentemente, un procedimiento de adquisición de imágenes ópticas de alta resolución en el intervalo espectral visible o infrarrojo. Con un sistema de adquisición de imágenes de este tipo, es posible conseguir una adquisición de objetos objetivo fiable y precisa incluso a grandes distancias.

[0012] También es ventajoso si primero se crea un modelo de línea bidimensional del contorno del objeto volador a partir de las imágenes grabadas del objeto volador en vuelo para calcular el modelo tridimensional en la etapa d) y, a continuación, se añade la información de profundidad al modelo de línea basado en el conocimiento de la geometría relativa y, finalmente, el modelo tridimensional se calcula utilizando una suposición predefinida del modelo. Esta estrategia ahorra tiempo de computación y capacidad de cálculo.

[0013] En este contexto, es particularmente ventajoso que una de las suposiciones del modelo sea la suposición de un fuselaje del objeto volador que es cilíndrico o consiste en secciones cilíndricas.

[0014] También es ventajoso si una de las suposiciones del modelo es la suposición de que el objeto volador tiene alas planas en forma de tablero y/o superficies de control aerodinámico. Estas suposiciones simplificadoras también ayudan a reducir el esfuerzo de computación necesario para calcular un modelo tridimensional del objeto volador "en línea" y extremadamente rápido, es decir, prácticamente en tiempo real, sin la necesidad de llevar a cabo primero una identificación compleja del objeto volador, o usar un modelo específico del objeto volador.

[0015] También es ventajoso si se hacen suposiciones adicionales del modelo sobre la orientación relativa de, y la posición de, los elementos visibles característicos del objeto volador, tales como un ala o un estabilizador vertical, en relación con el fuselaje.

[0016] Es preferente suponer que el fuselaje es simétrico con el fin de crear el modelo tridimensional del objeto volador.

5 **[0017]** También es ventajoso suponer que la posición angular del eje longitudinal del fuselaje es paralela a la tangente a la trayectoria de vuelo.

[0018] Las realizaciones preferidas de la invención con detalles de diseño adicionales y otras ventajas se describen y explican con mayor detalle en el siguiente texto en relación con el dibujo adjunto.

10

BREVE DESCRIPCIÓN DEL DIBUJO

[0019] En el dibujo:

15 La Fig. 1 es una escena esquemática en la que un objeto volador es capturado simultáneamente por una estación de radar y un dispositivo de adquisición de imágenes electroópticas y acoplado mediante una fuente de radiación.

PRESENTACIÓN DE REALIZACIONES PREFERIDAS

20 **[0020]** La Fig. 1 es una representación esquemática de una escena la que un objeto volador en vuelo 1 es capturado simultáneamente por un dispositivo de adquisición de imágenes electroópticas y una estación de radar 6 y acoplado mediante una fuente de radiación. El dispositivo de adquisición de imágenes 2 está ubicado lo más cerca posible, o idealmente, en la fuente de radiación 3, de manera que el haz de alta energía 30 emitido por la fuente de radiación 3 y la línea de visión de adquisición de imágenes 20 del dispositivo de adquisición de imágenes 2 tienen trayectorias de haz sustancialmente paralelas.

25

[0021] El objeto volador 1 es un vehículo aéreo no tripulado con un fuselaje 10, alas 12 y superficies de control aerodinámico 14 (estabilizador vertical 14' y unidad elevadora 14''), que se desplaza a lo largo de una ruta de vuelo F en la dirección de una trayectoria T.

30

[0022] Para obtener los puntos de recorrido en la trayectoria T del objeto volador 1, en el ejemplo mostrado, una estación de radar 6 detecta el objeto volador 1 con haces de radar 62 emitidos a lo largo de una línea de radar 64 de la antena de radar 60 y hace el seguimiento a lo largo de la ruta de vuelo F. La información sobre la trayectoria de vuelo obtenida de esta manera se realiza provista de baja latencia hacia un dispositivo de análisis de imágenes 5 (flecha 66).

35

[0023] El haz de señal de imagen óptica 22 procedente del objeto volador 1 es recibido y registrado por el dispositivo de adquisición de imágenes electroópticas y se suministra como el flujo de señal de imagen 24 hacia un dispositivo de reproducción de imágenes 4. Por consiguiente, las imágenes bidimensionales 1' del objeto volador 1 se muestran consecutivamente en un monitor 40 del dispositivo de reproducción de imágenes 4. El dispositivo de reproducción de imágenes 4 está acoplado al dispositivo de análisis de imágenes 5, al que también se suministra el flujo de señal de imagen 24.

40

[0024] En la imagen bidimensional 1' del objeto volador 1 visualizado en el monitor 40 del dispositivo de reproducción de imágenes 4, un operario marca un punto de referencia HP' en la superficie de la imagen visualizada 1' del objeto volador 1 como el objetivo para enfocar el haz de alta energía 30, un haz láser, por ejemplo, emitido por la fuente de radiación 3. Los datos de coordenadas bidimensionales de estos puntos de referencia HP' bidimensionales marcados se suministran al dispositivo de análisis de imágenes 5 como el flujo de datos de puntos de referencia 42.

45

50 **[0025]** Un ordenador 50 del dispositivo de análisis de imágenes 5 primero calcula un modelo tridimensional del objeto volador 1 a partir de los datos de imagen del objeto volador 1 recibidos con el flujo de datos de imagen 24 que utiliza suposiciones del modelo simplificadas y predeterminadas sobre el objeto volador 1. Estas suposiciones simplificadas del modelo suponen, por ejemplo, que el fuselaje 10 del objeto volador 1 es sustancialmente cilíndrico, o consiste en secciones cilíndricas, y que las alas 12 y las superficies de control aerodinámico 14 son planas y tienen forma de tablero. Las suposiciones de modelo, que se simplifican de esta manera, se pueden aplicar a prácticamente cualquier objeto volador, y permiten la creación de un modelo tridimensional de objeto volador 1 que es aproximado pero adecuado para el propósito en cuestión, sin necesitar el uso de un modelo específico del objeto volador en cuestión, que si se utilizara necesitaría una identificación del objeto volador.

55

[0026] Con este modelo tridimensional y la geometría relativa derivada de las imágenes grabadas consecutivamente del objeto volador 1 y los puntos de trayectoria de vuelo temporalmente sincronizados en la trayectoria T, es posible determinar la situación del objeto volador 1 en el espacio y transferir el punto de referencia bidimensional HP' marcado en el monitor 40 desde los datos de coordenadas bidimensionales asociados con el punto de referencia bidimensional HP' al modelo tridimensional HP se transmiten, a continuación, como flujo de datos del objeto objetivo 52 a un ordenador 32 de la fuente de radiación 3, que acciona el equipo de alineación y enfoque (no se muestra) del haz de alta energía 30 emitido por la fuente de radiación 3 con el fin de alinear el punto de enfoque del haz de alta energía 30 con el punto de referencia tridimensional HP y seguir el movimiento del objeto volador 1 con el haz 30 de manera que el punto de enfoque permanezca coincidente con el punto de referencia tridimensional HP.

[0027] El procedimiento según la invención presupone la disponibilidad de información sobre la trayectoria de vuelo T, que puede determinarse a partir de la información de radar suministrada por la estación de radar 6. También es necesario que el dispositivo de adquisición de imágenes 2 esté ubicado en una posición fija en el suelo, y también se debe conocer la línea del ángulo de visión en acimut y elevación del dispositivo de adquisición de imágenes 2.

[0028] Además se hacen las siguientes suposiciones del modelo simplificado:

20 - El objeto volador 1 está volando en la dirección del eje longitudinal de su fuselaje, las alas 12 son perpendiculares al mismo, y el estabilizador vertical 14' de las superficies de control aerodinámico 14 es, a su vez, perpendicular a ambos,

- El fuselaje 10 del objeto volador 1 consiste en elementos cilíndricos cónicos, y las alas y el estabilizador vertical tienen cada uno "forma de tablero".

25 **[0029]** Las orientaciones de los ángulos de los ejes primarios del objeto volador 1 (fuselaje, alas, estabilizador vertical) se pueden calcular en la imagen con antelación a partir de la línea de los ángulos de visión y los datos de la trayectoria de vuelo. Se crea un modelo de línea bidimensional del contorno del objeto volador 1 utilizando filtros de borde y conexiones lógicas adaptadas a estas orientaciones. Las líneas de este modelo se clasifican por sus asociaciones (fuselaje, superficies de control, estabilizador vertical) según la orientación y las suposiciones del modelo. A continuación, se puede añadir una profundidad virtual en la imagen a los puntos finales de las líneas clasificadas usando una combinación de línea de los ángulos de visión y orientaciones de los ángulos de los ejes primarios. Finalmente, las líneas tridimensionales virtuales se transforman en una posición estándar para el modelo tridimensional. Debido a la variación en el tiempo de la línea de visión de adquisición de imágenes 20 y la trayectoria de vuelo T, pequeños cambios en el ángulo de aspecto en términos de acimut y elevación son inevitables, y permiten que el modelo se ajuste con el tiempo.

40 **[0030]** El modelo también se puede mejorar mediante suposiciones de verosimilitud adicionales. Por ejemplo, la posición de las alas se puede estimar basándose en la suposición de que las alas 12 están dispuestas simétricamente en relación con el fuselaje 10. Esta simetría también se puede usar para mejorar el modelo directamente, mapeando las alas simétricamente en relación con el fuselaje en el modelo.

45 **[0031]** Los errores en los datos de trayectoria de vuelo pueden compensarse mediante una corrección desde la posición estándar suponiendo que el eje del fuselaje del objeto volador 1 se extiende exactamente paralelo al eje X de la situación de vuelo, y el plano de las alas se extiende exactamente paralelo al eje Y de la situación de vuelo.

Lista de signos de referencia

50 **[0032]** Los elementos en el dibujo se identifican de la siguiente manera:

1. Objeto volador
- 1.' Imagen bidimensional del objeto volador
2. Dispositivo de adquisición de imágenes
3. Fuente de radiación
- 55 4. Dispositivo de reproducción de imágenes
5. Dispositivo de análisis de imágenes
6. Estación de radar
10. Fuselaje
12. Alas

14.	Superficies de control aerodinámico
14.'	Estabilizador vertical
14."	Unidad de elevador
20.	Línea de visión de adquisición de imágenes
5 22.	Haz de señal de imagen
24.	Flujo de señal de imagen
30.	Haz de alta energía
32.	Ordenador
40.	Monitor
10 42.	Flujo de datos de punto de referencia
50.	Ordenador
52.	Flujo de datos del objeto objetivo
60.	Antena del radar
15 62.	Haz del radar
64.	Línea de visión del radar
F.	Ruta de vuelo
HP.	Punto de referencia tridimensional
HP.'	Punto de referencia bidimensional
20 T	Trayectoria de vuelo

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para enfocar un haz (30) de una fuente de radiación de alta energía (3), particularmente un haz láser, en un punto de referencia (HP) en la superficie de un objeto volador en vuelo (1), que incluye las etapas 5 siguientes:
- a) Grabación de un número de imágenes bidimensionales consecutivas del objeto volador (1) en vuelo con un procedimiento de imagen que utiliza un dispositivo de adquisición de imágenes (2);
 - b) Determinación de la trayectoria (T) de la ruta de vuelo del objeto volador (1) como una secuencia de puntos de recorrido tridimensionales;
 - 10 c) Determinación simultáneamente de la línea del ángulo de visión entre el dispositivo de adquisición de imágenes (2) y la posición del objeto volador (1) en sincronización con la imagen;
 - d) Cálculo de un modelo tridimensional del objeto volador (1) a partir de las imágenes bidimensionales registradas en la etapa a) sobre la base de la geometría relativa a calcular a partir de la línea de los ángulos de visión calculados en la etapa c) y la trayectoria (T) obtenida en la etapa b) y sobre la base de suposiciones predefinidas del modelo sobre el objeto volador (1);
 - 15 e) Visualización de la imagen bidimensional (1') adquirida actualmente del objeto volador (1) en vuelo a través de un dispositivo de reproducción de imágenes (4);
 - f) Marcación del punto de referencia (HP') en la imagen bidimensional (1') visualizada del objeto volador (1);
 - 20 g) Cálculo del punto de referencia tridimensional (HP) en la superficie del objeto volador (1) empezando a partir del punto de referencia bidimensional (HP') marcado en la etapa f) utilizando el modelo tridimensional del objeto volador (1) calculado en la etapa d), y
 - h) Enfoque del haz (30) de la fuente de radiación de alta energía (3) en el punto de referencia tridimensional (HP) y hacer que el punto de enfoque del haz (30) dirigido al punto de referencia (HP) haga un seguimiento de dicho punto de referencia (HP).
2. Procedimiento según la reivindicación 1,
- 30 caracterizado porque el procedimiento de imagen es un procedimiento de adquisición de imágenes ópticas en el intervalo espectral visible o infrarrojo.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2,
- 35 caracterizado porque para calcular el modelo tridimensional en la etapa d), primero se crea un modelo de línea bidimensional del contorno del objeto volador a partir de las imágenes grabadas del objeto volador (1) en vuelo; a continuación, la información de profundidad se añade al modelo de línea utilizando el conocimiento de la geometría relativa y, finalmente, el modelo tridimensional se calcula utilizando suposiciones predefinidas del modelo.
- 40 4. Procedimiento según la reivindicación 3,
- caracterizado porque una de las suposiciones del modelo es la suposición que el fuselaje (10) del objeto volador es cilíndrico o consiste en 45 secciones cilíndricas.
5. Procedimiento según la reivindicación 3 o 4,
- caracterizado porque una de las suposiciones del modelo es la suposición de que las alas (12) y/o las superficies de control aerodinámico (14) del objeto volador (1) son planas y tienen forma de tablero.
- 50 6. Procedimiento según la reivindicación 3, 4 o 5,
- caracterizado porque se hacen suposiciones adicionales del modelo sobre la orientación relativa y la posición de los elementos visibles (12, 14) del objeto volador (1) en relación con el fuselaje (10).
- 55 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado porque
una simetría en relación con el fuselaje (10) es adecuada para crear el modelo tridimensional del objeto volador (1).

