

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 873**

51 Int. Cl.:

G01C 21/16 (2006.01)

F41G 7/22 (2006.01)

G05D 1/10 (2006.01)

F41G 7/00 (2006.01)

G05D 1/12 (2006.01)

F41G 7/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2014** **E 14290063 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2017** **EP 2781881**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para mejorar la navegación inercial de un artefacto**

30 Prioridad:

20.03.2013 FR 1300646

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

29.09.2017

73 Titular/es:

MBDA FRANCE (100.0%)
1, avenue Réaumur
92350 Le Plessis-Robinson, FR

72 Inventor/es:

DE ARAUJO, BRUNO;
GUIBOUT, VINCENT y
LARCHER, ERIC

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 634 873 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 y dispositivo para mejorar la navegación inercial de un artefacto

La presente invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para mejorar la navegación inercial de un artefacto.

5 Aunque no exclusivamente, es particularmente apropiada para realizarse con misiles tácticos, por ejemplo del tipo anticarro o antibúnquer cuyo alcance es de algunos kilómetros (alcance medio).

Se sabe que tales misiles pueden presentar una central inercial que les permite una navegación parcial o totalmente inercial. No obstante, dado que estos misiles son destruidos cuando alcanzan su objetivo, las centrales inerciales que estos abarcan no son, por razones de costes, centrales inerciales de altas prestaciones que, por ello, presentan unas desviaciones acelerométricas y girométricas.

10 Es evidente que estas desviaciones acelerométricas y girométricas generan errores de deriva de navegación, en posición y en comportamiento, limitando el alcance útil de dichos misiles.

Para remediar tales inconvenientes, se podría pensar en utilizar una central inercial de mejor calidad, en prever un sensor complementario (por ejemplo, de tipo GPS) y/o, en el caso de que el misil comprenda un autodirector, en aumentar el alcance o el tamaño del cambio de visión de este autodirector. No obstante, tales medidas conllevan obligatoriamente un coste suplementario para los misiles. Es conocido el hecho de alinear un misil que lleva una central inercial de calidad media con un portador equipado con una central inercial de calidad de alta precisión, véase D.H. Titterton, RAE Farnborough, y J.L. Weston, "The alignment of ship launched missile IN systems", IEE colloquium en Inertial Sensor Development, 1990, <http://ieeexplore.ieee.org/document/190915/>.

20 El objeto de la presente invención es remediar este inconveniente reduciendo los errores debidos a las desviaciones de los acelerómetros y de los girómetros de la central inercial de calidad mediocre de los misiles y, por tanto, mejorar las prestaciones de navegación inercial de estos últimos, evitando cualquier recurso a una medición que conlleve un coste suplementario.

A este fin, según la invención, el procedimiento para mejorar la navegación inercial de un artefacto equipado con una central inercial de calidad mediocre y disparado desde un portador equipado con una central inercial de precisión es destacable por que:

- antes del disparo de dicho artefacto desde el portador, las desviaciones medias de los acelerómetros y de los girómetros de la central inercial de dicho artefacto son determinados con ayuda de la central inercial de dicho portador; y
- 30 - durante la navegación inercial de dicho artefacto, las mediciones acelerométricas y girométricas suministradas por dicha central inercial de dicho artefacto son corregidas por dichas desviaciones medias determinadas antes del disparo.

Así, gracias a la invención se tienen en cuenta las desviaciones medias de los acelerómetros y de los girómetros que crean los principales errores de navegación, de modo que la navegación inercial de dicho artefacto pueda ser satisfactoria a pesar de la calidad mediocre de la central inercial. El procedimiento conforme a la presente invención está basado en la observación de la solicitante de que las desviaciones acelerométricas y girométricas de tal central inercial son relativamente estables en el curso del tiempo y que las variaciones de estas desviaciones, durante la duración de vuelo del artefacto, son insignificantes en comparación con los valores absolutos de las desviaciones determinadas antes del lanzamiento del artefacto.

40 Se debe destacar que la central inercial del artefacto y la central inercial del portador tienen que cada una de ellas su propio sistema de ejes de referencia con respecto a los cuales suministran sus mediciones acelerométricas y girométricas y que estos dos sistemas de referencia son fijos uno con respecto a otro, en posición y en orientación, en tanto no se dispare dicho artefacto.

45 Asimismo, para la determinación de dichas desviaciones de la central inercial de dicho artefacto, es ventajoso que las medidas acelerométricas y girométrica de una de las centrales inerciales, por una transformación que tiene en cuenta la posición y la orientación relativas de los dos sistemas de ejes, sean expresadas en el sistema de ejes de referencia de la otra de dichas centrales inerciales. En este caso, se prevé que:

- mientras que la central inercial del portador está ya en funcionamiento, la central inercial del artefacto es puesta en funcionamiento;
- 50 - las mediciones acelerométricas y girométricas de una de las centrales inerciales, por dicha transformación que tiene en cuenta la posición y la orientación relativas de los dos sistemas de ejes de referencia, son expresadas

en el sistema de ejes de referencia de la otra de dichas centrales inerciales; y

- en el sistema de ejes de esta otra de dichas centrales inerciales, se comparan, haciendo la diferencia entre ellas, las mediciones acelerométricas y girométricas de las dos centrales inerciales.

De preferencia:

- 5 - se filtran las diferencias de mediciones acelerométricas y girométricas así obtenidas para obtener unas estimaciones corrientes de las desviaciones medias de los acelerómetros y de los girómetros de la central inercial de dicho artefacto; y
- en el instante del disparo del artefacto, se detiene el proceso anterior de obtención de dichas estimaciones corrientes de las desviaciones medias y se guardan los últimos valores de estas últimas que constituyen las estimaciones de las desviaciones medias de los acelerómetros y de los girómetros de la central inercial del artefacto.

Por lo demás, durante el vuelo de dicho artefacto, se efectúan continuamente las operaciones siguientes:

- 15 - diferencia entre las mediciones instantáneas de los acelerómetros y de los girómetros de la central inercial del artefacto y de dichas estimaciones de las desviaciones medias para obtener unas mediciones acelerométricas y girométricas del artefacto corregidas; y
- utilización de estas mediciones acelerométricas y girométricas corregidas en la navegación inercial de dicho artefacto.

La presente invención concierne además a un dispositivo para mejorar la navegación inercial de un artefacto equipado con una central inercial de calidad mediocre y disparado desde un portador equipado con una central inercial de precisión, teniendo cada una de dichas centrales su propio sistema de ejes de referencia con respecto a los cuales suministran sus mediciones acelerométricas y girométricas y estando estos dos sistemas de ejes de referencia fijos uno con respecto a otro, en posición y en orientación, en tanto no se dispare dicho artefacto.

Según la presente invención, este dispositivo es destacable por que comprende:

- 25 - unos medios de cálculo que permiten, por una transformación que tiene en cuenta la posición y la orientación relativas de los dos sistemas de ejes, expresar las mediciones acelerométricas y girométricas de una de las centrales inerciales en el sistema de ejes de referencia de la otra de dichas centrales inerciales; y
- unos medios de comparación que permiten, en este sistema de ejes de referencia de esta otra de dichas centrales inerciales, comparar las mediciones acelerométricas y girométricas de las dos centrales inerciales.

Además, el dispositivo conforme a la presente invención comprende:

- 30 - un filtro para filtrar las diferencias de las mediciones acelerométricas y girométricas resultantes de la comparación con ayuda de dichos medios de comparación y para obtener unas estimaciones corrientes de las desviaciones medias de los acelerómetros y de los girómetros de la central inercial de dicho artefacto; y
- un sustractor para restar de las mediciones instantáneas de los acelerómetros y de los girómetros de la central inercial del artefacto en vuelo, los últimos valores, antes del disparo, de dichas estimaciones de desviaciones corrientes.

Las figuras del dibujo anexo harán que se comprenda bien cómo puede realizarse la invención. En estas figuras, unas referencias idénticas designan unos elementos similares.

La figura 1 es una vista esquemática y parcial, antes del disparo, de un misil llevado por un portador.

La figura 2 es un esquema sinóptico que ilustra la presente invención.

- 40 En la figura 1, se ha representado esquemáticamente un artefacto M, por ejemplo un misil táctico de alcance medio (algunos kilómetros) rígidamente montado en un portador L, por ejemplo un vehículo terrestre, una aeronave, etc., por intermedio de un pilón P.

El artefacto M comprende una central inercial IM, por ejemplo de tres acelerómetros y de tres girómetros (no representados) que definen un sistema de ejes de referencia R, S y T. Asimismo, el portador L comprende una central inercial IL, por ejemplo de tres acelerómetros y de tres girómetros (no representados) que defienden un sistema de ejes de referencia X, Y y Z.

Antes del disparo del artefacto M desde el portador L, la posición relativa y la orientación relativa de los dos sistemas de ejes de referencia R, S, T y X, Y, Z son fijas y conocidas a causa del posicionamiento rígido conocido del

artefacto M en el portador L. Por tanto, es posible, gracias a una transformación matemática apropiada expresar las mediciones acelerométricas y girométricas de una de las centrales inerciales IM o IL en el sistema de ejes de referencia de la otra de dichas centrales inerciales IL o IM.

Esta propiedad es realizada por la presente invención, como ilustra el esquema sinóptico de la figura 2.

5 En esta figura, se ha representado un ordenador 1 que permite efectuar esta transformación y expresar las mediciones acelerométricas y girométricas A_{XL} , A_{YL} , A_{ZL} , p_L , q_L y r_L que recibe de la central inercial IL del portador L en el sistema de ejes de referencia R, S, T de la central inercial IM del artefacto M. A continuación, estas mediciones acelerométricas y girométricas que han padecido la transformación del ordenador 1 son referenciadas A_{XL}' , A_{YL}' , A_{ZL}' , p_L' , q_L' y r_L' .

10 Puesto que estas mediciones acelerométricas y girométricas transformadas se encuentran ahora referenciadas en el mismo sistema de ejes de referencia R, S, T que las mediciones acelerométricas y girométricas de la central inercial IM del artefacto M (a continuación, referenciadas A_{RM} , A_{SM} , A_{TM} , p_M , q_M y r_M), pueden compararse con estas últimas en un comparador 2 (en la figura 2, la unión entre la central inercial IM y el comparador 2 está esquemáticamente representada por una posición a de un inversor controlable inv).

15 Así, a la salida del comparador 2, se obtienen las diferencias:

$$\Delta_{AX} = A_{RM} - A_{XL}'$$

$$\Delta_{AY} = A_{SM} - A_{YL}'$$

$$\Delta_{AZ} = A_{TM} - A_{ZL}'$$

$$\Delta p = p_M - p_L'$$

20 $\Delta q = q_M - q_L'$

$$\Delta r = r_M - r_L'$$

que expresan las desviaciones instantáneas de la central inercial IM del artefacto M con respecto a las mediciones de la central inercial IL del portador L.

25 Por tanto, por lo que precede se comprende fácilmente que si, antes del disparo del artefacto M desde el portador L y mientras la central inercial IL de dicho portador está en funcionamiento, se pone en funcionamiento la central inercial IM del artefacto M, se pueden obtener de forma continua estas desviaciones instantáneas Δ_{AX} , Δ_{AY} , Δ_{AZ} , Δp , Δq y Δr de la central inercial IM.

30 Para conservar las bajas frecuencias, es decir, las desviaciones medias, y filtrar los ruidos de mediciones, dichas desviaciones instantáneas que aparecen a la salida del comparador 2 son filtrados por un filtro 3, constituyendo, por tanto, estas desviaciones instantáneas filtradas unas estimaciones corrientes de las desviaciones medias de los acelerómetros y de los girómetros de la central inercial IM del artefacto M.

35 En el instante del disparo, se detiene el proceso anteriormente descrito de determinación de las estimaciones corrientes de las desviaciones medias de la central IM y se registra en una memoria 4 el último valor de cada una de dichas estimaciones corrientes (en la figura 2, estas acciones en el instante del disparo están figuradas por unas flechas t que actúan sobre la memoria 4 y sobre el inversor inv para hacerle adoptar su posición b que une la central inercial a un comparador 5). Estos últimos valores de las estimaciones corrientes de las desviaciones medias de la central IM constituyen entonces las mejores estimaciones disponibles de las desviaciones medias de la central inercial IM del artefacto M y pueden referenciarse por la desviación A_{RM} , desviación A_{SM} , desviación A_{TM} , desviación p_M , desviación q_M y desviación r_M .

40 Después del disparo durante el vuelo del artefacto M, gracias al comparador 5 que recibe a la vez mediciones acelerométricas y girométricas instantáneas A_{RM} , A_{SM} , A_{TM} , p_M , q_M y r_M de la central inercial M y dichas desviaciones, este comparador 5 puede enviar a los dispositivos de navegación inercial del artefacto M las mediciones acelerométricas y girométricas corregidas $A_{RM} -$ desviación A_{RM} , $A_{SM} -$ desviación A_{SM} , $A_{TM} -$ desviación A_{TM} , $p_M -$ desviación p_M , $q_M -$ desviación q_M y $r_M -$ desviación r_M .

45 Se destacará que, en el proceso anterior, la transformación del ordenador 1 podría aplicarse a la central inercial IM del artefacto M en lugar de aplicarse a la central inercial IL del portador L. Además, aunque la memoria 4 y el comparador 5 deben encontrarse a bordo del artefacto M, el ordenador 1, el comparador 2 y el filtro 3 pueden encontrarse tanto a bordo del artefacto M como del portador L. En este último caso, la unión entre el filtro 3 y la

memoria 4 se rompe en el momento del disparo.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para mejorar la navegación inercial de un artefacto (M) equipado con una central inercial (IM) de calidad mediocre y disparado desde un portador (L) equipado con una central inercial (IL) de precisión, procedimiento en el que:
- 5 - antes del disparo de dicho artefacto (M) desde el portador (L), las desviaciones medias de los acelerómetros y de los girómetros de la central inercial (IM) de dicho artefacto se determinan con ayuda de la central inercial (IL) de dicho portador (L);
- caracterizado por que
- 10 - durante la navegación inercial de dicho artefacto (M), después del disparo, las mediciones acelerométricas y girométricas suministradas por dicha central inercial (IM) de dicho artefacto (M) son corregidas por dichas desviaciones medias determinadas antes del disparo.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual la central inercial (IM) del artefacto (M) y la central inercial (IL) del portador (L) tienen cada una de ellas su propio sistema de eje de referencia (X, Y, Z, - R, S, T) con respecto a los cuales suministran sus mediciones acelerométricas y girométricas, estando fijos estos dos sistemas de ejes de referencia uno con respecto a otro, en posición y en orientación, en tanto no se dispare dicho artefacto, caracterizado por que para la determinación de dichas desviaciones de la central inercial (IM) de dicho artefacto (M), las mediciones acelerométricas y girométricas de una de las centrales inerciales (IL, IM) se expresan, por una transformación que tiene en cuenta la posición y la orientación relativas de los dos sistemas de ejes (X, Y, Z - R, S, T), en el sistema de ejes de referencia de la otra de dichas centrales inerciales.
- 15
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que:
- 20 - mientras la central inercial (IL) del portador (L) está ya en funcionamiento, la central inercial (IM) del artefacto (M) es puesta en funcionamiento;
- las mediciones acelerométricas y girométricas de una de las centrales inerciales (IL, IM) se expresan, por dicha transformación que tiene en cuenta la posición y la orientación relativas de los dos sistemas de ejes de referencia (X, Y, Z - R, S, T), en el sistema de ejes de referencia de la otra de dichas centrales inerciales; y
- 25 - en este sistema de ejes de referencia de esta otra de dichas centrales inerciales, se comparan, haciendo la diferencia entre ellas, las mediciones acelerométricas y girométricas de las dos centrales inerciales.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que:
- 30 - se filtran las diferencias de mediciones acelerométricas y girométricas así obtenidas para obtener estimaciones corrientes de las desviaciones medias de los acelerómetros y de los girómetros de la central inercial (IM) de dicho artefacto (M); y
- en el instante del disparo del artefacto (M), se detiene el proceso anterior de obtención de dichas estimaciones corrientes de las desviaciones medias, y se guardan los últimos valores de estas últimas que constituyen las estimaciones de las desviaciones medias de los acelerómetros y de los girómetros de la central inercial del artefacto.
- 35
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que, durante el vuelo de dicho artefacto (M), se efectúan continuamente las operaciones siguientes:
- diferencia entre las mediciones instantáneas de los acelerómetros y de los girómetros de la central inercial (IM) del artefacto (M) y dichas estimaciones de las desviaciones medias, para obtener unas mediciones acelerométricas y girométricas del artefacto corregidas; y
- 40 - utilización de estas mediciones acelerométricas y girométricas corregidas en la navegación inercial de dicho artefacto (M).
6. Dispositivo para mejorar la navegación inercial de un artefacto (M) equipado con una central inercial (IM) de calidad mediocre y disparado desde un portador (L) equipado con una central inercial (IL) de precisión, teniendo cada una de dichas centrales (IM, IL) su propio sistema de ejes de referencia (X, Y, Z - R, S, T) con respecto a los cuales suministran sus mediciones acelerométricas y girométricas, y estando fijos estos dos sistemas de ejes de referencia uno con respecto a otro, en posición y en orientación en tanto no se dispare dicho artefacto (M), comprendiendo el dispositivo:
- 45 - unos medios de cálculo (1) que permiten, por una transformación que tiene en cuenta la posición y la orientación relativas de los dos sistemas de ejes (X, Y, Z - R, S, T), expresar las mediciones acelerométricas y girométricas de

una de las centrales inerciales en el sistema de ejes de referencia de la otra de dichas centrales inerciales, y

- unos medios (2, 3, 4) configurados para determinar las desviaciones medias de las mediciones acelerométricas y girométricas suministradas por dicha central inercial (IM) de dicho artefacto (M) con ayuda de la central inercial (IL) de dicho portador (L) antes del disparo de dicho artefacto;

5 caracterizado por que el dispositivo comprende

unos medios (5, 6) configurados para corregir dichas mediciones acelerométricas y girométricas suministradas por dicha central inercial (IM) de dicho artefacto (M) durante la navegación inercial de dicho artefacto (M) por dichas desviaciones medias determinadas antes del disparo.

7. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado por que comprende:

10 - un filtro (3) para filtrar las diferencias de mediciones acelerométricas y girométricas que resultan de la comparación con ayuda de dichos medios de comparación (2) y para obtener estimaciones corrientes de las desviaciones medias de los acelerómetros y de los girómetros de la central inercial (IM) de dicho artefacto; y

- un sustractor (5) para restar de las mediciones instantáneas de los acelerómetros y los girómetros de la central inercial (IM) del artefacto (M) en vuelo, los últimos valores, antes del disparo, de dichas estimaciones de

15 desviaciones corrientes.

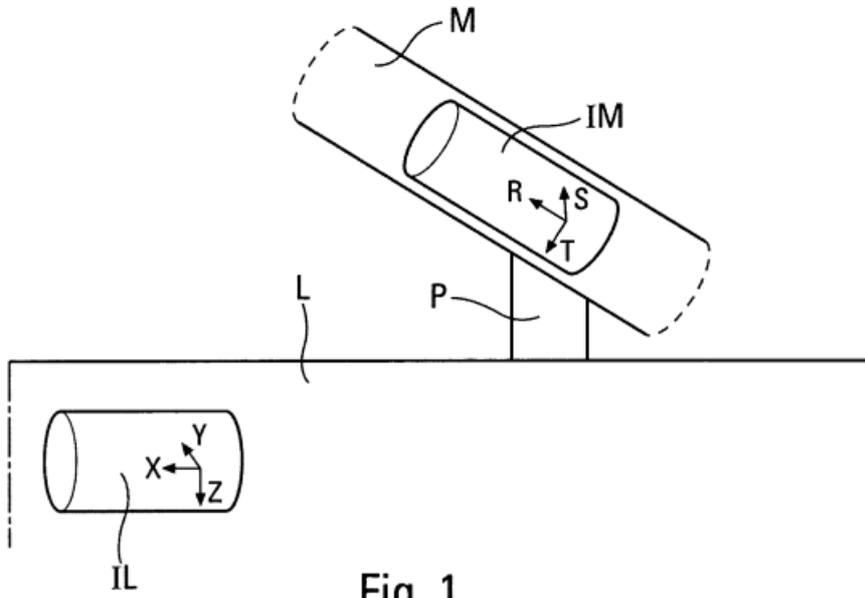


Fig. 1

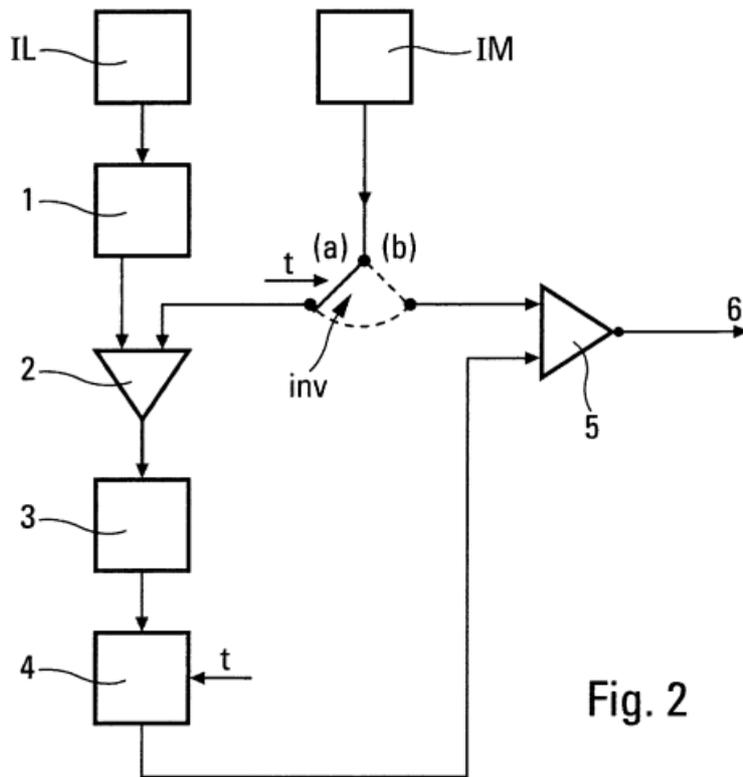


Fig. 2