

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 986 552**

51 Int. Cl.:

H01Q 1/28 (2006.01)

H01Q 3/02 (2006.01)

G01S 13/88 (2006.01)

F41G 7/22 (2006.01)

G01S 13/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.08.2017** **PCT/EP2017/070383**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.02.2018** **WO18029321**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.08.2017** **E 17749487 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2024** **EP 3497747**

54 Título: **Radar con control de elevación-balanceo para el guiado autónomo de una plataforma y misil autoguiado que comprende dicho radar**

30 Prioridad:

11.08.2016 FR 1601225

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.11.2024

73 Titular/es:

THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade Nord
92400 Courbevoie, FR

72 Inventor/es:

MERLET, THOMAS;
SADDI, JEAN-PIERRE;
CANET, JULIEN y
LESUEUR, GUILLAUME

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 986 552 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

Radar con control de elevación-balanceo para el guiado autónomo de una plataforma y misil autoguiado que comprende dicho radar

5

[0001] La presente invención se refiere a un radar para un sistema de guiado autónomo de una plataforma, del tipo que comprende un armazón, una antena emisora-receptora para la emisión de una onda electromagnética emitida en una dirección de apuntamiento y la recepción de una onda electromagnética recibida, y un sistema de apuntamiento para la modificación de la orientación de la dirección de apuntamiento con respecto al armazón, comprendiendo el

10 sistema de apuntamiento:

- un dispositivo de giro primario para hacer girar la dirección de apuntamiento con respecto al armazón alrededor de un eje primario, y

15 - un dispositivo de giro secundario para hacer girar la dirección de apuntamiento con respecto al armazón alrededor de un eje secundario ortogonal al eje primario.

[0002] La invención se refiere también a un sistema de guiado autónomo de una plataforma que comprende un radar del tipo citado anteriormente, y un misil autoguiado que comprende dicho sistema de guiado autónomo.

20 **[0003]** Los misiles autoguiados son conocidos. Comprenden un sistema de guiado autónomo del misil, llamado generalmente «autodirector», que incluye un radar adaptado para generar una señal de posicionamiento de un objetivo y un módulo de pilotaje adaptado para deducir una señal de pilotaje del misil a partir de la señal de posicionamiento del objetivo. El radar del autodirector mide las coordenadas angulares del objetivo y las transmite al módulo de pilotaje del misil que deduce de ellas la trayectoria que debe seguirse para interceptar el objetivo y la señal de pilotaje

25 apropiada para que el misil siga dicha trayectoria.

[0004] Por el documento US 4 562 439 se conoce un misil que comprende dicho radar.

30 **[0005]** El procedimiento conocido habitualmente para realizar esta función denominada de «seguimiento angular» consiste en corregir el lóbulo principal del haz electromagnético de la antena según el eje radar-objetivo por medio de una técnica denominada 'monopulso'. Según esta técnica clásica, la superficie de recepción de la antena se divide en una pluralidad de sectores, generalmente cuatro, las señales recibidas por los diferentes sectores se comparan para determinar la separación angular entre la dirección del objetivo y la dirección de apuntamiento de la antena, y la antena se reorienta de manera que anule la separación entre la dirección del objetivo y la dirección de

35 apuntamiento de la antena.

[0006] Con mucha frecuencia, los radares de autodirectores son monoestáticos, es decir, usan una misma antena a la vez para la emisión y la recepción de señales. La reorientación de las antenas de dichos radares se efectúa generalmente por medio de un giro mecánico de la superficie de emisión de la antena alrededor de dos ejes

40 ortogonales a la dirección de apuntamiento de la antena según una instrucción denominada «en elevación circular».

[0007] Ahora bien, los misiles, que generalmente tienen un cuerpo cilíndrico, están animados a menudo con un movimiento de balanceo, es decir, de rotación alrededor de su eje. Como los ejes de giro de la dirección de apuntamiento de la antena según la instrucción en elevación circular no son paralelos al eje del misil, se obtiene como

45 resultado una instrucción compleja para reorientar la dirección de apuntamiento de la antena de manera que compense la rotación del misil alrededor de su eje.

[0008] Para superar este problema, el solicitante ha planteado controlar el radar de un sistema de guiado autónomo de misil por medio de una instrucción denominada «de elevación-balanceo». Según los principios de esta instrucción, la dirección de apuntamiento de la antena puede hacerse girar alrededor de dos ejes, un primer eje denominado «eje de balanceo» coaxial al eje del misil, y un segundo eje denominado «eje de elevación» ortogonal al primer eje y a la dirección de apuntamiento. El giro de la dirección de apuntamiento alrededor del primer eje debe realizarse necesariamente mediante el giro mecánico de la superficie de emisión alrededor del primer eje, mientras que el giro de la dirección de apuntamiento alrededor del segundo eje puede realizarse indistintamente por medio del

55 giro mecánico de la superficie de emisión o por barrido electrónico según un plano.

[0009] Sea R el ángulo de balanceo, es decir, el ángulo formado entre una dirección ligada a la superficie de emisión de la antena, ortogonal al eje de balanceo, y una dirección de referencia, también ortogonal al eje de balanceo, y sea S el ángulo de elevación, es decir, el ángulo entre la dirección de apuntamiento de la antena y el eje de balanceo. Las referencias de velocidad R y S que deben aplicarse respectivamente al ángulo de balanceo R y al ángulo de elevación S para conservar una dirección de apuntamiento constante con independencia de los movimientos del misil son las siguientes:

60

$$\begin{cases} \dot{S} = -q \cdot \cos(R) - r \cdot \sin(R) \\ \dot{R} = -p + \frac{-q \cdot \sin(R) + r \cdot \cos(R)}{\tan(S)} \end{cases}$$

en las que p es la velocidad de rotación del misil alrededor del eje de balanceo, y q y r son las velocidades de rotación del misil alrededor respectivamente del eje de cabeceo y del eje de guiñada, siendo dichos ejes de cabeceo y de guiñada, de manera conocida, ortogonales al eje de balanceo y ortogonales entre sí.

[0010] Se constata que un inconveniente de esta solución consiste en la existencia de un punto singular de elevación nula, es decir, cuando la dirección de apuntamiento está alineada con el eje de balanceo. De hecho, cuando el ángulo de elevación S tiende hacia 0, la velocidad de balanceo teórica para compensar los movimientos del misil se vuelve infinita, de manera que es imposible seguir los movimientos de un objetivo cercano al eje del misil. Por este motivo, la instrucción de antenas de radar según el principio de elevación-balanceo clásico se ha excluido de una aplicación para el guiado de misiles.

[0011] Hace algunos años se han desarrollado antenas que comprenden un posicionador de triple eje que permite el giro de la dirección de apuntamiento de la antena alrededor de un eje denominado «de elevación cruzada» usado para eliminar un punto singular existente en el apuntamiento de la antena. Dicha antena, destinada a la comunicación por satélites, se describe en el documento EP 2 445 052.

[0012] Sin embargo, estas antenas conocidas no pueden usarse para el guiado de misiles. Además de que no son antenas de radar, el giro de la dirección de apuntamiento de estas antenas se realiza por medio de soluciones puramente mecánicas voluminosas que es imposible alojar en el espacio muy restringido de un misil. Además, estas soluciones mecánicas a menudo son caras y, por tanto, incompatibles con las exigencias de costes que deben cumplir los misiles.

[0013] Un objetivo de la invención es así permitir un apuntamiento continuo y preciso, en dirección a un objetivo, de la antena de radar de un sistema de guiado de una plataforma autoguiada. Otros objetivos son permitir una conservación de la mira de la antena de radar pese a los movimientos, voluntarios o súbitos, de la plataforma, y minimizar el volumen ocupado por el radar.

[0014] Para este fin, la invención tiene por objeto un radar según la reivindicación 1.

[0015] Gracias a la presencia del dispositivo de giro terciario, se elimina el punto singular que existía de elevación nula. Así se hace posible seguir objetivos bastante más cercanos al eje de balanceo de la antena y, por tanto, reducir la motorización de la antena, lo que permite una ganancia sustancial de elevación. Además, el hecho de que el giro terciario se obtenga por desapuntamiento electrónico, es decir, por desfase de ondas unas con respecto a otras, permite una ganancia de compacidad y de fiabilidad desprendiéndose de miembros mecánicos que, en caso contrario, habrían sido necesarios para el giro de la antena alrededor del eje terciario.

[0016] Según realizaciones particulares de la invención, el radar es según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7.

[0017] La invención tiene también por objeto un sistema de guiado según la reivindicación 8.

[0018] La invención tiene además por objeto un misil según la reivindicación 9.

[0019] Según una realización particular de la invención, el misil es según la reivindicación 10.

[0020] La invención tiene también por objeto un procedimiento según la reivindicación 11.

[0021] Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de la lectura de la descripción que se ofrece a continuación, proporcionada únicamente a modo de ejemplo y hecha en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la Figura 1 es una vista esquemática en alzado de un misil autoguiado según la invención,
- la Figura 2 es un esquema ilustrativo de un sistema de guiado autónomo del misil de la Figura 1,
- la Figura 3 es una vista frontal de una superficie de emisión de una antena del sistema de guiado autónomo de la Figura 1, y
- la Figura 4 es un esquema que ilustra el seguimiento de un objetivo por medio del sistema de guiado de la Figura 2.

[0022] El misil 10 representado en la Figura 1 comprende un cuerpo 12 sustancialmente cilíndrico alargado según un eje longitudinal X, y una cabeza 14 de forma ojival dispuesta en un extremo longitudinal anterior del cuerpo 12. A continuación se abordará una referencia adjunta al misil 10 y que se representa en las Figuras, en el que se distingue:

5

- el eje longitudinal X señalado anteriormente, orientado de atrás hacia delante del misil 10, y
- dos ejes radiales Y y Z ortogonales al eje X y ortogonales entre sí de manera que forman una referencia ortogonal directa, estando cada uno de los ejes Y y Z orientado desde el interior hacia el exterior del misil 10.

10 **[0023]** El misil 10 es un misil autoguiado adaptado para alcanzar un objetivo de manera autónoma, sin intervención exterior. Para este fin, el misil 10 comprende un sistema de guiado autónomo 16.

[0024] El sistema de guiado autónomo 16 está configurado para localizar una posición del objetivo con respecto al misil 10 y deducir de ella las instrucciones de pilotaje del misil 10 adaptadas para conducir el misil 10 hasta
15 interceptar el objetivo. Para este fin, el sistema de guiado autónomo 16 comprende, en referencia a la Figura 2, un radar 20 y un módulo de pilotaje 22.

[0025] El radar 20 está adaptado para generar una señal de posicionamiento del objetivo. Para este fin, el radar 20 comprende un armazón 30, solidario con el cuerpo 12 del misil 10, una antena emisora-receptora 32 para la emisión
20 de una onda electromagnética emitida en una dirección de apuntamiento P y la recepción de una onda electromagnética recibida, un calibre de distancia 34 para medir la separación angular entre la dirección de apuntamiento P y la dirección de procedencia de la onda electromagnética recibida, un generador de señal 36 para deducir una señal de posicionamiento del objetivo a partir de la separación angular medida por el calibre de distancia 34 y un sistema de apuntamiento 38 para modificar la orientación de la dirección de apuntamiento P con respecto al
25 armazón 30.

[0026] En referencia a la Figura 3, la antena 32 está constituida por una antena múltiple que comprende una superficie de emisión 40 y una pluralidad de antenas elementales 42 distribuidas en dicha superficie de emisión 40.

30 **[0027]** La superficie de emisión 40 es, en el ejemplo representado, una superficie plana; presenta además un plano medio (no representado) confundido con dicha superficie de emisión 40. Como variante (no representada), la superficie de emisión 40 es convexa, siendo el radio de convexidad medio preferentemente superior a 5 cm; el plano medio de la superficie de emisión 40 está formado así por un plano paralelo al borde de la superficie de emisión 40 y sustancialmente equidistante de dicho borde y del fondo de la superficie de emisión 40.

35

[0028] La antena 32 presenta una dirección normal a la antena (no representada). Esta dirección normal a la antena es ortogonal al plano medio de la superficie de emisión 40.

[0029] La superficie de emisión 40 tiene, en el ejemplo representado, una forma sustancialmente rectangular. Es alargada según una dirección longitudinal L-L' y presenta una dirección transversal T-T' perpendicular a la dirección longitudinal L-L'. Como variante, la superficie de emisión 40 tiene una forma sustancialmente elíptica, estando así la dirección longitudinal L-L' constituida por el semieje mayor de la elipse, y la dirección transversal T-T' por el semieje menor de la elipse. Como otra variante, la superficie de emisión 40 tiene una forma sustancialmente circular, y las direcciones longitudinal L-L' y transversal T-T' están formadas entonces por dos radios cualesquiera del círculo, siendo
45 dichos radios ortogonales entre sí.

[0030] Cada antena elemental 42 está adaptada para emitir una onda electromagnética propia según una dirección normal a la superficie de emisión 40. Para este fin, cada antena elemental 42 está formada, en el ejemplo representado, por una pluralidad de elementos radiantes 44 agrupados en una misma zona de la superficie de emisión
50 40 y adaptados para emitir cada uno una onda electromagnética a la misma frecuencia y con la misma fase que cada otro elemento radiante 44 de dicha antena elemental 42. Como variante, cada antena elemental 42 está constituida por un único elemento radiante 44.

[0031] Cada elemento radiante 44 está constituido normalmente por un dipolo adaptado para emitir una onda electromagnética hacia el exterior de la antena 32 cuando es excitado por una corriente eléctrica. Como variante (no representada), cada elemento radiante 44 está constituido por una ranura formada en la superficie de emisión 40 y que une la superficie de emisión con una guía de ondas, tal que dicha guía de ondas une dicha ranura con un generador de ondas electromagnéticas tal como un tubo de hiperfrecuencia.

60 **[0032]** Las antenas elementales 42 están dispuestas de manera matricial sobre la superficie de emisión 40, de manera que cada antena elemental 42 está alineada con al menos otra antena elemental 42 a lo largo de una dirección primaria constituida en este caso por la dirección transversal T-T' y con al menos otra antena elemental 42 a lo largo de una dirección secundaria ortogonal a la dirección primaria, estando dicha dirección secundaria constituida en este caso por la dirección longitudinal L-L'. Cada antena elemental 42 forma así, con las otras antenas elementales 42

alineadas con ella a lo largo de la dirección secundaria L-L', un grupo primario 46 de elementos radiantes 44 y, con las otras antenas elementales 42 alineadas con ella a lo largo de la dirección primaria T-T', un grupo secundario 48 de elementos radiantes 44. Los grupos primarios 46 están así dispuestos sucesivamente unos con respecto a otros a lo largo de la dirección primaria T-T' y los grupos secundarios 48 están dispuestos sucesivamente unos con respecto a otros a lo largo de la dirección secundaria L-L'.

[0033] Los grupos primarios 46 están preferentemente en número par y, en el ejemplo representado, estos grupos primarios 46 son dos.

10 **[0034]** Cada grupo primario 46 está adaptado para emitir una onda primaria formada por medio de la interferencia de las ondas electromagnéticas producidas por las antenas elementales 42 que componen dicho grupo primario 46.

[0035] El número de grupos secundarios 48 es preferentemente superior al número de grupos primarios 46.
15 Los grupos secundarios 48 están ventajosamente en número par y son al menos dos veces más numerosos que los grupos primarios 46. En el ejemplo representado, los grupos secundarios son así seis.

[0036] Cada grupo secundario 48 está adaptado para emitir una onda secundaria formada por la interferencia de las ondas electromagnéticas producidas por las antenas elementales 42 que componen dicho grupo secundario
20 48.

[0037] La antena 32 comprende además una pluralidad de sectores 50. Estos sectores 50 están en número par. Cada sector 50 está adaptado para recibir una porción de la onda electromagnética recibida por la antena 32.

25 **[0038]** Para este fin, cada sector 50 comprende al menos una antena elemental 42 propia y cada antena elemental 42 pertenece a un sector 50. En el caso en que un sector 50 comprenda varias antenas elementales 42, las antenas elementales 42 que componen este sector 50 se yuxtaponen unas con otras.

[0039] Los sectores 50 están distribuidos preferentemente de forma circular alrededor de un centro de la superficie de emisión 40.
30

[0040] En el ejemplo representado, la antena 32 comprende así cuatro sectores 50 cada uno de los cuales comprende tres antenas elementales 42. Las antenas elementales 42 que pertenecen a un mismo sector 50 pertenecen preferentemente todas, como se representa, a un mismo grupo primario 46.
35

[0041] De nuevo en referencia a la Figura 2, el calibre de distancia 34 está adaptado para medir la intensidad de la porción de onda recibida por cada sector 50 y para deducir de ello la separación angular entre la dirección de apuntamiento P y la dirección de procedencia de la onda electromagnética recibida por la antena 32. Para este fin, el calibre de distancia 34 está adaptado para implementar algoritmos de deducción de la separación angular a partir de las intensidades de las porciones de onda recibidas por los diferentes sectores 50 que son bien conocidos para el experto en la materia y se describen en particular en la obra «Physique and théorie du radar» (J. Darricau, 2015, ISBN 978-2-9544675-1-1).
40

[0042] El generador de señal 36 está configurado, por su parte, para deducir la señal de posicionamiento del objetivo a partir de la separación angular medida por el calibre de distancia 34 y transmitir esta señal de posicionamiento al módulo de pilotaje 22. Para este fin, el generador de señal 36 está adaptado para implementar algoritmos que son también bien conocidos para el experto en la materia. El generador de señal 36 está configurado también para generar una señal de instrucción del sistema de apuntamiento 38 capaz de modificar la orientación de la dirección de apuntamiento P con respecto al almacén 30 de manera que anule la separación angular entre la dirección de apuntamiento P y la dirección de procedencia de la onda electromagnética recibida.
45 50

[0043] En el ejemplo de realización de la invención, el calibre de distancia 34 y el generador de señal 36 están hechos en forma de programas de software almacenados en una memoria 52 y aptos para ser ejecutados por un procesador 54 asociado a la memoria 52, formando el procesador 54 y la memoria 52 una unidad de tratamiento de informaciones 56 incluidas en el radar 20. Como variante, el calibre de distancia 34 y el generador de señal 36 están hechos al menos parcialmente en forma de componentes lógicos programables, o en forma de circuitos integrados dedicados, incluidos en el radar 20.
55

[0044] El sistema de apuntamiento 38 está adaptado para hacer girar la dirección de apuntamiento P con respecto al almacén 30 alrededor de tres ejes no coplanarios. Para este fin, el sistema de apuntamiento 38 comprende:
60

- un dispositivo de giro primario 60 para hacer girar la dirección de apuntamiento P con respecto al almacén 30 en balanceo alrededor de un eje primario R-R',
- un dispositivo de giro secundario 62 para hacer girar de la dirección de apuntamiento P con respecto al almacén 30

en elevación alrededor de un eje secundario S-S' ortogonal al eje primario R-R', y
- un dispositivo de giro terciario 64 para hacer girar la dirección de apuntamiento P con respecto al armazón 30 en acimut alrededor de un eje terciario G-G' ortogonal al eje secundario S-S'.

5 **[0045]** El eje primario R-R' es sustancialmente paralelo y está preferentemente sustancialmente confundido con el eje longitudinal X del misil 10.

[0046] El eje secundario S-S' es sustancialmente ortogonal a la dirección secundaria L-L' de alineación de las antenas elementales 42. El eje secundario S-S' es además ventajosamente sustancialmente coplanario con el eje
10 primario R-R', de manera que los ejes primario R-R' y secundario S-S' son sustancialmente secantes. El eje secundario S-S' es preferentemente también sustancialmente coplanario con el eje terciario G-G', de manera que los ejes secundario S-S' y terciario G-G' son sustancialmente secantes.

[0047] El eje terciario G-G' es sustancialmente ortogonal a la dirección primaria T-T' de alineación de las
15 antenas elementales 42. Según una característica ventajosa de la invención, los ejes primario R-R' y terciario G-G' son también sustancialmente secantes, preferentemente de manera que los ejes primario R-R', secundario S-S' y terciario G-G' sean sustancialmente concurrentes.

[0048] Al calificar a los dos ejes de «sustancialmente coplanarios», se comprende que, para cada uno de dichos
20 ejes, la distancia del eje al plano paralelo a dicho eje y que pasa por el otro eje es inferior a 5 cm. Además, al calificar a los dos ejes de «sustancialmente secantes», se comprende que dichos ejes no son paralelos entre sí y que existe al menos un punto de cada eje que está a una distancia del otro eje inferior a 5 cm. Finalmente, al calificar a los tres ejes de «sustancialmente concurrentes», se comprende que existe una esfera de diámetro igual a 5 cm que es atravesada por dichos tres ejes.

[0049] El dispositivo de giro primario 60 comprende un soporte intermedio 70 montado de forma que puede
25 moverse en rotación alrededor del eje primario R-R' con respecto al armazón 30 y un accionador 72 para arrastrar dicho soporte intermedio 70 en rotación alrededor del eje primario R-R', estando la antena 32 montada en este soporte intermedio 70.

[0050] Preferentemente, la antena 32 se fija al soporte intermedio 70, ventajosamente de manera que la
30 dirección normal a la antena esté, como se representa, inclinada con respecto al eje primario R-R' un ángulo fijo superior o igual a 10° e inferior estrictamente a 90°, en particular inferior a 70°. El dispositivo de giro secundario 62 está constituido así por un módulo de barrido electrónico alrededor del eje secundario S-S', adaptado para desfazar
35 cada onda generada por cada elemento radiante 44 de un grupo secundario 48 con respecto a cada onda generada por cada elemento radiante 44 de cada otro grupo secundario 48 de manera que se induzca una interferencia constructiva de estas ondas en una dirección predeterminada que puede girar alrededor del eje secundario S-S'.

[0051] Como variante (no representada), la antena 32 se monta de forma que pueda moverse en rotación
40 alrededor del eje secundario S-S' con respecto al soporte intermedio 70. El dispositivo de giro secundario 62 comprende así un segundo soporte intermedio montado de forma que puede moverse en rotación alrededor del eje secundario S-S' con respecto al soporte intermedio 70, estando la antena 32 fijada a dicho segundo soporte intermedio, y un accionador para arrastrar dicho segundo soporte intermedio en rotación alrededor del eje secundario S-S'. Preferentemente, el dispositivo de giro secundario 62 está así adaptado para permitir el giro de la dirección normal a
45 la antena alrededor del eje secundario S-S' entre una primera posición, en la que la dirección normal a la antena es sustancialmente paralela al eje primario R-R', y una segunda posición, en la que la dirección normal a la antena está inclinada con respecto al eje primario R-R' y ventajosamente forma un ángulo superior a 30° con el eje primario R-R'.

[0052] Finalmente, el dispositivo de giro terciario 64 está constituido por un módulo de barrido electrónico
50 alrededor del eje terciario G-G', adaptado para desfazar cada onda generada por cada elemento radiante 44 de un grupo primario 46 con respecto a cada onda generada por cada elemento radiante 44 de cada otro grupo primario 46, de manera que induzca una interferencia constructiva de estas ondas en una dirección predeterminada que puede girar alrededor del eje terciario G-G'.

55 **[0053]** Esta configuración del sistema de apuntamiento 38 permite anular el punto singular que se encuentra para los controles de antenas en la elevación-balanceo clásicos, como se verá más adelante.

[0054] El módulo de pilotaje 22 está adaptado para recibir la señal de posicionamiento del objetivo deducida
60 por el generador de señal 36 del radar, y para deducir a partir de ella una señal de pilotaje del misil 10. En el ejemplo de realización de la invención, el módulo de pilotaje 22 se realiza en forma de un software almacenado en una memoria 74 y apto para ser ejecutado por un procesador 76 asociado a la memoria 74, con el procesador 76 y la memoria 74 formando una unidad de tratamiento de informaciones 78 incluida en el sistema de guiado 16. Como variante, el módulo de pilotaje 22 se realiza al menos parcialmente en la forma de un componente lógico programable, o también en la forma de un circuito integrado dedicado incluido en el sistema de guiado 16.

[0055] A continuación, se describirá un procedimiento de seguimiento de objetivo por medio del radar 20, en referencia a la Figura 4.

5 **[0056]** La Figura 4 es una representación del espacio visto por la antena 32 según el eje primario R-R'. Los círculos concéntricos 80, 82, 84, 86, 88 ilustran las diferentes regiones del espacio susceptibles de ser barridas por la dirección de apuntamiento P en balanceo, es decir, por el giro alrededor del eje primario R-R', para un ángulo de barrido en elevación, formado entre la dirección de apuntamiento P y el eje primario R-R', fijo respectivamente a 1°, 2°, 3°, 4° y 5°. La flecha T representa la trayectoria del objetivo, y los puntos C₁, C₂, C₃, C₄ y C₅ representan diferentes
10 posiciones ocupadas por el objetivo en cinco instantes sucesivos. En cada uno de dichos cinco instantes, la antena 32 presenta una orientación en balanceo respectiva, y cada eje S₁, S₂, S₃, S₄ y S₅ representa para cada una de dichas orientaciones en balanceo, el eje de barrido en elevación asociado, es decir, la región del espacio susceptible de barrido por la dirección de apuntamiento P por medio del giro alrededor del eje secundario S-S'.

15 **[0057]** En primer lugar, el objetivo se localiza en una posición C₁. La antena 32 se orienta entonces alrededor del eje R-R' de manera que el eje de barrido en elevación ocupa una posición S₁ alineada con la posición C₁, y la dirección de apuntamiento P se hace girar en elevación alrededor del eje secundario S-S' de manera que esté orientada hacia la posición C₁. El ángulo de barrido en elevación está comprendido entonces entre 4 y 5°.

20 **[0058]** A continuación, el objetivo se localiza en la posición C₂. La antena 32 se hace girar entonces en balanceo alrededor del eje R-R' a una velocidad de rotación R₁ de manera que el eje de barrido en elevación ocupe una posición S₂ alineada con la posición C₂, y la dirección de apuntamiento P se hace girar en elevación alrededor del eje secundario S-S' de manera que esté orientada hacia la posición C₂. El ángulo de barrido en elevación está comprendido entonces entre 2 y 3°.

25 **[0059]** Después se localiza el objetivo en la posición C₃. La antena 32 se hace girar entonces en balanceo alrededor del eje R-R' a una velocidad de rotación R₂ de manera que se acerque al eje de barrido en elevación de la posición C₃. Sin embargo, la posición C₃ es muy próxima al eje R-R', de manera que la velocidad de rotación R₂ es insuficiente, debido a las limitaciones mecánicas del accionador 72, para permitir una alineación del eje de barrido en elevación con la posición C₃. El eje de barrido ocupa entonces una posición S₃ en la separación de la posición C₃. La dirección de apuntamiento P se hace girar entonces en acimut un ángulo G₃ alrededor del eje terciario G-G' al mismo tiempo que se hace girar en elevación alrededor del eje secundario S-S', de manera que se compense la separación entre las posiciones C₃ y S₃ y se permita la alineación de la dirección de apuntamiento P con la posición C₃.

35 **[0060]** A continuación, se localiza el objetivo en una nueva posición C₄. Entonces se hace girar de nuevo la antena 32 en balanceo alrededor del eje R-R' a una velocidad de rotación R₃ de manera que se acerque al eje de barrido en elevación de la posición C₄, pero una vez más esta velocidad de rotación R₃ es insuficiente para permitir la alineación del eje de barrido en elevación con la posición C₄, de manera que el eje de barrido se encuentre de nuevo ocupando una posición S₄ en la separación de la posición C₄ del objetivo. Entonces se hace girar de nuevo la dirección de apuntamiento P en acimut alrededor del eje terciario G-G', esta vez en un ángulo G₄, al mismo tiempo que se hace girar en elevación alrededor del eje secundario S-S', de manera que se compense la separación entre las posiciones C₄ y S₄ y se permita la alineación de la dirección de apuntamiento P con la posición C₄.

45 **[0061]** El objetivo se localiza finalmente en una última posición C₅. La antena 32 se hace girar entonces en balanceo a una velocidad de rotación R₄ de manera que se acerque al eje de barrido en elevación de la posición C₅. Al estar el objetivo separado del eje R-R', la velocidad de rotación R₄ es esta vez suficiente, a pesar de las limitaciones mecánicas del accionador 72, para captar el objetivo y permitir la alineación del eje de barrido en elevación con la posición C₄. El eje de barrido en elevación ocupa así una posición S₅ alineada con la posición C₅, y la alineación de la dirección de apuntamiento P con la posición C₅ se efectúa simplemente por medio del giro de la dirección P en elevación alrededor del eje secundario S-S', sin giro esta vez en acimut alrededor del eje terciario G-G'.

50 **[0062]** Como se ve anteriormente, el grado de libertad llevado por el giro de la dirección de apuntamiento P en acimut alrededor del eje terciario G-G' permite compensar fácilmente las limitaciones mecánicas del accionador 72 que impiden una alineación del plano de barrido en elevación con la posición del objetivo cuando el objetivo está cerca del eje de balanceo R-R'. La invención permite así un mejor seguimiento de los objetivos. La invención permite además una reducción de la motorización del sistema de apuntamiento 38, y por tanto una reducción del volumen que ocupa el radar 20.

60 **[0063]** Se observará que el giro en acimut alrededor del eje terciario G-G' tiene como única función permitir un giro de la dirección de apuntamiento P en una amplitud de tan solo algunos grados. Así, mientras la realización de un barrido electrónico alrededor de un eje necesita normalmente la yuxtaposición de un gran número de antenas elementales según una dirección perpendicular a este eje para evitar la formación de lóbulos de redes y permitir un barrido de gran amplitud, lo que produce antenas que presentan un volumen ocupado muy importante, en la presente solicitud es posible realizar el barrido electrónico en acimut alrededor del eje terciario G-G' yuxtaponiendo entre sí

únicamente dos antenas elementales 42 según una dirección perpendicular a este eje G-G', lo que permite tener una antena 32 que ocupa poco espacio y puede alojarse en la cabeza de un misil.

5 **[0064]** Gracias a la invención descrita anteriormente es así posible realizar un apuntamiento continuo y preciso, en dirección a un objetivo, de la antena de radar de un sistema de guiado de un misil autoguiado, a la vez que se conserva la mira de la antena de radar pese a los movimientos del misil, y minimizando el espacio ocupado por el radar.

10 **[0065]** Se observará que, aunque la descripción proporcionada anteriormente se haya limitado al caso en que el sistema de guiado está a bordo de un misil autoguiado, la invención no se limita de ningún modo a este único tipo de plataforma. Así, la invención se aplica también a otros tipos de plataformas autoguiadas, por ejemplo drones, pilotadas por medio del sistema de guiado 16 descrito anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Radar (20) para un sistema (16) de guiado autónomo de una plataforma (10), que comprende un
armazón (30), una antena emisora-receptora (32) para la emisión de una onda electromagnética emitida en una
5 dirección de apuntamiento (P) y la recepción de una onda electromagnética recibida, y un sistema de apuntamiento
(38) para la modificación de la orientación de la dirección de apuntamiento (P) con respecto al armazón (30),
comprendiendo el sistema de apuntamiento (38):
 - un dispositivo de giro primario (60) para hacer girar la dirección de apuntamiento (P) con respecto al armazón
10 (30) alrededor de un eje primario (R-R'), y
 - un dispositivo de giro secundario (62) para hacer girar la dirección de apuntamiento (P) con respecto al armazón
(30) alrededor de un eje secundario (S-S') ortogonal al eje primario (R-R'),**caracterizado porque** el sistema de apuntamiento (38) comprende también un dispositivo de giro terciario (64)
para hacer girar la dirección de apuntamiento (P) con respecto al armazón (30) alrededor de un eje terciario (G-G')
15 ortogonal al eje secundario (S-S'), y **porque** la antena (32) está constituida por una antena múltiple que incluye
una superficie de emisión (40) y una pluralidad de elementos radiantes (44) distribuidos en dicha superficie de
emisión (40), comprendiendo los elementos radiantes (44) una pluralidad de grupos primarios de elementos
radiantes (46) dispuestos sucesivamente unos con respecto a otros a lo largo de una dirección primaria (T-T')
20 sustancialmente ortogonal al eje terciario (G-G'), comprendiendo cada grupo primario (46) al menos un elemento
radiante (44), estando el dispositivo de giro terciario (64) constituido por un módulo de barrido electrónico alrededor
del eje terciario (G-G') adaptado para desfazar cada onda generada por el o cada elemento radiante (44) de un
grupo primario (46) con respecto a cada onda generada por el o cada elemento radiante (44) de cada otro grupo
primario (46), siendo el número de grupos primarios (46) igual a dos,
25 en el que el dispositivo de giro primario (60) comprende un soporte intermedio (70) sobre el cual se monta la antena
(32), tal que dicho soporte intermedio (70) puede montarse de forma móvil en rotación alrededor del eje primario
(R-R') con respecto al armazón (30).
2. Radar (20) según la reivindicación 1, en el que la antena (32) presenta una dirección normal a la antena,
estando dicha dirección normal a la antena inclinada con respecto al eje primario (R-R') en un ángulo fijo comprendido
30 entre 10° y 70°.
3. Radar (20) según la reivindicación 1 o 2, en el que dicha pluralidad de elementos radiantes (44)
comprende una pluralidad de grupos secundarios de elementos radiantes (48) dispuestos sucesivamente unos con
respecto a otros a lo largo de una dirección secundaria (L-L') sustancialmente ortogonal al eje secundario (S-S'),
35 comprendiendo cada grupo secundario (48) al menos un elemento radiante (44), y el dispositivo de giro secundario
(62) está constituido por un módulo de barrido electrónico alrededor del eje secundario (S-S') adaptado para desfazar
cada onda generada por el o cada elemento radiante (44) de un grupo secundario (48) con respecto a cada onda
generada por el o cada elemento radiante (44) de cada otro grupo secundario (48).
4. Radar (20) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los ejes secundario y terciario
(S-S', G-G') son sustancialmente coplanarios.
5. Radar (20) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los ejes primario y secundario
(R-R', S-S') son sustancialmente coplanarios.
6. Radar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los ejes primario y terciario (R-R',
G-G') son sustancialmente secantes.
7. Radar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los ejes primario, secundario y
50 terciario (R-R', S-S', G-G') son sustancialmente concurrentes.
8. Sistema (16) de guiado autónomo de una plataforma (10) que comprende un radar (20) según cualquiera
de las reivindicaciones anteriores, en el que el radar (20) está adaptado para generar una señal de posicionamiento
de un objetivo, y el sistema de guiado comprende un módulo (22) de pilotaje de la plataforma (10) adaptado para
55 deducir una señal de pilotaje de la plataforma (10) a partir de la señal de posicionamiento del objetivo.
9. Misil autoguiado (10) que comprende un cuerpo (12) sustancialmente cilíndrico y un sistema (16) de
guiado autónomo según la reivindicación 8, tal que el armazón (30) del radar (20) forma parte solidaria con el cuerpo
(12) del misil (10).
10. Misil autoguiado (10) según la reivindicación 9, en el que el cuerpo (12) está centrado en un eje central
(X) del misil, tal que dicho eje central (X) se confunde sustancialmente con el eje primario (R-R') de giro de la dirección
de apuntamiento (P).

11. Procedimiento de seguimiento de objetivo por medio de un radar (20) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende las etapas sucesivas siguientes:

- 5
- suministro del radar (20), un eje de barrido en elevación de dicho radar (20), constituido por la región del espacio susceptible de barrido por la dirección de apuntamiento (P) por medio del giro alrededor del eje secundario (S-S'), que ocupa una primera orientación (S_1) alineada con una primera posición (C_1) del objetivo y estando la dirección de apuntamiento (P) orientada hacia dicha primera posición (C_1),
 - localización del objetivo en una segunda posición (C_2),

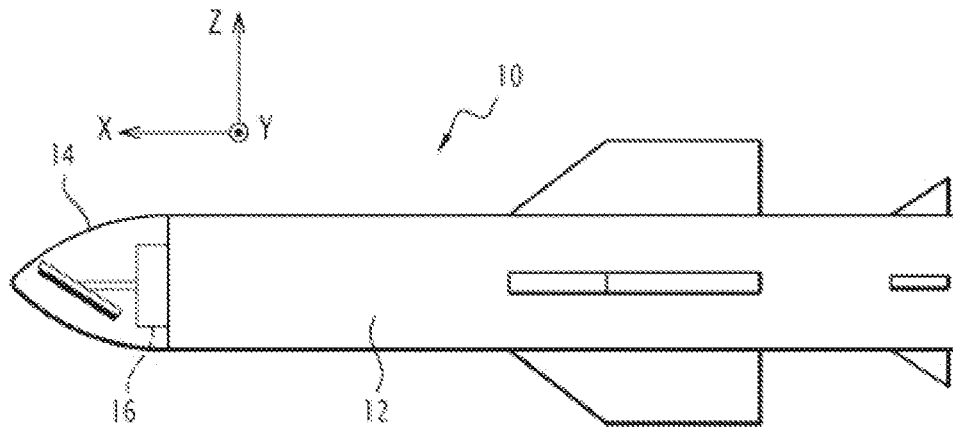


FIG.1

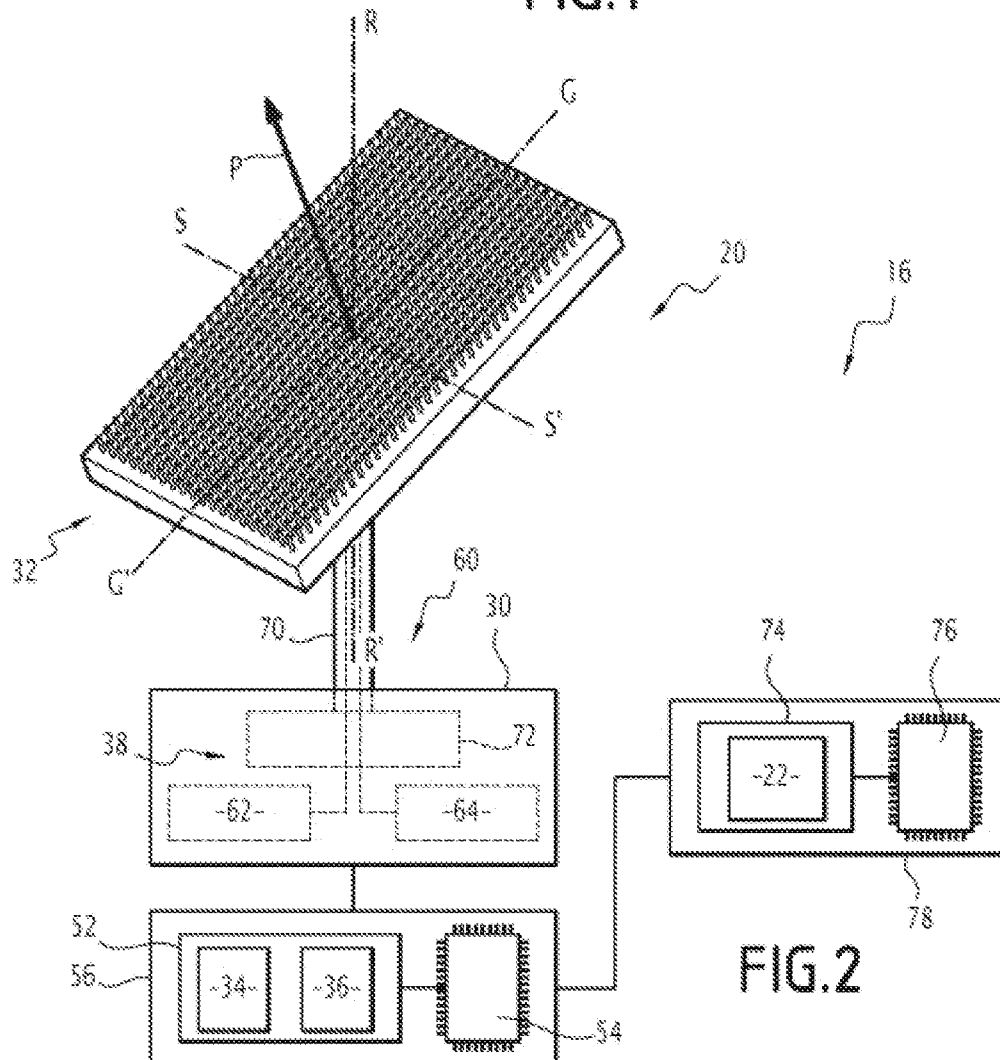
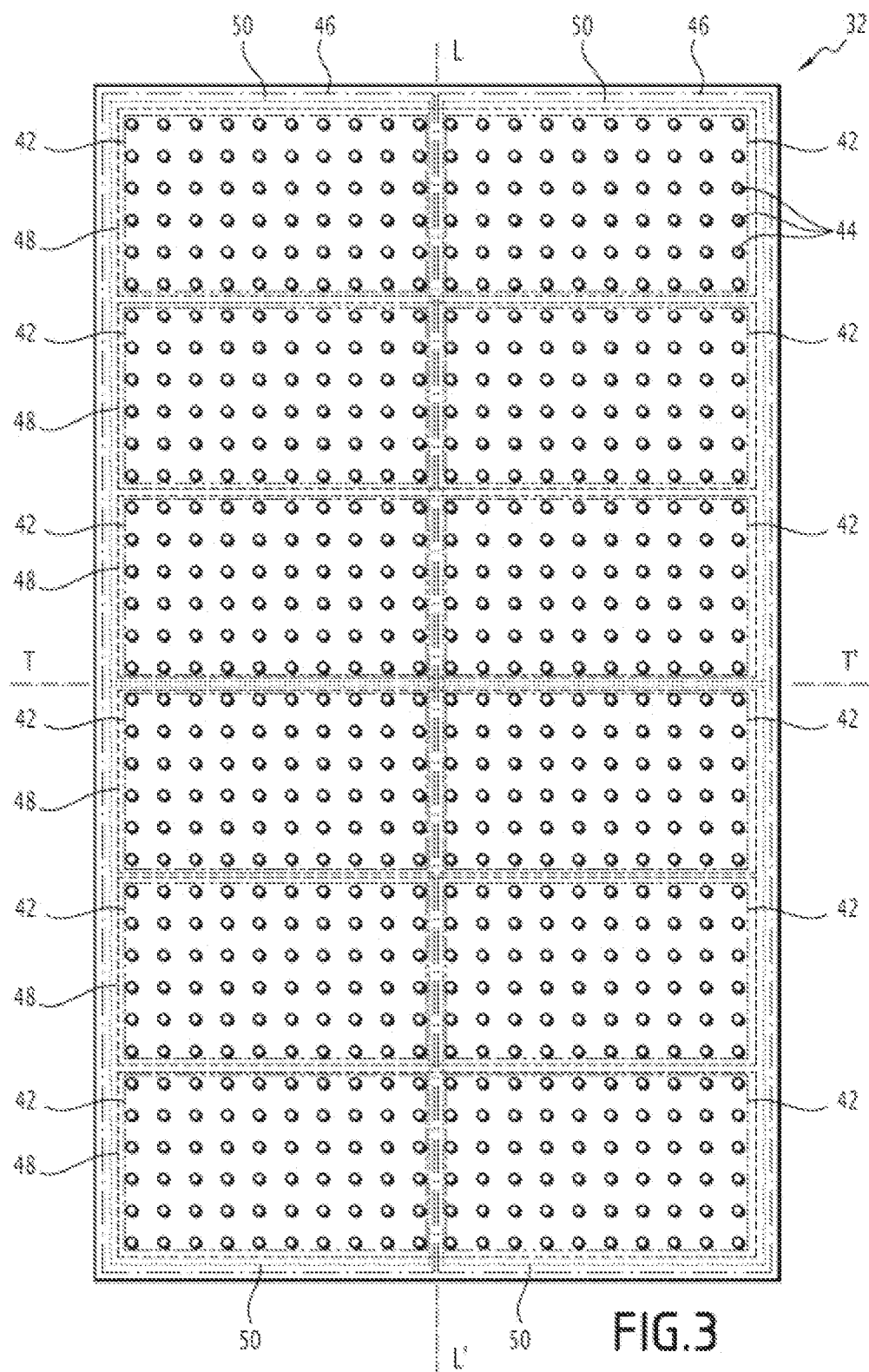


FIG.2



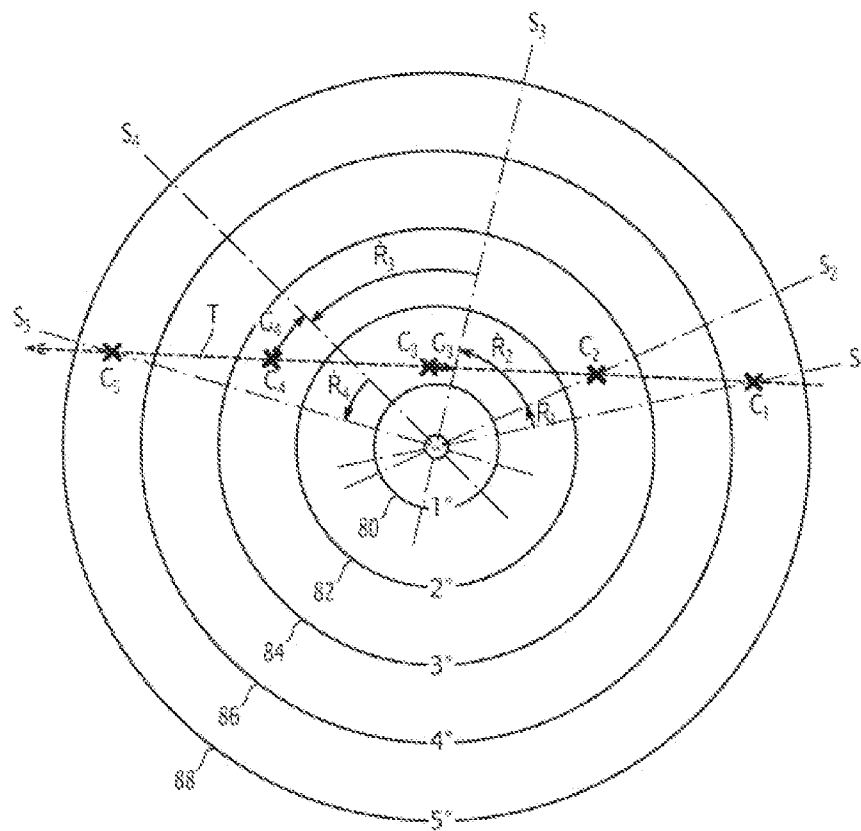


FIG.4