

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 724 325**

51 Int. Cl.:

F41G 5/08 (2006.01)

F41G 3/04 (2006.01)

G01P 15/16 (2013.01)

G01P 15/18 (2013.01)

G01S 13/66 (2006.01)

G05D 1/12 (2006.01)

G05D 3/12 (2006.01)

G05D 3/20 (2006.01)

F41G 3/02 (2006.01)

F41G 3/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.05.2014 PCT/SE2014/000057**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.12.2014 WO14193284**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2014 E 14804407 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 3004786**

54 Título: **Método de control de tiro para defensa antiaérea basada en armas de fuego**

30 Prioridad:

28.05.2013 SE 1330063

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

10.09.2019

73 Titular/es:

**BAE SYSTEMS BOFORS AB (100.0%)
691 80 Karlskoga, SE**

72 Inventor/es:

WÄLBERG, KJELL

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 724 325 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

Método de control de tiro para defensa antiaérea basada en armas de fuego

5 **Campo de la invención**

La presente solicitud se refiere a un método de control de tiro de armas contra blancos aéreos cuando se dirigen hacia un objeto de protección, en el que se conoce la posición del objeto de protección, que comprende las siguientes etapas de método: medir la posición del blanco aéreo, estimar la posición del blanco aéreo y estimar la velocidad del blanco aéreo.

El método es para emplearse en defensa antiaérea basada en armas de fuego, es decir para usar municiones no guiadas para defender objetos de protección en posiciones conocidas contra ataques por nave de arma aerotransportada. El método muestra un modo de predecir las posiciones futuras de la nave de ataque.

15 **Antecedentes de la invención, enfoque del problema y técnica anterior**

Cuando se combate un blanco aéreo en movimiento usando proyectiles no guiados disparados por armas de fuego, los proyectiles deben dispararse a los puntos donde se ubicará el blanco aéreo cuando los proyectiles acierten. Tales puntos, denominados normalmente puntos de puntería, deben predecirse. Una *predicción*, en este contexto, es una aproximación de la posición del blanco aéreo en un tiempo corto en el futuro. La aproximación se basa en el conocimiento de las posiciones previas del blanco aéreo y en una *hipótesis* de cómo se comportará el blanco aéreo en el futuro.

Una aproximación de la posición *actual* del blanco aéreo y el estado de movimiento basándose en un flujo continuo de datos procedentes de una medición en curso de la posición del blanco aéreo se denomina una *estimación* de datos del blanco.

La estimación y la predicción tienen lugar *simultáneamente*, al menos hasta que comienza una secuencia de combate. Se usa al menos un sensor para realizar seguimiento y medir la posición del blanco aéreo. Basándose en los datos de medición de este sensor, se estiman la posición y la velocidad actuales del blanco aéreo. Un elemento de predicción calcula entonces, basándose en estimación e hipótesis, cómo deben apuntarse las armas.

En el documento de patente EP0527715 A1 se proporcionan ejemplos del método y el aparato para el control de tiro contra aeronaves. En él, la hipótesis de predicción propuesta es que puede describirse la trayectoria de una aeronave usando uno de varios modelos geométricos sencillos. No se tiene en cuenta el hecho de que la trayectoria de una nave de arma aerotransportada, guiada, de ataque es una consecuencia de la ley de guiado aplicada por la nave de arma aerotransportada para alcanzar *su* blanco: en este caso, acertar uno de los objetos de protección que se pretende que la defensa antiaérea basada en armas de fuego defienda.

El documento US4402251A1 da a conocer un sistema de control de tiro de armas, en el que se mide la velocidad y la aceleración de un blanco. Cuando el área aparente del blanco supera un valor preseleccionado, se desarrolla una desviación en función de la velocidad y la aceleración del blanco. Cuando la velocidad angular de la línea de mira del blanco es cero, se inicia el disparo.

El documento EP1610152 da a conocer un sistema para realizar seguimiento de un objeto en movimiento e incluye un sensor, que produce repetidamente datos angulares del objeto. Una unidad de inicialización determina, basándose en datos del sensor, el estado cinemático del objeto en movimiento. Una unidad de predicción predice el estado cinemático del objeto. Basándose en los datos del sensor y en el estado cinemático predicho, se determina un estado cinemático actualizado del objeto.

El problema de las soluciones existentes actualmente según el documento mencionado anteriormente es por tanto que una nave de arma aerotransportada de ataque que se dirige hacia su blanco, en general, *no* se desplazará a lo largo de una trayectoria que puede describirse mediante un modelo geométrico sencillo. Los puntos de puntería predichos basándose en una hipótesis *incorrecta* con respecto a la trayectoria futura del blanco aéreo naturalmente también serán incorrectos.

Problemas adicionales que deben resolverse por la presente invención resultarán evidentes en relación con la siguiente descripción detallada de las diversas realizaciones.

60 **Fin de la invención y sus características distintivas**

El fin de la presente invención es mejorar la posibilidad de calcular puntos de puntería correctos cuando se usa defensa antiaérea basada en armas de fuego para defender objetos de protección con posiciones conocidas contra naves de arma aerotransportadas de ataque. El fin se logra calculando las trayectorias que puede seguir una nave de ataque. El cálculo se basa en datos conocidos de las posiciones de los objetos de protección, el conocimiento

5 estimado de la posición y la velocidad actuales de la aeronave, así como el conocimiento y/o una suposición de las leyes de guiado que puede aplicar una nave de ataque para acertar cualquiera de los objetos de protección en cuestión. Por tanto, cuando se predice la posición futura de una nave, se usan hipótesis sobre la ley de guiado que *da lugar* a la trayectoria de la nave (en contraposición a aplicar una hipótesis sobre la forma geométrica de la trayectoria).

La invención se refiere a un método de control de tiro contra blancos aéreos cuando se dirigen hacia un objeto de protección donde se conoce la posición del objeto de protección, que comprende las siguientes etapas de método:

10 medir la posición del blanco aéreo,

estimar la posición del blanco aéreo,

15 estimar la velocidad del blanco aéreo.

El fin de la invención se logra si el método está caracterizado por las etapas adicionales de:

aplicar un modelo de la ley de guiado de blanco aéreo,

20 calcular las aceleraciones que debe aplicar el blanco aéreo con el fin de acertar en el objeto de protección,

predecir la trayectoria futura del blanco aéreo basándose en la posición del objeto de protección, la posición estimada del blanco aéreo, la velocidad estimada del blanco aéreo, la aceleración calculada del blanco aéreo,

25 calcular puntos de puntería a lo largo de la trayectoria predicha.

Según aspectos adicionales del método de control de tiro contra blancos aéreos que se dirigen hacia un objeto de protección, se aplica lo siguiente:

30 Que la ley de guiado del blanco aéreo comprende constantes de navegación calculadas multiplicando la aceleración observada por el tiempo predicho para impactar en el objeto de protección al cuadrado, dividido entre la distancia desde el blanco aéreo hasta el objeto de protección.

35 Que la ley de guiado del blanco aéreo comprende una aceleración máxima, cuyo tamaño se estima mediante un análisis de las aceleraciones observadas del blanco aéreo.

Que la posición del objeto de protección es la misma que la de una defensa antiaérea basada en armas de fuego.

40 Además, la invención consiste en un sistema de control de tiro para el control de tiro contra blancos aéreos que comprende al menos un sensor para medir la posición del blanco aéreo en función del tiempo aplicando el método de control de tiro contra blancos aéreos que se dirigen hacia un objeto de protección donde se conoce la posición del objeto de protección, que comprende las siguientes etapas de método:

45 medir la posición del blanco aéreo,

estimar la posición del blanco aéreo,

estimar la velocidad del blanco aéreo,

50 aplicar un modelo de la ley de guiado de blanco aéreo,

calcular las aceleraciones que debe aplicar el blanco aéreo con el fin de acertar en el objeto de protección,

55 predecir la trayectoria futura del blanco aéreo basándose en la posición del objeto de protección, la posición estimada del blanco aéreo, la velocidad estimada del blanco aéreo, la aceleración calculada del blanco aéreo,

calcular puntos de puntería a lo largo de la trayectoria predicha.

60 Según aspectos adicionales de un sistema de control de tiro para el control de tiro contra blancos aéreos, se aplica lo siguiente:

Que la ley de guiado del blanco aéreo comprende constantes de navegación calculadas multiplicando la aceleración observada por el tiempo predicho para impactar en el objeto de protección al cuadrado, dividido entre la distancia desde el blanco aéreo hasta el objeto de protección.

65 Que la ley de guiado del blanco aéreo comprende una aceleración máxima, cuyo tamaño se estima mediante un

análisis de las aceleraciones observadas del blanco aéreo.

Que la posición del objeto de protección es la misma que la de una defensa antiaérea basada en armas de fuego.

5 **Beneficios y efectos de la invención**

La ventaja de la presente invención es que los puntos de puntería calculados posibilitan dirigir armas de fuego de manera que los proyectiles, preferiblemente no guiados, que se disparan en el momento del disparo, alcancen la nave de ataque lo suficientemente cerca como para que se logre el impacto.

10

Lista de dibujos

A continuación, la invención se describirá con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

15 La figura 1 muestra un diagrama de flujo del método de control de tiro contra blancos aéreos según una realización de la invención.

La figura 2 muestra un diagrama de bloques del dispositivo para combatir blancos aéreos según una realización de la invención.

20

La figura 3 muestra áreas de blanco para un blanco aéreo según una realización de la invención.

La figura 4 muestra la trayectoria de un blanco aéreo según una realización de la invención.

25 **Descripción detallada de realizaciones**

Una nave aerotransportada guiada de ataque, también denominada un *blanco aéreo*, está destinado a dañar un *blanco de ataque* o un *objeto de protección*, dependiendo de la perspectiva desde la que se considere el blanco de ataque o el objeto de protección. *Combatir* el blanco aéreo significa que el blanco aéreo resulte afectado de modo que ya no pueda dañar el objeto de protección hacia el que se desplaza el blanco aéreo.

30

Puede considerarse que un sistema diseñado para combatir blancos aéreos usando armas de fuego y proyectiles no guiados consiste en tres partes: *control de tiro*, *armas* y *proyectiles*. A continuación, un sistema de este tipo se denominará *defensa antiaérea basada en armas de fuego*. Proyectiles no guiados ha de entenderse como diversas formas de proyectiles tales como granadas y bombas volantes dirigidas para combatir blancos aéreos.

35

El control de tiro que forma parte de una defensa antiaérea basada en armas de fuego incluye uno o más sensores y una pluralidad de métodos para gestionar y evaluar datos del sensor. A continuación, el/los sensor/sensores incluido(s) en, y usado(s) por, el control de tiro se denominará(n) *mira*.

40

Se usa la información elaborada a partir de la mira para controlar la orientación tanto de la mira como de las armas.

Puede considerarse que combatir consiste en varias actividades. Algunas actividades deben tener lugar en secuencia mientras que otras pueden tener lugar simultáneamente.

45

La figura 1 describe un diagrama de flujo de un método de un sistema 1 de control de tiro. Cuando se inicia el combate, inicio 2 en la figura 1, la mira se dirige hacia el blanco aéreo que va a combatirse. Habitualmente, esto se hace posible por un dispositivo externo, tal como un radar de reconocimiento, que suministra continuamente información sobre la posición del blanco aéreo en función del tiempo. Este dispositivo externo se denomina dispositivo de asignación. Este procedimiento se denomina *asignación de blanco* 3.

50

La posición del blanco aéreo se especifica entonces en un sistema de coordenadas cartesianas, orientadas al norte, niveladas, ortonormalizadas cuyo origen se conoce para todos los sistemas de defensa antiaérea basada en armas de fuego que constituyen la defensa aérea en el emplazamiento.

55

Simultáneamente a que la mira se dirija hacia el blanco aéreo, puede orientarse el cañón hacia un punto de puntería calculado provisionalmente cuya posición se basa en datos del dispositivo de asignación. De ese modo, el tiempo para la orientación del cañón se reduce cuando se ha calculado un punto de puntería más preciso, porque el punto de puntería calculado provisionalmente se aproximará al punto de puntería calculado de manera más precisa posteriormente.

60

Asignación de blanco completada significa que la propia mira puede medir la posición del blanco aéreo. Sin embargo, no es seguro que la mira pueda detectar inmediatamente el blanco aéreo (pese al hecho de estar orientada correctamente).

65

Dado que el blanco aéreo está aproximándose, aumenta la probabilidad de que la mira pueda detectar el blanco

aéreo. El curso de acontecimientos que se producen cuando esto ocurre se denomina *adquisición de blanco*.

La adquisición de blanco marca el comienzo de una nueva secuencia denominada *seguimiento de blanco* 4. La mira controla entonces su propia línea de mira de modo que la línea de mira siga el blanco aéreo.

5 Cuando se ha establecido el seguimiento de blanco 4, comienza la *estimación de posición* 5. La mira intenta ahora medir tanto la dirección como la distancia hasta el blanco aéreo. No puede asegurarse que la mira pueda medir la distancia hasta el blanco aéreo inmediatamente cuando se inicia la estimación de posición 5. Tarde o temprano, sin embargo, la mira comenzará a suministrar datos de distancia. Mientras tanto, pueden calcularse la posición del blanco aéreo y el punto de puntería preliminar combinando datos angulares de la mira y datos de distancia del dispositivo de asignación.

10 Cuando la mira puede generar finalmente tanto datos de dirección como datos de distancia, ya no se necesitan los datos de asignación de blanco para guiar la mira y el cañón. Sin embargo, los datos de asignación de blanco pueden usarse para otros fines.

15 Cuando la mira estima la posición del blanco aéreo, durante la estimación 5 de posición, ésta se realiza normalmente con mayor frecuencia y con mejor exactitud de lo que puede realizarse mediante el sensor de asignación. Este es el motivo básico por el que se usan dos tipos de sensores, sensores de reconocimiento y sensores de control de tiro.

20 Los datos sin procesar de una mira tienen la forma de coordenadas espaciales esféricas, es decir, dos ángulos y una distancia. Además, estos datos se marcan con el punto en el tiempo en que las coordenadas espaciales eran válidas. Los datos sin procesar de la mira se usan tal como sigue: Los datos de medición se transforman en un sistema de coordenadas cartesianas, orientadas al norte, niveladas, obteniendo de ese modo la forma de tres coordenadas espaciales cartesianas y un punto en el tiempo que indica cuando eran válidas las coordenadas. Las coordenadas espaciales se indican mediante x, y, z, y el punto en el tiempo en que las coordenadas eran válidas se indica mediante t. Cada conjunto de datos de medición está compuesto por tanto por cuatro valores escalares (x, y, z, t). El arma que va a usarse más tarde conoce su propia posición y orientación en el sistema de coordenadas usado por la mira. Además, la mira y el arma usan un tiempo común.

25 El control de tiro almacena datos de medición de una antigüedad que no supera un valor determinado, por ejemplo, del orden de tres segundos, en una memoria intermedia. Cuando la memoria intermedia está llena y se graba un nuevo conjunto de datos de medición, se borran los datos de medición con tiempo de validez más antiguo.

30 Para medir datos de una antigüedad que no supera un valor *variable*, por ejemplo, del orden de un segundo, se ajustan los coeficientes de tres polinomios. Estos polinomios describen juntos la posición del blanco aéreo en función del tiempo. Los valores de grado de los polinomios deben escogerse basándose en los datos sin procesar. En el ejemplo siguiente, se han seleccionado los polinomios de grado 2:

35

$$x(t) = p_{0x} + v_{0x}t + a_{0x}t^2/2$$

$$y(t) = p_{0y} + v_{0y}t + a_{0y}t^2/2$$

40

$$z(t) = p_{0z} + v_{0z}t + a_{0z}t^2/2$$

45 El intervalo de tiempo a partir del cual se recuperaron los datos sin procesar para el ajuste polinómico se denomina a continuación la *ventana de tiempo*. El ajuste de los coeficientes polinómicos, es decir, los vectores p_0 , v_0 y a_0 , para estos datos de medición puede realizarse, por ejemplo, usando el método de mínimos cuadrados. También pueden usarse otros métodos o técnicas para ajustar los datos de medición. Antes del ajuste de los datos de medición, pueden eliminarse los datos demasiado anómalos (denominados valores atípicos) de la ventana de tiempo.

50 Cuando se han calculado los coeficientes polinómicos, pueden usarse los polinomios para calcular la posición estimada del blanco aéreo en un punto determinado en el tiempo.

55 Los polinomios pueden diferenciarse una vez, lo que puede usarse de manera correspondiente para estimar la velocidad del blanco aéreo en un punto de tiempo determinado.

60

$$v_x(t) = v_{0x} + a_{0x}t$$

$$v_y(t) = v_{0y} + a_{0y}t$$

$$v_z(t) = v_{0z} + a_{0z}t$$

Una diferenciación adicional produce una estimación de la aceleración (en este caso constante) del blanco aéreo.

$$a_x(t) = a_{0x}$$

$$a_y(t) = a_{0y}$$

$$a_z(t) = a_{0z}$$

5 Los polinomios no deben usarse para estimar la posición, la velocidad o la aceleración en tiempos fuera de la ventana de tiempo usada para calcular los coeficientes polinómicos. Una excepción necesaria es el tiempo transcurrido cuando se espera al siguiente conjunto de datos sin procesar suministrados a partir de la mira. Durante este tiempo, es razonable usar los polinomios para calcular la posición y la velocidad actuales. Sin embargo, una vez que un nuevo conjunto de datos sin procesar llega procedente de la mira, el procedimiento se repite y se obtienen nuevos coeficientes polinómicos.

Al aplicar el procedimiento anterior cada vez que se dispone de nuevos datos, puede tener lugar una observación o cálculo de la aceleración realizada por el blanco aéreo. Dependiendo de cómo se comporte el blanco aéreo, tales observaciones pueden usarse en algunos casos para estimar la capacidad de aceleración máxima del blanco aéreo.

20 La duración de la ventana de tiempo usada se adapta dinámicamente. Si la precisión de medición es baja, los datos de medición contienen ruido; entonces se prefiere una ventana prolongada que contiene varios puntos de datos. Si el blanco aéreo realiza maniobras bruscas, cambiando de ese modo rápidamente su estado de movimiento, se prefiere una ventana más corta. Basándose en la información contenida en los datos sin procesar, puede calcularse de manera dinámica y adaptativa una longitud de ventana apropiada para cualquier situación dada.

25 De manera similar, los valores de los grados polinómicos se ajustan dinámicamente. En los casos en que la precisión de la medición es alta y el blanco aéreo no maniobra sustancialmente, puede usarse un grado de 2 a 3. En condiciones opuestas, con menor precisión de medición y un blanco aéreo que maniobra rápido, el grado 1 puede ser una elección mejor. En este último caso, naturalmente, no se obtiene información sobre la aceleración del blanco aéreo (sólo la posición y la velocidad promedio del blanco aéreo).

30 En general, es completamente posible trabajar con varios procesos de manera más o menos simultánea. Los procesos pueden usar polinomios de diferentes grados y ventanas de tiempo de diferente duración.

35 Independientemente del modo en que se analizan los datos de salida de los procesos descritos anteriormente, el resultado es alguna forma de modelo matemático que describe la posición, la velocidad y la aceleración *previas* del blanco aéreo en función del tiempo.

40 Hasta ahora, el procesamiento y la evaluación de los datos sin procesar no difiere de lo que puede considerarse normal para el control de tiro diseñado para el fin en cuestión. En el momento en que los datos extraídos se usan para predecir el punto de puntería hacia el que debe apuntarse el tiro es cuando la presente invención muestra características distintivas en comparación con los tipos de control de tiro conocidos anteriormente.

45 Con diferencia, la hipótesis de predicción más común es que el blanco aéreo continuará su trayectoria desde la posición actual a su velocidad actual sin ninguna aceleración. En ese caso, el blanco aéreo se desplazará a lo largo de una trayectoria que es una *línea recta* a velocidad constante (con velocidad quiere decirse el valor de la velocidad). El punto de puntería es el punto en la línea caracterizado por el blanco aéreo y un proyectil disparado que necesita exactamente la misma cantidad de tiempo en alcanzarlo. El punto de puntería, por tanto, es el único punto en que puede combatirse el blanco aéreo.

50 Otra hipótesis de predicción es que el blanco aéreo continuará desde su posición actual a su velocidad actual y su aceleración actual (que se supone que es constante en cantidad pero bloqueada en dirección en relación con el sistema de coordenadas del cuerpo-fijo del blanco aéreo). En caso afirmativo, el blanco aéreo se desplazará a lo largo de una trayectoria cuya forma se determina por la dirección de la aceleración en relación con el sistema de coordenadas del cuerpo-fijo del blanco aéreo, y en cómo gira este sistema de coordenadas. Aparte del hecho de que la trayectoria puede curvarse ahora y que la velocidad del blanco aéreo ya no es necesariamente constante, se aplica lo mismo que antes con respecto a la posición del punto de puntería.

60 El problema con estas hipótesis de predicción es que no se tiene en cuenta dónde se dirige probablemente el blanco aéreo. Si la defensa antiaérea basada en armas de fuego se ha asignado para defender un buque contra un misil antibuque atacante, es muy probable que el misil antibuque se guíe de manera que haga que acierte en el blanco del *misil antibuque*, concretamente el buque, también denominado el objeto de protección. En cambio, usando este conocimiento de la posición del objeto de protección, puede predecirse la trayectoria del blanco aéreo con mayor exactitud.

65

ES 2 724 325 T3

La posición y la velocidad actuales del blanco aéreo pueden estimarse a partir de los datos sin procesar, por ejemplo, en el modo ya descrito. Entonces puede *predecirse* la aceleración futura del blanco aéreo, Cálculo de la aceleración futura del blanco 7 en la figura 1, suponiendo:

5 1) que el piloto automático del blanco aéreo se dirige con la intención de acertar en el objeto de protección; y

2) que el piloto automático del blanco aéreo usa una ley de guiado que permite que se modele, tal como mediante la ley de guiado conocida por el nombre de ZEM (Zero Effort Miss).

10 Si el piloto automático de la nave atacante, es decir, el blanco aéreo, usa ZEM, el piloto automático calcula las aceleraciones tal como sigue:

15 En cualquier momento, se realiza un cálculo de la separación mínima eficaz que surgiría si no se aplicaran aceleraciones. Supóngase que s_x indica la distancia al punto por donde pasará el objeto de protección. Supóngase que s_y y s_z indican las distancias al blanco de ataque en horizontal y en vertical, respectivamente, cuando $s_x = 0$. El vector (s_x, s_y, s_z) , que aparentemente señala la diana de ataque, el objeto de protección, tal como se observa desde la nave de ataque, el blanco aéreo, es simplemente las coordenadas del objeto de protección en el sistema de coordenadas de la nave de ataque.

20 Ahora supóngase que v indica la velocidad del blanco aéreo y supóngase que ttg (tiempo en llegar) indica el tiempo que queda antes de que pase el objeto de protección. ttg (en cada momento) viene dado por:

$$ttg = s_x / v$$

25 Las aceleraciones que debe aplicar el blanco aéreo para acertar en el objeto de protección vienen dadas por:

$$a_y = - C s_y / ttg^2$$

$$a_z = - C s_z / ttg^2$$

30 C es una constante de navegación que debe ser mayor de 2. Normalmente se usa un valor de entre 3 y 7.

35 El control de tiro puede predecir las aceleraciones del blanco aéreo actuando exactamente del mismo modo que el piloto automático del blanco aéreo. A continuación, puede predecirse un punto de puntería en la etapa Cálculo de la trayectoria del blanco y el punto de puntería 8.

40 El vector que señala el objeto de protección, tal como se observa a partir del blanco aéreo (s_x, s_y, s_z) , puede calcularse transformando las coordenadas del objeto de protección en el sistema de coordenadas del blanco aéreo.

45 Una transformación de este tipo requiere el conocimiento tanto de la posición como de la orientación del sistema de coordenadas del blanco aéreo. La posición y la velocidad pueden estimarse directamente a partir de los datos de medición. El sistema de coordenadas del blanco aéreo tiene su origen en la posición estimada del blanco.

Cómo se orienta el sistema de coordenadas del blanco aéreo viene dado por la velocidad estimada del blanco aéreo. El eje x es paralelo al vector de velocidad del blanco aéreo, el eje y siempre es horizontal y el eje z es ortogonal a los otros dos ejes.

50 Las coordenadas del objeto de protección transformadas en el sistema de coordenadas del blanco aéreo proporcionan por tanto la posición del objeto de protección en el sistema de coordenadas del blanco aéreo. Usando estos datos como base, puede calcularse la aceleración que el piloto automático del blanco aéreo querrá aplicar. Sin embargo, el cálculo debe realizarse con las siguientes suposiciones:

55 1) ZEM es suficientemente bueno como modelo aproximado para la ley de guiado usada actualmente por la nave, el blanco aéreo; y

2) el piloto automático usa una constante de navegación determinada, por ejemplo, $C = 5$.

60 La aceleración así calculada se transforma de nuevo en el sistema de coordenadas fijo a tierra. Se usa para calcular el punto de puntería en la etapa Cálculo de la trayectoria del blanco y punto de puntería 8. El cálculo es iterativo. Se calculan la posición y la velocidad del blanco aéreo en un pequeño intervalo de tiempo (dt) hacia delante en el tiempo. Mientras tanto, se realiza un cálculo de la cantidad de tiempo que necesita un proyectil disparado para alcanzar la posición donde ha llegado el blanco aéreo. Posteriormente el tiempo se incrementa en un intervalo de tiempo, se calculan la posición y velocidad nuevas del blanco aéreo y vuelve al calcularse el tiempo necesario para

que un proyectil disparado alcance el blanco aéreo. Se repite todo el proceso una y otra vez para tiempos cada vez más alejados en el futuro. Cuando la diferencia entre el tiempo que necesita un proyectil disparado para alcanzar el blanco, el denominado *tiempo de disparo* y la suma de todos los intervalos de tiempo (dt) incrementados es menor de un error aceptable determinado, se ha encontrado el punto de puntería.

5 Cuando se calcula el punto de puntería puede elegirse si combatir o no el blanco aéreo en la etapa ¿Atacar blanco? 9. Si esto ocurre, se lleva a cabo un ataque del blanco, en la tapa Atacar blanco 10, preferiblemente usando armas de cañón.

10 Ahora no es necesario ni deseable abrir siembre siempre fuego lo antes posible. Por el contrario, puede ser una ventaja esperar y comprobar si el blanco aéreo realmente pasa a través de puntos de puntería predichos en puntos de tiempo predichos. El motivo es que es completamente posible predecir simultáneamente más de una trayectoria del blanco. Por tanto, puede lograrse completamente según la descripción anterior predecir varias trayectorias diferentes para varias constantes de navegación (tal como 3, 4, 5, 6, 7) y luego comparar las trayectorias predichas con la trayectoria observada realmente. De esta forma puede determinarse qué constante de navegación parece usar el blanco aéreo, lo que permite saber cuál de las trayectorias predichas del blanco es la más correcta.

15 Un sistema 20 de defensa antiaérea basada en armas de fuego mostrado en la figura 2, comprende un control 21 de tiro, una o varias armas 26 y proyectiles 27 que pueden dispararse contra blancos aéreos. El sistema 20 recibe la asignación de blanco procedente de un sensor 22 de reconocimiento externo, que pueden explorar volúmenes muy grandes de grandes profundidades a expensas de la exactitud y la frecuencia de toma de muestras. El sistema 20 de defensa antiaérea basada en armas de fuego incluye un sensor 23 de control de tiro que, tras la asignación del blanco, puede estimar la posición del blanco aéreo individual en un pequeño sector de profundidad limitada pero con alta exactitud y alta frecuencia de toma de muestras. El dispositivo 25 de cálculo se usa para calcular los puntos de puntería hacia los que dirigir las armas 26. El control 21 de tiro también puede comprender una base de datos de objetos 24 de protección que contiene las posiciones de una pluralidad de objetos de protección que pueden estar ubicados en proximidad inmediata del sistema 20 de defensa antiaérea basada en armas de fuego.

20 La figura 3 muestra un área 100 de blanco de un blanco aéreo que se dirige hacia uno de varios objetos de protección. Cuando el blanco aéreo se desplaza hacia el objeto 104 de protección, varios objetos 105, 106, 107 de protección pasarán o caerán fuera del área en la que puede maniobrar el blanco aéreo. En el punto 101, el blanco aéreo puede guiarse hacia todos los objetos 104, 105, 106, 107 de protección dentro del área de blanco C. A medida que el blanco aéreo continúa en su camino hacia el objeto de protección, tras un tiempo determinado, el blanco aéreo estará en el punto 102, donde todos los objetos 104, 105, 106 de protección dentro del área de blanco B pueden resultar atacados por el blanco aéreo. Asimismo, el blanco aéreo continúa hasta el punto 103, el área de blanco A, donde los objetos 105 y 106 de protección ya no pueden resultar atacados; por tanto sólo puede atacarse el objeto 104 de protección. Por tanto, está claro que el destino probable del blanco aéreo es el objeto 104 de protección. Cuando el objeto de protección probable se ha identificado ahora, pueden calcularse los puntos de puntería con mayor fiabilidad.

30 La figura 4 muestra una trayectoria 1000 de blanco aéreo hacia un objeto 1001 de protección. El blanco aéreo se aproxima al objeto 1001 de protección. El blanco aéreo se detecta por un sensor de reconocimiento cuando pasa por el punto 1002. El sensor de reconocimiento asigna entonces un sensor de control de tiro. En algún lugar entre los puntos 1002 y 1003, el sensor de control de tiro encuentra el blanco aéreo y comienza a realizar el seguimiento y a estimar la posición y la velocidad del blanco aéreo. En el punto 1003, el blanco aéreo comienza posiblemente un cambio de dirección, por ejemplo, con la intención de descubrir el objeto 1001 de protección. En el punto 1004, se completa el cambio de rumbo del blanco aéreo. En el punto 1005, el blanco aéreo comienza a seguir una ley de guiado que trata de guiar la nave para que acierte en el objeto 1001 de protección. Cuando el blanco aéreo pasa por el punto 1006, el control de tiro puede empezar a predecir el punto 1007 de puntería. La predicción se basa en datos precedentes del sensor de control de tiro y una hipótesis sobre qué ley de guiado usa el blanco aéreo.

Realizaciones alternativas

35 La invención no se limita a las realizaciones específicas mostradas, sino que puede variarse de diferentes modos dentro del alcance de las reivindicaciones.

40 Por ejemplo, se apreciará que el número de sensores, el dispositivo de lanzamiento o los sistemas de elementos y detalles incluidos en el método de control de tiro contra blancos aéreos maniobrados se adaptan al/a los sistema(s) de armas, a la plataforma y a otras características de diseño que existen actualmente.

45 Se apreciará que el método de control de tiro descrito anteriormente contra blancos aéreos maniobrados puede aplicarse prácticamente a cualquier nave y sistemas guiados incluyendo aeroplanos, aeronaves no tripuladas y misiles.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método de control de tiro de armas (26) contra blancos aéreos cuando se dirigen hacia un objeto (104, 105, 106, 107, 1001) de protección, en el que se conoce la posición del objeto (104, 105, 106, 107, 1001) de protección, que comprende las siguientes etapas de método:
- 10 medir la posición del blanco aéreo,
 estimar (5) la posición del blanco aéreo,
 estimar la velocidad del blanco aéreo,
- 15 caracterizado por las etapas adicionales de:
- aplicar un modelo de la ley de guiado de blanco aéreo,
 calcular las aceleraciones (7) que debe aplicar el blanco aéreo con el fin de acertar en el objeto (104, 105, 106, 107, 1001) de protección,
 predecir la trayectoria futura del blanco aéreo basándose en la posición del objeto (104, 105, 106, 107, 1001) de protección, la posición estimada del blanco aéreo, la velocidad estimada del blanco aéreo, la aceleración calculada del blanco aéreo,
20 calcular puntos (8, 1007) de mira a lo largo de la trayectoria predicha, y
 dirigir las armas (26) hacia los puntos (8, 1007) de mira.
- 25 2. Método de control de tiro contra blancos aéreos según la reivindicación 1, caracterizado porque la ley de guiado del blanco aéreo comprende constantes de navegación calculadas multiplicando la aceleración observada por el tiempo predicho para impactar en el objeto (104, 105, 106, 107, 1001) de protección al cuadrado, dividido entre la distancia desde el blanco aéreo hasta el objeto (104, 105, 106, 107, 1001) de protección.
- 30 3. Método de control de tiro contra blancos aéreos según una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque la ley de guiado del blanco aéreo comprende una aceleración máxima, cuyo tamaño se estima mediante un análisis de las aceleraciones observadas del blanco aéreo.
- 35 4. Método de control de tiro contra blancos aéreos según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, caracterizado porque la posición del objeto de protección es la misma que la de una defensa antiaérea basada en armas de fuego.
- 40 5. Sistema (20) de control de tiro para el control de tiro contra blancos aéreos que comprende al menos un sensor para medir la posición del blanco aéreo en función del tiempo, caracterizado porque se aplica el método de control de tiro según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

1

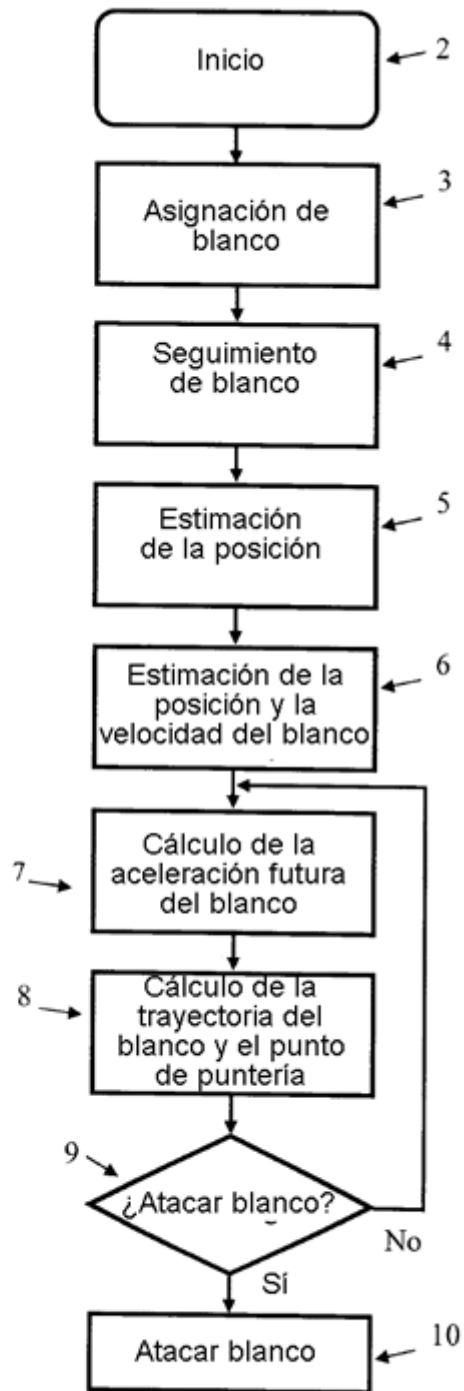


Fig. 1

20

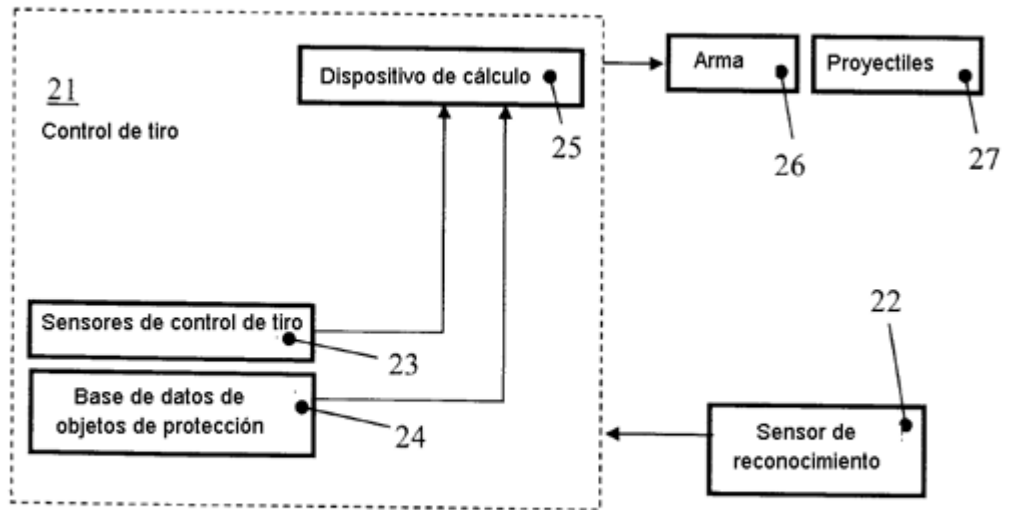


Fig. 2

100

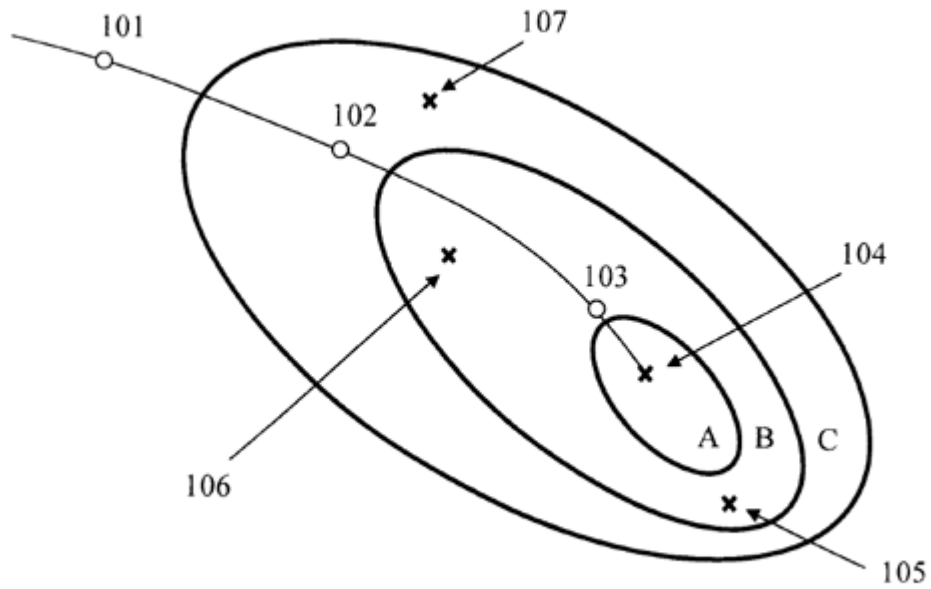


Fig. 3

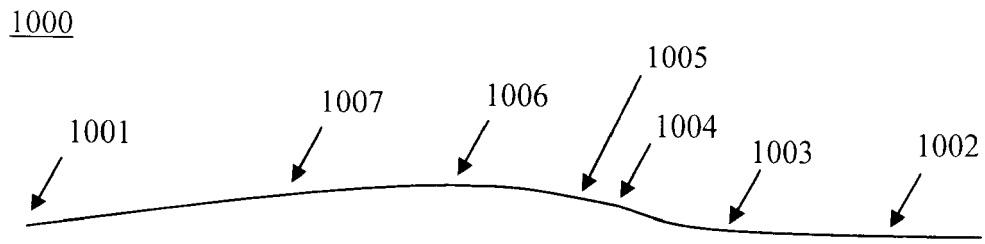


Fig. 4