

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 973 956**

51 Int. Cl.:

G01C 3/08 (2006.01)

G01C 3/10 (2006.01)

G01S 11/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2021** **E 21162242 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2023** **EP 3882569**

54 Título: **Procedimiento para determinar un objeto objetivo, sistema de sensor electroóptico, procedimiento para navegar un misil guiado y misil guiado**

30 Prioridad:

19.03.2020 DE 102020001827

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

25.06.2024

73 Titular/es:

DIEHL DEFENCE GMBH & CO. KG (100.0%)
Alte Nußdorfer Strasse 13
88662 ÜBERLINGEN, DE

72 Inventor/es:

WÄLLERMANN, HEINRICH y
KUSHAUER, JÖRG

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 973 956 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para determinar un objeto objetivo, sistema de sensor electroóptico, procedimiento para navegar un misil guiado y misil guiado

5 La invención subyacente se refiere en particular a un procedimiento basado en computadora para determinar la distancia de un objeto objetivo desde una unidad de sensor electroóptica, un sistema de sensor electroóptico, un procedimiento para navegar un misil guiado y un misil guiado.

10 En la observación de objetivos, por ejemplo en zonas de combate, como parte del reconocimiento y combate de objetivos enemigos y como parte de la navegación de un misil guiado hacia un objetivo, es de particular importancia el conocimiento de la distancia hasta el objetivo.

15 Para misiles guiados se utilizan habitualmente, por ejemplo, telémetros láser activos u otros telémetros activos, como por ejemplo un radar. Sin embargo, estos telémetros activos tienen la desventaja decisiva de que pueden ser detectados desde el lugar del objeto objetivo, junto con el riesgo de ser atacados por el objeto objetivo, es decir, el enemigo.

20 Desde el punto de vista táctico-operativo, sería ventajoso y deseable poder determinar de forma puramente pasiva la distancia al objetivo con suficiente precisión. Las mismas consideraciones se aplican también a las aplicaciones civiles para dispositivos móviles, como cámaras digitales, gafas de datos, las llamadas pantallas montadas en la cabeza, y otros.

25 El documento WO 2014/008968 A1 trata de un procedimiento para determinar la posición de un vehículo, en el que mediante un sensor se detecta un objeto en el entorno del vehículo. La posición relativa del vehículo con respecto al objeto se determina mediante operaciones aritméticas trigonométricas, teniendo en cuenta los valores de datos que indican la posición del objeto.

30 El documento US 5 373 318 A describe un procedimiento para la medición pasiva de distancias a bordo de una aeronave para determinar la distancia entre la aeronave y un objetivo. Los datos obtenidos mediante un rastreador de vídeo sobre las dimensiones o cambios en las dimensiones del objetivo se incluyen en el cálculo de la distancia.

35 Ante este trasfondo, un objeto de la invención es proporcionar un procedimiento para determinar la distancia de un objeto objetivo, un sistema de sensor electroóptico, un procedimiento para navegar un misil guiado y un misil guiado, que permitan determinar la distancia de un objeto objetivo de forma puramente pasiva.

40 Este objeto se logra mediante las características de las reivindicaciones independientes. Las configuraciones de la invención resultan de las reivindicaciones dependientes y de las formas de realización y ejemplos de realización que se describen a continuación.

La presente invención se basa en particular en el conocimiento de que la distancia de un objeto objetivo detectado por el sistema de sensor se puede determinar de manera pasiva de forma comparativamente fiable y precisa basándose en datos de sensores monoculares de un sistema de sensor electroóptico.

45 En particular, la invención se basa en el conocimiento de que un procedimiento pasivo como se describe en el presente documento para determinar distancias basándose en secuencias de imágenes monoculares, en particular secuencias de imágenes dinámicas, puede implementarse sin complejos ajustes de hardware utilizados, por ejemplo en misiles guiados u otros dispositivos o sistemas, se requerirían unidades de sensor como tales.

50 Además, la invención se basa en el conocimiento de que el procedimiento propuesto en el presente documento es especialmente adecuado para determinar distancias de un objeto objetivo basándose en datos de un sensor monocular de un cabezal de búsqueda de objetivos de un sistema de misiles guiados, siendo las distancias determinadas suficientemente fiables y precisas y permiten correspondientemente su uso en la navegación objetivo de los misiles guiados. En particular, una conclusión de la invención es que la determinación pasiva de distancias en el ámbito de aplicación de misiles guiados también es posible basándose en datos de imágenes generados monocularmente, de modo que los datos de sensor de las unidades monoculares de búsqueda de objetivos ya utilizadas en misiles guiados misiles se pueden utilizar para determinar la distancia, sin que sea necesario, por ejemplo, para retroadaptar o utilizar unidades de sensor binoculares o telémetros activos.

60 Según los conocimientos de la invención, los sensores electroópticos, en particular los sensores de imágenes y las unidades de sensor basadas en semiconductores, han experimentado en los últimos años importantes avances en cuanto a tamaño, resolución, contraste, dinámica, supresión de ruido y evaluación de imágenes. Combinado con algoritmos sofisticados que evalúan los cambios en los píxeles individuales de una imagen a otra, se pueden implementar aplicaciones nuevas o previamente imposibles.

65

Los detectores de alta resolución para visibilidad diurna (por ejemplo, CMOS/HD con 1.920×1.080 píxeles) y los detectores de infrarrojos (por ejemplo, 1.024×1.024 píxeles) para visión nocturna se utilizan ampliamente en misiles guiados y otros dispositivos y sistemas como cámaras digitales, sistemas de conducción, sistemas de asistencia, gafas de datos, las llamadas pantallas montadas en la cabeza, etc.

Además, la miniaturización de los sensores inerciales MEMS (MEMS: sistema mecánico microelectrónico), como por ejemplo giroscopios, acelerómetros, magnetómetros, etc., ha producido sistemas de referencia inerciales potentes y rentables que, debido a su pequeño tamaño, también son adecuados para unidades de sensor electroópticos, en particular para uso en misiles guiados y otros dispositivos y sistemas móviles.

Además, la invención se basa en el conocimiento de que, utilizando leyes de la óptica y la trigonometría, se pueden desarrollar procedimientos y algoritmos para determinar la distancia de los objetos objetivo a partir de datos de sensor monoculares, en particular datos de imágenes, que permiten una determinación pasiva comparativamente fiable y precisa de la distancia de un objeto objetivo desde la unidad de sensor de detección.

Por consiguiente, a continuación se describen ejemplos de realización y formas de realización de la invención, que permiten la determinación pasiva de la distancia de un objeto objetivo basándose en datos de sensor monoculares, en particular datos de imágenes monoculares. Además se describen ejemplos de realización y formas de realización de la aplicación del procedimiento para la determinación pasiva de la distancia en sistemas de sensor electroópticos en general y en misiles guiados en particular.

De acuerdo con formas de realización, se proporciona un procedimiento basado en computadora, en particular implementado por computadora, para determinar la distancia de un objeto objetivo a una unidad de sensor electroóptica. El procedimiento basado en computadora, abreviado también como "procedimiento", se basa en datos de sensor monoculares, por ejemplo datos de imágenes, de la unidad de sensor.

Para la realización del procedimiento son adecuados los datos de sensor monocular registrados mediante una unidad de sensor electroóptica. Los datos de sensor se pueden registrar, por ejemplo, con una unidad de sensor monocular, es decir, con una unidad de sensor que puede funcionar monocularmente o que funciona monocularmente.

La unidad de sensor es una unidad de captación de imágenes electroóptica, por ejemplo un sensor de captación de imágenes electroóptico, que está configurado, por ejemplo, para visión diurna y/o visión nocturna.

El procedimiento descrito más detalladamente a continuación se basa en datos de sensor de la unidad de sensor, en particular datos de imagen captados monocularmente, es decir, datos de imagen monoculares, una unidad de captación de imágenes o un sensor de imágenes. La captación de los datos de sensor, en particular de datos de imagen, por ejemplo mediante óptica de imagen monocular, se denomina en el contexto de esta invención "pasiva", en el sentido de que la generación de los datos de sensor correspondientes por parte de la unidad de sensor no requiere una radiación activa o emisión de radiación, como por ejemplo radiación láser o radiación de radar.

De acuerdo con formas de realización, los datos de sensor utilizados en el procedimiento, en particular datos de imágenes, incluyen dos conjuntos de datos bidimensionales, es decir, un primer conjunto de datos bidimensional y un segundo conjunto de datos bidimensional. Cada uno de los conjuntos de datos se capta o graba utilizando la unidad de sensor.

Por bidimensional se entiende que el plano de sensor de la unidad de sensor de detección está configurado bidimensional. Por conjunto de datos bidimensional se entiende en particular un conjunto de datos que representa la realidad tridimensional en un espacio bidimensional, en particular en un espacio de imágenes. Un conjunto de datos puede provenir, por ejemplo, de una imagen fija procedente de un sensor de imágenes. También es posible que un conjunto de datos esté dado por una única imagen (fotograma) de una secuencia cinematográfica.

Cada uno de los conjuntos de datos utilizados en el procedimiento incluye una representación del objeto objetivo. Por representación del objeto objetivo se entienden en particular aquellos datos de un conjunto de datos, a partir de los cuales se puede reconstruir y/o identificar el objeto objetivo a nivel de sensor, en particular a nivel de imagen, de la unidad de sensor. O dicho de otro modo, por representación del objeto objetivo se deben entender en particular aquellos datos del conjunto de datos que corresponden al objeto objetivo a nivel de imagen. En particular, la imagen del objeto objetivo en los datos de sensor debe entenderse como una representación del objeto objetivo.

En el procedimiento propuesto, los dos conjuntos de datos se generan con respecto a dos ubicaciones de grabación diferentes. Esto implica que la unidad de sensor se mueve entre la captación de los dos conjuntos de datos, de modo que los lugares de grabación difieren entre sí. Un primer lugar de grabación está asignado al primer conjunto de datos. Un segundo lugar de grabación que es diferente del primer lugar de grabación está asignado al segundo conjunto de datos.

Por lo tanto, la unidad de sensor puede entenderse o considerarse en el marco del procedimiento como una unidad de sensor móvil, que se mueve al menos en la medida en que difieren los dos lugares de grabación de los dos

conjuntos de datos. En el ejemplo de un misil guiado, el movimiento de la unidad de sensor resulta especialmente del movimiento del misil guiado una vez lanzado. Cuando se utiliza el procedimiento generalmente para la navegación, el movimiento generalmente resulta de la navegación como tal.

5 De acuerdo con el procedimiento propuesto, la distancia, es decir la distancia del objeto objetivo a la unidad de sensor, se determina como una combinación ponderada, en particular a partir de una suma ponderada o como una suma ponderada, de al menos un primer y un segundo valor de distancia.

10 El primer valor de distancia se determina basándose en el primer y segundo conjunto de datos basándose en la triangulación.

15 El segundo valor de distancia se determina basándose en las dimensiones, en particular tamaños, que resultan en el plano de sensor de la unidad de sensor de los conjuntos de datos primero y segundo, en particular determinados dentro del alcance del procedimiento, y la diferencia dimensional, en particular diferencia de tamaño, de las representaciones del objeto objetivo.

20 Por lo tanto, el procedimiento propuesto determina la distancia utilizando los datos de sensor monoculares como tales, sin necesidad de procedimientos de medición activos basados en la unidad de sensor, como por ejemplo mediciones de distancia por láser, mediciones por radar o similares. En particular, con el procedimiento propuesto se puede determinar la distancia de forma puramente pasiva, lo que es especialmente ventajoso para aplicaciones en el campo de los misiles guiados, ya que el sistema de sensor y el procedimiento asociado para la determinación pasiva de la distancia como tal no ofrecen la posibilidad de resolver la posición de la unidad de sensor.

25 Además, la combinación de los valores de distancia determinados mediante diferentes algoritmos, es decir, la triangulación por un lado y las dimensiones y la diferencia dimensional, por otro, permite una determinación de la distancia comparativamente fiable y precisa. Debido a que el procedimiento propuesto utiliza diferentes algoritmos para determinar los valores de distancia, se le puede denominar un procedimiento híbrido para determinar la distancia. Al menos la distancia determinada mediante el procedimiento híbrido resulta ser una estimación suficientemente precisa y fiable de la distancia al objeto objetivo en el ámbito de aplicación de los misiles guiados.

30 En el procedimiento, los lugares de grabación y/o la distancia entre los lugares de grabación se determinan y se utilizan para determinar los valores de distancia primero y segundo. Los lugares de grabación, más concretamente las respectivas posiciones de los lugares de grabación, se pueden determinar, por ejemplo, mediante técnicas basadas en satélites, por ejemplo mediante un sistema global de navegación por satélite, u otros procedimientos. En particular, los respectivos lugares de grabación, en particular sus posiciones, pueden determinarse mediante un sistema de referencia inercial asignado a la unidad de sensor, en particular un sistema de navegación inercial o un sistema de referencia inercial. El sistema de referencia inercial puede estar unido, por ejemplo, a la unidad de sensor de tal manera que se mueva con la unidad de sensor, de modo que los lugares de grabación, en particular sus posiciones, se pueden determinar con respecto a un sistema de referencia inercial mediante navegación inercial. Cuando se utiliza un sistema de referencia inercial, la determinación de la distancia se puede determinar esencialmente basándose exclusivamente en datos intrínsecos, sin depender de datos extrínsecos y procedimientos correspondientes que pueden no estar constantemente disponibles, manipulables o resolubles.

45 De acuerdo con formas de realización, la triangulación utilizada para determinar el primer valor de distancia se basa en un triángulo, en particular un triángulo inercial, que está definido con respecto a un sistema de referencia inercial asignado a la unidad de sensor, en particular al sistema de referencia inercial. El triángulo, en particular los lados del triángulo, se definen en el sistema de referencia inercial mediante las líneas de visión inercial resultantes del primer y segundo conjunto de datos entre la unidad de sensor y el objeto objetivo y la línea de unión entre los dos lugares de grabación resultante en el sistema de referencia inercial, es decir, la línea de unión inercial entre los lugares de grabación inercial.

50 Por ejemplo, usando los ángulos de la línea de visión inercial del primer y segundo conjunto de datos resultante de las líneas de visión inercial y la longitud de la línea de unión inercial usando la ley de los senos, la distancia del objeto objetivo al lugar de grabación del primer conjunto de datos o la distancia del objeto objetivo al lugar de grabación del segundo conjunto de datos se puede determinar mediante triangulación. La longitud de la línea de unión inercial se puede determinar a partir de las coordenadas de los lugares de grabación en el sistema de referencia inercial.

60 Sin embargo, también es posible determinar la longitud de la línea de unión inercial basándose en la velocidad de la unidad de sensor determinada por el sistema de referencia inercial. Si la velocidad, en particular el vector de velocidad, del sistema de sensor en el sistema de referencia inercial entre los dos lugares de grabación es esencialmente constante, la longitud de la línea de unión se puede calcular, por ejemplo, a partir del producto de la velocidad v por la intervalo de tiempo Δt de los registros de los conjuntos de datos. Si la velocidad no es constante, la longitud se puede determinar integrando el tiempo sobre la velocidad.

El ángulo de la línea de visión inercial, es decir, el ángulo resultante entre la línea de visión inercial y la proyección de la línea de visión inercial sobre el plano de sensor normal en el sistema de referencia inercial, se puede determinar, por ejemplo, basándose en la características de proyección de la unidad de sensor electroóptica.

Si se utiliza una unidad de sensor, en particular una unidad de sensor estabilizada inercialmente, en combinación con un sistema de referencia inercial unido a la unidad de sensor, al menos el primer valor de distancia se puede determinar basándose en datos intrínsecos. Como se describirá con más detalle a continuación, los datos de un sistema de referencia inercial también permiten determinar el segundo valor de distancia basándose en datos intrínsecos. Por tanto, es posible determinar la distancia basándose únicamente en datos registrados pasivamente.

Como ya se mencionó, de acuerdo con las formas de realización es posible determinar los lugares de grabación y/o la distancia entre los lugares de grabación con respecto a un sistema de referencia inercial basándose en datos de medición de una unidad de medición inercial de un sistema de referencia inercial asociada a la unidad de sensor. Una ventaja del uso de una unidad de medición inercial se puede ver en particular en que la distancia se puede determinar, por ejemplo, exclusivamente a partir de datos intrínsecos determinados pasivamente, lo que significa que, sobre todo en el ámbito de los misiles guiados, pero también en otros campos de aplicación se puede evitar una resolución en relación con la determinación de la distancia del objeto objetivo.

La asociación de la unidad de medición inercial a la unidad de sensor se puede diseñar, por ejemplo, de tal manera que ambas unidades estén integradas en una unidad superior, por ejemplo el misil guiado, y en conexión de datos técnica con una o más unidades de computadora que tienen medios para determinar la distancia. En el caso de misiles guiados se pueden utilizar, por ejemplo, datos de una unidad de medición inercial ya existente, en particular un sistema de referencia inercial.

De acuerdo con formas de realización, a partir de los conjuntos de datos, en particular conjuntos de datos bidimensionales, se pueden determinar las dimensiones y/o la diferencia dimensional de las representaciones del objeto objetivo, respecto a al menos una dirección inercial situada en un plano de sensor inercial. En el caso de datos de imagen bidimensionales, se puede utilizar como dimensión el tamaño del objeto objetivo en el plano de imagen de la unidad de sensor. Por consiguiente, como diferencia dimensional se puede utilizar la diferencia de tamaño a nivel de imagen, es decir, a nivel de sensor de la unidad de sensor. Por dirección inercial se debe entender en este contexto, en particular, una dirección definida en el sistema de referencia inercial asignado. Además, por plano de sensor inercial se debe entender un plano que define el plano de sensor en el sistema de referencia inercial.

Si los planos sensores reales del primer y segundo conjuntos de datos se desvían uno de otro, por ejemplo porque están inclinados entre sí debido a un movimiento de la unidad de sensor entre la captación de los conjuntos de datos, se pueden corregir correspondientemente en el sistema de referencia inercial. De manera similar, otros errores de proyección de la óptica utilizada, por ejemplo distorsiones, pueden corregirse mediante algoritmos adecuados en relación con la determinación de las dimensiones y la diferencia dimensional.

De acuerdo con formas de realización, como medida para la dimensión de la representación del objeto objetivo en el respectivo plano de sensor inercial, en particular plano de datos, del conjunto de datos se utiliza el número de los píxeles asignados a la representación del objeto objetivo a lo largo la respectiva dirección en el respectivo plano de sensor inercial. La diferencia en el número de píxeles resultante del primer y segundo conjunto de datos se puede utilizar como medida, en particular como base para determinar o calcular la diferencia dimensional. El procedimiento incluye un paso adicional: determinar el número y la diferencia en el número de píxeles. Basándose en el número y la diferencia en el número de píxeles, se puede implementar un algoritmo comparativamente sencillo y que ahorra recursos para determinar el segundo valor de distancia, como se muestra a continuación. Además, el segundo valor de distancia se puede determinar basándose en el número y la diferencia del número de píxeles únicamente a partir de datos determinados pasivamente, lo que conlleva ventajas correspondientes, en particular en lo que respecta a la resolución de la unidad de sensor.

Además, la determinación de la distancia, en particular del primer y segundo valor de distancia, basándose exclusivamente en datos propios también es ventajosa en relación con los sistemas de sensor necesarios en cada caso para determinar la distancia. En el marco de la invención la determinación de la distancia puede basarse, por ejemplo, en datos de imagen monoculares de una unidad de sensor y datos de movimiento inercial de un sistema de referencia inercial, estando ya presentes una unidad de sensor correspondiente y un sistema de referencia correspondiente en determinados misiles guiados. Por lo tanto, el procedimiento propuesto se puede implementar en misiles guiados conocidos u otros sistemas militares o civiles con un sistema de referencia inercial y un de búsqueda de objetivos estabilizado inercialmente, por ejemplo a nivel de software, sin que sean necesarios cambios fundamentales a nivel de hardware.

De acuerdo con formas de realización, los valores de distancia primero y segundo se determinan a partir de conjuntos de datos generados, en particular registrados, consecutivos temporalmente, en particular en una inmediatamente consecutivos. Se puede predeterminar un intervalo de tiempo entre los conjuntos de datos generados consecutivamente para un objeto objetivo determinado. También es posible seleccionar el intervalo de tiempo en función de la velocidad de inercia y/o en función de la dinámica de movimiento de la unidad de sensor. Por ejemplo,

la unidad de sensor puede configurarse de tal manera que genere los respectivos conjuntos de datos a una velocidad de grabación predeterminada, al menos durante un período de tiempo determinado. Para determinar la distancia, se pueden utilizar conjuntos de datos consecutivos. Sin embargo, también es posible utilizar conjuntos de datos para determinar la distancia que no se hayan creado consecutivamente. Si, por ejemplo, hay un error elevado o incluso una singularidad en el algoritmo utilizado para determinar el primer o segundo valor de distancia para dos conjuntos de datos utilizados, entonces se puede intercambiar al menos uno de los conjuntos de datos.

Si los conjuntos de datos se generan en función de una velocidad de grabación, la velocidad de grabación puede por un lado ser constante y por otro lado puede ajustarse en función de la posición y/o del movimiento y/o de la dinámica de movimiento de la unidad de sensor.

De acuerdo con formas de realización, la unidad de sensor navega a lo largo de una trayectoria hacia el objeto objetivo basándose en los datos de sensor, en particular basándose en la distancia determinada, o más generalmente basándose en los datos del objeto objetivo determinados o extraídos de los conjuntos de datos. El movimiento de la unidad de sensor a lo largo de la trayectoria se puede controlar al menos por secciones de acuerdo con una ley de dirección, por ejemplo de acuerdo con una navegación proporcional conocida.

En formas de realización, el movimiento de la unidad de sensor se puede ordenar al menos en secciones a lo largo de la trayectoria de acuerdo con una ley de dirección modificada. El movimiento de acuerdo con la ley de dirección modificada puede tener lugar de tal manera que durante el movimiento de acuerdo con la ley de dirección modificada, los ángulos de la línea de visión inercial entre la unidad de sensor y el objeto objetivo para el primer y segundo conjunto de datos difieren, en particular en más de un valor predeterminado. En particular, la ley de dirección modificada puede diseñarse de tal manera que las líneas de visión inerciales se modulen al menos en secciones a lo largo de la trayectoria.

Por ejemplo, en el caso de que las líneas de visión inerciales o los ángulos de las líneas de visión inerciales, por ejemplo en determinadas fases de movimiento, no se diferencien o no se diferencien esencialmente y, en consecuencia, se produzcan grandes errores o incluso singularidades en los algoritmos para determinar el primer valor de distancia mediante triangulación, mediante la ley de dirección se puede modificar la orientación de la unidad de sensor con respecto al objeto objetivo de modo que estén presentes ángulos de visión inercial con una distancia angular suficiente y, en consecuencia, se logren errores más pequeños o se eviten singularidades al determinar la distancia. Los conjuntos de datos que producen errores comparativamente grandes o que conducen a singularidades se pueden filtrar y descartar utilizando algoritmos de filtrado adecuados para mejorar la robustez y precisión de la determinación de la distancia.

Pueden producirse errores o singularidades comparativamente grandes en la determinación del primer valor de distancia, por ejemplo, si el objeto objetivo todavía está comparativamente lejos y las diferencias en los ángulos de visión de los conjuntos de datos tomados en cuenta son, por ejemplo, menores que el error en los ángulos de la línea de visión o si no se puede determinar una diferencia en el ángulo de la línea de visión. Situaciones de este tipo pueden ocurrir, por ejemplo, en una fase inicial de vuelo de un misil guiado, cuando el misil guiado es guiado hacia el objeto objetivo de acuerdo con una ley de dirección, de modo que la normal del plano de sensor de conjuntos de datos sucesivos apunta esencialmente sin cambios o incluso sin cambios en la dirección del objeto objetivo. En tales situaciones, los algoritmos basados en triangulación pueden presentar singularidades. Modificando la ley de dirección, se pueden evitar al menos en gran medida las singularidades cuando se utilizan conjuntos de datos registrados consecutivamente, especialmente si los ángulos de la línea de visión inercial difieren en al menos un valor predeterminado.

De manera análoga, cualquier singularidad se puede filtrar y descartar al determinar el segundo valor de distancia.

De acuerdo con formas de realización, el procedimiento se puede llevar a cabo de forma iterativa, generándose continuamente, en particular registrándose o poniéndose a disposición, datos de sensor y conjuntos de datos correspondientes. Si no es posible determinar el primer o segundo valor de distancia para uno o más conjuntos de datos, por ejemplo debido a singularidades o errores comparativamente grandes al calcular el valor de distancia respectivo, los conjuntos de datos correspondientes se pueden filtrar y descartar. Para determinar la distancia, por ejemplo un primer o segundo valor de distancia, se puede utilizar entonces otro conjunto de datos, por ejemplo un conjunto de datos generado o registrado antes o después en el tiempo. También es posible que un par de conjuntos de datos utilizados para determinar el primer y segundo valor de distancia se descarten en caso de una singularidad, y que el procedimiento continúe con el par de conjuntos de datos que sigue inmediatamente o un par de conjuntos de datos posterior en tiempo.

De acuerdo con formas de realización, la ley de dirección modificada puede generarse basándose en la modulación. Por ejemplo, a una ley de dirección se le puede superponer una modulación. Una función de modulación correspondiente puede diseñarse de tal manera que la modulación provoque una modulación, en particular en el tiempo, por ejemplo una modulación continua, en particular en el tiempo, y/o una modulación atenuada, en particular en el tiempo. La función de modulación puede incluir como parámetros de modulación en particular el tiempo, el lugar de la unidad de sensor y/o la distancia. Además, como parámetros de modulación se pueden utilizar adicional o

alternativamente datos de movimiento de la unidad de sensor, en particular datos de movimiento dinámicos de la unidad de sensor. Los parámetros mencionados tiempo, lugar, distancia, datos de movimiento y datos de movimiento dinámico también se pueden usar como parámetros de atenuación para la modulación atenuada.

Se puede utilizar una función trigonométrica, como por ejemplo la función seno, como función de modulación. Por ejemplo, se puede utilizar la función $\sin(w \cdot t)$, donde w es una constante (comúnmente llamada frecuencia angular) y t es el tiempo. El inicio de la modulación ($t=0$) puede asignarse, por ejemplo, a un momento de inicio del movimiento de la unidad de sensor, por ejemplo el inicio de la navegación de la unidad de sensor hasta el objeto objetivo. En el caso de un misil guiado, el inicio de la modulación ($t=0$) puede corresponder al lanzamiento o disparo del misil guiado.

Sin embargo, también es posible que una ley de dirección utilizada se modifique siempre, en particular se module, en la medida en que los conjuntos de datos registrados no proporcionen valores de distancia utilizables o plausibles.

La función exponencial $\exp(-Ct)$, por ejemplo, se puede utilizar como función de atenuación para una modulación atenuada, donde c es una constante positiva y t es el tiempo.

Cuando se utilizan las funciones mencionadas para una función de modulación de la forma $\sin(wt) \cdot e^{-ct}$, se produce una modulación sinusoidal temporalmente continua de la ley de dirección con atenuación temporal. La influencia de la modulación se vuelve menor a medida que avanza el tiempo con una navegación adecuada de la unidad de sensor hacia el objeto objetivo, es decir, a medida que la distancia se hace más pequeña. Una modulación de este tipo es especialmente adecuada para misiles guiados con navegación proporcional, ya que la modulación en la fase inicial de lanzamiento del misil guiado con rumbo de colisión directo hacia el objeto objetivo puede evitar singularidades en la determinación del primer valor de distancia. Al aumentar el tiempo de vuelo y aumentar la aproximación al objeto objetivo basándose en la navegación proporcional, el misil guiado suele estar en curso de colisión directa, pero a medida que aumenta la aproximación al objeto objetivo, aumenta la precisión del segundo valor de distancia, por lo que es posible aumentar la distancia a medida que aumenta la aproximación al objeto objetivo basándose únicamente en el segundo valor de distancia e ignorando el primer valor de distancia. De esta manera se pueden ocultar posibles singularidades en la determinación del primer valor de distancia mediante algoritmos adecuados, por ejemplo mediante una elección adecuada de funciones de ponderación. Además de esto, la modulación se puede reducir, por ejemplo mediante una elección adecuada del factor de atenuación exponencial, de modo que el misil guiado en la fase final decisiva de la aproximación final se puede ordenar un segundo valor de distancia esencialmente, es decir con al menos una contribución despreciable de la función de modulación, de acuerdo con la ley de dirección no modificada y basándose en ella, comparativamente exacta.

De acuerdo con formas de realización, la modulación también o alternativamente se puede establecer dependiendo del número o frecuencia de singularidades al determinar el primer valor de distancia y/o dependiendo de la precisión de los valores de distancia primero y segundo.

De acuerdo con formas de realización, el primer valor de distancia se puede ponderar con una primera función de ponderación, en particular un primer factor de ponderación, y el segundo valor de distancia se puede ponderar con una segunda función de ponderación, en particular un segundo factor de ponderación. A partir de las funciones de ponderación se pueden tener en cuenta los respectivos puntos fuertes y débiles de los respectivos algoritmos y procedimientos para determinar los valores de distancia.

Por ejemplo, si el objeto objetivo se encuentra todavía a una gran distancia, un segundo valor de distancia determinado basándose en los píxeles del objeto objetivo en los conjuntos de datos, en particular datos de imagen, puede tener un error comparativamente grande debido a una dinámica de píxeles aún baja. Por consiguiente, el segundo valor de distancia se puede ponderar con un factor de ponderación correspondientemente pequeño. En particular, en este caso se puede utilizar para el segundo valor de distancia una función de ponderación, cuyo rango de valores es pequeño cuando la distancia es todavía comparativamente grande, donde la primera función de ponderación asume correspondientemente valores comparativamente grandes.

Si la distancia al objeto objetivo es reducida, el valor de distancia determinado en función de las dimensiones de la representación puede proporcionar valores de distancia más precisos que el primer valor de distancia basado en la triangulación. Por consiguiente, la segunda función de ponderación, en particular los segundos factores de ponderación, se pueden seleccionar de tal manera que el segundo valor de distancia se pondere más cuando el objeto objetivo se aproxima, por ejemplo en una fase final de aproximación de un misil guiado hacia el objeto objetivo.

Mediante la combinación de los valores de distancia primero y segundo, mediante una función de ponderación se puede mejorar aún más, en particular, la fiabilidad y la precisión de la distancia determinada.

En este contexto hay que mencionar que un único factor de ponderación o factores de ponderación seleccionados a modo de función escalonada, por ejemplo en función del tiempo o de la distancia, se consideran como una función de ponderación en el sentido de la invención.

De acuerdo con formas de realización, al menos una de las siguientes condiciones puede aplicarse a la primera y segunda funciones de ponderación:

- 5 – La primera función de ponderación entrega un valor que depende de la distancia determinada, donde cuanto menor es la distancia, menor es el valor. Esto permite tener en cuenta que la determinación del segundo valor de distancia se puede determinar de forma comparativamente fiable basándose en las dimensiones y diferencias dimensionales a una distancia pequeña debido entonces a una mayor dinámica de píxeles existente. En consecuencia, el primer valor de distancia se puede ponderar con una función de ponderación decreciente.
- 10 – La primera función de ponderación entrega un valor que depende del error del primer valor de distancia y/o del error del segundo valor de distancia, siendo el valor mayor cuanto menor sea el error del primer valor de distancia o cuanto menor sea el error del segundo valor de distancia. Esto permite tener en cuenta la precisión del procedimiento utilizado para determinar el primer y segundo valor de distancia, de modo que se dé mayor peso a aquellos valores de distancia con pequeños errores.
- 15 – La primera función de ponderación y/o la segunda función de ponderación corresponden a una función determinada empíricamente. Por ejemplo, las funciones de ponderación correspondientes se pueden determinar mediante simulación, por ejemplo simulando trayectorias de misiles guiados basándose en una ley de dirección.
- 20 – A la primera función de ponderación y/o a la segunda función de ponderación se les asigna un valor cero, en particular cuando un algoritmo utilizado para determinar el primer valor de distancia o el segundo valor de distancia, por ejemplo una función o regla de cálculo, tiene una singularidad o un punto polo. En particular, esta es una forma de descartar conjuntos de datos que conducen a singularidades al determinar los valores de distancia.
- 25 – A la primera función de ponderación y/o a la segunda función de ponderación se le asigna un valor cero, en particular cuando el primer valor de distancia determinado o el segundo valor de distancia determinado se desvía en un valor predeterminado de una distancia determinada empíricamente o una distancia determinada mediante un procedimiento independiente, en particular es mayor que la distancia empírica, por ejemplo estimada o determinada independientemente. Un procedimiento de este tipo se puede utilizar, en particular, si se conoce de antemano la posible distancia del objeto objetivo, si se dispone de valores de distancia estimados o si se pueden determinar mediante procedimientos independientes. De este modo se puede prever una especie de heurística con la que se pueden filtrar valores de distancia significativamente incorrectos. La asignación de un valor
- 30 cero corresponde al procedimiento descrito anteriormente de ignorar, omitir o descartar valores de distancia y conjuntos de datos correspondientes, por lo que una omisión no tiene por qué deberse necesariamente a una singularidad en el algoritmo utilizado, sino también a otros hechos, como por ejemplo, se puede admitir el error en el valor de distancia determinado.
- 35 – La primera función de ponderación y/o la segunda función de ponderación dependen de los datos de movimiento, en particular de los datos de movimiento dinámico, de la unidad de sensor. Estas dependencias pueden determinarse, por ejemplo, mediante simulación, en la que se pueden tener en cuenta circunstancias especiales, como por ejemplo la maniobrabilidad de un misil guiado.
- 40 – La primera función de ponderación y/o la segunda función de ponderación dependen de una dimensión y/o de la dinámica dimensional de la representación del objeto objetivo resultante o determinada en el plano de imagen inercial. Por ejemplo, cuanto más pequeñas sean las dimensiones y/o la dinámica dimensional de la representación del objeto objetivo, mayor puede ser la primera función de ponderación. Además, cuanto mayor sea la dimensión y/o la dinámica dimensional de la representación del objeto objetivo, mayor puede ser la segunda función de ponderación. Mediante una ponderación de este tipo se puede conseguir, por ejemplo, que en
- 45 dinámicas de dimensiones pequeñas, por ejemplo en dinámicas de píxeles pequeños, se pondere más el valor de distancia basado en la triangulación, ya que, por ejemplo, en dinámicas de dimensiones pequeñas, el error al determinar el segundo valor de distancia puede ser comparativamente grande, en particular en comparación con el valor de distancia basado en triangulación.
- 50 – La primera función de ponderación y/o la segunda función de ponderación dependen de una dimensión y/o de la dinámica dimensional de la representación del objeto objetivo resultante o determinada en el plano de imagen inercial. Por ejemplo, cuanto más pequeñas sean las dimensiones y/o la dinámica dimensional de la representación del objeto objetivo, mayor puede ser la primera función de ponderación. Además, cuanto mayor sea la dimensión y/o la dinámica dimensional de la representación del objeto objetivo, mayor puede ser la segunda función de ponderación. Mediante una ponderación de este tipo se puede conseguir, por ejemplo, que en
- 55 dinámicas de dimensiones pequeñas, por ejemplo en dinámicas de píxeles pequeños, se pondere más el valor de distancia basado en la triangulación, ya que, por ejemplo, en dinámicas de dimensiones pequeñas, el error al determinar el segundo valor de distancia puede ser comparativamente grande, en particular en comparación con el valor de distancia basado en triangulación.
- 60 – La primera función de ponderación y/o la segunda función de ponderación dependen de una dimensión y/o de la dinámica dimensional de la representación del objeto objetivo resultante o determinada en el plano de imagen inercial. Por ejemplo, cuanto más pequeñas sean las dimensiones y/o la dinámica dimensional de la representación del objeto objetivo, mayor puede ser la primera función de ponderación. Además, cuanto mayor sea la dimensión y/o la dinámica dimensional de la representación del objeto objetivo, mayor puede ser la segunda función de ponderación. Mediante una ponderación de este tipo se puede conseguir, por ejemplo, que en

De acuerdo con configuraciones de la invención, se proporciona un procedimiento para navegar, en particular dirigir, un misil guiado hacia un objeto objetivo, el procedimiento comprende los siguientes pasos:

- 65 – Determinar la distancia de un objeto objetivo desde el misil guiado de acuerdo con un procedimiento según una de las configuraciones y formas de realización descritas en el presente documento;

- Determinar señales de dirección para el control de dirección del misil en función de la distancia determinada basándose en una ley de dirección o, al menos parcialmente, en una ley de dirección modulada; y

5

- Controlar los componentes de dirección y/o propulsión del misil guiado de acuerdo con las señales de dirección determinadas para guiar el misil guiado hasta el objeto objetivo.

10 Basándose en las formas de realización y configuraciones del procedimiento descritas en el presente documento para determinar la distancia, se puede prever una navegación con misiles guiados, que permite una determinación pasiva, es decir, no resoluble como tal, de la distancia al objeto objetivo y, basándose en la combinación de los valores de distancia primero y segundo propuestos en el presente documento, permiten una determinación comparativamente robusta y precisa de la distancia.

15 De acuerdo con configuraciones de la invención, se proporciona un sistema de sensor electroóptico. El sistema de sensor electroóptico comprende como unidad de sensor una unidad de captación de imágenes electroóptica con medios para generar conjuntos de datos de imágenes monoculares y al menos una unidad de computadora que está conectada o puede conectarse con tecnología de datos con la unidad de captación de imágenes.

20 La unidad de captación de imágenes y la unidad de computadora tienen medios para llevar a cabo un procedimiento para determinar la distancia o para llevar a cabo un procedimiento para navegar un misil guiado de acuerdo con una de las formas de realización y configuraciones descritas en el presente documento.

25 De acuerdo con formas de realización, el sistema sensor electroóptico puede comprender además una unidad de referencia inercial, por ejemplo un sistema de navegación inercial o un sistema de referencia inercial. La unidad de referencia inercial está conectada con tecnología de datos con al menos una unidad de computadora o al menos una unidad de computadora adicional.

30 La unidad de referencia inercial incluye medios que, durante su funcionamiento, determinan o proporcionan datos de posición y/o datos de movimiento, en particular datos de velocidad y/o aceleración, del sistema de sensor con respecto a un sistema de referencia inercial.

35 La unidad de computadora y/o la unidad de computadora adicional comprenden además medios para determinar el primer y/o segundo valor de distancia al menos parcialmente basándose en los datos de posición y/o movimiento. Por ejemplo, la unidad de computadora y/o la unidad de computadora adicional pueden comprender medios para determinar los lugares de grabación y la distancia entre los lugares de grabación, por lo que la distancia entre los lugares de grabación se puede usar, por ejemplo, como parte de la triangulación para determinar el primer valor de distancia.

40 Además, la unidad de computadora y/o la unidad de computadora adicional pueden comprender medios para determinar la dimensión y la diferencia dimensional de la representación del objeto objetivo a partir de los conjuntos de datos, y medios adicionales para determinar el segundo valor de distancia basándose en la dimensión y la diferencia dimensional.

45 Los medios mencionados para llevar a cabo los pasos descritos pueden ser en particular unidades de computadora programadas correspondientemente y/o instrucciones almacenadas en una memoria electrónica que puede ser ejecutada por una unidad de computadora, en particular un procesador, y cuando se ejecuta por la unidad de computadora, en particular el procesador, hacen que se lleven a cabo los pasos de procedimiento antes mencionados.

50 De acuerdo con formas de realización, la unidad de computadora y/o la al menos una unidad de computadora adicional pueden comprender además medios para reconocer el objeto objetivo en datos de sensor, en particular datos de imagen, que se captan con la unidad de sensor en forma de una unidad de captación de imágenes electroóptica.

55 De acuerdo con formas de realización de la invención, se proporciona un misil guiado que comprende un sistema de sensor electroóptico de acuerdo con una de las formas de realización y configuraciones descritas en el presente documento. Debido a la posibilidad comparativamente precisa y robusta de determinar pasivamente la distancia al objetivo, las ventajas del procedimiento descritas en el presente documento se aplican de manera análoga al misil guiado.

60 A continuación se describen configuraciones y formas de realización ejemplares de la invención con referencia a las figuras adjuntas. Muestran:

La FIG. 1 un diagrama de flujo de un procedimiento para determinar la distancia de un objeto objetivo;

65 La FIG. 2 una representación inercial ejemplar para determinar el primer valor de distancia;

La FIG. 3 esquemáticamente una geometría de proyección inercial de una unidad de sensor de imágenes utilizada para captar los conjuntos de datos de imágenes;

La FIG. 4 a modo de ejemplo, una trayectoria de navegación de un misil guiado hacia un objeto objetivo;

La FIG. 5 una estructura genérica de un circuito de navegación y control para un misil guiado;

La FIG. 6 un misil guiado.

La FIG. 1 muestra un diagrama de flujo ejemplar de un procedimiento para determinar la distancia de un objeto objetivo desde una unidad de sensor electroóptica, en forma de una unidad de captación de imágenes electroóptica.

En el ejemplo que se describe a continuación, los datos de sensor se denominan datos de imagen y los conjuntos de datos correspondientes de los datos de sensor se denominan conjuntos de datos de imagen. En consecuencia, la unidad de sensor se denomina unidad de captación de imágenes.

El procedimiento incluye una etapa de proporcionar 101 o generar 101 datos de imagen monoculares que comprenden un primer y un segundo conjunto de datos de imagen, comprendiendo cada uno una representación de un objeto objetivo con respecto a diferentes lugares de grabación. Los datos de imagen son datos de imagen captados monocularmente desde un sensor de imágenes monocular de una unidad de captación de imágenes.

Los datos de imagen incluyen un primer conjunto de datos de imagen monocular y un segundo conjunto de datos de imagen monocular. La ventaja del procedimiento es, en particular, que para determinar, en particular calcular, la distancia es suficiente un sensor de imágenes monocular.

Cada uno de los conjuntos de datos de imagen incluye una representación de un objeto objetivo, por ejemplo en el que el objeto objetivo se representa en un plano de imagen del sensor de imágenes. Los conjuntos de datos de imágenes son o fueron captados o grabados en diferentes lugares de grabación. Los conjuntos de datos de imágenes correspondientes se pueden captar o se han captado consecutivamente, por ejemplo durante el movimiento de la unidad de captación de imágenes. En particular, los conjuntos de datos de imágenes se pueden generar a una velocidad de grabación predeterminada, por lo que, por ejemplo, se pueden proporcionar conjuntos de datos de imágenes grabados inmediatamente consecutivos y usarse en la siguiente secuencia del proceso para determinar la distancia.

El procedimiento incluye el paso adicional de determinar 102, en particular calcular, un primer valor de distancia, es decir, un primer valor de distancia del objeto objetivo, basándose en la triangulación de los conjuntos de datos de imagen primero y segundo.

El paso 102 puede incluir, por ejemplo, una comprobación de plausibilidad 103 opcional, en particular en cuanto a si es posible una determinación del primer valor de distancia o si el primer valor de distancia determinado debe tenerse en cuenta al determinar la distancia, y/o si los siguientes pasos del procedimiento deben realizarse (sí) o no (no).

Si la verificación de plausibilidad 103 revela una singularidad para el algoritmo usado para determinar el primer valor de distancia, por ejemplo, el procedimiento actual puede abortarse y reiniciarse con el paso 101 y otros conjuntos de datos de imágenes. Alternativamente, también se podría descartar el conjunto de datos de imágenes respectivo.

Si la verificación de plausibilidad 103 muestra, por ejemplo, que el primer valor de distancia no es plausible, por ejemplo porque se desvía significativamente de un valor de distancia empírico, o porque tiene un error comparativamente grande, el procedimiento también se puede abortar y continuar con el paso 101. En lugar de finalizar el proceso, el valor de distancia correspondiente también podría ponderarse con un factor de ponderación de 0 (cero) o podría descartarse el conjunto de datos de imagen.

Un paso adicional del procedimiento incluye determinar 104 un segundo valor de distancia basado en una dimensión y diferencia dimensional de la representación del objeto objetivo con respecto al plano del sensor, en el presente caso el plano de imagen del sensor de imágenes. En otras palabras, el segundo valor de distancia se determina basándose en un tamaño y una diferencia de tamaño del objeto objetivo en el plano de imagen del sensor de imágenes.

En relación con la determinación del segundo valor de distancia también se puede realizar opcionalmente una verificación de plausibilidad 105, que se puede realizar de forma análoga a la verificación de plausibilidad descrita anteriormente. Por ejemplo, en el caso de errores comparativamente grandes o debido a una falta de diferencias de tamaño en el objeto objetivo en el plano de imagen, el procedimiento puede abortarse y reiniciarse con el paso 101. Alternativamente, sería posible ponderar el valor de distancia correspondiente con 0 (cero) o descartar el conjunto de datos de imagen respectivo y, si fuera necesario, reemplazarlo con un conjunto de datos de imagen alternativo.

Si, por ejemplo, la verificación de plausibilidad 105 da como resultado un valor de salida de acuerdo con el cual un algoritmo para determinar el segundo valor de distancia tiene una singularidad, el procedimiento se puede abortar y reiniciar con el paso 101 (caso no en la FIG. 1).

Si la verificación de plausibilidad 105, por ejemplo, produce un valor de salida de acuerdo con el cual el segundo valor de distancia se desvía significativamente de los valores de distancia empíricos, el valor de distancia se puede ponderar con 0 (cero), en cuyo caso, debido a la ponderación cero, el procedimiento puede continuarse a pesar de la verificación de plausibilidad 105 negativa. Tales situaciones se pueden filtrar usando filtros adecuados, y en el caso de conjuntos de datos de imágenes inadecuados a partir de los cuales no se pueden determinar valores de distancia adecuados, se puede abortar el procedimiento y se puede comenzar de nuevo con el paso 101 y otros conjuntos de datos de imagen.

Si los pasos 102 y 104 proporcionan valores de distancia plausibles, el procedimiento incluye el paso adicional de determinar 106 la distancia del objeto objetivo mediante una combinación ponderada, en el presente ejemplo mediante una suma ponderada, es decir, una suma, de los valores de distancia primero y segundo.

Después del paso 106, el procedimiento se puede llevar a cabo de forma iterativa, basándose cada iteración en al menos uno, preferiblemente dos, nuevos conjuntos de datos de imágenes. Cuando el procedimiento se lleva a cabo de forma iterativa, la distancia al objeto objetivo se puede determinar de forma continua durante el movimiento de la unidad de captación de imágenes, en particular esencialmente en tiempo real.

La distancia determinada se puede utilizar para navegar la unidad de captación de imágenes o un objeto asignado a la unidad de captación de imágenes, por ejemplo un misil guiado. En el caso de un misil guiado, se puede utilizar como unidad de captación de imágenes un cabezal de búsqueda de objetivos electroóptico montado en la punta del misil. O en otras palabras, los conjuntos de datos de imágenes se pueden generar con el cabezal de búsqueda de objetivos electroóptico.

En particular, con el procedimiento propuesto es posible una determinación sólida y precisa de la distancia del objeto objetivo, permitiendo el uso de los conjuntos de datos de imágenes una determinación pasiva de la distancia, en combinación con las ventajas descritas anteriormente.

Los pasos de procedimiento 102 y 104 se describen con más detalle a continuación con referencia a las Figuras 2 y 3, realizándose la descripción en un espacio bidimensional por razones de simplicidad y claridad. Los pasos de procedimiento 102 y 104 descritos en el espacio bidimensional también se pueden llevar a cabo de manera similar en el espacio tridimensional o se pueden transferir fácilmente al espacio tridimensional.

Específicamente, la FIG. 2 muestra una representación inercial sin escala ejemplar para determinar el primer valor de distancia, en la que una unidad de captación de imágenes 1 en movimiento, o un objeto o sistema en movimiento asignado a la unidad de captación de imágenes 1, tal como un misil guiado, y un objeto objetivo 2 que se supone que estacionario o con una velocidad insignificante en un plano horizontal inercial (X_i , Y_i) de un sistema de referencia inercial asignado a la unidad de captación de imágenes 1. Las siguientes afirmaciones se aplican de forma análoga a los objetos objetivos 2 en movimiento.

Los ángulos utilizados en la representación de la FIG. 2 están referenciados de acuerdo con la norma aeronáutica LN9300, a la que se hace referencia expresa.

En la representación de la FIG. 2, t_{N-1} y t_N indican dos tiempos de muestreo diferentes, es decir, tiempos de grabación, en los que se grabaron o se grabarán un primer conjunto de datos de imagen correspondiente a t_{N-1} y un segundo conjunto de datos de imagen correspondiente a t_N .

Denotan (en la FIG. 2 correspondientes a los tiempos t_N o t_{N-1} con N o N-1):

- S es el vector de línea de visión inercial;
- λ (lambda) el ángulo del vector de línea de visión inercial;
- Ψ (Psi) el ángulo normal inercial del plano de imagen del sensor de imágenes de la unidad de captación de imágenes;
- χ (Chi) es el ángulo de velocidad inercial del movimiento de la unidad de captación de imágenes;
- Ψ_r (Psi Gamma) el ángulo de línea de visión inercial;
- Φ (Phi) el vector normal del plano de imagen;

- $\vec{v}$ el vector de velocidad inercial;
- $\vec{R}$ el vector de distancia inercial del objeto objetivo 2;
- σ el ángulo inercial entre el vector de velocidad inercial y su proyección sobre el vector de línea de visión inercial S;
- O el lugar de grabación inercial o el lugar de escaneo inercial; y
- ΔD es la distancia inercial entre los lugares de grabación.

Los ángulos, tamaños y vectores inerciales mencionados anteriormente, además del vector de distancia inercial $\vec{R}$, se pueden determinar a partir de los conjuntos de datos de imágenes y basándose en datos que están asignados a la unidad de captación de imágenes 1 por medio de un sistema de referencia inercial que está asignado a la unidad de captación de imágenes 1, es decir, que se mueve junto con la unidad de captación de imágenes 1, por ejemplo obtenidos o grabados mediante un sistema de navegación inercial.

Bajo el supuesto simplificado de que la magnitud v del vector de velocidad $\vec{v}$ es constante entre los dos tiempos de muestreo t_{N-1} y t_N , la distancia inercial ΔD de las ubicaciones de grabación inercial O_{N-1} y O_N asignadas a los tiempos de muestreo t_{N-1} y t_N dan como resultado como $v(t_N - t_{N-1}) = v \Delta t$. Si la velocidad no es constante, la distancia inercial ΔD se puede determinar mediante integración.

Basado en la geometría dada en la FIG. 2 en el espacio inercial, la magnitud R del vector de distancia inercial $\vec{R}$, es decir, la distancia del objeto objetivo 2, se puede calcular mediante triangulación utilizando la ley del seno, basándose en un triángulo definido por la distancia inercial ΔD y las dos líneas de visión S_{N-1} y S_N .

De consideraciones geométricas se deduce que el ángulo interior $\Delta\sigma$ del triángulo definido anteriormente, opuesto a la distancia inercial ΔD , corresponde al cambio en el ángulo de los ángulos de inercia σ : $\Delta\sigma = \Delta(\sigma_{N-1}, \sigma_N)$. Con el ángulo de inercia σ_{N-1} opuesto a la distancia de inercia R_N (longitud del vector de distancia inercial $\vec{R}_N$), de acuerdo con el teorema del seno, se aplica la siguiente condición:

$$\frac{R_N}{\sin(\sigma_{N-1})} = \frac{\Delta D}{\sin(\Delta\sigma)}$$

Resuelta para la distancia inercial R_N , la cantidad R_N del vector de distancia asociado $\vec{R}_N$ es la siguiente:

$$R_N = \Delta D \cdot \frac{\sin(\sigma_{N-1})}{\sin(\Delta\sigma)}$$

De acuerdo con las afirmaciones anteriores, que también son válidas de forma análoga para el espacio tridimensional, de la triangulación de los conjuntos de datos de imágenes se obtiene un primer valor de distancia E_1 :

$$E_1 = \Delta D \cdot \frac{\sin(\sigma_{N-1})}{\sin(\Delta\sigma)}$$

La FIG. 3 muestra esquemáticamente una geometría de proyección de una unidad de sensor de imágenes utilizada para captar los conjuntos de datos de imagen. Basándose en consideraciones de la geometría de proyección, se puede determinar un segundo valor de distancia E_2 a partir de los conjuntos de datos de imagen independientemente del primer valor de distancia E_1 , que se analizará con más detalle a continuación. De manera análoga a lo dicho sobre el primer valor de distancia E_1 , las siguientes consideraciones y deducciones sobre el segundo valor de distancia E_2 también se aplican de manera análoga al espacio tridimensional.

La FIG. 3 muestra esquemáticamente y no a escala una geometría de proyección para una óptica de proyección 3 (mostrada esquemáticamente) de una unidad de captación de imágenes. Designan:

- t_N y t_{N-1} de los conjuntos de datos de imágenes, comprendiendo cada uno una representación 5 del objeto objetivo 2 en el plano de imagen 4;
- f la distancia focal de la óptica de proyección 3;

- $\vec{R}_N$ los vectores de distancia inercial del objeto objetivo 2 en los respectivos momentos de grabación y con respecto a los respectivos lugares de grabación;
- $\Delta \vec{D}$ la diferencia de los vectores de distancia;
- α_{N-1} y α_N los ángulos de visión en los respectivos tiempos de grabación;
- G es el tamaño de la representación 5 en el conjunto de datos de imagen en el momento t_{N-1} ;
- ΔG la diferencia de tamaño de las representaciones 5 de los conjuntos de datos de imágenes en los momentos de grabación t_{N-1} y t_N ;
- OG el tamaño del objeto objetivo; y
- el número de referencia 6, el eje óptico de la óptica de proyección 3.

Basándose en consideraciones de geometría de proyección y de acuerdo con la ecuación general de proyección de óptica, se aplican las siguientes relaciones:

$$\frac{OG}{R_{N-1}} = \frac{G}{f} \quad \frac{OG}{R_N} = \frac{G + \Delta G}{f}$$

donde R_{N-1} y R_N denotan las magnitudes de los respectivos vectores de distancia inercial.

Partiendo de la relación entre los vectores de distancia inercial de acuerdo con la FIG. 2 se aplica: $\vec{R}_{N-1} = \vec{R}_N + \Delta \vec{D}$.

Si se forman los cocientes de los lados izquierdo y derecho de las ecuaciones de proyección anteriores y se usa la relación $\vec{R}_{N-1} = \vec{R}_N + \Delta \vec{D}$, entonces de las ecuaciones anteriores, después de resolver R_N , se deduce que la cantidad R_N del vector distancia inercial $\vec{R}_N$:

$$R_N = \Delta D \frac{G}{\Delta G}$$

Si como medida para el tamaño de la respectiva representación 5 se utiliza el número P_N de los píxeles asignados a la respectiva representación 5 en el plano de imagen 4, por ejemplo el número de píxeles cubiertos por la representación 5, el cociente $G/\Delta G$ de la ecuación anterior se puede escribir como: $P_{N-1} / (P_{N-1} - P_N)$, lo que da como resultado un segundo valor de distancia E_2 de la siguiente manera:

$$E_2 = \Delta D \frac{P_{N-1}}{P_N - P_{N-1}}$$

El primer valor de distancia E_1 y del segundo valor de distancia E_2 determinados como se describió anteriormente, la distancia E del objeto objetivo 2 ahora se puede determinar en un siguiente paso mediante suma ponderada:

$$E = W_1(t) * E_1 + W_w(t) * E_2$$

Aquí $W_1(t)$ y $W_2(t)$ son funciones de ponderación dependientes del tiempo.

Las funciones de ponderación se pueden elegir apropiadamente basándose, por ejemplo, en resultados de simulación o funciones empíricas.

Por ejemplo, la función de ponderación $W_1(t)$ se puede seleccionar de modo que el primer valor de distancia E_1 tenga una ponderación comparativamente mayor en una fase inicial de movimiento, ya que en tales situaciones la determinación descrita del segundo valor de distancia E_2 pueden tener errores comparativamente grandes o incluso singularidades debido a la aún baja dinámica de píxeles.

Por el contrario, la función de ponderación $W_1(t)$ para el primer valor de distancia E_1 se puede seleccionar de tal manera que en una fase de aproximación, en particular en una fase de aproximación final, con una distancia

comparativamente pequeña al objeto objetivo 2, el primer valor de distancia E_1 tiene menos peso, ya que en tales situaciones, debido a la mayor dinámica de píxeles existente entonces, el error en la determinación del segundo valor de distancia E_2 es comparativamente pequeño. A modo de ejemplo, una función de ponderación empírica correspondiente para el primer valor de distancia E_1 puede verse así:

$$W_1(t) = \frac{E}{E_0} * e^{-c * P_N \Delta t}$$

E indica la distancia existente, E_0 la distancia inicial, que puede proporcionarse, por ejemplo, como estimación y/o en forma de conocimiento previo sobre el objeto objetivo 2, c una constante, P_N el número de imágenes en el conjunto de datos de imagen correspondiente en el momento de grabación t_N en el plano de imagen 4 para la representación 5 de los píxeles resultantes del objeto objetivo 2 y Δt el tiempo transcurrido, por ejemplo desde el inicio de un objeto navegado u ordenado hasta el objeto objetivo 2, en particular un misil guiado. Con esta función de ponderación, el primer valor de distancia E_1 se pondera menos a medida que disminuye la distancia al objeto objetivo 2 y a medida que aumenta el tamaño de la representación 5 del objeto objetivo 2 en el plano de imagen 4. En general, cuanto menor es la distancia E , menos se pondera el primer valor de distancia E_1 y mayor es la dinámica de píxeles, porque a medida que la distancia E se vuelve más pequeña, se puede suponer que la dinámica de píxeles también aumentará para un objeto navegado hacia el objeto objetivo 2.

La función de ponderación $W_2(t)$ para el segundo valor de distancia E_2 puede seleccionarse, por ejemplo, de modo que el segundo valor de distancia E_2 tenga una mayor ponderación cuanto mayor sea la representación 5 del objeto objetivo 2 en el plano de imagen 4 y mayor será la dinámica de los píxeles. Como ejemplo, una estructura empírica de la función de ponderación $W_2(t)$ puede verse así:

$$W_2(t) = \frac{P_N}{P_{\max}} * f\left(\frac{\Delta P_N - \Delta P_{N-1}}{\Delta t}\right)$$

P_N indica el número de píxeles resultantes del tiempo de grabación t_N en el correspondiente conjunto de datos de imagen en el plano de imagen 4 para la representación 5 del objeto objetivo 2, $P_{\max}$ indica el número máximo de píxeles del sensor de imágenes en el dirección respectiva en la que se determina el tamaño de la representación 5 del objeto objetivo 2 en el plano de imagen 4. Además, ΔP_N y ΔP_{N-1} representan mediciones de la dinámica de píxeles presentes en los tiempos de grabación t_N y t_{N-1} , y Δt denota el tiempo transcurrido, por ejemplo desde el inicio de un objeto navegado o ordenado hasta el objeto objetivo 2, en particular un misil guiado.

La función f mencionada en la ecuación anterior para $W_2(t)$ se puede seleccionar de manera adecuada, por ejemplo basándose en simulación o empíricamente, de modo que la función de ponderación $W_2(t)$ proporcione el segundo valor de distancia E_2 ponderado adecuadamente, determinado sobre la base de los píxeles si la dinámica de píxeles es suficientemente alta. Esto significa que se puede seleccionar una función de ponderación $W_2(t)$, lo que hace que el segundo valor de distancia E_2 tenga una mayor ponderación, cuanto mayor sea el tamaño de la representación 5 del objeto objetivo 2 en el plano de imagen 4 y cuanto más alta es dinámica de píxeles, ya que en tales situaciones se puede determinar el segundo valor de distancia E_2 de forma especialmente fiable y con errores comparativamente pequeños.

El procedimiento ejemplar descrito anteriormente se puede implementar, como ya se ha explicado, de forma análoga para el espacio tridimensional. Además se puede observar que la distancia E se puede determinar únicamente basándose en datos determinados pasivamente, en combinación con las ventajas ya descritas anteriormente.

La FIG. 4 muestra un ejemplo de una trayectoria de navegación 7 (no a escala) como parte de la navegación de un misil guiado 8 hacia un objeto objetivo 2 basándose en datos de imagen de una unidad de captación de imágenes electroóptica 1 estabilizada inercialmente, en particular un cabezal de búsqueda de objetivos 1, que está integrada o montada en o sobre la punta del misil guiado.

Se entiende que la navegación y la trayectoria de navegación que se describen a continuación se pueden aplicar en consecuencia a otros objetos y sistemas.

En el presente caso, el objeto objetivo 2 se mueve a una velocidad v_2 , mientras que el misil guiado 8 se mueve a una velocidad v_s , en particular significativamente mayor.

En una fase de movimiento inicial B1, por ejemplo después del lanzamiento del misil guiado 8, la imagen normal del plano de imagen 4 de la unidad de captación de imágenes 1 apunta esencialmente en la dirección del objeto objetivo 2, por lo que la línea de visión inercial esencialmente coincide con el eje óptico de inercia del sensor de imágenes de la unidad de captación de imágenes 1. Debido a la navegación del misil guiado 8 de acuerdo con la navegación proporcional, el misil guiado 8 se ordena en consecuencia, desviándose cada vez más la línea de visión inercial del

eje óptico inercial, lo que significa que el ángulo de la línea de visión inercial se hace más grande y es posible una determinación del primer valor de distancia E_1 .

En la fase de movimiento inicial B1 con rumbo de colisión directo al objeto objetivo 2, como se muestra en la FIG. 4, los ángulos de visión comparativamente bajos en esta fase pueden conducir, en determinadas circunstancias, a singularidades en el algoritmo utilizado para determinar el primer valor de distancia E_1 , de modo que el procedimiento propuesto para determinar la primera distancia E_1 solo puede utilizarse con limitaciones.

Como se describió anteriormente, en la fase de movimiento inicial B1, cuando el objeto objetivo 2 todavía está comparativamente lejos y el tamaño de la representación 5 del objeto objetivo 2 en el plano de imagen 4 es correspondientemente pequeño y la dinámica de píxeles es pequeña, la determinación del segundo valor de distancia E_2 basándose en datos de píxeles también puede ser problemática.

Estas dificultades potenciales descritas para la fase de movimiento inicial B1 ya no se presentan en el ejemplo mostrado para la siguiente fase de aproximación B2, ya que por un lado existen ángulos de visión de inercia suficientemente grandes y/o por otro lado el tamaño de la representación 5 del objeto objetivo 2 en el plano de imagen inercial 4 y la dinámica de píxeles adoptan valores suficientes grandes.

Para poder seguir posibilitando la determinación de la distancia de acuerdo con la invención en la fase inicial de movimiento B1, en particular en relación con las leyes de dirección habituales, como por ejemplo la navegación proporcional, se puede prever que el misil guiado 8 sea guiado u ordenado en esta fase de movimiento inicial B1 de acuerdo con una ley de dirección modificada.

Para ello, de acuerdo con una variante de realización está previsto modular la ley de dirección, en particular la navegación proporcional, de tal manera que se modifique activamente la orientación del sensor de imágenes de la unidad de captación de imágenes 1 con respecto al objeto objetivo 2, para obtener ángulos de línea de visión suficientemente grandes que permitan determinar el primer valor de distancia E_1 basándose en la triangulación, por ejemplo como se describe anteriormente, y así permitir la aplicación del procedimiento de acuerdo con la invención.

Una ley de dirección modificada correspondientemente basada en la navegación proporcional puede verse así, por ejemplo:

$$b_{com} = (v * K * \lambda) + (b_{amp} * \sin(\omega t) * e^{-\alpha t})$$

b_{com} denota la aceleración ordenada perpendicular al vector de velocidad del misil guiado 8, el primer término $(v * K * \lambda)$ denota la aceleración resultante de la navegación proporcional perpendicular al vector de velocidad del misil guiado 8, donde v es la velocidad del misil guiado 8, K es una constante y λ es la velocidad de rotación de la línea de unión entre el misil guiado 8 y el objeto objetivo 2.

La ley de dirección modificada incluye otro término en forma de una modulación sinusoidal temporalmente atenuada exponencialmente en función del tiempo. En el término de modulación, b_{amp} es una constante, por ejemplo determinada empíricamente o mediante simulación, t es el tiempo y ω y α son constantes.

En la fase de movimiento inicial B1, el término de modulación conduce a una especie de movimiento rodante del misil guiado 8, mediante el cual la alineación del plano de imagen 4 con respecto al objeto objetivo 2 se modifica continuamente mediante la modulación sinusoidal. Al cambiar la alineación del plano de imagen 4, a diferencia de una alineación directa del plano de imagen 4 hacia el objeto objetivo 2, es posible variar, en particular modular, el ángulo de la línea de visión de tal manera que la determinación del primer valor de distancia E_1 es posible gracias a la triangulación propuesta de acuerdo con la invención.

La atenuación en el término de modulación se elige preferentemente de tal manera que la modulación en la siguiente fase de aproximación B2 sea esencialmente despreciable. Alternativamente es posible, dependiendo de la distancia y/u otros parámetros, por ejemplo a partir de una determinada posición de vuelo o fase de vuelo, utilizar la ley de dirección no modulada en lugar de la ley de dirección modulada, pudiendo determinarse la posición de vuelo o la fase de vuelo indicadas por simulación o empíricamente.

La ley de dirección modificada descrita anteriormente es solo un ejemplo. Se entiende que también son posibles otras funciones de modulación, cada una de las cuales es adecuada para adaptar el comportamiento de vuelo del misil guiado 8 y los algoritmos utilizados para determinar el primer y/o segundo valor de distancia, en particular con respecto a una determinación robusta y fiable de la distancia de acuerdo con el procedimiento híbrido propuesto en el presente documento.

La FIG. 5 muestra un ejemplo de estructura genérica de un circuito de navegación y control de un misil guiado. El punto de partida es un objeto objetivo 2 hacia el que debe dirigirse el misil guiado. Los conjuntos de datos de imagen del objeto objetivo 2 captados por el cabezal de búsqueda de objetivos 9, que forma una unidad de captación de

imágenes en el sentido de las formas de realización descritas anteriormente, se transmiten como variables de entrada a una primera unidad de computadora 10 para determinar la distancia E y, por otra parte se transmiten como variables de entrada a una segunda unidad de computadora 11, que determina datos de control de vuelo en basa a una ley de dirección, en la FIG. 5 denominados datos de control de la ley de dirección.

Además de los conjuntos de datos de imagen, la primera unidad de computadora 10 para determinar la distancia recibe datos de movimiento y posición del misil guiado de un sistema de referencia inercial 12, que también transmite los datos correspondientes a la segunda unidad de computadora 11 para determinar los datos de control de vuelo.

La distancia determinada por la primera unidad de computadora 10 es en última instancia otra magnitud de entrada para la segunda unidad de computadora 11 para determinar los datos de control de vuelo.

A partir de los conjuntos de datos de imagen, la distancia y los datos del sistema de referencia inercial 12 se determinan los datos de control para ordenar y guiar el misil guiado hasta el objeto objetivo 2. Los datos de control de vuelo pueden transmitirse, por ejemplo, a un controlador 13 correspondiente para el control de vuelo del misil guiado, que controla correspondientemente el misil guiado y lo dirige y ordena hacia el objeto objetivo 2.

Aunque el circuito de navegación y control se describió anteriormente en relación con un misil guiado, los circuitos de navegación y control correspondientes también se pueden implementar de manera análoga en otros sistemas móviles, por ejemplo en vehículos autónomos o semiautónomos, cámaras digitales, etc., donde en el caso de dispositivos móviles, la información de control para la navegación, por ejemplo, se puede emitir como instrucciones para el usuario.

La FIG. 6 muestra un misil guiado 8 que es el que incluye el circuito de navegación y control mostrado en la FIG. 5. El misil guiado 8 incluye en una punta del misil guiado el cabezal de búsqueda de objetivos 9. A continuación del cabezal de búsqueda de objetivos 9 se encuentra una unidad de control de misil 14, que es puede incluir los componentes descritos en relación con la FIG. 5, tales como las unidades de computadora 10 y 11, el controlador 13 y el sistema de referencia inercial 12. A partir de la unidad de control de misiles 14 se puede guiar el misil guiado 8 hasta el objeto objetivo 2 basándose en una determinación pasiva de la distancia, pudiendo impedirse mediante la determinación pasiva de distancia en particular un resolución del misil guiado 8 mediante la determinación de la distancia como tal.

Símbolos de referencia

1 unidad de captación de imágenes

2 objeto objetivo

3 óptica de proyección

4 plano de imagen

5 representación

6 eje óptico

7 trayectoria de navegación

8 misil guiado

9 cabezal de búsqueda de objetivos

10 primera unidad de computadora

11 segunda unidad de computadora

12 sistema de referencia inercial

13 controlador

14 unidad de control de misil

101 – 106 pasos de procedimiento

B1 fase de movimiento inicial

B2 fase de aproximación

v_2 velocidad del objeto objetivo

vs velocidad del misil guiado

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento basado en computadora para determinar la distancia (E) de un objeto objetivo (2) desde una unidad de sensor electroóptica (1) basándose en datos de sensor monoculares de la unidad de sensor (1), la unidad de sensor electroóptica (1) siendo una unidad de captación de imágenes electroóptica (9), en donde
 - los datos de sensor comprenden un primer y un segundo conjunto de datos, comprendiendo cada conjunto de datos una representación (5) del objeto objetivo (2), y generándose los dos conjuntos de datos con respecto a dos lugares de grabación diferentes (O_{N-1} , O_N),
 - la distancia (E) se determina (106) como una combinación ponderada de al menos un primer (E_1) y un segundo valor de distancia (E_2),
 - el primer valor de distancia (E_1) se determina basándose en el primer y segundo conjunto de datos basándose en la triangulación (102),
 - el segundo valor de distancia (E_2) se determina (104) en base a las dimensiones (G) resultantes, en particular determinadas, de los conjuntos de datos primero y segundo, en el plano del sensor (4) de la unidad de sensor (1) y una diferencia dimensional (DG) de las representaciones (5) del objeto objetivo (2), y
 - se determinan los lugares de grabación (O_{N-1} , O_N) y/o una distancia (ΔD) entre los lugares de grabación (O_{N-1} , O_N) y se utilizan para determinar el primer (E_1) y el segundo valor de distancia (E_2).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde la triangulación se realiza a partir de un triángulo, que está definido con respecto a un sistema de referencia inercial asignado a la unidad de sensor (1) mediante las líneas de visión inerciales (S), resultantes del primer y segundo conjunto de datos entre la unidad de sensor (1) y el objeto objetivo (2), y la línea de unión inercial (ΔD) entre los dos lugares de grabación (O_{N-1} , O_N).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en donde los lugares de grabación (O_{N-1} , O_N) y/o la distancia (ΔD) entre los lugares de grabación (O_{N-1} , O_N) se determinan en base a datos de medición de una unidad de medición inercial, en particular una unidad de referencia inercial, asignada a la unidad de sensor (1).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde las dimensiones (G) y/o la diferencia dimensional (ΔG) de las representaciones (5) del objeto objetivo (2) se determinan a partir de los conjuntos de datos con respecto a al menos una dirección inercial situada en un plano de sensor inercial (4).
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en donde el número (P_{N-1} , P_N) de la representación (5) del objeto objetivo (2) se utiliza como medida para la dimensión de la representación (5) del objeto objetivo (2) en el plano de sensor inercial (4) respectivo a lo largo de los píxeles asignados en la dirección respectiva, y en donde como medida para la diferencia de dimensional (ΔG) se utiliza la diferencia del número (P_{N-1} , P_N) de los píxeles resultantes del primero y del segundo conjunto de datos, y en donde el procedimiento comprende como paso adicional: determinar el número (P_{N-1} , P_N) y la diferencia en el número (P_{N-1} , P_N) de los píxeles.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde los valores de distancia primero y segundo (E_1 , E_2) se determinan a partir de conjuntos de datos generados consecutivamente en el tiempo, en particular inmediatamente consecutivos, seleccionándose una distancia temporal (Δt) de los conjuntos de datos generados consecutivamente en el tiempo en función de la velocidad de inercia (v) y/o en función de la dinámica de movimiento de la unidad de sensor (1).
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la unidad de sensor (1) se navega a lo largo de una trayectoria (7) hasta el objeto objetivo (2) basándose en los datos de sensor, en particular la distancia determinada (E), en donde el movimiento de la unidad de sensor (1) a lo largo de la Trayectoria (7) se ordena al menos en secciones según una ley de dirección, y/o en donde el movimiento de la unidad de sensor (1) se ordena al menos en secciones a lo largo de la trayectoria (7) según una ley de dirección modificada de tal manera que durante el movimiento según la ley de dirección modificada, el ángulo de la línea de visión inercial (Ψ_r) de las líneas de visión inercial (S) entre la unidad de sensor (1) y el objetivo objeto (2) para el primer y segundo conjunto de datos.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, en donde la ley de dirección modificada se genera basándose en una función de modulación superpuesta a la ley de dirección, provocando la función de modulación una modulación o una modulación atenuada de la ley de dirección.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer valor de distancia (E_1) se pondera con una primera función de ponderación ($W_1(t)$) y el segundo valor de distancia (E_2) se pondera con una segunda función de ponderación ($W_2(t)$), en donde se cumple al menos una de las siguientes condiciones para la primera y/o segunda función de ponderación ($W_{1,2}(t)$):
 - la primera función de ponderación ($W_1(t)$) proporciona un valor dependiente de la distancia (E) determinada, siendo el valor menor cuanto menor es la distancia (E);

- la primera función de ponderación ($W_1(t)$) proporciona un valor que depende del error del primer valor de distancia (E_1) y/o del error del segundo valor de distancia (E_2), siendo el valor mayor cuanto menor es el error del primer valor de distancia (E_1), o cuanto menor es el error del segundo valor de distancia (E_2);

- la primera función de ponderación ($W_1(t)$) y/o la segunda función de ponderación ($W_2(t)$) corresponden a una función determinada empíricamente;

- a la primera función de ponderación ($W_1(t)$) y/o a la segunda función de ponderación ($W_2(t)$) se le asigna un valor cero, en particular cuando el algoritmo tiene una singularidad, utilizado una para determinar el primer valor de distancia (E_1) o del segundo valor de distancia (E_2);

- a la primera función de ponderación ($W_1(t)$) y/o a la segunda función de ponderación ($W_2(t)$) se le asigna un valor cero, en particular cuando el primer valor de distancia (E_1) determinado o el segundo valor de distancia (E_2) determinado se desvía en un valor predeterminado de una distancia determinada empíricamente o una distancia determinada por un procedimiento independiente;

- la primera función de ponderación ($W_1(t)$) y/o la segunda función de ponderación ($W_2(t)$) dependen de los datos de movimiento de la unidad de sensor (1);

- la primera función de ponderación ($W_1(t)$) y/o la segunda función de ponderación ($W_2(t)$) dependen de una dimensión (G) y/o de una dinámica dimensional de la representación (5) determinada en la plano de sensor inercial (4) del objeto objetivo (2), siendo preferiblemente la primera función de ponderación ($W_1(t)$) mayor cuanto menor sea la dimensión (G) y/o la dinámica dimensional de la representación (5) del objeto objetivo (2), y la segunda función de ponderación ($W_2(t)$) es mayor, cuanto mayor es la dimensión (G) y/o la dinámica dimensional de la representación (5) del objeto objetivo (2).

10. Procedimiento para navegar un misil guiado (8) hacia un objeto objetivo (2), que comprende:

- determinar (106) la distancia (E) de un objetivo (2) al misil guiado (8) de acuerdo con un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9;

- determinar señales de dirección para el control de dirección del misil guiado (8) en función de la distancia determinada (E) basándose en una ley de dirección o, al menos parcialmente, en una ley de dirección modulada; y

- controlar los componentes de dirección y/o propulsión del misil guiado (8) de acuerdo con las señales de dirección determinadas para navegar el misil guiado (8) hacia el objeto objetivo (2).

11. Sistema de sensor electroóptico que comprende, como unidad de sensor (1), una unidad de captación de imágenes electroóptica (9) con medios para generar conjuntos de datos de imágenes monoculares, y al menos una unidad de computadora (10) que está o puede estar conectada a la unidad de captación de imágenes (9) con tecnología de datos, en donde la unidad de captación de imágenes (9) y la unidad de computadora (10) comprenden medios para llevar a cabo un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9 o para llevar a cabo un procedimiento según la reivindicación 10.

12. Sistema de sensor electroóptico según la reivindicación 11, que comprende además una unidad de referencia inercial, que está conectada con tecnología de datos con al menos una unidad de computadora (10) y/o al menos una unidad de computadora adicional (11), y en donde la unidad de referencia inercial comprende medios que durante su funcionamiento, determinan datos de posición y/o datos de movimiento del sistema sensor con respecto a un sistema de referencia inercial, y en donde la unidad de computadora (10) y/o la unidad de computadora adicional (11) comprenden además medios para determinar el primer y/o segundo valor de distancia (E_1 , E_2) al menos parcialmente en base a los datos de posición y/o movimiento.

13. Sistema de sensor electroóptico según una de las reivindicaciones 11 o 12, en donde la unidad de computadora (10) y/o la al menos unidad de computadora adicional (11) comprenden además medios para detectar el objeto objetivo (2) en los datos de sensor captados con la unidad de sensor (1).

14. Misil guiado (8) que comprende un sistema de sensor electroóptico (1) según una de las reivindicaciones 11 a 13.

FIG 1

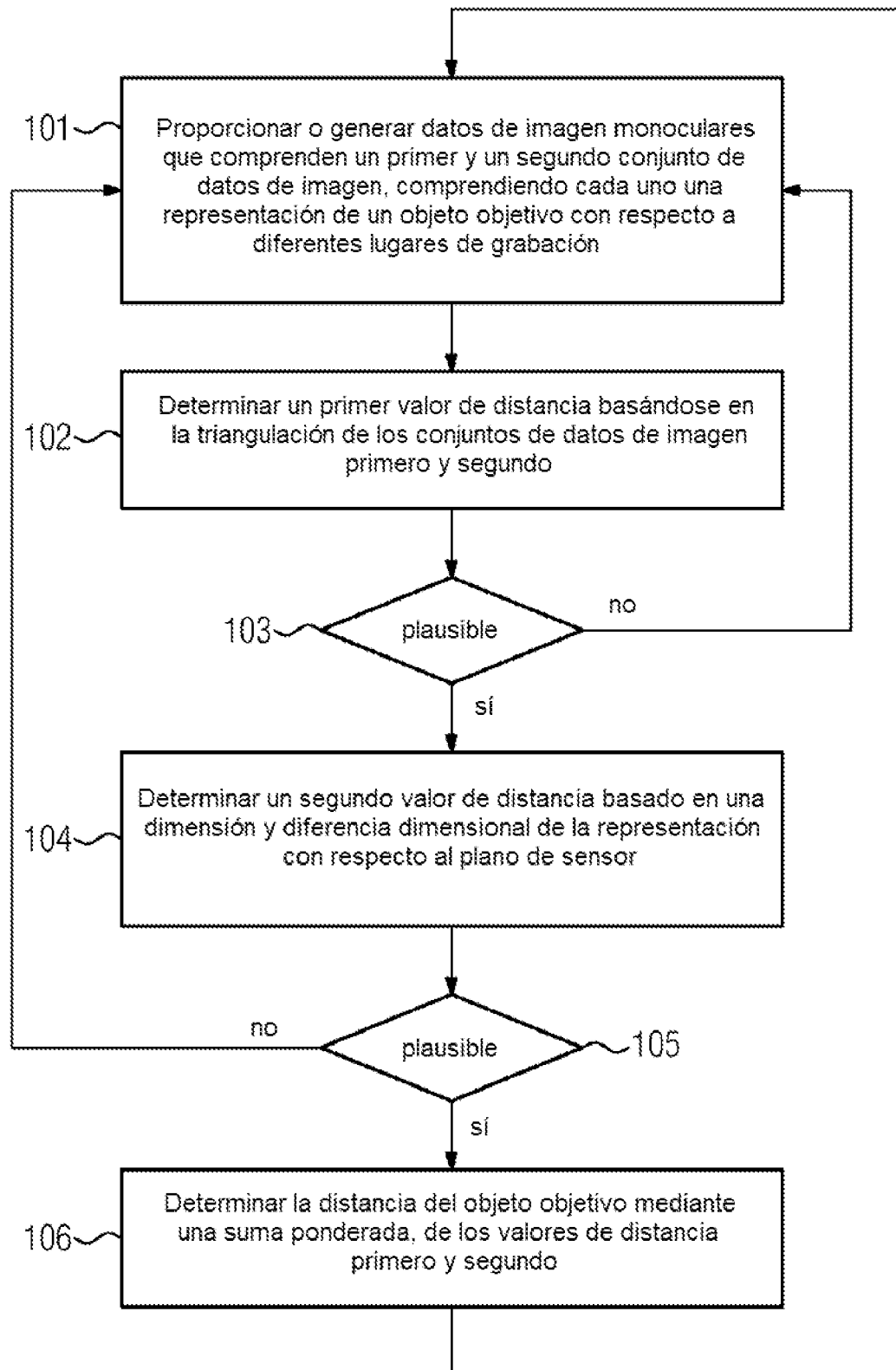


FIG 2

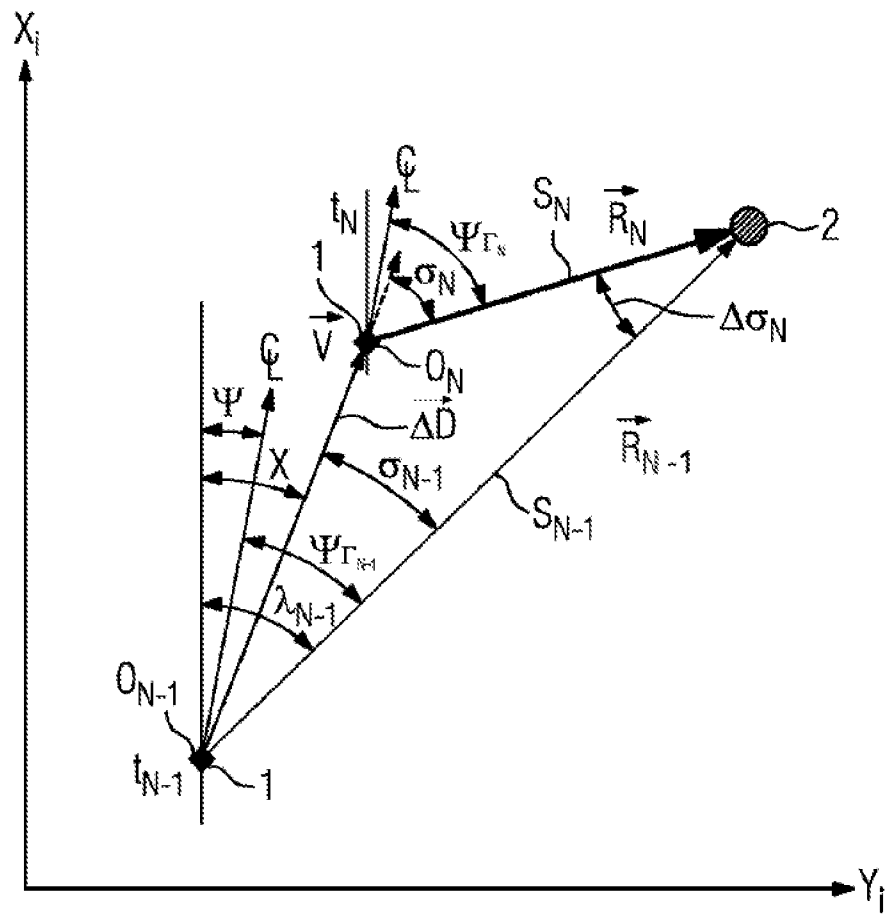
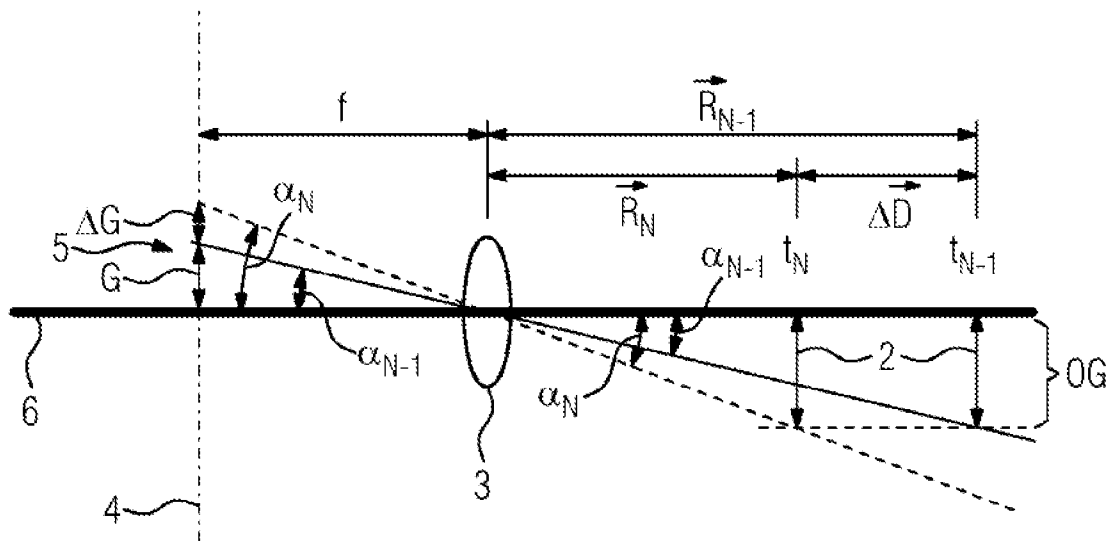


FIG 3



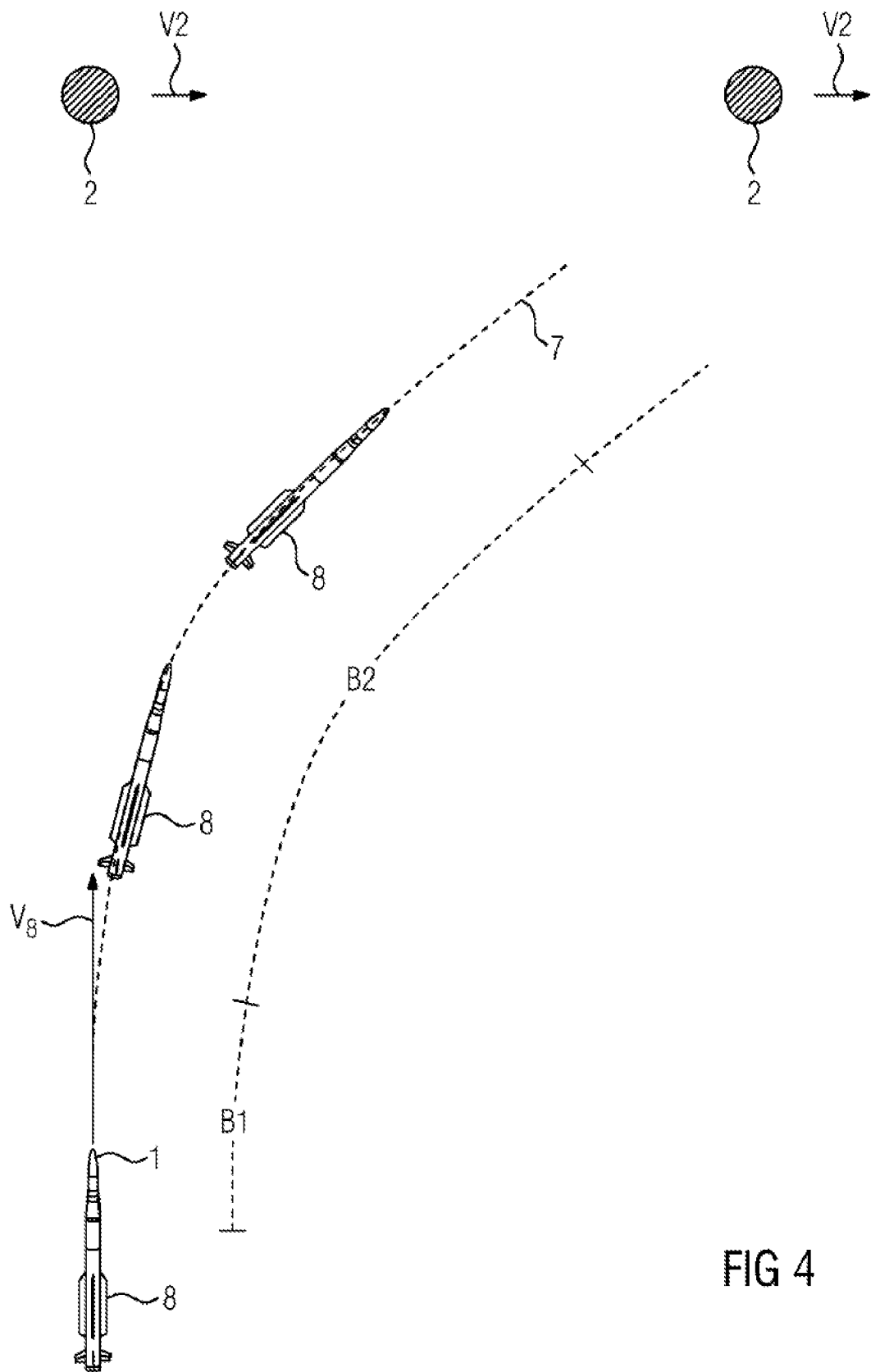


FIG 4

FIG 5

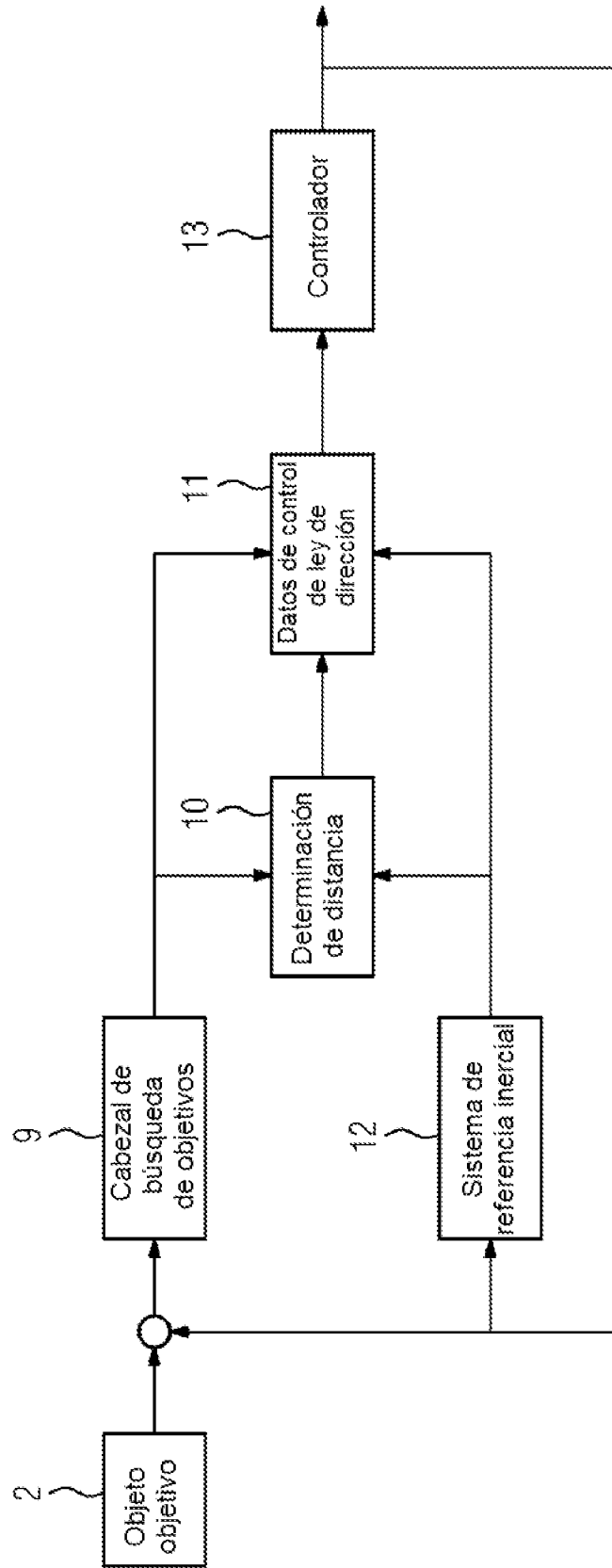


FIG 6

