

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 407 830**

51 Int. Cl.:

G01S 5/04 (2006.01)

G01S 11/02 (2010.01)

G01S 11/04 (2006.01)

G01S 11/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.08.2008 E 08163157 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2013 EP 2159595**

54 Título: **Un sistema de seguimiento de objetivos y un procedimiento para el seguimiento de un objetivo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.06.2013

73 Titular/es:

**SAAB AB (100.0%)
581 88 Linköping , SE**

72 Inventor/es:

ERLANDSSON, TINA

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 407 830 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

Un sistema de seguimiento de objetivos y un procedimiento para el seguimiento de un objetivo

Campo técnico

5 La presente invención se refiere, en general, a sistemas de seguimiento, y en particular a un sistema de seguimiento de objetivos como se define en el preámbulo de la reivindicación 1. La presente invención también se refiere a un procedimiento para el seguimiento de un objetivo como se define en el preámbulo de la reivindicación 10, y un producto programa de ordenador como se define en el preámbulo de la reivindicación 14.

Antecedentes

10 Un sistema de seguimiento de objetivos típicamente recibe mediciones de un objetivo desde un sensor, por ejemplo una cámara, una antena u otros dispositivos de medición. El sistema de seguimiento puede usar, a continuación, las mediciones del sensor recibidas para estimar el estado del objetivo. El estado del objetivo puede consistir, por ejemplo, en la posición y la velocidad del objetivo, y también puede incluir aceleración, tasa de giro, el tamaño del objetivo, etc.

15 Un sistema de seguimiento de objetivos basado en un modelo puede usar un modelo de la dinámica del objetivo para estabilizar el seguimiento del objetivo. Un modelo para un objetivo que viaja con velocidad constante, esto es, a lo largo de una línea recta, es relativamente simple. Sin embargo, tal modelo de objeto que no maniobra no es válido para un objetivo que maniobra.

20 El seguimiento de un objetivo que maniobra, con un sistema de seguimiento de objetivos dispuesto para seguir a objetivos que no maniobran presenta varios problemas. En primer lugar, hay un riesgo de que el filtro de seguimiento en el sistema de seguimiento de objetivos pueda comenzar a divergir y hacerse inestable numéricamente. En segundo lugar, el filtro de seguimiento en el sistema de seguimiento de objetivos puede comenzar a producir estimaciones erróneas, pero quizás realistas, por ejemplo, de la posición del objetivo y la incertidumbre de los parámetros del filtro de seguimiento. Esto puede dar como resultado que otros sistemas que están usando las salidas del sistema de seguimiento de objetivos puedan recibir información de mal guiado del objetivo. Esto puede ser particularmente crítico si dicho sistema de seguimiento de objetivos se implementa, por ejemplo, en un sistema de evitación de colisiones u otros sistemas de guiado similares.

25 El documento US 5214433 describe un aparato y un procedimiento para el seguimiento de objetivos que maniobran y objetivos que no maniobran en presencia de una aceleración estocástica. El aparato y el procedimiento utilizan un estimador de Kalman de dos etapas, la primera etapa del cual es un filtro libre de tendencia que proporciona estimaciones de la posición y la velocidad del objetivo, y la segunda etapa del cual es un filtro de tendencias que proporciona estimaciones de la aceleración del objetivo. Estos dos filtros actúan juntos para proporcionar cálculos de procesamiento en paralelo consiguiendo por lo tanto una determinación del estado del objetivo de alta velocidad. Durante las maniobras del objetivo, la salida de la segunda etapa se usa para corregir la salida de la primera etapa. En ausencia de maniobras, la segunda etapa se desactiva y la primera etapa proporciona las estimaciones de posición y velocidad del objetivo.

30 El documento US 2002113729 A1 describe un procedimiento para calcular el intervalo para un objeto en movimiento por medio de un sensor que determina el ángulo del objeto. El sensor y el objeto se mueven relativamente entre sí, y después de una medición el procedimiento es como sigue: en el supuesto de que el objetivo mantenga una velocidad constante, se calculan varias posibles intervalos del objetivo, así como las áreas de incertidumbre asociadas con estos intervalos, los llamados "modelos de trayectoria recta", en el supuesto de que el objetivo acelere, se calculan varios intervalos posibles del objetivo, así como las áreas de incertidumbre asociadas con estos intervalos, los llamados "modelos de maniobra", varios modelos de trayectoria recta que tienen un modelo de maniobra asignada a los mismos. Al calcular el intervalo del objetivo en los modelos de trayectoria de línea recta que tienen asociados modelos de maniobra, los datos procedentes del modelo de maniobra respectivo se incorporan en una extensión predeterminada si la probabilidad de que el objetivo maniobre excede un límite predeterminado. El intervalo del objetivo desde el sensor se considera que es un promedio ponderado de varios intervalos de modelos de trayectoria recta, estando basada la ponderación en la probabilidad de cada modelo de trayectoria recta.

35 El documento "Unscented Kalman Filter With Application To Bearing-Only Passive Manoeuvring Target Tracking" de Koteswara Rao S y otros, PROCESAMIENTO DE SEÑALES, COMUNICACIONES Y FUNCIONAMIENTO EN RED 2008. ICNS'08 CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE, IEEE, P1, 1 de enero de 2008, páginas 219 - 224. ISBN: 978-1-4244-1923 - 4 describe que la transformación sin olor acoplada con ciertas partes del filtro de Kalman clásico, proporciona un procedimiento más preciso que el Filtro Kalman Extendido para la estimación de estado no lineal. Usando mediciones de solo direcciones, el algoritmo del Filtro Kalman sin olor estima los parámetros del movimiento del objetivo y detecta la maniobra del objetivo, usando los residuos de secuencia aleatoria distribuidos según una Chi cuadrado de media cero, en un formato de ventana deslizante. Durante la maniobra del objetivo, la covarianza del ruido del proceso se aumenta suficientemente de modo que la perturbación en la solución se minimiza. Cuando se completa la maniobra del objetivo, la covarianza del ruido del proceso se disminuye.

- El documento "On Target Manouvres in Bearing Only Tracking (Sonar)" de Holst J y otros SEÑALES, SISTEMAS Y ORDENADORES 1991 REGISTRO DE CONFERENCIA DE 1991, DE LA VIGÉSIMA QUINTA CONFERENCIA ASILOMAR EN PACIFIC GROVE, CA, USA 4 - 6 NOVIEMBRE 1991. LOS ALAMITOS, CA, USA, IEEE COMPUT.SOC. US, 4 de noviembre de 1991 (04-11-1991), páginas 272 - 276, el documento XP010026442 ISBN: 978-0-8186-270-4 describe que la detección de maniobra es una parte esencial del análisis del movimiento del objetivo (TMA) pero representa una desviación de los supuestos básicos sobre los que se construyen los algoritmos de TMA normalizados. Se asume que el objetivo en un instante aleatorio conmuta entre dos movimientos lineales cambiando su curso. El algoritmo de manejo de la maniobra propuesto detecta el cambio, estima el tiempo de cambio, y recalcula las estimaciones del movimiento del objetivo para el tiempo de detección.
- 10 Los sistemas de seguimiento de objetivos diseñados para seguir los objetivos que maniobran son conocidos. Sin embargo, a menudo tienen una complejidad de cálculo elevada y son difíciles de implementar.

Sumario

Es un objeto de la presente invención diseñar un sistema de seguimiento de objetivos robusto y simple capaz de producir datos de seguimiento fiables, tanto para objetivos que maniobran como para objetivos que no maniobran.

- 15 El objeto de la presente invención se consigue por un sistema de seguimiento de objetivos de acuerdo con la reivindicación 1.

Una ventaja de la invención descrita anteriormente es que proporciona solo salidas fiables que describen el estado de un objetivo que no maniobra o que maniobra sin añadir complejidad de cálculo del sistema en el que se implementa. De este modo proporciona un sistema robusto y simple de seguimiento de objetivos.

- 20 Una ventaja adicional de la invención descrita anteriormente es que asegura que el sistema de seguimiento no corrompe ningún dato de salida de la medición del sensor incluso si el objetivo maniobra.

- Proporcionando las salidas fiables al dispositivo de conmutación de salidas como una selección de las estimaciones del modelo recibidas desde los medios de seguimiento, las salidas recibidas desde un filtro suplementario y/o las salidas recibidas directamente del sensor, la presente invención se proporciona con una flexibilidad simple que le permite seleccionar las salidas fiables y de confianza desde una diversidad de fuentes. Una ventaja adicional de esta característica es que el sistema de seguimiento de objetivos se puede modificar fácilmente para las diferentes aplicaciones del entorno del sistema en el que se implementa.
- 25

- En una realización preferida el medio de seguimiento se dispone para aumentar el ruido del proceso del seguimiento basado en el modelo, en respuesta a la detección de una maniobra del objetivo. Esto proporciona una robustez aumentada frente a los errores del modelo en el filtro de seguimiento, que arrastra beneficiosamente las estimaciones del filtro de seguimiento basado en el modelo hacia las salidas de medición del sensor, esto es, da más importancia a la información dada por las salidas de medición del sensor que la información dada por el modelo.
- 30

- El sistema de seguimiento de objetivos preferentemente comprende un medio de conmutación de entradas dispuesto para desconectar la entrada del medio de seguimiento de la salida de medición del sensor. Esto impide que el filtro de seguimiento comience a divergir y se haga numéricamente inestable. Además, el medio de conmutación de entradas está preferentemente dispuesto para aumentar los parámetros de incertidumbre en las mediciones de salida del sensor. De este modo, el medio de conmutación de entradas es capaz de asegurar que el sensor no sobreestima o subestima los parámetros de incertidumbre de las mediciones de salida del sensor.
- 35

- El medio de conmutación de salidas está preferentemente dispuesto para aumentar los parámetros de incertidumbre en las estimaciones del modelo recibidas desde el medio de seguimiento. Esto añade la oportunidad para el medio de conmutación de salidas para modificar los parámetros de incertidumbre en las salidas del filtro de seguimiento, y permitir al medio de conmutación de salidas asegurarse de que el filtro de seguimiento no sobreestima o subestima los parámetros de incertidumbre del estado estimado del objetivo.
- 40

- Preferentemente, el filtro o filtros suplementarios en el sistema de seguimiento de objetivos son simples, filtros no basados en un modelo, tales como, un filtro de paso bajo y/o un filtro diferencial. Preferentemente, el sensor es una cámara, una antena o similares.
- 45

El objeto de la presente invención se consigue además por un sistema de evitación de colisiones que comprende un sistema de seguimiento de objetivos de acuerdo con la anterior.

- 50 El objeto de la presente invención se consigue además por un procedimiento para el seguimiento de objetivos que realiza un seguimiento basado en un modelo en base a las mediciones recibidas desde un sensor. El procedimiento se caracteriza por las etapas de: detectar cuándo un objetivo realiza una maniobra; y conmutar desde un primer modo de salida en el que se envían las estimaciones del modelo a un segundo modo de salida en el que solo se envían las salidas fiables, en respuesta a la detección de una maniobra del objetivo.

El objeto de la presente invención se consigue además por un producto de programa de ordenador para su uso en un sistema de seguimiento de objetivos, comprendiendo dicho producto de programa de ordenador medios de código legible por ordenador, que cuando se ejecutan en el sistema de seguimiento de objetivos causa que dicho sistema de seguimiento de objetivos realice las etapas de: detectar cuándo un objetivo realiza una maniobra; y conmutar desde un primer modo de salida en el que se envían las estimaciones del modelo a un segundo modo de salida en el que solo se envían las salidas fiables, en respuesta a la detección de una maniobra del objetivo.

En las reivindicaciones dependientes se muestran realizaciones adicionales ventajosas del sistema de seguimiento de objetivos, el procedimiento y el producto de programa de ordenador.

Breve descripción de los dibujos

10 La presente invención se describirá con más detalle en lo siguiente, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig. 1 es una ilustración ejemplar que describe cómo se pueden usar los principios de la presente invención en un sistema de evitación de colisiones.

La Fig. 2 es un sistema de seguimiento de objetivos de acuerdo con una realización de la presente invención.

15 La Fig. 3 es un sistema de seguimiento de objetivos de acuerdo con otra realización de la presente invención.

La Fig. 4 es un sistema de seguimiento de objetivos de acuerdo con una realización adicional de la presente invención.

La Fig. 5 es un sistema de seguimiento de objetivos de acuerdo con una realización adicional de la presente invención.

20 La Fig. 6 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada

El escenario mostrado en la ilustración ejemplar en la Fig. 1 sirve para explicar el uso de un sistema de seguimiento de objetivos de acuerdo con la presente invención cuando se implementa en un sistema de evitación de colisiones en una plataforma autónoma. Sin embargo, se entenderá que la presente invención se puede implementar en una amplia diversidad de aplicaciones en las que existe la necesidad de seguimiento de un objetivo. En la Fig. 1, una plataforma autónoma 1 se está aproximando al objetivo 2.

El sistema de seguimiento de objetivos implementado en la plataforma 1 puede comprender un filtro de seguimiento. El filtro de seguimiento puede estar dispuesto para realizar el seguimiento de objetivos basado en un modelo. Las salidas del seguimiento de objetivos basado en un modelo pueden ser, por ejemplo, el estado estimado y sus parámetros de incertidumbre. Los parámetros de incertidumbre pueden ser la matriz de covarianzas del estado estimado.

En algunas aplicaciones, los parámetros de incertidumbre, o la matriz de covarianzas, son igualmente importantes que el estado estimado, por ejemplo en un sistema de evitación de colisiones como se muestra en la Fig. 1. El sistema de evitación de colisiones en la plataforma 1 puede usar los parámetros de incertidumbre para calcular una maniobra evasiva. Como se muestra en el escenario de la Fig. 1, el sistema de seguimiento de objetivos en la plataforma 1 puede estimar la posición del objetivo 2, y sus parámetros de incertidumbre, por ejemplo, la matriz de covarianzas, que define un área de incertidumbre 3a, 3b. Sin embargo, si los parámetros de incertidumbre se subestiman, el sistema de evitación de colisiones de la plataforma 1 puede realizar una maniobra evasiva 4a (flecha segmentada) que se basa en el área estimada de incertidumbre 3a (área rayada). Esto dará como resultado una maniobra evasiva 4a que puede estar peligrosamente cerca de una posible posición real del objetivo 2. En el peor de los casos, puede que no se evite la colisión. Además, si los parámetros de incertidumbre se sobreestiman, puede dar como resultado que el sistema de evitación de colisiones de la plataforma 1 realice maniobras innecesarias que se pueden interpretar como un comportamiento molesto.

45 Por lo tanto, es deseable una estimación bien equilibrada de los parámetros de incertidumbre. Esto dará como resultado que el sistema de evitación de colisiones de la plataforma 1 pueda realizar una maniobra evasiva 4b (flecha de puntos) que se basa en el área estimada de incertidumbre 3b (área punteada). Sin embargo, para conseguir tal estimación bien equilibrada de los parámetros de incertidumbre tanto para objetivos que no maniobran como para objetivos que maniobran es una tarea difícil que requiere cálculos complejos avanzados, que supone una elevada carga de cálculo sobre el sistema de seguimiento de objetivos. Además, debería observarse que tales cálculos no garantizan que el sistema de seguimiento de objetivos produzca buenas estimaciones del estado del objetivo 2.

La presente invención se dirige a los problemas tratados anteriormente proporcionando un sistema de seguimiento de objetivos robusto y simple capaz de producir datos de seguimiento fiables tanto para objetivos que maniobran

como objetivos que no maniobran. Esto se consigue por un sistema de seguimiento de objetivos que comprende una unidad de detección de maniobras y un conmutador de salidas dispuesto para enviar solo los datos de seguimiento de confianza y fiables a la salida del sistema de seguimiento de objetivos. Las realizaciones de ejemplo de la presente invención se describen a continuación con referencia a las Fig. 2 - 6.

- 5 La Fig. 2 muestra un sistema de seguimiento de objetivos 20 de acuerdo con una realización de la presente invención. El sistema de seguimiento de objetivos 20 puede comprender una unidad de seguimiento 22, una unidad de detección de maniobras 23 y un conmutador de salidas 24.

10 Un sensor 21 está dispuesto para proporcionar al sistema de seguimiento de objetivos 20 con datos de medición del sensor. Los datos de medición del sensor pueden comprender mediciones de sensor y parámetros de incertidumbre para dichas mediciones de sensor. El sensor 21 puede ser un sensor pasivo, tal como una cámara, una antena de recepción o similares.

15 La unidad de seguimiento 22 puede ser un filtro de seguimiento basado en un modelo para seguir a los objetivos que no maniobran. Por ejemplo, la unidad de seguimiento 22 puede usar un modelo de velocidad constante como un modelo del objetivo y un filtro Kalman, un filtro de partículas o similar para realizar el seguimiento del objetivo. La unidad de seguimiento 22 puede estar dispuesta para estimar el estado del objetivo en base a su modelo y los datos de medición del sensor recibidos desde el sensor 21. El modelo también se puede usar para estimar los estados de un objetivo que el sensor es capaz de medir. Tales estados estimados se pueden denominar como estados observables. Un ejemplo está en el caso de seguimiento de solo la dirección, esto es, cuando se usan sensores pasivos que miden la dirección para el objetivo donde la desviación de la dirección es un estado observable.

20 El estado estimado del objetivo puede incluir pero sin limitarse a estos, por ejemplo, la dirección del objetivo, la tasa de la dirección del objetivo, el intervalo para el objetivo, la tasa del intervalo del objetivo, el Tiempo Para Ir (TTG), etc. El TTG es el cociente entre el intervalo y la tasa de cambio del intervalo. La unidad de seguimiento 22 también puede estar dispuesta para sacar el estado estimado del objetivo y sus parámetros de incertidumbre, por ejemplo, la matriz de covarianzas del estado estimado, de acuerdo con el modelo comprendido en el mismo.

25 Si los datos de medición del sensor procedentes del sensor 21 no incluyen ningún parámetro de incertidumbre, la unidad de seguimiento 22 puede estar dispuesta para recuperar los parámetros adecuados a partir de una serie de mediciones recibidas del sensor o pueden usar constantes predefinidas, que se pueden determinar sobre filtros adecuados de comprobación para una aplicación específica.

30 La unidad de detección de maniobras 23 está dispuesta para detectar cuándo un objetivo que se está siguiendo por la unidad de seguimiento 22 realiza una maniobra. La unidad de detección de maniobras 23 puede estar conectada a o formar parte de la unidad de seguimiento 22. La unidad de detección de maniobras 23 también puede estar dispuesta para enviar un aviso de detección de maniobras al conmutador de salidas 24 cuando el objetivo realiza una maniobra. También puede estar dispuesta para enviar una liberación de la detección de maniobra al conmutador de salidas 24 para indicar que el objetivo ha parado la maniobra.

35 De acuerdo con una realización preferida, la detección de la maniobra de un objetivo por la unidad de detección de maniobras 23 se puede realizar comparando las salidas de medición del sensor procedentes del sensor 21 con estados estimados del objetivo, recibidos del filtro de seguimiento en la unidad de seguimiento 22. En base a la señal de comparación resultante, la unidad de detección de maniobras 23 puede detectar cuándo un objetivo que se está siguiendo por el filtro de seguimiento en la unidad de seguimiento 22 realiza una maniobra. La unidad de
40 detección de maniobras 23 puede estar dispuesta para enviar un aviso de detección de maniobras cuando, por ejemplo, la señal de comparación resultante excede de un límite específico o se ha excedido del límite específico durante un periodo predeterminado de tiempo. Esto se puede conseguir, por ejemplo, usando cálculos de sumas acumulativas. La unidad de detección de maniobras 23 puede estar dispuesta también con múltiples límites para, por ejemplo, poder enviar diferentes avisos de detección de maniobra para maniobras pequeñas o grandes del
45 objetivo.

La unidad de detección de maniobras 23 puede estar dispuesta además para, una vez detectada una maniobra del objetivo, indicar a la unidad de seguimiento 22 que se debería aumentar el ruido del proceso para el filtro de seguimiento en la unidad del seguimiento 22. El aumento del ruido del proceso también aumentará el valor de los parámetros de incertidumbre, lo que reduce el riesgo de subestimación de dichos parámetros de incertidumbre y
50 conduce a una robustez aumentada frente a los errores del modelado en el filtro de seguimiento de la unidad de seguimiento 22. Adicionalmente, esto también dará como resultado un aumento de la ganancia del filtro de seguimiento.

En la realización preferida anterior, como la señal de comparación resultante es una indicación de cómo de bien se ajustan las salidas de medición del sensor a las estimaciones del modelo del filtro de seguimiento en la unidad de
55 seguimiento 22, el aumento del ruido del proceso se puede adaptar a la cantidad de avisos de detección de maniobra recibidos. De este modo, se puede aumentar el ruido del proceso hasta un nivel adecuado en el que puede que ya no se reciban los avisos de detección de maniobra.

El conmutador de salidas 24 está dispuesto para recibir continuamente estimaciones del modelo, esto es, el estado estimado del objetivo y sus parámetros de incertidumbre, desde el filtro de seguimiento en la unidad de seguimiento 22. El conmutador de salidas 24 también está dispuesto para recibir avisos de detección de maniobras desde la unidad de detección de maniobras 23. El conmutador de salidas 24 está dispuesto además para operar en al menos dos modos de salidas diferentes, y puede conmutar entre los, al menos dos modos de salidas diferentes en respuesta a la recepción de un aviso de detección de maniobra desde la unidad de detección de maniobras 23. Las salidas desde el conmutador de salidas 24 se pueden enviar a cualquier sistema posterior en la plataforma en la que está implementado el sistema de seguimiento de objetivos. 20.

En el primer modo de salida, el conmutador de salidas 24 envía las estimaciones recibidas del modelo desde el filtro de seguimiento en la unidad de seguimiento 22. Esto puede ser una configuración por defecto / de arranque ya que los objetivos habitualmente se detectan a largas distancias donde las maniobras del objetivo son difíciles de identificar, y los valores iniciales de los parámetros de incertidumbre en el filtro de seguimiento en la unidad de seguimiento 22 a menudo son grandes. En este primer modo de salida, se asume que las estimaciones del modelo que salen de la unidad de seguimiento 22 corresponden bien con el estado real de un objetivo que no maniobra.

Cuando se recibe un aviso de detección de maniobra, el conmutador de salidas 24 puede conmutar a un segundo modo de salida. En el segundo modo de salida, el conmutador de salida 24 solo envía las estimaciones del modelo que son fiables y por lo tanto pueden ser de confianza. Esto es porque cuando el objetivo realiza una maniobra, algunas de las estimaciones del modelo del filtro de seguimiento sin maniobras en la unidad de seguimiento 22 no son válidas. Estas estimaciones del modelo puede que no sean válidas por varias razones como se ha tratado anteriormente en los antecedentes.

Por ejemplo, en el segundo modo de salida, el conmutador de salidas 24 puede enviar la dirección y la tasa de la dirección del objetivo, mientras que bloquea el intervalo y la tasa del intervalo del objetivo. Esto es porque el filtro de seguimiento en la unidad de seguimiento 22 aún puede ser capaz de seguir la dirección y la tasa de la dirección del objetivo que maniobra en un modo que corresponde bien con el estado verdadero del objetivo que maniobra. Esto es cierto, por ejemplo, en el caso de seguimientos de solo direcciones que usan sensores pasivos. Sin embargo, otras estimaciones del modelo es probable que sean erróneas cuando el objetivo realiza una maniobra. Por lo tanto, la dirección y la tasa de la dirección del objetivo que maniobra se pueden considerar estimaciones del modelo fiables y de confianza.

En el segundo modo de salida, el conmutador de salidas 24 puede estar dispuesto además para aumentar los parámetros de incertidumbre de la dirección y la tasa de la dirección del objetivo que maniobra antes de sacar las estimaciones del modelo de confianza. Esto se puede realizar cuando se recibe un aviso de detección de maniobra, y si el filtro de seguimiento en la unidad de seguimiento 22 tiende a subestimar dichos parámetros de incertidumbre. Por ejemplo, el conmutador de salidas 24 puede estar dispuesto para sumar una incertidumbre predeterminada para los parámetros de incertidumbre cuando se detecta una maniobra del objetivo por la unidad de detección de maniobras 23. La incertidumbre predeterminada puede ser, por ejemplo, un valor de incertidumbre constante o un valor de incertidumbre que aumenta lentamente con el tiempo. Lo último se puede usar porque razonablemente la incertidumbre debería aumentar con el tiempo cuando usa un modelo erróneo. Si se usa una unidad de detección de maniobras 23 capaz de enviar avisos separados para pequeñas o grandes maniobras, el valor de la incertidumbre predeterminada se puede seleccionar en base a si la maniobra es pequeña o grande.

Además, el conmutador de salidas 24 puede estar dispuesto para recibir una liberación de la detección de maniobra desde la unidad de detección de maniobras 23. La liberación de la detección de maniobra puede indicar al conmutador de salidas 24 que el objetivo ha parado de maniobrar. A continuación el conmutador de salidas 24 puede conmutar de nuevo al primer modo de salida, y de nuevo enviar las estimaciones del modelo recibidas desde el filtro de seguimiento en la unidad de seguimiento 22. A continuación, puede que se tenga que reiniciar el filtro de seguimiento en la unidad de seguimiento 22. Como alternativa a la liberación de la detección de maniobra, el conmutador de salidas 24 puede estar dispuesto para conmutar de nuevo al primer modo de salida cuando no se ha recibido un aviso de detección de maniobra durante un periodo de tiempo predeterminado.

La Fig. 3 muestra un sistema de seguimiento de objetivos 30 de acuerdo con una realización de la presente invención. Además de una unidad de seguimiento 22, una unidad de detección de maniobras 23 y un conmutador de salidas 24, como se describe en el sistema de seguimiento de objetivos 20 en referencia con la Fig. 2, el sistema de seguimiento de objetivos 30 comprende un conmutador de entradas 31.

El conmutador de entradas 31 puede estar dispuesto para aumentar los parámetros de incertidumbre en las mediciones de la salida del sensor procedentes del sensor 21. Esto se puede realizar cuando se recibe un aviso de detección de maniobra, y si el sensor 21 tiende a subestimar dichos parámetros de incertidumbre. Incluso si el sensor 21 no tiene a subestimar dichos parámetros de incertidumbre, el conmutador de entradas 31 puede estar dispuesto para aumentar dichos parámetros de incertidumbre, por ejemplo, si se observa durante el diseño del sistema de seguimiento 30 que el filtro de seguimiento en la unidad de seguimiento 22 produciría más valores fiables para los parámetros de incertidumbre de los estados de objetivos estimados, y conseguiría un mejor equilibrio entre la atenuación del ruido del sensor y los errores del modelo.

La Fig. 4 muestra un sistema de seguimiento de objetivos 40 de acuerdo con una realización de la presente invención. Además de la unidad de seguimiento 22 y una unidad de detección de maniobras 23, como se describe en el sistema de seguimiento de objetivos 20 en referencia con la Fig. 2, el sistema de seguimiento de objetivos 40 comprende un filtro suplementario 41 y un conmutador de salidas 44.

5 El filtro 41 puede estar dispuesto para recibir y filtrar las salidas de medición del sensor procedentes del sensor 21. El filtro 41 puede ser un filtro simple, no basado en un modelo, tal como, por ejemplo, un filtro paso bajo. Si el filtro paso bajo está combinado con un filtro diferencial en el filtro 41, el filtro 41 también puede calcular derivadas de las salidas de las mediciones del sensor. De este modo el filtro 41 puede proporcionar, por ejemplo, la dirección y la tasa de la dirección de un objeto al conmutador de salidas 44.

10 El conmutador de salidas 44 es idéntico que el conmutador de salidas 24, excepto que además puede estar dispuesto para recibir salidas desde el filtro 41, y conmutar a y funcionar en un tercer modo de salida. En el tercer modo de salida, el conmutador de salidas 44 solo envía las salidas recibidas desde el filtro 41. Estas salidas del filtro, por ejemplo, la dirección y la tasa de la dirección de un objetivo se pueden considerar mediciones fiables y por lo tanto pueden ser de confianza. Obsérvese que preferentemente no se envía ningún parámetro de incertidumbre de los estados estimados del objetivo por el conmutador de salidas 44 en este tercer modo de salida. Sin embargo, se pueden enviar los parámetros de incertidumbre de las salidas de medición del sensor, así como, los parámetros de incertidumbre de la tasa de la dirección y la tasa de cambio de la dirección, proporcionados por el filtro 41, que se puede analizar durante la fase de diseño para conseguir una corrección de parámetros adecuada.

20 Cuando el conmutador de salidas 44 recibe un aviso de detección de maniobras desde la unidad de detección de maniobras 23, se puede disponer para decidir si conmutar al segundo modo de salida o al tercer modo de salida, esto es, usar las salidas desde el filtro de seguimiento en la unidad de seguimiento 22 o desde el filtro 41. Esto, sin embargo requiere incluir un poco más de lógica en el conmutador de salidas 44. Por ejemplo, si se usa una unidad de detección de maniobras 23 capaz de enviar avisos separados para maniobras pequeñas o grandes, el conmutador de salidas 44 puede estar dispuesto para seleccionar el más adecuado de los modos de salida segundo y tercero. También se puede conmutar al modo de salida más adecuado dependiendo de los requisitos del sistema del entorno en el que se implementa el sistema de seguimiento de objetivos 40.

25 Una alternativa adicional es un cuarto modo de salida donde la unidad de seguimiento 22 y el filtro 41 se evitan y las salidas de medición del sensor desde el sensor 21 se envían directamente al conmutador de salidas 44 (como se muestra por la línea punteada en la Fig. 4). Sin embargo, esto da como resultado que solo se pueden enviar los estados medidos por el conmutador de salida 44 como salidas fiables y de confianza. En el caso de seguimientos de solo direcciones, se puede enviar la dirección del objetivo por el conmutador de salidas 44 como una salida fiable y de confianza. Una ventaja con esta alternativa es que el filtro 41 no tiene que diseñarse e implementarse.

30 La Fig. 5 muestra un sistema de seguimiento de objetivos 50 de acuerdo con una realización de la presente invención. Además de la unidad de seguimiento 22, una unidad de detección de maniobras 23, un filtro 41 y un conmutador de salidas 44, como se describe en el sistema de seguimiento de objetivos 40 en referencia con la Fig. 4, el sistema de seguimiento de objetivos 50 comprende un conmutador de entradas 51.

35 El conmutador de entradas 51 es idéntico que el conmutador de entradas 31, excepto en que puede estar dispuesto además para desconectar o bloquear la entrada de la unidad de seguimiento 22 de la salida de medición del sensor procedente del sensor 21. De este modo, el conmutador de entradas 51 puede proteger el filtro de seguimiento en la unidad de seguimiento 22 de las salidas de mediciones del sensor malas o corruptas procedentes del sensor 21, e impedir que el filtro de seguimiento comience a divergir y hacerse numéricamente inestable. El conmutador de entradas 51 puede desconectar o bloquear la entrada de la unidad de seguimiento 22 en respuesta a la recepción de un aviso de detección de maniobra desde la unidad de detección de maniobras 23.

40 Como el conmutador de entradas descrito anteriormente 31, el conmutador de entradas 51 también puede estar dispuesto para aumentar los parámetros de incertidumbre en las mediciones de salida del sensor procedentes del sensor 21.

La Fig. 6 muestra un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de acuerdo con una realización de la presente invención.

45 En la etapa S61, se detecta una maniobra del objetivo. La unidad de detección de maniobras 23 puede comparar las salidas de medición del sensor procedentes del sensor 21 con los estados estimados del filtro de seguimiento en la unidad de seguimiento 22. En base a dicha comparación, la unidad de detección de maniobras 23 puede detectar cuándo un objetivo que se está siguiendo por el filtro de seguimiento en la unidad de seguimiento 22 realiza una maniobra.

50 En la etapa S62, se realiza una conmutación desde un primer modo de salida a al menos un segundo modo de salida en respuesta a la detección de maniobra del objetivo en la etapa S61. La unidad de detección de maniobras 23 puede enviar un aviso de detección de maniobra al filtro de seguimiento 22, al conmutador de salida 24 o 44, y/o al conmutador de entradas 31. En respuesta a la recepción del aviso de detección de maniobra, el conmutador de salidas 24 o 44 puede conmutar entre un primer modo de salida, en el que se envían las estimaciones del modelo

desde el filtro de seguimiento en la unidad de seguimiento 22, y un segundo, tercero o cuarto modos de salida, en el que solo se envían las salidas fiables.

5 La presente invención descrita en las realizaciones ejemplares anteriores se puede usar en todas las clases de seguimientos, pero puede ser particularmente beneficiosa en situaciones tales como, por ejemplo, donde los objetivos que maniobran son comunes y resulta una degradación en el funcionamiento de los filtros de seguimiento sin maniobras, o donde las aplicaciones del entorno requieren que los errores estimados se reflejen bien en los parámetros de incertidumbre del filtro de seguimiento que salen del sistema de seguimiento de objetivos.

10 El sistema de seguimiento de objetivos 20, 30, 40, 50 de acuerdo con la presente invención como se ha descrito anteriormente, incluyendo todas o algunas de las unidades del grupo que comprende la unidad de seguimiento 22, la unidad de detección de maniobras 23, el conmutador de salidas 24, el conmutador de entradas 31 y el filtro 41 también se pueden implementar como algoritmos software en un producto programa de ordenador o como hardware de ordenador dedicado.

15 La descripción anterior es el mejor modo contemplado actualmente para poner en práctica la presente invención. La descripción no está destinada a tomarse en un sentido limitativo, sino que se hace meramente para el propósito de describir los principios generales de la invención.

El alcance de la presente invención solo debería considerarse con referencia a las reivindicaciones facilitadas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de seguimiento de objetivos (20; 30; 40; 50) que comprende

- un medio de seguimiento (22), dispuesto para realizar el seguimiento basado en un modelo de un objetivo (2), en base a las mediciones recibidas desde un sensor pasivo (21),
- un medio de detección (23), dispuesto para detectar cuándo un objetivo (2) realiza una maniobra;
- un medio de conmutación de salidas (24), dispuesto para recibir avisos de detección de maniobras desde los medios de detección (23) y para conmutar entre el primer y segundo modos de salida en respuesta a los avisos de detección recibidos desde dicho medio de detección (23),

caracterizado porque el medio de conmutación de salidas está dispuesto para recibir continuamente estimaciones del modelo desde el medio de seguimiento (22), en donde en el primer modo de salida, el medio de conmutación de salidas está dispuesto para enviar las estimaciones del modelo recibidas correspondientes con el estado real de un objetivo que no maniobra, y donde en el al menos un segundo modo de salida, el conmutador está dispuesto para solo enviar salidas fiables que corresponden con el estado real de un objetivo que maniobra, y en donde en el primer modo de salida, el medio de conmutación está dispuesto para enviar la dirección y la tasa de la dirección y el intervalo y la tasa del intervalo, y en donde en el al menos un segundo modo de salida, la dirección y la tasa de la dirección del objetivo se envían mientras que son bloqueados el intervalo y la tasa de intervalo.

2. Un sistema de seguimiento de objetivos (20; 30; 40; 50) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichas salidas fiables son una selección de dichas estimaciones de un modelo recibidas desde dicho medio de seguimiento (22), las salidas recibidas desde un filtro (41) y/o las salidas recibidas directamente desde el sensor (21).

3. Un sistema de seguimiento de objetivos (20; 30; 40; 50) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 2, en el que dicho medio de seguimiento (22) está dispuesto para aumentar el ruido del proceso del seguimiento basado en el modelo, en respuesta a la información que indica la detección de una maniobra del objetivo que es recibida desde dicho medio de detección (23).

4. Un sistema de seguimiento de objetivos (20; 30; 40; 50) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, que comprende además:

- un medio de conmutación de entradas (31, 51) dispuesto para desconectar una entrada del medio de seguimiento (22) de la salida de medición del sensor (21), y/o aumentar los parámetros de incertidumbre en las mediciones de salida del sensor.

5. Un sistema de seguimiento de objetivos (20; 30; 40; 50) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, en el que dicho medio de conmutación de salidas (24) está dispuesto para aumentar los parámetros de incertidumbre en las estimaciones del modelo recibidas desde dicho medio de seguimiento (22).

6. Un sistema de seguimiento de objetivos (20; 30; 40; 50) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 - 5, en el que dicho filtro (41) es un filtro no basado en un modelo, tal como un filtro paso bajo y/o un filtro diferencial.

7. Un sistema de seguimiento de objetivos (20; 30; 40; 50) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, en el que dicho sensor (21) es una cámara o una antena.

8. Un sistema de evitación de colisiones que comprende un sistema de seguimiento de objetivos, de acuerdo con una cualquier de las reivindicaciones 1 - 7.

9. Un procedimiento para el seguimiento de un objetivo (2) realizando el seguimiento basado en un modelo de un objetivo usando un medio de seguimiento basado en las mediciones recibidas desde un sensor pasivo (21), que comprende las etapas de:

- detectar que el objetivo (2) realiza una maniobra;
- recibir continuamente estimaciones del modelo desde el medio de seguimiento;
- enviar en un primer modo de salida las estimaciones recibidas del modelo, que corresponden con el estado real de un objetivo que maniobra, en el que se envían la dirección y la tasa de dirección del objetivo mientras que son bloqueados el intervalo y la tasa del intervalo;
- recibir los avisos de detección de maniobras en base a la detección;
- conmutar en respuesta a dicha detección, desde el primer modo de salida a un segundo modo de salida

caracterizado porque en el primer modo se envían la dirección y la tasa de dirección y el intervalo y la tasa del intervalo, y **porque** en el segundo modo de salida solo se envían las salidas fiables que corresponden con el estado real de un objetivo que maniobra, en el que se envían la dirección y la tasa de dirección del objetivo mientras que son bloqueados el intervalo y la tasa del intervalo.

10. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además la etapa de:

- recibir dichas salidas fiables como una selección de dichas estimaciones de un modelo, como salidas de filtro (41) y/o como salidas del sensor (21).

11. Un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 9 o 10, que comprende además la etapa de:
- aumentar el ruido del proceso del seguimiento basado en el modelo en respuesta a la información que indica una maniobra del objetivo.
- 5 12. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 - 11, que comprende además la etapa de:
- desconectar la entrada de un medio de seguimiento (22) de la salida de medición de dicho sensor (21); y/o aumentar los parámetros de incertidumbre en las mediciones de salida del sensor y/o en las estimaciones del modelo.
- 10 13. Un producto de programa de ordenador para su uso en un sistema de seguimiento de objetivos (20; 30; 40; 50) que realiza el seguimiento, basado en un modelo, de un objetivo que usa medios de seguimiento, comprendiendo dicho producto de programa de ordenador un medio de código legible por ordenador, que cuando se ejecuta en el sistema de seguimiento de objetivos (20; 30; 40; 50) causa que dicho sistema de seguimiento de objetivos (20; 30; 40; 50) realice las etapas de:
- 15 - detectar que el objetivo (2) realiza una maniobra;
- recibir continuamente estimaciones del modelo desde el medio de seguimiento,
- enviar en un primer modo de salida las estimaciones del modelo recibidas que corresponden con el estado real de no maniobra,
- recibir avisos de detección de maniobra en base a la detección.
- conmutar en respuesta a dicha detección, desde el primer modo de salida al segundo modo de salida.
- 20 **caracterizado porque** en el primer modo se envían la dirección y la tasa de dirección y el intervalo y la tasa del intervalo y **porque** en el segundo modo de salida solo se envían las salidas fiables que corresponden con el estado real de un objetivo que maniobra, en el que se envían la dirección y la tasa de dirección del objetivo, mientras que son bloqueados el intervalo y la tasa del intervalo.
- 25 14. Un producto de programa de ordenador para su uso en un sistema de seguimiento de objetivos (20; 30; 40; 50) de acuerdo con la reivindicación 13, en el que dicho medio de código es almacenado sobre un medio de almacenamiento legible.

Fig. 1

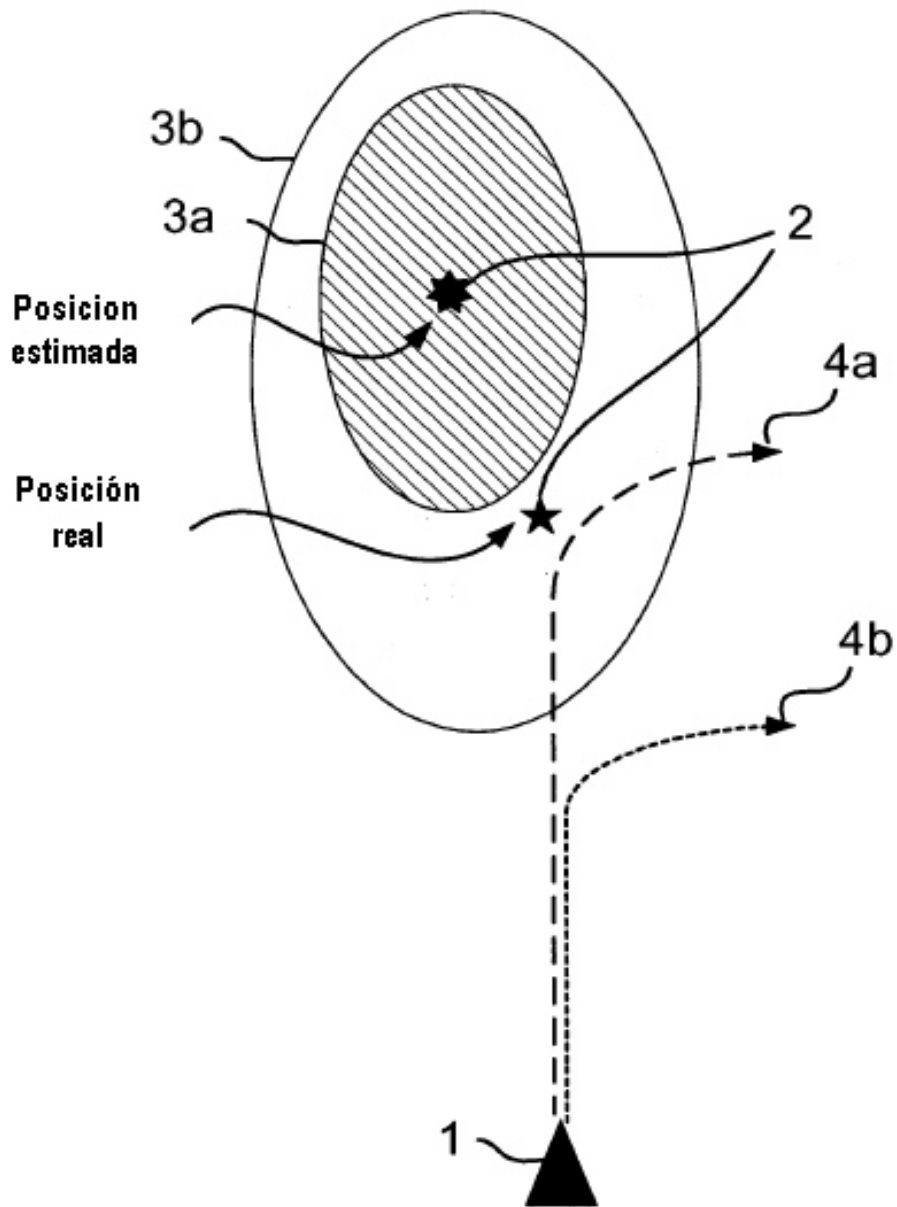


Fig. 2

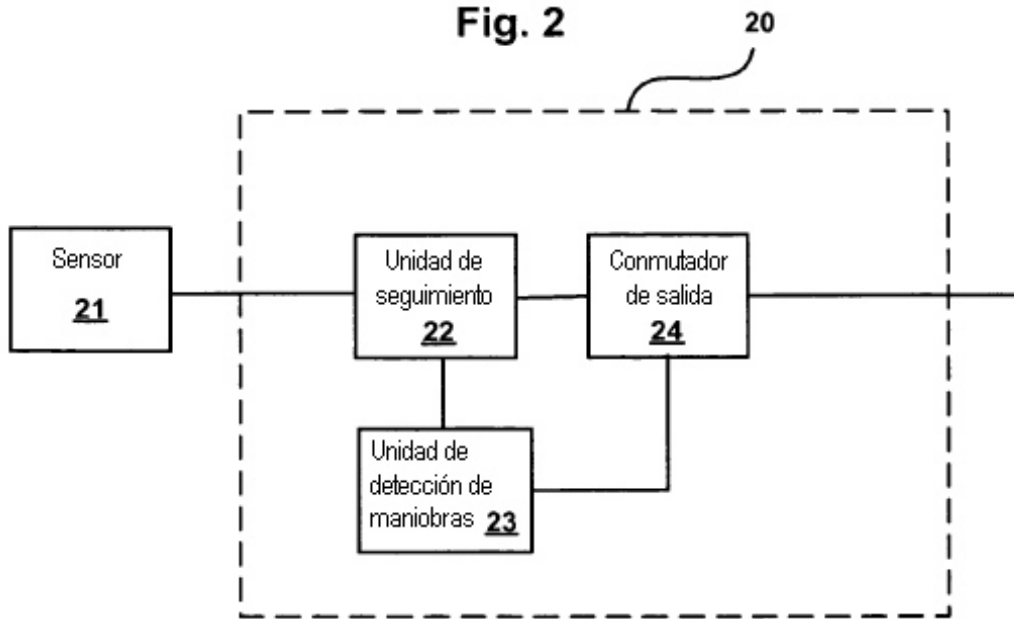


Fig. 3

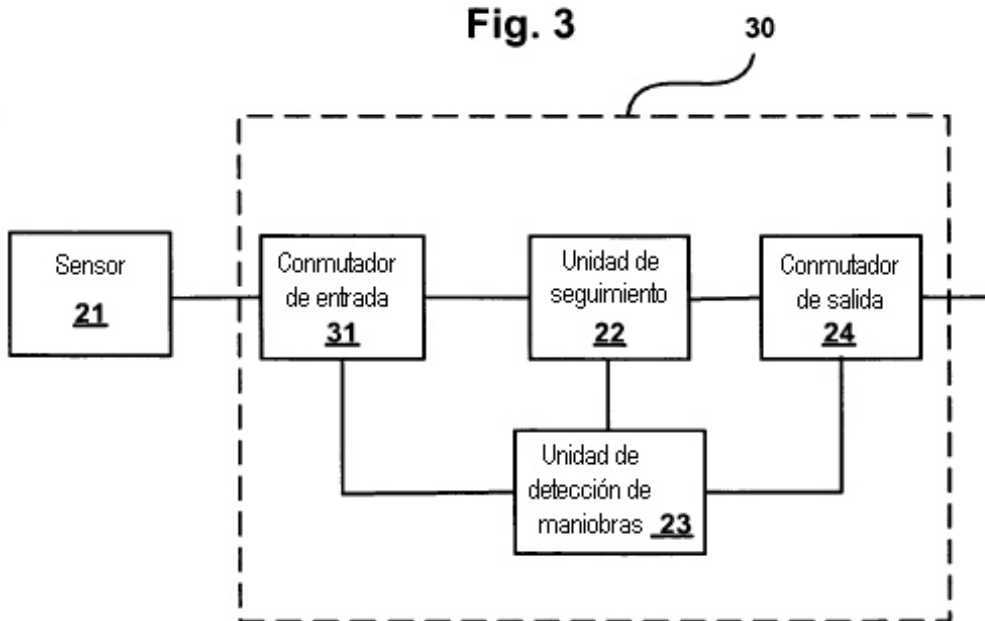


Fig. 4

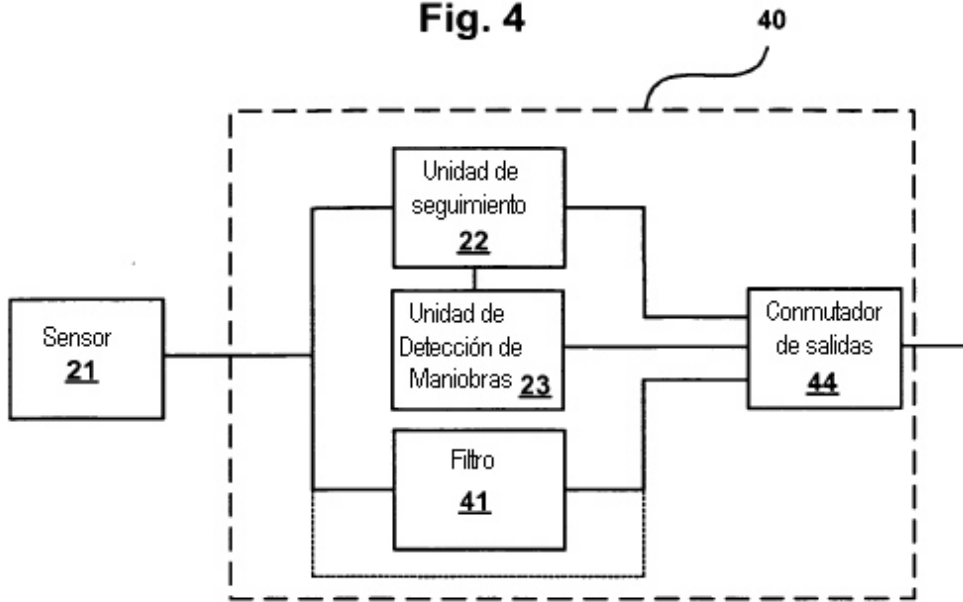


Fig. 5

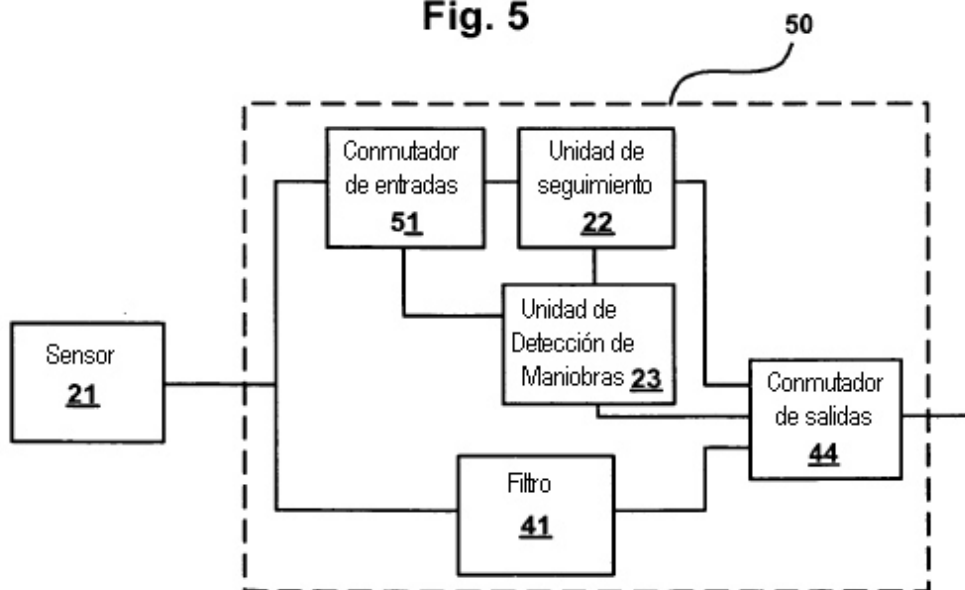


Fig. 6

